

Comment ça marche ?

Les joulemètres pyroélectriques utilisés pour la mesure laser

Les joulemètres pyroélectriques sont utilisés en mesure laser depuis plus de 40 ans. Bien que la technologie de détection pyroélectrique soit plutôt ancienne, plusieurs avancées ont eu lieu depuis sa première utilisation en mesure laser, lui permettant de suivre les demandes toujours croissantes d'un marché très exigeant.

L'experte



Sophie LAPOINTE
Directrice du marketing Gentec
Électro-Optique, inc.



FIGURE 1 : Le tout premier joulemètre pyroélectrique commercialisé en 1972 sous le nom de ED-200.

Le tout premier joulemètre pyroélectrique a d'ailleurs vu le jour en 1972, commercialisé sous le nom de ED-200 (Figure 1). Depuis, de nombreuses avancées ont eu lieu. Parmi celles-ci, citons de meilleurs absorbeurs qui améliorent la résistance au flux et des matériaux diffuseurs qui répartissent la chaleur rapidement et sur une plus grande surface. Avec de telles avancées, il est maintenant possible de trouver sur le marché des appareils pouvant mesurer jusqu'à 250 Joules dans une seule impulsion et jusqu'à 90 Watts de puissance moyenne.

Le fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un joulemètre pyroélectrique est simple, une impulsion de lumière est absorbée par la surface du détecteur et la chauffe. La température du matériau pyroélectrique sous la surface est à son tour modifiée. Cela sépare les charges électriques dans le pyroélectrique qui crée une tension lorsque l'impulsion de l'énergie thermique la traverse vers un dissipateur thermique. Le dissipateur thermique

élimine l'énergie thermique pour préparer le pyroélectrique à une autre impulsion et pour l'empêcher de surchauffer. La lecture de tension électrique par l'instrument de mesure est proportionnelle à l'énergie. La Figure 2 ébauche la structure de base d'un joulemètre pyroélectrique.

L'absorbeur

La partie active du détecteur est l'absorbeur recouvrant le côté du pyroélectrique

exposé au laser. Ce matériau absorbe la plus grande partie de l'énergie lumineuse du laser et la convertit en chaleur. Une petite fraction est réfléctée. La quantité est indiquée par la courbe de réponse spectrale du matériau. La masse thermique de l'absorbeur et son épaisseur déterminent la vitesse à laquelle la chaleur peut circuler vers le détecteur pyroélectrique et, par conséquent, son temps de réponse. Diminuer l'impédance thermique en uti-

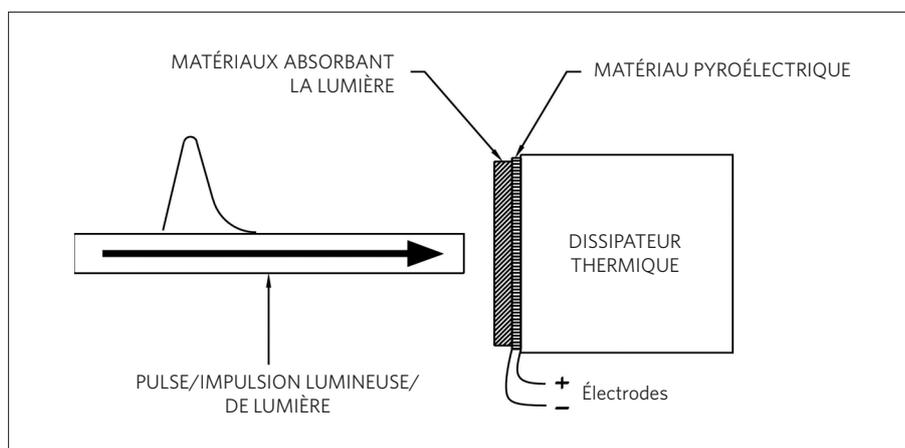


FIGURE 2 : Construction d'un joulemètre.

lisant un absorbeur avec une masse thermique inférieure ou réduire l'épaisseur de l'absorbeur augmentera sa vitesse. Il existe également des revêtements métalliques qui permettent des mesures pulse-à-pulse allant jusqu'à 6 000 Hz.

Le pyroélectrique

Le cœur d'un joulemètre est composé d'un matériau pyroélectrique à réponse rapide. Il agit comme une source de courant électrique lorsqu'il est soumis aux changements de température apportés par l'absorbeur. Il contient essentiellement des dipôles électriques permanents qui sont orientés dans un sens spécifique. Un changement rapide de température du matériau va altérer l'orientation de ces dipôles. Cela modifie le champ électrique interne et cause un déséquilibre de la charge électrique entre les deux grands côtés de l'appareil. Ces surfaces contiennent de fines électrodes métalliques. Celles-ci permettent à la charge de circuler d'une électrode vers un circuit avec une résistance de charge puis de revenir vers le cristal par le biais de l'autre électrode afin d'éliminer le déséquilibre. Le courant électrique est converti en signal de tension par la résistance de charge.

La réponse en voltage

Le résultat est une impulsion de tension s'élevant rapidement avec le temps de réponse de l'appareil à un niveau proportionnel à l'énergie du laser (Figure 3). Cette impulsion décline ensuite exponentiellement pendant un long moment, qui dépend de l'appareil pyroélectrique et de l'impédance de la charge. La Figure 3 montre également que le temps de récupération est plus long pour re-

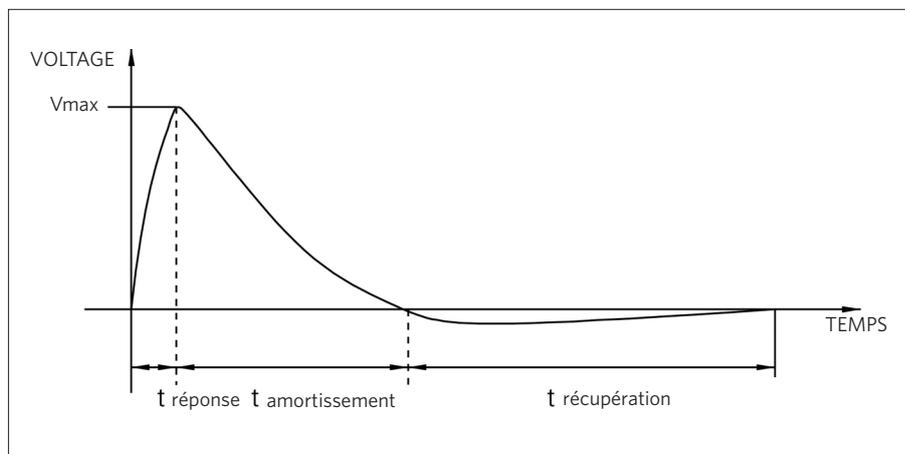


FIGURE 2 : Construction d'un joulemètre.

trouver l'état initial du détecteur. Celui-ci dépend du phénomène thermique et n'est pas affecté par l'impédance de la charge de la même manière que les temps de hausse et de déclin. L'énergie d'impulsion intégrée pendant cette période est proportionnelle à la tension de crête.

La mesure

L'énergie du laser est donnée par le changement de tension divisé par la sensibilité (en Volts/Joules) du détecteur. La tension mesurée est le changement de la tension de référence initiale à la tension maximale de l'impulsion. Typiquement, la sensibilité est fournie par le fabricant et, idéalement, traçable par le NIST. La sensibilité doit être mesurée avec le plus grand soin à l'aide d'une énergie laser rattachée au standard NIST. Cette sensibilité concerne l'impédance de charge spécifique étant requise. L'utilisateur peut mesurer la tension sur un oscilloscope ou un système informatisé d'acquisition de données et utiliser la valeur de sensibilité

pour réaliser la mesure d'énergie. Une option plus simple consiste à lire la mesure directement en Joules sur un moniteur d'énergie compatible avec la sonde joulemètre utilisée.

La résistance thermique

Le détecteur d'énergie réalisera des mesures exactes malgré la température de l'environnement ou le chauffage du détecteur, tant que la tension maximale ne sature pas. En effet, c'est la différence entre la tension initiale et la tension de crête qui permet de mesurer l'énergie d'impulsion. Cette mesure relative est correcte jusqu'à ce que la tension maximale disponible dans les composants électroniques empêche la tension de crête d'atteindre sa valeur naturelle.

Les seuils de dommage

L'énergie d'impulsion excessive qui est concentrée sur une petite aire peut endommager les détecteurs d'énergie. Pour les faisceaux laser les plus exigeants, il existe sur le marché des revêtements à large bande, qui bénéficient d'excellents seuils de densité d'impulsion. Une légère décoloration après une exposition à des impulsions courtes est due à une modification du matériau organique dans l'absorbeur, mais n'affecte pas la calibration du détecteur. Si suffisamment de revêtement est retiré par ablation afin d'exposer l'électrode métallique en dessous de celui-ci, alors la tension de sortie risque d'être trop affectée pour l'application. Une puissance moyenne trop élevée (supérieure à la spécification du fabricant) peut provoquer une surchauffe du dé-

SERVICE DE CALIBRATION LASER COMPONENTS POUR L'EUROPE

En partenariat avec la société canadienne Gentec-EO, Laser Components offre un service de calibration pour la plupart des détecteurs et leurs unités d'affichage. Les installations sont

identiques à celles de son partenaire Gentec-EO. Ce service permet à l'ensemble des clients européens une économie de temps et d'argent en leur permettant d'éviter le retour de leur matériel

au Canada. Les mesures effectuées sont basées sur les étalons du NIST (*National Institute of Standards and Technology*) reconnus internationalement.

tecteur. La contamination de la surface de l'absorbant peut également interférer avec la mesure ou encore endommager le détecteur en concentrant trop d'énergie dans un seul endroit. La graisse, la poussière et les traces de doigts sont des contaminants ordinaires à éviter.

La calibration

Peu importe le fabricant, il est généralement recommandé de faire réétalonner un joulemètre tous les ans. En plus des dommages visuellement évidents qui peuvent modifier la sensibilité du détecteur voire nécessiter une réparation, une utilisation prolongée peut occasionner une dérive de la sensibilité et donc augmenter l'incertitude de mesure. Il est important de se rappeler que les joulemètres pyroélectriques sont des détecteurs très sensibles et que le succès d'applications complexes dépend souvent de l'exactitude des mesures permettant de les contrôler ●

QUARANTE ANS D'EXPÉRIENCE

Située à Québec, au Canada, Gentec Électro-Optique inc. a une longue histoire dans le domaine de la mesure laser avec ses 40 années d'expérience. En fait, le tout premier mesureur d'énergie laser au monde avait initialement été développé pour des besoins internes, alors qu'en 1970, Gentec inc. mettait sur le marché le premier laser TEA CO₂ à haut taux de répétition. Gentec inc. a introduit sur le marché les premiers joulemètres pyroélectriques peu après. L'entreprise a également été la première à commercialiser autant des wattmètres à thermopiles que des

joulemètres pyroélectriques. Dans le milieu des années 1990, Gentec a introduit sa nouvelle série WB présentant un seuil de dommage en densité de puissance de 100kW/cm², un seuil non encore atteint par la compétition. En 2000, Gentec Électro-Optique inc. a été essaimée à partir de Gentec inc. afin que le focus de l'entreprise soit entièrement sur la mesure laser.

Aujourd'hui, l'entreprise conçoit, fabrique et commercialise une gamme complète de mesureurs de puissance et d'énergie laser, de détecteurs

optiques, de détecteurs destinés à l'intégration dans les systèmes laser, d'outils de diagnostic de faisceau et d'optique diffractive. Gentec Électro-Optique est également reconnue en tant que premier fournisseur mondial pour les calorimètres à large ouverture permettant de mesurer les plus hautes énergies laser. Grâce à sa technologie unique, Gentec Électro-Optique a une forte présence dans tous les plus gros laboratoires de fusion nucléaire réalisés par laser à confinement inertiel.

 www.gentec-eo.com 