

Mesure de température à distance : Embûches et bonnes pratiques

Les capteurs de température à distance, ou indirecte, incluent les pyromètres et les caméras thermiques qui fonctionnent selon le même principe.

Principe de mesure

Le principe de mesure des capteurs de température à distance est basé sur la loi de Stefan-Boltzmann, qui dit que l'irradiation d'un corps est proportionnelle à sa température à la 4^e puissance.

$$j^* = \epsilon \sigma T^4$$

Un capteur de température indirect mesure l'irradiation (j^*) à une ou plusieurs longueurs d'onde. Celle-ci est, comme l'indique la formule ci-dessus, proportionnelle à la température (T) à la 4^e puissance. σ est la constante de proportionnalité (ou constante de Stefan-Boltzmann) et ϵ est l'émissivité, une caractéristique propre à la surface.

Embûches

Émissivité

La principale inconnue dans le procédé de mesure de température à distance est l'émissivité (ϵ). Quoiqu'il soit possible de la déterminer, il est important de prendre en compte qu'elle varie selon plusieurs facteurs, notamment :

- Le fini de surface
- La présence d'oxydation
- L'angle d'observation
- Et même la température

Et ce, pour un même matériel.

Autres sources d'erreur

Autres facteurs pouvant affecter la mesure :

- Obstruction dans le chemin optique
 - Fumée
 - Vapeur
 - Plasma
 - Fenêtre protectrice
 - Impureté sur une lentille
- Distance capteur-échantillon
- Sources de radiation avoisinantes

Deux couleurs – Pas une solution miracle

On entend parfois qu'un pyromètre bichromatique, ou à deux couleurs, permet de mitiger l'effet de l'émissivité. **Attention!** Ceci est vrai seulement dans le cas très spécifique où la variation d'émissivité à chacune des couleurs est constante.

Si l'émissivité varie de façon indépendante à chacune des longueurs d'onde observées, l'erreur est multiplicative et le capteur devient moins précis qu'un capteur monochromatique, tel qu'illustré au tableau suivant.

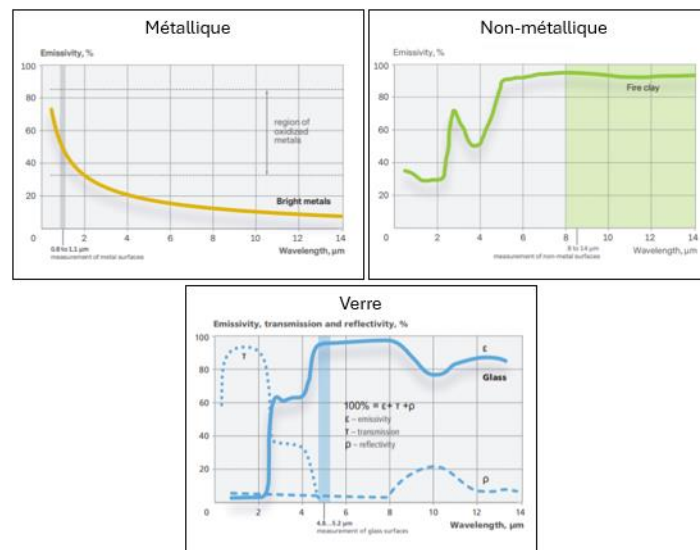
Température (°C)	Erreur (°C) 1-couleur	Erreur (°C) 2-couleurs
800	0.5	11.2
1100	0.7	15.8
1500	0.9	20.1
1900	1.1	24.6
2700	3.0	66.4

Ces données sont pour un pyromètre calibré, un corps noir et dans la plage d'émissivité de calibration, c'est-à-dire un cas « idéal ». Elles sont tirées de « Understanding Two-Color (Ratio) Pyrometer Accuracy », note technique de Advanced Energy, 2020

Bonnes pratiques

Sélectionner le bon capteur

Les pyromètres sont adaptés à un type de matériau en particulier, le facteur principal étant la longueur d'onde observée. L'idée étant de cibler une plage d'émissivité élevée et constante ou, dans le cas des métaux en particulier, linéaire.



Images tirées de « Pyrometer Overview Brochure » de Advanced Energy, 2020

Les pyromètres à deux couleurs sont plus susceptibles aux erreurs. Ils sont cependant moins sensibles aux obstructions et sont très stables lorsque la variation d'émissivité est constante à chacune des longueurs d'onde.

Les caméras thermiques opèrent typiquement aux environs de 10 µm et sont plus adaptées aux matériaux non métalliques. Elles sont dépendantes de plusieurs paramètres et sont recommandées pour des mesures relatives plutôt qu'absolues.

Caractériser son procédé

Tel que mentionné, il est critique de caractériser l'émissivité. Il existe des appareils pour la mesurer directement, mais c'est une option très dispendieuse.

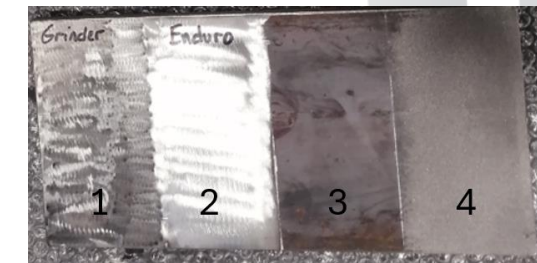
La façon la plus simple est d'effectuer une mesure directe (avec un thermocouple par exemple) et d'ajuster les paramètres du capteur à distance en conséquence. Attention! Il est important de confirmer que la mesure est valide sur l'entièreté de la plage de température du procédé.

Il est également possible d'appliquer des points d'émissivité connus comme références pour plusieurs procédés.

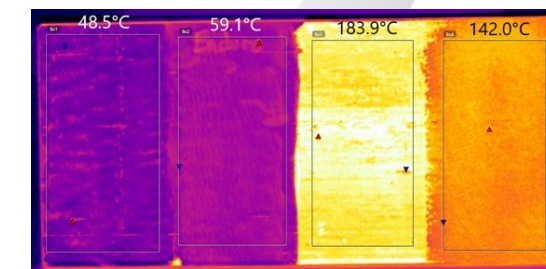
Exemple pratique

Pour illustrer la problématique de l'émissivité, des mesures ont été prises sur une même plaque d'acier avec quatre finis différents :

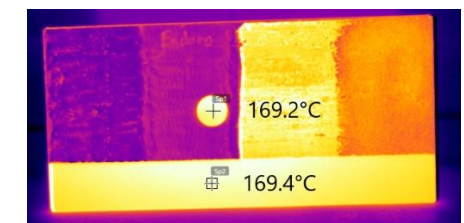
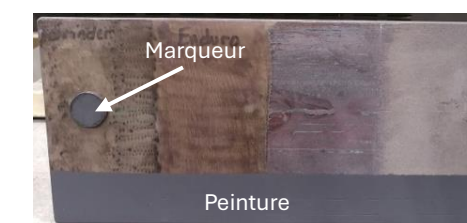
- 1 et 2 : finis meulés avec différents outils
- 3 : fini naturel
- 4 : fini à jet de sable



La plaque est chauffée à 190 °C et mesurée avec une caméra thermique.



On note une différence considérable due à la différence d'émissivité de chacun des finis de surfaces. Pour pallier ceci, il est possible d'ajouter un marqueur ou de la peinture à émissivité connue comme référence pour obtenir une mesure juste.



Pour plus d'information :

Adrien Amyotte, ing. aamyotte@novika.ca

Léandre Joncas, ing. ljoncas@novika.ca