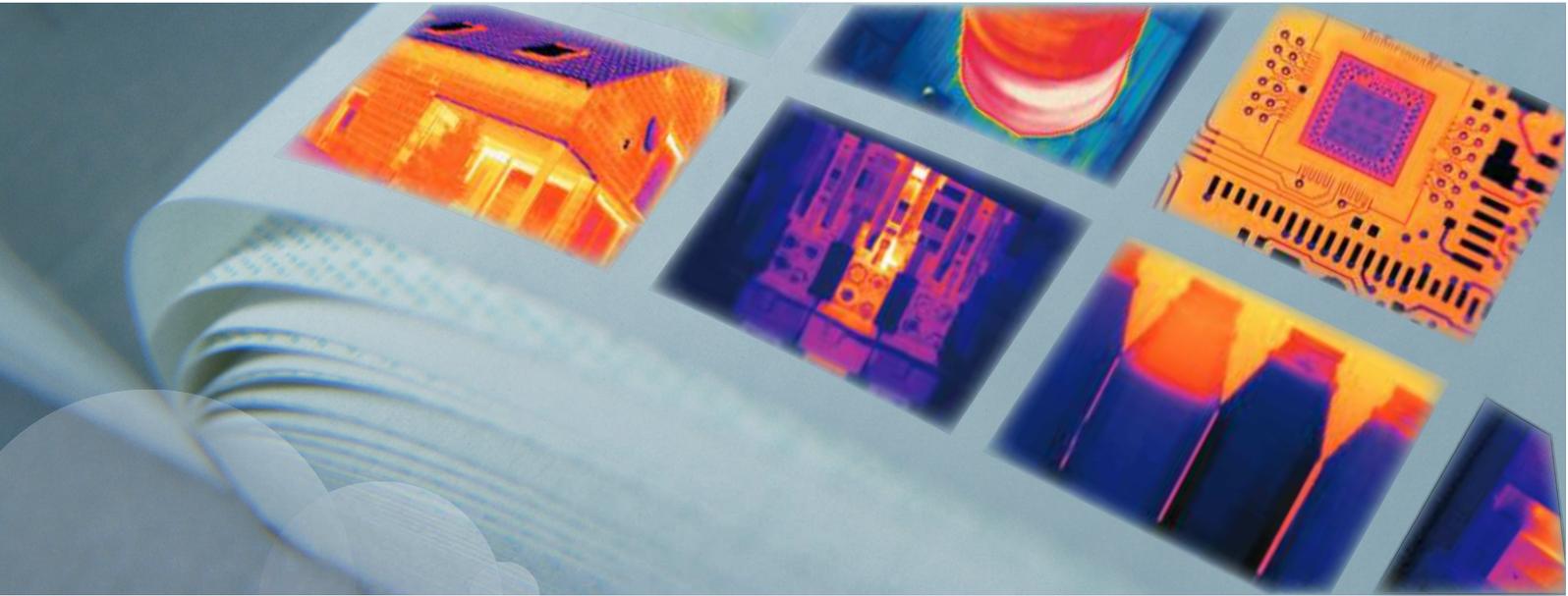




Manuel de l'utilisateur



FLIR i3
FLIR i5
FLIR i7
Extech IRC30

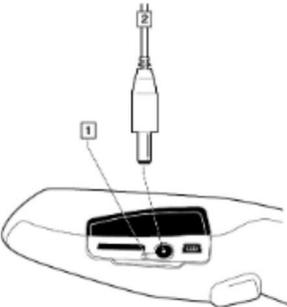
Publ. No.	T559583
Revision	a506
Language	French (FR)
Issue date	February 4, 2011

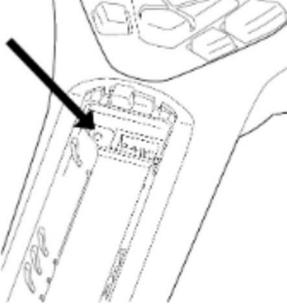
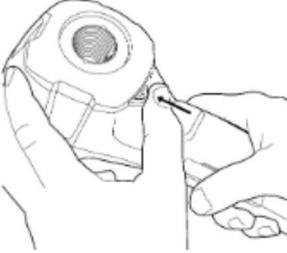
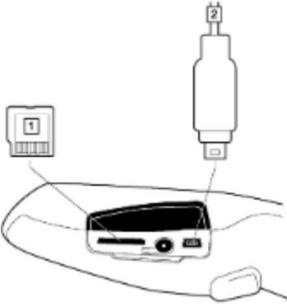
6

Guide de démarrage rapide

Procédure

Pour une prise en main rapide, procédez comme suit :

1	Retirez le film protecteur de l'écran LCD.
2	<p>La batterie doit être mise en charge pendant quatre heures (ou bien jusqu'à ce que l'indicateur de charge soit vert) avant le premier démarrage de la caméra.</p> <p>Pour charger la batterie, branchez le câble d'alimentation à la prise de la caméra. Assurez-vous d'utiliser l'alimentation CA adéquate.</p> <p>Remarque : lors du premier chargement d'une batterie neuve, allumez, puis éteignez la caméra après avoir branché la prise d'alimentation de la caméra.</p> <p>T630175;a1</p>  <p>1 Indicateur de chargement de la batterie 2 Câble d'alimentation</p>
3	<p>Insérez une carte mémoire miniSD™ dans le logement prévu à cet effet.</p> <p>T630176;a1</p> 

4	<p>Appuyez sur le bouton Marche/Arrêt pour allumer la caméra.</p> <p>Remarque : si la caméra ne démarre pas, appuyez sur le bouton de réinitialisation à l'aide d'un objet non conducteur. Vous trouverez le bouton de réinitialisation à côté de la prise de la batterie, dans le compartiment de la batterie. Ensuite, appuyez de nouveau sur le bouton Marche/Arrêt.</p> <p>Bouton de réinitialisation :</p> <p>T630179;a1</p> 
5	<p>Ouvrez le cache de l'objectif en appuyant sur le levier.</p> <p>T630177;a1</p> 
6	<p>Orientez la caméra vers la cible.</p>
7	<p>Actionnez le déclencheur Enregistrer pour enregistrer l'image.</p>
8	<p>Pour déplacer l'image vers un ordinateur, effectuez l'une des opérations suivantes :</p> <p>T630178;a1</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ (Fig. 1 ci-dessus) Retirez la carte mémoire miniSD™ et insérez-la dans un lecteur de carte branché à un ordinateur. La caméra est livrée avec un adaptateur de carte miniSD™. ■ (Fig. 2 ci-dessus) Branchez un ordinateur à la caméra à l'aide d'un câble USB™ mini-B.

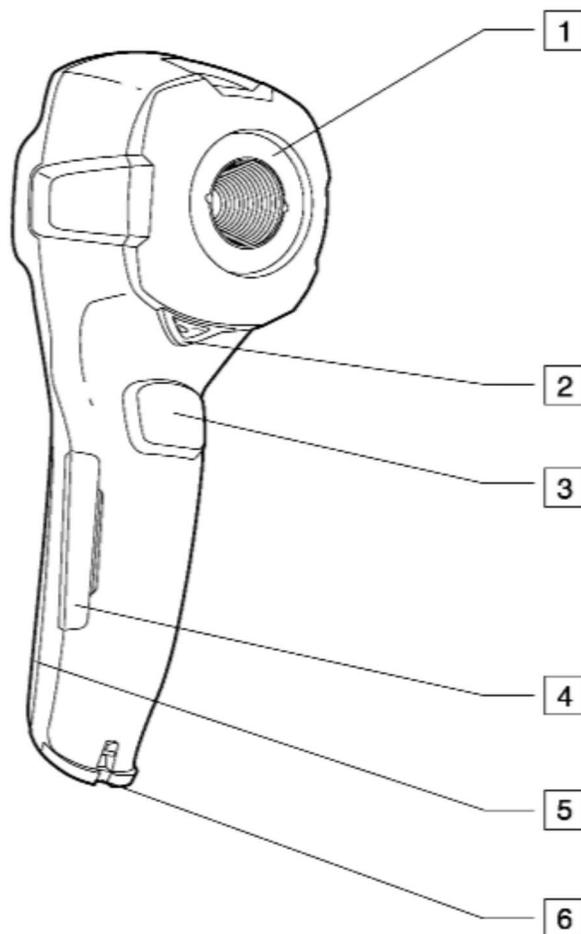
- | | |
|---|--|
| 9 | Dans Windows® Explorer, déplacez l'image de la carte ou de la caméra en effectuant un glisser-déposer. |
|---|--|
-

8

Composants de la caméra

Figure

10780903;a1



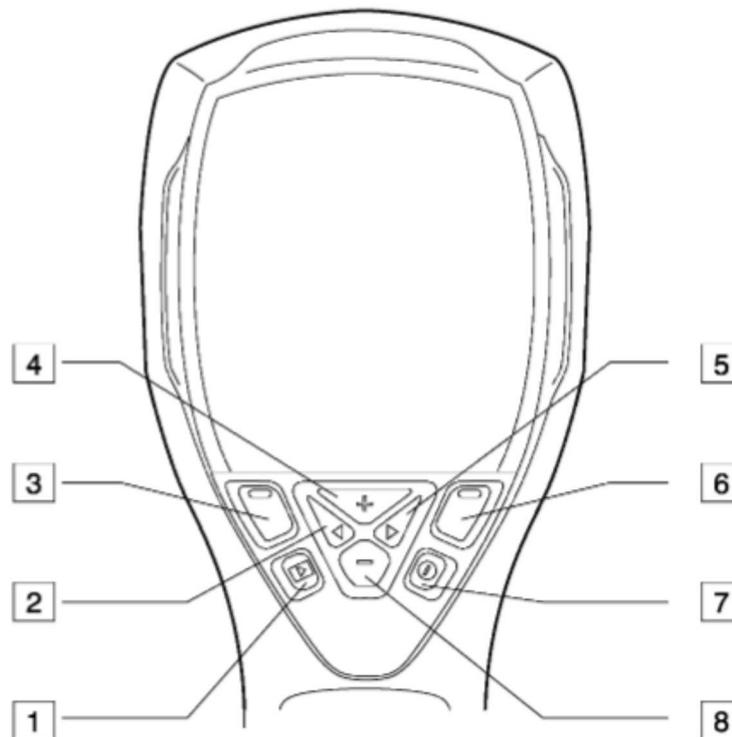
Explication

Ce tableau explique la figure ci-dessus :

1	Objectif infrarouge
2	Levier pour ouvrir et fermer le cache de l'objectif
3	Déclencheur pour enregistrer les images
4	Couvercle pour les branchements et logement de la carte mémoire miniSD™
5	Couvercle du compartiment de la batterie
6	Point d'attache de la dragonne

Figure

10781003;a1



Explication

Ce tableau explique la figure ci-dessus :

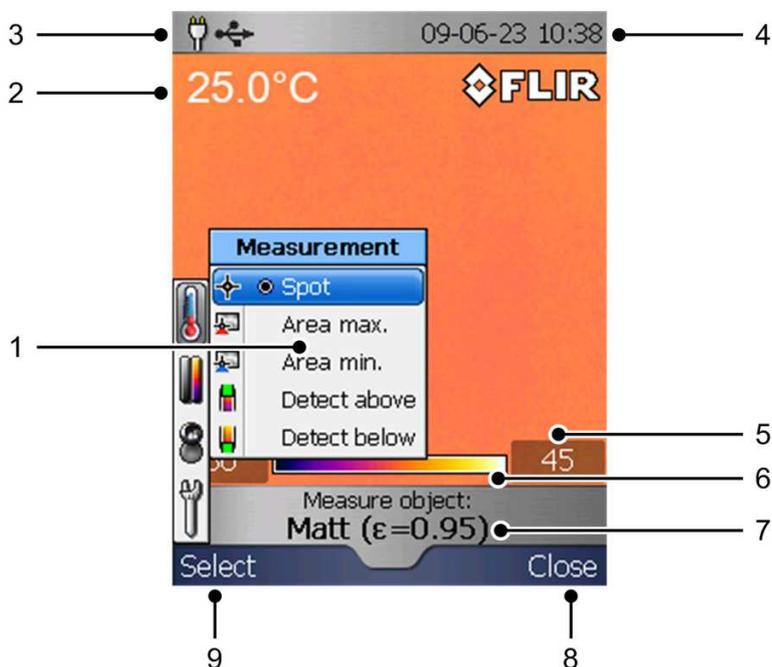
1	<p>Bouton Archive</p> <p>Fonction : Permet d'ouvrir les images archivées.</p>
2	<p>Bouton flèche vers la gauche (pavé de navigation)</p> <p>Fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Permet d'aller à gauche dans les menus, les sous-menus et les boîtes de dialogue ■ Permet de naviguer dans les images archivées
3	<p>Bouton de sélection gauche. Il s'agit d'un bouton contextuel dont la fonction est affichée au-dessus du bouton sur l'écran.</p>
4	<p>Bouton + (pavé de navigation)</p> <p>Fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Permet de remonter dans les menus, les sous-menus et les boîtes de dialogue. ■ Permet d'afficher les images archivées (après avoir appuyé sur le bouton Archive). ■ Permet d'augmenter ou de modifier la valeur.

5	<p>Bouton flèche vers la droite (pavé de navigation)</p> <p>Fonction :</p> <ul style="list-style-type: none">■ Permet d'aller à droite dans les menus, les sous-menus et les boîtes de dialogue.■ Permet de naviguer dans les images archivées.
6	<p>Bouton de sélection droite. Il s'agit d'un bouton contextuel dont la fonction est affichée au-dessus du bouton sur l'écran.</p>
7	<p>Bouton Marche/Arrêt</p> <p>Fonction :</p> <ul style="list-style-type: none">■ Permet de mettre la caméra sous tension.■ Permet d'éteindre la caméra (appuyez durant quelques secondes).
8	<p>Bouton – (pavé de navigation)</p> <p>Fonction :</p> <ul style="list-style-type: none">■ Permet de descendre dans les menus, les sous-menus et les boîtes de dialogue.■ Permet de réduire ou de modifier la valeur.

9 Éléments de l'écran

Figure

10781203;a2



Explication

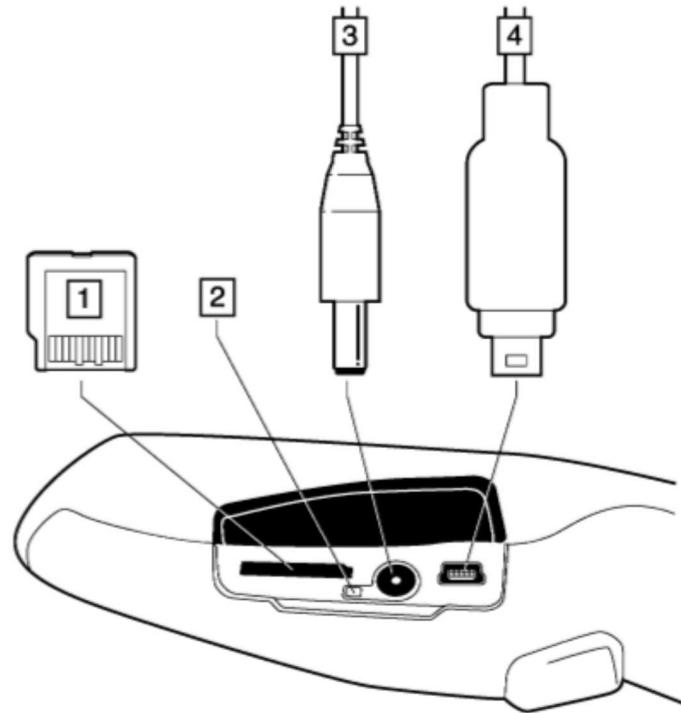
Ce tableau explique la figure ci-dessus :

1	Système de menus						
2	Résultat de la mesure						
3	Indicateur d'alimentation						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th> Icône </th> <th> Signification </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  </td> <td> L'un des éléments suivants : <ul style="list-style-type: none"> La caméra fonctionne sur la batterie. La batterie est en cours de chargement (symbolisé par une animation d'une batterie qui se recharge). </td> </tr> <tr> <td>  </td> <td> La batterie est chargée et la caméra fonctionne sur l'alimentation. </td> </tr> </tbody> </table>	Icône	Signification		L'un des éléments suivants : <ul style="list-style-type: none"> La caméra fonctionne sur la batterie. La batterie est en cours de chargement (symbolisé par une animation d'une batterie qui se recharge). 		La batterie est chargée et la caméra fonctionne sur l'alimentation.
Icône	Signification						
	L'un des éléments suivants : <ul style="list-style-type: none"> La caméra fonctionne sur la batterie. La batterie est en cours de chargement (symbolisé par une animation d'une batterie qui se recharge). 						
	La batterie est chargée et la caméra fonctionne sur l'alimentation.						
4	Date et heure						
5	Valeur limite pour l'échelle de température						

6	Echelle de température
7	Valeur d'émissivité ou propriétés des matériaux actuellement configurées
8	Fonction actuelle du bouton de sélection droit
9	Fonction actuelle du bouton de sélection gauche

Figure

10780803;a1



Explication

Ce tableau explique la figure ci-dessus :

1	<p>carte mémoire miniSD™</p> <p>Nous vous recommandons de ne pas enregistrer plus de 5 000 images sur la carte mémoire miniSD™.</p> <p>Toutefois, même si votre carte mémoire peut stocker plus de 5 000 images, la gestion des fichiers s'effectue beaucoup plus lentement sur la carte mémoire mini SD™.</p> <p>Remarque : il n'existe pas de limite supérieure à la taille de la mémoire sur la carte mémoire miniSD™.</p>
2	<p>Indicateur de chargement de la batterie :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Eteint : alimentation non connectée. ■ Lumière orange : la batterie est en cours de chargement. ■ Lumière verte : la batterie est chargée.
3	<p>Câble d'alimentation</p>

4	Câble USB avec connecteur USB mini-B
---	--------------------------------------

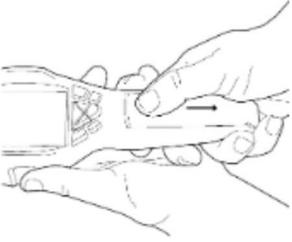
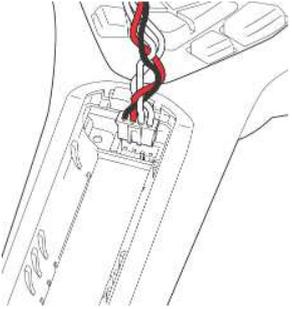
11

Utilisation de la caméra

11.1 Installation de la batterie

Procédure

Procédez comme suit pour insérer la batterie :

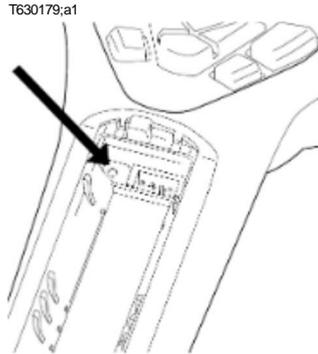
1	<p>Enlevez le couvercle du compartiment de la batterie.</p> <p>T630174;a1</p> 
2	<p>Branchez le câble de la batterie au connecteur se trouvant dans le compartiment batterie de l'appareil. Remarque : n'utilisez pas d'outils conducteurs lors de cette opération.</p> <p>T630173;a2</p> 
3	<p>Introduisez la batterie dans le compartiment.</p>
4	<p>Remplacez le couvercle pour fermer le compartiment de la batterie.</p>

11.2 Chargement de la batterie

REMARQUE

- La batterie doit être mise en charge pendant quatre heures (ou bien jusqu'à ce que l'indicateur soit vert) avant le premier démarrage de la caméra.
- Lors du premier chargement d'une batterie neuve, allumez, puis éteignez la caméra après avoir branché la prise d'alimentation de la caméra.
- Si la caméra ne démarre pas, appuyez sur le bouton de réinitialisation à l'aide d'un objet non conducteur. Vous trouverez le bouton de réinitialisation à côté de la prise de la batterie, dans le compartiment de la batterie. Ensuite, appuyez de nouveau sur le bouton Marche/Arrêt.

Bouton de réinitialisation :



- Ne remplacez la batterie que lorsqu'elle ne fonctionne plus.

A propos de l'indicateur de chargement de la batterie

L'indicateur de chargement de la batterie est une DEL située à côté de la prise d'alimentation. Elle indique les signaux suivants :

- Eteint : alimentation non connectée.
- Lumière orange : la batterie est en cours de chargement.
- Lumière verte : la batterie est chargée.

Procédure

Procédez comme suit pour charger la batterie :

1	<p>Branchez la prise d'alimentation sur la caméra.</p> <p>T630175;a1</p> <p>1 Indicateur de chargement de la batterie 2 Câble d'alimentation</p>
2	<p>Branchez la prise secteur de l'alimentation secteur sur une prise de courant. Assurez-vous d'utiliser la prise CA adaptée.</p>

3	Débranchez le câble d'alimentation lorsque l'indicateur de chargement de la batterie est vert.
---	--

11.3 Sauvegarde d'une image

Généralités	Vous pouvez enregistrer plusieurs images sur la carte mémoire miniSD™.										
Capacité d'image	<p>Nous vous recommandons de ne pas enregistrer plus de 5 000 images sur la carte mémoire miniSD™.</p> <p>Toutefois, même si votre carte mémoire peut stocker plus de 5 000 images, la gestion des fichiers s'effectue beaucoup plus lentement sur la carte mémoire.</p> <p>Remarque : il n'existe pas de limite supérieure à la taille de la mémoire sur la carte mémoire miniSD™.</p>										
Formatage de cartes mémoire	<p>Pour optimiser les performances, formatez les cartes mémoire au format de système de fichiers FAT (FAT16). L'utilisation de cartes mémoire au format FAT32 peut affecter les performances. Pour formater une carte mémoire au format FAT (FAT16), procédez comme suit :</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>Insérez la carte mémoire dans un lecteur de carte connecté à l'ordinateur.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Dans l'explorateur Windows®, sélectionnez Poste de travail et cliquez avec le bouton droit de la souris sur la carte mémoire.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Sélectionnez Format.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Dans Système de fichiers, sélectionnez FAT.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Cliquez sur Démarrer.</td> </tr> </table>	1	Insérez la carte mémoire dans un lecteur de carte connecté à l'ordinateur.	2	Dans l'explorateur Windows®, sélectionnez Poste de travail et cliquez avec le bouton droit de la souris sur la carte mémoire.	3	Sélectionnez Format.	4	Dans Système de fichiers, sélectionnez FAT.	5	Cliquez sur Démarrer.
1	Insérez la carte mémoire dans un lecteur de carte connecté à l'ordinateur.										
2	Dans l'explorateur Windows®, sélectionnez Poste de travail et cliquez avec le bouton droit de la souris sur la carte mémoire.										
3	Sélectionnez Format.										
4	Dans Système de fichiers, sélectionnez FAT.										
5	Cliquez sur Démarrer.										
Conventions de nom	Les images sont nommées selon les conventions suivantes : IR_xxxx.jpg, xxxx étant un compteur unique. Lorsque vous sélectionnez Restaurer, la caméra réinitialise le compteur et attribue au nouveau fichier le premier nom de fichier disponible.										
Procédure	Pour enregistrer une image, appuyez sur le déclencheur Enregistrer.										

11.4 Rappel d'une image

Généralités

Lorsque vous enregistrez une image, elle est stockée sur la carte mémoire miniSD™. Pour afficher une nouvelle fois l'image, vous pouvez la rappeler depuis la carte mémoire miniSD™.

Procédure

Pour rappeler une image, procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton Archive.
2	Effectuez l'une des actions suivantes : <ul style="list-style-type: none">■ Appuyez sur les boutons droite/gauche du pavé de navigation pour sélectionner l'image que vous souhaitez ouvrir.■ Appuyez sur le bouton + et utilisez le pavé de navigation pour sélectionner l'image que vous souhaitez voir. Sélectionnez ensuite le bouton de sélection de droite (Ouvrir).
3	Pour revenir en mode direct, effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none">■ Appuyez sur le bouton Archive.■ Appuyez sur le bouton de sélection de droite (Fermer).

11.5 Ouverture d'images archivées

Généralités Les images archivées sont regroupées dans une galerie et représentées sous forme miniature dans la mémoire de la carte miniSD™.

Procédure Pour ouvrir les images archivées, procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton Archive.
2	Appuyez sur le bouton + du pavé de navigation. Les images archivées s'affichent. Le pavé de navigation vous permet de naviguer dans les images.
3	Pour ouvrir une image sélectionnée, appuyez sur le bouton de sélection de droite (Ouvrir).

11.6 Suppression d'une image

Généralités Vous pouvez supprimer une ou plusieurs images de la carte mémoire miniSD™.

1ère solution Pour supprimer une image, procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton Archive.
2	Appuyez sur le bouton + pour afficher les images archivées.
3	Sélectionnez l'image que vous souhaitez supprimer à l'aide du pavé de navigation.
4	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Options).
5	Sélectionnez l'option Supprimer l'image à l'aide du pavé de navigation.
6	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner).
7	Appuyez sur le bouton de sélection de droite pour confirmer (Supprimer).
8	Pour revenir en mode direct, effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Appuyez sur le bouton Archive. ■ Appuyez sur le bouton de sélection de droite (Fermer).

2ème solution Pour supprimer une image, procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton Archive.
2	Sélectionnez l'image que vous souhaitez supprimer à l'aide du pavé de navigation.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Supprimer).
4	Appuyez sur le bouton de sélection de droite pour confirmer (Supprimer).
5	Pour revenir en mode direct, effectuez l'une des opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Appuyez sur le bouton Archive. ■ Appuyez sur le bouton de sélection de droite (Fermer).

11.7 Suppression de toutes les images

Généralités

Vous pouvez supprimer toutes les images de la carte mémoire miniSD™.

Procédure

Pour supprimer toutes les images, procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton Archive.
2	Appuyez sur le bouton + pour afficher les images archivées
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Options).
4	Sélectionnez l'option Supprimer toutes les images à l'aide du pavé de navigation.
5	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner).
6	Appuyez sur le bouton de sélection de droite pour confirmer (Supprimer).

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

Généralités Vous pouvez mesurer la température à l'aide d'un point de mesure. Il affichera à l'écran la température mesurée à son emplacement.

Procédure Procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Menu).
2	Sélectionnez Mesure à l'aide du pavé de navigation.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner).
4	Sélectionnez Point à l'aide du pavé de navigation.
5	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). La température relevée à l'emplacement du point de mesure s'affichera désormais dans le coin supérieur gauche de l'écran.

11.9 Mesure d'une température à l'aide d'une zone

Généralités Vous pouvez indiquer en permanence la température la plus élevée et la plus faible d'une zone à l'aide d'un curseur mobile continu.

Procédure Procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Menu).
2	Sélectionnez Mesure à l'aide du pavé de navigation.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner).
4	Le pavé de navigation vous permet de sélectionner l'une des options suivantes : <ul style="list-style-type: none">■ Max. zone■ Min. zone
5	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). La température la plus élevée et la plus faible de la zone seront maintenant signalées à l'aide d'un curseur mobile continu. La température sera également affichée dans le coin supérieur gauche de l'écran.

11.10 Marquer toutes les zones dans lesquelles le niveau de température est supérieur ou inférieur au niveau de température défini

Généralités

Vous pouvez marquer toutes les zones dans lesquelles le niveau de température est supérieur ou inférieur au niveau de température défini.

Procédure

Procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Menu).
2	Sélectionnez Mesure à l'aide du pavé de navigation.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner).
4	Le pavé de navigation vous permet de sélectionner l'une des options suivantes : <ul style="list-style-type: none">■ Détecter au-dessus■ Détecter au-dessous
5	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner).
6	Modifiez le niveau de température à partir duquel vous souhaitez marquer les zones de niveau supérieur ou inférieur à l'aide du pavé de navigation.

11.11 Modification de la palette de couleurs

Généralités

Vous pouvez modifier la palette de couleurs que la caméra utilise pour afficher différentes températures. L'utilisation d'une palette différente peut simplifier l'analyse d'une image.

Procédure

Suivez cette procédure pour modifier la palette de couleurs :

1	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Menu).
2	Le pavé de navigation vous permet de vous rendre sur la Palette de couleurs.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). Le sous-menu de la Palette de couleurs s'affiche.
4	Le pavé de navigation vous permet de sélectionner la nouvelle palette de couleurs.
5	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner) pour confirmer votre choix et quitter le sous-menu.

11.12 Modification des paramètres

Généralités

Vous pouvez modifier certains paramètres de la caméra, notamment :

- Arrêt automatique
- Intensité de l'écran
- Langue
- Unité
- Format heure
- Définir heure
- Horodatage
- Micrologiciel (pour télécharger les mises à jour du programme ; rendez-vous sur <http://flir.custhelp.com> pour plus d'informations).
- Restaurer

Procédure

Pour modifier un paramètre, procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Menu).
2	Le pavé de navigation vous permet de vous rendre sur la Configuration.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). Le sous-menu de la Configuration s'affiche.
4	Le pavé de navigation vous permet de sélectionner le paramètre que vous souhaitez modifier.
5	Appuyez sur le bouton de sélection gauche (Sélectionner). Le pavé de navigation vous permet ensuite de sélectionner un nouveau paramètre.
6	Appuyez sur le bouton de sélection gauche (Sélectionner) pour confirmer votre choix et quitter le sous-menu. Pour quitter le menu, appuyez sur le bouton de sélection droit (Fermer).

11.13 Modification du mode d'image

Généralités

La caméra peut fonctionner avec deux modes d'image différents :

Mode d'image	Icône	Signification
Auto	[Aucune]	En mode Auto, la caméra fait l'objet d'un réglage automatique permanent, de manière à optimiser le contraste et la luminosité.
Verrouillé		En mode Verrouillé, la caméra verrouille l'intervalle et le niveau de température.

Utilisation du mode Verrouillé

Le mode Verrouillé est fréquemment utilisé pour observer les anomalies de température sur deux éléments de conception ou de construction similaire.

Par exemple, si vous observez deux câbles, dont l'un est suspecté de surchauffe, le mode Verrouillé affichera le câble en surchauffe. La zone la plus chaude du câble apparaîtra dans une couleur plus claire correspondant à la température plus élevée.

En mode Auto, la couleur des deux éléments sera la même.

Procédure

Pour passer du mode Auto au mode Verrouillé, appuyez sur le bouton de sélection

droit (Auto/Ver). Une icône représentant un cadenas () indique que vous êtes en mode Verrouillé.

11.14 Configuration des propriétés de surface

Généralités

Pour obtenir des valeurs de température précises, vous devez configurer la caméra de manière à ce qu'elle détecte le type de surface à mesurer.

Pour ce faire, configurez la propriété de surface dans le menu Mesure. Vous pouvez choisir parmi les propriétés de surface suivantes :

- Mat
- Semi-mat
- Semi brillant
- Brillant

Procédure

Pour configurer la propriété de surface, procédez comme suit :

1	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Menu).
2	Le pavé de navigation vous permet de vous rendre sur la Mesure.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). Le sous-menu de la Mesure s'affiche.
4	Dans le menu Mesure, le pavé de navigation vous permet de sélectionner une propriété de surface.
5	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner) pour confirmer votre choix et quitter le menu.

VOIR AUSSI

Pour obtenir des résultats plus précis, reportez-vous aux sections suivantes :

- Section 11.15 – Modification de l'émissivité à la page 35
- Section 11.16 – Modification de la température apparente réfléchie à la page 36

11.15 Modification de l'émissivité

Généralités

Pour obtenir des mesures précises, vous pouvez définir l'émissivité au lieu de sélectionner une propriété de surface. Vous devez également prendre en compte les facteurs d'émissivité et de réflexion et ne pas vous contenter de sélectionner une propriété de surface.

L'émissivité est une propriété qui indique la quantité de rayonnement provenant d'un objet (en opposition avec la réflexion). Une valeur faible indique qu'une grande partie de l'objet est réfléchi. Une valeur élevée montre qu'une partie moins importante est réfléchi.

Par exemple, l'émissivité de l'acier inoxydable poli est de 0,14, alors que celle d'un sol en PVC s'élève à 0,93.

Procédure

Suivez cette procédure pour définir l'émissivité :

1	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Menu).
2	Le pavé de navigation vous permet de vous rendre sur la Mesure.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). Le sous-menu de la Mesure s'affiche.
4	Sélectionnez l'option Avancé à l'aide du pavé de navigation.
5	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). Le sous-menu de la Avancé s'affiche.
6	Le pavé de navigation vous permet d'effectuer les opérations suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Définissez une valeur pour l'émissivité ■ Sélectionnez un matériau dans la liste
7	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner) pour confirmer votre choix et quitter le menu.

VOIR AUSSI

Pour plus d'informations sur l'émissivité, consultez la section 20 – Techniques de mesure thermographique page 134.

11.16 Modification de la température apparente réfléchie

Généralités

Ce paramètre permet de compenser le rayonnement réfléchi par l'objet. Si l'émissivité est faible et la température de l'objet relativement éloignée de la température réfléchie, il est important de définir et de compenser correctement la température apparente réfléchie.

Procédure

Suivez cette procédure pour définir la température apparente réfléchie :

1	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Menu).
2	Le pavé de navigation vous permet de vous rendre sur la Mesure.
3	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). Le sous-menu de la Mesure s'affiche.
4	Sélectionnez l'option Avancé à l'aide du pavé de navigation.
5	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner). Le sous-menu de la Avancé s'affiche.
6	Le pavé de navigation vous permet de définir la température apparente réfléchie.
7	Appuyez sur le bouton de sélection de gauche (Sélectionner) pour confirmer votre choix et quitter le menu.

VOIR AUSSI

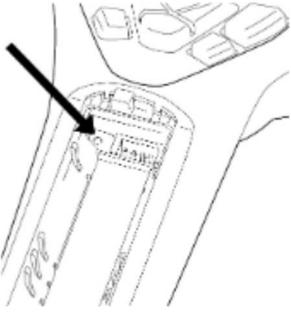
Pour plus d'informations sur la température apparente réfléchie, consultez la section 20 – Techniques de mesure thermographique page 134.

11.17 Réinitialisation de la caméra

Généralités Un bouton, situé dans le compartiment de la batterie, vous permet de réinitialiser la caméra.

REMARQUE N'utilisez aucun objet métallique ou conducteur pour réinitialiser la caméra.

Procédure Procédez comme suit pour réinitialiser la caméra :

1	Ouvrez le couvercle du compartiment de la batterie.
2	<p>La figure ci-dessous vous indique où est situé le bouton de réinitialisation.</p> <p>T630179;a1</p>  <p>The diagram shows a top-down view of the battery compartment. A black arrow points to a small, rectangular button located in the lower-left area of the compartment. The button is surrounded by various electronic components and connectors.</p>
3	Pour réinitialiser la caméra, appuyez sur le bouton de réinitialisation à l'aide d'un objet non conducteur.

11.18 Rechercher le numéro de série de la caméra.

Généralités

En contactant votre service des réparations vous aurez peut-être à communiquer le numéro de série de la caméra.

Le numéro de série est imprimé sur une étiquette située à l'intérieur du compartiment batterie, derrière la batterie.

12

Nettoyage de la caméra

12.1

Boîtier de caméra, câbles et autres pièces

Liquides

Utilisez un de ces liquides :

- Eau chaude
 - Détergent doux
-

Equipement

Tissu doux

Procédure

Procédez comme suit :

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 ou autres éléments. Cela peut provoquer des dommages.

12.2 Objectif infrarouge

Liquides

Utilisez un de ces liquides :

- alcool isopropylique (96 %).
 - Liquide de nettoyage d'objectifs vendu dans le commerce et contenant plus de 30 % d'alcool isopropylique.
-

Equipement

Ouate

Procédure

Procédez comme suit :

1	Imbibez le coton de liquide.
2	Essorez le coton 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 fragile.
 - Ne nettoyez pas l'objectif infrarouge trop souvent. Cela peut endommager son revêtement anti-reflet.
-

12.3 Détecteur infrarouge

Généralités La moindre poussière sur le détecteur infrarouge peut sérieusement endommager la qualité de l'image. Pour supprimer toute poussière du détecteur, appliquez la procédure ci-après.

REMARQUE

- Cette section concerne uniquement les caméras dont le détecteur infrarouge apparaît lorsque vous retirez l'objectif.
- Dans certains cas, il n'est pas possible de supprimer la poussière en suivant cette procédure : il faut nettoyer le détecteur infrarouge mécaniquement. Ce nettoyage mécanique doit être effectué par un partenaire de service agréé.

ATTENTION Dans l'étape 2 ci-après, n'utilisez pas de l'air pressurisé de circuits d'air pneumatique dans un atelier, etc., car généralement, cet air contient de la vapeur d'huile pour lubrifier les outils pneumatiques.

Procédure Procédez comme suit :

1	Retirez l'objectif de la caméra.
2	Utilisez de l'air pressurisé d'absorbeur d'air comprimé pour supprimer la poussière.

13

Données techniques

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.

13.1

Données relatives à la caméra

Données optiques et d'imagerie

Champ de vision horizontal (FOV, field of view)	Selon le modèle de la caméra : <ul style="list-style-type: none">■ 17° x 17° (FLIR i5 (modèle 2009))■ 25° x 25° (FLIR i7)
Distance minimale de focalisation	0,6 m
Résolution spatiale (IFOV)	3,71 mrad
Sensibilité thermique/NETD	< 0,1 °C
Fréquence des images	9 Hz
Mise au point	Sans mise au point

Données du détecteur

Type de détecteur	Matrice à plan focal (FPA), microbolomètre non refroidi
Plage spectrale	7.5–13 µm
Résolution infrarouge	Selon le modèle de la caméra : <ul style="list-style-type: none">■ 80 x 80 pixels (FLIR i5 (modèle 2009))■ 120 x 120 pixels (FLIR i7)

Présentation de l'image

Ecran	Ecran couleur LCD de 2,8 pouces
Réglage de l'image	Réglage/verrouillage automatique de l'image

Mesure

Plage de températures de l'objet	0°C à + 250°C
Précision	± 2 °C ou ± 2 % du relevé, pour une température ambiante de 10 ° à 35 °C

Analyse de mesures

Point de mesure	Point fixe
-----------------	------------

	Zone	Selon le modèle de la caméra : <ul style="list-style-type: none"> ■ Ne concerne pas (FLIR i5 (modèle 2009)) ■ Boîte avec min./max. (FLIR i7)
	Isotherme	Selon le modèle de la caméra : <ul style="list-style-type: none"> ■ Ne concerne pas (FLIR i5 (modèle 2009)) ■ Au-dessus/au-dessous (FLIR i7)
	Correction de l'émissivité	Variable de 0,1 à 1,0
	Table d'émissivité	Table d'émissivité des matériaux prédéfinis
	Correction de la température apparente réfléchie	Automatique, basée sur les données de température réfléchie
Configuration	Palette de couleurs	Noir et blanc, couleur
	Commandes de configuration	Adaptation locale (unités, langue, date et heure)
Stockage des images	Type de stockage d'images	Carte miniSD
	Formats des fichiers	JPEG standard, données de mesure 14 bits incluses
Interfaces de communication de données	Interfaces	USB Mini-B : transfert de données entre l'ordinateur et d'autres appareils
Système d'alimentation	Type de batterie	Batterie Li Ion rechargeable
	Tension de la batterie	3,6 V
	Autonomie de la batterie	Environ 5 heures (température ambiante de + 25° C et utilisation normale)
	Système de rechargement	La batterie est chargée dans la caméra.
	Temps de chargement	3 h avec capacité à 90 %
	Gestion de l'alimentation	Arrêt automatique
	Fonctionnement sur courant alternatif	Adaptateur CA, entrée 90–260 V CA,. Sortie 5 V vers la caméra
Données environnementales	Plage de températures de fonctionnement	de 0 à + 50 °C

Plage de températures de stockage	-40° C à + 70 °C
Humidité (utilisation et stockage)	IEC 60068-2-30/24 h 95 % d'humidité relative
EMC	<ul style="list-style-type: none"> ■ EN 61000-6-2:2005 (Immunité) ■ EN 61000-6-3:2007 (Émission) ■ FCC 47 CFR Partie 15 Classe B (Emission)
Boîtier	Boîtier de la caméra et objectif : IP 43 (IEC 60529)
Secousse	25 g (IEC 60068-2-29)
Vibration	2 g (IEC 60068-2-6)

Données physiques

Poids de la batterie, batterie incluse	0,34 kg
Dimensions de la caméra (L x l x h)	223 x 79 x 83 mm
Matériaux	Polycarbonate + acrylonitrile butadiène styrène (PC-ABS) Magnésium Thixomold Elastomère thermoplastique (TPE)
Couleur	Bleu et gris

Certifications

Certification	UL, CSA, CE, PSE et CCC
---------------	-------------------------

Portée de la livraison

Type d'emballage	Mallette rigide
Contenus de l'emballage	<ul style="list-style-type: none"> ■ CD FLIR QuickReport ■ Guide de démarrage (version imprimée) ■ CD-ROM de la documentation utilisateur ■ Certificat d'étalonnage ■ Bride de maintien ■ Batterie (à l'intérieur de la caméra) ■ Alimentation et chargeur avec prises de l'Union européenne, du Royaume-Uni, des États-Unis et d'Australie ■ Câble USB ■ Carte miniSD (512 Mo) avec adaptateur de carte SD

13.2 Données supplémentaires

Champ de vision & distance (FLIR i5)

10780503:a1

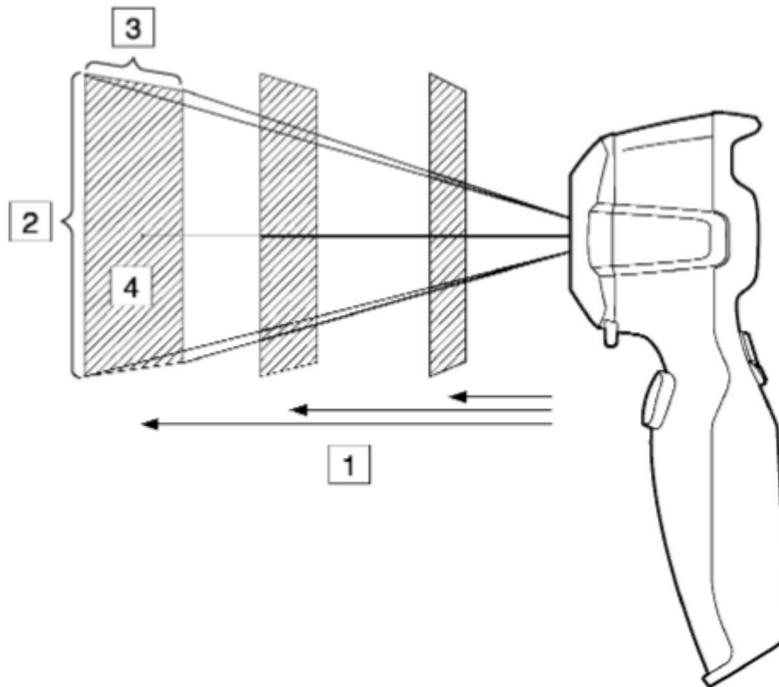


Figure 13.1 Rapport champ de vision/distance. 1 : Distance par rapport à la cible ; 2 : VFOV = champ de vision vertical ; 3 : HFOV = champ de vision horizontal ; 4 : IFOV = champ de vision instantané (taille d'un élément de détecteur).

Ce tableau donne des exemples du champ de vision pour des distances jusqu'à la cible. Remarque : ce tableau ne prend pas en compte la distance minimale de focalisation.

10781103:a1

Focal length: 6.76 mm									
Resolution: 80 x 80 pixels									
Field of view in degrees: 16.8									
D --->	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m
HFOV	0.15	0.30	0.59	1.48	2.96	7.40	14.79	29.59	m
VFOV	0.15	0.30	0.59	1.48	2.96	7.40	14.79	29.59	m
IFOV	1.85	3.70	7.40	18.49	36.98	92.46	184.91	369.82	mm
D --->	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.49	0.97	1.94	4.85	9.70	24.25	48.50	97.00	ft.
VFOV	0.49	0.97	1.94	4.85	9.70	24.25	48.50	97.00	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.29	0.73	1.46	3.64	7.28	14.56	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									

Champ de vision & distance (FLIR i5) 10780503;a1

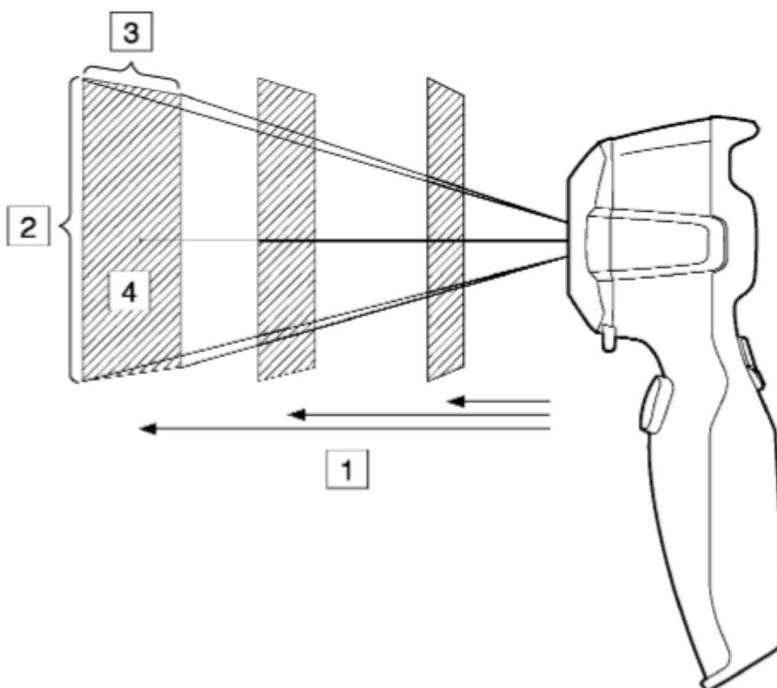


Figure 13.2 Rapport champ de vision/distance. 1 : Distance par rapport à la cible ; 2 : VFOV = champ de vision vertical ; 3 : HFOV = champ de vision horizontal ; 4 : IFOV = champ de vision instantané (taille d'un élément de détecteur).

Ce tableau donne des exemples du champ de vision pour des distances jusqu'à la cible. Remarque : ce tableau ne prend pas en compte la distance minimale de focalisation.

T638201;a1

Focal length: 6.76 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	22.19	44.38	m
VFOV	0.22	0.44	0.89	2.22	4.44	11.09	22.19	44.38	m
IFOV	1.85	3.70	7.40	18.49	36.98	92.46	184.91	369.82	mm
D --->	1.64	3.28	6.56	16.39	32.79	81.97	163.93	327.87	ft.
HFOV	0.73	1.46	2.91	7.28	14.55	36.38	72.75	145.50	ft.
VFOV	0.73	1.46	2.91	7.28	14.55	36.38	72.75	145.50	ft.
IFOV	0.07	0.15	0.29	0.73	1.46	3.64	7.28	14.56	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									

13.3 Données relatives aux accessoires

Câble USB Std A
↔ Mini B, 2 m

Longueur du câble	2,0 m
Connecteur	USB-A standard à USB Mini-B

Batterie

Type de batterie	Batterie Li Ion rechargeable
Tension de la batterie	3,6 V
Remarque sur la batterie	Contenu en lithium approximatif : 0,7 g
Système de rechargement	La batterie est chargée dans la caméra

Alimentation et chargeur avec prises de l'Union européenne, du Royaume-Uni, des Etats-Unis et d'Australie

Fonctionnement sur courant alternatif	100–240 V, 50/60 Hz sortie 5 V CA, 1.2 A
Alimentation	6 W
Dimensions (L x l x h)	69.2 x 43.3 x 29.8 mm
Longueur du câble	1,8 m
Contenus de l'emballage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Alimentation/chargeur de batterie ■ Prises de l'Union européenne, du Royaume-Uni et de l'Australie

Carte mémoire, 512 Mo miniSD

Taille de carte mémoire	512 Mo
Dimensions (L x l x h)	21.5 x 20 x 1.4 mm
Contenus de l'emballage	<ul style="list-style-type: none"> ■ Carte miniSD ■ Adaptateur de carte miniSD vers carte mémoire SD

Terme ou expression	Signification
Absorption (facteur d'absorption)	Quantité de rayonnement absorbé par un objet par rapport à la quantité de rayonnement reçu. La valeur est comprise entre 0 et 1.
Atmosphère	Gaz situés entre l'objet mesuré et la caméra, en principe de l'air.
Bruit	Petite perturbation non désirée dans l'image infrarouge.
Cavité isotherme	Radiateur en forme de bouteille avec une température uniforme vue par un goulot.
Cavité rayonnante	Radiateur en forme de bouteille dont l'intérieur, accessible par un goulot, est absorbant.
Champ de vision horizontal	Champ de vision (Field Of View) : angle horizontal pouvant être visualisé à travers un objectif infrarouge.
Conduction	Processus permettant à la chaleur de se diffuser dans la matière.
Convection	La convection est un mode de transfert de chaleur pour lequel un fluide est mis en mouvement, par le biais de la gravité ou d'une autre force, transférant ainsi la chaleur d'un lieu à un autre.
Corps gris	Objet émettant une fraction fixe de la quantité d'énergie d'un corps noir pour chaque longueur d'onde.
Corps noir	Objet non réfléchissant. Tout le rayonnement qu'il émet provient de sa propre température.
Correction de l'image (interne ou externe)	Moyen permettant de compenser les différences de sensibilité dans différentes parties d'images en direct et permettant également de stabiliser la caméra.
Couleur de saturation	Les zones dont la température est située en dehors des paramètres de niveau/de sensibilité sont colorées avec les couleurs de saturation. Les couleurs de saturation contiennent une couleur 'excédentaire' et une couleur 'déficitaire'. Il existe également une troisième couleur de saturation rouge qui marque tout ce qui est saturé par le détecteur, ce qui signifie que la plage doit probablement être modifiée.
différence de température.	Valeur résultant de la soustraction de deux valeurs de température.
Echelle de température	Façon dont une image infrarouge est actuellement affichée. Exprimée par deux valeurs de température délimitant les couleurs.

Terme ou expression	Signification
Emissivité (facteur d'émissivité)	Quantité de rayonnement provenant d'un objet, comparé à celui d'un corps noir. La valeur est comprise entre 0 et 1.
environnement	Objets et gaz émettant des rayonnements vers l'objet mesuré.
Exitance	Quantité d'énergie émise par un objet par unité de temps et de surface (W/m^2).
Exitance énergétique (spectrale)	Quantité d'énergie émise par un objet par unité de temps, de surface et de longueur d'onde ($W/m^2/\mu m$).
Facteur de transmission	Les gaz et les matériaux peuvent être plus ou moins transparents. La transmission est la quantité de rayonnement Infrarouge les traversant. La valeur est comprise entre 0 et 1.
Filtre	Matériau qui est transparent pour certaines longueurs d'ondes infrarouges.
FPA	Matrice à plan focal : type de détecteur infrarouge.
Gain	Intervalle de l'échelle de température, généralement exprimée comme valeur de signal.
Humidité relative	L'humidité relative représente le rapport entre la masse actuelle de la vapeur d'eau dans l'air et la valeur maximale pouvant être contenue dans l'air en cas de saturation.
IFOV	Champ de vision instantané : mesure de la résolution géométrique d'une caméra infrarouge.
Infrarouge	Rayonnement invisible, ayant une longueur d'onde comprise entre 2 et 13 μm .
IR	Infrarouge
Isotherme	Fonction permettant de mettre en valeur des parties de l'image se situant au-dessus, en dessous d'un ou entre plusieurs intervalles de température.
Isotherme double	Isotherme possédant deux bandes de couleur au lieu d'une.
Isotherme transparent	Isotherme indiquant une répartition linéaire des couleurs au lieu de couvrir les parties mises en valeur de l'image.
Laser LocatIR	Source lumineuse alimentée électriquement sur la caméra émettant un rayonnement laser sous forme de faisceau fin et concentré pour pointer sur certaines parties de l'objet se trouvant devant la caméra.
Luminance énergétique	Quantité d'énergie émise par un objet par unité de temps, de surface et d'angle ($W/m^2/sr$).

Terme ou expression	Signification
NETD (résolution thermique)	Résolution thermique de mesure (Noise equivalent temperature difference). Mesure de la résolution thermique de mesure d'une caméra infrarouge.
Niveau	Valeur centrale de l'échelle de température, généralement exprimée comme valeur de signal.
Optique externe	Lentilles, filtres, écrans thermiques supplémentaires pouvant être placés entre la caméra et l'objet mesuré.
Palette	Palette de couleurs utilisée pour afficher une image infrarouge.
Palette automatique	L'image infrarouge est affichée avec une répartition non linéaire des couleurs permettant de faire mieux ressortir simultanément les objets froids et chauds.
Paramètres objet	Ensemble de valeurs décrivant les conditions dans lesquelles un objet a été mesuré et décrivant l'objet lui-même (telles que l'émissivité, la température apparente réfléchie, la distance, etc.).
Pixel	Signifie élément d'image (pictural élément). Point sur une image.
Plage	Limites de la mesure de température générale d'une caméra de thermographie infrarouge. Les caméras disposent de plusieurs plages. Exprimée par deux valeurs de température de corps noir délimitant l'étalonnage en cours.
Plage de températures	Limites de la mesure de température générale d'une caméra de thermographie infrarouge. Les caméras disposent de plusieurs plages. Exprimée par deux valeurs de température de corps noir délimitant l'étalonnage en cours.
Pointeur laser	Source lumineuse alimentée électriquement sur la caméra émettant un rayonnement laser sous forme de faisceau fin et concentré pour pointer sur certaines parties de l'objet se trouvant devant la caméra.
Puissance rayonnante	Quantité d'énergie émise par un objet par unité de temps (W).
Radiateur	Equipement infrarouge rayonnant.
Radiateur (corps noir)	Equipement de rayonnement infrarouge avec les propriétés d'un corps noir, permettant d'étalonner les caméras de thermographie infrarouge.
Rayonnement	Processus par lequel de l'énergie électromagnétique est émise par un objet ou un gaz.
Réflexion	Quantité de rayonnement reflété par un objet par rapport à la quantité de rayonnement reçu. La valeur est comprise entre 0 et 1.

Terme ou expression	Signification
Réglage automatique	Fonction permettant à la caméra d'effectuer une correction interne de l'image.
Réglage continu	Fonction réglant l'image. Cette fonction est toujours activée et règle en continu le contraste et la luminosité selon le contenu de l'image.
Réglage manuel	Moyen permettant de régler l'image en modifiant certains paramètres manuellement.
Signal d'un objet	Valeur non étalonnée se rapportant à la quantité de rayonnement émis par l'objet et reçu par la caméra.
Température de couleur	Température à laquelle la couleur d'un corps noir correspond à une couleur spécifique.
Température de référence	Température à laquelle les valeurs normalement mesurées peuvent être comparées.
Thermogramme	Image infrarouge
Transmission atmosphérique calculée	Valeur de transmission calculée en fonction de la température, de l'humidité relative de l'air et de la distance jusqu'à l'objet.
Transmission atmosphérique estimée	Valeur de transmission fournie par un utilisateur, remplaçant une valeur calculée.
TV	Relatif au mode vidéo d'une caméra de thermographie infrarouge, par opposition au mode thermographique normal. Lorsque la caméra est en mode TV, elle capture des images vidéo, au lieu des images thermographiques capturées en mode IR (infrarouge).

20 Techniques de mesure thermographique

20.1 Introduction

La caméra infrarouge mesure et visualise le rayonnement infrarouge d'un objet. La caméra peut calculer et afficher cette température, car le rayonnement est une fonction de la température de surface des objets.

Cependant, le rayonnement mesuré par la caméra dépend non seulement de la température de l'objet, mais également de l'émissivité. Le rayonnement provenant du milieu environnant est également réfléchi dans l'objet. Le rayonnement émanant de l'objet et le rayonnement réfléchi sont également influencés par l'absorption de l'atmosphère.

Pour mesurer la température avec précision, il est donc nécessaire de compenser les effets des différentes sources de rayonnement. Cela est effectué automatiquement en ligne par la caméra. Les paramètres suivants relatifs à l'objet doivent cependant être fournis à la caméra :

- Emissivité de l'objet
- Température apparente réfléchie
- Distance entre l'objet et la caméra
- Humidité relative
- Température de l'atmosphère

20.2 Emissivité

L'émissivité étant le paramètre le plus important, elle doit être définie avec précision. Elle représente la mesure du rayonnement émis par un objet par rapport à celui émis par un corps noir parfait de même température.

Normalement, l'émissivité des matériaux des objets et des traitements de surface est comprise approximativement entre 0,1 et 0,95. Une surface très polie (miroir) a une émissivité inférieure à 0,1, alors qu'une surface oxydée ou peinte a une émissivité plus élevée. Les peintures à base d'huile, quelle que soit leur couleur dans le spectre visible, ont une émissivité supérieure à 0,9 dans l'infrarouge. La peau humaine a une émissivité comprise entre 0,97 et 0,98.

Les métaux non oxydés représentent un cas extrême d'opacité parfaite et de réflectivité élevée qui ne varient pas beaucoup avec la longueur d'onde. Par conséquent, l'émissivité des métaux est faible : elle n'augmente qu'avec la température. L'émissivité des objets non métalliques tend à être élevée et diminue avec la température.

20.2.1 Obtention de l'émissivité d'un échantillon

20.2.1.1 Etape 1 : Détermination de la température apparente réfléchie

L'une des deux méthodes suivantes permet de déterminer la température apparente réfléchie :

20.2.1.1.1 Méthode 1 : Méthode directe

- 1 Rechercher des sources de réflexion possibles en tenant compte du fait que angle d'incidence = angle de réflexion ($a = b$).

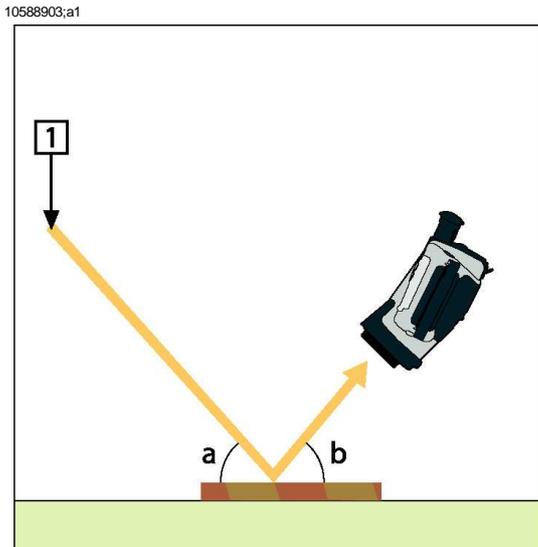


Figure 20.1 1 = Source de réflexion

- 2 Si la source de réflexion est un point, modifiez la source en l'obstruant avec une pièce de carton.

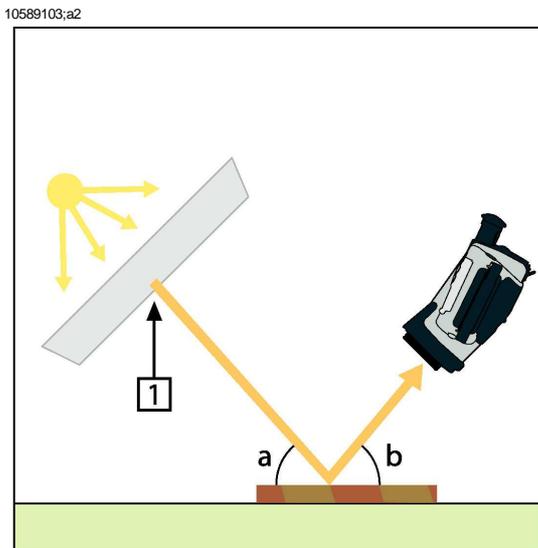


Figure 20.2 1 = Source de réflexion

- 3 Mesurez l'intensité de radiation (= température apparente) à partir de la source de réflexion en utilisant les paramètres suivants :
- Emissivité : 1,0
 - D_{obj} : 0

Vous pouvez mesurer l'intensité de radiation à l'aide d'une des deux méthodes suivantes :

10589003;a2

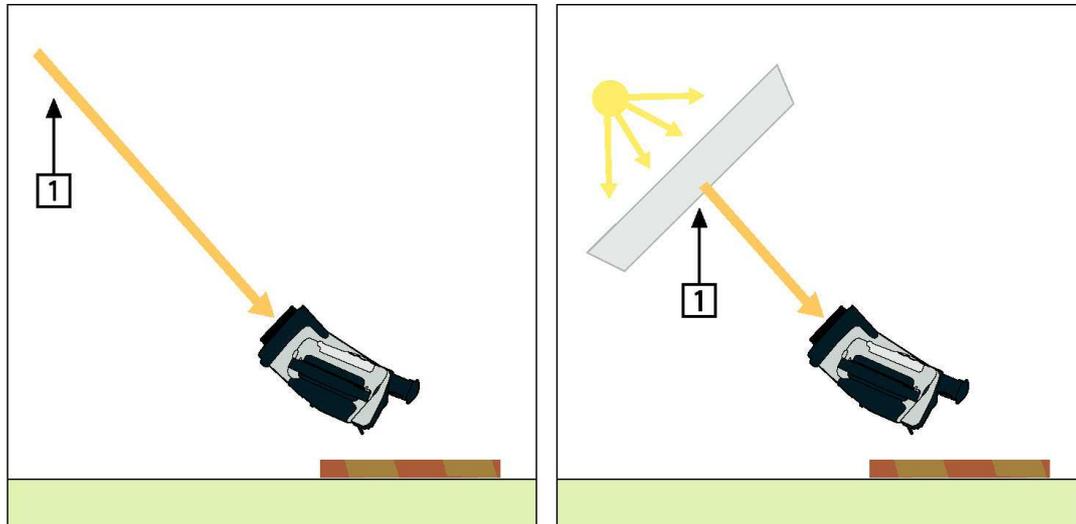


Figure 20.3 1 = Source de réflexion

Remarque : l'utilisation d'un thermocouple pour mesurer la température apparente réfléchie n'est pas recommandée pour deux raisons :

- Un thermocouple ne mesure pas l'intensité de radiation.
- Un thermocouple nécessite un excellent contact thermique avec la surface, souvent par collage ou couverture du capteur avec un isolant thermique.

20.2.1.1.2 Méthode 2 : Méthode par réflexion

1	Froissez un grand morceau de papier aluminium.
2	Défroissez-le et fixez-le à un morceau de carton de même taille.
3	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.
4	Définissez l'émissivité à 1,0.

5 Mesurez la température apparente de la feuille d'aluminium et consignez-la.

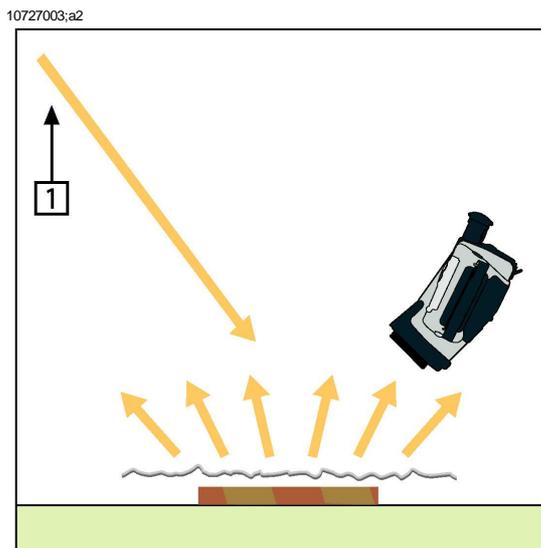


Figure 20.4 Mesure de la température apparente de la feuille d'aluminium

20.2.1.2 Etape 2 : Détermination de l'émissivité

1	Sélectionnez un emplacement pour l'échantillon.
2	Déterminez et définissez la température apparente réfléchie en fonction de la procédure précédente.
3	Fixez de la bande adhésive isolante à haute émissivité sur l'échantillon.
4	Chauffez l'échantillon à au moins 20 K au dessus de la température ambiante. Le chauffage doit être relativement homogène.
5	Effectuez la mise au point et ajustez automatiquement la caméra, puis figez l'image.
6	Ajustez le niveau et le gain pour une meilleure luminosité et un meilleur contraste au niveau des images.
7	Définissez l'émissivité de façon à ce qu'elle soit identique à celle de la bande adhésive (généralement 0,97).
8	Mesurez la température de la bande adhésive en utilisant l'une des fonctions de mesures suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ■ Isotherme (vous permet de déterminer la température et l'homogénéité du chauffage de l'échantillon) ■ Point (plus simple) ■ Boîte Moy (adapté aux surfaces ayant une émissivité variable)
9	Notez la température.
10	Déplacez votre fonction de mesure vers la surface de l'échantillon.
11	Modifiez le paramètre d'émissivité jusqu'à ce que la température soit la même que celle obtenue lors de la précédente mesure.

12	Notez l'émissivité.
----	---------------------

Remarque :

- Il faut éviter la convection forcée.
- Recherchez un environnement thermiquement stable qui ne génère pas de réflexion de points.
- Utilisez de la bande adhésive de haute qualité non transparent et à haute émissivité.
- Cette méthode part du principe que la température de votre bande adhésive et de la surface de l'échantillon sont identiques. Dans le cas contraire, vos mesures d'émissivité seront faussées.

20.3 Température apparente réfléchie

Ce paramètre permet de compenser le rayonnement réfléchi dans l'objet. Si l'émissivité est faible et la température de l'objet relativement éloignée de la température réfléchie, il est important de définir et de compenser correctement la température apparente réfléchie.

20.4 Distance

La distance correspond à la distance entre l'objet et l'objectif avant de la caméra. Ce paramètre permet de compenser les deux faits suivants :

- Le rayonnement de la cible est absorbé par l'atmosphère entre l'objet et la caméra.
- Le rayonnement de l'atmosphère elle-même vient s'ajouter aux rayonnements détectés par la caméra.

20.5 Humidité relative

La caméra peut également compenser la légère variation du facteur de transmission résultant de l'humidité relative de l'atmosphère. Pour permettre cette compensation, attribuez une valeur correcte à l'humidité relative. Pour les courtes distances et l'humidité normale, la valeur par défaut de l'humidité relative peut être conservée, soit 50 %.

20.6 Autres paramètres

En outre, certaines caméras et programmes d'analyse de FLIR Systems permettent de compenser les paramètres suivants :

- Température atmosphérique (température moyenne de l'atmosphère entre la caméra et la cible).
- Température optique externe, c'est-à-dire la température des objectifs ou fenêtres externes utilisé(e)s devant la caméra.

- Transmission d'optique externe – c'est-à-dire la transmission des objectifs ou fenêtres externes utilisé(e)s devant la caméra

22 Théorie de la thermographie

22.1 Introduction

Le domaine du rayonnement infrarouge et les techniques de thermographie associées sont souvent méconnus des nouveaux utilisateurs de caméra infrarouge. Cette section aborde la théorie de la thermographie.

22.2 Spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique est divisé arbitrairement en plusieurs zones de longueurs d'onde, appelées bandes, identifiées par les méthodes utilisées pour produire et détecter le rayonnement. Il n'existe aucune différence fondamentale entre le rayonnement des différentes bandes du spectre électromagnétique. Elles sont toutes régies par les mêmes lois et la seule différence réside dans la longueur d'onde.

10067803:a1

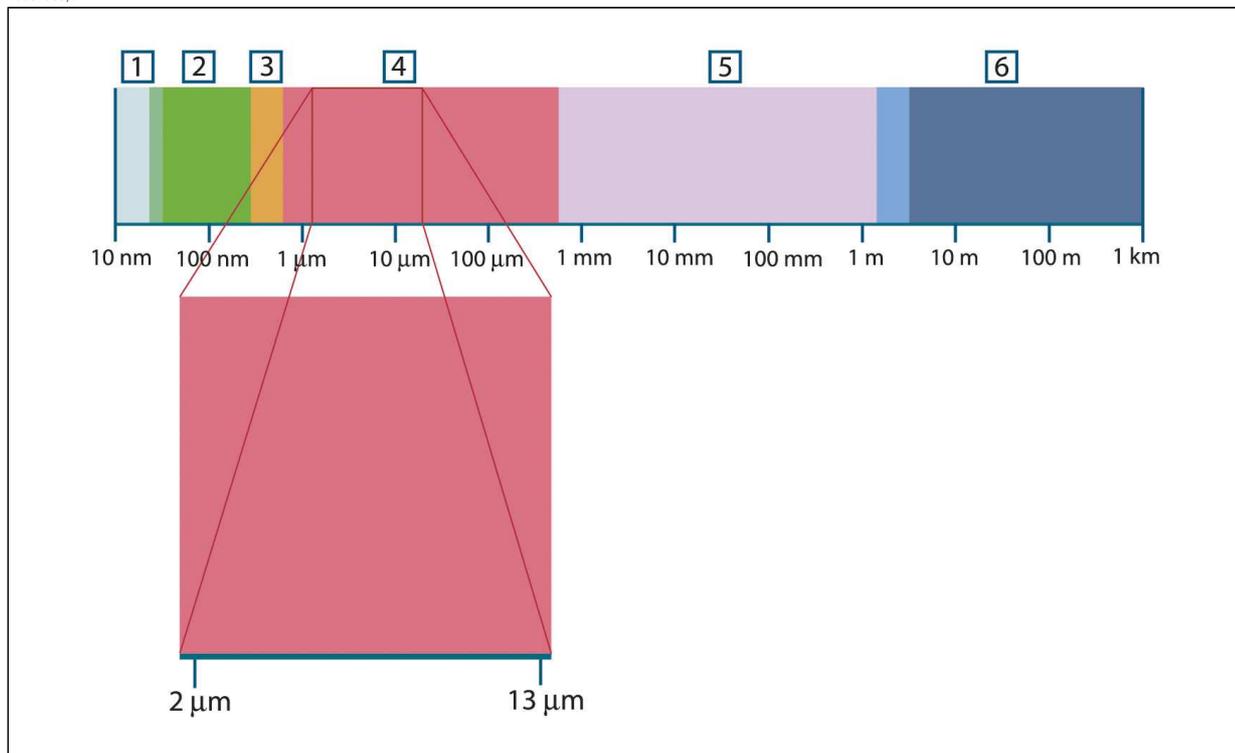


Figure 22.1 Spectre électromagnétique. 1 : rayons X ; 2 : UV ; 3 : Visible ; 4 : IR ; 5 : Micro-ondes ; 6 : Ondes radio.

La thermographie utilise la bande spectrale infrarouge. A l'extrémité gauche de la longueur d'onde courte, la limite correspond à celle de la perception visuelle, dans le rouge intense. A l'extrémité droite de la longueur d'onde longue, cette limite fusionne avec les longueurs d'onde radio à micro-ondes, dans la plage des millimètres.

La bande infrarouge est elle-même divisée en quatre petites bandes, également délimitées de façon arbitraire. Elle inclut : le proche infrarouge (0,75 - 3 μm), l'infrarouge central (3 - 6 μm), l'infrarouge lointain (6 - 15 μm) et l'infrarouge extrême (15 - 100 μm). Bien que les longueurs d'onde soient indiquées en μm (micromètres), d'autres unités sont souvent utilisées pour mesurer la longueur d'onde dans cette zone spectrale, par exemple le nanomètre (nm) et l'Ångström (Å).

Voici la correspondance entre les différentes mesures de longueur d'onde :

$$10\,000\ \text{Å} = 1\,000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$$

22.3 Rayonnement d'un corps noir

Un corps noir désigne un objet qui absorbe le rayonnement qu'il reçoit, quelle que soit la longueur d'onde et l'angle d'incidence. L'appellation noir associée à un objet qui émet un rayonnement est expliquée par la loi de Kirchhoff (de Gustav Robert Kirchhoff, 1824–1887), selon laquelle un corps capable d'absorber le rayonnement à n'importe quelle longueur d'onde est également capable d'émettre un rayonnement de la même façon.

10398803;a1



Figure 22.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887)

La conception d'une source de corps noir est en principe très simple. Les caractéristiques du rayonnement d'un trou dans une cavité isotherme constituée d'un matériau absorbant opaque représentent presque exactement les propriétés d'un corps noir. Une application pratique du principe de construction d'un absorbeur parfait de rayonnement est une boîte étanche à la lumière qui comporte une petite ouverture sur l'un des côtés. Le rayonnement qui passe par cette ouverture est alors diffusé et absorbé par des réflexions répétées. Par conséquent, seule une fraction infinitésimale peut éventuellement s'échapper. La « noirceur » obtenue à l'ouverture est presque identique à celle d'un corps noir et quasiment parfaite pour toutes les longueurs d'onde.

En chauffant cette boîte isotherme de manière adéquate, celle-ci devient alors une cavité rayonnante. Une cavité isotherme chauffée avec une température uniforme génère un rayonnement de corps noir, dont les caractéristiques sont déterminées uniquement par sa température. Ce type de cavité rayonnante est couramment utilisé comme source de rayonnement de référence dans les laboratoires d'étalonnage des instruments de thermographie, tels que les caméras FLIR Systems.

Si la température du rayonnement d'un corps noir dépasse 525 °C, la source commence à être visible de telle sorte qu'elle n'apparaît plus noire à l'œil. Il s'agit de la couleur rouge correspondant à la chaleur initiale du radiateur, qui devient ensuite orange ou jaune au fur et à mesure que la température augmente. En fait, la définition de la température de couleur d'un objet est la température à laquelle un corps noir devrait être chauffé pour avoir la même apparence dans le spectre visible.

Considérons maintenant trois expressions qui décrivent le rayonnement émis par un corps noir.

22.3.1 Loi de Planck

10399203;a1



Figure 22.3 Max Planck (1858–1947)

Max Planck (1858–1947) a déterminé la distribution spectrale du rayonnement d'un corps noir à l'aide de la formule suivante :

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{hc/\lambda kT} - 1 \right)} \times 10^{-6} [\text{Watt} / \text{m}^2, \mu\text{m}]$$

où :

$W_{\lambda b}$	Exitance énergétique spectrale du corps noir à la longueur d'onde λ .
-----------------	---

c	Vitesse de la lumière = 3×10^8 m/s
h	Constante de Planck = $6,6 \times 10^{-34}$ Joule s
k	Constante de Boltzmann = $1,4 \times 10^{-23}$ Joule/K
T	Température absolue (K) d'un corps noir
λ	Longueur d'onde (μm)

↪ Le facteur 10^{-6} est utilisé car l'émissivité spectrale dans les courbes est exprimé en $\text{Watt}/\text{m}^2, \mu\text{m}$.

La formule de Planck, lorsqu'elle est représentée sous forme graphique pour différentes températures, génère une famille de courbes. Suivant une courbe de Planck particulière, l'exitance spectrale est égale à zéro à $\lambda = 0$, puis elle atteint rapidement un maximum à une longueur d'onde λ_{max} et après l'avoir dépassée, elle s'approche à nouveau de zéro sur les longueurs d'onde très longues. Plus la température est élevée, plus la longueur d'onde où le maximum sera atteint est courte.

10327103:a4

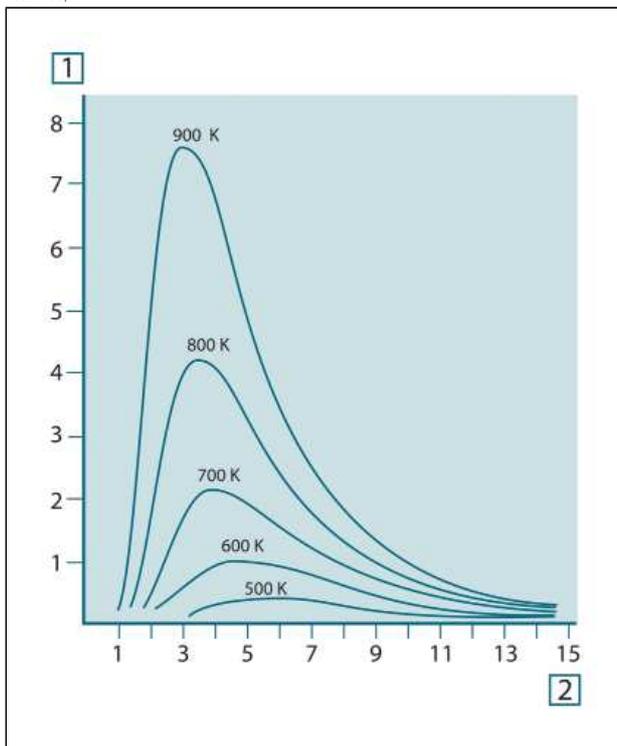


Figure 22.4 Exitance énergétique spectrale du corps noir selon la loi de Planck, représentée pour différentes températures absolues. 1 : Exitance énergétique spectrale ($\text{W}/\text{cm}^2 \times 10^3(\mu\text{m})$) ; 2 : Longueur d'onde (μm)

22.3.2 Loi de déplacement de Wien

En différenciant la formule de Planck par rapport à λ et en cherchant le maximum, nous obtenons :

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T} [\mu m]$$

Il s'agit de la formule de Wien (Wilhelm Wien, 1864–1928). Elle exprime sous forme mathématique l'observation courante selon laquelle la couleur visible d'un corps rayonnant passe du rouge à l'orange ou au jaune au fur et à mesure que sa température augmente. La longueur d'onde de la couleur est identique à celle calculée pour λ_{\max} . Une bonne approximation de la valeur de λ_{\max} pour la température d'un corps noir est obtenue en appliquant la méthode empirique de $3\,000/T \mu m$. Ainsi, une étoile très chaude telle que Sirius (11 000 K), qui émet une lumière blanc-argenté, rayonne avec le pic de l'excitation énergétique dans le spectre ultraviolet invisible, à une longueur d'onde de $0,27 \mu m$.

10399403;a1

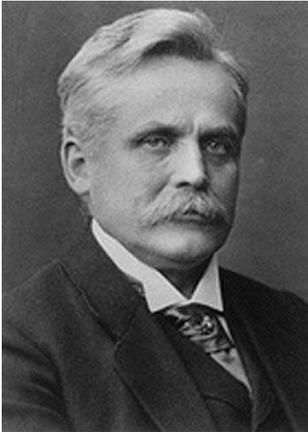


Figure 22.5 Wilhelm Wien (1864–1928)

Le soleil (environ 6000 K) émet une lumière jaune, dont le pic est d'environ $0,5 \mu m$ au milieu du spectre de lumière visible.

A la température ambiante (300 K), le pic de l'excitation énergétique est de $9,7 \mu m$, dans l'infrarouge lointain, alors qu'à la température de l'azote liquide (77 K) le maximum de la quantité presque insignifiante de l'excitation énergétique se produit à $38 \mu m$ dans l'infrarouge extrême.

10327203;a4

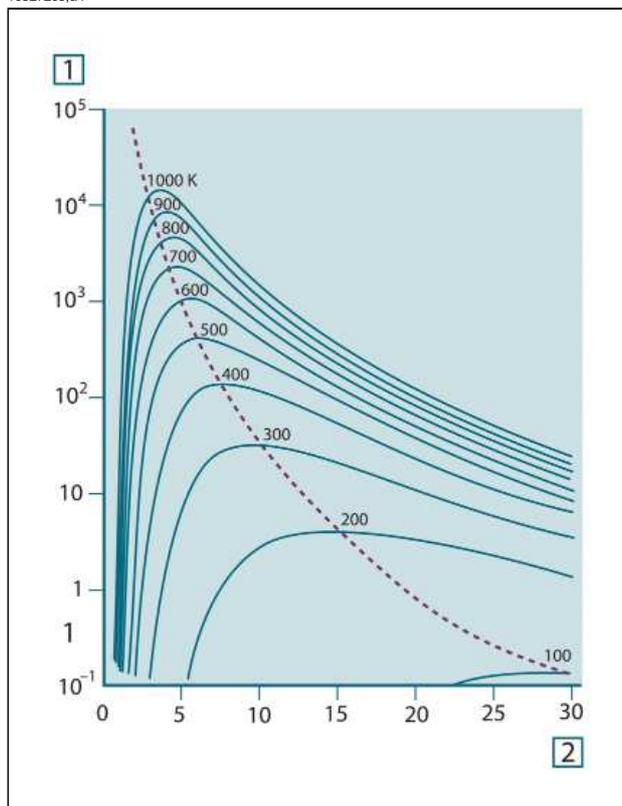


Figure 22.6 Courbes de Planck représentées sur des échelles semi-logarithmiques de 100 K à 1000 K. La ligne en pointillés relie les maxima des courbes comme l'indique la loi de déplacement de Wien. 1 : Exitance énergétique spectrale ($\text{W}/\text{cm}^2 (\mu\text{m})$) ; 2 : Longueur d'onde (μm).

22.3.3 Loi de Stefan-Boltzmann

En intégrant la formule de Planck de $\lambda = 0$ à $\lambda = \infty$, nous obtenons l'exitance énergétique totale (W_b) d'un corps noir :

$$W_b = \sigma T^4 \text{ [Watt}/\text{m}^2]$$

Il s'agit de la formule de Stefan-Boltzmann (Josef Stefan, 1835–1893 et Ludwig Boltzmann, 1844–1906). Elle indique que le pouvoir émissif total d'un corps noir est proportionnel à sa température absolue à la puissance quatre. Du point de vue graphique, W_b représente la zone située en dessous de la courbe de Planck pour une température particulière. Il est possible de démontrer que l'exitance énergétique de l'intervalle $\lambda = 0$ à λ_{max} n'est égale qu'à 25 % du total, ce qui représente le rayonnement solaire qui se trouve dans le spectre de la lumière visible.

10399303;ar1

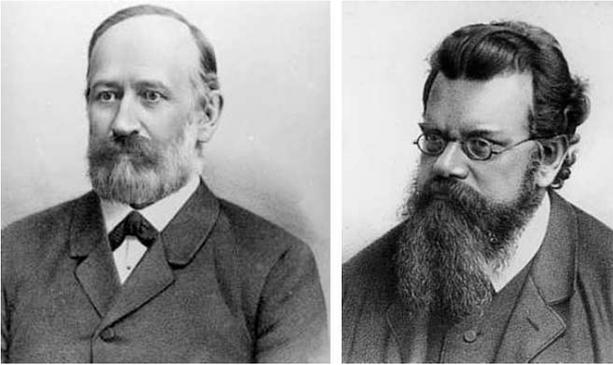


Figure 22.7 Josef Stefan (1835–1893) et Ludwig Boltzmann (1844–1906)

Si nous calculons la puissance rayonnée par le corps humain à l'aide de la formule de Stefan-Boltzmann, à une température de 300 K et sur une surface externe d'environ 2 m², nous obtenons 1 kW. Cette perte de puissance ne pourrait pas être supportée par un humain si elle n'était pas compensée a) par l'absorption de rayonnement des surfaces environnantes, à des températures ambiantes qui ne sont pas trop différentes de la température du corps, b) par l'ajout de vêtement.

22.3.4 Emetteurs non noirs

Jusqu'à présent, nous avons abordé uniquement le rayonnement des corps noirs. Cependant, dans la plupart des cas, les objets réels ne sont pas compatibles avec ces concepts dans une région de longueur d'onde étendue, même s'ils peuvent s'en approcher dans certains intervalles spectraux réduits. Par exemple, la peinture blanche semble parfaitement blanche dans le spectre de la lumière visible, mais elle devient distinctement grise à environ 2 μm, et au-delà de 3 μm, elle est presque noire.

Trois processus peuvent empêcher un objet réel d'agir comme un corps noir : une fraction du rayonnement incident α peut être absorbée, une fraction ρ peut être réfléchie et une fraction τ peut être transmise. Etant donné que tous ces facteurs dépendent plus ou moins de la longueur d'onde, l'indice λ est utilisé pour impliquer la dépendance spectrale de leur définition. Par conséquent :

- Le facteur spectral d'absorption α_λ = le rapport de la puissance énergétique spectrale absorbée par un objet par rapport à son incident.
- Le facteur spectral de réflexion ρ_λ = le rapport de la puissance énergétique réfléchie par un objet par rapport à son incident.
- Le facteur spectral de transmission τ_λ = le rapport de la puissance énergétique transmise par un objet par rapport à son incident.

La somme de ces trois facteurs est toujours égale à 1, quelle que soit la longueur d'onde. Ainsi, nous obtenons la relation :

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Pour les matériaux opaques $\tau_\lambda = 0$ et la relation est simplifiée à :

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Un autre facteur, appelé émissivité, est requis pour décrire la fraction ε de l'exitance énergétique d'un corps noir produit par un objet à une température spécifique. Par conséquent, nous avons la définition :

Le facteur spectral d'émissivité $\varepsilon_\lambda =$ le rapport de la puissance énergétique d'un objet à la même température et la même longueur d'onde.

Exprimé sous forme mathématique, ce rapport peut être écrit comme celui du facteur spectral d'émissivité de l'objet sur celui d'un corps noir comme suit :

$$\varepsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

Généralement, il existe trois types de source de rayonnement, distingués par les façons dont le facteur spectral d'émissivité de chacun varie avec la longueur d'onde.

- Un corps noir, pour lequel $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$
- Un corps gris, pour lequel $\varepsilon_\lambda = \varepsilon =$ constante inférieure à 1
- Un radiateur sélectif, pour lequel ε varie avec la longueur d'onde

Selon la loi de Kirchhoff, pour n'importe quel matériau, les facteurs d'émissivité et d'absorption spectrales d'un corps sont égaux aux températures et longueurs d'onde définies. C'est-à-dire :

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

Nous obtenons pour un matériau opaque (puisque $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$) :

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Pour les matériaux très polis ε_λ est proche de zéro, de sorte que pour un matériau parfaitement réfléchissant (par exemple un miroir parfait) nous obtenons :

$$\rho_\lambda = 1$$

Pour un corps gris, la formule de Stefan-Boltzmann devient :

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2\text{]}$$

Cela signifie que la puissance émissive totale d'un corps gris est identique à celle d'un corps noir à la même température réduite proportionnellement à la valeur ε du corps gris.

10401203;a2

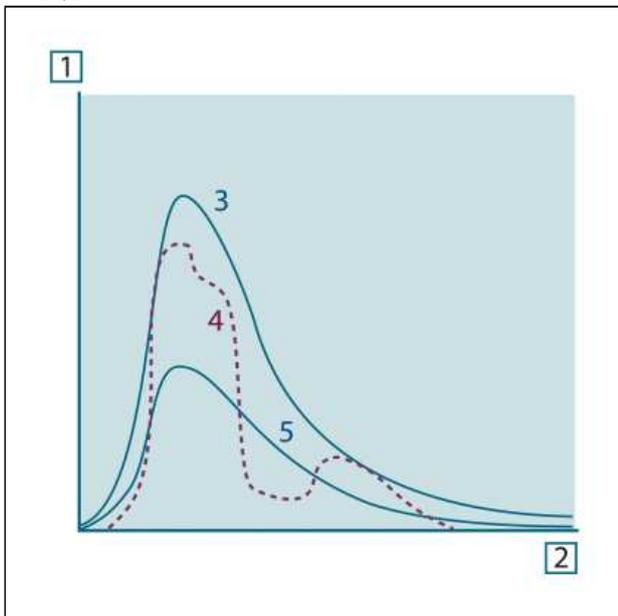


Figure 22.8 Exitance énergétique et facteur spectral d'émissivité de trois types de radiateur. 1 : Exitance énergétique spectrale ; 2 : Longueur d'onde ; 3 : Corps noir ; 4 : Radiateur sélectif ; 5 : Corps gris.

10327303;a4

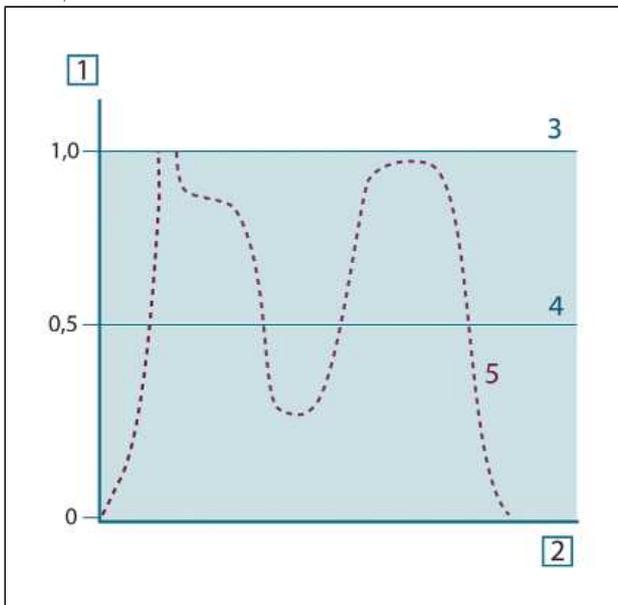


Figure 22.9 Facteur spectral d'émissivité de trois types de radiateur. 1 : Facteur spectral d'émissivité ; 2 : Longueur d'onde ; 3 : Corps noir ; 4 : Corps gris ; 5 : Radiateur sélectif.

22.4 Matériaux infrarouges semi-transparentes

Considérons maintenant un corps non métallique et semi-transparent, par exemple une plaque en plastique épaisse. Lorsque la plaque est chauffée, le rayonnement généré dans son volume doit se diriger vers les surfaces par l'intermédiaire du matériau dans lequel il est partiellement absorbé. De plus, lorsqu'il arrive à la surface, une partie est réfléchi à l'intérieur. Le rayonnement réfléchi à l'intérieur est de nouveau

partiellement absorbé, mais une partie arrive à l'autre surface, par laquelle la plus grande partie s'échappe ; une partie du rayonnement est de nouveau réfléchi. Bien que les réflexions progressives soient de plus en plus faibles, elles doivent être additionnées lorsque l'exitance totale de la plaque est calculée. Lorsque la série géométrique résultante est obtenue, le facteur d'émissivité réel d'un matériau semi-transparent est obtenu par la formule suivante :

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{(1 - \rho_{\lambda})(1 - \tau_{\lambda})}{1 - \rho_{\lambda}\tau_{\lambda}}$$

Lorsque la plaque devient opaque, la formule est réduite à :

$$\varepsilon_{\lambda} = 1 - \rho_{\lambda}$$

Cette dernière relation est particulièrement utile car il est souvent plus facile de mesurer la réflexion que de mesurer directement l'émissivité.

23 La formule de mesure

Comme cela a été dit précédemment, lorsque la caméra visualise un objet, elle reçoit également des rayonnements autres que ceux propres à l'objet. Elle perçoit également des rayonnements provenant du milieu environnant réfléchis par la surface de l'objet. Ces deux types de rayonnements sont quelque peu atténués par l'atmosphère du chemin de mesure. Un troisième type de rayonnement vient s'ajouter aux deux précédents : celui de l'atmosphère elle-même.

La description de la situation de mesure illustrée dans la figure ci-dessous, constitue une description des conditions réelles relativement fidèle. Ne sont pas pris en considération, par exemple, la lumière du soleil pénétrant dans l'atmosphère ou les rayonnements parasites provenant de sources de rayonnement intenses extérieures au champ de vision. Il est difficile de quantifier de telles interférences ; toutefois, elles sont généralement suffisamment faibles pour pouvoir être ignorées. Dans le cas où elles seraient trop importantes, la configuration de la mesure serait telle que le risque d'interférence serait manifeste, pour un spécialiste en tout cas. Il lui incombe donc de modifier la situation de la mesure de façon à supprimer toute interférence, par exemple en modifiant la direction du champ de vision, en faisant écran aux sources de rayonnement trop intenses, etc.

En partant de la description ci-dessus, il est possible d'utiliser la figure ci-dessous pour en dériver une formule de calcul de la température de l'objet à partir de la sortie de la caméra étalonnée.

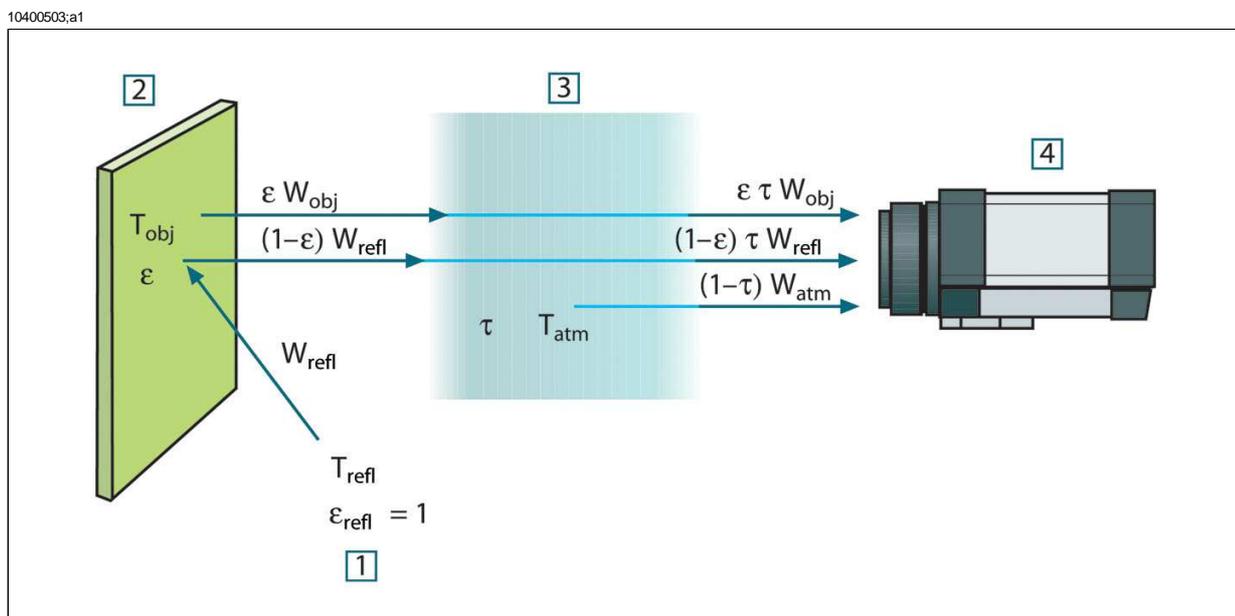


Figure 23.1 Une représentation schématique de la situation de mesure thermographique générale. 1 : Milieu environnant ; 2 : Objet ; 3 : Atmosphère ; 4 : Caméra

Si l'on part du principe que la puissance du rayonnement perçu W provenant de la source d'un corps noir d'une température T_{source} génère sur une courte distance un signal de sortie de caméra U_{source} qui est proportionnel à la puissance d'entrée (caméra à puissance linéaire). On peut alors écrire (Equation 1) :

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

ou, en notation simplifiée :

$$U_{source} = CW_{source}$$

C étant une constante.

Si la source doit être un corps gris avec exittance ε , le rayonnement reçu sera donc la εW_{source} .

Nous sommes maintenant en mesure d'énoncer les trois formules de puissance de rayonnement obtenues :

1. – Emission provenant de l'objet = $\varepsilon\tau W_{obj}$, ε l'exittance de l'objet et τ étant le facteur de transmission de l'atmosphère. La température de l'objet est T_{obj} .

2 – Emission réfléchie provenant de sources ambiantes = $(1 - \varepsilon)\tau W_{refl}$, $(1 - \varepsilon)$ étant le facteur de réflexion de l'objet. Les sources ambiantes ont la température T_{refl} .

Nous sommes partis du principe que la température T_{refl} est identique pour toutes les surfaces qui émettent un rayonnement dans une demi-sphère à partir d'un point de la surface de l'objet. Bien sûr, cela correspond parfois une simplification de la réalité. Toutefois, il s'agit d'une simplification nécessaire pour dériver une formule exploitable, et T_{refl} peut, du moins en théorie, se voir attribuer une valeur représentant une température efficace dans un milieu environnant complexe.

Notez également que nous sommes partis du principe que l'exittance du milieu environnant = 1. Ce qui, selon la loi de Kirchhoff est correct : tout rayonnement venant frapper les surfaces des milieux environnants peut être absorbé par ces mêmes surfaces. Ainsi l'exittance = 1. (Notez également que la dernière discussion requiert la prise en compte de la totalité de la sphère autour de l'objet.)

3 – Emission provenant de l'atmosphère = $(1 - \tau)\tau W_{atm}$ $(1 - \tau)$ étant l'exittance de l'atmosphère. La température de l'atmosphère est T_{atm} .

Le total de la puissance de rayonnement reçu peut alors être énoncé comme suit (Equation 2) :

$$W_{tot} = \varepsilon\tau W_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau W_{refl} + (1 - \tau)W_{atm}$$

On multiplie chaque terme par la constante C de l'Equation 1 et on remplace les produits CW par la valeur U correspondante selon la même équation, et on obtient (Equation 3) :

$$U_{tot} = \varepsilon\tau U_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau U_{refl} + (1 - \tau)U_{atm}$$

Résoudre l'Equation 3 pour U_{obj} (Equation 4) :

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon\tau} U_{tot} - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} U_{refl} - \frac{1 - \tau}{\varepsilon\tau} U_{atm}$$

Ceci est la formule de mesure générale utilisée dans tout équipement thermographique de FLIR Systems. Les voltages de la formule sont :

Figure 23.2 Voltages

U_{obj}	Voltage de sortie de la caméra calculé pour un corps noir d'une température T_{obj} , par ex. un voltage pouvant être directement converti en une température d'objet réelle.
U_{tot}	Voltage de sortie de caméra mesuré pour le cas présent.
U_{refl}	En théorie, le voltage de sortie de caméra pour un corps noir d'une température T_{refl} selon l'étalonnage.
U_{atm}	En théorie, le voltage de sortie de caméra pour un corps noir d'une température T_{atm} selon l'étalonnage.

L'utilisateur doit fournir un certain nombre de valeurs de paramètres pour le calcul :

- exitance de l'objet ε ,
- humidité relative,
- T_{atm}
- distance de l'objet (D_{obj}),
- température (réelle) du milieu environnant de l'objet, ou la température ambiante réfléchie T_{refl} , et
- température de l'atmosphère T_{atm} .

Cette tâche peut parfois s'avérer difficile pour l'utilisateur étant donné qu'il n'existe aucun moyen d'obtenir facilement des valeurs précises de l'exitance et du facteur de transmission pour le cas présent. Les deux températures sont normalement moins difficiles à établir, à condition que le milieu environnant ne contienne pas de sources de rayonnement trop intenses ni trop importantes.

Une question se pose alors : Est-il primordial de connaître les valeurs exactes de ces paramètres ? A ce stade, il est intéressant de se pencher sur le problème en se référant aux différents cas de figure et de comparer les magnitudes relatives de trois termes de rayonnement. Vous verrez alors dans quels cas il est important d'utiliser des valeurs correctes pour ces paramètres.

Les figures ci-dessous illustrent les magnitudes relatives dans trois exemples de rayonnement pour trois températures d'objet différentes, deux exitances et deux gammes spectrales : SW et LW. Les autres paramètres ont les valeurs suivantes, lesquelles restent inchangées :

- $\tau = 0,88$
- $T_{\text{refl}} = +20\text{ °C}$
- $T_{\text{atm}} = +20\text{ °C}$

Il est évident que les mesures de températures d'objet basses posent plus problèmes que les mesures de températures élevées étant donné que les sources de rayonnement « perturbatrices » sont plus importantes dans le premier cas. Si l'exitance de l'objet est basse, la situation s'en trouvera encore plus compliquée.

Il ne nous reste plus qu'à répondre à la question de l'importance d'autoriser la courbe d'étalonnage au delà du point maximum d'étalonnage, ce que nous appelons extrapolation. Supposons que dans un cas de mesure nous obtenions $U_{\text{tot}} = 4,5$ volts. Le point d'étalonnage maximal pour la caméra était de l'ordre de 4,1 volts, une valeur inconnue de l'utilisateur. Ainsi, même si l'objet devait être un corps noir, par ex. $U_{\text{obj}} = U_{\text{tot}}$, en convertissant les 4,5 volts en température, nous procédons en réalité à l'extrapolation de la courbe de l'étalonnage.

Supposons à présent que l'objet ne soit pas noir, mais qu'il ait une exitance de 0,75 et un facteur de transmission de 0,92. Supposons également que les deux seconds termes de l'Equation 4 atteignent environ 0,5 volts à eux-deux. En calculant U_{obj} à l'aide de l'Equation 4, on obtient alors $U_{\text{obj}} = 4,5 / 0,75 / 0,92 - 0,5 = 6,0$. Il s'agit là d'une extrapolation extrême, si l'on considère que l'amplificateur vidéo limite probablement la sortie à 5 volts ! Notez, cependant, que l'application de la courbe d'étalonnage reste un procédé théorique, qui ne fait pas état de limitations électroniques ou autres. Nous pensons que si la caméra ne présente aucune limitation de signal, et si l'étalonnage est largement supérieur à 5 volts, la courbe résultante serait identique à la courbe réelle extrapolée supérieure à 4,1volts, à condition que l'algorithme d'étalonnage soit basé sur la radiophysique, comme l'algorithme de FLIR Systems. Naturellement il doit y avoir une limite à de telles extrapolations.

10400603;a2

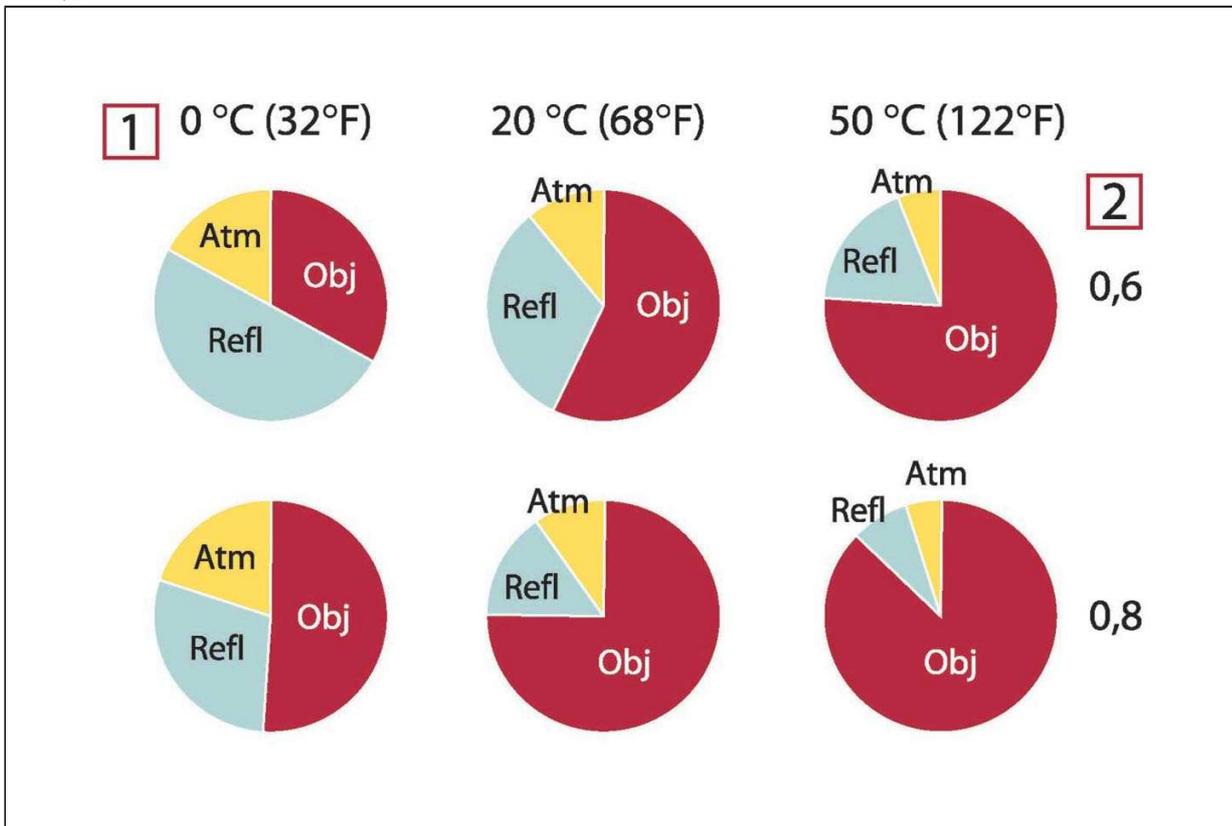


Figure 23.3 Magnitudes relatives de sources de rayonnement sous différentes conditions de mesure (caméra SW). 1 : Température de l'objet ; 2 : Exitance ; Obj : Rayonnement d'objet ; Refl : Rayonnement réfléchi ; Atm : rayonnement de l'atmosphère. Paramètres fixes : $\tau = 0,88$; $T_{\text{refl}} = 20 \text{ °C}$; $T_{\text{atm}} = 20 \text{ °C}$.

10400703;a2

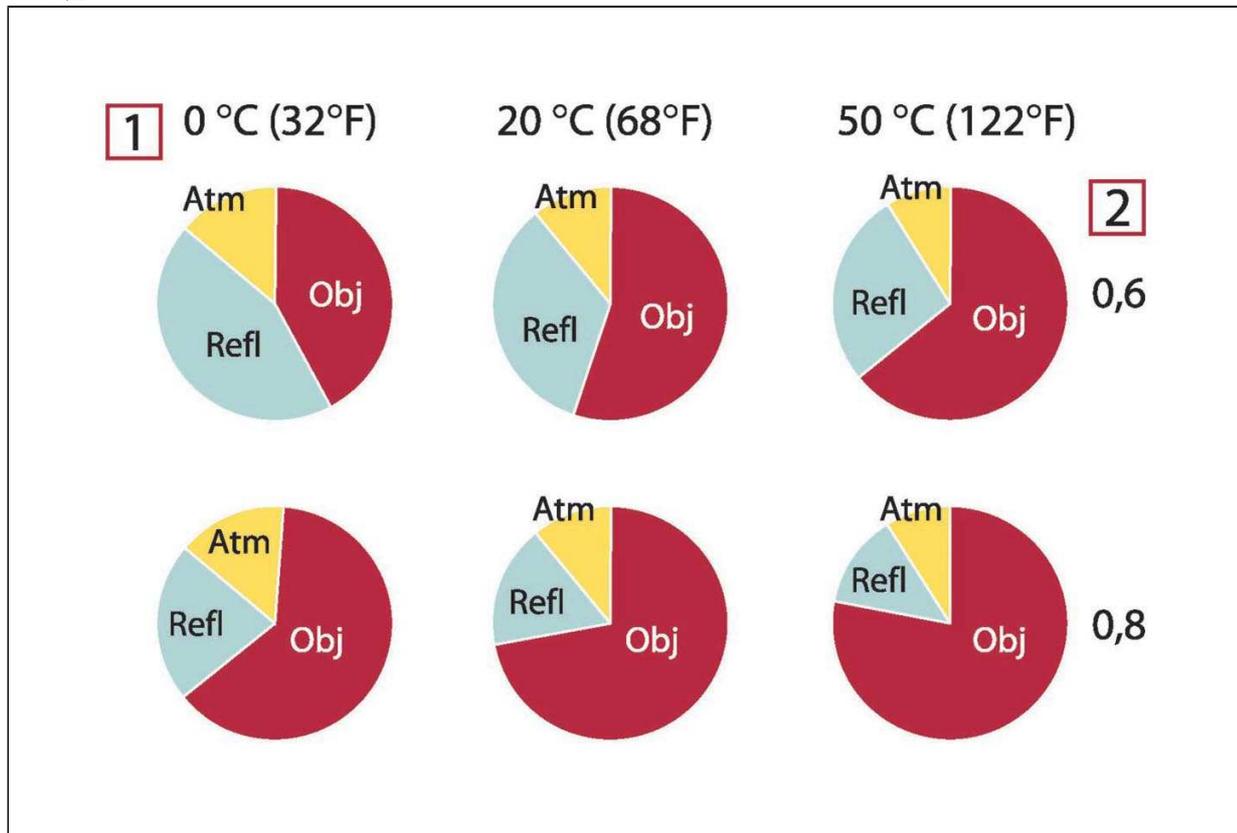


Figure 23.4 Magnitudes relatives de sources de rayonnement sous différentes conditions de mesure (caméra LW). 1 : Température de l'objet ; 2 : Exitance ; Obj : Rayonnement d'objet ; Refl : Rayonnement réfléchi ; Atm : rayonnement de l'atmosphère. Paramètres fixes : $\tau = 0,88$; $T_{refl} = 20 \text{ °C}$; $T_{atm} = 20 \text{ °C}$.

24 Tables des émissivités

Cette section rassemble les données d'émissivité issues des publications relatives à l'infrarouge et des mesures issues des systèmes FLIR Systems.

24.1 Références

1	Mikaél A. Bramson : Infrared Radiation, A Handbook for Applications. Plenum press, N.Y.
2	William L. Wolfe, George J. Zissis : The Infrared Handbook, Office of Naval Research, Department of Navy. Washington, D.C.
3	Madding, R. P. : Thermographic Instruments and systems. Madison, Wisconsin : University of Wisconsin - Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4	William L. Wolfe : Handbook of Military Infrared Technology, Office of Naval Research, Department of Navy. Washington, D.C.
5	Jones, Smith, Probert : External thermography of buildings... Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol. 110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology. London, June 1977.
6	Paljak, Pettersson : Thermography of Buildings. Swedish Building Research Institute. Stockholm, 1972.
7	Vlcek, J : Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at $\lambda = 5 \mu\text{m}$. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8	Kern : Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites. Defence Documentation Center, AD 617 417.
9	Öhman, Claes : Emittansmätningar med AGEMA E-Box. Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emittance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)
10	Matteï, S., Tang-Kwor, E : Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between -36°C AND 82°C .
11	Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12	ITC Technical publication 32.
13	ITC Technical publication 29.

24.2 Remarque importante concernant les tables d'émissivité

Les valeurs d'émissivité du tableau ci-dessous sont enregistrées à l'aide d'une caméra ondes courtes (SW). Ces valeurs ne sont que des recommandations et sont à utiliser avec précaution.

24.3 Tables

Figure 24.1 T : Spectre total ; SW : 2–5 μm ; LW : 8–14 μm ; LLW : 6,5–20 μm ; 1 : Matériau ; 2 : Caractéristiques ; 3 : Température en $^{\circ}\text{C}$; 4 : Spectre ; 5 : Emissivité ; 6 : Référence

1	2	3	4	5	6
3M type 35	Ruban adhésif isolant vinyle (plusieurs couleurs)	< 80	LW	Environ 0,96	13
3M type 88	Ruban adhésif isolant vinyle noir	< 105	LW	Environ 0,96	13
3M type 88	Ruban adhésif isolant vinyle noir	< 105	MW	< 0.96	13
3M type Super 33+	Ruban adhésif isolant vinyle noir	< 80	LW	Environ 0,96	13
Acier inoxydable	alliage, 8 % Ni, 18 % Cr	500	T	0,35	1
Acier inoxydable	feuille, polie	70	LW	0,14	9
Acier inoxydable	feuille, polie	70	SW	0,18	9
Acier inoxydable	feuille non traitée, légèrement grattée	70	LW	0,28	9
Acier inoxydable	feuille non traitée, légèrement grattée	70	SW	0,30	9
Acier inoxydable	laminé	700	T	0,45	1
Acier inoxydable	sablé	700	T	0,70	1
Acier inoxydable	type 18–8, poncé	20	T	0,16	2
Acier inoxydable	type 18-8, oxydé à 800 $^{\circ}\text{C}$	60	T	0,85	2
Aluminium	anodisé, gris clair, mat	70	LW	0,97	9
Aluminium	anodisé, gris clair, mat	70	SW	0,61	9
Aluminium	anodisé, noir, mat	70	LW	0,95	9
Aluminium	anodisé, noir, mat	70	SW	0,67	9
Aluminium	déposé sous vide	20	T	0,04	2

1	2	3	4	5	6
Aluminium	feuille	27	3 µm	0,09	3
Aluminium	feuille	27	10 µm	0,04	3
Aluminium	feuille, 4 échantillons grattés de façons différentes	70	LW	0,03–0,06	9
Aluminium	feuille, 4 échantillons grattés de façons différentes	70	SW	0,05–0,08	9
Aluminium	feuille anodisée	100	T	0,55	2
Aluminium	fonte, nettoyée sous pression	70	LW	0,46	9
Aluminium	fonte, nettoyée sous pression	70	SW	0,47	9
Aluminium	fortement patiné	17	SW	0,83–0,94	5
Aluminium	oxydé, fortement	50–500	T	0,2–0,3	1
Aluminium	plaque polie	100	T	0,05	4
Aluminium	poli	50–100	T	0,04–0,06	1
Aluminium	poli, feuille	100	T	0,05	2
Aluminium	rugosifié	27	3 µm	0,28	3
Aluminium	rugosifié	27	10 µm	0,18	3
Aluminium	surface brute	20–50	T	0,06–0,07	1
Aluminium	tel quel, feuille	100	T	0,09	2
Aluminium	tel quel, plaque	100	T	0,09	4
Aluminium	trempe dans du HNO ₃ , plaque	100	T	0,05	4
Amiante	ardoise	20	T	0,96	1
Amiante	Carrelage pour sol	35	SW	0,94	7
Amiante	panneau	20	T	0,96	1
Amiante	papier	40–400	T	0,93–0,95	1
Amiante	poudre		T	0,40–0,60	1
Amiante	toile		T	0,78	1

1	2	3	4	5	6
Argent	poli	100	T	0,03	2
Argent	pur, poli	200–600	T	0,02–0,03	1
Argile	cuite	70	T	0,91	1
Asphalte routier		4	LLW	0,967	8
Béton		20	T	0,92	2
Béton	allée	5	LLW	0,974	8
Béton	brut	17	SW	0,97	5
Béton	sec	36	SW	0,95	7
Bois		17	SW	0,98	5
Bois		19	LLW	0,962	8
Bois	blanc, humide	20	T	0,7–0,8	1
Bois	chêne raboté	20	T	0,90	2
Bois	chêne raboté	70	LW	0,88	9
Bois	chêne raboté	70	SW	0,77	9
Bois	contreplaqué, fini- tion lisse, sec	36	SW	0,82	7
Bois	contreplaqué, non traité	20	SW	0,83	6
Bois	pin, 4 échantillons différents	70	LW	0,81–0,89	9
Bois	pin, 4 échantillons différents	70	SW	0,67–0,75	9
Bois	poli		T	0,5–0,7	1
Bois	raboté	20	T	0,8–0,9	1
Brique	alumine	17	SW	0,68	5
Brique	argile réfractaire	20	T	0,85	1
Brique	argile réfractaire	1000	T	0,75	1
Brique	argile réfractaire	1200	T	0,59	1
Brique	brique réfractaire	17	SW	0,68	5
Brique	commune	17	SW	0,86–0,81	5

1	2	3	4	5	6
Brique	hydrofuge	17	SW	0,87	5
Brique	maçonnerie	35	SW	0,94	7
Brique	maçonnerie, plâtrée	20	T	0,94	1
Brique	réfractaire, corindon	1000	T	0,46	1
Brique	réfractaire, faiblement rayonnante	500–1000	T	0,65–0,75	1
Brique	réfractaire, fortement rayonnante	500–1000	T	0,8–0,9	1
Brique	réfractaire, magnésite	1000–1300	T	0,38	1
Brique	rouge, brut	20	T	0,88–0,93	1
Brique	rouge, commune	20	T	0,93	2
Brique	silice, 95 % SiO ₂	1230	T	0,66	1
Brique	silice de dinas, émaillée, brute	1100	T	0,85	1
Brique	silice de dinas, non émaillée, brute	1000	T	0,80	1
Brique	silice de dinas, réfractaire	1000	T	0,66	1
Brique	sillimanite, 33 % SiO ₂ , 64 % Al ₂ O ₃	1500	T	0,29	1
Bronze	bronze de phosphore	70	LW	0,06	9
Bronze	bronze de phosphore	70	SW	0,08	9
Bronze	poli	50	T	0,1	1
Bronze	poreux, brut	50–150	T	0,55	1
Bronze	poudre		T	0,76–0,80	1
Bronze d'aluminium		20	T	0,60	1

1	2	3	4	5	6
Caoutchouc	dur	20	T	0,95	1
Caoutchouc	souple, gris, brut	20	T	0,95	1
Carbone	noir de fumée	20–400	T	0,95–0,97	1
Carbone	poudre de charbon de bois		T	0,96	1
Carbone	poudre de graphite		T	0,97	1
Carbone	suie de bougie	20	T	0,95	2
Carbone	surface graphite, limée	20	T	0,98	2
Chaux			T	0,3–0,4	1
Chrome	poli	50	T	0,10	1
Chrome	poli	500–1000	T	0,28–0,38	1
Ciment		17	SW	0,87	5
Ciment	sec	36	SW	0,94	7
Cuir	tanné		T	0,75–0,80	1
Cuivre	commercial, lustré	20	T	0,07	1
Cuivre	électrolytique, poli	–34	T	0,006	4
Cuivre	électrolytique, soigneusement poli	80	T	0,018	1
Cuivre	en fusion	1100–1300	T	0,13–0,15	1
Cuivre	oxydé	50	T	0,6–0,7	1
Cuivre	oxydé, fortement	20	T	0,78	2
Cuivre	oxydé, noir	27	T	0,78	4
Cuivre	oxydé en noir		T	0,88	1
Cuivre	poli	50–100	T	0,02	1
Cuivre	poli	100	T	0,03	2
Cuivre	poli, commercial	27	T	0,03	4
Cuivre	poli, par moyen mécanique	22	T	0,015	4

1	2	3	4	5	6
Cuivre	pur, surface soignéeusement préparée	22	T	0,008	4
Cuivre	raclé	27	T	0,07	4
Cuivre jaune	feuille, laminée	20	T	0,06	1
Cuivre jaune	feuille, poncée avec de la toile émeri	20	T	0,2	1
Cuivre jaune	mat, terni	20–350	T	0,22	1
Cuivre jaune	oxydé	70	SW	0,04–0,09	9
Cuivre jaune	oxydé	70	LW	0,03–0,07	9
Cuivre jaune	oxydé	100	T	0,61	2
Cuivre jaune	oxydé à 600 °C	200–600	T	0,59–0,61	1
Cuivre jaune	poli	200	T	0,03	1
Cuivre jaune	poli, fortement	100	T	0,03	2
Cuivre jaune	poncé avec de la toile émeri grain 80	20	T	0,20	2
Dioxyde de cuivre	poudre		T	0,84	1
Eau	couche de > 0,1 mm d'épaisseur	0–100	T	0,95–0,98	1
Eau	cristaux gelés	–10	T	0,98	2
Eau	distillée	20	T	0,96	2
Eau	glace, lisse	–10	T	0,96	2
Eau	glace, lisse	0	T	0,97	1
Eau	glace, recouverte de givre épais	0	T	0,98	1
Eau	neige		T	0,8	1
Eau	neige	–10	T	0,85	2
Ebonite			T	0,89	1
Email		20	T	0,9	1

1	2	3	4	5	6
Email	vernis	20	T	0,85–0,95	1
Eméri	gros grain	80	T	0,85	1
Étain	acier en feuille plaqué d'étain	100	T	0,07	2
Étain	lustré	20–50	T	0,04–0,06	1
Fer, fonte	fonte	50	T	0,81	1
Fer, fonte	lingots	1000	T	0,95	1
Fer, fonte	liquide	1300	T	0,28	1
Fer, fonte	non corroyé	900–1100	T	0,87–0,95	1
Fer, fonte	oxydé	38	T	0,63	4
Fer, fonte	oxydé	100	T	0,64	2
Fer, fonte	oxydé	260	T	0,66	4
Fer, fonte	oxydé	538	T	0,76	4
Fer, fonte	oxydé à 600 °C	200–600	T	0,64–0,78	1
Fer, fonte	poli	38	T	0,21	4
Fer, fonte	poli	40	T	0,21	2
Fer, fonte	poli	200	T	0,21	1
Fer, fonte	usiné	800–1000	T	0,60–0,70	1
Fer et acier	brillant, gravé	150	T	0,16	1
Fer et acier	brut, surface plane	50	T	0,95–0,98	1
Fer et acier	corroyé, poli avec soin	40–250	T	0,28	1
Fer et acier	couche d'oxyde brillante, feuille	20	T	0,82	1
Fer et acier	couvert de rouille rouge	20	T	0,61–0,85	1
Fer et acier	électrolytique	22	T	0,05	4
Fer et acier	électrolytique	100	T	0,05	4
Fer et acier	électrolytique	260	T	0,07	4
Fer et acier	électrolytique, soi- gneusement poli	175–225	T	0,05–0,06	1

1	2	3	4	5	6
Fer et acier	feuille laminée	50	T	0,56	1
Fer et acier	feuille polie	750–1050	T	0,52–0,56	1
Fer et acier	feuille polie	950–1100	T	0,55–0,61	1
Fer et acier	feuille très rouillée	20	T	0,69	2
Fer et acier	fortement oxydé	50	T	0,88	1
Fer et acier	fortement oxydé	500	T	0,98	1
Fer et acier	juste laminé	20	T	0,24	1
Fer et acier	juste poncé avec de la toile émeri	20	T	0,24	1
Fer et acier	laminé à chaud	20	T	0,77	1
Fer et acier	laminé à chaud	130	T	0,60	1
Fer et acier	laminé à froid	70	LW	0,09	9
Fer et acier	laminé à froid	70	SW	0,20	9
Fer et acier	oxydé	100	T	0,74	1
Fer et acier	oxydé	100	T	0,74	4
Fer et acier	oxydé	125–525	T	0,78–0,82	1
Fer et acier	oxydé	200	T	0,79	2
Fer et acier	oxydé	200–600	T	0,80	1
Fer et acier	oxydé	1227	T	0,89	4
Fer et acier	poli	100	T	0,07	2
Fer et acier	poli	400–1000	T	0,14–0,38	1
Fer et acier	rouillé, rouge	20	T	0,69	1
Fer et acier	rouillé (couleur rouge), feuille	22	T	0,69	4
Fer et acier	très rouillé	17	SW	0,96	5
Fer étamé	feuille	24	T	0,064	4
Fer galvanisé	feuille	92	T	0,07	4
Fer galvanisé	feuille, oxydée	20	T	0,28	1
Fer galvanisé	feuille lustrée	30	T	0,23	1

1	2	3	4	5	6
Fer galvanisé	très oxydé	70	LW	0,85	9
Fer galvanisé	très oxydé	70	SW	0,64	9
Glace : voir Eau					
Goudron			T	0,79–0,84	1
Goudron	papier	20	T	0,91–0,93	1
Granite	brut	21	LLW	0,879	8
Granite	brut, 4 échantillons différents	70	LW	0,77–0,87	9
Granite	brut, 4 échantillons différents	70	SW	0,95–0,97	9
Granite	poli	20	LLW	0,849	8
Grès	brut	19	LLW	0,935	8
Grès	poli	19	LLW	0,909	8
Gypse		20	T	0,8–0,9	1
Huile, lubrifiante	film de 0,025 mm	20	T	0,27	2
Huile, lubrifiante	film de 0,050 mm	20	T	0,46	2
Huile, lubrifiante	film de 0,125 mm	20	T	0,72	2
Huile, lubrifiante	film sur base Ni : base Ni uniquement	20	T	0,05	2
Huile, lubrifiante	revêtement épais	20	T	0,82	2
Hydroxyde d'aluminium	poudre		T	0,28	1
Krylon Ultra-flat black 1602	Noire mate	Température ambiante jusqu'à 175	LW	Environ 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Noire mate	Température ambiante jusqu'à 175	MW	Environ 0,97	12
Magnésium		22	T	0,07	4
Magnésium		260	T	0,13	4
Magnésium		538	T	0,18	4
Magnésium	poli	20	T	0,07	2

1	2	3	4	5	6
Magnésium en poudre			T	0,86	1
Minium de plomb		100	T	0,93	4
Minium de plomb, poudre		100	T	0,93	1
Molybdène		600–1000	T	0,08–0,13	1
Molybdène		1500–2200	T	0,19–0,26	1
Molybdène	filament	700–2500	T	0,1–0,3	1
Mosaïque	émaillée	17	SW	0,94	5
Neige : voir Eau					
Nextel Velvet 811-21 Black	Noire mate	–60–150	LW	> 0,97	10 et 11
Nichrome	fil, nettoyé	50	T	0,65	1
Nichrome	fil, nettoyé	500–1000	T	0,71–0,79	1
Nichrome	fil, oxydé	50–500	T	0,95–0,98	1
Nichrome	laminé	700	T	0,25	1
Nichrome	sablé	700	T	0,70	1
Nickel	déposé électrolytiquement, poli	20	T	0,05	2
Nickel	déposé électrolytiquement sur fer, non poli	20	T	0,11–0,40	1
Nickel	déposé électrolytiquement sur fer, non poli	22	T	0,11	4
Nickel	déposé électrolytiquement sur fer, poli	22	T	0,045	4
Nickel	électrolytique	22	T	0,04	4
Nickel	électrolytique	38	T	0,06	4
Nickel	électrolytique	260	T	0,07	4
Nickel	électrolytique	538	T	0,10	4
Nickel	fil	200–1000	T	0,1–0,2	1

1	2	3	4	5	6
Nickel	mat clair	122	T	0,041	4
Nickel	oxydé	200	T	0,37	2
Nickel	oxydé	227	T	0,37	4
Nickel	oxydé	1227	T	0,85	4
Nickel	oxydé à 600 °C	200–600	T	0,37–0,48	1
Nickel	poli	122	T	0,045	4
Nickel	pur (commercial), poli	100	T	0,045	1
Nickel	pur (commercial), poli	200–400	T	0,07–0,09	1
Or	poli	130	T	0,018	1
Or	poli, fortement	100	T	0,02	2
Or	poli, soigneusement	200–600	T	0,02–0,03	1
Oxyde d'aluminium	activé, poudre		T	0,46	1
Oxyde d'aluminium	pur, poudre		T	0,16	1
Oxyde de cuivre	rouge, poudre		T	0,70	1
Oxyde de nickel		500–650	T	0,52–0,59	1
Oxyde de nickel		1000–1250	T	0,75–0,86	1
Panneau de particules	non traité	20	SW	0,90	6
Papier	4 couleurs différentes	70	LW	0,92–0,94	9
Papier	4 couleurs différentes	70	SW	0,68–0,74	9
Papier	à lettres de luxe blanc	20	T	0,93	2
Papier	blanc	20	T	0,7–0,9	1
Papier	blanc, 3 éclats différents	70	LW	0,88–0,90	9

1	2	3	4	5	6
Papier	blanc, 3 éclats différents	70	SW	0,76–0,78	9
Papier	bleu, foncé		T	0,84	1
Papier	jaune		T	0,72	1
Papier	noir		T	0,90	1
Papier	noir, mat		T	0,94	1
Papier	noir, mat	70	LW	0,89	9
Papier	noir, mat	70	SW	0,86	9
Papier	recouvert de vernis noir		T	0,93	1
Papier	rouge		T	0,76	1
Papier	vert		T	0,85	1
Papier peint	motif léger, gris clair	20	SW	0,85	6
Papier peint	motif léger, rouge	20	SW	0,90	6
Peau	humaine	32	T	0,98	2
Peinture	8 différentes couleurs et qualités	70	LW	0,92–0,94	9
Peinture	8 différentes couleurs et qualités	70	SW	0,88–0,96	9
Peinture	à l'huile	17	SW	0,87	5
Peinture	à l'huile, différentes couleurs	100	T	0,92–0,96	1
Peinture	à l'huile, grise, brillante	20	SW	0,96	6
Peinture	à l'huile, grise, mate	20	SW	0,97	6
Peinture	à l'huile, moyenne de 16 couleurs	100	T	0,94	2
Peinture	à l'huile, noire, brillante	20	SW	0,92	6
Peinture	à l'huile, noire, mate	20	SW	0,94	6

1	2	3	4	5	6
Peinture	Aluminium, de différents âges	50–100	T	0,27–0,67	1
Peinture	cadmium jaune		T	0,28–0,33	1
Peinture	chrome vert		T	0,65–0,70	1
Peinture	cobalt bleu		T	0,7–0,8	1
Peinture	plastique, blanche	20	SW	0,84	6
Peinture	plastique, noire	20	SW	0,95	6
Plaque de fibres	aggloméré	70	LW	0,88	9
Plaque de fibres	aggloméré	70	SW	0,75	9
Plaque de fibres	dure, non traitée	20	SW	0,85	6
Plaque de fibres	panneau de particules	70	LW	0,89	9
Plaque de fibres	panneau de particules	70	SW	0,77	9
Plaque de fibres	poreuse, non traitée	20	SW	0,85	6
Plastique	plaque d'isolation en polyuréthane	70	LW	0,55	9
Plastique	plaque d'isolation en polyuréthane	70	SW	0,29	9
Plastique	PVC, sol plastique, mat, structuré	70	LW	0,93	9
Plastique	PVC, sol plastique, mat, structuré	70	SW	0,94	9
Plastique	stratifié en fibre de verre (carte de circuit imprimé)	70	LW	0,91	9
Plastique	stratifié en fibre de verre (carte de circuit imprimé)	70	SW	0,94	9
Platine		17	T	0,016	4
Platine		22	T	0,03	4

1	2	3	4	5	6
Platine		100	T	0,05	4
Platine		260	T	0,06	4
Platine		538	T	0,10	4
Platine		1000–1500	T	0,14–0,18	1
Platine		1094	T	0,18	4
Platine	fil	50–200	T	0,06–0,07	1
Platine	fil	500–1000	T	0,10–0,16	1
Platine	fil	1400	T	0,18	1
Platine	pur, poli	200–600	T	0,05–0,10	1
Platine	ruban	900–1100	T	0,12–0,17	1
Plâtre		17	SW	0,86	5
Plâtre	panneau de plâtre, non traité	20	SW	0,90	6
Plâtre	revêtement brut	20	T	0,91	2
Plomb	brillant	250	T	0,08	1
Plomb	non oxydé, poli	100	T	0,05	4
Plomb	oxydé, gris	20	T	0,28	1
Plomb	oxydé, gris	22	T	0,28	4
Plomb	oxydé à 200 °C	200	T	0,63	1
Polystyrène expansé	isolation	37	SW	0,60	7
Porcelaine	blanche, brillante		T	0,70–0,75	1
Porcelaine	émaillée	20	T	0,92	1
Sable			T	0,60	1
Sable		20	T	0,90	2
Scories	chaudière	0–100	T	0,97–0,93	1
Scories	chaudière	200–500	T	0,89–0,78	1
Scories	chaudière	600–1200	T	0,76–0,70	1
Scories	chaudière	1400–1800	T	0,69–0,67	1

1	2	3	4	5	6
Sol	saturé d'eau	20	T	0,95	2
Sol	sec	20	T	0,92	2
Stuc	brut, chaulé	10–90	T	0,91	1
Tissus	noir	20	T	0,98	1
Titane	oxydé à 540 °C	200	T	0,40	1
Titane	oxydé à 540 °C	500	T	0,50	1
Titane	oxydé à 540 °C	1000	T	0,60	1
Titane	poli	200	T	0,15	1
Titane	poli	500	T	0,20	1
Titane	poli	1000	T	0,36	1
Tungstène		200	T	0,05	1
Tungstène		600–1000	T	0,1–0,16	1
Tungstène		1500–2200	T	0,24–0,31	1
Tungstène	filament	3300	T	0,39	1
Vernis	3 couleurs pulvérisées sur aluminium	70	LW	0,92–0,94	9
Vernis	3 couleurs pulvérisées sur aluminium	70	SW	0,50–0,53	9
Vernis	Aluminium sur une surface brute	20	T	0,4	1
Vernis	bakélite	80	T	0,83	1
Vernis	blanc	40–100	T	0,8–0,95	1
Vernis	blanc	100	T	0,92	2
Vernis	mat	20	SW	0,93	6
Vernis	noir, brillant, pulvérisé sur fer	20	T	0,87	1
Vernis	noir, mat	40–100	T	0,96–0,98	1
Vernis	noir, mat	100	T	0,97	2

1	2	3	4	5	6
Vernis	résistant à la chaleur	100	T	0,92	1
Vernis	sur sol recouvert de parquet en chêne	70	LW	0,90–0,93	9
Vernis	sur sol recouvert de parquet en chêne	70	SW	0,90	9
Zinc	feuille	50	T	0,20	1
Zinc	oxydé à 400 °C	400	T	0,11	1
Zinc	poli	200–300	T	0,04–0,05	1
Zinc	surface oxydée	1000–1200	T	0,50–0,60	1