



GUIDE DE L'UTILISATEUR

THZ | Détecteurs THz

121-105131

gentec-EO
PARTENARIAT de PRÉCISION

GARANTIE

Garantie de la première année

Les détecteurs d'énergie et de puissance thermiques de Gentec-EO sont garantis contre tout vice de fabrication et de main-d'œuvre pour une durée d'un an à compter de la date d'expédition, lorsqu'ils sont utilisés dans des conditions de fonctionnement normales. La garantie ne couvre pas les dommages liés au réétalonnage ou à une mauvaise utilisation.

Gentec-EO Inc. réparera ou remplacera, à sa discrétion, tout wattmètre ou joulemètre qui présente un défaut pendant la période de garantie, excepté dans le cas d'une mauvaise utilisation du produit.

Toute modification ou réparation non autorisée du produit n'est également pas couverte par la garantie.

Le fabricant ne peut être tenu responsable des dommages consécutifs, de quelque nature que ce soit.

En cas de mauvais fonctionnement, communiquez avec votre distributeur local Gentec-EO ou avec le bureau Gentec-EO Inc. le plus proche, afin d'obtenir un numéro d'autorisation de retour. Retournez le matériel à l'adresse indiquée ci-dessous.

Tous les clients :

Gentec-EO, Inc.
445, St-Jean-Baptiste, bureau 160
Québec, QC, G2E 5N7
Canada

Téléphone : (418) 651-8003
Télécopieur : (418) 651-1174
Courriel : service@gentec-eo.com
Web : www.gentec-eo.com

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|-----------|
| TABLE DES MATIÈRES | 3 |
| LISTE DES ILLUSTRATIONS | 4 |
| 1 INFORMATIONS GÉNÉRALES | 5 |
| 1.1.CE QUI EST INCLUS AVEC VOTRE THZ-D | 5 |
| 1.2.INTRODUCTION | 5 |
| 1.3.CONNECTEUR À « INTERFACE INTELLIGENTE » DE SÉRIE THZ-D7 | 8 |
| 1.4.SPÉCIFICATIONS DE LA SÉRIE THZ-D | 8 |
| 2 DIRECTIVES D'UTILISATION | 10 |
| 2.1.Utilisation avec un moniteur compatible | 10 |
| 2.1.1.. THZ9D | 10 |
| 2.1.2.. THZ12D | 11 |
| 2.1.3.. Directives générales | 11 |
| 2.2.Utilisation à des longueurs d'onde autres que 10,6 µm | 12 |
| 2.3.THZ9D utilisé avec un oscilloscope : | 13 |
| 2.3.1.. Directives générales | 13 |
| 2.3.2.. Utilisation à des longueurs d'onde autres que 10,6 µm | 14 |
| 3 DOMMAGES AUX MATÉRIAUX DE L'ABSORBEUR OPTIQUE | 15 |
| 4 ACCESSOIRES EN OPTION | 16 |
| 5 ANNEXE A | 17 |
| 5.1.Procédure de recyclage et de tri pour la directive DEEE 2002/96/CE. | 17 |
| 5.2.Tri : | 17 |
| 6 Annexe B : Étalonnage des détecteurs THZ | 18 |
| 7 Annexe C : « Données de correction personnalisées » types | 21 |
| 8 DÉCLARATION DE CONFORMITÉ | 23 |

LISTE DES ILLUSTRATIONS

| | |
|---|-----------|
| Fig. 1-1 Brochage de sortie du connecteur à « interface intelligente » DB-15 | 6 |
| Fig. 2-1 Détecteur THZ9D avec moniteur | 9 |
| Fig. 2-2 Détecteur THZ12D avec moniteur | 10 |
| Fig. 2-3 Wattmètre THZ9D avec oscilloscope | 12 |

1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

1.1 CE QUI EST INCLUS AVEC VOTRE THZ-D

Les éléments suivant sont inclus avec les détecteurs THZ-D :

| Description | Nom de la pièce | Numéro d'article |
|--|-----------------|------------------|
| Détecteur de puissance THZ-D | | |
| Certificat de calibration | | |
| Certificat de correction personnalisé en longueur d'onde | | |
| Capuchon de caoutchouc | | |
| Tube | | |

Les articles suivants peuvent être achetés séparément :

| Description | Nom de la pièce | Numéro d'article |
|------------------------------|-----------------|------------------|
| Découpeur optique numérique | SDC-500 | 202171 |
| Malette de transport Pelican | PEL-# | |
| Câble d'extension | EXT-# | |
| Support | STAND-S-233 | 200160 |

1.2 INTRODUCTION

La série THZ-D de Gentec-EO est constituée de deux sondes de puissance thermique à haut rendement : une thermopile THZ12D et une sonde pyroélectrique THZ9D. Chaque appareil possède une conception durable, compacte et facile à utiliser.

Le THZ12D-3S-VP comprend un absorbeur optique présentant une absorption spectrale quasi-plate de 10,6 à 600 μm .

Le THZ9D-20mS-BL est doté d'un revêtement noir pour une réponse à large bande de 10,6 à 3 000 μm . Les facteurs de correction spectrale sont programmés de 10,6 à 440 μm . Il peut être utilisé à des longueurs d'onde supérieures à 440 μm , mais sans facteur de correction de longueur d'onde.

La série THZ-D tire profit d'un connecteur mâle DB-15 à « interface intelligente », contenant une mémoire EEPROM (Erasable Electrical Programmable Read-Only Memory) programmée avec la sensibilité d'étalonnage, les facteurs de correction spectrale à différentes longueurs d'onde et d'autres données associées à la sonde de série THZ-D spécifique. Ce connecteur permet au moniteur de s'ajuster automatiquement en fonction du réglage de la sonde de puissance à laquelle il est connecté.

Les versions D0 de la série THZ9D peuvent être utilisées avec l'APM-D, numéro de pièce 201848, (non compatible avec un module analogique T-RAD) et un oscilloscope ou un système d'acquisition OEM. Prendre note que la puissance équivalente de bruit dépendra du système d'acquisition.

Chaque appareil de la série THZ-D est conçu pour offrir une résistance élevée aux interférences électromagnétiques.

Les détecteurs de série THZ-D sont conçus pour faciliter l'acquisition de mesures de puissance de lasers continus et/ou quasi-continus (taux de répétition élevé) à l'aide du moniteurs standards,

Révision 1.8

MAESTRO, U-LINK, INTEGRA, ou M-LINK. (M-LINK et INTEGRA ne prennent pas en charge le THZ9D.)

Les détecteurs de série THZ-D nécessitent un APM (D) pour l'utilisation sans moniteur Gentec-eo. Ils peuvent également être utilisés avec un oscilloscope ayant une impédance d'entrée de $1\text{ M}\Omega$ (ou un enregistreur à tracé continu rapide). La sensibilité étalonnée en V/W est documentée dans le certificat d'étalonnage de chaque appareil. La correction spectrale de cette sensibilité est également documentée dans le certificat « Données de correction personnalisées », voir la section 7.

1.3 CONNECTEUR À « INTERFACE INTELLIGENTE » DE SÉRIE THZ-D

Le connecteur mâle DB-15 à « interface intelligente » contient une mémoire EEPROM (Erasable Electrical Programmable Read-Only Memory) programmée avec la sensibilité d'étalonnage et d'autres données associées au wattmètre THZ-D spécifique utilisé. La configuration est plus rapide grâce à l'ajustement automatique du moniteur aux caractéristiques du wattmètre, lorsque « l'interface intelligente » est connectée au moniteur.

Le brochage de sortie du connecteur DB-15 à « interface intelligente » est présenté à la figure 1-1 :

| | |
|---------|--|
| 1- | UTILISÉ PAR LES MONITEURS |
| 2- | " " " " |
| 3- | " " " " |
| 4- | " " " " |
| 5- | " " " " |
| 6- | SORTIE DU SIGNAL « + » |
| 7- | TENSION D'ALIMENTATION « - » THZ9D SEULEMENT |
| 8- | UTILISÉ PAR LES MONITEURS |
| 9- | TENSION D'ALIMENTATION « + » THZ9D SEULEMENT |
| 10- | UTILISÉ PAR LES MONITEURS |
| 11- | " " " " |
| 12- | " " " " |
| 13- | SORTIE DU SIGNAL « - » |
| 14- | UTILISÉ PAR LES MONITEURS |
| 15- | " " " " |
| BOÎTIER | BLINDAGE COAXIAL / MISE À LA TERRE |

REMARQUE : Consultez Gentec-EO pour obtenir les exigences de tension d'alimentation.

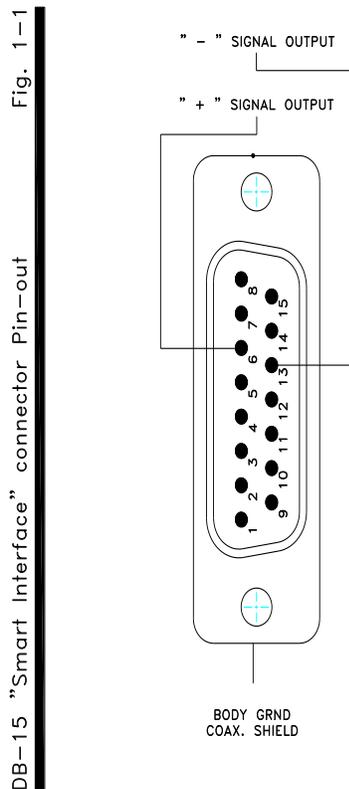


Fig. 1-1 Brochage de sortie du connecteur à « interface intelligente » DB-15

1.4 SPÉCIFICATIONS DE LA SÉRIE THZ-D

Les spécifications suivantes sont basées sur un cycle d'étalonnage d'un an, une température de fonctionnement de 15 à 28 °C, une humidité relative maximale de 80 % et une température d'entreposage de 5 à 45 °C avec une humidité relative maximale de 80 %.

| | THZ9D-20mS-BL-D0 |
|------------------------------------|--|
| Moniteur Compatible | MAESTRO, U-LINK |
| Diamètre d'ouverture effective | Ø9 mm |
| Senseur | Pyroélectrique |
| Absorbeur | BL |
| Gamme spectrale projetée | 10 à 3 000 μm ¹ |
| Gamme spectrale de référence | 10 à 440 μm ² |
| Gamme spectrale | 10 à 440 μm ² |
| Longueur d'onde d'étalonnage | 10,6 μm |
| Puissance moyenne max. | Avec MAESTRO : 20 mW Avec U-LINK : 25 mW |
| Densité de puissance moyenne max | 50 mW/cm ² |
| Niveau de bruit de puissance (RMS) | 300 nW |
| Fréquence du modulateur optique | 10 \pm 1 Hz |
| Temps de montée typique (0 à 95 %) | < 0,2 s |
| Sensibilité typique | 120 V/W |
| Incertitude d'étalonnage | \pm 5 % @ 10,6 μm \pm 15 % @ 10,6 à 440 μm ² |
| Dimensions (H x L x P, en mm) | Ø38,1 x 26,2 |
| Poids | 91 g |

Spécifications modifiables sans préavis.

¹ De 10 à 440 μm , mesure du spectromètre avec validation de plusieurs références laser.
De 440 à 600 μm , mesure du spectromètre seulement.
De 600 à 3 000 μm , mesure relative seulement.
Pour plus de détails, reportez-vous à l'Annexe B.

² Estimation sur des mesures d'absorption spectrale d'un absorbeur type dans le domaine THz.

| | THZ12D-3S-VP-D0 | |
|---|--|-----------------------------------|
| Moniteur Compatible | MAESTRO, U-LINK, M-LINK, INTEGRA | |
| Diamètre d'ouverture effective | Ø 12 mm | |
| Gamme spectrale projetée | 10 à 3 000 μm^2 | |
| Gamme spectrale de référence | 10 à 440 μm^2 | |
| Gamme spectrale | 10 à 600 μm^2 | |
| Longueur d'onde d'étalonnage | 10,6 μm | |
| Niveau de bruit de puissance ^{3 4} | $\pm 0,5 \mu\text{W}$ | |
| Dérive thermique ⁵ | 12 $\mu\text{W}/^\circ\text{C}$ | |
| Puissance minimale mesurable | 100 μW ⁶ | |
| Temps de montée typique (0 à 95 %) | 3,0 s | |
| Sensibilité typique | 200 mV/W | |
| Incertitude d'étalonnage | $\pm 3,0\%$ @ 10,6 μm $\pm 8\%$ @ 10,6 à 300 μm^3 $\pm 15\%$ @ 300 à 440 μm^3 | |
| Linéarité avec la puissance | $\pm 2\%$ | |
| Répétabilité (précision) | $\pm 0,5\%$ | |
| Résolution de puissance | $\pm 0,5\%$ | |
| Puissance moyenne max. | 3 W | |
| Puissance moyenne max (1 min) (refroidissement : minimum 3 min) | 3 W | |
| Taux de répétition minimum | 7 Hz avec anticipation 1 Hz sans anticipation | |
| Densité de puissance moyenne max (1 W CW) | 30 W/cm ² | |
| Densité d'énergie maximale | < 1 J/cm ² | |
| Dimensions (H x L x P, en mm) | Avec tube isol. : 73 x 73 x 72 | Sans tube isol. : 73 x 73 x 20 |
| Poids (tête seule, sans tube d'isolation) | 0,316 kg | |
| Refroidissement | Dissipateur thermique | |
| Impédance de charge recommandée | 100 k Ω | |
| Impédance de sortie | N.D. | |
| Linéarité p/r dimension du faisceau | $\pm 0,7\%$ | |
| Alimentation électrique carte circuit imprimé | N.D. | |
| Signal de sortie max. | N.D. | |

Spécifications modifiables sans préavis.

³ Valeur nominale, valeur réelle selon le bruit électrique du système de mesure.

⁴ Sans anticipation. $\pm 5 \mu\text{W}$ avec anticipation.

⁵ À 150 μW .

⁶ Selon la stabilité thermique de l'environnement.

2 DIRECTIVES D'UTILISATION

2.1 Utilisation avec un moniteur compatible

2.1.1 THZ9D

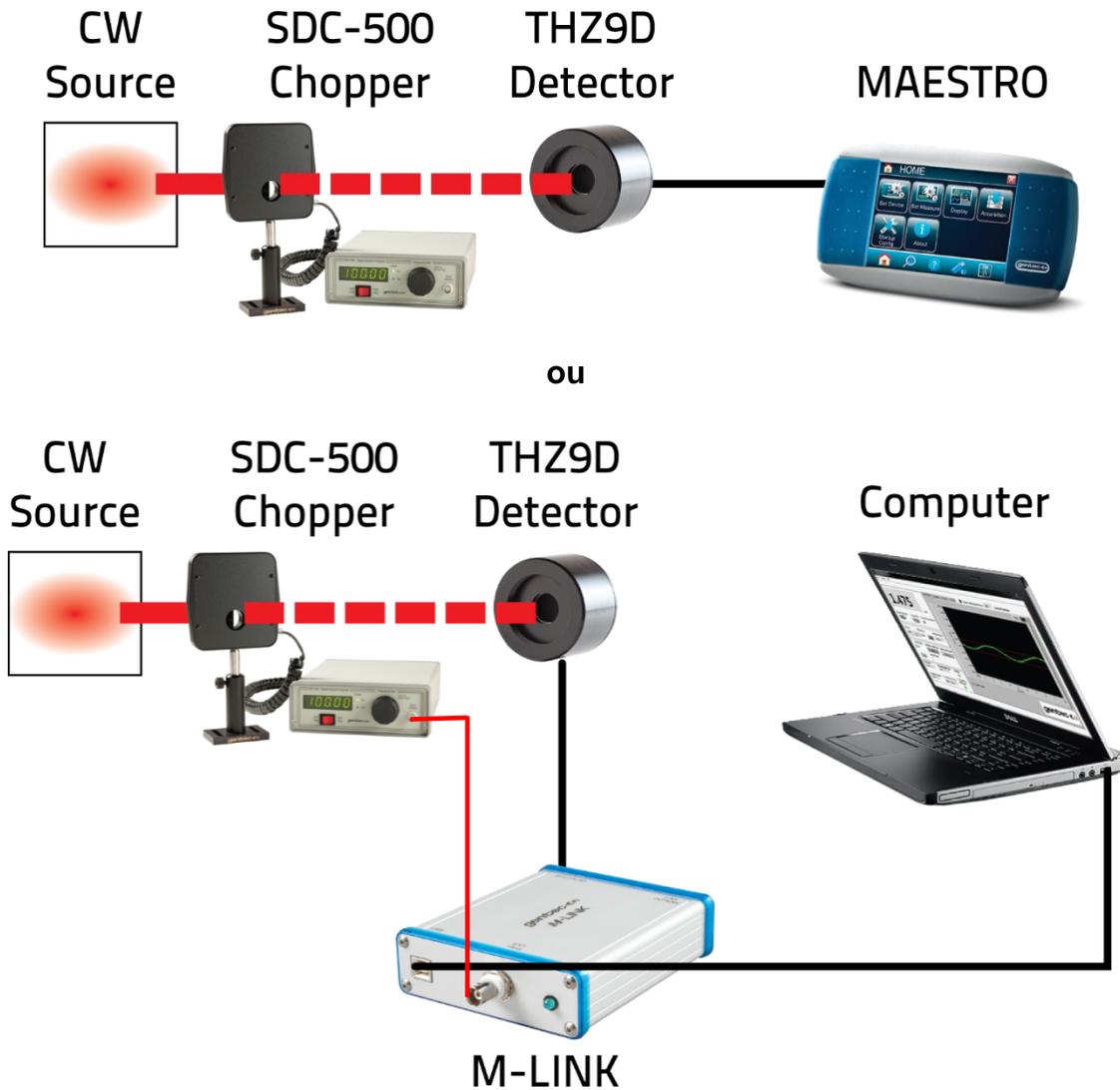


Fig. 2-1 Détecteur THZ9D avec moniteur

Consulter le guide d'utilisation de chaque moniteur pour de plus amples renseignements.

2.1.2 THZ12D

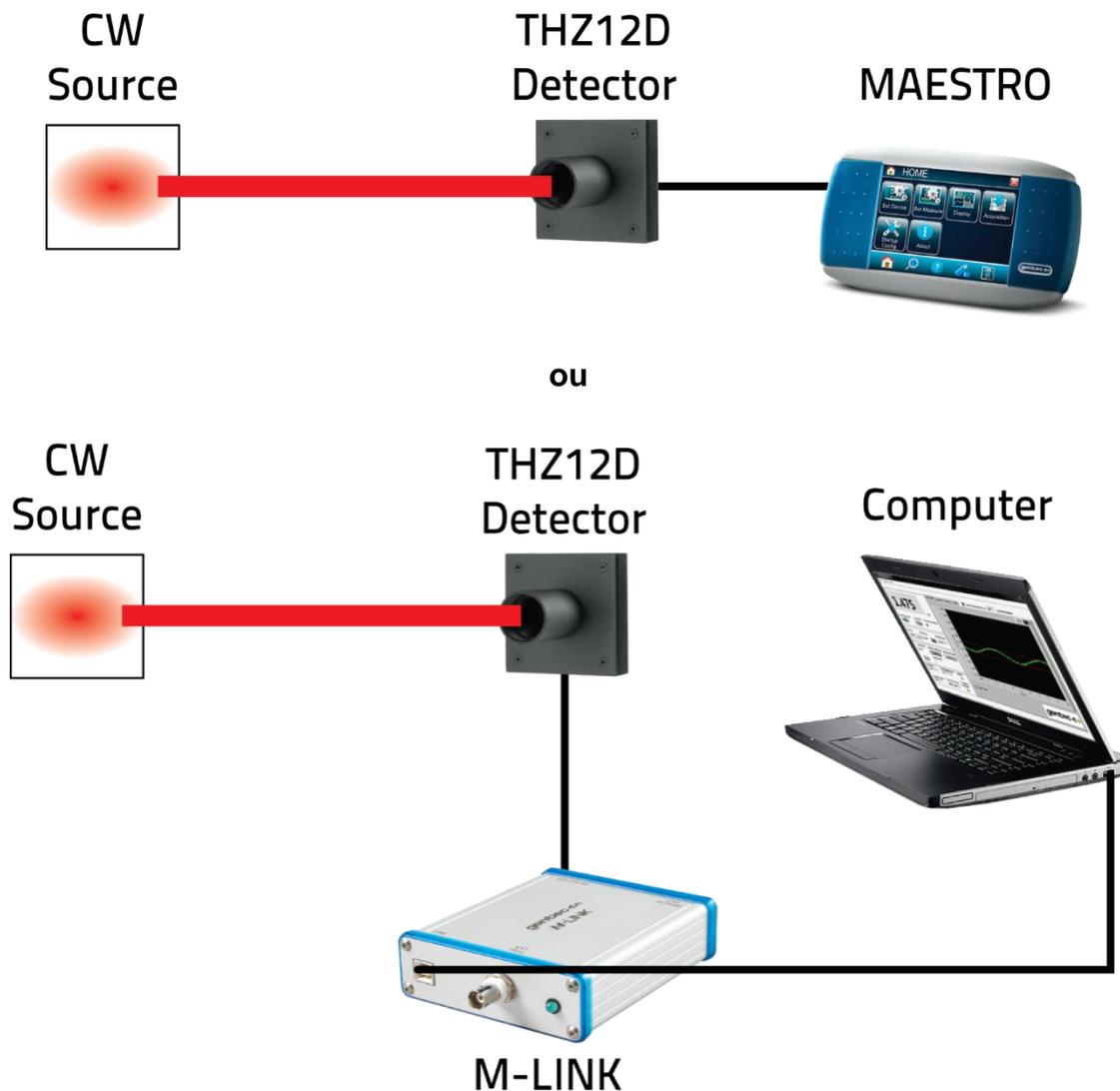


Fig. 2-2 Détecteur THZ12D avec moniteur

Consulter le guide d'utilisation de chaque moniteur pour de plus amples renseignements.

2.1.3 Directives générales

- 1- Placez le détecteur sur son support optique (avec un pied en delrin).
- 2- Connectez le détecteur à un moniteur de puissance laser Gentec-EO compatible (voir la figure 2-1).
(Reportez-vous aux spécifications.)

REMARQUE : Les paramètres programmés dans « l'interface intelligente » DB-15 correspondent à une impédance de charge de 1 M Ω .

- 3- Retirez le couvercle protecteur du détecteur, s'il y a lieu.
- 4- Le THZ9D nécessite l'utilisation d'un modulateur optique fonctionnant à 10 Hz. Placez le modulateur optique (SDC-500 ou équivalent) dans la trajectoire du faisceau laser entre le laser et le THZ9D. Assurez-vous que le faisceau laser soit entièrement contenu dans l'ouverture du détecteur de 9 mm.

AVERTISSEMENT : Ne dépassez pas les niveaux et densités maximums d'énergie, de puissance de crête et de puissance moyenne indiqués dans les pages de spécifications.

REMARQUE : Comme avec tous les appareils à thermopile ou pyroélectriques, ces détecteurs présentent une certaine linéarité en termes de position et de taille du faisceau. Pour obtenir les mesures les plus précises possibles, le faisceau devrait normalement être centré sur la surface du senseur et le diamètre du faisceau devrait idéalement être proche de celui des conditions d'étalonnage initiales, soit la puissance encerclée à 100 % (d'un faisceau semi-gaussien arrêté à $1/e^2$) appliquée à un diamètre égal à 80 % de l'ouverture du détecteur. Si vous utilisez une lentille divergente, un diffuseur de Lambert ou tout autre procédé d'étalement de faisceau, prendre note que la totalité de la lumière laser doit être dirigée dans les limites de l'ouverture du détecteur et que les pertes optiques doivent être connues. La mesure doit ensuite être corrigée afin de compenser ces pertes.

2.2 Utilisation à des longueurs d'onde autres que 10,6 μm

Le moniteur se configurera automatiquement à l'aide des données enregistrées dans la mémoire EEPROM de « l'interface intelligente » DB-15. Cette configuration comprend la sensibilité d'étalonnage et les corrections de longueur d'onde pour 20 longueurs d'onde courantes ^{7,8}.

Pour obtenir des mesures plus précises avec un détecteur de série THZ-D à des longueurs d'onde autres que celles déjà corrigées par les « Données de correction personnalisées »⁷ programmées dans « l'interface intelligente », un facteur de correction⁸ est automatiquement changé dans le moniteur pour compenser le changement de sensibilité du wattmètre. Cette compensation est due au changement d'absorption de l'absorbeur optique à différentes longueurs d'onde. Cette correction automatique est une interpolation linéaire entre deux valeurs mesurées « Données de correction personnalisées » typique.

⁷ Se reporter à la courbe spectrale du certificat « Données de correction personnalisées » typique à la section 7.

⁸ Consulter le guide du moniteur pour obtenir les directives.

2.3 THZ9D utilisé avec un oscilloscope :

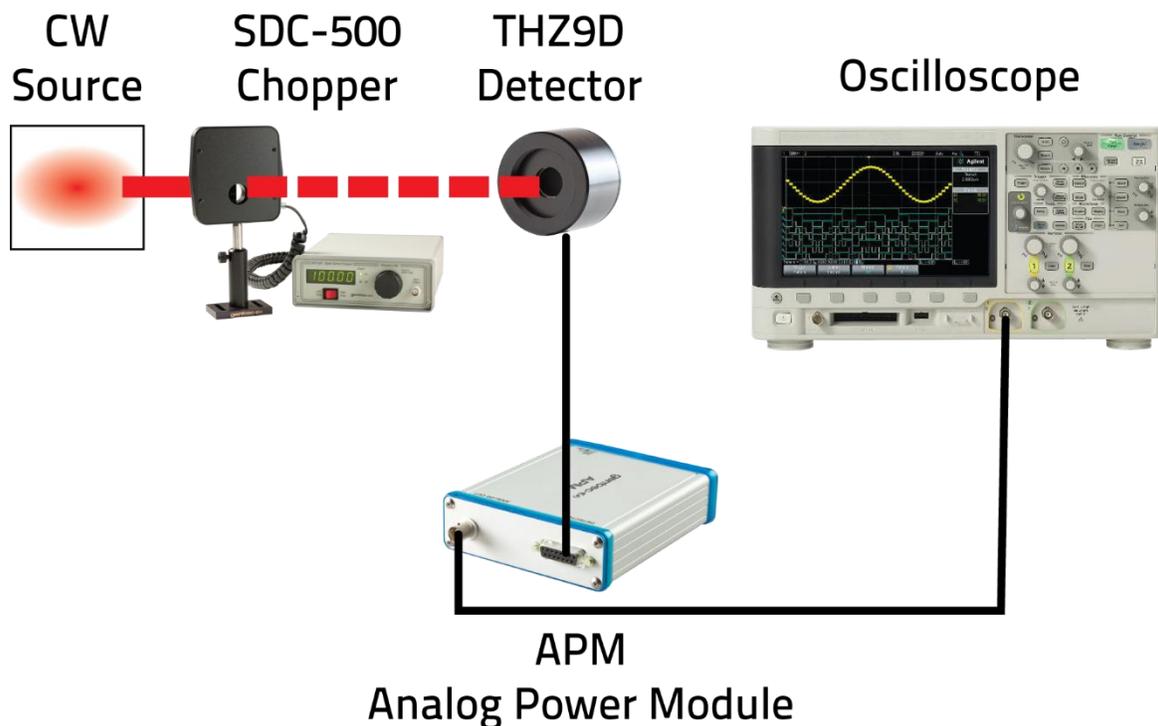


Fig. 2-3 Wattmètre THZ9D avec oscilloscope

2.3.1 Directives générales

Notez que le bruit en puissance dépendra du système d'acquisition.

- 1- Installez le wattmètre sur son support optique.
 - 2- Connectez le wattmètre à l'APM (D) (non compatible avec un module analogique T-RAD) et mettez-le sous tension (batterie ou alimentation électrique nécessaire).
 - 3- Connectez l'APM (D) à l'oscilloscope.
- REMARQUE : L'impédance de charge requise est de $1\text{ M}\Omega$ et $\leq 30\text{ pF}$.
- 4- Placez le modulateur optique (SDC-500 ou équivalent) dans la trajectoire du faisceau laser et ajustez la fréquence à 10 Hz (le faisceau laser doit être contenu dans l'ouverture).
 - 5- Positionnez le wattmètre dans la trajectoire du faisceau laser (le faisceau laser doit être contenu dans l'ouverture).

AVERTISSEMENT : Ne dépassez pas les niveaux et densités maximums d'énergie, de puissance de crête et de puissance moyenne indiqués dans les pages de spécifications.

REMARQUE : Comme avec tous les appareils pyroélectriques, ces détecteurs présentent une certaine sensibilité en position et en taille du faisceau.

Révision 1.8

Pour obtenir les mesures les plus précises possibles, le faisceau devrait normalement être centré sur la surface du senseur et le diamètre du faisceau devrait idéalement être proche de celui des conditions d'étalonnage initiales, soit la puissance encadrée à 100 % (d'un faisceau semi-gaussien arrêté à $1/e^2$) appliquée à un diamètre égal à 80 % de l'ouverture du détecteur. L'utilisation d'une lentille divergente, d'un diffuseur de Lambert, comme un verre opalin, ou de tout autre procédé d'étalement de faisceau, est recommandée à cette fin. Notez que la totalité de la lumière laser doit être dirigée dans les limites de l'ouverture du détecteur et que la perte de transmission à travers le composant optique doit être connue.

- 6- Réglez l'oscilloscope de façon à ce qu'il se déclenche par une impulsion du wattmètre ou par le signal de synchronisation du modulateur.
- 7- Mesurez la tension générée par le wattmètre entre la base et la crête.
- 8- Déterminez la sensibilité en volts/watts du wattmètre indiquée sur l'étiquette d'identification du détecteur ou le certificat d'étalonnage. Choisissez la valeur indiquée pour la longueur d'onde utilisée.
- 9- Calculez la puissance optique au moyen de l'équation suivante :

$$\text{Puissance} = (V_{\text{crête}} - V_{\text{base}}) / \text{sensibilité d'étalonnage}$$

Ex. :

- $V_{\text{crête}} - V_{\text{base}} = 1$ volt
- Sensibilité d'étalonnage du détecteur (100 volts/watts)

$$\text{Puissance} = 1 \text{ volt} / 100 \text{ V/W} = 10 \text{ mW}$$

2.3.2 Utilisation à des longueurs d'onde autres que 10,6 μm

Pour mesurer avec un détecteur de la série THZ-D à des longueurs d'onde autres que 10,6 μm , un facteur de correction doit être défini pour compenser le changement de sensibilité du wattmètre causé par le changement d'absorption de l'absorbeur optique à différentes longueurs d'onde.

Pour corriger le changement d'absorption, reportez-vous à la courbe spectrale du certificat « Données de correction personnalisées » fourni avec le wattmètre et calculez la valeur **K** en prenant la différence de pourcentage entre l'absorption à 10,6 μm et l'absorption à la longueur d'onde désirée.

$$K = \frac{A(\lambda_1)}{A(@ 10.6\mu\text{m})}$$

$$\text{Puissance} = (V_{\text{crête}} - V_{\text{base}}) / \text{sensibilité d'étalonnage} / K$$

Ici $A(\lambda_1)$ = absorption à la longueur d'onde désirée.

$A(@ 10.6\mu\text{m})$ = Absorption du THZ à 10,6 μm

Exemple de calcul :

$$A(\lambda 1) = 92 \%$$

$$A(@ 10.6\mu m) = 94 \%$$

$$K = \frac{A(\lambda 1)}{A(@ 10.6\mu m)} \times 100$$

$$K = \frac{92\%}{94\%} \times 100 = 0,9787 \times 100 = \mathbf{97,87\%}$$

Ex. :

- $(V_{\text{crête}} - V_{\text{base}}) = 1 \text{ volt}$
- Sensibilité d'étalonnage du détecteur à 10,6 μm (100 volts / watts)

$$\text{Puissance} = 1 \text{ volt} / 100 \text{ V/W} / 97,87\% = 10,218 \text{ mW}$$

3 DOMMAGES AUX MATÉRIAUX DE L'ABSORBEUR OPTIQUE

En tout temps, la surface incidente du faisceau ne doit pas être inférieure à 10 % de l'ouverture du détecteur. Communiquez avec Gentec-EO pour savoir comment effectuer des mesures avec des faisceaux plus petits.

Les dommages sont habituellement causés par le dépassement des tolérances maximales spécifiées par le fabricant :

- Densité de puissance moyenne
- Densité de puissance de crête
- Densité d'énergie en impulsion

Reportez-vous aux spécifications des wattmètres de série THZ-D. Des dommages peuvent également être causés par l'utilisation d'un détecteur avec une surface contaminée.

Les seuils de dommage indiqués dans la section des spécifications se rapportent à une altération visible de la surface de l'absorbeur. En pratique, une légère altération n'affectera pas la réponse du wattmètre. Le wattmètre est considéré endommagé et/ou hors étalonnage lorsqu'un dommage important est évident ou lorsque l'électrode métallique est visible sous le revêtement⁹.

Dans le cas d'un faisceau TEM₀₀ (gaussien), la puissance crête et la densité d'énergie maximales peuvent être calculées au moyen de l'équation suivante :

$$\text{Densité (puissance ou énergie)} \approx \frac{2I_0}{\pi W^2}$$

Où I_0 est la puissance ou l'énergie totale du faisceau

W est le rayon du faisceau à $1/e^2$ et $\pi = 3,1416$

REMARQUE : La taille minimale d'un faisceau TEM₀₀ correspond au rayon d'un cercle centré sur l'axe du faisceau et renfermant 86 % de l'énergie du faisceau. Réf. : SIEGMAN,

⁹ Contactez Gentec-EO pour obtenir une évaluation, une réparation, un réétalonnage ou un remplacement (reportez-vous aux directives relatives à la GARANTIE).

A.E., An Introduction to Lasers and Masers, p. 313 (Mcgraw-Hill Series in the Fundamentals of Electronic Science). (En anglais seulement)

Exemple de calcul de densité d'énergie :

$$I_0 = 1 \text{ joule (énergie totale)}$$

$$W = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Densité d'énergie} = \frac{2 \times 1 \text{ joule}}{\pi \times (1 \text{ cm})^2} = 0,64 \text{ joule/cm}^2$$

Exemple de calcul de densité de puissance :

$$I_0 = 1 \text{ mégawatt (puissance totale)}$$

$$W = 1 \text{ cm}$$

$$\text{Densité de puissance} = \frac{2 \times 1 \text{ mégawatt}}{\pi \times (1 \text{ cm})^2} = 0,64 \text{ MW/cm}^2$$

4 ACCESSOIRES EN OPTION

Communiquez avec Gentec-EO pour obtenir la liste complète des accessoires, ainsi que leurs spécifications et caractéristiques.

Liste partielle :

- APM-D (pour connecter un appareil de série THZ9D à un oscilloscope).
- Moniteur MAESTRO
- Moniteur M-LINK
- Modulateur optique SDC-500
- Mallette de transport

5 ANNEXE A

5.1 Procédure de recyclage et de tri pour la directive DEEE 2002/96/CE.

La présente section s'adresse au centre de recyclage au moment où le détecteur atteint la fin de sa vie utile. Le bris du sceau d'étalonnage ou l'ouverture du détecteur annulera la garantie du détecteur.

Le détecteur complet contient :

- 1 détecteur avec fils ou DB-15.
- 1 CD (guide d'utilisation, logiciel et pilotes)
- 1 certificat d'étalonnage

5.2 Tri :

Papier : certificats

Fils : détecteur de câble.

Carte de circuit imprimé : à l'intérieur du détecteur et DB-15, aucun tri nécessaire (moins de 10 cm²).

Aluminium : boîtier du détecteur.

6 Annexe B : Étalonnage des détecteurs THZ

Gentec-EO a considérablement amélioré la précision d'étalonnage de son détecteur de puissance THZ. Nous avons 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 μm (30 à 0,70 THz) et sur l'étalon de mesure gold international THZ du PTB. L'objet de cette annexe 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 types 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 (la longueur d'onde la plus courante est 1,064 ou 10,6 μm). L'absorption spectrale relative du senseur est également déterminée à l'aide d'un spectromètre proche infrarouge (0,25 à 2,5 μm) et d'une référence 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 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 toute la 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 au fait que, avant 2009, il n'existait aucune norme d'étalonnage internationale reconnue, ni aucun 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 par conséquent être utilisés uniquement pour effectuer des mesures relatives. Or, en 2009, l'équipe du PTB en Allemagne a annoncé offrir désormais la possibilité d'étalonner de manière traçable des détecteurs THz à la longueur d'onde unique de 119 μm (ou 2,52 THz) avec une précision de $\pm 15\%$. Ces capacités d'étalonnage ont aujourd'hui été améliorées de 70 à 288 μm (ou 4,25 à 1,04 THz) avec une meilleure incertitude ($\pm 4\%$).

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.

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 senseur THz mis sur le marché en 2011. 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. 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 μm . 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 μm (et jusqu'à 600 μm), qui est utilisé comme absorbeur THz pour notre nouvelle sonde thermique. Cette sonde, de modèle THZ12D-3S-VP, est considérée comme la première référence spectrale à atteindre une incertitude ($\pm 8\%$) 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 et les étalons de mesure gold de PTB avec des mesures de sensibilité de puissance à 119 μm effectuées depuis 2012, en 2014 à 119, 70,5, 215 et 288 μm .

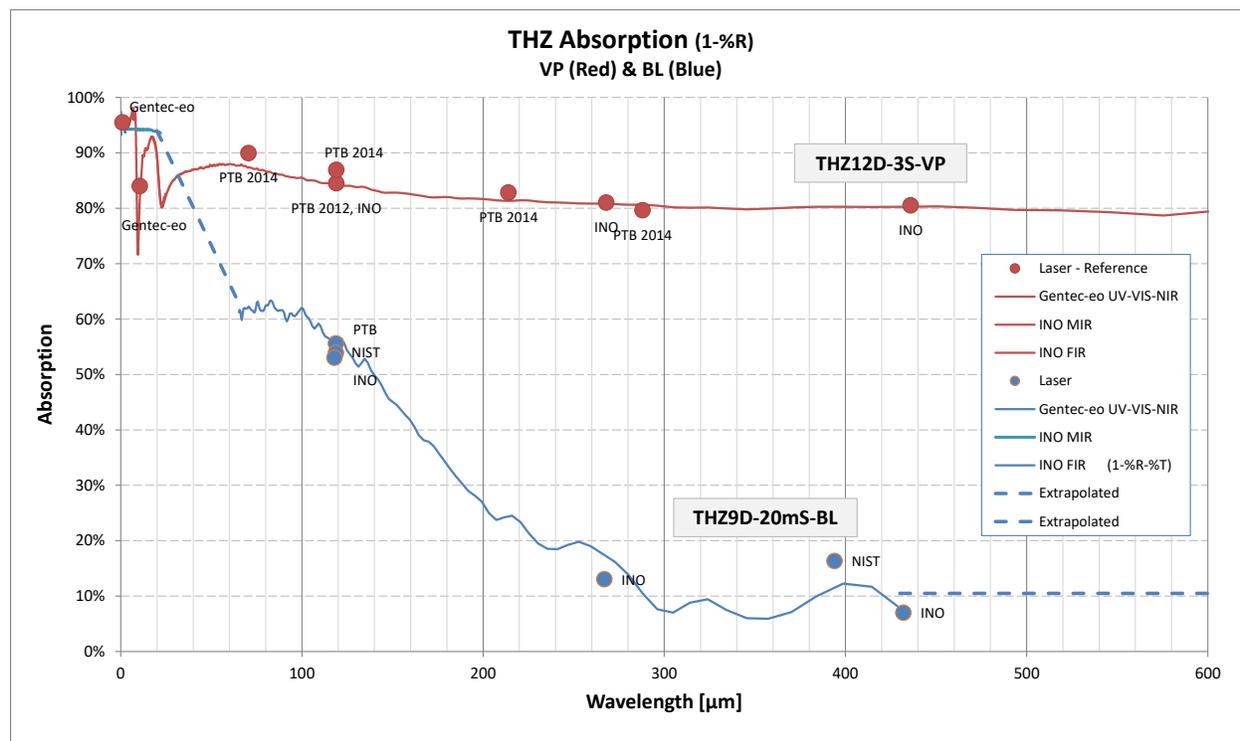


FIGURE 1 : Courbes d'absorption spectrale de référence et mesures de puissance traçables pour la validation de la réponse en longueur d'onde

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 μm) 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 de 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 μm à l'aide de notre spectromètre pour la mesure d'absorption traçable interne.

Par ailleurs, des mesures de sensibilité traçables ont été effectuées à 10,6 μm par rapport à un étalon de mesure gold du NIST et à 119 μm 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. En 2012, la précision de la sonde THZ12D-3S-VP-D0 à 119 μm (2,52 THz) était de $\pm 15\%$, mais a été réduite à $\pm 4\%$ en 2015, avec des longueurs d'onde supplémentaires de 70,5, 215 et 288 μm avec une incertitude similaire. 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 μm par rapport à l'étalon de mesure gold NIST et à 119 μm par rapport à l'étalon de mesure gold du PTB. D'autre part, la variation de l'absorption de 10,6 à 600 μm est de l'ordre de $\pm 4\%$ et de $\pm 2,5\%$, de 119 à 600 μm . Par ailleurs, d'autres points de validation ont été effectués à l'aide de mesures 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 μm 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 $\pm 8\%$ de 10,6 à 300 μm et à $\pm 15\%$ de 300 à 440 μm 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 μm (30 à 0,68 THz). Au-delà de 440 μm (0,68 THz), l'absorption spectrale est estimée.
4. La sensibilité typique 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 μm (30 à 0,68 THz). Au-delà de 440 μm (0,68 THz), l'absorption spectrale est estimée. La sensibilité traçable est déterminée à 10,6 μm avec l'étalon de mesure gold du NIST.

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.

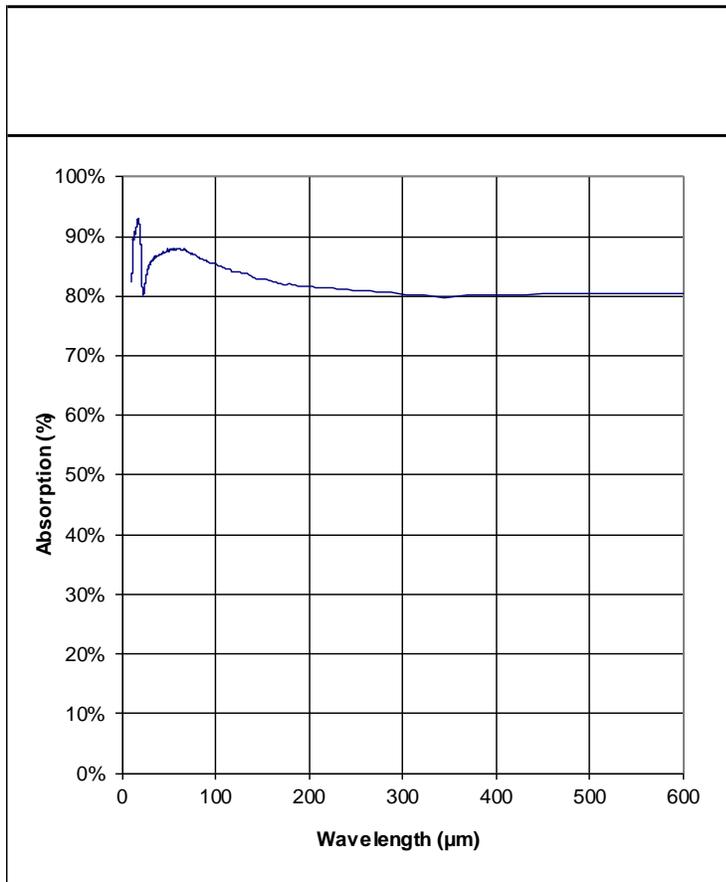
7 Annexe C : « Données de correction personnalisées » types



Personal wavelength correction™ Certificate

Spectral Absorption Plot measured for: THZ12D-3S-VP-D0 Power Detector

Serial #Typical



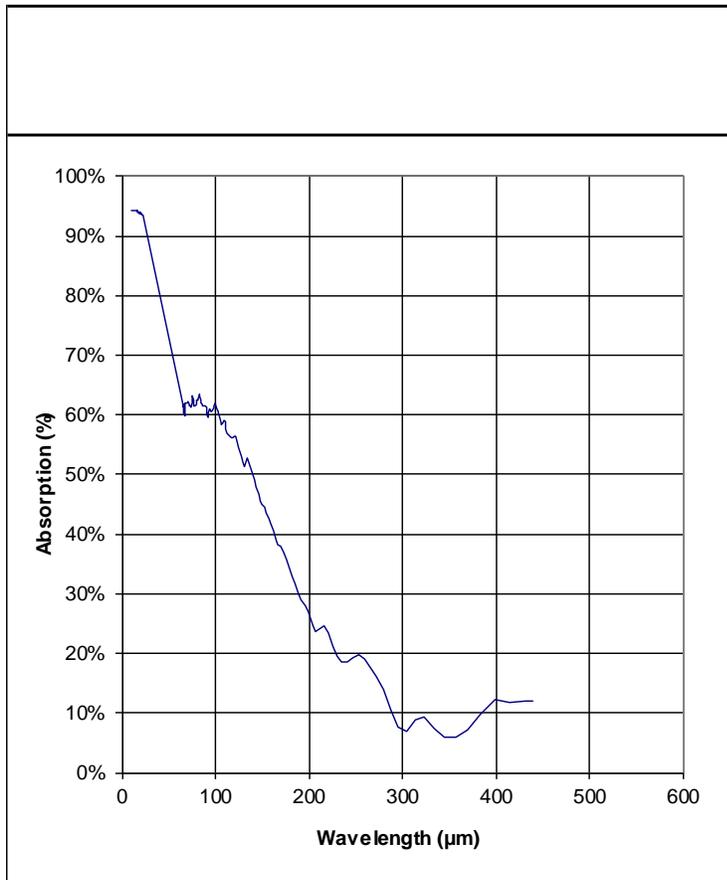
| Personal Wavelength Correction™ | | |
|--|--------|------------|
| Wavelength | | Correction |
| (μm) | (THz) | multiplier |
| * 10.6 | * 28.3 | 1.000 |
| 43 | 6.97 | 0.945 |
| 52 | 5.77 | 0.938 |
| 70 | 4.28 | 0.942 |
| 96 | 3.12 | 0.963 |
| 119 | 2.52 | 0.978 |
| 122 | 2.46 | 0.980 |
| 134 | 2.24 | 0.982 |
| 158 | 1.90 | 0.996 |
| 184 | 1.63 | 1.005 |
| 191 | 1.57 | 1.007 |
| 214 | 1.40 | 1.013 |
| 237 | 1.26 | 1.016 |
| 268 | 1.12 | 1.019 |
| 288 | 1.04 | 1.021 |
| 334 | 0.898 | 1.028 |
| 349 | 0.859 | 1.032 |
| 394 | 0.761 | 1.026 |
| 440 | 0.681 | 1.026 |
| 600 | 0.500 | 1.025 |
| * Calibration wavelength | | |
| For Gentec-EO monitors, select the proper wavelength in menu | | |
| For other monitors, multiply by the correction multiplier | | |
| Power corrected = Power read x correction multiplier | | |
| Example: Power (158μm) = 10mW x 1.897 = 18.97 mW | | |



Personal wavelength correction™ Certificate

Spectral Absorption Plot measured for: THZ9D-20mS-BL-D0 Power Detector

Serial #Typical



| Personal Wavelength Correction™ | | |
|--|--------|------------|
| Wavelength | | Correction |
| (µm) | (THz) | multiplier |
| * 10.6 | * 28.3 | 1.00 |
| 43 | 6.97 | 1.20 |
| 52 | 5.77 | 1.30 |
| 70 | 4.28 | 1.52 |
| 96 | 3.12 | 1.56 |
| 119 | 2.52 | 1.68 |
| 122 | 2.46 | 1.67 |
| 134 | 2.24 | 1.81 |
| 158 | 1.90 | 2.21 |
| 184 | 1.63 | 2.86 |
| 191 | 1.57 | 3.11 |
| 214 | 1.40 | 3.89 |
| 237 | 1.26 | 5.08 |
| 268 | 1.12 | 5.34 |
| 288 | 1.04 | 8.93 |
| 334 | 0.898 | 10.00 |
| 349 | 0.859 | 15.65 |
| 394 | 0.761 | 9.50 |
| 440 | 0.681 | 7.85 |
| 600 | n/a | n/a |
| * Calibration wavelength | | |
| For Gentec-EO monitors, select the proper wavelength in menu | | |
| For other monitors, multiply by the correction multiplier | | |
| Power corrected = Power read x correction multiplier | | |
| Example: Power (158µm) = 10mW x 1.897 = 18.97 mW | | |

8 DÉCLARATION DE CONFORMITÉ

Application des directives du Conseil : 2004/108/CE Directive CEM

Nom du fabricant : Gentec Electro-Optics, Inc.
 Adresse du fabricant : 445 St-Jean Baptiste, bureau 160
 (Québec), Canada G2E 5N7

Nom du représentant : Laser Component S.A.S
 Adresse du représentant : 45 bis Route des Gardes
 92190 Meudon (France)

Type d'équipement : Wattmètre/joulemètre laser
 Numéro du modèle : UM et XLP
 Année d'essai et de fabrication : 2011

Normes auxquelles la conformité est
 déclarée : EN 61326-1 : Norme générique
 d'émission 2006

| Norme | Description | Critères de performance |
|-------------------------------|---|-------------------------|
| CISPR 11:2009 +A1 2010 | Équipement industriel, scientifique et médical – Caractéristiques de la perturbation des fréquences radio – Limites et méthodes de mesure | Classe A |
| EN 61000-4-2:2009 | Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2 : Techniques de test et de mesure - Décharge électrostatique. | Classe B |
| EN 61000-4-3:2006 +A2:2010 | Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3 : Techniques de test et de mesure - Test d'immunité au rayonnement, à la fréquence radio et au champ électromagnétique. | Classe A |
| EN 61000-4-4:2004 +A1:2010 | Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4 : Techniques d'essai et de mesure - Section 4 : Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves. | Classe B |
| EN 61000-4-6 2009 | Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4 : Techniques d'essai et de mesure - Section 6 : Immunité aux fréquences radioélectriques conduites. | Classe A |

**Je, soussigné, déclare que l'équipement indiqué ci-dessus est
conforme aux directives et aux normes susmentionnées**

Lieu : Québec (Québec) Date : 11 juin 2012



(président)

CHEF DE FILE EN MESURE LASER DEPUIS 1972



■ PUISSANCE ET ÉNERGIE LASER



■ PROFILOMÉTRIE LASER



■ MESUREURS THZ

CANADA

445 St-Jean-Baptiste, Suite 160
Quebec, QC, G2E 5N7
CANADA

T (418) 651-8003
F (418) 651-1174

info@gentec-eo.com

ÉTATS-UNIS

5825 Jean Road Center
Lake Oswego, OR, 97035
USA

T (503) 697-1870
F (503) 697-0633

info@gentec-eo.com

JAPON

Office No. 101, EXL111 building,
Takinogawa, Kita-ku, Tokyo
114-0023, JAPAN

T +81-3-5972-1290
F +81-3-5972-1291

info@gentec-eo.com

CENTRES DE CALIBRATION

- 445 St-Jean-Baptiste, Suite 160
Quebec, QC, G2E 5N7, CANADA
- Werner von Siemens Str. 15
82140 Olching, GERMANY
- Office No. 101, EXL111 building,
Takinogawa, Kita-ku, Tokyo
114-0023, JAPAN