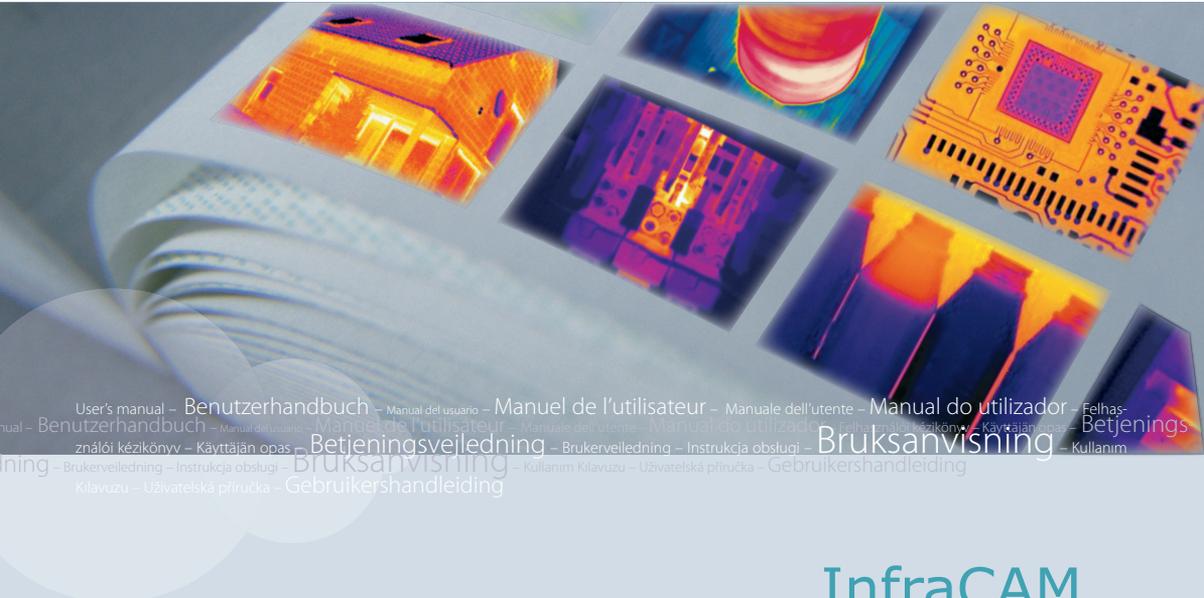


Manuel de l'utilisateur



User's manual – Benutzerhandbuch – Manual del usuario – Manuel de l'utilisateur – Manuale dell'utente – Manual do utilizador – Felhasználói kézikönyv – Käyttöäjan opas – Betjeningsvejledning – Brukerveiledning – Instrukcja obsługi – Bruksanvisning – Kullanim Kilavuzu – Užívateľská príručka – Gebruikershandleiding

InfraCAM InfraCAM SD

Publ. No.	1558307
Revision	a212
Language	French (FR)
Issue date	February 19, 2007

Avertissements et mises en garde	1
Remarques à l'attention des utilisateurs	2
Remarque importante concernant ce manuel	3
Contenu de la mallette de transport	4
Composants de la caméra	5
Éléments de l'écran	6
Branchements	7
Mise en marche de la caméra	8
Nettoyage de la caméra	9
Données techniques	10
Dessins dimensionnels	11
Introduction à la thermographie appliquée au bâtiment	12
Introduction à l'inspection thermographique des installations électriques	13
A propos de la sortie FLIR Systems	14
Historique de la technologie infrarouge	15

Manuel de l'utilisateur



Clause légale

Tous les produits fabriqués par FLIR Systems sont garantis contre les vices de matériaux et de fabrication pour une période d'un an à compter de la date de livraison du produit original, à condition que ces produits fassent l'objet d'une utilisation, d'une maintenance et d'un conditionnement normaux, en accord avec les instructions de FLIR Systems .

Tous les produits qui ne sont pas fabriqués par FLIR Systems, et qui sont inclus dans les systèmes fournis par FLIR Systems à l'acquéreur initial, sont soumis à la garantie du fournisseur de ces produits, le cas échéant. FLIR Systems décline toute responsabilité envers de tels produits.

La garantie ne s'applique qu'à l'acquéreur initial du produit et n'est pas transmissible. Elle ne s'applique pas aux produits ayant fait l'objet d'une utilisation incorrecte, de négligence, d'accident ou de conditions anormales d'exploitation. Les composants d'extension sont exclus de la garantie.

En cas de défaut d'un produit couvert par cette garantie, il convient d'interrompre son utilisation afin d'éviter tout dommage supplémentaire. L'acquéreur doit, dans les meilleurs délais, signaler à FLIR Systems tous les défauts, faute de quoi la présente garantie ne s'appliquera pas.

FLIR Systems s'engage à réparer ou à remplacer (selon son choix) le produit défectueux, sans frais supplémentaires, si lors de l'inspection il s'avère que le produit présente des vices de matériaux ou de fabrication et à condition qu'il soit retourné à FLIR Systems dans ladite période d'un an.

FLIR Systems refuse toute prise d'obligation ou de responsabilité pour les défauts autres que ceux indiqués ci-dessus.

Aucune autre garantie n'est exprimée ou implicite. FLIR Systems décline toute responsabilité quant aux garanties implicites de qualité marchande ou d'adéquation à un usage particulier.

FLIR Systems ne peut être tenu pour responsable des pertes ou dommages directs, indirects, spéciaux ou occasionnels, qu'ils soient basés sur un contrat, un délit civil ou toute autre théorie juridique.

Copyright

© FLIR Systems, 2007. Tous droits réservés dans le monde. Aucune partie du logiciel, notamment le code source, ne peut être reproduite, transmise, transcrite ou traduite dans aucune langue ou langage informatique sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique, magnétique, optique, manuel ou autre, sans la permission expresse et écrite de FLIR Systems.

Aucune partie de ce manuel ne peut être copiée, photocopiée, reproduite, traduite ou transmise vers aucun support électronique ni sous aucun format lisible par une machine sans le consentement écrit de FLIR Systems.

Les noms et les marques qui apparaissent sur les produits mentionnés dans ce document sont des marques déposées ou des marques de FLIR Systems et/ou de ses filiales. Les autres marques, noms commerciaux et noms de sociétés mentionnés dans ce document et appartenant à d'autres propriétaires, sont utilisés dans un but d'identification uniquement.

Assurance qualité

Le Système de gestion de la qualité utilisé lors du développement et de la fabrication de ces produits a été certifié ISO 9001.

FLIR Systems s'est engagé dans une politique de développement continu. Nous nous réservons par conséquent le droit de modifier et d'améliorer sans préavis les produits décrits dans ce manuel.

Brevets

Ce produit est protégé par des brevets, des brevets de conception, des brevets en instance ou des brevets de conception en instance.

Un ou plusieurs des brevets, brevets de conception, brevets en instance ou brevets de conception en instance suivants s'appliquent aux produits et/ou fonctions décrits dans le présent manuel :

Désignation	Statut	No. d'enreg
Allemagne	Brevet	60004227.8
Chine	Application	00809178.1
Chine	Application	01823221.3
Chine	Application	01823226.4
Chine	Brevet de conception	235308
Chine	Brevet de conception	ZL02331553.9
Chine	Brevet de conception	ZL02331554.7
Chine	En instance	200530018812.0
EPC	Brevet	1188086
EPO	Application	01930377.5
EPO	Application	01934715.2
EPO	Application	27282912

Désignation	Statut	No. d'enreg
Etats-Unis	Application	09/576266
Etats-Unis	Application	10/476,760
Etats-Unis	Brevet	5,386,117
Etats-Unis	Brevet	5,637,871
Etats-Unis	Brevet	5,756,999
Etats-Unis	Brevet	6,028,309
Etats-Unis	Brevet	6,707,044
Etats-Unis	Brevet	6,812,465
Etats-Unis	Brevet	7,034,300
Etats-Unis	Brevet de conception	466540
Etats-Unis	Brevet de conception	483782
Etats-Unis	Brevet de conception	484155
Etats-Unis	En instance	29/233,400
France	Brevet	1188086
International	Brevet de conception	DM/057692
International	Brevet de conception	DM/061609
Japon	Application	2000-620406
Japon	Application	2002-588123
Japon	Application	2002-588070
Japon	Brevet de conception	1144833
Japon	Brevet de conception	1182246
Japon	Brevet de conception	1182620
Japon	En instance	2005-020460
PCT	Application	PCT/SE01/00983
PCT	Application	PCT/SE01/00984
PCT	Application	PCT/SE02/00857
PCT	Application	PCT/SE03/00307
PCT	Application	PCT/SE/00/00739
Royaume-Uni	Brevet	1188086
Royaume-Uni	Brevet de conception	106017
Royaume-Uni	Brevet de conception	3006596
Royaume-Uni	Brevet de conception	3006597
Suède	Application	0302837-0
Suède	Brevet	518836
Suède	Brevet	522971
Suède	Brevet	524024
Suède	Brevet de conception	68657

Désignation	Statut	No. d'enreg
Suède	Brevet de conception	75530
UE	Brevet de conception	000279476-0001

EULA Terms

- You have acquired a device ("INFRARED CAMERA") that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates ("MS"). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and "online" or electronic documentation ("SOFTWARE") are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT ("EULA"), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. **ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).**
- **GRANT OF SOFTWARE LICENSE.** This EULA grants you the following license:
 - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
 - **NOT FAULT TOLERANT.** THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FLIR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND FLIR Systems AB HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
 - **NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE.** THE SOFTWARE is provided "AS IS" and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. **IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM, AND ARE NOT BINDING ON, FLIR Systems AB.**
 - No Liability for Certain Damages. **EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, FLIR Systems AB SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL FLIR Systems AB BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.\$250.00).**
 - **Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly.** You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
 - **SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS.** You may permanently transfer rights under this EULA only as part of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
 - **EXPORT RESTRICTIONS.** You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see <http://www.microsoft.com/exporting/>.

Tables des matières

1	Avertissements et mises en garde	1
2	Remarques à l'attention des utilisateurs	4
3	Remarque importante concernant ce manuel	7
4	Contenu de la mallette de transport	9
5	Composants de la caméra	11
5.1	Vue de face	11
5.2	Vue latérale	13
5.3	Clavier	14
5.4	Contrôles et fonctions	15
5.5	Indicateur d'alimentation	17
5.6	Indicateur de condition de la batterie	18
5.7	Pointeur laser	20
6	Éléments de l'écran	22
7	Branchements	25
7.1	Câble d'alimentation	25
7.2	Câble USB	26
8	Mise en marche de la caméra	27
8.1	Installation de la batterie	27
8.2	Retrait de la batterie	28
8.3	Chargement de la batterie	29
8.3.1	Charger la batterie à l'intérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur/batterie.	30
8.3.2	Recharger la batterie à l'extérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur/batterie.	31
8.3.3	Recharger la batterie avec le chargeur autonome	32
8.4	Démarrage de la caméra	33
8.5	Arrêt de la caméra	33
8.6	Réglage de la mise au point de la caméra	34
8.7	Actionnement du pointeur laser	35
8.8	Sauvegarde d'une image	36
8.9	Ajustement automatique de l'image.	38
8.10	Réglage manuel d'une image	39
8.10.1	Augmentation ou réduction du niveau de température maximum	40
8.10.2	Augmentation ou réduction du niveau de température minimum	41
8.10.3	Modification des niveaux de température maximum et minimum.	42
8.11	Mesure de la température à l'aide d'un repère	43
8.12	Mesure d'une température à l'aide d'une zone	44
8.13	Modification des couleurs	45
8.14	Modification de l'émissivité	46
8.15	Modification de la température apparente réfléchie	48
8.16	Ouverture d'une image	50
8.17	Suppression d'une image	51
8.18	Suppression de toutes les images	52
8.19	Modification de la configuration de la caméra	53

8.20	Transfert des images vers un ordinateur	54
8.21	Lecture de vidéos MPEG4 en direct à partir de la caméra	56
9	Nettoyage de la caméra	57
9.1	Boîtier de caméra, câbles et autres pièces	57
9.2	Objectif infrarouge	58
10	Données techniques	59
11	Dessins dimensionnels	65
11.1	Caméra	65
11.2	Batterie	69
11.3	Chargeur autonome	70
11.4	Chargeur autonome avec batterie	71
12	Introduction à la thermographie appliquée au bâtiment	73
12.1	Remarque importante	73
12.2	Analyses de terrain typiques	73
12.2.1	Recommandations	73
12.2.1.1	Directives générales	73
12.2.1.2	Directives relatives à la détection de l'humidité, des moisissures et des dommages causés par l'eau	74
12.2.1.3	Directives relatives à la détection d'infiltrations d'air et de défauts d'isolation	74
12.2.2	A propos de la détection d'humidité	75
12.2.3	Détection de l'humidité (1) : Toits à faible pente	76
12.2.3.1	Informations générales	76
12.2.3.2	Précautions de sécurité	77
12.2.3.3	Observation de structures de bâtiments	77
12.2.3.4	Observation d'images infrarouges	79
12.2.4	Détection de l'humidité (2) : Façades de bâtiments commerciaux et résidentiels	81
12.2.4.1	Informations générales	81
12.2.4.2	Observation de structures de bâtiments	81
12.2.4.3	Observation d'images infrarouges	83
12.2.5	Détection de l'humidité (3) : Terrasses et balcons	84
12.2.5.1	Informations générales	84
12.2.5.2	Observation de structures de bâtiments	85
12.2.5.3	Observation d'images infrarouges	87
12.2.6	Détection de l'humidité (4) : Dégâts et fuites du système de plomberie	87
12.2.6.1	Informations générales	87
12.2.6.2	Observation d'images infrarouges	88
12.2.7	Infiltration d'air	90
12.2.7.1	Informations générales	90
12.2.7.2	Observation de structures de bâtiments	90
12.2.7.3	Observation d'images infrarouges	92
12.2.8	Défauts d'isolation	93
12.2.8.1	Informations générales	93
12.2.8.2	Observation de structures de bâtiments	93
12.2.8.3	Observation d'images infrarouges	95
12.3	Théorie en science du bâtiment	97
12.3.1	Informations générales	97
12.3.2	Répercussions des tests et des contrôles	98
12.3.3	Sources de perturbations en thermographie	100

12.3.4	Température de surface et fuites d'air	101
12.3.4.1	Conditions de pression d'un bâtiment	101
12.3.5	Conditions des mesures et environnement atmosphérique	107
12.3.6	Interprétation des images infrarouges	107
12.3.7	Humidité et point de rosée	109
12.3.7.1	Humidité relative et absolue	109
12.3.7.2	Définition du point de rosée	110
12.3.8	Evaluation d'un pont thermique et de la continuité d'isolation	110
12.3.8.1	Auteurs	110
12.3.8.2	Introduction	111
12.3.8.3	Informations préalables	111
12.3.8.4	Jugement quantitatif des anomalies thermiques	112
12.3.8.5	Conditions et équipement	116
12.3.8.6	Analyse	117
12.3.8.7	Rapport	118
12.4	Clause légale	120
12.4.1	Copyright	120
12.4.2	Formation et certification	120
12.4.3	Code national ou régional du bâtiment	120
13	Introduction à l'inspection thermographique des installations électriques	121
13.1	Remarque importante	121
13.2	Informations générales	121
13.2.1	Introduction	121
13.2.2	Généralités sur l'équipement	122
13.2.3	Inspection	123
13.2.4	Classification et rapport	123
13.2.5	Priorité	124
13.2.6	Réparation	124
13.2.7	Contrôle	125
13.3	Technique de mesure pour l'inspection thermographique des installations électriques	127
13.3.1	Configurer correctement l'équipement	127
13.3.2	Mesure de la température	127
13.3.3	Mesure comparative	129
13.3.4	Température d'exploitation normale	130
13.3.5	Classification des défaillances	131
13.4	Rapport	133
13.5	Types de zones chaudes d'installations électriques	135
13.5.1	Réflexions	135
13.5.2	Chaleur solaire	135
13.5.3	Chaleur inductive	136
13.5.4	Variations de charge	136
13.5.5	Conditions variables de refroidissement	137
13.5.6	Variations de la résistance	138
13.5.7	Surchauffe d'une pièce résultant de la défaillance d'un autre composant	138
13.6	Facteurs parasites lors de l'inspection thermographique d'installations électriques	140
13.6.1	Vent	140
13.6.2	Pluie et neige	141
13.6.3	Distance de l'objet	141
13.6.4	Taille de l'objet	142
13.7	Conseils pratiques	144
13.7.1	Chaud et froid	144
13.7.2	Averses	144

13.7.3	Emissivité	144
13.7.4	Température apparente réfléchie	145
13.7.5	Objet trop éloigné	145
14	A propos de la sortie FLIR Systems	147
14.1	Bien plus qu'une simple caméra infrarouge	148
14.2	Communiquer notre savoir	148
14.3	L'assistance clientèle	149
14.4	Nos installations en image	149
15	Historique de la technologie infrarouge	151
	Index	157

AVERTISSEMENT

- Cet appareil génère, utilise et peut émettre des fréquences radio. S'il n'est pas installé et utilisé conformément aux instructions du manuel, il peut causer des interférences dans les communications radio. Cet équipement a été testé et déclaré conforme aux limites des appareils électriques de Classe A, décrites dans la sous-section J de la section 15 des règlements de la FCC, et qui ont été établies pour garantir une protection contre ce type d'interférence dans le cadre d'un fonctionnement dans un environnement commercial. L'utilisation de cet appareil dans une zone résidentielle est susceptible de causer des interférences. Le cas échéant, l'utilisateur devra prendre à sa propre charge les mesures nécessaires à la correction de ces interférences.
- (Concerne les caméras dotées d'un pointeur laser uniquement) Ne dirigez pas le faisceau laser vers les yeux. Il pourrait causer des irritations.
- Ne démontez pas la batterie et n'effectuez aucune modification. Elle est munie de dispositifs de sécurité et de protection qui, s'ils sont endommagés, peuvent provoquer une surchauffe, l'explosion ou l'inflammation de la batterie.
- En cas de fuite provenant de la batterie, si le liquide entre en contact avec vos yeux, ne les frottez surtout pas. Rincez abondamment à l'eau claire et consultez votre médecin. Le liquide de la batterie peut provoquer des lésions.
- Arrêtez la recharge de la batterie si le temps de chargement spécifié ne lui suffit pas pour se recharger. Si vous n'interrompez pas le processus, la batterie peut surchauffer et exploser ou prendre feu.
- Utilisez l'équipement adéquat pour décharger la batterie. Sans quoi vous risquez d'en réduire les performances ou la durée de vie. Ne pas utiliser l'équipement approprié peut également générer une mauvaise circulation du courant dans la batterie. Elle est alors susceptible de surchauffer, d'exploser ou de blesser quelqu'un.
- Lisez toutes les FDS (Fiches de données de sécurité) et les mises en garde présentes sur les récipients avant d'utiliser un liquide. Ces liquides peuvent être dangereux.

ATTENTION

- N'orientez pas la caméra infrarouge (avec ou sans cache objectif) vers des sources d'énergie intenses, telles que des appareils émettant un rayonnement laser ou des rayons solaires pendant une longue période. Cela peut affecter la précision de la caméra. Le détecteur de la caméra pourrait également être endommagé.
- N'utilisez pas la caméra à une température dépassant +50 °C, sauf indications contraires figurant dans la section Données techniques. Les températures élevées peuvent endommager la caméra.
- (Concerne les caméras dotées d'un pointeur laser uniquement) Protégez le pointeur laser avec le cache protecteur si vous ne l'utilisez pas.
- Ne branchez pas la batterie directement à la prise de l'allume-cigare d'une voiture.
- Évitez tout contact entre la borne positive et la borne négative de la batterie, en veillant à ne pas placer d'objet métallique entre elles (par exemple, un fil).
- Évitez tout contact de la batterie avec de l'eau douce ou salée.

- Ne percez pas la batterie. Ne frappez pas la batterie avec un marteau. Ne marchez pas sur la batterie et évitez tout impact ou choc violent.
 - Ne placez pas la batterie à proximité du feu ou au soleil. Lorsque la batterie chauffe, le dispositif de sécurité est activé et interrompt le processus de chargement. Lorsque la batterie chauffe, le dispositif de sécurité peut subir des dommages susceptibles de causer une surchauffe encore plus importante, des dommages ou l'inflammation de la batterie.
 - N'exposez pas la batterie à une flamme ou à une source de chaleur.
 - Ne placez pas la batterie en contact ou à proximité de flammes, d'une étuve ou de tout autre environnement à température élevée.
 - N'effectuez aucune soudure directement sur la batterie.
 - N'utilisez pas la batterie si elle dégage une odeur inhabituelle, si elle est chaude, si elle change de couleur ou de forme ou présente une anomalie alors que vous l'utilisez, la chargez ou la stockez. Si vous rencontrez l'un de ces problèmes, veuillez contacter votre fournisseur.
 - Lorsque vous rechargez la batterie, utilisez exclusivement le chargeur prévu à cet effet.
 - La batterie peut être chargée à une température comprise entre 0 et +45 °C. Si vous chargez la batterie à une température inférieure ou supérieure à cet intervalle, la batterie peut chauffer ou se rompre. Les performances ou la durée de vie de la batterie peuvent également s'en trouver réduites.
 - La batterie peut être déchargée à une température comprise entre –15 et +50 °C. L'utilisation de la batterie à des températures se situant en dehors de cet intervalle peut réduire les performances ou la durée de vie de la batterie.
 - Lorsque la batterie est usée, isolez les bornes à l'aide de ruban adhésif ou d'un matériau similaire avant de la jeter.
 - N'appliquez pas de diluant ni tout autre liquide sur la caméra, les câbles et autres éléments. Cela peut provoquer des dommages.
 - Nettoyez l'objectif infrarouge avec précaution. L'objectif est doté d'un revêtement anti-reflet.
 - Ne nettoyez pas l'objectif infrarouge trop souvent. Cela peut endommager son revêtement anti-reflet.
-

LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

Remarques à l'attention des utilisateurs

Conventions typographiques

Le présent manuel utilise les conventions typographiques suivantes :

- Le noms des menus, des commandes, des désignations et des boutons des boîtes de dialogue sont indiqués en **demi-gras**.
- Les informations importantes sont indiquées en *italique*.
- Les exemples de codes sont indiqués par une police **Monospace**.
- Les LETTRES MAJUSCULES sont utilisées pour les noms et les boutons.

Commentaires et questions

Etablissez un rapport des erreurs que vous avez relevées ainsi que vos suggestions pour les futures révisions. Envoyez un courrier électronique à :

documentation@flir.se

Assistance technique

Pour obtenir une assistance technique, rendez-vous sur le site :

<http://flir.custhelp.com>

Pour pouvoir envoyer une question à l'assistance technique, vous devez être inscrit. L'inscription en ligne ne prend que quelques minutes. Si vous souhaitez simplement effectuer une recherche dans la base de connaissances, votre inscription n'est pas obligatoire.

Si vous souhaitez envoyer une question, veuillez fournir les informations suivantes :

- Modèle de caméra
- Numéro de série de la caméra
- Protocole ou méthode de communication entre la caméra et l'ordinateur (par exemple Ethernet, USB ou FireWire)
- Système d'exploitation installé sur votre ordinateur
- Version de Microsoft® Office
- Nom complet, numéro de publication et numéro de révision du manuel

Forums utilisateur à utilisateur

Partagez vos idées, problèmes et solutions infrarouges avec les thermographistes du monde entier via nos forums d'utilisateur à utilisateur. Pour accéder aux forums, rendez-vous sur ce site :

<http://www.infraredtraining.com/community/boards/>

Mises à jour de logiciels

FLIR Systems diffuse régulièrement des mises à niveau et des correctifs sur les pages d'assistance du site Web de la société :

<http://www.flirthermography.com>

Pour les dernières mises à niveau et versions logicielles, assurez-vous de sélectionner **USA** dans la zone **Select country**, située dans le coin supérieur droit de la page.

Étalonnage

(Cette remarque ne concerne que les caméras dotées de fonctions de mesure)

Nous vous recommandons de retourner vos caméras pour un étalonnage une fois par an. Contactez votre revendeur le plus proche pour connaître les modalités d'envoi.

Précision

(Cette remarque ne concerne que les caméras dotées de fonctions de mesure)

Pour des résultats les plus précis possibles, nous vous recommandons d'attendre 5 minutes après le démarrage de la caméra avant de mesurer la température.

Mise au rebut des déchets électroniques



Comme pour la plupart des appareils électroniques, cet équipement doit être mis au rebut de manière à préserver l'environnement et conformément aux réglementations existantes en matière de déchets électroniques.

Pour plus de détails, contactez votre représentant FLIR Systems.

Formation

Pour en savoir plus sur nos formations à la technologie infrarouge, rendez-vous sur le site :

<http://www.infraredtraining.com>

LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

3 Remarque importante concernant ce manuel

Généralités

FLIR Systems publie des manuels génériques adaptés pour plusieurs caméras d'une même gamme de modèles.

Cela signifie que ce manuel contient des descriptions et des explications susceptibles de ne pas concerner votre modèle de caméra.

REMARQUE

FLIR Systems se réserve le droit d'interrompre la fabrication de certains modèles de produits, de pièces, d'accessoires, ou de tout autre composant, ou d'en modifier les spécifications à tout moment et sans préavis.

3

LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

4 Contenu de la mallette de transport

Contenu

Pièce	Référence
Batterie	1196398
Câble d'alimentation	Selon la configuration
Câble USB	1910423
caméra infrarouge InfraCAM/InfraCAM SD	Selon la configuration
Carte SD	1910472
CD-ROM ThermaCAM™ QuickReport	1196541
Chargeur autonome (option supplémentaire)	1196474
Chargeur combiné alimentation secteur/batterie	1910399
Manuel d'utilisation InfraCAM/InfraCAM SD	1558307
Manuel d'utilisation ThermaCAM™ QuickReport	
Références	1558367

REMARQUE

- Si l'une des pièces est absente ou endommagée, veuillez contacter votre revendeur local. Vous trouverez les adresses et numéros de téléphone des distributeurs au dos de la couverture du présent manuel.
- Le contenu de la mallette de transport dépend de la configuration choisie par le client.
- FLIR Systems se réserve le droit d'interrompre la fabrication de certains modèles de produits, de pièces, d'accessoires, ou de tout autre composant, ou d'en modifier les spécifications à tout moment et sans préavis.
- Le chargeur autonome ne fait pas partie des accessoires fournis avec la caméra.

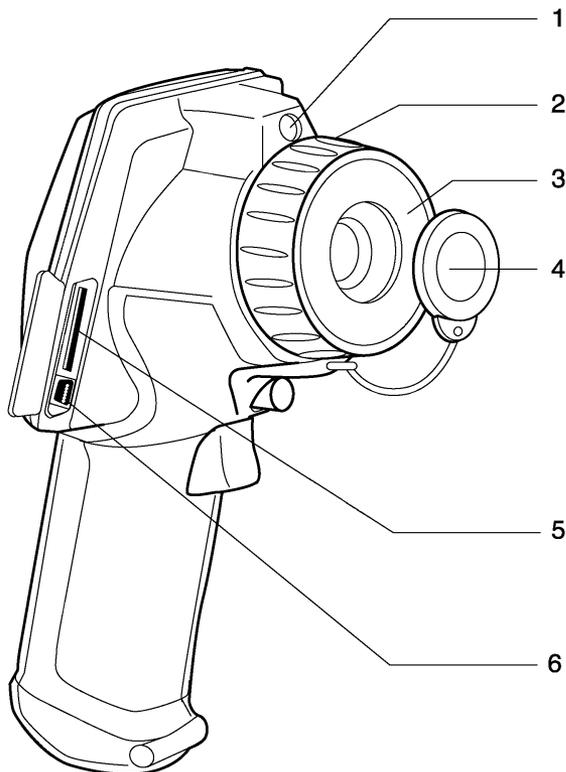
LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

5 Composants de la caméra

5.1 Vue de face

Figure

10601703.a2



5

Explication

Ce tableau décrit la figure ci-dessus :

1	Pointeur laser avec cache
2	Bague de mise au point
3	Objectif infrarouge
4	Cache de l'objectif infrarouge. Pour éviter de perdre le cache, vous pouvez le fixer au dispositif de montage du trépied.

5	(Pour les modèles équipés d'une carte mémoire SD uniquement) Logement pour carte mémoire SD
6	connecteur USB mini-B

REMARQUE

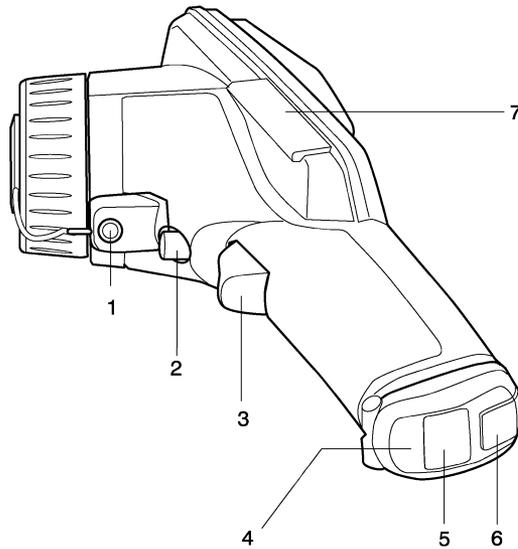
Le pointeur laser n'est peut-être pas adapté pour tous les marchés.

5.2

Vue latérale

Figure

10601803.a2



5

Explication

Ce tableau décrit la figure ci-dessus :

1	Dispositif de montage du trépied 1/4-20
2	Déclencheur du pointeur laser
3	Déclencheur de sauvegarde d'image
4	Couvercle du compartiment de la batterie
5	Couvercle en caoutchouc de la prise d'alimentation
6	Verrouillage du couvercle du compartiment de la batterie
7	Numéro de série de la caméra derrière le couvercle en caoutchouc

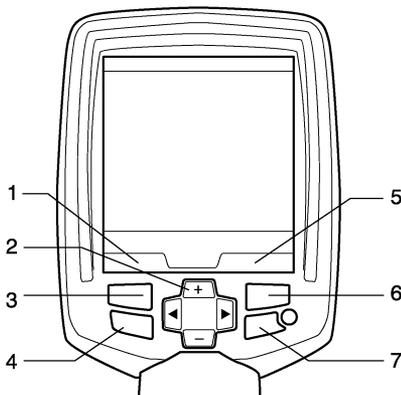
REMARQUE

- Le pointeur laser n'est peut-être pas adapté pour tous les marchés.
- Lorsque vous fixez la caméra à un trépied, utilisez une tête de trépied ronde dont la partie supérieure ne gêne pas l'utilisation du déclencheur du laser.

5.3 Clavier

Figure

10602903.a2



5

Explication

Ce tableau décrit la figure ci-dessus :

1	Texte indiquant la fonction actuelle du bouton de sélection gauche.
2	Pavé de navigation
3	Bouton de sélection gauche. Il s'agit d'un bouton contextuel.
4	Bouton caméra/archive. Ce bouton vous permet de passer du mode caméra au mode archive.
5	Texte indiquant la fonction actuelle du bouton de sélection droit.
6	Bouton de sélection droit. Il s'agit d'un bouton contextuel.
7	Bouton d'alimentation

5.4 Contrôles et fonctions

Généralités

La caméra est équipée des contrôles suivants :

- Quatre boutons-poussoirs
- Un pavé de navigation
- Deux déclencheurs

Explication

Ce tableau décrit les figures des pages 13 et 14 :

Bouton ou déclencheur	Fonctions
Bouton de sélection gauche	Le bouton de sélection gauche comprend les fonctions contextuelles suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Menu ■ Sélectionner ■ Options ■ Annuler ■ Supprimer
Bouton caméra/archive	Appuyez pour passer du mode caméra au mode archive.
Bouton de sélection droit	Le bouton de sélection droit comprend les fonctions contextuelles suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Manu/Auto ■ Fermer ■ Ouvrir ■ Présentation ■ OK ■ Supprimer ■ Restaurer
Bouton d'alimentation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Appuyez sur le bouton d'alimentation pour démarrer la caméra. ■ Maintenez enfoncé le bouton d'alimentation pendant plus de 0,5 seconde pour arrêter la caméra.
Pavé de navigation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pour naviguer dans les menus et les boîtes de dialogue, utilisez les flèches haut/bas et droite/gauche. ■ Pour modifier une valeur, utilisez les touches haut et bas. ■ Pour sélectionner une commande dans un menu, utilisez les touches droite et gauche.
Déclencheur supérieur	<ul style="list-style-type: none"> ■ Actionnez le déclencheur supérieur pour démarrer le pointeur laser. ■ Relâchez-le pour arrêter le pointeur laser.

Bouton ou déclencheur	Fonctions
Déclencheur inférieur	Actionnez et relâchez le déclencheur inférieur pour enregistrer une image dans la mémoire de la caméra ou sur la carte mémoire SD (selon le modèle de la caméra).

REMARQUE

Le pointeur laser n'est peut-être pas adapté pour tous les marchés.

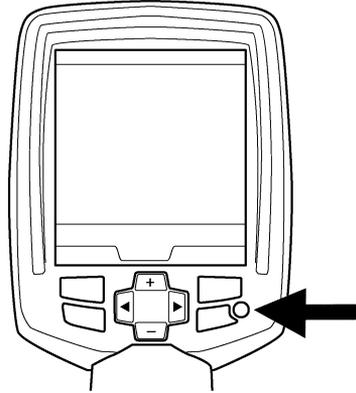
5.5 Indicateur d'alimentation

Généralités

La caméra comporte deux modes d'alimentation. Un témoin lumineux indique le mode actuel de la caméra.

Figure

10715803.a3



5

Explication

Ce tableau explique le fonctionnement de l'indicateur :

Type de signal	Signification
Signal lumineux vert continu.	La caméra est allumée.
Indicateur éteint.	La caméra est éteinte.

REMARQUE

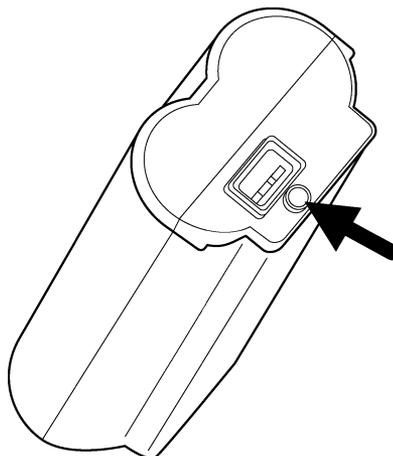
Si le signal lumineux vert clignote 10 fois par seconde, la caméra a un problème matériel. Pour savoir où faire réparer votre caméra, veuillez contacter votre revendeur local.

5.6 Indicateur de condition de la batterie

Généralités La caméra est équipée d'un indicateur de condition de la batterie.

Figure

10715703.a3



5

Explication Ce tableau décrit le fonctionnement de l'indicateur de condition de la batterie :

Type de signal	Signification
Clignotement du signal lumineux 2 fois par seconde.	L'alimentation ou le chargeur autonome rechargent actuellement la batterie.
Signal lumineux vert continu.	La batterie est chargée.
Indicateur éteint.	La caméra fonctionne sur la batterie (au lieu de l'alimentation).

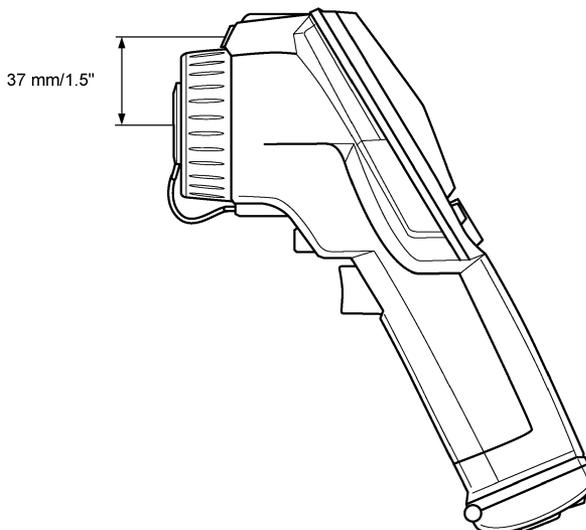
LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

5.7 *Pointeur laser*

Généralités La caméra est dotée d'un pointeur laser. Lorsque le pointeur laser est activé, un point laser est visible environ 37 mm au-dessus de la cible.

Figure Cette figure indique la différence de position du pointeur laser et du centre optique de l'objectif infrarouge :

10602503.a2



5

AVERTISSEMENT Ne dirigez pas le faisceau laser vers les yeux. Il pourrait causer des irritations.

ATTENTION Protégez le pointeur laser avec le cache protecteur si vous ne l'utilisez pas.

REMARQUE

- Le pointeur laser n'est peut-être pas adapté pour tous les marchés.
- Le symbole  s'affiche à l'écran lorsque le pointeur laser est activé.
- La distance de la cible modifie la distance entre le rayon laser et le centre de l'image. Regardez l'écran pour vous assurer qu'il affiche la cible désirée.

Vignette de mise en garde (laser)

Cette vignette est présente sur la caméra :



Réglementations laser

Longueur d'onde : 635 nm. Puissance de sortie max. : 1 mW.

Ce produit est conforme aux normes 21 CFR 1040.10 et 1040.11 à l'exception des écarts décrits dans Laser Notice N°50, du 26 juillet 2001.

6 Éléments de l'écran

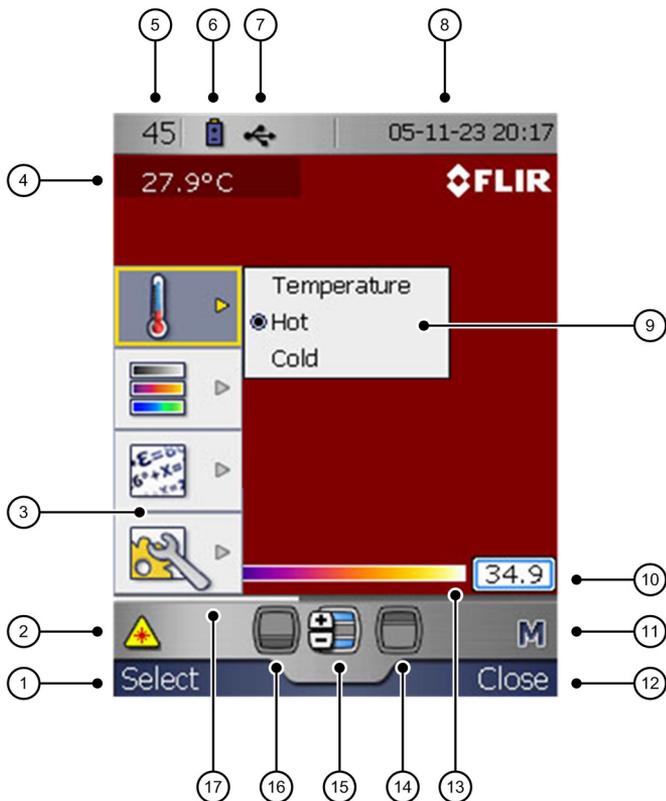
Généralités

Les outils, les menus et les boîtes de dialogues de l'écran vous permettent de contrôler le programme de la caméra. Cette section décrit les objets les plus courants de l'écran.

Figure

10715503.a5

6



Explication

Ce tableau décrit la figure ci-dessus :

1	Fonction actuelle du bouton de sélection gauche du clavier.
2	Symbole laser
3	Menu principal

4	Température mesurée Le symbole > ou < précédant cette valeur indique que la température est en dehors de la plage de la caméra.
5	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nombre d'images que vous pouvez encore enregistrer dans la mémoire de la caméra (pour les modèles non équipés de carte mémoire SD uniquement). ■ Capacité restante de la carte mémoire SD, exprimée en pour cent (pour les modèles équipés de carte mémoire SD uniquement).
6	Indicateur donnant le type d'alimentation utilisé et l'état de la batterie (le cas échéant). Si la caméra utilise l'alimentation secteur, un autre indicateur s'affiche.
7	Indicateur montrant qu'un câble USB est connecté entre la caméra et l'ordinateur
8	Date et heure
9	Sous-menu
10	Température maximum de la plage de températures. Sur cette figure, la température minimum est cachée par le menu principal.
11	Indicateur précisant si la caméra est en mode réglage automatique (A) ou manuel (M)
12	Fonction actuelle du bouton de sélection droit du clavier
13	Echelle de température
14	Outil permettant de modifier la température maximum de l'échelle
15	Outil permettant de modifier à la fois les niveaux de température maximum et minimum de l'échelle.
16	Outil permettant de modifier la température minimum de l'échelle
17	Indicateur montrant l'importance de l'intervalle des températures mesurées par rapport aux valeurs de l'échelle de températures

LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

7 Branchements

7.1 *Câble d'alimentation*

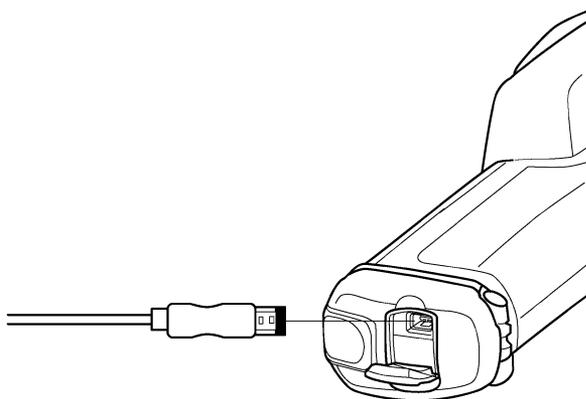
Généralités

On connecte un câble d'alimentation à la caméra

- pour charger la batterie ;
 - pour faire fonctionner la caméra sur l'alimentation secteur.
-

Figure

10601403.a2



7

VOIR AUSSI

Pour des informations sur la configuration des broches, reportez-vous à la section 10 – Alimentation à la page 62.

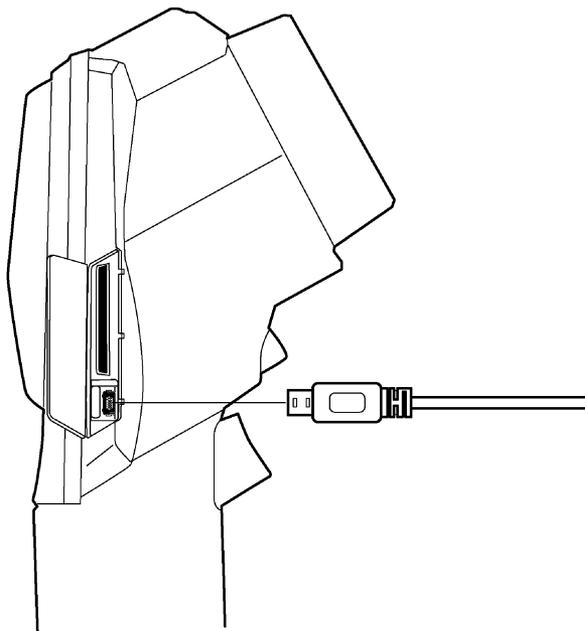
7.2 Câble USB

Généralités

On connecte un câble USB à la caméra pour déplacer des images de la caméra à un ordinateur.

Figure

10601303.a3



7

VOIR AUSSI

La caméra peut diffuser des vidéos MPEG4 en direct via le câble USB. Pour plus d'informations, reportez-vous à la section 8.21 – Lecture de vidéos MPEG4 en direct à partir de la caméra à la page 56.

8 Mise en marche de la caméra

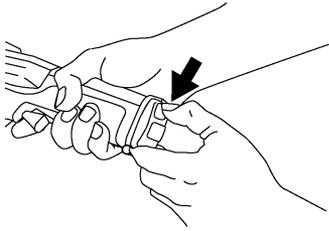
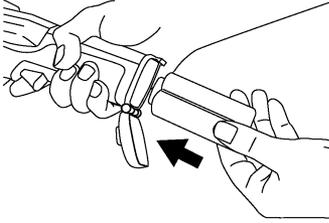
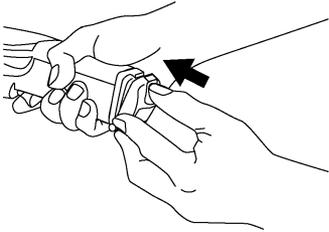
8.1 Installation de la batterie

REMARQUE

Utilisez un tissu propre et sec pour essuyer l'eau ou les traces d'humidité sur la batterie avant de l'installer.

Procédure

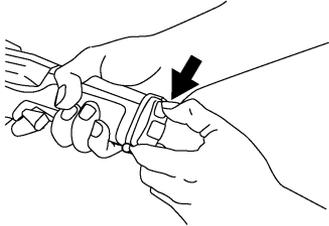
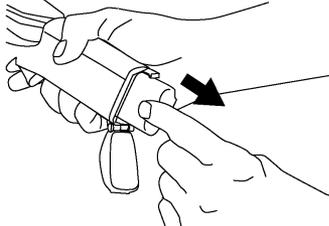
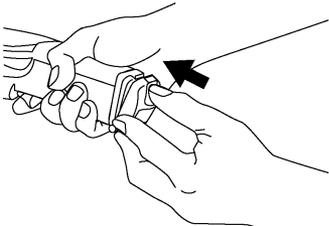
Suivez cette procédure pour installer la batterie :

<p>1</p>	<p>Pour ouvrir le couvercle du compartiment réservé à la batterie, poussez vers le bas le dispositif de verrouillage.</p> <p>10600803.a1</p> 
<p>2</p>	<p>Introduisez la batterie dans le compartiment.</p> <p>10601603.a1</p> 
<p>3</p>	<p>Remplacez le couvercle du compartiment.</p> <p>10601103.a1</p> 

8.2 Retrait de la batterie

Procédure

Suivez cette procédure pour retirer la batterie :

<p>1</p>	<p>Pour ouvrir le couvercle du compartiment réservé à la batterie, poussez vers le bas le dispositif de verrouillage.</p> <p>10600803.a1</p> 
<p>2</p>	<p>Retirez la batterie de son compartiment.</p> <p>10601003.a1</p> 
<p>3</p>	<p>Remplacez le couvercle du compartiment.</p> <p>10601103.a1</p> 

8.3 *Chargement de la batterie*

REMARQUE La batterie doit être mise en charge pendant quatre heures avant que vous ne démarriez la caméra pour la première fois.

Généralités Lorsque le message **Batterie faible !** s'affiche à l'écran, vous devez recharger la batterie.

Suivez l'une des procédures suivantes pour recharger la batterie :

- Rechargez la batterie à l'intérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur et batterie.
 - Rechargez la batterie à l'extérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur et batterie.
 - Rechargez la batterie à l'aide du chargeur autonome (cette pièce ne fait pas partie des accessoires fournis avec la caméra).
-

VOIR AUSSI Pour plus d'informations sur le rechargement de la batterie, reportez-vous aux sections suivantes :

- Section 8.3.1 – Charger la batterie à l'intérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur/batterie. à la page 30
 - Section 8.3.2 – Recharger la batterie à l'extérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur/batterie. à la page 31
 - Section 8.3.3 – Recharger la batterie avec le chargeur autonome à la page 32
-

8.3.1 Charger la batterie à l'intérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur/batterie.

REMARQUE Pour plus de clarté, le 'chargeur combiné alimentation secteur/batterie' sera simplement appelé 'alimentation secteur' ci-dessous.

Procédure Suivez cette procédure pour recharger la batterie à l'intérieur de la caméra à l'aide de l'alimentation secteur.

1	Pour ouvrir le couvercle du compartiment réservé à la batterie, poussez vers le bas le dispositif de verrouillage.
2	Introduisez la batterie dans le compartiment.
3	Remplacez le couvercle du compartiment.
4	Sur le couvercle du compartiment de la batterie, soulevez le couvercle en caoutchouc pour accéder au connecteur de la batterie.
5	Branchez le câble d'alimentation à la prise de la batterie.
6	Branchez le câble d'alimentation sur une prise murale.
7	Quand le signal lumineux vert de l'indicateur de condition de la batterie est continu, débranchez le câble de l'alimentation secteur.

8 REMARQUE La caméra est équipée d'un indicateur de condition de la batterie. Le signal lumineux vert continu indique que la batterie est chargée.

VOIR AUSSI

- Pour obtenir des informations sur l'indicateur de condition de la batterie, reportez-vous à la section 5.6 – Indicateur de condition de la batterie à la page 18.
- Pour des informations sur l'installation et le retrait de la batterie, reportez-vous à la section 8.1 – Installation de la batterie à la page 27 et à la section 8.2 – Retrait de la batterie à la page 28.

8.3.2 Recharger la batterie à l'extérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur/batterie.

REMARQUE Pour plus de clarté, le 'chargeur combiné alimentation secteur/batterie' sera simplement appelé 'alimentation secteur' ci-dessous.

Procédure Suivez cette procédure pour recharger la batterie à l'extérieur de la caméra à l'aide de l'alimentation secteur :

1	Posez la batterie sur une surface plane.
2	Branchez le câble d'alimentation à la prise de la batterie.
3	Branchez le câble d'alimentation sur une prise murale.
4	Quand le signal lumineux vert de l'indicateur de condition de la batterie est continu, débranchez le câble de l'alimentation secteur.

REMARQUE La caméra est équipée d'un indicateur de condition de la batterie. Le signal lumineux vert continu indique que la batterie est chargée.

VOIR AUSSI Pour obtenir des informations sur l'indicateur de condition de la batterie, reportez-vous à la section 5.6 – Indicateur de condition de la batterie à la page 18.

8.3.3 Recharger la batterie avec le chargeur autonome

Procédure

Suivez cette procédure pour recharger la batterie avec le chargeur autonome :

1	Placez la batterie dans le chargeur autonome.
2	Branchez le câble d'alimentation à la fiche du chargeur autonome.
3	Branchez le câble d'alimentation sur une prise murale.
4	Quand le signal lumineux vert de l'indicateur de condition de la batterie est continu, débranchez le câble de l'alimentation secteur.

REMARQUE

- Le chargeur autonome ne fait pas partie des accessoires fournis avec la caméra.
 - La caméra est équipée d'un indicateur de condition de la batterie. Le signal lumineux vert continu indique que la batterie est chargée.
-

VOIR AUSSI

Pour obtenir des informations sur l'indicateur de condition de la batterie, reportez-vous à la section 5.6 – Indicateur de condition de la batterie à la page 18.

8.4 Démarrage de la caméra

Procédure Appuyez sur le bouton d'alimentation pour démarrer la caméra.

8.5 Arrêt de la caméra

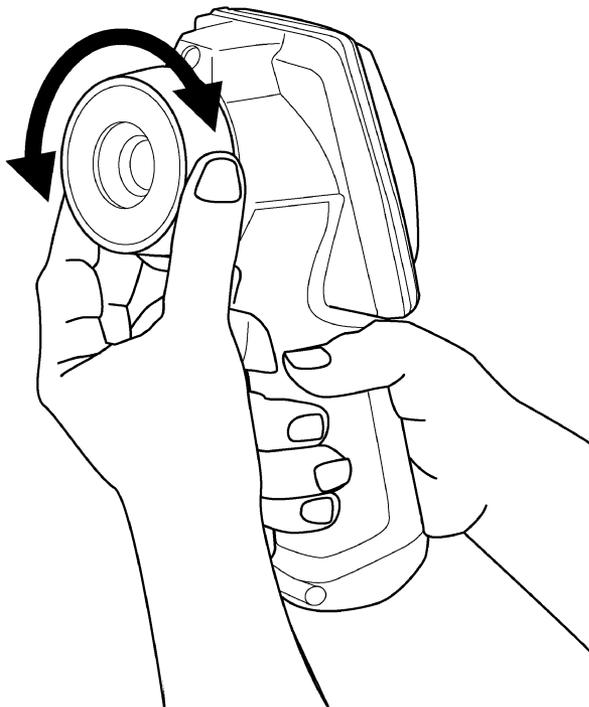
Procédure Maintenez enfoncé le bouton d'alimentation pendant plus de 0,5 seconde pour arrêter la caméra.

REMARQUE lorsque vous n'utilisez pas la caméra, elle s'arrête automatiquement au bout de la période définie dans le menu (cf. section 8.19 – Modification de la configuration de la caméra à la page 53.).

8.6 Réglage de la mise au point de la caméra

Figure

10602803.a1



8

Procédure

Suivez cette procédure pour régler la mise au point de la caméra :

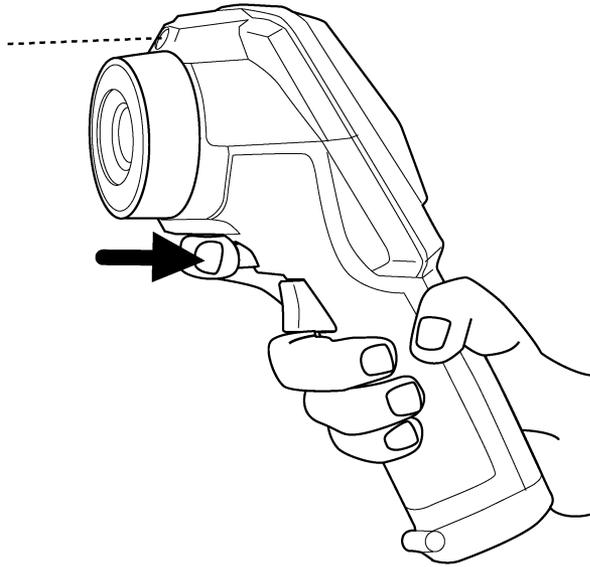
1	Tenez fermement la caméra.
2	Manipulez la bague de mise au point de votre main libre.
3	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none">▪ Tourner la bague de mise au point dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour une cible éloignée.▪ Tourner la bague de mise au point dans le sens des aiguilles d'une montre pour une cible proche.

8.7

Actionnement du pointeur laser

Figure

10601203.a3



8

Procédure

Suivez cette procédure pour utiliser le pointeur laser :

- | | |
|---|---|
| 1 | Actionnez le déclencheur supérieur pour démarrer le pointeur laser. |
| 2 | Relâchez-le pour arrêter le pointeur laser. |

REMARQUE

Le pointeur laser n'est peut-être pas adapté pour tous les marchés.

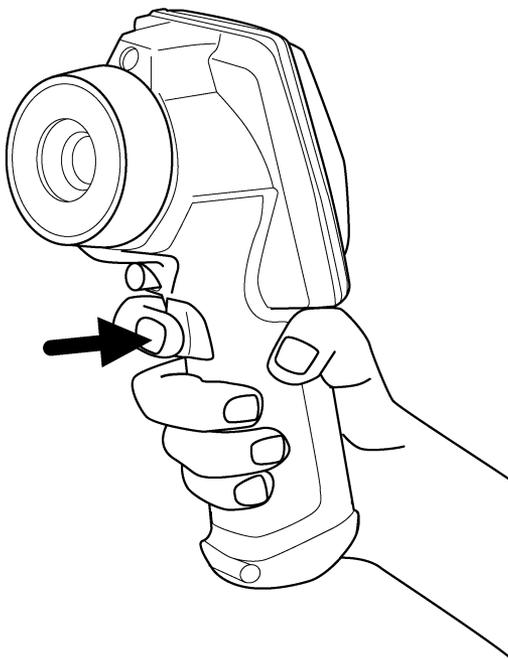
8.8 Sauvegarde d'une image

Généralités Selon le modèle de votre caméra, une seule ou plusieurs images peuvent être enregistrées dans la mémoire de la caméra ou sur la carte mémoire SD.

Conventions de nom Les images sont nommées selon les conventions suivantes : IR_xxxx.jpg, xxxx étant un compteur unique. Lorsque vous sélectionnez **Restaurer valeurs par défaut** la caméra réinitialise le compteur et attribue au nouveau fichier le premier nom de fichier disponible.

Figure

10601503.a.1



8

Procédure Actionnez et relâchez le déclencheur inférieur pour enregistrer une image dans la mémoire de la caméra ou sur la carte mémoire SD (selon le modèle de la caméra).

REMARQUE

- En sauvegardant une image dans la mémoire de la caméra, vous sauvegardez également la valeur mesurée.
- Vous pouvez enregistrer 50 images dans la mémoire de la caméra (pour les modèles non équipés de carte mémoire SD uniquement).
- Vous pouvez enregistrer 1,000 images sur la carte mémoire SD (pour les modèles équipés d'une carte mémoire SD uniquement). Vous pouvez enregistrer plus de 1,000 images sur des cartes mémoire SD plus volumineuses. Toutefois, la performance de la caméra en sera affectée.
- Le format du fichier de l'image est compatible avec ThermaCAM™ Reporter 8.0 et supérieure (pour les modèles équipés d'une carte mémoire SD uniquement).

8.9 *Ajustement automatique de l'image.*

Généralités En vue d'améliorer la luminosité et le contraste des images, procédez au réglage automatique de la caméra avant de mesurer une température et de sauvegarder une image.

Procédure Si la lettre **M** s'affiche dans le coin inférieur droit de l'écran, appuyez une fois sur **Manu/Auto** pour régler automatiquement l'image.

REMARQUE Si la lettre **A** s'affiche dans le coin inférieur droit de l'écran, la caméra est déjà en mode réglage automatique, pour une luminosité et un contraste optimum.

8.10 Réglage manuel d'une image

Généralités

Pour analyser un objet comportant plusieurs températures différentes, vous pouvez utiliser les couleurs de l'échelle sur différentes parties de l'objet.

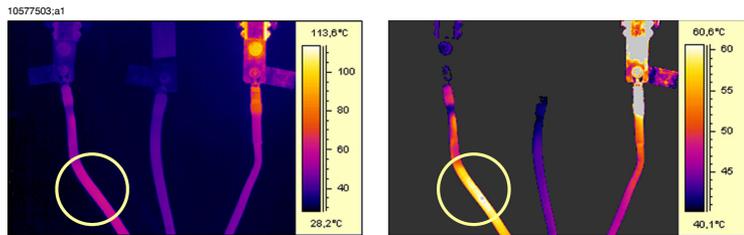
Sur l'image de gauche ci-dessous, le câble de gauche est difficile à analyser correctement en réglage automatique. En revanche, l'analyse sera plus facile et plus fine en augmentant ou en diminuant

- le niveau de température **maximum** ;
- le niveau de température **minimum** ;
- les niveaux de température **maximum et minimum**.

Figure

Cette figure comprends deux images infrarouges des points de branchement de câbles.

L'image de gauche a été réglée automatiquement. Les niveaux de température minimum et maximum de l'image de droite ont été modifiés pour des niveaux proches des températures de l'objet. Vous pouvez constater les modifications des niveaux de température en observant l'échelle de température située à droite de chaque image.



VOIR AUSSI

Pour les procédures de réglage manuel des images, reportez-vous aux sections suivantes :

- Section 8.10.1 – Augmentation ou réduction du niveau de température maximum à la page 40
- Section 8.10.2 – Augmentation ou réduction du niveau de température minimum à la page 41
- Section 8.10.3 – Modification des niveaux de température maximum et minimum. à la page 42

8.10.1 Augmentation ou réduction du niveau de température maximum

Procédure Suivez la procédure suivante pour augmenter ou diminuer le niveau de température maximum :

1	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none">■ Si la lettre A s'affiche dans le coin inférieur droit de l'écran, appuyer une fois sur Manu/Auto.■ Si la lettre M s'affiche dans le coin inférieur droit de l'écran, passer à l'étape suivante.
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons droite/gauche du pavé de navigation.
3	Pour modifier la valeur, utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.

8.10.2 Augmentation ou réduction du niveau de température minimum

Procédure

Suivez la procédure suivante pour augmenter ou diminuer le niveau de température **minimum** :

1	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none">■ Si la lettre A s'affiche dans le coin inférieur droit de l'écran, appuyer une fois sur Manu/Auto.■ Si la lettre M s'affiche dans le coin inférieur droit de l'écran, passer à l'étape suivante.
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons droite/gauche du pavé de navigation.
3	Pour modifier la valeur, utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.

8.10.3 Modification des niveaux de température maximum et minimum.

Procédure

Suivez cette procédure pour modifier simultanément les températures minimum et maximum :

1	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none">■ Si la lettre A s'affiche dans le coin inférieur droit de l'écran, appuyer une fois sur Manu/Auto.■ Si la lettre M s'affiche dans le coin inférieur droit de l'écran, passer à l'étape suivante.
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons droite/gauche du pavé de navigation.
3	Pour modifier la valeur, utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.

8.11 Mesure de la température à l'aide d'un repère

Généralités Vous pouvez mesurer la température à l'aide d'un repère situé au centre de l'écran.

Procédure Pour mesurer la température à l'aide d'un repère, procédez comme suit :

1	Pour afficher le menu, appuyez sur Menu .
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
3	Pour activer le menu, appuyez sur Sélectionner .
4	Pour sélectionner Lämpötila , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
5	Pour enregistrer les modifications et fermer le menu, appuyez sur Fermer .
6	Orientez la caméra en direction de l'objet que vous souhaitez analyser. La température s'affiche dans le coin supérieur gauche de l'écran.

REMARQUE Pour que la température s'affiche correctement, l'objet doit complètement remplir le cercle situé au milieu du repère.

8.12 *Mesure d'une température à l'aide d'une zone*

REMARQUE Cette fonctionnalité n'est pas accessible sur tous les modèles de caméra.

Généralités Vous pouvez mesurer la température minimale ou maximale à l'aide d'une zone fixe située au centre de l'écran.

Procédure Pour mesurer la température minimale et maximale à l'aide d'une zone fixe, procédez comme suit :

1	Pour afficher le menu, appuyez sur Menu .
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
3	Pour activer le menu, appuyez sur Sélectionner .
4	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Pour créer une zone dont la température minimale est indiquée dans le coin supérieur gauche de l'écran, utilisez les boutons haut et bas du pavé de navigation pour sélectionner Min., puis appuyez sur Sélectionner. ■ Pour créer une zone dont la température maximale est indiquée dans le coin supérieur gauche de l'écran, utilisez les boutons haut et bas du pavé de navigation pour sélectionner Max., puis appuyez sur Sélectionner.
5	Pointez la caméra sur l'objet que vous souhaitez mesurer.

8.13 Modification des couleurs

Généralités

Vous pouvez modifier les couleurs que la caméra utilise pour indiquer les différentes températures. D'autres couleurs peuvent rendre l'analyse de l'image plus facile.

Procédure

Suivez cette procédure pour modifier la couleur :

1	Pour afficher le menu, appuyez sur Menu .
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
3	Pour activer le menu, appuyez sur Sélectionner .
4	Pour sélectionner une autre couleur, utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
5	Pour fermer le menu, appuyez sur Sélectionner .

8.14 Modification de l'émissivité

Généralités

L'émissivité correspond à une valeur spécifiant la quantité de rayonnement qu'émet un objet, par rapport au rayonnement d'un objet de référence théorique ayant la même température (un 'corps noir').

Pour la plupart des applications, une valeur de 0,96 est acceptable (sauf pour les métaux brillants).

Valeurs exemple

Asphalte routier	0,97
Bois	0,85
Brique, matériaux de maçonnerie, peinture, plastique	0,93
Caoutchouc, béton	0,95
Cuivre, très oxydé	0,78
Ruban, isolant noir	0,96
Stuc	0,91

Procédure

Suivez cette procédure pour modifier l'émissivité :

1	Pour afficher le menu, appuyez sur Menu .
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
3	Pour activer le menu, appuyez sur Sélectionner .
4	Pour sélectionner Emissivité , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
5	Pour activer le menu Emissivité , appuyez sur Sélectionner .
6	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Sélectionner une valeur d'émissivité dans le menu. ■ Sélectionner Définir valeur pour définir une valeur d'émissivité arbitraire.
7	Pour fermer le menu, appuyez sur Sélectionner .

REMARQUE

Si vous définissez l'émissivité sur une valeur inférieure à 0,5, un avertissement s'affiche à l'écran. Il vous rappelle que la valeur est inhabituellement basse.

LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

8

8.15 Modification de la température apparente réfléchie

Généralités Pour les mesures très précises, vous devez définir la température apparente réfléchie. *La température apparente réfléchie permet de compenser le rayonnement de l'environnement, réfléchi par l'objet vers la caméra.*

Quand l'émissivité est faible et que la différence entre la température de l'objet et la température apparente réfléchie est importante, cette dernière doit impérativement être configurée correctement.

Exemples types Il est, par exemple, essentiel de définir la température apparente réfléchie dans les cas suivants :

- Lorsque vous utilisez la caméra pour analyser un élément chaud en extérieur et en plein hiver.
- Lorsque vous utilisez la caméra pour analyser un élément se trouvant dans la même pièce que des fours chauds ou des armoires électriques.

Procédure Suivez cette procédure pour modifier la température apparente réfléchie :

1	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Si vous connaissez déjà la valeur de la température apparente réfléchie, reportez-vous à l'étape 7. ■ Si vous ne connaissez pas la valeur de la température apparente réfléchie, reportez-vous à l'étape 2.
2	Froissez un grand morceau de papier aluminium.
3	Défroissez-le et fixez-le à un morceau de carton de même taille.
4	Placez ce morceau de carton en face de l'objet dont vous souhaitez mesurer la température. Assurez-vous que le côté couvert d'aluminium est bien orienté vers la caméra.
5	Définissez l'émissivité à 1,0 (reportez-vous à la section 8.14 – Modification de l'émissivité à la page 46).
6	Prenez la mesure de la température apparente de la feuille d'aluminium et inscrivez-la. Cette valeur vous sera utile lors de la définition de Temp. réfléchie au cours de l'étape 12.
7	Pour afficher le menu, appuyez sur Menu .
8	Pour sélectionner  , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
9	Pour activer le menu, appuyez sur Sélectionner .
10	Pour sélectionner Temp. réfléchie , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
11	Pour activer la boîte de dialogue Temp. réfléchie , appuyez sur Sélectionner .

12	Pour sélectionner une autre valeur, utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
13	Pour fermer le menu, appuyez sur OK.

REMARQUE

N'orientez pas la caméra infrarouge (avec ou sans cache objectif) vers des sources d'énergie intenses, telles que des appareils émettant un rayonnement laser ou des rayons solaires pendant une longue période. Cela peut affecter la précision de la caméra. Le détecteur de la caméra pourrait également être endommagé.

VOIR AUSSI

Pour plus d'informations sur la méthode de mesure de la température apparente réfléchie, reportez-vous à la norme ISO DIS 18434-1 et à la norme ASTM ASTM E1862-97.

8.16 Ouverture d'une image

Généralités

Selon le modèle de votre caméra, votre image sera enregistrée dans la mémoire de la caméra ou dans la carte mémoire SD.

Pour afficher à nouveau l'image, ouvrez l'image à partir de la caméra ou de la carte mémoire SD.

Procédure

Pour ouvrir une image, procédez comme suit :

1	Pour ouvrir l'image archivée, poussez vers le bas le bouton caméra/archive.
2	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none">■ Utilisez les boutons droite/gauche du pavé de navigation pour retrouver l'image que vous souhaitez ouvrir.■ Pour afficher des miniatures de toutes les images, appuyez sur Présentation et suivez cette procédure :<ol style="list-style-type: none">1 Utilisez les boutons droite/gauche ou haut/bas du pavé de navigation pour sélectionner l'image que vous souhaitez ouvrir.2 Pour ouvrir l'image, appuyez sur Ouvrir.
3	Pour revenir à l'image infrarouge en mode direct, poussez vers le bas le bouton caméra/archive.

8.17 *Suppression d'une image*

Généralités

Vous pouvez supprimer des images de la mémoire de la caméra.

Procédure

Pour supprimer une image, procédez comme suit :

1	Pour ouvrir l'image archivée, poussez vers le bas le bouton caméra/archive.
2	Effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Pour supprimer cette image, appuyez sur Supprimer. ■ Pour supprimer une autre image, reportez-vous à l'étape 3.
3	Pour afficher des miniatures des images, appuyez sur Présentation .
4	Pour sélectionner l'image que vous souhaitez supprimer, utilisez les boutons droite/gauche ou haut/bas du pavé de navigation.
5	Appuyez sur Options .
6	Appuyez sur Supprimer .
7	Confirmez en appuyant sur Supprimer .

8.18 *Suppression de toutes les images*

Généralités Vous pouvez supprimer toutes les images de la mémoire de la caméra.

Procédure Pour supprimer toutes les images, procédez comme suit :

1	Pour ouvrir l'image archivée, poussez vers le bas le bouton caméra/archive.
2	Pour afficher des miniatures des images, appuyez sur Présentation .
3	Appuyez sur Options .
4	Appuyez sur Supprimer toutes les images .
5	Confirmez en appuyant sur Supprimer toutes les images .

8.19 Modification de la configuration de la caméra

Généralités La configuration de la caméra influe sur les images et le fonctionnement de la caméra.

Champ d'application La procédure qui suit est applicable aux paramètres ci-dessous :

- **Auto. désactivé** (définit la période d'inactivité après laquelle la caméra s'éteint)
- **Intensité LCD** (définit l'intensité de l'affichage)
- **Langue** (permet de modifier la langue)
- **Unité** (permet de modifier les unités)
- **Format heure** (permet de modifier le format d'heure)
- **Définir heure** (définit l'heure)
- **Horodatage** (définit l'horodatage des images)
- **Restaurer valeurs par défaut** (restaure les valeurs par défaut)
- **câble USB** (définit le mode USB)

Procédure Suivez cette procédure pour modifier la configuration de la caméra ci-dessus :

1	Pour afficher le menu, appuyez sur Menu .
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
3	Pour activer le menu Configuration , appuyez sur Sélectionner .
4	Pour sélectionner le paramètre que vous souhaitez modifier, utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
5	Pour modifier le paramètre, utilisez le pavé de navigation et les boutons suivants : <ul style="list-style-type: none"> ■ Sélectionner ■ Fermer ■ OK ■ Annuler

8.20 Transfert des images vers un ordinateur

Généralités Une seule ou plusieurs images peuvent être transférées de la caméra vers un ordinateur.

Présentation des méthodes Deux méthodes différentes permettent de transférer des images de la caméra vers un ordinateur :

- **Méthode 1** : Déplacer les images lorsque la caméra fait office de disque USB. Avec cette méthode, vous n'êtes pas obligé d'installer ThermaCAM™ QuickReport sur votre ordinateur.
- **Méthode 2** : Déplacer les images lorsque la caméra est connectée à un ordinateur équipé de ThermaCAM™ QuickReport. ThermaCAM™ QuickReport comprend des fonctionnalités de traitement de l'image et de création de rapports PDF.
- **Méthode 3** : la carte mémoire SD peut vous permettre de déplacer des images (pour les modèles équipés de carte mémoire SD uniquement).

Équipement Vous avez besoin de l'équipement suivant pour déplacer les images de la caméra :

- Un ordinateur équipé d'un système d'exploitation Windows, Linux ou Mac OS X
- Le programme ThermaCAM™ QuickReport (**Méthode 2** uniquement).
- Un câble USB

Méthode 1 Suivez cette procédure pour déplacer des images lorsque la caméra fait office de disque USB.

8

1	Pour afficher le menu, appuyez sur Menu .
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
3	Pour activer le menu Configuration , appuyez sur Sélectionner .
4	Pour sélectionner câble USB , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
5	Pour sélectionner Standard , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
6	Cliquez sur OK .
7	Connectez la caméra et glissez-déplacez des images de la caméra vers l'ordinateur avec l'explorateur Windows®.

REMARQUE Lorsque vous sélectionnez **Standard**, un message d'aide s'affiche sur l'écran de la caméra. Lisez-le avec attention.

Méthode 2

Suivez cette procédure pour déplacer vos images vers un ordinateur équipé de ThermaCAM™ QuickReport :

1	Pour afficher le menu, appuyez sur Menu .
2	Pour sélectionner  , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
3	Pour activer le menu Configuration , appuyez sur Sélectionner .
4	Pour sélectionner câble USB , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
5	Pour sélectionner , utilisez les boutons haut/bas du pavé de navigation.
6	Cliquez sur OK .
7	Connectez la caméra à l'ordinateur selon le manuel d'utilisation ThermaCAM™ QuickReport, publication n° .
8	Reportez-vous au manuel d'utilisation ThermaCAM™ QuickReport, publication n° pour des instructions plus détaillées.

REMARQUE

Lorsque vous sélectionnez , un message d'aide s'affiche sur l'écran de la caméra. Lisez-le avec attention.

VOIR AUSSI

Pour obtenir des informations sur l'installation et l'utilisation de ThermaCAM™ QuickReport, reportez-vous au manuel d'utilisation ThermaCAM™ QuickReport, publication n° . FLIR Systems livre votre caméra avec ce manuel.

8.21 *Lecture de vidéos MPEG4 en direct à partir de la caméra*

Généralités

La caméra peut diffuser des vidéos MPEG4 en direct via le câble USB.

Procédure

Pour lire des vidéos MPEG4 en direct à partir de la caméra, suivez cette procédure :

1	Rendez-vous sur http://www.apple.com/quicktime/download/win.html et téléchargez la dernière version de Apple® QuickTime.
2	Installez le programme en suivant les instructions.
3	Sur la caméra, sélectionnez (câble USB →).
4	Connectez votre caméra à votre ordinateur.
5	Démarrez Apple® QuickTime Player.
6	Dans le menu File, cliquez sur Open URL.
7	Dans la boîte de dialogue, saisissez <code>rtsp://192.168.0.2</code> .
8	Cliquez sur OK.

REMARQUE

Si `rtsp://192.168.0.2` ne fonctionne pas dans l'étape 7, essayez avec `rtsp://192.168.1.2`.

9 Nettoyage de la caméra

9.1 *Boîtier de caméra, câbles et autres pièces*

Liquides Utilisez un de ces liquides :

- Eau chaude
- Détergent doux

Equipement Tissu doux

Procédure Suivez cette procédure pour nettoyer le boîtier de la caméra, les câbles et les autres pièces :

1	Trempez le tissu dans le liquide.
2	Essorez-le pour en éliminer l'excédent de liquide.
3	Nettoyez la pièce à l'aide du tissu.

ATTENTION N'appliquez pas de diluant ni tout autre liquide sur la caméra, les câbles et autres éléments. Cela peut provoquer des dommages.

9.2 Objectif infrarouge

Liquides

Utilisez un de ces liquides :

- Ethanol 96 % (C₂H₅OH)
 - Liquide de nettoyage d'objectifs vendu dans le commerce et contenant plus de 30 % d'éthanol
-

Equipement

Ouate

Procédure

Pour nettoyer l'objectif infrarouge avec une solution liquide, procédez comme suit :

1	Imbibez le coton de liquide.
2	Essorez-le pour en éliminer l'excédent de liquide.
3	Nettoyez l'objectif une seule fois et jetez le coton.

AVERTISSEMENT

Lisez toutes les FDS (Fiches de données de sécurité) et les mises en garde présentes sur les récipients avant d'utiliser un liquide. Ces liquides peuvent être dangereux.

ATTENTION

- Nettoyez l'objectif infrarouge avec précaution. L'objectif est doté d'un revêtement anti-reflet.
 - Ne nettoyez pas l'objectif infrarouge trop souvent. Cela peut endommager son revêtement anti-reflet.
-

10

Données techniques

Mention légale

FLIR Systems se réserve le droit d'interrompre la fabrication de certains modèles de produits, de pièces, d'accessoires, ou de tout autre composant, ou d'en modifier les spécifications à tout moment et sans préavis.

Performance du traitement de l'image

Domaine spectral	7.5–13 μm
Type de détecteur	Matrice à plan focal (FPA), microbolomètre non refroidi 120 \times 120 pixels
Fréquence des images	9 Hz
Exactitude	$\pm 2,0$ °C ou ± 2 % du relevé
Sensibilité thermique	<ul style="list-style-type: none">■ InfraCAM : 0,20°C (0,36°F)■ InfraCAM SD : 0,12°C (0,22°F)

Présentation des images

Ecran	89 mm couleur LCD, couleurs 18 bits
Interpolation	L'image du détecteur subit une interpolation de 240 \times 240 pixels

Plages de température de l'objet

Plages de température de l'objet	-10–+350°C
----------------------------------	------------

Pointeur laser

Classification	Classe 2
Type	Laser à diode AlGaInP à semi-conducteur, 1 mW, 635 nm (rouge)

Système
d'alimentation

Type de batterie	Batterie Li/Ion rechargeable
Capacité de la batterie	2200 mAh, à +20 °C jusqu'à +25 °C
Autonomie de la batterie	Environ 7 heures avec une température ambiante de + 25 °C et une utilisation normale
Chargement de la batterie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Rechargez la batterie à l'intérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur et batterie. ■ Rechargez la batterie à l'extérieur de la caméra à l'aide du chargeur combiné alimentation secteur et batterie. ■ Recharger la batterie à l'aide du chargeur autonome (cette pièce ne fait pas partie des accessoires fournis avec la caméra).
Fonctionnement sur courant alternatif	Adaptateur CA, 90–260 VAC, 50/60 Hz, 12 VCC en sortie
Tension	11–16 VCC
Arrêt automatique	La caméra s'éteint après le laps de temps défini par l'utilisateur.

Données environnementales

Plages de température d'exploitation	-15 à +50 °C
Plages de température de stockage	-40 à +70°C
Humidité (utilisation et stockage)	IEC 68-2-30/24 h 95 % d'humidité relative +25/+40 °C
EMC	EN 61000-6-2:2001 (Immunité) EN 61000-6-3:2001 (Emission) FCC 47 CFR partie 15 (Emission)
Boîtier	IP 54 (IEC 60529)
Secousse	25 g (IEC 60068-2-29)
Vibration	2 g (IEC 60068-2-6)

Données physiques

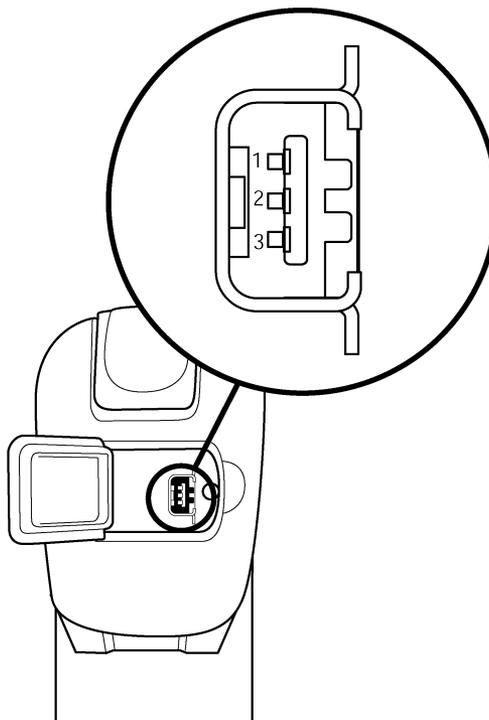
Poids total	0,55 kg, batterie comprise
Poids de la batterie	0,12 kg
Dimensions (L × l × h)	103,0 × 81,2 × 243,0 mm
Dispositif de montage du trépied	Standard, 1/4-20
Matériau du boîtier	Polycarbonate + Acrylonitrile butadiène styrène (PC-ABS)
Matériau de la poignée	TPE Thermoplastic Elastomer Plastics

Communication

USB	Transfert d'images vers un ordinateur USB 1.1 vitesse max. (12 Mo/s)
-----	---

Alimentation

10601903.a1



10

Broche	Nom du signal
1	+12 V
2	GND
3	GND

Champ de vision et distance

10602703.a2

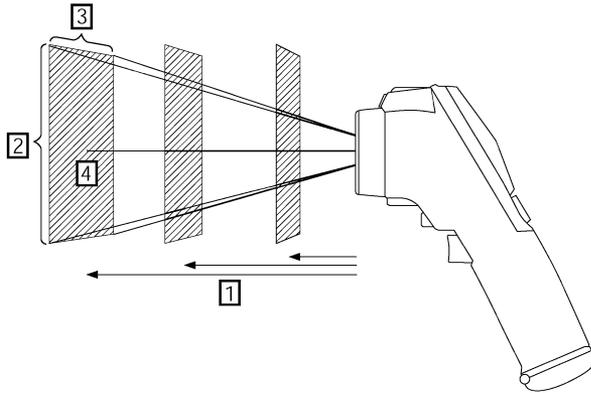


Figure 10.1 Rapport champ de vision/distance. **1** : Distance par rapport à la cible ; **2** : VFOV = champ de vision vertical ; **3** : HFOV = champ de vision horizontal ; **4** : IFOV = champ de vision instantané (taille d'un élément de détecteur).

Ce tableau décrit les champs de vision à diverses distances de la cible. D = distance par rapport à la cible

10603003.a2

Focal length: 10.28 mm									
Resolution: 120 x 120 pixels									
Field of view in degrees: 25.0									
D --->	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.22	0.44	0.89	2.22	4.44	11.09	22.18	44.36	m
VFOV	0.22	0.44	0.89	2.22	4.44	11.09	22.18	44.36	m
IFOV	1.85	3.70	7.39	18.48	36.96	92.41	184.82	369.65	mm
D --->	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.73	1.45	2.91	7.27	14.54	36.36	72.72	145.44	ft.
VFOV	0.73	1.45	2.91	7.27	14.54	36.36	72.72	145.44	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.29	0.73	1.46	3.64	7.28	14.55	in.
Legend:									
D = Distance to target in meters & feet									
HFOV = Horizontal field of view in meters & feet									
VFOV = Vertical field of view in meters & feet									
IFOV = Instantaneous field of view (size of one detector element) in millimeters & inches									

Données optiques

Champ de vision	25° × 25°
Distance focale	10,28 mm
Limite de mise au point rapprochée	0,125 m
valeur d'ouverture du diaphragme	1.5

11

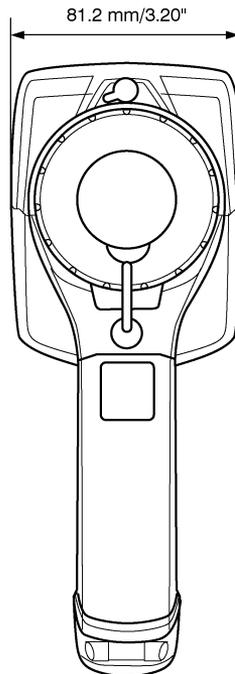
Dessins dimensionnels

11.1

Caméra

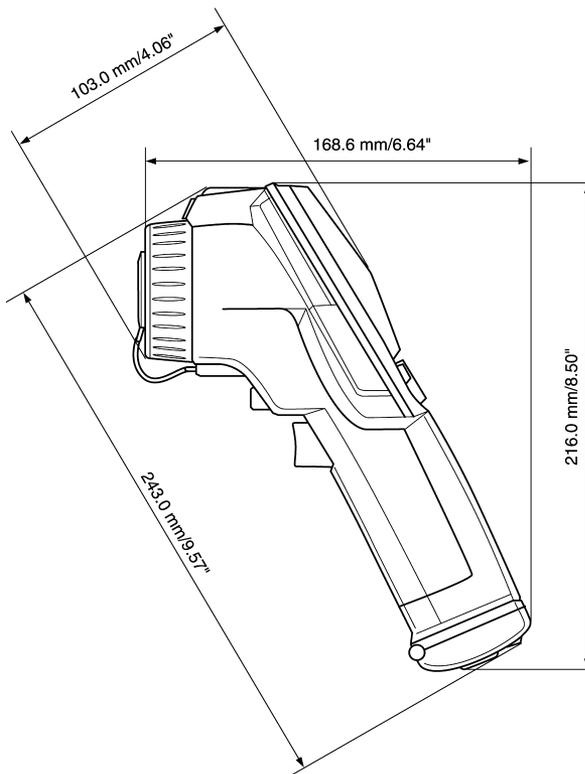
Figure

10602403.a2



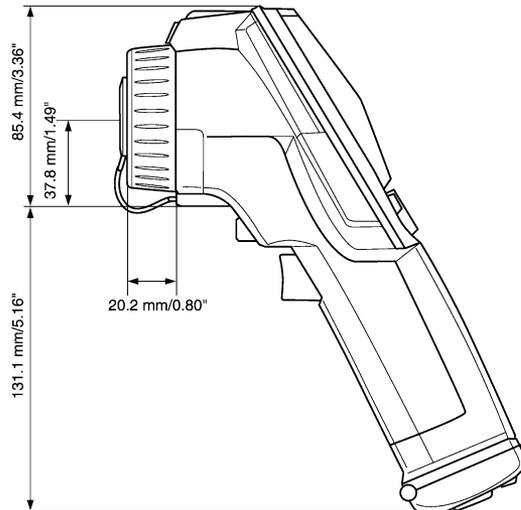
Figure

10602603.a3



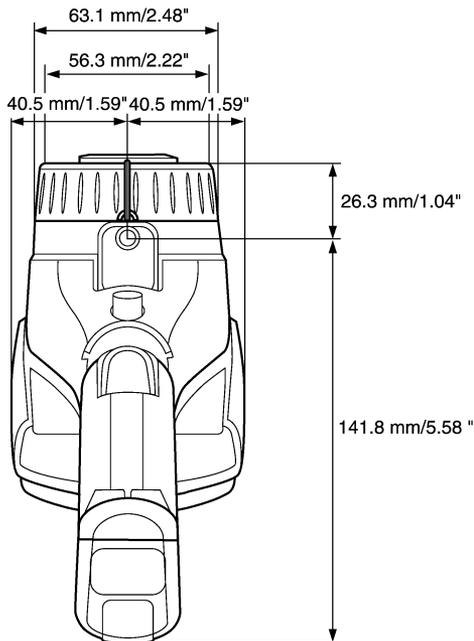
Figure

10726103.a1



Figure

10726203.a1



REMARQUE

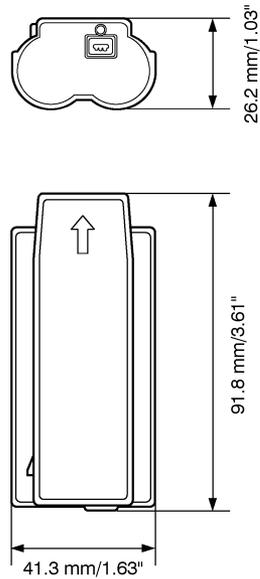
Le pas de vis correspondant au trépied est de 1/4-20.

11.2

Batterie

Figure

10602103.a2

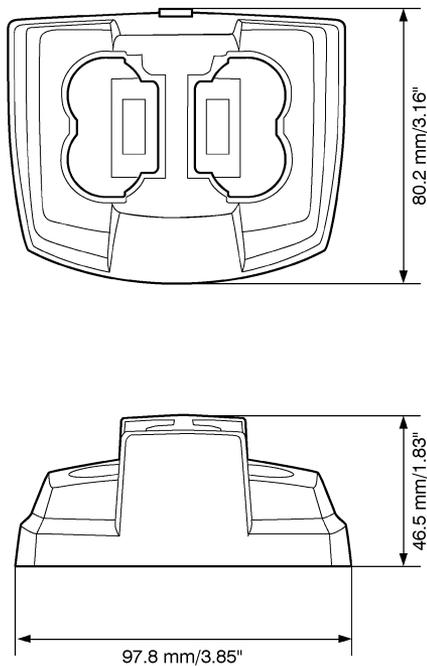
**REMARQUE**

Utilisez un tissu propre et sec pour essuyer l'eau ou les traces d'humidité sur la batterie avant de l'installer.

11.3 Chargeur autonome

Figure

10602203.a3



11

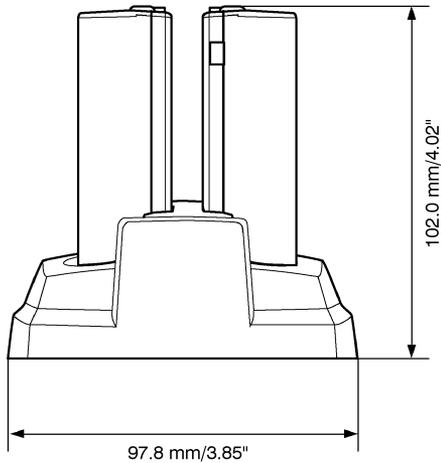
REMARQUE

- Le chargeur autonome ne fait pas partie des accessoires fournis avec la caméra.
- Utilisez un tissu propre et sec pour essuyer l'eau ou les traces d'humidité sur la batterie avant de l'installer dans le chargeur.

11.4 Chargeur autonome avec batterie

Figure

10602303.a3

**REMARQUE**

- Le chargeur autonome ne fait pas partie des accessoires fournis avec la caméra.
- Utilisez un tissu propre et sec pour essuyer l'eau ou les traces d'humidité sur la batterie avant de l'installer dans le chargeur.

LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

12 Introduction à la thermographie appliquée au bâtiment

12.1 Remarque importante

Certaines fonctions et fonctionnalités de la caméra décrites dans cette section peuvent ne pas être prises en charge par la configuration de votre caméra.

12.2 Analyses de terrain typiques

12.2.1 Recommandations

Les sections ci-dessous contiennent des directives générales. Nous recommandons à l'utilisateur d'en tenir compte pour effectuer des analyses et des captures thermographiques dans le domaine du bâtiment. La présente section récapitule ces directives.

12.2.1.1 Directives générales

- L'émissivité de la plupart des matériaux de construction se situe entre 0,85 et 0,95. La définition de la valeur d'émissivité de la caméra sur 0,90 peut être considérée comme un bon point de départ.
- Une seule analyse infrarouge ne permet pas de prendre une décision pertinente pour la suite des opérations. Vérifiez toujours les hypothèses et les conclusions à l'aide d'autres méthodes, par exemple des plans d'exécution, un humidimètre, un appareil d'enregistrement de l'humidité et de la température, des tests par gaz traqueur, etc.
- Modifiez le niveau et le gain pour ajuster l'image infrarouge thermiquement et révéler davantage de détails. La figure ci-dessous montre la différence entre une image infrarouge non ajustée thermiquement et une image ajustée thermiquement.

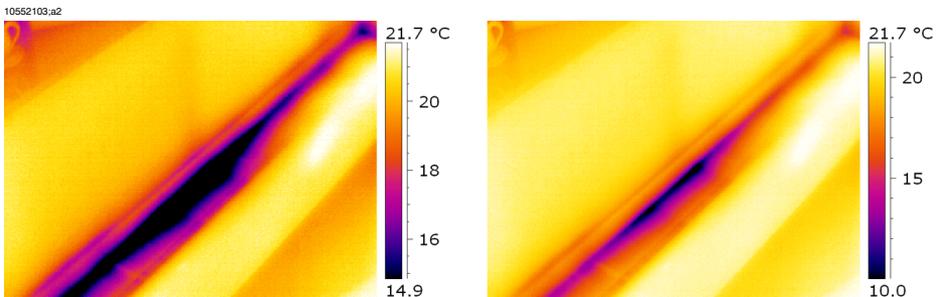
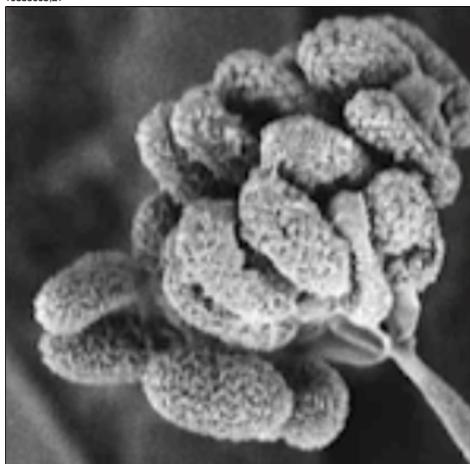


Figure 12.1 A GAUCHE : Image non ajustée thermiquement ; **A DROITE** : Image ajustée thermiquement ; après modification de la luminosité et du contraste.

12.2.1.2 Directives relatives à la détection de l'humidité, des moisissures et des dommages causés par l'eau

- Il est possible que les défauts des bâtiments liés à l'humidité et aux dégâts des eaux apparaissent uniquement lorsque la surface est exposée à une source de chaleur (par ex. la chaleur du soleil).
- La présence d'eau modifie la conductivité thermique et la masse thermique des matériaux du bâtiment. De plus, l'évaporation de l'eau peut faire baisser la température en surface des matériaux de construction. La conductivité thermique est la capacité d'un matériau à conduire la chaleur, tandis que la masse thermique est la capacité à stocker la chaleur.
- L'inspection infrarouge ne permet pas de détecter directement la présence de moisissure, mais elle peut être utilisée pour rechercher de l'humidité dans les endroits où la moisissure est susceptible de se développer ou s'est déjà développée. Pour se développer la moisissure requiert un environnement humide dont la température oscille entre +4 et +38 °C et dans lequel elle peut trouver des substances nutritives. Un niveau d'humidité supérieur à 50 % est suffisant pour permettre le développement de moisissures.

10556003.a1



12

Figure 12.2 Vue au microscope d'un spore de moisissure

12.2.1.3 Directives relatives à la détection d'infiltrations d'air et de défauts d'isolation

- Pour obtenir des mesures très précises avec la caméra, relevez la température et entrez cette valeur dans la caméra.
- Une différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment est préférable. Cela facilite l'analyse des images infrarouges et révèle les défauts qui autrement ne sont pas visibles. Nous recommandons une pression négative comprise entre

10 et 50 Pa, mais des analyses sous une pression négative inférieure sont possibles. Pour cela, fermez toutes les fenêtres, les portes et les conduits d'aération, puis faites tourner le ventilateur d'extraction de la cuisine durant le temps nécessaire à atteindre une pression négative de 5 à 10 Pa (applicable aux maisons résidentielles uniquement).

- Une différence de température de 10 à 15 °C entre l'intérieur et l'extérieur est recommandée. Les inspections peuvent être effectuées dans des conditions présentant une différence de température moindre, mais l'analyse des images infrarouges peut s'avérer plus délicate.
- Évitez la lumière solaire directe sur une partie du bâtiment à analyser de l'intérieur —par exemple, une façade. Si la façade est chauffée par le soleil, elle peut atteindre la même température que l'intérieur, ce qui peut masquer les défauts de la structure du bâtiment. Ce risque d'erreur est plus élevé au printemps, lorsque la différence de température est importante entre la nuit (± 0 °C) et la journée (+ 14 °C).

12.2.2 A propos de la détection d'humidité

L'apparition de moisissure dans un bâtiment peut être causée par différents facteurs, par ex. :

- Les fuites externes, notamment des inondations, des fuites au niveau des bouches à incendie, etc.
- Fuites internes provenant de canalisations de distribution ou d'évacuation d'eau, etc.
- La condensation, qui correspond à l'humidité présente dans l'air se transformant en eau au contact de surfaces froides.
- L'humidité du bâtiment, formée par l'humidité présente dans le matériau avant la construction du bâtiment.
- La présence d'eau suite à une intervention des pompiers.

La détection par caméra infrarouge est une méthode non-destructrice qui présente de nombreux avantages sur les autres méthodes mais aussi quelques inconvénients :

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> ■ C'est une méthode rapide. ■ Cette méthode constitue un moyen d'investigation non-intrusif. ■ Elle ne requiert pas l'évacuation des occupants du bâtiment. ■ Elle permet d'obtenir une représentation visuelle claire des informations détectées. ■ Elle confirme les failles et la progression de l'humidité. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cette méthode permet de détecter les variations de température de surface, mais ne permet pas de voir à travers les murs. ■ Elle ne permet pas de détecter les dégâts se trouvant sous la surface, par exemple la moisissure ou l'état de la structure.

12.2.3 Détection de l'humidité (1) : Toits à faible pente

12.2.3.1 Informations générales

Les toits à faible pente sont très répandus dans les bâtiments industriels, comme les entrepôts, les usines, les ateliers de construction, etc. Leur principal avantage par rapport aux toits en pente réside dans leur faible coût de fabrication et d'assemblage. Cependant, leur conception ne permet pas à la neige ou à la glace de s'évacuer par elle-même (comme c'est le cas pour la plupart des toits en pente). Par conséquent, les toits à faible pente doivent être construits de façon robuste pour supporter à la fois le poids de la structure même du toit et de la neige, de la glace ou de la pluie qui s'y accumule.

Même si des connaissances de base en matière de construction de toits à faible pente est souhaitable pour effectuer l'inspection thermographique d'un toit, il n'est pas nécessaire d'acquérir des connaissances approfondies dans ce domaine. Il existe différents principes de conception de toits à faible pente —aussi bien en ce qui concerne les matériaux utilisés que le design. Il paraît évident qu'une personne effectuant une inspection infrarouge ne peut pas tous les connaître. Si des informations supplémentaires sont requises sur un certain type de toit, contactez l'architecte ou l'entrepreneur ayant réalisé le bâtiment.

Le tableau ci-dessous répertorie les causes courantes des défauts des toitures (repris et adapté de l'ouvrage SPIE Thermosense Proceedings Vol. 371 (1982), p. 177).

Cause	%
Malfaçon	47.6
Circulation sur la toiture	2.6
Conception de mauvaise qualité	16.7
Humidité piégée	7.8
Matériaux	8.0
Ancienneté et intempéries	8.4

12

Les fuites peuvent se trouver aux endroits suivants :

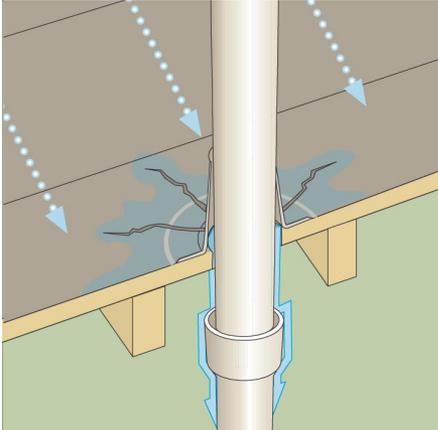
- Solin
- Avaloirs
- Ouvertures
- Joints
- Boursoufflures

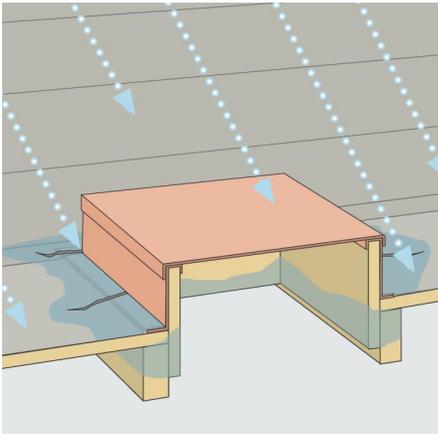
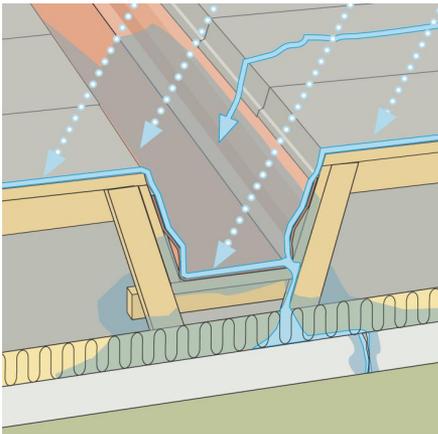
12.2.3.2 Précautions de sécurité

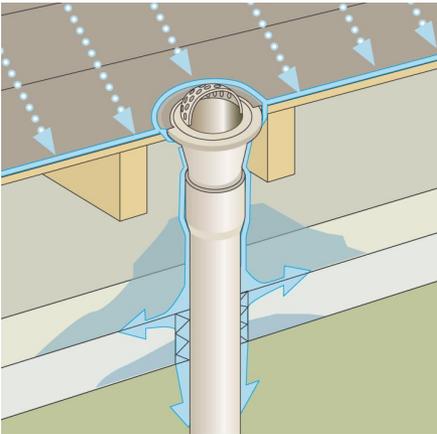
- Nous vous conseillons d'effectuer les inspections sur les toits par équipe de deux, trois ou plus.
- Inspectez au préalable la structure du toit pour contrôler son intégrité avant de marcher dessus.
- Evitez de marcher sur les coupoles, fréquentes sur les toits fabriqués en bitume et en gravier.
- Munissez-vous d'un téléphone portable ou d'une radio CB pour prévenir les secours en cas d'urgence.
- Informez la police locale et le service de sécurité de l'usine avant d'effectuer une inspection du toit de nuit.

12.2.3.3 Observation de structures de bâtiments

Cette section comprend quelques exemples courants de problèmes d'humidité des toits à faible pente.

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10553603.a2</p> 	<p>Etanchéité inadéquate de la membrane de la toiture autour des canalisations ou des conduits de ventilation, entraînant une fuite locale autour de la canalisation ou du conduit.</p>

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10553703,a2</p>  <p>The diagram shows a cross-section of a roof access hatch. A rectangular hatch is mounted on a wooden frame. The hatch has a membrane on top, and the roof has a membrane below. Blue arrows indicate rain falling on the hatch. A blue line shows water leaking from the joint between the hatch membrane and the roof membrane.</p>	<p>Jointure non étanche entre la membrane de la toiture et la trappe d'accès.</p>
<p>10553803,a2</p>  <p>The diagram shows a cross-section of a roof gutter. The gutter is mounted on a wooden frame. Blue arrows indicate rain falling into the gutter. A blue line shows water overflowing from the gutter because it is not properly sloped. The water is shown dripping down the side of the gutter.</p>	<p>Chéneaux placés trop haut et insuffisamment inclinés. De l'eau reste dans le chéneau après la pluie, ce qui peut provoquer une fuite locale autour du chéneau.</p>

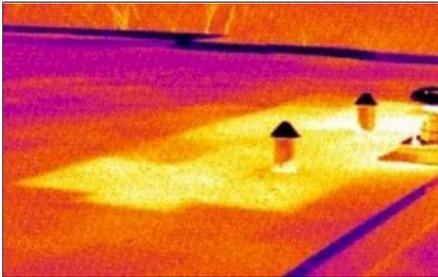
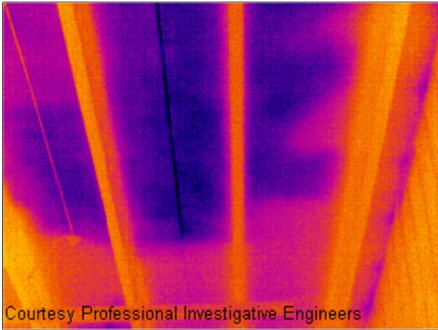
Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10553803.a2</p> 	<p>Etanchéité incorrecte entre la membrane et l'exutoire de toiture, entraînant une fuite locale autour de l'exutoire.</p>

12.2.3.4 Observation d'images infrarouges

Comment détecter une isolation humide sous la surface du toit ? Lorsque la surface est sèche, y compris les graviers ou le ballast, une journée ensoleillée permet de réchauffer l'ensemble du toit. En début de soirée, si le ciel est dégagé, le toit commence à refroidir par rayonnement. En raison de sa capacité thermique supérieure, l'isolation humide restera chaude plus longtemps que les parties sèches et apparaîtra sur l'image infrarouge (voir photos ci-dessous). Cette technique est particulièrement efficace sur les toits dont l'isolation est absorbante —comme la fibre de bois, la fibre de verre et la perlite— et pour lesquels le profil thermique est quasiment identique à celui de l'humidité.

Les analyses infrarouges de toitures munies d'isolants non absorbants (très courantes dans les constructions unicouche) sont plus difficiles à analyser car les motifs sont plus diffus.

Cette section présente des images infrarouges de problèmes d'humidité caractéristiques sur les toitures commerciales à faible pente :

Images infrarouges	Commentaire
<p>10554003.a1</p> 	<p>Détection d'humidité sur une toiture, enregistré le soir.</p> <p>Comme le matériau de construction affecté par l'humidité présente une masse thermique plus élevée, sa température décroît plus lentement que celle des zones environnantes.</p>
<p>10554103.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Composants et isolants de la toiture endommagés par l'eau : détection par analyse infrarouge effectuée depuis la partie interne de la toiture multi-couche d'une terrasse en béton.</p> <p>Les zones affectées sont plus froides que les zones saines environnantes, à cause de l'effet capacitif thermique et/ou conducteur.</p>
<p>10554203.a1</p> 	<p>Analyse de jour d'une toiture commerciale à faible pente.</p> <p>Les zones affectées sont plus froides que les zones sèches environnantes, à cause de l'effet capacitif thermique et/ou conducteur.</p>

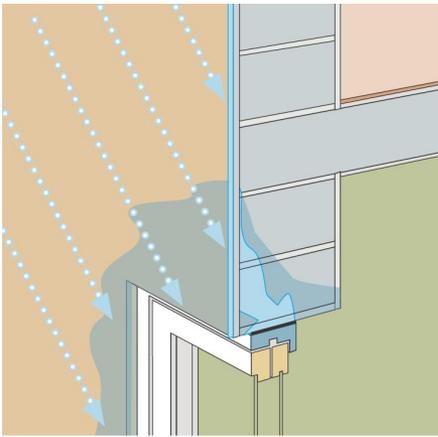
12.2.4 Détection de l'humidité (2) : Façades de bâtiments commerciaux et résidentiels

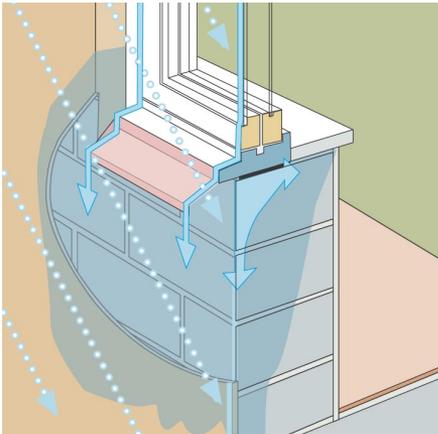
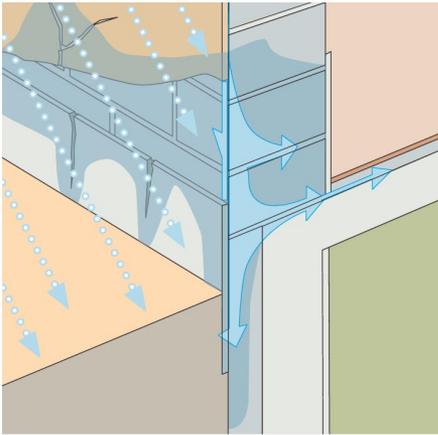
12.2.4.1 Informations générales

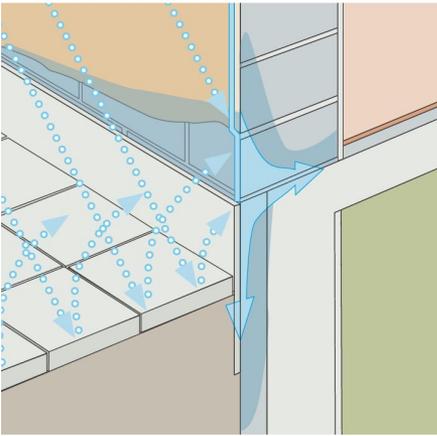
La thermographie s'est avérée être un élément primordial dans l'évaluation de l'infiltration d'humidité dans les façades commerciales et résidentielles. Le fait de fournir une illustration physique de l'évolution de l'humidité est plus parlant que de prélever des échantillons à l'aide d'un humidimètre et moins onéreux que des tests intrusifs plus importants.

12.2.4.2 Observation de structures de bâtiments

Cette section comprend quelques exemples de problèmes d'humidité sur des façades de bâtiments commerciaux et résidentiels.

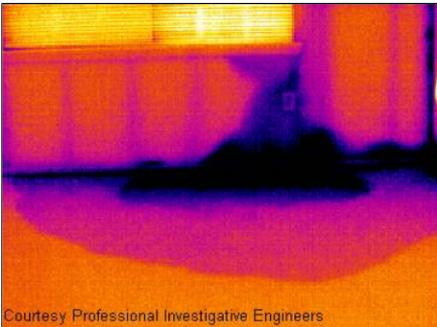
Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10554303.a2</p> 	<p>La pluie battante pénètre dans la façade à cause de joints horizontaux mal réalisés. L'humidité s'accumule dans la maçonnerie au-dessus de la fenêtre.</p>

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10554403.a2</p> 	<p>La pluie battante s'abat sur un angle de la fenêtre. La majorité de la pluie est évacuée du solin de la fenêtre, mais une partie s'introduit dans la maçonnerie au niveau de la jonction entre le plâtre et la partie inférieure du solin.</p>
<p>10554503.a2</p> 	<p>La pluie s'abat sur un angle de la façade et pénètre dans le plâtre par les fissures. L'eau s'introduit dans le plâtre et le gel provoque ensuite l'érosion.</p>

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10554603.a2</p> 	<p>La pluie éclabousse la façade et pénètre dans le plâtre et la maçonnerie par absorption, puis le gel finit par provoquer l'érosion.</p>

12.2.4.3 Observation d'images infrarouges

Cette section comprend quelques images infrarouges typiques de problèmes d'humidité sur des façades de bâtiments commerciaux et résidentiels.

Images infrarouges	Commentaire
<p>10554703.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>L'étanchéité incorrecte de la pierre plaquée sur le cadre en bois de la fenêtre et l'absence de solin a entraîné l'infiltration d'humidité dans la cavité murale et à l'intérieur de la pièce.</p>

Images infrarouges	Commentaire
<p>10554803.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Migration de l'humidité dans la cloison sèche par capillarité ainsi que dans les éléments de finition intérieurs à cause d'un espacement inadéquat et d'un terrain en pente, sur la façade en vinyle d'un complexe d'appartements.</p>

12.2.5 Détection de l'humidité (3) : Terrasses et balcons.

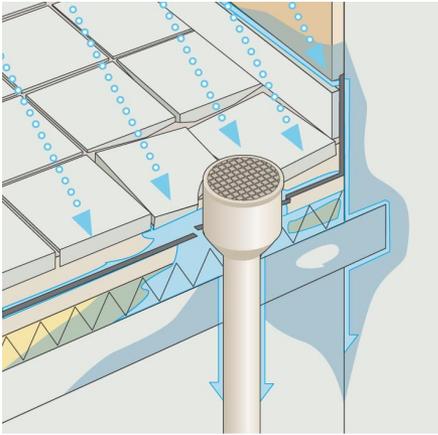
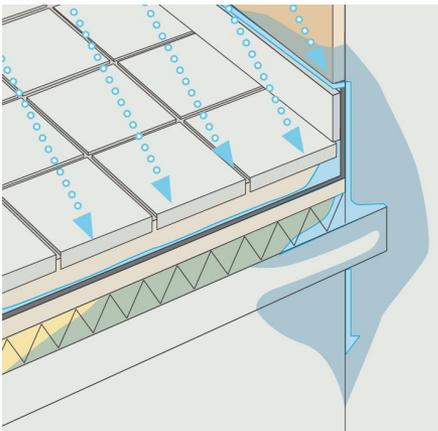
12.2.5.1 Informations générales

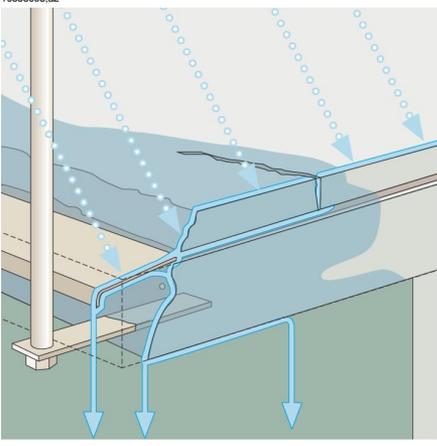
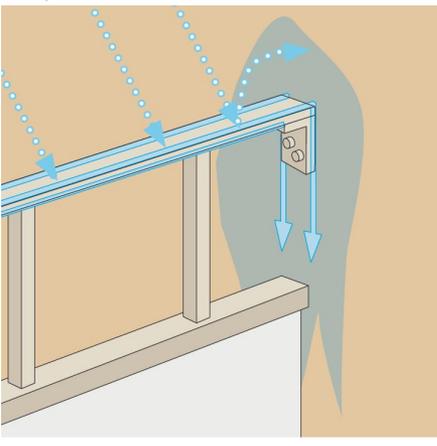
Bien qu'il existe des différences au niveau de la conception, des matériaux et de la construction, les terrasses et terrasses couvertes, les cours, etc., connaissent les mêmes problèmes d'humidité et de fuites que les toits à pente faible. Des problèmes d'étanchéité, des membranes incorrectement scellées et un drainage insuffisant peuvent entraîner des dégâts importants des structures inférieures du bâtiment.

Les balcons, bien que de taille inférieure, requièrent le même soin au niveau de la conception, du choix des matériaux et de la construction, que tout autre élément de structure de bâtiment. Comme les balcons sont en général soutenus par un seul côté, l'humidité qui entraîne la corrosion des supports et de l'armature en béton peut entraîner des problèmes et conduire à des situations dangereuses.

12.2.5.2 Observation de structures de bâtiments

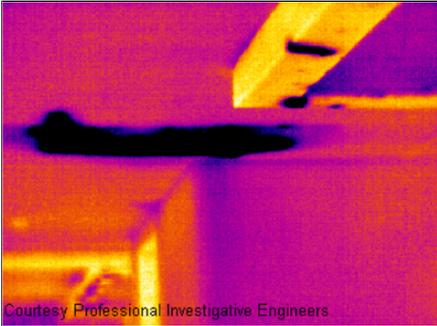
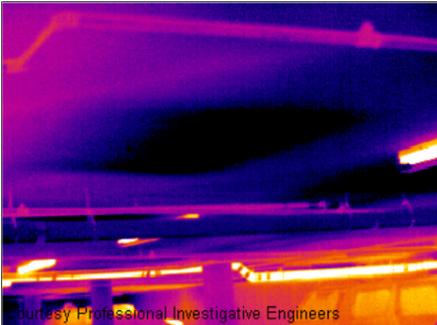
Cette section comprend quelques exemples de problèmes d'humidité sur des terrasses et balcons.

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10555203.a2</p> 	<p>Etanchéité incorrecte entre l'évent et le revêtement de la toiture et la membrane de la toiture, ce qui entraîne des fuites lors des averses.</p>
<p>10555103.a2</p> 	<p>Absence de solin entre la terrasse et le mur, ce qui entraîne la pénétration de la pluie dans le béton et l'isolant.</p>

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10555003.a2</p> 	<p>L'eau a pénétré dans le béton à cause d'un dimensionnement incorrect du tablier, ce qui a entraîné la désintégration du béton et la corrosion de l'armature.</p> <p>DANGER</p>
<p>10554903.a2</p> 	<p>L'eau a pénétré dans le plâtre et dans la maçonnerie sous-jacente à l'endroit où la main courante est fixée au mur.</p> <p>DANGER</p>

12.2.5.3 Observation d'images infrarouges

Cette section comprend quelques exemples d'images infrarouges de problèmes d'humidité sur des terrasses et balcons.

Images infrarouges	Commentaire
<p>1055303.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Solin inadéquat entre le balcon et le mur et absence de système de drainage périmétrique, entraînant l'intrusion de l'humidité dans la structure porteuse de l'ossature de bois sur un balcon d'un complexe de lofts.</p>
<p>1055403.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Absence de plan ou de support de drainage composite dans la structure d'une terrasse de parking sous-terrain de centre commercial, entraînant le blocage d'eau entre la terrasse en béton et la couche de surface du centre commercial.</p>

12.2.6 Détection de l'humidité (4) : Dégâts et fuites du système de plomberie

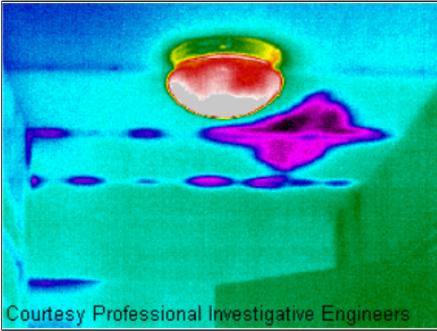
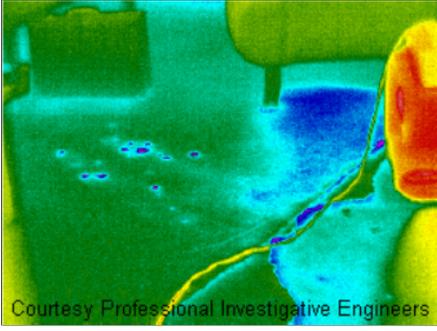
12.2.6.1 Informations générales

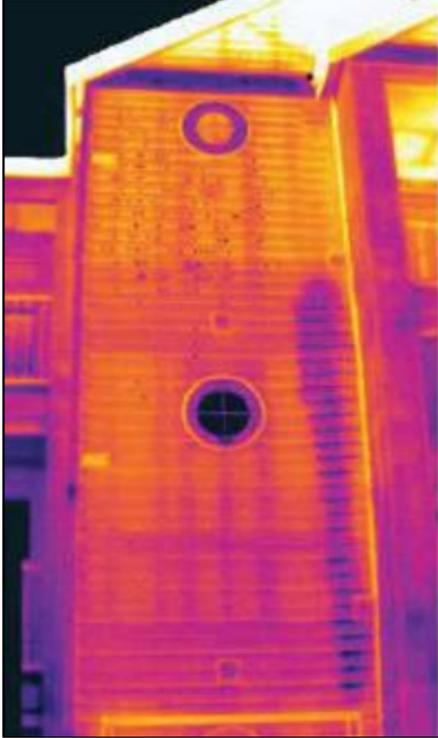
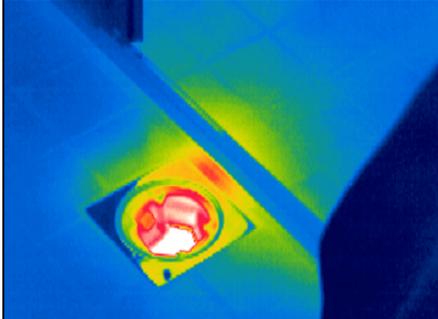
L'eau issue de fuites du système de plomberie peut souvent entraîner des dégâts importants de la structure du bâtiment. Les petites fuites peuvent être difficiles à détecter, mais peuvent, au long des années, pénétrer les murs et les fondations au point de rendre la structure du bâtiment irréparable.

L'utilisation de la thermographie de bâtiment dès la constatation de dégâts et de fuites de systèmes de plomberie permet de réaliser d'importantes économies en matériel et en main-d'oeuvre.

12.2.6.2 Observation d'images infrarouges

Cette section comprend quelques images infrarouges typiques de fuites ou de dégâts de plomberie.

Images infrarouges	Commentaire
<p>10555503.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Localisation de la migration de l'humidité le long des poutrelles en acier d'un plafond de maison individuelle, où la canalisation de plomberie a été rompue.</p>
<p>10555603.a1</p>  <p>Courtesy Professional Investigative Engineers</p>	<p>Lors des travaux d'assainissement, par découpe de la moquette et installation de déshumidificateurs, il s'est avéré que la migration de l'eau provenant de la fuite de plomberie s'était étendue au-delà des prévisions de l'entrepreneur.</p>

Images infrarouges	Commentaire
<p data-bbox="149 199 209 211">10555703.a1</p> 	<p data-bbox="611 199 1052 332">L'image infrarouge de cette maison à trois étages avec revêtement en vinyl montre clairement que le cheminement d'une fuite sérieuse entre une machine à laver et le troisième étage est complètement masqué dans les murs.</p>
<p data-bbox="149 982 209 994">10555803.a1</p> 	<p data-bbox="611 982 1052 1032">Fuite d'eau causée par une étanchéité incorrecte entre les drains et les dalles d'un sol.</p>

12.2.7 Infiltration d'air

12.2.7.1 Informations générales

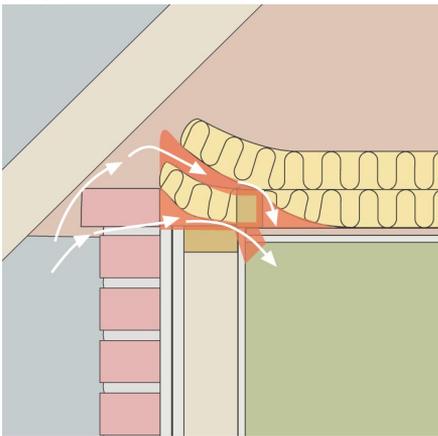
En raison de la poussée du vent sur un bâtiment, des différences de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment et du fait que la plupart des bâtiments utilisent des bouches d'évacuation pour extraire l'air vicié, une pression négative de 2 à 5 Pa peut survenir. Lorsque cette pression négative laisse de l'air froid pénétrer le bâtiment en raison de déficiences d'isolation et ou de calfeutrement, nous avons ce que l'on appelle une *infiltration d'air*. Une infiltration d'air peut survenir au niveau des joints et jonctions du bâtiment.

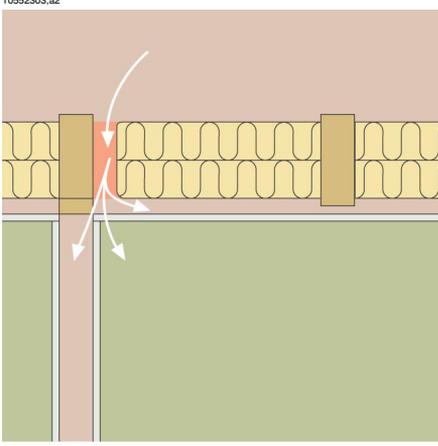
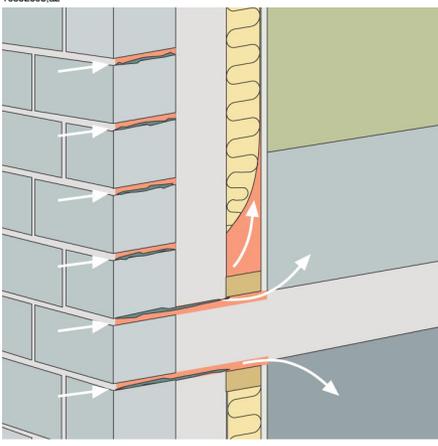
L'infiltration d'air créant un courant d'air frais dans une pièce par exemple, une détérioration sensible du climat intérieur peut survenir. Les habitants remarquent généralement les petits courants d'air d'une taille de 0,15 m/s, alors que ces derniers sont difficiles à détecter à l'aide d'instruments de mesure classiques.

Sur une image infrarouge, une infiltration d'air peut être identifiée grâce à la forme caractéristiques de ses rayons émanant d'un point de fuite dans le bâtiment, par exemple au niveau de la plinthe. En outre, les zones sujettes aux infiltrations d'air affichent généralement une température inférieure aux zones mal isolées. Cela est dû à l'effet courant d'air.

12.2.7.2 Observation de structures de bâtiments

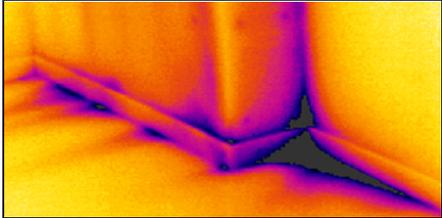
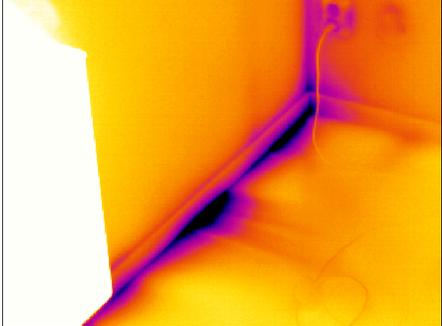
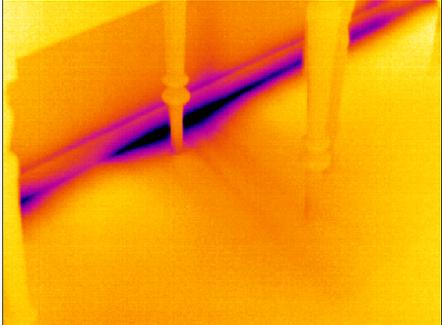
Cette section comprend quelques exemples de détails de bâtiments où des infiltrations d'air peuvent survenir.

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10552503.a2</p> 	<p>Défauts d'isolation au niveau de l'avant-toit d'une maison aux murs de briques, dus à une installation incorrecte des panneaux isolants de fibres de verre.</p> <p>L'infiltration d'air entre dans la pièce au niveau de la corniche.</p>

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10552303.a2</p> 	<p>Isolation insuffisante au niveau d'un étage intermédiaire due à des isolants en fibre de verre mal installés.</p> <p>L'infiltration d'air entre dans la pièce au niveau de la corniche.</p>
<p>10552603.a2</p> 	<p>Infiltration d'air dans un sol en béton situé au-dessus d'un vide sanitaire, due aux fissures dans le mur de briques de la façade.</p> <p>L'infiltration d'air s'introduit dans la pièce à l'arrière d'une plinthe.</p>

12.2.7.3 Observation d'images infrarouges

Cette section comprend quelques exemples d'images infrarouges de détails de bâtiments sujets à des infiltrations d'air.

Images infrarouges	Commentaire
<p data-bbox="149 323 209 335">10552703.a1</p> 	<p data-bbox="614 323 1036 373">Infiltration d'air à l'arrière d'une plinthe. Notez le motif caractéristique en forme de rayon.</p>
<p data-bbox="149 588 209 599">10552803.a1</p> 	<p data-bbox="614 588 1036 637">Infiltration d'air à l'arrière d'une plinthe. Notez le motif caractéristique en forme de rayon.</p> <p data-bbox="614 654 1000 675">La zone blanche à gauche est un radiateur.</p>
<p data-bbox="149 959 209 971">10552803.a1</p> 	<p data-bbox="614 959 1036 1009">Infiltration d'air à l'arrière d'une plinthe. Notez le motif caractéristique en forme de rayon.</p>

12.2.8 Défauts d'isolation

12.2.8.1 Informations générales

Une mauvaise isolation n'entraîne pas forcément des infiltrations d'air. Si les isolants en fibre de verre sont incorrectement installés, des poches d'air vont se former dans la structure du bâtiment. Ces poches d'air ayant une conductivité thermique différente, elles peuvent être détectées lors d'une inspection thermographique du bâtiment.

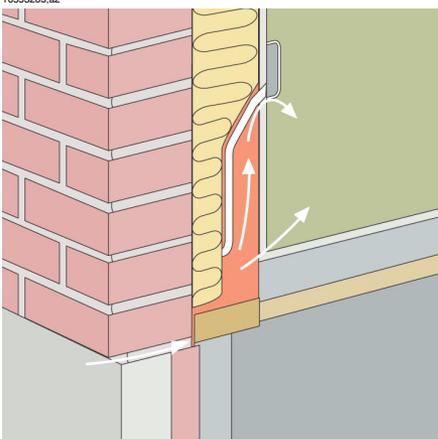
En règle générale, la température des zones présentant des défauts d'isolation est supérieure à celle des zones présentant seulement des infiltrations d'air.

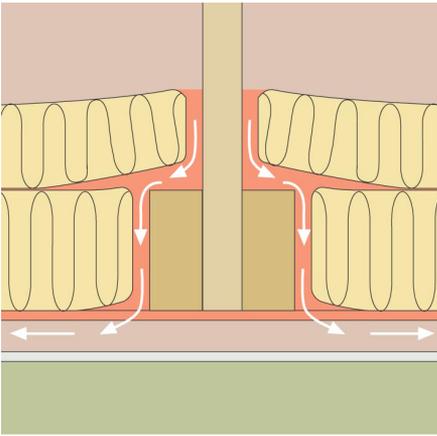
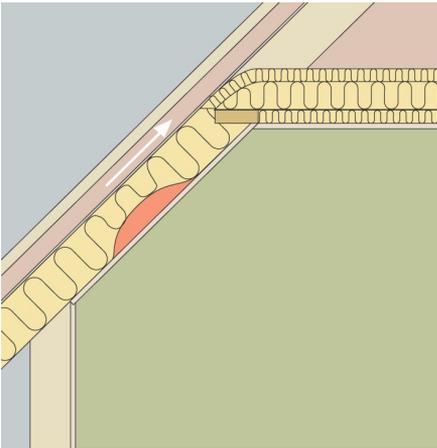
Lorsque vous effectuez une analyse thermographique sur un bâtiment dans le but de détecter des défauts d'insolation, veillez à identifier les éléments de structure ci-dessous qui peuvent ressembler à des défauts d'isolation sur les images infrarouge :

- poutres en bois, poteaux et chevrons
- poutres en acier
- tuyauterie dans les murs, plafonds et sols
- installations électriques dans les murs, plafonds et sols tels que les conduits d'air, les tuyauteries, etc.
- colonnes en béton dans des pans de bois
- conduits de ventilation et d'air

12.2.8.2 Observation de structures de bâtiments

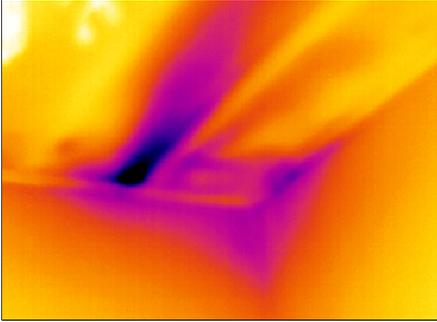
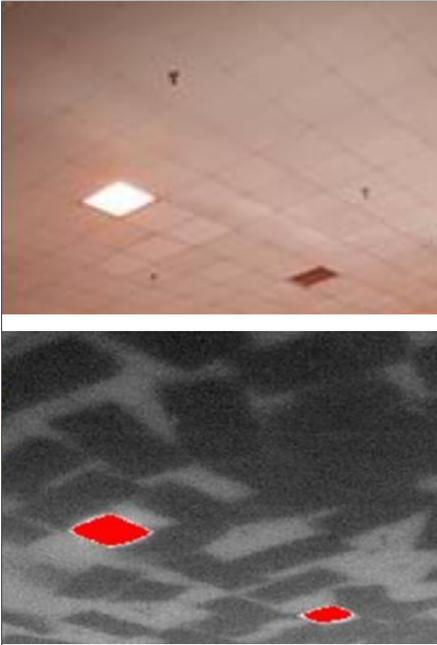
Cette section comprend quelques exemples de détails de bâtiments mal isolés :

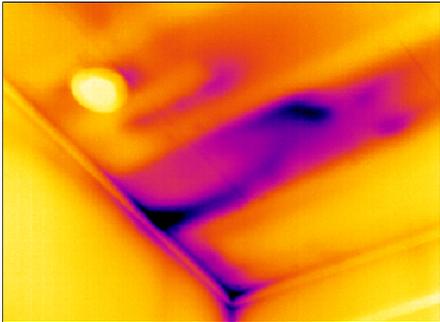
Dessin technique de bâtiment	Commentaire
	<p>Défauts d'isolation (et infiltrations d'air) dus à une installation incorrecte de panneaux isolants autour d'une prise d'alimentation secteur.</p> <p>Sur une image infrarouge, ce type de défaut d'isolation apparaît sous forme de zone sombre.</p>

Dessin technique de bâtiment	Commentaire
<p>10553103;a2</p> 	<p>Défauts d'isolation dus à une installation incorrecte de panneaux isolants autour d'une poutre de faux plancher. L'air froid s'infiltré dans la structure et refroidit la partie interne du plafond.</p> <p>Sur une image infrarouge, ce type de défaut d'isolation apparaît sous forme de zone sombre.</p>
<p>10553003;a2</p> 	<p>Défauts d'isolation dus à une installation incorrecte des panneaux isolants, créant une poche d'air dans la partie externe d'un plafond incliné.</p> <p>Sur une image infrarouge, ce type de défaut d'isolation apparaît sous forme de zone sombre.</p>

12.2.8.3 Observation d'images infrarouges

Cette section comprend quelques images infrarouges typiques d'une mauvaise isolation.

Images infrarouges	Commentaire
<p>10553303.a1</p> 	<p>Défauts d'isolation dans une structure de plancher intermédiaire. Le défaut peut provenir de l'absence de panneau isolant ou de panneaux isolants incorrectement installés (poches d'air).</p>
<p>10553403.a1</p> 	<p>Panneaux de fibres de verre incorrectement installés dans un plafond suspendu.</p>

Images infrarouges	Commentaire
<p data-bbox="149 199 209 211">10553503.a1</p>  An infrared thermal image showing a floor structure. The image displays a color gradient from yellow (warmer) to purple (cooler). A prominent dark purple area, indicating a cold spot, is visible in the center-right, suggesting an insulation defect. A bright yellow spot is visible in the upper left corner. The overall structure shows a V-shaped pattern, likely representing a junction or corner.	<p data-bbox="611 199 1048 303">Défauts d'isolation dans une structure de plancher intermédiaire. Le défaut peut provenir de l'absence de panneau isolant ou de panneaux isolants incorrectement installés (poches d'air).</p>

12.3 Théorie en science du bâtiment

12.3.1 Informations générales

La demande pour des constructions écologiques n'a cessé de croître ces dernières années. Les progrès effectués dans les domaines de l'énergie associés à une demande croissante pour un intérieur chaleureux, ont montré l'importance conjuguée d'une étanchéité et d'une isolation thermique et d'un système de chauffage et de ventilation efficace.

Une isolation et une étanchéité défectueuses dans les structures où l'isolation et l'étanchéité à l'air est importante peut entraîner de grandes pertes d'énergie. Les défauts dans l'isolation thermique et l'étanchéité à l'air d'un bâtiment n'impliquent pas seulement des coûts élevés de chauffage et de maintenance : ils affectent également les conditions atmosphériques à l'intérieur des locaux.

Le degré d'isolation d'un bâtiment est en général exprimé par la résistance thermique ou le coefficient de transmission thermique (valeur U) des différentes parties du bâtiment. Cependant, les valeurs de résistance thermique indiquées représentent rarement la valeur réelle des pertes d'énergie d'un bâtiment. Les fuites d'air au niveau des joints et des raccords non étanches à l'air et insuffisamment équipés d'isolant engendrent souvent des écarts considérables entre les valeurs théoriques et les valeurs réelles.

Pour vérifier que les propriétés des différents matériaux et éléments d'un bâtiment sont conformes aux propriétés prévues, des tests en laboratoire sont effectués. Une fois terminés; les bâtiments doivent être contrôlés et inspectés afin de vérifier que leur isolation et leur étanchéité à l'air sont conformes aux objectifs.

Appliquée à l'ingénierie des structures, la thermographie permet d'étudier les variations de température à la surface d'une structure. Les variations de la résistance thermique d'une structure peut, sous certaines conditions, générer des variations de température en surface. Les fuites d'air froid (ou chaud) à travers la structure peuvent également entraîner des variations de température en surface. Cela signifie qu'il est possible de repérer et d'étudier les défauts d'isolation, les ponts thermiques et les fuites d'air dans les éléments porteurs de la structure d'un bâtiment.

La thermographie ne permet pas d'obtenir directement la résistance thermique ou l'étanchéité à l'air d'une structure. Pour quantifier la résistance thermique et l'étanchéité à l'air, des mesures complémentaires sont nécessaires. L'analyse thermographique des bâtiments repose sur un certain nombre de pré-requis liés à la température et à la pression de la structure.

Les détails, les formes et le contraste de l'image thermique peuvent varier avec la modification de ces paramètres. Par conséquent, l'analyse détaillée et l'interprétation des images thermiques requièrent des connaissances approfondies sur les propriétés des structures et des matériaux, les effets de l'environnement et les techniques de mesure récentes. Pour effectuer les mesures et évaluer les résultats, certaines conditions sont requises en termes de compétences et d'expérience, par exemple l'autorisation d'un organisme de normalisation national ou régional.

12.3.2 Répercussions des tests et des contrôles

L'efficacité de l'isolation thermique et de l'étanchéité d'un bâtiment peut être difficile à anticiper. Certains des facteurs nécessaires lors de l'assemblage des différents composants et éléments du bâtiment peuvent avoir un impact considérable sur le résultat final. Les effets du transport, de la manipulation et du stockage sur site ainsi que la manière dont le travail est effectué ne peuvent être calculés à l'avance. Pour garantir que la fonction souhaitée est bien obtenue, des vérifications du bâtiment terminé doivent être effectuées sous forme de tests et de contrôles.

La technologie d'isolation moderne a permis de réduire les besoins théoriques en chaleur. Cela signifie toutefois que des défauts relativement petits, mais situés à des emplacements stratégiques, par exemple des joints non étanches ou une isolation mal installée, peuvent avoir des répercussions considérables sur la chaleur et le confort. Les tests de contrôle, par exemple la thermographie, ont montré leur utilité du point de vue du concepteur, de l'entrepreneur, du développeur, du gestionnaire du bâtiment et de l'utilisateur.

- Pour le concepteur, le plus important est de déterminer la fonction de différents types de structures, afin de concevoir ces structures de façon à prendre en compte les méthodes de travail et les besoins fonctionnels. Le concepteur doit également savoir comment les différents matériaux et les combinaisons de matériaux fonctionnent en pratique. Les essais et les vérifications, ainsi que l'expérience, permettent de réaliser le développement nécessaire dans ce domaine.
- L'entrepreneur doit effectuer davantage de tests et de vérifications afin de garantir que les structures remplissent les fonctions prévues et soient conformes aux exigences définies dans les réglementations établies par les autorités et dans les documents contractuels. L'entrepreneur doit chercher à connaître dès les premières étapes de la construction les modifications qui peuvent être nécessaires pour prévenir les défauts systématiques. Durant la construction d'un projet de construction en série, un contrôle doit donc être effectué sur les premiers appartements achevés. D'autres contrôles similaires doivent être effectués au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Cela permet d'éviter les défauts systématiques, les coûts inutiles ainsi que les problèmes ultérieurs. Ce contrôle est bénéfique à la fois pour les constructeurs et pour les usagers.

- Pour le développeur et le gestionnaire de la propriété, il est essentiel que les bâtiments soient contrôlés en tenant compte de l'économie de chaleur, de la maintenance (dommages causés par l'humidité ou l'infiltration d'humidité) et du confort des occupants (par exemple, surfaces refroidies et mouvements de l'air dans les zones occupées).
- Pour l'usager, le plus important est la conformité du produit fini avec les spécifications définies en termes d'isolation thermique et d'étanchéité à l'air des bâtiments. Pour un particulier, l'achat d'une maison représente un engagement financier considérable, par conséquent il souhaite savoir si des défauts de construction risquent d'entraîner des conséquences financières et des problèmes d'hygiène.

Les tests d'isolation et d'étanchéité d'un bâtiment ont des effets à la fois physiologiques et financiers.

L'évaluation physiologique du climat ambiant au sein d'un bâtiment est très subjective. Elle dépend de l'équilibre de chaleur individuel et de la perception de la température par un individu. Le climat ambiant dépend de la température de l'air dans les locaux et des surfaces environnantes. La vitesse de mouvement et le taux d'humidité de l'air ambiant jouent également un rôle. D'un point de vue physiologique, un courant d'air produit une sensation locale de froid sur un corps. La cause du courant d'air pouvant être :

- un mouvement d'air excessif dans une zone habitée à température normale ;
- un mouvement d'air normal dans une zone habitée à température trop basse ;
- un échange thermique important par rayonnement avec une surface froide.

Il est difficile d'évaluer les effets quantitatifs des tests et contrôles de l'isolation thermique d'un bâtiment.

Les enquêtes ont montré que les problèmes détectés au niveau de l'isolation thermique et de l'étanchéité d'un bâtiment créent des pertes de chaleur 20 à 30 % supérieures à ce qui était prévu. Le contrôle de la consommation d'énergie avant et après la mise en place de mesures correctives dans de vastes lotissements pavillonnaires et dans des résidences l'a également prouvé. Les chiffres cités ne sont probablement pas représentatifs des bâtiments en général, car les données ne sont pas applicables à tous les lotissements. Néanmoins, une analyse méticuleuse de l'isolation thermique et de l'étanchéité d'un bâtiment peut réduire la consommation d'énergie de 10 %.

La recherche a également démontré qu'une augmentation de la consommation d'énergie associée aux défauts pousse souvent les occupants à augmenter la température de l'habitation d'un ou plusieurs degrés au-dessus de la température normale, afin de compenser les effets désagréables du rayonnement thermique vers les surfaces refroidies et la sensation de mouvements d'air dans une pièce.

12.3.3 Sources de perturbations en thermographie

Lors de la thermographie, il est peu probable de confondre dans des conditions normales les variations de température causées par des problèmes d'isolation avec celles associées à des variations naturelles des valeurs U opérant sur les surfaces chaudes d'une structure.

Les variations de la température associées aux variations de la valeur U sont en général graduelles et symétriquement réparties sur la surface. Bien entendu, les variations de ce type peuvent se produire aux angles formés par les toitures et les planchers ainsi que dans les coins des murs.

Dans la plupart des cas, les variations de la température liées aux fuites d'air et aux défauts d'isolation sont représentées avec des contours aux formes caractéristiques et sont donc facilement repérables. Le motif de la température est en général asymétrique.

Lors d'une analyse thermographique, la comparaison des images obtenues avec d'autres images infrarouges peut faciliter l'interprétation.

Les principaux effets parasites pouvant survenir au cours de la thermographie sont :

- l'effet du soleil sur la surface thermographiée (rayon du soleil à travers une fenêtre) ;
- les radiateurs chauds tuyautés ;
- les lumières dirigées vers, ou placées à proximité d'une surface en cours de mesure ;
- les courants d'air (par exemple entrées d'air) dirigés vers la surface ;
- l'effet de la moisissure sur la surface.

Aucune thermographie ne doit être entreprise sur des surfaces ayant été exposées aux rayons du soleil. Pour éviter qu'une surface ne soit exposée aux rayons du soleil, couvrez les fenêtres en fermant les stores. Toutefois, les défauts des bâtiments liés à l'humidité ou les problèmes (généralement de moisissure) n'apparaissent que lorsqu'une source de chaleur est appliquée sur la surface (par ex. du soleil).

Pour obtenir des informations sur la détection de la moisissure, reportez-vous à la section 12.2.2 – A propos de la détection d'humidité à la page 75.

12

Sur une image infrarouge, un radiateur chaud apparaît sous forme de surface claire et brillante. Le radiateur fait monter la température de la surface du mur sur lequel il est installé, ce qui peut masquer certains défauts.

Pour éviter au maximum les effets parasites dus aux radiateurs chauds, éteignez-les un peu avant d'effectuer les mesures. Cependant, selon le type de construction (masse faible ou élevée), il peut être nécessaire de les éteindre quelques heures avant l'analyse thermographique. La température de l'air ambiant doit rester plus ou

moins constante pour ne pas affecter la température répartie sur la surface des structures. La temporisation des radiateurs électriques étant très courte, ils refroidissent assez rapidement une fois éteints (20 à 30 minutes).

Eteignez les lumières placées contre un mur avant de capturer une image infrarouge.

Durant l'analyse thermographique, évitez la présence de courants d'air susceptibles d'affecter les surfaces analysées (par exemple, fenêtre ouverte, robinet ouvert ou ventilateur directement dirigé vers la surface mesurée).

Toute surface humide, par exemple suite à une condensation, provoque un effet important sur le transfert de chaleur à la surface et sur la température en surface. Lorsque l'humidité est présente sur une surface, il se produit une évaporation qui évacue la chaleur et fait baisser la température de la surface de plusieurs degrés. La plupart des ponts thermiques et des défauts d'isolation présentent un risque de condensation en surface.

Les types de perturbation décrits ici peuvent en principe être détectés et éliminés avant la mesure.

Si au cours de l'analyse thermographique, vous ne pouvez pas éliminer les facteurs de perturbation des surfaces mesurées, vous devez tenir compte de ces facteurs lors de l'interprétation et l'évaluation des résultats. Pour chaque mesure effectuée, notez en détail les conditions de l'analyse thermographique.

12.3.4 Température de surface et fuites d'air

Les défauts d'étanchéité à l'air dus à la présence de petits interstices dans la structure peuvent être détectés en mesurant la température de surface. En cas de pression négative dans le bâtiment en cours d'analyse, l'air s'introduit dans les locaux par ces interstices. La circulation d'air froid par les interstices d'un mur fait en général baisser la température des zones adjacentes. Il en résulte la formation d'une zone refroidie à la surface interne du mur, présentant une forme caractéristique. La thermographie peut permettre de détecter les zones refroidies. Les mouvements d'air à la surface des murs sont mesurables à l'aide d'un anémomètre (instrument de mesure de la vitesse de l'air). Si la pression est positive à l'intérieur du bâtiment, l'air chaud de la pièce est évacué par les interstices du mur, ce qui génère des zones chaudes en surface autour des fuites.

L'importance de la fuite d'air dépend en partie des interstices et en partie de la différence de pression créée par la structure.

12.3.4.1 Conditions de pression d'un bâtiment

Les causes principales de différence de pression dans la structure d'un bâtiment sont

- les conditions de vent autour d'un bâtiment ;

- les effets du système de ventilation ;
- les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur (différence de pression thermique).

Les conditions réelles de pression à l'intérieur d'un bâtiment sont en général constituées par la combinaison de ces deux facteurs.

Le gradient de pression résultant à travers les différents éléments structurels est illustré par la figure de la page 103. Les effets irréguliers du vent sur un bâtiment font qu'en pratique, les conditions de pression peuvent être relativement variables et complexes.

Pour un vent constant, la loi de Bernoulli est appliquée :

$$\frac{\rho v^2}{2} + p = \text{constant}$$

où :

ρ	Densité de l'air en kg/m ³
v	Vitesse du vent en m/s
p	Pression statique en Pa

et où :

$$\frac{\rho v^2}{2} + p$$

désigne la pression dynamique et p la pression statique. Le total de ces pressions donne la pression totale.

La charge du vent contre une surface, soit une pression dynamique à la base, devient une pression statique au contact de la surface. L'amplitude de cette pression statique est notamment déterminée par la forme de la surface et son angle par rapport à la direction du vent.

La proportion de pression dynamique transformée en pression statique sur la surface (p_{stat}) est déterminée par ce que l'on appelle le facteur de concentration de contraintes :

$$C = \frac{p_{\text{stat}}}{\frac{\rho v^2}{2}}$$

Si $\rho = 1,23 \text{ kg/m}^3$ (densité de l'air à $+15 \text{ °C}$), il en résulte les pressions locales du vent suivantes :

$$p_{stat} = C \times \frac{\rho v^2}{2} = C \times \frac{v^2}{1.63} \text{ Pa}$$

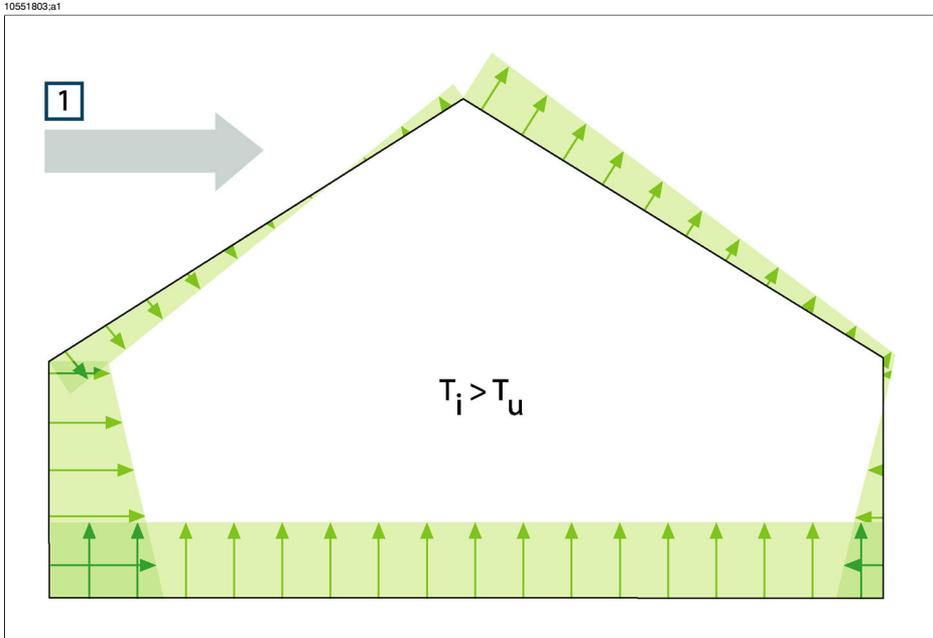


Figure 12.3 La répartition des pressions résultantes sur les surfaces porteuses d'un bâtiment dépend des effets du vent, de la ventilation et de la différence entre les températures internes et externes. 1: direction du vent ; T_u : température thermodynamique de l'air à l'extérieur, en K ; T_i : température thermodynamique de l'air à l'intérieur, en K.

Si la pression dynamique devient statique, alors $C = 1$. Vous trouverez des exemples de répartitions de facteurs de concentration des contraintes pour un établissement avec plusieurs directions de vent à la page 104.

Le vent provoque une pression négative interne sur le côté exposé au vent et une pression positive interne sur le côté à l'abri du vent. La pression de l'air à l'intérieur du bâtiment dépend des conditions de vent, des fuites du bâtiment et de leur répartition en fonction de la direction du vent. Si les fuites du bâtiment sont régulièrement réparties, la pression interne peut varier de $\pm 0.2 p_{stat}$. Si la plupart des fuites se trouvent sur le côté exposé au vent, la pression interne augmente un peu. Dans le cas contraire, si la plupart des fuites se trouvent sur le côté à l'abri du vent, la pression interne diminue.

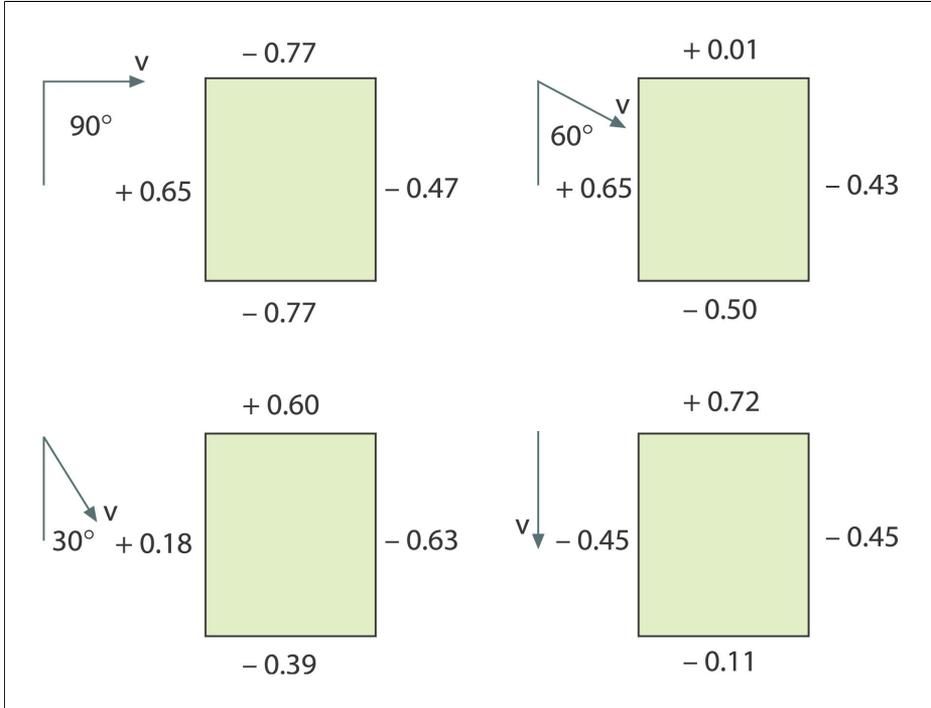


Figure 12.4 Répartition des valeurs du facteur de concentration des contraintes (C) sur un bâtiment, en fonction de la direction du vent et de la vitesse du vent (v).

Les conditions de vent peuvent considérablement varier au cours du temps ainsi qu'entre deux emplacements assez proches. Ce type de variations peut avoir des conséquences importantes sur les résultats des mesures thermographiques.

Des essais ont montré que la différence de pression sur une façade exposée à un vent de force moyenne d'environ 5 m/s est de 10 Pa.

La ventilation mécanique génère une pression positive ou négative constante à l'intérieur du bâtiment (selon la direction de la ventilation). Des recherches ont démontré que la pression négative générée par l'extraction mécanique (ventilateurs de cuisine) dans les petites maisons est généralement comprise entre 5 et 10 Pa. Au cours d'une extraction mécanique de l'air de ventilation, par exemple dans les blocs de plusieurs habitations, la pression négative est un peu plus élevée (10 à 50 Pa). Lorsque la ventilation est équilibrée (par contrôle mécanique de l'apport et de l'extraction d'air), le dispositif est en principe réglé de façon à générer une pression légèrement négative à l'intérieur du bâtiment (3 à 5 Pa).

La différence de pression provoquée par des différences de températures, appelée effet cheminé (différences d'étanchéité de l'air à des températures différentes), signifie qu'il existe une pression négative dans la partie la plus basse du bâtiment et une pression positive dans la partie la plus haute. En atteignant une certaine hauteur, une zone neutre contient des pressions identiques à l'intérieur et à l'extérieur. Reportez-vous à la figure page 106. Cette différence de pressions peut être décrite par le rapport suivant :

$$\Delta p = g \times \rho_u \times h \left(1 - \frac{T_u}{T_i} \right) \text{ Pa}$$

Δp	Différence de la pression de l'air au sein du bâtiment en Pa.
g	9,81 m/s ²
ρ_u	Densité de l'air en kg/m ³
T_u	Température thermodynamique de l'air à l'extérieur, en K.
T_i	Température thermodynamique de l'air à l'intérieur, en K
h	Distance depuis la zone neutre en mètres

Si $\rho_u = 1,29 \text{ kg/m}^3$ (densité de l'air à une température de 273 K et $\approx 100 \text{ kPa}$), il en résulte :

$$\Delta p \approx 13 \times h \left(1 - \frac{T_u}{T_i} \right)$$

Une différence de + 25 °C entre les températures ambiantes intérieures et extérieures, génère une différence de pression à l'intérieur de la structure d'environ 1 Pa par mètre en hauteur.

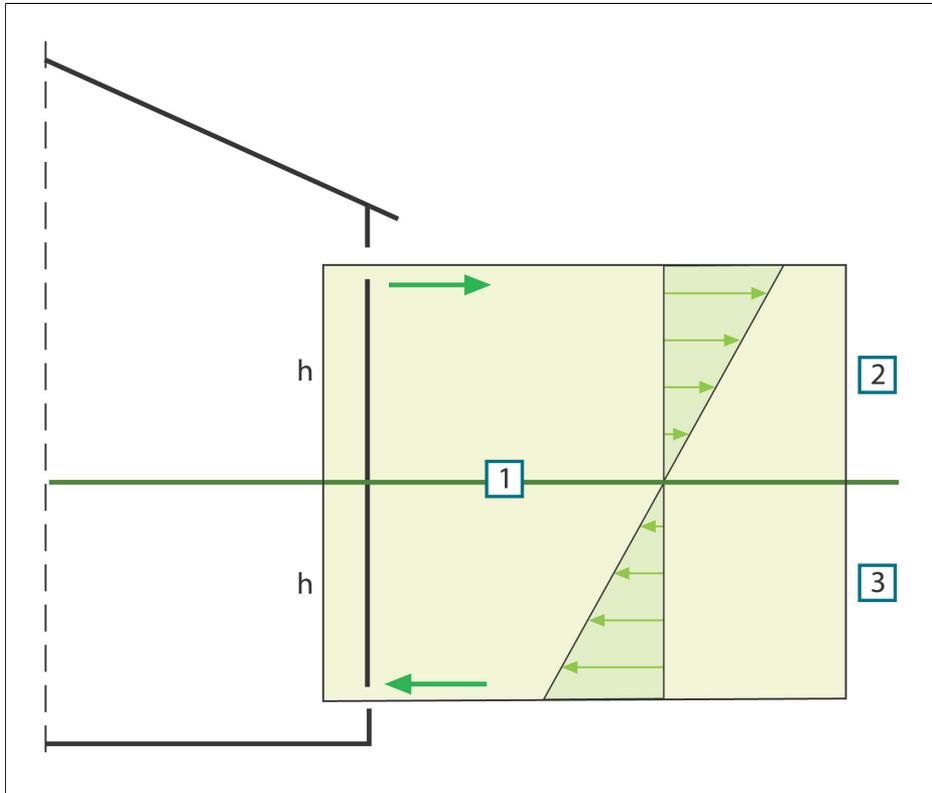


Figure 12.5 Répartition des pressions sur un bâtiment avec deux ouvertures et où la température extérieure est inférieure à la température intérieure. 1: Zone neutre ; 2: Pression positive ; 3: Pression négative ; **h**: Distance de la zone neutre en mètres.

La position de la zone neutre peut varier en fonction des fuites du bâtiment. Si les fuites sont régulièrement réparties verticalement, cette zone sera située à mi hauteur environ du bâtiment. Si la plupart des fuites se trouvent dans la partie inférieure du bâtiment, la zone neutre sera située plus bas. Si la plupart des fuites se trouvent dans la partie supérieure, la zone neutre sera située plus haut. La présence d'une cheminée sur le toit modifie considérablement la position de la zone neutre et peut même entraîner une pression négative sur l'ensemble du bâtiment. Cette situation se produit plutôt dans les petites structures.

Dans une construction de grande taille, par exemple de type industriel, étant donné les fuites au niveau des portes et des fenêtres dans la partie inférieure du bâtiment, la zone neutre est située à environ un tiers de la hauteur du bâtiment.

12.3.5 Conditions des mesures et environnement atmosphérique

Résumé des conditions de mesure lors de la prise de thermogrammes dans le domaine du bâtiment.

L'imagerie thermographique doit être réalisée de façon à réduire au maximum les effets des perturbations des facteurs climatiques externes. L'imagerie doit donc être réalisée à l'intérieur du bâtiment, c'est-à-dire à l'endroit où le bâtiment est chaud, afin d'analyser les surfaces chaudes de la structure.

La thermographie en extérieur permet d'obtenir des mesures de référence de la surface des grandes façades. Dans certains cas, par exemple lorsque l'isolation est de très mauvaise qualité ou lorsque la pression interne est positive, les mesures en extérieur peuvent être utiles. Même lorsque l'analyse concerne des installations situées à l'intérieur de l'enveloppe atmosphérique d'un bâtiment, l'imagerie thermographique à l'extérieur du bâtiment peut s'avérer utile.

Les conditions d'analyse recommandées sont les suivantes :

- La différence de température de l'air dans la partie souhaité du bâtiment doit atteindre au moins +10 °C pendant plusieurs heures avant la prise d'images thermographiques et doit durer pendant toute la durée de procédure. Pendant la même période, la différence de température ambiante ne doit pas varier de plus de ± 30 % de la différence relevée lorsque l'imagerie thermographique commence. Lors de l'imagerie thermographique, la température ambiante intérieure ne doit pas varier de plus de ± 2 °C.
- Durant plusieurs heures avant l'imagerie thermographique et durant celle-ci, évitez toute lumière solaire sur la partie du bâtiment à analyser.
- Pression négative au sein du bâtiment entre 10 et 50 Pa environ.
- Lorsque vous effectuez des images thermographiques pour situer des fuites d'air dans l'enceinte du bâtiment, les exigences en terme de conditions de mesure peuvent être moins strictes. Une différence de 5 °C entre les températures ambiantes intérieures et extérieures est suffisante pour détecter de tels défauts. Pour détecter des fuites d'air, certaines conditions doivent pourtant être respectées en matière de pression différentielle. Une différence de 10 Pa environ devrait être suffisante.

12.3.6 Interprétation des images infrarouges

L'objectif principal de la thermographie est de localiser les erreurs et défauts d'isolation thermique dans les murs extérieurs et les sols pour déterminer leur nature et leur étendue. Le but de la thermographie est de confirmer si le mur examiné dispose bien des caractéristiques d'isolation et d'étanchéité promises. Les caractéristiques escomptées d'isolation thermique du mur, déterminées par sa conception, peuvent être converties en une répartition probable de la température de surface pour la surface analysée si les conditions de mesure au moment de l'analyse sont connues.

Dans la pratique, la méthode repose sur les éléments suivants :

Les essais en laboratoire ou sur le terrain permettent de définir la répartition des températures attendues des structures de murs courantes, sous forme d'images infrarouges caractéristiques de comparaison incluant à la fois des structures sans défaut et des structures présentant des défauts. Vous trouverez des exemples d'images infrarouges caractéristiques dans la section 12.2 – Analyses de terrain typiques qui débute à la page 73.

Si les images infrarouges d'éléments de structure capturées lors de mesures sur le terrain sont destinées à servir de support de comparaison, il est indispensable de décrire en détail la composition de la structure, la manière dont elle a été construite et les conditions de mesure au moment de la capture des images infrarouges.

Au cours de l'analyse thermographique, afin de pouvoir établir des observations sur les causes des écarts par rapport aux résultats attendus, des pré-requis en physique, métrologie et ingénierie des structures sont également indispensables.

Voici très brièvement les principes de l'interprétation des images infrarouges capturées au cours de mesures sur le terrain :

Sélectionnez une image infrarouge de comparaison représentant une structure exempte de défaut, en fonction de la structure du mur analysé et des conditions de la mesure effectuée. Comparez ensuite cette image à une image infrarouge capturée sur le bâtiment analysé. Notez tout écart (qui ne puisse pas être justifié par la conception ou la structure ou par les conditions des mesures) comme défaut d'isolation possible. La nature et l'étendue des défauts peuvent en général être déterminés à l'aide des images infrarouges de comparaison présentant plusieurs défauts.

Si aucune image infrarouge de comparaison n'est appropriée, vous devrez effectuer l'évaluation et l'interprétation à partir de votre expérience. Cette méthode d'analyse requiert davantage de précision de raisonnement.

Lors de l'interprétation d'une image infrarouge, vous devez rechercher les éléments suivants :

- Uniformité de la luminosité sur les images infrarouges des surfaces exemptes de pont thermique
- Régularité et occurrences des surfaces froides, par exemples poteaux et coins
- Contours et formes caractéristiques de la surface froide
- Différences de température mesurées entre la température normale de la surface de la structure et la zone refroidie sélectionnée
- Continuité et uniformité de la courbe isotherme à la surface de la structure. Dans le logiciel de la caméra, la fonction isotherme est appelée **Isotherme** ou **Alarme couleur**, selon le modèle de caméra.

Les écarts et irrégularités dans l'apparence des images infrarouges indiquent souvent des défauts d'isolation. Les défauts d'isolation peuvent être responsables de différences d'apparence flagrantes sur les images infrarouges. Certains types de défaut d'isolation affichent une forme caractéristique sur les images infrarouges. La section 12.2 – Analyses de terrain typiques débutant à la page 73 montre des exemples d'interprétation des images infrarouges.

Lorsque vous capturez des images infrarouges dans le même bâtiment, conservez les mêmes paramètres de la caméra infrarouge pour toutes les images réalisées dans les différentes zones, car cela facilite la comparaison des différentes zones.

12.3.7 Humidité et point de rosée

12.3.7.1 Humidité relative et absolue

L'humidité peut être exprimée de deux façons différentes, soit en tant qu'*humidité relative*, soit en tant qu'*humidité absolue*. L'humidité relative est exprimée en pourcentage et représente la quantité d'eau qu'un certain volume d'air peut contenir à une certaine température. L'humidité absolue, quant à elle, est exprimée en pourcentage et représente la quantité d'eau par unité de volume du matériau. La deuxième façon d'exprimer l'humidité est généralement utilisée pour mesurer le degré d'humidité du bois ou des autres matériaux de construction.

Plus la température de l'air est élevée, plus la quantité d'eau que peut contenir un certain volume d'air est élevée. Le tableau suivant définit les quantités maximales d'eau dans l'air à différentes températures.

Figure 12.6 A : Température en degrés Celsius ; **B** : Quantité maximale d'eau exprimée en g/m³ (au niveau de la mer)

A	B	A	B	A	B	A	B
30.0	30.44	20.0	17.33	10.0	9.42	0.0	4.86
29.0	28.83	19.0	16.34	9.0	8.84	-1.0	4.49
28.0	27.29	18.0	15.40	8.0	8.29	-2.0	4.15
27.0	25.83	17.0	14.51	7.0	7.77	-3.0	3.83
26.0	24.43	16.0	13.66	6.0	7.28	-4.0	3.53
25.0	23.10	15.0	12.86	5.0	6.81	-5.0	3.26
24.0	21.83	14.0	12.09	4.0	6.38	-6.0	3.00
23.0	20.62	13.0	11.37	3.0	5.96	-7.0	2.76
22.0	19.47	12.0	10.69	2.0	5.57	-8.0	2.54
21.0	18.38	11.0	10.04	1.0	5.21	-9.0	2.34

Figure 12.7 A : Température en degrés Fahrenheit ; **B** : Quantité maximale d'eau en grains/pieds³ (au niveau de la mer)

A	B	A	B	A	B	A	B
86.0	13.30	68.0	7.58	50.0	4.12	32.0	2.12
84.2	12.60	66.2	7.14	48.2	3.86	30.2	1.96
82.4	11.93	64.4	6.73	46.4	3.62	28.4	1.81
80.6	11.29	62.6	6.34	44.6	3.40	26.6	1.67
78.8	10.68	60.8	5.97	42.8	3.18	24.8	1.54
77.0	10.10	59.0	5.62	41.0	2.98	23.0	1.42
75.2	9.54	57.2	5.29	39.2	2.79	21.2	1.31
73.4	9.01	55.4	4.97	37.4	2.61	19.4	1.21
71.6	8.51	53.6	4.67	35.6	2.44	17.6	1.11
69.8	8.03	51.8	4.39	33.8	2.28	15.8	1.02

Exemple :

L'humidité relative d'un certain volume d'air à une température de 30 °C est de 40 % d'humidité relative. La quantité d'eau dans 1 m³ d'air à 30 °C = 30,44 × humidité relative = 30,44 × 0,40 = 12,18 g.

12.3.7.2 Définition du point de rosée

Le point de rosée peut être considéré comme la température à laquelle se produit la condensation de l'humidité contenue dans un certain volume d'air.

Exemple :

L'humidité relative d'un certain volume d'air à une température de 30 °C est de 40 % d'humidité relative. La quantité d'eau dans 1 m³ d'air à 30 °C = 30,44 × humidité relative = 30,44 × 0,40 = 12,18 g. Dans le tableau ci-dessus, recherchez la température à laquelle la quantité d'eau dans l'air est la plus proche de 12,18 g. La réponse est +14 °C ce qui correspond à peu près au point de rosée.

12.3.8 Evaluation d'un pont thermique et de la continuité d'isolation

12.3.8.1 Auteurs

La présente note technique a été rédigée par un groupe de travail, composé de thermographistes spécialistes et de consultants en recherche, qui ont pu bénéficier de conseils de tiers. Le présent document a ainsi pu recevoir un accueil très favorable de l'ensemble des secteurs industriels.

La reproduction du contenu de la présente note technique a été réalisée avec l'aimable autorisation de UKTA (United Kingdom Thermography Association).

UK Thermography Association
c/o British Institute of Nondestructive Testing
1 Spencer Parade
Northampton NN1 5AA
Royaume-Uni

Tél. : +44 (0)1604 630124
Télécopie : +44 (0)1604 231489

12.3.8.1.1 *Groupe de travail*

Ray Faulkner (directeur)	IRed Ltd
Colin Pearson (secrétaire)	BSRIA
Norman Walker	AWE
Stewart Little	IRT Surveys
Richard Wallace	Ti Thermal Imaging Ltd

En collaboration avec :

Building Control	
Stuart Borland	Building Sciences

12.3.8.2 *Introduction*

Au cours de ces dernières années, les équipements, les applications, les logiciels et les connaissances liés à la thermographie se sont considérablement développés. La technologie a progressivement été intégrée aux pratiques courantes, ce qui a entraîné des demandes plus importantes dans la constitution de manuels d'application, l'établissement de normes et les besoins de formation.

L'UKTA publie la présente note pour quantifier de manière cohérente les résultats de l'étude 'Continuité de l'isolation thermique'. Le présent document doit pouvoir servir de guide de référence pour répondre aux exigences de la réglementation en matière de construction et permettre au thermographe de créer un rapport de validation ou de refus.

12.3.8.3 *Informations préalables*

La thermographie permet de détecter les variations de température en surface à 0,1 K près. Des images graphiques peuvent ensuite illustrer la répartition de la température sur la surface d'un bâtiment.

Les variations des propriétés thermiques des bâtiments, défaut ou absence d'isolation par exemple, entraînent des variations de température de surface des deux côtés de la structure. Ces écarts sont ainsi visibles pour le thermographe. Cependant, d'autres facteurs (sources locales de chaleur, réflexions ou fuite d'air) peuvent être à l'origine de ces variations.

Le jugement d'un professionnel est souvent nécessaire afin de déterminer si la variation de température est due à de réelles défaillances d'isolation ou à d'autres facteurs. Les thermographes sont de plus en plus sollicités. Pourtant, sans soutien adéquat, la définition de niveaux de variations acceptables ou non peut se révéler difficile.

La norme actuelle concernant l'imagerie thermique de bâtiment au Royaume-Uni est BS EN 13187:1999 (BS EN 13187:1999, Thermal Performance of Buildings—Qualitative detection of thermal properties in building envelopes—Infrared method (ISO 6781:1983 modifiée). Toutefois, le thermographe doit interpréter l'image et la frontière entre les variations acceptables ou non est plutôt floue. Vous trouverez des conseils sur certaines anomalies thermiques dans les manuels du BINDT à la section Imagerie thermique (Infrared Thermography Handbook; Volume 1, Principles and Practise, Norman Walker, ISBN 0903132338, Volume 2, Applications, A. N. Nowicki, ISBN 090313232X, BINDT, 2005).

12.3.8.3.1 *Conditions préalables*

Une analyse thermographique visant à démontrer la continuité de l'isolation, les zones de ponts thermiques et la conformité aux réglementations en matière de construction doit comporter les éléments suivants :

- Anomalies thermiques.
- Différencier les anomalies thermiques effectives, où les différences de température sont causées par des défauts d'isolation thermique, de celles causées par différents facteurs (courant d'air localisé, réflexion et émissivité).
- Dénombrer les zones affectées par rapport au nombre de zones isolées.
- Juger si les anomalies et l'isolation thermique générale du bâtiment sont acceptables.

12.3.8.4 *Jugement quantitatif des anomalies thermiques*

Une analyse thermographique peut montrer des différences de températures apparentes pour les zones contenues dans le champ de vision. Cependant, pour qu'une analyse soit exploitable, toutes les défaillances apparentes doivent être systématiquement détectées. Vous devez les évaluer en fonction d'un ensemble de critères pré-établis et résoudre les anomalies qui ne proviennent pas de défaillances réelles. Évaluez les réelles défaillances et communiquez les résultats au client sous forme de rapport.

12.3.8.4.1 Sélection du paramètre de température critique

La feuille d'informations du BRE (British Research Establishment) IP17/01 (Information Paper IP17/01, Assessing the Effects of Thermal Bridging at Junctions and Around Openings. Tim Ward, BRE, 2001) aborde la question des températures minimales internes de surface de niveau acceptable, ainsi que les valeurs du facteur de température de surface critique, f_{CRsi} . L'utilisation d'un facteur de température de surface permet d'effectuer des analyses dans n'importe quelle condition thermique et de montrer les zones qui présentent un risque de condensation ou de moisissure dans certaines circonstances.

La température de surface dépend en grande partie des températures intérieures et extérieures au moment de l'analyse, mais un 'Facteur de température de surface' (f_{Rsi}) permet de ne pas dépendre des conditions absolues. Ce facteur correspond au rapport de la baisse de température dans le matériau du bâtiment par la baisse totale de la température entre l'air intérieur et extérieur.

Pour des analyses internes : $f_{Rsi} = T_{si} - T_e / T_i - T_e$

T_{si} = température de surface interne

T_i = température de l'air interne

T_e = température de l'air externe

Pour f_{CRsi} , 0,75 est la valeur de référence pour les nouveaux bâtiments. En effet, l'utilisation optimale n'entre pas en ligne de compte lors des tests de 'continuité d'isolation' ou de 'pont thermique'. Toutefois, pour les bâtiments rénovés ou prolongés, des piscines par exemple, les analyses internes peuvent être utiles dans des circonstances exceptionnelles.

12.3.8.4.2 Méthode alternative : utilisation des températures de surface uniquement

De nombreuses raisons portent à croire que les analyses basées uniquement sur les températures de surface, c'est-à-dire sans prendre en compte la température de l'air, peuvent être tout à fait fiables.

- Les différentes couches de matériaux contenues dans un bâtiment rendent difficile la mesure des températures de l'air interne : est-ce la température moyenne de l'air, un niveau faible, un niveau élevé ou la température du niveau de l'anomalie ? A quelle distance d'un mur la mesure doit-elle être effectuée ?
- Les effets des rayonnements, comme ceux du ciel en pleine nuit, rendent difficile l'exploitation de la température de l'air externe. Il est courant que la température de surface extérieure d'un bâtiment soit inférieure à celle de la température de l'air. Ce phénomène est causé par les faibles rayonnements qui peuvent descendre

jusqu'à -50°C (-58°F). Ces résultats peuvent être constatés à l'oeil nu : il est fréquent de voir de la rosée ou du givre sur les surfaces de bâtiments, même lorsque la température de l'air ne descend pas en dessous du point de rosée.

- Le concept des valeurs U repose sur les 'températures environnementales' de chaque côté de la structure. Beaucoup d'analystes ont tendance à négliger cet aspect.
- Les deux températures associées au transfert de chaleur à travers le matériau du bâtiment (et tout autre solide) sont les températures de surface de chaque côté d'un bâtiment.
- Par conséquent, les températures de surface permettent plus facilement d'effectuer plusieurs fois l'analyse.
- Les températures de surface utilisées sont les températures de surface moyennes relevées sur le même type de matériau, à l'intérieur et à l'extérieur, et à proximité de l'anomalie. La température de l'anomalie, ainsi qu'un niveau seuil sont définis en fonction de ces températures avec le facteur de température de surface critique.
- Toutefois, le thermographiste doit faire attention aux réflexions d'objets à des températures inhabituelles provenant d'éléments faisant face aux surfaces du bâtiment.
- Le thermographiste doit également comparer les différentes façades extérieures dirigées vers différentes directions pour savoir si une chaleur résiduelle due aux rayonnements solaires pourrait jouer sur les températures des surfaces extérieures.
- Les analyses en extérieur ne doivent pas être effectuées sur une surface dont la valeur du $T_{si} - T_{so}$ est supérieure de plus de 10 % à la valeur du $T_{si} - T_{so}$ du côté nord ou du côté le plus proche du Nord.
- Pour une défaillance entraînant une valeur inférieure à 0,75, valeur de référence du IP17/01, les facteurs de surface critiques seront de 0,78 pour la surface interne et de 0,93 pour la surface externe.

Le tableau ci-dessous répertorie les températures de surface externes et internes au niveau d'une anomalie qui entraînerait une défaillance selon IP17/01. Le tableau rend également compte du niveau de détérioration de l'isolation thermique nécessaire pour causer ce type d'anomalie.

Exemple de revêtement léger mal isolé	Zone bien isolée	Zone mal isolée
Température extérieure en $^{\circ}\text{C}$	0	0
Facteur de surface selon IP17/01	0.95	0,75
Température de surface extérieure en $^{\circ}\text{C}$	0.3	1.5
Facteur de température de surface extérieure critique, d'après IP17/01		0,92
Épaisseur du matériau d'isolation à fournir pour atteindre ce résultat, en mm	80	5,1
Valeur U locale $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	0,35	1,92

Exemple de revêtement léger mal isolé	Zone bien isolée	Zone mal isolée
Température de surface intérieure en °C	19,1	15,0
Facteur de surface UKTA TN1		0,78
Facteur de surface UKTA TN1 en extérieur		0,93

Remarques à propos du tableau

1 Valeurs des résistances de surface prises à partir de ADL2 2001 :

- Surface interne 0,13 m²K/W
- Surface externe 0,04 m²K/W

Source : BS EN ISO 6946 (BN EN ISO 6946:1997 Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method).

2 L'isolation thermique utilisée dans ce cas précis possède une conductivité de 0,03 W/m K.

3 La différence de température entre une anomalie et les zones bien isolées est de 1,2 degrés à l'extérieur et de 4,1 degrés à l'intérieur.

4 Le facteur de température de surface UKTA TN1 pour les analyses internes est de :

$$F_{si} = T_{sia} - T_{so}/T_{si} - T_{so}$$

où :

T_{sia} = température de surface interne sur une anomalie

T_{so} = température de surface externe (zone bien isolée)

T_{si} = température de surface interne (zone bien isolée)

5 Le facteur de température de surface UKTA TN1 pour les analyses externes est de :

$$F_{so} = T_{soa} - T_{si}/T_{so} - T_{si}$$

avec T_{soa} = température de surface externe au niveau de l'anomalie

12.3.8.4.3 Sélection d'une zone maximale de défaillance

La zone maximale de défaillance est une question relevant du contrôle de qualité. On peut avancer qu'aucune zone présentant un fort risque de condensation, de moisissure ou une isolation défaillante ne devrait être tolérée et que toute anomalie de ce type devrait être signalée dans un rapport. Cependant, on tolère généralement une marge de 0,1 % pour les surfaces exposées. Cette valeur correspond à la zone maximale de défaillance acceptée ; elle reste conforme à la réglementation en matière de construction et représente un mètre carré pour mille.

12.3.8.4.4 Mesure d'une température de surface

La mesure d'une température de surface est la fonction même du système d'imagerie infrarouge. Une fois formé, le thermographiste saura reconnaître, argumenter et créer un rapport sur la variation d'émissivité et le pouvoir de réflexion des surfaces étudiées.

12.3.8.4.5 Mesure d'une zone de défaillances

La mesure d'une zone de défaillance peut être effectuée de deux manières : par un comptage des pixels grâce au logiciel d'analyse thermique ou à la plupart des logiciels de feuilles de calculs. Conditions requises :

- la distance entre la caméra et l'objet doit être précisément mesurée à l'aide d'un outil de mesure laser,
- La distance de la cible doit être mesurée en prenant en compte le champ de vision instantané du système d'imagerie,
- la modification de l'angle perpendiculaire entre la caméra et la surface de l'objet doit être justifiée.

Les bâtiments sont constitués de multiples caractéristiques de construction (fenêtres, baies vitrées, luminaires, émetteurs de chaleur, équipement de refroidissement, canalisations et conducteurs électriques), peu propices à la conduite d'une série d'analyses. Toutefois, il est important de considérer les joints et les connexions utilisés pour ces types de construction au cours d'une analyse.

12.3.8.5 Conditions et équipement

Pour conduire la meilleure analyse d'isolation thermique qui soit, il est important de prendre également en compte les conditions ambiantes et d'opter pour la technique thermographique la plus adaptée.

Les anomalies thermiques ne seront détectables qu'aux endroits subissant effectivement des différences de température et où les phénomènes environnementaux sont pris en compte. Voici les conditions minimales pour répondre à ces exigences :

- Les différences de température au sein du bâtiment doivent être supérieures à 10 °C.
- La différence de température entre l'air à l'intérieur et l'air ambiant doit être supérieure à 5 °C durant les dernières vingt-quatre heures précédant l'analyse.
- La température de l'air externe doit être d'environ ± 3 °C le temps de l'analyse, ainsi qu'une heure avant l'analyse.
- La température de l'air externe doit être d'environ ± 10 °C durant les dernières vingt-quatre heures qui précèdent l'analyse.

De plus, les analyses externes doivent être conformes aux critères suivants :

- Les surfaces ne doivent pas être exposées au rayonnement solaire ni aux effets résiduels d'un rayonnement solaire. Pour s'en assurer, le thermographe doit comparer les températures de surface des côtés opposés d'un bâtiment.
- L'analyse ne doit pas être effectuée lorsqu'il pleut ou lorsqu'il vient de pleuvoir.
- Les surfaces du bâtiment à inspecter doivent être parfaitement sèches.
- La vitesse du vent ne doit pas dépasser 10 mètres par seconde.

La température n'est pas la seule condition à prendre en compte lors de la planification de l'analyse thermographique d'un bâtiment. Par exemple, des inspections externes peuvent être influencées par des émissions et des réflexions de rayonnements provenant de bâtiments adjacents ou d'un ciel sans nuage. La chaleur directe du soleil est un facteur encore plus significatif.

En outre, lorsque les températures d'arrière-plan diffèrent de plus de 5 K par rapport à celles de l'air, qu'elles soient relevées en intérieur ou en extérieur, elles doivent être mesurées sur toutes les surfaces affectées afin de permettre une parfaite exactitude du résultat de la température de surface à mesurer.

Pour ce type d'analyse, les caméras infrarouges doivent être dotées d'une résolution suffisamment haute pour pouvoir détecter de petites anomalies à une distance raisonnable. Généralement, les caméras sont équipées de détecteurs de 320×240 (= 76 800) pixels. Pour obtenir des résultats fiables, le nombre total de pixels doit être d'au moins 40 000. La caméra doit avoir une sensibilité de température d'au moins $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (connue sous l'appellation NETD (Noise Equivalent Temperature Difference) ou résolution thermique) pour pouvoir détecter des anomalies comportant des différences de température minimales.

12.3.8.6 Analyse

Voici quelques conseils destinés au thermographe.

L'analyse doit pouvoir rassembler assez d'informations sur les conditions thermiques et démontrer que toutes les surfaces ont été inspectées et s'assurer ainsi que toutes les anomalies thermiques ont fait l'objet d'un rapport et d'une évaluation.

Avant de commencer une analyse thermique, toutes les données environnementales doivent d'abord être collectées :

- Température interne dans la zone de l'anomalie.
- Température externe dans la zone de l'anomalie.
- Emissivité de la surface.
- Température de l'arrière-plan.
- Distance de la surface.

Par interpolation, déterminez la température seuil à utiliser.

- Pour les analyses internes, la température de surface seuil (T_{sia}) est de $T_{sia} = f_{si}(T_{si} - T_{so}) + T_{so}$. Vous devrez alors localiser les zones où la température de surface est inférieure à ce seuil.
- Pour les analyses externes, la température seuil (T_{soa}) est de $T_{soa} = f_{so}(T_{so} - T_{si}) + T_{si}$. Vous devrez alors localiser les zones où la température de surface est supérieure à ce seuil.

Les images des anomalies doivent être exploitables :

- L'image doit respecter la géométrie du mur ou du toit.
- L'angle de vision doit être pratiquement perpendiculaire à la surface photographiée. Les sources d'interférence d'origine infrarouge (lumières, émetteurs de chaleur, conducteurs électriques, éléments réfléchissants) sont ainsi minimisées.

La méthode d'analyse dépend, il est vrai, du logiciel utilisé, mais les étapes principales sont les suivantes :

Obtenir une image de chaque anomalie ou groupe d'anomalies.

- Utiliser un logiciel d'analyse pour insérer la zone d'anomalie dans l'image, en prenant garde de ne pas inclure de détails de construction qui ne concernent pas l'étude.
- Calculer la zone inférieure à la température seuil (pour les analyses internes) ou supérieure à la température seuil (pour les analyses externes). Cette zone constituera la zone de défaillance. Certaines anomalies qui apparaissent lors de l'analyse peuvent ne pas s'afficher à ce stade de l'étude.
- Ajouter les zones de défaillance de toutes les images $\sum A_d$.
- Calculer la surface totale exposée du bâtiment. Cette surface correspond à tous les murs et au toit. On utilise généralement la surface externe. Pour un bâtiment conventionnel, on calcule cette surface à partir de la largeur, de la longueur et de la hauteur totales.
$$A_t = (2h(L + w)) + (Lw)$$
- Identifier la zone de défaillance critique A_c . Dans un premier temps, cette valeur est définie à un millième (soit 0,1 %) de la surface totale.
$$A_c = A_t/1000$$
- Si $\sum A_d < A_c$, on considère que l'intégralité du bâtiment possède une isolation 'raisonnablement continue'.

12.3.8.7 *Rapport*

Les rapports doivent certifier une acceptation ou un refus, être conformes aux exigences du client et inclure au minimum les informations requises et édictées par la norme BEN 13187. Les données suivantes sont obligatoires et permettent de réitérer l'analyse en cas de besoin.

12

- Énoncé de l'objectif et des principes du test.
- Emplacement, orientation, date et heure de l'analyse.
- Référence d'identification unique.
- Nom et qualifications du thermographe.
- Type de construction.
- Conditions météorologiques, vitesse et direction du vent, date de la dernière précipitation, ensoleillement, degré de nébulosité.

- Températures ambiantes à l'intérieur et à l'extérieur avant l'analyse, au début de l'analyse et à chaque capture d'image. La température de l'air, ainsi que la température énergétique doivent également être relevées.
- Signalement de toute modification par rapport aux critères du test.
- Equipement utilisé, date du dernier étalonnage, défaillances connues.
- Nom, affiliation et qualifications de l'opérateur.
- Type, ampleur et situation de chaque défaillance observée.
- Résultats des mesures et recherches complémentaires, le cas échéant.
- Indexation et archivage des rapports par le thermographe.

12.3.8.7.1 *Considérations et limites*

Le choix d'effectuer des analyses internes ou externes repose sur plusieurs facteurs :

- Rendez-vous sur les lieux. Les bâtiments dont les surfaces internes et externes sont peu exposées (faux plafonds, matériels superposés sur les murs, etc.) peuvent ne pas être adaptés à ce type d'analyse.
- Emplacement de l'isolation thermique. Les analyses donnent généralement de meilleurs résultats sur le côté le plus proche de l'isolation thermique.
- Emplacement de matériels lourds. Les analyses donnent généralement de moins bons résultats sur le côté le plus proche du matériel lourd.
- Objectif de l'analyse. Si l'analyse est effectuée dans le but de montrer des risques de condensation et de moisissure, elle doit être interne.
- Emplacement de verre, métal brut et autres matériels hautement réfléchissants. Les analyses donnent généralement de moins bons résultats sur des surfaces hautement réfléchissantes.
- Les défaillances produisent généralement une différence de température moins importante sur la face extérieure d'un mur, exposé aux courants d'air. En revanche, une isolation défaillante ou totalement absente au niveau d'une surface externe sera plus facilement détectable depuis l'extérieur.

12.4 *Clause légale*

12.4.1 **Copyright**

Certaines sections et/ou images qui apparaissent dans ce chapitre sont protégées par des droits d'auteur des sociétés ou entreprises suivantes :

- FORMAS—The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning, Stockholm, Sweden
- ITC—Infrared Training Center, Boston, MA, United States
- Stockton Infrared Thermographic Services, Inc., Randleman, NC, United States
- Professional Investigative Engineers, Westminster, CO, United States
- United Kingdom Thermography Association (UKTA)

12.4.2 **Formation et certification**

Les inspections thermographiques des bâtiments nécessitent une formation et une expérience importantes et éventuellement une certification d'un comité national ou régional de normalisation. Cette section est constituée uniquement d'une introduction à la thermographie du bâtiment. Nous recommandons fortement à l'utilisateur de suivre les formations appropriées.

Pour obtenir des informations sur une formation à la technique infrarouge, veuillez accéder au site Web suivant :

<http://www.infraredtraining.com>

12.4.3 **Code national ou régional du bâtiment**

Les structures des bâtiments commentées dans ce chapitre peuvent différer d'un pays à l'autre du point de vue de la construction. Pour de plus amples informations sur les détails de construction et les procédures normalisées, consultez toujours les codes de bâtiment nationaux ou régionaux.

13 Introduction à l'inspection thermographique des installations électriques

13.1 *Remarque importante*

Certaines fonctions et fonctionnalités de la caméra décrites dans cette section peuvent ne pas être prises en charge par la configuration de votre caméra.

Les réglementations électriques varient d'un pays à un autre. Pour cette raison, il est possible que les procédures électriques contenues dans cette section ne soient pas applicables à votre pays spécifique. En outre, dans de nombreux pays, la réalisation de vérifications électriques requiert des qualifications particulières. Consultez toujours les réglementations électriques nationales ou locales.

13.2 *Informations générales*

13.2.1 Introduction

La thermographie est aujourd'hui une technique courante permettant d'inspecter les installations électriques. Ce type d'inspection demeure le domaine d'application principal de la thermographie. Les caméras infrarouges ont connu un développement extrêmement rapide et les systèmes thermographiques disponibles en sont aujourd'hui à la 8ème génération. Les débuts de la thermographie datent de 1964. La technique a fait ses preuves dans le monde entier. En effet, aussi bien les pays industrialisés que les pays en voie de développement l'ont adoptée.

La thermographie, associée à l'analyse des vibrations, est devenue en quelques décennies la méthode principale utilisée pour détecter les défauts d'une zone d'activité et prévenir ainsi les accidents potentiels. Ces techniques ont en effet l'avantage de ne pas perturber le processus de production puisque les inspections doivent se dérouler dans les conditions de travail normal pour qu'un résultat correct soit garanti. Trois secteurs principaux ont recouru à la thermographie pour l'inspection de leurs installations électriques :

- La production d'énergie
- Le transport d'énergie
- La distribution d'énergie (c'est-à-dire l'utilisation de l'énergie électrique à des fins industrielles).

Les contrôles devant avoir lieu dans des conditions d'activité normales, les tests interviennent naturellement à des périodes différentes pour chaque secteur. Dans les centrales électriques, les mesures sont prises lorsque la charge est élevée. Ces périodes varient selon les pays et les zones climatiques. Elles dépendent également du type d'usine à inspecter (usines hydroélectriques, nucléaires ou produisant des dérivés de charbon ou d'huile).

Dans l'industrie, les inspections ont lieu au printemps ou à l'automne, notamment dans les pays nordiques soumis à des saisons très marquées, ou avant des arrêts prolongés de l'activité. Les réparations se déroulent donc lorsque l'activité est interrompue. Ces tendances semblent cependant s'estomper, des inspections ayant été menées avec des charges et des conditions d'activité variables.

13.2.2 Généralités sur l'équipement

L'équipement à inspecter est doté d'un comportement thermique particulier que le thermographe doit connaître avant de réaliser l'inspection. Lorsqu'il s'agit de matériel électrique, le principe physique expliquant pourquoi les anomalies présentent des températures différentes de la normale est parfaitement connu (en général une résistance ou un courant électrique accru).

Il faut cependant garder à l'esprit que, dans certains cas (les solénoïdes par exemple), la 'surchauffe' est normale et n'est pas un signe de défaillance. Il arrive également, comme pour les connexions au sein d'un moteur électrique, que la pièce saine, en prenant toute la charge, finisse par surchauffer. Pour consulter un exemple similaire, reportez-vous à la section 13.5.7 – Surchauffe d'une pièce résultant de la défaillance d'un autre composant à la page 138.

Les pièces défectueuses de l'équipement électrique peuvent ainsi signaler une surchauffe tout en étant moins chaudes que les composants 'sains'. Il est nécessaire de connaître au préalable les défauts susceptibles de se manifester lors de l'inspection en rassemblant autant d'informations que possible sur l'installation.

En règle générale, néanmoins, les zones chaudes résultent d'une défaillance. La température et la charge du composant concerné lors de l'inspection donnent des indices sur la gravité actuelle et future du défaut.

Pour une évaluation correcte en toute situation, il est impératif de connaître dans les détails le comportement thermique des composants, c'est-à-dire la température maximum autorisée des matériaux concernés et le rôle du composant dans le système.

Les isolations des câbles, par exemple, perdent leurs propriétés isolantes au-delà d'une certaine température, augmentant ainsi le risque d'incendie.

Avec des disjoncteurs, les pièces exposées à une chaleur trop élevée peuvent fondre et rendre impossible l'ouverture du disjoncteur. Il perd alors toute utilité.

La qualité de l'inspection est directement liée aux connaissances de l'opérateur de la caméra infrarouge quant à l'équipement à analyser. Un thermographiste infrarouge ne peut cependant pas connaître en détails chaque type d'équipement. Une personne responsable de l'équipement assiste donc généralement à l'inspection.

13.2.3 Inspection

La préparation de l'inspection comprend le choix du type de support approprié. Des appareils supplémentaires s'avèrent souvent nécessaires (ex. : ampèremètres) pour mesurer le courant présent dans les circuits présentant des défaillances. Si vous voulez mesurer la vitesse du vent lors de l'inspection d'équipements en extérieur, il vous faudra un anémomètre.

Les fonctions automatiques aident l'opérateur à visualiser une image infrarouge des composants en appliquant le contraste adéquat et en permettant ainsi l'identification d'un défaut ou d'une zone chaude. Il est quasiment impossible de rater une zone chaude sur un composant analysé. En outre, une fonction de mesure permet d'afficher le point le plus chaud ou la différence entre les températures maximum et minimum d'une zone définie de l'image, ainsi qu'une température de référence choisie par l'opérateur (la température ambiante par exemple).

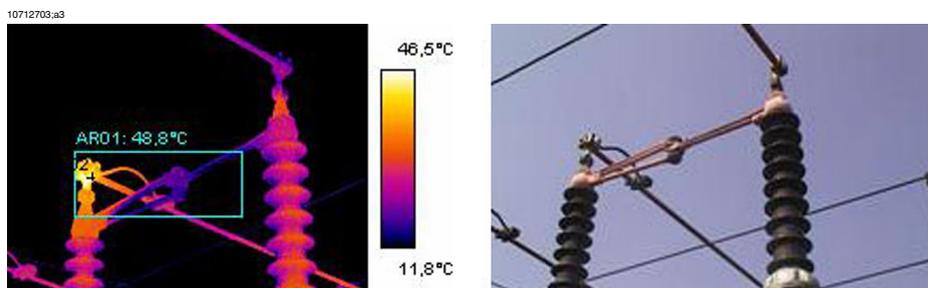


Figure 13.1 Image infrarouge et image normale d'un isolateur de ligne électrique

Lorsque le défaut est clairement identifié et que le thermographiste infrarouge s'est assuré qu'il ne s'agit pas d'une réflexion ou d'une zone chaude normale, la collecte de données commence afin d'effectuer un rapport sur le défaut. En plus de la température mesurée, l'émissivité, l'identification du composant et les conditions de travail sont prises en compte dans le rapport. Pour faciliter l'identification du composant, on prend souvent une photo de la zone présentant une défaillance.

13.2.4 Classification et rapport

Sur l'ensemble de l'analyse infrarouge, la rédaction du rapport est généralement la phase la plus longue. En effet, une inspection réalisée en une journée se traduit souvent par un ou deux jours de travail pour relater et classer les défaillances trouvées.

C'est toujours le cas pour les thermographistes qui n'ont pas mis à profit les progrès qu'ont apportés l'informatique et les logiciels de rapport aux contrôles d'environnement par infrarouge.

La classification des défaillances permet une interprétation plus détaillée, non seulement en prenant en compte la situation au moment de l'inspection (certes essentielle), mais également en offrant la possibilité de normaliser la température posant problème selon les conditions de charge de référence et de température ambiante.

Une surtempérature de +30 °C représente une anomalie importante. Cependant, si deux composants présentent cette surtempérature, l'un doté d'une charge de 100 % l'autre d'une charge de 50 %, il devient alors évident que le second atteindra une température encore plus élevée si sa charge passe de 50 % à 100 %. Ce type de référence dépend des conditions présentes sur le site concerné. En général, les températures sont cependant calculées pour des charges de 100 %. Etablir une référence permet de comparer plus facilement les défauts dans le temps et d'élaborer ainsi une classification plus complète.

13.2.5 Priorité

En se basant sur la classification des défaillances, le responsable de l'entretien attribue ensuite une priorité de réparation aux anomalies relevées. Aux informations rassemblées pendant l'analyse infrarouge viennent s'ajouter des informations complémentaires sur l'équipement, obtenues par d'autres biais (contrôle des vibrations, ultrasons ou maintenance préventive par exemple).

Si l'inspection par infrarouge tend à se généraliser en terme de collecte d'informations sur les composants électriques (rappelons que ces analyses s'effectuent en toute sécurité alors que les installations fonctionnent normalement), il existe néanmoins d'autres sources d'informations dont les responsables entretien ou production doivent tenir compte.

Déterminer le degré de priorité de la réparation n'incombe donc pas à l'opérateur de la caméra infrarouge. Si une situation critique est détectée au cours de l'inspection ou de la classification des défaillances, le responsable entretien doit bien entendu en être averti. Il doit ensuite évaluer l'urgence de la réparation.

13.2.6 Réparation

La fonction principale de la maintenance préventive consiste à réparer les défaillances connus. Mais pour l'équipe chargée de la maintenance, assurer la production dans les temps et au coût approprié représentent également des objectifs importants. Les informations obtenues grâce à l'analyse infrarouge peuvent contribuer à améliorer l'efficacité de la réparation et à atteindre les autres objectifs avec un risque calculé.

Mesurer la température d'une zone présentant une défaillance mais ne pouvant pas être réparée immédiatement (par exemple parce que des pièces détachées ne sont pas disponibles) compense parfois au centuple le coût d'une inspection et parfois même celui de la caméra. Les informations issues d'une analyse infrarouge peuvent également permettre de décider de ne pas réparer des défaillances connues afin d'économiser des coûts d'entretien et d'éviter des périodes d'inactivité inutiles.

Toutefois, lorsqu'un défaut est identifié et classifié, la recommandation la plus courante consiste à le réparer immédiatement ou aussi vite que possible. L'équipe de réparation doit impérativement connaître les principes physiques permettant d'identifier les défaillances. Lorsqu'une zone défaillante présente une température élevée et se trouve dans une situation critique, le personnel chargé de la réparation s'attend souvent à trouver un composant présentant un état de rouille avancé. Or, cette équipe ne devrait pas être surprise qu'une connexion, habituellement saine, puisse présenter, en se desserrant, les même températures élevées qu'une connexion rouillée. De telles erreurs d'appréciation sont assez courantes et risquent de faire douter de la fiabilité de l'analyse infrarouge.

13.2.7 Contrôle

Les composants réparés doivent rapidement faire l'objet d'un contrôle après la réparation. Il ne faut pas attendre la prochaine analyse infrarouge prévue pour la combiner à l'inspection de contrôle des défaillances réparées. Les statistiques disponibles sur les suites des réparations indiquent que jusqu'à un tiers des défaillances réparées présente toujours une surtempérature. Autant dire qu'elles demeurent potentiellement dangereuses.

Attendre la prochaine analyse infrarouge prévue constitue donc un risque inutile pour le site de production.

En plus d'accroître l'efficacité du cycle d'entretien (mesurée en terme de réduction des risques sur le site), le contrôle immédiat des réparations présente d'autres avantages quant à la performance de l'équipe de réparation.

Lorsqu'une zone défectueuse présente toujours une surtempérature après la réparation, le fait d'en déterminer la cause permet d'améliorer le processus de réparation, de choisir les meilleurs fournisseurs et de détecter les défauts de conception de l'installation électrique. L'équipe constate rapidement les résultats de son travail et tire des enseignements aussi bien des réparations réussies que des erreurs commises.

Il est d'autant plus intéressant de doter l'équipe de réparation d'une caméra infrarouge, que la plupart des défaillances détectées au cours des analyses infrarouges présentent une faible gravité. Elles permettent donc de décider de garder ces défaillances

sous surveillance au lieu de les réparer et de perdre du temps prévu pour l'entretien et la production. Voilà pourquoi le personnel d'entretien doit disposer de son propre équipement infrarouge.

On note généralement sur le rapport le type de défaillance observé lors de réparation ainsi que l'action de correction entreprise. Ces observations constituent une source empirique importante qui peut permettre de réduire le stock, de choisir les meilleurs fournisseurs ou de former de nouveaux employés.

13.3 Technique de mesure pour l'inspection thermographique des installations électriques

13.3.1 Configurer correctement l'équipement

Une image thermique peut révéler des variations de température importantes :

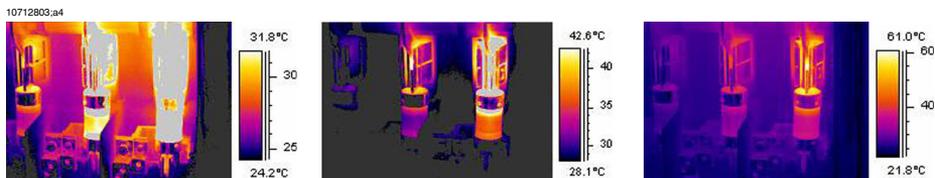


Figure 13.2 Variations de température dans une boîte à fusibles

Dans les images ci-dessus, le fusible de droite atteint une température maximale de 61 °C, celui de gauche de 32 °C et celui du milieu atteint une température maximum comprise entre 32 °C et 61 °C. Ces trois images sont différentes dans la mesure où l'échelle de température ne met en évidence qu'un seul fusible sur chaque image. Il s'agit pourtant toujours de la même image donnant toutes les informations sur les trois fusibles. C'est simplement une question de configuration des valeurs de l'échelle de température.

13.3.2 Mesure de la température

Certaines caméras peuvent trouver automatiquement la température la plus élevée de l'image. L'image ci-dessous montre l'affichage que voit l'opérateur.



Figure 13.3 Image infrarouge d'une boîte à fusibles sur laquelle est affichée la température maximum

La température maximum atteint +62,2 °C. Le repère indique l'emplacement exact de la zone chaude. L'image peut facilement être stockée dans la mémoire de la caméra.

Mais la mesure correcte de la température ne dépend pas uniquement du logiciel ou de la caméra. Il arrive que la défaillance se trouve au niveau d'une connexion, par exemple, inaccessible à la caméra dans sa position actuelle. Vous pouvez être amené à mesurer une chaleur qui a parcouru une certaine distance, tandis que la 'véritable' zone chaude est dissimulée. L'image ci-dessous illustre ce cas de figure.

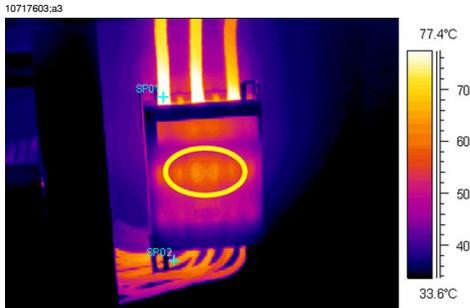


Figure 13.4 Zone chaude dissimulée dans un boîtier

Essayez de filmer sous différents angles et assurez-vous que la zone chaude est bien visible, c'est-à-dire qu'aucun obstacle ne cache le point le plus chaud. Dans cette image, le point le plus chaud accessible à 'l'oeil' de la caméra atteint +83 °C tandis que la température d'exploitation des câbles situés en dessous du boîtier est de +60 °C. Cependant, la véritable zone chaude se trouve probablement à l'intérieur du boîtier, au niveau du cercle jaune. Cette défaillance est indiquée comme présentant une température dépassant de plus de 23 °C la température normale, mais en réalité la zone chaude atteint probablement une température beaucoup plus élevée.

La température d'un objet peut également être sous-estimée à cause d'une mauvaise mise au point. La zone chaude détectée doit impérativement être filmée avec une bonne mise au point. Voir exemple ci-dessous.

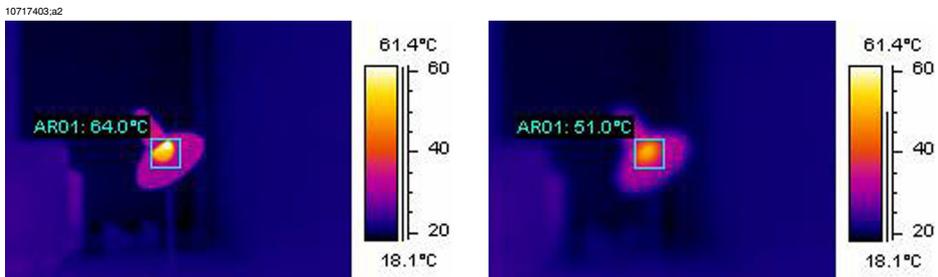


Figure 13.5 A GAUCHE : Une bonne mise au point de la zone chaude ; **A DROITE** : Une mauvaise mise au point de la zone chaude

L'image de gauche présente une bonne mise au point de la lampe. Sa température moyenne atteint +64 °C. L'image de droite présente une mauvaise mise au point de la lampe. La température indiquée n'atteint plus que +51 °C.

13.3.3 Mesure comparative

Une méthode particulière, reposant sur la comparaison de différents objets (la *mesure par comparaison*), est également employée pour l'inspection thermographique des installations électriques. Cette méthode consiste tout simplement à comparer les trois phases entre elles. Les trois phases doivent être analysées en parallèle afin de déterminer si un point diffère du modèle normal de températures.

Un modèle normal de température signifie que la température de service des composants conducteurs actuels apparaît dans une certaine couleur (ou en gris) à l'écran, généralement identique pour les trois phases avec des charges symétriques. Des variations mineures de couleur peuvent se manifester sur l'itinéraire du courant, par exemple à la jonction entre deux matériaux différents, à proximité des conducteurs ou au niveau des disjoncteurs du circuit, là où le circuit est sous boîtier.

L'image ci-dessous comporte trois fusibles présentant des températures très proches les unes des autres. L'isotherme inséré indique une différence de température de +2 °C entre les phases.

On obtient généralement des couleurs différentes quand les phases ont une charge asymétrique. Ces différences ne correspondent pas à une surchauffe étant donné qu'elles ne se manifestent pas localement mais sur l'ensemble de la phase.

10713203.a3

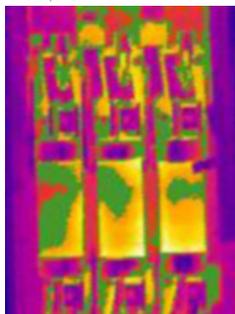


Figure 13.6 Isotherme sur l'image infrarouge d'une boîte à fusibles

En revanche, une 'véritable' zone chaude indique une température croissante quand on s'approche de la source de chaleur. Reportez-vous à l'image ci-dessous. La ligne indique une croissance continue de la température, qui atteint +93 °C au point le plus chaud.

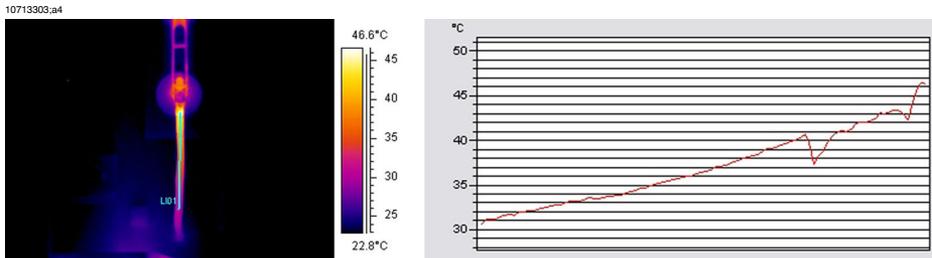


Figure 13.7 Ligne sur une image infrarouge et graphique montrant l'augmentation de la température

13.3.4 Température d'exploitation normale

La mesure de la température par thermographie donne généralement la température absolue de l'objet. Pour évaluer si le composant est trop chaud, il faut connaître sa température d'exploitation, c'est-à-dire sa température normale en tenant compte de la charge et de la température de son environnement.

Étant donné que la mesure directe indique la température absolue devant également être prise en compte (la température de la plupart des composants à une limite supérieure), il est nécessaire de calculer la température d'exploitation escomptée en fonction de la charge et de la température ambiante. Définitions :

- Température d'exploitation : température absolue du composant. Elle dépend de la charge actuelle et de la température ambiante. Elle est toujours supérieure à la température ambiante.
- Température excessive (surchauffe) : différence de température entre un composant fonctionnant correctement et un composant défectueux.

La température excessive correspond à la différence entre la température d'un composant 'normal' et celle de son voisin. Il est important de comparer les mêmes points des différentes phases.

Voir les images suivantes d'une installation extérieure :



Figure 13.8 Image infrarouge d'une installation électrique extérieure (1)

10713503.a4



Figure 13.9 Image infrarouge d'une installation électrique intérieure (2)

Les deux phases de gauche sont considérées comme normales, tandis que celle de droite indique clairement une température excessive. La température d'exploitation de la phase de gauche est de +68 °C, soit une température déjà élevée, tandis que la phase défectueuse affiche une température de +86 °C. On constate donc une température excessive de +18 °C, une défaillance à réparer rapidement.

Pour des raisons pratiques, la température d'exploitation (normale, escomptée) d'un composant correspond à la température des composants d'au moins deux des trois phases, dans la mesure où vous estimez qu'elles fonctionnent normalement. Dans la plupart des cas, les trois phases présentent la même température ou des températures très proches. La température d'exploitation des composants situés à l'extérieur (postes électriques ou lignes électriques) dépasse rarement de plus de 1 °C ou 2 °C la température de l'air. Les températures d'exploitation des postes électriques situés en intérieur varient bien plus.

L'image du bas indique clairement cette variation. Dans ce cas, c'est la phase de gauche qui présente une température excessive. La température d'exploitation obtenue à partir des deux phases 'froides' est de 66 °C. La phase défectueuse présente une température de 127 °C dont il faut s'occuper très rapidement.

13.3.5 Classification des défaillances

Lorsqu'une connexion défectueuse est détectée, des mesures de correction peuvent s'avérer nécessaires (pas systématiquement). Les points suivants doivent être étudiés pour déterminer l'action la plus appropriée :

- Charge lors de la mesure
- Charge stable ou variable
- Emplacement de la pièce défectueuse dans l'installation électrique
- Charge future attendue
- La température excessive est-elle mesurée directement au niveau du point défectueux ou indirectement, par le biais de la chaleur propagée par une défaillance à l'intérieur de l'appareil ?

On divise généralement en trois catégories (100 % de la charge maximum) les températures excessives mesurées sur la pièce défectueuse.

I	< 5 °C	Prémices de la surchauffe. A surveiller avec attention.
II	5-30 °C	Surchauffe évidente. A réparer dans les plus brefs délais (tenez compte de la situation de charge avant de prendre une décision).
III	>30 °C	Surchauffe grave. A réparer immédiatement (tenez compte de la situation de charge avant de prendre une décision).

13.4 Rapport

A l'heure actuelle, les inspections par thermographie d'installations électriques sont pratiquement toutes documentées et rapportées à l'aide d'un programme de rapport. Ces logiciels, qui varient d'un fabricant à l'autre, sont généralement directement adaptés aux caméras et permettent ainsi de réaliser facilement et rapidement des rapports.

La page de rapport ci-dessous a été créée à l'aide du programme ThermaCAM™ Reporter. Il est adapté à plusieurs types de caméras infrarouges FLIR Systems.

Les rapports professionnels se divisent souvent en deux sections :

- Les premières pages rapportant certains faits sur l'inspection, tels que :
 - L'identité du client (par exemple, le nom de l'entreprise cliente et le contact)
 - Le lieu de l'inspection : adresse du site, ville, etc.
 - La date de l'inspection
 - La date du rapport
 - Le nom du thermographe
 - La signature du thermographe
 - Sommaire ou table des matières
- Pages sur l'inspection comportant les images infrarouges permettant d'illustrer et d'analyser les propriétés ou les anomalies thermiques.
 - Identification de l'objet inspecté :
 - Nature de l'objet : désignation, nom, numéro, etc.
 - Photo
 - Image infrarouge. Certains détails doivent être pris en compte lors de la prise d'images infrarouge :
 - Mise au point optique
 - Ajustement thermique de la scène ou du problème (niveau et intervalle)
 - Composition : distance d'observation adéquate et champ de visée.
 - Commentaire
 - Y a-t-il une anomalie ou non ?
 - Y a-t-il réflexion ou non ?
 - Utilisez un outil de mesure —point, zone ou isotherme— pour quantifier le problème. Utilisez l'outil le plus simple. Dans la plupart des cas, un graphique du profil n'est pas nécessaire dans les rapports sur l'électricité.

10713603.a3

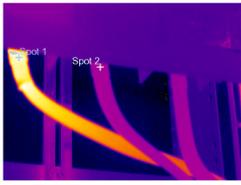
	THERMOGRAPHY INSPECTION for FLIR Systems AB		Date: 2005-10-10 Sign: _____ Contract. : 1708	
Photograph				
	Place	Building 1		
	Localization	Right panel, group 2		
	Equipment	Fuse		
	Model / type	BBC LHBN 250		
	Phase / ID	Supply for Panel 8		
	Room temperature °C	15		
	Status	Over heated		
	Thermogram			
		Temp. Spot 1	34 °C	
		Temp. Spot 2	17 °C	
TEMPERATURE DIFF		17 °C		
Phase		L1	L2	L3
Load (A)		45	47	47
Rated load		250		
Fault class		2		
Comment				
Disconnect cable, clean contact surfaces. Check for connectivity between cable shoe and lead. Replace any defective component. Assemble according to directions with correct torque. Note that load is only 18%. Calculated temperature rise at 50% load would be approximately 104°C. [T50=(T1-T2)*(125/45)*1.6+T2]				
Corrected				
Measure taken: _____		Date: _____		
Sign: _____		Sign.: _____		
Side 1				

Figure 13.10 Exemple de rapport

13.5 Types de zones chaudes d'installations électriques

13.5.1 Réflexions

La caméra thermographique perçoit tous les rayonnements qui pénètrent l'objectif, non seulement ceux provenant de l'objet que vous observez, mais également les rayonnements qui émanent d'autres sources et qui sont réfléchis par la cible. En règle générale, et bien qu'invisibles à l'oeil nu, les composants électriques se comportent comme des miroirs vis-à-vis du rayonnement infrarouges. Les pièces en métal sont très brillantes, à l'inverse des pièces peintes ou isolées au plastique ou au caoutchouc, qui le sont très rarement. L'image ci-dessous montre clairement une réflexion du thermographiste. Il ne s'agit en aucun cas d'une zone chaude au niveau de l'objet. Le meilleur moyen pour déterminer s'il s'agit d'une réflexion ou non consiste à se déplacer. Regardez la cible depuis un autre angle et observez la 'zone chaude'. Si elle se déplace en même temps que vous, il s'agit d'une réflexion.

Mesure de la température des zones de réflexion est impossible. L'objet des images ci-dessous comprend des zones peintes adaptées à la mesure de température. Il s'agit d'un objet en cuivre, un très bon conducteur de chaleur. Cela signifie que la variation de température à la surface est peu importante.

10717503.a2

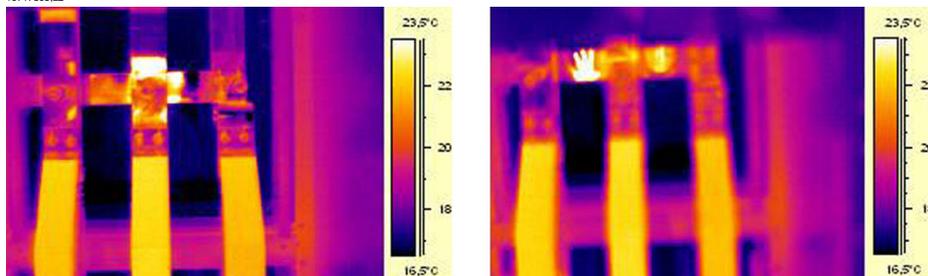


Figure 13.11 Réflexions sur un objet

13.5.2 Chaleur solaire

Un jour d'été particulièrement chaud, la surface d'un composant doté d'une émissivité élevée, par exemple un disjoncteur, peut atteindre des températures considérables du simple fait du rayonnement solaire. L'image présente un disjoncteur qui a chauffé au soleil.

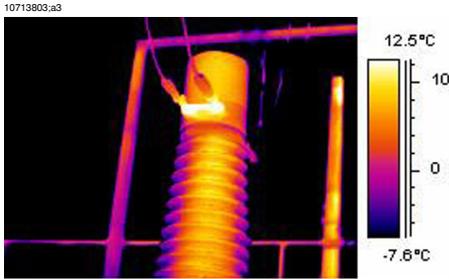


Figure 13.12 Image infrarouge d'un disjoncteur

13.5.3 Chaleur inductive

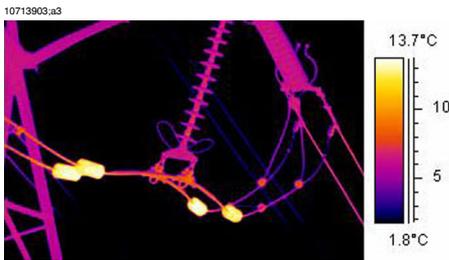


Figure 13.13 Image infrarouge de poids stabilisateurs chauds

Le courant de Foucault peut générer une zone chaude dans le circuit. Avec des courants de haute intensité et la présence d'autres métaux à proximité, ce type d'incident a déjà causé de graves incendies. De telles hausses de la chaleur touchent les matériaux magnétiques situés autour du circuit, tels que les bases métalliques des isolateurs de traversée. L'image ci-dessus présente des poids stabilisateurs traversés par un courant de haute intensité. Ces poids en métal, fabriqués à partir d'un matériau légèrement magnétique, ne conduisent pas le courant mais sont exposés à des champs magnétiques alternatifs susceptibles de les faire chauffer. La surchauffe qui apparaît à l'image est inférieure à +5 °C. Elle peut cependant être bien plus importante.

13.5.4 Variations de charge

Les appareils électriques sont généralement dotés de systèmes triphasés. Lorsque vous recherchez les emplacements victimes de surchauffes, il est facile de comparer directement les trois phases entre elles, par exemple câbles, disjoncteurs et isolateurs. Une charge stable par phase doit engendrer un modèle de température uniforme pour les trois phases. On peut soupçonner la présence d'une défaillance lorsqu'une phase présente une température très différente de celles des deux autres. Assurez-vous toujours que la charge est uniformément répartie. Pour cela, vous pouvez utiliser un ampèremètre fixe ou une pince ampèremétrique (jusqu'à 600 A).

10714003.a3

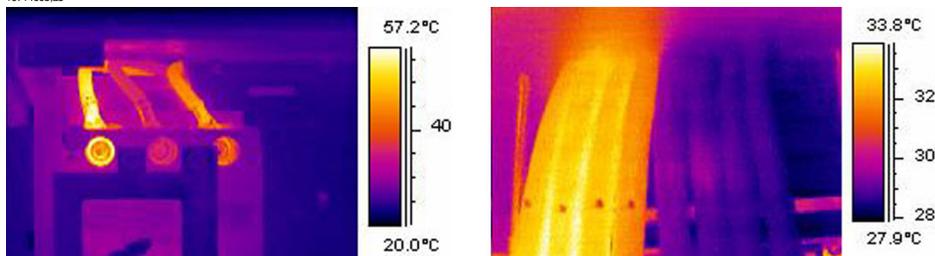


Figure 13.14 Exemples d'images infrarouges de variations de charge

L'image de gauche est composée de trois câbles les uns à côté des autres. Ils sont si éloignés qu'ils peuvent être considérés comme isolés les uns des autres. Le câble du milieu est moins chaud que les autres. A moins que deux phases ne soient défectueuses, il s'agit là d'un exemple typique de charge asymétrique. La température est répartie uniformément le long des câbles, ce qui indique que la hausse de la température est davantage liée à la charge qu'à une connexion défectueuse.

L'image de droite est composée de deux faisceaux présentant des charges très différentes. Le faisceau de droite supporte une charge infime. Le faisceau supportant une charge considérable fait presque 4 °C de plus que son voisin. Ces exemples ne présentent aucune défaillance.

13.5.5 Conditions variables de refroidissement

10714103.a3

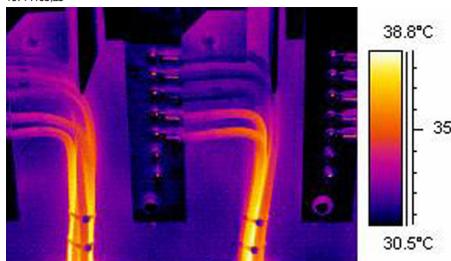


Figure 13.15 Image infrarouge de câbles en faisceau

Lorsque des câbles sont rassemblés en faisceau, les câbles situés au centre refroidissent mal et peuvent atteindre des températures très importantes. Voir images ci-dessus.

Aucune surchauffe n'affecte les câbles situés sur la droite de l'image, au niveau des fixations. En revanche, au niveau de la partie verticale du faisceau, les câbles sont maintenus fermement ensemble et refroidissent donc mal. La convection ne permet pas de dissiper la chaleur et les câbles sont soumis à une chaleur beaucoup plus importante : environ 5 °C de plus que la partie des câbles la mieux refroidie.

13.5.6 Variations de la résistance

Les surchauffes ont des causes multiples. Les plus courantes sont présentées ci-dessous.

Une pression faible peut être induite par diverses causes. Elle peut se manifester lors de la mise en place du joint, en raison de l'usure de l'équipement (diminuant la tension du ressort), de l'usure des fils au niveau des écrous et des boulons ou même de l'application d'une trop grande force au moment de la mise en place. En étant soumis à des températures et des charges toujours plus importantes, les matériaux atteignent leur limite d'élasticité. Une fois ce point dépassé, la tension s'affaiblit.

L'image de gauche, ci-dessous, montre un mauvais contact dû à une fixation desserrée. Ce mauvais contact étant très localisé, seule une zone limitée subit une surchauffe, à partir de laquelle la chaleur se diffuse régulièrement le long du câble. Notez la faible émissivité de la vis qui paraît légèrement moins chaude que l'isolation du câble dotée d'une forte émissivité.

L'image de droite présente une autre situation de surchauffe, également due à une connexion desserrée. Il s'agit d'une connexion en extérieur. Elle est donc exposée aux effets refroidissants du vent et la surchauffe aurait probablement atteint une température plus élevée si le dispositif s'était trouvé dans un bâtiment.

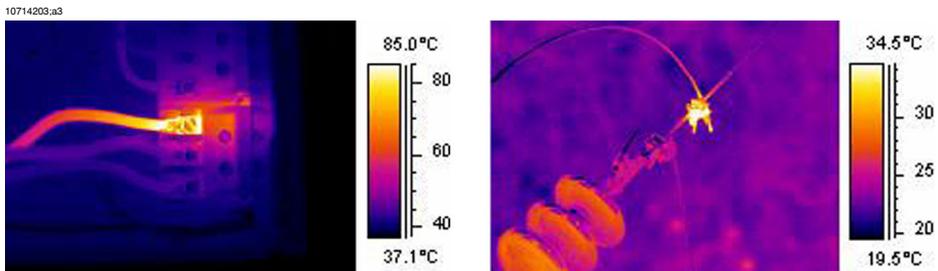


Figure 13.16 A GAUCHE :Image infrarouge montrant un mauvais contact dû à une fixation desserrée ; **A DROITE** : Connexion extérieure desserrée, exposée à l'effet refroidissant du vent.

13.5.7 Surchauffe d'une pièce résultant de la défaillance d'un autre composant

Une pièce peut parfois subir une surchauffe alors que son état est normal. En effet, deux conducteurs peuvent partager la charge. L'un des conducteurs a une résistance accrue, tandis que l'autre est normal. Le composant défaillant transporte donc une charge moindre et l'autre doit supporter une charge plus importante, potentiellement excessive, qui est responsable de l'augmentation de la température. Voir l'image.

10714303.a3

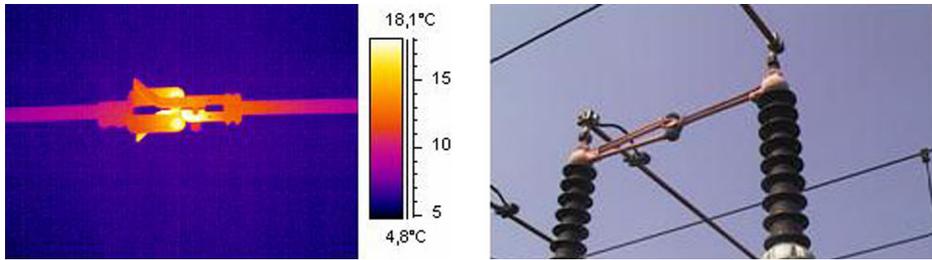


Figure 13.17 Surchauffe d'un disjoncteur

La surchauffe de ce disjoncteur est probablement due à un mauvais contact de la patte la plus proche du contacteur. La patte éloignée supporte plus de courant et chauffe. Il ne s'agit pas du même composant sur les deux images (ils sont cependant similaires).

13.6 Facteurs parasites lors de l'inspection thermographique d'installations électriques

Dans le cadre de l'inspection par thermographie de divers types d'installations électriques, les résultats de l'analyse sont souvent influencés par des facteurs parasites tels que le vent, la distance de l'objet, la pluie ou la neige.

13.6.1 Vent

Lors d'inspections en extérieur, l'effet refroidissant du vent doit être pris en compte. Une surchauffe mesurée alors que la vitesse du vent est de 5 m/s (10 nœuds) sera environ deux fois plus importante si la vitesse du vent est de 1 m/s (2 nœuds). Une température excessive mesurée alors que la vitesse du vent est de 8 m/s (16 nœuds) sera environ deux fois et demies plus importante si la vitesse du vent est de 1 m/s (2 nœuds). Ce coefficient de correction, basé sur des mesures empiriques, n'est généralement applicable que jusqu'à 8 m/s (16 nœuds).

Il est cependant parfois nécessaire de procéder à des inspections même si le vent est supérieur à 8 m/s (16 nœuds). La planète regorge d'endroits exposés au vent (îles, montagnes, etc.). Mais il est important de savoir que les composants victimes d'une surchauffe indiqueraient une température largement supérieure si le vent soufflait moins fort. Il est possible d'établir une liste de ce coefficient de correction empirique.

Vitesse du vent (m/s)	Vitesse du vent (nœuds)	Coefficient de correction
1	2	1
2	4	1.36
3	6	1.64
4	8	1.86
5	10	2.06
6	12	2.23
7	14	2.40
8	16	2.54

13 La surchauffe multipliée par le coefficient de correction donne la température excessive en l'absence de vent, c'est à dire à 1 m/s (2 nœuds).

13.6.2 Pluie et neige

La pluie et la neige exercent également un effet refroidissant sur les équipements électriques. Les mesures par thermographie fournissent néanmoins des résultats satisfaisants dans le cas de chutes de neige légères (neige sèche) ou de bruine. En revanche, dans le cas de chutes de neige ou de pluie importantes, la qualité de l'image est détériorée et des mesures fiables ne sont plus possibles. En effet, le rayonnement infrarouge ne peut pas atteindre sa cible en cas de chutes de neige ou de pluie importantes. On mesurera alors davantage la température des flocons ou des gouttes de pluie que celle de l'élément visé.

13.6.3 Distance de l'objet

Cette image a été prise depuis un hélicoptère, à une distance de 20 mètres de la connexion défailante. Par erreur, la distance a été configurée sur 1 mètre et la température mesurée est de 37,9 °C. L'image de droite indique la valeur mesurée après que la distance a été définie sur 20 mètres. La température corrigée est de 38,8 °C. Si la différence n'est pas très importante, elle peut néanmoins faire varier la classe de gravité de la défaillance. Le paramètre de distance ne doit en aucun cas être négligé.

10714403.a3

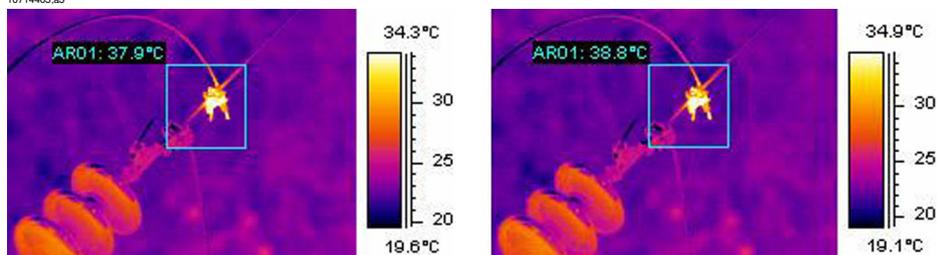


Figure 13.18 A GAUCHE : Paramètre de distance incorrect ; **A DROITE** : Paramètre de distance correct

Les images ci-dessous montrent les relevés de température d'un corps noir à +85 °C, à différentes distances.

10714503.a3

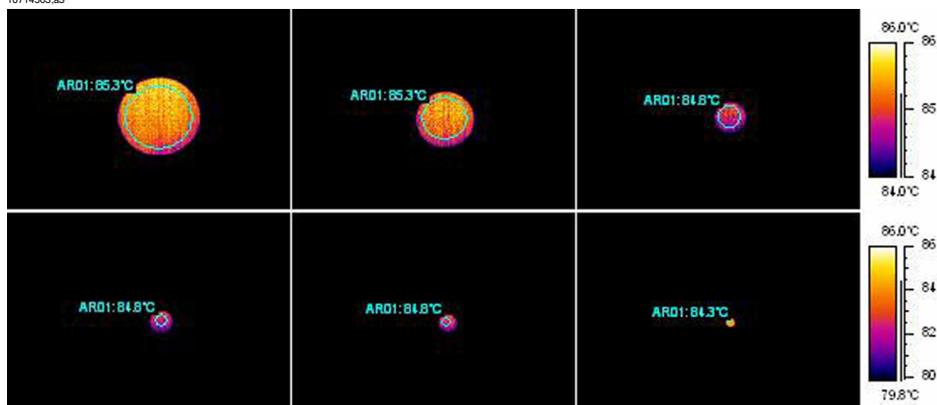


Figure 13.19 Relevés de température d'un corps noir à +85 °C, à différentes distances.

Les températures moyennes mesurées sont de gauche à droite, +85,3 °C, +84,8 °C, +84,8 °C, +84,8 °C et +84,3 °C, pour un corps noir à +85 °C. Les thermogrammes sont pris avec un objectif de 12 mm. Les distances sont respectivement de 1, 2, 3, 4, 5 et 10 mètres. La correction de la distance a été correctement définie et donne de bons résultats parce que l'objet est de taille suffisante.

13.6.4 Taille de l'objet

La seconde série d'image ci-dessous, montre le même processus, mais avec un objectif normal de 24 mm. Les températures moyennes mesurées du corps noir de 85 °C correspondent à : +84,2 °C, +83,7 °C, +83,3 °C, +83,3 °C, +83,4 °C et +78,4 °C.

La dernière valeur (+78,4 °C) correspond à la température maximum, car il n'était plus possible de placer un cercle dans l'image du corps noir, désormais réduite au maximum. Il n'est pas possible de mesurer des valeurs correctes quand l'objet est trop petit. La distance a bien été définie à 10 mètres.

10714603.a3

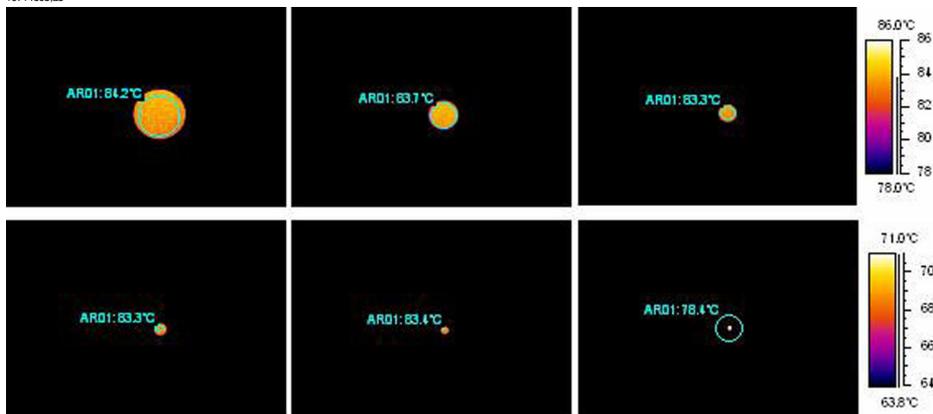


Figure 13.20 Relevés de température d'un corps noir à +85 °C, à une distance croissante (objectif de 24 mm).

Pour obtenir une mesure correcte de la température, l'objet ne doit pas être inférieur à la taille minimum spécifiée. Toutes les caméras FLIR Systems indiquent cette taille minimum à l'intention de l'utilisateur. Ci-dessous, l'illustration de ce que vous verrez dans le viseur de la caméra 695. Le repère comporte une ouverture en son milieu (détails sur l'image de droite). La taille de l'objet doit être supérieure à cette ouverture, sans quoi le rayonnement émis par les objets avoisinants (qui sont bien plus froids) seront pris en compte lors de la mesure et réduiront la température relevée. Dans le cas présenté ci-dessus, l'objet a une forme de point et est bien plus chaud que son environnement. Le relevé de température sera trop bas.

10714703.a3

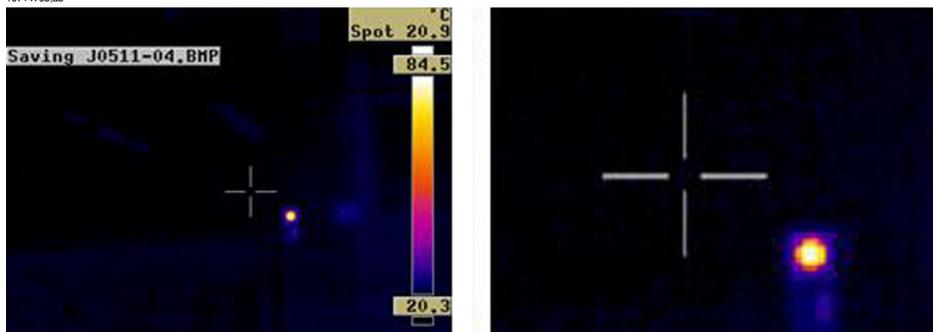


Figure 13.21 Image du viseur d'une ThermoCAM 695

Ce résultat est dû à des imperfections optiques et à la taille des éléments du détecteur. C'est un inconvénient que présentent toutes les caméras infrarouges et qui ne peut être évité.

13.7 **Conseils pratiques**

En utilisant votre caméra, vous découvrirez des détails qui faciliteront votre travail. En voici cinq pour commencer.

13.7.1 **Chaud et froid**

Vous avez utilisé la caméra en extérieur par +5 °C. Vous devez maintenant poursuivre l'inspection à l'intérieur. Si vous portez des lunettes, vous avez l'habitude d'en essuyer la condensation lorsque vous passez d'un endroit froid à un endroit chaud. C'est exactement la même chose pour la caméra. Pour une mesure correcte, vous devez attendre que la caméra se réchauffe suffisamment pour que la condensation s'évapore. Cela permet également au système interne de compensation de la température de s'adapter aux nouvelles conditions de travail.

13.7.2 **Averses**

S'il commence à pleuvoir, ne procédez pas à l'inspection. L'eau modifie largement la température de surface de l'objet que vous analysez. Cependant, on est parfois contraint d'utiliser la caméra malgré les averses ou les projections d'eau. Dans ce cas, protégez votre caméra à l'aide d'un simple sac polyéthylène transparent. Vous pouvez corriger l'atténuation que provoque le sac en plastique en ajustant la distance de l'objet jusqu'à ce que le relevé de température soit identique à celui obtenu sans le sac. Certains modèles de caméra sont dotés d'une **Transmission optique externe**.

13.7.3 **Emissivité**

Vous devez déterminer l'émissivité du matériau que vous mesurez. Vous ne trouverez pas les valeurs correspondantes sous forme de tableau. Utilisez de la peinture noire optique, de la Nextel Black Velvet. Recouvrez en une petite partie du matériau qui vous intéresse. L'émissivité de la peinture optique est normalement de 0,94. Rappelez-vous que la température de l'objet doit être différente (en générale supérieure) de la température ambiante. Plus cette différence est importante, plus l'émissivité pourra être calculée avec précision. Elle doit être d'au moins 20 °C. Il existe d'autres peintures qui supportent des températures très élevées (jusqu'à 800 °C). Cependant, leur émissivité est susceptible d'être inférieure à celle de la peinture noire optique.

Il n'est pas toujours possible de peindre l'objet à mesurer. Dans ce cas, vous pouvez utiliser du ruban adhésif. Un morceau de ruban adhésif fin dont vous avez déterminé l'émissivité au préalable fonctionne en général très bien. Vous pouvez ensuite le retirer sans endommager l'objet de votre analyse. Attention, certains rubans adhésifs sont semi-transparents et donc peu adaptés à ce type d'utilisation. Nous vous conseillons d'utiliser le ruban adhésif Scotch pour extérieur et températures inférieures à 0 °C.

13.7.4 Température apparente réfléchie

Plusieurs sources de chaleurs ont une influence sur votre mesure. Il vous faut la valeur correcte de la température apparente réfléchie, afin de configurer la caméra et d'obtenir la meilleure correction possible. Pour ce faire : définissez l'émissivité à 1,0. Réglez l'objectif de la caméra pour effectuer la mise au point, puis sauvegardez une image en tournant le dos à l'objet. A l'aide de la zone ou de l'isotherme, déterminez la valeur la plus probable correspondant à la moyenne de l'image et entrez cette valeur sur la caméra pour la température apparente réfléchie.

13.7.5 Objet trop éloigné

Vous vous demandez si votre caméra mesure correctement à la distance actuelle. La méthode empirique consiste à multiplier le champ de vision instantané (IFOV) par 3. Le champ de vision instantané correspond au détail de l'objet vu par un seul élément du détecteur. Par exemple : 25 degrés correspondent à environ 437 mrad. Si votre caméra a une image de 120×120 pixels, le champ de vision instantané devient $437/120 = 3,6$ mrad (3,6 mm/m) et le rapport de taille du repère est d'environ $1000/(3 \times 3,6) = 92,1$. Cela signifie qu'à une distance de 9,2 mètres, votre cible doit mesurer au moins 0,1 mètre ou 100 mm de large. Mieux vaut alors être prudent et se placer à moins de 9 mètres de l'objet. A 7 ou 8 mètres, votre mesure devrait être correcte.

LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

14 A propos de la sortie FLIR Systems

FLIR Systems a été fondée en 1978 comme pionnier du développement de systèmes d'imagerie infrarouge hautes performances et est aujourd'hui leader mondial dans le domaine de la conception, de la fabrication et de la commercialisation de systèmes d'imagerie thermique destinés à un vaste champ d'applications commerciales, industrielles et gouvernementales. Aujourd'hui, FLIR Systems inclut l'historique de quatre grandes sociétés jalonné de réalisations exceptionnelles dans le domaine de la technologie infrarouge depuis 1965—la société suédoise AGEMA Infrared Systems (auparavant nommée AGA Infrared Systems), et les trois sociétés américaines Indigo Systems, FSI et Inframetrics.

10722703.a1



Figure 14.1 A GAUCHE : Thermovision® modèle 661 de 1969. La caméra pesait environ 25 kg, l'oscilloscope 20 kg, le trépied 15 kg. L'opérateur a également utilisé un groupe électrogène de 220 V CA et un récipient de 10 l d'azote liquide. A gauche de l'oscilloscope, on distingue le Polaroid (6 kg). **A DROITE :** InfraCAM de 2006. Poids : 0,55 kg, batterie comprise.

La société a vendu plus de 40 000 caméras infrarouges dans le monde, destinées à des applications telles que la maintenance conditionnelle, la recherche et le développement, les essais non destructifs, la surveillance et l'automatisation, la vision industrielle, etc.

FLIR Systems possède trois sites de fabrication implantés aux Etats-Unis (Portland, OR, Boston, MA, Santa Barbara, CA) et un en Suède (Stockholm). La société possède également des antennes commerciales en Allemagne, en Belgique, au Brésil, en

Chine, aux Etats-Unis, en France, en Grande-Bretagne, à Hong Kong, en Italie, au Japon et en Suède —dotées d'un réseau mondial d'agents et de distributeurs— qui permettent de servir nos clients partout dans le monde.

FLIR Systems fait preuve d'une innovation leader dans le secteur des caméras infrarouges. Nous anticipons la demande du marché en améliorant les caméras déjà proposées et en développant de nouveaux modèles. La société fut la première à développer une caméra portable fonctionnant sur batterie et destinée aux inspections industrielles ainsi qu'une caméra infrarouge non refroidie, pour ne mentionner qu'elles.

FLIR Systems gère elle-même la fabrication de tous les composants électroniques et mécaniques de ses caméras. De la conception et de la fabrication du détecteur jusqu'au tests finaux et à l'étalonnage, en passant par les objectifs et les systèmes électroniques, toutes les étapes de la production s'effectuent sur site et sont supervisées par nos propres ingénieurs. Nos spécialistes ont une parfaite maîtrise de la technologie infrarouge, ce qui permet de garantir une précision et une fiabilité totales de tous les principaux composants qu'abrite une caméra infrarouge.

14.1 Bien plus qu'une simple caméra infrarouge

Chez FLIR Systems, nous savons que notre travail ne s'arrête pas à la fabrication de systèmes de caméras infrarouges, aussi performants soient-ils. L'intégration d'un logiciel au système de caméra infrarouge permet de stimuler la productivité de leurs détenteurs. Des logiciels spécialement conçus pour la maintenance conditionnelle, la recherche et le développement et la surveillance ont été développés par nos ingénieurs. La plupart des logiciels sont disponibles en plusieurs langues.

Nos caméras infrarouges sont fournies avec des accessoires pour que votre équipement puisse s'adapter aux applications infrarouges les plus pointues.

14.2 Communiquer notre savoir

Nos caméras sont conçues pour offrir un maximum de convivialité à leurs utilisateurs. Malgré tout, la thermographie est plus complexe que la simple manipulation d'une caméra. C'est pourquoi, FLIR Systems a créé l'ITC (Infrared Training Center), un service de l'entreprise qui dispense une formation certifiée. En participant à nos cours de formation, vous pourrez réellement améliorer vos connaissances.

L'équipe de l'ITC se met également à votre disposition pour vous assister lorsque vous passez de la théorie à la pratique.

14.3 L'assistance clientèle

FLIR Systems gère un réseau international de services pour garantir le fonctionnement de votre caméra. En cas de problème, le centre de services le plus proche mobilisera toutes ses ressources matérielles et intellectuelles pour résoudre l'incident le plus vite possible. Nul besoin de renvoyer votre caméra à l'autre bout du monde ou d'essayer de résoudre votre problème avec quelqu'un qui ne parle pas votre langue.

14.4 Nos installations en image

10401303.a1

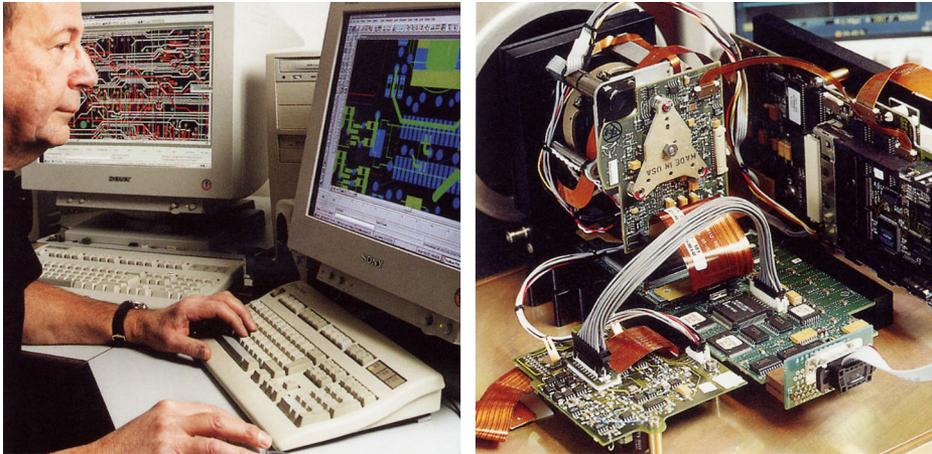


Figure 14.2 A GAUCHE : développement de systèmes électroniques ; **A DROITE** : test d'un détecteur FPA.

10401403.a1

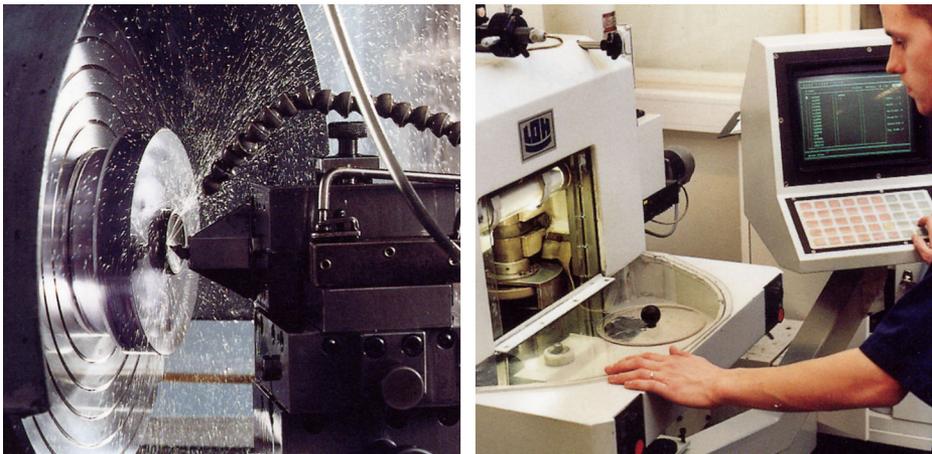


Figure 14.3 A GAUCHE : tour à diamant ; **A DROITE** : polissage d'objectif.

10401503.a1



Figure 14.4 A GAUCHE : tests de caméras infrarouges en chambre climatique ; **A DROITE** : robot pour tests d'étalonnages de caméras.

15 Historique de la technologie infrarouge

Il y a moins de 200 ans, l'existence de la partie infrarouge du spectre électromagnétique était totalement inconnue. Le spectre infrarouge, ou plus simplement 'l'infrarouge', défini à l'origine comme une forme de rayonnement thermique est certainement moins abstrait aujourd'hui qu'à l'époque de sa découverte par Herschel en 1800.

10398703.a1



Figure 15.1 Sir William Herschel (1738–1822)

Cette découverte a été faite par hasard lors de recherches sur un nouveau matériel optique. Sir William Herschel (astronome auprès du Roi d'Angleterre Georges III et également célèbre pour avoir découvert la planète Uranus) était à la recherche d'un filtre optique permettant de réduire la luminosité produite par le soleil dans les télescopes lors d'observations solaires. Alors qu'il procédait à divers essais avec des échantillons de verre permettant d'obtenir une réduction de luminosité similaire, il fut intrigué par le fait que certains échantillons laissaient passer peu de chaleur solaire tandis que d'autres en laissaient passer tellement que des dommages oculaires pouvaient se produire après seulement quelques secondes d'observation.

Herschel fut rapidement convaincu de la nécessité de mettre en place une expérience méthodique, susceptible de mettre en évidence le matériau permettant d'obtenir la réduction de luminosité voulue ainsi qu'une réduction maximale de la chaleur. Il basa d'abord son expérience sur celle du prisme de Newton, mais en se concentrant plus sur l'effet de la chaleur que sur la diffusion visuelle de l'intensité au sein du spectre. Il noircit le tube d'un thermomètre au mercure avec de l'encre pour l'utiliser en tant que détecteur de rayonnement et procéda ainsi à des tests sur les effets de la chaleur produits sur une table par les diverses couleurs du spectre en laissant passer les rayons du soleil par un prisme de verre. D'autres thermomètres placés en dehors des rayons du soleil servaient de contrôle.

Lorsqu'il déplaçait lentement le thermomètre noirci le long des couleurs du spectre, la température indiquait une augmentation constante de l'extrémité violette à l'extrémité rouge. Ce qui n'était pas totalement inattendu puisque le chercheur italien, Landriani observa le même effet lors d'une expérience similaire en 1777. Ce fut pourtant Herschel qui mit le premier en évidence l'existence supposée d'un point auquel la production de chaleur est au maximum, mais les mesures confinées à la partie visible du spectre ne permettaient pas de localiser celui-ci.

10398903.a.1



Figure 15.2 Marsilio Landriani (1746–1815)

En déplaçant le thermomètre dans la région sombre située après l'extrémité rouge, Herschel constata encore une augmentation de chaleur. Le point maximum, une fois découvert, se situait bien après l'extrémité rouge : dans ce qui est aujourd'hui connu sous le nom de "longueur d'onde infrarouge".

Lorsque Herschel révéla cette découverte, il fit mention de "spectre thermométrique" pour parler de cette nouvelle portion du spectre électromagnétique. Il se référait au rayonnement en lui-même en l'appelant parfois "chaleur noire", ou plus simplement "rayons invisibles". Ironiquement, et contrairement à la croyance populaire, ce n'est pas Herschel qui est à l'origine du terme "infrarouge". Ce terme n'est apparu dans les écrits que 75 ans plus tard, et son auteur n'est toujours pas clairement déterminé aujourd'hui.

Le fait qu'Herschel utilise du verre dans le prisme souleva rapidement des controverses chez ses contemporains qui mirent en doute la réelle existence de la longueur d'onde infrarouge. Divers experts utilisèrent plusieurs types de verre pour tenter de confirmer le travail d'Herschel et obtenaient d'autres transparences dans l'infrarouge. Grâce à ses anciennes expériences, Herschel connaissait la transparence limitée du verre par rapport au rayonnement thermique fraîchement découvert, et fut bien obligé d'en conclure que les dispositifs optiques pour l'infrarouge seraient probablement réservés exclusivement aux éléments réfléchissants (par ex. miroirs plan ou courbe). Fort heureusement, cela ne s'avéra vrai que jusqu'en 1830. C'est à cette époque que le chercheur Italien, découvrit que le chlorure de sodium naturel (NaCl), présent dans

un nombre suffisant de cristaux naturels pour pouvoir en faire des lentilles et des prismes, était remarquablement transparent à l'infrarouge. Le chlorure de sodium devint de ce fait le principal matériau utilisé dans l'optique infrarouge durant tout le siècle qui suivit et ne fut détrôné que dans les années 30 par les cristaux synthétiques dont on maîtrisait de mieux en mieux la croissance.

10389103.a1



Figure 15.3 Macedonio Melloni (1798–1854)

Les thermomètres restèrent l'instrument de détection du rayonnement par excellence jusqu'en 1829, année lors de laquelle Nobili inventa le thermocouple. (Le thermomètre de Herschel pouvait indiquer des variations de température allant jusqu'à $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,036\text{ }^{\circ}\text{F}$), et les modèles ultérieurs pouvaient indiquer des variations allant jusqu'à $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0,09\text{ }^{\circ}\text{F}$). Un palier majeur fut franchi lorsque Melloni brancha plusieurs thermocouples en série pour former la première pile thermoélectrique. Ce nouvel appareil était au moins 40 fois plus sensible que les meilleurs thermomètres de l'époque destinés à la détection du rayonnement calorifique et était en mesure de détecter la chaleur émise par une personne dans un rayon de trois mètres.

La première "Image thermique" a pu être prise en 1840, suite aux recherches de Sir John Herschel, fils de l'inventeur de l'infrarouge et lui-même célèbre astronome. Basé sur l'évaporation différentielle d'une fine pellicule d'huile exposée à une forme de chaleur concentrée sur celle-ci, l'image thermique est rendue visible par la réflexion de la lumière à l'endroit où les effets d'interférence de la pellicule d'huile permettent à l'oeil humain de distinguer une image. Sir John tenta également d'obtenir le premier enregistrement d'une image thermique sur papier, ce qu'il appela un "thermographe".

10389003.a2



Figure 15.4 Samuel P. Langley (1834–1906)

Peu d'améliorations furent apportées à la sensibilité des détecteurs infrarouges. Un autre palier décisif fut franchi par Langley en 1880, avec l'invention du bolomètre. Celui-ci est formé par un mince ruban de platine noirci branché au connecteur d'un pont de Wheatstone sur lequel le rayonnement infrarouge est concentré et un galvanomètre sensible branché sur l'autre connecteur. Cet instrument était sensé détecter le rayonnement émis par une vache dans un rayon de 400 mètres.

Un scientifique anglais, Sir James Dewar, fut le premier à utiliser les gaz liquéfiés comme agents refroidissant (comme par exemple, l'azote liquide avec une température de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-320,8\text{ }^{\circ}\text{F}$)) dans le domaine de la recherche sur les basses températures. En 1892, il inventa un récipient isolant unique dans lequel il était possible de stocker des gaz liquéfiés pendant des jours. Notre 'bouteille thermos', utilisée pour stocker des boissons chaudes ou froides, est fondée sur le principe de cette invention.

Entre 1900 et 1920, les inventeurs du monde entier "découvrent" l'infrarouge. De nombreux brevets furent déposés pour des appareils permettant de détecter les personnes, l'artillerie, les avions, les bateaux et même les icebergs. Les premiers systèmes opérationnels, au sens moderne du terme, furent développés durant la guerre 1914–18, lorsque les programmes de recherche des belligérants étaient concentrés sur l'exploitation militaire de l'infrarouge. Ces programmes comprenaient des systèmes expérimentaux pour la détection d'intrusions ennemies, l'analyse de la température à distance, la protection des transmissions et le guidage de roquettes. Un système de recherche infrarouge testé durant cette période était en mesure de détecter un avion à une distance de 1,5 km (0,94 miles) et une personne à plus de 300 mètres (984 pieds).

Les systèmes les plus sensibles de l'époque étaient tous basés sur diverses variantes du bolomètre, mais la période de l'entre-deux-guerres vit le développement de deux nouveaux détecteurs infrarouges révolutionnaires : le convertisseur d'images et le détecteur photoélectrique. Dans un premier temps, le convertisseur d'images retint

l'attention des militaires car il permettait pour la première fois à un observateur de voir littéralement dans le noir. Cependant, la sensibilité du convertisseur d'images était limitée aux ondes infrarouges proches, et les cibles militaires les plus intéressantes (par ex. des soldats ennemis) devaient être éclairées par des faisceaux de recherche infrarouges. Cette dernière opération induisant le risque de donner la position de l'observateur à un poste d'observation ennemi équipé de façon similaire, il est fort compréhensible que l'intérêt des militaires pour le convertisseur d'images ait pu fléchir.

Les désavantages militaires tactiques liés à l'utilisation des systèmes d'imagerie thermique dits "actifs" (notamment équipés de faisceaux de recherche) donnèrent naissance après la guerre 1939–45 à un élan d'intensifs programmes de recherche militaires secrets autour de l'infrarouge afin de développer des systèmes "passifs" (sans faisceaux de recherche) autour du détecteur photoélectrique extrêmement sensible. Durant cette période les prescriptions en matière de secret militaire empêchèrent totalement la divulgation de l'état de développement de la technologie d'imagerie infrarouge. Ce secret ne fut levé qu'au milieu des années 50. A partir de cette époque, les appareils d'imagerie thermique appropriés purent enfin être exploités par la science et l'industrie civile.

LAISSE VIERGE INTENTIONNELLEMENT

Index

1

1196398: 9
 1196474: 9
 1196541: 9
 1558307: 9
 1558367: 9
 1910399: 9
 1910423: 9
 1910472: 9

A

adresse: viii
 adresse postale: viii
 alimentation: 9
 alimentation, système: 60
 allumage de la caméra: 33
 à propos de FLIR Systems: 147
 arrêt de la caméra: 33
 assistance, technique: 4
 assistance clientèle: 4
 assistance technique: 4
 assurance qualité: viii
 ATTENTION: 1, 2, 20, 49, 57, 58
 auto. désactivé: 60
 AVERTISSEMENT: 1, 20, 58

B

bague de mise au point: 11
 balcons: 84
 batterie: 9
 autonomie: 60
 capacité: 60
 chargement: 29, 60
 installation: 27
 poids: 61
 retrait: 28
 schémas avec dimensions: 69
 type: 60
 batterie, capacité: 60
 batterie, chargeur: 9, 30, 31, 32
 batterie, type: 60
 boîtier: 61
 bouteille thermos: 154
 bouton caméra/archive: 14, 15
 bouton d'alimentation: 14, 15
 bouton de sélection droit: 14, 15
 bouton de sélection gauche: 14, 15
 bouton marche/arrêt: 14, 15

boutons

bouton de sélection droit: 14, 15
 bouton de sélection gauche: 14, 15
 caméra/archive: 14, 15
 courant: 14, 15
 marche/arrêt: 14, 15

branchements

câble d'alimentation: 25
 Câble USB: 26

brevets: viii

brevets en instance: viii

C

câble, isolation: 122
 câble d'alimentation
 branchements: 25
 câbles
 courant: 9, 25
 nettoyage: 57
 USB: 9, 26
 cache: 11
 caméra
 allumage: 33
 arrêt: 33
 démarrage: 33
 éteindre: 33
 infrarouge: 9
 mettre hors tension: 33
 mettre sous tension: 33
 nettoyage: 57
 schémas avec dimensions: 65, 66, 67, 68
 caméra, composants
 bague de mise au point: 11
 boutons
 bouton de sélection droit: 14, 15
 bouton de sélection gauche: 14, 15
 caméra/archive: 14, 15
 courant: 14, 15
 marche/arrêt: 14, 15
 pavé de navigation: 14, 15
 cache: 11
 clavier: 14
 connecteur d'alimentation: 13
 connecteurs
 courant: 13
 USB mini-B: 12
 connecteur USB mini-B: 12
 couvercle du compartiment de la batterie: 13
 couvercle en caoutchouc: 13

- caméra, composants (*suite*)
 - déclencheur, inférieur: 13, 16
 - déclencheur, sauvegarde: 13, 16
 - declencheur, supérieur: 13, 15
 - déclencheur de sauvegarde: 13, 16
 - déclencheur du laser: 13, 15
 - déclencheur inférieur: 13, 16
 - déclencheur supérieur: 13, 15
 - dispositif de montage du trépied: 13
 - indicateur d'alimentation: 17
 - indicateur de condition de la batterie: 18
 - infrarouge, objectif: 11
 - laser, déclencheur: 13, 15
 - logement de carte mémoire SD: 12
 - numéro de série: 13
 - objectif infrarouge: 11
 - pointeur laser: 11, 20
 - touches
 - bouton de sélection droit: 14, 15
 - bouton de sélection gauche: 14, 15
 - caméra/archive: 14, 15
 - courant: 14, 15
 - marche/arrêt: 14, 15
 - pavé de navigation: 14, 15
 - vue de face: 11
 - vue latérale: 13
- CD-ROM ThermaCAM™ QuickReport: 9
- certification: 120
- chaleur
 - inductive: 136
 - solaire: 135
- chaleur inductive: 136
- chaleur solaire: 135
- champ de vision: 63
- chargement de la batterie: 29, 60
- chargeur autonome: 9, 32, 70, 71
- chargeur de batterie: 9, 30, 31, 32
 - schémas avec dimensions: 70, 71
- classification: 124, 125, 131
- classification, défaillances: 131
- clause légale: viii
- clavier: 14
 - bouton d'alimentation: 14, 15
 - bouton de sélection droit: 14, 15
 - bouton de sélection gauche: 14, 15
 - bouton marche/arrêt: 14, 15
 - caméra/archive: 14, 15
 - pavé de navigation: 14, 15
- codes de bâtiment
 - nationaux: 120
 - régionaux: 120
- commentaires: 4
- commentaire sur la structure du bâtiment: 77, 81, 85, 90, 93
- communication: 61
- comportement thermique: 122
- composants de la caméra
 - bague de mise au point: 11
- boutons
 - bouton de sélection droit: 14, 15
 - bouton de sélection gauche: 14, 15
 - caméra/archive: 14, 15
 - courant: 14, 15
 - marche/arrêt: 14, 15
 - pavé de navigation: 14, 15
- cache: 11
- clavier: 14
- connecteur USB mini-B: 12
- couvercle du compartiment de la batterie: 13
- couvercle en caoutchouc: 13
- déclencheur inférieur: 13, 16
- déclencheur supérieur: 13, 15
- dispositif de montage du trépied: 13
- indicateur d'alimentation: 17
- indicateur de condition de la batterie: 18
- logement de carte mémoire SD: 12
- objectif infrarouge: 11
- pointeur laser: 11, 20
- touches
 - bouton de sélection droit: 14, 15
 - bouton de sélection gauche: 14, 15
 - caméra/archive: 14, 15
 - courant: 14, 15
 - marche/arrêt: 14, 15
 - pavé de navigation: 14, 15
- vue de face: 11
- vue latérale: 13
- conditions
 - mesure: 107
 - pression: 101
 - refroidissement: 137
 - vent: 104
- conditions de mesure: 107
- conditions de pression: 101
- conditions de refroidissement: 137
- conditions de vent: 104
- configuration
 - émissivité: 46
 - configuration de la caméra, modification: 83
- connecteur d'alimentation: 62
 - configuration des broches: 62
- connecteurs
 - courant: 62
 - USB mini-B: 12
- contrôle: 125

- contrôles, effets de: 98
conventions
 nom: 36
 typographiques
 demi-gras: 4
 italique: 4
 LETTRE MAJUSCULE: 4
 monospace: 4
conventions de nom: 36
conventions typographiques
 demi-gras: 4
 italique: 4
 LETTRE MAJUSCULE: 4
 monospace: 4
copyright: viii
corps noir: 46
correctifs, mises à disposition: 4
couleurs, modification: 45
courant alternatif, fonctionnement: 60
cours: 5, 120
couvercle du compartiment de la batterie: 13
couvercle en caoutchouc: 13
couvercles
 caoutchouc: 13
 compartiment de la batterie: 13
 connecteur d'alimentation: 13
 numéro de série: 13
- D**
- déchets: 5
déchets électroniques: 5
déclencheur de sauvegarde: 13, 16
déclencheur du laser: 13, 15
déclencheur inférieur: 13, 16
déclencheurs
 inférieur: 13, 16
 laser: 13, 15
 sauvegarde d'image: 13, 16
 supérieurs: 13, 15
déclencheur supérieur: 13, 15
défaillance, probable: 122
défaillance probable: 122
défaillances, classification des: 124
défauts, isolation : 93, 98
défauts d'isolation: 93, 98
défectueuses, pièces: 122
définition du point de rosée: 110
dégâts, système de plomberie: 87
dégâts du système de plomberie: 87
demande d'amélioration: 4
démarrage de la caméra: 33
demi-gras: 4
détecteur, type: 59
déttection, humidité: 75
déttection de l'humidité: 75
 Dégâts et fuites du système de plomberie: 87
 façades de bâtiments commerciaux et résidentiels: 81
 terrasses et balcons: 84
 toits à faible pente: 76
Dewar, James: 154
dimension
 batterie: 69
 caméra: 61, 65, 66, 67, 68
 chargeur autonome: 70, 71
dimensions: 61
 batterie: 69
 caméra: 65, 66, 67, 68
 chargeur autonome: 70, 71
dimensions, schémas
 batterie: 69
 caméra: 65, 66, 67, 68
 chargeur autonome: 70, 71
directives
 défauts d'isolation: 74
 dégât des eaux: 74
 déttection de l'humidité: 74
 déttection des moisissures: 74
 générales: 73
 infiltration d'air: 74
disjoncteurs: 122
dispositif de montage du trépied: 13, 61
distance: 63, 141
distance focale: 64
domaine spectral: 59
données
 environnementales: 61
 boîtier: 61
 secousse: 61
 vibration: 61
 optiques: 64
 physiques: 61
 techniques: 59
données environnementales: 61
 boîtier: 61
 secousse: 61
 vibration: 61
données optiques: 64
données physiques: 61
données techniques: 59
- E**
- écarts: 109
écran: 59
écran, éléments: 22
effacer des images: 51, 52

effets de
 contrôles: 98
 tests: 98
effets parasites: 100
éléments de l'écran: 22
EMC: 61
émissivité: 144
 liste de valeurs: 46
 modification: 46
enregistrement d'image: 36
enseignement: 5, 120
équipement, généralités: 122
étalonnage: 4
étanchéité: 99
éteindre la caméra: 33
évaluation, correcte: 122
évaluation correcte: 122
exploitation
 Plages de température: 61
 temps de batterie: 60

F

façades, bâtiments commerciaux et résidentiels : 81
façades d'immeubles résidentiels: 81
façades de bâtiments commerciaux: 81
facteurs parasites
 distance: 141
 neige: 141
 pluie: 141
 taille de l'objet: 142
 vent: 140
fichiers, transfert: 54
FLIR Systems
 adresse postale: viii
 assurance qualité: viii
 brevets: viii
 brevets en instance: viii
 clause légale: viii
 copyright: viii
 demande d'amélioration: 4
 garantie: viii
 garantie produit: viii
 historique: 147
 ISO 9001: viii
 marques: viii
 système de gestion de la qualité: viii
focal, distance: 64
Fonctionnement sur courant alternatif: 60
formation: 5, 120
forums: 4
forums utilisateur à utilisateur: 4
FOV: 63

fréquence, images: 59
fuites: 87
 externes: 75
 internes: 75
fuites externes: 75
fuites internes: 75

G

garantie: viii
garantie produit: viii
généralités sur l'équipement: 122

H

Herschel, William: 151
historique
 FLIR Systems: 147
 technologie infrarouge: 151
humidité: 61
 absolue: 109
 relative: 109
humidité absolue: 109
humidité relative: 109

I

icônes: 22
identification: 125
images
 effacer: 51, 52
 enregistrement: 36
 fréquence: 59
 nombre d': 37
 ouverture: 50
 présentation: 59
 rappel: 50
 réglage automatique: 38
 réglage manuel: 39
 suppression: 51, 52
 transfert: 54
images infrarouges
 commentées: 79, 83, 87, 88, 92, 95
 interprétation de: 107
images infrarouges commentées: 79, 83, 87, 88, 92, 95
Image thermique: 153
indicateur d'alimentation: 17
indicateur d'état de connexion: 23
indicateur d'état de la batterie: 23
indicateur d'intervalle de températures: 23
indicateur de condition de la batterie: 18
indicateur de mode réglage automatique: 23
indicateur de mode réglage manuel: 23

- indicateurs
 condition de la batterie: 18
 état de la batterie: 23
 état de la connexion: 23
 intervalle de températures: 23
 mode réglage automatique: 23
 mode réglage manuel: 23
- inégalités: 109
- infiltration, air: 90
- infiltration d'air: 90
- infrarouge
 caméra: 9
 objectif: 11
- inspection: 123
- installation de la batterie: 27
- interpolation: 59
- interprétation des images infrarouges: 107
- ISO 9001: viii
- isolation de câble: 122
- italique*: 4
- J**
- James Dewar: 154
- L**
- Landriani, Marsilio: 152
- Langley, Samuel P.: 154
- lecture de vidéos MPEG4 en direct: 56
- Leopoldo Nobili: 153
- LETTRE MAJUSCULE: 4
- limite de mise au point rapprochée: 64
- liste des pièces fournies: 9
 alimentation: 9
 batterie: 9
 câble d'alimentation: 9
 Câble USB: 9
 caméra infrarouge: 9
 CD-ROM ThermaCAM™ QuickReport: 9
 chargeur de batterie: 9
 Manuel d'utilisation InfraCAM/InfraCAM SD: 9
 Manuel d'utilisation ThermaCAM™
 QuickReport: 9
 Références: 9
- logement de carte mémoire SD: 12
- M**
- Macedonio Melloni: 152
- mallette de transport: 9
 alimentation: 9
 batterie: 9
 câble d'alimentation: 9
 Câble USB: 9
- mallette de transport (*suite*)
 caméra infrarouge: 9
 CD-ROM ThermaCAM™ QuickReport: 9
 chargeur de batterie: 9
 Manuel d'utilisation InfraCAM/InfraCAM SD: 9
 Manuel d'utilisation ThermaCAM™
 QuickReport: 9
 Références: 9
- Manuel d'utilisation
 InfraCAM/InfraCAM SD: 9
 ThermaCAM™ QuickReport: 9
- Manuel d'utilisation InfraCAM/InfraCAM SD: 9
 Manuel d'utilisation ThermaCAM™ QuickReport: 9
- marques: viii
- Marsilio Landriani: 152
- matériau
 boîtier: 61
 poignée: 61
- matériau de la poignée: 61
- matériau du boîtier: 61
- Melloni, Macedonio: 152
- mesure
 comparative: 129
 température: 127
- mesure de la température: 43, 44, 127
- mesures de sécurité: 77
- mettre la caméra hors tension: 33
- mettre la caméra sous tension: 33
- mise au point de la caméra
 réglage: 34
- mise au point rapprochée, limite: 64
- mises à disposition de correctifs: 4
- mises à jour
 logiciels: 4
- mises à jour de logiciels: 4
- mode diagnostic: 17
- modes
 alimentation: 17
 diagnostic: 17
- modes d'alimentation: 17
- modification
 configuration de la caméra: 53
- émissivité: 46
- palette: 45
- température apparente réfléchie: 48
- moisissure: 74
- monospace: 4
- montage, trépied: 13, 61
- mouvement, air: 99
- mouvement d'air: 99
- N**
- navigation, pavé: 14, 15

neige: 141
 nettoyage
 caméra: 57
 objectif: 58
 Nobili, Leopoldo: 153
 nombre d'images: 37
 numéro, série: 13
 numéro de série: 13
 numéros de pièce
 1196398: 9
 1196474: 9
 1196541: 9
 1558307: 9
 1558367: 9
 1910399: 9
 1910423: 9
 1910472: 9

O

objectif
 infrarouge: 11
 nettoyage: 58
 ouverture des images: 50

P

palette, modification: 45
 parasites, effets: 100
 parasites, facteurs
 distance: 141
 neige: 141
 pluie: 141
 taille de l'objet: 142
 vent: 140
 pavé de navigation: 14, 15
 performance du traitement de l'image: 59
 pièces défectueuses: 122
 pièces fournies, liste: 9
 plaques
 spectraux: 59
 température: 59
 température d'exploitation: 61
 Plages de température
 exploitation: 61
 objet: 59
 stockage: 61
 plages de température de l'objet: 59
 plages de température de stockage: 61
 pluie: 141, 144
 poids: 61
 point de rosée, définition: 110
 pointeur laser: 11, 20, 59
 utilisation: 35
 précision: 5, 59

préparation: 123
 présentation, images: 59
 pression
 dynamique: 102
 statique: 102
 totale: 102
 priorité de réparation: 124

R

rappel d'une image: 50
 rapport: 123, 124, 133
 réflexions: 135
 réglage automatique des images: 38
 réglage de la mise au point de la caméra: 34
 réglage manuel des images: 39
 REMARQUE: 9, 12, 13, 16, 20, 30, 31, 32, 33, 35,
 37, 38, 43, 46, 49, 54, 55, 70, 71
 remarque :: 33
 réparation, priorité: 124
 retrait de la batterie: 28

S

saison, mesure: 107
 saison de mesure: 107
 Samuel P. Langley: 154
 schémas avec dimensions
 batterie: 69
 caméra: 65, 66, 67, 68
 chargeur autonome: 70, 71
 science, bâtiment: 97
 science du bâtiment: 97
 secousse: 61
 sensibilité thermique: 59
 Sir James Dewar: 154
 Sir William Herschel: 151
 solénoïdes: 122
 spectre
 thermométrique: 152
 spectre thermométrique: 152
 structure du bâtiment, commentaire: 77, 81, 85,
 90, 93
 suppression des images: 51, 52
 surchauffe: 138
 symboles: 22
 système d'alimentation: 60
 système de gestion de la qualité: viii

T

taille de l'objet: 142
 technologie infrarouge
 historique: 151

température
 apparente réfléchie: 145
 excessive: 130
 exploitation normale: 130
température, mesure: 43, 44
température, surface: 101
température apparente réfléchie: 145
température apparente réfléchie, modification: 48
température d'exploitation, normale: 130
Température d'exploitation normale: 130
température de surface: 101
température excessive: 130
terrasses: 84
tests, effets de: 98
thermique, comportement: 122
thermique, sensibilité: 59
thermographe: 153
toits, à faible pente: 76
toits, faible pente: 76
toits à faible pente: 76
touches
 bouton de sélection droit: 14, 15
 bouton de sélection gauche: 14, 15
 caméra/archive: 14, 15
 courant: 14, 15
 marche/arrêt: 14, 15
 pavé de navigation: 14
traitement de l'image, performance: 59
transfert
 fichiers: 54
 images: 54
transport, mallette: 9
type de détecteur: 59

U

USB: 61
 branchement de câble: 26
 câble: 9
USB mini-B
 connecteur: 12
utilisation
 pointeur laser: 35
utilisation du pointeur laser: 35

V

valeur d'ouverture du diaphragme: 64
valeurs, émissivité: 46
variations
 charge: 136
 résistance: 138
variations de charge: 136
variations de la résistance: 138
variations de température: 100

vent: 140
vent, vitesse: 123
ventilation, mécanique: 104
ventilation mécanique: 104
vibration: 61
vidéo, temps réel: 56
vidéo en direct: 56
vidéo en direct MPEG4: 56
vidéo en temps réel: 56
vitesse du vent: 123
VOIR AUSSI: 49
voltage: 60
voyants
 alimentation: 17

W

William Herschel: 151

A note on the technical production of this manual

This manual was produced using XML – eXtensible Markup Language. For more information about XML, visit the following site:

- <http://www.w3.org/XML/>

Readers interested in the history & theory of markup languages may also want to visit the following sites:

- <http://www.gla.ac.uk/staff/strategy/information/socarcp/>
- <http://www.renater.fr/Video/2002ATHENS/P/DC/History/plan.htm>

A note on the typeface used in this manual

This manual was typeset using Swiss 721, which is Bitstream's pan-European version of Max Miedinger's Helvetica™ typeface. Max Miedinger was born December 24th, 1910 in Zürich, Switzerland and died March 8th, 1980.

10595503.a1



- 1926-30: Trains as a typesetter in Zürich, after which he attends evening classes at the Kunstgewerbeschule in Zürich.
- 1936-46: Typographer for Globus department store's advertising studio in Zürich.
- 1947-56: Customer counselor and typeface sales representative for the Haas'sche Schriftgießerei in Münchenstein near Basel. From 1956 onwards: freelance graphic artist in Zürich.
- 1956: Eduard Hoffmann, the director of the Haas'sche Schriftgießerei, commissions Miedinger to develop a new sans-serif typeface.
- 1957: The Haas-Grotesk face is introduced.
- 1958: Introduction of the roman (or normal) version of Haas-Grotesk.
- 1959: Introduction of a bold Haas-Grotesk.
- 1960: The typeface changes its name from Neue Haas Grotesk to Helvetica™.
- 1983: Linotype publishes its Neue Helvetica™, based on the earlier Helvetica™.

For more information about Max Miedinger's Helvetica™ typeface, see Lars Muller's book *Helvetica: Homage to a Typeface*, and the following sites:

- <http://www.ms-studio.com/articles.html>
- <http://www.helveticafilm.com/>

The following file identities and file versions were used in the formatting stream output for this manual:

20236706.xml b14
20238506.xml a6
20250406.xml a5
20254903.xml a35
20257006.xml a8
20257106.xml a3
20257306.xml a4
20269706.xml a2
20269806.xml a2
20269906.xml a4
20270006.xml a2
20270106.xml a2
20270406.xml a2
20270506.xml a2
20273206.xml a5
20273806.xml a2
20275206.xml a6
20279806.xml a2
R0089.rcp a16
config.xml a5

■ BELGIUM

FLIR Systems
Uitbreidingstraat 60-62
B-2600 Berchem
BELGIUM
Phone: +32 (0)3 287 87 11
Fax: +32 (0)3 287 87 29
E-mail: info@flir.be
Web: www.flirthermography.com

■ BRAZIL

FLIR Systems
Av. Antonio Bardella, 320
CEP: 18085-852 Sorocaba
São Paulo
BRAZIL
Phone: +55 15 3238 8070
Fax: +55 15 3238 8071
E-mail: paul.verminnen@flir.com.br
E-mail: flir@flir.com.br
Web: www.flirthermography.com

■ CANADA

FLIR Systems
5230 South Service Road, Suite #125
Burlington, ON. L7L 5K2
CANADA
Phone: 1 800 613 0507 ext. 30
Fax: 905 639 5488
E-mail: IRCanada@flir.com
Web: www.flirthermography.com

■ CHINA

FLIR Systems
Beijing Representative Office
Rm 203A, Dongwai Diplomatic Office
Building
23 Dongzhimenwai Dajie
Beijing 100600
P.R.C.
Phone: +86 10 8532 2304
Fax: +86 10 8532 2460
E-mail: beijing@flir.com.cn
Web: www.flirthermography.com

■ CHINA

FLIR Systems
Shanghai Representative Office
Room 6311, West Building
Jin Jiang Hotel
59 Maoming Road (South)
Shanghai 200020
P.R.C.
Phone: +86 21 5466 0286
Fax: +86 21 5466 0289
E-mail: shanghai@flir.com.cn
Web: www.flirthermography.com

■ CHINA

FLIR Systems
Guangzhou Representative Office
1105 Main Tower, Guang Dong
International Hotel
339 Huanshi Dong Road
Guangzhou 510098
P.R.C.
Phone: +86 20 8333 7492
Fax: +86 20 8331 0976
E-mail: guangzhou@flir.com.cn
Web: www.flirthermography.com

■ FRANCE

FLIR Systems
10 rue Guynemer
92130 Issy les Moulineaux
Cedex
FRANCE
Phone: +33 (0)1 41 33 97 97
Fax: +33 (0)1 47 36 18 32
E-mail: info@flir.fr
Web: www.flirthermography.com

■ GERMANY

FLIR Systems
Bernier Strasse 81
D-60437 Frankfurt am Main
GERMANY
Phone: +49 (0)69 95 00 900
Fax: +49 (0)69 95 00 9040
E-mail: info@flir.de
Web: www.flirthermography.com

■ GREAT BRITAIN

FLIR Systems
2 Kings Hill Avenue - Kings Hill
West Malling
Kent, ME19 4AQ
UNITED KINGDOM
Phone: +44 (0)1732 220 011
Fax: +44 (0)1732 843 707
E-mail: sales@flir.uk.com
Web: www.flirthermography.com

■ HONG KONG

FLIR Systems
Room 1613-15, Tower 2
Grand Central Plaza
138 Shatin Rural Committee Rd
Shatin, N.T.
HONG KONG
Phone: +852 27 92 89 55
Fax: +852 27 92 89 52
E-mail: flir@flir.com.hk
Web: www.flirthermography.com

■ ITALY

FLIR Systems
Via L. Manara, 2
20051 Limbiate (MI)
ITALY
Phone: +39 02 99 45 10 11
Fax: +39 02 99 69 24 08
E-mail: info@flir.it
Web: www.flirthermography.com

■ JAPAN

FLIR SYSTEMS Japan KK
Nishi-Gotanda Access 8F
3-6-20 Nishi-Gotanda
Shinagawa-Ku
Tokyo 141-0031
JAPAN
Phone: +81 3 6277 5681
Fax: +81 3 6277 5682
E-mail: info@flir.jp
Web: www.flirthermography.com

■ SWEDEN

FLIR Systems
Worldwide Thermography Center
P.O. Box 3
SE-182 11 Danderyd
SWEDEN
Phone: +46 (0)8 753 25 00
Fax: +46 (0)8 753 23 64
E-mail: sales@flir.se
Web: www.flirthermography.com

■ USA

FLIR Systems
Corporate headquarters
27700A SW Parkway Avenue
Wilsonville, OR 97070
USA
Phone: +1 503 498 3547
Web: www.flirthermography.com

■ USA (Primary sales & service contact in USA)

FLIR Systems
USA Thermography Center
16 Esquire Road
North Billerica, MA. 01862
USA
Phone: +1 978 901 8000
Fax: +1 978 901 8887
E-mail: marketing@flir.com
Web: www.flirthermography.com

■ USA

FLIR Systems
Indigo Operations
70 Castilian Dr.
Goleta, CA 93117-3027
USA
Phone: +1 805 964 9797
Fax: +1 805 685 2711
E-mail: sales@indigosystems.com
Web: www.corebyindigo.com

■ USA

FLIR Systems
Indigo Operations
IAS Facility
701 John Sims Parkway East
Suite 2B
Niceville, FL 32578
USA
Phone: +1 850 678 4503
Fax: +1 850 678 4992
E-mail: sales@indigosystems.com
Web: www.corebyindigo.com