

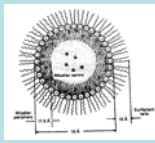
NANOCOMPOSITES A PROPRIETES PIEZOELECTRIQUES ET OPTIQUES

OBJECTIFS : Le développement de nouveaux capteurs, transducteurs et de dispositifs intégrés optoélectroniques et piézo-électriques nécessite l'élaboration de nouveaux matériaux avec des propriétés mécaniques, optiques et électriques couplées. L'objectif de ce projet est de développer une nouvelle génération de matériaux nanocomposites présentant de tels couplages. À ce jour, certains cristaux comme le niobate de lithium, possèdent, dans une certaine mesure, ces caractéristiques. Néanmoins, le coût et la difficulté de micro-structuration de ces matériaux limitent fortement leur champ d'application. Dans ce projet, nous envisageons de développer des matériaux nanocomposites à base de nanocristaux inorganiques insérés dans une matrice polymère, afin d'obtenir des propriétés piézoélectriques et optiques non-linéaires. La taille nanométrique des cristaux est supposée conduire, d'une part, à de nouvelles propriétés qui ne peuvent être envisagées avec des cristaux massifs (ou des cristaux de taille micrométrique) telles que la transparence, de nouvelles propriétés acoustiques, une augmentation de la réponse piézoélectrique et une contribution particulière des effets de surface sur les propriétés optiques et mécaniques.

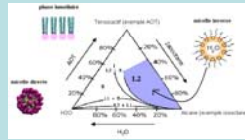
D'autre part, la matrice polymère sera choisie pour sa simplicité d'utilisation et de production, son coût relativement faible, sa versatilité et sa facilité de mise en forme. Pour atteindre cet objectif, une dispersion homogène des nanoparticules (NPs) dans la matrice polymère doit être réalisée par des techniques physico-chimiques développées dans le projet. Pour cela, l'utilisation de deux types de nanomatériaux est envisagée. Le premier est le niobate de lithium (LiNbO_3), qui a été très récemment synthétisé sous forme cristalline avec une taille nanométrique strictement contrôlée (SOR). Son équivalent massif présente les propriétés requises en terme de piézoélectricité et d'optique non linéaire. Il est donc attendu que la forme nanocristalline pourrait encore renforcer ces effets. Le deuxième cristal d'intérêt est l'iodate de fer ($\text{Fe}(\text{IO}_3)_3$). Comme LiNbO_3 , il a récemment été synthétisé dans un laboratoire du consortium (SYMME) par un procédé bas coût. De plus, la réponse optique non linéaire du matériau est comparable à celle des cristaux les plus efficaces tels que BaB_2O_4 et LiNbO_3 . La structure cristalline de l'iodate de fer permet aussi de supposer des propriétés piézoélectriques.

(1) SYNTHÈSE DE NANOPARTICULES A PROPRIETES SPECIFIQUES

Approche Micellaire : $\text{Fe}(\text{IO}_3)_3$



- Réactifs :**
- acide iodique (HIO_3)
 - nitrate de fer ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)
 - AOT
 - Isocotane
 - eau



Micelle inverse :
- $w = [\text{H}_2\text{O}] / [\text{Tensioactif}]$
- $R_w = 0,175w + 1,5$ (nm)

Contrôle in situ de la cristallisation de nanocristaux de $\text{Fe}(\text{IO}_3)_3$ par DLH et HRS

- la taille moyenne des nanocristaux augmente avec la concentration des réactifs
- la cristallisation des nanoparticules est plus rapide à température élevée
- la taille moyenne des nanocristaux augmente avec le nombre de micelles
- la cristallisation des nanoparticules est plus rapide avec des tensioactifs non ioniques

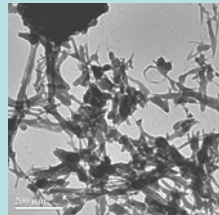
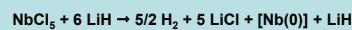


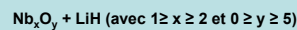
Image TEM de nanocristaux de $\text{Fe}(\text{IO}_3)_3$

- Techniques de caractérisation :**
- Hyper-Rayleigh Scattering (HRS) (propriétés optiques non linéaires de la solution)
 - Dynamic Light Scattering (DLS) (taille des nanoparticules et des micelles)
 - Diffraction des rayons X (DRX) (structure cristalline des nanoparticules)
 - Microscopie Electronique en Transmission (TEM) (taille et morphologie des nanoparticules)

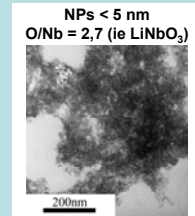
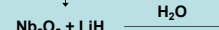
Approche OrganoMétallique : LiNbO_3



Solvant, t, Δ

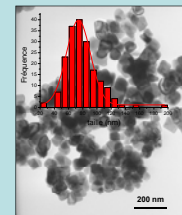


air

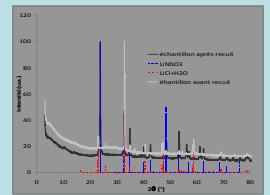


Contrôle de la morphologie des NPs de LiNbO_3

- la taille moyenne des NPs est dépendante de la température et du solvant
- la forme des NPs est dépendante de la nature du réducteur (ie bases activées)
- l'ajout de stabilisants permettra un meilleur contrôle de la dispersion en taille des NPs

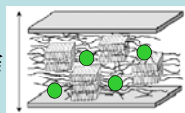


Nanocubes de LiNbO_3 : 76,8 nm ($s = 16,9$)



(2) ELABORATIONS DE NANOCOMPOSITES

Etude préliminaire sur P(VDF-TrFE)/alumine commerciale



Polymère P(VDF-TrFE)

- Propriétés piézoélectriques
- Bonne cristallinité
- Facile à mettre en forme
- Propriétés mécaniques

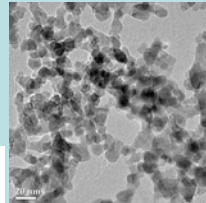
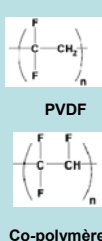
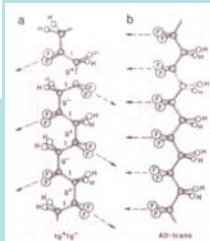
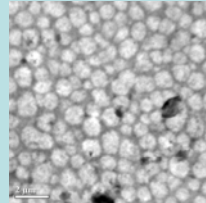
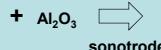
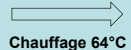
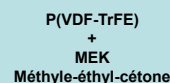


Image TEM de Al_2O_3 : nanoparticules sphériques de 10-15nm



Morphologie de P(VDF-TrFE)/ Al_2O_3 : les nanoparticules se mettent aux joints des sphérolites de polymère



sonotrode

Dépôt d'une couche mince (<3 μm) par Spin-Coating sur wafer de silicium recouvert d'Al

PROCHAINES ETAPES

- Amélioration de la synthèse et de la dispersion des nanoparticules
- Réalisation de films nanocomposites polarisés (sous Haute Tension)
- Etude des propriétés élastiques, optiques et piézoélectriques des films
- Applications : réalisation de démonstrateurs (ex. capteurs de pression, de flexion, ...)

PARTENAIRES

<http://nano-pop.org/php/>



Institut Jean Lamour
Matériaux-Metallurgie-Nanosciences-Plasmas-Surfaces
UMR 7198 - CNRS - Nancy-Université - LPV-Metz

Didier ROUXEL
Didier.Rouxel@ipmi.uhp-nancy.fr



SYMME
Laboratoire d'Électronique et de Matériaux pour la Microélectronique

Christine GALEZ
Christine.Galez@univ-savoie.fr



SOR
Synthèse Organométallique & Réactivité

Yves FORT
Yves.Fort@srmc.uhp-nancy.fr



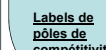
PIEZOTECH, SA
PIEZOELECTRIC POLYMERS

François BAUER
<http://www.piezotech.fr/>



Schneider Electric

Sabine WIEBEL
www.schneider-electric.com



Plastipolis
Labels de pôles de compétitivité.



Materalia
<http://www.materalia.fr/>