

### Une terabonne alternative pour les dates de péremption?

La discussion sur les dates de péremption (DDM et DLC) se passe depuis longtemps, notamment à cause de l'impact des dates d'expiration sur le gaspillage alimentaire. Les dates de péremption sont difficiles à estimer et dépendent également sur des circonstances dans lesquelles les produits sont transportés et préservés. Supervision en temps réel de la qualité du contenu d'un emballage alimentaire reste quelque peu un rêve irréaliste, mais la réalisation permettrait une réduction substantielle de la gaspillage alimentaire et ainsi réaliser une percée économique et écologique.

Ce rêve commence à se réaliser avec une nouvelle système échelle millimétrique, conçu dans le projet TERAFOOD (<https://terafood.iemn.fr/>). La système use « lumière » aux fréquences TeraHertz (THz) pour contrôler le contenu chimique du espace de tête d'une emballage alimentaire en temps réel. Fréquences THz combinent les propriétés avantageuses d'être non absorbées par presque toutes types de matériaux pour emballages et en même temps d'interagir fortement avec la plupart des VOCs (*volatile organic compounds*) qui se forment pendant le gaspillage d'alimentation. Ce capteur d'aliment THz utilise une technique photoacoustique convertissant un signal THz en un signal acoustique plus facile à détecter (bruit)<sup>1</sup>.

Ce qui est unique dans ce projet TERAFOOD est que le capteur d'emballage sera réalisé utilisant une technologie échelle puce Silicium-basé. Ceci ne permet pas seulement une technologie compacte mais aussi la fabrication de mass échelle puce parallélisé réduisant sa coût. L'inconvénient de cette puce à base de silicium est qu'elle peut être définie comme une petite particule de verre, ce qui est actuellement interdit dans des emballages alimentaires. Alors, bien que la technique est très prometteuse, ce ne sera pas pour demain.

#### Comment est-ce que le capteur fonctionne?

Le capteur TERAFOOD est basé sur un mécanisme triple résonnant (brevet déposé) pour améliorer les signaux mesurés. Une première étape importante vers tel capteur intégré est la réalisation d'une guide d'ondes Si pour contrôler la propagation de la lumière sur la puce aux fréquences qui couvrent les lignes d'absorption des gazes typiques pour détérioration (ammoniaque, sulfure d'hydrogène, éthanol).

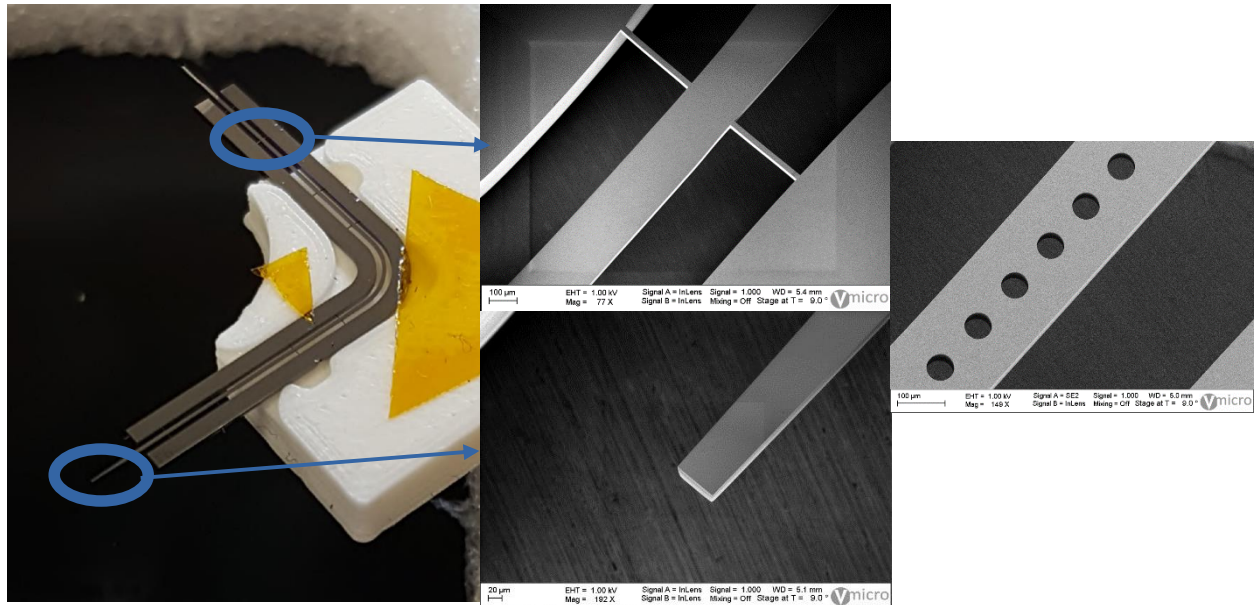
Les dimensions choisies pour cette guide d'ondes confines et guident la lumière aux fréquences entre 500 GHz et 3 THz, une gamme de fréquences contenant beaucoup de lignes de ces VOCs. Pour guider efficacement cette lumière dans la couche de silicium, un faisceau suspendu de seulement quelques centaines de nm a été réalisé utilisant des techniques clean room avancées par ingénieurs de Vmicro, la compagnie startup qui est aussi un partenaire dans le consortium TERAFOOD.

L'exploit ici était la réalisation des faisceaux Si suspendus des dimensions micron avec une longueur totale jusqu'aux quelques centimètres. De plus, afin de capturer efficacement les gazes qui doivent être détectés et de permettre que la lumière THz guidé interagit fortement avec eux, des ingénieurs Vmicro

---

<sup>1</sup> <https://food2know.org/en/news/terafood-newsflash3-en>

optimalisaient des processus de gravure qui le rend possible de modeler des trous circulaires (connus comme cristaux photoniques) avec un diamètre de quelques centaines d'un mm dans ces faisceaux suspendus. Ces modèles trous agitent aussi comme miroir artificiel attrapant la lumière pour un temps suffisamment long en partie du guide Si où les gazes sont captés. Les photos dessous illustrent l'échelle, les dimensions et les processus technologiques des structures épreuves fabriquées.



Pour valider que nous sommes capable de contrôler et guider la lumière dans la puce nous avons fait un canal plié 90 degrés comme indiqué dans la photo dessous. Comme résultat, un signal mesuré sur le détecteur seulement peut se produire si le faisceau Si suspendu est vraiment en train de guider la lumière THz. Le capteur final ne contiendra évidemment pas un tel plié et en plus couplera la lumière THz dans la structure guidant autrement que montré dans Figure 1.

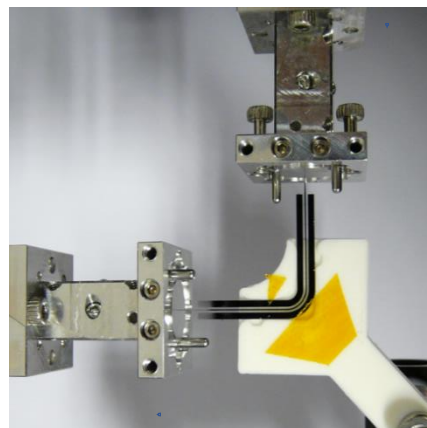
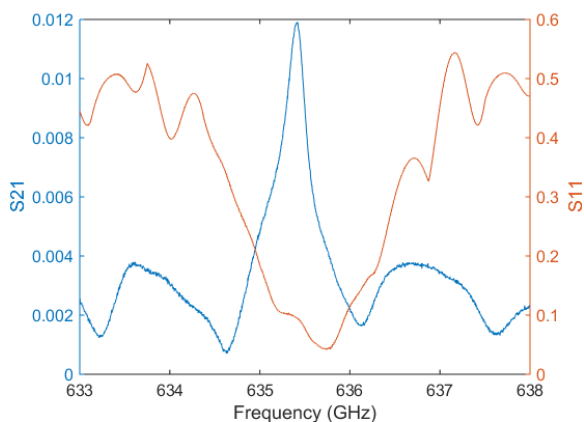


Figure 2 : Configuration de mesure

La configuration de mesure expérimentale montrée ici est principalement destinée pour fournir une preuve de démonstration principale que la lumière THz peut vraiment être confinée et guidée sur une puce Si sub-mm intégrée. Les techniques utilisées pour cette démonstration sont des instruments laboratoires haute technologie pour le moment.

Figure 3 montre un signal sortie mesuré typiquement pour l'expérience dessus. Comme fonction de fréquence, les courbes rouges et bleues illustrent la lumière réfléctée et transmise par la guide. C'est clairement visible que à cause des dimensions spécifiquement choisies pour les modèles trous un signal THz près de la fréquence ciblée 635.5 GHz (correspondant à une ligne d'absorption forte d'éthanol) est piégé très sélectivement et guidé par le faisceau Si suspendu. Ceci valide le confinement de la lumière à la fréquence de résonance correspondant à le gaz ciblé et la réflexion des autres fréquences.



Avec cette expérience, une pierre angulaire du capteur TERAFOOD a été validée. La suivante piste technologique concentra sur combiner telles guides d'ondes avec milieux gazeuses contenant petites concentrations calibrées du gaz ciblé. La lumière THz confinée fortement est alors attendue de chauffer périodiquement ce gaz et actionner une membrane qui couvre une des modèles trous. Mesurer le mouvement de ce membrane résultera à la détection du gaz tracteur.

Figure 3 : Spectre transmission (bleu) et réflexion (rouge)

### Source et plus d'info

- Plus d'informations sur le projet est disponible sur le site du projet : <https://terafood.iemn.fr/>
- Si vous voulez plus d'informations sur le projet, n'hésitez pas de contacter le coordinateur du projet Mathias Vanwolleghem - [mathias.vanwolleghem@iemn.univ-lille1.fr](mailto:mathias.vanwolleghem@iemn.univ-lille1.fr)
- Si vous êtes intéressés en devenir membre du conseil consultatif, n'hésitez pas de contacter Isabelle Sioen - [Isabelle.Sioen@UGent.be](mailto:Isabelle.Sioen@UGent.be)

Avec le soutien du Fonds Européen de Développement Régional et la province de Flandres Est.

