

**Problématique :** effectuer une activité de maintenance préventive sur un transformateur électrique triphasé vérification de la température des enroulements préconisation constructeur (Transformateur 40Kva classe H (180°C), facteur de 75% S nominale).

**Module maintenance préventive (M6)** C21 Analyser les risques, C22 Mettre en œuvre les mesures de préventions adaptées, C23 Réaliser des opérations de maintenance préventive.

**Savoirs Physique et Chimie :** S4.8 transferts thermiques.

*Une caméra thermique est un instrument de mesure sans contact, capable de visualiser la répartition des températures sur toute la surface des machines et du matériel électrique. Elle est utilisée pour déterminer où et quand une intervention de maintenance est nécessaire, car les installations électriques et mécaniques surchauffent avant de tomber en panne. La découverte de points chauds permet de mener des actions préventives. Cela évite ainsi de coûteux arrêts de production, et pire encore : des incendies.*



Objectifs :

- Relever et interpréter des thermogrammes sur des équipements électriques.
- Identifier les grandeurs d'influences d'un thermogramme.

Principales données techniques de la caméra thermique :

- Résolution infrarouge : 160 x 120 pixels
- Champ de vision / distance de mise au point : 31° x 23° / < 0,5 m
- Bande spectrale : 7,5 µm à 14 µm
- Etendue de mesure des températures : -30 °C à + 100°C ou 0 °C à 650 °C
- Précision : +/- 2°C ou 2% de la valeur lue
- Température environnementale : -15°C à +50°C
- Humidité relative de l'air : 20% à 80 % ( sans rosée)
- Indice de protection du boîtier (CEI 60529) : IP 54
- Accumulateur : Lithium-ion pour une autonomie de 4 h

# Compréhension des données mesurées

## Mesure thermographie du transformateur triphasé



Nous avons un thermogramme de l'intérieur des enroulements du transformateur triphasé.

1. Quelle grandeur physique est observée par une caméra thermique infrarouge ?

Une caméra thermique infrarouge observe la température des objets et des surfaces en mesurant les radiations infrarouges qu'ils émettent. La grandeur physique observée est donc la température, exprimée en degrés Celsius (°C) ou en Kelvin (K).

A partir de la bande spectrale de la caméra, déterminer la plage de température en appliquant la loi de Wien ( $\lambda \cdot T = 2,90 \cdot 10^{-3}$ ).

La loi de Wien relie la longueur d'onde maximale ( $\lambda_{\max}$ ) d'émission d'un objet à sa température (T). Cette relation est donnée par l'équation :

La loi de Wien relie la longueur d'onde maximale ( $\lambda_{\max}$ ) d'émission d'un objet à sa température (T). Cette relation est donnée par l'équation :

où  $\lambda_{\max}$  est la longueur d'onde maximale en mètres et T est la température en kelvins (K).

Pour déterminer la plage de température correspondant à une bande spectrale donnée par une caméra thermique infrarouge, nous avons besoin de connaître la longueur d'onde minimale ( $\lambda_{\min}$ ) et maximale ( $\lambda_{\max}$ ) de cette bande spectrale.

Supposons que  $\lambda_{\min}$  et  $\lambda_{\max}$  correspondent respectivement aux longueurs d'onde minimale et maximale de la bande spectrale de la caméra thermique. Alors, nous pouvons réécrire la loi de Wien comme suit :

En divisant ces deux équations, nous avons une bande spectrale donnée par la caméra, si nous connaissons  $\lambda_{\min}$  et  $\lambda_{\max}$ , nous pouvons calculer la plage de température correspondante en utilisant cette relation.

Remarque : Dans cette formule, la constante  $2,90 \times 10^{-3}$  mK est obtenue en multipliant la constante de Wien ( $2,90 \times 10^{-3}$  m·K) par  $10^6$  pour convertir les unités en mètre-Kelvin (mK).

Ici  $T_{max}$  est 172 °C et  $T_{min}$  est 39°C donc

2. Comparer ces valeurs à celles indiquées par le fabricant. Conclure.

Nous sommes dans la gamme de température et aussi dans la bande spectrale donc la mesure est valable.

3. Quelles sont les grandeurs d'influences d'un thermogramme ? Vous pouvez effectuer des recherches sur internet.

Un thermogramme est une image ou une représentation graphique qui affiche la distribution des températures sur une surface ou dans un objet. Les grandeurs d'influence d'un thermogramme dépendent de plusieurs facteurs, notamment :

1. **Température ambiante** : La température ambiante peut influencer les mesures de température dans un thermogramme, car elle peut affecter le transfert de chaleur entre l'objet et son environnement.
2. **Émissivité** : L'émissivité de la surface de l'objet est un facteur important dans l'interprétation d'un thermogramme. L'émissivité est la capacité d'un matériau à émettre des rayonnements thermiques par rapport à un corps noir parfait (dont l'émissivité est de 1). Des variations dans l'émissivité peuvent conduire à des différences de température apparentes dans le thermogramme.
3. **Distance et angle de vue** : La distance entre la caméra thermique et l'objet ainsi que l'angle de vue peuvent influencer la résolution spatiale et la précision des mesures de température dans un thermogramme.
4. **Réflexions thermiques** : Les réflexions thermiques provenant d'autres objets ou surfaces environnantes peuvent également affecter les mesures de température dans un thermogramme, en particulier si ces réflexions sont significatives par rapport à l'émission thermique de l'objet d'intérêt.
5. **Étalonnage de la caméra** : La précision des mesures de température dans un thermogramme dépend de la qualité de l'étalonnage de la caméra thermique utilisée. Un étalonnage précis est essentiel pour obtenir des résultats fiables. On peut utiliser un miroir de planck
6. **Durée d'acquisition** : La durée pendant laquelle l'image thermique est capturée peut également avoir un impact sur la précision des mesures, notamment dans des environnements où la température change rapidement.

En tenant compte de ces facteurs, l'interprétation précise d'un thermogramme nécessite une compréhension approfondie des conditions de mesure et une prise en compte appropriée des différentes grandeurs d'influence.

## Miroir de Planck

Un miroir de Planck est un terme utilisé en thermographie pour décrire un miroir qui est conçu pour réfléchir la totalité du rayonnement électromagnétique incident, quelle que soit la longueur d'onde. En d'autres termes, un miroir de Planck idéal refléterait parfaitement toutes les radiations thermiques qu'il reçoit, sans absorber ni transmettre aucune énergie (exemple papier aluminium sur un support plan).

Le terme "miroir de Planck" est souvent utilisé comme une référence théorique pour illustrer les principes idéaux de la thermographie, mais dans la pratique, les miroirs réels sont conçus pour maximiser la réflectivité dans une plage de longueurs d'onde spécifique en fonction de l'application souhaitée

## Interprétation des mesures

4. A l'aide de la caméra thermique du laboratoire, Effectuer les activités demandées sur le diaporama.
5. Interpréter les différentes zones de températures. Conclure.