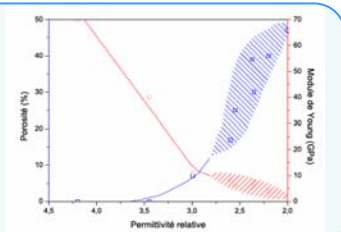


L'introduction de la porosité dans les matériaux couches minces s'accompagne incontestablement d'une réduction de leurs propriétés mécaniques. En exemple, l'emploi des matériaux à faibles constantes diélectriques utilisés dans les composants microélectroniques, sujets à des sollicitations mécaniques et chimiques lors de leur intégration (Polissage mécano-chimique et traitements plasma), nécessite une amélioration de leur rigidité dans la perspective d'utilisation de ces matériaux pour les futures technologies.

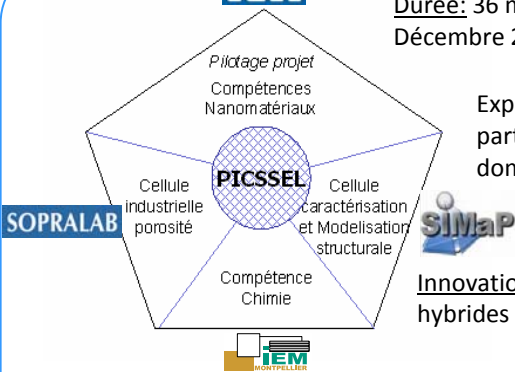


## PICSSSEL



Durée: 36 mois (Janvier 2008 – Décembre 2010)

Expertise des 4 partenaires dans leurs domaines d'excellence



Innovation: dépôts matériaux hybrides mésostructurés

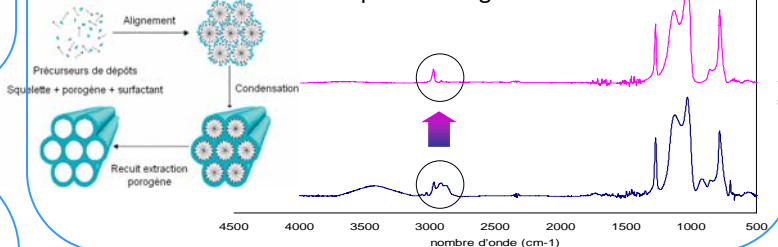
Applications: microélectronique et hors microélectronique

## Optimisation des dépôts

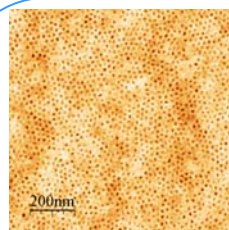
Les couches minces mésostructurées hybrides à base de silice sont déposées par spin-coating (centrifugation) sur substrat Si en approche porogène.

- Différents squelettes de précurseurs sont utilisés: BTSE, MTES, MTES/TEOS
- Différents types de porogènes : co-polymères commerciaux (tels que le Brij56) ou spécialement synthétisés.
- Les échantillons sont déposés, séchés puis calcinés.

La spectroscopie Infrarouge sur dépôts séchés à 150°C puis calcinés à 450°C montre l'extraction complète du porogène d'un matériau de type Si-NC-H hydrorhobe à porosité organisée



## Caractérisation de la porosité



Amélioration de la mésostructure avec un mélange copolymère dibloc et un précurseur organosilicié, le méthyltriéthoxysilane (MTES).

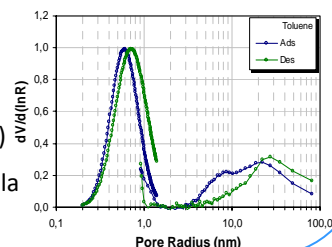
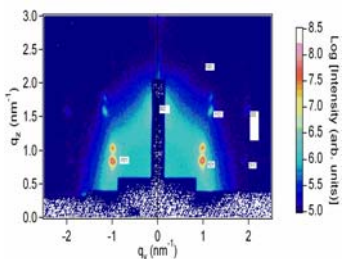
MTES/TEOS: Texture en <200> normale par rapport au wafer dans un réseau tétragonal (c.c):

déposé:  $a = 4.17 \text{ nm}$ ;  $c = 4.44 \text{ nm}$

Séché:  $a = 4.00 \text{ nm}$ ;  $c = 4.44 \text{ nm}$

Calciné:  $a = 3.62 \text{ nm}$ ;  $c = 4.44 \text{ nm}$

- Rétrécissement de la taille des domaines ordonnés : >100 nm



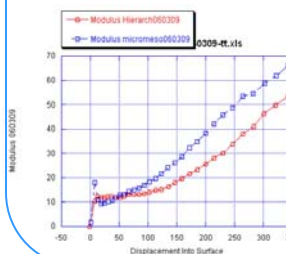
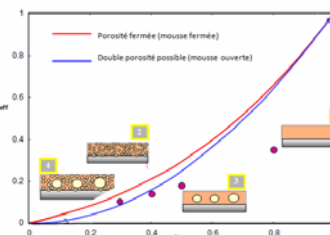
Développement de différents modèles EMA

Extraction du module d'Young (comparaison à la nanoindentation)

Analyse de la PSD Kelvin (forme de la porosité (comparaison au GISAXS))

## Propriétés mécaniques et simulation

Les analyses en module d'Young et dureté ont montré une élasticité meilleure pour un mélange mésoporeux-macroporeux en nanoindentation accrédité par la modélisation.



Les mesures de nanoindentation ont permis d'établir qu'à densité équivalente, l'effet de structuration est faible (10%). Des études préliminaires en AFM acoustique permettraient une détection de pores enterrés et devraient produire des cartes de rigidité de contact des films.

L'optimisation des dépôts en couches minces hybrides mésostructurées passe par une caractérisation fine de la porosité via des techniques innovantes (EP, GISAXS) et des propriétés mécaniques (nanoindentation, AFM acoustique). La modélisation permet également d'orienter le choix des procédés en accord avec les spécifications mécaniques des films. L'intérêt pour ce type de couches permet d'envisager une ouverture vers d'autres applications utilisant des technologies membranaires.