



## Moyen de contrôle : la thermographie Infrarouge

L'inspection d'un four industriel par Thermographie Infrarouge permet de donner à un instant « t » le profil de température au niveau du casing à partir du moment où ce dernier n'est pas calorifugé.

Les produits disponibles sur le marché permettent d'observer des plages de températures très importantes, depuis les températures négatives jusqu'à 2000°C.

Ces caméras thermiques, de part leurs nombreux paramètres de réglage, sont adaptés à l'observation de tout type d'équipement et de nature de revêtement (aluminium brossé/polé, acier, plastiques, verre, briques, bétons ...).

Les illustrations ci-après présentent des observations réalisées sur un site industriel, ainsi que les résultats obtenus suite aux actions correctives menées lors d'un arrêt technique.

Deux inspections par thermographie infrarouge – d'une demi-journée chacune – ont été réalisées : une au printemps 2016 en amont de l'arrêt technique, une en aval, à l'automne 2016.

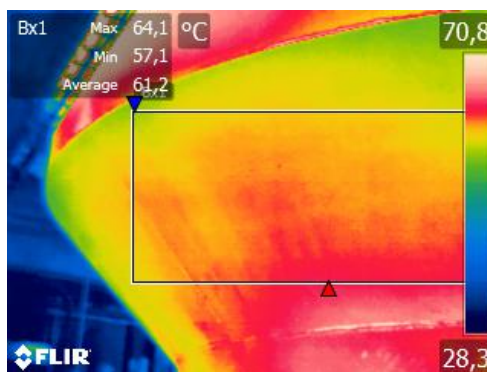
L'objectif de la première inspection est d'identifier les éventuels points chauds afin d'anticiper les actions de maintenance réfractaire à conduire et définir les zones où une attention particulière devra être portée.

La seconde thermographie permet d'effectuer un « point 0 » après travaux et ainsi d'évaluer l'efficacité des réparations effectuées.

En parois, la température est homogène dans chaque zone de l'équipement : boîte à vent, lit de sable, bas réacteur, haut réacteur, sommet et carneau.



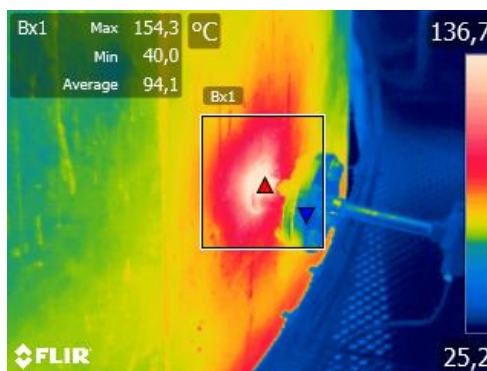
*Vue de la surface verticale de la boîte à vent*



*Vue du changement de section au sein du réacteur*

Les différents piquages (thermocouples, injecteurs, ...) constituent des points particuliers difficiles à isoler du fait du faible espace présent entre les fourreaux et le garnissage réfractaire. La température observée y est plus élevée de plusieurs (dizaines) degrés.

Une attention particulière doit être portée quant à la mise en place de l'isolant lors des travaux de maintenance (injection de produit isolant sous forme de mastic fibreux en cartouches).



*Vue spécifique d'un piquage dans la zone centrale du réacteur*

La voûte de fluidisation et le dôme reposent sur un anneau de pièces sommier. Ces éléments préfabriqués sont calés avec du béton dense, afin de résister aux contraintes mécaniques exercées par la voûte et le dôme.

La conductivité thermique de ces produits étant relativement élevée, la température moyenne observée sur le casing est d'environ 30°C supérieure à celle observée en parois.

Ces sommiers reposent sur des reprises de charge dont les goussets sont directement soudés au casing. Là encore, la chaleur transmise au casing y est plus élevée.

L'image thermographique ci-dessous permet de localiser et l'anneau de pièces sommier et l'emplacement des goussets métalliques qui les soutiennent.

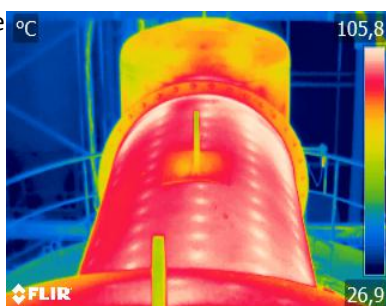


*Vue d'une zone garnie avec des pièces sommier posées sur une reprise de charge métallique maintenue au casing par des goussets métalliques soudés*

Les ancrages maintenant les bétons du carneau sont également soudés à-même le casing. Ils créent des ponts thermiques qui conduisent la chaleur jusqu'au casing.

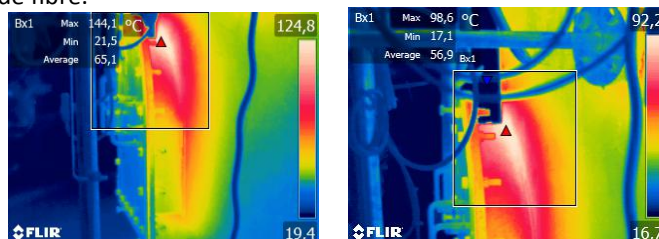
La photo ci-contre révèle l'emplacement de tous les points de soudure.

*Vue de la partie supérieure du carneau*



Lors de l'inspection conduite avant l'arrêt technique, en avril 2016, les principaux points chauds ont été observés au niveau des trous d'homme.

Ces derniers sont fermés par un masque composé d'une couche de briques denses, une ou plusieurs couches de briques isolantes, de panneaux isolants et entourés de nappes de fibre.



*Vue du même trou d'homme : à gauche avant réparations et à droite après réparations*

Suite à ces observations, les tampons ont été remontés en prenant soin de remplacer les nappes de fibre périphériques et en comblant les différents espaces présents entre les briques.

Lors de l'inspection thermographique réalisée en octobre 2016, la température de ces points chauds a été abaissée d'une valeur allant jusqu'à 40°C.

**La thermographie infrarouge aura ainsi permis de focaliser l'attention lors des travaux de maintenance réfractaire sur ces points particuliers et ainsi de diminuer les pertes thermiques et le niveau de brûlure auquel pourrait être exposé une personne en cas de contact fortuit.**

*Vous souhaitez en savoir davantage, n'hésitez pas à nous contacter...*

## Bibliographie :

Cette sélection de publications est issue de la Veille Technologique exercée par le Service Documentation de la SFC (Société Française de Céramique). Pour plus d'information sur ces produits documentaires de Veille Scientifique, Technique ou Concurrentielle : bulletin de Veille Mensuel, Veilles spécifiques ciblées, accès à la base de données de Veille "CeramBase", contacter la SFC à l'adresse : [soc.fr.ceram@ceramique.fr](mailto:soc.fr.ceram@ceramique.fr)



## -Prédiction de la taille critique d'inclusions dans des céramiques réfractaires par simulations par éléments finis (Critical inclusion size prediction in refractory ceramics via finite element simulations)

LUCHINI B., SCIUTI V.F., ANGELICO R.A., ET-AL.

Journal of the European Ceramic Society, Vol. 37, n°01, 01/2017, pp. 315-321, 8 fig., 2 tab., bibliographie (24 réf.), ANG.

Les incompatibilités de dilatation thermique entre la matrice et les agrégats peuvent générer des microfissures ou des décohésions lorsque les céramiques réfractaires sont soumises à des variations de températures. Des études antérieures montrent que ces phénomènes se produisent pour des inclusions de dimensions supérieures à un angle critique. Dans cette étude, la prédiction de la taille critique d'inclusion par simulation numérique est présentée. Les valeurs obtenues sont comparées à des valeurs expérimentales. Les avancées de ce travail fournissent des bases scientifiques pour la conception de compositions réfractaires flexibles. Mots-clé : REFRACTAIRE. DILATATION THERMIQUE. INCLUSION. PREDICITON. MICROFISSURE. TAILLE. SIMULATION – REFRACTORY. THERMAL EXPANSION. MICROCRACKING. SIZE. SIMULATION





**-Paramètres contrôlant le comportement mécanique de réfractaires de carbone-magnésie-alumine dans l'air (Factors controlling the mechanical behavior of alumina-magnesia-carbon refractories in air)**

MUNOZ V., TOMBA MARTINEZ A.G.

Ceramics International, Vol. 42, n°09, 07/2016, pp. 11150-11160, 6 fig., 4 tab., bibliographie (26 réf.), ANG.

Cette étude analyse le comportement mécanique de réfractaires de carbone-magnésie-alumine dans l'air jusqu'à 1260°C. Les relations de contraintes sont déterminées en compression et les paramètres suivants sont calculés à partir des courbes obtenues dans ces conditions : résistance mécanique, module d'Young, charge de rupture et limite d'élasticité. Afin d'identifier les paramètres déterminants, les échantillons testés sont analysés par différentes techniques. Des simulations thermodynamiques des réfractaires sont également menées afin de comprendre les changements minéralogiques qui se produisent dans les réfractaires lorsque la température augmente. Mots clé : REFRACTAIRE. PROPRIETE MECANIQUE. MINERALOGIE – REFRACTORY. MECHANICAL PROPERTY. MINERALOGY

**-Influence de l'ajout de zircone sur les propriétés de réfractaires de magnésie (Influence of zirconia addition on the properties of magnesia refractories)**

KUSIOROWSKI R., WOJSA J., PSIUK B., ET-AL.

Ceramics International, Vol. 42, n°09, 07/2016, pp. 11373-11386, 13 fig., 4 tab., bibliographie (23 réf.), ANG.

Cette étude concerne les réfractaires de base utilisés, entre autres, dans l'industrie cimentière. De l'oxyde de zirconium ( $ZrO_2$ ) est ajouté pour modifier les propriétés d'un réfractaire de magnésie ( $MgO$ ). Ces matériaux  $MgO-ZrO_2$  peuvent remplacer des céramiques réfractaires de chromite-magnésie selon les politiques environnementales actuelles et peuvent améliorer des propriétés comme la résistance au choc thermique d'un réfractaire de magnésie classique. L'effet de la taille des particules et de la teneur en oxyde de zirconium est déterminé. Après un cycle de cuisson à 1660°C, les propriétés telles que le retrait linéaire, la porosité ouverte, la densité apparente, la résistance au broyage à froid et la résistance au choc thermique sont mesurées. La résistance à la corrosion par deux agents corrosifs est également déterminée. Les résultats montrent que l'ajout de zircone améliore les propriétés réfractaires. Mots clé : REFRACTAIRE. MAGNESIE. OXYDE ZR. PROPRIETE MECANIQUE – REFRACTORY. MAGNESIA. ZIRCONIUM OXIDE. MECHANICAL PROPERTY

**FORMATIONS A VENIR**

o Du 14 au 17 mars 2017 à Moncel-les-Lunéville

o Du 19 au 22 septembre 2017 à Moncel-les-Lunéville

**Les matériaux réfractaires : Généralités – ST1**

o Du 20 au 23 juin 2017 à Moncel-les-Lunéville

**Mise en œuvre des matériaux réfractaires – ST2**

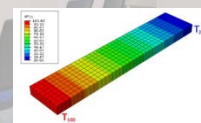
o Du 20 au 22 novembre 2017 à Moncel-les-Lunéville (ST3.1)

o Du 22 au 24 novembre à Moncel-les-Lunéville (ST3.2)

**Tenue en service – ST3.1 / Traitement des réfractaires usagés – ST3.2**

o Le 03 octobre 2017 à Moncel-les-Lunéville

**Formation au calcul thermique**

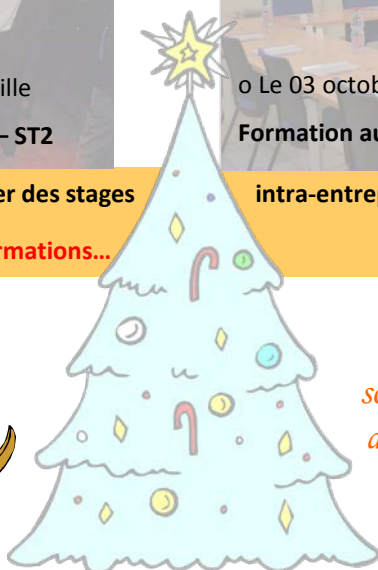


**Et toujours la possibilité de réaliser des stages**

**intra-entreprises tout au long de l'année ...**

**Vous souhaitez avoir de plus amples informations...**

**CONTACTEZ-NOUS...**



*Toute l'équipe d'ICAR vous souhaite de bonnes fêtes de fin d'année 2016 et d'ores et déjà une excellente année 2017*

