

# DÉTECTEURS DE PUISSANCE

## LES DÉTECTEURS DE PUISSANCE DE GENTEC-EO

Bien établie dans ce domaine depuis plus de 45 ans, la société Gentec Électro Optique est un leader du secteur de la mesure de puissance et d'énergie laser. Le seuil de dommage de densité de puissance moyenne de  $100 \text{ kW/cm}^2$  que nous avons introduit avec la gamme WB dans les années 1990 reste inégalé. Gentec-EO propose également des détecteurs de puissance à réponse spectrale uniforme et à large bande pour un usage général dans les gammes UP12-H et UP19-H; une résistance élevée aux dommages des impulsions de puissance de crête pour les gammes spécifiques UV et IR avec la gamme UP19-VR; ainsi que des détecteurs de puissance moyenne élevée dans les détecteurs de haute puissance UP25-H, UP55-H & UP55-HD à refroidissement pneumatique et hydraulique pour les gros travaux. Tous nos détecteurs sont disponibles en version OEM et avec des disques de tailles différentes. Quels que soient vos besoins, Gentec Électro Optique a une solution.



## FONCTIONNEMENT

### DISSIPATEUR THERMIQUE

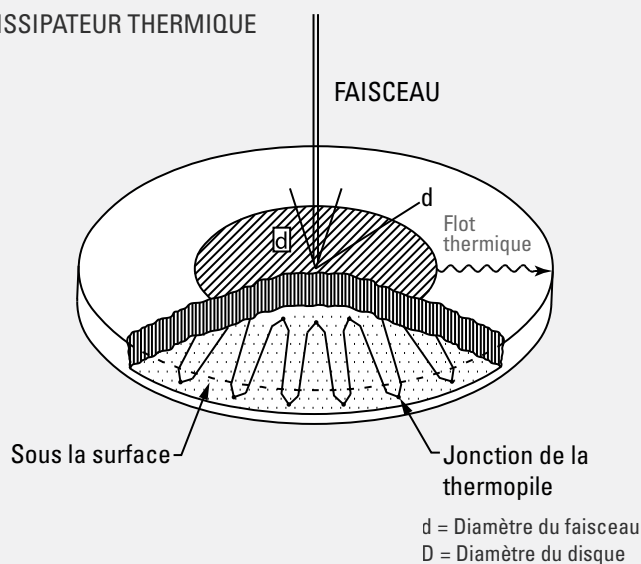


Figure 1. Thermopile à disque

Le détecteur de puissance laser de base est essentiellement une thermopile. L'application la plus répandue des thermopiles, dont le nom « refroidisseur thermoélectrique » est d'ailleurs originaire, consiste à appliquer une tension pour refroidir un côté de la thermopile et ce à quoi elle est attachée. Les thermopiles destinées à la mesure de puissance laser sont toutefois utilisées de manière inverse. C'est-à-dire que l'on utilise une différence de température pour créer une tension. Le matériau est chauffé par le laser d'un côté et un dissipateur thermique est présent de l'autre côté. L'énergie laser absorbée par ce matériau est convertie en chaleur. Avec l'absorbeur chaud sur une surface et le dissipateur thermique froid sur l'autre, une différence de température se crée sur l'appareil thermoélectrique lorsque la chaleur circule à travers celui-ci. C'est cette différence de température qui entraîne la thermopile à générer une tension. Cette tension est proportionnelle à la différence de température qui est elle-même proportionnelle à la puissance du laser. Le moniteur mesure cette tension afin de fournir la mesure de la puissance laser en watts. La Figure 1 montre les principes fondamentaux des détecteurs de puissance à thermopile.

## L'ABSORBEUR

Le matériau d'absorption optique constitue l'une des pièces les plus importantes du détecteur. En effet, ses propriétés définissent en grande partie la performance du détecteur, en particulier sa résistance aux dommages des impulsions. Ce matériau absorbe la plupart de l'énergie lumineuse du laser et la convertit en chaleur. Une fraction est réfléctée, pouvant varier de quelques pourcents à 50 % de la puissance optique totale, selon le matériau et l'application prévue. La quantité est indiquée par la courbe de réponse d'absorption spectrale du matériau. Avec un absorbeur tel que notre revêtement H à large bande, environ 90 % de la puissance peut être absorbée sur une très grande gamme de longueurs d'ondes (190 nm à  $20 \mu\text{m}$ ) avec de petites variations. C'est ce que l'on appelle un absorbeur spectralement uniforme. Il transfère rapidement et efficacement la chaleur grâce à sa faible masse thermique.

# DÉTECTEURS DE PUISSANCE

## UN DÉBUT MODESTE

Une thermopile est simplement un ensemble de thermocouples connectés en série et rapprochés. La technologie fondamentale des détecteurs de puissance laser thermiques remonte d'ailleurs à 1821! C'est à cette date que Thomas Seebeck joint deux fils de matériaux différents sur leurs deux extrémités et découvre le courant électrique circulant lorsqu'il fait chauffer une extrémité. Par ailleurs, il trouve que la tension entre les raccordements est proportionnelle à la différence de température entre celles-ci. Cette tension est appelée la tension de Seebeck. Elle est devenue la base du thermocouple. Des années plus tard, Lord Kelvin (William Thomson) expliquait cette tension. La chaleur provoque essentiellement la diffusion des électrons d'une extrémité d'un fil à l'autre. L'effet étant différent selon les métaux, il existe une différence nette de tension où les métaux se joignent, ce qui explique la tension de Seebeck. Peltier a apporté sa contribution en 1834 en observant que l'on pouvait faire circuler la chaleur vers ou hors du raccordement en fonction du sens de circulation du courant. Les thermocouples modernes sont créés par l'assemblage d'alliages de métaux spécialement formulés et de matériaux semi-conducteurs spécialement dopés.

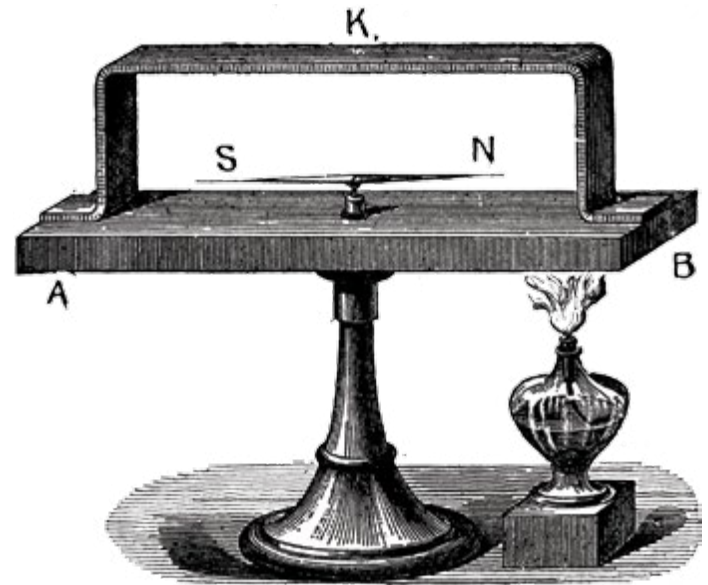


Figure 2.  
Thermopile de Seebeck

## LE THERMOCOUPLE

Une idée pratique d'un thermocouple est essentiellement 2 fils de métaux différents attachés à leurs deux extrémités comme dans la Figure 3. Un raccordement va vers le côté « chaud » de l'appareil et l'autre vers le côté « référence » ou froid de l'appareil. Pour la mesure de puissance laser, le raccordement chaud est placé près de l'absorbeur et l'autre près du dissipateur thermique. Toute différence de température entre les deux raccordements provoque une différence de tension entre ceux-ci. Cette tension électrique est proportionnelle à la différence de température et donc à la puissance laser. C'est la tension qui est mesurée par le moniteur de puissance afin de permettre la mesure de puissance.

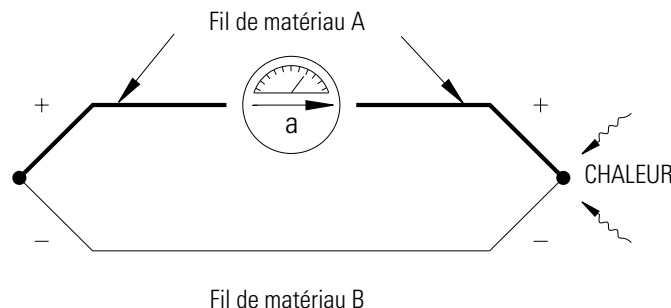


Figure 3.  
Le thermocouple

# DÉTECTEURS DE PUISSANCE

## LA THERMOPILE

La quantité de tension pouvant être produite par un thermocouple est faible. Ainsi, un ensemble de thermocouples est connecté en série afin d'augmenter la sensibilité et de multiplier la sortie. Dans cet ensemble, chaque fil est raccordé à deux fils de l'autre type, avec un fil différent à chaque extrémité, au lieu d'avoir deux fils raccordés deux fois. Les raccordements alternent un fil après un autre pour que chaque fil dispose d'un raccordement du côté chaud et d'un autre du côté froid. Ce concept est plus simple à visualiser dans la Figure 1. Plus les raccordements sont nombreux et proches, plus la thermopile sera sensible. Elle crée donc plus de tension pour la même puissance laser.

## CONFIGURATIONS DE THERMOPILES

### THERMOPILE À DISQUE

Deux types de thermopiles sont utilisés pour la mesure de puissance laser. Le premier type est la thermopile à disque comme illustrée dans la Figure 1 et l'autre type est la thermopile à galette. Le disque est composé d'un ensemble de raccordements disposés en rayon. Un ensemble de raccordements est situé à l'extérieur à proximité de l'ouverture optique tandis qu'un autre ensemble est installé près du bord du disque, qui est lui-même attaché à un dissipateur thermique de grande taille. La puissance du laser chauffe le centre de l'absorbeur et crée une différence de température entre le centre et le bord. Les thermocouples génèrent une tension correspondant à cette différence.

La principale différence par rapport au second type de thermopile est que la chaleur circule en rayon dans le disque qui peut ainsi supporter une puissance moyenne plus élevée, en particulier avec un refroidissement hydraulique ou par soufflage d'air. La thermopile à disque bénéficie également d'un temps de réponse naturel bien plus élevé. Gentec-EO offre une ligne complète combinant un disque nouvelle technologie à différentes méthodes de refroidissement comme un dissipateur thermique, un ventilateur ou un module de refroidissement hydraulique.

### THERMOPILE À GALETTE

Le second type de thermopile ressemble à une galette, ou à un sandwich, avec des thermocouples disposés entre les deux faces. Une face rectangulaire de la thermopile à galette reçoit la chaleur. Cela crée un fort écart de température sur la petite distance jusqu'à l'autre face qui est en contact avec le dissipateur thermique de grande taille. L'ensemble de thermocouples à l'état solide dans la thermopile génère une tension proportionnelle à cet écart, tout comme dans la thermopile à disque. En raison de l'espace restreint entre les thermocouples, du grand nombre de thermocouples dans la galette, et de l'important écart de température sur les deux surfaces, la tension de sortie de cette thermopile est la plus sensible à la puissance laser et la moins sensible à la position et à la taille du faisceau.

## ANTICIPATION

La réponse en tension d'une thermopile à la puissance d'entrée est prévisible et peut être modélisée. Tous les moniteurs Gentec-EO disposent de circuiteries et de logiciels modelant l'impulsion d'entrée et prévoient exactement sa valeur de crête avant qu'elle ne l'atteigne réellement. Cette circuiterie « d'anticipation » permet aux thermopiles à galette un temps de réponse accéléré bien plus rapide que le temps de réponse naturel de l'appareil lorsqu'elles sont utilisées avec un moniteur Gentec-EO.

Consultez notre ligne complète de détecteurs de puissance à thermopile à la page **62**

# DÉTECTEURS DE PUISSANCE

## SEUILS DE DOMMAGE

### LE THERMOCOUPLE

Une puissance moyenne trop élevée surchauffe simplement le détecteur jusqu'à endommager les raccordements des thermocouples. Par conséquent, la thermopile elle-même ainsi que le système de refroidissement déterminent la puissance moyenne du détecteur. Vous courez également ce risque si vous dépassez les spécifications du fabricant pendant trop longtemps. Afin d'éviter la surchauffe, nous proposons la gamme UP qui peut, grâce à sa dernière conception, supporter bien plus de chaleur qu'une thermopile habituelle.

### DENSITÉ DE PUISSANCE MOYENNE

Concentrer trop d'énergie dans une aire trop petite peut endommager l'absorbeur. L'absorbeur détermine donc la quantité d'énergie et la densité de puissance que le détecteur peut supporter. Il existe deux types fondamentaux de dommages. Le premier type de dommage découle des effets thermiques lents et le second des impacts des impulsions courtes. Le dommage thermique lent est dû au chauffage local lorsque la densité de puissance moyenne est trop élevée. Le résultat est la fonte, la vaporisation et/ou le craquage de l'absorbeur. Les lasers CW et QUASI-CW avec des taux de répétition élevés, comme ceux utilisés lors du micro-usinage pour créer une densité de puissance moyenne élevée, en particulier avec de petits diamètres de faisceau. Pour ces faisceaux laser exigeants, nous proposons les gammes W5 et W9 qui ont à ce jour le seuil de densité de puissance moyenne le plus élevé, qui s'élève à 100 kW/cm<sup>2</sup>. Dans les cas les plus difficiles, élargir le faisceau est souvent la manière la plus aisée de réduire la densité de puissance à une quantité raisonnable.

### DENSITÉ DE PUISSANCE DE CRÊTE (PULSÉE)

Lorsque l'énergie d'impulsion est concentrée dans un délai trop court, comme dans un espace trop restreint, elle vaporise par explosion une partie du matériau absorbant à la surface. Cela retire ou démolit une partie de l'absorbeur. Lorsque la thermopile située en dessous finit par être exposée, la sensibilité peut être trop affectée pour l'application. La gamme VR (absorbeurs de volume) sont conçues pour prendre l'énergie d'impulsion concentrée en la distribuant dans un volume plutôt que dans la seule surface de l'absorbeur. Contrairement aux matériaux à bande plus large qui absorbent l'énergie directement à la surface, l'énergie est absorbée à travers l'épaisseur du matériau. Cela distribue l'énergie à travers un volume cylindrique plutôt que sur une aire du diamètre du faisceau. Les densités d'énergie supérieures à 30 J/cm<sup>2</sup> et les densités de puissance de crête au-delà de 100 GW/cm<sup>2</sup> peuvent être traitées de cette manière en fonction de la longueur d'onde. S'ils sont endommagés par une densité d'énergie d'impulsion ou une densité de puissance d'impulsion de crête excessives, nos absorbeurs peuvent être facilement remplacés sur le terrain.

### LONGUEUR D'ONDE

L'autre facteur important à prendre en compte est la longueur d'onde. L'énergie des longueurs d'ondes plus longues, comme les IR moyens et lointains, ont tendance à pénétrer plus profondément dans l'absorbeur. Dépasser les spécifications peut provoquer des dommages survenant d'abord sur l'interface absorbeur-thermopile puis se développant à la surface. Dans les longueurs d'ondes plus courtes, l'énergie est concentrée plus près de la surface de l'absorbeur. Dans le cas des UV, les photons sont si énergétiques et concentrés à la surface qu'ils causent des dommages électroniques et optico-thermiques. Ils chassent essentiellement les électrons des atomes dans le matériau absorbant. Gentec-EO offre des absorbeurs à large bande pour tous les types de longueurs d'ondes ainsi que des absorbeurs pour une longueur d'onde spécifique. En pratique, une combinaison de ces deux mécanismes est souvent mise en œuvre et ils peuvent être tous deux visibles. Si votre application est proche des limites, faites attention aux seuils de dommage fournis par le fabricant ainsi qu'à la courbe d'absorption spectrale pour le matériau afin de l'ajuster à la longueur d'onde, le cas échéant.

### EN RÉSUMÉ

Les dommages à la surface de l'absorbeur, quel que soit le mécanisme (même en l'égratignant), ne représentent un problème que lorsqu'ils modifient le ratio de puissance réfléctie par rapport à la puissance absorbée à la longueur d'onde du laser. Les décolorations visibles n'ont pas forcément de signification à la longueur d'onde de votre laser si celles-ci se trouvent hors du spectre lumineux visible. Cependant, elles peuvent avoir des conséquences. Si plus de puissance est réfléctie, moins de puissance sera absorbée, le détecteur sera donc moins sensible que lorsqu'il était calibré. Lorsque ce dommage est assez sévère et couvre suffisamment de l'aire sous le faisceau pour affecter l'exactitude requise pour l'application, envoyez le détecteur à recalibrer et à entretenir si possible. Un recalibrage annuel constitue une bonne pratique pour de nombreuses applications.