



# Cellules Solaires Nanostructurées à Base de ZnO Electrodéposé Projet NanoZnO-Sol

Contact : [thierry-pauporte@chimie-paristech.fr](mailto:thierry-pauporte@chimie-paristech.fr)

[PAUporté Thierry \(coordinateur\)](#), [GUERIN Victoire-Marie](#), [LE BAHERS Tanguy](#),

Laboratoire d'Electrochimie, Chimie des Interfaces et Modélisation pour  
l'énergie, UMR7575, ENSCP, 11 rue P. et M. Curie. 75231 Paris

[LINCOT Daniel](#), [DONSANTI Frédérique](#), [RENOU Gilles](#),

Institut de Recherche sur le Photovoltaïque, UMR 7174, 6 quai Watier, 78401 Chatou cedex.

[SIMON Nathalie](#), [ETCHEBERRY Arnaud](#), [VIGNERON Jacky](#),

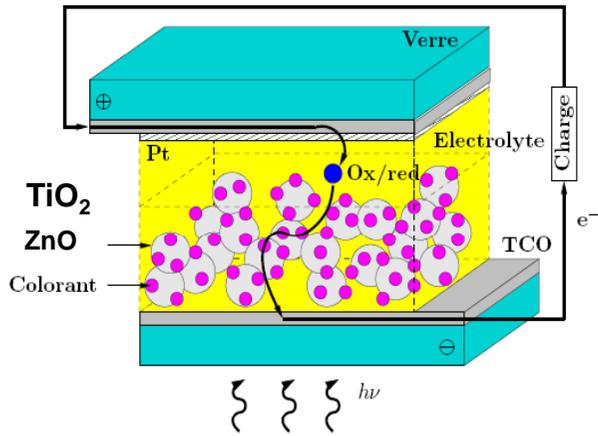
Institut Lavoisier de Versailles, UMR8180, 45 avenue des Etats-Unis - 78035 Versailles cedex.

[LÉVY-CLÉMENT Claude](#), [ELIAS Jamil](#), [TENA-ZAERA Ramon](#),

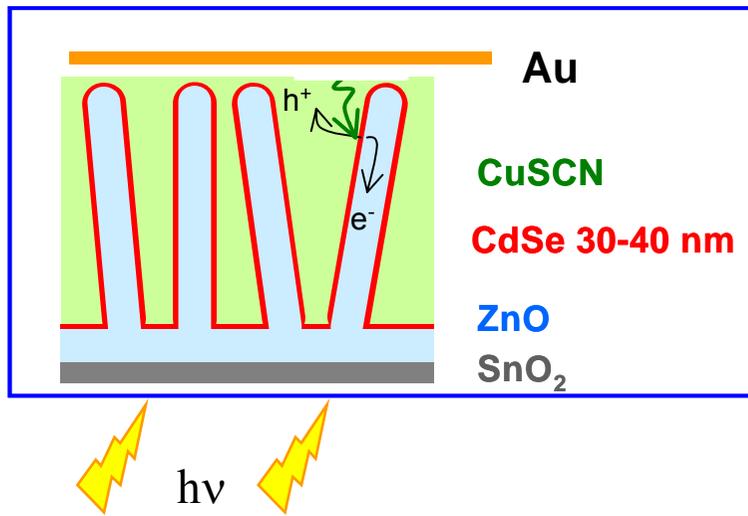
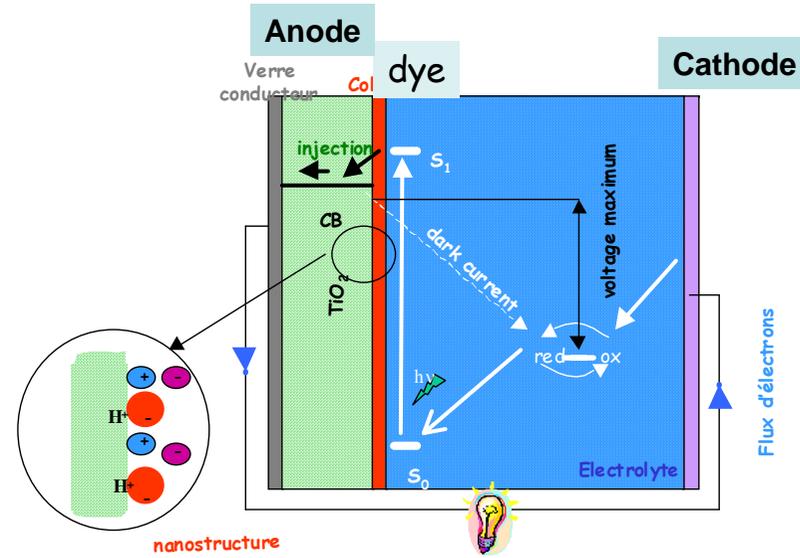
Institut de Chimie des Matériaux de Paris Est, UMR7182, 2 rue Henri Dunant, 94320 Thiais cedex.



# Les cellules solaires nanostructurées

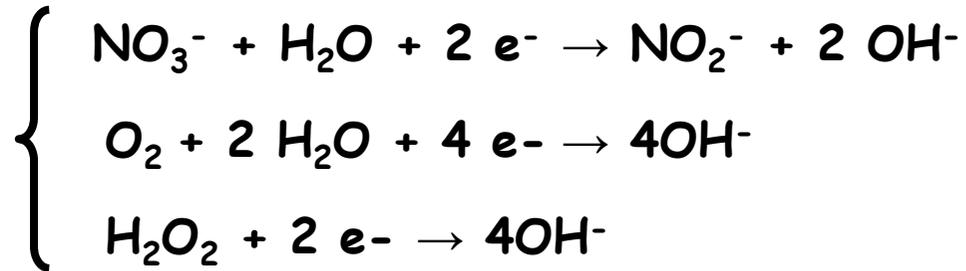


**Cellule solaire à colorant (DSC)**



**Cellule solaire de type ETA (extra thin absorber)**

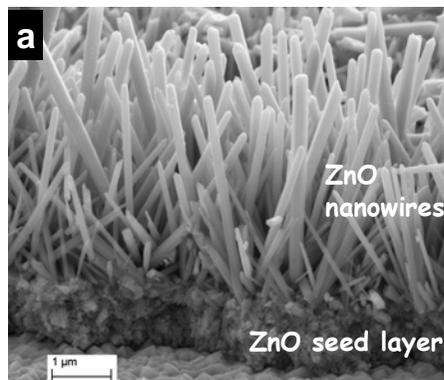
## Synthèse de ZnO par Electrolyse.



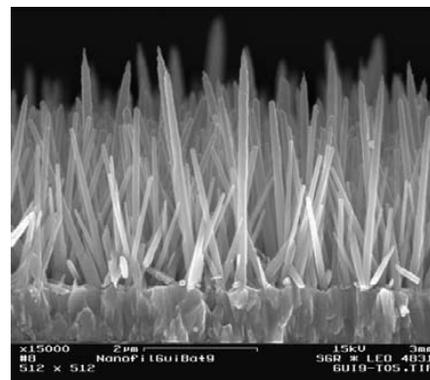
- Avantages :
- Basse temperature, méthode douce (Substrat plastique)
  - Bon marché.
  - Dépôt sur grandes surfaces (roll-to-roll).
  - Matériau de grande qualité sans traitement thermique.
  - Nanostructures

# Elaboration de couches nanostructurées de ZnO par voie électrochimique

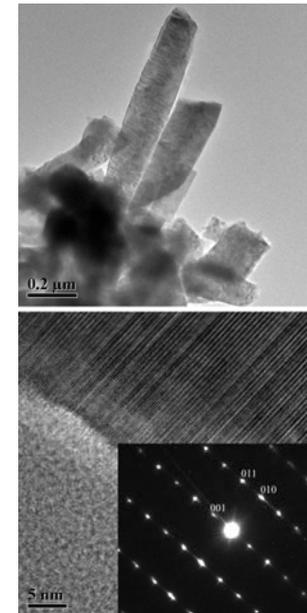
## Nanocolonnes et Nanofils



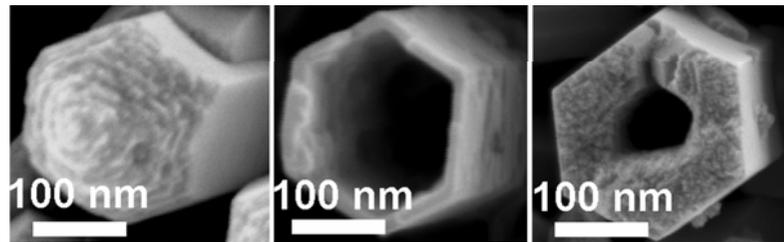
Couche tampon



Direct substrat



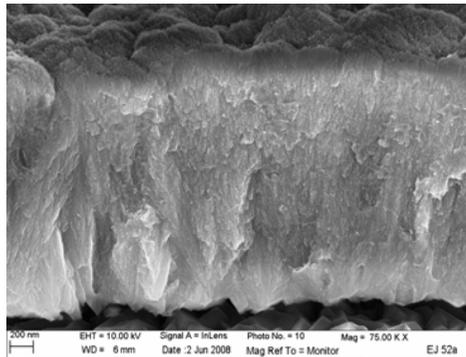
## Nanotubes



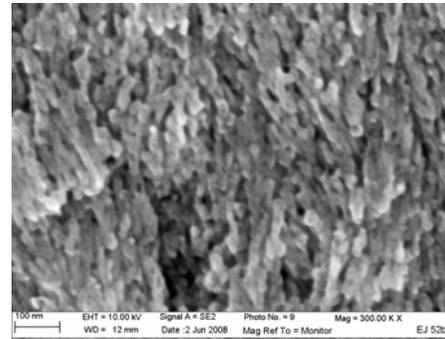
Creusement de colonnes et redépôt à l'intérieur des colonnes.

# Couches mésoporeuses

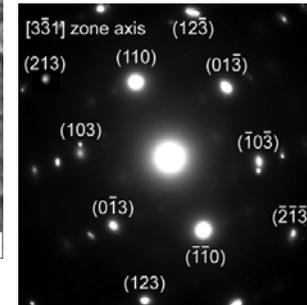
ZnO + agent structurant



Traitement en solution T° Amb.

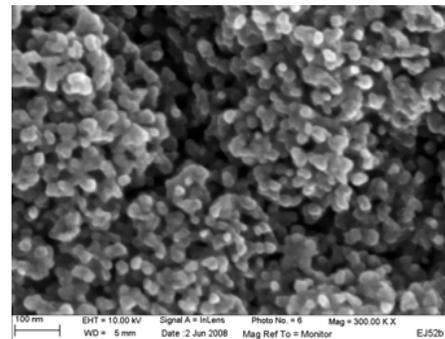


coupe

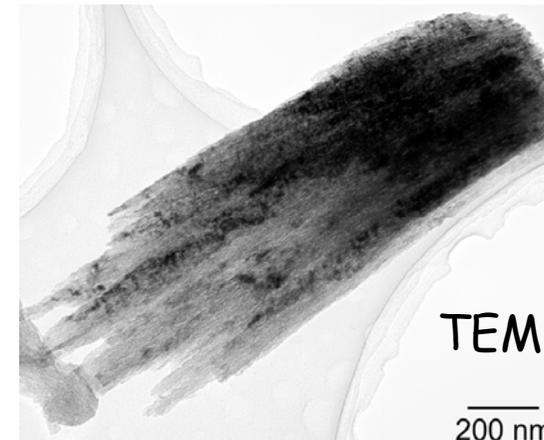


SAED

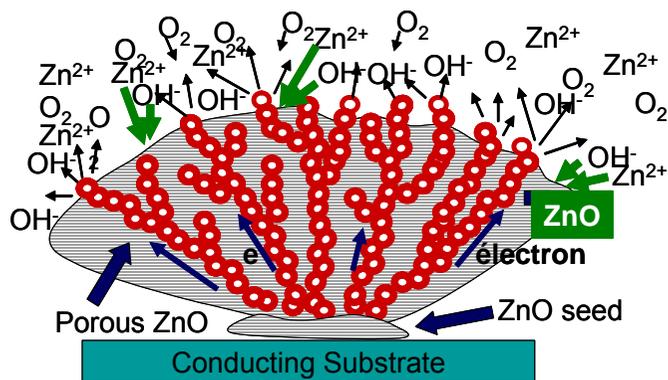
Substrat FTO



dessus



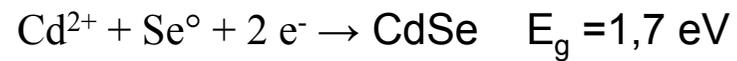
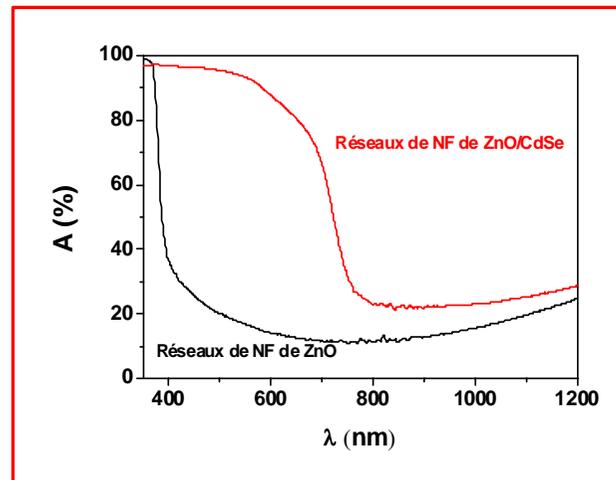
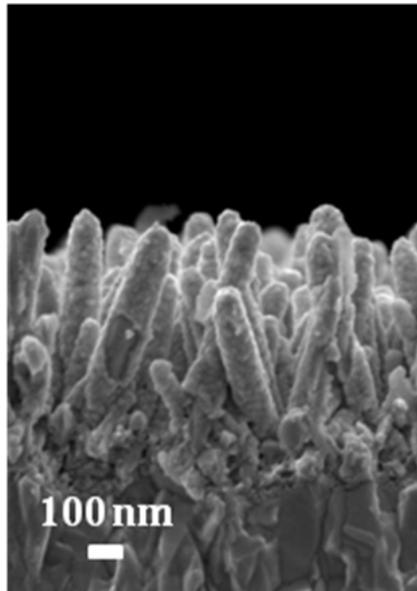
TEM



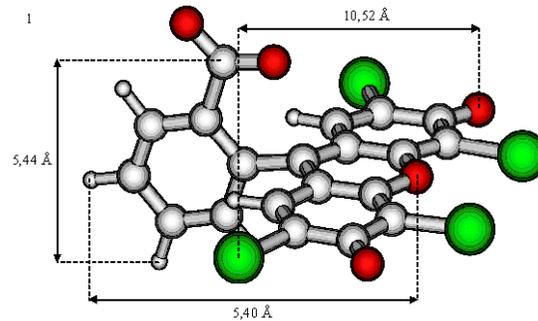
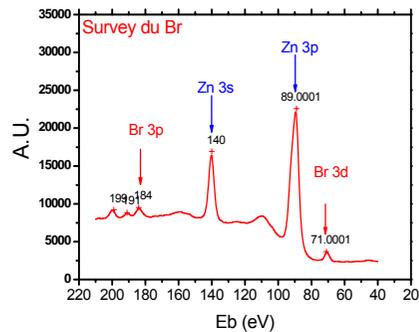
● Reduced Eosin

# Sensibilisation des couches de ZnO

Sensibilisation de ZnO par composé inorganique

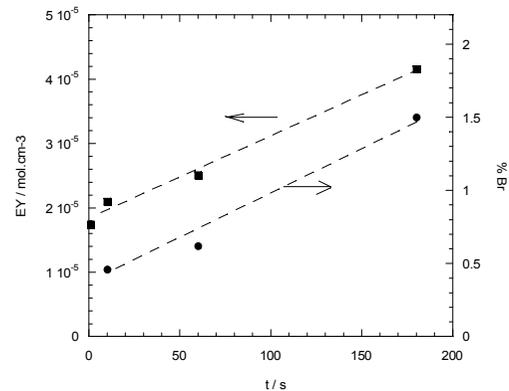


# Étude XPS de l'adsorption de colorants sur ZnO (surfaces modèles)



Ex. Eosine Y

Echantillon	Br3d (at%)	C1s %	N1s %	O1s %	Zn 2p 3/2 %
ZnO dense + éosine 10 min	0,46	15,74	0,12	41,21	42,47
ZnO dense + éosine 1 h	0,62	41,80	1,49	35,39	20,71
ZnO dense + éosine 3h	1,50	33,44	0,58	36,92	27,57
témoin ZnO poreux + éosine co-électrodéposés 20 min	2,94	20,71	0,57	37,87	37,91



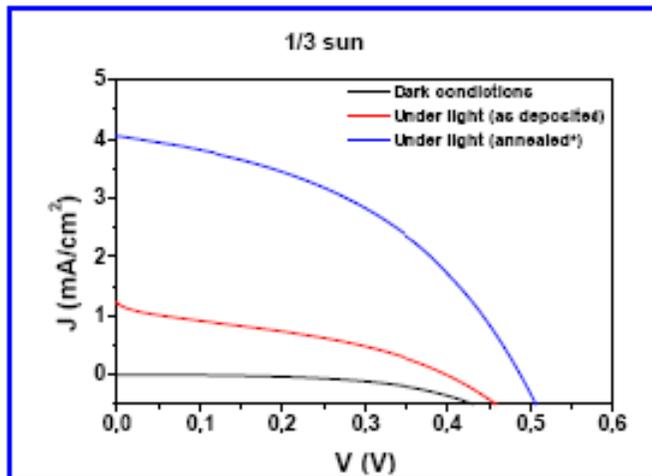
Autres colorants étudiés

- Indolines (D149, D205).
- Complexes organométalliques (N719).

# Réalisation de photopiles

## Cellules ETA

### Courbes I-V



### Cellules solaires ETA ZnO/CdSe/CuSCN

### Caractérisation électrique

	$V_{oc}$ (V)	$J_{sc}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	FF	$\eta$ (%)
As dep.	0.4	1.2	0.34	0.5
Après recuit	0.45-0.50	2.6-4.0	0.40-0.50	~2.3 %

*Recuit à l'air 1h à 350°C après dépôt de CdSe*

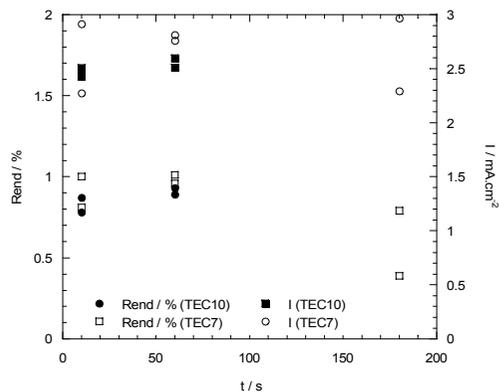
# Cellules DSC

## *Etude de la sensibilisation par différents colorants (cellules à base de ZnO mésoporeux électrodéposé)*

(100 mW.cm<sup>-2</sup>)

colorant	traitement	espaceur	Rendement (%)	facteur de forme(%)	Voc (V)	Jcc (mA/cm <sup>2</sup> )
D205	tamb, 30 min	Sans	0.40	24.5	0.306	5.343
EY	80°C, 1h	Sans	1.86	43.2	0.485	8.875
N719	tamb, 50 min	sans	0.88	31.9	0.370	4.055
D149	tamb, 1h	Sans	4.00	55.7	0.595	12.07

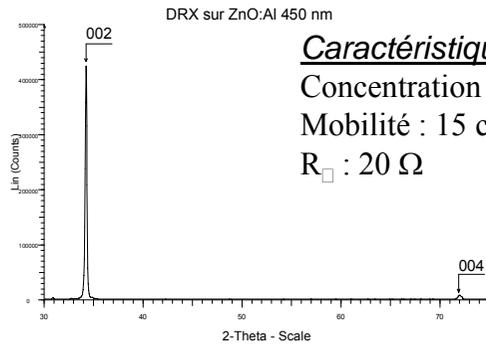
## Effet du temps d'adsorption (Ex Eosine)



**Importance de la formation d'une monocouche auto-assemblée.**

# ZnO:Al comme TCO

## Pulvérisation cathodique : ZnO(002)

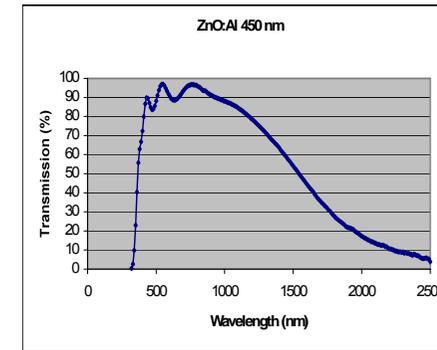
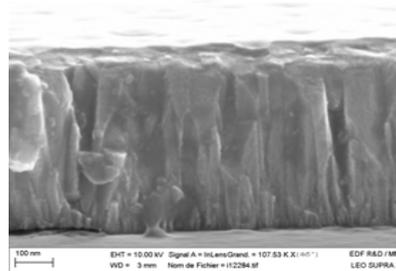


### Caractéristiques électriques :

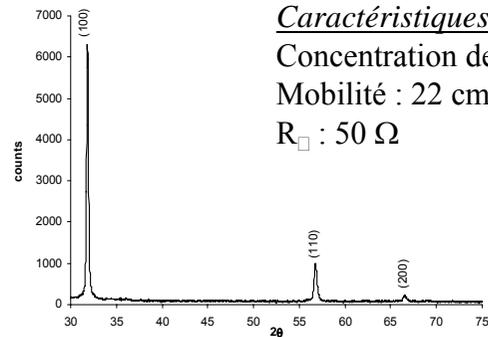
Concentration de porteurs :  $4 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$

Mobilité :  $15 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

$R_{\square}$  :  $20 \Omega$



## ALCVD : ZnO(100)

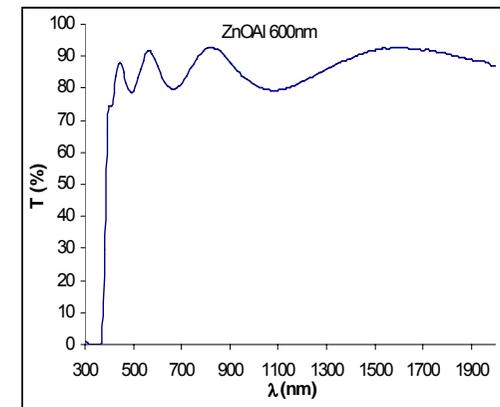
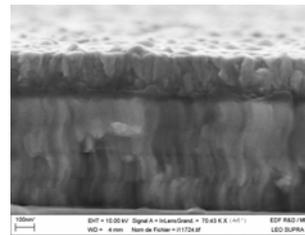


### Caractéristiques électriques :

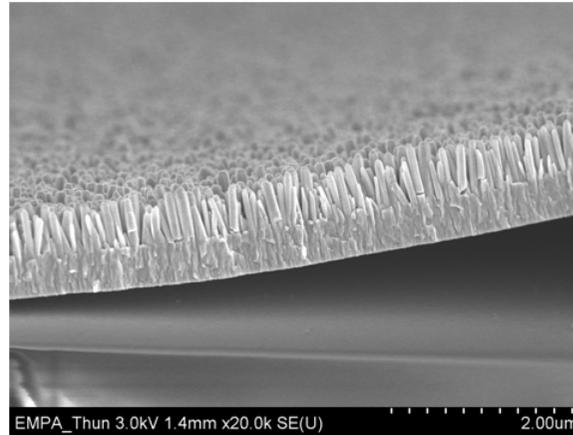
Concentration de porteurs :  $5 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$

Mobilité :  $22 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

$R_{\square}$  :  $50 \Omega$

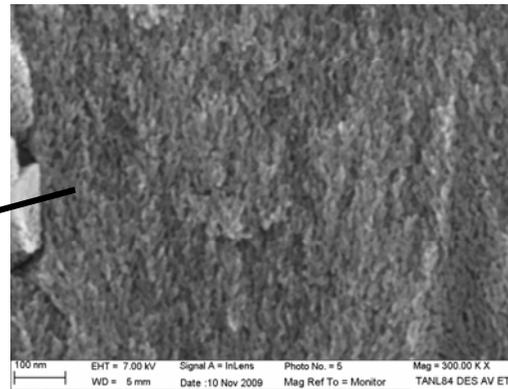
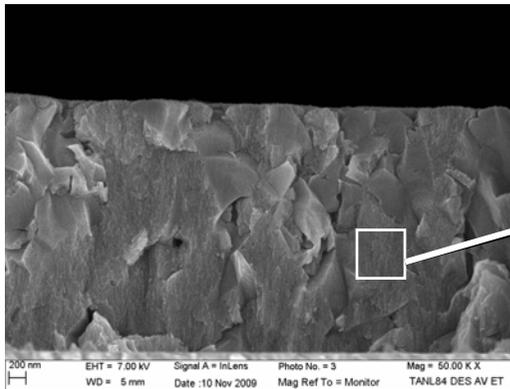


nanocolonnes  
verticales sur  
ZnO(002)

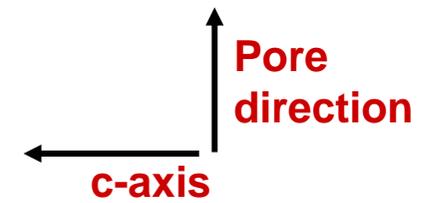
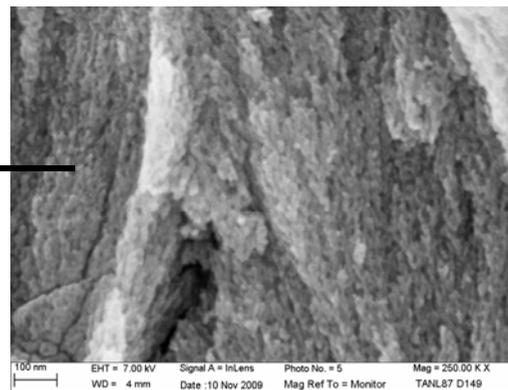
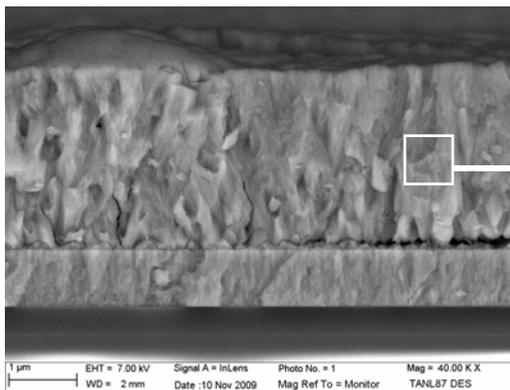


### Mésoporeux

ZnO  
(002)



ZnO  
(100)



# Fin du projet NanoZnO-Sol

- DSC :
  - Objectif cellule ZnO à 5% (épaisseur...).
  - Etude de la stabilité des cellules.
- ETA
  - Cellules à base de nanotubes.
- Substrats ZnO
  - Réaliser les cellules (DSC et ETA).
- Cellules flexibles
- Réalisation de cellules DSC tout solide (ALCVD).

# Conversion de Nanofils en nanotubes

Les ions  $\text{Cl}^-$  dissolvent sélectivement le coeur des nanofils de ZnO pour donner des nanotubes: nouvelle structure 1D

Les ions  $\text{Cl}^-$  s'adsorbent préférentiellement sur les faces (0001)

