



Journée Nationale de la Lithographie par Nano-Impression 2021

La nano-impimpression @ **Centre de Nanosciences et de
Nanotechnologies**



www.c2n.universite-paris-saclay.fr



Création du C2N au 1^{er} juin 2016, fusion de l'Institut d'Electronique Fondamentale (IEF site d'Orsay) et du Laboratoire de Photonique et de Nanostructures (LPN site de Marcoussis), au cœur de Paris-Saclay.



Un bâtiment de 18 000 m²

- 2900 m² de salle blanche
- 6 plateformes technologiques
 - ✓ Innovation en Micro et Nano Technologie
 - ✓ Instrumentation & sources d'ions
 - ✓ Caractérisation multiphysique
 - ✓ Expérimentations RF & optique
 - ✓ Analyses structurales
 - ✓ Elaboration matériaux

Près de 410 membres

4 départements de recherche

- Nanoelectronique
- Micro-Nano Système et NanoBiofluidique
- Photonique
- Matériaux



Les ressources en lien avec la nano-impression dans la Plateforme d'Innovation en Micro et NanoTechnologies (PIMENT): 28 ITA, 150 équipements (30 M€), 250 utilisateurs.

Dépôts métalliques, diélectriques et traitements thermiques

- PVD, Sputtering, Evaporation, PECVD ...

Back-End

- Polissage
- Soudure
- Découpe

Gravure

- Humide
- Plasma (RIE, ICP)
- NanoFIB

Lithographie

- E-beam (4)
- UV (4)
- Laser (1)
- NIL(2)
- FIB (1)

Microscopie électronique

- MEB (5)

Analyse

- Rayon X
- AFM

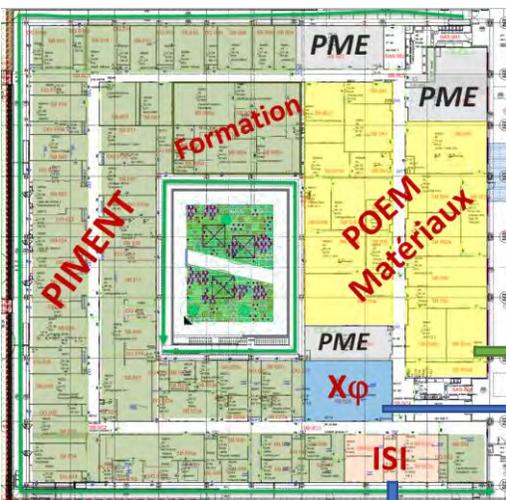
Caractérisation

- Optiques
- Electriques
- Physico-chimiques



Caractérisation multiphysique

Instrumentation & sources d'ions

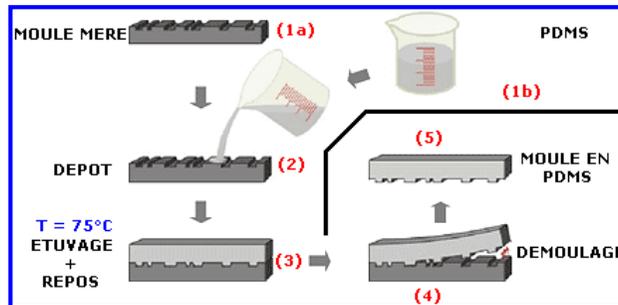
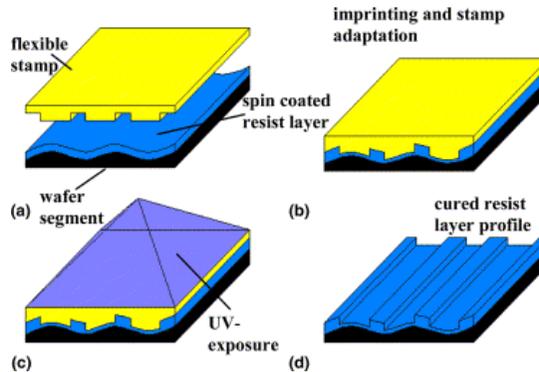
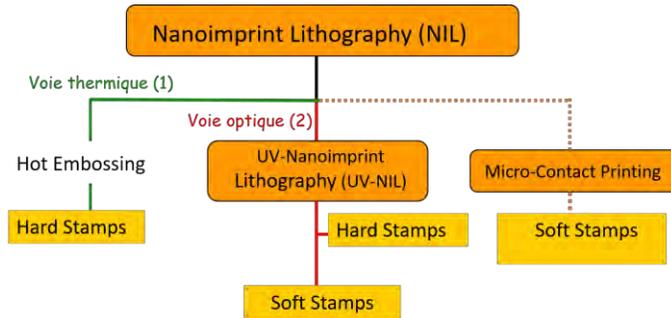


2900 m² de salle blanche dont :

- ✓ 1200 m² => PIMENT (procédés)
- ✓ 700 m² => POEM (croissance de matériaux)
- ✓ 170 m² => Education & Formations
- ✓ 250 m² => Accueil des PME



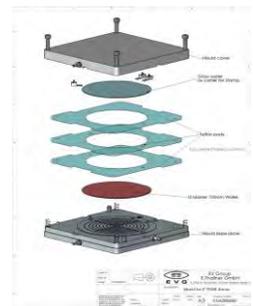
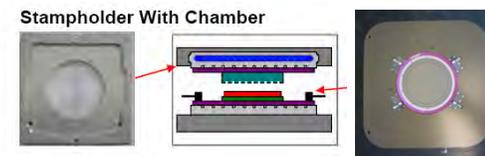
Les ressources en nano-impression



Aligner EVG 620 double faces @ 365 nm

Moules durs ou flexibles (cm² → 4 pouces).
Paramètres réglables :
pression (de 150 à 900 mbar),
dose, temps de *pressage*, de fluage.
Séparation automatique ou manuelle, etc...

Outil pour fabriquer
des timbres souples :
2cm² → 4'



Pôle Lithographie

Lithographies
optiques

Lithographies
faisceau focalisé

Lithographies
alternatives &
émergentes

Coord. D. Decanini

F. Hamouda
N. Bardou
A. Harouri
D. Bouville

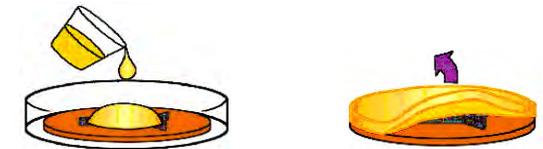
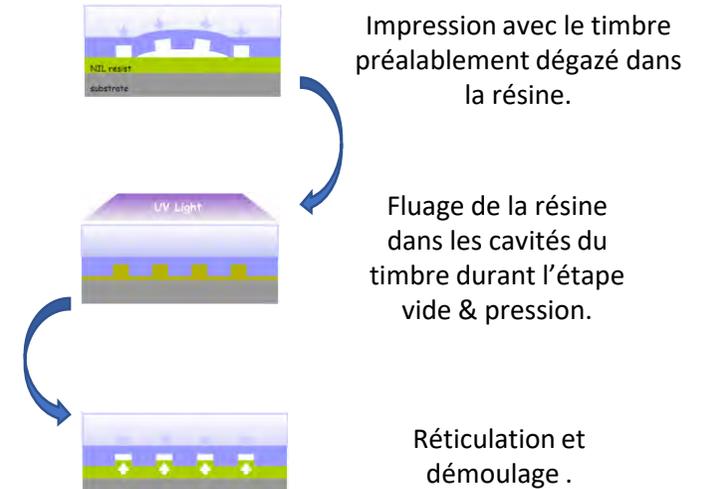
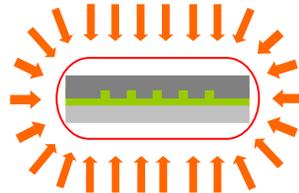
master mold Si (e-beam) → Plusieurs timbres flexibles PDMS.

www.c2n.universite-paris-saclay.fr



Les ressources en nano-impression

- NIL thermique et UV
- Pression uniforme grâce à des membranes
- Pmax = 500 PSI (34 bars)
- Tmax = 220 °C
- UV source: 200 W, 320-390 nm
- **ISO 4 ROOM**



Autre alternative : le timbre bicouche H-PDMS-PDMS

- Flexibilité (PDMS) et rigidité (h-PDMS)
- Viscosité < Viscosité PDMS (3900 mPa.s)
 - Module de Young > M. Y PDMS (1.5MPa)

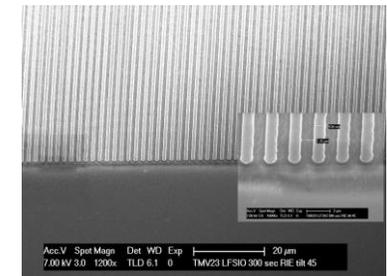
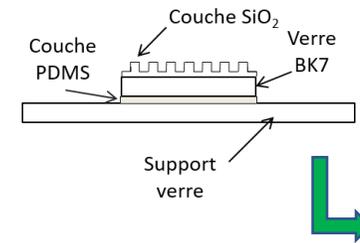
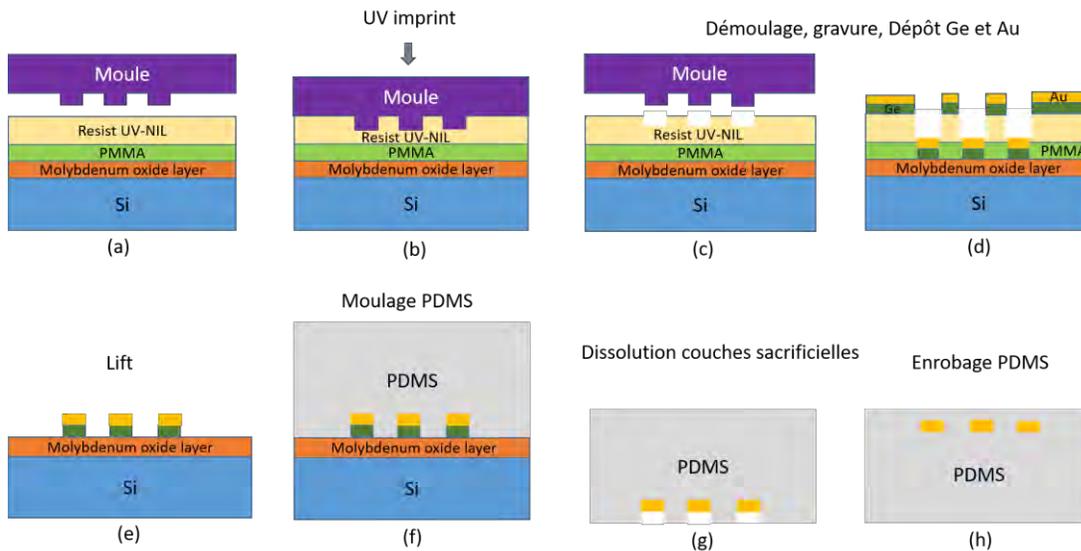


Pour les impressions manuelles sur table.

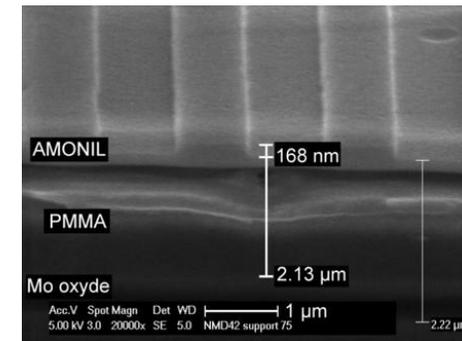


Exemple d'application: un réseau de diffraction ajustable

Utiliser la propriété d'élasticité du PDMS pour réaliser un réseau de diffraction ajustable
(Surface 1 cm², période 2 μm, lignes de 900 nm)



Observation MEB du moule après gravure

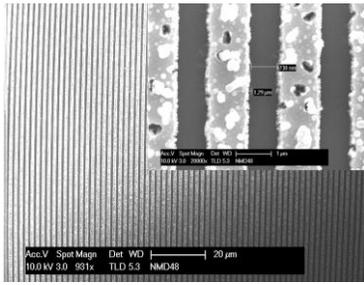


Observation MEB après impression dans AMO/PMMA

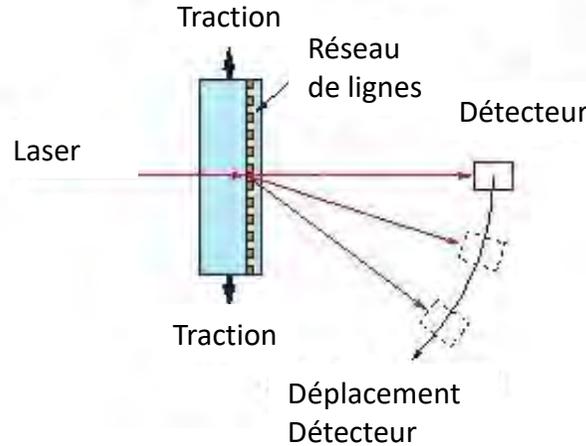
- (a)-(b): enrésinement AMO/PMMA sur MoO₂ / Si et impression avec moule SiO₂
- (c) : démoulage et gravure des épaisseurs résiduelles des résines
- (d) : dépôt Au (50 nm)/Ge (150 nm)
- (e): lift-off
- (f) –(h) enrobage PDMS, dissolution MoO₃ et 2^{eme} enrobage



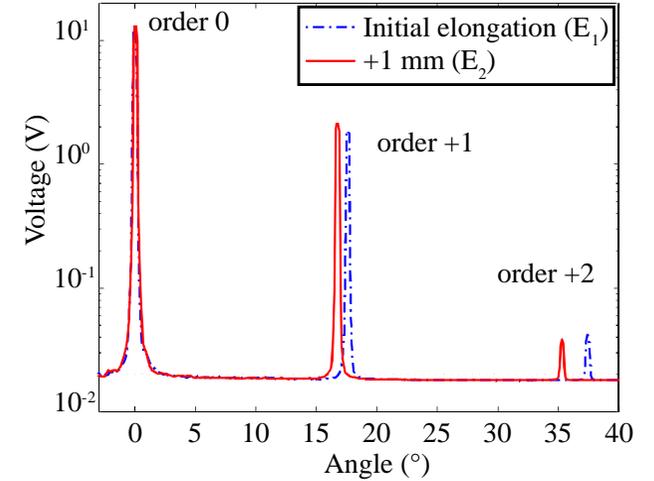
Réseau de diffraction ajustable



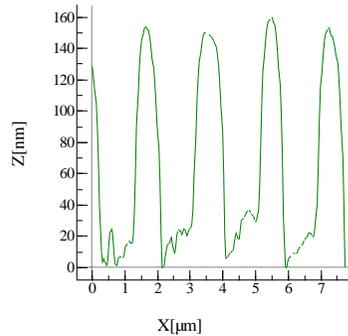
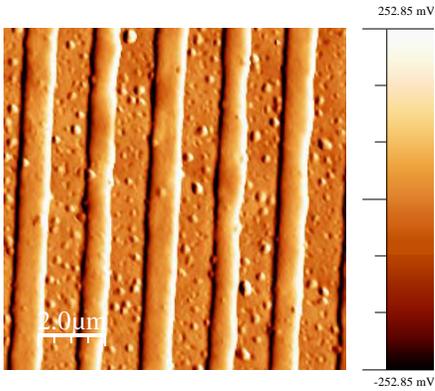
Observation MEB des lignes d'Or dans le PDMS



Banc optique



Caractérisation optique



Observation AFM des lignes transférées dans le PDMS après dissolution de la couche sacrificielle.

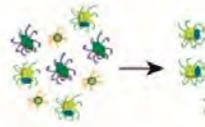
Elongation (mm)	Ordre 0	Ordre 1	Ordre 2
Initiale (E1)	$0.00^\circ \pm 0.01^\circ$	$17.60^\circ \pm 0.01^\circ$	$37.44^\circ \pm 0.01^\circ$
E2= E1+1mm ± 0.02	$0.00^\circ \pm 0.01^\circ$	$16.70^\circ \pm 0.01^\circ$	$35.24^\circ \pm 0.01^\circ$

F Hamouda, et al. DOI : [10.1088/1361-6439/aa5404](https://doi.org/10.1088/1361-6439/aa5404)



Exemple d'application: un biocapteur plasmonique

Solution à analyser
avec les éléments cibles



Récepteur

Bactéries
Cellules
Enzymes

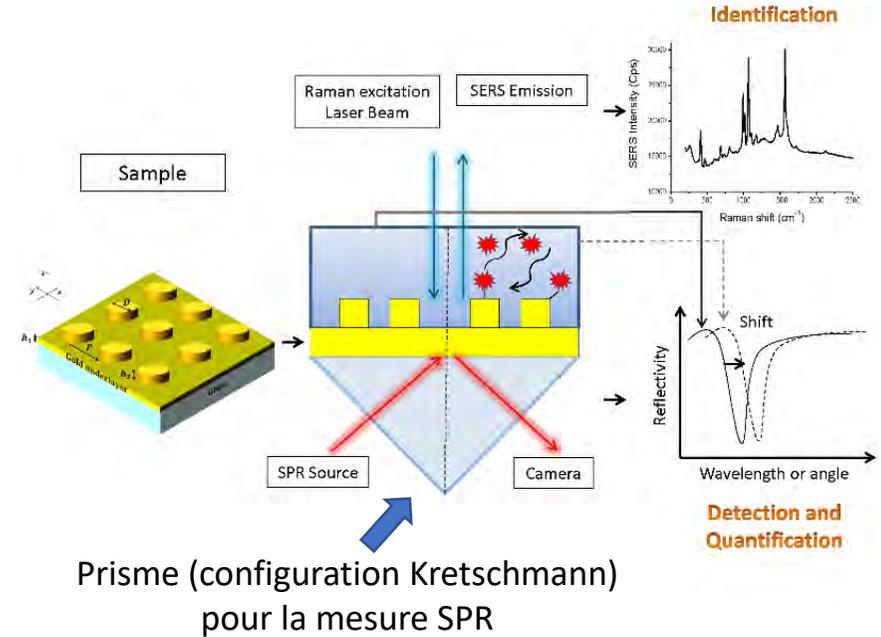
Transducteur

Acoustique
Optique
Calorimétrique
Electrochimique
.....

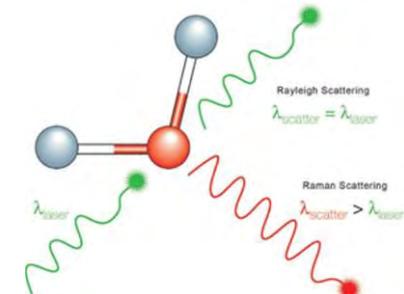
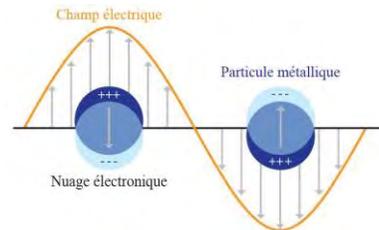
Signal

Biocapteur = un élément de reconnaissance biologique (récepteur)
+ un transducteur pour convertir l'interaction en signal

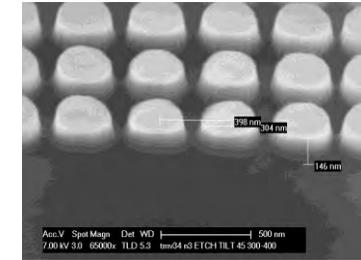
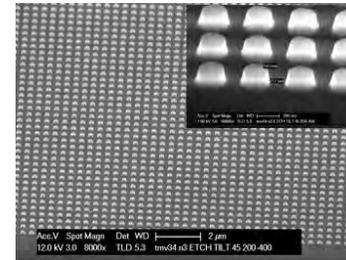
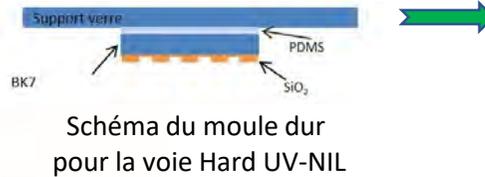
Réalisation d'un réseau périodique (plots d'or)
sur film Au/verre (BK7) pour la
biodétection plasmonique
(J-F Bryche [2016SACLO015](#))



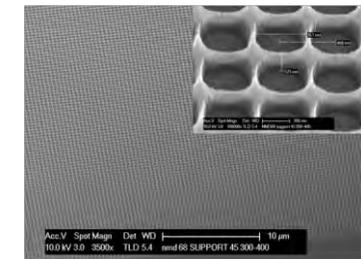
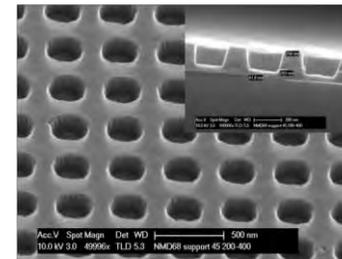
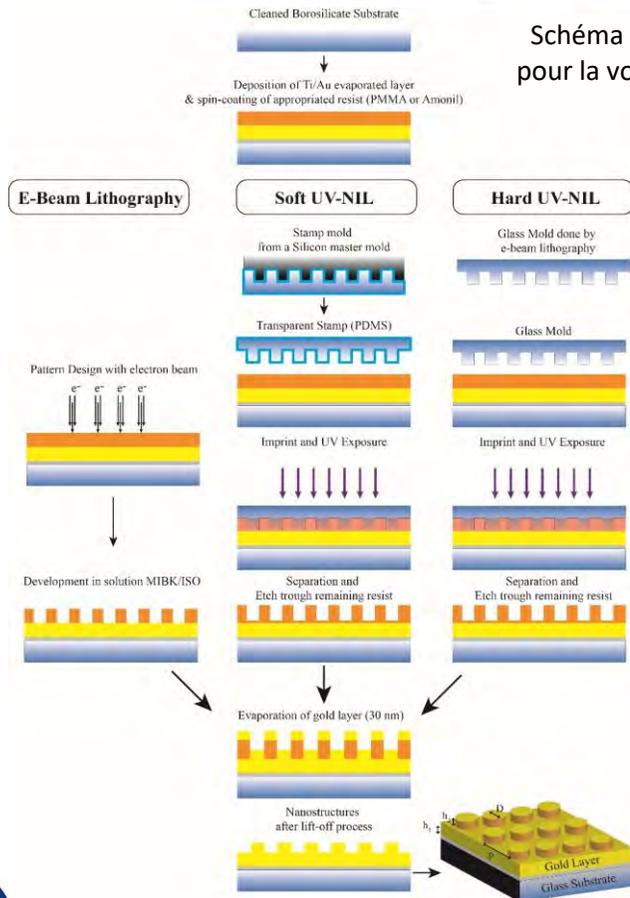
Combinaison de deux techniques de caractérisation sur une biopuce:
la résonance du plasmon de surface (SPR) pour la quantification et
la diffusion Raman exaltée (SERS) pour l'identification.



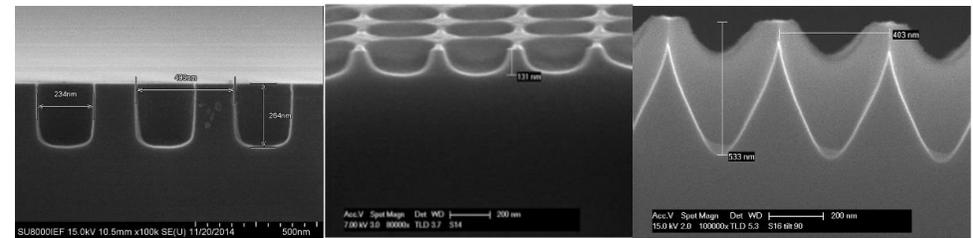
Biocapteur plasmonique



Observation MEB du moule dur (SiO₂): (a) P=400nm et D=200nm, (b) D=300nm pour la seconde image .

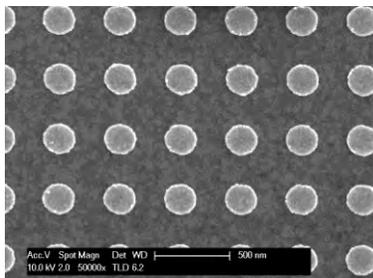


Observation MEB des impressions dans la résine AMONIL: (a) P=400nm and D=200nm, (b) D=300nm pour la seconde image.

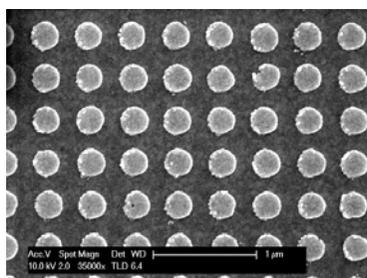


Observation MEB en coupe des moules maîtres pour obtenir les timbres en PDMS en fonctions des paramètres de gravure (T°, O₂,). Intérêt des flancs inclinés pour la résolution

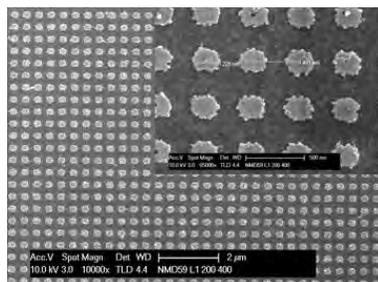
Biocapteur plasmonique



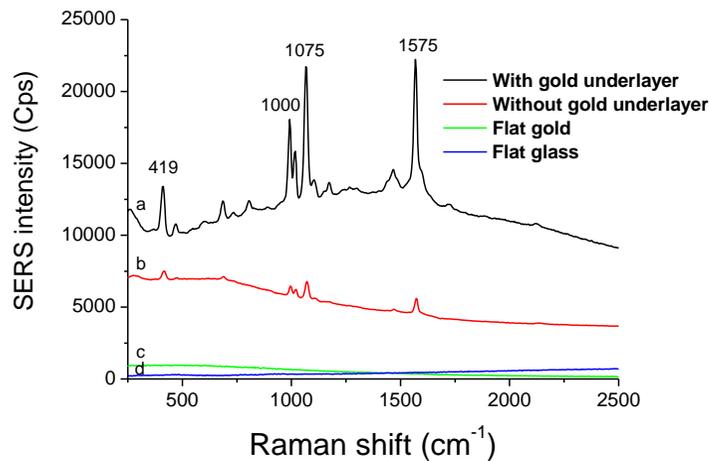
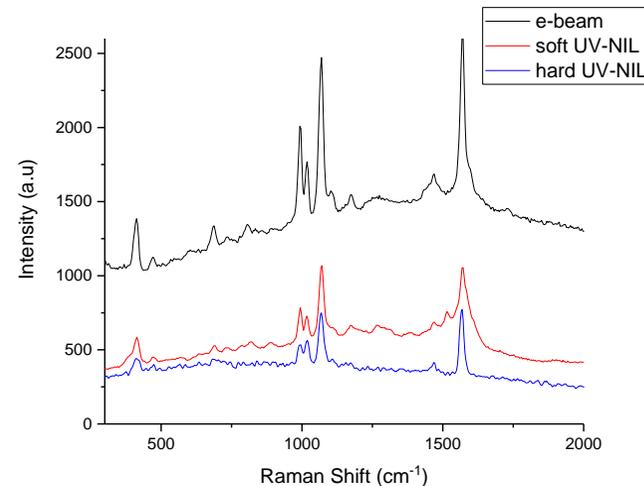
lift plots d'or 30 nm par voie e-beam, P=400nm and D=200nm



lift plots d'or 30 nm par voie S-UVNIL, P=400nm et D=200nm

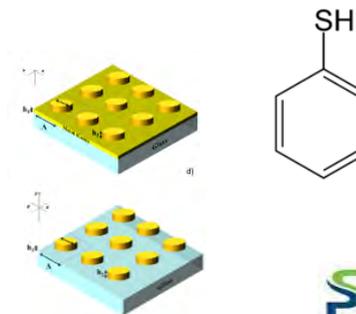


lift plots d'or 30 nm par voie H-UVNIL, P=400nm D≈210nm



Thiophenol molecule, characteristic Raman peaks:

- 1025 cm⁻¹
- 1077 cm⁻¹
- 1579 cm⁻¹



J-F. Bryche *et al.*, Plasmonics, **11** (2016) 601-608



Merci pour votre attention