

THERMOGRAPHIE INDUSTRIELLE – NOTIONS PREALABLES A LA MISE EN PRATIQUE

DOCUMENT SUPPORT – DOCUMENT DE FORMATION



OBJECTIFS	p.2
CONTEXTE NORMATIF	P.2
EXPLICATIONS SUR LA METHODE	P.3-4
DETERMINATION DE LA DISTANCE DE MESURE	P.4-5
REGLAGE DE L'EMISSIVITE	P.6
EXEMPLE DE RAPPORT Q19	P.7
Solutions des exercices	P.8

Objectifs :

Mettre en évidence dans les infrastructures électriques en charge, des échauffements pouvant avoir diverses origines : mauvaises connexions, surcharges, déséquilibre de phases, contacts défaillants. Ceci afin de prévoir et d'éviter les dégradations de matériels coûteux de production, des pertes d'exploitation, des incendies.

Contexte normatif :

Le contrôle des installations électriques par thermographie infrarouge est un élément essentiel de la prévention d'origine électrique. La décision de réaliser un contrôle peut résulter du choix de l'entreprise utilisatrice ou d'une recommandation de son assureur.

L'assureur peut demander un certificat appelé Q19 correspondant à une vérification par thermographie infrarouge des installations électriques, détecter les échauffements anormaux et planifier les interventions nécessaires.

L'entreprise doit alors faire intervenir un professionnel agréé qui procédera aux vérifications demandées et établira le certificat demandé. Si le rapport s'avérait négatif avec de nombreux défauts relevés, l'assureur demandera l'arrêt de l'utilisation des équipements concernés ou leur remise en état immédiate au risque de voir le contrat d'assurance annulé si ce n'est pas réalisé. Pour l'entreprise cela serait l'arrêt partiel ou total de la production avec des conséquences qui peuvent être importantes pour son équilibre financier.

Il est donc primordial pour une entreprise d'effectuer ces contrôles de façon préventive, régulière et de procéder à ses propres remises en état avant la demande formelle de contrôle. Le service maintenance est donc directement concerné, il doit être équipé et formé à la mesure thermographique.

Les objectifs d'un tel contrôle sont de mettre en évidence, dans les infrastructures électriques en charge, des échauffements pouvant avoir diverses origines :

- mauvaises connexions,
- surcharges,
- déséquilibre de phases,
- contacts défaillants...

Ceci afin de prévoir et d'éviter :

- des dégradations de matériels coûteux,
- des arrêts de production,
- des pertes d'exploitation,
- des incendies...

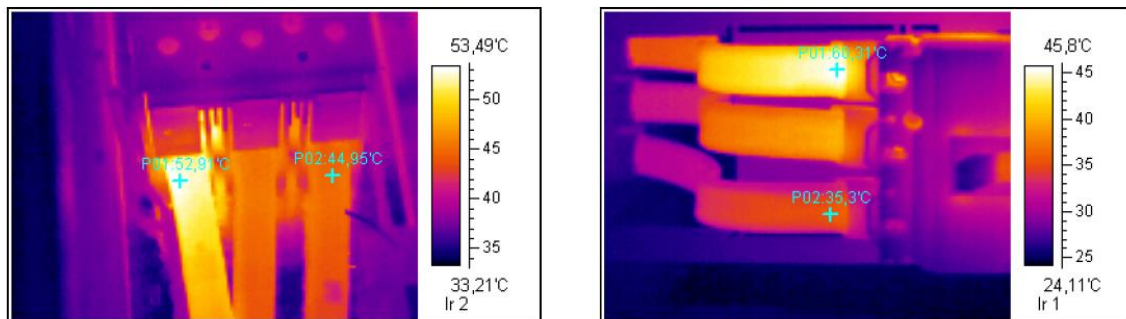
L'objectif est d'apporter des éléments de décision permettant de réaliser les interventions correctives, de prévoir, d'anticiper, sur d'éventuels travaux à réaliser, puisque identifiés et de faciliter la maintenance des installations électriques (gain de temps et de sécurité)

Explications sur la méthode :

Cette méthode de détection ne nécessite aucune coupure de courant, n'exige ni arrêt des machines, ni interruption de la production. Elle permet de diagnostiquer à l'avance les dysfonctionnements latents, et ainsi de prévenir l'apparition des pannes, d'éviter les incidents de production. L'imagerie thermique est une technique innovante d'évaluation « sans-contact », à la fois sûre, fiable, et rapide.

Une caméra thermique ne mesure pas des températures mais des flux de rayonnement. Après le réglage de certains paramètres par l'opérateur en thermographie, la caméra calcule alors les températures de la cible. Elle fournit ensuite à l'utilisateur une cartographie des températures, appelée thermogramme : à chaque température est associée une couleur.

Voici deux exemples de thermogrammes :



Vues intérieures de coffrets électriques triphasés

En premier lieu, nous pourrions constater que ces deux thermogrammes sont quasi identiques : nous observons une phase plus chaude que les deux autres (celle de gauche pour le thermogramme de gauche, celle du haut pour le thermogramme de droite). En effet, leur couleur est jaune clair, ce qui indique selon l'échelle de couleur située à droite de l'image IR que la température y est plus élevée.

Regardons de plus près ces deux images en insérant des curseurs de température.

Thermogramme de gauche : - Curseur 1 : 52,9°C - Curseur 2 : 44,9°C

Suivant les règles de thermographie classique (voir tableau page suivante), il n'y a pas de problème particulier.

Thermogramme de droite : - Curseur 1 : 60,3 °C - Curseur 2 : 35,3 °C

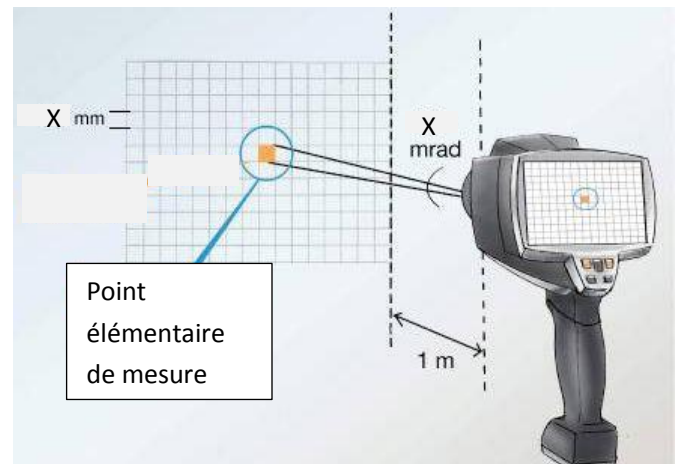
Dans ce cas, l'écart de température est de **25 °C** ! Nous pouvons conclure à un réel problème sur l'installation et une action corrective est à mettre en place.

Écart ΔT	Sévérité
< 10 °C	Cela peut être un défaut. Dans l'incertitude, c'est à surveiller.
10 à 20 °C	Défaut 1 (avéré). Planifier une mesure corrective.
20 à 40 °C	Défaut 2 (sérieux). Mesures correctives urgentes, dans la semaine généralement.
> 40 °C	Défaut 3 (critique). Intervenir immédiatement.

En conclusion, il faut faire attention aux échelles de couleur et réaliser une véritable analyse. En effet, sombre signifie plus froid et clair signifie plus chaud, mais cela ne veut pas dire qu'il y ait un problème de détecter ! Il ne faut pas oublier que la caméra est un outil de mesure et qu'il est nécessaire de continuer les investigations !

DETERMINATION DE LA DISTANCE DE MESURE

L'**IFOV** (Instantaneous Field Of View) correspond à la **résolution spatiale** de la caméra, c'est à dire à la dimension de la zone que peut mesurer un détecteur. Cette dimension dépend de la distance à laquelle se trouve la caméra de la cible. Plus l'on est proche de la zone à inspecter, plus l'IFOV sera petit et la caméra percevra des objets de petite taille. En fait, on préfère exprimer l'IFOV en milliradians (mrad), ce qui correspond à une surface élémentaire en mm vue à une distance de 1 m .

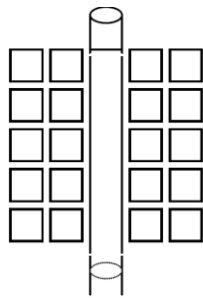


EXEMPLE : une caméra dotée d'un IFOV (résolution spatiale) de 4,4 mrad (documentation technique de la caméra) peut mesurer précisément un objet de 4,4 mm à une distance de 1m

Cas n°1 :

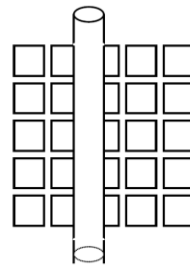
Le fil est de la taille d'**1 IFOV**. Pour être certain de faire une mesure correcte, il faudrait que le fil se positionne de la sorte.

Dans cette configuration, nous obtiendrons une valeur de température correcte. Cette configuration n'est **pas réaliste !!**



En réalité, on a plus de risque d'avoir cette configuration :

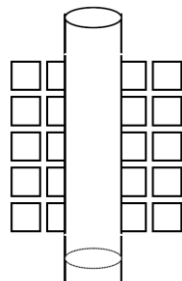
Aucun détecteur n'est recouvert complètement donc on n'aura **aucune réponse correcte sur aucun des détecteurs**



Cas n°2 :

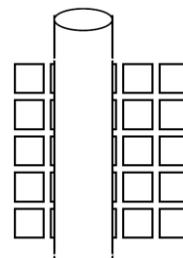
Le fil est de la taille de **2 IFOV**. Pour être certain de faire une mesure correcte, il faudrait que le fil se positionne de la sorte :

Dans cette configuration, nous obtiendrons une valeur de température correcte



En réalité, on a plus de risque d'avoir cette configuration :

A nouveau, aucun détecteur n'est recouvert complètement : **aucune réponse correcte sur aucun des détecteurs**

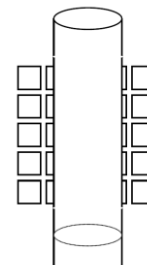


Cas n°3 :

Le fil est de la taille de **3 IFOV**.

Quel que soit la position du fil, il y aura forcément un détecteur de recouvert au milieu !

La mesure est donc fiable



Exercices de détermination de l'IFOV :

Exercice 1

a) Quel est la largeur de la plus petite zone mesurable (point élémentaire) par la caméra à 1m (IFOV- résolution spatiale) ?
Voir doc technique

b) Quel est la largeur de la plus petite zone mesurable par la caméra à 50 cm ?

Exercice 2

En appliquant la règle des 3 IFOV vue dans le tableau plus haut .

A quelle distance maximum de l'objet doit-on se positionner pour mesurer la température :

- a) D'un conducteur de 2 mm de diamètre ?
- b) D'un câble de 5 mm de diamètre ?
- c) D'un câble de 10 mm de diamètre ?

L'émissivité est une caractéristique d'un matériau et de son état de surface. Plus un corps sera capable d'absorber de la chaleur, plus son émissivité sera proche de 1. Des abaques fournissent les émissivités des différents matériaux. Pour réaliser des mesures correctes en thermographie, il est nécessaire de réaliser des manipulations sur des corps à émissivité élevée ($> 0,8$). C'est le cas des plastiques opaques, des métaux oxydés, du bois et des matériaux de construction, des peintures.... Si l'utilisateur doit réaliser des mesures sur des matières à faible émissivité, il est conseillé d'appliquer une peinture noire dessus avant de faire la manipulation. Des erreurs de mesure très importantes sont apportées par la négligence ou la mauvaise appréciation de ce paramètre.

L'émissivité est un paramètre fondamental en thermographie. Il est essentiel de bien la régler avant toute prise de mesure. Pour cela, il suffit de connaître le matériau dont on cherche à déterminer la température et de rentrer dans la caméra l'émissivité correspondante.



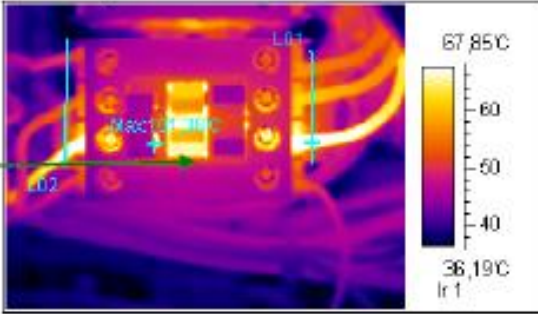
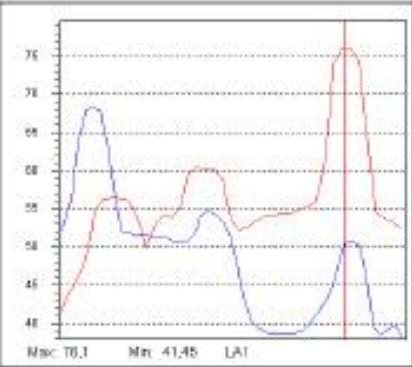
Dans le cas des armoires industrielles de type classique, il est nécessaire de s'assurer que les plastrons de protection soient enlevés comme les plastrons de jeux de barres qui empêcheraient la mesure. Réglage de l'émissivité couramment utilisé dans la plupart des situations **0,97**.

Il est possible de pousser beaucoup plus loin plus loin les réglages et les investigations en fonction du contexte de la mesure mais cela dépasse le travail du service de maintenance qui réalise un dépistage des défauts de façon préventive.

EXEMPLE DE RAPPORT Q19

Un contrôle des installations électriques par thermographie infrarouge effectué selon le cahier des spécifications techniques du document APSAD D19, entraîne la délivrance du Q19 : déclaration de contrôle d'une installation électrique par thermographie infrarouge, permettant une éventuelle négociation du montant de la prime d'assurance de l'entreprise.

Ce rapport est celui élaboré par une entreprise agréée, il convient pour le service maintenance d'effectuer une version ressemblante afin de procéder aux réparations et à l'archivage des défauts relevés. Ceci est possible avec le logiciel RAYCAM REPORT.

CONTROLE THERMOGRAPHIQUE Fiche d'anomalie N° : 1 Poste : Equipement : Charge : 100 %	 CHAUVIN ARNOUX GROUP																						
																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th>IR Info</th><th>Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>IrNo</td><td>1</td></tr><tr><td>ems</td><td>0,9</td></tr><tr><td>dist</td><td>1</td></tr><tr><td>envtmp</td><td>25</td></tr><tr><td>Date</td><td>2003-9-3</td></tr><tr><td>Time</td><td>12:52:39</td></tr><tr><td>Label</td><td>Value</td></tr><tr><td>Max:Temp</td><td>101,38</td></tr><tr><td>Max:ems</td><td>0,9</td></tr><tr><td>Max:dist</td><td>1</td></tr></tbody></table>	IR Info	Value	IrNo	1	ems	0,9	dist	1	envtmp	25	Date	2003-9-3	Time	12:52:39	Label	Value	Max:Temp	101,38	Max:ems	0,9	Max:dist	1	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Diagnostic : Recommandation :</div>
IR Info	Value																						
IrNo	1																						
ems	0,9																						
dist	1																						
envtmp	25																						
Date	2003-9-3																						
Time	12:52:39																						
Label	Value																						
Max:Temp	101,38																						
Max:ems	0,9																						
Max:dist	1																						
CONCLUSION : Contrôlé par : M. Réparé le : .. / .. / 2... par M. Réparation vérifiée le .. / .. / 2... par M.																							
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Degré d'urgence : Réparation immédiate Réparation dans 1 mois A surveiller</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">X</div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 40px; margin: 5px auto;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 40px; margin: 5px auto;"></div>																						

CORRECTION - Solution des exercices

EXERCICE 1

- a) Pour la caméra CA 1882, la résolution spatiale appelée aussi IFOV est de 4,4 mrad , soit une mesure possible d'un objet rentrant dans un carrée élémentaire de 4,4mm mesuré à la caméra à une distance de 1m
- b) A 50 cm la distance étant 2 fois moins grande, l'objet mesuré peut être 2 fois plus petit soit 2,2 mm. Pour toute distance, on peut procéder par un produit en croix.

EXERCICE 2

- a) La méthode des 3 IFOV demande que 3 points de mesure élémentaires couvrent l'objet à contrôler.
1 point élémentaire doit donc mesurer
2 mm / 3 soit 0,66 mm

Distance d'approche de la caméra

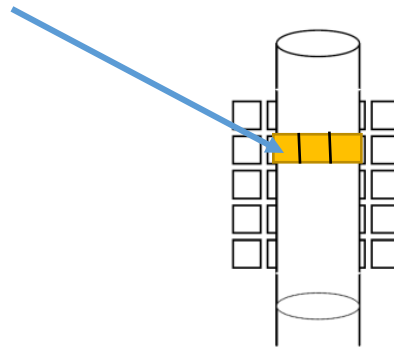
Elle est de 4,4 mm à 1 m

Produit en croix

4.4 mm ----- 1m

0.66 mm ----- ?

$$\begin{aligned}\text{Distance} &= (0,66 \times 1) / 4,4 \\ &= 0,15 \text{ m soit } 15 \text{ cm}\end{aligned}$$



Il faut donc être à une distance de 15 cm maximum pour faire une mesure correcte

NB : on précise dans la doc technique que la distance minimum de focus est de 10 cm minimum, en dessous la mesure est impossible donc la mesure est possible.

- b) Méthode identique
5 mm / 3 soit 1,66 mm

$$\begin{aligned}\text{Distance} &= (1,66 \times 1) / 4,4 \\ &= 0,378 \text{ m soit } 37.8 \text{ cm maximum}\end{aligned}$$

- c) Méthode identique
10 mm / 3 soit 3,33 mm

$$\begin{aligned}\text{Distance} &= (3.33 \times 1) / 4,4 \\ &= 0,756 \text{ m soit } 75,6 \text{ cm maximum}\end{aligned}$$