



HAL
open science

Intégration de source ICL sur plateforme SiGe par micro transfer-printing

Yannis Billiet, Céline Chevalier, Xavier Letartre, Jean -Louis Leclercq, Christian Grillet, Eric Tournié, Maxime Lepage, Badhise Ben Bakir, Vincent Reboud, Laurent Cerutti, et al.

► To cite this version:

Yannis Billiet, Céline Chevalier, Xavier Letartre, Jean -Louis Leclercq, Christian Grillet, et al.. Intégration de source ICL sur plateforme SiGe par micro transfer-printing. Journées Nationales d'Optique Guidée, Jul 2024, Rouen, France. hal-04865317

HAL Id: hal-04865317

<https://hal.science/hal-04865317v1>

Submitted on 6 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

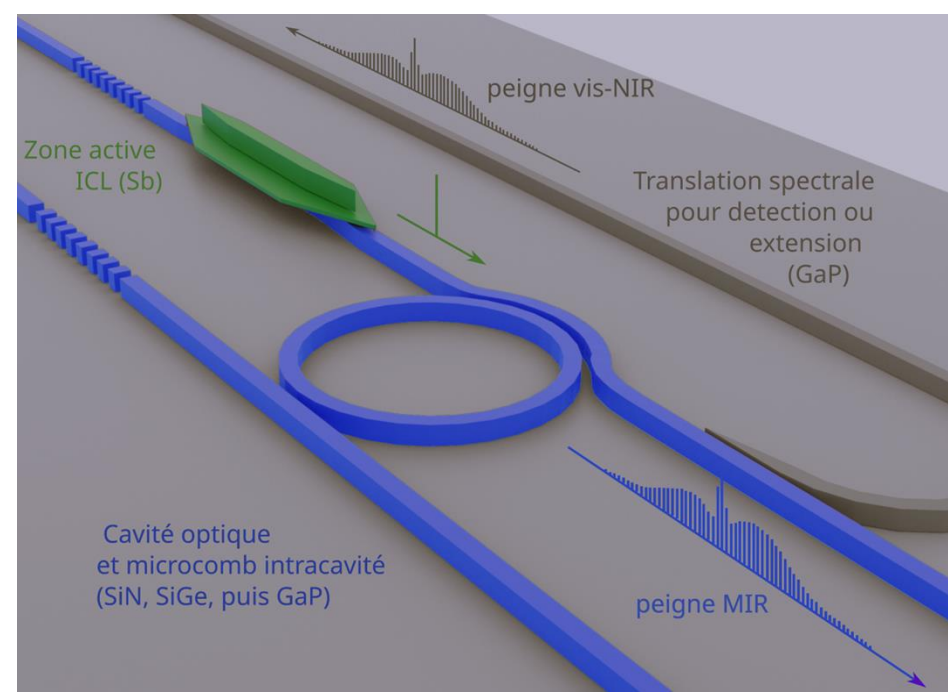
Intégration de source ICL sur plateforme SiGe par micro transfer-printing

Yannis Billiet ^{1,2}, Céline Chevalier ¹, Xavier Letartre ¹, Jean-Louis Leclercq ¹, Pierre Cremillieu ¹, Radoslaw Mazurczyk ¹, Christian Grillet ¹, Eric Tournié ², Maxime Lepage ³, Badhise Ben Bakir ³, Vincent Reboud ³, Laurent Cerutti ², Christian Seassal ¹

¹Institut des Nanotechnologies de Lyon, France, CNRS UMR 5270 ²Institut d'Electronique et des Systèmes, Montpellier, France, CNRS UMR 5214 ³CEA Leti, Grenoble, France

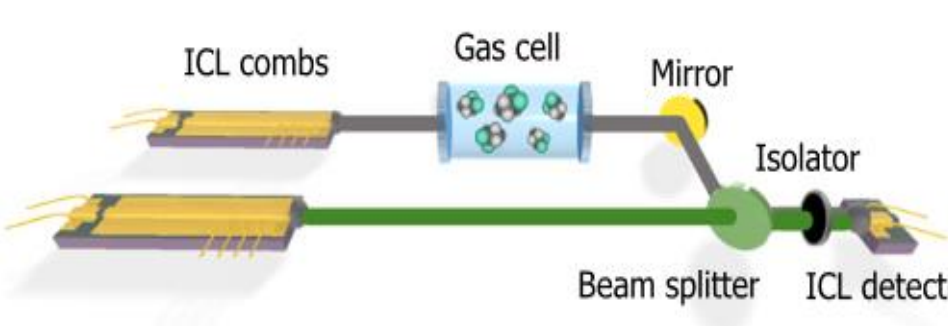
Nous présentons les résultats préliminaires pour l'intégration d'une source ICL émettant à 4 μm sur une plateforme SiGe par la méthode du micro transfer-printing. Des simulations du couplage du laser avec le guide SiGe accompagnent les premières avancées technologiques concernant l'intégration d'une structure émettrice en matériaux antimoniures au sein du circuit intégré SiGe.

Objectif: Peignes de fréquence MIR intégrés

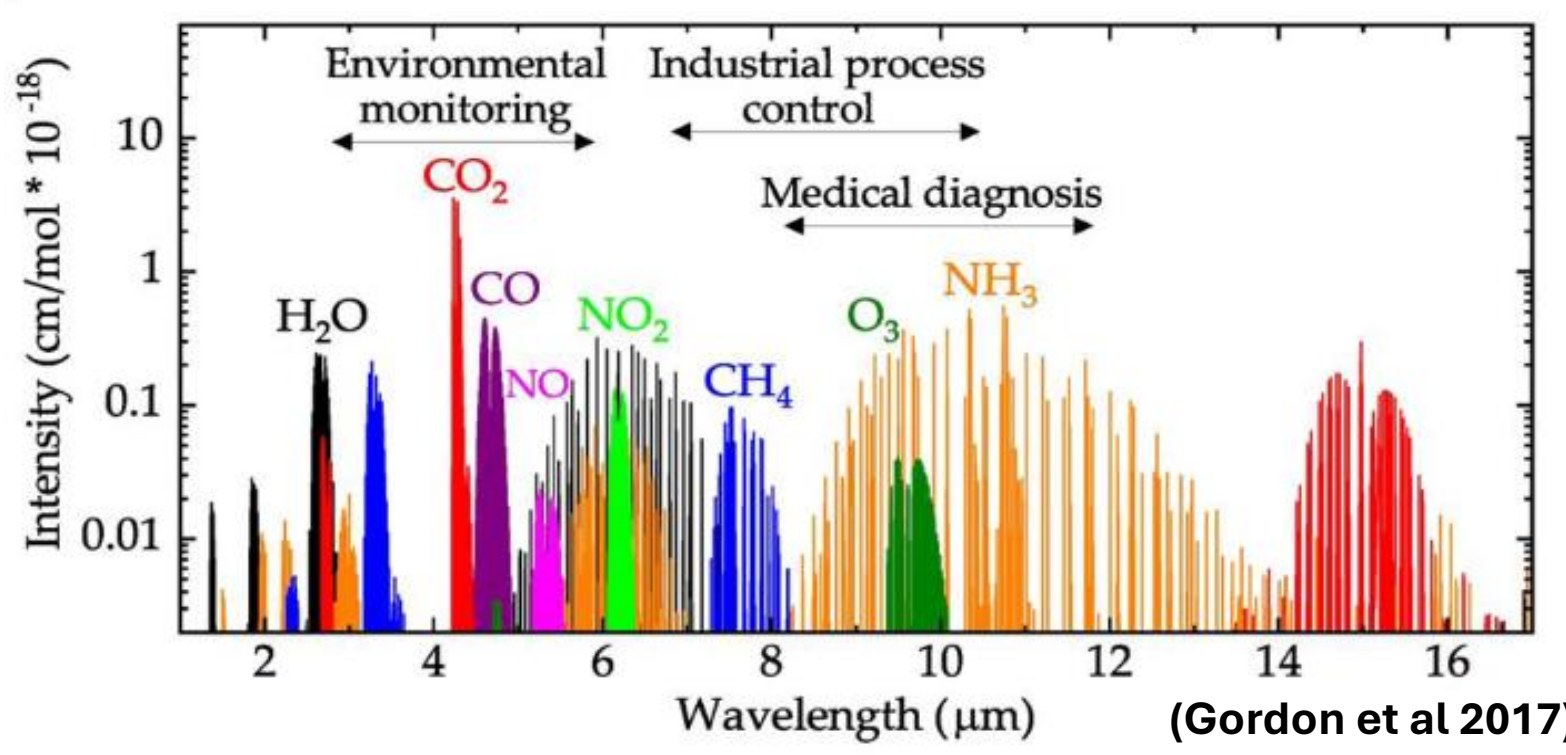


L'objectif du projet OFCOC est la génération sur puce de peignes de fréquence dans l'infrarouge moyen:

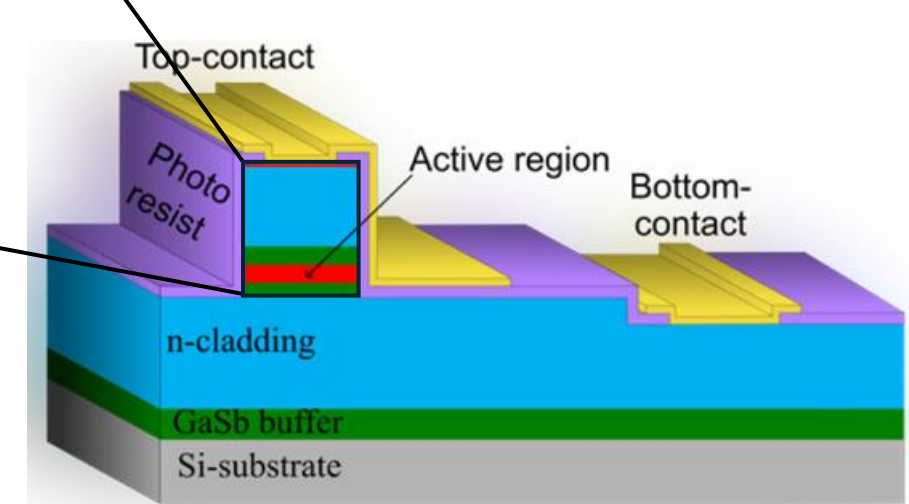
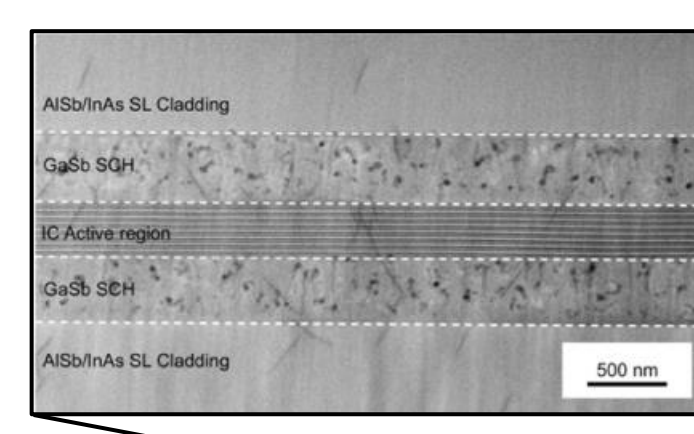
- Un micro-résonateur en SiGe (présentation de Marko Perestjuk) sera pompé par une source ICL émettant à 4μm.



Spectroscopie à deux peignes (Sterczewski et al 2020)



La source: Laser cascade interbande



Représentation d'un ICL sur Si (Cerutti et al 2021)

L'ICL combine les avantages des lasers interbandes conventionnels et des lasers à cascade quantique (QCL):

- L'utilisation de puits quantiques en cascade permet le recyclage des charges injectées.
- Les transitions interbandes exploitées permettent une densité de courant de seuil plus basse que celles observés pour les QCLs.

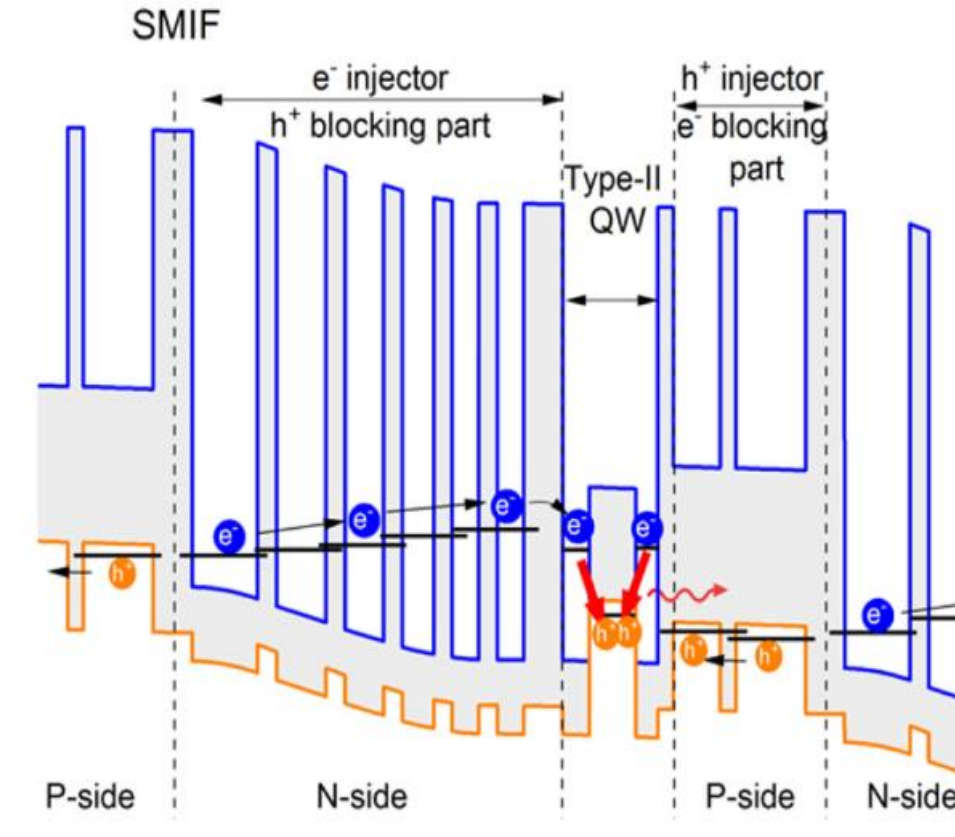
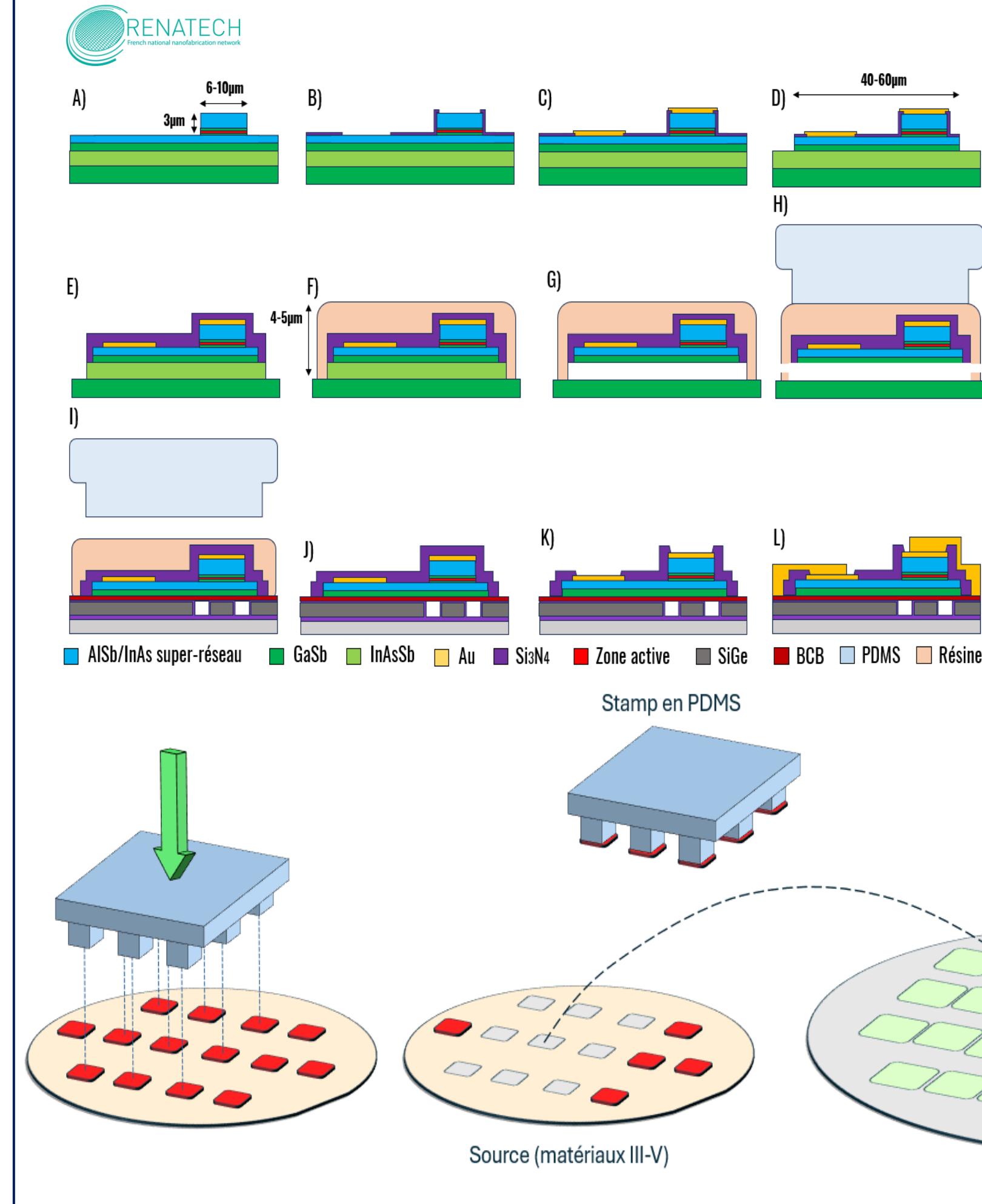


Diagramme de bande d'un ICL avec des puits quantiques de type II (Cerutti et al 2021)

La méthode d'intégration: Micro transfer-printing



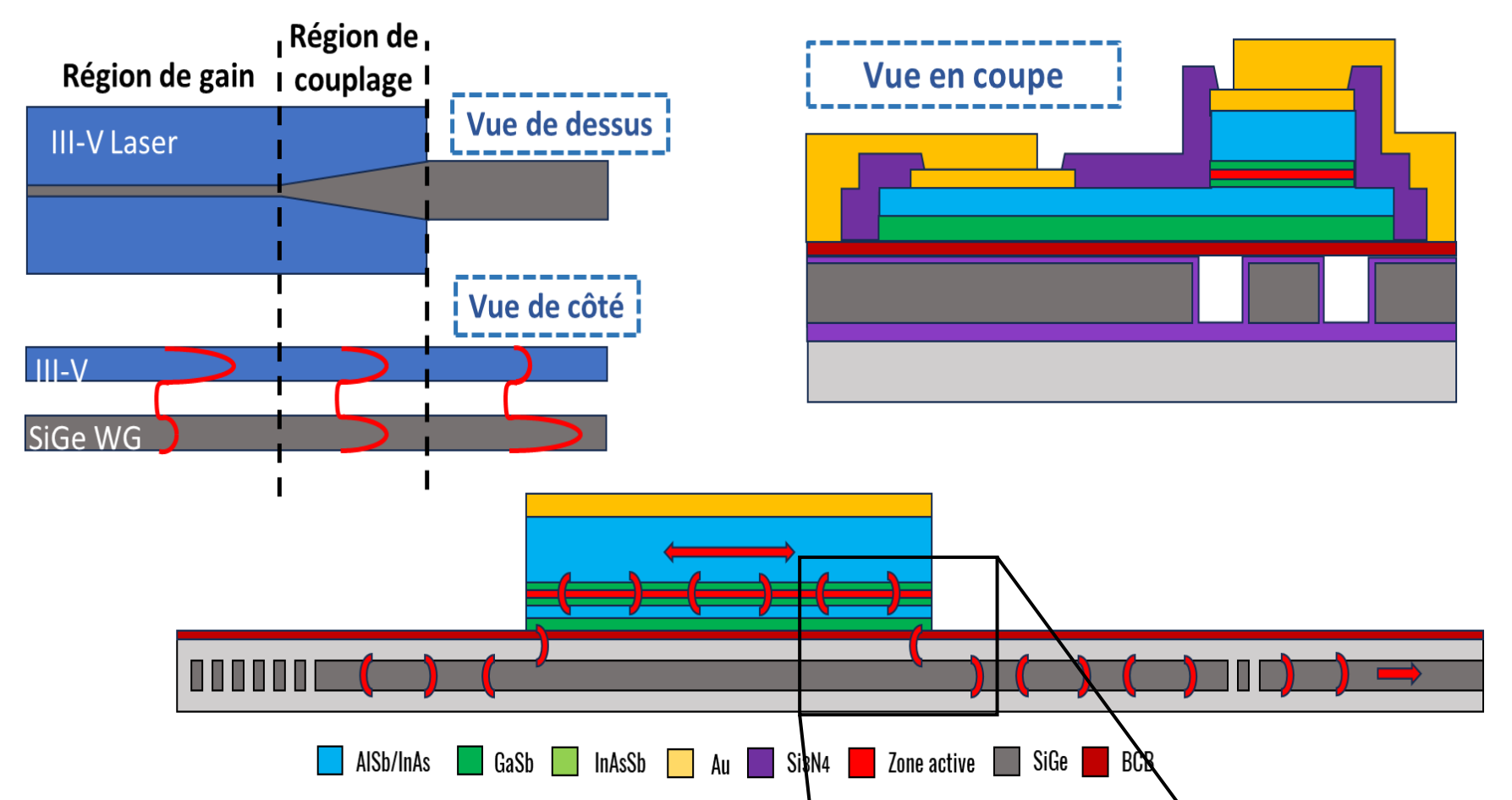
Le Micro Transfer-Printing (MTP) présente plusieurs avantages par rapport aux méthodes d'intégration traditionnelles :

- Les dispositifs sont fabriqués avant le transfert, il est donc possible de les caractériser au préalable.
- Des dispositifs provenant de plusieurs sources peuvent être transférés vers la même cible.

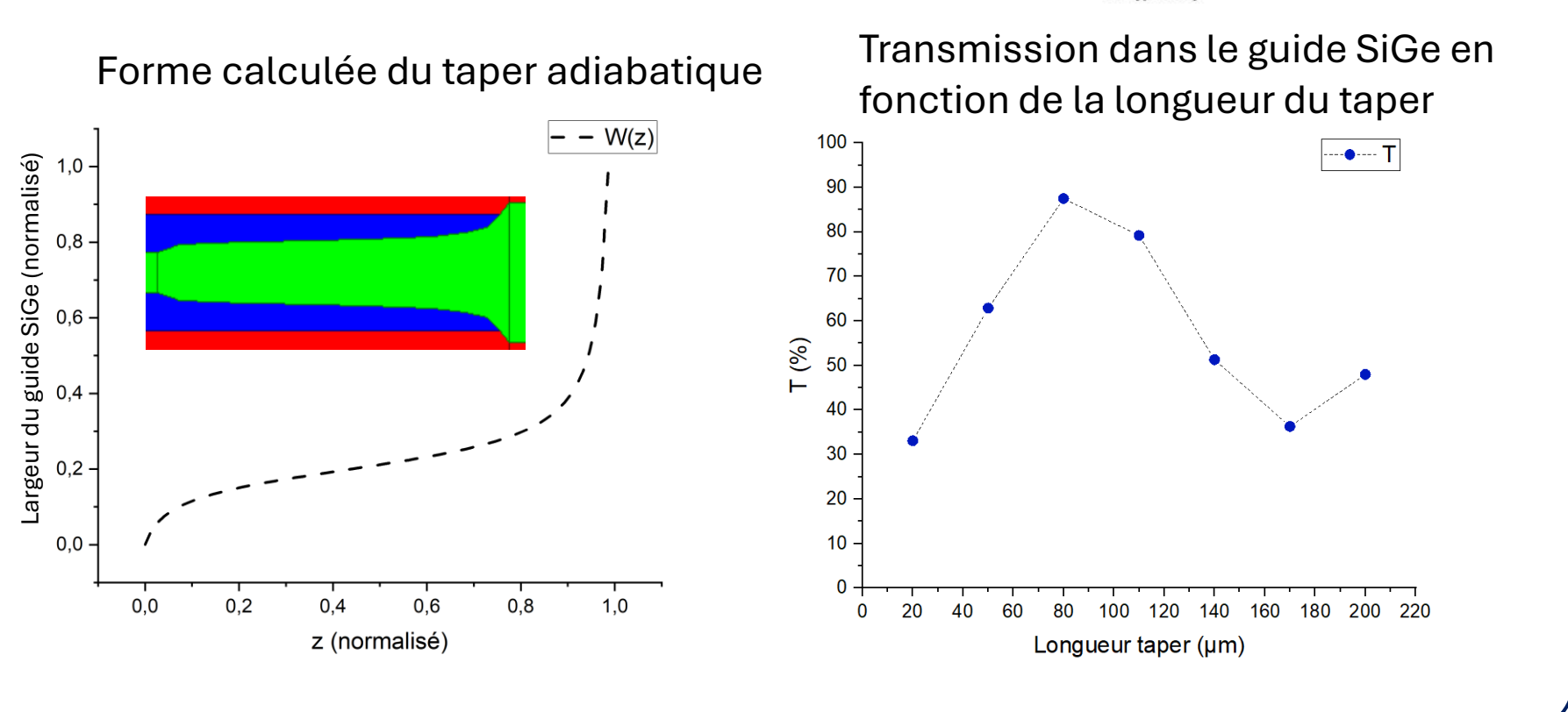
Résultats

Simulations du couplage

Le laser est en couplage évanescent vertical avec le guide SiGe. Dans la zone de couplage un taper est formé afin de permettre le couplage adiabatique vers le guide SiGe.



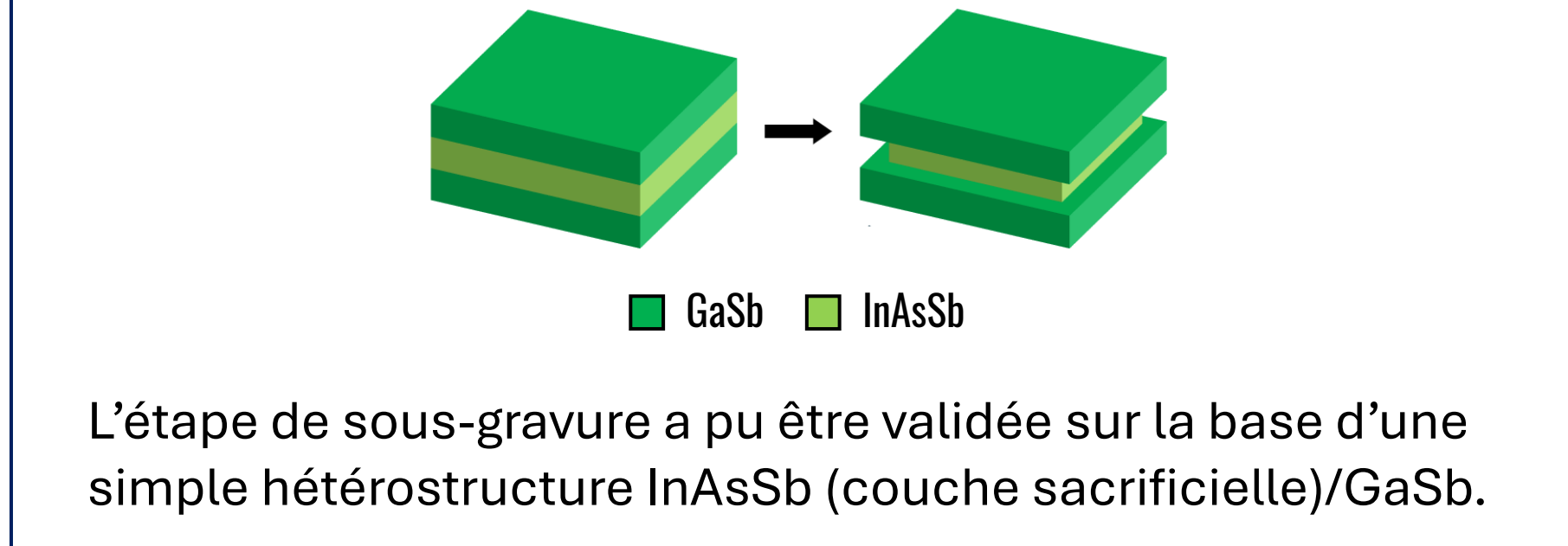
La forme et la longueur optimales du taper ont été calculées selon le critère d'adiabaticité défini dans une étude de Sun et al. [4]. Des simulations de propagation de modes ont montré un couplage de 87 % pour un taper de 80 μm.



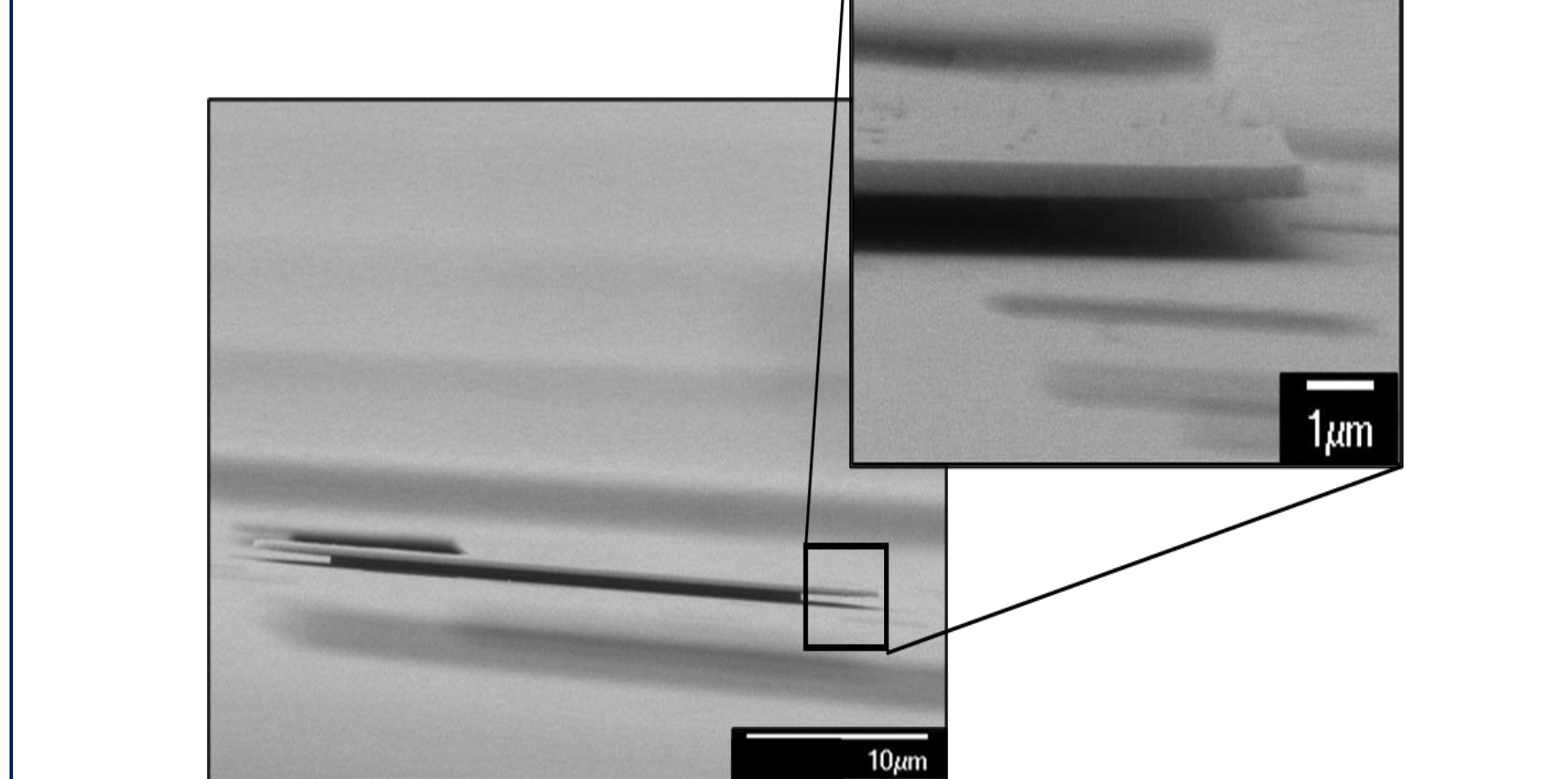
Sous gravure coupon GaSb

Substrate	Release Layer	Release Agent
Silicon on Insulator (SOI)	Si (100) (111)	KOH or TMAH
GaN on Silicon	Si (100) (111)	KOH or TMAH
GaAs	AlGaAs	HF or HCl
GaAs	InAlP	HCl
InP	InGa(Al)As	FeCl3 or H3PO4:H2O2
InP (InGaAs)	InP	HCl

Liste des plateformes matures pour le procédé de MTP (Xceleprint)

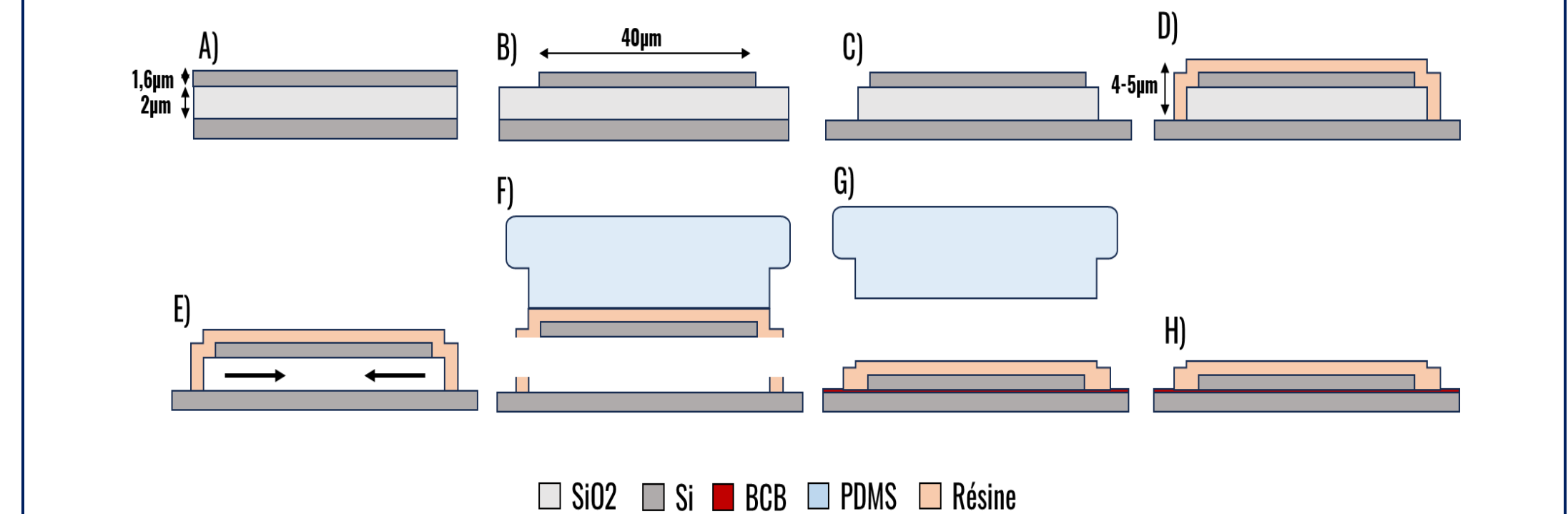


L'étape de sous-gravure a pu être validée sur la base d'une simple hétérostructure InAsSb (couche sacrificielle)/GaSb.

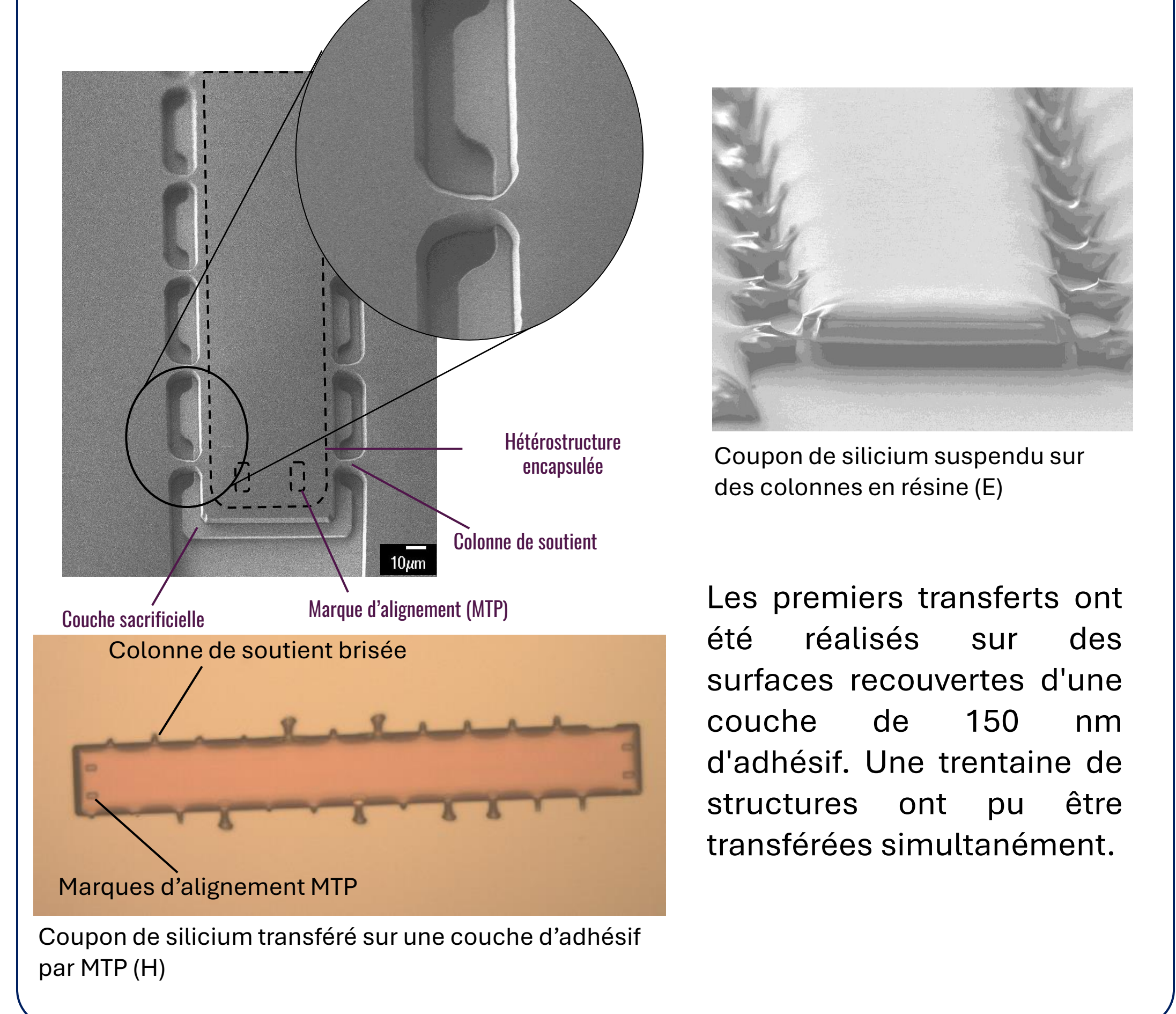


En utilisant une solution d'acide citrique et de peroxyde d'hydrogène, la sélectivité s'avère suffisante pour libérer des membranes de quelques dizaines de micromètres de large.

Transfert de coupons test Si/SiO2



Afin de concevoir les géométries de colonnes, mais aussi de valider les étapes de MTP, une étude préliminaire est menée sur un empilement simplifié Si/SiO2.



Les premiers transferts ont été réalisés sur des surfaces recouvertes d'une couche de 150 nm d'adhésif. Une trentaine de structures ont pu être transférées simultanément.

[1] Tournié et Cerutti. *Mid-Infrared Optoelectronics: Materials, Devices, and Applications*. 2020.
 [2] Guo et al « SWIR GaSb Photodiode Integration on Si Photonics through Micro-Transfer-Printing ». 2023.
 [3] Ben Bakir et al "Electrically driven hybrid Si/III-V Fabry-Pérot lasers based on adiabatic mode transformers," 2011.
 [4] Sun et al « Adiabaticity Criterion and the Shortest Adiabatic Mode Transformer in a Coupled-Waveguide System ». 2009.