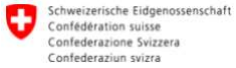


Le projet P+D SIRIUS : développement de la technologie Tunnel IBC au stade pré-industriel

21^{ème} Congrès photovoltaïque – 21 mars 2023

Damien Lachenal, Head of Research & Development, Meyer Burger Research





Agenda

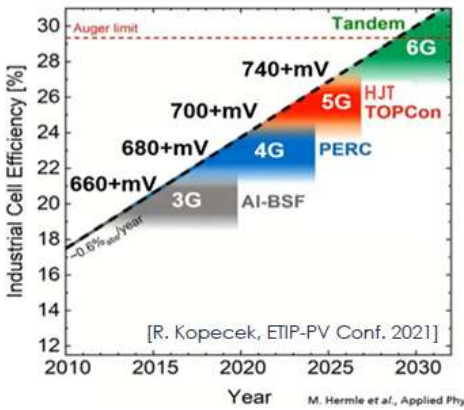
- 1 Les technologies du futur
- 2 Le projet P+D **SIRIUS**
- 3 ...et quelques résultats
- 4 Conclusion

The SIRIUS project is supported by the pilot and demonstration programme of the Swiss Federal Office of Energy SFOE



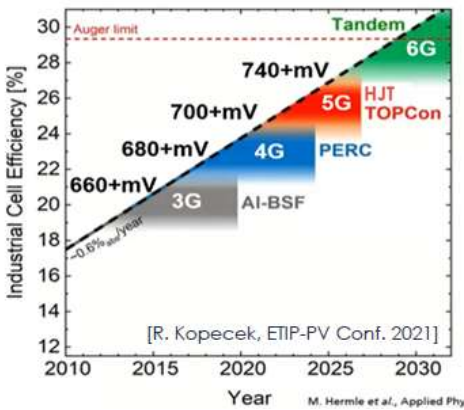
2

Les technologies du futur

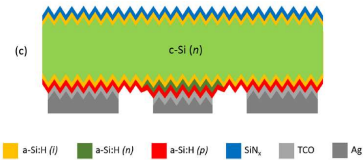


- Comment faire mieux que la technologie à hétérojonction (HJT) ?
- HJT
 - → simple (7 étapes) & performant (~24.5-25%)
 - Electrodes et absorption en face avant qui limite son potentiel
- Réponse: technologie à contact passivants et arrières:
 - IBC-HJT (et Topcon IBC) sont les ultimes technologies à une jonction avant la Tandem (6G) mais elles souffrent d'un procédé de fabrication complexe.

Les technologies du futur



- La technologie Tunnel-IBC combine les avantages de l'hétérojonction HJT et ceux des cellules à contact arrière (IBC):
 - Développée à l'EPFL & CSEM
 - Performances démontrées > 25%, potentiel industriel 26%
 - Modules plus esthétiques (full black)
 - 10 étapes de fabrication seulement



(A.Tomasi et al, Nature energy 2017)

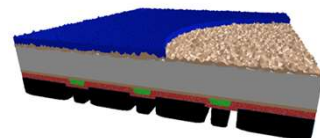
 csem Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

```

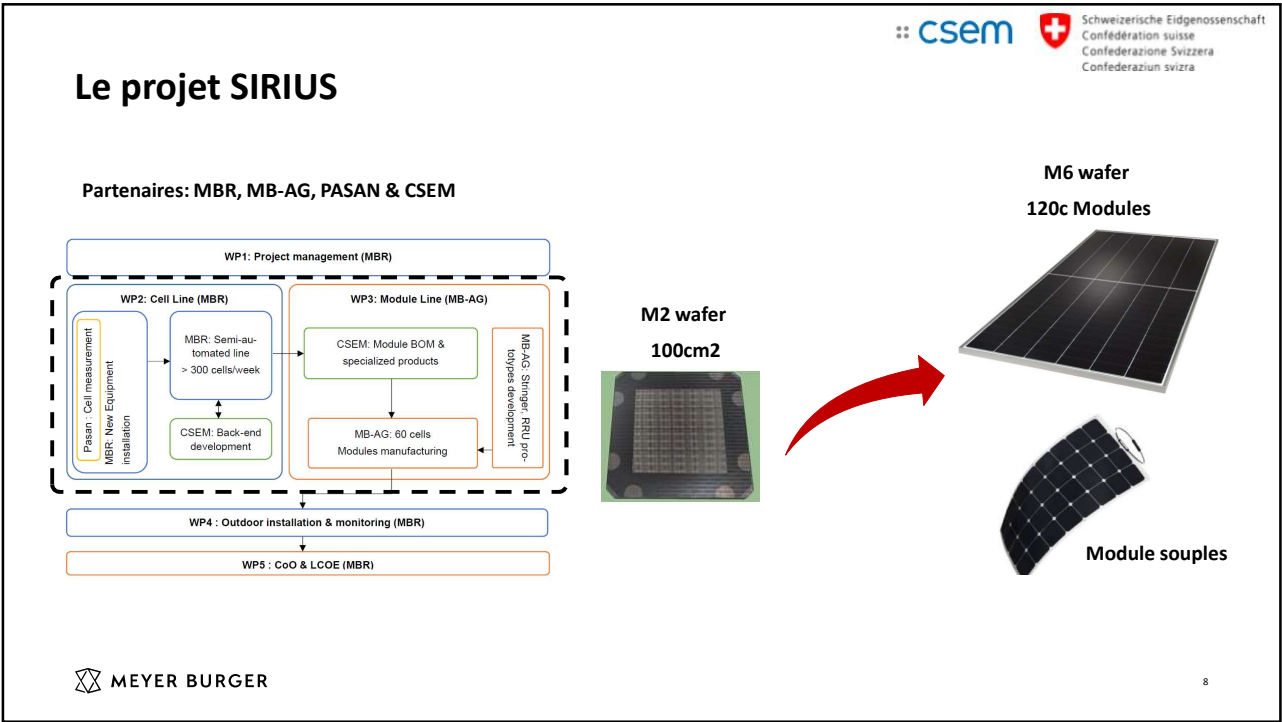
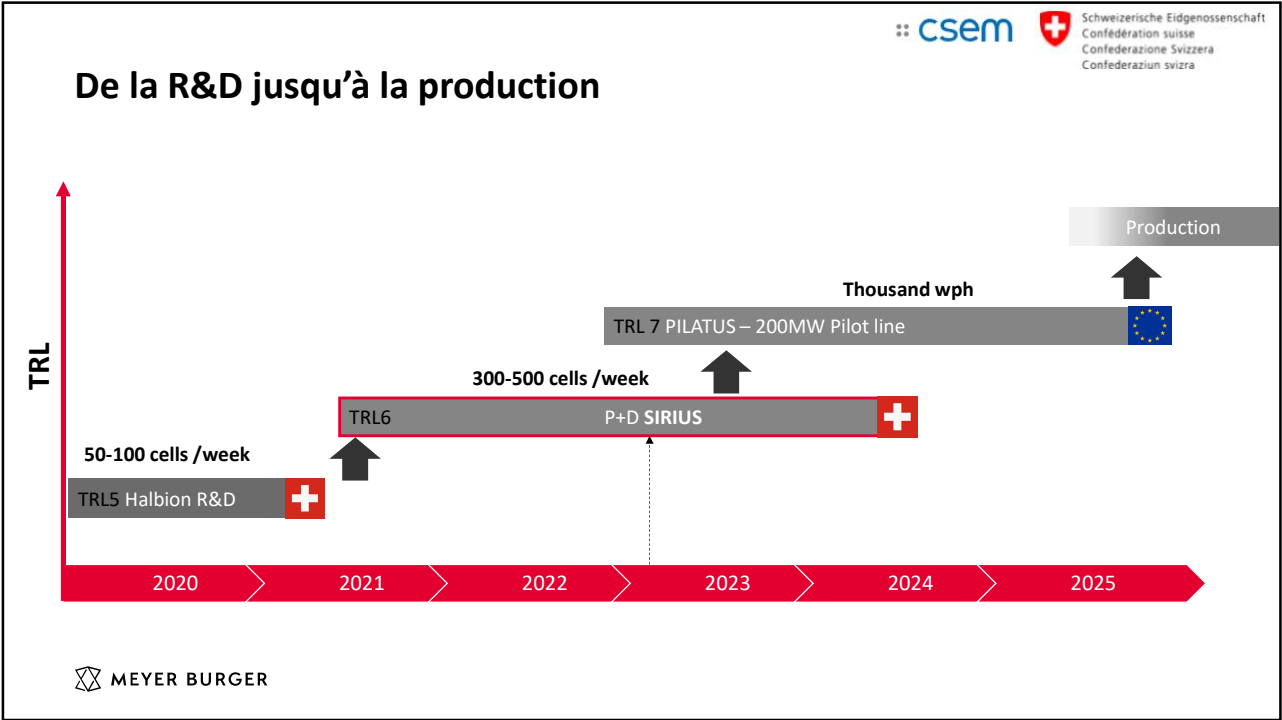
graph TD
    A[WET Texturing] --> B[a-Si:H(i) front and rear]
    B --> C[Tunnel junction]
    C --> D[New electrode design]
    D --> E[SiN front]
    E --> F[IV-measurement]
  
```

S

 csem Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



6

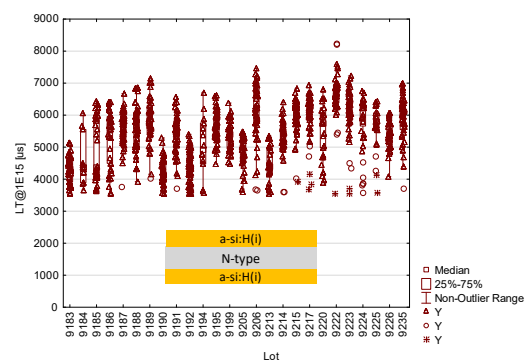


 csem Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



9

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



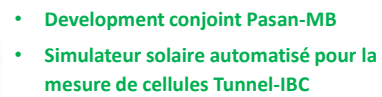
Photoluminescence

- Absence de marques sur les wafers
- Excellentes performance de passivation ($\sim 2 \times$ HJT), $iVoc > 750mV$.

 MEYER BURGER

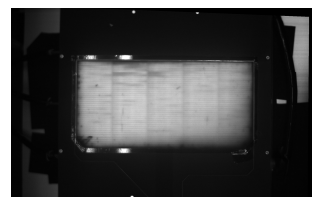
10

 csem Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



11

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

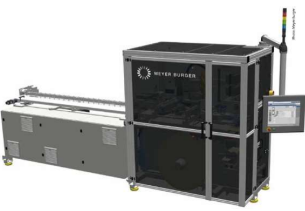


12

Cellules IBC

↓

Module SWCT IBC





Ligne pilote : intégration de nouvelles machines

Nouvelle generation SWCT™:

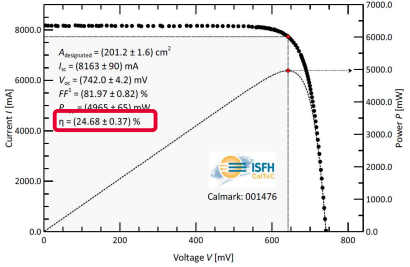
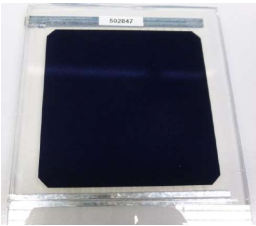
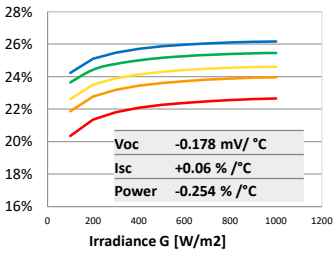
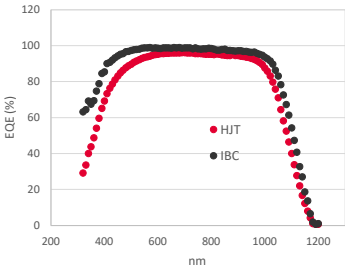
- 2 nouvelles plateformes d'interconnection pour la fabrication de modules IBC (stringer et R2R units)
- Réduction des coûts d'interconnection ~ 20%

 MEYER BURGER

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

13

- Amélioration des performances sur tout le spectre y compris à faible irradiance.
- Excellent comportement en temperature.
- → meilleurs Kwh/Kwp attendus.
- Mini-module certifié à 24.7% en utilisant la technologie SWCT™



SIRIUS: Quelques résultats

Efficiency (G) [%]

Voc	-0.178 mV/ °C
Isc	+0.06 % /°C
Power	-0.254 % /°C

Calmark: 001476

ISFH

Calmark: 001476

 MEYER BURGER

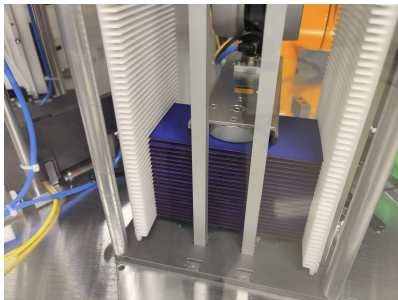
 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

14

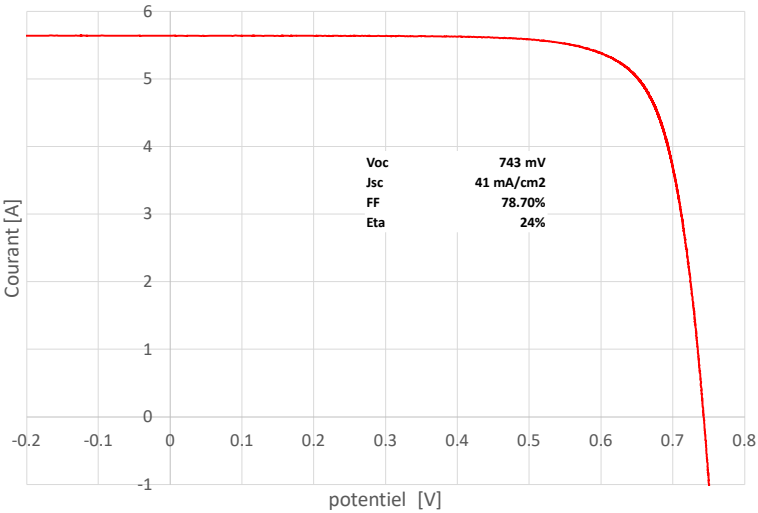
SIRIUS: Quelques résultats

Cellule HM6

- Performance de 24%
- V_{oc} & J_{sc} en ligne.
- Fill Factor nécessite encore des optimization process.



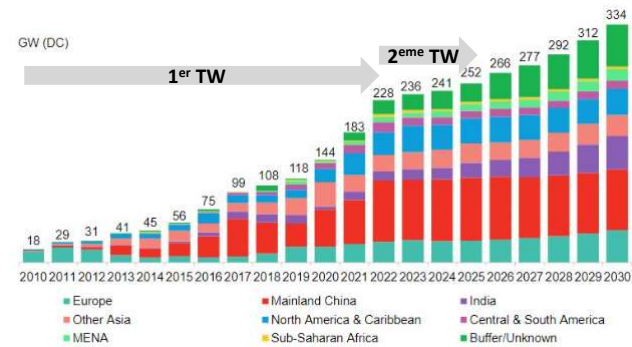
MEYER BURGER



15

SIRIUS: technologie durable

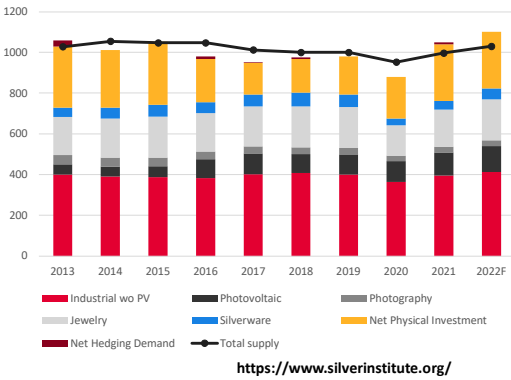
Figure 1: Global PV installation estimate and forecast, as of January 2022



Source: BloombergNEF

csem Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra

Silver Supply/Demand (Million ounces)



En 2022, Le PV représente déjà 23% de la demande industrielle et 11% de la demande mondiale de minerai d'argent
→ Nécessité de développer une technologie d'électrodes à faible coût.

MEYER BURGER

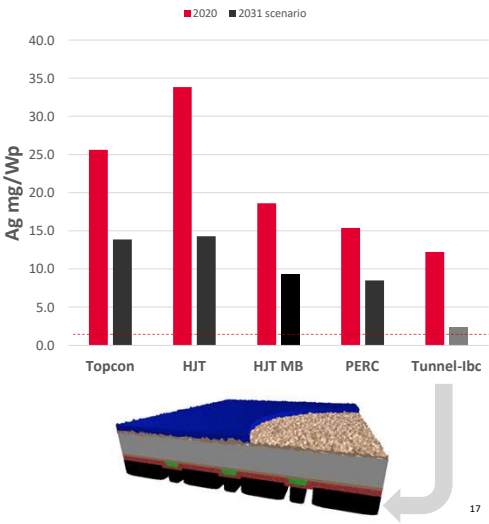
16

SIRIUS: technologie durable

La réduction de consommation d'argent est le plus gros challenge pour la production de panneaux solaires à l'échelle des prochains Tera Watts. Les technologies doivent atteindre **2mg/Wp¹** pour devenir durables sur le long terme.

- Parmi les technologies existantes, la Tunnel-IBC – sans Indium – est déjà en avance (11.6mg/Wp)
- Les nouvelles pates de métallisation Ag/Cu ouvrent la voie des < 3mg/Wp sans perte d'efficacité pour la technologie tunnel IBC (**5.4mg/Wp** démontrés).
- La technologie Tunnel IBC remplit toutes les conditions pour une production de masse à coûts compétitifs.

1. [Zhang & al., RSC, 2021], M6 wafer, 2020 & 2031 prediction

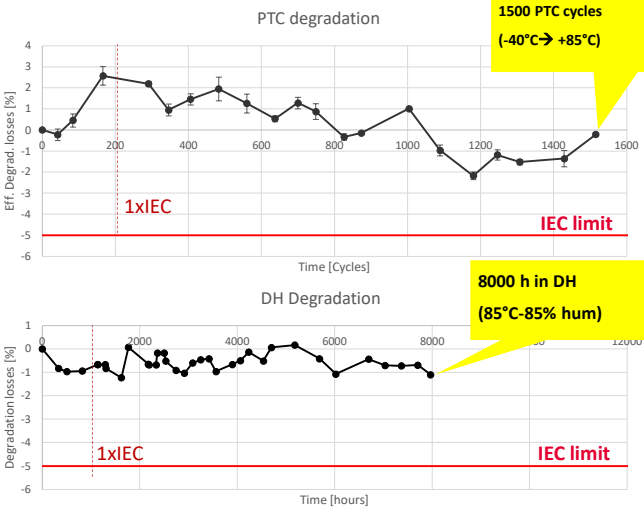
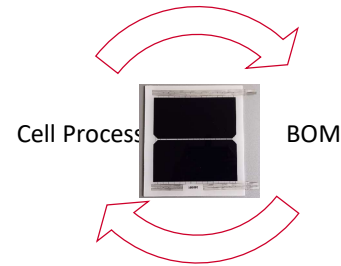


MEYER BURGER

Fiabilité de la technologie Tunnel IBC

Durée de vie étendue au delà de 30ans:

- Excellentes performances PTC (7xIEC) et DH (8xIEC)
- 460 mini modules fabriqués



MEYER BURGER

 csem Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

- Encapsulants développés au CSEM
- Intégration SWCT
- 1.84Kg/m²
- Efficacité de 22.1% démontrée (aire effective)



IV-curve
IU Kennlinie



21

 MEYER BURGER

Conclusions

Résultats après 18mois:

- Développement et installation de 6 nouvelles machines dédiées à la technologie tunnel IBC.
- Excellente fiabilité démontrée en mini-modules
- Réduction significative des coûts de métallisation.
- Les performances obtenues ont déclenché le projet PILATUS.

Prochaines étapes:

- Fabrication des modules 120cHM6
- Test de fiabilité étendus en chambres climatiques
- Installation extérieure et suivi des performances.
- Transfert industriel sur ligne à haute capacité de production

