

L'objectif de ce projet ANR-PNANO « NANOENCRE » est de réaliser un dispositif d'affichage diélectrophorétique à base de suspensions de nanoparticules (NP) dans un fluide visqueux (huile silicone, hexadécane). Les applications visées sont principalement la réalisation d'encres électroniques. Afin d'exalter les propriétés électrorhéologiques, les NP, qui doivent être non chargées en surface, incorporent un composant conducteur confinant à la particule une forte constante diélectrique. Nous avons exploré plusieurs voies, utilisant les protocoles de synthèse de NP monodisperses en solution : Turkevich (or) et Stöber (silice). Les particules sont ensuite enrobées par une couche isolante et hydrophobe afin de les compatibiliser au mieux avec le fluide. Les NP hybrides ainsi obtenues ont été caractérisées par microscopie (MEB, TEM), analyse élémentaire et le cas échéant spectroscopiques et analyse thermogravimétrique. Un dispositif de microélectrodes interdigitées a permis de mettre en évidence le changement des propriétés d'absorption lors de l'application d'un champ électrique alternatif aux solutions de NPs, validant ainsi le principe de l'effet diélectrophorétique.

Principe de la diélectrophorèse

- Les particules chargées se déplaçant dans le sens du champ, leur mouvement est donc nul dans un champ alternatif.
- Les particules non chargées mais polarisables se déplacent toujours vers les zones de champ intense.

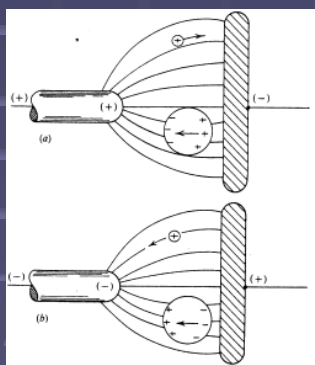
Expression de la force diélectrophorétique :

$$F = 24\pi\epsilon_0\epsilon_f \frac{a^3}{r^4} \beta^2 E$$

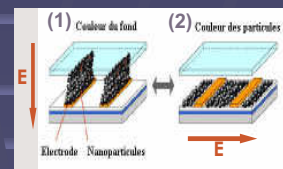
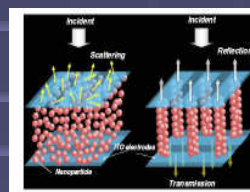
Rayon de la particule

$$\beta = \frac{\epsilon_p - \epsilon_f}{\epsilon_p + 2\epsilon_f}$$

Distance entre particules



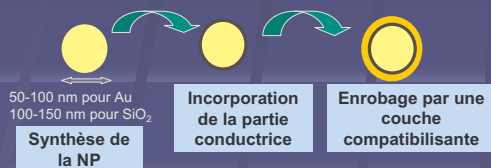
Vers la réalisation d'afficheurs



- En l'absence de champ, les particules diffusent la lumière.
- Soumises au champ vertical (1), les particules s'organisent en phase colonnaire : la lumière est transmise, on observe la couleur du fond.
- Soumises au champ horizontal (2), les particules se réorganisent : on observe leur couleur.

Protocole de synthèse des NP

- Différentes possibilités sont envisagées :
- Particules à cœur métallique (Au, Ag)
 - Particules à cœur d'oxyde (SiO₂) métallisées (Ni, Co, Cu)
 - Particules hybrides à cœur d'oxyde (SiO₂) et écorce polymère conducteur électronique (PTh, PPy)



Fonctionnalisation de nanoparticules d'or

NP Au@SiO₂

Synthèse des NP d'au par la méthode « Turkevitch » (réduction de HAuCl₄ en présence de citrate dans l'eau)

- 1) HO(CH2)3Si(OEt)3
- 2) TMOS/EtOH + HCl
- 3) H3C-Si(OEt)3

Taille moyenne : 130 nm

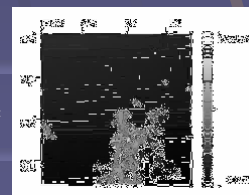


Image AFM de NP d'au déposées sur verre (coll. A. Brosseau, ENS Cachan)

Nanoparticules de silice métallisées

NP SiO₂@Ni

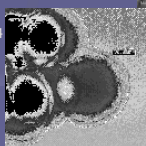
Synthèse des NP de SiO₂ par la méthode « Stöber » (4 mL TEOS + 6 mL NH₃conc dans 100 mL EtOH)

- 1) Ni(octyl)₂ + NaBH₄
- 2) TEOS/HCl
- 3) H3C-Si(OEt)3



Épaisseur de la coque: 10 nm

Taux de métal dans la NP : de 5 à 15 %



Cliché TEM (coll. HKUST)

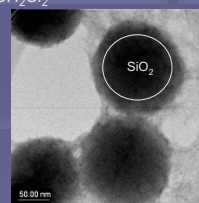
Nanoparticules hybrides silice-PCE

NP SiO₂@Polypyrrole

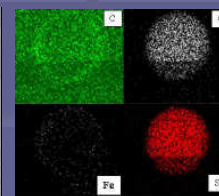


Transfert des NPs de SiO₂ dans CH₂Cl₂

- 1) Addition du monomère (10-15 % masse)
- 2) + 2,5 eq FeCl₃/CH₂Cl₂
- 3) TEOS + HCl
- 4) H3C-Si(OEt)3 + RSiCl₃



Cliché TEM avec diaphragme de contraste (P. Perriat, UCB Lyon)

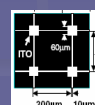


Cartographie EDX des éléments

Conclusions et perspectives

- Nous avons mis en évidence la possibilité d'utiliser les propriétés diélectrophorétiques de suspensions de NPs de diverses natures chimiques pour réaliser des afficheurs.
- Il reste à améliorer les temps de retour à l'état initial et la dispersion des NPs dans le fluide. Pour ce faire, différentes natures de couche compatibilisante vont être testées.
- Les propriétés électrorhéologiques des suspensions de NP seront également mesurées (coll. CNRS Grenoble).

Dispositif d'afficheur diélectrophorétique



Electrodes interdigitées utilisées pour tester les propriétés diélectrophorétiques des NPs en suspension dans l'huile (coll. W. Wen, Hong Kong Univ. of Sc. And Tech.)

