
**Surveillance et diagnostic de l'état
des systèmes de machines —
Thermographie —**

**Partie 2:
Interprétation d'image et diagnostic**

*Condition monitoring and diagnostics of machine systems —
Thermography —
Part 2: Image interpretation and diagnostics*

ISO 18434-2:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/113b3f92-b550-4a98-9251-b2c21a7cfe38/iso-18434-2-2019>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 18434-2:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/113b3f92-b550-4a98-9251-b2c21a7cfe38/iso-18434-2-2019>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Surveillance de l'état thermique	2
4.1 Application de l'imagerie thermique dans le cadre de programmes de surveillance de l'état	2
4.2 Corrélation avec d'autres techniques	2
4.3 Surveillance des performances	2
5 Choix de l'équipement	2
5.1 Choix de l'objectif	2
5.2 Fenêtres et viseurs infrarouges	3
5.3 Caractéristiques de la caméra IR	3
5.3.1 Généralités	3
5.3.2 Vitesse de capture d'image	3
5.3.3 Choix de la longueur d'onde	3
5.3.4 Filtres d'objectif de caméra	3
6 Collecte des données	3
6.1 Contenu du thermogramme et de la photographie	3
6.2 Sources d'erreur, exactitude et répétabilité	5
6.2.1 Position de la caméra IR	5
6.2.2 Émissivité	5
6.2.3 Mise au point, champ et distance	5
6.2.4 Conditions de fonctionnement de la machine	5
6.2.5 Conditions d'environnement	5
6.2.6 Étalonnage	5
7 Convention d'identification de l'emplacement des paliers de la machine	5
8 Critères de gravité	6
8.1 Mesurages de référence	6
8.2 Lignes directrices types	6
9 Lignes directrices relatives à l'interprétation des images	6
10 Diagnostic des problèmes thermodynamiques	7
10.1 Principes généraux	7
10.2 Génération de chaleur	7
10.2.1 Généralités	7
10.2.2 Frottement de surface	7
10.2.3 Frottement visqueux	8
10.2.4 Échauffement par décharge électrostatique	8
10.2.5 Échauffement par décharge électrique (courant induit)	8
10.2.6 Échauffement par réaction exothermique	8
10.2.7 Échauffement électromagnétique	8
10.2.8 Échauffement par compression	9
10.2.9 Échauffement dû à la déformation cyclique d'un matériau	9
10.2.10 Échauffement par résistance électrique	9
10.3 Répartition anormale de la chaleur	9
10.4 Chaleur appliquée	9
10.5 Déperdition de chaleur	9
10.6 Transfert de chaleur	10
Annexe A (informative) Exemples de cas	11

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18434-2:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/113b3f92-b550-4a98-9251-b2c21a7cfe38/iso-18434-2-2019>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 5, *Surveillance et diagnostic des systèmes de machines*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 18434 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Le présent document fournit des recommandations spécifiques sur l'interprétation des thermogrammes infrarouges dans le cadre d'un programme de surveillance et de diagnostic de l'état des machines. La thermographie peut être utilisée pour identifier et documenter les anomalies constatées en vue de surveiller l'état des machines. Ces anomalies ont habituellement pour origine des mécanismes tels que l'exploitation, une lubrification inappropriée, un défaut d'alignement, l'usure des composants ou des excès de chargement mécanique.

La thermographie infrarouge consiste à mesurer la répartition de l'énergie thermique rayonnée (chaleur) émise par la surface d'une cible donnée et à la convertir en une carte des différences d'intensité des rayonnements (carte des températures de surface) ou thermogramme. Le thermographiste doit par conséquent comprendre ce que signifient la chaleur, la température et les différents types de transfert de chaleur en préalable essentiel à l'exécution d'un programme TIR. L'énergie thermique est inhérente au fonctionnement de toutes les machines. Elle peut se présenter sous la forme de pertes par frottement ou de pertes d'énergie, en tant que propriété du matériau transformé, être produite par le procédé proprement dit ou résulter de toute combinaison de ce qui précède. La température peut, de ce fait, constituer un paramètre clé permettant de surveiller les performances et l'état des machines, et de participer au diagnostic des problèmes constatés sur les machines. La thermographie infrarouge représente une technique idéale pour le contrôle de la température, dans la mesure où elle fournit des images thermiques complètes d'une machine ou d'un élément de machine, ne nécessite aucun accessoire physique (procédé non intrusif), requiert une mise en œuvre minimale et donne des résultats très rapidement.

Bien qu'extrêmement utile, la TIR atteint une certaine limite lorsque les surfaces visées ont une faible émissivité, la difficulté des mesures radiométriques étant alors susceptible d'entraîner des erreurs inacceptables.

ISO 18434-2:2019
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/113b3f92-b550-4a98-9251-b2c21a7cfe38/iso-18434-2-2019>

Surveillance et diagnostic de l'état des systèmes de machines — Thermographie —

Partie 2: Interprétation d'image et diagnostic

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des recommandations spécifiques sur l'interprétation des thermogrammes infrarouges dans le cadre d'un programme de surveillance et de diagnostic de l'état des systèmes de machines.

Il aborde en outre les applications de l'infrarouge relatives aux performances des machines.

Le présent document est destiné à:

- fournir des recommandations quant à l'établissement de critères d'évaluation de la gravité des anomalies identifiées par la TIR;
- décrire dans les grandes lignes les méthodes et les exigences relatives à l'application de la thermographie des systèmes de machines, y compris les recommandations de sécurité;
- fournir des informations concernant l'interprétation des images, les critères d'évaluation et les exigences relatives aux rapports d'essai.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/113b3f92-b550-4a98-9251-b2c21a7cfe38/iso-18434-2-2019>

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 13372, *Surveillance et diagnostic de l'état des machines — Vocabulaire*

ISO 13373-1, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Surveillance des vibrations — Partie 1: Procédures générales*

ISO 13379-1, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Interprétation des données et techniques de diagnostic — Partie 1: Lignes directrices générales*

ISO 17359, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Lignes directrices générales*

ISO 18434-1, *Surveillance et diagnostic de l'état des machines — Thermographie — Partie 1: Procédures générales*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 13372 et l'ISO 18434-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

4 Surveillance de l'état thermique

4.1 Application de l'imagerie thermique dans le cadre de programmes de surveillance de l'état

Dans le cadre de programmes types de surveillance de l'état, l'imagerie thermique des composants mécaniques d'un système de machines ne constitue généralement pas une technique de surveillance principale, excepté lorsque les caractéristiques de génération ou de transfert de chaleur sont un indicateur essentiel d'une défaillance imminente ou d'une dégradation des performances ou lorsqu'un balayage rapide par imagerie thermique est plus économique et efficace. Une autre exception concerne le cas où la chaleur appliquée est la principale cause de défaillance.

4.2 Corrélation avec d'autres techniques

En général, l'imagerie thermique est utilisée dans le cadre d'un programme de surveillance de l'état pour détecter les caractéristiques thermiques de modes de défaillance préalablement identifiés par une autre technique. Dans ce scénario, l'imagerie thermique peut être utilisée à la fois pour confirmer la présence d'un mode de défaillance et pour valider sa gravité, excepté lorsque le principal symptôme de la défaillance est la génération de chaleur ou la déperdition de chaleur comme, par exemple, en cas de contournement de vannes de compresseurs alternatifs, de fuite ou d'obstruction d'échangeurs de chaleur, de défaillance de l'isolation, de fuites de fluide frigorigène ou de défauts électriques.

4.3 Surveillance des performances

L'imagerie thermique est également applicable dans le domaine de la surveillance des performances d'un procédé et de la machine au niveau de l'interface machine/produit. En général, une telle application implique également l'utilisation de l'imagerie thermique dans un rôle d'assurance et/ou de contrôle de la qualité du produit, permettant d'identifier une défaillance de la machine via une détérioration de la qualité du produit.

Une telle application est utilisée, par exemple, lorsque le processus de production implique des réactions exothermiques, tel que la fabrication de mousse ou des applications à haute température telles que l'extrusion de matières plastiques.

5 Choix de l'équipement

5.1 Choix de l'objectif

Les caméras infrarouges (IR) à objectifs fixes peuvent avoir des limites en termes de résolution et de champ de vision et peuvent ne pas être adaptées à toutes les applications. Pour les caméras IR pouvant utiliser différents objectifs, on dispose normalement d'une gamme d'objectifs, à savoir standard, grand angle, téléobjectif et macro.

Pour la surveillance de l'état des machines, les objectifs grand angle sont particulièrement utiles pour obtenir des images contenant la surface maximale de la machine en vue d'une comparaison de la température apparente. Si des objectifs grand angle ne sont pas disponibles, des caméras IR à large champ de vision sont alors plus adaptées. Cela permet de comparer plusieurs composants dans une même image. Ce type d'objectif est également utile dans des espaces confinés où la distance optimale peut être très faible.

Les téléobjectifs sont utiles pour des composants situés à distance tels que des transporteurs, équipements et cuves surélevés, et des sous-stations à l'extérieur. Ils peuvent également être utilisés pour les petits éléments.

Il convient de tenir compte du champ de vision, du champ de vision instantané et des caractéristiques du détecteur de la caméra IR ainsi que des caractéristiques de l'objectif pour s'assurer que la résolution thermique soit appropriée.

Les objectifs macro ne sont généralement pas utilisés pour la surveillance de l'état des machines, mais peuvent être utilisés pour la surveillance de la qualité du produit. Un exemple est la surveillance de la qualité des fibres optiques en verre.

5.2 Fenêtres et viseurs infrarouges

Des fenêtres ou viseurs infrarouges peuvent être utilisés pour le contrôle interne d'armoires électriques, de certains équipements mécaniques, d'applications à haute température telles que les chaudières et les fours, ou lorsque l'accès par les portes et les panneaux est requis.

5.3 Caractéristiques de la caméra IR

5.3.1 Généralités

Lors de la sélection d'une caméra IR, l'application de surveillance de l'état doit être prise en compte pour s'assurer de l'aptitude à l'emploi de l'équipement. Les petites caméras IR moins onéreuses peuvent ne pas être adaptées à de nombreuses applications en raison de leurs limites thermiques, optiques et de traitement de l'image.

Il convient de tenir dûment compte de la sensibilité thermique, de la réponse spatiale, de la plage de température et du temps de réponse en fonction des applications prévues.

5.3.2 Vitesse de capture d'image

Pour les applications impliquant une capture vidéo, des vitesses de surface élevées et/ou des variations rapides de la température apparente, l'utilisation d'une caméra IR à grande vitesse peut être requise.

5.3.3 Choix de la longueur d'onde

Pour la plupart des applications de surveillance de l'état des machines, des caméras IR à ondes longues (environ 8 μm à 14 μm) et à ondes moyennes (environ 3 μm à 5 μm) conviennent.

Dans certaines applications spécifiques, telles que la surveillance d'un équipement d'extrusion de film plastique mince, une caméra à ondes courtes (environ 0,8 μm à 3 μm) ou à ondes moyennes, équipée de filtres spécifiques, peut être requise. De telles caméras IR sont également utiles pour les contrôles internes de chaudières et de fours et la détection de fuites de gaz. Les caméras à ondes courtes sont particulièrement nécessaires pour les essais de matériau à très hautes températures (> 1 000 °C). Pour la détection de fuites de gaz, la longueur d'onde requise dépend du gaz.

5.3.4 Filtres d'objectif de caméra

Pour certains modes de défaillance spécifiques, des filtres d'objectif peuvent être requis. Les exemples comprennent la surveillance de films plastiques minces, de chaudières et de fours, et des fuites de gaz.

6 Collecte des données

6.1 Contenu du thermogramme et de la photographie

Pour les applications de surveillance de l'état, il est généralement nécessaire que de nombreux composants soient présents dans une même image afin de faciliter une comparaison rapide des températures de plusieurs composants. Cela signifie qu'il est judicieux de capturer autant de surface de machines que possible dans une seule image.

Une telle acquisition d'image nécessite souvent

- de grandes distances optimales,
- une acquisition d'image selon des angles par rapport à la machine, normalement au niveau des angles,
- des positions d'observation surélevés.

Des exemples d'images satisfaisantes couvrant une surface suffisante de machines sont donnés à la [Figure 1](#).

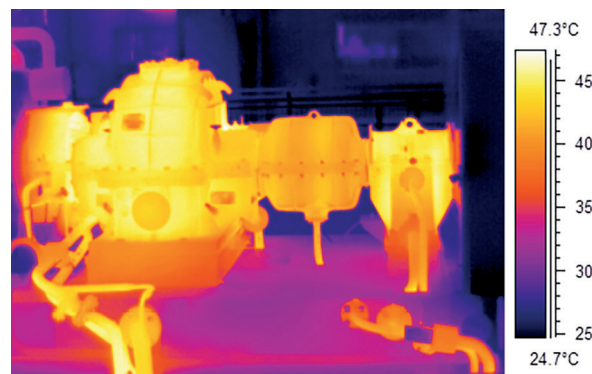


Figure 1 — Thermogramme d'un train de transmission simple

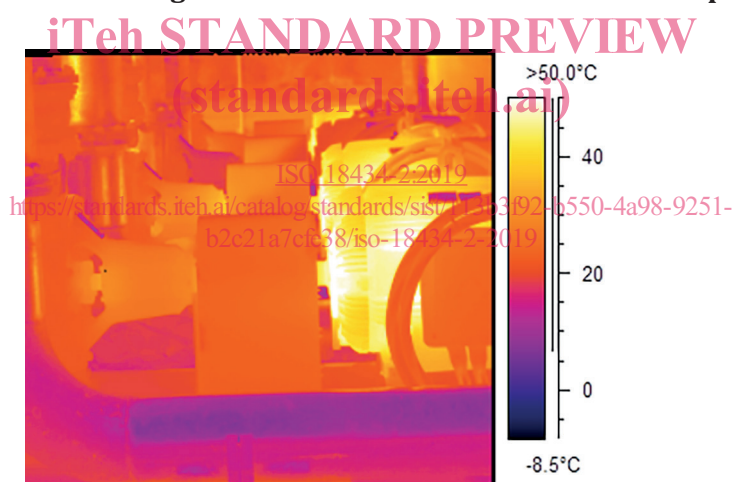


Figure 2 — Thermogramme pour comparaison de plusieurs machines (groupes de pompage)

Certains systèmes offrent également la possibilité de réaliser un montage d'image permettant de produire une seule grande image à partir de plusieurs images plus petites, ce qui peut être avantageux lors de l'analyse de trains de machines de grandes dimensions.

Il peut également être utile d'inclure dans la même image une machine identique adjacente afin de déterminer si une variation entre elles peut révéler la présence d'un mode de défaillance ([Figure 2](#)). En cas de différence, une étude plus poussée peut être effectuée et une comparaison supplémentaire des conditions de fonctionnement des machines, de leur comportement et de leur historique peut s'avérer utile à des fins de diagnostic.

Pour faciliter l'identification et l'interprétation des images, il convient de prendre les photographies depuis exactement la même position, selon la même orientation et avec le même contenu que l'image thermique.

6.2 Sources d'erreur, exactitude et répétabilité

6.2.1 Position de la caméra IR

Il convient d'acquérir les images à partir de positions permettant de réduire les erreurs dues à d'autres sources, telles que les réflexions de l'arrière-plan et les réflexions solaires. Pour la surveillance de l'état des machines, il convient que l'image comprenne une surface aussi grande que possible de la machine en vue de la comparaison et de l'analyse des profils dans une seule image ([Figure 1](#)). En général, de telles positions permettent l'acquisition de plusieurs faces de la machine dans un seul thermogramme selon un angle de 45° par rapport à l'angle. La détermination des températures apparentes réfléchies doit être conforme à l'ISO 18434-1.

6.2.2 Émissivité

Lorsque des critères d'alarme liés à la température sont utilisés, l'émissivité de toute anomalie doit être déterminée correctement afin de s'assurer de l'exactitude des températures affichées, de la gravité qui en découle et des recommandations ultérieures. La détermination de l'émissivité correcte doit être conforme à l'ISO 18434-1.

6.2.3 Mise au point, champ et distance

Toutes les images doivent être nettes. Des réglages appropriés de la caméra IR et de l'image, c'est-à-dire champ, niveau, portée, contraste et sensibilité, doivent être sélectionnés pour l'application. Ces réglages peuvent différer selon qu'ils concernent la détermination de la zone de charge et des profils thermiques d'un composant ou la détermination de la température exacte. La distance optimale doit être choisie de manière appropriée pour assurer une résolution de mesure thermique et spatiale adéquate de l'anomalie.

Pour la surveillance de l'état de systèmes de machines, la distance optimale la plus appropriée peut être extrêmement grande afin d'inclure l'ensemble du train de la machine dans une seule image à des fins de comparaison et d'analyse des profils. La correction de la distance optimale doit être conforme à l'ISO 18434-1.

6.2.4 Conditions de fonctionnement de la machine

Lorsque l'évaluation de routine est effectuée, il convient que la machine fonctionne dans des conditions stables représentatives des conditions normales de fonctionnement et après avoir atteint l'équilibre thermique. Les conditions au moment de l'évaluation doivent être enregistrées.

6.2.5 Conditions d'environnement

Dans de nombreux cas, il est nécessaire d'effectuer des mesurages sur le terrain de la température apparente réfléchie et de l'émissivité pour obtenir des températures correctes. Ces mesurages doivent être effectués conformément à l'ISO 18434-1 et aux normes et pratiques industrielles établies, aux Normes internationales applicables et aux lignes directrices des fabricants.

6.2.6 Étalonnage

Les caméras IR doivent être étalonnées au moment du contrôle et une vérification de l'étalonnage doit être effectuée avant l'acquisition d'image. Ces exigences sont spécifiées dans l'ISO 18434-1.

7 Convention d'identification de l'emplacement des paliers de la machine

Tous les emplacements de paliers de la machine doivent être identifiés conformément à l'ISO 13373-1.

8 Critères de gravité

8.1 Mesurages de référence

Il convient de définir les températures de référence et les critères d'évaluation en intégrant à la fois l'historique de chaque équipement ou de chaque groupe de machines, et des calculs statistiques pour des conditions «idéales». L'établissement des critères de gravité doit être conforme à l'ISO 17359 et à l'ISO 13379-1. Il convient que les critères d'évaluation soient fondés sur les températures spécifiées par les fabricants d'équipements ou de groupes d'équipements similaires. Ces mesurages doivent être effectués conformément à l'ISO 18434-1 et aux normes et pratiques industrielles établies, aux Normes internationales applicables et aux lignes directrices des fabricants.

8.2 Lignes directrices types

Lorsque la thermographie infrarouge est appliquée à la surveillance et au diagnostic de l'état des machines et des composants qui leur sont associés, il est fortement recommandé d'établir des critères d'évaluation de la gravité. Ces mesurages doivent être effectués conformément à l'ISO 18434-1 et aux normes et pratiques industrielles établies, aux Normes internationales applicables et aux lignes directrices des fabricants.

9 Lignes directrices relatives à l'interprétation des images

Du point de vue des machines, l'interprétation des images thermiques est essentiellement un processus qui consiste à comparer les températures de surface apparentes et les profils, par rapport aux images de référence représentatives des critères idéaux de conception, de fabrication, d'installation, de fonctionnement et de maintenance. Cette comparaison peut également être requise avant et après une activité de maintenance.

Une fois la comparaison et l'identification de toutes les anomalies achevées, l'analyse prend normalement la forme d'une comparaison des températures et des profils avec ceux cohérents avec des défauts et modes de défaillance connus.

L'utilisation de la thermographie à des fins de surveillance de l'état des machines nécessite la connaissance détaillée des conditions de fonctionnement et d'environnement de la machine au moment de chaque inspection, dans la mesure où de nombreux changements des profils thermiques dépendent des conditions de fonctionnement et/ou de l'environnement.

La compréhension de la conception de la machine est un facteur essentiel à la compréhension des charges qui s'appliquent sur ses composants, lesquelles, à leur tour, peuvent constituer le principal facteur de contribution au profil thermique. Dans un cas, des charges normales peuvent générer une température excessive alors qu'une température acceptable peut être générée par l'application de charges anormales. Un exemple type de ce cas de figure est lorsque la chaleur générée par frottement dans une zone de charge sur les paliers n'est pas excessive, mais apparaît au mauvais endroit indiquant des défauts potentiels tels qu'un assemblage inapproprié ou un défaut d'alignement du train de transmission.

Lors de l'analyse de systèmes de machines, une approche thermodynamique doit être adoptée, combinée à une approche analytique qui considère le système de machines dans son ensemble plutôt que ses composants individuels. Une telle approche thermodynamique tient compte du système de machines du point de vue de la génération de chaleur, de la déperdition de chaleur et de la chaleur incidente ainsi que de la conduction, de la convection et des rayonnements.

Les exemples clés comprennent le transfert de chaleur le long d'un arbre jusqu'à un palier à partir d'une autre source de chaleur, c'est-à-dire engrenages, fuites de vapeur au niveau de joints/garnitures d'étanchéité ou fluide de procédé chaud.

La prise en compte de ces sources, avant de déterminer les caractéristiques de défauts de la machine ou de ses composants, assure que le bilan thermique de la machine est considéré comme un défaut