

# Mesure infrarouge de la température pour une production et un traitement durables du fer et de l'acier liquides

**Albert Book**

L'objectif de la durabilité est de laisser un environnement intact aux futures générations. Ainsi, la durabilité ne représente pas uniquement la base des décisions politiques, mais elle doit aussi faire prendre conscience à chacun de la nécessité d'agir de manière écoresponsable et efficace sur le plan économique afin d'utiliser les ressources de manière intelligente. La production et le traitement du fer et de l'acier liquides nécessitent justement de grandes quantités de ressources dites «matières premières» comme le coke et le minerai de fer, ainsi que du combustible pour la production d'énergie. Selon les chiffres de l'Agence allemande des matières premières, 45 % de l'acier en Allemagne est déjà produit à partir de matières premières secondaires ce qui est déjà un constat encourageant. Mais le chauffage de l'air dans le récupérateur cowper pour le haut fourneau à 1 300 °C ou la fusion du fer et de l'acier pour la coulée jusqu'à 1 500 °C nécessitent de grandes quantités d'énergie.

Pour obtenir un processus économe en ressources dans l'industrie du fer et de l'acier, il est donc essentiel d'enregistrer et de maintenir avec précision la température dans les

différents processus de production. Voici maintenant une présentation sur la technique de mesure infrarouge de la température des installations de production concernées, basée sur les dernières avancées technologiques.

## **Mesure classique de la température via des thermocouples**

Une méthode courante pour mesurer les hautes températures est la mesure par contact au moyen de thermocouples. Les thermocouples sont installés de manière fixe dans les cuves et les conduites. En plus de leur fragilité mécanique, les effets de diffusion sont un problème physique bien connu des thermocouples. Avec le temps, la tension thermique diminue. Ce phénomène, appelé vieillissement, entraîne une dérive de la valeur mesurée. Les changements ne sont pas immédiatement visibles et entraînent des erreurs de mesure involontaires. Par mesure de précaution, les thermocouples sont régulièrement contrôlés pour détecter les écarts de mesure et remplacés.

Lors de la mesure de la température du métal liquide dans le chenal d'un haut fourneau ou dans la poche de coulée d'un automate de coulée, des lances de mesure avec des thermocouples enfichés sont plongées dans la masse fondue. Outre l'inconvénient des coûts de consommation élevés, la mesure manuelle et sporadique empêche de réaliser un enregistrement continu et un profil constant de température, entravant ainsi une exploitation de l'installation économe en énergie.



**Image 1** Des pyromètres mesurent depuis le dôme la température des briques creuses dans le cowper.

## Mesure infrarouge de la température

Contrairement aux thermocouples, les thermomètres infrarouges ou les pyromètres détectent la température de l'objet de la mesure de manière optique. Le rayonnement thermique est capté par une lentille et transmis au capteur infrarouge. La température est calculée sur la base de la loi de Planck sur le rayonnement.

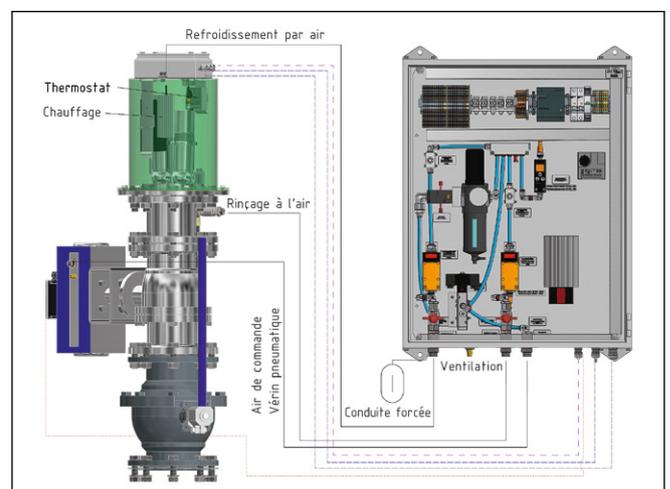
Un avantage décisif de cette méthode de mesure réside dans la mesure sans contact à une distance sûre de plusieurs mètres. La saisie et le traitement des valeurs de mesure s'effectuent en quelques millisecondes et offrent donc la possibilité d'un temps de réaction rapide en cas d'écart de température inadmissible. De plus, ce procédé de mesure sans usure n'entraîne pas de frais de consommation permanents.

## Mesure de la température des briques creuses d'empilage dans le cowper

Dans un cowper, l'air est chauffé à 1 300 °C avant d'être envoyé dans le haut fourneau. Pour ce faire, de l'air frais et froid circule du bas vers le haut à travers des briques creuses d'empilage préchauffées. La détermination de la température de ces briques creuses se fait au moyen de pyromètres montés sur

le dôme du cowper (**image 1**). La base d'une mesure fiable est un pyromètre avec une haute résolution optique et un cône de vision étroit pour détecter le rayonnement infrarouge à une grande distance de plusieurs mètres à travers le tube de visée.

Le système de mesure plug and play développé par KELLER ITS comprend le pyromètre, une armature de protection pour le montage à l'extérieur avec un robinet à bille mécanique et pneumatique ainsi qu'un coffret de commande pour le raccordement électrique et pour l'alimentation en gaz de refroidissement et de purge (**image 2**). La particularité du système de mesure est l'utilisation d'un sténopé couplé à une adaptation



**Image 2** Système de mesure plug and play pour le cowper.



**Image 3** Point de mesure du chenal de coulée avec scories et oxydes sur la masse fondue en écoulement.

dynamique de la quantité de gaz en fonction de l'état de fonctionnement du cowper. Par rapport aux systèmes de mesure précédents, la quantité de gaz nécessaire pour maintenir la propreté du champ de vision est réduite jusqu'à 80 %. Cette mesure contribue de manière significative à l'économie de ressources et donc à la durabilité.

### Mesure de la température de la masse fondue dans le chenal du haut fourneau et du cubilot

Pour mesurer la masse fondue dans le chenal du haut fourneau et du cubilot, on utilise des pyromètres qui enregistrent la température de la masse fondue à une distance pouvant atteindre 20 mètres. Les scories et les oxydes à la surface du métal liquide représentent un problème à ce point de mesure (**image 3**). Ceux-ci possèdent des propriétés de rayonnement différentes de celles de la masse fondue propre. Afin de pouvoir mesurer avec précision la température dans le chenal malgré ces impuretés, nous avons développé des pyromètres dotés d'une lentille à très haute résolution et donc d'un champ de mesure de quelques millimètres seulement. Associés à un temps de mesure court, de l'ordre de la milliseconde, et à une fonction CSD (Clean Surface Detection/détection des surfaces propres), ces appareils sont capables de filtrer la température de la masse fondue s'écoulant aux endroits dépourvus d'oxyde et de scories. Équipé d'une caméra vidéo intégrée, le champ de mesure, y compris la température, est affiché sur un écran dans la salle de contrôle. Grâce à l'enregistrement continu des valeurs mesurées, il est possible de réagir immédiatement en cas d'écarts de température. De plus, ce procédé de mesure sans usure permet d'économiser d'énormes ressources et coûts de consommation en rendant les thermocouples d'immersion obsolètes.

### Mesure de la température du jet de coulée au niveau de l'automate de coulée

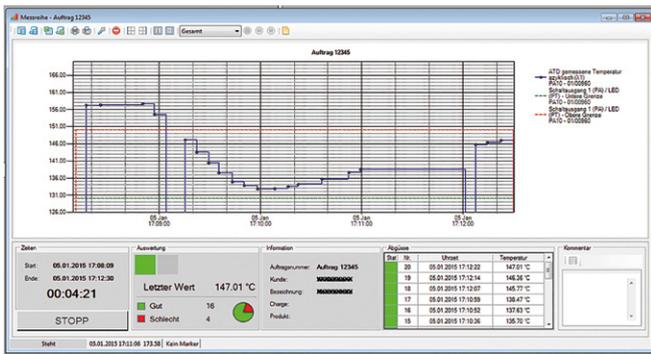
La température du métal liquide au niveau de l'automate de coulée a une influence décisive sur le comportement d'écoulement et la répartition uniforme dans le moule. En outre, la température de coulée détermine les propriétés techniques de transformation des produits semi-finis et finis et est responsable de manière déterminante de la qualité des pièces coulées et de la quantité de rebuts. Éviter la production de pièces défectueuses est la manière la plus efficace de préserver nos ressources en matières premières.

Les lances de mesure immergées permettent uniquement de déterminer la température dans la poche avant le processus de coulée proprement dit, et donc jamais la température du jet de coulée, qui est elle déterminante pour la production. La position et la profondeur d'immersion de la lance de mesure, qui dépendent de l'utilisateur, ont également une influence sur l'incertitude de mesure de la lance. Seuls un enregistrement et un contrôle précis de la température du jet de coulée permettent d'obtenir une qualité constante avec un taux de rebut minimal et d'économiser ainsi des ressources matérielles et énergétiques.

Le pyromètre panoramique CellaCast PA 83 a été développé pour mesurer la température du jet de coulée au niveau de l'automate de coulée. Grâce au champ de mesure rectangulaire, une valeur de mesure fiable est obtenue même si le diamètre du jet de coulée varie et si la position de ce dernier fluctue. De plus, le système de mesure dispose d'une fonction intelligente ATD (Automatic Temperature Detection/détection automatique de température). Cette dernière enregistre automatiquement la



**Image 4** Point de mesure de l'automate de coulée et moniteur pour l'affichage de la température de coulée et de l'image vidéo.



**Image 5** Documentation de la température par pièce coulée ainsi que du taux de rebut par lot de production.

température de chaque coulée. La valeur mesurée s'affiche sur l'écran de l'appareil et est disponible pour un traitement ultérieur via la sortie analogique et l'interface série. Le pyromètre possède, au choix, une visée optique ou une caméra vidéo couleur. Le jet de coulée avec le champ de mesure, la température mesurée et le numéro du point de mesure sont affichés sur le moniteur du poste de contrôle (**image 4**).

## Analyse et archivage des valeurs mesurées

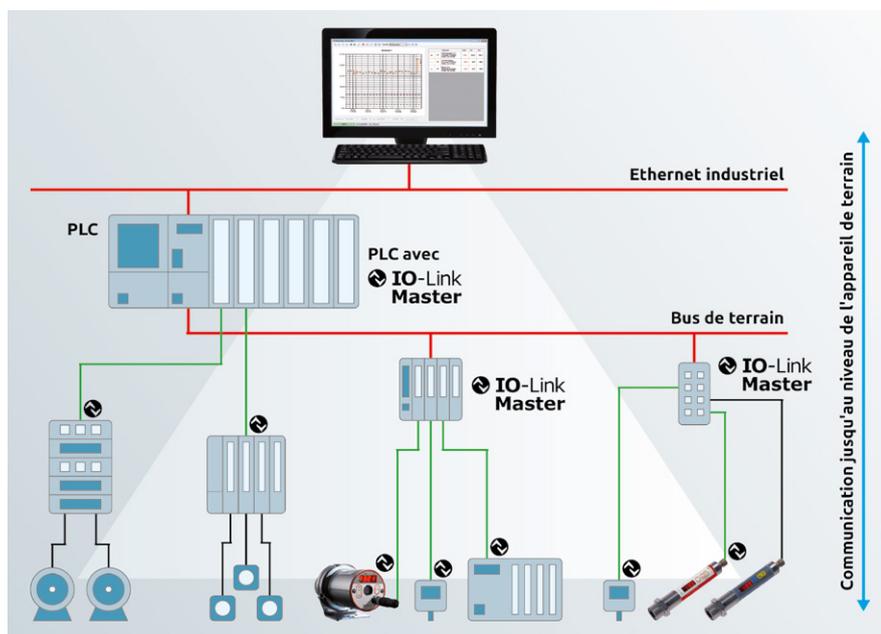
Le logiciel CellaView fait partie de l'étendue de livraison de la série de pyromètres CellaCast PA. Il est ainsi possible de mettre en place très facilement un système de collecte de données autonome basé sur un PC. Le logiciel affiche les valeurs mesurées en temps réel sous forme de graphique. Grâce à l'interface

moderne MDI, il est possible d'ouvrir simultanément un nombre quelconque de diagrammes et d'enregistrer en parallèle les séries de mesures de 31 appareils max. En mode CellaCast du logiciel, le nombre de coulées par lot de production, y compris le taux de rebut, est affiché et documenté dans un rapport métrologique (**image 5**).

Les données de l'interface sérielle ainsi que le signal vidéo peuvent être intégrés dans un réseau Ethernet. Les valeurs mesurées ainsi que l'image vidéo peuvent ainsi être consultées à n'importe quel poste de travail, indépendamment d'où l'on se trouve.

## Connexion à une commande centrale

Le thème de l'industrie 4.0 pour la collecte et la justification des grandeurs de mesure importantes pour la production fait l'objet de discussions intensives, notamment dans le domaine de la fabrication de produits de fonderie. Les pyromètres de la série CellaCast PX utilisent la technologie d'interface moderne IO-Link. L'intégration du système de mesure dans la commande de l'installation est ainsi des plus simples (**image 6**). En effet, lors de la spécification de l'interface IO-Link selon la norme CEI 61131-9, une importance particulière a été accordée à la standardisation, à la sécurité de fonctionnement ainsi qu'à la simplicité du câblage et de la mise en service au niveau matériel et logiciel. L'interface numérique permet de transmettre en parallèle plusieurs valeurs mesurées, valeurs limites, infor-



**Image 6** Intégration du pyromètre avec interface IO-Link dans la commande de l'installation.

mations de diagnostic pour une maintenance correspondant aux besoins, informations sur les états de fonctionnement et messages d'erreur.

## Conclusion

Tant dans l'optique de la durabilité d'une production économe en ressources grâce à une mesure précise de la température que pour la documentation continue de la température de coulée, sans oublier les économies sur les coûts de consommation permanents, l'utilisation de pyromètres dans les processus liés à la température lors de la production et du traitement du fer et de l'acier liquides représente un investissement pour l'avenir et rentable.



### Auteur

Dipl.-Ing. Albert Book  
KELLER HCW GmbH  
Infrared Temperature Solutions (ITS)  
Tél. +49 5451 85320  
albert.book@keller.de  
[www.keller.de/its](http://www.keller.de/its)