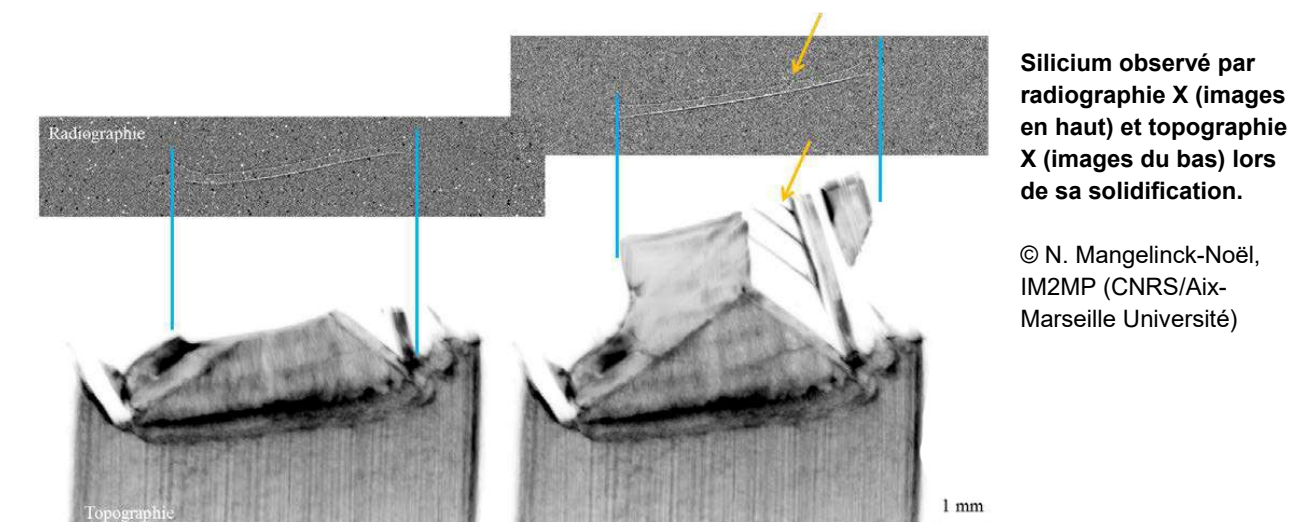


Une double caractérisation par rayons X de la dynamique de solidification du silicium

De nombreuses impuretés et défauts cristallins apparaissent pendant la fabrication des cellules photovoltaïques en silicium, qui affectent leurs performances. Des physiciennes et des physiciens ont développé un nouveau système qui utilise le rayonnement synchrotron et qui, à partir d'un même faisceau de rayons X, réalise simultanément la topographie et la radiographie du silicium, lors de sa cristallisation dans un four montant jusqu'à 1800 °C.

Parmi les réponses au réchauffement climatique, la piste de l'énergie photovoltaïque (PV) est particulièrement prisée. Le secteur doit néanmoins encore gagner en efficacité et diminuer ses coûts pour se développer davantage. Les cellules solaires à base de silicium (Si) cristallin qui représentent 90 % du marché s'obtiennent par cristallisation de charges de silicium fondues, puis resolidifiées. Des défauts cristallins apparaissent cependant lors de cette dernière étape et réduisent le rendement PV en perturbant la circulation libre des électrons. Afin de mieux comprendre les mécanismes de formation de ces défauts, des physiciennes et des physiciens de l'Institut des matériaux, de microélectronique et des nanosciences de Provence (IM2NP, CNRS/Aix-Marseille Université) et de l'installation européenne de rayonnement synchrotron à Grenoble (ESRF) ont mis au point une méthode originale qui combine, *in situ* et en temps réel, radiographie X et topographie X simultanément. Les images sont prises alors que le silicium se trouve dans un four, installé au synchrotron de Grenoble, spécialement adapté à l'étude de matériaux avec une température de fusion allant jusqu'à 1800 °C.

Avec cette méthode, le rayonnement X traverse l'échantillon pendant les phases de chauffe, de fusion, de solidification et de refroidissement. La radiographie X mesure les différences de densité de la matière entre le silicium solide et le silicium liquide. Les chercheurs obtiennent ainsi une image *in situ* et en temps réel de l'interface de solidification, en récupérant le faisceau direct de rayons X du synchrotron. Les rayons diffractés permettent quant à eux de réaliser la topographie X, sans interférences avec les autres mesures. Cette méthode révèle de son côté les désorientations et les déformations du réseau cristallin, à l'origine de défauts tels que les macles, les sous-joints ou encore les dislocations. On sait ainsi ce qui se forme à quelle étape de la fabrication des cellules photovoltaïques et à quelle température, plutôt que de le constater à la toute fin du processus. Ces travaux peuvent contribuer à la simulation et à l'amélioration des procédés industriels, et pourraient également s'appliquer à l'étude de la solidification d'autres matériaux conçus à haute température.



Silicium observé par radiographie X (images en haut) et topographie X (images du bas) lors de sa solidification.

© N. Mangelinck-Noël,
IM2MP (CNRS/Aix-
Marseille Université)

Bibliographie

Simultaneous X-ray radiography and diffraction topography imaging applied to silicon for defect analysis during melting and crystallization. Maïke Becker, Gabrielle Regula, Guillaume Reinhart, Elodie Boller, Jean-Paul Valade, Alexander Rack, Paul Tafforeau, Nathalie Mangelinck-Noël, *Journal of Applied Crystallography*, le 1^{er} décembre 2019.
DOI: [10.1107/S1600576719013050](https://doi.org/10.1107/S1600576719013050)
Article disponible sur la base d'archives ouvertes [HAL](https://hal.archives-ouvertes.fr/).

Contacts

Nathalie Mangelinck-Noël | Directrice de recherche au CNRS | IM2NP | nathalie.mangelinck@im2np.fr
Communication CNRS-INP | inp.com@cnrs.fr

