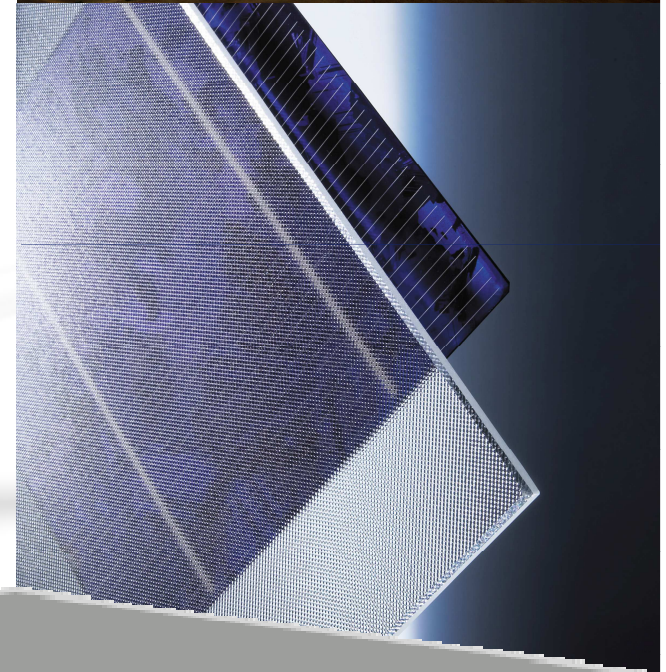


# Verres et problématique solaire

Dr O Cintora-Gonzalez  
Saint-Gobain Recherche

Rennes, 8/12/2011



  
**SAINT-GOBAIN**  

---

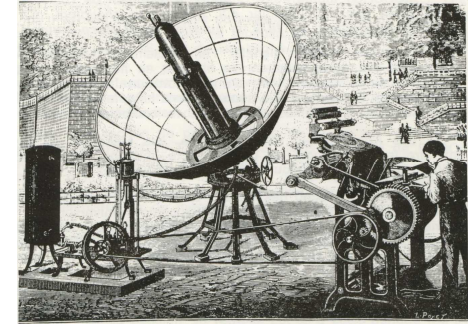
**RECHERCHE**

- **Un peu d'histoire**
- **Utilisation de l'énergie solaire**
- **Solaire PV**
- **Solaire thermique**
- **Pourquoi le verre absorbe?**
- **Verre utilisé dans le solaire**
- **EHS, recyclage**
- **Conclusions**

# Agenda

# Un peu d'histoire

- **En 1873:** Augustin Mouchot construit le premier CSP (20m<sup>2</sup>, Tours)
- **En 1880:** Première cellule PV (Charles Fritts, Rendement~1%)
- **Années 50's:** Première utilisation de cellules PV dans le domaine spatial (Bell Labs)
- **En 1954:** La première cellule Si avec R~4.5-6% (Bell Labs)
- **En 1958:** Hoffman Electronics développe une cellule PV à 9% de rendement
  - Le satellite Vanguard I est équipé avec des cellules PV (0.1 W, 100 cm<sup>2</sup>) (durée de vie 240 ans!!)



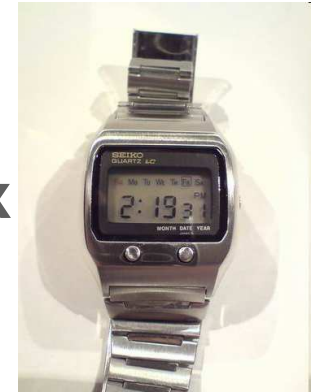
Alcatel-Lucent



# Un peu d'histoire

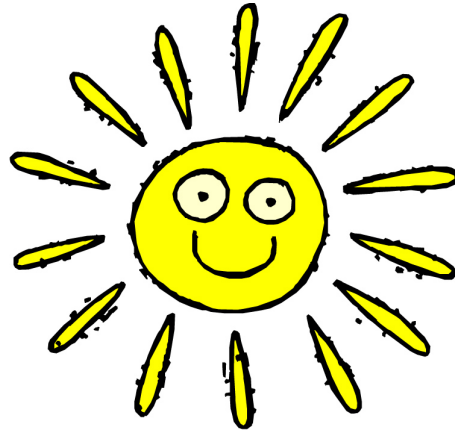
- **En 1964:** La NASA compare deux types de substrat: Sodocalcique et Borosilicate
- **Fin 70's:** NASA démarre des études sur l'optimisation(\$) des cellules et donc, du type de verre (clair →extra-clair)
- **En 1976:** Première centrale à tour (Sandia Labs & NASA, Albuquerque, USA)
- **En 1980:** verres 'extra-clairs' à  $Fe_2O_3 < 500$  ppm

**En 1973:** Premier dispositif à cristaux liquides (Seiko)



**En 1979:** Deuxième choc pétrolier

# Utilisation de l'énergie solaire



**Electricité**



**Photovoltaïque (PV)**

**Chaleur**



**Thermique (ST)**

**Chaleur et Electricité**



**Concentrateurs (CS)**

# Solaire photovoltaïque

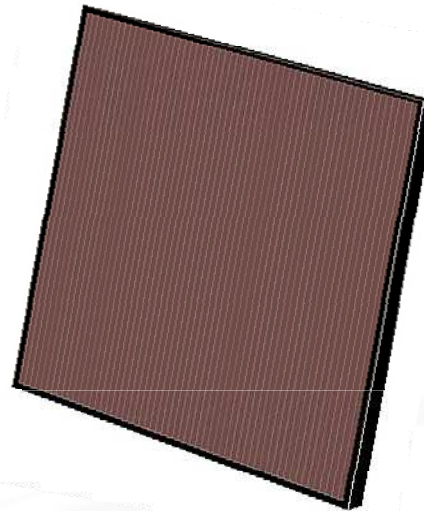
Silicium monocristallin



Silicium polycristallin



Silicium amorphe Tandem-Si



CIS, CdTe

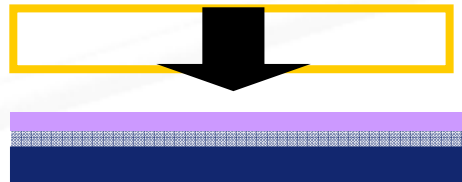


## Protection

Verre extra-clair

EVA

Si



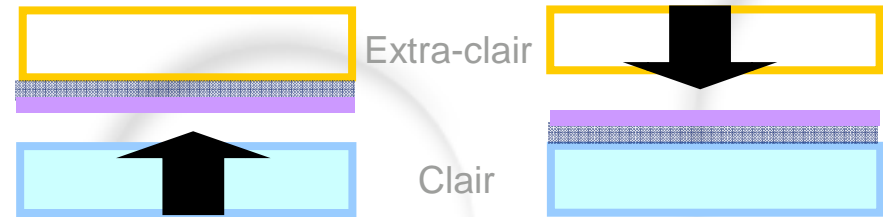
## Substrat

Extra-clair

Clair

CdTe, Si amorphe et Tandem

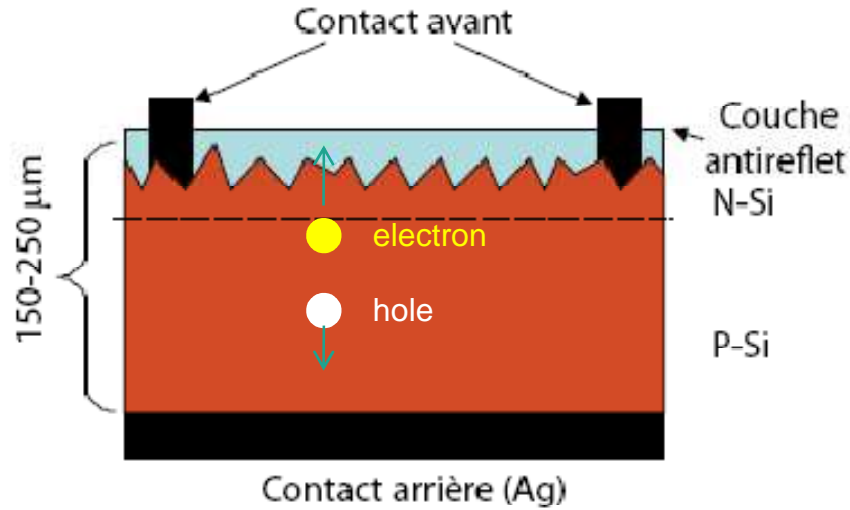
CIS



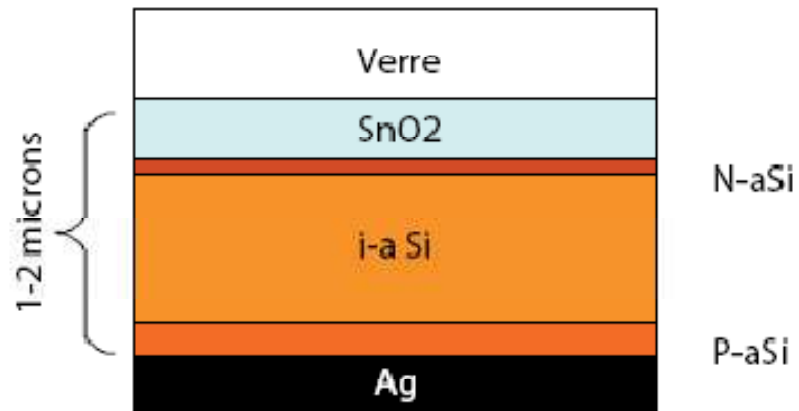
Surface plane car couches minces (qqn nm)



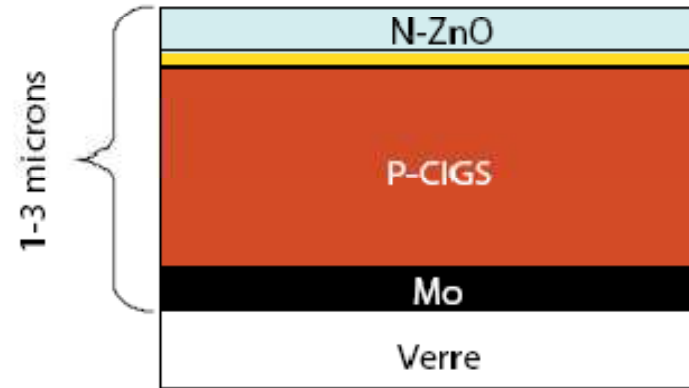
### Cristalline silicon (cSi)



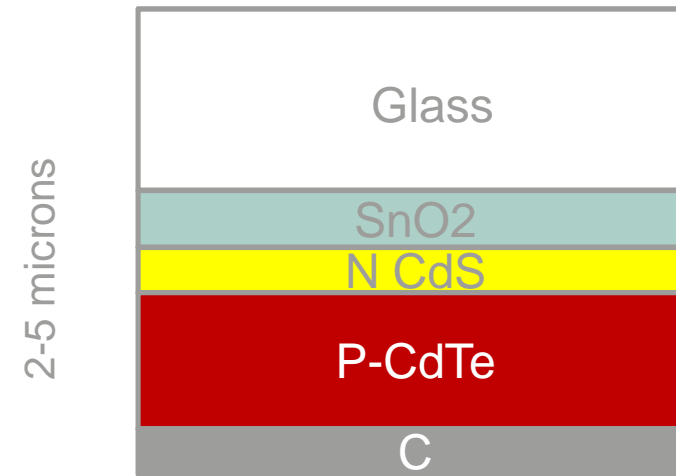
### Amorphous silicon (aSi)



### Copper Indium gallium diselenide (CIGS)



### Cadmium telluride (CdTe)

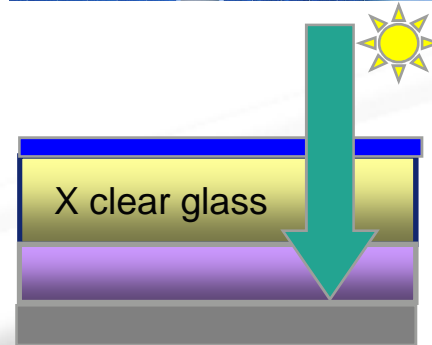


# Solaire photovoltaïque

## Le verre est utilisé comme substrat/protection

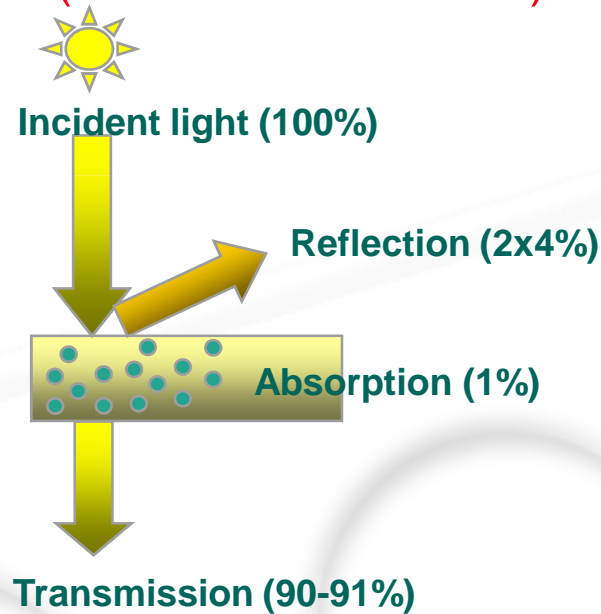
- La lumière traverse le verre avant d'arriver à la cellule

➤ Faible absorption (Haute transmission)

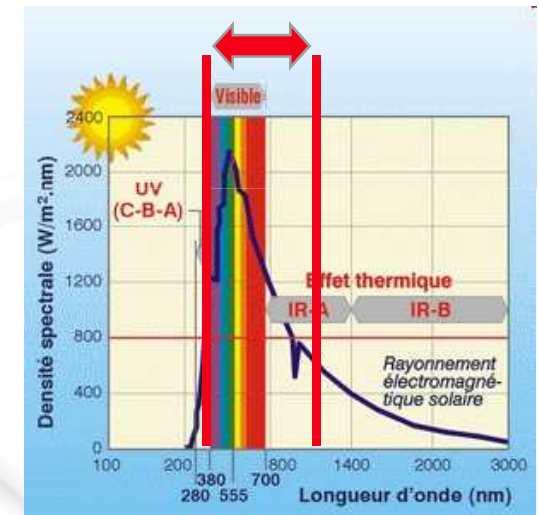


Low reflection surface

Coatings  
Si or SC material



**TE = Sun spectrum x Glass Transmission**  
**+1% PV courant → 1-1.4 €/m<sup>2</sup>**



Zone utile: 400 à 1100 nm



# Solaire thermique

**CS Parabolique**  
 $\eta \approx 10-15\%$



**Disque Stirling**  
 $\eta \approx 16-18\%$



**Tour de puissance**  
 $\eta \approx 8-10\%$

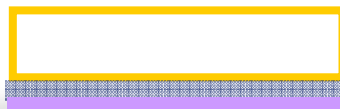


**Tour de Fresnel**  
 $\eta \approx 9-11\%$



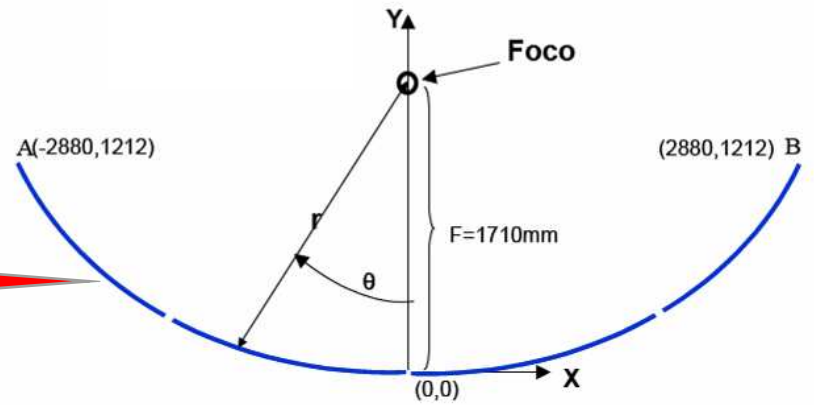
**Miroir bombé**

**Miroir plat**



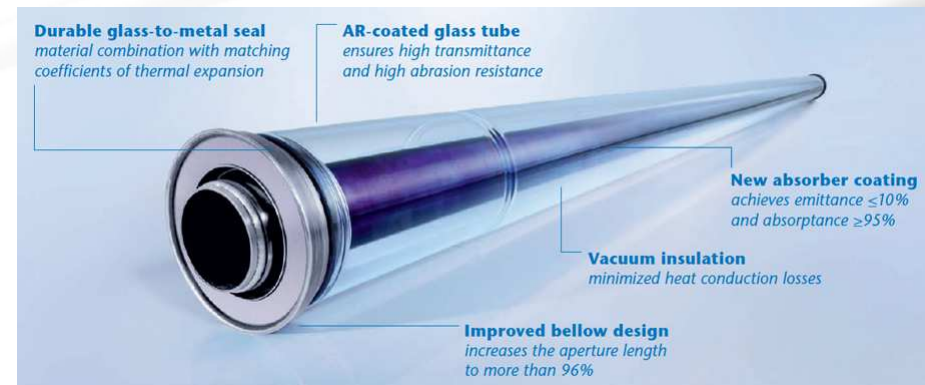
Verre extra-clair  
Ag  
Couche protectrice

# CS Parabolique



Placés en régions extrêmes: déserts, côtes

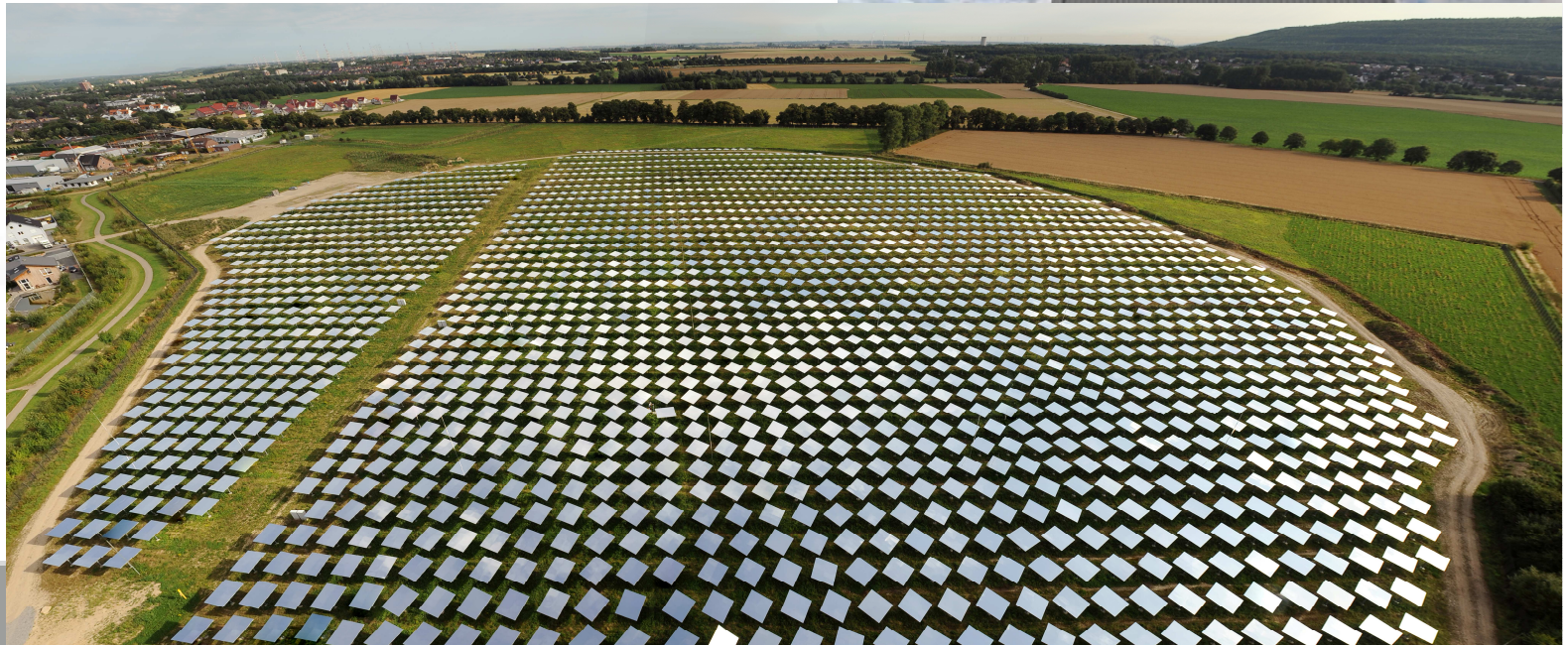
- Faible ondulation
- Haute réflectivité
- Haute durabilité



# Tour de puissance (Champ de Jülich, Allemagne)

2153 héliostats (18000 m<sup>2</sup>)  
Hauteur de la tour: 60 m

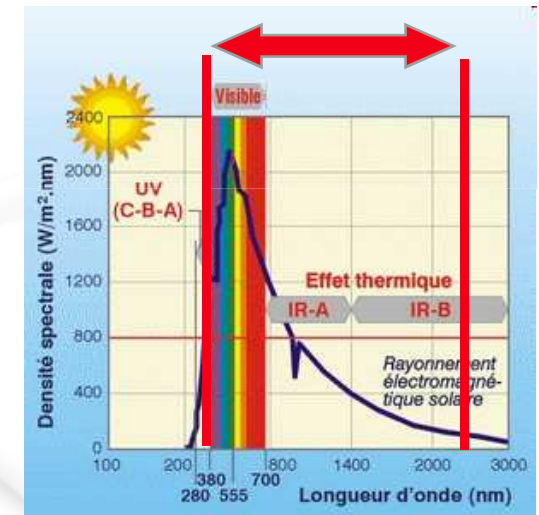
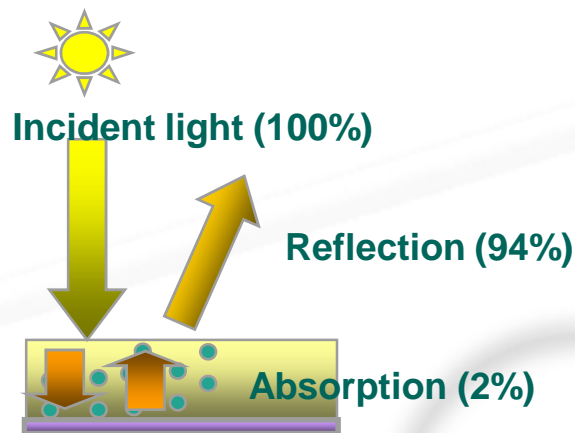
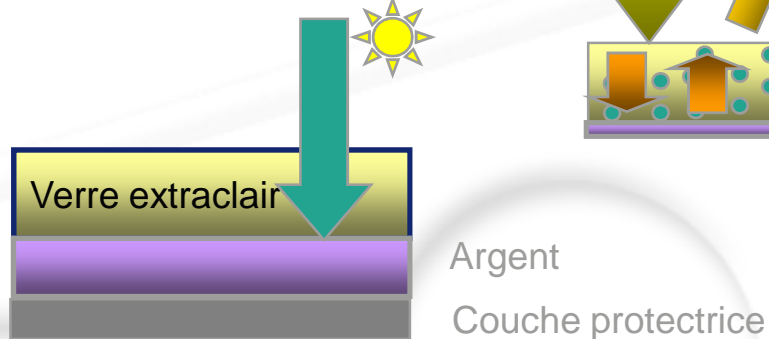
Récepteur de 22 m<sup>2</sup>  
Température  $\approx$  800°C  
1.5 Mégawatts



# Solaire thermique

## Le verre est utilisé comme miroir

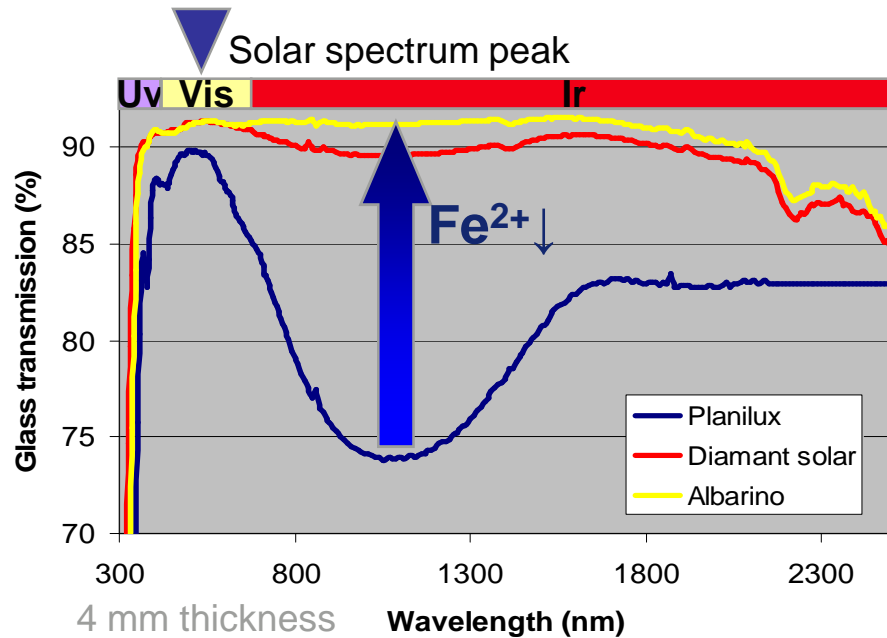
- La lumière traverse le verre deux fois
  - ▶ Faible absorption (Haute transmission)



Zone utile: 400 à 2500 nm

# Pourquoi le verre absorbe?...

Les matières premières ont une pollution en fer...



Fer ferrique ( $Fe^{2+}$ ) diminue fortement la transmission

$$R(Re\ dox) = \frac{Fe^{2+}}{Fe_2O_{3T}}$$

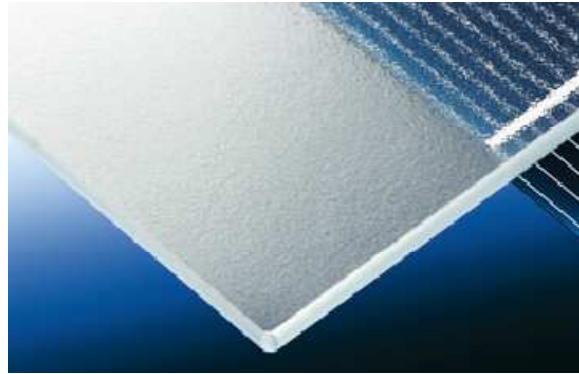
- Pureté est chère
- Ressource limitée

	Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub>	Prix MP
Planilux	700 ppm	45 €/ton
Diamant Solar	100 ppm	75 €/ton

Prix 2010, Allemagne

Planilux: verre fenêtre

# Verres utilisés dans le marché solaire



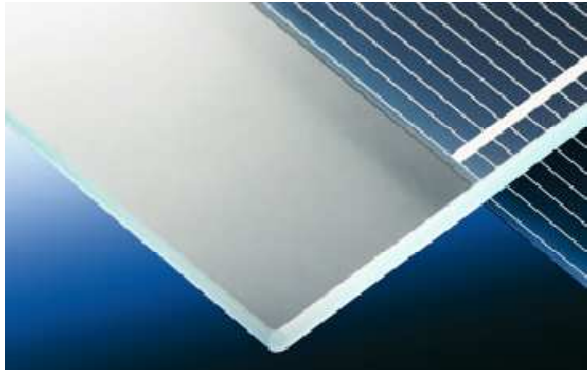
**Albarino**  
**Laminé**  
TE: 91.4%  
R: 0.1

Tirée: 200 t/j  
Qualité: 500 b/l

**Antimoine**  
**comme oxydant**



Verre laminé

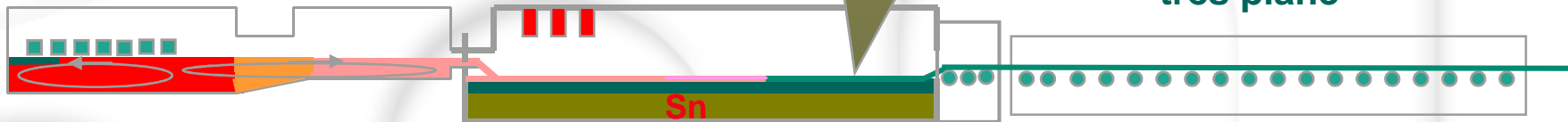


**Diamant Solar**  
**Flotté**  
TE: 90.8%  
R: 0.2

Tirée: 750 t/j  
Qualité: 0.5 b/l

**Antimoine pas compatible**  
**avec l'étain du bain float**  
(TE↓)

Procédé float  
assure une surface  
très plane

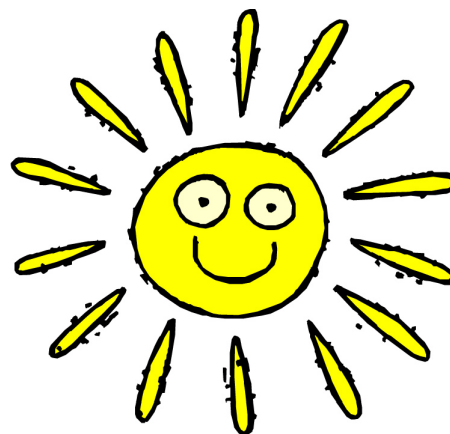


Procédé float standard

# Le marché de l'énergie solaire



**Photovoltaïque (PV)**  
Croissance 2010 ~ **50%**



**Thermique (ST)**  
Croissance 2010 ~ **20%**



**Concentrateurs (CS)**  
Croissance ~ **25%**

Source EPIA 2011  
Journal des énergies renouvelables

# EHS

## ● Proposition d'ajout du $\text{Sb}_2\text{O}_3$ comme candidat sur la liste européenne de substances CMR

### Antimony and Antimony Compounds

Standard Article

Sabina C. Grund<sup>1</sup>, Kunibert Hanusch<sup>2</sup>, Hans J. Breunig<sup>3</sup>, Hans Uwe Wolf<sup>4</sup>

<sup>1</sup>SMC-Metallurgical Consultant, Dorsten, Germany

<sup>2</sup>Hüttenwerke Kayser AG, Lünen, Germany

<sup>3</sup>Universität Bremen, Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Bremen, Germany

<sup>4</sup>Universität Ulm, Fakultät für Theoretische Medizin, Ulm, Germany

The oxides of arsenic, antimony, and bismuth are comparable in their toxicity, but their volatilities differ widely. Antimony trioxide has carcinogenic potential suspected for humans

- 85% des verres laminés PV contiennent cet oxyde
- Contraintes sur la manipulation des matières premières (gérable)
  - **Besoin d'innover!**



# Périssabilité du sable

## Capacité limitée des carrières de sable ultra-pure

Previsions	10 <sup>6</sup> tonnes sable	Surface verre (km <sup>2</sup> )
2010	0.9	116
2030	5.3	701

Ile de Jersey (UK)  
Singapour

Réserves estimées à 20-50 ans



# Recyclage



**Pbs de recyclage**

**-Métaux toxiques**

**(Cd, Pb, Hg, etc)**

**300 tonnes Cd dans les  
déchets PV aux USA**

**-Revalorisation du verre: Sb**

**USA**

**-On broie le verre et on le vend  
pour faire de macadam**

**-Il existe des initiatives  
obligeant le fabricant à  
reprendre les panneaux en fin  
de vie**



# Conclusions

## **Marché solaire**

- **Belle opportunité pour l'innovation**
  - Développement de nouveaux verres, procédés, fonctionnalités
  - Forte croissance malgré la crise
  - Grande interactivité avec plusieurs équipes R&D
- **Grande pression sociale (sustentabilité)**