



HAL
open science

Nano-impression par moule souple pour les méta-surfaces actives

Léopold Boudier, Tanneguy Blandin, Jean-Baptiste Doucet, Franck Carcenac,
Henri Camon, Olivier Gauthier-Lafaye

► **To cite this version:**

Léopold Boudier, Tanneguy Blandin, Jean-Baptiste Doucet, Franck Carcenac, Henri Camon, et al..
Nano-impression par moule souple pour les méta-surfaces actives. OPTIQUE Normandie 2024, Jul
2024, Rouen, France. hal-04709148

HAL Id: hal-04709148

<https://laas.hal.science/hal-04709148v1>

Submitted on 8 Oct 2024

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.

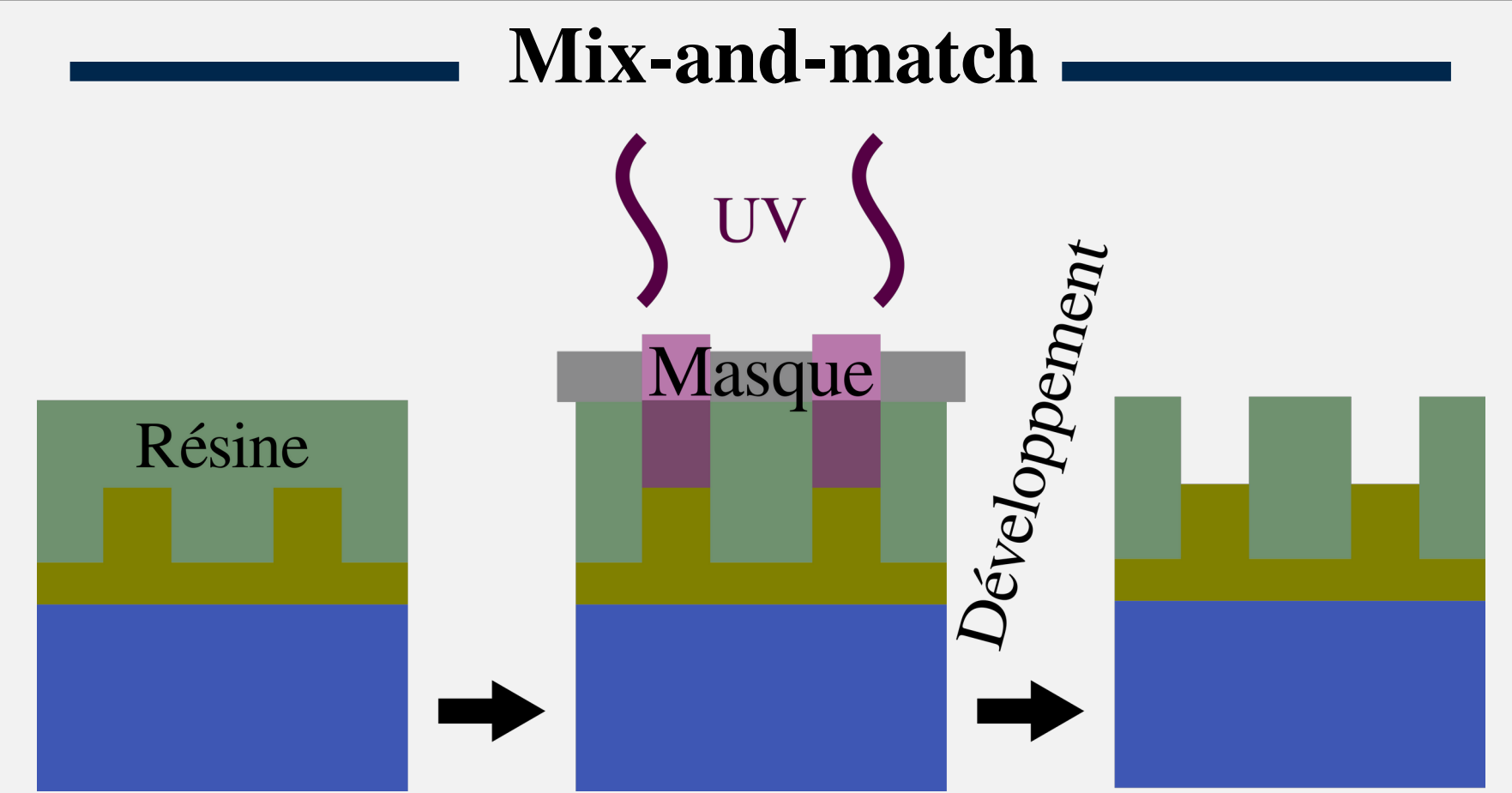
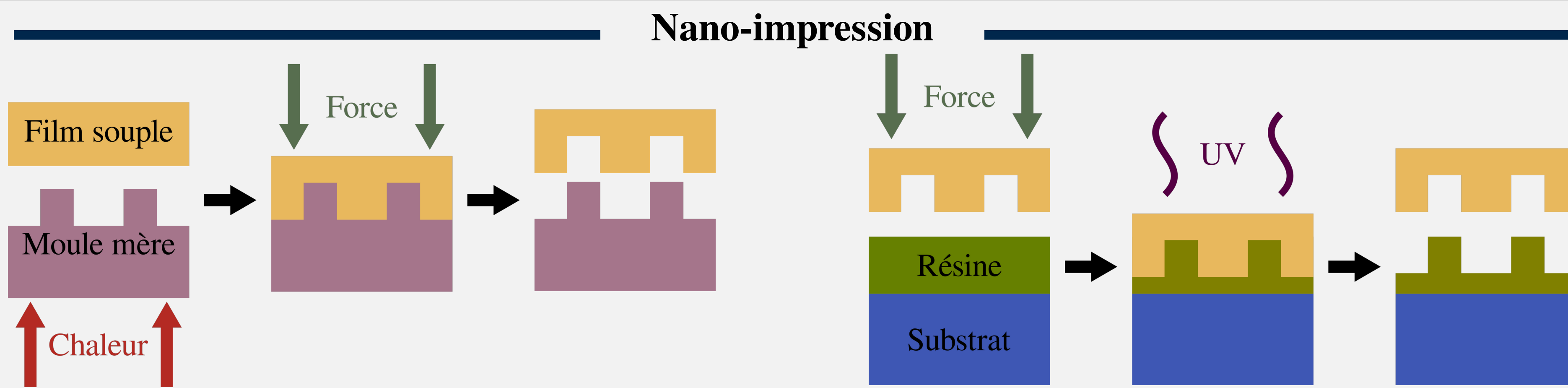
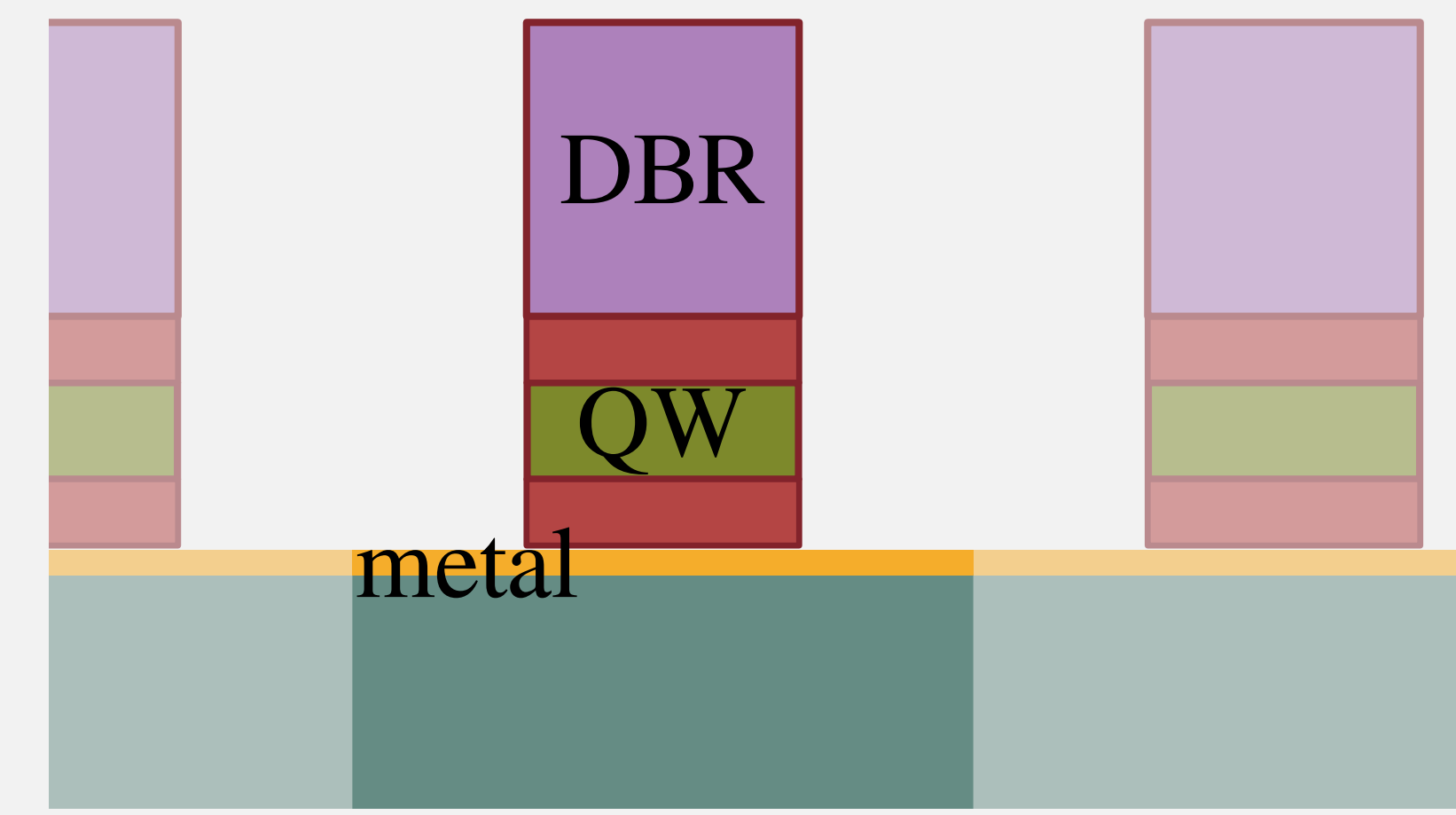
Les défis technologiques

Dans une roadmap publiée en 2024 par plusieurs équipes travaillant sur les métasurfaces [1], la réalisation de systèmes à base de métasurfaces actives délocalisées a été présentée comme « nécessitant de plus amples investigations ».

Pour passer d'optiques passives à actives, on peut utiliser des structures complexes composées de couches fines de différents matériaux. Ces structures doivent ensuite être traitées à des dimensions inférieures à la longueur d'onde considérée (typiquement inférieures à 100 nm).

Notre objectif est de remplacer l'étape de *lithographie électronique* par de la *nano-impression*.

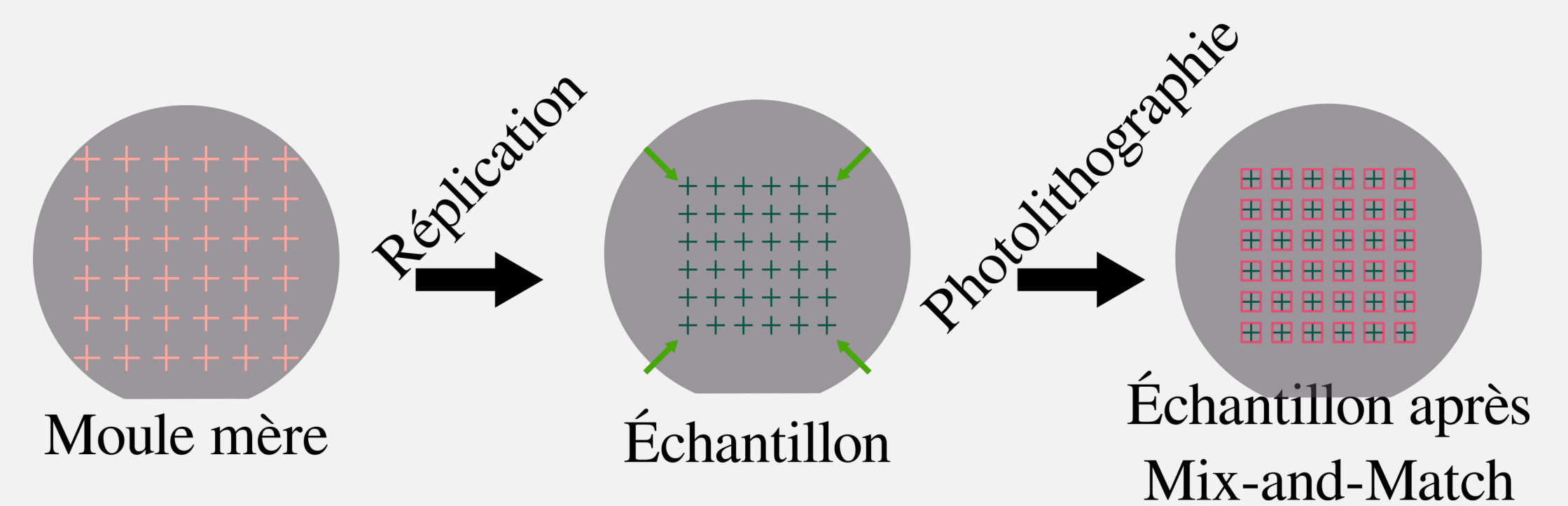
La combinaison nano-impression/lithographie optique présente une difficulté technologique peu traitée dans la littérature : le *Mix-and-Match*.



La nano-impression par film souple (T-NIL)

La méthode de nano-impression [2] permet de répliquer fidèlement des structures de l'ordre de 25 nm. De plus, l'utilisation d'un moule souple permet d'envisager la réplcation sur tout type de substrat, dont des substrats fragiles. Cela ouvre un grand panel d'applications utilisant des réseaux *sub-lambdas* [3].

Cependant, cette technique qui implique de chauffer le moule mère et le substrat, entraîne des déformations.



Les résultats : déformations de la T-NIL

La T-NIL, par nature, génère des déformations (voir à gauche). Elles peuvent être séparées en deux composantes :

- une homothétique (la plus importante en valeur) d'origine thermique.
- une anisotrope (plus faible en valeur) qui semble spécifique à la nature des films souples utilisés.

La première composante peut être pré-compensée dès le moule mère.

Les résultats : précompensation pour Mix-and-Match

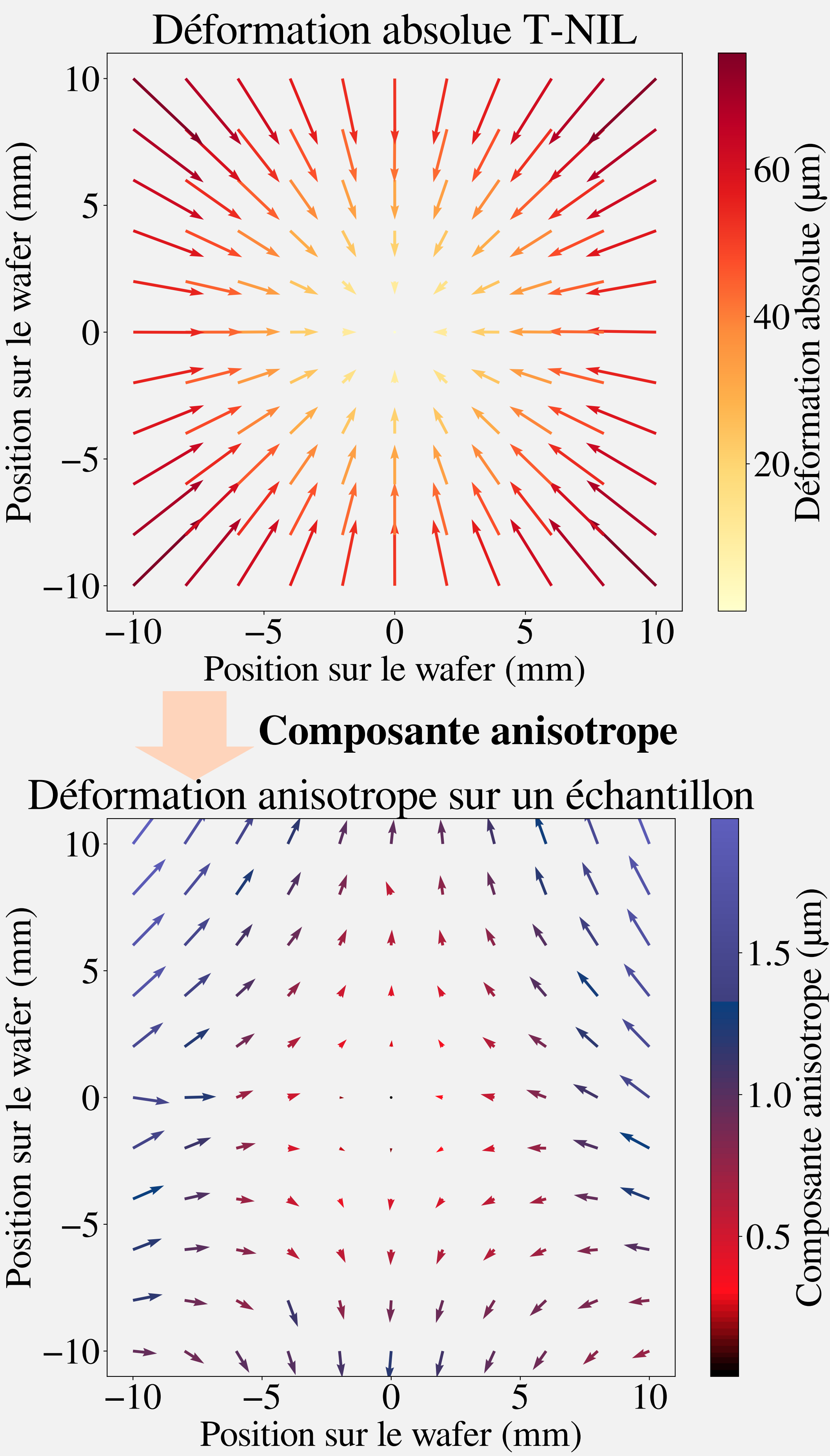
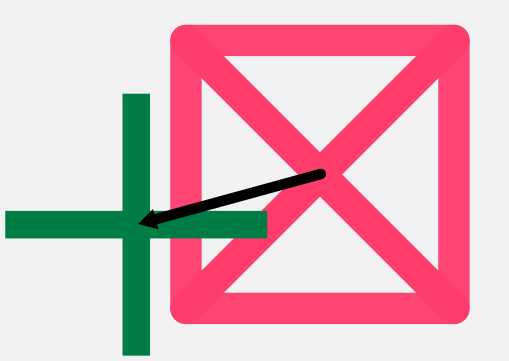
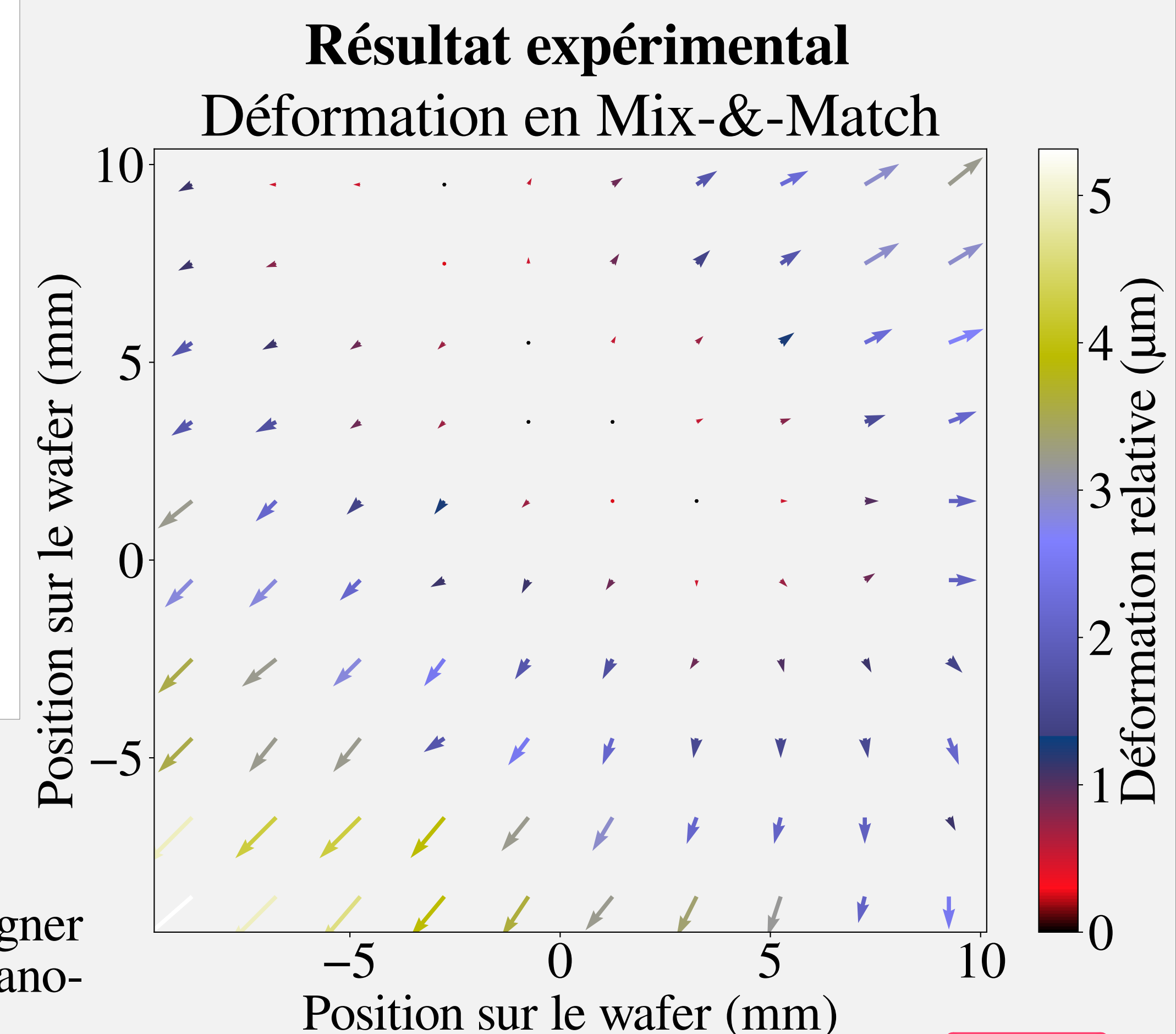
Grâce à la pré-compensation, il est possible d'aligner un masque de photolithographie après une nano-impression.

La déformation entre ces deux étapes sur un même substrat est représenté à droite. Après pré-compensation, la déformation est réduite d'un facteur supérieur à 10. Cependant, les déformations résiduelles restent supérieures à la composante anisotrope.

Conclusion :

Nous avons caractérisé et compensé la principale déformation induite par la technique T-NIL. Nous avons démontré qu'il est possible d'aligner un masque de photolithographie sur une nano-impression.

La composante anisotrope doit faire l'objet d'investigations plus poussées (répétabilité) pour déterminer l'impact du film et du procédé. De plus, les déformations issues du Mix-and-Match doivent aussi être étudiées plus en détail.



Bibliographie :

- [1] Kuznetsov et al., *Roadmap for optical metasurfaces*, ACS Photonics, 2024, 10.1021/acsp Photonics.3c00457
- [2] Chou et al., *Nanoimprint lithography*, Journal of Vacuum Science & Technologie B, 1996, 10.1116/1.588605
- [3] Pelloquin et al., *Soft mold NanoImprint lithography: a versatile tool for sub-wavelength grating applications*, Microsystem Technologies, 2018, 10.1007/s00542-018-3740-60