

# Problématique de la mesure des performances photovoltaïques

—

## Point sur le projet « Valise Nanorgasol »

**Johann Bouclé**



*Maître de Conférences HDR*

Institut XLIM – UMR 7252

Université de Limoges/CNRS

123 av. A. Thomas, 87060 Limoges Cedex, France

[johann.boucle@unilim.fr](mailto:johann.boucle@unilim.fr)

Equipe Optoélectronique Plastique : <http://www.xlim.fr/minacom/optoplast>



# ☐ Métrologie des rendements PV

Un aperçu des difficultés et des solutions

# ☐ La Valise Nanorgasol

Pourquoi ? Comment ? Qui ? Quand ?

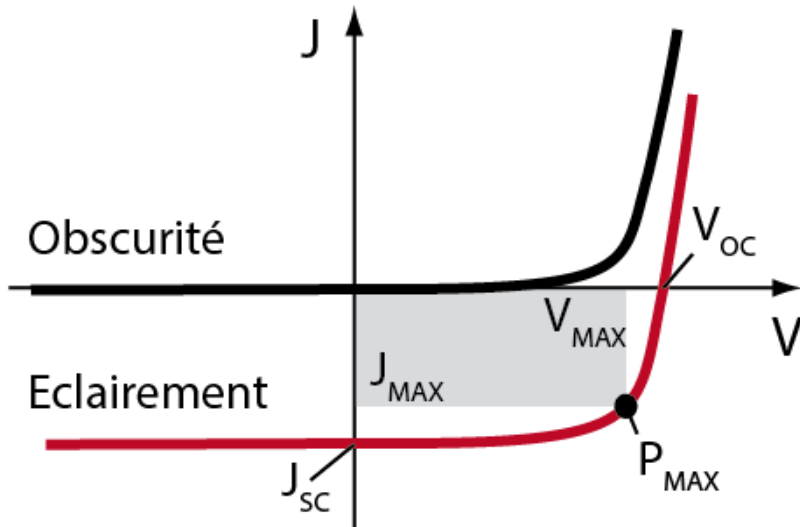
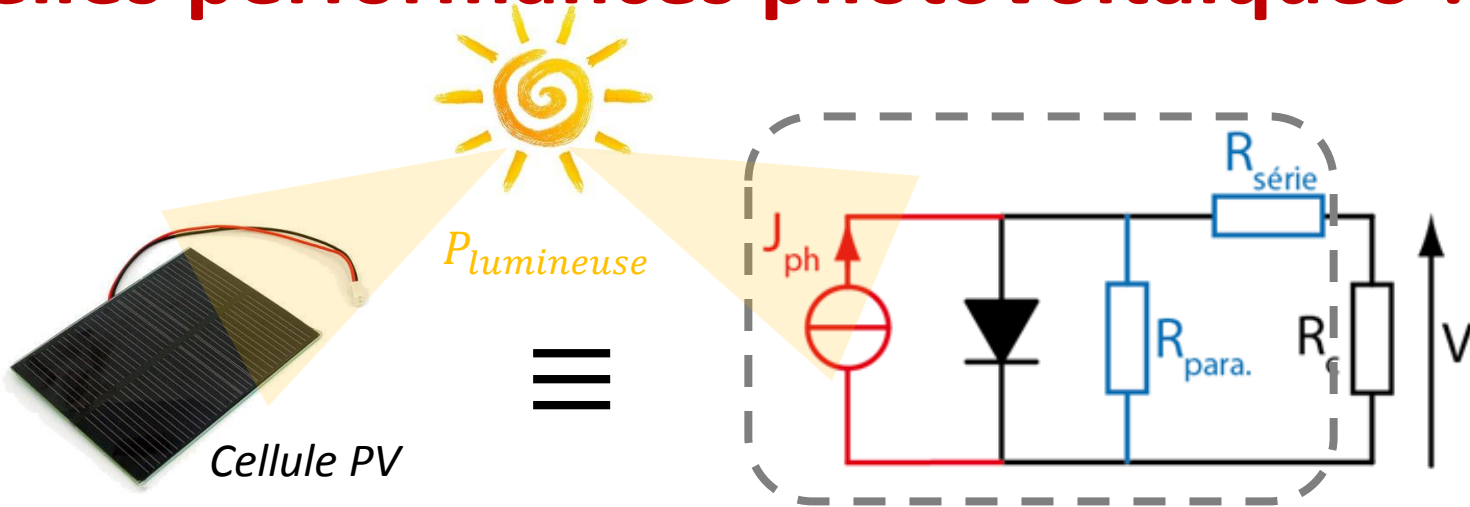


+ Démonstration pratique !



Sensibiliser et favoriser les échanges  
au sein de la communauté

# Quelles performances photovoltaïques ?



Conditions standards :  $100 \text{ mW.cm}^{-2}$  ; AM1.5G

$J_{sc}$  : Densité de courant de court-circuit

$V_{oc}$  : Tension de circuit ouvert

$FF$  : Facteur de forme

$$FF = \frac{V_{MAX} \cdot J_{MAX}}{V_{oc} \cdot J_{sc}}$$

$\eta$  : Rendement de conversion de puissance

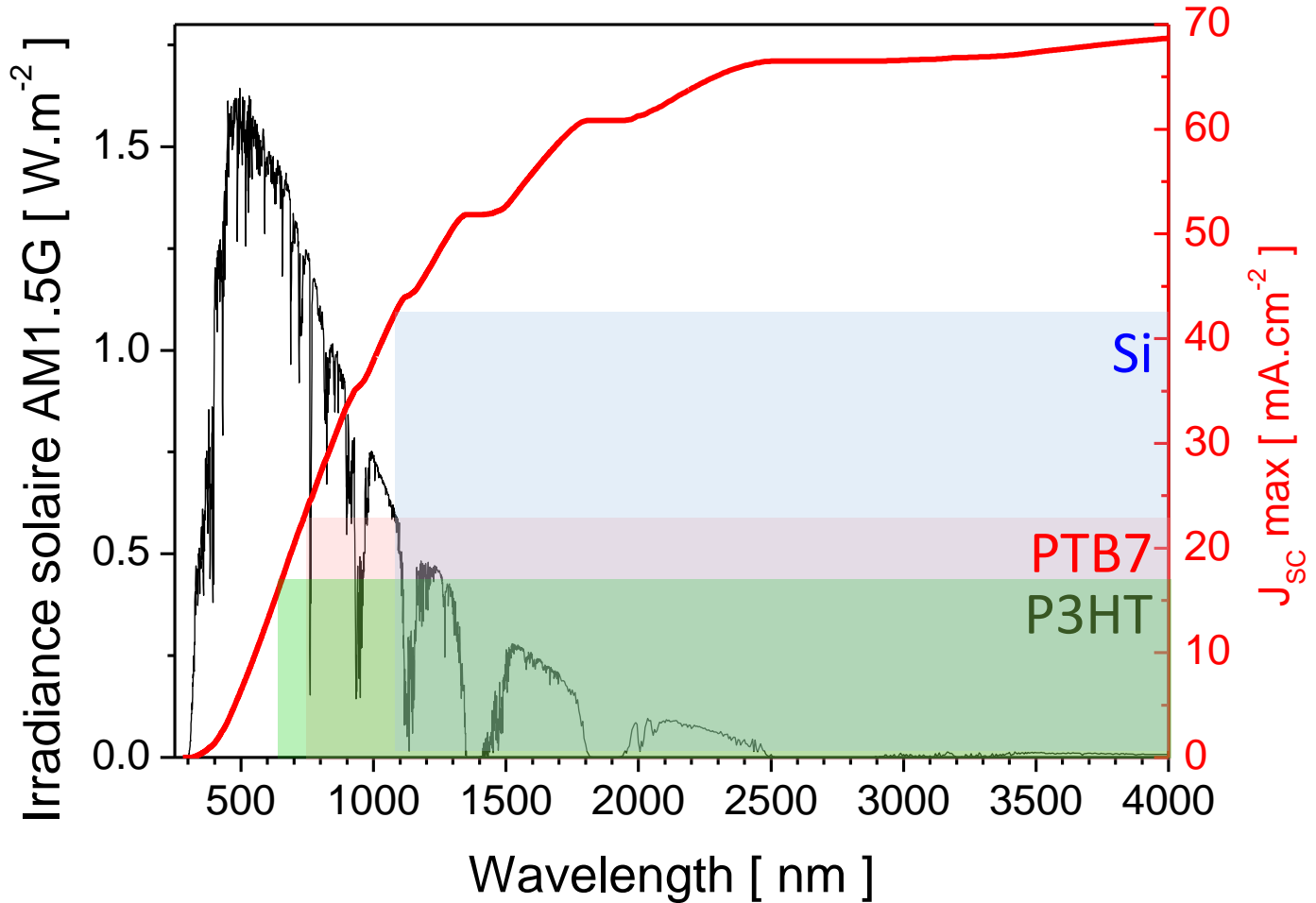
$$\eta = \frac{P_{MAX}}{P_{lumineuse}} = \frac{FF \cdot V_{oc} \cdot J_{sc}}{P_{lumineuse}}$$

# Quelques points de repère pour évaluer sa mesure...

# Ce que le soleil peut permettre...

Spectre solaire « typique » + cellule idéale ( $\neq$  Shockley-Queisser)

(qui convertit tous les photons absorbés en électrons collectés)



# Ce que votre cellule peut permettre...

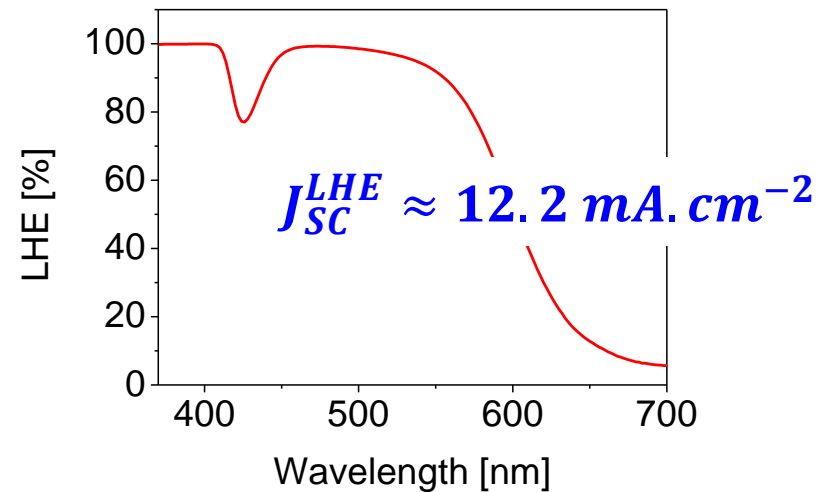
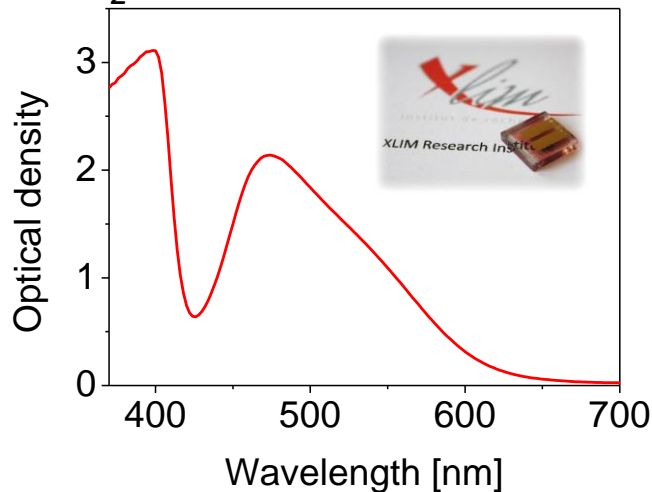
Absorption de la cellule + spectre standard AM1.5G

= Courant maximal généré si tous les photons absorbés sont convertis

« Light harvesting efficiency »  $LHE(\lambda) = 1 - 10^{-OD(\lambda)}$   
 $OD(\lambda)$  : Densité optique de la couche active

Ex : ssDSSC  $TiO_2/D102/spiro$

Melhem et al.,  
*Adv. Energy Mater.* **1**  
 (2011) 908



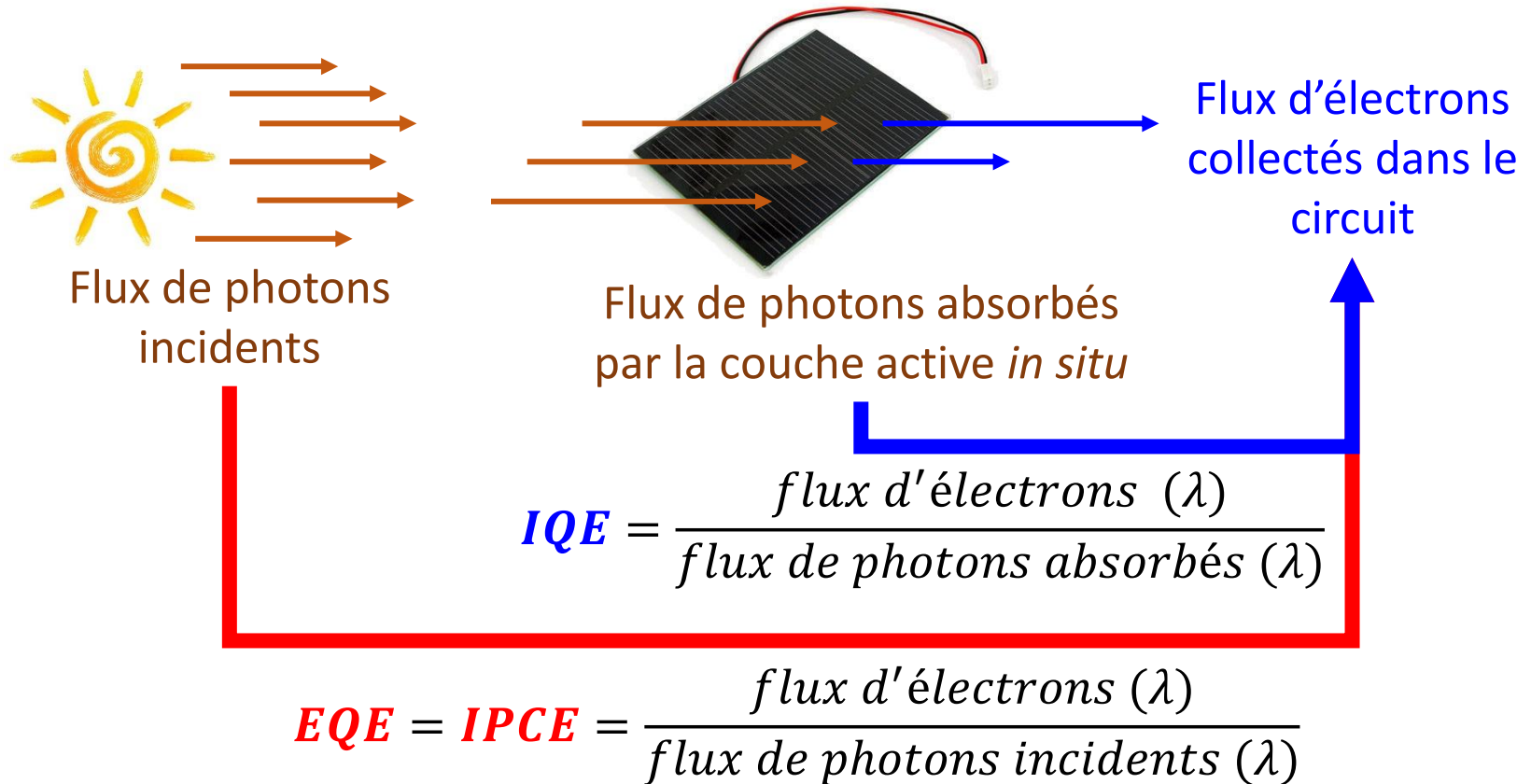
## Estimation de $J_{sc}$

$$J_{sc} = e \int_{\lambda} b(\lambda) \cdot LHE(\lambda) \cdot d\lambda$$

$b(\lambda)$  : irradiance standard AM1.5G

= limite « haute »  
 raisonnable pour  
 $J_{sc}$

# Rendements quantiques externes et internes



EQE : External quantum efficiency  
IQE : Internal quantum efficiency

IQE Si-cell : Yang et al., *Solar Energy* **82** (2008) 106  
IQE thin films/OPV : Burkhard et al., *Adv. Mater.* **22** (2010) 3292  
IQE OPV : Sloof et al., *Appl. Phys. Lett.* **90** (2007) 143506  
Dennler et al., *J. Appl. Phys.* **102** (2007) 054516

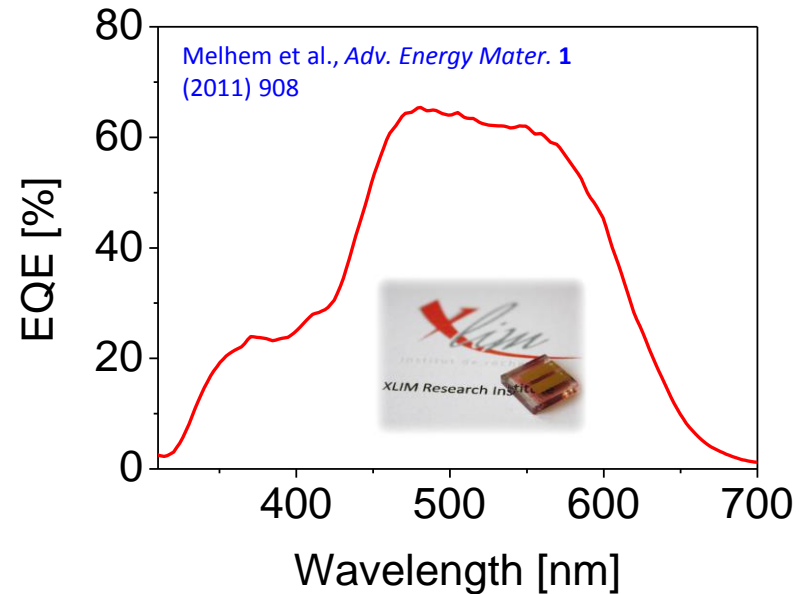
# Estimation « réaliste » de $J_{SC}$ à partir de l'EQE

$$J_{SC} = e \int_{\lambda} b(\lambda) \cdot EQE(\lambda) \cdot d\lambda$$

$b(\lambda)$  : irradiance standard AM1.5G

$$J_{SC}^{EQE} \approx 8 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$J_{SC}^{Exp} = 8.7 \pm 0.9 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$$



**Premier diagnostic d'une « bonne » caractérisation PV**

$$J_{SC}^{exp} <? > J_{SC}^{EQE}$$

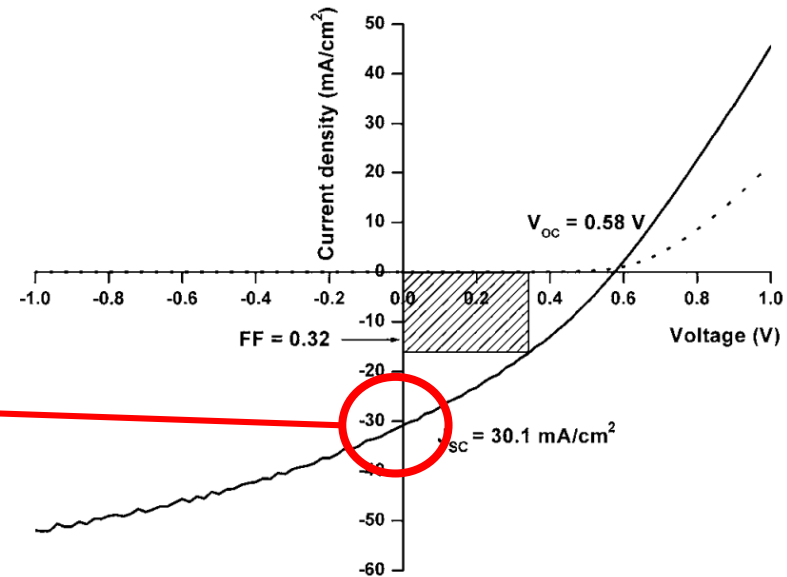
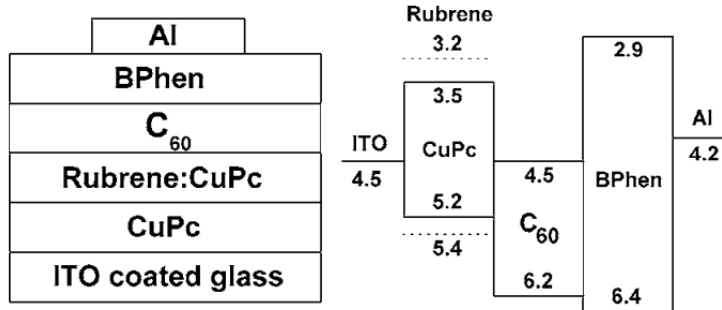
En principe (*sauf cas particuliers...*) :  $J_{SC}^{exp} = J_{SC}^{EQE} \pm 20\%$



# ...et pourtant : exemples de la littérature

## ☐ Cellules solaires organiques (CuPc:C60)

Chan et al., *Appl. Phys. Lett.* **90** (2007) 023504



Courant de **30 mA.cm<sup>-2</sup>** !

*Photons absorbés jusqu'à environ  
800 nm (CuPc)*

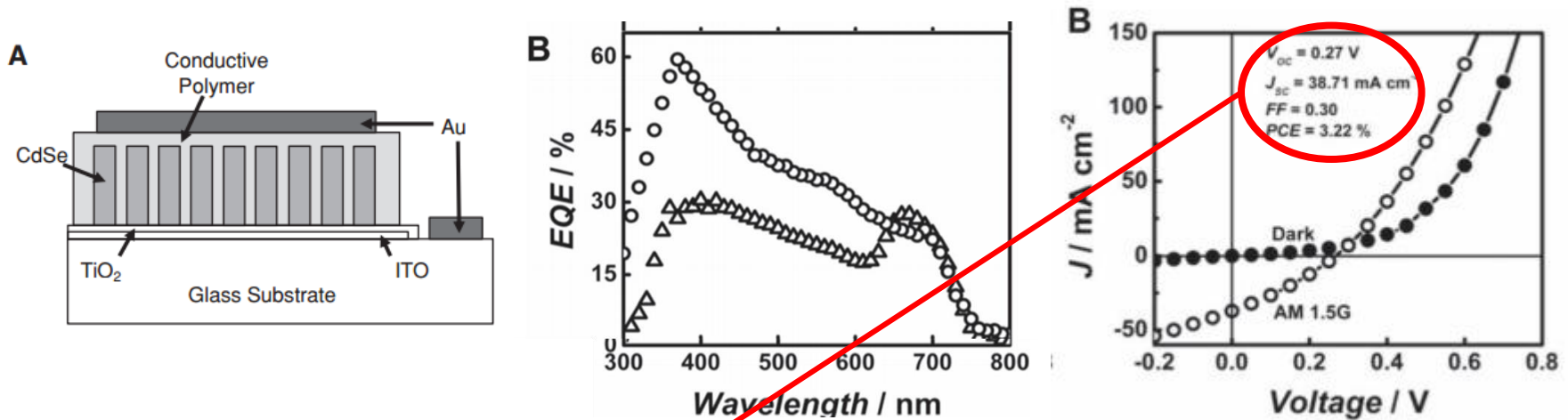
FIG. 5. Current density-voltage characteristics of dual doped devices in the dark and under illumination of 100 mW/cm<sup>2</sup>.

*Pas de réponse spectrale publiée...*

# ...et pourtant : exemples de la littérature

## ☐ Cellules solaires Schottky hybrides (n-CdSe/PEDOT:PSS)

Lee et al., *Adv. Mater.* **25** (2013) 256



Courant de **38 mA.cm<sup>-2</sup>** !

Pourtant :  $J_{MAX} = 27 \text{ mA.cm}^{-2}$  et  $J_{SC}^{EQE} \ll J_{SC}^{exp}$

Problème évident d'estimation des performances...

(surface active sur-estimée en présence de PEDOT:PSS, correction spectrale, etc)

Postcavage, *Adv. Mater.* **25** (2013) 4825

# Constats récurrents dans la littérature

(OPV, hybrides, pérovskites...)

## The value of values

Dennler, *Materials Today* **10** (2007) 56



Organic solar cells have great potential, but an unseemly race to report record efficiencies without proper care is damaging the field.

Gilles Dennler\* and co-signatories | *Konarka Austria GmbH, Austria* | [gdenner@konarka.com](mailto:gdenner@konarka.com)

## The perils of solar cell efficiency measurements

Henry J. Snaith

Snaith, *Nature Photonics* **6** (2012) 337

Ignorance and negligence are frequently causing solar cells to be mischaracterized, and invalid efficiency results have been reported in a number of journals. This problem can be greatly alleviated by employing a few simple precautions and guidelines.

## Erroneous efficiency reports harm organic solar cell research

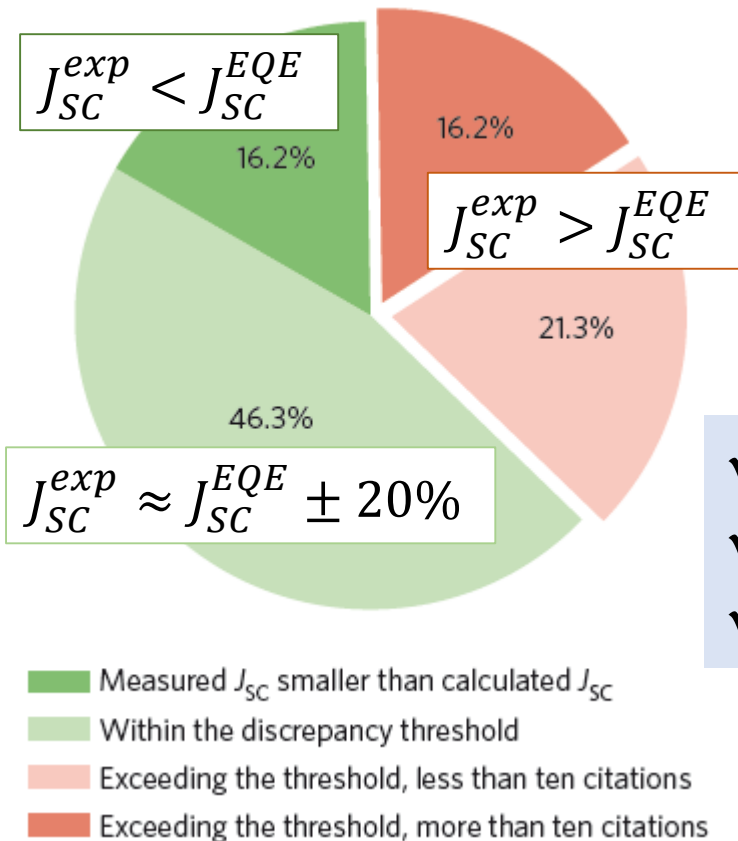
Eugen Zimmermann, Philipp Ehrenreich, Thomas Pfadler, James A. Dorman, Jonas Weickert and Lukas Schmidt-Mende

Mischaracterization of solar cell power conversion efficiencies and widespread publication of inconsistent data in scientific journals threatens to undermine progress in organic and hybrid photovoltaics research.

Zimmermann et al, *Nature Photonics* **8** (2014) 669

# Constats récurrents dans la littérature

Zimmermann et al, *Nature Photonics* 8 (2014) 669



- Surtout à l'échelle du laboratoire
- Pour de « petites » surfaces actives
- Course aux rendements  
*(publications à forts impacts)*

- ✓ Difficulté pour comparer les données
- ✓ Ralentit les avancées
- ✓ Perte de crédibilité (vs industriels)



Protocoles standards et  
bonnes pratiques

375 articles, 1262 courbes  $J(V)$

*Nature, Science, AFM, Adv Mater, APL, Nature Comm,  
Nature Photonics, Nano Letters, Adv Energy Mater, EES,  
Prog. Photovolt. Res. Appl., SOLMAT, PRB*

# Principales sources d'erreur

- Conditions d'illumination éloignées des standards (STC)  
*Pas de correction spectrale*
- Méconnaissance des protocoles  
*Equipements inadaptés*
- Mauvaise définition de la zone active  
*Effets de bord – mauvais choix de design*
- Mauvais paramètres de mesures  
Problèmes de stabilité

*Une « bonne » mesure ne s'improvise pas...*

# Protocoles standards de caractérisation

## Standard IEC\* 60904-3 Ed. 2 (2008)

*Photovoltaic devices - Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

→ Définit les **Standard Test Conditions (STC)**

- Température de la cellule à tester = 25°C
- Densité de puissance incidente = 1000 W/m<sup>2</sup> = 100 mW/cm<sup>-2</sup>
- Distribution spectrale de type AM1.5G

→ Définit l'irradiance solaire standard AM1.5G

*Remplace la norme ASTM G-173-03*

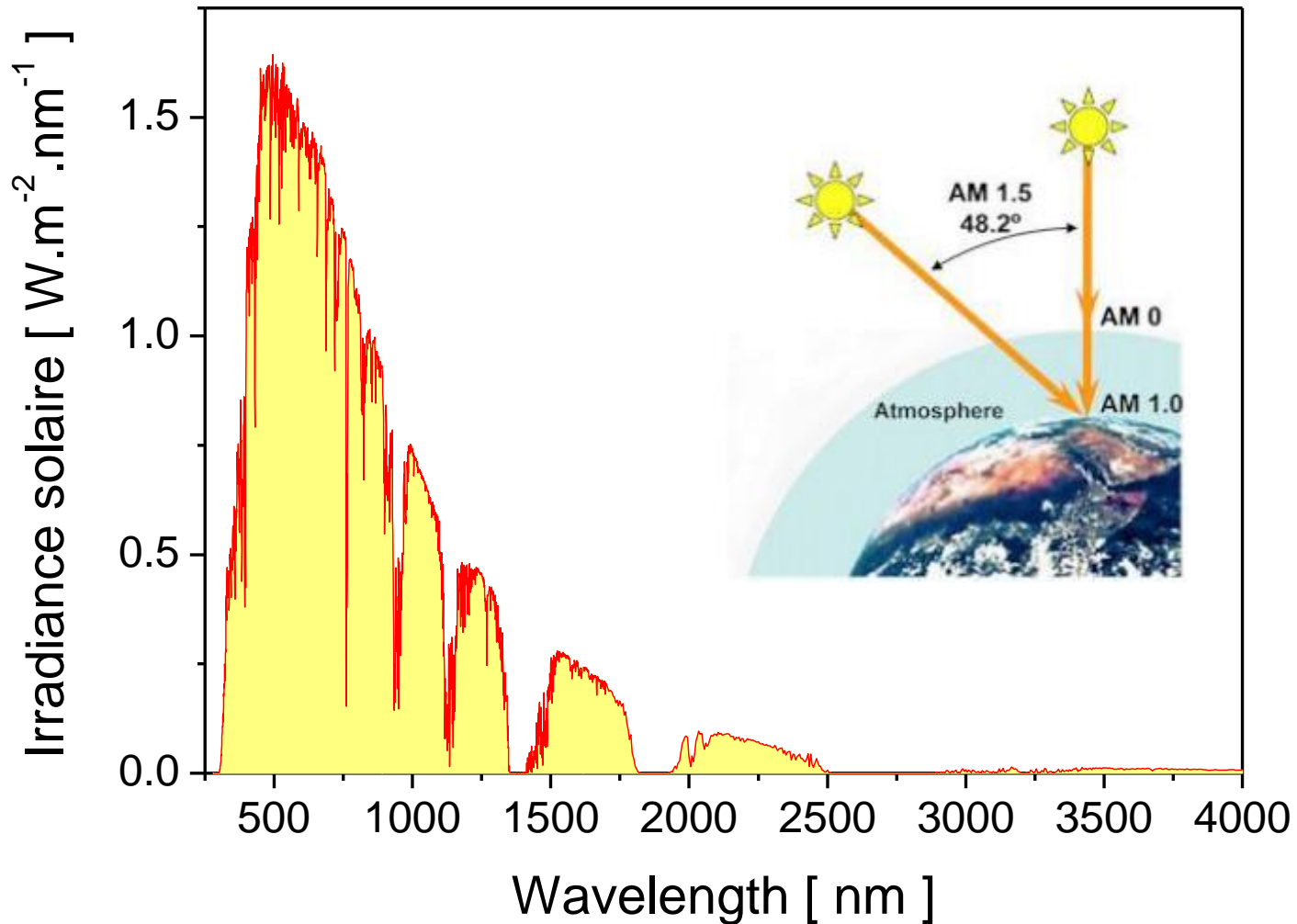
Standard de référence dans la communauté depuis 2008

- NREL, AIST, Fraunhofer ISE, ESTI
- M. Green et al., Solar Cells Efficiency Tables, *Prog. Photovolt. Res. Appl.*, depuis la v33
- Editorial *Solar Energy Materials & Solar Cells* **92** (2008) 371

\* International Electrotechnical Commission

# Spectre solaire standard AM1.5G IEC 60904-3 Ed.2

*Direct + diffus*



Données spectrales : site du Fraunhofer-ISE

Note : IEC 60904-3 Ed.2  $\cong$  ASTM G-173-03

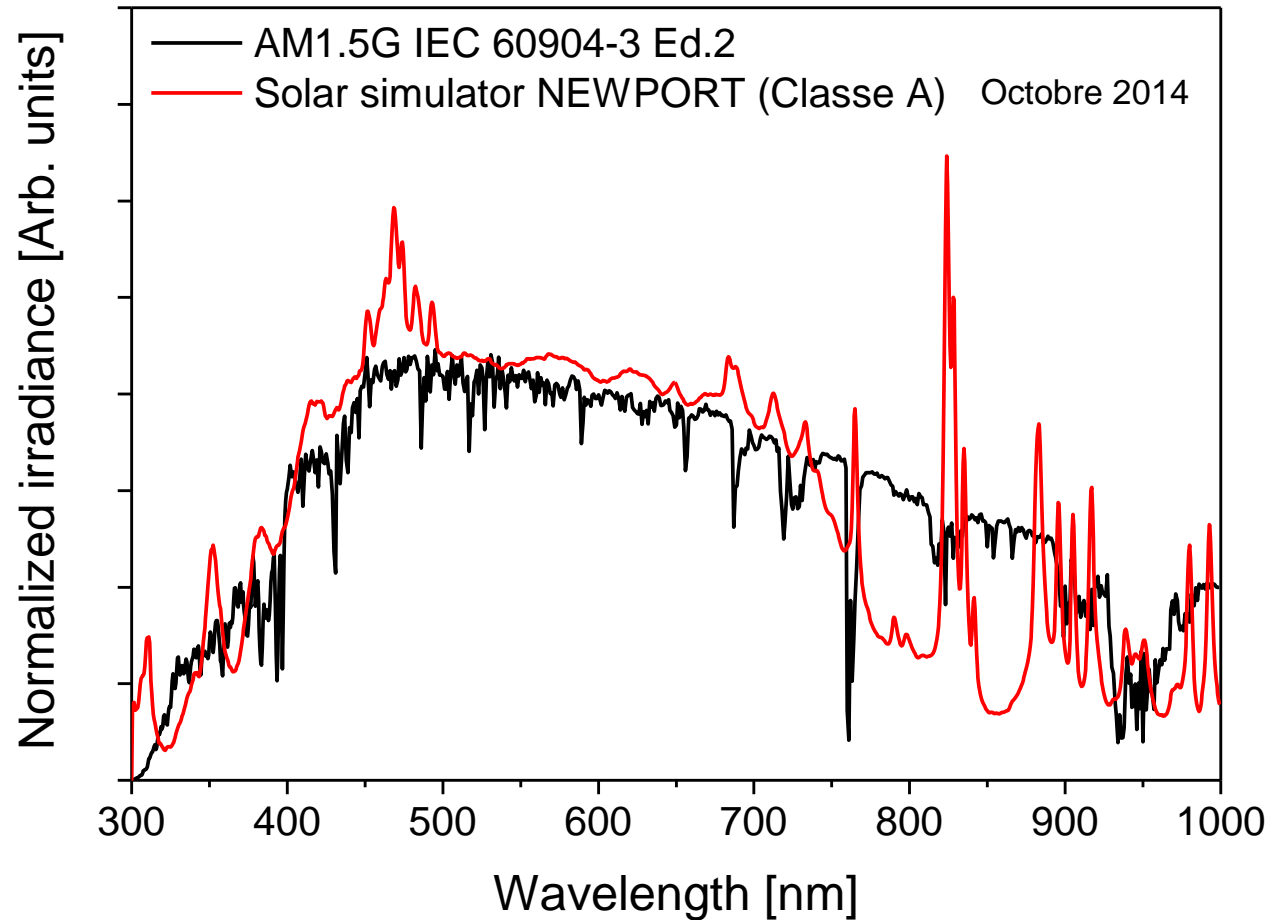


# Se placer dans les conditions STC...

## Problème # 1 : *le simulateur solaire*



Simulateur solaire  
Newport - XLIM  
(Filtre AM1.5)





# Se placer dans les conditions STC...

## Problème # 2 : *le photo-détecteur de calibration*

Mesure de la densité de puissance du simulateur

- **Bolomètre** : sensible à la totalité du spectre (et linéaire)  
= idéal pour fixer les  $100 \text{ mW.cm}^{-2}$  dans l'absolu  
MAIS : écart spectral avec AM1.5G inconnu
- **Photodiode à semi-conducteur** : largeur spectrale plus réduite  
Sous simulateur : on ne compte pas tous les photons !!!

*La valeur affichée par un détecteur soumis à un éclaircissement dépend de la répartition spectrale de la source !!!*

Comment mesurer et ajuster l'éclaircissement pour assurer des conditions AM1.5G pour la cellule à tester ?

# Procédure de Correction spectrale (*Mismatch factor*)

**Objectif :** Adapter l'irradiance du simulateur pour se rapprocher du spectre de référence AM1.5G **sur le domaine spectral de sensibilité de la cellule solaire à tester**

Notre objectif :

$$I_{cellule}^{simulateur} = I_{cellule}^{AM1.5G} \quad \text{soit} \quad \frac{I_{cellule}^{simulateur}}{I_{cellule}^{AM1.5G}} = 1$$

$$I = \int S(\lambda) \cdot E(\lambda) \cdot d\lambda$$

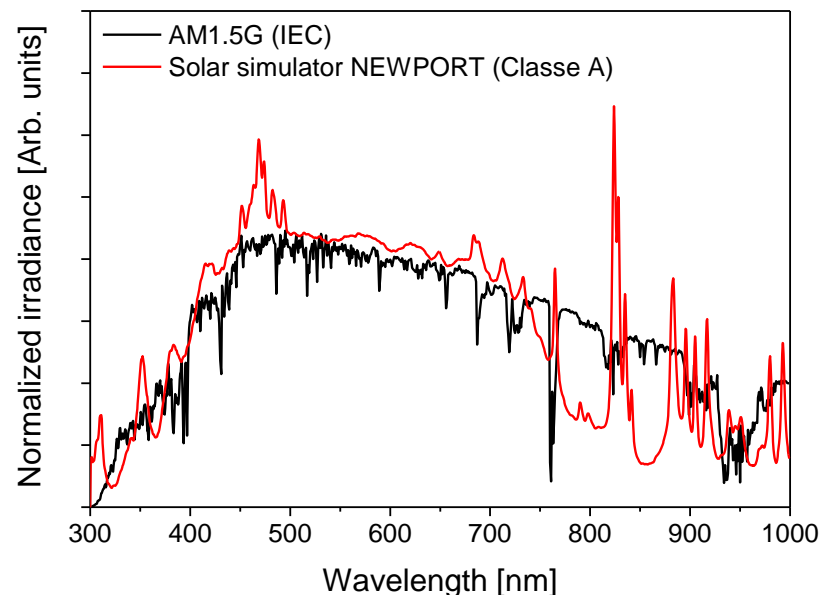
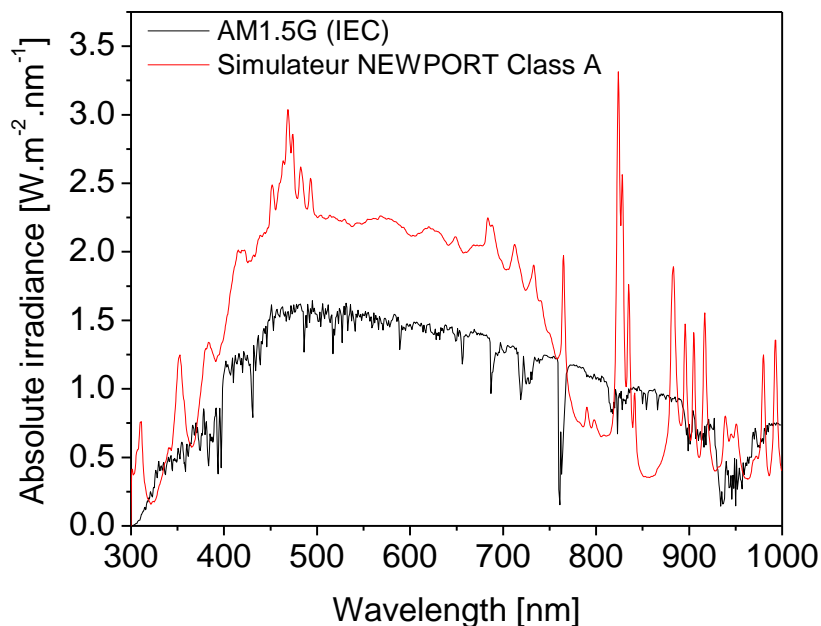
Sensibilité (A/W.nm)  $\swarrow$   
Irradiance (W/m<sup>2</sup>.nm)  $\nwarrow$

$$S(\lambda) = \frac{e\lambda}{hc} \times EQE(\lambda)$$

En réalité, bien entendu : 
$$M = \frac{I_{cellule}^{simulateur}}{I_{cellule}^{AM1.5G}} \neq 1$$

### Origines de cet écart :

- *Incertitude de la calibration avec notre détecteur ( $S_{calib}$ )*
- *Ecart spectral entre  $E_{simulateur}$  et  $E_{AM1.5G}$*



Calibration avec un bolomètre à 100 mW.cm<sup>-2</sup>

Calibration avec cellule certifiée NREL

## Utilisation d'une cellule de calibration certifiée :

- $S_{calib}$  connue
- $I_{calib}^{AM1.5G}$  connu

### Facteur de « mismatch »

$$M = \frac{\int E_{AM1.5G} S_{calib} d\lambda}{\int E_{simulateur} S_{calib} d\lambda} \times \frac{\int E_{simulateur} S_{cellule} d\lambda}{\int E_{AM1.5G} S_{cellule} d\lambda}$$

$$\frac{I_{cellule}^{simulateur}}{I_{cellule}^{AM1.5G}} = 1$$

Kroon et al., *Thin Solid Films* **403** (2002) 223

Shrotriya et al., *Adv. Funct. Mater.* **16** (2006) 2016

Snaith, *Energy Environ. Sci.* **5** (2012) 6513

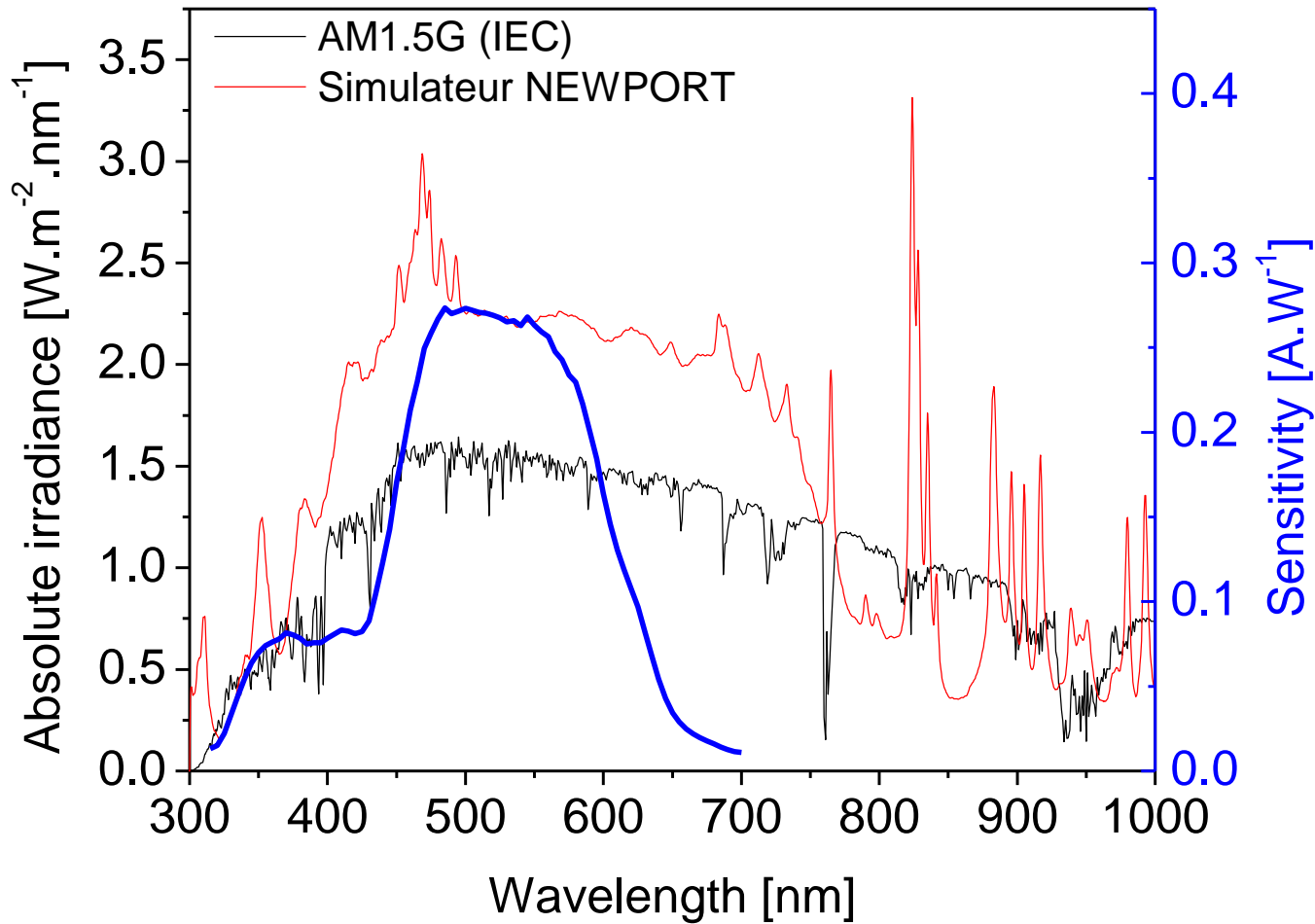
- 1) Mesure de  $S_{cellule}$  (EQE) – **Comment ?**
- 2) Mesure de  $E_{simulateur}^{norm}$
- 3) Calcul de M (= calcul d'intégrales)

M connu  $\Rightarrow$  Calibration du simulateur

$$I_{calib}^{simulateur} = \frac{I_{calib}^{AM1.5G}}{M}$$

# Illustration de la correction spectrale

Puissance du simulateur réglée avec un bolomètre à  $100 \text{ mW.cm}^{-2}$



Cellule ssDSSC  
XLIM  
( $\text{TiO}_2/\text{D102}/\text{spiro-OmeTAD}$ )



Melhem et al., *Adv. Energy Mater.* **1** (2011) 908

# Illustration de la correction spectrale

Cellule ssDSSC XLIM (TiO<sub>2</sub>/D102/spiro-OmeTAD)



Flux de photons sur la cellule >> Flux de photons sous AM1.5G

	Sans correction spectrale
Jsc [mA.cm <sup>-2</sup> ]	11.6
Voc [mV]	745
FF	0.61
η [%]	5.3

M = 1.25

$$J_{SC} > J_{SC}^{EQE}$$

> État de l'art sur ce système (4.1 -4.2%) !!

Schmidte-Mende et al., *Adv. Mater.* **17** (2005) 813

Melhem et al., *Adv. Energy Mater.* **1** (2011) 908

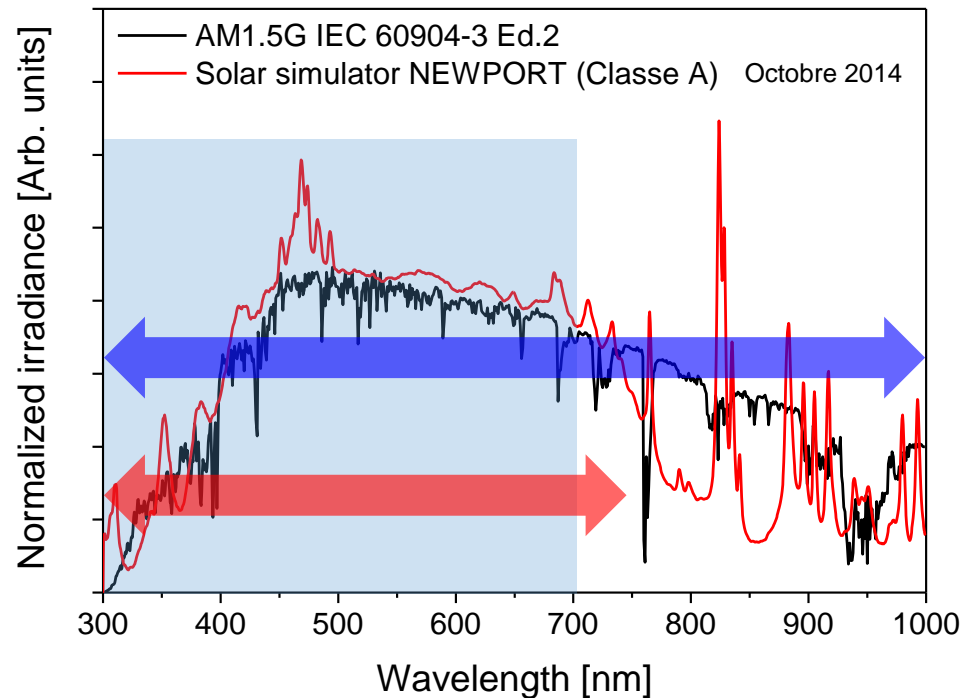
# Cellule de référence

- Calibrée et certifiée – souvent Si ou GaAs (*procédure normalisée*)
- Géométries similaires pour cellules à tester/référence
- **Plage de sensibilité équivalente** à celle de la cellule à tester  
*Minimise l'erreur de calibration !!! (= M proche de 1)*

Exemple : Couche active  
absorbe < 700 nm

Cellule certifiée Si

Cellule certifiée Si filtrée (KG5)



Cellule Si

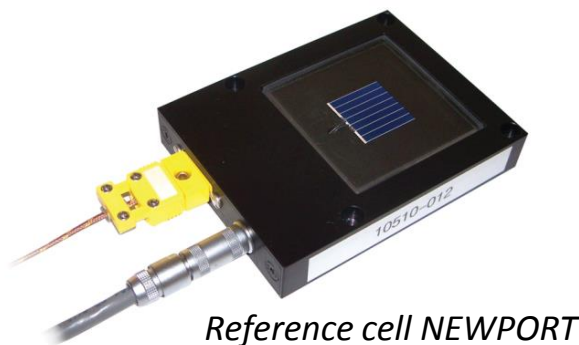


*Introduction d'une erreur  
supplémentaire*

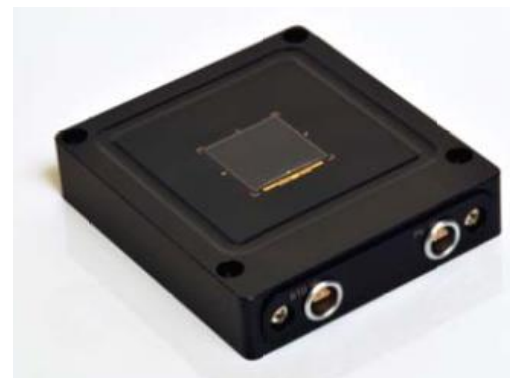
# Cellule de référence

Filter	KG5-filtered Silicon Reference	Unfiltered Silicon Reference
Device type		
P3HT:PC <sub>60</sub> BM	0.999	0.904
SDSC-Yellow	1.034	0.934
SDSC-Red	1.006	0.903
Polymer-Oxide	1.003	0.906
Electrolyte DSC (N719)	0.997	0.901

Snaith, *Energy Environ. Sci.* **5** (2012) 6513



Reference cell NEWPORT



Reference cell Fraunhofer-ISE



# Spectre du simulateur solaire

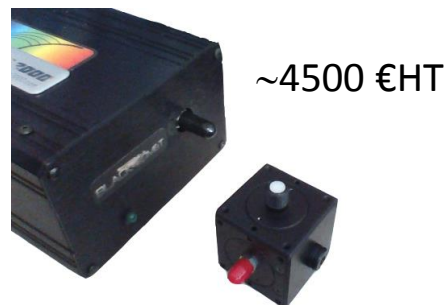
- $E_{simulateur}^{norm}(\lambda)$
- Evolue au cours du temps : mesures périodiques nécessaires
  - Dans les conditions de la caractérisation

**Des solutions commerciales abordables existent :**

**Spectroradiomètres UV-VIS-NIR fibrés calibrés**

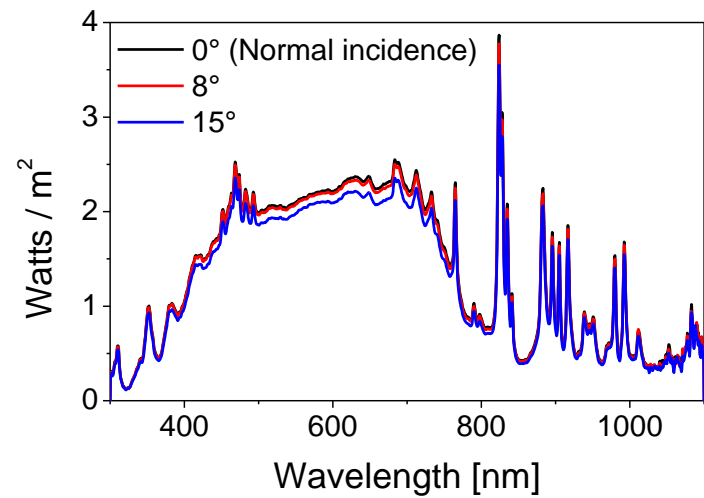
Comparatif : voir [Galleano et al., Prog. Photovolt. Res. Appl. 22 \(2014\) 1128](#)

Exemple : Stellarnet (USA) BlackComet (distribué en France par Laser 2000)



*Diffuseur cosinus*

***Intégré dans la valise Nanorgasol !!***

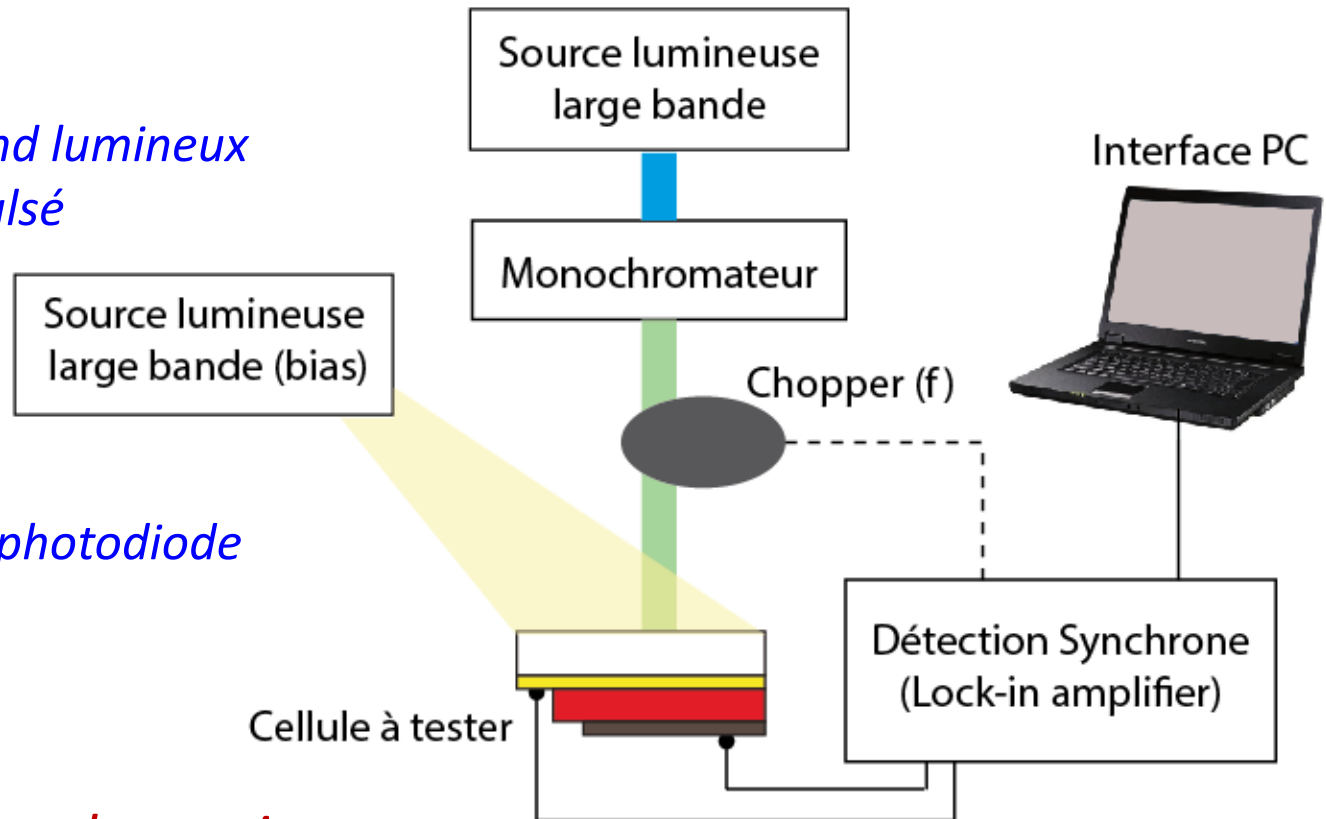


# Mesure de réponses spectrales - EQE

- Procédure standardisée : IEC 60904-8
- Doit refléter la réponse de la cellule en conditions de fonctionnement = sous  $100 \text{ mW.cm}^{-2}$  / AM1.5G

*Superposition fond lumineux continu + spot pulsé*

*Calibration avec photodiode certifiée*



*Peu répandu dans la pratique...*

# Mesure de réponses spectrales – EQE

## Principales sources d'erreur...

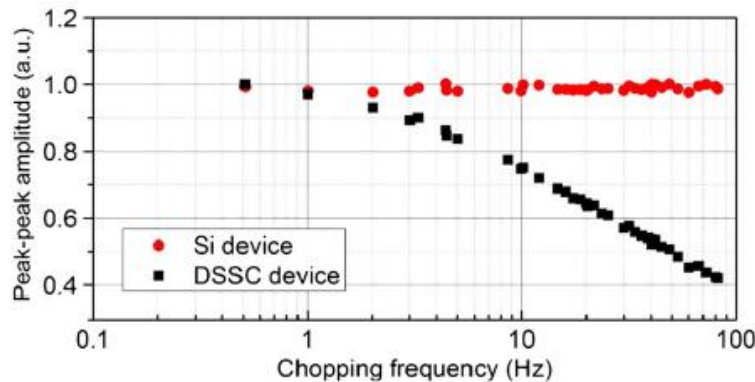
- Pas de source lumineuse superposée

$P_{lumineuse}^{EQE}(\lambda) \ll P_{lumineuse}^{AM1.5G} \Rightarrow$  Régimes de fonctionnement différents

Si  $J_{SC} = f(P_{incidente})$  non linéaire : pas de corrélation  $J_{SC}^{exp} / J_{SC}^{EQE}$

- Temps de réponse faibles : influence de  $f_{modulation}$

Exemple : DSSC [Bardizza et al., Prog. Photovolt. Res. Appl. \(2014\), doi : 10.1002/pip.2558](#)



EQE non représentatif de la cellule en fonctionnement sous AM1.5G

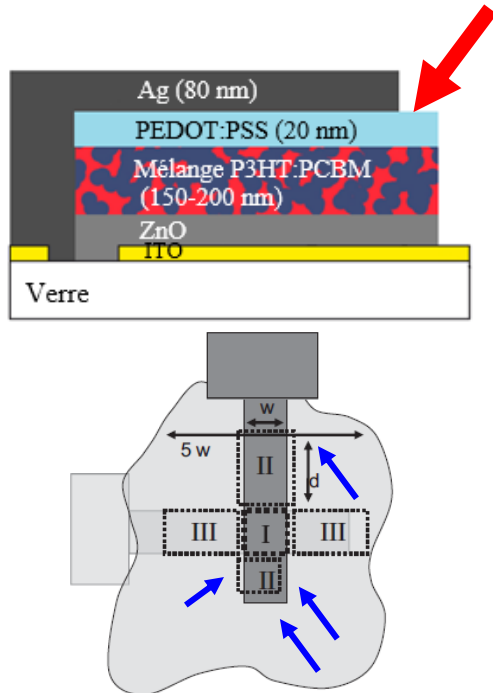
$\Rightarrow$  Bancs de mesures en continu (DC)

# Problématique de la surface active

Echelle labo : problème **majeur** et **récurrent**  $S_{active} < 1 - 10 \text{ cm}^2$

Problématique du design  
(OPV surtout, pérovskites ?)

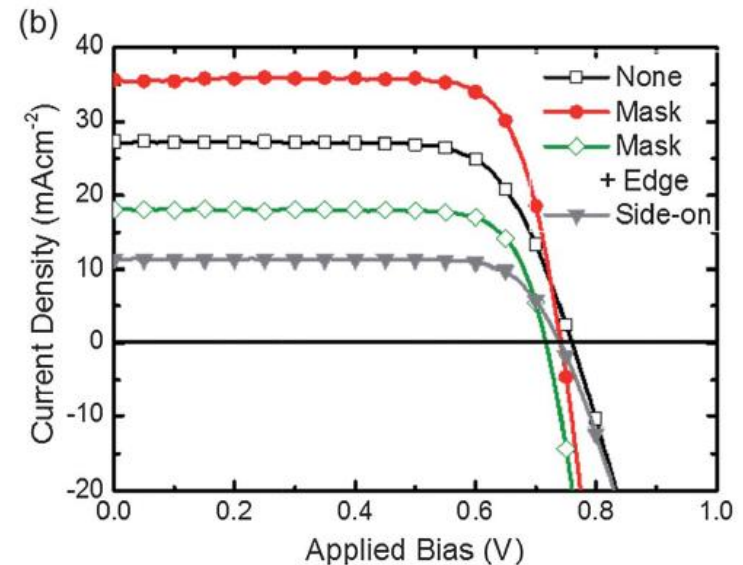
Structures inverses : interfaces ( $\sigma$  élevée)



Cravino et al., *Adv. Funct. Mater.* **17** (2007) 3906

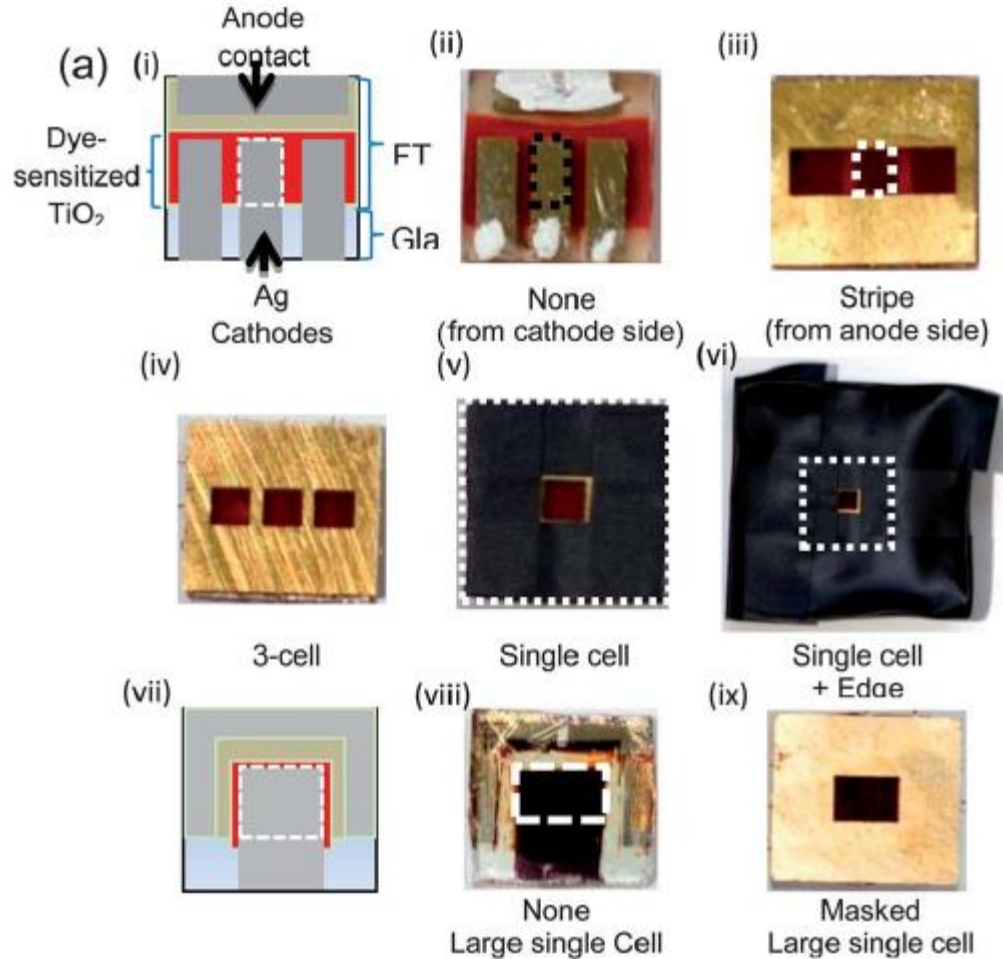
Kim et al., *Appl. Phys. Lett.* **92** (2008) 133131

Problématique du masquage  
(toutes filières)



Snaith, *Energy Environ. Sci.* **5** (2012) 6513

# Problématique de la surface active



Snaith, *Energy Environ. Sci.* 5 (2012) 6513

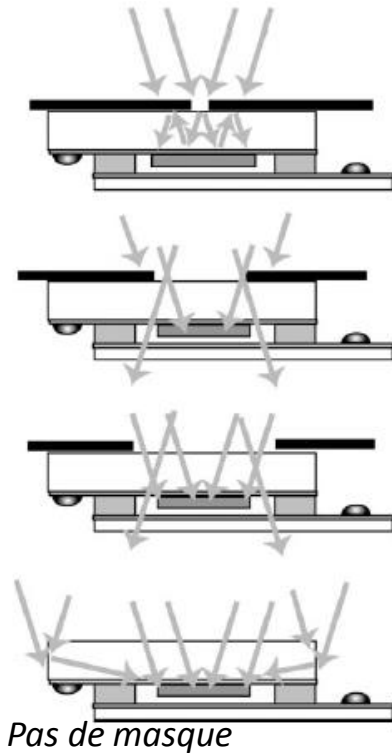
# Problématique de la surface active

Cell Type	Masking configuration	$J_{sc}(mAcm^{-2})$	Efficiency (%)	$V_{oc}(V)$	FF	Area( $cm^2$ )	Effective area ( $cm^2$ )
Electrolyte DSC	None	27.29	14.96	0.76	0.72	0.283	0.428
	Mask	35.65	20.55	0.74	0.77	0.108	0.213
	Mask + E	18.04	10.21	0.72	0.78	0.108	0.108
	On-side	11.32	6.57	0.74	0.78	0.283	0.178
Solid-state DSC with Spiro-OMeTAD	None	8.12	3.94	0.79	0.61	0.12	0.136
	Stripe	7.51	3.72	0.8	0.61	0.12	0.126
	Stripe + E	7.46	3.64	0.8	0.61	0.12	0.125
	Single Cell	7.43	3.59	0.8	0.60	0.12	0.125
	Single Cell + E	7.15	3.47	0.79	0.61	0.12	0.120
Solid-state DSC with Spiro-OMeTAD and PEDOT:PSS	None (after)	8.15	3.96	0.82	0.59	0.12	0.137
	None	31.05	8.94	0.84	0.34	0.12	0.65
	Stripe	22.11	6.29	0.81	0.35	0.12	0.46
	3 Cell	18.63	5.37	0.81	0.36	0.12	0.39
	Single Cell	11.10	4.33	0.80	0.49	0.12	0.23
Solid-state DSC with P3HT	Single Cell + E	5.72	2.03	0.73	0.48	0.12	0.12
	None + E	9.62	3.46	0.84	0.43	0.108	0.317
	Stripe + E	7.85	2.61	0.86	0.39	0.108	0.258
	3 cells + E	7.45	2.59	0.8	0.43	0.034	0.077
Bulk Heterojunction P3HT:PC <sub>60</sub> BM	Single Cell + E	3.28	1.53	0.8	0.58	0.034	0.034
	None	8.42	2.34	0.53	0.52	0.12	0.170
	Stripe	7.57	2.07	0.51	0.54	0.12	0.153
	Stripe + E	7.21	1.92	0.51	0.52	0.12	0.145
	Single Cell	6.19	1.62	0.50	0.52	0.12	0.125
Single Cell + E	5.95	1.50	0.49	0.52	0.12	0.120	

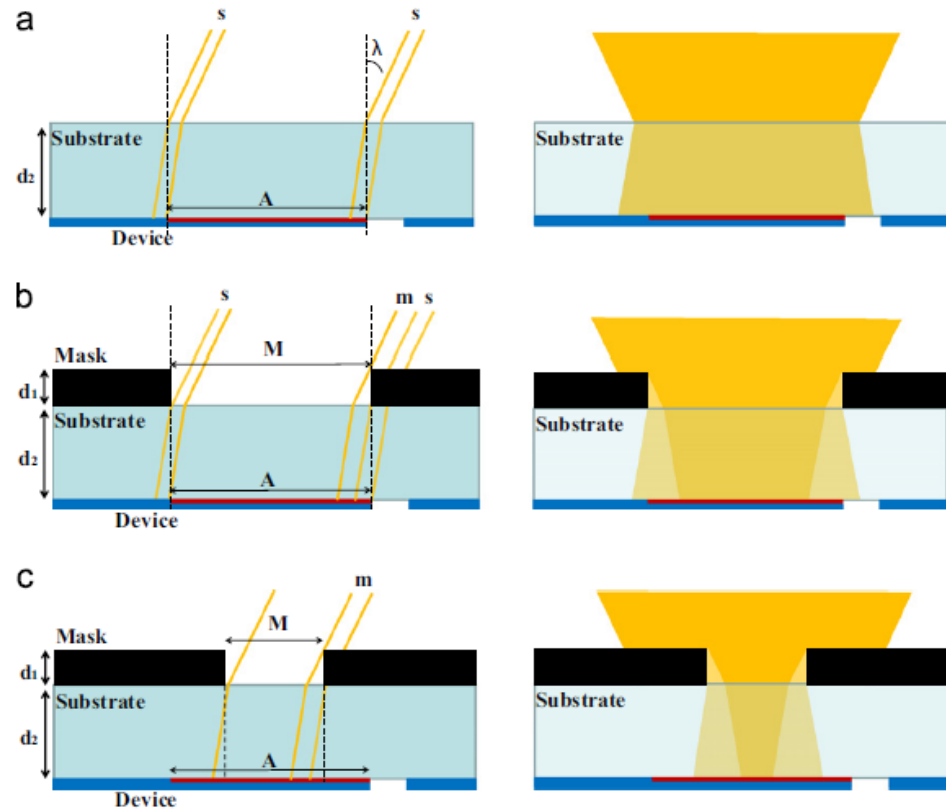
Snaith, *Energy Environ. Sci.* **5** (2012) 6513

# Problématique de la surface active

## Cellules DSSC



## Cellules OPV



**Norme IEC : surface active définie par un masque**

Ito et al., *Prog. Photovolt. Res. Appl.* **14** (2006) 589

Gevorgyan et al, *SOLMAT* **110** (2013) 24

⇒ Quel Masque ????

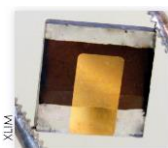
⇒ Position sous simulateur ??



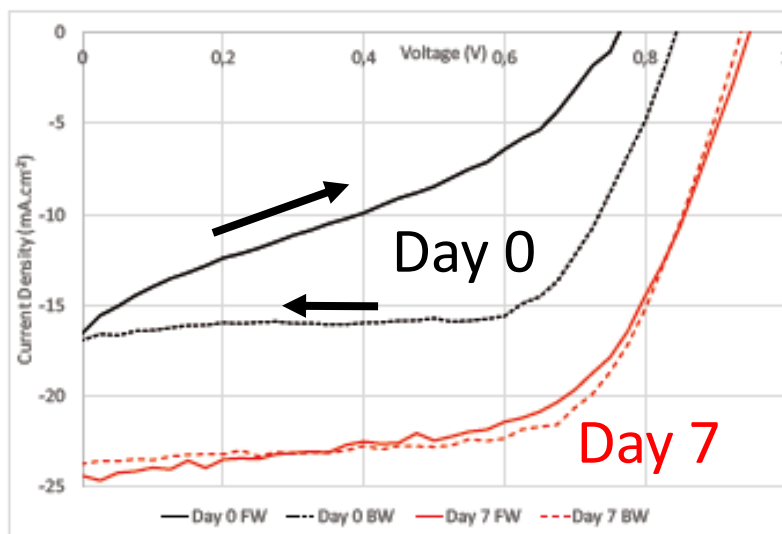
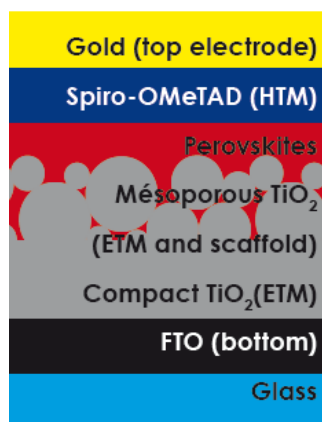
# Paramètres électriques de la mesure J(V)

Vitesse de balayage (mV/s), sens de balayage, durée d'intégration, etc

*Hystérésis* : Pièges profonds, diffusion ioniques, etc



Ex : cellule perovskite XLIM (A. Gheno) –  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$



Mean values of the champion cell		
	Day 0	Day 7
$V_{oc}$ (mV)	797	940
$J_{sc}$ ( $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	17.3	24.2
FF (%)	49	62
PCE (%)	6.8	14.2

0.19  $\text{cm}^2$  masked illuminated area at  $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  AM 1.5

**Stabilisation des performances : indispensable**

Christians, Kamat, et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **6** (2015) 852

**+ Statistique minimale (#cells >1)**

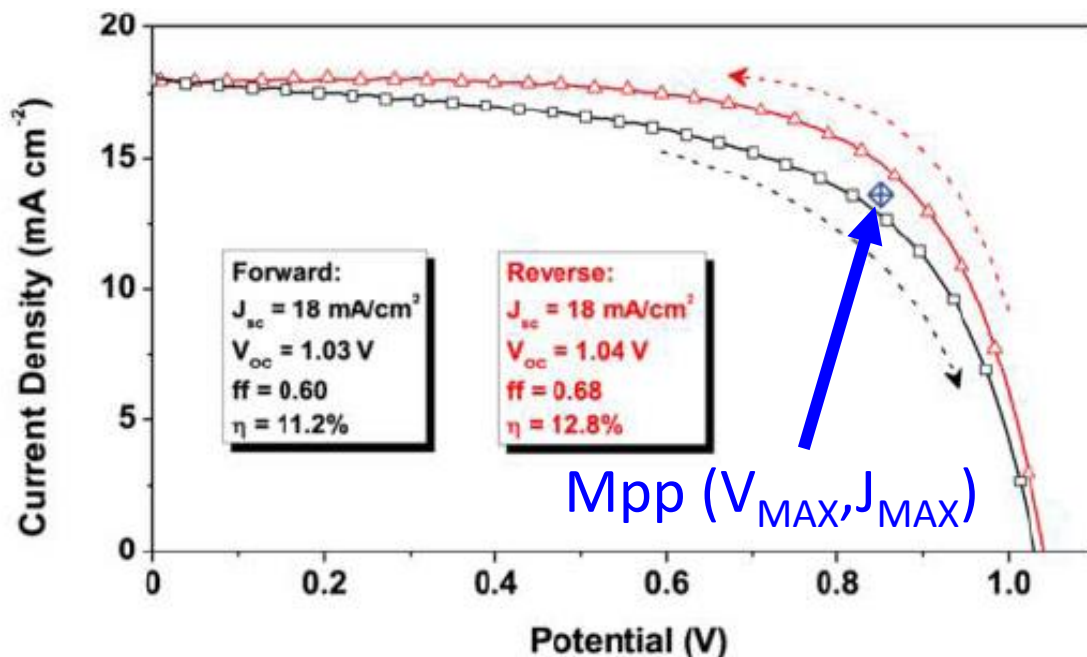
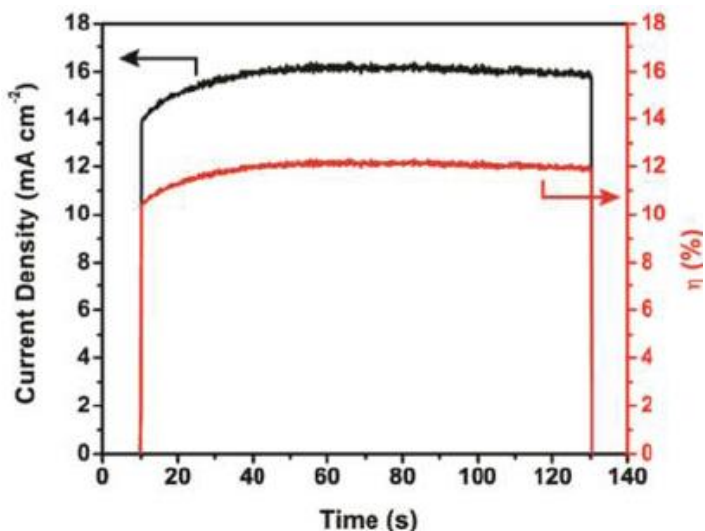
Jayawardena, Silva, et al., *Nature Photonics* **9** (2015) 207



# Vérification du point de fonctionnement en régime stationnaire

Christians, Kamat, et al., *J. Phys. Chem. Lett.* 6 (2015) 852

## Caractérisation en régime stationnaire du Mpp



# Conclusions

- La **caractérisation PV est délicate** et nécessite un **investissement**

*Un mal nécessaire pour la crédibilité des filières émergentes*

- Les **bonnes pratiques** inspirées des standards peuvent **largement limiter la dispersion des paramètres** mesurés

*Correction spectrale, utilisation d'un masque*

Initiative de « La Valise Nanorgasol »



# La Valise Nanorgasol

Action initiée en 2014

Comité « Valise » :

G. Wantz (IMS), J. Faure-Vincent (CEA-INAC),

J-J. Simon (IM2NP), J. Bouclé (XLIM)

R. Demadrille, C. Dagron-Lartigau, L. Hirsch (GDR)



## Pourquoi ?

- ✓ Pour sensibiliser
- ✓ Pour suggérer de bonnes pratiques
- ✓ Pour échanger !!!

Qui ?

Nous tous !!!

## Comment ?

- ✓ Mise à disposition d'équipements de métrologie
- ✓ Circulation de cellules solaires « références »
- ✓ Tour de France des laboratoires

# Concrètement...

- ❑ Caractérisation de votre source lumineuse
  - Distribution spectrale
  - Irradiance absolue
  
- ❑ Caractérisation de cellules solaires « références »  
Cellules OPV et inorganiques (a-Si)  
**Protocole labo** et **protocole valise (correction spectrale)**
  
- ❑ Collecte des données au niveau national et restitution

# Contenu de la valise



- ✓ Spectromètre fibré BLACK COMET (Stellar Net / Laser 2000)
- ✓ Détecteur (solarimètre) RG100 (Solems)
- ✓ Cellules « références »
  - Cellule a-Si ( $0.7 \times 0.7 \text{ cm}^2$ ) + thermocouple SOLEMS
  - Cellule a-Si ( $1.2 \times 1.2 \text{ cm}^2$ ) + thermocouple SOLEMS
  - Cellules OPV encapsulées
    - P3HT:PC<sub>61</sub>BM (structure inverse) IMS
    - PCDTBT:PC<sub>71</sub>BM (structure directe) IMS
    - PTB7:PC<sub>71</sub>BM (structure inverse) CINAM
- ✓ Exécutable LABVIEW (XLIM) pour le calcul de M
- ✓ Ordinateur + manuel d'utilisation valise



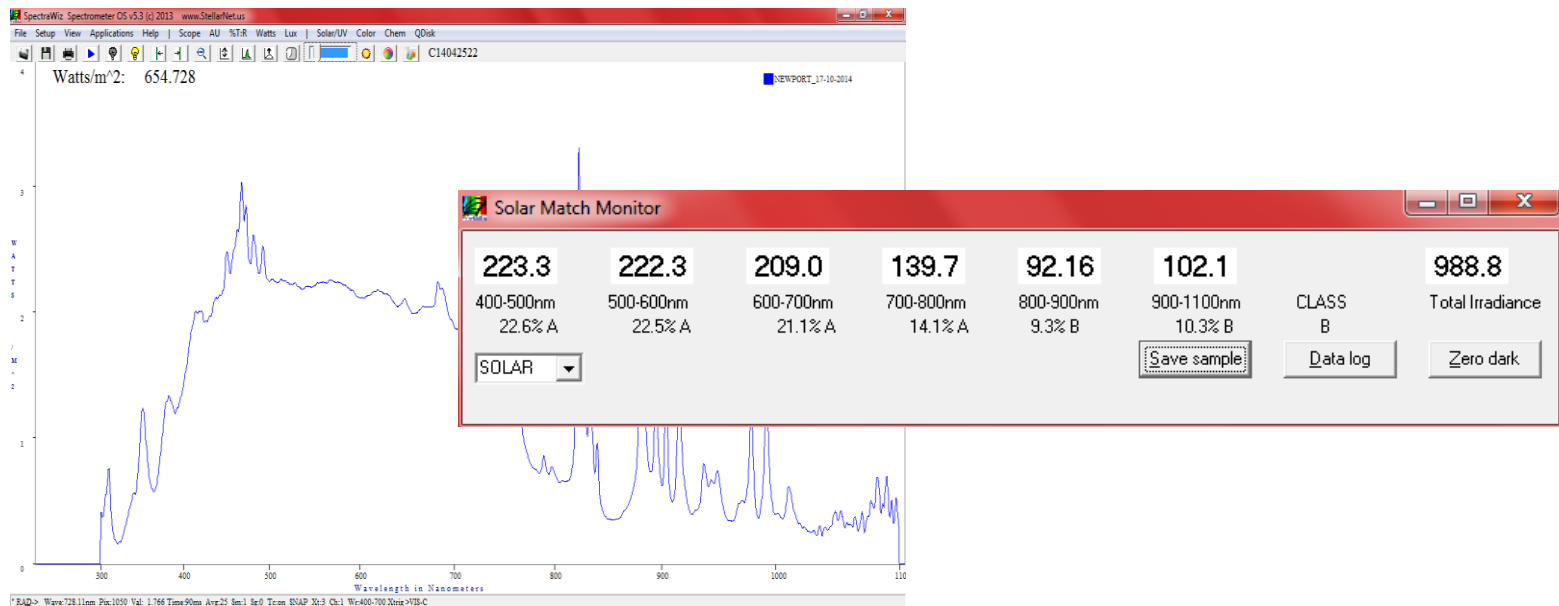
# Protocole de mesures (~1/2 journée)

## ETAPE 1 : Calibration maison de votre simulateur

- Avec votre détecteur habituel
- Avec le détecteur RG100 de la valise

## ETAPE 2 : Mesure du spectre de votre simulateur

- Spectromètre Black Comet



## ETAPE 3 : Mesure des caractéristiques J(V) – VOTRE PROTOCOLE

- Cellules a-Si (x2)
- Cellules OPV (x3)

## ETAPE 3 : Mesure des caractéristiques J(V) – PROTOCOLE VALISE

- Calcul des facteurs M des cellules

Programme MISMATCH - Projet Valise Nanorgasol  
johann.boucle@unilim.fr - Juin 2015

Ce programme permet d'évaluer le facteur de correction spectral des cellules photovoltaïques contenues dans la valise (voir ETAPE 5 du manuel). Le programme réalise 3 tâches principales :

- Conversion en fichier .txt du fichier .JRR issu de la mesure sur votre simulateur (ETAPE 3 du manuel)
- Calcul des facteurs de mismatch M des cellules de la valise, en fonction du spectre de votre simulateur
- Calcul des tensions à afficher par le détecteur RG 100 lors de la calibration finale de votre simulateur, afin de prendre en compte la correction spectrale

VEILLER A NOTER LES VALEURS OBTENUES DANS VOTRE FICHER DE DONNEES (cf. manuel) !!!

Spectre du simulateur solaire (fichier .JRR)

**Cliquer pour lancer les calculs !**

Cellule a-Si de surface 0,7x0,7cm <sup>2</sup>	Facteur M (M1)	0.00	Puissance RG100 (P1)	000	mV
Cellule a-Si de surface 1,2x1,2cm <sup>2</sup>	Facteur M (M2)	0.00	Puissance RG100 (P2)	000	mV
Cellule OPV 1 (P3HT:PCBM)	Facteur M (M3)	0.00	Puissance RG100 (P3)	000	mV
Cellule OPV 2 (PCDTBT:PCBM)	Facteur M (M4)	0.00	Puissance RG100 (P4)	000	mV
Cellule OPV 3 (PTB7:PCBM)	Facteur M (M5)	0.00	Puissance RG100 (P5)	000	mV

3. Cliquer pour arrêter l'exécution, puis fermer la fenêtre

Labview (XLIM)

Spectre  
simulateur →

→ Facteurs M  
des 5 cellules  
pour votre  
simulateur

# Protocole de mesures (~1/2 journée)

## ETAPE 3 : Mesure des caractéristiques J(V) – PROTOCOLE VALISE

- Calcul des facteurs M des cellules
- Calibration de votre simulateur avec correction spectrale
- Mesures J(V) sur les cellules de la valise

## ETAPE 4 : Mesure des EQE des cellules – **Facultatif**

## ETAPE 5 : Envoi des données

- Formulaire en ligne
- Fichier tableur + envoi par email (spectres + courbes)

*+ Analyse / restitution*





# Calendrier prévisionnel

« Rodage » : IMS / XLIM / IM2NP

Octobre – Novembre 2015

Tour de France (15-20 Labos)

Novembre 2015 – Novembre 201X ???

- Discussions régulières
- Points d'étape réguliers

L'objectif est de discuter et d'échanger sur nos pratiques !!!

Suggestions / Commentaires sont les bienvenus