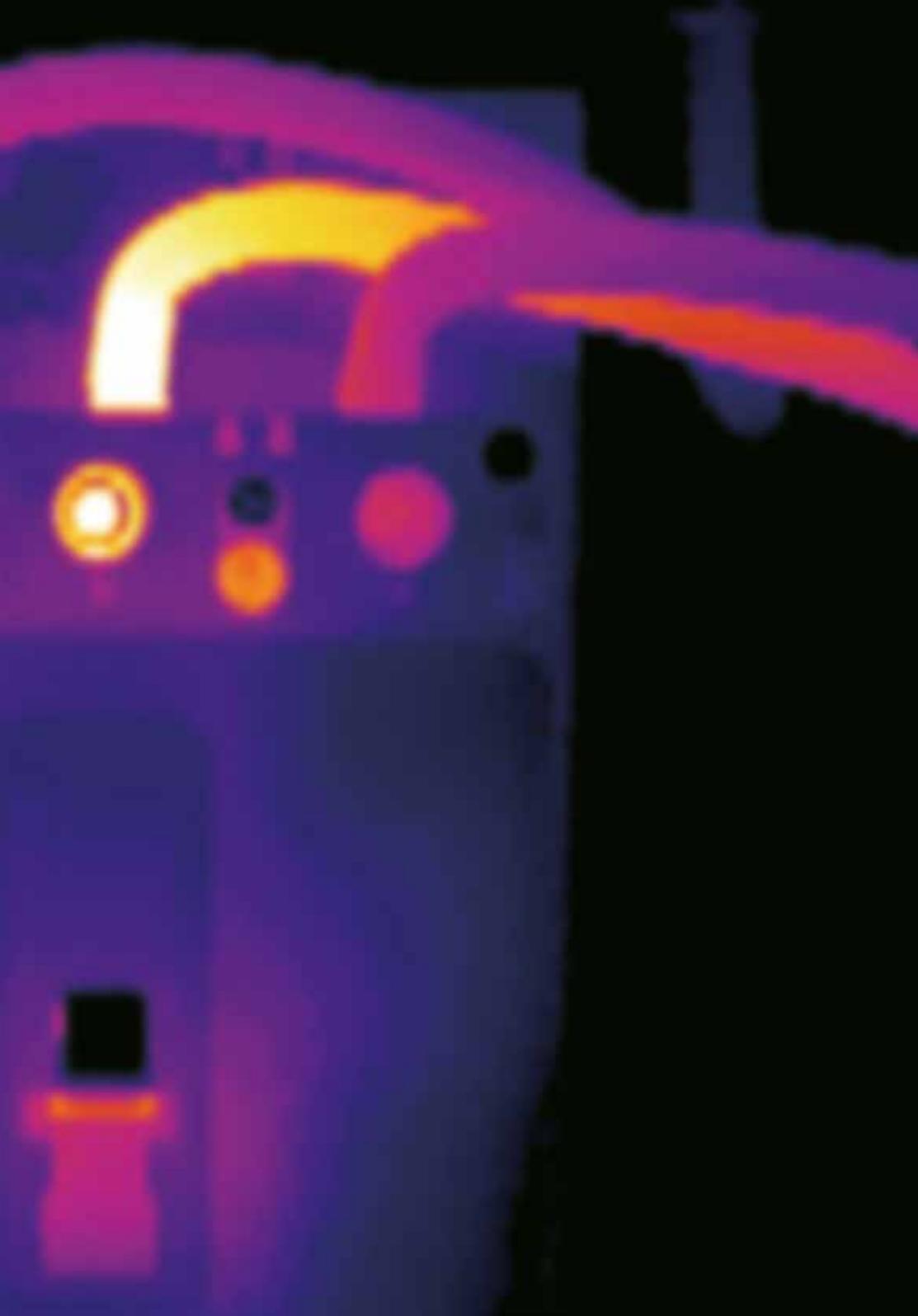


GUIDE DE L'IMAGERIE THERMIQUE POUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Guide d'utilisation des caméras thermiques dans l'industrie



Sommaire

page

- | | | |
|--|--|-----------|
|  | 1. La caméra thermique et son fonctionnement | 6 |
|  | 2. Pourquoi l'imagerie thermique ? | 8 |
|  | 3. L'imagerie thermique pour les applications industrielles | 12 |
|  | 4. Choisir le bon fournisseur de caméra thermique | 24 |
|  | 5. Notions de thermique utiles au secteur industriel | 26 |
|  | 6. Trouver la meilleure solution | 30 |
|  | 7. Comment effectuer des inspections thermiques | 42 |

Ce livret est le produit d'une collaboration étroite avec l'ITC (Infrared Training Center, centre de formation à la thermographie). Les images servent uniquement d'illustrations.

LES SPÉCIFICATIONS PEUVENT ÊTRE MODIFIÉES SANS PRÉAVIS

© 2011, FLIR Systems AB. Toutes les autres marques et noms de produits sont des marques déposées de leurs propriétaires respectifs.



Introduction

En 1965, une entité commerciale qui ne s'appelait pas encore FLIR Systems vendait la première caméra thermique, pour l'inspection de lignes à haute tension. Depuis lors, l'utilisation des caméras thermiques pour les applications industrielles est devenue un segment de marché important pour FLIR.

Et la technologie de l'imagerie thermique a évolué. Les caméras thermiques sont devenues des systèmes compacts qui ressemblent à une caméra ou à un appareil photo numérique. Elles sont faciles à utiliser et produisent en temps réel de belles images de haute résolution.

L'imagerie thermique est devenue l'un des outils de diagnostic les plus précieux pour les applications industrielles. En détectant des anomalies habituellement invisibles à l'œil nu, elle permet d'entreprendre une action corrective avant que des défaillances coûteuses se produisent.

Les caméras thermiques sont un outil unique pour déterminer où et quand une intervention de maintenance est nécessaire, car les installations électriques et mécaniques chauffent avant de tomber en panne. La découverte de tels points chauds avec une caméra thermique permet de mener des actions préventives. Cela évite ainsi de coûteux arrêts de production, et pire encore : des incendies.

Une caméra thermique est un instrument fiable travaillant sans contact, capable d'examiner et de visualiser la répartition des températures sur toute la surface des machines et du matériel électrique, avec rapidité et exactitude. Les programmes thermographiques ont aidé nos clients du monde entier à réaliser d'importantes économies.



Les caméras thermiques ont fortement évolué au cours des 50 dernières années. FLIR Systems a toujours été un pionnier de l'imagerie thermique, mettant sur le marché les caméras thermiques les plus perfectionnées.

Partout dans le monde, de nombreux acteurs industriels ont découvert les avantages des caméras thermiques pour leurs programmes de maintenance préventive.

Ce document est un guide pour l'utilisation des caméras thermiques pour les applications industrielles. Lors d'une telle inspection, il faut faire attention à de nombreux détails. Il est important de savoir comment fonctionne la caméra thermique et comment prendre des images, mais il faut aussi posséder des notions de physique et de construction de l'installation électrique ou mécanique inspectée. Tout cela doit être pris en considération pour comprendre, interpréter et évaluer correctement les images thermiques.

Cependant, ce guide ne peut pas couvrir tous les principes et toutes les utilisations des systèmes d'analyse pour les applications industrielles. C'est pourquoi nous coopérons avec l'ITC (Infrared Training Center, centre de formation à la thermographie) pour organiser régulièrement des formations axées sur les applications industrielles.

Ce guide présente

- Des applications d'imagerie thermique dans le secteur industriel
- Le fonctionnement d'une caméra thermique et les critères d'achat
- Ce qu'il faut savoir pour prendre des images

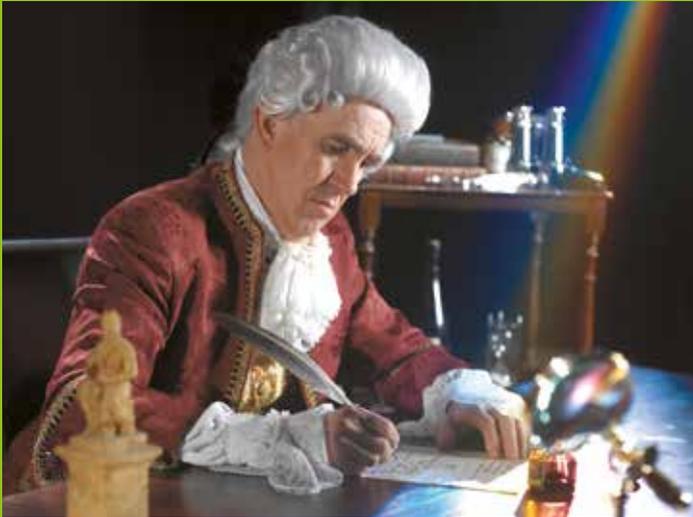


Les caméras thermiques modernes sont petites, légères et faciles d'emploi.

1

La caméra thermique et son fonctionnement

Une caméra thermique enregistre l'intensité du rayonnement dans la partie infrarouge du spectre électromagnétique, et la convertit en image visible.



William Herschel a découvert le rayonnement infrarouge en 1800.

Qu'est-ce que l'infrarouge ?

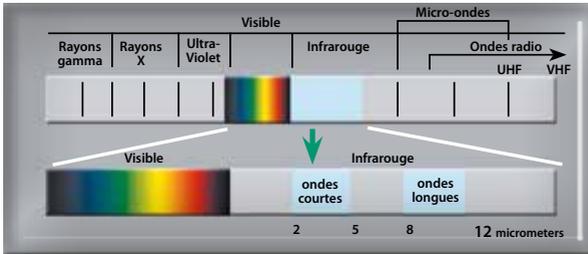
Nos yeux sont des détecteurs destinés à capter la lumière visible, c'est-à-dire la partie visible du spectre électromagnétique. Toutes les autres formes de rayonnement électromagnétique, par exemple l'infrarouge, sont invisibles à nos yeux.

L'existence de l'infrarouge est découverte en 1800 par l'astronome Frederick William Herschel. Voulant savoir si la lumière produit des températures différentes selon sa couleur, il utilise un prisme pour diviser un rayon de soleil. Il mesure la température de chaque couleur du spectre, et constate que les températures augmentent du violet au rouge.

Herschel décide alors de mesurer la température juste après la portion rouge du spectre, dans une zone où aucune lumière n'est visible. À sa surprise, il y trouve une température plus élevée encore.

Dans le spectre électromagnétique, l'infrarouge se situe entre le visible et les micro-ondes. La source principale de rayonnement infrarouge est

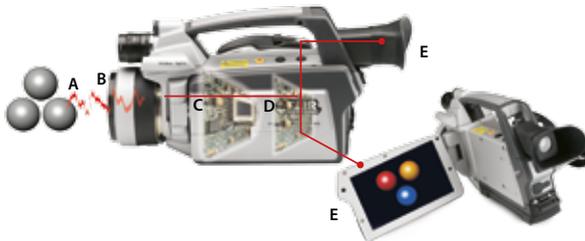
la chaleur, ou rayonnement thermique. Tout objet dont la température est supérieure au zéro absolu ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou 0 kelvin) émet un rayonnement dans la plage infrarouge. Même les objets que nous percevons comme très froids, des glaçons par exemple, émettent ce rayonnement.



Il fait partie de la vie de tous les jours. Nous le ressentons sous forme de chaleur en provenance du soleil, d'un feu ou d'un radiateur. Bien qu'il soit invisible à nos yeux, les nerfs de notre peau le détectent comme de la chaleur. Plus un objet est chaud, plus il émet de rayonnement infrarouge.

La caméra thermique

L'énergie infrarouge (A) provenant d'un objet est focalisée par l'optique (B) sur un détecteur infrarouge (C). Ce détecteur envoie les informations à la partie électronique du capteur (D) chargée du traitement d'image. Cette partie électronique convertit les données du détecteur en une image (E) qui peut être observée dans le viseur, ou sur un écran vidéo ou LCD.



L'imagerie thermique consiste à transformer des mesures du rayonnement infrarouge en une image radiométrique, qui permet la lecture des valeurs de température. Ainsi, chaque pixel de l'image radiométrique est une mesure de température. Pour cela, la caméra infrarouge comporte des algorithmes complexes. Cela fait de la caméra thermique un outil idéal pour les applications industrielles.

2

Pourquoi l'imagerie thermique ?

Rapidité, qualité et efficacité à moindre coût. Pour atteindre ces buts, les installations industrielles doivent fonctionner en continu : 24 heures par jour, 365 jours par an.

Les pannes et les pertes de temps sont exclues.

La maintenance préventive d'une usine est donc une lourde responsabilité.

Si vous pouviez voir qu'une défaillance est sur le point de se produire, vous pourriez lancer une action corrective au meilleur moment. Hélas, les problèmes les plus graves sont invisibles jusqu'à ce qu'il soit trop tard.

Pourtant, les caméras thermiques permettent de prévoir les défaillances car elles montrent ce qui est invisible. Sur une image thermique, les problèmes sautent aux yeux.

Pour pouvoir produire en continu, de nombreuses usines établissent des programmes de maintenance préventive avec les plus précieux outils de diagnostic sur le marché : les caméras thermiques.



Connexion desserrée



Inspection de lignes à haute tension



Rouleau suspect



Moteur surchauffé



Mauvaise connexion et détérioration interne



Fusible détérioré



Isolation endommagée



Purgeur de vapeur

Que votre surveillance porte sur du matériel à haute tension, des armoires à basse tension, des moteurs, des installations à haute température, l'isolation... une caméra thermique est l'outil qui permet de tout VOIR.

Et en l'absence d'inspections thermiques régulières ? Une connexion basse tension défaillante, est-ce vraiment grave ? En dehors de la perte de production guette un danger bien plus grand.

L'incendie

Un petit incident électrique peut avoir des conséquences dramatiques. Le réseau électrique perd de son efficacité, et de l'énergie se dissipe en chaleur. Si cela passe inaperçu, la chaleur peut faire fondre les connexions. Des arcs électriques peuvent déclencher un incendie.

Les conséquences des incendies sont souvent sous-estimées. À la destruction de marchandises et de l'équipement s'ajoutent la perte de production et les dégâts causés par l'eau ; enfin, les pertes humaines sont inestimables.

Environ 35 % de tous les incendies industriels proviennent de problèmes électriques, et causent 300 milliards d'euros de perte par an.

L'utilisation d'une caméra thermique permet d'éviter la plupart de ces problèmes. Elle permet de détecter les anomalies habituellement invisibles à l'œil nu, et de résoudre les problèmes avant toute baisse de production ou le déclenchement d'un incendie. C'est là une première raison pour laquelle les caméras thermiques FLIR présentent un retour sur investissement ultra rapide.



Un petit incident électrique peut avoir des conséquences extrêmement graves.

Pourquoi utiliser une caméra thermique ?

Pourquoi choisir une caméra thermique FLIR ? Il existe d'autres technologies pour vous aider à mesurer les températures sans contact. Les thermomètres infrarouges, par exemple.

Les thermomètres infrarouges et les caméras thermiques

Les thermomètres infrarouges (IR) sont fiables et très utiles pour effectuer des relevés ponctuels de température. Mais lorsqu'il faut examiner de grandes étendues ou du matériel de grandes dimensions, certains composants proches de la panne ou nécessitant une réparation risquent de passer inaperçus.

Une caméra thermique FLIR peut scruter des moteurs, des composants, des panneaux entiers en une seule fois. Aucune surchauffe dangereuse ne lui échappe, même très localisée.



Thermomètre IR, mesure de température en un seul point



FLIR i3 : la température en 3600 points

Déterminez les problèmes plus vite et plus facilement, avec une extrême précision.

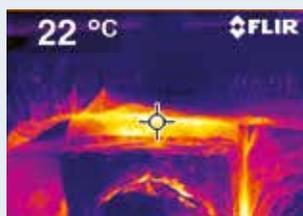
Les problèmes critiques passent facilement inaperçus avec un thermomètre IR ponctuel. Une caméra thermique FLIR scrute l'ensemble du matériel, ce qui vous apporte un diagnostic instantané du problème et de son étendue.

Comme des milliers de thermomètres IR utilisés simultanément

Avec un thermomètre IR, vous pouvez mesurer la température en un point. Les caméras thermiques FLIR permettent de mesurer les températures sur toute l'image. L'image de la FLIR i3 possède une résolution de 60×60 pixels. Cela signifie qu'elle joue le rôle de 3600 thermomètres IR utilisés simultanément. La FLIR P660, modèle haut de gamme, possède une résolution de $640 \times 480 = 307.200$ pixels. Elle remplace 307.200 thermomètres IR.



Ce que voit un thermomètre IR



Ce que voit une caméra thermique.



Ce que voit un thermomètre IR



Ce que voit une caméra thermique.



Ce que voit un thermomètre IR



Ce que voit une caméra thermique.

3

L'imagerie thermique pour les applications industrielles

Les caméras thermiques pour les applications industrielles sont des outils puissants et non invasifs pour surveiller et diagnostiquer l'état des installations et des composants électriques et mécaniques. Une caméra thermique vous permet d'identifier les problèmes très tôt, donc de les documenter et de les corriger avant qu'ils s'aggravent et entraînent des réparations coûteuses.

Les caméras thermiques FLIR :

- sont aussi faciles à utiliser qu'un caméscope ou un appareil photo numérique
- vous donnent une image globale de la situation
- permettent d'inspecter les systèmes pendant leur fonctionnement
- identifient et localisent le problème
- mesurent les températures
- enregistrent les informations
- vous indiquent exactement ce qui doit être réparé
- vous aident à détecter les défaillances avant que les vrais problèmes n'apparaissent
- vous permettent d'économiser du temps précieux et de l'argent.

FLIR Systems propose une large gamme de caméras thermiques. Que votre utilisation soit l'inspection de grandes installations industrielles ou l'examen d'un tableau de fusibles chez un particulier, FLIR dispose de la caméra thermique qu'il vous faut.

Pour l'expert de la maintenance, les données exactes de température sont une information importante sur l'état du matériel inspecté. Les inspections peuvent être menées pendant que les opérations de production battent leur plein. Dans de nombreux cas, la caméra thermique peut même contribuer à optimiser le processus de production lui-même.

Les caméras thermiques sont des outils tellement précieux et polyvalents qu'il est impossible d'énumérer toutes leurs applications. Tous les jours apparaissent de nouvelles utilisations innovantes de cette technologie. Ce chapitre décrit quelques-unes de ces nombreuses utilisations dans le secteur industriel.

Les systèmes électriques

Les caméras thermiques sont souvent utilisées pour l'inspection des systèmes et des composants électriques, de toutes formes et de toutes dimensions.

Les nombreuses applications possibles peuvent être rangées en deux catégories : les installations à haute tension et celles à basse tension.

Installations à haute tension

La chaleur est un facteur important dans les installations à haute tension. Lorsqu'un élément résistant est traversé par un courant électrique, cela produit de la chaleur. Une augmentation de la résistance se traduit par une augmentation de la chaleur.

Avec le temps, la résistance des connexions électriques augmente, à cause du desserrement et de la corrosion par exemple. L'augmentation de température que cela induit peut provoquer la défaillance d'un composant, puis des arrêts imprévus et même des accidents avec victimes. De plus, la chaleur libérée représente une perte inutile d'énergie. Si cela passe inaperçu, la chaleur peut augmenter jusqu'à faire fondre les connexions, déclencher une panne ou un incendie.

Exemples de défaillances d'installations à haute tension pouvant être détectées par l'imagerie thermique :

- commutateurs oxydés,
- connexions surchauffées,
- connexions desserrées,
- défauts d'isolation.

Une caméra thermique peut facilement repérer cela et d'autres problèmes à un stade précoce. Elle vous aide à localiser précisément le problème, à déterminer sa gravité et le degré d'urgence de la réparation.



Un plan large d'une sous-station peut révéler des zones où des connexions présentent une résistance anormalement élevée. Aucune autre technologie de maintenance préventive n'est aussi efficace que l'imagerie thermique pour l'inspection des installations électriques.

Un des nombreux avantages de l'imagerie thermique est la possibilité d'effectuer les inspections pendant le fonctionnement. Avec cette méthode de diagnostic sans contact, l'opérateur visualise le matériel à distance, s'éloigne de la zone dangereuse et étudie les données sans se mettre en danger.

Les caméras thermiques FLIR pour les applications industrielles étant toutes portables et alimentées par une batterie, elles peuvent aussi être utilisées à l'extérieur. Les sous-stations à haute tension, les dispositifs de commutation, les transformateurs et les coupe-circuits à l'air libre peuvent être inspectés avec rapidité et efficacité avec une caméra thermique de FLIR Systems.



Les caméras thermiques vous permettent d'inspecter les installations à haute tension à distance, ce qui améliore la sécurité de l'opérateur.

La continuité de fonctionnement de ce matériel est très important, car un grand nombre de personnes dépendent du service de distribution électrique. Ainsi, les inspections par imagerie thermique sont maintenant au cœur des programmes de maintenance préventive, dans le monde entier.

FLIR fournit les solutions d'imagerie thermique les plus perfectionnées. Les programmes de surveillance en continu qui les utilisent permettent au réseau électrique de fonctionner sans interruption et d'assurer sa fonction vitale.

Image visible



Image thermique

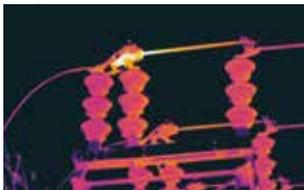


Image obtenue par la fonction Fusion



L'inspection d'une sous-station fait apparaître des composants surchauffés.

Installations basse tension

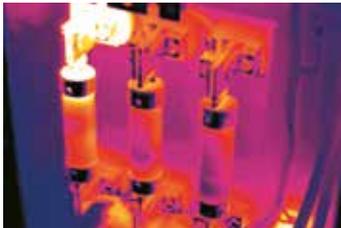
Les caméras thermiques servent à l'inspection des systèmes et des composants électriques de toutes formes et de toutes dimensions. Leur utilisation n'est aucunement limitée aux grandes installations à haute tension.

Les armoires électriques et les centres de commande sont régulièrement inspectés avec une caméra thermique. Dans le cas contraire, la chaleur peut augmenter jusqu'à faire fondre les connexions, déclencher une panne ou un incendie.

Mauvaises connexions, déséquilibres de charge, corrosion, échauffement. Les inspections thermiques permettent de localiser rapidement les points chauds, de déterminer la gravité du problème et aident à établir le calendrier des réparations.

Exemples de défaillances de matériel basse tension pouvant être détectées par l'imagerie thermique :

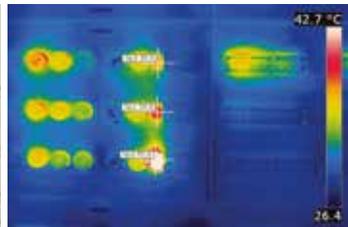
- connexions desserrées,
- connexions corrodées,
- fusibles détériorés,
- défaillances de coupe-circuits,
- mauvaises connexions et détériorations internes.



Connexions surchauffées



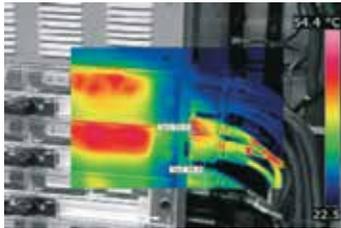
Connexions surchauffées



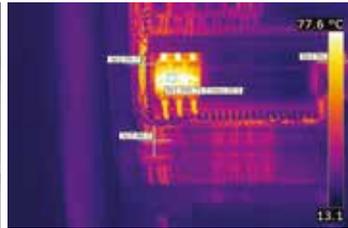
Cette image thermique montre que la charge est inégalement répartie sur les boîtiers de fusibles.

Une caméra thermique peut facilement repérer cela et d'autres problèmes à un stade précoce. Elle contribue à prévenir des dommages coûteux et à éviter des situations dangereuses.

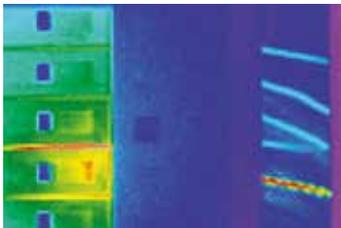
Que votre utilisation soit l'inspection de matériel basse tension dans les usines de production, les immeubles de bureaux, les hôpitaux, les hôtels ou les domiciles de particuliers, FLIR Systems dispose de la caméra thermique qu'il vous faut.



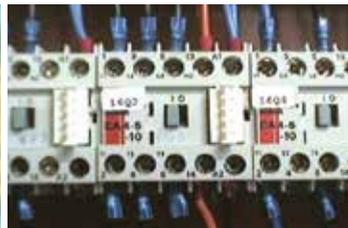
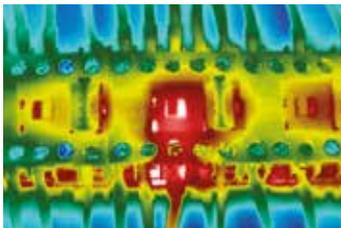
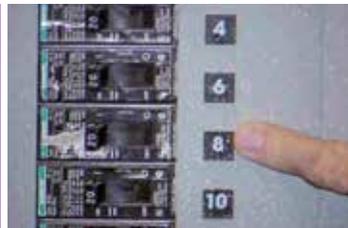
Cette image obtenue par la fonction Fusion montre un connecteur surchauffé.



Les fusibles visibles sur l'image thermique sont surchargés et doivent être remplacés.



Le point chaud indique un court-circuit qui pourrait déclencher un incendie.



Le point chaud indique un court-circuit qui pourrait déclencher un incendie.

Installations mécaniques

Dans de nombreux secteurs, les opérations dépendent de systèmes mécaniques.

Les données thermiques collectées par caméra thermique sont une source précieuse d'informations pour la surveillance du matériel, en complément de l'étude des vibrations.

Les systèmes mécaniques comportant un défaut d'alignement se mettent à chauffer.

Les tapis roulants en sont un bon exemple. Si un rouleau est usé et doit être remplacé, c'est clairement visible sur l'image thermique.

L'usure et la baisse de performance d'une pièce mécanique se traduisent généralement par un échauffement. Par conséquent, la température du matériel défectueux augmente rapidement avant la panne.

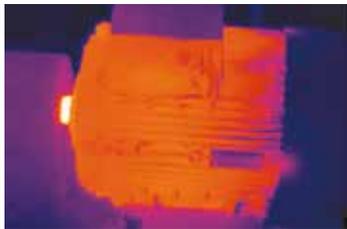
Une fois que vous connaissez la signature thermique d'une machine dans les conditions normales d'exploitation, il suffit de lui comparer périodiquement les relevés d'une caméra thermique pour détecter une multitude de défaillances différentes.



Rouleau suspect



Palier surchauffé



Cette image thermique montre un moteur électrique en fonctionnement normal.

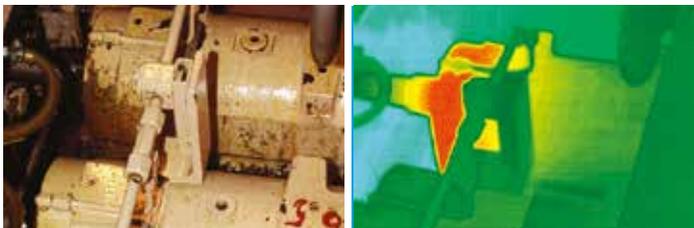
Les moteurs sont également inspectés par l'imagerie thermique. Certains problèmes, comme une usure par frottement continu ou un défaut structurel, ne sont pas détectés par une analyse des vibrations car ils n'en provoquent pas ou peu. Mais ils produisent de la chaleur avant de provoquer une panne. L'image thermique donne une vue d'ensemble et permet de comparer la température des différents moteurs.

Les caméras thermiques surveillent d'autres systèmes mécaniques comme les couplages, les boîtes de vitesse, les paliers, les pompes, les compresseurs, les courroies, les ventilateurs et les convoyeurs.

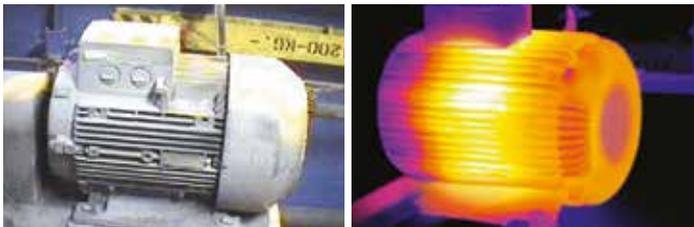
Exemples de problèmes mécaniques pouvant être détectés par l'imagerie thermique :

- défauts de lubrification,
- désalignements,
- moteurs surchauffés,
- rouleaux suspects,
- pompes en surcharge,
- arbres moteurs surchauffés,
- paliers surchauffés.

Une caméra thermique peut facilement repérer cela et d'autres problèmes à un stade précoce. Elle contribue à prévenir des dommages coûteux et à garantir la continuité de la production.



Moteur : problème de roulement.



Moteur : problème de bobine.

Conduites

L'imagerie thermique fournit des informations précieuses sur l'état de l'isolation des conduites et des vannes.

Il peut être crucial d'inspecter l'état du matériau isolant autour des conduites. Les pertes de chaleur dues à une isolation défectueuse apparaissent très clairement sur l'image thermique. Cela vous permet de réparer rapidement l'isolation et de prévenir d'importantes pertes d'énergie ou d'autres dommages.

Les vannes de process sont un autre bon exemple de matériel inspecté en même temps que les conduites. Une caméra thermique peut détecter les fuites, mais aussi déterminer si la vanne est ouverte ou fermée, même à distance.

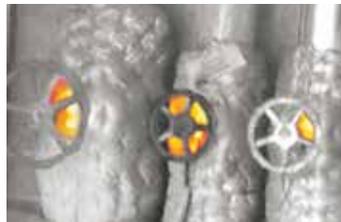
Exemples de problèmes de conduites pouvant être détectés par l'imagerie thermique :

- fuites dans les pompes, les conduites et les vannes,
- détérioration de l'isolation,
- obstruction d'une conduite.

Toutes les sortes de fuites, d'obstructions et de défauts d'isolation apparaissent clairement sur l'image thermique. Et comme l'imagerie thermique vous donne rapidement une vue d'ensemble de l'installation, il est inutile de vérifier chacune des conduites.



Isolation endommagée



Déperdition thermique par un défaut d'isolation d'une conduite de vapeur.



Inspection de l'isolation



Installations réfractaires et pétrochimiques

Dans une grande variété de secteurs, le processus de production dépend de fours et de chaudières. Mais le revêtement réfractaire des fours, des chaudières, des incinérateurs, des installations de craquage et des réacteurs peut se désintégrer et devenir moins performant. Avec une caméra thermique, il est facile de localiser le matériau réfractaire endommagé et les pertes de chaleur consécutives, car la transmission de chaleur apparaît clairement sur l'image thermique.

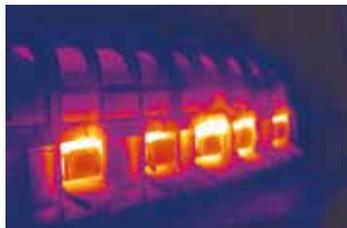
Les caméras thermiques FLIR apportent un diagnostic rapide et précis pour la maintenance de tous types d'installations comportant des matériaux réfractaires.

Les caméras thermiques sont aussi largement utilisées dans le secteur pétrochimique. Elles apportent un diagnostic rapide et précis des fours, du matériau réfractaire et des ailettes de condensateur. L'observation des échangeurs de chaleur permet de détecter les obstructions.

Les caméras thermiques FLIR Systems sont également très utilisées pour inspecter les installations de craquage. Leurs canalisations sont souvent isolées avec une pierre réfractaire. L'imagerie thermique vérifie l'intégrité de cette isolation.



Inspection du matériau réfractaire d'un réacteur pétrochimique



Défaut d'isolation du matériau réfractaire



Détérioration du matériau réfractaire d'un four à ciment rotatif



Inspection du matériau réfractaire d'une cheminée de four.

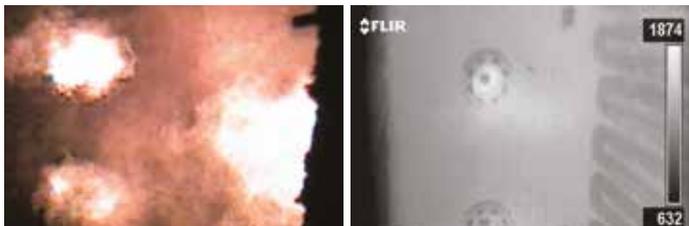
Enfin, le matériel des fours et des chaudières est exposé aux défaillances pour diverses autres raisons. Parmi elles, la formation de coke qui obstrue les tubes et gêne l'écoulement, le dépôt de scorie à l'extérieur des tubes, l'excès et l'insuffisance de chauffage, l'incidence des flammes sur les tubes due à un désalignement des brûleurs, les fuites de produit qui s'enflamment et provoquent de sérieux dégâts au matériel.

Voir au travers des flammes

Pour garantir la qualité du matériau réfractaire dans les fours et les chaudières, les inspections de l'extérieur ne suffisent pas. Le revêtement réfractaire intérieur doit être inspecté aussi. Les méthodes conventionnelles exigent d'arrêter l'installation pour pouvoir inspecter le foyer. Cela implique une perte de production extrêmement coûteuse. Cette perte peut être évitée puisque FLIR Systems propose aussi des caméras thermiques spéciales, capables d'inspecter l'intérieur de l'installation pendant le fonctionnement.

C'est un filtre "flamme" ajouté à ces caméras thermiques qui permet cela. Les flammes émettent un rayonnement infrarouge dont l'intensité varie avec la longueur d'onde. Or, pour certaines longueurs d'onde du spectre infrarouge, les flammes n'émettent quasiment aucun rayonnement. Le filtre "flamme" utilise ce phénomène pour permettre à la caméra thermique de voir à travers les flammes.

Grâce à cette capacité des caméras thermiques FLIR, l'opérateur peut inspecter la chaudière ou le four pendant leur exploitation à plein régime. Non seulement cela évite d'arrêter la production pour les inspections, mais les informations collectées par la caméra thermique peuvent constituer un élément de rétroaction extrêmement important, pour augmenter le niveau de production en toute sécurité.



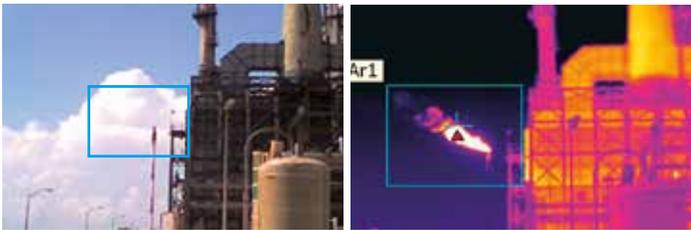
Certaines caméras thermiques FLIR peuvent mesurer la température au-delà des flammes.

Autres applications

La technologie d'imagerie technique possède de nombreuses applications en dehors de celles déjà mentionnées.

Détection de torche

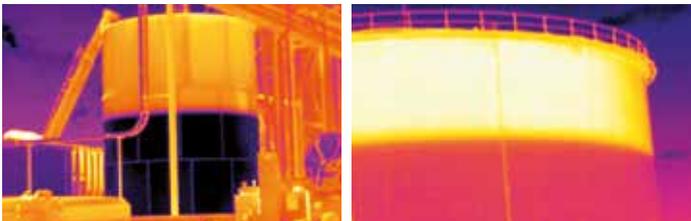
Certains processus de production génèrent des gaz, qui sont brûlés en torches. Les flammes peuvent être invisibles à l'œil nu. Il est important que la torche brûle continuellement afin que les gaz nocifs ne soient pas relâchés dans l'atmosphère. L'imagerie thermique vérifie facilement la présence de cette combustion.



Une caméra thermique peut surveiller des flammes invisibles à l'œil nu. Remarquez que la torche est invisible sur l'image de gauche.

Détection du niveau d'un réservoir

L'imagerie thermique sert aussi à voir le niveau des réservoirs. Les différences d'émissivité ou de température font apparaître clairement le niveau du liquide sur l'image thermique.



Ces images thermiques montrent clairement le niveau de liquide dans les réservoirs.

Citons aussi :

- la détection de points chauds sur les robots de soudage,
- l'inspection de matériel aéronautique,
- de moules,
- de la répartition de la température de l'asphalte,
- de machines en papeterie.



Point chaud sur un robot de soudage

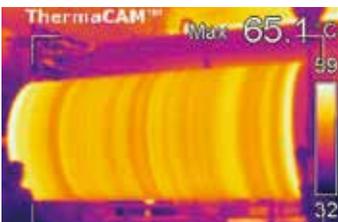
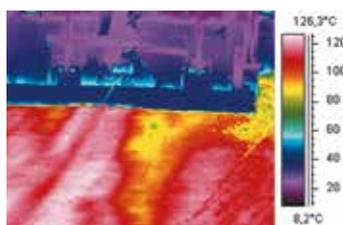


Image thermique d'une machine de papeterie



Image thermique d'un moule



Pose d'un revêtement asphalté

Que vos inspections concernent des installations électriques, des équipements mécaniques, des niveaux de réservoir, des matériaux réfractaires, des conduites, des torches ou un très grand nombre d'autres applications, l'imagerie thermique est l'outil parfait pour vos activités dans le secteur industriel.

FLIR Systems propose une solution idéale pour les applications industrielles les plus exigeantes. Du modèle le plus économique au plus perfectionné, FLIR Systems vous propose une gamme complète pour que vous puissiez choisir la caméra thermique qui répond le mieux à vos besoins.

4

Choisir le bon fournisseur de caméra thermique

Une caméra thermique représente un investissement à long terme. Une fois que vous avez commencé à l'utiliser, la sécurité des personnes et des installations peut dépendre d'elle. Par conséquent, il faut non seulement choisir la caméra thermique qui répond le mieux à vos besoins, mais aussi un fournisseur capable de vous assister pendant une longue période.

Une marque bien établie peut vous proposer ceci :

- **Matériel**

Les besoins sont différents selon les utilisateurs. Il est donc très important que le fabricant puisse proposer une gamme complète de caméras thermiques, allant des modèles économiques aux modèles perfectionnés, pour que vous puissiez choisir celui qui répond le mieux à vos besoins.

- **Logiciels**

Quelle que soit votre application, vous avez besoin de logiciels pour analyser les images thermiques et pour les intégrer à un rapport pour vos clients ou votre hiérarchie. Choisissez une caméra thermique pouvant être combinée avec le logiciel nécessaire à votre application.

- **Accessoires**

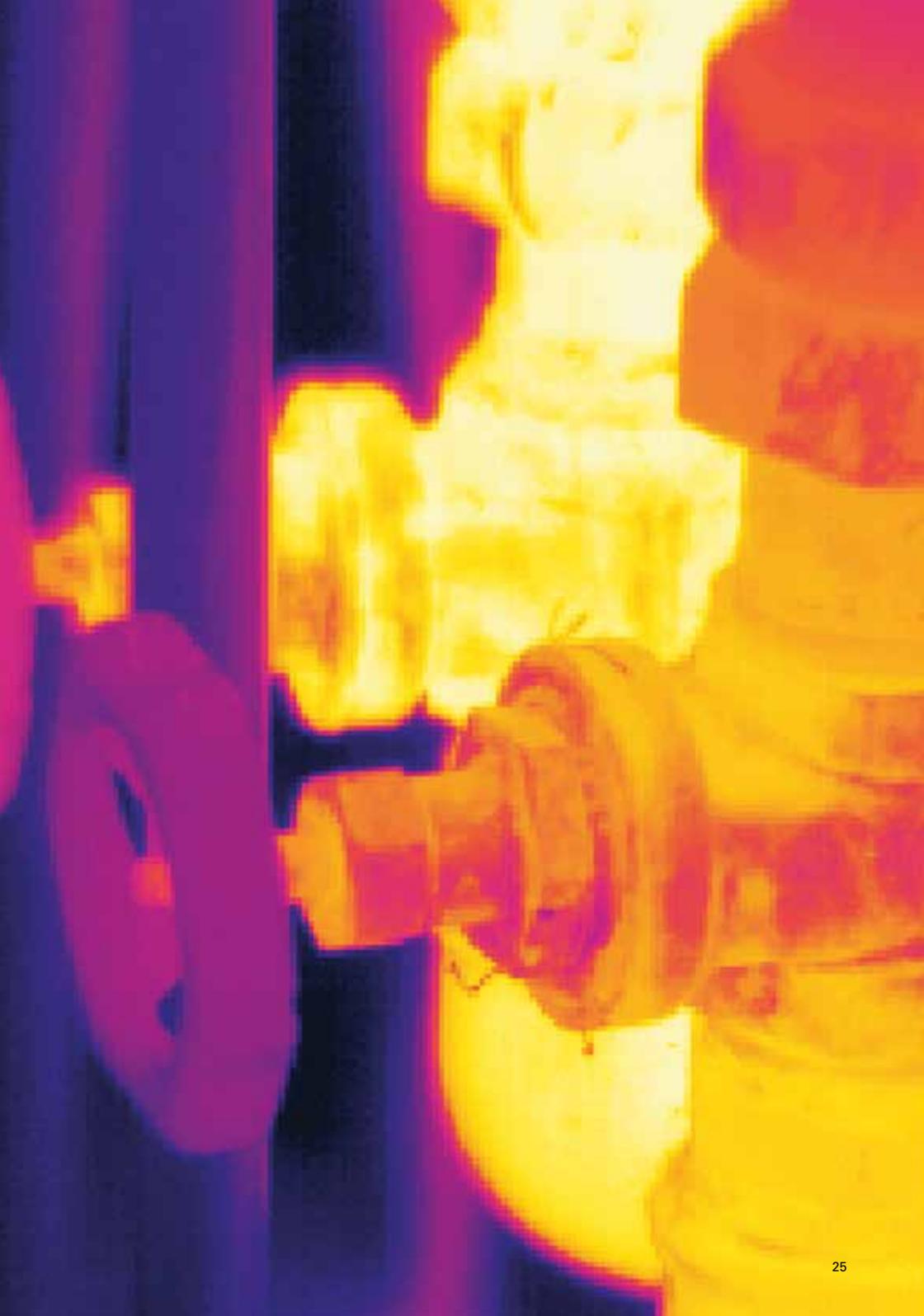
Une fois que vous aurez commencé à utiliser une caméra thermique et découvert tous ses avantages, il est possible que vos besoins évoluent. Assurez-vous que votre système peut suivre cette évolution. Le fabricant doit proposer différents types d'objectifs, d'écrans, etc.

- **Services**

Bien que la plupart des caméras thermiques utilisées pour les applications industrielles se passent quasiment de maintenance, il faut être certain qu'il existe un centre de services près de chez vous, pour le cas où il arriverait quelque chose à la caméra. Les caméras thermiques doivent aussi être ré-étalonnées de temps en temps. Dans les deux cas, plutôt que d'envoyer votre caméra à l'autre bout du monde, il est préférable de vous adresser à un réparateur local, pour qu'elle vous soit rendue le plus rapidement possible.

- **Formation**

Le monde de l'imagerie thermique ne se limite pas à la manipulation d'une caméra. Choisissez un fournisseur pouvant assurer une bonne formation et, lorsque c'est nécessaire, une assistance pour votre application.



5

Notions de thermique utiles au secteur industriel

Pour interpréter correctement les images thermiques, l'opérateur doit connaître l'effet des matériaux et des circonstances sur les relevés de la caméra. Les températures produites dépendent principalement des facteurs suivants :

1. Conductivité thermique

Chaque matériau possède des propriétés thermiques. Les matériaux isolants se réchauffent lentement, alors que les métaux chauffent rapidement, par exemple. Il s'agit là de conductivité thermique. Des matériaux de conductivités thermiques différentes peuvent présenter des différences de température importantes dans certaines situations.

2. Émissivité

Pour que les températures obtenues soient correctes, il est important de prendre en considération le facteur nommé émissivité. L'émissivité est l'efficacité avec laquelle un objet émet dans l'infrarouge. Elle dépend fortement du matériau.



L'image thermique pourrait laisser croire que la peinture dorée est plus froide que le reste de la surface de la tasse. En réalité, elle est exactement à la même température. La différence d'intensité du rayonnement thermique provient de la différence d'émissivité.

Il est extrêmement important de donner une valeur d'émissivité correcte à la caméra, car sinon les températures mesurées seront incorrectes. Les caméras de FLIR Systems ont des valeurs d'émissivité prédéfinies pour de nombreux matériaux. Les valeurs applicables aux autres matériaux peuvent être trouvées dans des tableaux d'émissivité.



Sur l'image thermique de gauche, l'émissivité est réglée sur la valeur de la peau humaine (0,97). Le relevé de température est correct : 36,7 °C. Sur l'image de droite, une émissivité incorrecte (0,15) produit un relevé de température fantaisiste : 98,3 °C.

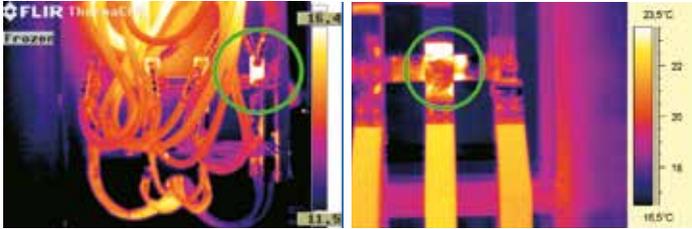
3. Réflexion

Certains matériaux reflètent le rayonnement thermique comme un miroir reflète la lumière visible. Par exemple le métal non oxydé, surtout s'il est poli. La réflexion peut conduire à une mauvaise interprétation de l'image thermique. Par exemple, l'opérateur peut prendre pour un point chaud le reflet de son propre rayonnement thermique. Il doit donc choisir soigneusement l'angle d'observation de l'objet pour éviter de tels reflets.



La fenêtre reflète le rayonnement thermique ; elle agit comme un miroir pour la caméra thermique.

Si le matériau en surface de l'objet possède une faible émissivité (comme le métal non oxydé) et que sa température est très différente de la température ambiante, la réflexion de cette dernière influe sur la température relevée par la caméra thermique. Les caméras thermiques FLIR peuvent compenser cet effet en tenant compte de la température ambiante indiquée par l'opérateur.



Ces deux points chauds semblent indiquer des échauffements ; en réalité, il s'agit de reflets sur des surfaces métalliques non oxydées. La frontière nette du point chaud est un signe révélateur, car on observe généralement une transition de couleurs autour des véritables échauffements.



Autre signe révélateur d'un reflet : le point chaud disparaît lorsqu'on déplace légèrement la caméra.

Pour vérifier les réglages d'émissivité et de réflexion, une bonne méthode consiste à utiliser une "bande d'étalonnage" dont l'émissivité est connue (et généralement proche de 1). L'opérateur fixe cette bande à la surface de l'objet et attend quelques instants qu'elle prenne la même température. Il détermine la température exacte de la bande grâce à la valeur connue d'émissivité. Il retire ensuite la bande et modifie le réglage d'émissivité (et de réflexion si nécessaire) de manière à ce que la température lue sur l'objet soit exactement celle relevée sur la bande d'étalonnage.

4. Conditions atmosphériques

La température ambiante peut avoir une influence importante sur les relevés de température. Lorsqu'elle est élevée, elle peut masquer des points chauds car l'ensemble de l'objet est plus chaud. Lorsqu'elle est basse, les points chauds peuvent passer en dessous d'un seuil de détection prédéterminé.



Cette image thermique est étrange pour qui ignore les circonstances de son enregistrement. Les câbles ne sont parcourus par aucun courant. Ils sont situés dans une pièce chauffée, et les surfaces métalliques non oxydées reflètent la température ambiante.

Il va sans dire que le rayonnement solaire direct peut avoir une forte influence. Mais la différence entre les zones ensoleillées et ombragées peut persister plusieurs heures après la disparition du soleil, et influencer le motif thermique observé. Les motifs thermiques dus au soleil ne doivent pas être confondus avec ceux indiquant un transfert de chaleur. Le vent est un autre facteur atmosphérique à prendre en compte. Le déplacement d'air refroidit le matériau en surface et atténue les différences entre les zones chaudes et froides.

De manière évidente, la pluie peut enlever toute efficacité à l'inspection thermique en refroidissant les surfaces. Même lorsque la pluie s'arrête, l'évaporation de l'eau refroidit encore les surfaces. Cela peut conduire à une mauvaise interprétation des motifs thermiques observés.

Système de chauffage et de ventilation

À l'intérieur des bâtiments, les températures de surface peuvent aussi subir des influences. De la part de la température ambiante, mais aussi du chauffage et de la climatisation. Les systèmes de chauffage créent des différences de température qui peuvent se traduire par des motifs trompeurs. Les courants d'air froids provenant des ventilateurs et des systèmes de conditionnement d'air peuvent avoir l'effet inverse : ils refroidissent les surfaces alors que les composants sont chauds, ce qui peut empêcher de détecter une éventuelle défaillance.

6

Trouver la meilleure solution

Six paramètres sont importants dans la recherche d'une caméra thermique, d'un logiciel et d'une formation appropriés :

1. Résolution de la caméra / qualité d'image
2. Sensibilité thermique
3. Exactitude
4. Fonctions de la caméra
5. Logiciels
6. Offres de formation

1. Résolution de la caméra

La qualité d'image ou la résolution de la caméra est un facteur important. Les modèles les plus économiques possèdent une résolution de 60 × 60 pixels, les plus perfectionnés de 640 × 480 pixels.

Les caméras thermiques de 320 × 240 ou 640 × 480 pixels produisent une image d'excellente qualité. Pour les inspections avancées des thermographes professionnels, la résolution de 640 × 480 pixels devient un standard. Une caméra de 640 × 480 pixels fournit 307.200 points de mesure par image, soit quatre fois plus qu'une caméra de 320 × 240 pixels (76.800 points de mesure). Non seulement la mesure est plus précise, mais cela fait une énorme différence sur la qualité d'image.

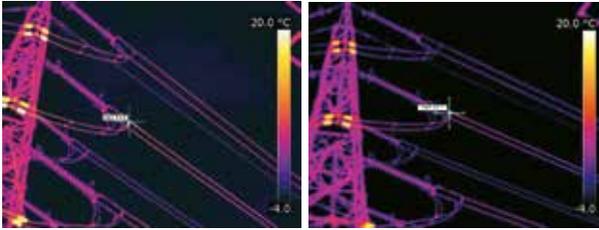
Une résolution élevée permet de voir, de mesurer et de comprendre plus précisément.



Image thermique : 640 × 480 pixels

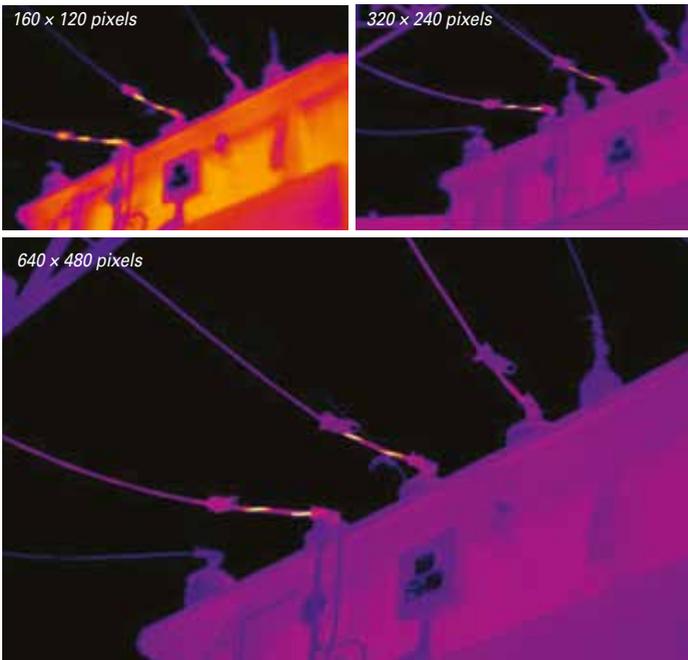


Image thermique : 320 × 240 pixels



Une meilleure résolution signifie aussi une plus grande exactitude de la mesure. L'image thermique de 640 × 480 pixels, à gauche, montre une température de 63,9 °C ; celle de 320 × 240 pixels, à droite, indique 42,7 °C.

Une caméra de haute résolution permet de couvrir un grand objet avec une seule image. Il faut combiner plusieurs images de faible résolution pour couvrir la même zone avec le même niveau de détail. Avec une caméra de 640 × 480 pixels dotée d'un objectif de 45°, une seule image suffit pour inspecter une zone de 4 m × 3 m à 5 mètres de distance. Pour le même résultat avec une caméra de 320 × 240 pixels dotée du même objectif de 45°, il faut se placer deux fois plus près et prendre quatre images. Une résolution élevée améliore l'efficacité sur le terrain, permet de prendre moins d'images et fait gagner du temps lors de la rédaction du rapport.



2. Sensibilité thermique

La sensibilité thermique est la plus petite différence de température détectée et visualisée par la caméra. Une meilleure sensibilité thermique est donc représentée par une valeur plus petite. Elle est habituellement exprimée en °C ou en mK. Les caméras thermiques pour les applications industrielles les plus perfectionnées présentent une sensibilité thermique de 0,03 °C (30 mK).



La capacité à détecter ces infimes différences de température est importante dans la plupart des applications d'imagerie thermique. Dans celles pour les applications industrielles, la sensibilité de la caméra est particulièrement importante lorsque les différences de température sont faibles. Les petites différences de température peuvent avoir une importance cruciale pour diagnostiquer le problème et pour planifier les actions à entreprendre.

3. Exactitude

Toutes les mesures comportent une incertitude, et les mesures de température par imagerie thermique ne font malheureusement pas exception. Mais l'exactitude est quantifiable.

Dans les fiches techniques, elle est exprimée à la fois en pourcentage et en degrés Celsius. C'est la marge d'erreur de la caméra. L'écart entre la mesure et la température réelle reste inférieur soit à ce pourcentage, soit à la valeur mentionnée.

Les valeurs ayant cours actuellement dans le secteur sont ± 2 % / ± 2 °C. Les caméras thermiques les plus perfectionnées de FLIR Systems font encore mieux, avec ± 1 % / ± 1 °C.

4. Fonctionnalités des caméras

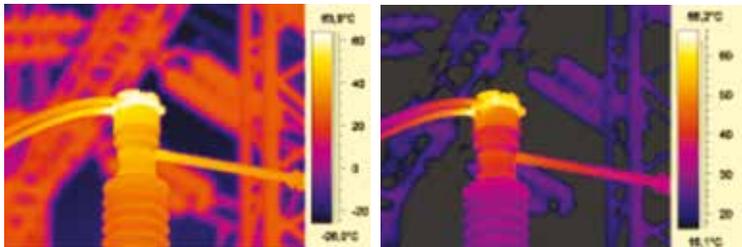
Émissivité et réflexion

Comme cela est expliqué dans le chapitre précédent, l'émissivité de l'objet est un paramètre très important qui doit être pris en compte. Toutes les caméras thermiques FLIR pour les applications industrielles permettent à l'opérateur de régler l'émissivité et la réflexion. Ce réglage fait une différence considérable. Lorsque vous achetez une caméra thermique, assurez-vous qu'elle possède cette fonction.

Correction manuelle de la plage et du niveau

La correction manuelle de la plage et du niveau des images thermiques est une autre fonction importante de la caméra. Sans elle, la caméra utilise une échelle de température allant du minimum au maximum détectés sur toute la scène observée. Or l'opérateur s'intéresse parfois uniquement à une petite partie de cette échelle de température. Considérons par exemple l'inspection de lignes électriques sur un pylône par un jour froid.

En mode automatique, la caméra affiche toutes les températures entre celle de l'air (mettons 8 °C) et le maximum observé sur la ligne électrique (mettons 51 °C). Le pylône apparaît donc comme une zone chaude d'une seule couleur. Mais si la température minimale est portée à 24 °C, toutes les différences de température entre les composants deviennent visibles sur l'image thermique, et l'opérateur voit mieux le connecteur surchauffé.



Deux versions de la même image : réglage automatique (à gauche) et manuel (à droite) de la plage. L'image de droite donne plus d'informations sur les températures du composant.

Appareil photo numérique

Il est parfois très difficile de reconnaître les composants sur l'image thermique, surtout dans les situations compliquées qui en font apparaître un grand nombre, ou dans les images en gros plan. Dans ce cas, il peut être très utile de prendre aussi une image "visible" de la cible, pour vous aider à identifier les composants dans l'image thermique. C'est pourquoi la plupart des caméras thermiques FLIR pour les applications industrielles comportent un appareil photo numérique. De nombreux professionnels de la maintenance préventive utilisant les caméras thermiques déclarent prendre aussi une image visible de la zone inspectée, pour pouvoir ensuite reconnaître les détails de l'image thermique.

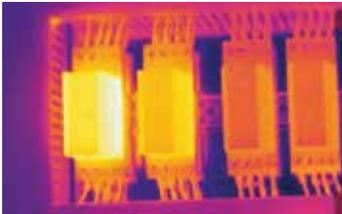


Image thermique



Image visible

Éclairage par LED

Bien qu'une caméra thermique ne nécessite aucune sorte de lumière pour produire de belles images thermiques, il est préférable de choisir un modèle doté d'un éclairage.

Cela permettra à l'appareil photo numérique intégré de prendre des images claires quel que soit l'éclairage ambiant. De plus, vous pourrez utiliser au mieux les fonctions Image dans l'image et Fusion.



Ces deux images ont été prises avec l'appareil photo numérique d'une caméra thermique FLIR. La photo de droite bénéficie de l'éclairage de la caméra.

Image dans l'image

Cette fonction combine les images de la caméra thermique et de l'appareil photo numérique. Une partie de l'image thermique est placée sur l'image visible, dans un cadre positionnable et redimensionnable. Cela aide à mieux localiser les problèmes.



La fonction Image dans l'image donne une vue d'ensemble claire de ces installations à haute tension.

Fonction Fusion

Elle combine les deux images en remplaçant l'image visible par l'image thermique uniquement dans les zones où la température est comprise entre deux valeurs paramétrées. Cela aide à isoler les problèmes, à mieux identifier et documenter les composants à remplacer ; les réparations gagnent en efficacité.



Image thermique



Image obtenue par la fonction Fusion



Image visible



Image thermique



Image obtenue par la fonction Fusion



Image visible

Pointeur laser

Certaines caméras thermiques comportent un pointeur laser. C'est un avantage important pour plusieurs raisons.

Le pointeur laser vous permet de voir précisément sur quel objet la caméra est dirigée. Par simple pression d'un bouton, le laser vous indique la cible avec exactitude : vous l'identifiez l'objet de la mesure sans devoir le deviner.

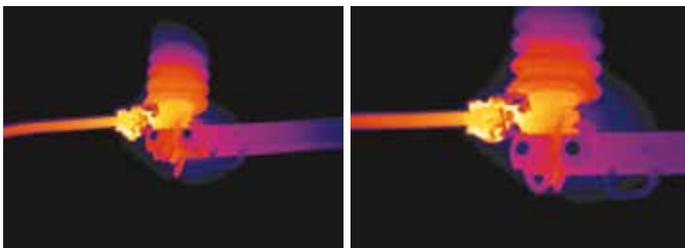
L'autre raison est la sécurité. Le pointeur laser neutralise la tendance à pointer les objets du doigt, ce qui peut être dangereux dans les environnements industriels.



Objectifs interchangeable

Une fois que vous aurez commencé à utiliser une caméra thermique et découvert tous ses avantages, il est possible que vos besoins évoluent. Des objectifs interchangeables permettent d'adapter votre caméra thermique à toutes les situations. L'objectif standard convient à la plupart des applications, mais vous pouvez avoir besoin d'un champ de vision différent.

Parfois, l'espace manque pour reculer d'un pas et pouvoir cadrer l'ensemble. Dans ce cas, un objectif grand angle peut être la solution appropriée. C'est l'idéal pour les cibles larges ou de grande hauteur, telles que les panneaux électriques ou les machines à papier. Lorsque la cible est à une certaine distance, un téléobjectif peut être utile. C'est l'idéal pour les cibles de petite taille ou distantes, telles que les lignes électriques aériennes.



Un téléobjectif produit une vue détaillée de l'objet et des mesures exactes.

Ergonomie et facilité d'emploi

Tous les outils d'usage fréquent doivent être légers, compacts et faciles d'emploi. Comme la plupart des opérateurs de maintenance préventive utilisent leur caméra thermique souvent et de manière prolongée, leur ergonomie est très importante. Pour une utilisation efficace, la structure des menus et les boutons doivent être très intuitifs et faciles d'utilisation.

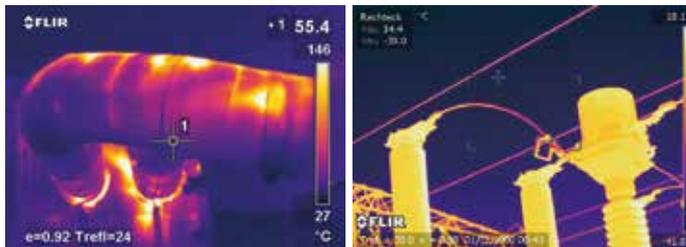
Pour chacune de ses caméras thermiques, FLIR Systems optimise le poids, les fonctionnalités et la facilité d'emploi. Cette politique a été récompensée par plusieurs prix du design.



Format des images

La vitesse de préparation du rapport dépend en partie du format des images enregistrées par la caméra thermique. Certaines caméras enregistrent les données dans un format propriétaire, ce qui vous oblige à utiliser un logiciel supplémentaire pour convertir les images au format JPG standard.

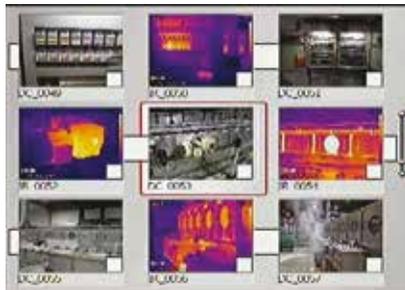
Une caméra FLIR produit des images JPG radiométriques. Cela signifie que toutes les données de température sont incluses dans l'image, et qu'il est facile d'intégrer les images dans un logiciel standard.



Toutes les caméras thermiques FLIR enregistrent les images au format JPEG.

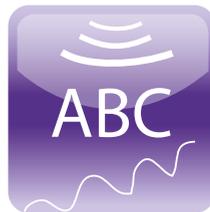
Galerie de vignettes

Lorsque vous enregistrez des images thermiques sur site, il peut être important de les comparer à des images déjà en mémoire. Toutes les caméras thermiques FLIR possèdent une galerie de vignettes facile d'accès, qui vous aide à revoir les images enregistrées et à retrouver celle que vous cherchez. C'est très pratique et cela fait gagner du temps !



Commentaires vocaux et textuels

Pour raccourcir encore la phase d'inspection et de documentation, certaines caméras thermiques permettent d'enregistrer des commentaires textuels à l'aide d'un clavier sur l'écran tactile. Cela facilite et accélère la rédaction du rapport. Certaines caméras thermiques permettent même d'enregistrer des commentaires vocaux pendant l'inspection, ce qui vous dispense totalement de prendre des notes à ce stade.



Localisation GPS

Vous est-il arrivé d'oublier où une image thermique a été prise ? Et les notes correspondantes, qui vous auraient aidé à vous en souvenir, étaient introuvables ? Les caméras les plus perfectionnées possèdent une fonction GPS pour géolocaliser les images thermiques. La technologie GPS vous aide à enregistrer les informations géographiques de chaque image thermique.



Compatibilité avec les capteurs externes

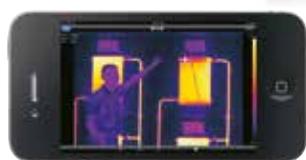
Parfois, la température n'est pas une information suffisante. Pour être entièrement renseignés sur le matériel inspecté, de nombreux spécialistes de maintenance préventive utilisent des capteurs externes, comme des pinces ampèremétriques. Ils notent les mesures de cet instrument pour ensuite les recopier dans leur rapport. Cette méthode est inefficace et sujette aux erreurs humaines.

Pour améliorer la fiabilité et l'efficacité des inspections, FLIR Systems propose des caméras thermiques capables d'enregistrer automatiquement dans l'image thermique les valeurs relevées par une pince ampèremétrique, via une connectivité Bluetooth nommée MeterLink. Il devient inutile de prendre des notes, puisque les mesures de la pince ampèremétrique sont transférées automatiquement, sans fil, à la caméra, et enregistrées dans l'image thermique correspondante.



Connectivité sans fil

La technologie WiFi permet de communiquer sans fil avec la caméra, par exemple pour l'envoi direct d'images de la caméra à un smartphone ou à une tablette électronique.



5. Logiciels

Après l'inspection, vous devez probablement présenter les résultats à votre hiérarchie ou à vos clients. L'analyse des images thermiques et la création d'un rapport d'inspection complet sont des tâches importantes. Vous devez vous assurer que votre caméra thermique est livrée avec un logiciel permettant de faire cela.



La plupart des caméras thermiques comportent un logiciel avec des fonctions de base d'analyse et de création de rapport. Elles possèdent des outils de mesure élémentaires comme la mesure en un point.

Si vous avez besoin d'un plus grand nombre d'outils d'analyse et de documentation, le fabricant doit vous proposer un package logiciel plus étendu. Par exemple, ce package doit :

- permettre une libre conception et présentation des rapports, pour une véritable personnalisation,
- comporter de puissantes fonctions d'analyse des températures : en plusieurs points, sur des zones, calcul de différences,
- posséder une fonction TripleFusion, Image dans l'image (positionnable, dimensionnable, zoomable),
- être capable de suivre les tendances,
- effectuer des calculs sur les mesures à l'aide de formules personnalisées,
- lire des séquences radiométriques dans le rapport,
- pouvoir trouver rapidement les images à placer dans le rapport,
- permettre de composer un panorama à partir de plusieurs images.

Armé de bons résultats d'analyse et d'un bon rapport d'inspection, vous pourrez montrer clairement à votre hiérarchie ou à votre client l'emplacement des problèmes potentiels, et les convaincre d'entreprendre des actions préventives.

6. Offres de formation

FLIR Systems coopère avec l'ITC (Infrared Training Center), un organisme de formation international et indépendant, certifié ISO. L'ITC propose toutes sortes de cours, de la brève introduction à la formation de certification. Pour plus d'informations, veuillez visiter www.infraredtraining.com



7

Comment effectuer des inspections thermiques

Votre caméra thermique a été livrée, et vous pouvez commencer les inspections. Par où commencer ? Ce chapitre du guide présente quelques méthodes d'imagerie thermique pour vous aider à démarrer.

1. Définir les tâches

Établissez une liste du matériel à inspecter. Dans de nombreuses sociétés, cette liste existe déjà. Il vous suffit d'éliminer les cibles qui ne conviennent pas à une inspection par imagerie thermique.

L'étape suivante est d'affecter des priorités sur cette liste. La plupart des sociétés tiennent un journal des opérations de maintenance et de production. Ce journal indique le matériel le plus exposé aux défaillances, et qui doit donc être examiné de plus près. Prenez aussi en considération les conséquences directes d'une défaillance. Le matériel crucial doit être inspecté plus souvent et plus précisément que celui dont une panne temporaire est tolérable car elle ne bloque pas l'ensemble du processus.

Sur la base de ces informations, vous pouvez établir un calendrier de vos inspections thermiques. Mais vous ne pouvez pas encore commencer. Il faut d'abord effectuer une autre étape importante.

2. Réaliser une inspection initiale

Avant de pouvoir diagnostiquer les problèmes de votre matériel, il vous faut des documents de référence. C'est pourquoi nous conseillons de prendre des images thermiques de tout le matériel à inspecter. Ce matériel doit fonctionner normalement pendant votre intervention. Sachez que dans certains cas, vous devrez prendre plusieurs images de la même cible, surtout si elle possède des composants ou des sous-systèmes cruciaux et sujets aux défaillances.



Ces images seront vos documents de référence. Il est donc très important de très bien documenter cette inspection initiale. Assurez-vous de prendre en compte tous les facteurs mentionnés au chapitre 3 de ce guide, pour obtenir des mesures exactes. Le rapport de votre inspection initiale doit comporter les méthodes utilisées, les valeurs d'émissivité et de réflexion utilisées pour chaque cible, mais aussi la description de l'emplacement exact de chaque image thermique.



Lorsque vous disposez d'une base de données d'images initiales, vous pouvez déterminer les températures acceptables pour chaque cible, et fixer un seuil d'alarme. Ainsi, votre caméra émettra une alarme si une partie de l'image devient trop chaude. Cela permet d'effectuer vos inspections plus rapidement. Enregistrez la valeur seuil de cette alarme.

Toutes ces informations vous aideront à déterminer si le matériel présente une anomalie lors de vos inspections ultérieures.

3. Débuter les inspections

Une fois que toutes les mesures initiales de température ont été effectuées et bien documentées, vous pouvez démarrer les inspections du matériel. Il convient de disposer d'une liste des cibles à examiner et d'un calendrier des inspections. Ce calendrier doit tenir compte, pour chaque cible, de la probabilité d'une défaillance et de ses conséquences sur l'ensemble du processus.

Face au matériel à inspecter, indiquez la valeur de température qui doit déclencher une alarme, puis démarrez l'inspection. Si l'alarme se déclenche, cela indique que la cible doit être examinée de plus près.

Toutefois, l'absence d'alarme ne vous dispense pas de bien examiner les images thermiques. L'opérateur de la caméra thermique doit bien connaître les notions de physique sous-jacentes à l'imagerie thermique, mais aussi le fonctionnement du matériel inspecté. Par exemple, regardez l'image thermique de fusibles à remplacer ou d'un système de refroidissement dont le débit est ralenti. Le problème se manifeste par un point froid, et non un point chaud. Il est donc conseillé de vous familiariser avec la signature thermique de tout le matériel pouvant présenter une défaillance.



4. Analyser les données et produire un rapport

Lorsque tout le matériel a été inspecté, il est temps de retourner au bureau pour analyser les images et documenter les résultats dans un rapport. Mais ce n'est pas tout. FLIR Reporter vous permet de suivre avec précision les données thermiques du matériel dans le temps, avec des graphiques faciles à comprendre. Ces informations vous aideront à mieux prédire le moment où une opération de maintenance devient nécessaire, et donc à planifier ces opérations.





FLIR i3 / i5 / i7



FLIR E-Series



FLIR T-Series



FLIR T640 / T620



FLIR P-Series



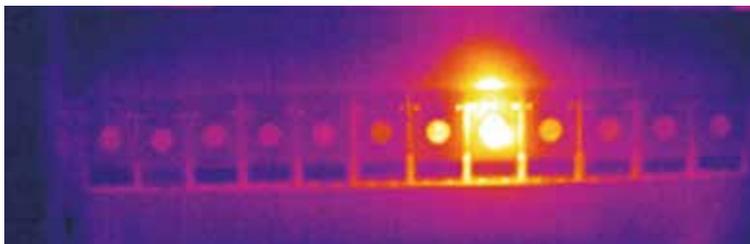
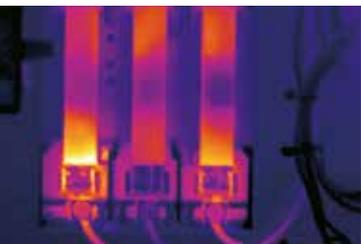
* Après enregistrement du produit sur notre site www.flir.com

NOTES

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

NOTES

A series of horizontal dotted lines for writing notes.



Voici les coordonnées de nos experts en caméras infrarouges :

FLIR Commercial Systems B.V.

Charles Petitweg 21
4847 NW Breda
The Netherlands
Tel. : +31 (0) 765 79 41 94
Fax : +31 (0) 765 79 41 99
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems AB

Rinkebyvägen 19
PO Box 3
SE-182 11 Danderyd
Sweden
Tel.: +46 (0)8 753 25 00
Fax: +46 (0)8 753 23 64
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems UK

2 Kings Hill Avenue - Kings Hill
West Malling
Kent
ME19 4AQ
United Kingdom
Tel.: +44 (0)1732 220 011
Fax: +44 (0)1732 843 707
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems GmbH

Berner Strasse 81
D-60437 Frankfurt am Main
Germany
Tel.: +49 (0)69 95 00 900
Fax: +49 (0)69 95 00 9040
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems France

19, bld Bidault
77183 Croissy-Beaubourg
France
Tel.: +33 (0)1 60 37 01 00
Fax: +33 (0)1 64 11 37 55
e-mail : flir@flir.com

FLIR Systems Italy

Via Luciano Manara, 2
I-20812 Limbiate (MB)
Italy
Tel.: +39 (0)2 99 45 01 01
Fax: +39 (0)2 99 69 24 08
e-mail: flir@flir.com

FLIR Commercial Systems

Avenida de Bruselas, 15- 3º
28108 Alcobendas (Madrid)
Spain
Tel. : +34 91 573 48 27
Fax.: +34 91 662 97 48
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems, Middle East FZE

Dubai Airport Free Zone
P.O. Box 54262
Office C-13, Street WB-21
Dubai - United Arab Emirates
Tel.: +971 4 299 6898
Fax: +971 4 299 6895
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Russia

6 bld.1, 1st Kozjevnichecky lane
115114 Moscow
Russia
Tel.: + 7 495 669 70 72
Fax: + 7 495 669 70 72
e-mail: flir@flir.com

www.flir.com