

Principe, avantages et application pour les pyromètres Panorama

Albert Book

Les pyromètres mesurent le rayonnement infrarouge émis par une surface déterminée de l'objet pour en déterminer la température. La taille et la forme de la zone de mesure sont déterminées par la géométrie des lentilles et l'ensemble des composants comme le diaphragme ou le détecteur. On trouve principalement des instruments avec une visée circulaire. Grâce aux progrès technologiques, certains fabricants proposent désormais des visées rectangulaires. Cet article décrit le fonctionnement, les applications concernées et les avantages de la visée rectangulaire.

Température des objets en mouvement

L'idée d'utiliser une visée rectangulaire en pyrométrie infrarouge est apparue il y a une trentaine d'années pour faciliter l'alignement des instruments pour certaines applications. L'un des gros avantages des pyromètres par rapport aux sondes contact est de pouvoir mesurer la température d'objets en mouvement. Cela sous-entend néanmoins que l'instrument puisse « voir » l'objet, autrement dit que l'objet apparaisse dans la cible de visée. Les problèmes commencent quand l'objet oscille et ne remplit pas continuellement la cible comme lors du tréfilage (**Fig. 1**).

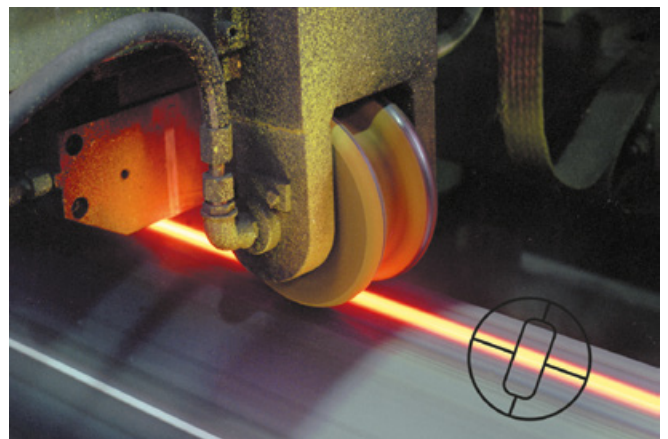


Fig. 1 La mesure reste fiable tant que l'objet oscille au sein du rectangle de visée.

Dans le cas des câbles oscillants, la méthode classique consiste à utiliser un pyromètre monochromatique avec une taille de spot la plus petite possible combiné à un miroir oscillant. Le miroir balaie une zone large et le système garde en mémoire la température maximale mesurée qui correspond à celle du câble qui recouvre entièrement le spot de mesure.

Le miroir oscillant étant un mécanisme en mouvement, il y a toujours un risque de panne sans compter que la mesure est périodique.

L'utilisation d'un rectangle de visée permet de se passer du miroir oscillant et d'avoir une mesure en continu. Une lentille cylindrique est utilisée à cet effet. La difficulté réside en l'homogénéisation de la distribution de l'énergie en tout point de la cible rectangulaire. Il ne faut pas que le centre de la cible sur/sous-évalue la température par rapport aux bords. De telles optiques constituent un surcoût élevé. De plus, des phénomènes de distorsion optique et de focales compliquaient l'alignement de l'instrument.

Cependant, un pyromètre bichromatique détecte le rayonnement infrarouge à deux longueurs d'onde et calcule le ratio. Ce dernier est alors comparé à une courbe d'étalonnage pour en extraire la température de l'objet. Dès lors, l'objet peut être plus petit que la zone de mesure et on peut donc mesurer sa température tant qu'elle est supérieure à celle de l'environnement.

Conception et fonctionnement du Panorama

Le pyromètre Panorama n'utilise pas une lentille cylindrique pour créer la cible rectangulaire mais se concentre sur la géométrie des diaphragmes (3) entre le détecteur le miroir déflexeur (4) (**Fig. 2**). Les lentilles n'ont alors pas besoin d'avoir une forme spéciale, l'image reçue par la visée optique ou par la caméra est conforme à la réalité. L'opérateur voit le champ de visée ainsi que la visée rectangulaire. La focalisation pour obtenir une image nette reste la même.

L'autre avantage de cette conception est d'avoir une zone de mesure, cible, strictement représentative de la zone effectivement mesurée. C'est le seul moyen de s'assurer du bon alignement et d'une focalisation correcte.

Un autre problème à surmonter dans l'élaboration du Panorama est lié aux aberrations optiques et la distribution hétérogène de l'énergie sur l'aire de détection. Ainsi en mode bichromatique, pour un objet à 1000°C, on peut avoir une dérive proche de 30°C entre la zone centrale et les bords du rectangle (**Fig. 3**). Les modèles standards peuvent afficher une température oscillante dès que la taille de l'objet varie.

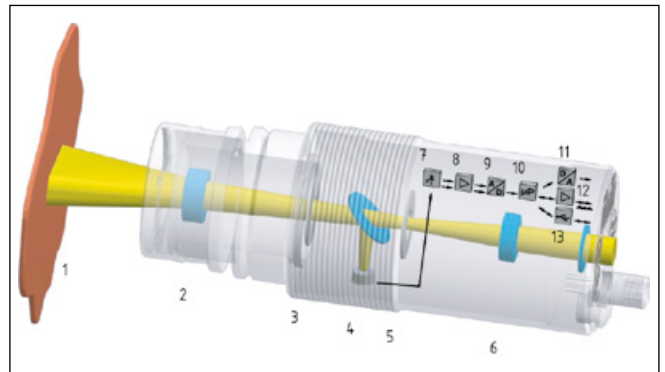


Fig. 2 Schéma de principes des diaphragmes spéciaux dans les modèles Panorama : objet mesuré (1), lentille focalisable et interchangeable (2), système de diaphragmes (3) et capteur (4), cible de visée (5), système de visée ou caméra (6)

Pour atténuer ce phénomène, il est nécessaire d'utiliser des lentilles spécifiques. Ces lentilles gardent les mêmes performances optiques en tout point de leur surface (aberration sphérique minimale). De plus, l'aberration chromatique longitudinale a été optimisée pour garantir une image nette aux deux longueurs d'onde utilisée par le détecteur ainsi que dans le spectre visible. Enfin, des détecteurs hautes performances sont utilisés. Le résultat est la série Panorama qui permet une mesure fiable d'un câble métallique dont la position ou la section varie dans le temps.

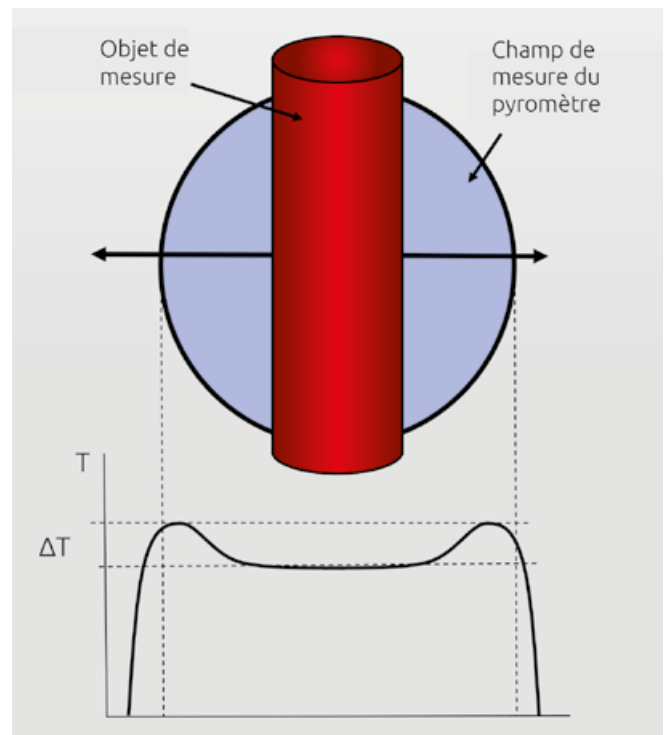


Fig. 3 En mode bichromatique, la valeur affichée augmente lorsque que le point chaud se trouve en bordure de la cible de visée.

Un large choix d'équipement optique

Les pyromètres Panorama sont construits sur un concept modulaire composé de : l'optique, le détecteur, l'électronique et le système de visée. Il est ainsi possible de choisir différentes lentilles ou systèmes de visée pour s'adapter à la taille de l'objet et à la distance de mesure (**Fig. 4**). Des lentilles supplémentaires peuvent également être vissées devant la lentille principale afin d'obtenir une taille de cible extrêmement petite pouvant aller jusqu'à 0.1 mm.

Alignement très facile et grande fiabilité opérationnelle

L'alignement du pyromètre sur un objet de petite taille ou à grande distance réclame des optiques de haute précision et un système de fixation sensible et robuste. L'utilisation d'un rectangle de visée est alors le gage d'une grande simplification (**Fig. 5**). Cette facilité d'utilisation est encore plus probante avec un portable où il est difficile à l'opérateur de rester parfaitement stable tout en visant l'objet. Un modèle Panorama permet d'avoir pour une même application, une taille de visée 3 à 7 fois plus grande qu'avec un modèle à visée circulaire. Cela sécurise grandement la fiabilité des mesures portables.

Applications types

Les modèles Panorama augmentent la fiabilité des mesures dès que l'objet oscille ou que l'alignement est plus délicat : objet de petite taille, distances variables, position changeante,



Fig. 4 Le concept modulaire du pyromètre permet de choisir les différents éléments électroniques, les lentilles interchangeables et supplémentaires.

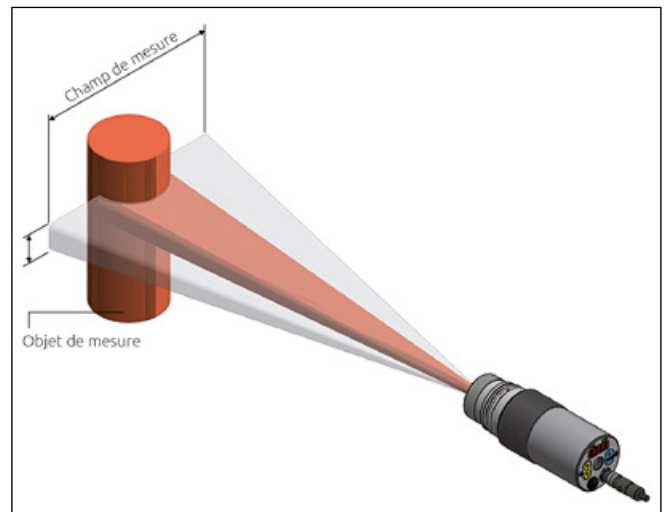


Fig. 5 L'alignement des pyromètres Panorama sur des objets de petites tailles ou à grandes distances est largement facilité grâce à la visée rectangulaire.

mesure portable... Pour une même application, les dimensions d'une visée rectangulaire sont nettement supérieures à son équivalent en visée circulaire. On diminue ainsi la probabilité que l'objet sorte de la cible ou ne recouvre plus suffisamment cette dernière. Ci-dessous sont décrites quelques applications où le Panorama trouve toute sa place.

Ligne de soudage et de bending en continu. Les tubes d'acier sont chauffés par le biais d'une boucle d'induction et le point de soudure, de faible dimension, varie. Avec un pyromètre classique, le point de soudure sort régulièrement tout ou partie de la cible de mesure conduisant à des imprécisions de mesure (**Fig. 6**).

Paraison sur chaîne de fabrication de bouteilles en verre. La position et la taille des paraisons varient. Mais avec la visée rectangulaire, toutes les pièces sont détectées et mesurées. De plus, le mode bichromatique est moins sensible aux variations de composition ou de couleur du verre.

Ligne fabrication de câbles métalliques. Les câbles sont traités thermiquement par passage successif dans des inducteurs. La section ou la position peut également varier. Le Panorama permet de fiabiliser la mesure et de ne pas changer les réglages ou l'alignement en fonction de chaque section ou nuance.

Mesure portable de la température d'un jet de coulée. Cette mesure doit se faire à une distance relativement importante pour des raisons de sécurité des opérateurs. Plus la distance est grande, plus viser correctement le métal devient difficile surtout si celui-ci oscille quelque peu. Seule la visée rectangulaire (**Fig. 7**) peut être utilisée en combinaison avec le CellaCast.



Fig. 6 *Mesure fiable même lorsque la position du point de soudure varie.*

Température d'un filament métallique. La prise de température d'un filament de tungstène en spirale dans une lampe utilisée comme source de rayon X est un véritable challenge. Pendant longtemps, seuls les pyromètres à disparition de filament puis à comparaison d'intensité étaient utilisés. Avec ces instruments, l'opérateur doit ajuster l'intensité afin que l'objet mesuré et le filament de référence se confondent. La mesure est purement manuelle.

Le problème des pyromètres numériques pour cette application est la difficulté d'aligner l'instrument sur des objets de si petite taille, sans compter les phénomènes de dilation et la section ronde du filament... Ces problèmes disparaissent avec le Panorama.

Limites de mesure

L'utilisation d'un modèle bichromatique limite la température basse mesurable à 600°C. Bien que le mode bichromatique permette d'avoir une mesure fiable même lorsque la cible de mesure n'est que partiellement recouverte, le pourcentage minimal requis dépend de l'émissivité du matériau et de sa température. On définit donc ce pourcentage comme le « degré d'illumination minimal » noté CIM.

Un modèle Panorama tolère une perte de signal de l'ordre de 90%, valeur qui peut encore augmenter lorsque la température augmente. Il tolère donc une intensité du signal minimal de 10%.

L'émissivité, l'angle de visée, la forme de l'objet, la quantité d'obstacle sur le trajet optique comme les poussières ou la vapeur vont impacter le CIM.



Fig. 7 *Un pyromètre portable Panorama utilisé pour la mesure d'une coulée.*

Par exemple, prenons un câble en acier ayant une émissivité de 0,6. Sa section étant ronde, l'énergie émise est moindre qu'une section plane. Pour en tenir compte on appliquera un facteur de sécurité de 1,5. On peut alors calculer le CIM selon la formule empirique suivante :

Degré d'illumination partielle = (intensité du signal minimum mesurable ÷ émissivité) × facteur de sécurité

Soit avec notre exemple : CIM = 10% ÷ 0.6 × 1.5 soit un CIM de 25 %. Il faut donc que le câble d'acier recouvre au minimum 25% de la surface du rectangle de visée pour assurer une mesure fiable.

Ainsi pour une section de câble de 5 mm qui doit recouvrir au moins 25% de la hauteur de la cible de visée rectangulaire, on obtient une taille de 5 mm ÷ 0.25 soit 20 mm. Une hauteur de 20 mm permet d'installer l'instrument à une distance raisonnable. Une lentille avec un rapport optique de $D_w = 40 : 1$ signifie que la distance sera de 40 fois ces 20 mm minimum soit une distance de 800 mm. On peut également faire le calcul en partant d'une distance imposée par exemple de 500 mm. Puisqu'on veut une hauteur de cible de 20 mm, on en déduit que le rapport optique de la lentille devra être au minimum de : $D_w \geq 500 \text{ mm} \div 20 \text{ mm}$ soit au minimum $D_w \geq 25 : 1$.

Modèles de pyromètres

La série de pyromètres fixes CellaTemp PA et portables CellaPort PT proposent des modèles Panorama avec lentilles focalisables. La visée directe permet un alignement et une focalisation parfaite. Les modèles PA existent en version avec camé-

ra vidéo couleur. Avec la caméra, il est ainsi possible de visualiser et d'enregistrer en salle de contrôle la température de l'objet ainsi que l'alignement et la focalisation. La caméra est équipée de la fonction TBC qui contrôle en continu les réglages de luminosité afin d'avoir une image nette de l'objet quel que soit sa température et celle de l'environnement. L'image ne sature pas même lorsque que l'on mesure un objet de petite taille et très chaude avec un arrière-plan froid : un filament par exemple.

La série CellaTemp PKL avec pointeur LED existe désormais en version Panorama (**Fig. 8**). Le pointeur LED visualise la zone exacte de mesure.

Conclusion

Lorsque la mesure du procédé dépasse les 600°C et que l'alignement peut être difficile, les pyromètres avec visée rectangulaire sont recommandés. Les modèles Panorama sont donc utilisés pour les applications où l'objet est de petite taille ou la distance élevée ou lorsque la position ou la taille varie. Le surcoût de l'ordre de 25% de ces modèles est très vite rentabilisé en faisant gagner du temps aux opérateurs et en sécurisant la fiabilité des mesures.



Fig. 8 Thermomètre infrarouge Panorama avec pointeur LED.



Auteur

Dipl.-Ing. Albert Book
KELLER HCW GmbH · Germany
Infrared Thermometer Solutions
Tél. +49 54 51 85 320
albert.book@keller-msr.de
www.keller-msr.fr