

# NOTE D'APPLICATION

## UNE AVANCÉE EN MATIÈRE D'ÉTALONNAGE THz CHEZ GENTEC-EO DANS LA RÉGION DE 10 À 440 $\mu\text{m}$



POUR LA PREMIÈRE FOIS, GENTEC-EO A MIS AU POINT UNE MÉTHODE D'ÉTALONNAGE RIGOUREUSE ET UN NOUVEAU DÉTECTEUR THERMIQUE THz QUI PERMETTENT UNE MESURE ABSOLUE DE LA PUISSANCE ET DE L'ÉNERGIE BASÉE SUR UNE COURBE DE RÉFÉRENCE VALIDÉE DE 10 À 440  $\mu\text{m}$  (30 À 0,70 THz). L'OBJET DE CETTE NOTE D'APPLICATION EST D'EXPLIQUER LA NOUVELLE MÉTHODE D'ÉTALONNAGE ET DE VALIDATION DES DÉTECTEURS THz DE GENTEC-EO ET DE CARACTÉRISER SA NOUVELLE SONDE THERMIQUE THz SPECTRALEMENT PLATE.

### DÉFI LIÉ À L'ÉTALONNAGE DANS LA RÉGION THz

Les méthodes typiques traçables d'étalonnage des détecteurs impliquent l'étalonnage à une longueur d'onde particulière avec un étalon de mesure GOLD traçable précédemment obtenu auprès d'une institution mondialement reconnue comme le NIST aux États-Unis et le PTB en Allemagne (les longueurs d'onde les plus courantes sont 1,064 nm et 10,6  $\mu\text{m}$ ). L'absorption spectrale relative du capteur est également déterminée à l'aide d'un spectromètre par proche infrarouge (0,25 à 2,5  $\mu\text{m}$ ) et d'une norme spectrale traçable. Un facteur de correction de longueur d'onde est ensuite appliqué pour fournir la meilleure incertitude d'étalonnage possible dans la gamme spectrale étalonnée du détecteur. Les deux systèmes d'étalonnage doivent être traçables à un laboratoire d'étalonnage international. L'étalonnage peut alors être appelé traçable au NIST et/ou à d'autres laboratoires de normes internationales reconnues. Grâce à la traçabilité quantitative, l'incertitude totale de l'étalonnage peut ainsi être calculée et spécifiée. Il est toutefois important de savoir que le domaine étalonné à l'aide de cette méthode est quelque peu limité et ne couvre pas la large gamme de longueurs d'onde THz.

Le développement rapide de sources THz, tant continues que pulsées, pose de nombreux défis pour notre industrie, concernant notamment comment effectuer des mesures précises de la puissance et de l'énergie. L'une des difficultés majeures est liée à l'absence de norme d'étalonnage internationale reconnue, ou de service d'étalonnage disponible couvrant le spectre THz. Cela nous a contraints à proposer des produits THz qui ne sont pas étalonnés dans le domaine THz et peuvent pas conséquent être utilisés uniquement pour effectuer des mesures relatives. Or, l'équipe du PTB en Allemagne a annoncé récemment offrir désormais la possibilité d'étalonner de manière traçable et avec une faible incertitude des détecteurs THz à la longueur d'onde unique de 119  $\mu\text{m}$  (ou 2,52 THz).



*Nous travaillons très étroitement avec le PTB en Allemagne et le NIST aux États-Unis, ainsi qu'avec d'autres laboratoires de renommée internationale, pour tirer parti de ces nouvelles normes et continuer à développer de meilleures méthodes d'étalonnage pour la gamme de produits THz de Gentec-EO.*

# NOTE D'APPLICATION

Du fait de l'absence de référence spectrale étalonnée dans le domaine THz, il était impératif que Gentec EO développe un nouvel absorbeur spectralement plat pour un capteur THz. Il a été démontré que nos revêtements organiques noirs et métalliques présentent des changements importants de sensibilité dans le domaine THz et ne peuvent donc pas être utilisés en tant que référence de longueur d'onde dans ce cas. Pour servir de référence valide pour les détecteurs THz, l'absorption optique doit être mesurée avec une grande précision. Cela nécessite la mesure de la réflectance totale, tant spéculaire que diffuse. Par ailleurs, la transmission du matériau doit être négligeable.

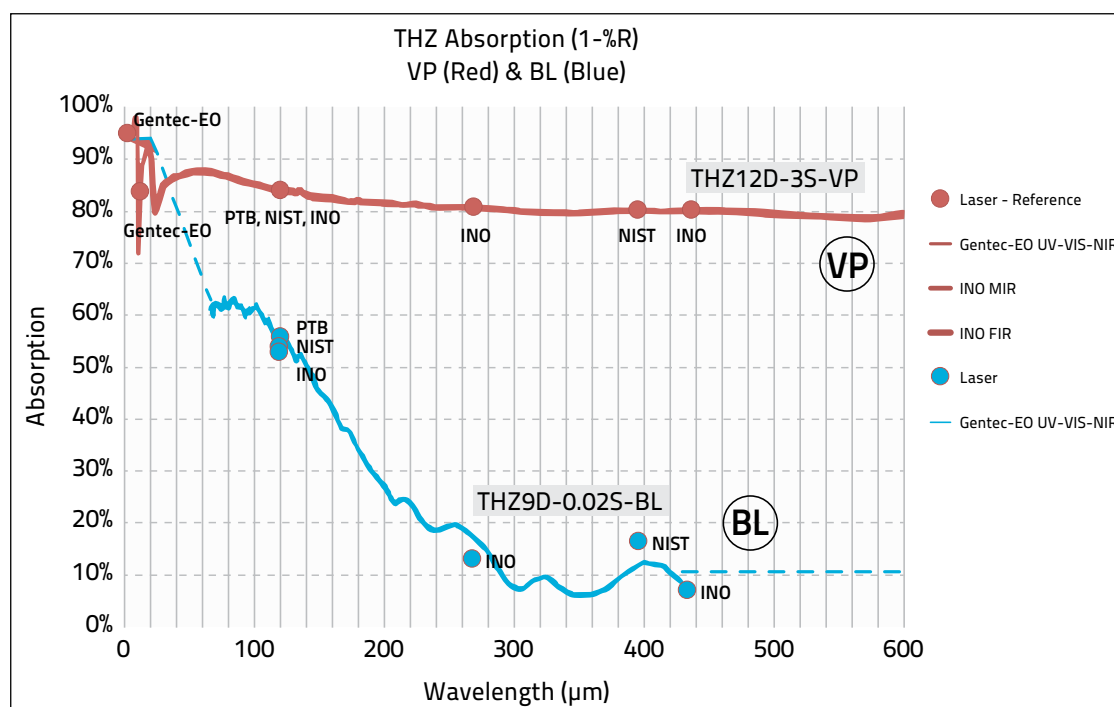
Actuellement, seule la réflectance spéculaire peut être mesurée dans la gamme spectrale d'intérêt, de 10 à 440  $\mu\text{m}$ . Il était donc essentiel que notre nouvel absorbeur présente uniquement une réflectance spéculaire et une réflectance diffuse négligeable. D'autre part, une absorption très élevée et constante dans l'ensemble du domaine THz est également nécessaire du fait de l'absence de normes THz multi-longueurs d'onde à l'échelle mondiale.

## L'AVANCÉE

Gentec-EO a intensifié ces derniers mois son programme de développement THz, ce qui a conduit à une avancée technologique. Nous avons découvert un matériau spectralement plat et à très haute absorption pour le domaine THz, de 10 à 440  $\mu\text{m}$  (et

jusqu'à 600  $\mu\text{m}$ ), qui sera utilisé comme absorbeur THz pour notre nouvelle sonde thermique. Cette sonde, de modèle **THZ12D-3S-VP**, est considérée comme la première référence spectrale à faible incertitude dans cette portion de la large gamme spectrale THz.

La figure 1 ci-dessous montre l'absorption spectrale de deux détecteurs THz Gentec-EO. La courbe rouge représente le « **spectre d'absorption de référence** » à faible incertitude de notre nouvelle sonde **THZ12D-3S-VP**. La courbe bleue indique l'absorption relative type de nos sondes THz pyroélectriques THZ9D-20mS-BL à revêtement « BL ». Les sondes THz pyroélectriques ne peuvent pas être considérées comme des détecteurs de référence pour cette portion du spectre térahertz, mais peuvent être utilisées pour les mesures relatives sur l'ensemble du spectre THz (30 à 0,1 THz). La courbe d'absorption de référence de la nouvelle sonde THZ12D-3S-VP a été validée dans un premier temps par le biais d'un grand nombre de mesures de réflectance associées à plusieurs mesures de puissance à une seule longueur d'onde en utilisant le laser à gaz SIFIR-50 de l'INO, les étalons de mesure gold de PTB ainsi que d'autres mesures de puissance NIST.



**FIGURE 1 :** Courbes d'absorption spectrale de référence et mesures de puissance traçables pour la validation de la réponse en longueur d'onde

# NOTE D'APPLICATION

En collaboration avec l'Institut national d'optique (INO) situé dans la Ville de Québec, nous avons caractérisé l'absorbance de nos détecteurs THz à différentes longueurs d'onde (de 3 à 430  $\mu\text{m}$ ) à l'aide de spectromètres FTIR qui utilisent plusieurs sources pour effectuer des mesures sur l'ensemble de ce domaine. Entre les différentes longueurs d'onde délivrées par la source, les sensibilités ont été interpolées à partir de la courbe d'absorption FTIR. La puissance absolue de la source a été mesurée à l'aide de deux méthodes différentes afin d'augmenter le degré de confiance dans la mesure.

Les courbes d'absorption FTIR ont été validées dans la région de 0,25 à 2,5  $\mu\text{m}$  à l'aide de notre spectromètre de mesure d'absorption traçable interne. Par ailleurs, des mesures de sensibilité traçables ont été effectuées à 10,6  $\mu\text{m}$  par rapport à un étalon de mesure GOLD du NIST et à 118  $\mu\text{m}$  par rapport à un étalon de mesure gold du PTB à l'aide de nos détecteurs THZ12D-3S-VP et THZ9D-20mS-BL traçables PTB. Ces mesures de puissance étalonnées sont montrées dans la figure 1 (points rouges et bleus).

Comme le montre la courbe rouge dans la figure 1, nous avons réussi à créer un détecteur thermique THz conforme à nos deux critères, pour une référence à faible incertitude, une réponse spectrale plate et une absorption élevée. La réponse spectrale de la sonde THZ12D est identique à 10,6  $\mu\text{m}$  par rapport à l'étalon de mesure GOLD du NIST et à 119  $\mu\text{m}$  par rapport à l'étalon de mesure GOLD du PTB. D'autre part, la variation de l'absorption de 10,6 à 600  $\mu\text{m}$  est de l'ordre de  $\pm 4\%$  et de  $\pm 2,5\%$ , de 119 à 600  $\mu\text{m}$ . Par ailleurs, d'autres points de validation ont été effectués à l'aide de mesures du NIST et de l'INO. Un excellent accord a été obtenu avec les détecteurs THZ12D-3S-VP et THZ9D-20mS-BL à l'étalon de mesure GOLD du PTB.

## LA NOUVELLE MÉTHODE D'ÉTALONNAGE

- 1 Gentec-EO étalonne son détecteur THZ12D-3S-VP au moyen d'un laser stable de 10,6  $\mu\text{m}$  et d'un détecteur de puissance à l'étalon de mesure gold du NIST.
- 2 Une validation du détecteur est effectuée pour s'assurer de son bon état de fonctionnement et de la conformité de son comportement aux spécifications à cette longueur d'onde et à d'autres détecteurs de ce type, conformément à la courbe d'absorption de référence.
- 3 La sensibilité traçable des détecteurs THZ12D-3S-VP à  $\pm 15\%$  est calculée à l'aide de la courbe d'absorption de référence, comme déterminé par le processus de validation des mesures de puissance traçables mentionné dans ce document. Elle est ensuite programmée dans la mémoire EEPROM du détecteur pour chaque longueur d'onde entre 10 et 440  $\mu\text{m}$  (30 à 0,70 THz). Au-delà de 440  $\mu\text{m}$  (0,70 THz), l'absorption spectrale est estimée.
- 4 La sensibilité type pour le détecteur THZ9D-20mS-BL et les détecteurs pyroélectriques THz est calculée à l'aide de la courbe BL d'absorption type. Elle est ensuite programmée dans la mémoire EEPROM du détecteur pour chaque longueur d'onde entre 10 et 440  $\mu\text{m}$  (30 à 0,70 THz). Au-delà de 440  $\mu\text{m}$  (0,70 THz), l'absorption spectrale est estimée. La sensibilité traçable est uniquement déterminée à 10,6  $\mu\text{m}$  avec l'étalon de mesure GOLD du NIST.

# NOTE D'APPLICATION

## FUTURS DÉVELOPPEMENTS

*Gentec-EO travaille avec les organisations de premier plan à la définition de normes internationales. Dès que l'une de ces organisations offrira une norme large bande dans la région THz, nous l'intégrerons dans notre méthode d'étalonnage et serons en mesure de garantir une incertitude d'étalonnage assortie d'une traçabilité.*

Les détecteurs THz de Gentec-EO sont actuellement étalonnés par un laboratoire de normes internationales reconnues afin de fournir un étalon de mesure THz gold pour les services d'étalonnage.

Nous continuerons à vous tenir informés sur l'état des techniques d'étalonnage de nos détecteurs et instruments THz au fur et à mesure des nouveaux développements.

Si vous avez des questions sur l'étalonnage et/ou la réponse spectrale de nos détecteurs THz pyroélectroniques « MT », veuillez nous contacter à l'adresse [info@gentec-eo.com](mailto:info@gentec-eo.com).