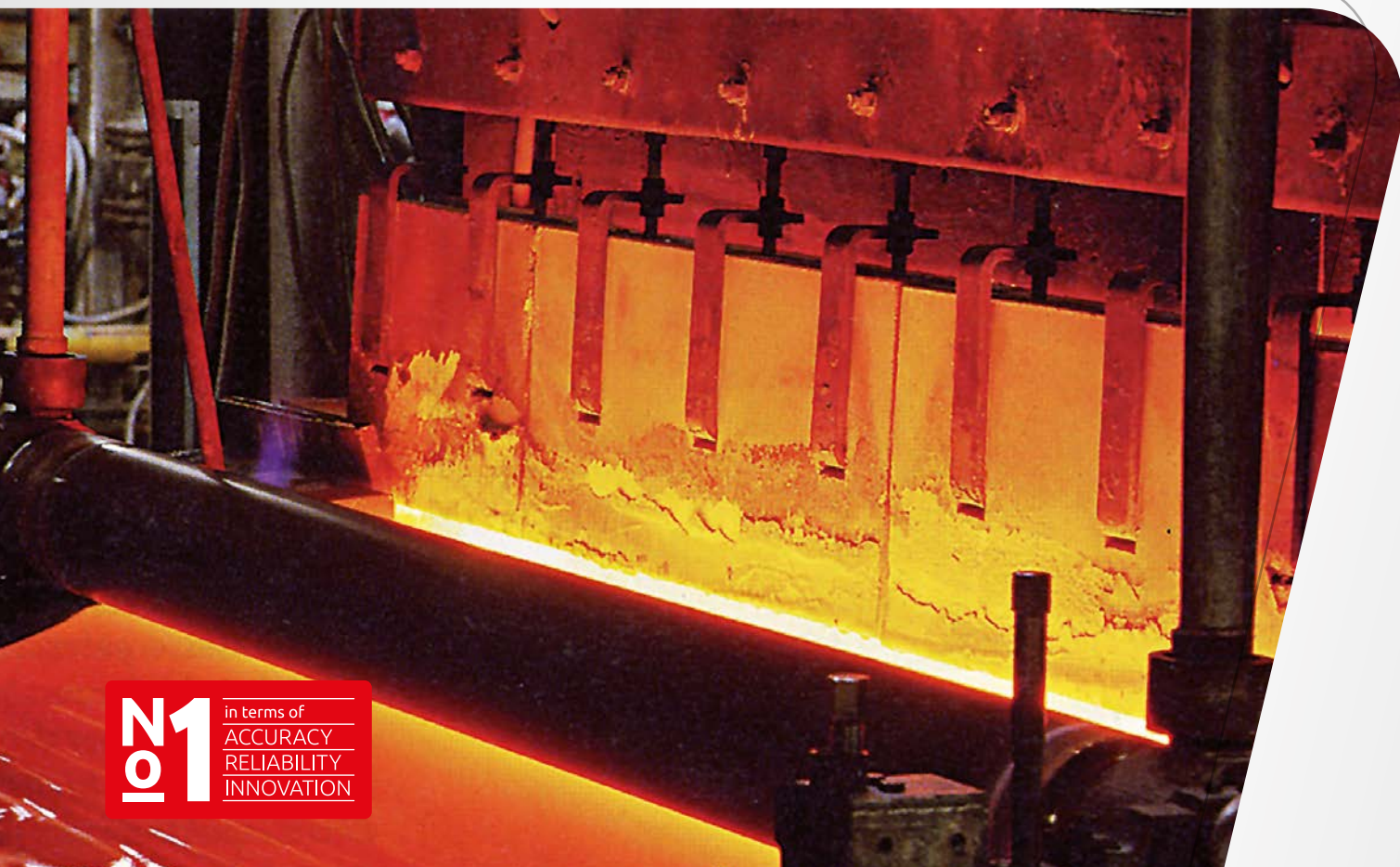


KELLER

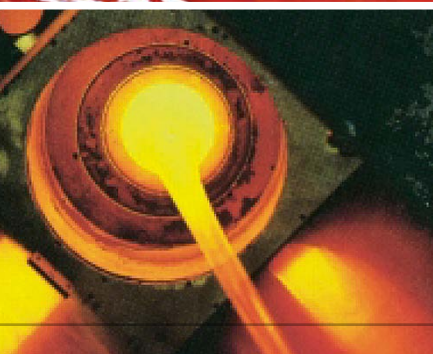
*infrared
temperature
solutions*

ITS



N°1

in terms of
ACCURACY
RELIABILITY
INNOVATION



Application Industrie du verre

Bases théoriques et applications -
mesure par pyrométrie dans l'industrie du verre

La température est un des critères essentiels pour la production du verre. Non seulement, il est indispensable de contrôler cette grandeur physique lors des procédés de fusion pour optimiser les coûts mais aussi pendant toutes les phases de transformations et de moulage. Une variation de l'ordre de 1% de la température engendre une variation également de 1% de la viscosité. Les industriels du secteur font désormais confiance aux pyromètres infrarouges pour ces mesures.

Les thermocouples enfermés dans des tubes de céramiques sont utilisés dans des environnements sévères. Le temps de vie de ces thermocouples est relativement court et nécessite de la maintenance et un étalonnage fréquent avec un pyromètre portable. Ils sont donc peu à peu remplacés par des pyromètres ne réclamant aucune maintenance.

Pendant la transformation du verre, le plus souvent, seule la mesure sans contact est possible. Un pyromètre fixe ou portable permet d'optimiser ces différents procédés. On retrouve ces équipements dans les applications suivantes :

- Démarrage et supervision d'une ligne de production
- Changement de productions, du chargement
- Contrôle Qualité
- R&D et Optimisation
- Produits spéciaux comme les ampoules ou pendant le dépôt de poudres métalliques

Mesures types

Dans l'industrie du verre, on peut définir le type de pyromètre en fonction des caractéristiques radiatives du point de mesure :

- Mesure dans des cavités à travers un orifice de petite taille se rapprochant du corps gris. Un thermocouple inséré dans un tube de protection mesure la température dans le réservoir, un pyromètre dans une canne céramique scellée fixé à la voûte peut remplacer cet instrument.
- Les objets opaques ou corps gris. Pour ces applications, ce sont les pièces métalliques (surface du moule) que l'on mesure. L'énergie radiative provient seulement du moule.
- Les objets transparents. Le pyromètre capte les radiations provenant de la surface et des couches inférieures. La distance de pénétration dans le verre dépend du coefficient d'absorption spectral du matériau ainsi que de la gamme spectrale du pyromètre.

Il faut également faire une distinction entre les mesures faites en continues et celles en discontinues (paraison, moules et produits). Pour les mesures discontinues, le pyromètre doit avoir un temps de réponse court et une fonction de pick peaker.

Verre comme source radiative transparente

Lors d'une mesure par pyrométrie sur un corps noir ou gris, les paramètres à considérer sont : la gamme de température, le diamètre de l'objet, la distance de travail et le temps de réponse. Pour les mesures sur le verre, il faut en plus intégrer l'épaisseur du matériau. La capacité de pénétration du pyromètre dans la matière est fonction de sa gamme spectrale et du coefficient d'absorption spectrale des différents verres mais également de la plage de température.

Le verre comme un corps gris

De manière générale, la conservation de l'énergie permet de relier le facteur de réflexion, de transmission et d'émission selon la formule suivante :

$$\rho(\lambda, T) + \alpha(\lambda, T) + \tau(\lambda, T) = 1 \quad (1)$$

En fonction de la longueur d'onde choisie, le verre peut être considéré opaque à partir d'une certaine épaisseur. Le coefficient de transmission est négligeable ($\tau < 0.01$) et la loi de Kirchhoff définit l'émissivité ϵ comme :

$$\epsilon(\lambda, T) = 1 - \rho(\lambda, T) \quad (2)$$

Si on considère un corps gris, l'équation (2) montre que la somme de l'émissivité et de la réflectivité est égale à 1. L'émissivité est fonction de la longueur d'onde λ .

La figure 1 montre le coefficient de réflexion mesuré $\rho(\lambda)$ pour du verre borosilicate ainsi que $\epsilon(\lambda)$ calculée selon l'équation (2) en prenant un coefficient de transmission négligeable $\tau(\lambda) < 0.01$.

Ce graphique montre les courbes obtenues avec différents pyromètres pour la mesure sur du verre borosilicate. L'émissivité $\epsilon(\lambda)$ a correctement été fixée.

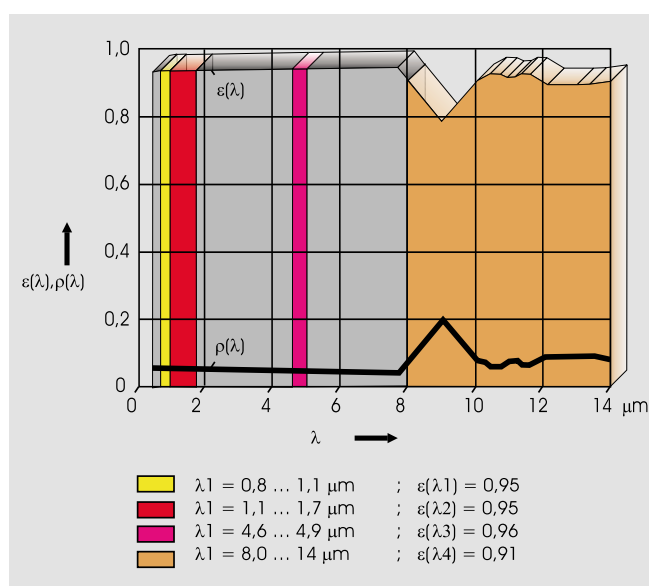


Fig. 1 : Coefficient de réflexion spectral $\rho(\lambda)$ du verre borosilicate 3.3 pour un facteur de transmission négligeable $\tau(\lambda) < 0.01$ calculé selon l'équation (2). Valeurs pour différents pyromètres avec une émissivité ajustée.

L'émissivité est quasi constante entre 0.95 et 0.96 sur une épaisseur de 0.5-7.8 mm.

Pour un détecteur 8-14 µm, l'émissivité moyenne est de 0.91.

Contrairement aux métaux dont l'émissivité diminue lorsque la longueur d'onde augmente ou varie en fonction de la température et de l'état de surface, les surfaces de verre peuvent être assimilées à un corps gris sur la plage spectrale 0.5-7.8 µm. La surface du verre n'est pas sujette à des variations importantes des propriétés radiatives contrairement aux métaux qui s'oxydent.

¹⁾ Le verre borosilicate glass 3.3 (ISO-3585) peut être utilisé dans la fabrication des instruments de laboratoire sous contrainte thermique élevée, en présence de bombardement d'électrons ou de rayons X.

Mesure indépendante de l'épaisseur du verre

Pour obtenir les conditions d'indépendance par rapport à l'épaisseur du verre, il faut que le facteur de transmission soit négligeable $\tau < 0.01$. Le coefficient d'absorption spectral $\alpha(\lambda, T)$ est alors défini à partir des équations suivantes :

Loi de l'absorption

$$I = I_0 e^{-[\alpha(\lambda, T) \cdot X]} \quad (3)$$

Pour une absorption quasi-totale on obtient

$$I/I_0 = 0.01 = e^{-[\alpha(\lambda, T) \cdot X99]} \quad (4)$$

Soit une valeur pour l'exposant népérien de

$$\alpha(\lambda, T) \cdot X99 = 4.6 \quad (5)$$

ou encore

$$X99 = \frac{4.6}{\alpha(\lambda, T)} \quad (6)$$

$\alpha(\lambda, T)$ représente le coefficient d'absorption spectral à X99. Le paramètre de pénétration X99 représente l'épaisseur pour laquelle le pyromètre reçoit 99% de l'énergie radiative thermique totale. On appelle également ce facteur X99 épaisseur de pénétration du pyromètre. Le facteur de transmission du matériau peut être négligé tout au long de cette couche. Cette valeur ainsi que le coefficient d'absorption sont fonctions de λ et de la température T de l'objet.

La figure 2 montre l'épaisseur de pénétration X99 du verre borosilicate à 600, 1000 et 1200°C. Ce graphique montre aussi les maxima de pénétrations à quelques longueurs d'ondes.

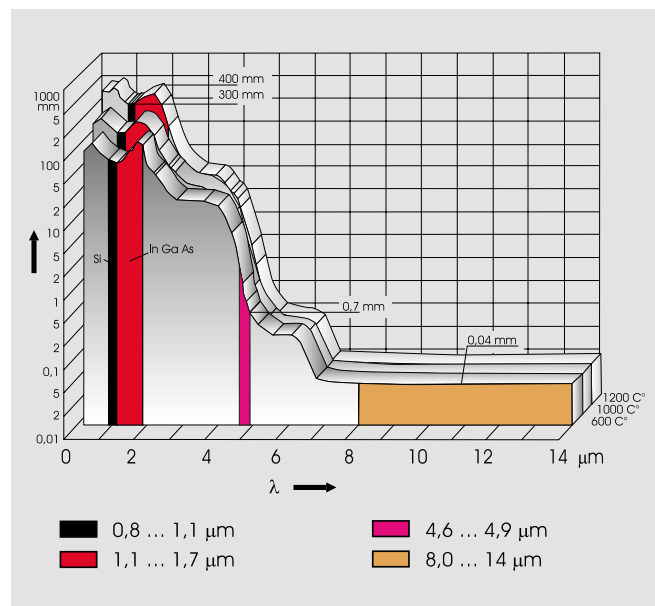


Fig. 2 : Epaisseur de pénétration X99 du verre borosilicate 3.3 calculé à partir du coefficient d'absorption spectral à 600, 1000 et 1200°C pour différentes longueurs d'ondes. Egalement sont affichées les maxima de pénétration pour quelques pyromètres courants.

Le paramètre X99 est calculé en considérant une répartition homogène de la température. Dans la bande spectrale 0.5 à 2.0 µm (transmission négligeable pour les verres incolores), le paramètre X99 se situe entre 90 et 400 mm.

Au-delà de 2.0 µm l'épaisseur mesurable diminue rapidement.

Pour un pyromètre intégrant un détecteur Si (0.8-1.1 µm), le paramètre X99 donne les valeurs suivantes en fonction de la température :

- à 600°C, 90 mm, le verre est couleur rouge foncé
- à 1000°C, 170 mm
- à 1200°C env. 300mm

Pour un détecteur InGaAs (1.1-1.7 µm), la pénétration est supérieure à celle des détecteurs Si.

Pour la gamme 4.46-4.82 µm, l'épaisseur de mesure maximale est de 0.7 mm

Les pyromètres avec une longueur d'onde supérieure à 8 µm mesurent la température des 0.04 premiers millimètres. Sur cette si fine couche, les phénomènes de convection thermiques sont très importants.

La figure 3 montre les variations du paramètre X99 pour du verre blanc et du verre vert pour des longueurs d'ondes de 0.5 à 3 µm et pour des températures de 20°C, 150°C et 1300°C.

L'épaisseur de mesure à 1300°C est similaire pour ces deux types de verre, par contre pour le verre vert à 20°C la mesure ne peut se faire que sur 6 mm de profondeur et sur 12 mm à 1250°C. Le coefficient d'absorption est plus élevé.

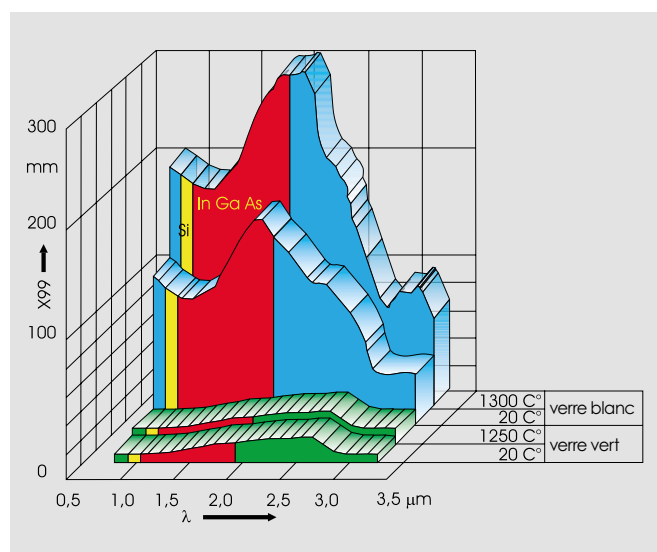


Fig. 3 : Pénétration X99 dans une feuille de verre blanc à 20°C et 1300°C et dans du verre vert à 20°C et 1250°C en fonction de la longueur d'onde. Mesures faites avec un détecteur Si et InGaAs.

De manière générale, les objets en verre sont opaques (du point de vu du pyromètre) pour des longueurs d'ondes supérieures à 4 μm (cf. Fig 2). Même les détecteurs Si ne mesurent que la surface quel que soit la nature ou la couleur du verre.

La figure 4 illustre l'énergie radiative standardisée $E(D/X99)/E100\%$ reçu par un pyromètre avec un détecteur Si en fonction de l'épaisseur de pénétration $D/X99$ pour du verre coloré, verre feuilleté et du verre borosilicate avec et sans homogénéité de température. Le pyromètre

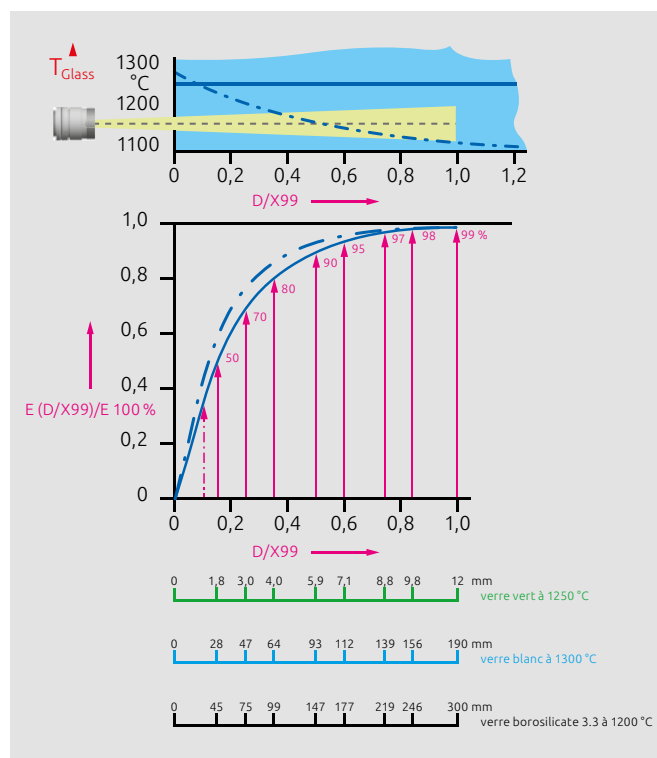


Fig. 4 : Énergie radiative standardisée $E(D/X99)/E100\%$ avec un détecteur Si en fonction de l'épaisseur de pénétration $D/X99$ pour différents types de verre avec des températures plus ou moins homogènes dans l'épaisseur.

détecte 50% de l'énergie provenant de la surface de verre et des couches inférieures jusqu'à 1/6ième de la profondeur X99.

Lorsque la distribution de température est hétérogène (ex. surface plus chaude que les couches inférieures), les 50% d'énergie radiative correspondent à une profondeur de pénétration plus faible (courbe en pointillée).

Choix du pyromètre en fonction de l'épaisseur du verre

Pyromètre spectral / monochromatique

Pour pouvoir mesurer avec précision et fiabilité la température d'une feuille de verre, il est indispensable que le pyromètre « voit » au moins au travers de la moitié de l'épaisseur de la feuille. Si l'épaisseur de l'objet est inférieure à la pénétration du thermomètre IR, alors la température mesurée sera celle du matériau en dessous de l'objet ou au moins une contribution. De même, les variations d'épaisseur peuvent engendrer des erreurs de mesure. Ceci est particulièrement vrai lors de la mesure d'une paraison (gob en anglais) de verre avec un détecteur Si en position horizontale.



Thermomètre infrarouge monochromatique CellaTemp PK 41/42 avec une plage spectral de 4,6-4,9 μm. La mesure se fait juste en dessous de la surface du verre.

Un pyromètre avec un détecteur Si pénètre de 300 mm dans le verre borosilicate et traverse donc entièrement une paraison de diamètre 20 ou 80 mm. Dès lors la valeur affichée sera dépendante de l'épaisseur du verre.

Pour corriger cette erreur, on peut orienter le pyromètre obliquement pour augmenter l'épaisseur du gob mesuré au travers d'un orifice. Alternativement, un pyromètre bichromatique avec détecteur Si peut être employé.

Si la profondeur de pénétration du pyromètre est très inférieure à celle de l'objet, le pyromètre mesura essentiellement la température de peau. Hors, en surface les courants de convection thermiques peuvent faire varier la lecture et la rendre instable. Les pyromètres travaillant à 4.46/4.47 μm mesurent seulement sur 0.7 mm et ne sont donc absolument pas recommandés pour les mesures du verre en fusion.

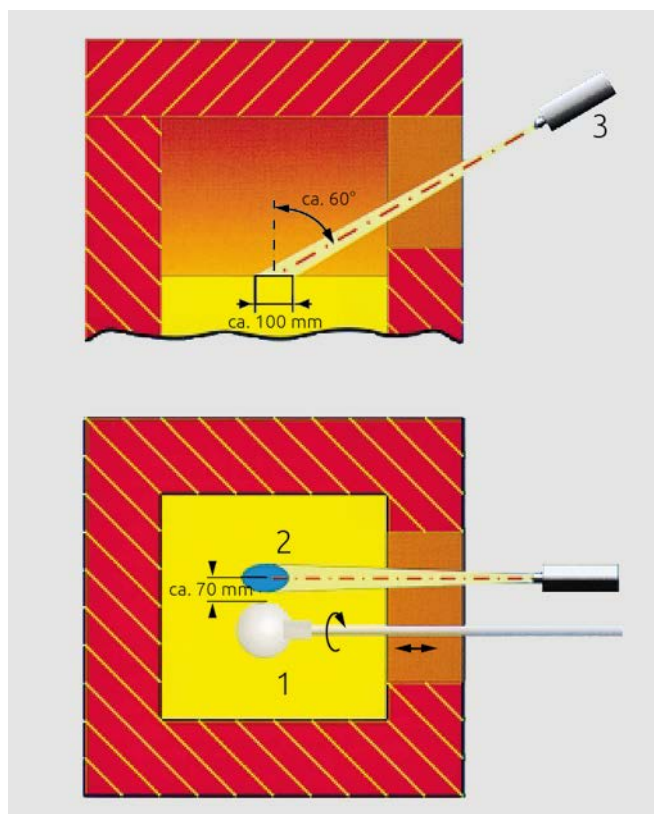


Fig. 5 : Bon positionnement pour la prise de mesure dans le bain et sur la paraison (1 la canne est plongée dans le bain, 2 zone de mesure, 3 pyromètre).

La figure 5 met en évidence l'impact des courants de convection lorsque la mesure se fait sur la surface du verre en fusion et que l'orifice de mesure est grand. Si la mesure se fait plus au cœur, il n'y a plus de courants de convection.

Les systèmes de supervisons automatisés de la température sont très sensibles à ces courants. Ces courants sont notamment présents lorsque la boule de verre est introduite/sortie du four et lorsqu'elle tourne sur elle-même.

Cette erreur peut être éliminée en employant un pyromètre permettant de mesurer sur une profondeur importante. Un pyromètre avec un détecteur Si mesure sur 300 mm. Même incliné à 30°C, il mesura sur environ 150 mm.

Pour choisir le bon modèle de pyromètre, il faut connaître la profondeur de pénétration X99 pour s'assurer qu'elle soit inférieure à l'épaisseur du verre mesuré mais la plus grande possible. La nature du verre et sa couleur ont un impact sur ce choix. Si le X99 est supérieur à l'épaisseur du verre, la mesure sera instable car très dépendante des variations d'épaisseur.

Pyromètre bi-couleur

Ces pyromètres mesurent la température à deux longueurs d'ondes. Ils sont utilisés dans l'industrie du verre lorsque l'épaisseur du verre à mesurer est inférieure au X99 mais supérieure à 1/6 ième. Sur cette profondeur, les deux voies de mesure reçoivent 50% d'énergie radiative (Fig 4). Les changements de conditions expérimentales engendrent une erreur relative identique pour les deux canaux de lecture. Le modèle bi-chromatique détermine la température à partir du ratio de ces 2 voies, la mesure reste donc fiable tant que l'atténuation est la même aux 2 longueurs d'ondes.

Le tableau 1 liste les caractéristiques techniques principales des pyromètres mono et bi-chromatiques. Il indique également les valeurs de pénétration X99 pour différents verres ainsi que les applications.

Température	Plage spectrale	Type de verre	Pénétration max X99	Localisation/application pour une épaisseur D	
				D > X99	1/6 X99 < D < X99
				Mono-chromatique	Bi- chromatique
700 ... 3000 °C	0.8 ... 1.1 µm	Verre vert	12 mm	Paraison	Paraison
		Verre blanc	190 mm	Au-dessus du four, dans le réservoir, au feeder	
		Verre borosilicate	300 mm		
250 ... 2500 °C	1.1 ... 1.7 µm	Verre vert	24 mm	Paraison, moule	Paraison
		Verre blanc	290 mm	Au-dessus du four, dans le réservoir, moules	
		Verre borosilicate	400 mm		
300 ... 2500 °C	4.6 ... 4.9 µm	Verre vert	0.7 mm	Canne soufflante, oignon, flacon, bouteille, paraison	
		Verre blanc			
		Verre borosilicate			
0 ... 1000 °C	8.0 ... 14.0 µm	Verre vert	0.04 mm	Moule, convoyeur, transport	
		Verre blanc			
		Verre borosilicate			

Tableau 1 : Type de pyromètre avec leur plage spectrale et de température, la pénétration X99, le type de verre, le mode de mesure et les applications courantes.

Choix du pyromètre pour les applications types dans l'industrie du verre

La gamme de pyromètres fixes et portables de KELLER couvre l'ensemble des étapes de la production du verre de 0 à +3000°C.

Pyromètres fixes

Les pyromètres monochromatiques avec un détecteur Si ou InGaAs conviennent particulièrement pour les mesures du verre liquide. Ils pénètrent suffisamment profondément dans l'objet et fonctionnent de 250 à 3000°C.

Les modèles **CellaTemp PA 20 et PA 30 avec visée optique** ou les **modèles CellaTemp PK 21 et PK 31 sans visée** conviennent pour la mesure dans le **four de fusion**. Placé à distance de l'objet, il mesure la température via un orifice de petite taille (Fig. 5). Le signal est lissé et traité pour supprimer les pics sporadiques induits par le mouvement même sur la boule de verre.

Les modèles **CellaTemp PA 36 et PK 36 à fibre optique** sont idéaux pour la mesure **sur le feeder**. L'encombrement de la tête de mesure n'est que de 12 mm ou 30 mm. L'électronique est déportée de plusieurs mètres via la fibre optique. Ainsi il est possible de travailler à des températures ambiantes de 250°C sans système de refroidissement.



CellaTemp PKF 36/66 à fibre optique et tête de détection séparable.

Les cannes céramiques couplées à une purge à air permettent de prévenir l'encrassement des optiques et ainsi de diminuer la maintenance. Lors des opérations de maintenance, la tête de mesure se déconnecte en une fraction de secondes sans outils.

Les détecteurs Si ne mesurent que sur 12mm de profondeur le verre vert. On utilise alors le **CellaTemp PA30 avec visée optique ou caméra vidéo couleur pour la mesure sur la paraison** lorsque son diamètre est supérieur à 15mm. La fonction recherche de pics est utilisée pour tenir compte des interruptions dues à la coupe du verre (chute du gob).

Les pyromètres **CellaTemp PA 20/21 avec détecteur InGaAs** mesurent plus en profondeur dans le verre vert et le verre blanc.

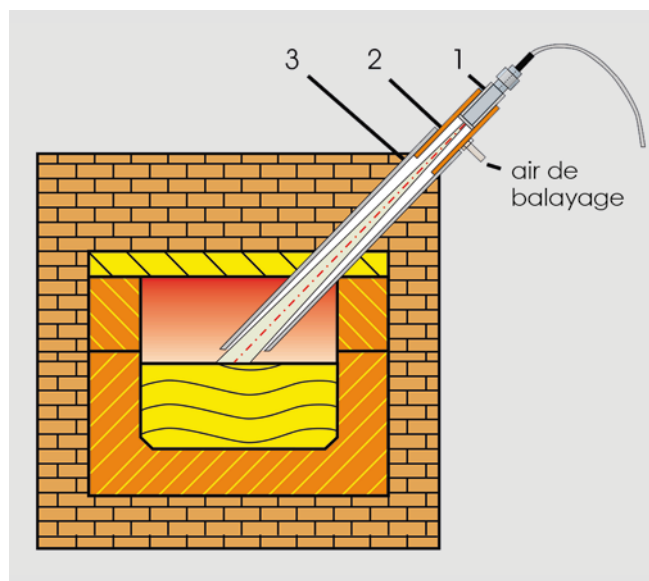


Fig. 6 : Exemple de montage pour une modèle à fibre optique PKF. La tête de mesure 1 est montée sur un tube intermédiaire équipé d'une purge à air 2. L'ensemble est fixé à une canne 3 insérée aux parois.

Leur plage spectrale (1.1-1.7 μm) permet les prises de mesure à partir de 250°C y compris sur les moules métalliques.

Cependant, l'état de surface de ces moules varie (brillance plus élevée en début de procédé, lubrification périodique...) et modifie donc l'émissivité. Pour éliminer les erreurs de mesures dues à ces fluctuations d'émissivité, un trou est percé dans le moule. La mesure se fait dans cette cavité qui subit peu de modification de surface. Elle s'assimile alors à un corps gris avec émissivité égale à 95%. Dès lors la mesure est stable dans le temps et très précise.

Bien qu'il y ait une différence de température entre le puits et la surface du moule, cette dernière reste constante. Plus proche est le trou de la surface du moule, moins cet écart est important (il faut laisser un minimum de 4 mm).

Les **CellaTemp PA 21 ou CellaTemp PKF 26 à fibre optique** sont aussi employés pour la mesure **sur les moules**. La tête de mesure peut être placée au plus près de la presse ou de la machine grâce à son très



CellaTemp PA 21/31/41 à fibre optique et tête de mesure de Ø 30 mm et pointeur laser intégré pour visualiser la zone exacte de mesure.

faible encombrement. Le pointeur laser visualise la zone mesurée. Le pyromètre est ainsi ajusté à la « cavité de mesure » Fig. 7.

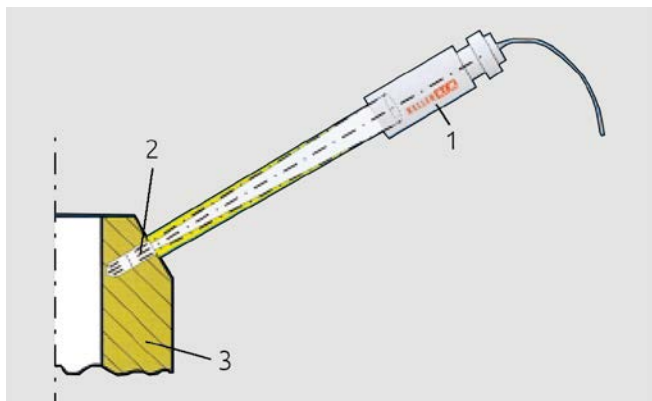


Fig. 7 : Le pyromètre à fibre optique et pointeur laser 1 est ajusté à la « cavité de mesure » 2 du moule 3.

Les interrupteurs infrarouges modèles CellaSwitch PKS 21 détectent en quelques millisecondes la présence de résidus de verre dans le moule. Cela permet d'éliminer des arrêts de production coûteux pour faire le nettoyage ou la réparation des équipements en cas de dépôts. Ces instruments fonctionnent pour des températures de 300 à 1300°C. Les températures de commutation sont ajustables depuis les touches de l'instrument.

Les pyromètres bi-chromatiques CellaTemp PA40 / 41 / 43 et CellaTemp PK 63 / 66 / 68 et CellaTemp PKF 66 avec visée circulaire ou rectangulaire couvrent les mesures de 450 à 3000°C pour les applications suivantes :

- Lorsque l'épaisseur D de l'objet est inférieure à la pénétration X99 du pyromètre mais supérieure à 1/6ième : $1/6 \cdot X99 < D < X99$
- Pour mesurer pièces métalliques soumises à un champ d'induction et qui se trouvent derrière une épaisseur de verre plus ou moins teinté.

Les pyromètres CellaTemp PA 40/43 et CellaTemp PK 63/68 sont utilisés lors de la mesure des parois du verre blanc ayant un diamètre supérieur à 40 mm. Pour les diamètres compris entre 30 et 40 mm, il faudra incliner le pyromètre avec un angle de 30° pour augmenter l'épaisseur « vue » par l'instrument. Lors de la découpe de la paraison, les radiations émises sont périodiquement bloquées. Le traitement du signal permet de s'affranchir de ces interruptions et maintenir une valeur stable et fiable.

Les CellaTemp PA 15 et CellaTemp PK 41/42 utilisent un détecteur à 4.6-4.9 µm. A ces longueurs d'ondes la pénétration dans le verre est très faible $X99 < 0.7$ mm. Leurs plages de mesure s'étendent entre 300 et 2500°C. Ils mesurent la température de peau ou légèrement en dessous. Ils sont particulièrement adaptés à la mesure sur le verre plat même de faible épaisseur (> 1 mm), les containers, les produits de la table, en contrôle qualité ou le long des fours de recuit.

Les CellaTemp PA 10 et CellaTemp PK 11 utilisent un détecteur 8-14 µm pour une température comprise entre 0 et 1000°C. Sur cette plage spectrale la pénétration dans le verre est très faible ($X99 < 0.04$ mm), on peut vraiment parler de température de peau. Ils sont la seule solution sur couches de verre très minces (> 0.1 mm).

Le CellaTemp PA 10 a des optiques de focalisation interchangeables et peut ainsi mesurer des objets de petites tailles ou à de grande distance. On les retrouve en entrée et sortie des fours de recuit et pour le contrôle des pièces en direction du stockage. Le modèle compact CellaTemp PK 11 est utilisé plus souvent sur les convoyeurs et sur la ligne de traitement.



La série CellaTemp PA dispose de lentilles focalisables et d'un système de visée direct, par pointeur laser ou caméra vidéo avec cible de visée.

Au travers de ces nombreuses déclinaisons, la gamme CellaTemp PA représente la nouvelle génération de pyromètres industriels. Disponible en version à visée optique, avec caméra vidéo ou pointeur laser. Tous les modèles sont équipés de 2 sorties analogiques, 2 sorties relais, 1 sortie USB et 1 sortie RS485 pour un paramétrage depuis la salle de contrôle ou pour enregistrer facilement les mesures.

La cible de mesure affichée dans la visée directe ou sur la vidéo permet de visualiser la zone exacte de mesure et facilite grandement l'alignement et la focalisation de l'équipement.

Les thermomètres infrarouges CellaTemp PK sont construits sur un corps compact de diamètre 30 mm pour installation dans des zones exiguës. L'acier inoxydable IP 65 est compatible avec les environnements difficiles.

Il n'y a pas besoin d'outils ou d'accessoires supplémentaires pour faire le paramétrage complet: réglage de l'émissivité, ajustement de la sortie 4-20 mA... La qualité des composants électroniques garantit une haute résolution sur toute la plage de mesure. La mesure reste stable et précise même lorsque que les temps de réponse sont extrêmement courts ou pour les basses températures. Il n'y a pas de pièces en mouvement ce qui garantit une durée de vie très longue et sans maintenance lourde. De nombreux accessoires sont disponibles pour une intégration quel que soit la configuration. Les modèles monochromatiques du CellaTemp® PK sont équipés de l'interface IO-Link.

Pyromètres portables

La gamme CellaPort PT est construite sur les modèles fixes CellaTemp PA. Ils couvrent les mêmes plages de mesure avec les mêmes longueurs d'ondes et sont donc le pendant des instruments fixes.

Le CellaPort PT est utilisé dans les contrôles ponctuels des parois du four ou du verre solide ou liquide. Les thermocouples dérivent dans le temps et doivent être ré-étalonnés voire changés régulièrement plus ou moins fréquemment en fonctions de l'application (température de l'objet, corrosivité de gaz, abrasivité du verre etc...). Les pyromètres portables permettent de faire cette vérification très facilement.

Le CellaTemp PT intègre :

- lentille sans erreur de parallaxe avec oculaire ajustable
- visée optique avec grand champ et cible de visée intégrée pour visualiser la zone exacte de mesure
- lentilles de focalisation interchangeables de haute résolution
- plus de 10 modèles pour s'adapter à chaque application
- boîtier en aluminium robuste
- fonction ATD pour une détection automatique des objets chauds
- fonction brevetée SSI (Signal Strength Indicator) qui indique le bon alignement et la puissance du signal
- en option visée rectangulaire Panorama



Indicateur LEDs breveté dans la lunette de visée du CellaPort PT

Les modèles CellaPort PT 120 et CellaPort PT 130 couvrent les plages de mesure pour les gammes 250-2000°C et 500-2500°C.

Ils sont utilisés pour les **mesures ponctuelles sur les fours, réservoirs, feeders ainsi que pour l'étalonnage des thermocouples en place.**

Il est possible de mesurer la température des parois même de tailles moyenne en visant obliquement.

Le CellaPort PT 110 (0 - 1000 °C) peut être utilisé **sur les convoyeurs, les moules, les pièces en entrée et sortie du lehr.** C'est un outils indispensable pour les opérateurs.

Les CellaPort PT 140/143 sont des portables bichromatiques. Ils permettent de s'affranchir des perturbations comme les vapeurs, brouillards ou poussières ou pour des boules de verre de petites tailles. Le CellaPort PT 143 dispose d'une cible rectangulaire qui facilite grandement l'alignement surtout quand la distance est importante.



Portable pyrometer of the CellaPort PT series

Conclusion

- Nous avons décrits les spécificités pour la mesure infrarouge du verre considéré comme une source de radiation transparente. La différence entre un pyromètre mono et bichromatique a également été expliquée ainsi que les conséquences sur la mesure et les applications concernées : four de fusion, canal, verre plat, produits finis
- Le pyromètre monochromatique s'utilise sur des épaisseurs de verre supérieurs à la pénétration X99 de l'instrument.
- Le mode bi-chromatique fonctionne pour une épaisseur de verre comprise entre : $1/6$ de la pénétration X99 < D < X99
- Contrairement aux thermocouples, les pyromètres infrarouges ne dérivent pas et n'ont pas de pièce d'usure. Ils sont installés pour une longue période d'utilisation
- Il est parfois nécessaire d'équiper l'instrument d'un module de refroidissement et d'une purge à air afin de limiter l'encrassement des optiques.

Résumé des pyromètres stationnaires et leurs spécifications techniques

Séries	Type	Portée spectrale	Plage de mesure	Ratio de distance ²⁾	Taille cible minimale	Plage focale	Aide à l'attention
Pyromètres spectraux stationnaires							
CellaTemp PA 10	AF 1	8 - 14 µm	0 - 1000 °C	50 : 1	Ø 6.00 mm	0.30 m - ∞	Visée directe Caméra vidéo Pointeur laser
	AF 2			48 : 1	Ø 3.13 mm	0.15 m - 0.30 m	
CellaTemp PA 15	AF 1	4.6 - 4.9 µm	500 - 2500 °C	70 : 1	Ø 11.43 mm	0.80 m - ∞	
	AF 2		300 - 1300 °C	45 : 1	Ø 17.78 mm	0.80 m - ∞	
CellaTemp PA 20	AF 1	1.1 - 1.7 µm	250 - 2000 °C	175 : 1	Ø 2.29 mm	0.40 m - ∞	
	AF 3			275 : 1	Ø 4.36 mm	1.20 m - ∞	
	AF 9			380 : 1	Ø 1.58 mm	0.60 m - ∞	
CellaTemp PA 30	AF 1	0.78 - 1.06 µm	500 - 2500 °C	210 : 1	Ø 1.90 mm	0.40 m - ∞	
	AF 3			310 : 1	Ø 3.87 mm	1.20 m - ∞	
	AF 5			430 : 1	Ø 1.40 mm	0.60 m - ∞	
CellaTemp PK 11	AF 1	8 - 14 µm	0 - 1000 °C	27 : 1	Ø 11.00 mm	0.30 m	-
	AF 2			27 : 1	Ø 33.00 mm	0.90 m	
CellaTemp PK 21	AF 1	1.0 - 1.7 µm	250 - 1600 °C	150 : 1	Ø 10.00 mm	1.50 m	
CellaTemp PK 31	AF 1	0.78 - 1.06 µm	500 - 2500 °C	188 : 1	Ø 8.00 mm	1.50 m	
CellaTemp PK 41	AF 1	4.6 - 4.9 µm	300 - 1300 °C	36 : 1	Ø 11.00 mm	0.40 m	
CellaTemp PK 42	AF 1		500 - 2500 °C	57 : 1	Ø 7.00 mm	0.40 m	
Pyromètres bi-chromatiques stationnaires							
CellaTemp PA 40	AF 1	0.95 / 1.05 µm	650 - 1700 °C	80 : 1	Ø 5.00 mm	0.40 m - ∞	Visée directe Caméra vidéo Pointeur laser
	AF 3			120 : 1	Ø 10.00 mm	1.20 m - ∞	
	AF 21			190 : 1	Ø 3.16 mm	0.60 m - ∞	
	AF 4		750 - 2400 °C	150 : 1	Ø 2.67 mm	0.40 m - ∞	
	AF 6			240 : 1	Ø 5.00 mm	1.20 m - ∞	
	AF 22			370 : 1	Ø 1.62 mm	0.60 m - ∞	
CellaTemp PK 68	AF 1	0.95 / 1.05 µm	550 - 1400 °C	71 : 1	Ø 21.00 mm	1.50 m	-
Pyromètres mono-chromatiques stationnaires à fibre optique							
CellaTemp PA 21	AF 11	1.1 - 1.7 µm	300 - 2000 °C	180 : 1	Ø 1.11 mm	0.20 m - ∞	Pointeur laser
	AF 21		450 - 2500 °C	100 : 1	Ø 1.20 mm	0.12 m - ∞	
	AF 901			320 : 1	Ø 1.56 mm	0.50 m - ∞	
CellaTemp PA 36	AF 11	0.82 - 0.93 µm	650 - 3000 °C	190 : 1	Ø 1.05 mm	0.20 m - ∞	
	AF 21			100 : 1	Ø 1.20 mm	0.12 m - ∞	
CellaTemp PKF 26	AF 1	1.0 - 1.7 µm	300 - 1600 °C	180 : 1	Ø 1.90 mm	0.20 m - ∞	Pointeur laser externe
	AF 3			100 : 1	Ø 1.20 mm	0.12 m - ∞	
CellaTemp PKF 36	AF 1	0.78 - 1.06 µm	550 - 2500 °C	190 : 1	Ø 1.05 mm	0.20 m - ∞	
	AF 3			100 : 1	Ø 1.20 mm	0.12 m - ∞	
Pyromètres bi-chromatiques stationnaires à fibre optique							
CellaTemp PA 41	AF 11	0.95 / 1.05 µm	800 - 2400 °C	190 : 1	Ø 1.05 mm	0.20 m - ∞	Pointeur laser
	AF 21			100 : 1	Ø 1.20 mm	0.12 m - ∞	
	AF 111		900 - 3000 °C	190 : 1	Ø 1.05 mm	0.20 m - ∞	
	AF 121			100 : 1	Ø 1.20 mm	0.12 m - ∞	
	AF 211		700 - 1800 °C	110 : 1	Ø 1.82 mm	0.20 m - ∞	
	AF 221			50 : 1	Ø 2.40 mm	0.12 m - ∞	
CellaTemp PKF 66	AF 1			190 : 1	Ø 1.05 mm	0.20 m - ∞	Pointeur laser externe
Interrupteurs à température infrarouges stationnaires							
CellaSwitch PKS 20	AF 1	1.0 - 1.7 µm	250 - 1250 °C	95 : 1	Ø 15.79 mm	1.50 m	-
Interrupteurs à température infrarouges stationnaires à fibre optique							
CellaSwitch PKS 21	AF 1	1.0 - 1.7 µm	350 - 1350 °C	120 : 1	Ø 12.50 mm	1.50 m	-

Résumé des pyromètres stationnaires et leurs spécifications techniques

Séries	Type	Portée spectrale	Plage de mesure	Ratio de distance ²⁾	Taille cible minimale	Plage focale	Aide à l'attention
Pyromètres stationnaires bi-chromatique avec visée optique rectangulaire (pyromètre panoramique)							
CellaTemp PA 43	AF 1	0.95 / 1.05 µm	650 - 1700 °C	v = 230 : 1 h = 45 : 1	8.89 x 1.74 mm	0.40 m - ∞	Visée directe Caméra vidéo Pointeur laser
	AF 3			v = 375 : 1 h = 75 : 1	16.00 x 3.20 mm	1.20 m - ∞	
	AF 21			v = 500 : 1 h = 95 : 1	6.32 x 1.20 mm	0.60 m - ∞	
	AF 4		750 - 2400 °C	v = 350 : 1 h = 50 : 1	8.00 x 1.14 mm	0.40 m - ∞	
	AF 6			v = 580 : 1 h = 85 : 1	14.12 x 2.07 mm	1.20 m - ∞	
	AF 17			v = 390 : 1 h = 97 : 1	0.89 x 0.22 mm	86 mm - 115 mm	
	AF 22			v = 730 : 1 h = 105 : 1	5.71 x 0.82 mm	0.60 m - ∞	
CellaTemp PKL 63	AF 1		650 - 1600 °C	v = 350 : 1 h = 51 : 1	4.10 x 0.60 mm	0.21 mm	Pointeur laser externe
	AF 2			v = 370 : 1 h = 54 : 1	18.50 x 2.70 mm	1.00 mm	

Résumé des pyromètres portables et leurs spécifications techniques

Séries	Type	Portée spectrale	Plage de mesure	Ratio de distance ²⁾	Taille cible minimale	Plage focale	Aide à l'attention
Pyromètres mono-chromatique portables							
CellaPort PT 110	AF 1	8 - 14 µm	0 - 1000 °C	50 : 1	Ø 6.00 mm	0.30 m - ∞	Visée directe
	AF 2			48 : 1	Ø 3.13 mm	0.15 m - 0.30 m	
CellaPort PT 115	AF 1	4.6 - 4.9 µm	500 - 2500 °C	70 : 1	Ø 11.43 mm	0.80 m - ∞	
	AF 2		300 - 1300 °C	45 : 1	Ø 17.78 mm	0.80 m - ∞	
CellaPort PT 120	AF 1	1.1 - 1.7 µm	250 - 2000 °C	175 : 1	Ø 2.29 mm	0.40 m - ∞	
	AF 3			275 : 1	Ø 4.36 mm	1.20 m - ∞	
CellaPort PT 130	AF 1	0.78 - 1.06 µm	500 - 2500 °C	210 : 1	Ø 1.90 mm	0.40 m - ∞	
	AF 3			310 : 1	Ø 3.87 mm	1.20 m - ∞	
Pyromètres bi-chromatique portables							
CellaPort PT 140	AF 1	0.95 / 1.05 µm	650 - 1700 °C	80 : 1	Ø 5.00 mm	0.40 m - ∞	Visée directe
	AF 3			120 : 1	Ø 10.00 mm	1.20 m - ∞	
	AF 4		750 - 2400 °C	150 : 1	Ø 2.67 mm	0.40 m - ∞	
	AF 6			240 : 1	Ø 5.00 mm	1.20 m - ∞	
Pyromètres bi-chromatique portables avec visée optique rectangulaire (pyromètre panoramique)							
CellaPort PT 143	AF 1	0.95 / 1.05 µm	650 - 1700 °C	v = 230 : 1 h = 45 : 1	8.89 x 1.74 mm	0.40 m - ∞	Visée directe
	AF 3			v = 375 : 1 h = 75 : 1	16.00 x 3.20 mm	1.20 m - ∞	
	AF 4		750 - 2400 °C	v = 350 : 1 h = 50 : 1	8.00 x 1.14 mm	0.40 m - ∞	
	AF 6			v = 580 : 1 h = 85 : 1	14.12 x 2.07 mm	1.20 m - ∞	

Autres produits



CellaTemp® PX

Pyromètre fixe avec connexion IO-Link, lentille focalisable, visée directe et pointeur laser.



CellaTemp® PX-LWL

Pyromètre fixe avec connexion IO-Link, avec fibre optique et pointeur laser.



CellaTemp PA Series

Pyromètre fixe avec lentille focalisable, visée directe, pointeur laser ou caméra vidéo.



CellaTemp PA-LWL

Pyromètre fixe avec fibre optique, tête focalisable et pointeur laser.



CellaTemp® PK(L) Series

pour environnements difficiles. Pointeur LED en option.



CellaTemp® PKF

Thermomètre infrarouge compact pour environnements difficiles avec fibre optique.



CellaPort PT Series

Pyromètre portable mono ou bichromatique avec visée directe ou pointeur laser et connexion USB.



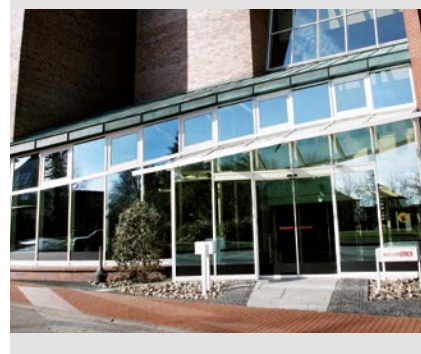
Mikro PV

Pyromètre à disparition de filament pour mesures ultra précises.

Depuis près de 50 ans, la division ITS (Infrared Temperature Solutions) de KELLER HCW développe et fabrique des instruments de précision et des solutions complètes pour la mesure de température sans contact. Grâce à une R&D constante, KELLER ITS est aujourd'hui l'un des leaders du marché pour les thermomètres infrarouge et les pyromètres.

Nous proposons une large gamme de pyromètres fixes ou portables qui couvre la quasi-totalité des applications.

Nous offrons à nos clients une couverture mondiale grâce à nos Centres de Service et notre réseau de distributeurs.





- Siège social
- Centres de service et distributeurs
- Distributeurs étrangers



Keller HCW GmbH
Infrared Temperature Solutions (ITS)
Carl-Keller-Straße 2-10
49479 Ibbenbüren-Laggenbeck
Germany

www.keller.de/its
Tél. +49 (0) 5451 850
Fax +49 (0) 5451 85412
its@keller.de

Centres de service et distributeurs

France
www.keller.de/its
Tél. +33 (0) 951 453050
its@keller.de

Italie
www.giga-tech.it
Tél. +39 (0) 296489130
contatti@giga-tech.it

Autriche
www.sensotec.at
Tél. +43 313 551 650
office@sensotec.at

Russie
www.ampermetr.com
Tél. +7 343 384 55 45
info@ampermetr.com

Espagne
www.umi.es
Tél. +34 94 446 62 50
comercial@umi.es

Chine
www.keller-its.cn
Tél. +86 (0) 10 828 679-20
keller@germantech.com.cn

Inde
www.keller-itsindia.com
Tél. +91 (0) 98841 11025
info@keller-itsindia.com

Corée
www.ultratec.co.kr
Tél. +82 (0) 70 8282 5979
ellen@ultratec.co.kr