



- Les points-clés du Photovoltaïque: techniques, contraintes, avantages, conditions de mise en œuvre, projets en cours et potentiel de développement en Wallonie.





ENGINEERING A SUSTAINABLE ENERGY FUTURE

## Journée InterGAL du 20 mars 2007 Energies renouvelables et développement territorial

GAL « 100 villages – 1 avenir » St Vith

Stéphane Noirot – [stephane.noirotd@3e.be](mailto:stephane.noirotd@3e.be)



## JOURNÉE INTERGAL DU 20 MARS 2007

Les points-clés du Photovoltaïque:

- 3E
- Techniques
- Contraintes
- Avantages
- conditions de mise en œuvre
- Projets en cours
- Potentiel de développement en Wallonie



## VISION & MISSION

### Vision

- A l'avenir, les énergies renouvelables joueront un rôle majeur dans l'approvisionnement mondial en énergie

### Mission

- 3E a pour objectif de contribuer substantiellement au développement d'un approvisionnement énergétique durable, pour aujourd'hui et pour demain, en menant des activités de développement de projets et de services, d'études et de consultance



## EXPERTISE

- Énergies renouvelables
  - Bio-énergie
  - Énergie solaire photovoltaïque et thermique
  - Énergie éolienne (onshore, offshore)
  - Énergie hydraulique
  
- Efficacité énergétique dans les bâtiments et l'industrie
  
- Stratégies et politiques énergétiques des secteurs publics et privés



## ORGANISATION (1)

- 3E facilite le passage de la R&D aux marchés en fournissant des solutions professionnelles permettant d'évoluer progressivement vers un système énergétique durable à haute performance
- 3E est un bureau d'études indépendant; aucun groupe d'intérêt, producteur ou distributeur ne fait partie de la structure de l'entreprise
- Créé en 1999; aujourd'hui (2006) 30 experts



## ORGANISATION (2)

- Spin-off d'IMEC ([www.imec.be](http://www.imec.be)), le plus grand centre mondial de recherche indépendant en micro-électronique
- Siège social à Bruxelles, lieu des quartiers généraux de l'Union Européenne
- Collaboration étroite avec des groupes de RD&D de l'UE
- Langues de travail : anglais, français, néerlandais, allemand, espagnol, chinois...



## CLIENTELE

- Différenciation de la clientèle
  - > 60% du chiffre d'affaires entreprises privées;
  - le reste: clients publics de l'UE, nationaux ou régionaux
  - > 10% du chiffre d'affaires dédié à la RD&D - projets liés à l'innovation



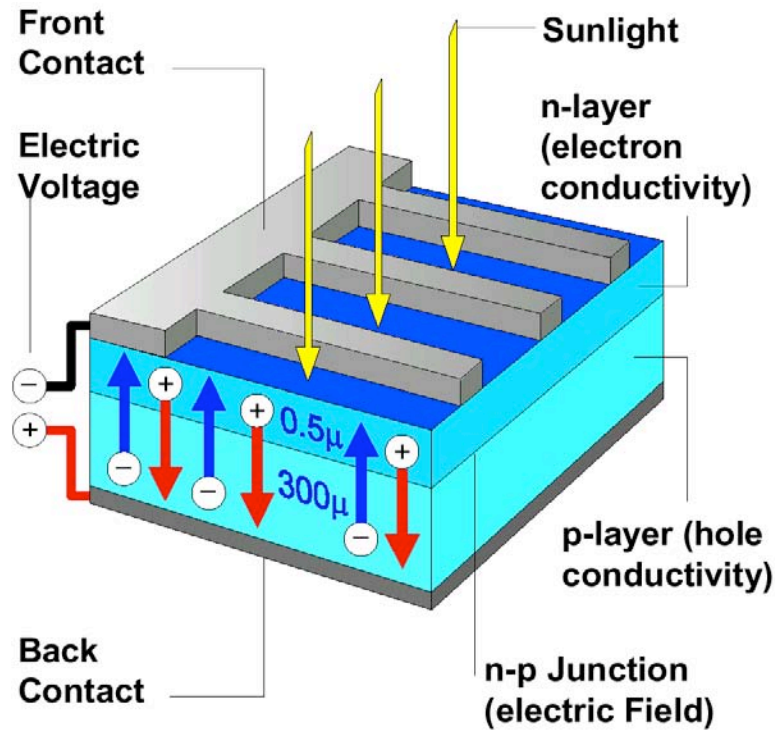


## PV TECHNIQUE

- La technologie photovoltaïque permet la transformation de la lumière du soleil en électricité
- A ne pas confondre avec le solaire thermique qui est la transformation de la lumière solaire en chaleur pour le (pré) chauffage de l'eau sanitaire (chauffe eau)
- C'est une technologie des semi-conducteurs

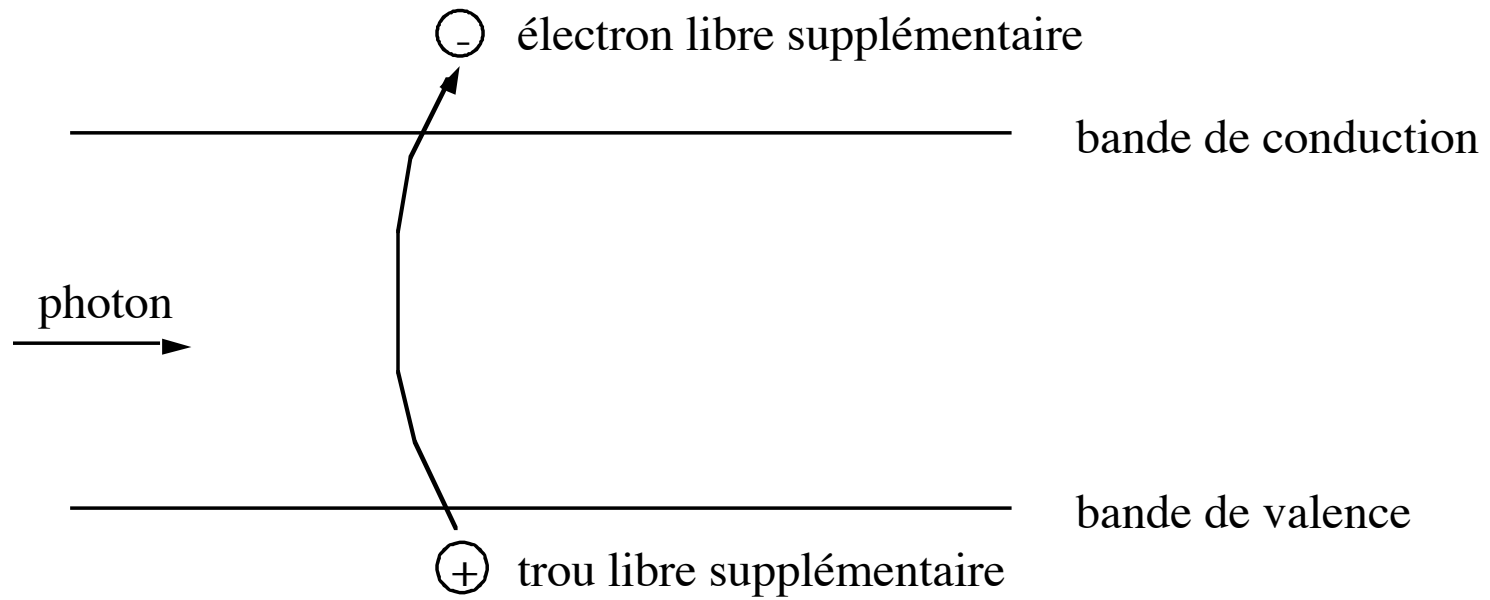


# PV TECHNIQUE



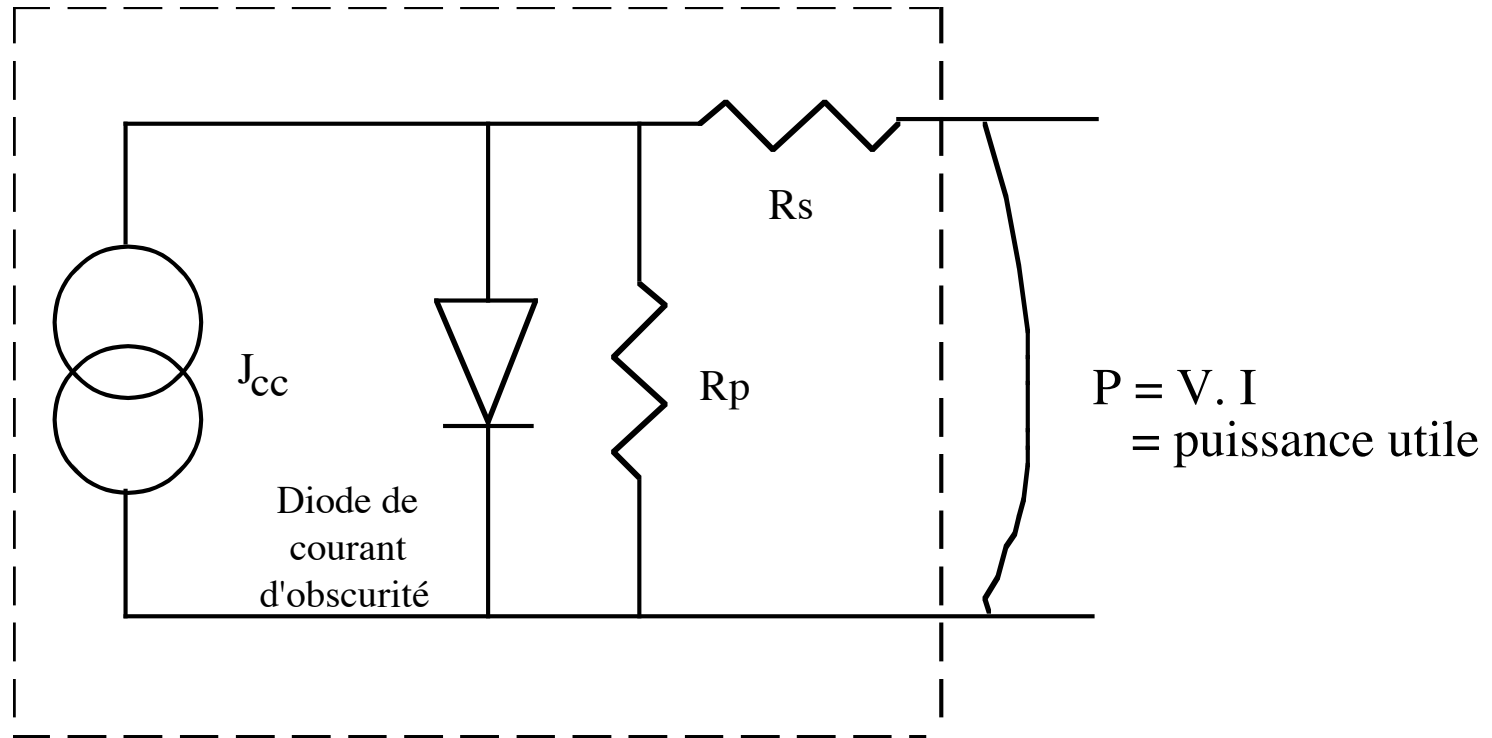
## Processus:

- **Absorption:**  
les photons sont absorbés dans le semi-conducteur et créent des paires électron - trou
- **Collection:**  
grâce au champ électrique interne, les paires d'électron - trou sont séparées et récoltées sur les électrodes de contact en métal



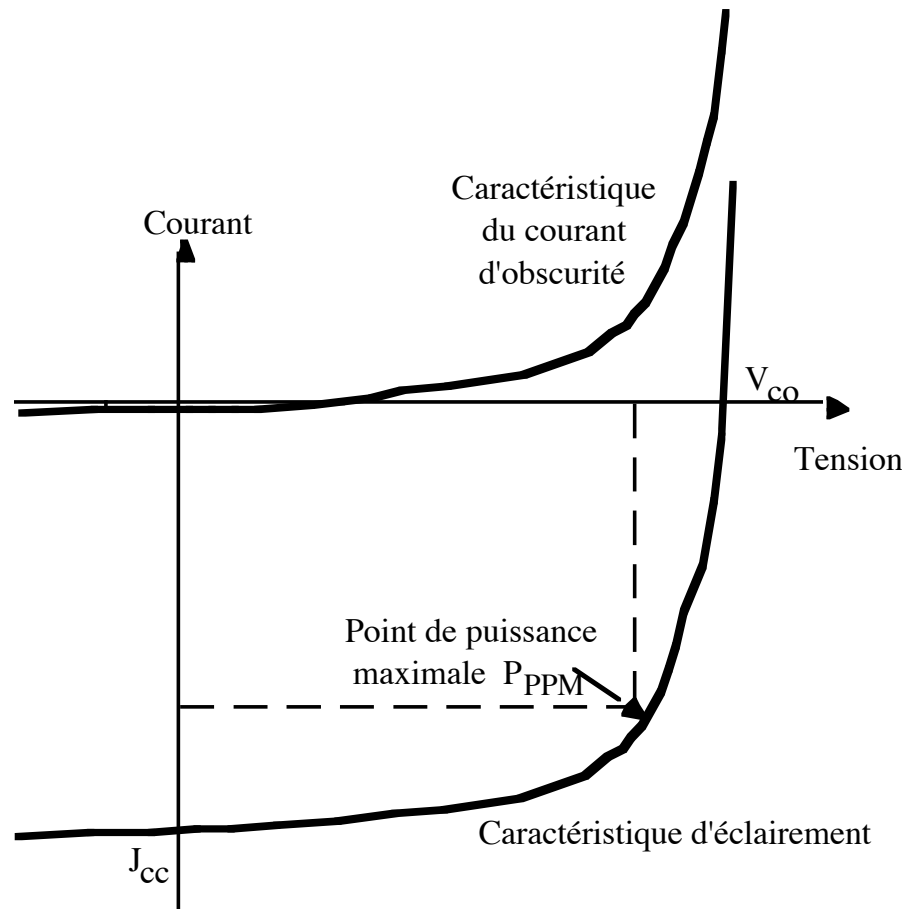


# PV TECHNIQUE





# PV TECHNIQUE





## PV MODULE SANDWICH



Verre



EVA



Cellules solaires



EVA



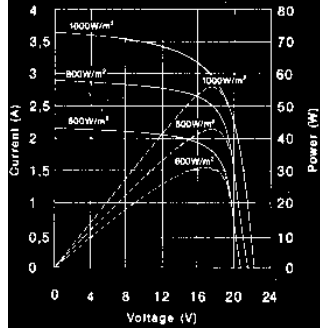
Fibres de verre



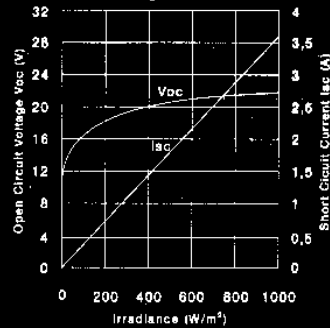
Substrat arrière

### Characteristics:

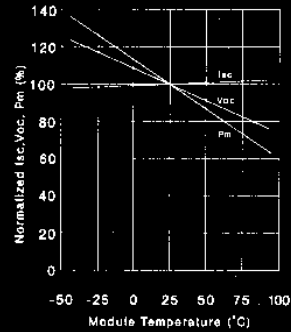
Current, Power vs. Voltage Characteristics  
(Module Temperature 25°C)



Open Circuit Voltage, Short Circuit Current vs. Irradiance Characteristics  
(Module Temperature 25°C)

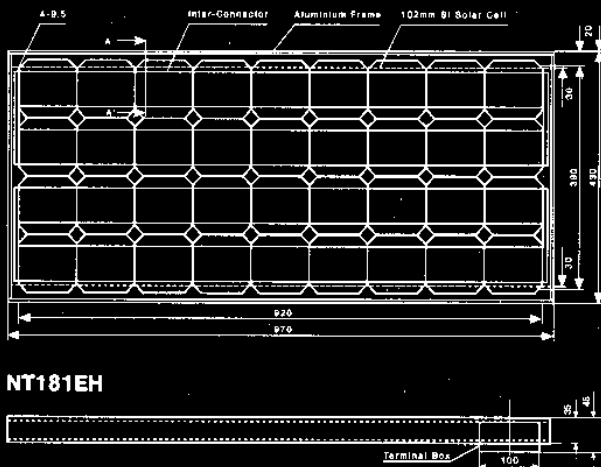


Normalized Isc, Voc, Pmax vs. Module Temperature Characteristics



(Note: Graphs shown are for the 55.5W module)

### Outline Dimensions:



NT181EH

### Specifications:

Cell	102 mm square silicon solar cells
No. of Cell and Connection	36 in series
Application	DC 12 V systems
Maximum Power	57.2 W (Typ.)
Dimensions	970 x 430 x 35 mm
Weight	5.5 kg

### Absolute Maximum Ratings:

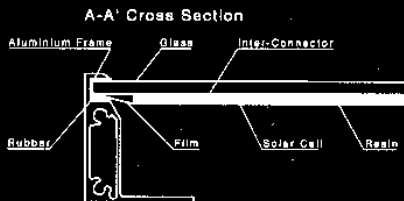
Operating Temperature	-40° to +90° C
Storage Temperature	-40° to +90° C
Dielectric withstand Voltage	2,000 max. V-AC
Withstand wind speed	max. 60 m/sec.

### Electro-Optical Characteristics:

(Condition: Irradiance 1,000 W/m², Module Temperature 25°C)

Open Circuit Voltage	22.0 V Voc
Maximum Power Voltage	17.4 V Vpm
Short Circuit Current	3.72 A Isc
Maximum Power Current	3.29 A Ipm
Maximum Power	57.2 W, (Min., Pm 51.4W)
Encapsulated Solar Cell Efficiency	16 % nc
Module Efficiency	13.7 % nM

Specifications are subject to change without notice.





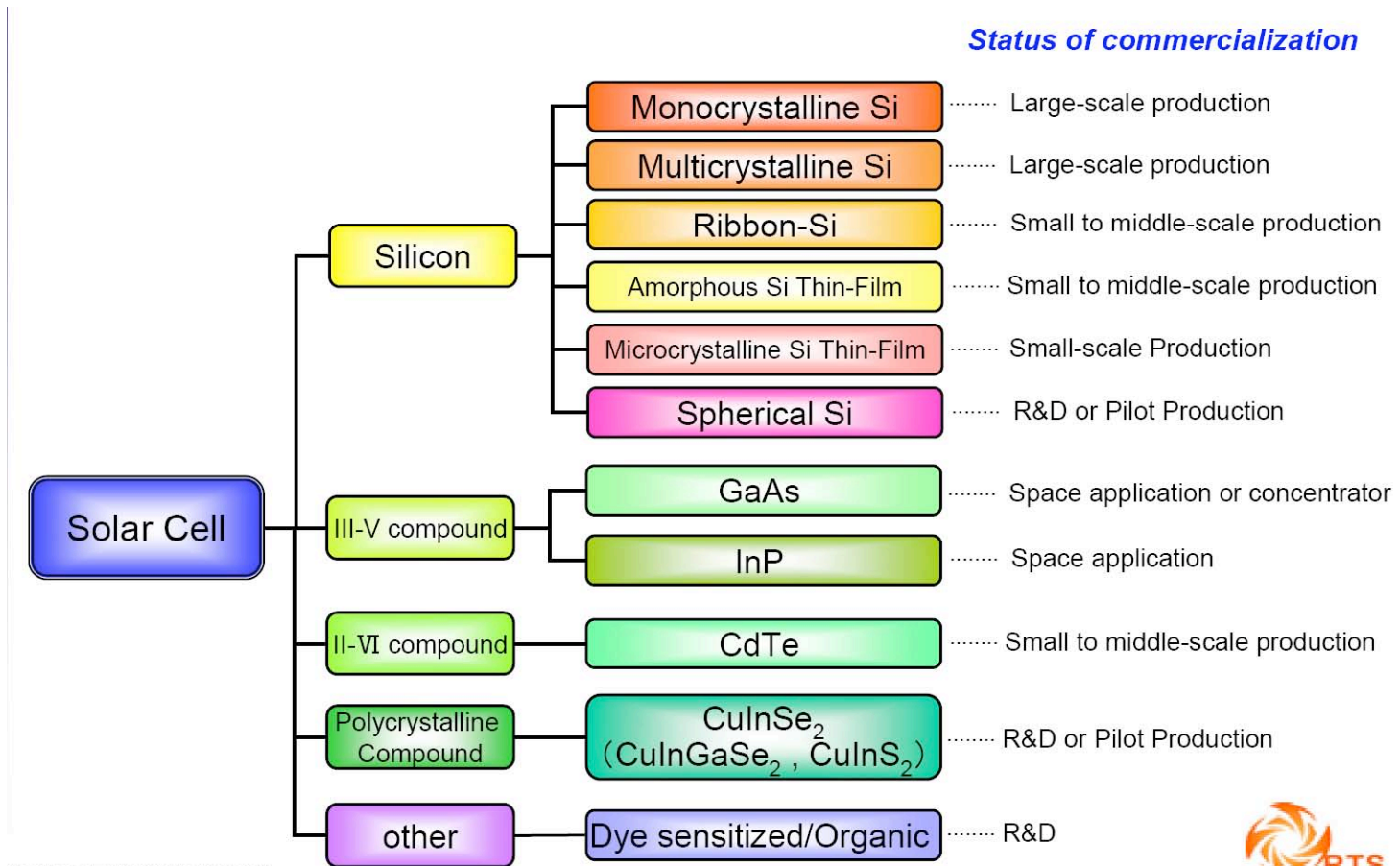
Facteurs déterminant l'efficacité théorique de la conversion:

- Énergie du photon inférieure au gap d'énergie
- Énergie du photon supérieure au gap d'énergie
- Pertes par réflexion
- Pertes par absorption
- Pertes dues aux recombinaisons
- Pertes résistive (Joule)





# PV TECHNIQUES





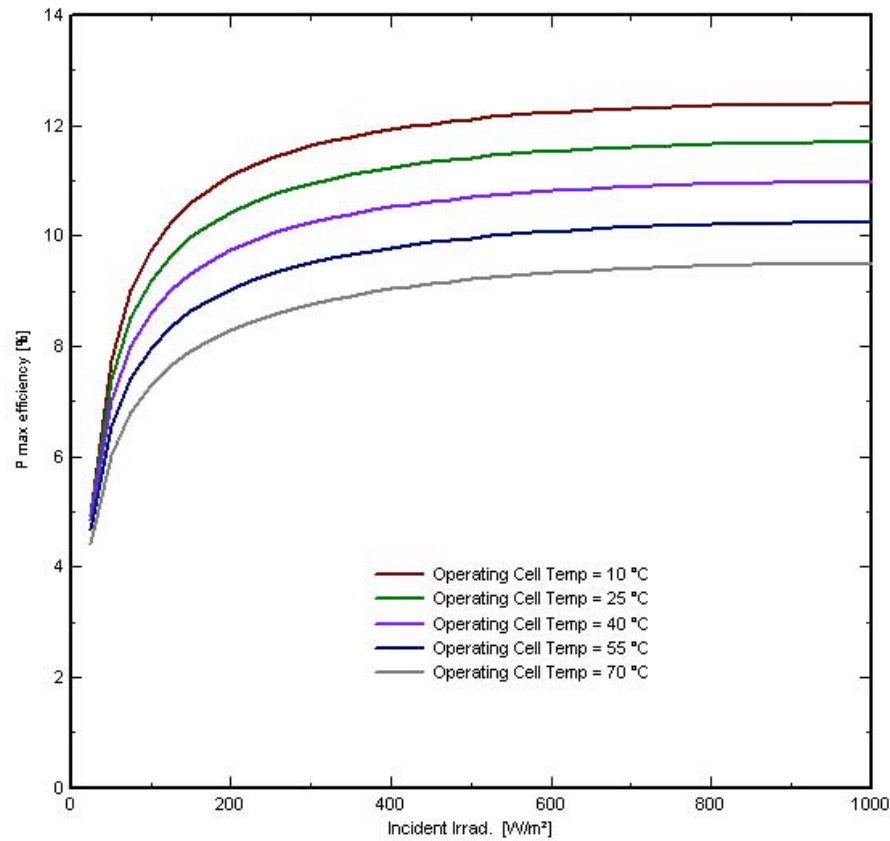
## PV TECHNIQUES



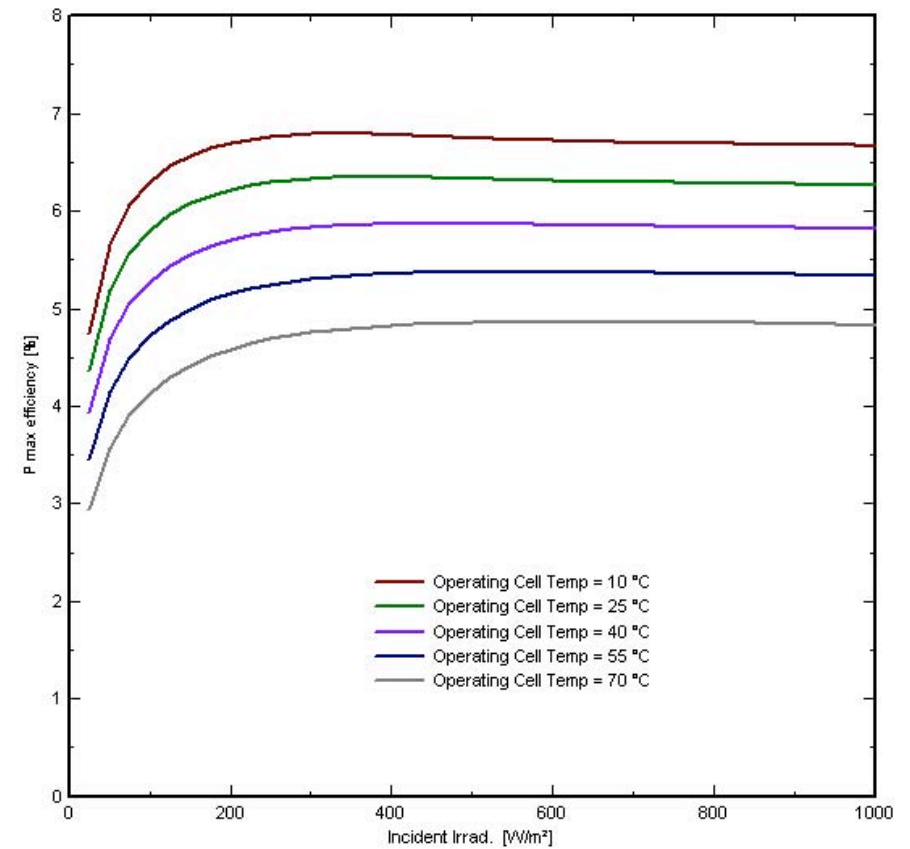


# PV EN FONCTION DE L'IRRADIATION ET DE LA TEMPERATURE

PV module : Scheuten □ Multisol 180 A □ Photon Mag. 2005



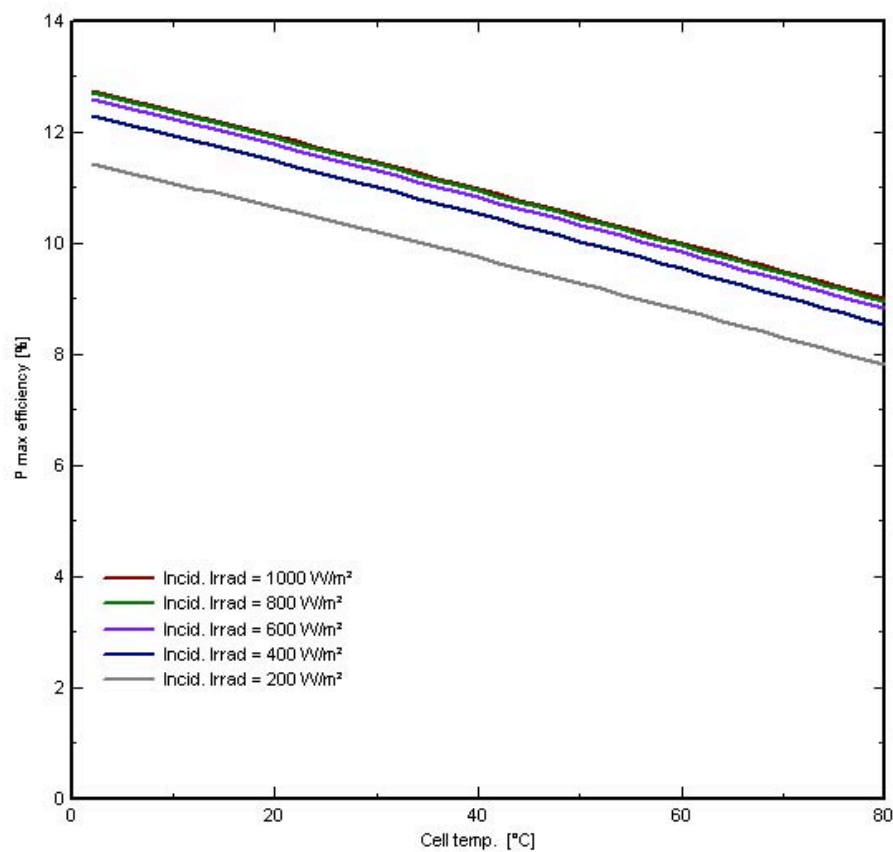
PV module : Uni-Solar □ PVL-136 □ Photon Mag. 2005



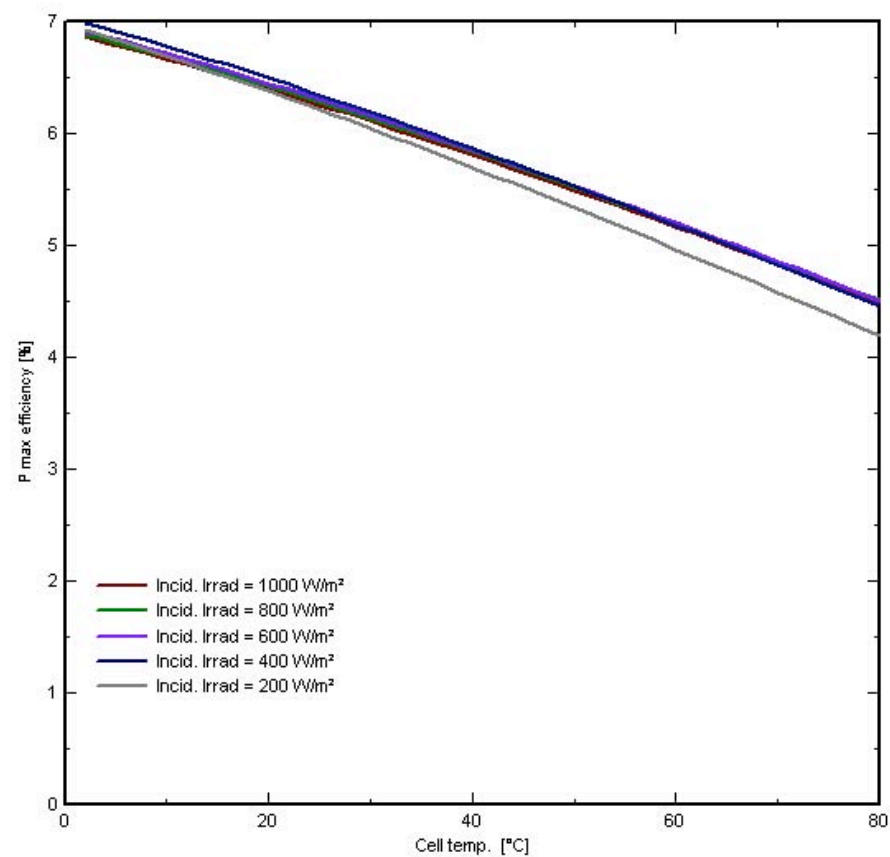


# PV EN FONCTION DE L'IRRADIATION ET DE LA TEMPERATURE

PV module : Scheuten □ Multisol 180 A □ Photon Mag. 2005

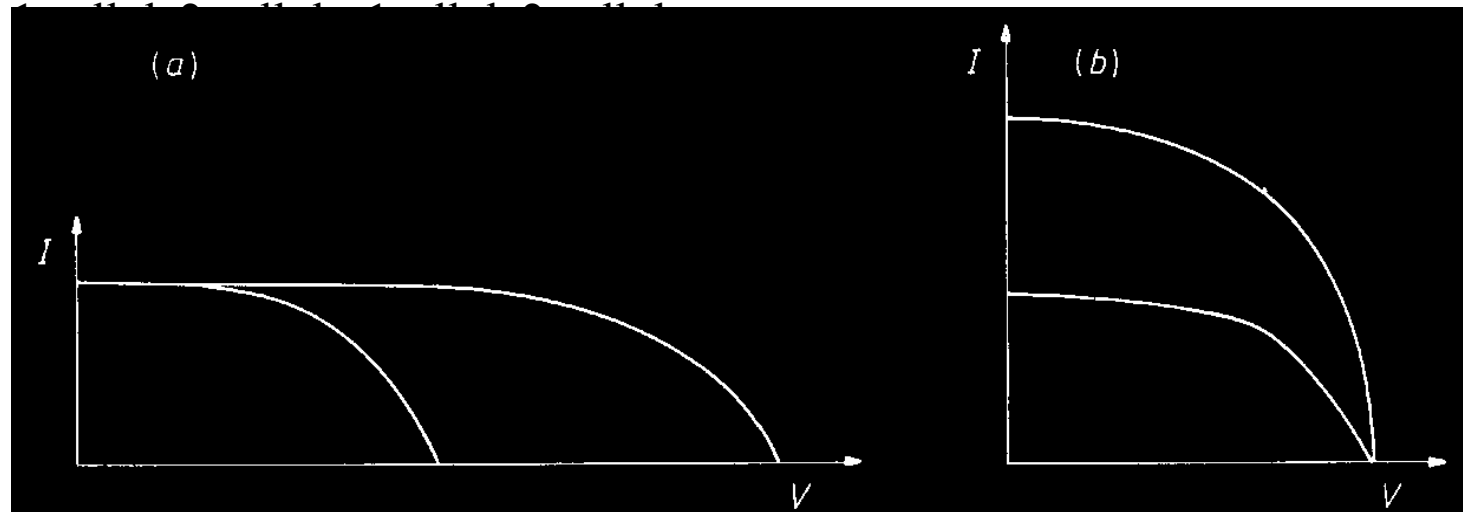


PV module : Uni-Solar □ PVL-136 □ Photon Mag. 2005



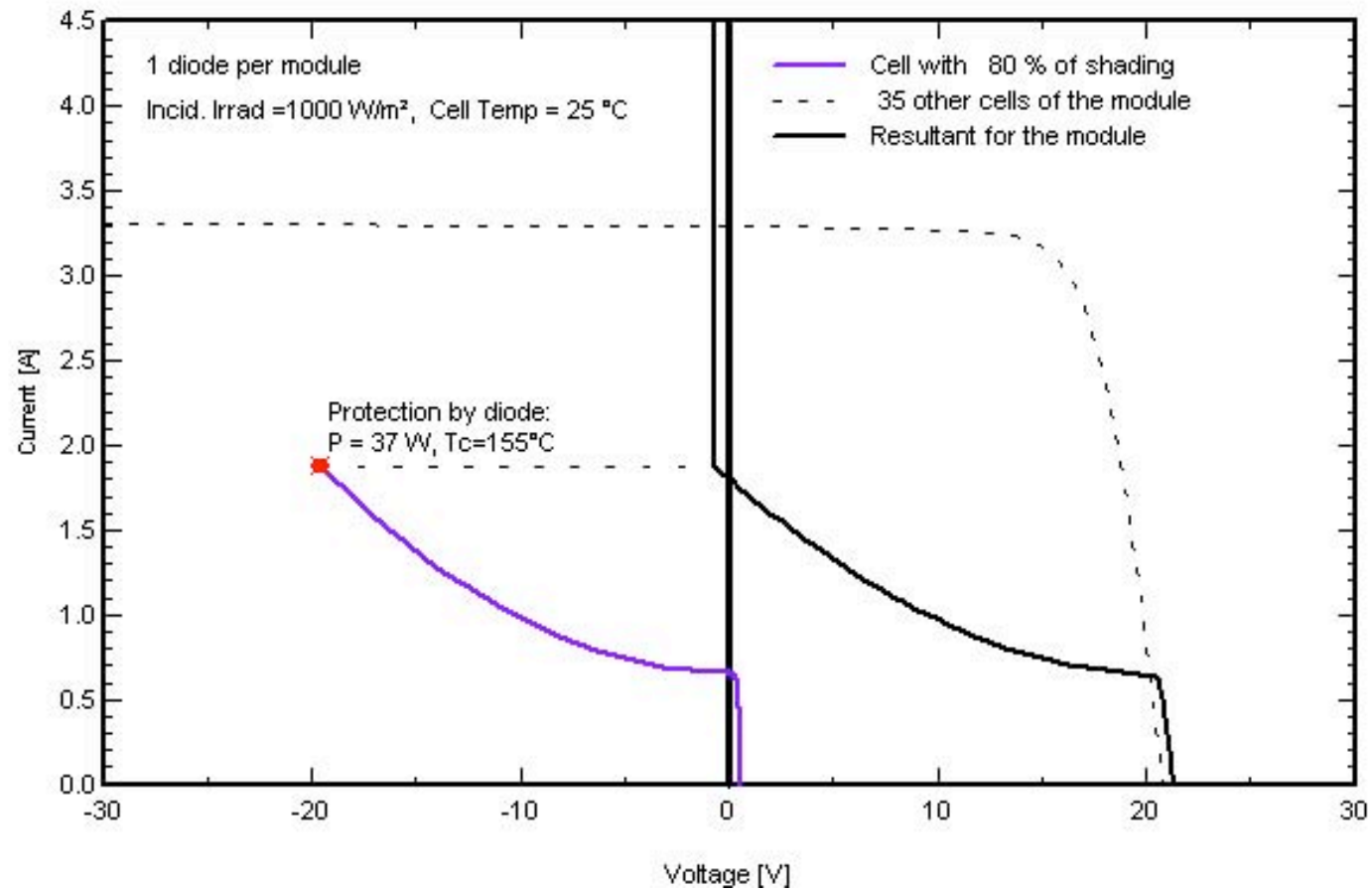


## CONNECTION EN SERIE (a) ET EN PARALLELE (b)



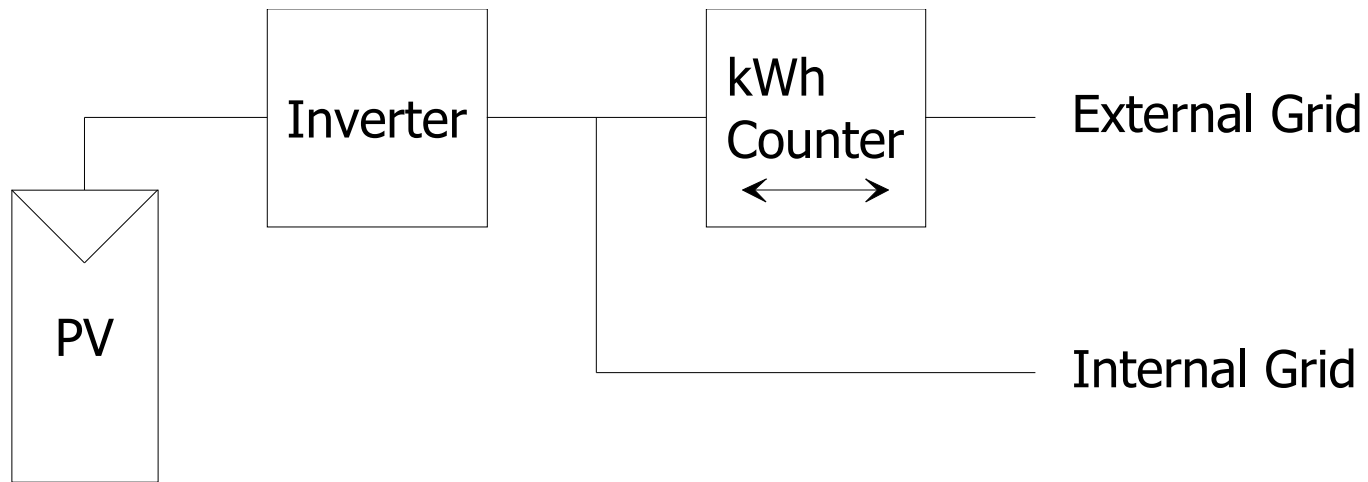


## INFLUENCE DE L'OMBRE





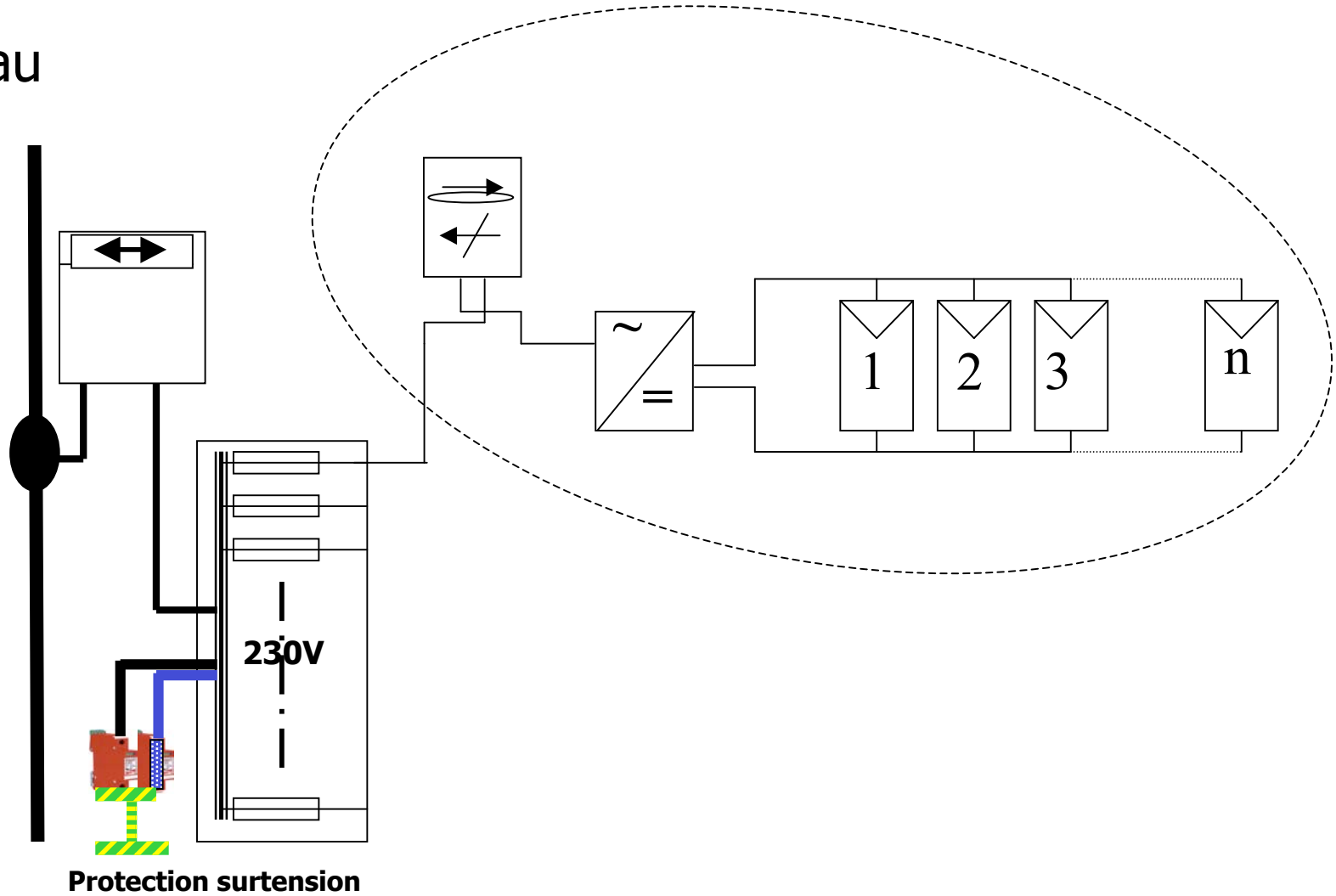
# SCHEMA DE PRINCIPE PV CONNECTE AU RESEAU – PETITS SYSTEMES





# SCHEMA DE PRINCIPE PV CONNECTE AU RESEAU – PETITS SYSTEMES

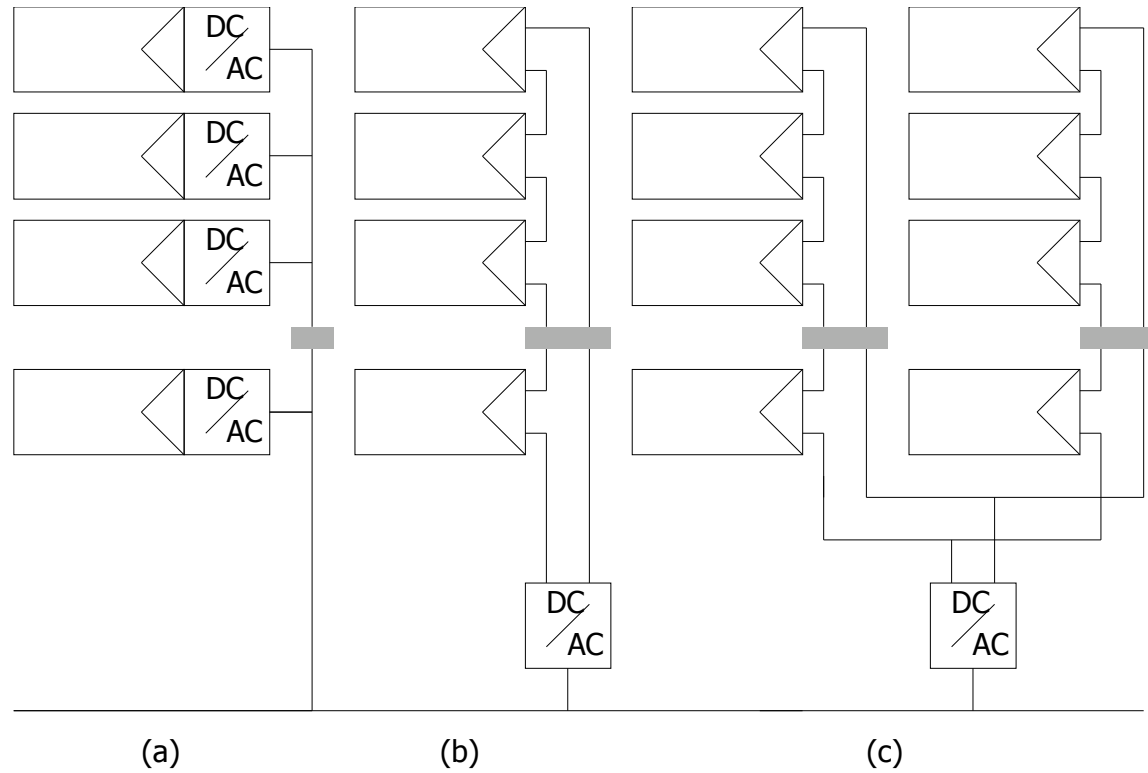
Réseau







## TYPES D'ONDULEURS



(a) AC module (b) String inverter (c) Centralised inverter



## JOURNÉE INTERGAL DU 20 MARS 2007

Les points-clés du Photovoltaïque:

- 3E
- Techniques
- **Contraintes**
- Avantages
- conditions de mise en œuvre
- Projets en cours
- Potentiel de développement en Wallonie



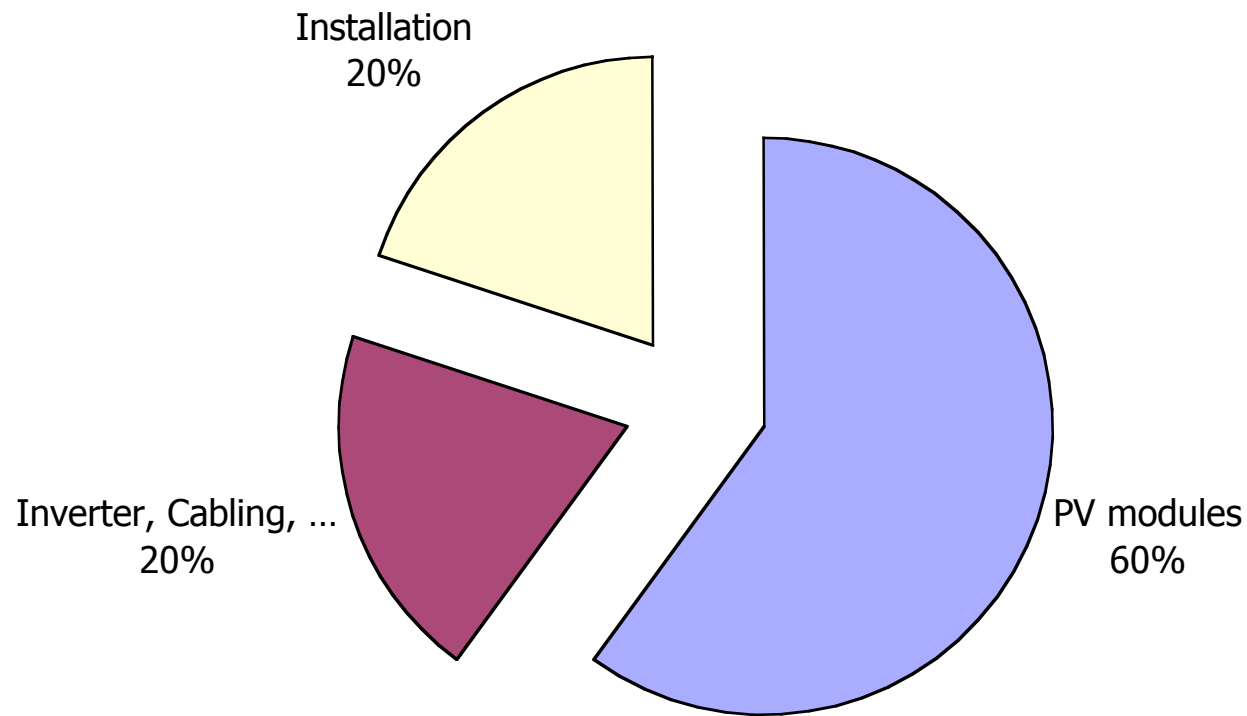
## CONTRAINTES

- Coût: 5000 à 8000 EUR/kWp (turn key, HTVA et Hors subsidies)
- Orientation et surface disponible
- Temps de retour
- Idéalement: équilibrer une consommation locale avec la production PV



## FRACTIONNEMENT DU COUT D'UN SYSTEME PV STANDARD RACCORDE AU RESEAU

- Coût du système entier : 6000 Eur / kW





## COÛT DE L'ÉNERGIE D'UN SYSTÈME PV

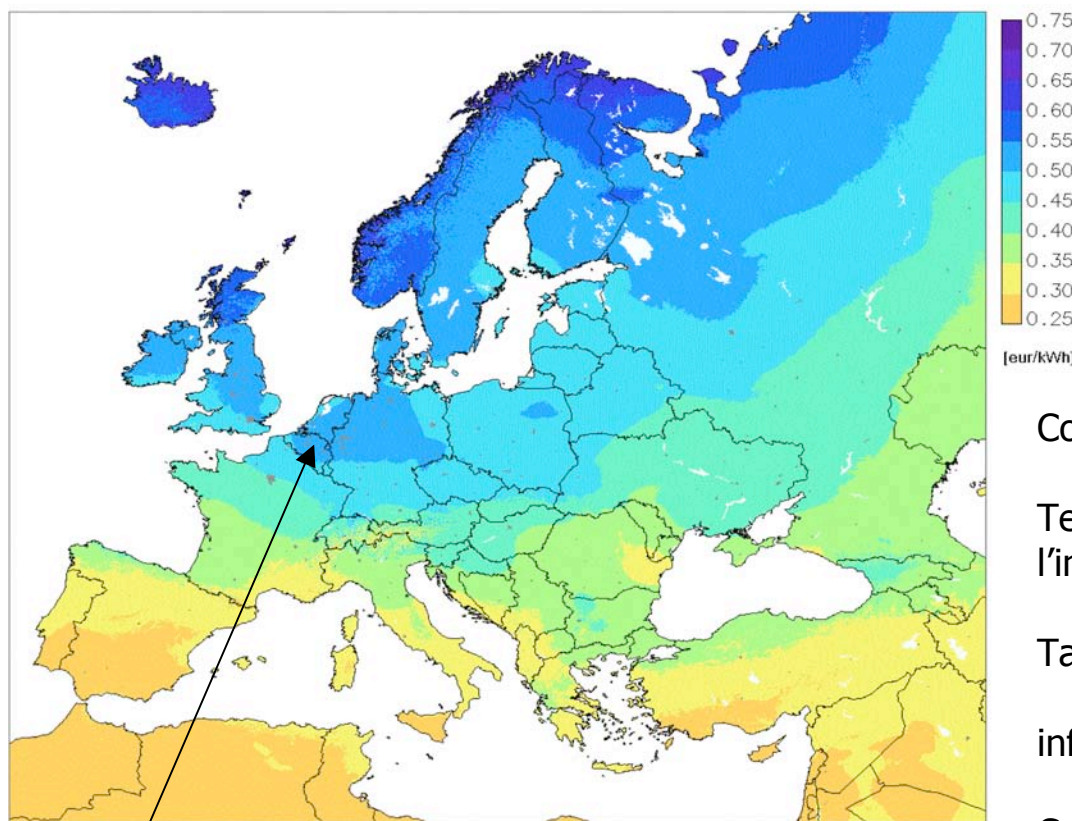
Energy cost [€/kWh] Depreciation period [yr] Interest rate System cost [€/Wp] 10 20 30 7.5 1.0 90.6 50.5 150.7 30.43

Energy cost [€/kWh]	Depreciation period [yr]	Interest rate	System cost [€/Wp]	





## PRIX DE L'ELECTRICITE PV POUR PETITS SYSTEMES INDIVIDUELS (<5 KWP)



Source: European Commission, DG Joint Research Centre

Coûts du système: **6 Eur/Wp**

Temps de retour sur l'investissement fixé à **20 ans**

Taux d'intérêt: **4%**

inflation: **2%**

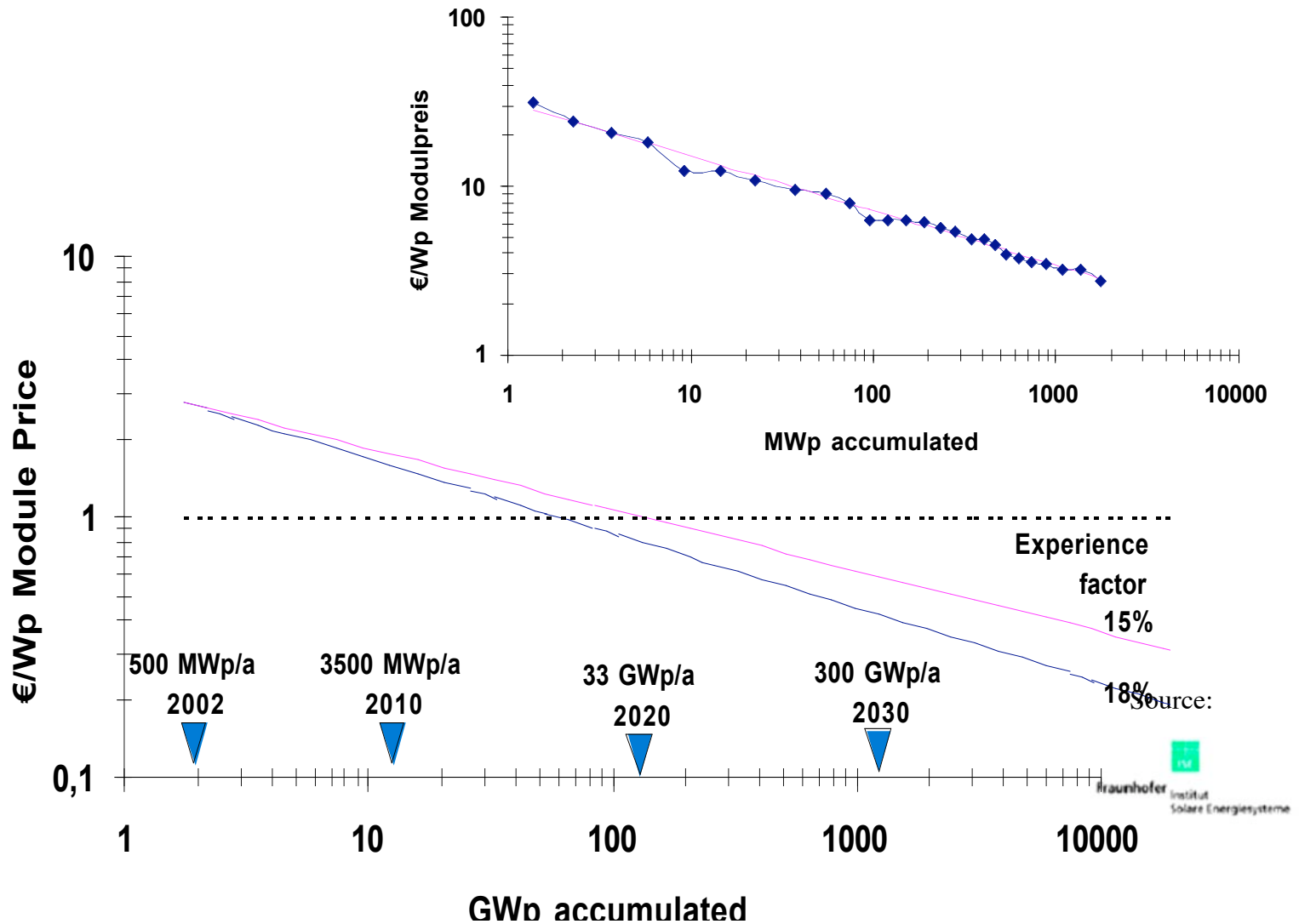
Coûts de maintenance annuels = **1%** investissement

Installation à l'angle optimal

0,50 – 0,60 EUR/kWh

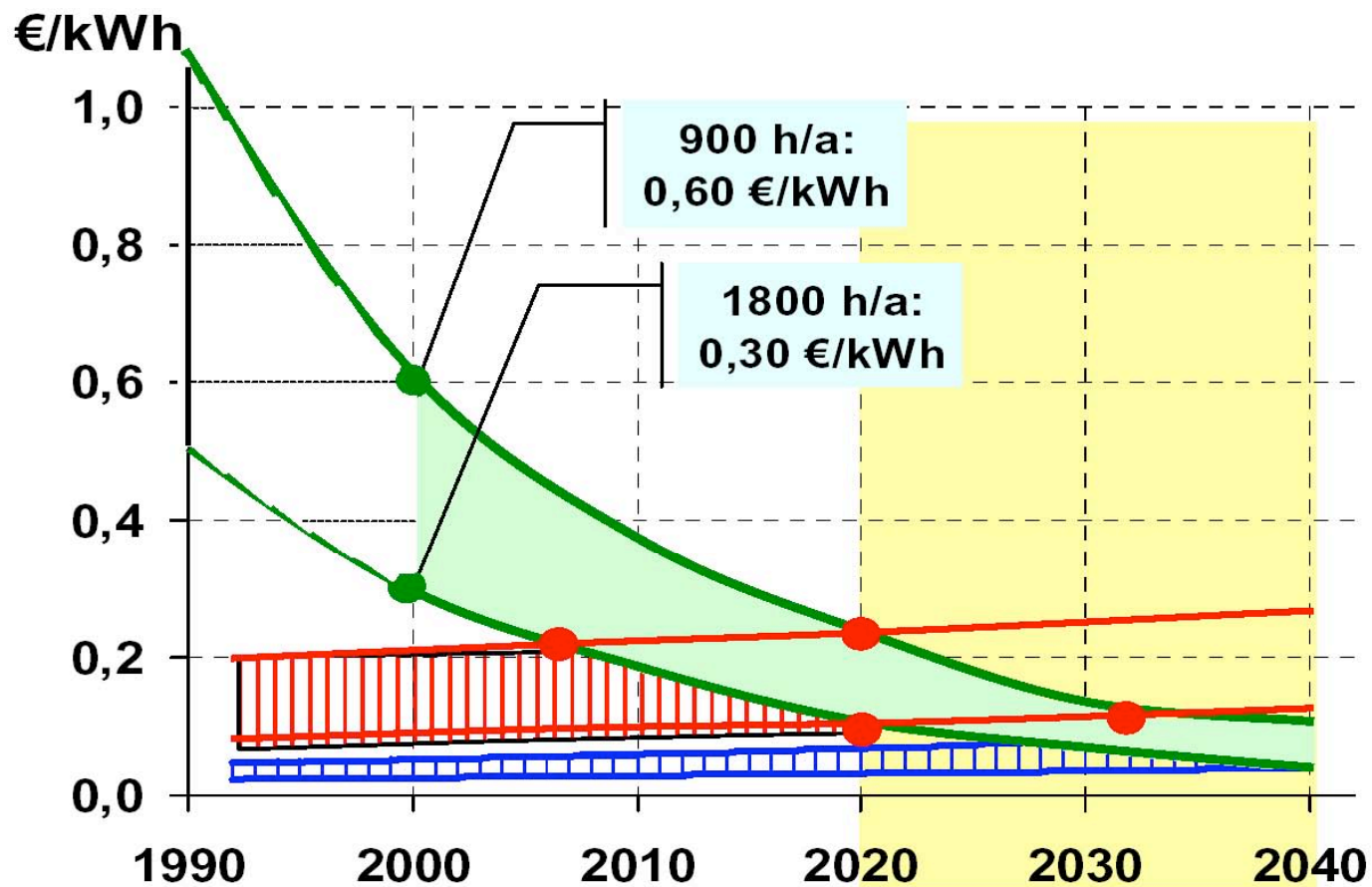


# PRICE EXPERIENCE CURVE FOR PV MODULES





# ESTIMATION DES COÛTS DE L'ÉNERGIE PV (EPIA 2003)



Photovoltaic



Utility Peak Cost



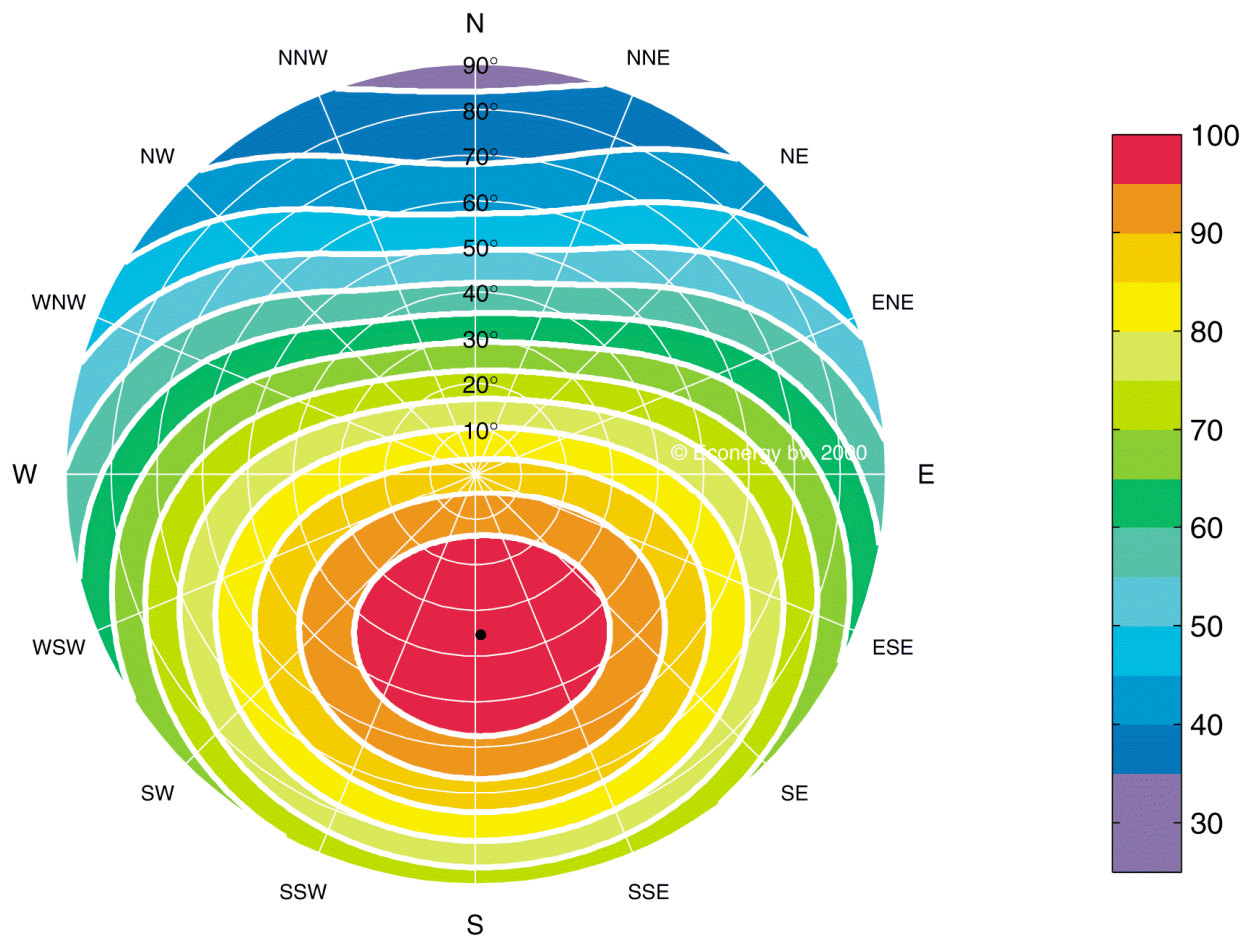
Bulk Cost





# INFLUENCE DE L'ORIENTATION

Total irradiation in year, Uccle



• = maximum (1083 kWh/m<sup>2</sup>) at orientation = -2° tilt = 35°

contour levels in % of maximum (5% interval)

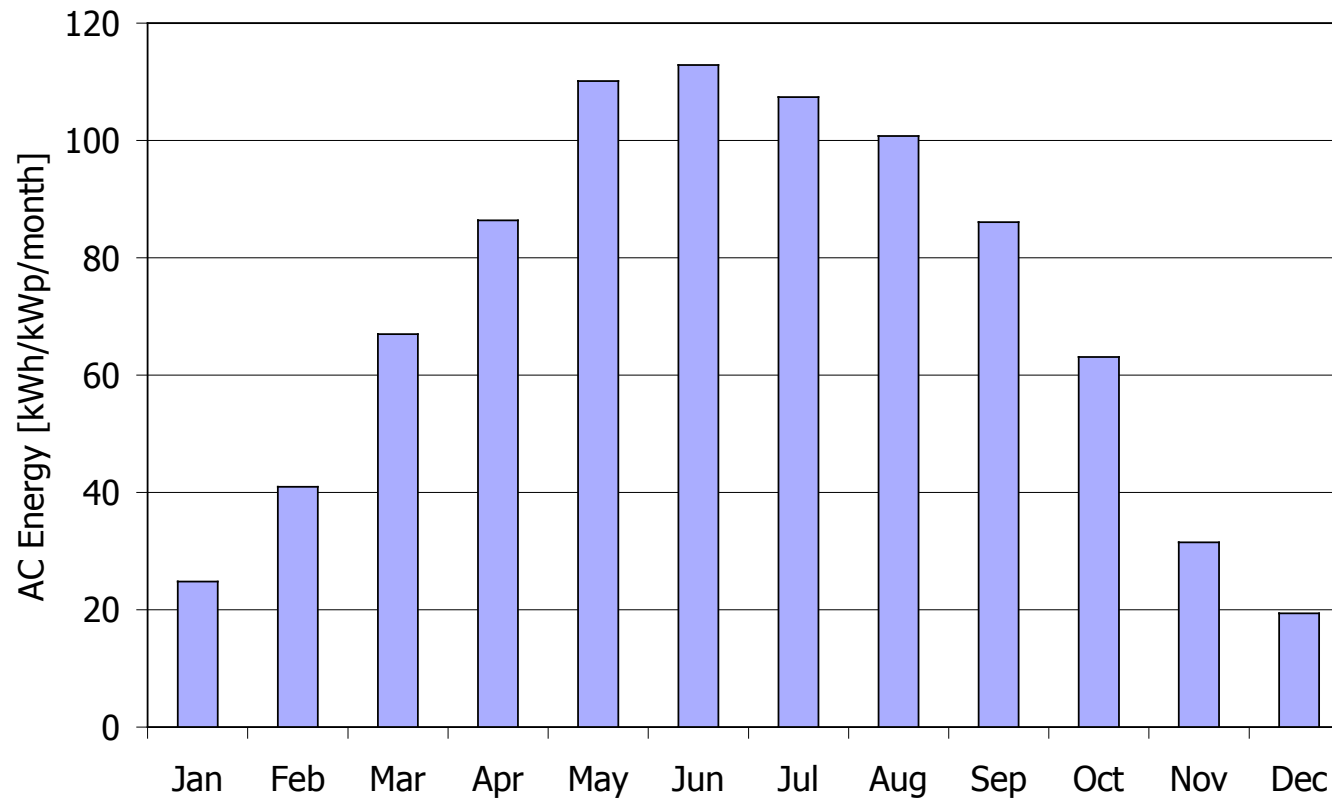


## AVANTAGES

- Energie renouvelable accessible (comparer avec biomasse, éolienne, hydro-électricité)
- Pas de pièce en mouvement
- Pas de maintenance (presque)
- Production prévisible
- En phase avec l'activité humaine
- Peut s'intégrer à la construction (BIPV) et ne monopolise pas de terre dans ce cas



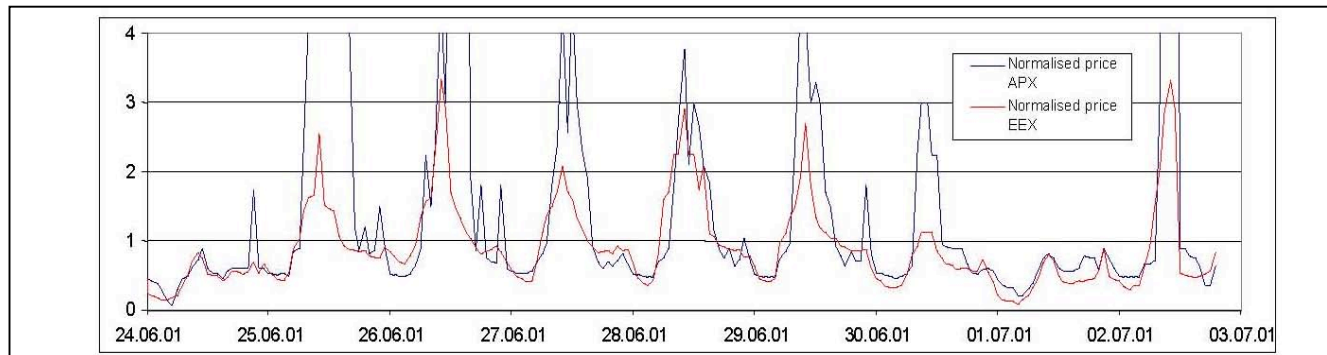
# PRODUCTION SPECIFIQUE D'UN SYSTEME PV CONNECTE AU RESEAU EN BELGIOUE



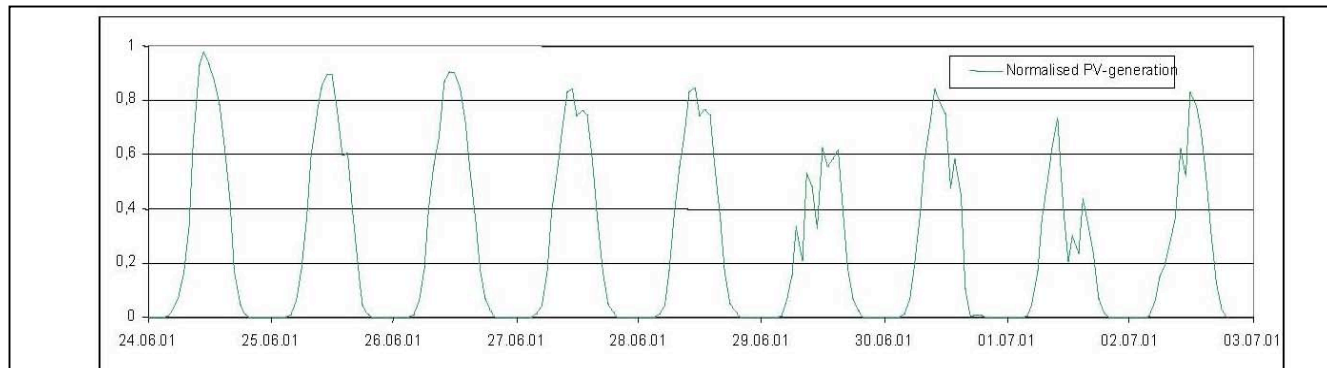


# CORRELATION ENTRE LES PRIX "SPOT MARKET" ET LA PRODUCTION PV EN ALLEMAGNE

## Spot market price

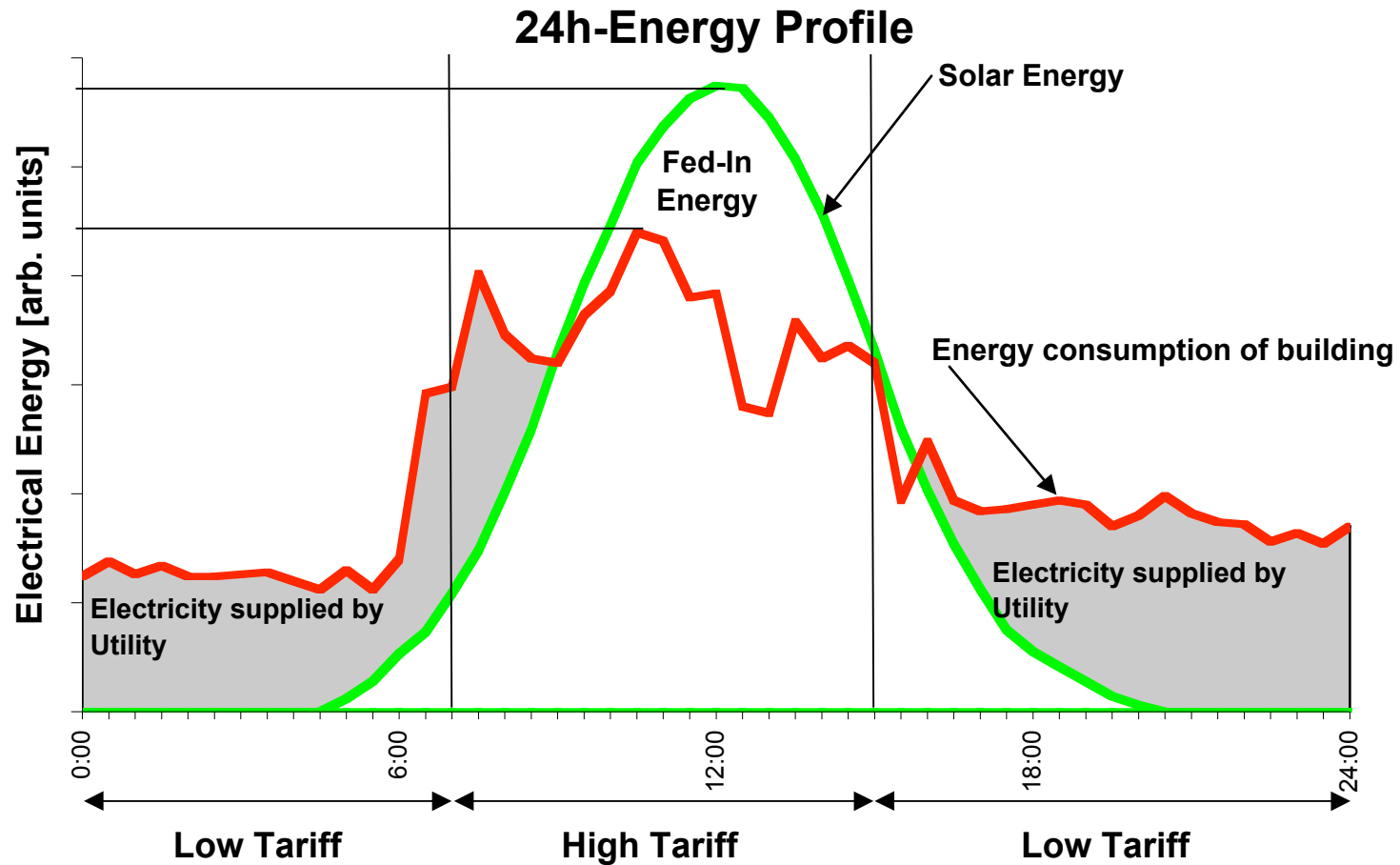


## PV power output





# CORRELATION ENTRE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ PV ET CONSOMMATION D'UN BATIMENT TERTIAIRE EN ESPAGNE



Source: RWE Energie AG and RSS GmbH



## JOURNÉE INTERGAL DU 20 MARS 2007

Les points-clés du Photovoltaïque:

- 3E
- Techniques
- Contraintes
- Avantages
- **conditions de mise en œuvre**
- Projets en cours
- Potentiel de développement en Wallonie



## CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

En Belgique: Flandres, BXL et Wallonie

Flandres

- depuis 2006, certificats verts à 450 Eur / MWh
- Petits systèmes: procédure simplifiée

BXL

- Subsidés (jusque 40%)
- CV fédéraux (10 ans et 150 EUR / MWh)

Wallonie

- Plan Solwatt (2008) surtout pour les petits producteurs <5kWp, temps de retour de 12 ans





Logement à Moorsel (Alost)  
Puissance: 3,4 kWp





Appartements à Diest  
Combinant modules opaques and semitransparents  
Puissance: 9,5 kWp



## PV EN TOITURE INCLINÉE



© 3E

Social housing association Nieuw Dak Genk  
Power 10 kWp  
Total installed power on location: 15 kWp





Amersfoort, Pays Bas  
1 MWp, plusieurs méthodes d'intégration sur nouvelles habitations



Zoerle-Parwijs 2004  
7 kWp silicium amorphe  
realisation 3E - IZEN









## PV EN TOITURE: PRODUITS EXISTANTS

Product name	Sunslate
Manufacturer/ Distributor	Atlantis Energy Systems Inc
PV Manufacturer	Atlantis Energy Systems Inc
Power [W]	12
Cell technology	mono/ poly
Roofing compatibility	Eternit and other
Market introduction	1997
Installed power Sept 30, 2001 [kW]	1000
Cost (incl BOS) [EUR/kW]	10000





## PV EN TOITURE: PRODUITS EXISTANTS

Product name	Lafarge SRT35
Manufacturer/ Distributor	Lafarge SRT35
PV Manufacturer	-
Power [W]	35
Cell technology	poly
Roofing compatibility	Lafarge roofing systems
Market introduction	1996
Installed power Sept 30, 2001 [kW]	1000
Cost (incl BOS) [EUR/kW]	8000





## PV EN TOITURE: PRODUITS EXISTANTS

Product name	Evalon solar
Manufacturer/ Distributor	Alwitra
PV Manufacturer	Bekaert ECD
Power [W]	256
Cell technology	amorphous silicon
Roofing compatibility	Evalon
Market introduction	1999
Installed power Sept 30, 2001 [kW]	200
Cost (incl BOS) [EUR/kW]	7500







## PV EN TOITURE: PRODUITS EXISTANTS

Product name	Newtec Solar Roof Tile
Manufacturer/ Distributor	Phönix Sonnenstrom AG
PV Manufacturer	-
Power [W]	36
Cell technology	mono
Roofing compatibility	all roof tiles
Market introduction	1992
Installed power Sept 30, 2001 [kW]	650
Cost (incl BOS) [EUR/kW]	7150





## PV EN TOITURE: PRODUITS EXISTANTS

Product name	Terra piatta Solar
Manufacturer/ Distributor	Pfleiderer
PV Manufacturer	-
Power [W]	50
Cell technology	poly
Roofing compatibility	4 Pfleiderer products
Market introduction	1999
Installed power Sept 30, 2001 [kW]	40
Cost (incl BOS) [EUR/kW]	7800





## PV EN TOITURE: PRODUITS EXISTANTS

Product name	Sunsat
Manufacturer/ Distributor	Imerys-Toiture
PV Manufacturer	Photowatt
Power [W]	50
Cell technology	poly
Roofing compatibility	Imerys Toiture Alpha 10 & HP20
Market introduction	2002
Installed power Sept 30, 2001 [kW]	30
Cost (incl BOS) [EUR/kW]	8200



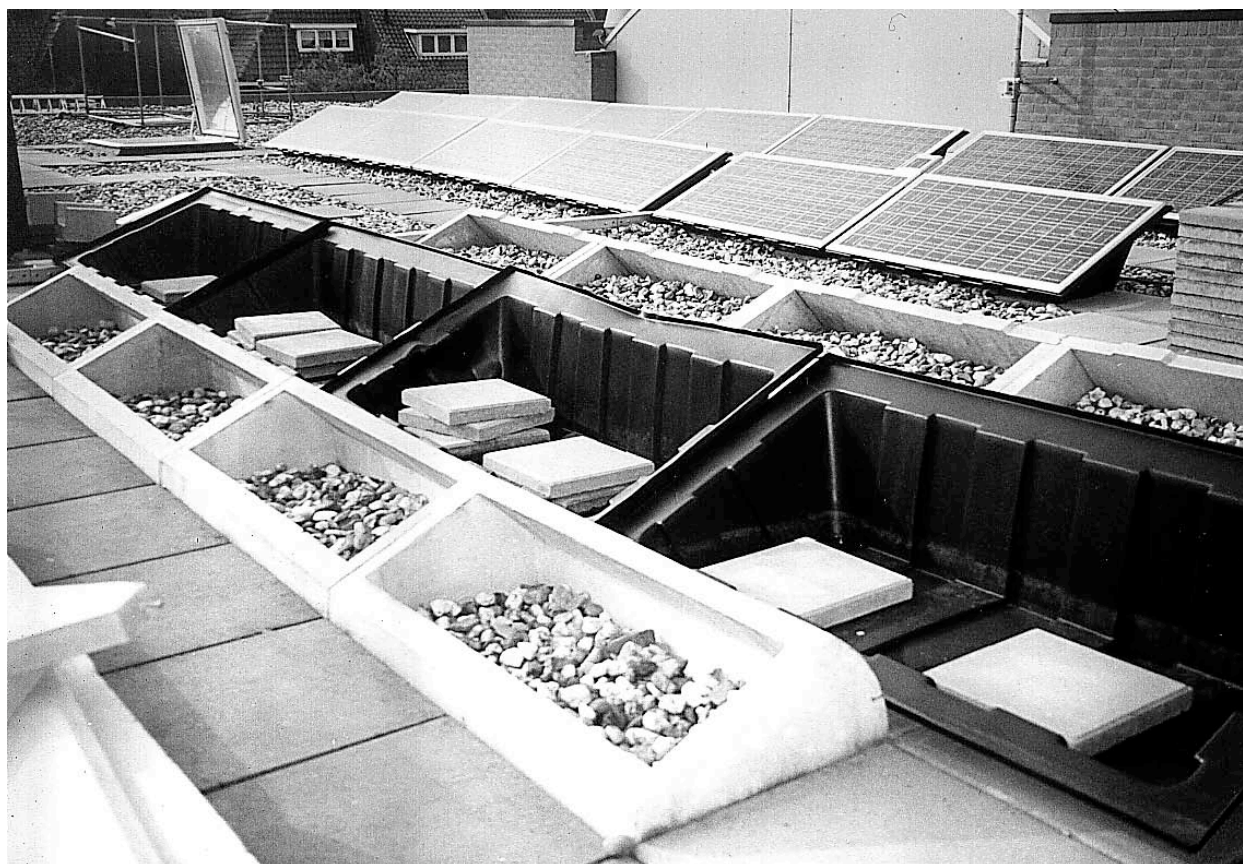




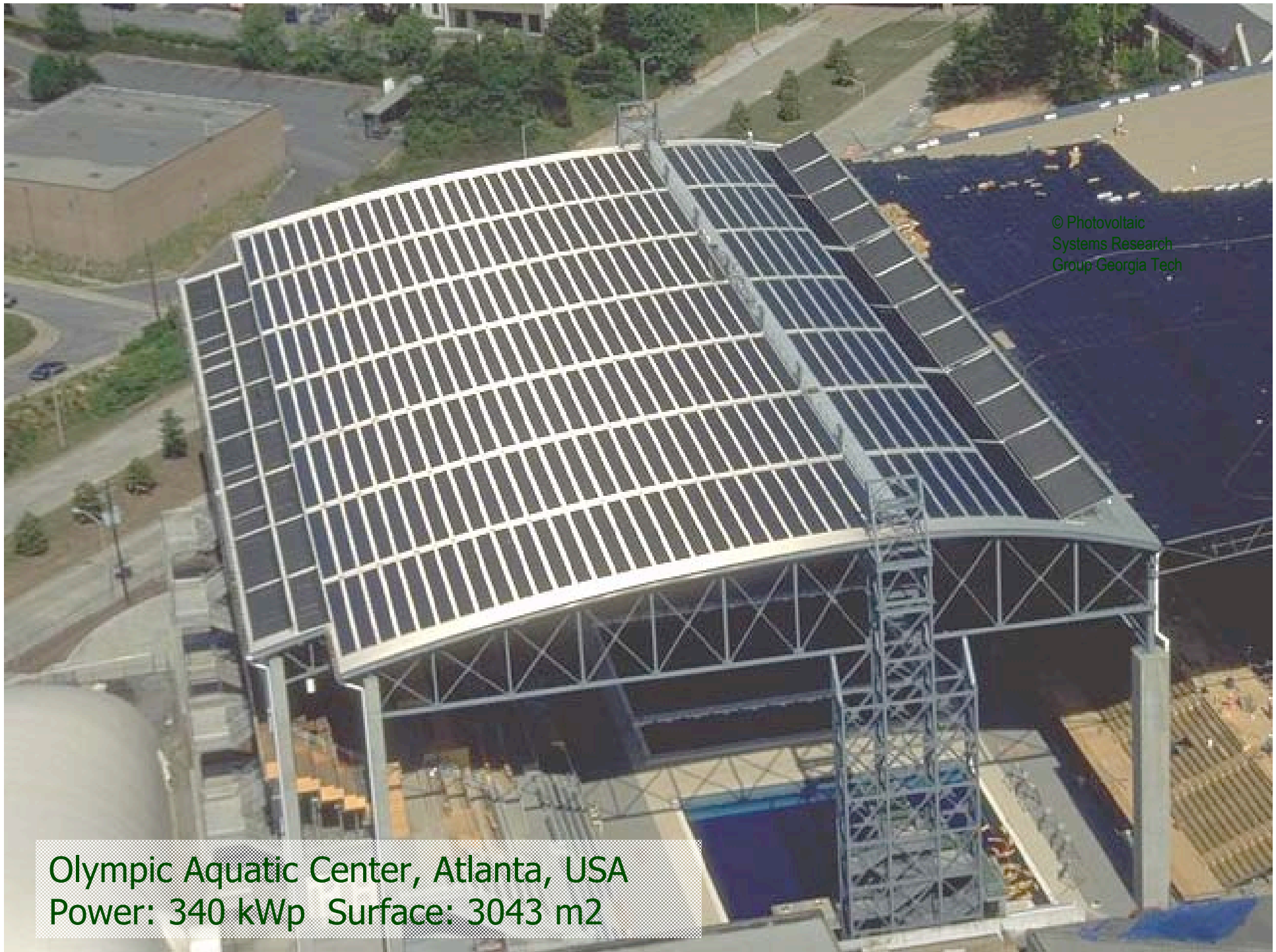




## PV EN TOITURE PLATE



© imec



© Photovoltaic  
Systems Research  
Group Georgia Tech

Olympic Aquatic Center, Atlanta, USA  
Power: 340 kWp Surface: 3043 m<sup>2</sup>





Limburgse Tuinbouwveiling  
Herk-de-Stad  
50 kWp  
realisation 3E - Scheuten Solar



## PV EN FACADES



© SCHUCO Co

Offices SCHUCO, Bielefeld, Germany  
Power: 13,2 kWp





## PV EN PROTECTION SOLAIRE



IMEC cafeteria, Leuven  
Installed power: 2,3 kWp



Mattaro library, Barcelona  
15 kWp modules cristallins semi-transparents



