

électriquement plus performants. Transformer un électron de haute énergie en plusieurs électrons de basse énergie est un phénomène baptisé LEEM (*Low-Energy Electron Multiplication*).

Les membres du projet entendent démontrer qu'il peut se produire au cœur des cellules solaires : la multiplication des électrons sera rendue possible par une structuration du silicium, réalisée à l'échelle du nanomètre.

Une opération confiée à Samuel Queste, docteur en sciences des matériaux à l'Institut FEMTO-ST.

Responsable des techniques de gravure au plasma, le spécialiste met en œuvre les moyens de la plateforme MIMENTO pour parvenir à l'objectif fixé.

« Il s'agit de créer des masques dans lesquels l'aménagement de très fins espaces permet de former la couche voulue à la surface des cellules photovoltaïques. »

Les masques sont réalisés sur des *wafers* 6 pouces, des galettes de silicium d'environ 150 mm de diamètre. D'épaisseurs comprises entre 200 et 380 µm, ces *wafers* très fragiles sont

structurés de façon discontinue par des espaces de 10 µm, une dimension dix fois inférieure au diamètre d'un cheveu !

Le design de ces espaces peut être linéaire ou circulaire : des tests sont actuellement réalisés pour déterminer quelle géométrie est la plus favorable à la multiplication électronique.

## DÉPASSER LA LIMITE CONVENTIONNELLE

Grâce aux compétences de ses équipes et à ses installations technologiques, l'Institut FEMTO-ST est réputé produire les gravures les plus profondes qu'il soit possible de réaliser dans du silicium sur une plateforme technologique en France.

À d'aussi faibles dimensions, chaque gain de performance est un exploit. Pour ce projet, la proportion entre la largeur et la profondeur de la gravure a pu être améliorée : le facteur de forme est passé à 38, alors que la valeur de 30 atteinte jusqu'alors semblait une limite difficile à surmonter. Pour valider leur hypothèse, les membres du consortium ont

pour objectif d'augmenter de 1 % le rendement d'une cellule solaire grâce à la multiplication électronique. À plus long terme, cette approche pourrait ouvrir la voie à des cellules dépassant la limite conventionnelle de Shockley-Queisser.

« Et le projet est pensé de façon à ce que l'intégration de ces cellules silicium dans les futurs panneaux solaires ne nécessite que des adaptations limitées des procédés industriels existants, un point très stratégique pour l'industrie », explique Samuel Queste. Une vision encore plus pertinente lorsque l'on sait que Roltec, partenaire polonais du projet, est l'un des seuls producteurs de cellules photovoltaïques en Europe.

<sup>1</sup> LEEMONS (2024-2027) est un projet de 2,7 millions d'euros financé par l'Union européenne. Les partenaires sont le CEA-Leti, ISC Konstanz, le CSEM, l'UMLP, et les entreprises Roltec et SEGTON.

Contact :  
Institut FEMTO-ST/ MN2S  
UMLP/ SUPMICROTECH/ UTBM/ CNRS  
Samuel Queste  
Tel: +33 (0)3 81 66 66 47  
samuel.queste@femto-st.fr

## CHANGEMENT D'AFFECTATION

# BUNKERS MILITAIRES AUX MULTIPLES DESTINS

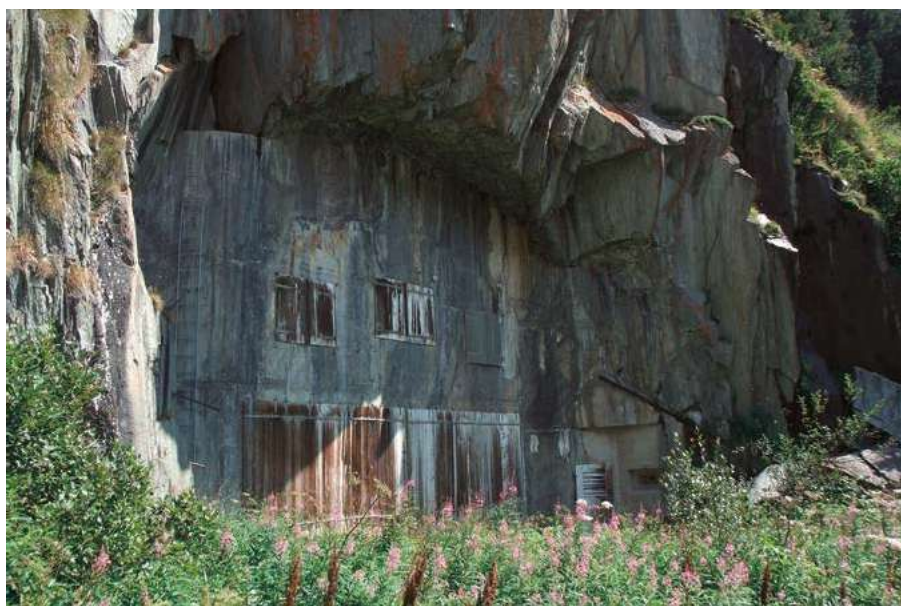
Bunkers déguisés en faux chalets, postes d'artillerie camouflés sous la végétation, kilomètres de galeries serpentant sous les montagnes et comprenant jusqu'à des usines d'armement et des hôpitaux souterrains, les fortifications militaires bâties pour les besoins de la défense et de la sécurité en Suisse, essentiellement au cours de la Seconde Guerre mondiale et de la guerre froide, représentent



un réseau d'une densité impressionnante. Aucun registre officiel n'en dresse un inventaire précis, mais une réforme majeure de l'armée suisse en 1995 permet d'approcher sa réalité : 13 000 ouvrages militaires ont dès lors fait l'objet d'un déclassement, dont 8 000 sont des bunkers souterrains, pour moitié vendus depuis cette époque à des acteurs publics ou privés. Le démantèlement d'une partie de la « forteresse alpine » pose la question de la réhabilitation de ces bunkers sous des formes nouvelles, et du devenir de la dimension symbolique qui a accompagné à la fois leur édification et la construction de l'identité suisse.

qu'il faut rendre accessibles à la population, d'autres voient leur vocation sécuritaire perpétuée

Le chercheur et son équipe envisagent de considérer la problématique sous ces



*Fort d'infanterie de Altkirch - Andermatt - Suisse. Vestiges d'un ancien bunker d'infanterie près de la caserne, en direction des gorges de Schöllenen. Photo Kecko, Flickr*

## DE CAVES À CHAMPIGNONS EN BOÎTES DE NUIT

Ces réflexions sont au cœur d'un projet piloté par Francisco Klauser, professeur de géographie politique à l'université de Neuchâtel, et qui vient d'obtenir un financement du Fonds national suisse (FNS) pour quatre ans. « La mise en œuvre du projet intervient alors que l'armée suisse a décidé de stopper la vente de ces ouvrages militaires, voire envisage de réarmer certains d'entre eux. Ces prises de position sont motivées par la menace que fait à nouveau émerger la guerre en Ukraine sur le sol européen », précise Francisco Klauser. La réaffectation des anciens bunkers prend des formes très disparates. Si certains sont conservés à titre historique ou patrimonial, considérés comme des « espaces de mémoire »

de nouvelles manières, par exemple à travers la création de *data centers* ou d'espaces de stockage pour des archives. D'autres encore, grâce au microclimat souterrain ambiant, sont reconvertis en caves à fromages ou à champignons, ou en refuges écologiques pour les chauves-souris. Le côté sombre des bunkers est également exploité pour créer des hôtels insolites, des *escape games* aux scénarios militaires ou des boîtes de nuit. Francisco Klauser pointe les limites posées à ces réhabilitations. Elles peuvent être de nature juridique, notamment parce que les bunkers ne sont en général pas situés dans des zones à bâtir, ou d'ordre fonctionnel, en raison des difficultés propres à la vie souterraine : « L'aération, la déshumidification, l'électrification de locaux à visée d'hébergement, par exemple, représentent de véritables défis et des coûts d'entretien importants. »

différents angles, comprenant la redéfinition concrète du rôle des bunkers militaires aujourd'hui, la signification symbolique et identitaire que ce changement représente pour la population actuelle, la question du secret aussi : « La forteresse alpine s'est construite en toute discrétion. Elle comporte plusieurs anneaux de sécurité, que des générations de réservistes de l'armée suisse ont participé à édifier », explique le professeur de géographie. « Mais si beaucoup en avaient l'expérience pratique, personne n'en a eu de vision globale. Ce projet pourra aussi contribuer à forger une image plus complète et plus solide de ce qu'était l'organisation de la défense militaire en Suisse dans la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle. »

Contact :  
Institut de géographie  
Université de Neuchâtel  
Francisco Klauser  
Tél. +41 (0)32 718 16 79  
[francisco.klauser@unine.ch](mailto:francisco.klauser@unine.ch)