



Faculté Polytechnique

Élaboration et caractérisation de cellules photovoltaïques de troisième génération à colorant (DSSC)

Prof. André DECROLY

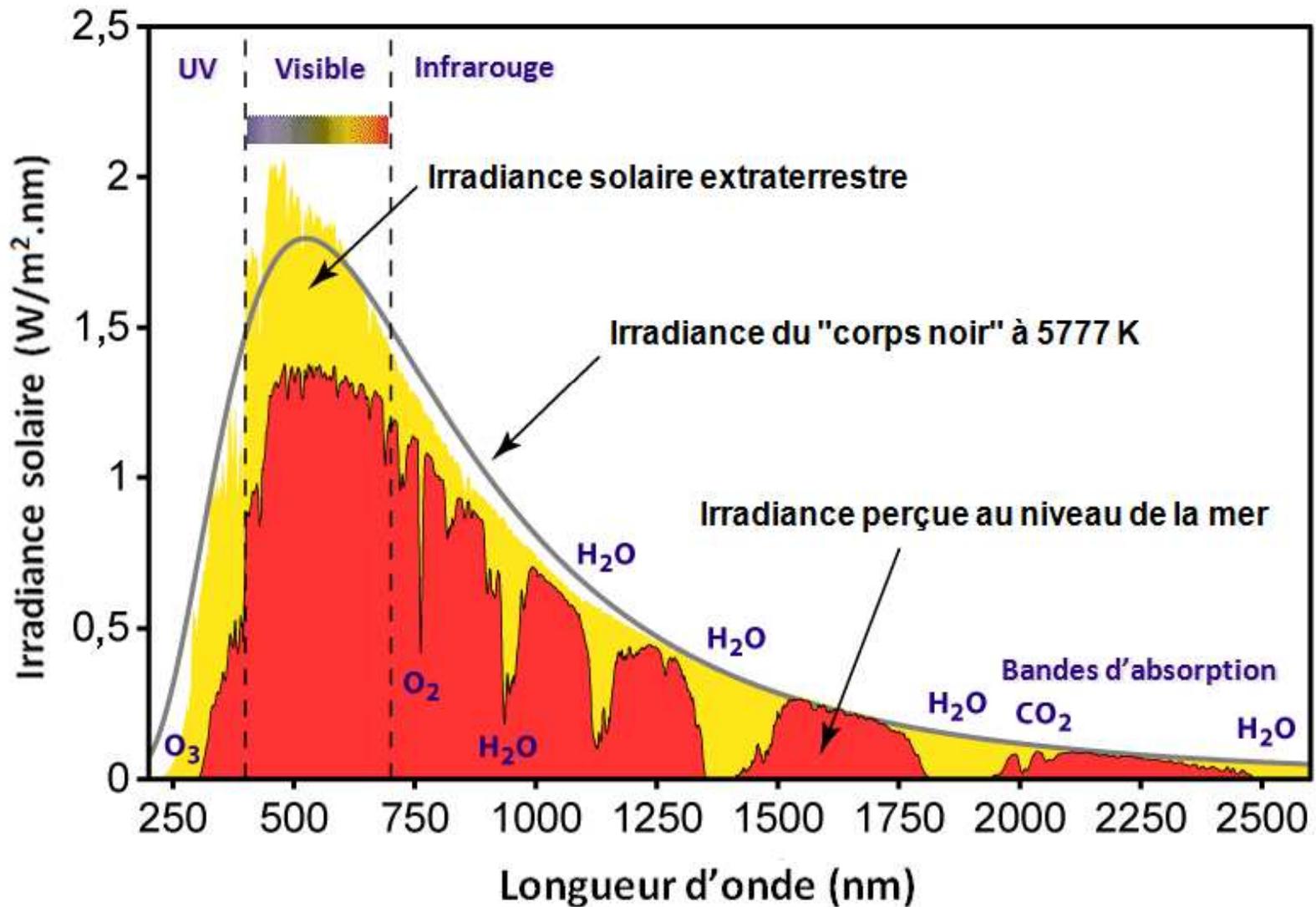
Dr Abdoul Fatah KANTA

andre.decroly@umons.ac.be

3 générations de cellules PV

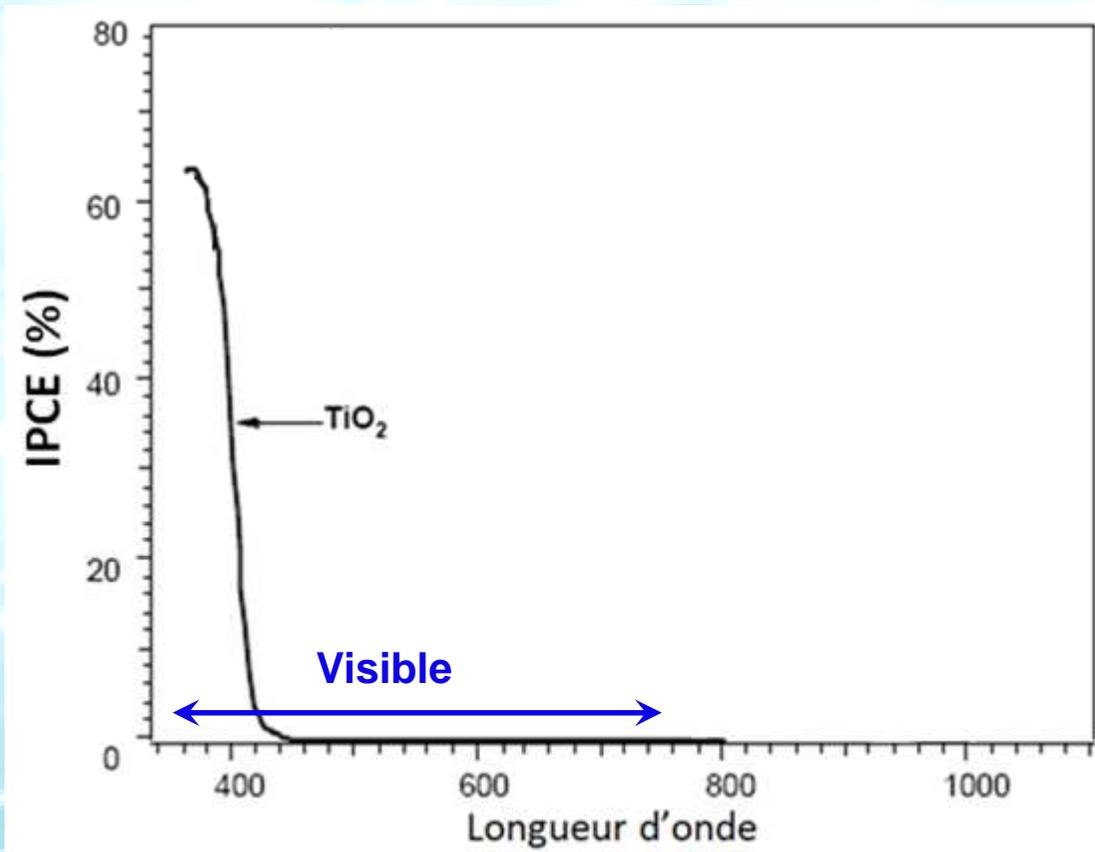
- 1^e génération :
Silicium mono- ou polycristallin ou en ruban ; jonction $p-n$)
- 2^e génération :
Films minces (divers matériaux ; hétéro-jonctions)
- 3^e génération :
 - cellules organiques ;
 - DSSC (ou « de *Grätzel* ») basée sur le TiO_2 (ou autre oxyde) nanoporeux : cellules de type « électrochimiques ».

Principe de fonctionnement des DSSC



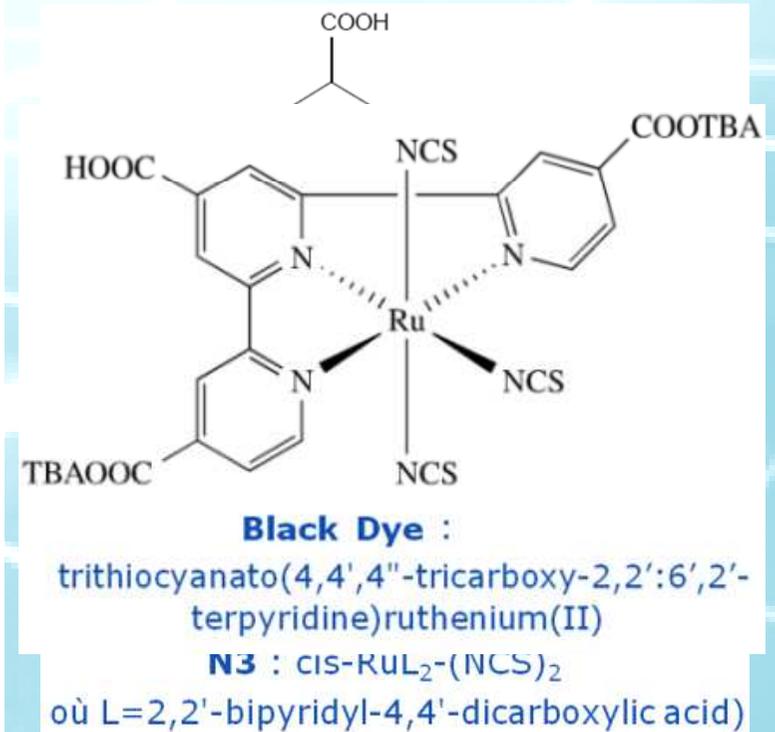
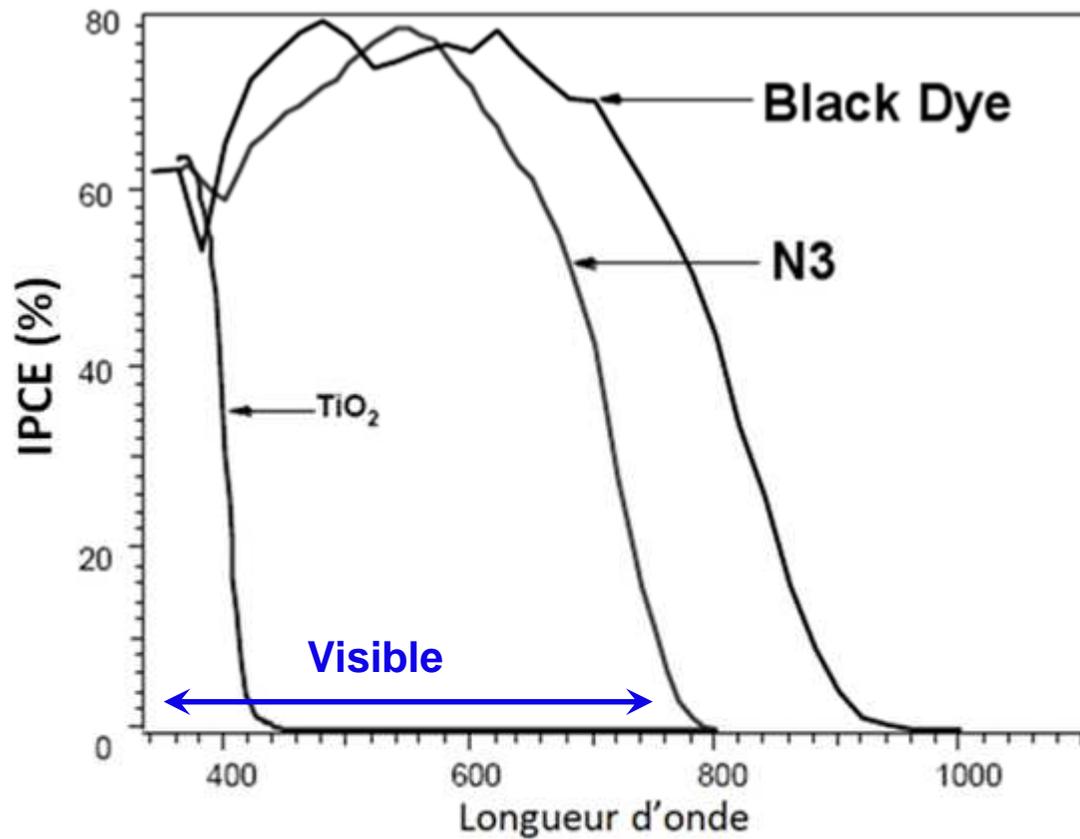
Principe de fonctionnement des DSSC

Incident Photon-to-current Conversion Efficiency (IPCE)

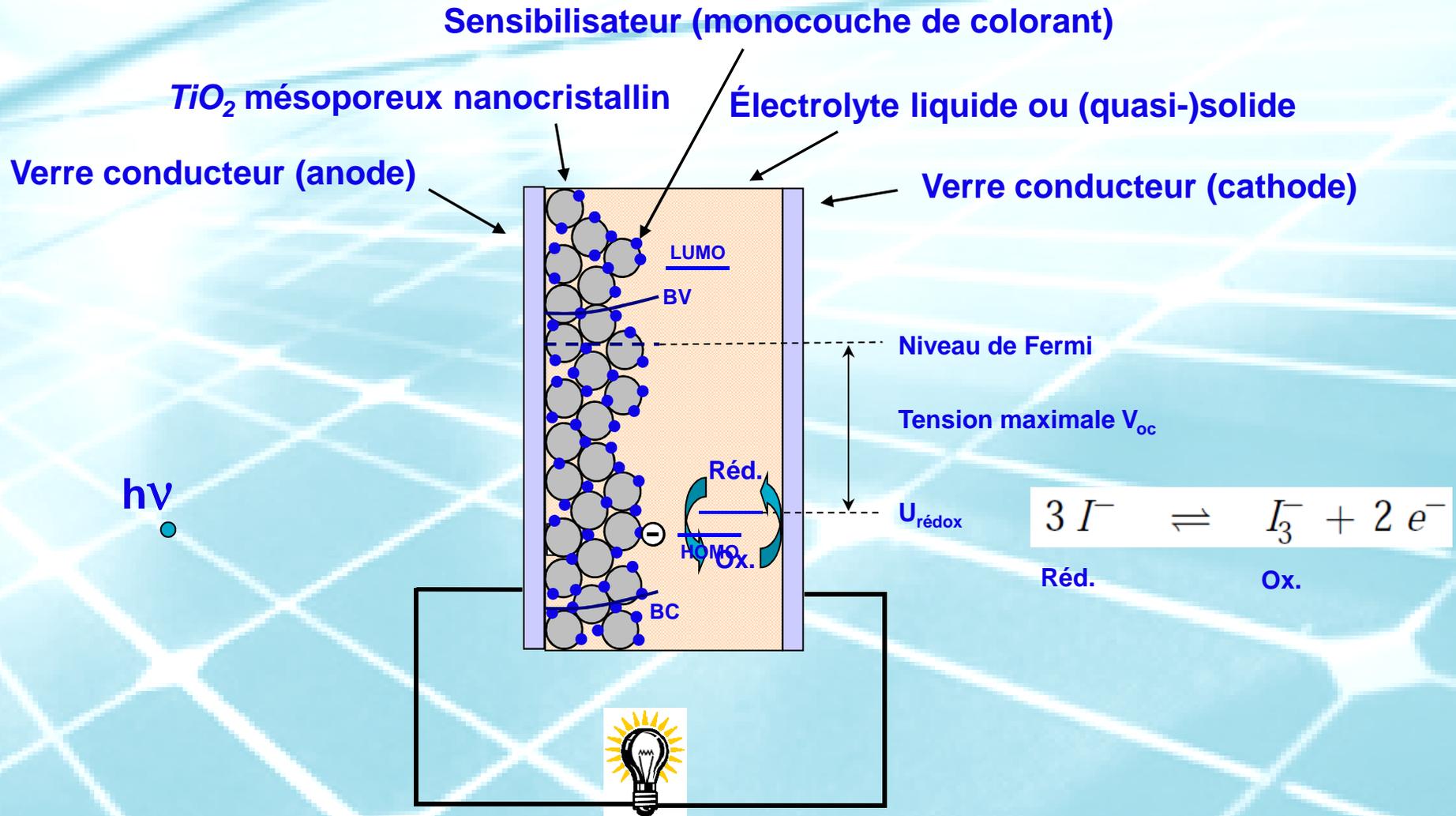


Principe de fonctionnement des DSSC

Incident Photon-to-current Conversion Efficiency (IPCE)



Principe de fonctionnement d₃s DSSC



Diapositive 6

d3

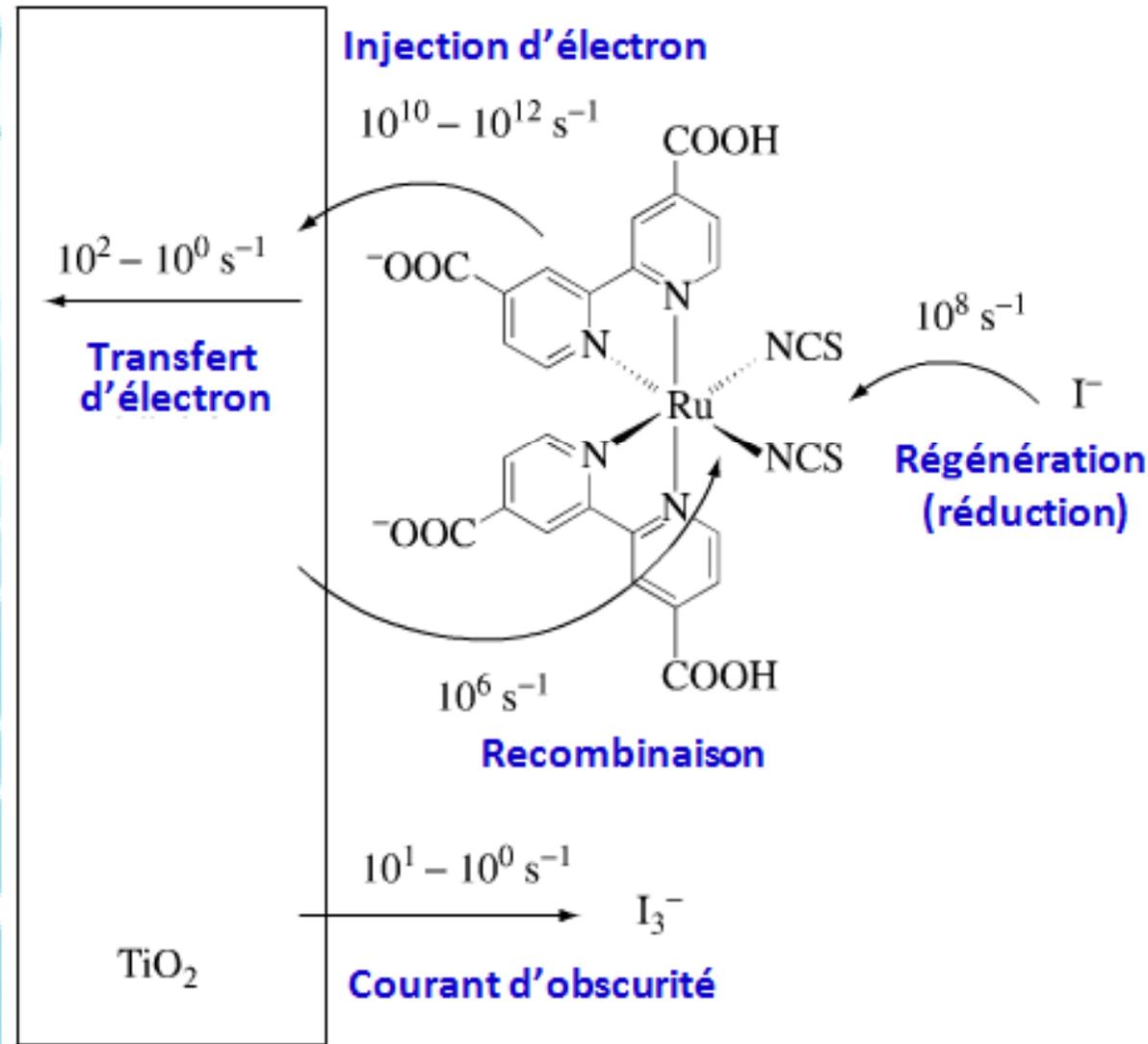
HOMO = orbitales d du Ru

LUMO = orbitales pi anti-liantes du ligand

BC = orbitales d inoccupées du Ti

decrolya; 19/02/2010

Principe de fonctionnement des DSSC



Caractéristiques requises

Sensibilisateur (colorant)

- Doit être isolant à l'état fondamental (*dark current* $\rightarrow 0$) ;
- Doit pouvoir absorber tous les rayonnements sous 920 nm ;
- Doit comporter des groupements permettant le greffage sur TiO_2 ;
- À l'état excité, doit pouvoir injecter des électrons dans le TiO_2 avec un rendement quantique ≈ 1 (durée de vie de l'état excité \gg temps de transfert vers TiO_2) ;
- Le niveau énergétique de l'état excité (LUMO) doit être juste supérieur à la limite basse de la BC du TiO_2 ;
- Son potentiel rédox doit être suffisamment élevé que pour pouvoir être régénéré (réduit) par le médiateur ;
- Doit pouvoir résister à 20 ans d'exposition solaire ($\sim 10^8$ cycles)
→ stabilité thermique et chimique.

Caractéristiques requises

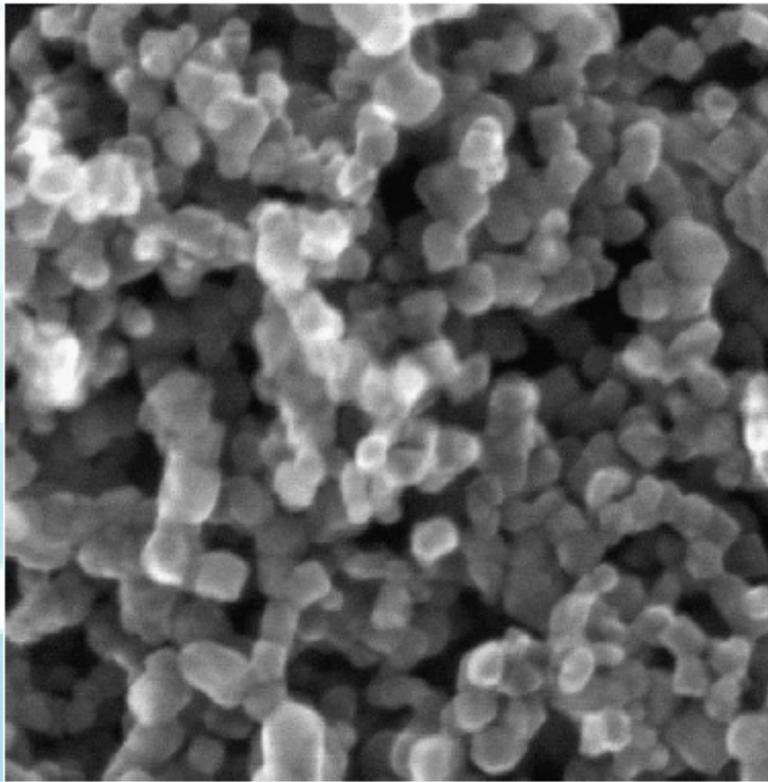
Oxyde semi-conducteur

- surface spécifique très élevée ;
- épaisseur et porosité contrôlées ;
- mobilité électronique élevée (point faible !) ;
- très bonne adhérence sur électrodes (acier, TCO) ;
- contact « ohmique » ;
- stable sous rayonnement et chimiquement ;
- peu onéreux, non toxique et « écologique ».

Caractéristiques requises

Oxyde semi-conducteur

Anatase nanocristalline mésoporeuse



Bandgap : 3,13 eV

Épaisseur : 5-20 μm

Masse : 10 - 40 g/m^2

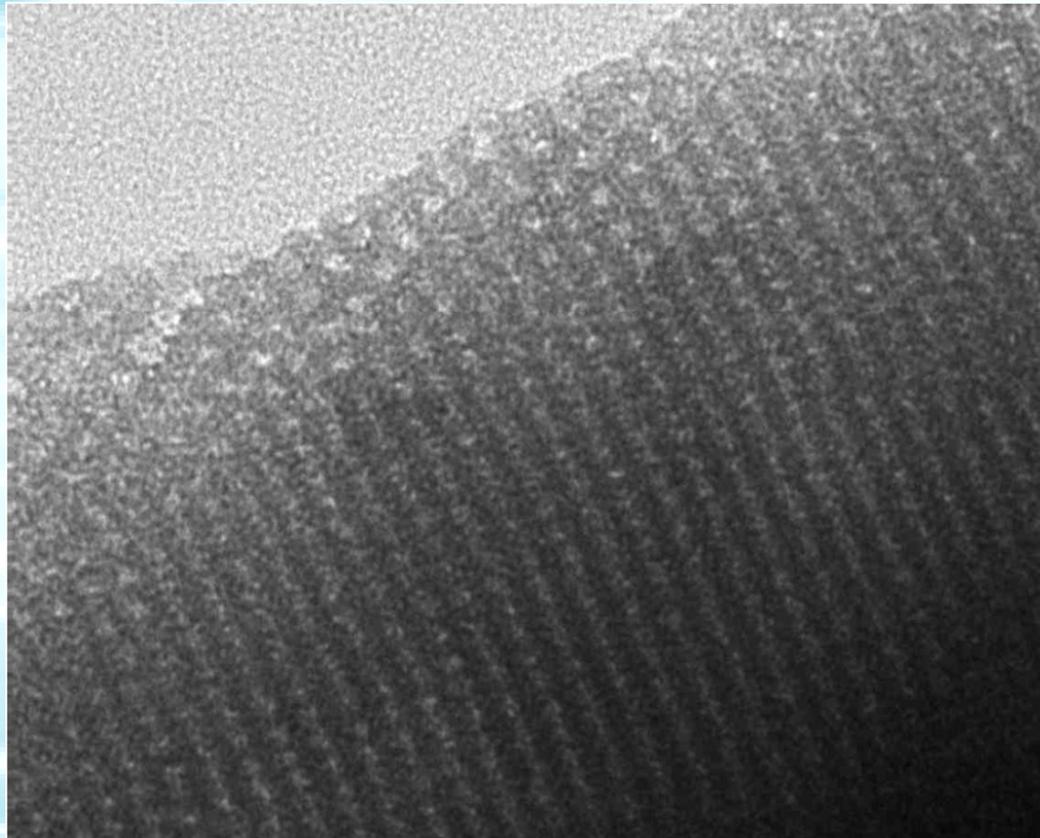
Porosité : 50 - 65 %

$\langle \varnothing \text{ pore} \rangle : 15 \text{ nm}$

Frittage

Caractéristiques requises

Oxyde semi-conducteur

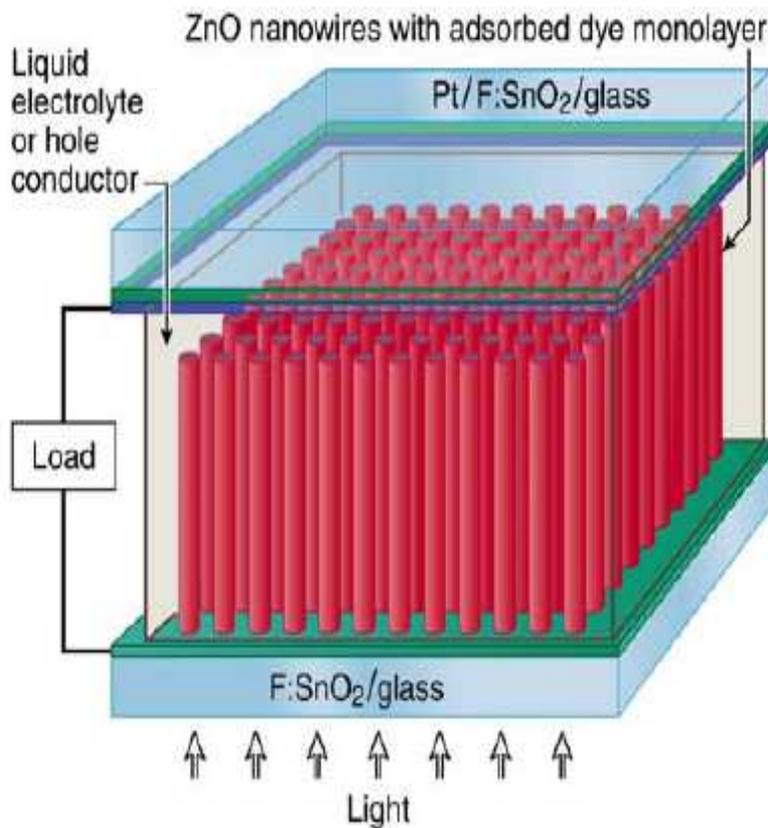


PHOTOCEL

ULg (LCIS) – UMons (FPMs)

Caractéristiques requises

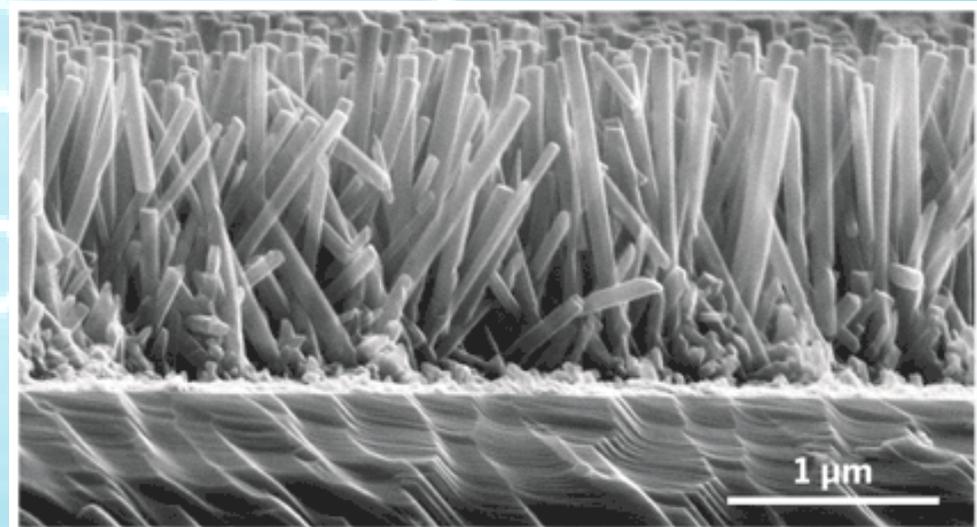
Oxyde semi-conducteur



Nanofils de ZnO

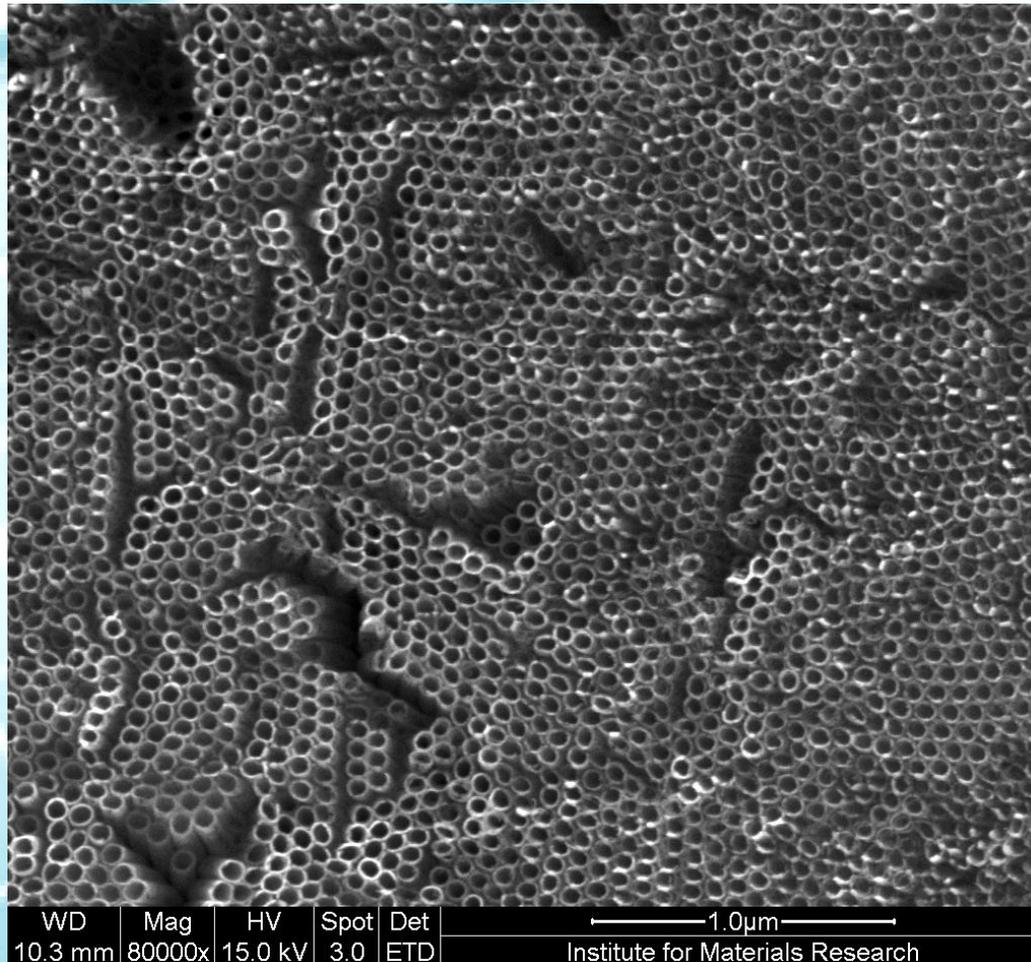
NANOROD

ULg (LCIS) – UCL – it4ip –
UMons (FPMs)



Caractéristiques requises

Oxyde semi-conducteur



Nanotubes de TiO_2

MADSCCELLS (?)

UMons (FS + FPMs)

Caractéristiques requises

Solution électrolytique

- Idéalement solide (facilité de construction, pas de problème de scellement, pas d'évaporation) → matrice polymère + médiateur ;
- Contact intime avec le sensibilisateur ;
- Réaction (rédox) rapide avec le sensibilisateur ;
- Résistance de transfert de charge (avec CE) minimale ;
- Stabilité thermique et chimique ;
- Diffusion des porteurs de charge (*holes* ou ions) rapide ;
- Insensibilité aux impuretés et traces d'eau.

Caractéristiques requises

Électrodes

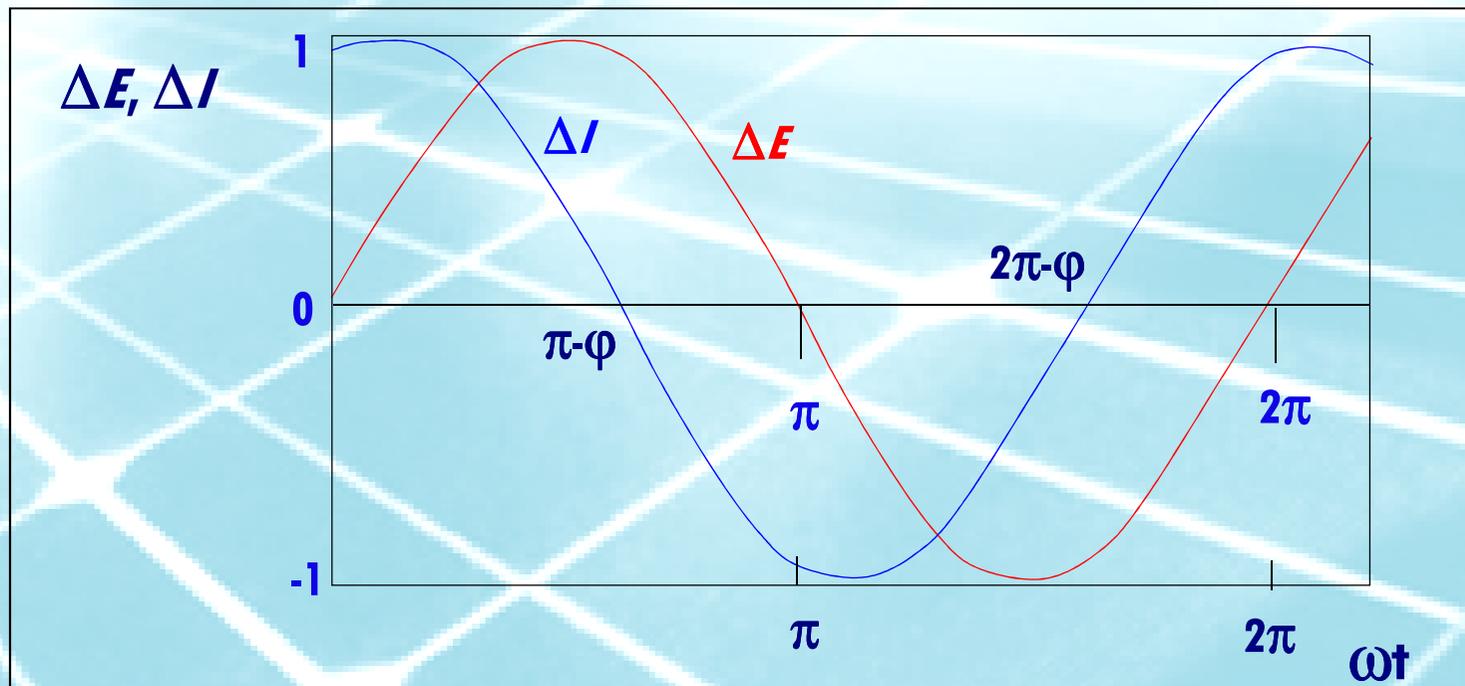
- Conductrices (résistance de feuille minimale) ;
- Résistance de transfert de charge minimale (catalyseur : 100 nm *Pt*, soit $5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) ;
- Absorption et réflexion minimales de la lumière (front), réflexion maximale (back) ;
- Si possible flexible (plastique conducteur (front) ; acier (back))

Spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS)

EIS = mesure d'impédance → détermination des paramètres électrochimiques, via un schéma électrique équivalent

Perturbation en tension : $\Delta E = |\Delta E| \times \sin(\omega t)$ où $|\Delta E| = 10 \text{ mV}$

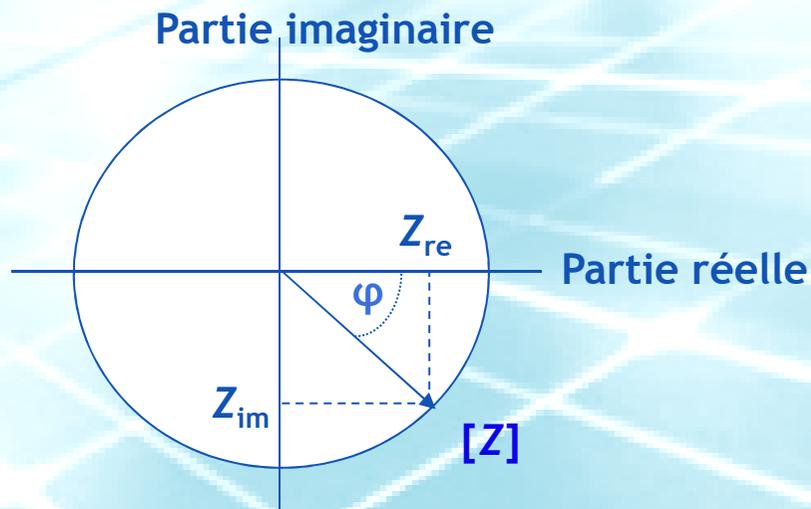
→ mesure de la réponse en courant : $\Delta I = |\Delta I| \times \sin(\omega t - \varphi)$



Spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS)

Calcul de l'impédance

$$Z = \Delta E / \Delta I = Z(\omega) = Z_{re} + j.Z_{im} \quad (\text{de } 100 \text{ kHz à } 10 \text{ mHz})$$

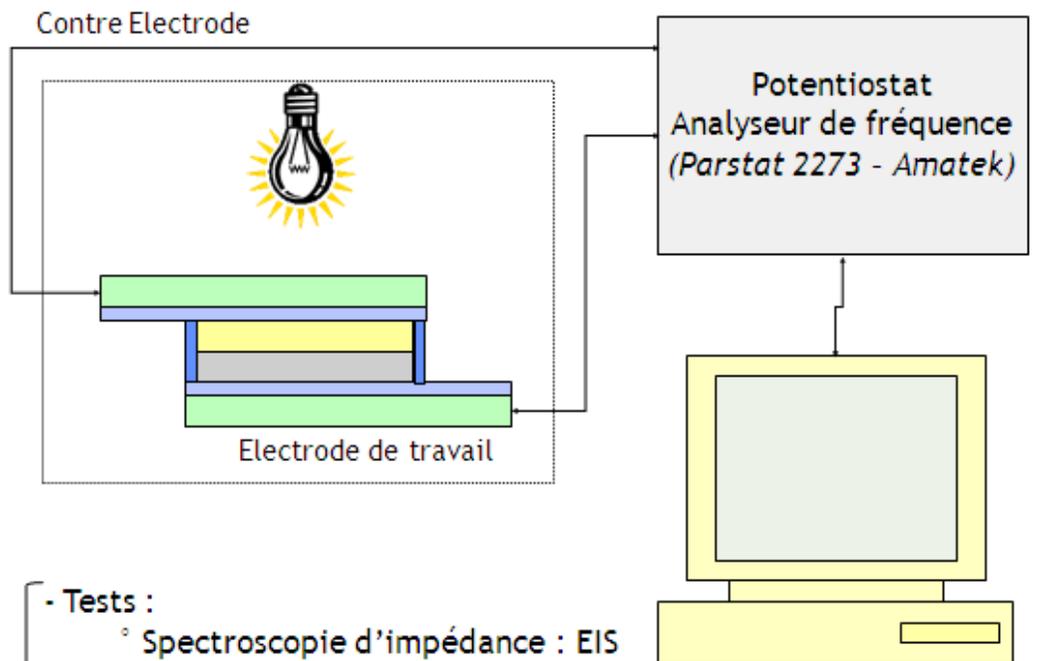


$$|Z| = \frac{\Delta E}{\Delta I} = \sqrt{Z_{Re}^2 + Z_{Im}^2}$$

$$\text{et } \varphi = \arctg \frac{Z_{Im}}{Z_{Re}}$$

Éléments	Z_{re}	Z_{im}	Phase [°]
Résistance	R	0	0
Capacité	0	$j/\omega C$	90

Spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS)



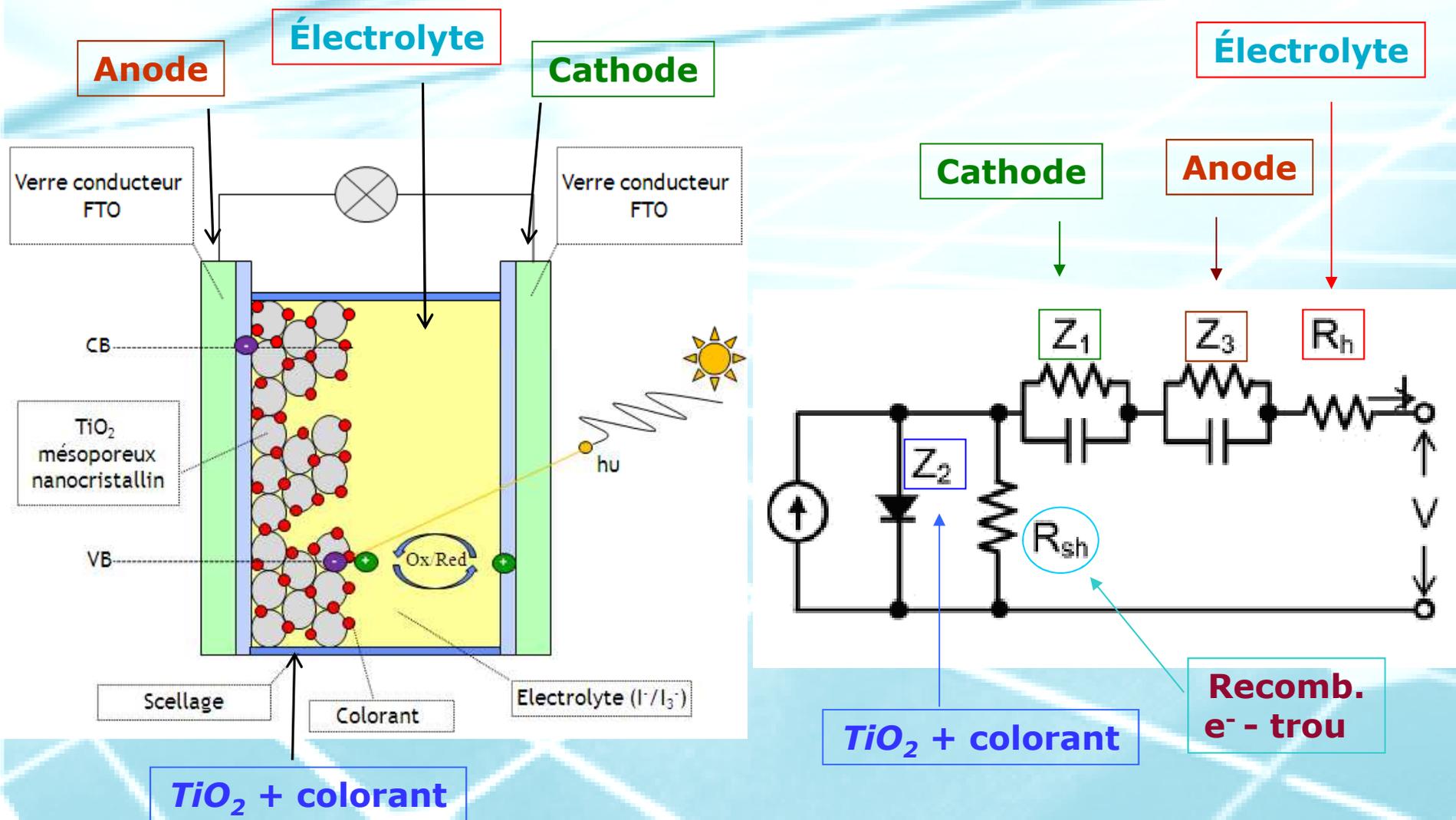
Électrode de travail :
échantillon à analyser (verre
conducteur FTO + TiO_2)

Contre-électrode : verre
conducteur (FTO + C_{graphite})

Électrolyte : KI 0,1M / I_2
0,01M (EG)

- Tests :
 - ° Spectroscopie d'impédance : EIS
 - ° Courbes de polarisation : i/V
- Conditions : Obscurité / under illumination (AM 1.5)
- Electrolyte : $[KI$ 0,1M / I_2 0,01M]_{EG}

Spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS)



Avantages et inconvénients des DSSC

The good ... 

- Coût réduit ;
- Non toxique et sans impact environnemental ;
- Bonne sensibilité à la lumière diffuse ;
- Faible sensibilité à l'augmentation de température ;
- Possibilité de coloration (esthétique) ;
- Possibilité de création de vitres PV.

The bad ... 

- Rendement de conversion assez moyen (< 12 % en labo) ;
- Maintien d'un électrolyte liquide à long terme ;
- Stabilité de la cellule à long terme ?

Merci pour votre attention ...