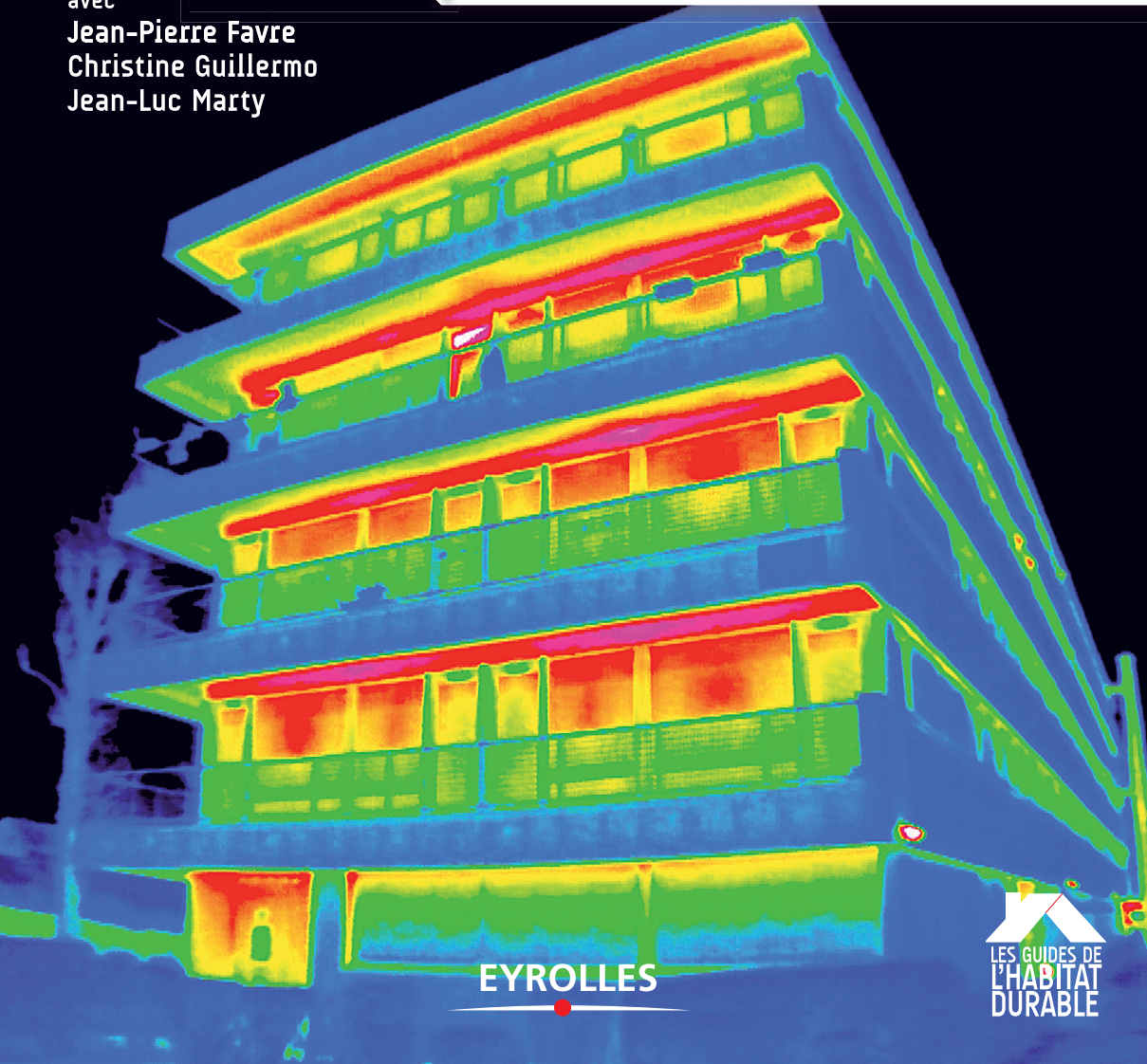
Institut de la thermographie

GUIDE PRATIQUE DE THERMOGRAPHIE DU BÂTIMENT

Sous la direction de
Dominique Pajani
avec
Jean-Pierre Favre
Christine Guillermo
Jean-Luc Marty



EYROLLES

LES GUIDES DE L'HABITAT DURABLE

GUIDE PRATIQUE DE THERMOGRAPHIE DU BÂTIMENT

Institut de la thermographie

Devenue une priorité, la performance énergétique du bâtiment est un objectif qui ne peut être approché qu'avec de nouveaux outils dont on sait aujourd'hui que l'un des plus efficaces est la thermographie.
Mais au juste, qu'appelle-t-on *thermographie du bâtiment* ?

La matière émet un rayonnement parfois visible mais le plus souvent invisible. Dû à la *température*, il est appelé *rayonnement thermique*. Avec la *caméra thermique*, le thermographe cartographie et mesure les rayonnements : il obtient une *image thermique* et un *thermogramme* dont il déduira les *déperditions radiatives*, lesquelles mettent en évidence les défauts de l'enveloppe.

Consacré à l'apprentissage qu'exige une bonne interprétation des images, indispensable à l'exactitude du diagnostic, ce petit livre contient *le nécessaire du thermographe*.

Abondamment illustré de photos et de schémas en couleurs, les auteurs y délivrent les bases de ce qu'il faut savoir.

Au programme…

Principes physiques, objectifs et chantiers de la thermographie • Le rayonnement (température ; spectre ; luminance). Les quatre types de matériaux du bâtiment • Les bonnes conditions du diagnostic thermographique. Les outils. L'intervention. L'interprétation. Le rapport • L'isolation thermique. Les ponts thermiques. L'étanchéité à l'air. L'eau. Le confort thermique. Le cas des menuiseries. Les risques d'erreurs • Rapport d'intervention simplifié. Index. Bibliographie

Ingénieur de l'École centrale de Lyon, fondateur et président de l'Institut de la thermographie, Dominique Pajani s'est entouré de trois autres thermographes professionnels pour rédiger le manuel d'initiation attendu par tous ceux qui, dans le cadre de la RT 2012, veulent améliorer la performance énergétique du bâti existant, en contrôler la rénovation et, dans le neuf, valider les solutions constructives et les mises en œuvre.

Photos en couverture © Institut de la thermographie
Sauf photo de fond en 4e de couverture © Alena Brozova / Shutterstock

LES GUIDES DE L'HABITAT DURABLE

institut de la thermographie
l'association des thermographes professionnels

Code G13581
ISBN 978-2-212-13581-7

www.editions-eyrolles.com
Groupe Eyrolles | Diffusion Geodif

Réalisation : Christophe Picaud

GUIDE PRATIQUE
DE THERMOGRAPHIE
DU BÂTIMENT

Du même auteur

La thermographie du bâtiment – Principes et applications du diagnostic thermographique, collection « l'efficacité énergétique du bâtiment », 2012, 216 p.

Dans la même collection

Financez votre habitat écologique, G. Daïd et P. Nguyên, 2009

Le guide de l'éolien, techniques et pratiques, C. Dubois, 2009

Le guide des piscines naturelles et écologiques, P. Guillet, 2010

L'assainissement non collectif, H.P. Marge, 2012

Le guide du chauffage géothermique, J.-M. Percebois, 2011

L'énergie solaire, thermique et photovoltaïque, M. Tissot, 2012

Le guide de l'eau domestique, B. Vu, 2008

Le guide de l'habitat passif, B. Vu, 2008

Institut de la thermographie

GUIDE PRATIQUE DE THERMOGRAPHIE DU BÂTIMENT

Sous la direction de

Dominique Pajani

avec Jean-Pierre Favre,
Christine Guillermo et Jean-Luc Marty
membres de l'Institut de la thermographie

EYROLLES

ÉDITIONS EYROLLES
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Crédits :

p. 14-15 : © Marina – Fotolia.com
p. 36-37 et 64-65 : © keeeeen – Fotolia.com
p. 100-101 : © agsandrew – Fotolia.com
p. 116-117 : © INFINITY – Fotolia.com
Sauf mention contraire, toutes les autres illustrations viennent de l'Institut de la thermographie.

.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2012, ISBN : 978-2-212-13581-7

SOMMAIRE

INTRODUCTION 7
GÉNÉRALITÉS 8
LES CHANTIERS 10
PROGRESSION DE L'OUVRAGE 13

LES BASES DE LA PRATIQUE 14

LA THERMIQUE ET LES DÉPERDITIONS 16
LA TEMPÉRATURE 16
LES DÉPERDITIONS DU BÂTIMENT 18
LA THERMOGRAPHIE POSSIBLE 20

LE RAYONNEMENT 21
L'ÉMISSION D'UN CORPS PARFAIT 22
LA LUMINANCE 23

LES TYPES DE MATÉRIAU 25
RAYONNEMENT DES CORPS RÉELS 25
L'ÉMISSIVITÉ 27
LA TEMPÉRATURE APPARENTE 28
LA RÉFLEXION 28
CONSÉQUENCES 33
LES DIFFÉRENTS TYPES DE MATÉRIAUX DU BÂTIMENT 34

LE DIAGNOSTIC THERMOGRAPHIQUE 36

LA BOÎTE À OUTILS 38
LA CAMÉRA THERMIQUE 38
L'APPAREIL PHOTO 40
AUTRES MATÉRIELS UTILES 40

CONSEILS POUR UN DÉBUTANT 42
LES CONDITIONS ADÉQUATES 53
LES PARAMÈTRES INTÉRIEURS 53
LES PARAMÈTRES EXTÉRIEURS 54
CRÉNEAU HORAIRE 55

DÉROULEMENT DU DIAGNOSTIC 56
EXAMEN DEPUIS L'INTÉRIEUR 56
EXAMEN DEPUIS L'EXTÉRIEUR 61
INTERPRÉTATION DES THERMOGRAPHIES 61

APPLICATIONS 64

L'ISOLATION THERMIQUE 66
DÉPERDITION ÉNERGÉTIQUE 66
PRINCIPAUX DÉFAUTS D'ISOLATION 67
LIMITE ET OPTIMISATION DE LA DÉTECTION 69

LES PONTS THERMIQUES 71
DÉPERDITION ÉNERGÉTIQUE 71
PRINCIPAUX PONTS THERMIQUES 71

L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR 75
LES FUITES D'AIR 75
EXFILTRATION D'AIR CHAUD 75
INFILTRATION D'AIR FROID 76

PROBLÈMES LIÉS À L'EAU 80
LE POINT DE ROSÉE ET LE RISQUE DE CONDENSATION 80
PRINCIPAUX PROBLÈMES LIÉS À L'EAU 82
LES FUITES D'EAU 83

LE CONFORT THERMIQUE 84
LA CONDUCTION AU SOL 84
LE GRADIENT THERMIQUE VERTICAL 85
LA SENSATION DE PAROI FROIDE 85

L'UNIFORMITÉ DE CHAUFFAGE 86

LES MENUISERIES 88
LOCALISATION DES DÉPERDITIONS 88
PATHOLOGIE DES VITRAGES 90
LA CONVECTION 91

DES IRRÉGULARITÉS QUI NE SONT PAS DES DÉFAUTS 92
LE COEFFICIENT D'ÉCHANGE CONVECTIF OU RADIATIF 92
TYPE DE RÉFLEXION DES PAROIS 94
VARIATION SPATIALE OU TEMPORELLE DE L'ENVIRONNEMENT 95
DISPARITÉ DES TEMPÉRATURES À L'INTÉRIEUR DES LOCAUX 97
L'INERTIE THERMIQUE 98

EXEMPLE DE RAPPORT D'INTERVENTION (VERSION SIMPLIFIÉE) 100

CONCLUSION 114

ANNEXES 116

TEXTES DE RÉFÉRENCE 118

INDEX 119

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, la thermographie s'est largement diffusée auprès des acteurs du bâtiment. Néanmoins, devant son *évidence apparente*, la plupart des utilisateurs n'ont pas jugé utile de se former solidement à cette technique spécifique, ce qui l'a grandement dévalorisée auprès des donneurs d'ordre, bien vite échaudés par les interprétations fantaisistes qu'on leur proposait. Les professionnels disparaissent progressivement devant les dilettantes à bas coût, eux-mêmes rapidement évacués comme non pertinents et inutiles.

Par essence, la thermographie du bâtiment est trompeuse, mais pire encore, elle est dangereuse pour qui n'a pas intégré que le bâtiment est une machine thermique dans un environnement évolutif. La thermique, enseignée à un niveau trop simpliste, nécessite d'être révisée pour que la thermographie puisse trouver sa place comme aide à la rénovation et outil de contrôle à réception des travaux. Parallèlement à l'infiltrométrie, déjà bien implantée, la thermographie est vouée à un bel avenir réglementaire : le contrôle de la performance énergétique du bâti.

Cet ouvrage est destiné aux thermographes débutants soucieux de bien faire ; il sera à l'origine d'une formation sensée qui amènera le néophyte à une *évidence de niveau supérieur*, et dont l'à-propos technique sera solide et incontestable, tout en laissant la porte ouverte au doute, source d'interrogation et d'imagination. Le propos ne reprendra pas nécessairement l'enseignement dispensé dans la plupart des formations d'entrée dans la thermographie : cet ouvrage contredit en effet nombre de banalités et de concepts erronés. Ici, le débutant est poussé à la réflexion !

La thermographie est très simple à mettre en œuvre. Dans la plupart des observations de bâtiment, on trouve des images thermiques très aisées à comprendre et à interpréter. Mais il existe également, et immanquablement, des images dont la compréhension et l'interprétation nécessitent des savoirs spécifiques qui ne s'acquièrent qu'auprès de formateurs expérimentés. Attention donc, si en thermographie il y a des vérités et des illusions, il en est de même pour les centres de formation.

Par ailleurs, une connaissance élémentaire de la thermique du bâtiment

est une base nécessaire. On comprendra ainsi pourquoi la thermographie n'est pas utilisable à chaque instant de chaque jour, ni en permanence toute l'année, et on sera en mesure d'identifier quelles causes interviennent ou peuvent intervenir sur un résultat lors d'une prise de vue.
Le débutant peut manipuler sa caméra avec dextérité et penser dès lors connaître la thermographie qu'il croit avoir apprise ici ou là ; mais dès qu'il entrera en formation, il constatera aussitôt que la thermographie lui était largement inconnue. Il est alors impératif de désapprendre ces fausses évidences et par la suite de toujours garder cette attitude de doute face à ce qu'on a appris ou ce qu'on croit savoir, en un mot, de rester modeste.

GÉNÉRALITÉS

DÉFINITIONS

La thermographie est la technique qui met en *image thermique* les *rayonnements* reçus de la scène observée par la *caméra thermique*, par exemple un bâtiment. Ces rayonnements sont dits *thermiques* parce qu'ils sont émis par la matière et que leur puissance dépend de la *température* de cette matière.
De plus, la thermographie mesure ces rayonnements et les transcrit en températures, la cartographie de ces températures étant nommé *thermogramme*.
Contrairement à une idée tenace maintes fois ressassée, la thermographie ne fournit pas des images de températures au sens commun du mot températures (on les appellera ici *températures vraies*). Les images de la caméra sont en *températures apparentes*. Il arrive néanmoins que les valeurs de ces températures soient identiques ou proches. Nous insisterons dans tout l'ouvrage sur cette distinction, absolument essentielle pour la compréhension de la thermographie, car la confusion entre ces deux notions est à l'origine de nombreuses erreurs d'interprétation.

DOMAINE D'APPLICATION

Appliquée au domaine du bâtiment, la thermographie est un outil puissant qui met en évidence les irrégularités dans l'isolation thermique de l'enveloppe, identifie les ponts thermiques, détecte les défauts d'étanchéité à l'air, relève les infiltrations d'eau et la présence d'humidité et, plus généralement, pointe du doigt tout ce qui relève de l'inconfort thermique.
La thermographie allie cartographie et mesure des rayonnements, des déperditions, des températures, et fournit des nombres en relation avec la performance énergétique du bâti. Nous mettrons le doigt sur l'incertitude de mesure associée à toute mesure, ici comme ailleurs. C'est pourquoi le débutant ne doit pas se lancer sans une formation plus solide que celle de cet ouvrage.

Or, annoncer des valeurs de températures comme elles sont affichées à côté de l'image thermique, c'est déjà faire de la mesure ! La caméra est sous le contrôle du thermographe : s'il existe des situations où elle a spontanément raison, nombreux sont les cas où le thermographe peut avoir tort de la croire et même de s'intéresser aux températures !

INTÉRÊT

L'image est vertigineuse, elle exprime plus que tout un discours et a un pouvoir enjôleur. Il est très facile de se laisser captiver sans comprendre et d'abdiquer tout sens critique devant sa caméra magique – car elle voit l'invisible ! Certains paradent ainsi devant les donneurs d'ordre, sans autre argument qu'une image muette à laquelle ils font dire ce qu'ils veulent. Mais il est aussi possible d'utiliser cette puissance d'attraction de l'image pour montrer, démontrer et sensibiliser tant les acteurs de la construction que les habitants de ces bâtiments.

Cependant, n'exploiter dans la thermographie que son pouvoir de démonstration et de sensibilisation risque de la cantonner injustement à un rôle secondaire, non nécessaire ou non opportun du fait du coût non négligeable des prestations attentives. Favoriser l'adhésion à une cause, comme les économies d'énergie et la performance énergétique, ce n'est pas succomber à un travers temporairement à la mode.

La thermographie bénéficie désormais d'une situation qui s'est construite au cours des vingt dernières années, conjonction de :

- la disparition, à partir de 1997, des contraintes d'exploitation des caméras (poids, volume, temps de mise en service, refroidissement cryogénique des détecteurs, consommation énergétique sur batteries lourdes...) ;
- la maturité progressive (fin 2000) d'une nouvelle technologie de matrice non refroidie de détecteurs (les microbolomètres), de fabrication aisée, ainsi que les progrès fulgurants de la micro-électronique ;
- la baisse consécutive et conséquente du coût des caméras thermiques, rendant possible l'extension des applications ;
- la prise de conscience massive du problème du réchauffement climatique et de la limite inéluctable des ressources énergétiques fossiles ;
- l'extension de la thermographie dans une application « grand public », où chacun se sent concerné : notre propre logement.

Ces réalités font que la thermographie est maintenant entrée, depuis 2006-2007, dans le monde du bâtiment, comme elle est entrée en recherche et développement au début des années 1980 et en maintenance et prévention dans le milieu des années 1990. Elle n'a pas quitté ces deux derniers mondes, où elle s'est constamment développée.

LIMITES

La thermographie est une technique très simple à mettre en œuvre mais ses limites peuvent encore en ralentir le développement au profit de techniques alternatives.

Ces limites sont par exemple :

- la nécessité impérative d'une formation adéquate (les centres dispensant une formation correcte sont rares) ;
- le risque omniprésent de fausse interprétation ou d'interprétation inverse ;
- la durée d'exploitation annuelle, saisonnière, et journalière ;
- la forte dépendance aux conditions météorologiques ;
- la difficulté et les limites de détection de certains types de défauts ;
- l'incertitude importante dans les éventuels calculs de déperditions ;
- la complexité fréquente de l'interprétation, en termes de thermique ou de construction, etc.

Cet ouvrage se limitera à la thermographie d'hiver. La thermographie d'été, durant les périodes de refroidissement par climatiseur est envisagée, mais elle n'est pas formalisée à ce jour.

La démarche fondamentale de cet ouvrage destiné aux débutants est de bien faire comprendre la thermographie pour ce qu'elle est dans le bâtiment : une technique de cartographie des déperditions par rayonnement. La quantification des températures ou des déperditions correspond à un niveau plus élaboré, qui est celui des thermographes expérimentés ou des thermiciens thermographes. Cet ouvrage ne comporte donc ni calcul ni présentation détaillée de la façon de mesurer telle ou telle valeur – en particulier le fameux couple émissivité et température d'environnement radiatif (TER), grandeurs que le débutant devra néanmoins impérativement comprendre.

Mais naturellement, au-delà de cette phase d'apprentissage des bases, l'approche qualitative devra progressivement se doubler d'une expression quantitative des phénomènes observés. La norme applicative de thermographie du bâtiment NF EN 13187 préconise ainsi de se prononcer sur l'*importance des défauts*. À cette fin, le débutant se perfectionnera en étudiant des ouvrages plus pointus comme l'ouvrage de référence *La thermographie du bâtiment* (D. Pajani, Eyrolles 2012), en participant à une formation de niveau équivalent et, s'il se destine au diagnostic thermographique, en se présentant à la certification COFRAC de thermographe du bâtiment (voir p. 13). Ce n'est qu'au terme d'un tel parcours que l'aspirant thermographe aura dépassé l'évidence et sera accueilli chez les professionnels.

LES CHANTIERS

La thermographie illustrative

Nombre d'actions de masse ordonnées par les communes et communautés intègrent une thermographie