



Production

Contrôle de qualité

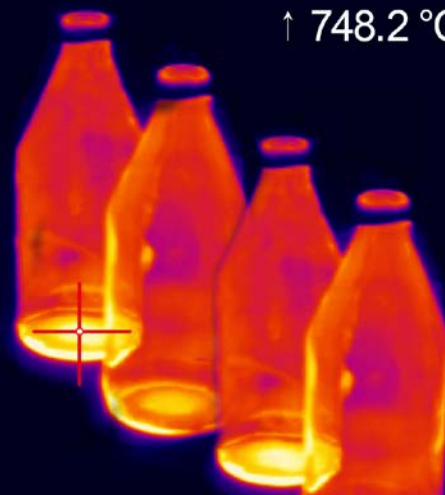
Recherche & développement

Essai & mesure

## MESURE DE TEMPÉRATURE SANS CONTACT DANS L'INDUSTRIE DU VERRE

when temperature matters

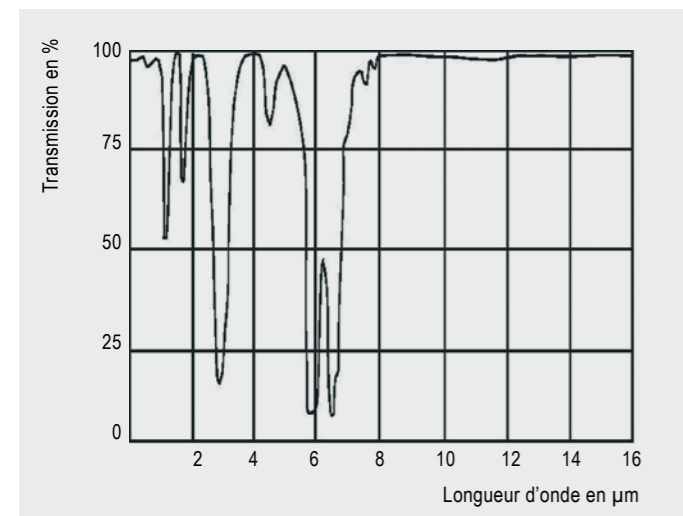
↑ 748.2 °C



### Influences de l'environnement

Sur la figure ci-dessous, on constate que la perméabilité (transmission) de l'air dépend très fortement de la longueur d'onde. Des zones à évaporation élevée alternent avec des zones à haute perméabilité, un phénomène appelé « fenêtres atmosphériques ». Dans la fenêtre atmosphérique à ondes longues (8 ... 14  $\mu\text{m}$ ), la perméabilité est uniformément élevée, alors que la zone à ondes courtes fait état d'affaiblissements mesurables dus à l'atmosphère, qui peuvent fausser les résultats de mesure. Les fenêtres de mesure typiques y sont : 1,1 ... 1,7  $\mu\text{m}$ , 2 ... 2,5  $\mu\text{m}$  et 3 ... 5  $\mu\text{m}$ .

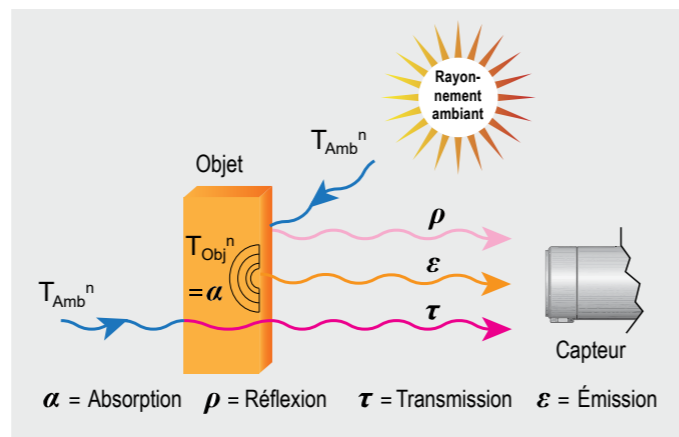
D'autres facteurs d'influence sont les sources potentielles de rayonnement thermique dans l'entourage de l'objet à mesurer. Pour éviter les dénaturations de valeurs de mesure en raison de températures ambiantes accrues, une compensation de température ambiante peut déjà être réglée dans l'appareil de mesure infrarouge. Cela s'avère par exemple utile lors de la mesure d'objets se trouvant dans des chambres dans lesquelles les parois sont plus chaudes que l'objet de mesure. On obtient des résultats de mesure extrêmement précis avec une deuxième tête de mesure de température pour la compensation automatique de la température ambiante et une émissivité correctement réglée.



Facteur de transmission spectrale de l'air (1 m, 32 °C, 75 % d'humidité relative)

La poussière, la fumée et les particules en suspension dans l'atmosphère peuvent encrasser l'optique et fausser les résultats de mesure. L'utilisation de souffleuses (tubulure à visser avec raccord à air comprimé) empêche les dépôts de particules en suspension devant l'optique. Des accessoires pour le refroidissement à l'air et à l'eau permettent l'emploi des thermomètres infrarouges même dans des conditions ambiantes difficiles.

Vous trouverez davantage d'informations sur les accessoires des appareils de mesure infrarouge en page 11.



Compensation du rayonnement ambiant

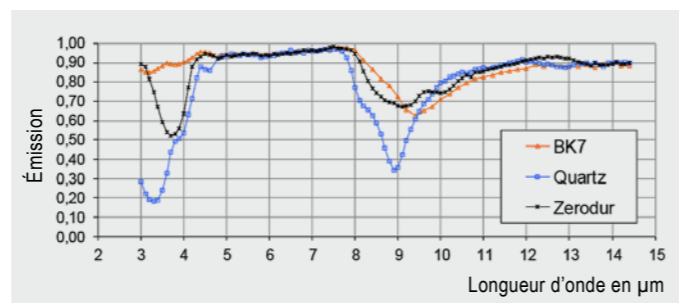
### Émissivité et mesure de température

**L'émissivité est un facteur essentiel pour la mesure exacte de températures. Elle dépend de différentes influences et doit être réglée en fonction de l'application.**

L'émissivité dépend du matériau, de sa structure de surface, de la longueur d'onde, de l'angle de mesure et éventuellement aussi de la configuration des dispositifs de mesure.

Sur la plage des ondes longues (8–14  $\mu\text{m}$ ), le verre nu présente en règle générale des émissivités d'env. 0,85. Aux températures de processus plus élevées, on mesure habituellement le verre à 5,0  $\mu\text{m}$  ou encore à 7,9  $\mu\text{m}$ , car dans ces plages spectrales l'émissivité est  $\geq 0,95$ .

Un autre avantage de 7,9  $\mu\text{m}$  et 5  $\mu\text{m}$  est la plus faible dépendance de l'angle de réflexion des surfaces en verre dans cette plage de longueurs d'onde. Cela signifie qu'une température surfacique peut aussi être saisie indépendamment de la réflexion en cas d'angle de vue oblique.



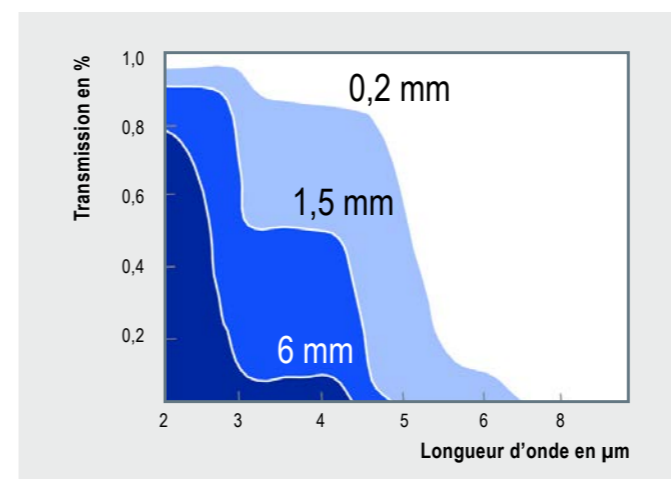
Émission spectrale du verre



Mesure Hot Spot dans la fabrication de bouteilles en verre

Si les mesures de température sont réalisées sur du verre avec des thermomètres infrarouges ou des caméras spéciales optris PI G7, il convient de prendre en compte aussi bien la réflexion que la transmission.

Le choix minutieux de la longueur d'onde permet d'effectuer des mesures aussi bien sur la surface du verre qu'en profondeur. Des longueurs d'onde de 1,0  $\mu\text{m}$ , 2,3  $\mu\text{m}$  ou 3,9  $\mu\text{m}$  sont recommandées pour des mesures sous la surface, de 5  $\mu\text{m}$  et 7,9  $\mu\text{m}$  pour des mesures des températures surfaciques. Pour des températures plus basses, il convient d'utiliser des longueurs d'onde de 8 à 14  $\mu\text{m}$  et de régler l'émissivité à 0,85 pour compenser la réflexion. L'application d'un appareil de mesure avec délai de réponse plus court est pertinente car, en tant que mauvais conducteur thermique, le verre peut rapidement changer la température surfacique.



Perméabilité spectrale du verre en fonction de l'épaisseur

Vous trouverez davantage d'informations dans notre brochure Bases des infrarouges : [www.optris.fr/telechargements](http://www.optris.fr/telechargements)



### LineScan avec caméra infrarouge compacte

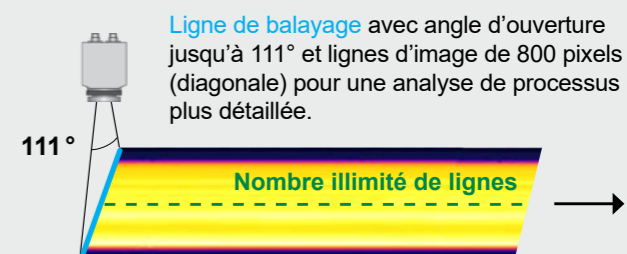
Les caméras infrarouges Optris sont livrées avec le logiciel sans licence PIX Connect. Le logiciel permet de faire fonctionner les caméras comme des caméras linéaires.

Des scanners linéaires sont traditionnellement utilisés dans l'industrie du verre pour différents procédés de mesure. Dans ces appareils, un détecteur de point est combiné à un miroir rotatif et génère ainsi un balayage en ligne de l'objet. Ces appareils sont très volumineux et onéreux. Une charge de travail manuel importante est en outre nécessaire pour la configuration.

L'application d'une caméra IR en guise de scanner en ligne permet d'utiliser n'importe quelle ligne de la matrice de détecteur. Deux points sont essentiels, outre sa construction moins encombrante et son prix modique : la ligne à balayer peut être positionnée et dimensionnée au choix et l'utilisateur reçoit une image IR complète en guise d'information supplémentaire. Il s'agit d'avantages décisifs dès la configuration du système.

Les caméras peuvent mesurer des températures surfaciques d'objets de mesure se déplaçant de façon linéaire par des ouvertures minimales. Dans l'industrie du verre, cette fonction revêt une importance significative car la température du verre a une influence directe sur la qualité. Pendant le processus de production, les températures sont par conséquent saisies en de nombreux points et directement transmises à la commande du processus.

L'optris PI 640 G7, une **caméra IR spéciale pour les applications dans le verre**, peut p. ex. balayer la largeur complète du verre dans un processus flottant jusqu'à 4 m, avec une optique 90° en utilisant les diagonales comme ligne de balayage à une hauteur de 1,7 m. En utilisant un mode subframe de 640 x 120 pixels, des données peuvent même être enregistrées à 125 Hz avec la même optique et distribuées dans une image thermique de n'importe quelle résolution.



# Possibilités d'application Technique de mesure de la température

## FABRICATION DU VERRE

when temperature matters

### Optimisation de production avec le processus de verre flotté

La bande de verre plat a une température de 600 °C après le bain d'étain, la première caméra infrarouge est utilisée en mode LineScan pour contrôler la température dans le transfert vers la zone de refroidissement. Le verre est transporté dans la zone de refroidissement à travers différents secteurs de refroidissement. Entre deux secteurs de refroidissement, des caméras infrarouges sont également installées pour contrôler la température, garantissant ainsi une qualité optimale.

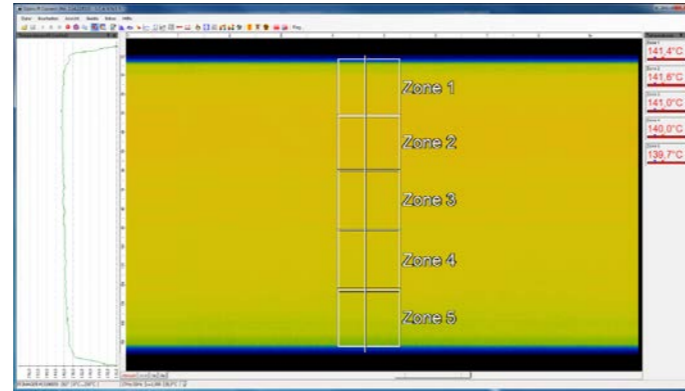
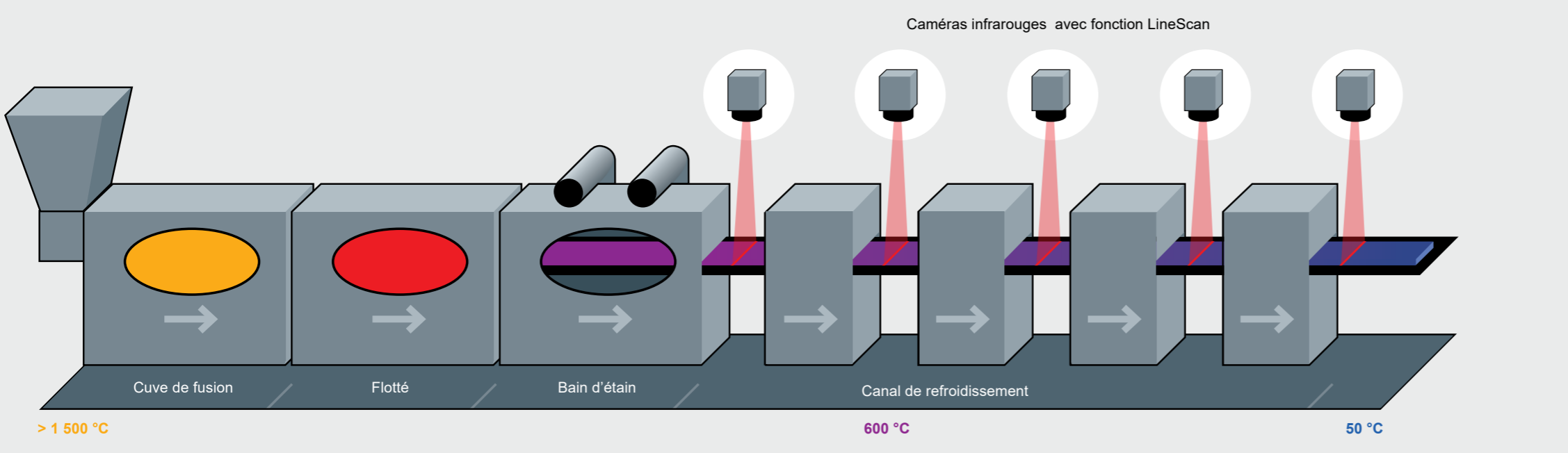
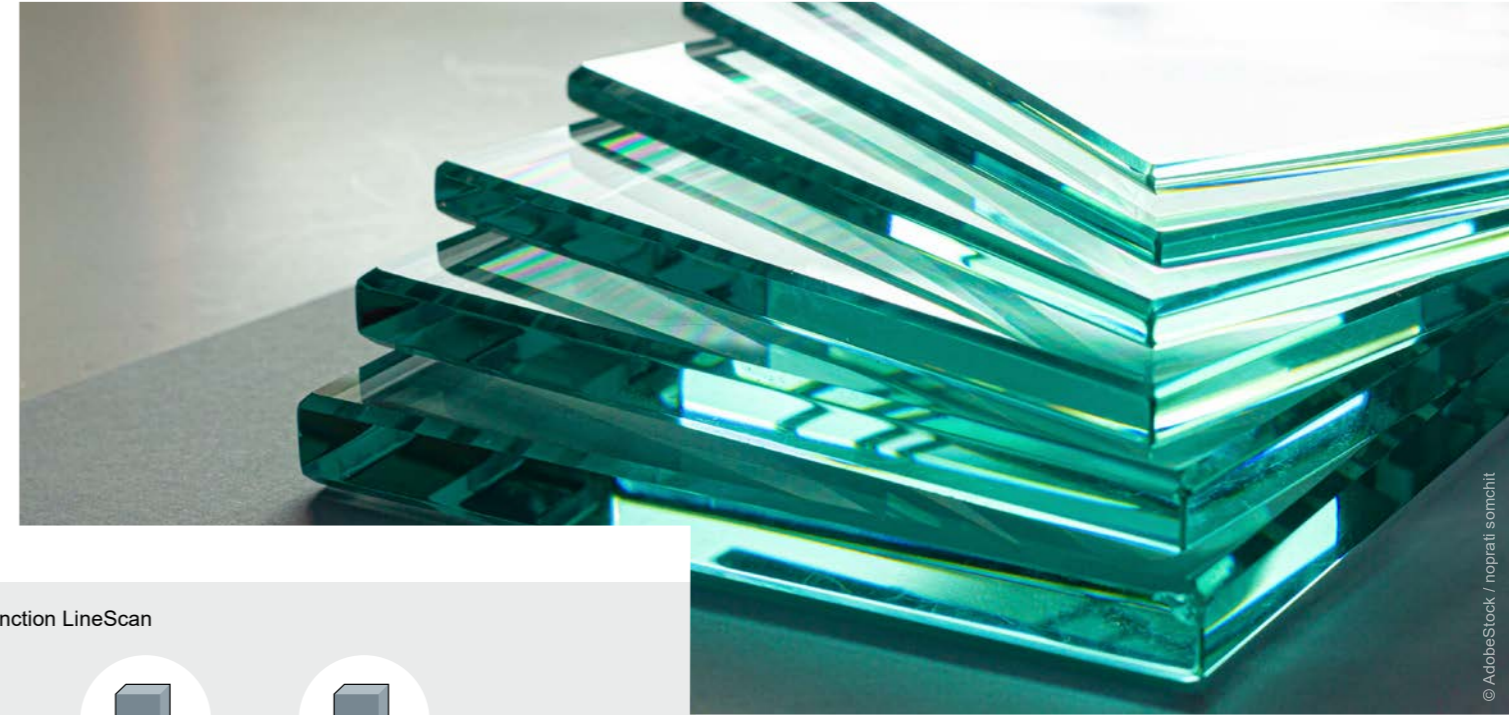


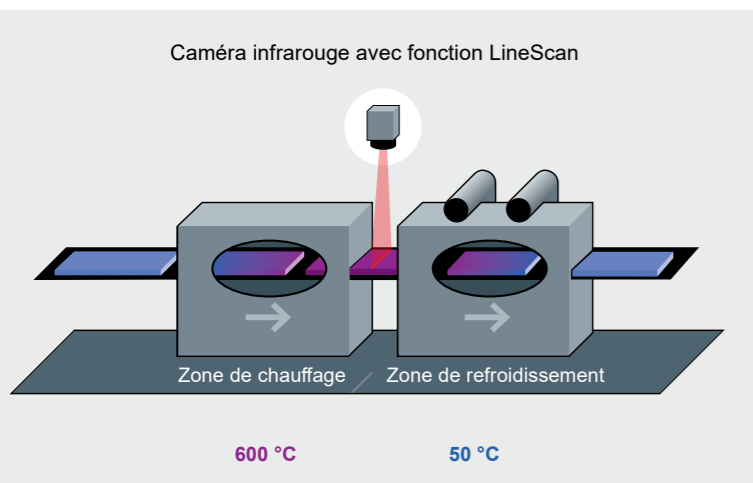
Image thermique d'un verre plat infini pendant le processus de refroidissement, générée par une caméra infrarouge qui fonctionne en mode LineScan.



### Garantir la qualité du verre de sécurité feuilleté

Le verre de sécurité feuilleté (VSG) est composé d'au moins deux feuilles de verre plat laminées en salle blanche avec un film PVB intercalé. La température du film peut être contrôlée avec des thermomètres infrarouges. Les feuilles de verre sont chauffées dans le four de pré-feuilletage pour fondre le film tout en compressant le « sandwich » pour empêcher les inclusions d'air. Lors du transfert dans les autoclaves, la répartition de la température est contrôlée avec une caméra infrarouge, pour adapter les éléments de chauffage dans le four de pré-feuilletage le cas échéant pour les feuilles suivantes.

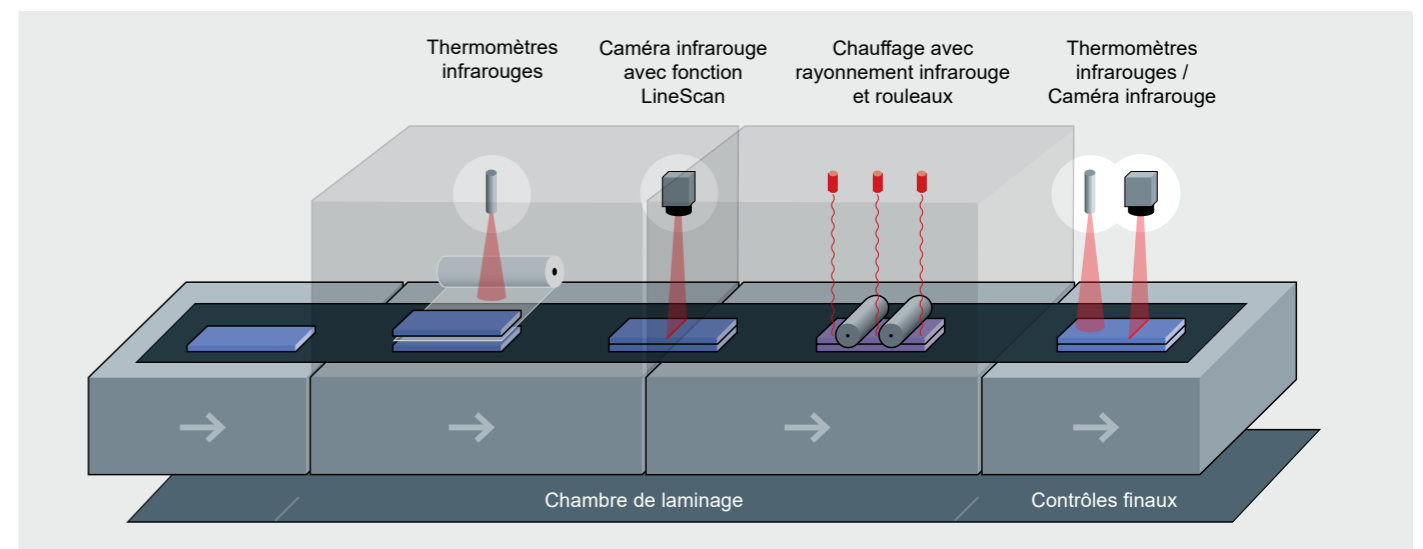
Plages de mesure lors de la fabrication du verre plat



### Production d'ESG avec la bonne technique de mesure de la température

Pour fabriquer du verre de sécurité trempé (ESG), le verre plat traité est à nouveau chauffé à plus de 600 °C, constamment en mouvement, dans un poêle. Lors du transport dans la zone de pré-tension, une caméra infrarouge contrôle la répartition de la température à la surface du verre en mode LineScan. Les inhomogénéités peuvent ainsi être à nouveau compensées lors du processus de pré-tension, pendant lequel le verre subit un refroidissement rapide. La qualité de l'ESG dépend fondamentalement d'un traitement thermique homogène, garanti par l'application de la technique de mesure de la température.

Plages de mesure lors de la fabrication d'ESG



Plages de mesure lors de la fabrication de VSG

# Conteneur production de verre

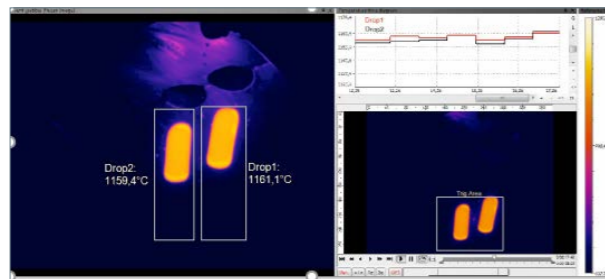
## MESURE DE LA MASSE DE VERRE EN FUSION



### Surveillance permanente dans la fabrication du verre

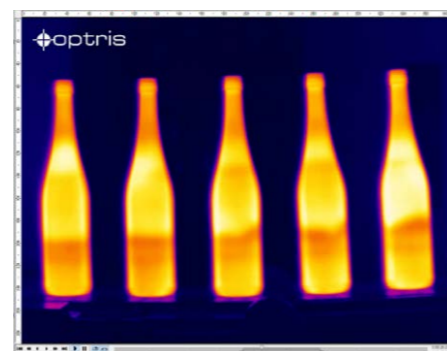
La température de processus pertinente du verre pour contenants, p. ex. bouteilles de toutes tailles et formes, doit être contrôlée plusieurs fois pendant le processus de fabrication.

Le brin de verre est découpé à la sortie de la masse de verre en fusion par le dispositif d'alimentation. Les **gouttes de masse de verre en fusion** qui en découlent doivent avoir une température d'env. 1 000 °C pour garantir la qualité. Jusqu'à présent, la mesure de température ne pouvait être mise en œuvre qu'avec des thermomètres infrarouges de mesure de points en raison de la vitesse élevée. La nouvelle caméra infrarouge optris PI 1M permet de réaliser cette mesure également par une mesure de surface avec une fréquence de trame jusqu'à 1 000 Hz.



Surveillance de température de gouttes de verre en fusion avec la caméra thermique PI 1M

Des capteurs infrarouges sont également utilisés pour le contrôle lors du **processus de mise en forme**, qui a lieu à des températures supérieures à 500 °C. Comme le processus ne dure que quelques secondes, la durée de réaction des capteurs est ici aussi d'une importance décisive. Le traitement thermique du verre peut être influencé par la mesure directe de la surface du verre ou la mesure indirecte de la surface de l'outil de mise en forme, lors de la mise en forme du baquet mais aussi lors du formage final.



Pour achever le processus de fabrication, une nouvelle **thermorégulation de détente** a lieu dans les récipients. Le verre est à nouveau chauffé puis lentement refroidi dans un tunnel de refroidissement pendant une durée pouvant atteindre 30 minutes. À la sortie des récipients, le processus de refroidissement est accompagné et piloté par des mesures de température.



Mesure de température pour contrôle qualité après le processus de formage

# Système d'inspection du verre top down

when temperature matters

## TREMPAGE DE FEUILLES DE VERRE

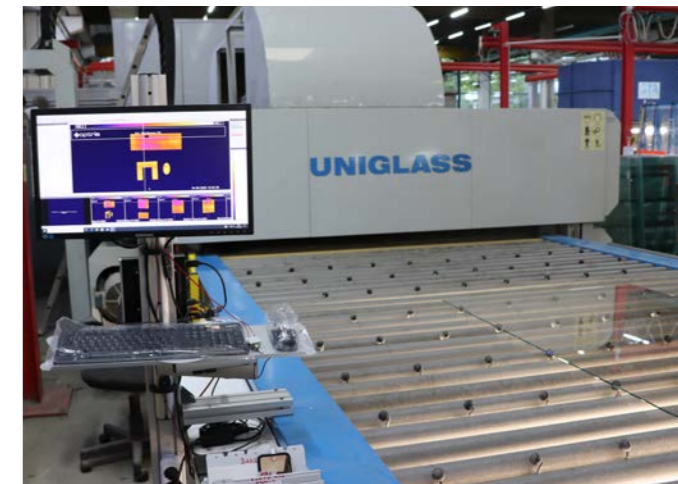
### Système d'inspection du verre pour le pilotage de processus dans les installations de trempage du verre

Tous les types de verres, revêtus et non revêtus, changent leur comportement d'émission en fonction de l'angle d'observation.

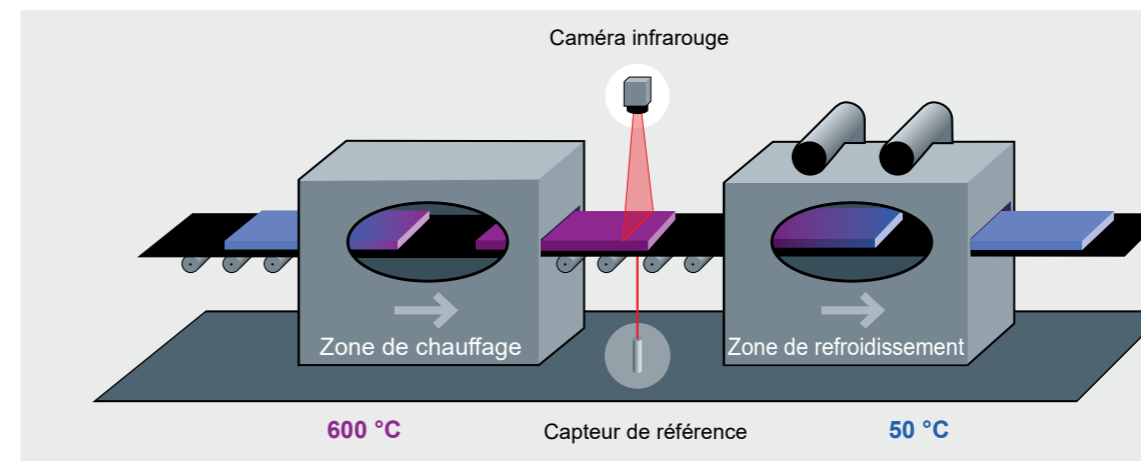
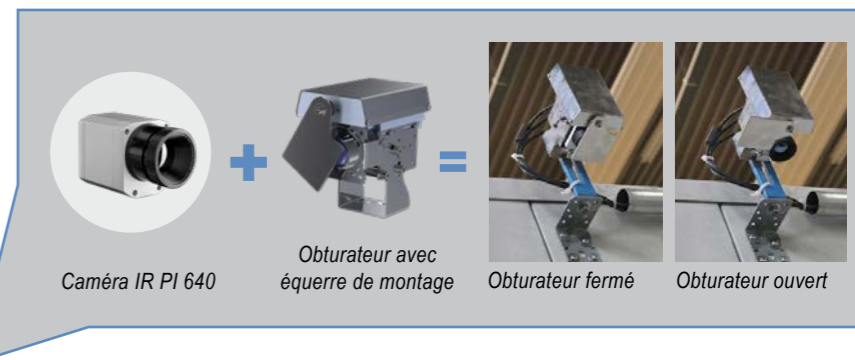
Les revêtements Low E notamment montrent un comportement inhabituel. Un référencement par le bas (surface de verre non revêtue) est nécessaire pour une mesure de température fiable et reproductible.

### Caractéristiques

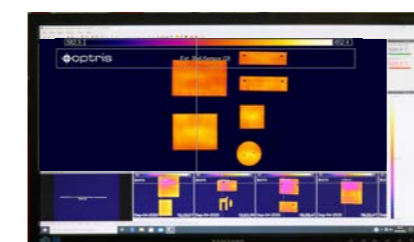
- Système top down avec référencement de température par capteur par le bas et correction automatique de l'émissivité
- pour des verres standard et Low E
- Le système de protection optique à commande numérique (DCLP) épargne le soufflage supplémentaire de la lentille de caméra
- Calcul de la surface de verre
- Système prémonté pour installation facile sur des installations de trempage du verre
- Détection automatique des lignes de balayage – insensible à la distorsion de l'image



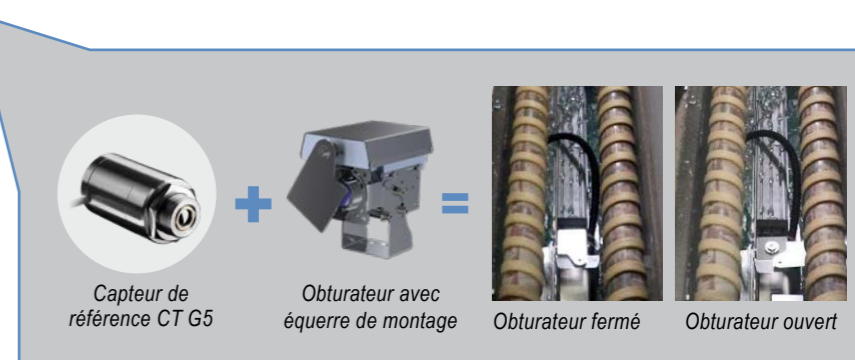
Surveillance des températures de feuilles de verre dans une installation de trempage



Positionnement de la caméra IR et du capteur de référence dans un système d'inspection du verre top down. Une variété d'optiques avec différents champs de vision permet un montage optimal à grande distance de l'objet de mesure (aucun refroidissement nécessaire) et évite ainsi des influences dues à l'émissivité en fonction de l'angle.



Surveillance des températures de feuilles de verre



# Appareils de mesure spécifiques à la branche pour l'industrie du verre

GAMMES DE LONGUEUR D'ONDES SPÉCIALES

when temperature matters

La tête de mesure en acier inoxydable du thermomètre IR est **extrêmement petite** et s'utilise à une température ambiante atteignant 85 °C sans refroidissement.

La plage de mesure est comprise entre 100 °C et 1 650 °C.

## optris CT G5

En raison de sa plage spectrale de 5,0 µm, le pyromètre optris CT G5 convient excellentement pour la **mesure de températures de verre**, p. ex. dans la **production de verre pour contenants** et pour l'**automobile**.

Le thermomètre IR optris CTlaser G5 permet d'effectuer des mesures de température sur de **très petits objets à partir de 1 mm** à une distance de 70 mm.

Grâce à ses durées de réglage **très brèves** à partir de 10 ms, il est fréquemment utilisé dans des processus rapides.

## optris CTlaser G5

Avec une plage spectrale de 5,0 µm, le thermomètre infrarouge optris CTlaser G5 en deux parties sert spécialement à la **mesure précise de surfaces en verre**. Les appareils de mesure de température sont utilisés p. ex. dans les processus de fabrication de **verre pour l'automobile** et de **verre plat**.

Le thermomètre infrarouge optris CSlaser G5HF a été spécialement conçu pour la mesure de températures du verre. Son interface à deux fils standardisée assure une **transmission fiable des valeurs de mesure** et facilite l'intégration dans une commande programmable.

Le pyromètre est équipé en outre d'un **système de visée à double laser innovant** pour le **marquage du spot de mesure**. La variété des paramètres optiques permet une adaptation aux applications les plus diverses.

## optris CSlaser G5HF

Le thermomètre IR convient excellentement au contrôle de température dans les processus de production du **verre plat et du verre pour l'automobile**.

Le thermomètre IR joue un rôle tout aussi important dans la mesure de température pendant la fabrication de **verre de sécurité trempé** et de **verre de sécurité feuilleté**.

Le thermomètre infrarouge optris CTlaser 1M / 2M offre une **longueur d'onde de mesure spéciale** et permet la mesure **précise et rapide** de températures de 200 °C à 1 650 °C.

## optris CTlaser 1M / 2M

La sensibilité spectrale de 1,0 µm ou 1,6 µm fait du CTlaser 1M / 2M

**l'appareil idéal pour la mesure de couches de verre plus profondes.**

Il convient parfaitement à la **mesure de température** du verre dans un **four de fusion** mais aussi à la **mesure de température de gobs** dans les lignes de production de verre pour contenants.

Le thermomètre infrarouge optris CTlaser G7 convient parfaitement à la mesure de température précise de **surfaces en verre très fines**.

Le pyromètre offre une large plage de température de 100 °C à 1 200 °C et peut être utilisé avec des températures jusqu'à 85 °C sans refroidissement supplémentaire.

## optris CTlaser G7

En raison de sa plage spectrale de 7,9 µm, le thermomètre IR en deux parties est optimal pour la **mesure de température précise** dans la fabrication de **verre ultra fin** utilisé pour les **écrans tactiles de smartphones, tablettes**, etc.

Les **caméras thermiques** optris PI 450i G7 et PI 640 G7 sont les premiers **modèles spécifiques à l'industrie** de la série PI. Conçues pour l'industrie du verre, elles ont une **sensibilité spectrale de 7,9 µm**.

La plage de mesure de 150 °C à 1 500 °C permet une utilisation dans de nombreuses applications dans la **production, l'affinage et le traitement de feuilles de verre, bouteilles en verre et autres produits en verre**.

## optris PI 450i G7 / PI 640 G7

Ces caméras infrarouges sont utilisées si des **valeurs de températures** doivent être saisies à **l'intérieur d'un champ**.

L'imager IR est utilisé comme caméra linéaire dans le cadre de la **production de verre plat** et offre de **nombreuses possibilités de documentation** et de **contrôle de processus**.

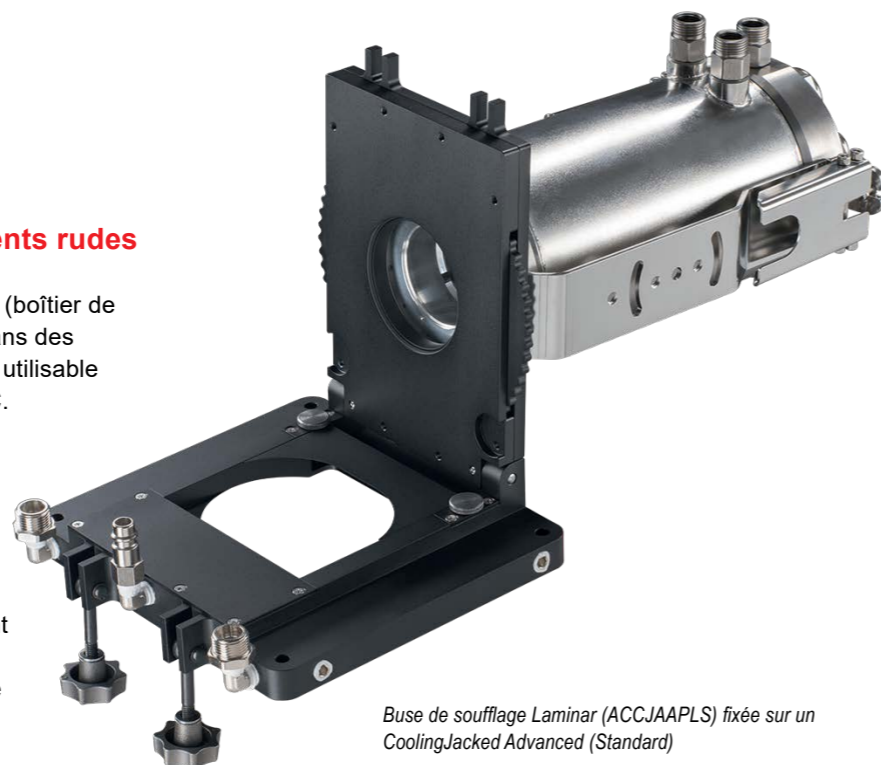
Quant au faible prix, une caméra infrarouge pourrait être la meilleure solution par rapport à de nombreux pyromètres individuels.

### AIR PURGE LAMINAR

#### Buse de soufflage pour environnements rudes

La buse de soufflage complète le CoolingJacket (boîtier de refroidissement à eau) fiable pour application dans des environnements rudes. Le système est en outre utilisable à des **températures ambiantes jusqu'à 315 °C**.

Une fenêtre spéciale intégrée, qui laisse passer les infrarouges, protège d'une part l'optique de la caméra ou du capteur et permet d'autre part un **flux d'air laminaire optimal**. Ceci est particulièrement important car les turbulences entraînent des dépôts de saletés immédiatement devant l'optique. La buse de soufflage a été conçue, testée de façon exhaustive et optimisée par les ingénieurs en développement d'Optris dans le centre d'essais propre à la société.



Buse de soufflage Laminar (ACCJAAPLS) fixée sur un CoolingJacket Advanced (Standard)

#### Diversité des variantes

La buse de soufflage d'Optris est disponible en deux variantes :

##### • Grand hublot

Pour les applications dans lesquelles l'ensemble du champ de détection de la caméra infrarouge est nécessaire.



##### • Fente

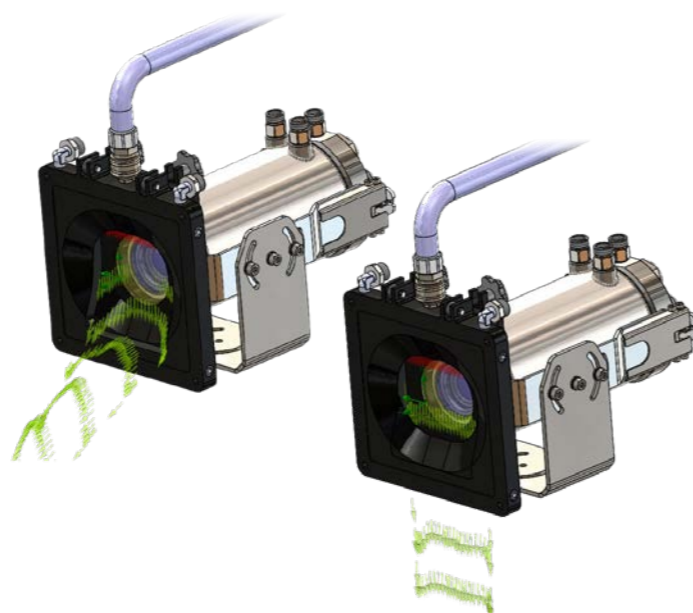
Pour les applications dans lesquelles seule une ligne de balayage est nécessaire. Elle protège davantage le capteur et est **fréquemment utilisée dans le production de verre**.



#### Installation et maintenance simples grâce au mécanisme à clapet

La mise au point de la caméra infrarouge installée peut être réglé de l'extérieur à l'aide d'une bague crantée sans changer la position de la caméra à cet effet. Le **logiciel gratuit et sans licence** optris PIX Connect permet un paramétrage aisé depuis l'ordinateur, par exemple la définition de la ligne LineScan. L'installation sur le lieu de montage est ainsi réduite au minimum.

Le mécanisme à clapet de la buse de soufflage permet d'inspecter la fenêtre de protection et l'optique de la caméra **sans démontage**. La mise au point manuelle à l'aide de la bague intégrée en reste inchangée.



#### Flux d'air flexible de protection contre les encrassements

Le flux d'air devant le CoolingJacket s'est avéré tout aussi décisif dans les environnements rudes pour une mesure de température fiable et précise que le refroidissement lui-même. La buse de soufflage optimise ce flux d'air et permet aussi bien une expulsion d'air orthogonale (à gauche) que parallèle (à droite).



Vous trouverez davantage d'informations, des instructions pratiques ainsi que des vidéos de méthodes sur notre canal **YouTube** ou en visitant notre site Internet à l'adresse : [www.optris.fr/how-to](http://www.optris.fr/how-to)

### OBTURATEUR

#### Pour les environnements rudes ...

Un obturateur (mécanisme de fermeture) peut être acquis en option pour protéger l'optique de la caméra.

Il est équipé d'un servomoteur qui peut verrouiller mécaniquement le mécanisme de fermeture en cas de besoin. La particularité de l'obturateur n'est pas seulement l'ouverture et la fermeture mais aussi l'étanchéification complète à l'état fermé. Ceci garantit que l'obturateur est complètement fermé et de la saleté ne pénètre pas dans l'optique.

#### ... et environnement industriel rude

L'obturateur protège l'optique des chutes de pièces avec un temps de réaction de 100 ms à une température ambiante pouvant atteindre 60 °C.



### COOLING JACKET ADVANCED

#### Boîtier universel refroidi à l'eau pour les thermomètres et caméras infrarouges optris dans des conditions industrielles rudes

Le boîtier de refroidissement CoolingJacket Advanced est prévu pour une application à des températures ambiantes élevées, pour la série optris PI ainsi que le CTlaser et le CSlaser.

Le refroidissement peut être réalisé avec de l'eau (température ambiante maximale : 315 °C). Il permet aussi d'intégrer des composants supplémentaires tels que PI NetBox, USB Server Gigabit et Industrial Process Interface (PIF) dans la version étendue.

Ethernet Cat. 6, câble USB et de capteur pour des températures ambiantes jusqu'à 250 °C ainsi qu'un refroidissement de câble optionnel jusqu'à 315 °C sont disponibles.



CoolingJacket Advanced (ACPICJAE)  
Version étendue



CoolingJacket Advanced (ACPICJAS)  
Version standard

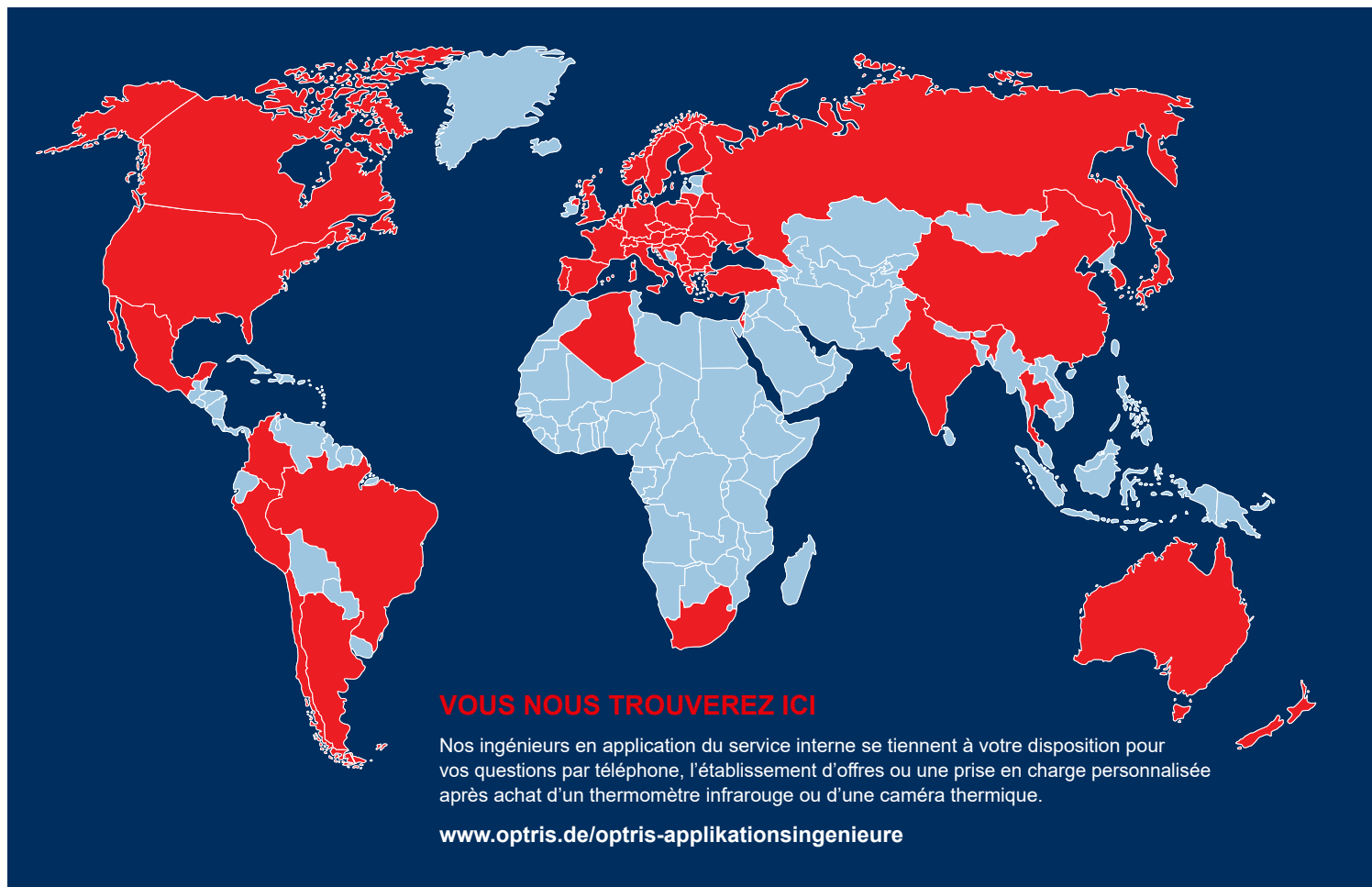
Vous trouverez davantage d'informations et de détails techniques sur la buse de soufflage Laminar, le CoolingJacket Advanced et l'obturateur à l'adresse :

[www.optris.fr/telechargements-accessoires-cameras-infrarouges](http://www.optris.fr/telechargements-accessoires-cameras-infrarouges)



optris **worldwide**

PARTENAIRES DE DISTRIBUTION INTERNATIONAUX



**VOUS NOUS TROUVEREZ ICI**

Nos ingénieurs en application du service interne se tiennent à votre disposition pour vos questions par téléphone, l'établissement d'offres ou une prise en charge personnalisée après achat d'un thermomètre infrarouge ou d'une caméra thermique.

[www.optris.de/optris-applikationsingenieure](http://www.optris.de/optris-applikationsingenieure)