



Publiée par CYTHELIA sarl,
La Maison ZEN, Chef Lieu, F-73 000 Montagnole
Tel+ 33(0)4 79 25 31 75 Fax+ 33(0)4 79 25 33 09
Editeur: Alain Ricaud, ar@cythelia.fr, Rédaction : Mamadou Kane

Sommaire

- **Editorial**..... 2
 - Quand le CIS tirera-t-il son épingle du jeu ? 2
- **Tendances mondiales**..... 3
 - Déficit de régulation3
 - Les ENR vont bon train4
 - Desertec encore sujet à débat4
 - Baisse durable des coûts c-Si ?4
- **Programmes nationaux** 6
 - Etats-Unis**6
 - Boom du film mince CIGS..... 6
 - Espagne**.....6
 - Renforcement du cadre réglementaire du PV 6
 - France**6
 - Fossiles plus subventionnées que les ENR..... 6
- **Nouveaux Programmes**..... 7
 - Chine**.....7
 - 1 GW de projets solaires au Nord..... 7
 - Bus solaires 7
- **Programmes PED**..... 7
 - Tunisie** 7
 - Projet solaire tuniso-japonais 7
- **Technologies**..... 7
 - Film mince : bataille du rendement** 7
 - Bonne santé du leader du film mince..... 7
 - Analyse du potentiel du CIGS..... 8
 - Le combat du CIGS 9
 - Nanofilm mince à haut rendement.....11
 - Film autocollant à haut rendement.....11
- **Compagnies** 11
 - Solandre11
 - MiaSolé.....12
- **Evénements**..... 12
 - Guide du feed-in tarif par NREL12

Publiée par CYTHELIA sarl,
La Maison ZEN, Chef Lieu, F-73 000 Montagnole
Tel+ 33(0)4 79 25 31 75 Fax+ 33(0)4 79 25 33 09
Editeur: Alain Ricaud, ar@cythelia.fr, Rédaction : Mamadou Kane

● Editorial

Quand le CIS tirera-t-il son épingle du jeu ?

Avec des taux de croissance de 100% - deux fois plus élevés que la moyenne du marché photovoltaïque - les couches minces font enfin parler d'elles dans les milieux économiques et financiers. Cela fait quinze ans que nous leur prédisions un bel avenir, mais en général, les industriels ne suivent pas comme ça les prophètes... Pour y avoir contribué pendant quatre ans, nous avons toujours jugé que le silicium amorphe (a-Si:H), même en tandem a un futur limité à cause de son rendement PV insuffisant et sa dégradation sous lumière. Par contre, sa variante moderne le μ -Si, aussi déposée par PECVD, aurait pu avoir un avenir intéressant si l'on avait trouvé le moyen de faire croître le μ -Si à des vitesses supérieures à 10 °A/s, avec des rendements PV supérieurs à 10% - en tous cas c'est le choix de sociétés comme Sharp, Kaneka et Mitsubishi HI qui s'acharment sur le sujet depuis plus de quinze ans. Mais malgré le regain d'intérêt pour le a-Si:H et sa promesse de tandem (a-Si:H/ μ -Si) propagée par le battage médiatique démesuré d'Applied Materials, ce dernier - piégé par ses disputes sur les brevets avec Oerlikon, ajoutés à la désillusion des faibles rendements et de graves revers commerciaux - a décidé d'abandonner la filière... au même moment où en France, la récente start-up Solsia battait de l'aile...

Avec First Solar, la filière CdTe a démontré son formidable potentiel industriel grâce aux vitesses de dépôt très élevées, et aux coûts de production les plus faibles pour des rendements PV suffisants (12%). Mais il y a quelques petits problèmes : d'abord le verre avant des modules n'est pas trempé puisque la température de dépôt du CdTe par la technique CSVT le détrempe : donc la résistance de ces modules à la grêle est limitée à la valeur de la norme CEI, rien de plus; ensuite le matériau CdTe, bien qu'inoffensif, ne passera pas la barrière politico-environnementale dans certains pays et aura sûrement des difficultés en Europe (programme REACH); enfin le Te est un des éléments les plus rares de la planète. D'où les déclarations récentes du CEO Mike Ahearn marquant publiquement son intérêt pour la filière CIS. Pourtant, la filière CdTe ressort comme le choix économique naturel pour un industriel du verre et c'est la chance de First Solar d'avoir su marier les connaissances des

chercheurs du NREL, et le savoir faire industriel des verriers de l'Ohio. C'est aussi sa chance d'être advenu sur le marché au pire moment de la crise du silicium qui a sévèrement ralenti pendant quatre ans la baisse des coûts des modules au silicium cristallin.

La filière chalcogénure ternaire (CIS) et quaternaire (CuInGaSe_2) et ses nombreuses variantes n'a pas eu la croissance explosive du CdTe. Pourtant, elle reste encore la plus pertinente pour se lancer aujourd'hui dans les couches minces car elle combine le meilleur compromis de haut rendement, de bonne stabilité et de faible coût potentiel sans offenser l'environnement. Contrairement aux matériaux III-V utilisés dans les « cellules de course » tels que GaAs ou InSb qui doivent être synthétisés dans des conditions d'extrême pureté, les matériaux de type II-VI comme CdTe ou I-III-VI comme CIS sont beaucoup plus tolérants aux impuretés, et donc peuvent être produits dans des conditions « banalisées ». Le CIS est malheureusement un matériau peu connu des physiciens du solide pour la plupart formés à l'école du Silicium. Il y a en effet un déficit de connaissances fondamentales et la mise en œuvre des quatre éléments reste très compliquée quelle que soit la technologie de dépôt retenue. La communauté ne rassemble que quelques centaines de personnes dans le monde, mais comme disent les chercheurs qui ont choisi cette voie: "Mère Nature est avec nous...", le matériau est en effet plein de défauts mais ceux-ci ne sont pas actifs ou du moins ils sont "tamponnés". Il y a en effet une auto compensation des centres tueurs, les écarts de composition ne se traduisent pas nécessairement par des écarts dans le "gap", il y a un effet de photo dopage de l'absorbeur, un champ face arrière se forme naturellement à la surface du Molybdène lorsqu'on dépose le CIS, toutes propriétés autant heureuses qu'inattendues pour l'ingénieur process. Certes, les réserves d'Indium sont presque aussi limitées que celle du Tellurium, mais des alternatives existent avec le Zinc et l'Etain (programme NovACEZ récemment accepté par l'ANR). Le rendement théorique est du même ordre que celui du Silicium ~ 25 %, l'absorption du spectre solaire est plus large, le coefficient de température plus faible et les rendements records sont de bonne augure: 20% pour des cellules solaires de 0.5cm² (NREL, USA), 16.6% pour un mini-module 16cm² (ASC Uppsala, Suède) et 15.1% sur 30x30cm (Avancis, Allemagne).

Encore au stade d'unités de production de taille moyenne (< 50 MWc), la production de masse est démontrée (11%), et le CIS s'affirme avec l'arrivée de

très nombreux acteurs, tout particulièrement en Europe, issus de l'Université de Stuttgart, du HMI de Berlin, de l'Angström Solar Center d'Uppsala, ...

Une quarantaine de sociétés se sont lancées, dont 15 proposent quelque 150 modèles de produits commerciaux parmi les 8 000 types de modules disponibles en général. Environ 190 MWc ont été vendus en 2009 contre 76 en 2008 et les files d'attente s'accroissent en 2010 compte tenu du succès croissant de ce type de produits.

Parmi les différentes méthodes de dépôt, la préférence des acteurs industriels principaux va à la pulvérisation cathodique (Sulfurcell, Johanna Solar, Avancis, MiaSolé, Solar Frontier, Stion, Applied Quantum Technology), la co-évaporation – plus difficile à mettre en œuvre – donne des rendements supérieurs d'un point (Solibro et Würth Solar vendent des modules approchant les 12%). D'autres s'essaient à des techniques de dépôt électrochimique (Solopower, Nexcis) et d'autres enfin, pour des raisons de coûts asymptotiques nécessaires pour atteindre la parité réseau, expérimentent la voie nouvelle des techniques d'impression à base de nanoparticules (Nanosolar, Screen Solar).

Nul ne pouvait prédire hier qui seraient les leaders de demain, mais voilà que le japonais Solar Frontier annonce être sur le point d'installer les machines de production à Miyazaki d'une usine de capacité 900 MWc avec l'ambition de produire 600 MWc dès l'année 2011 !

Cependant, quand on connaît un peu l'histoire, on est en droit de mettre en doute la probabilité qu'un tel projet aboutisse dans les temps: DayStar Technologies, Scheuten Solar, HelioVolt, Miasole, et Nanosolar se sont tour à tour arrêtés en chemin ou ont reporté leurs plans de production de masse aux calendes grecques, au grand dam des investisseurs qui leur faisaient confiance.

Il faut aussi se souvenir que Kim Mitchell de Siemens Solar (ex Arco-Solar) montrait son premier module commercial au CIS à la conférence de Florence en 1988 ! Le même avouait en privé les difficultés majeures de cette technologie: comment contrôler les dépôts simultanés ou successifs des éléments tant en ce qui concerne l'uniformité sur de grandes surface que la reproductibilité d'un jour à l'autre. Ajouté au challenge de la production à très bas coût, l'équation se complique, et peu s'en sont sortis sans y laisser des plumes (la technique de Saint Gobain-Avancis remonte à 1985 et celle de Würth Solar à 1995). Fondée en 1994, filiale de la riche Showa Shell Sekyiu, Solar Frontier a pu garder la même équipe et a avancé prudemment en R&D puis en pilotes industriels de capacités croissantes jusqu'à l'annonce d'aujourd'hui. On lui souhaite bien sûr d'ouvrir la nouvelle frontière du CIS en 2011 comme l'a fait First Solar pour le CdTe en 2005 et de faire passer la proportion des couches minces de 17 à 25%.

Pour notre part et plus modestement, en France, avec Screen Solar nous envisageons pour 2013 une ligne pilote de 1 MW pour des module sérigraphiés de 30 x 30 cm² avec des rendements PV > 12% et en 2015 le démarrage de la production dans une usine de capacité 50 MW sur des modules de 60 x 120 cm² avec des coûts de production < 0,40 €/Wc.

AR

Dernière minute : le rendement record des cellules CIGS a traversé l'Atlantique en 2010 et est maintenant détenu par les chercheurs du ZSW de Stuttgart avec une cellule à 20.3 % sur 0.5 cm² (communiqué de presse du 23 août 2010).

● Tendances mondiales

Déficit de régulation

Pour de nombreux observateurs, une des principales raisons du retard énergétique de l'Afrique résulte d'un déficit de régulation de secteurs comme celui des ENR. Ce problème semble maintenant bien partagé par les pays développés eux-mêmes. La thèse des énergies vertes fut, on s'en souvient, un des principaux thèmes de la campagne présidentielle américaine, en raison de son importance dans le programme du président **Barak Obama**. Toutefois, les Etats-Unis doivent encore traduire cela en une politique énergétique viable, la proposition d'**Obama** étant encore soumise à débat au Congrès. La candidate gouverneure de Floride, **Alex Sin**, met la pression pour que le programme énergétique de l'Etat soit centré sur les innovations en faveur du consommateur final comme les centrales solaires en toiture. Elle souhaite que l'Etat devienne la Mecque des compagnies innovantes qui créent des emplois locaux. Cependant, le motif de la candidate – bien que partiellement inspiré par la fuite de pétrole de BP dans le Golfe du Mexique – n'a rien de nouveau par rapport aux discours des politiques précédents. Le Gouverneur **Charlie Crist**, entre autres, a échoué à réaliser ses propositions sur l'énergie propre durant la législature républicaine, idéologiquement méfiante. Mais elle annonce qu'elle va proposer une ordonnance énergie propre qui oblige les compagnies à mixer leur production conventionnelle avec une part d'ENR sans en fixer le volume. Elle envisage également d'étendre le programme de subventions, de promouvoir la technologie des réseaux intelligents et de lancer un programme solaire ambitieux en direction des résidences et des commerces. Un autre candidat gouverneur, **Lawton Buda Chiles** a présenté un plan Energie dans lequel il oblige, d'ici 2020, les compagnies locales à produire 20% de leur électricité par source renouvelable. Actuellement plus de la moitié des Etats ont introduit le système du portefeuille standard minimal d'ENR (RPS renewable portfolio standard).