PhonOptics



V1.4/AVRIL/2022

PYROMETRE BICHROMATIQUE REFLECTOMETRIQUE

500-1500°C 1.3 & 1.5µm

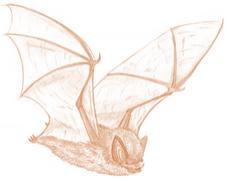
Version Française préliminaire



SOMMAIRE

1. Le ThermoRef (p.3)
2. Spécifications techniques (p. 8)
3. Cas d'usage (p.9)
4. Pour aller plus loin (p.11)
5. Contact (p.17)

PhonOptics
Listening Everywhere



LE THERMOREF

L'émissivité n'est plus un problème !

Phonoptics a développé un capteur révolutionnaire :

Pyromètre bichromatique réflectométrique
à fibre optique

Grâce à l'utilisation de lasers, et en effectuant des calculs complexes pour résoudre les bonnes équations, notre dispositif est capable de **mesurer en temps réel l'émissivité** de la cible et ainsi corriger tout changement de surface, donc d'émissivité.

Ainsi notre ThermoRef™ indique toujours la vraie température.

De plus ce dispostif vous permet de renseigner à vos autres équipements la bonne émissivité (caméra IR, pyromètre monochromatique, etc.)





Le boitier de contrôle avec son écran tactile



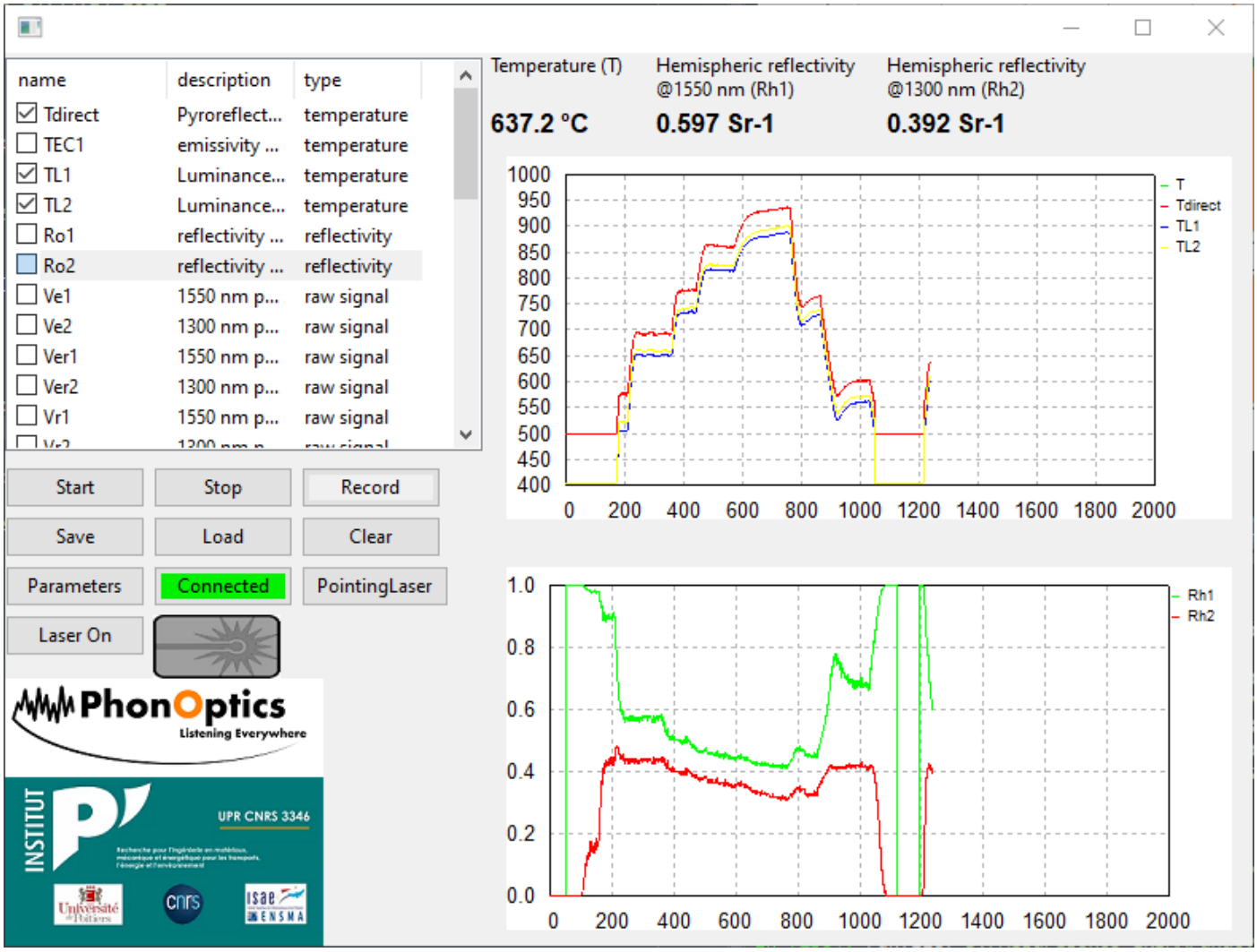
La face arrière avec sa connectique





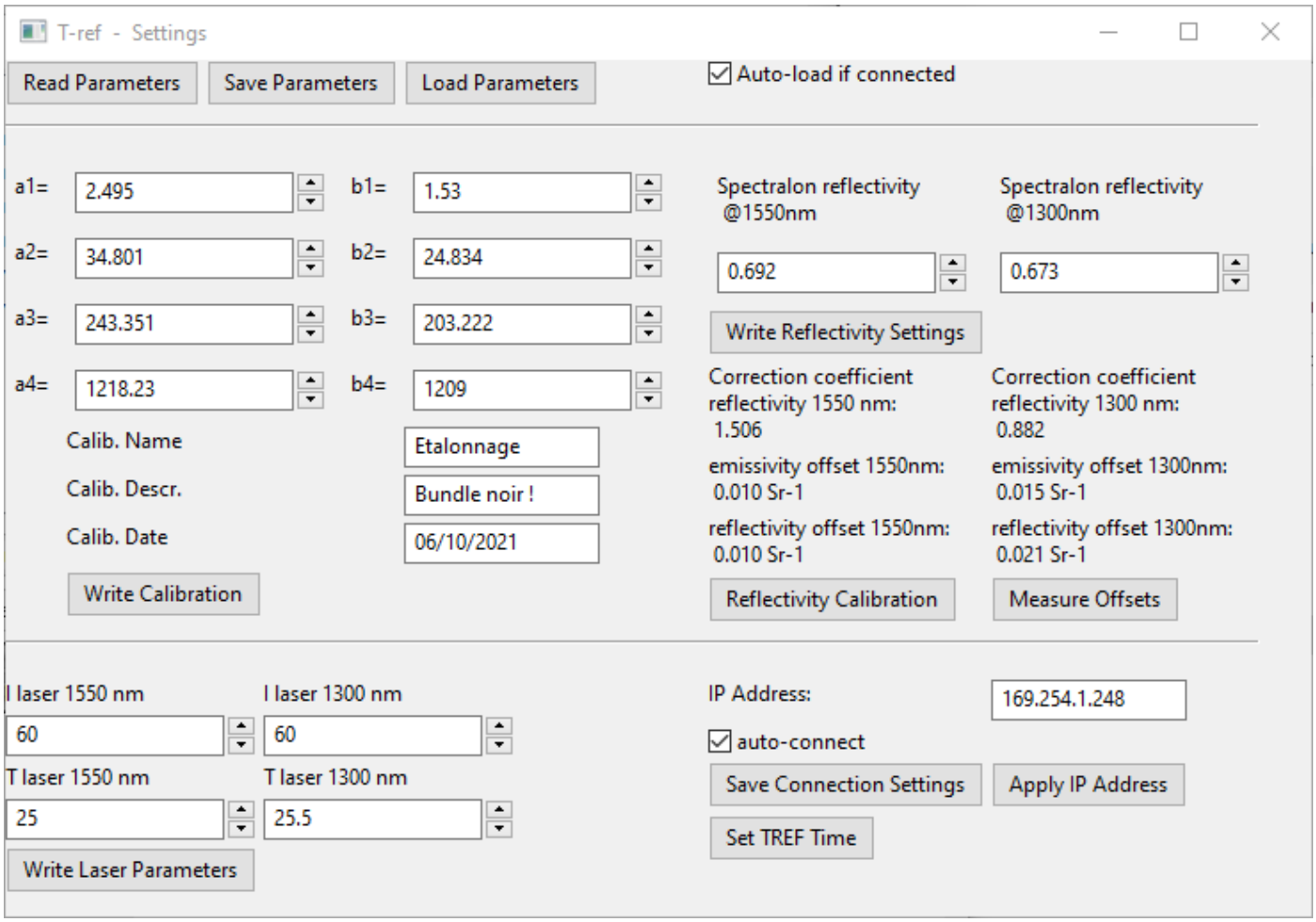
La tête optique reliée au boitier via son câble blindé à revêtement polyuréthane

Le logiciel sur ordinateur, en complément de l'écran tactile et pour des opérations à distances



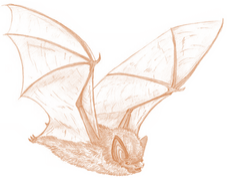
Il est possible de contrôler intégralement l'unité électronique à distance via la connexion Ethernet.
Toutes les données mesurées et calculées sont affichables et enregistrable : Température de luminance, réflectivités, température bichromatique, température à correction d'émissivité, température bichromatique réflectométrique et bien plus.
On visualise les différentes valeurs au cours du temps avec une échelle auto-ajustée.

Il est possible d'allumer et éteindre les lasers par mesure de sécurité, ainsi que le pointeur laser.



Le logiciel permet de contrôler le fichier de calibration afin d'effectuer ou de charger de nouvelles calibrations pyrométriques et réflectométriques.
C'est la précision de ces calibrations qui donneront la précision des mesures.
Une calibration est fournie d'office avec la livraison du matériel. Cette calibration peut être refaite par la suite.

PhonOptics
Listening Everywhere

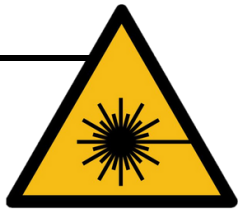


SPECIFICATIONS TECHNIQUES

ThermoRef

Gamme de température	500 à 1500°C⁎ (autre sur demande)
Mesure à fibre optique et optique de collimation	Longueur standard 2m (autre sur demande)
Distance de mesure	200mm standard (autre sur demande)
Taille du spot de mesure	4mm @200mm standard (autre sur demande)
Résolution	1°C
Incertitude	±10°C standard @ 1500°C
Fréquence de mesure	10Hz (100Hz sur demande)
Gamme de longueur d'onde	1.3 & 1.5µm. Laser class 3B (IIIB)
Alimentation électrique	Adaptateur secteur 80-260V vers 24V
Alignement	Laser de visée class 2 (II)
Entrées/Sorties	4-20mA, 0-10V & Ethernet
Enregistrement	Carte SD (32go max) & logiciel ordinateur
Interface utilisateur	Ecran tactile 7 pouces ou ordinateur
Dimensions	21x14x25 cm (sans la fibre)
Poids	2.5 kg
Environnement	15 à 30°C (unité électronique)

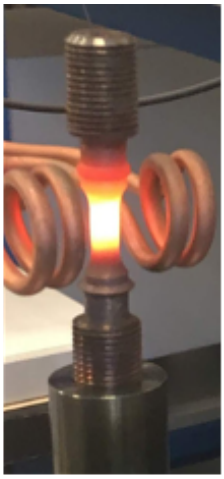
⁎la limite basse de mesure dépend de l'émissivité de la cible. Pour un corps noir, une mesure à partir de 400°C est possible.

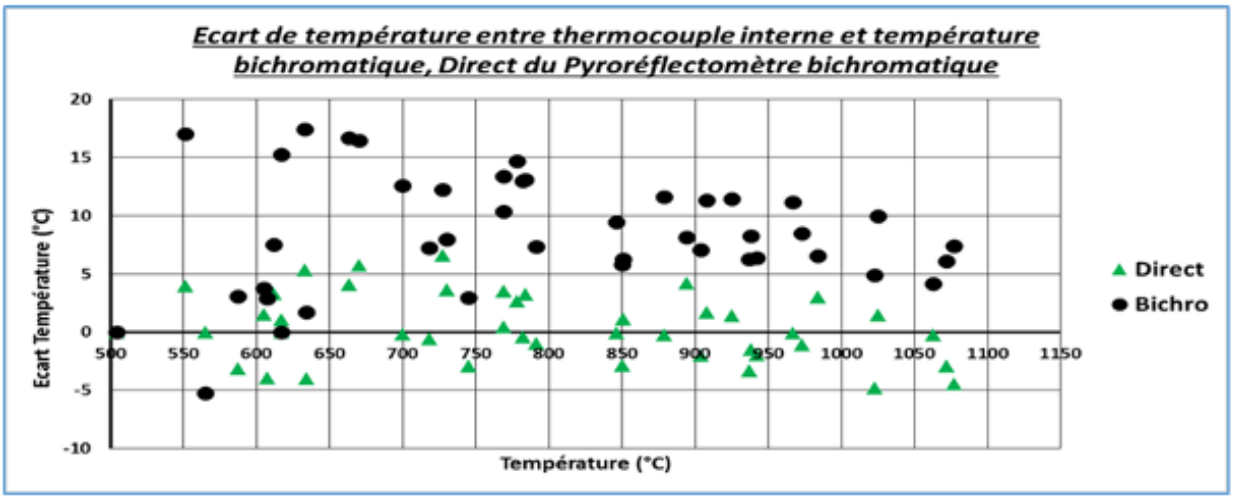


CAS D'USAGE

ThermoRef

- Changement d'état de surface visible ou attendue (non visible à l'oeil nue)
Exemple : oxydation des métaux
S'applique parfaitement à l'application de l'étude des matériaux chauffé par induction (pas de perturbation électromagnétique)
- Besoin de la meilleure incertitude possible

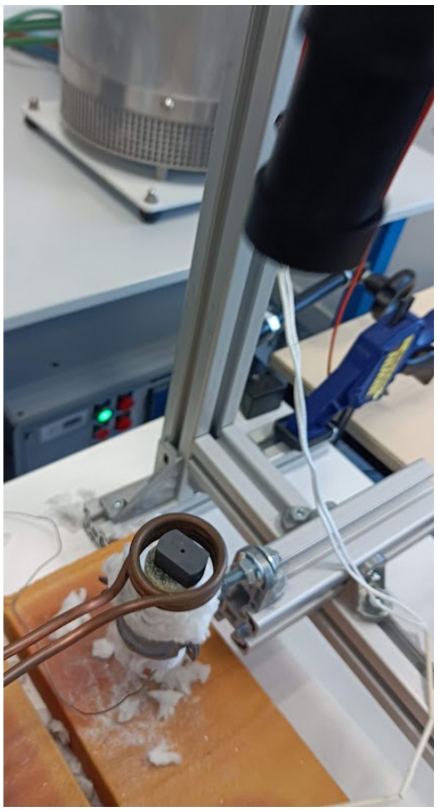




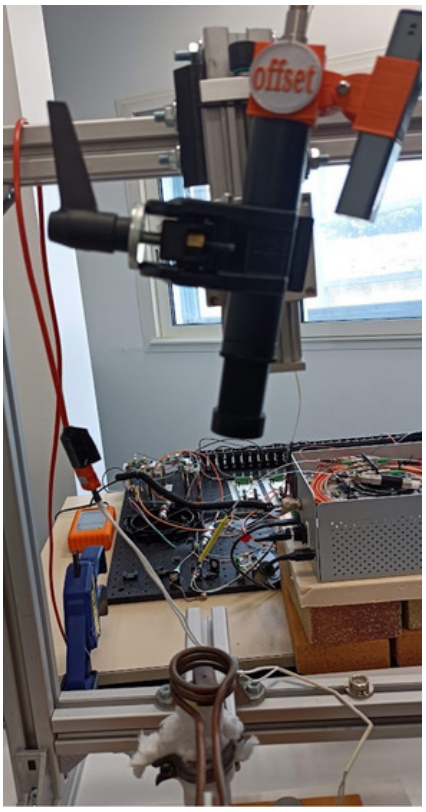
La température DIRECT est la température issue de notre dispositif avec calcul pro-réflectométrique



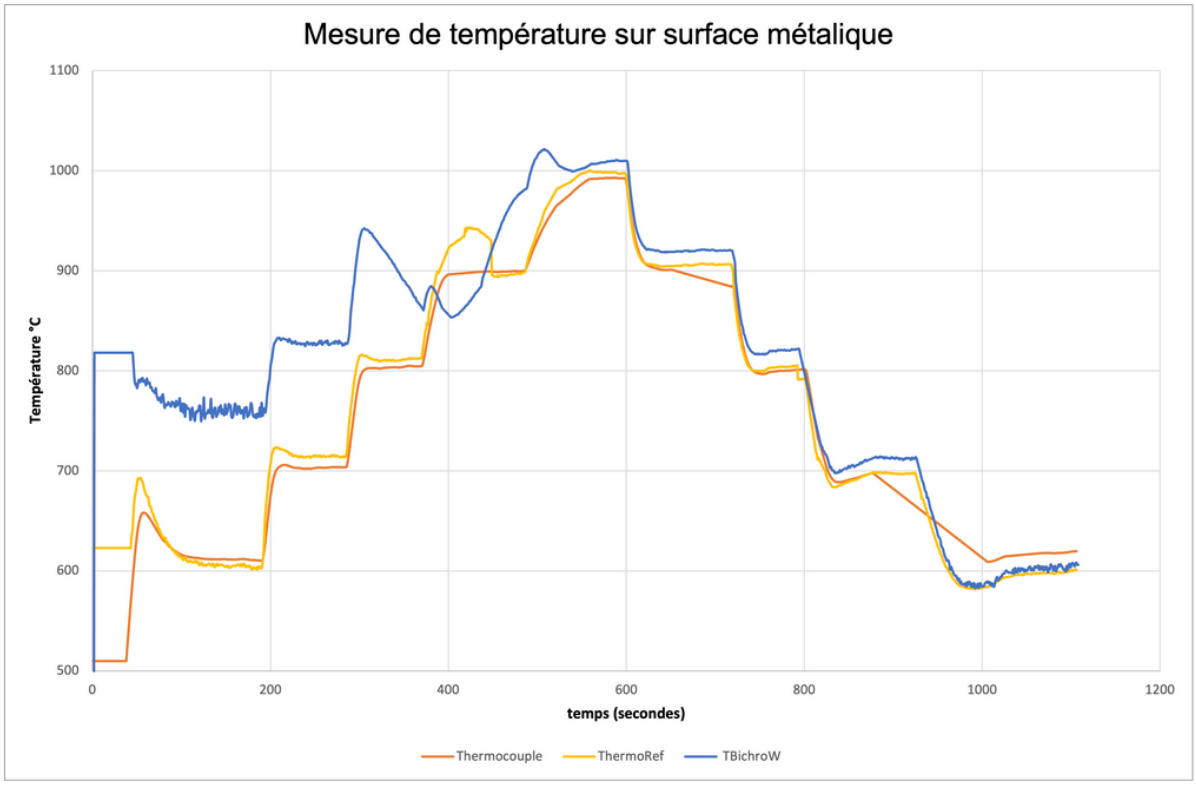
Avant chauffage



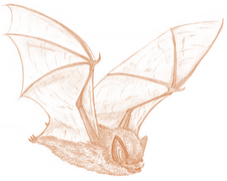
Après chauffage



Tête optique



La température mesurée par le Thermoref (en jaune) est celle qui se rapproche le plus de celle du thermocouple (en orange), contrairement à la valeur de température bichromatique (en bleu)



POUR ALLER PLUS LOIN...

Pour les curieux

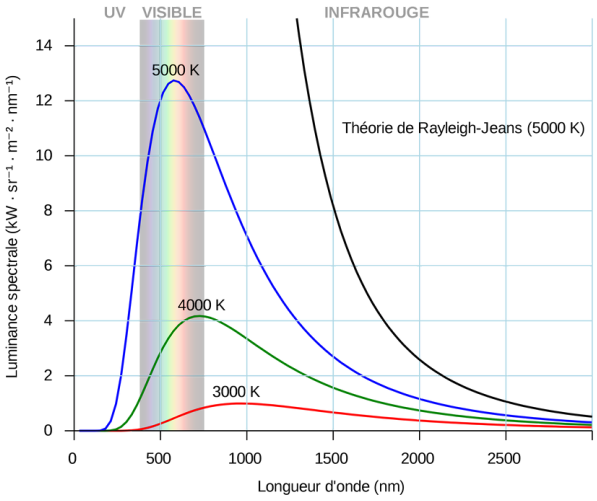
Afin de mesurer la température d'un objet sans contact,il est possible d'utiliser un pyromètre optique. Un pyromètre optique est généralement composé d'une photodiode qui capte la lumière émise par la cible, et qui la converti en un courant. Ce courant est proportionnel à la quantité de lumière collecté.

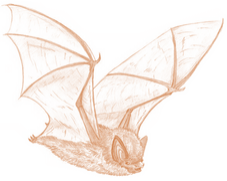
Pour remonter à la température de l'objet, il faut utiliser la loi de Planck généralisée qui décrit combien et comment la lumière est émise par la surface d'un corps.

$$L_{\Omega,\lambda}(\lambda, T, \epsilon) = \epsilon \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1}$$

La luminance de l'objet dépend de sa température, de la longueur d'onde et de son émissivité.

il est donc nécessaire de connaître l'émissivité d'un corps pour que le pyromètre optique indique la bonne température. En général, il est possible de changer manuellement, lors d'une calibration, le facteur d'émissivité d'un pyromètre optique, en faisant un ou plusieurs points de mesures à des températures connues de l'objet.





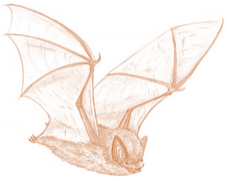
Cependant la température du thermocouple n'est jamais égale à la température de surface, et pour des pièces en mouvement, il n'est pas forcément possible d'utiliser cette méthode. De plus l'émissivité peut changer au cours du temps et en fonction de la température, ce qui aura pour conséquence de fausser la calibration.
Tout l'enjeu est donc de pouvoir corriger en temps réel l'émissivité.

En d'autres termes, lorsque la surface de l'objet évolue, cela signifie que son émissivité change, et donc le calcul de la température par le pyromètre devient faux : **la température annoncée n'est plus la bonne**. Les écarts peuvent aller jusqu'à 100% en théorie, et en pratique jusqu'à 50%.

Pyromètre Bichromatique

Pour pallier à ce problème, ont été développé les pyromètres bichromatiques.
Ils sont composés de 2 pyromètres monochromatiques, à 2 longueurs d'ondes différentes.
En faisant le rapport des deux, nous obtenons une nouvelle valeur de température, dite *bichromatique*. Cette valeur est correcte uniquement si l'émissivité varie de la même manière pour les deux longueurs d'onde. Ceci est vrai pour un corps *gris*.

Cela semble être une très bonne solution. Cependant, si l'hypothèse n'est pas correcte, et que le corps n'est pas gris, le résultat dérive, et l'incertitude explose.



C'est pour cette raison qu'un autre type de pyromètre a été développé.

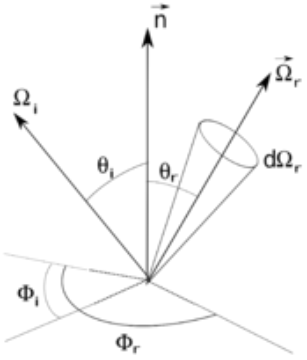
Pyromètre à correction d'émissivité

La plus grande partie de l'incertitude de mesure provient de la variation de l'émissivité. Et s'il était possible de mesurer l'émissivité de la cible afin de corriger automatiquement la valeur dans le pyromètre?

Afin d'effectuer cela, ont été mis au point des pyromètres à correction d'émissivité. Le pyromètre inclus une source de lumière, dont la lumière va être envoyée sur la cible et dont la réflection va être analysée en retour, afin d'évaluer les changements de réflectivité au cours du temps, et ainsi en déduire le changement d'émissivité.

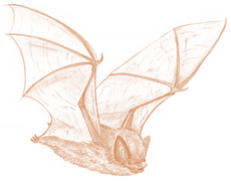
Car en effet il existe un lien direct entre émissivité et réflectivité :

$$\varepsilon = 1 - R\sigma$$



où
ε est l'émissivité
R est la réfléctivité bidirectionnelle
σ est le facteur de diffusion

Un pyromètre à correction d'émissivité nécessite de fixer le facteur de diffusion au début de la mesure et fait l'hypothèse qu'il ne varie pas au cours du temps.



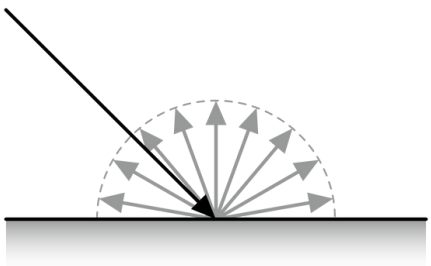
Un corps noir parfait absorbe tout les rayonnements et ne réfléchi donc rien.
Un corps blanc ne va absorber aucune lumière car celle-ci sera intégralement réfléchie.

En faisant donc cette mesure à intervalles réguliers, il est alors possible de corriger le facteur d'émissivité et ainsi garder une lecture correcte de température.

Oui mais....

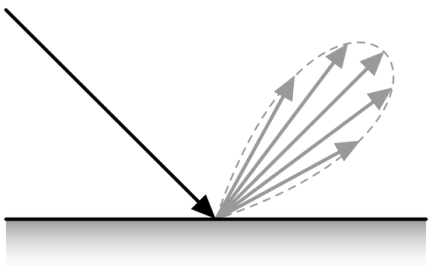
Malheureusement, cela ne permet pas de s'affranchir de toutes les situations de modifications d'état de surface.
En effet, la lumière réfléchie qui est collectée en retour par le pyromètre peut varier alors que la réflectivité de la cible n'a pas changé : un autre critère que le caractère noir/blanc est **le facteur de diffusion** (noté σ dans l'équation précédente) de la surface : un corps peut être **mat** ou **brillant.** Si le facteur de diffusion change, cette mesure n'est plus valable. Cela se produit en particulier quand un corps s'oxyde.

Cette limitation nous a amené a développé une nouveau produit avec une toute nouvelle technologie...



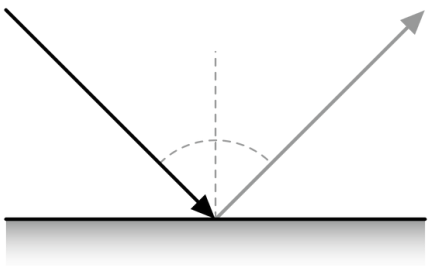
surface lambertienne

$\sigma=1$



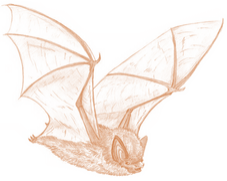
surface quelconque

$0<\sigma<1$



surface spéculaire

$\sigma=0$



La produit développé effectue en interne, grâce à un Microcontrôleur de nouvelle génération à haute performance, tous les calculs nécessaires afin d'obtenir une valeur de température unique en son genre : la température pyro-réflectométrique. C'est la valeur de température la plus **vraie** qu'il soit possible d'obtenir à l'heure actuelle.
En plus de cela, le PyRef est capable d'indiquer les températures que donneraient les autres types de pyromètre afin de comparer et adapter la mesure aux mieux et obtenir la meilleure incertitude.
L'utilisateur du PyRef **connait en temps réel** l'évolution de son objet d'étude, en même temps que sa température. Cela permet par exemple de connaitre l'état de dégradation d'un moule ou d'une pièce soumise à des contraintes élevées.

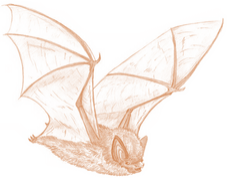
En résumé

Dès que l'état de surface d'un objet change, les pyromètres peuvent donner de mauvaises mesures de température.

La solution la plus fiable pour parer à toutes les modifications d'état de surface est notre solution de pyro-réflectométrie.

Cette solution répond en particulier à la problématique de mesure sur les surfaces métalliques qui sont sujettes à l'oxydation; mais aussi à des nouveaux objet multi-matériaux complexes et pour toute application où les pyromètres standard dérivent dans le temps.

Le ThermoRef renseigne la température la plus exacte qu'il soit possible d'obtenir, et permet également d'avoir un regard actif sur l'évolution de l'objet d'étude.



Afin de s'affranchir totalement de toutes les variations d'état de surface de l'objet, nous avons développé un pyromètre bichromatique réflectrométrique dit "pyroréflectomètrique"

- Bichromatique car utilisant deux photodiodes à deux longueurs d'ondes différentes mesurant 2 températures de luminance
- Réflectométrique car utilisant les sources de lumières afin d'effectuer la mesure de réflectivité. Ils sont au même nombre que celui des photodiodes, c'est à dire 2 (mais une solution à 3 ou plus pourrait être envisagé pour des cas encore plus particulier)

Ce PyRef est capable d'effectuer toutes les mesures comme les solutions précédentes, mais ajoute l'élément manquant qui permet de s'affranchir de tout changement d'état de surface de la cible : une double mesure de réflectivité.

Pour couronner le tout, il ne s'agit pas simplement de 2 mesures séparées comme il pourrait se faire avec un pyromètre à correction d'émissivité à double longueur d'onde, car cela ne permettrait pas de mesurer le facteur de diffusion, il s'agit d'un calcul complexe combinant les deux mesures afin de **calculer le facteur de diffusion et d'être indépendant de l'angle de mesure**

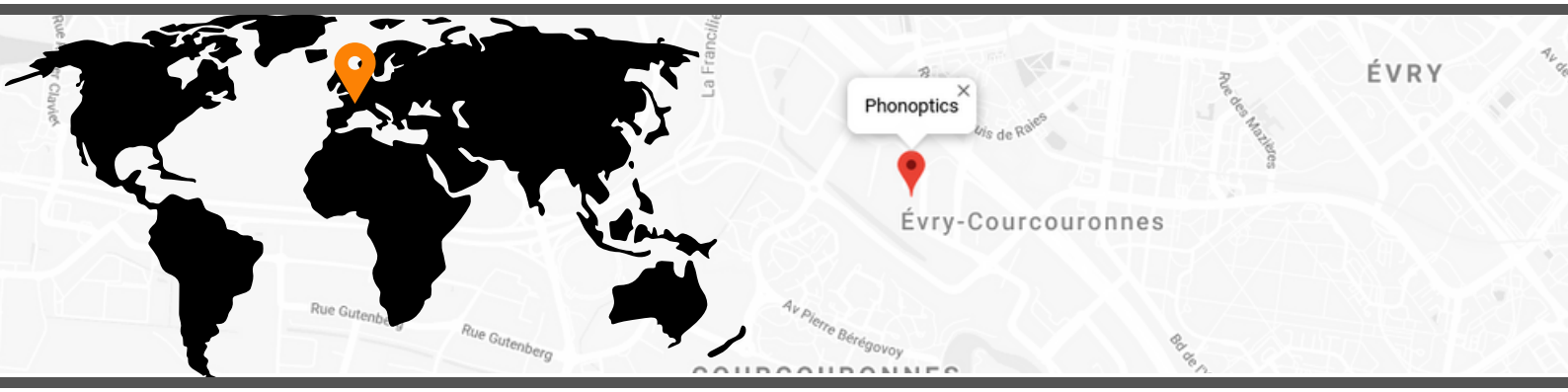
ENVIE D'EN SAVOIR PLUS ?
CONTACTEZ-NOUS !

+33 (0)9.86.60.83.56

www.phonoptics.fr

contact@phonoptics.fr

8 Rue Jean Mermoz,
91080 Évry-Courcouronnes



PhonOptics

Listening Everywhere

