

Revue générale de thermique
vol. 37, no. 8, September 1998
(special QIRT issue - 1998)

List of papers

Le Niliot C, Gallet P, "Infrared thermography applied to the resolution of inverse heat conduction problems: recovery of heat line sources and boundary conditions," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:629-643, Sept. 1998.

Cardone G, Astarita T, Carlomagno GM, "Wall heat transfer in static and rotating 180° turn channels by quantitative infrared thermography," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:644-652, Sept. 1998.

Buchlin JM, "Natural and forced convective heat transfer on slender cylinders," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:653-660, Sept. 1998.

Reulet P, Marchand M, Millan P, "Experimental characterization of the convective heat transfer in a vortex-wall interaction," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:661-668, Sept. 1998.

Grinzato E, Vavilov V, "Corrosion evaluation by thermal image processing and 3D modelling," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:669-679, Sept. 1998.

Osiander R, Spicer JWM, "Time-resolved infrared radiometry with step heating. A review," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:680-692, Sept. 1998.

Wu D, Busse G, "Lock-in thermography for nondestructive evaluation of materials," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:693-703, Sept. 1998.

Maldague X, Largouët Y, Couturier JP, "A study of defect depth using neural networks in pulsed phase thermography: modelling, noise, experiments", *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:704-717, Sept. 1998.

Offermann S, Bissieux C, Beaudoin JL, "Statistical treatment applied to infrared thermoelastic analysis of applied and residual mechanical stresses," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:718-724, Sept. 1998.

Balageas D, Levesque P, "EMIR: a photothermal tool for electromagnetic phenomena characterization," *Revue générale de Thermique*, **37**[8]:725-739, Sept. 1998.

List of abstracts

Infrared thermography applied to the resolution of inverse heat conduction problems: recovery of heat line sources and boundary conditions

Christophe Le Niliot*, Paulin Gallet

Institut universitaire des systèmes thermiques industriels, UMR CNRS 65 95, Technopôle de Château-Gombert, 5, rue Enrico-Fermi, 13453 Marseille cedex 13, France.

Abstract

In this paper we present an application of infrared thermography for inverse heat conduction problems resolution. The approach described in the paper is based on a Boundary Element Method formulation of the transient heat diffusion equation. The inverse problems under investigation concern the time and space reconstruction of unknown boundary conditions or heat line source strength. As there is a lack of information in the system, some additional measurements are necessary to solve the problem. In the examples proposed in this paper the extra information is provided by an infrared scanner. The measurements contained in the infrared pictures are used in the model as a Dirichlet boundary condition or as a special boundary condition prescribing both temperature and heat flux density on the scanned boundary. We present some experimental results concerning line source strength identification and the reconstruction of unknown heat fluxes applied on an out of reach boundary. All the examples presented in this paper are related to 2D transient diffusion. As the inverse problem is ill-posed, time and space regularization techniques are used to stabilize the solution and reduce the sensitivity of the latter to measurement errors.

Heat diffusion / inverse problems / line source reconstruction / boundary condition reconstruction / boundary element method / infrared thermography / regularization procedure

Résumé

Thermographie infrarouge appliquée à la résolution de problèmes de conduction inverses: reconstruction de sources de chaleur linéiques et conditions aux limites. Nous présentons dans cet article une application de la thermographie infrarouge à la résolution de problèmes inverses en diffusion de la chaleur. L'approche proposée est

basée sur une formulation des éléments de frontière de l'équation de diffusion de la chaleur en transitoire. Les problèmes inverses étudiés concernent l'identification de conditions aux limites inconnues et la reconstruction de sources de chaleur linéiques. Comme il apparaît dans le système un manque d'information pour effectuer une résolution directe, des informations supplémentaires sont nécessaires; dans les exemples proposés les mesures supplémentaires sont fournies par une caméra infrarouge. Les champs de température contenus dans une image infrarouge sont utilisés dans le modèle comme une condition limite de type Dirichlet ou sous la forme d'une condition limite spéciale imposant température et densité de flux sur la surface visée. Nous présentons des résultats expérimentaux relatifs à l'identification de l'intensité d'une source linéique et à l'identification de conditions aux limites appliquées sur une frontière inaccessible à la mesure. Tous les exemples proposés sont relatifs à des cas bidimensionnels transitoires. Comme le problème inverse est mal posé, des techniques de régularisation spatiale et temporelle seront utilisées pour réduire la sensibilité de la solution au bruit de mesure.

Diffusion thermique / problèmes inverses / identification de sources linéiques / identification de conditions aux limites / méthode des éléments de frontière / thermographie infrarouge / régularisation

Wall heat transfer in static and rotating 180° turn channels by quantitative infrared thermography

Gennaro Cardone*, Tommaso Astarita, Giovanni Maria Carlomagno

Università degli Studi di Napoli "Federico II", Dipartimento di Energetica, Termofluidodinamica Applicata e Condizionamenti Ambientali (DETEC), P.le Tecchio 80, 80125 Napoli, Italy

Abstract

The aim of the present study is to develop a new experimental methodology that allows one to perform accurate measurements of the local heat transfer distribution before, in, and after a 180° sharp turn in static and rotating channels. Preliminary measurements of convective heat transfer coefficients are performed by means of infrared thermography applied to the steady state 'heated-thin-foil' technique. Some preliminary results in terms of Nusselt number Nu distributions and profile, as well as averaged Nu profiles along the channel axis, are presented. Results prove that infrared thermography is capable of measuring heat flux coefficients and detecting particular phenomena linked to the fluid flow configuration such as location of separation bubbles, influence of the channel aspect ratio as well as the influence of the channel rotation.

Infrared thermography / heat transfer coefficient / boundary layer / channel flow

Résumé

Mesure par thermographie infrarouge quantitative du transfert de chaleur pariétal dans un conduit immobile ou en rotation faisant un coude de 180°. L'objectif de cette étude est le développement d'une nouvelle technique expérimentale permettant des mesures précises de la distribution du transfert de chaleur local, en amont, au sein et en aval de conduits immobiles ou en rotation, faisant un coude de 180°. Des mesures préliminaires des coefficients de transfert de chaleur sont réalisées par thermographie infrarouge appliquée à la technique du film mince chauffant stationnaire. On présente des résultats sur la longueur du conduit. Les résultats démontrent que la thermographie infrarouge est capable de mesurer les coefficients de transfert de chaleur et de détecter des phénomènes particuliers liés à la configuration de l'écoulement, tels que des bulles de décollement, l'influence de l'allongement du conduit ainsi que celle de sa rotation.

Thermographie infrarouge / coefficient de transfert de chaleur / couche limite / écoulement dans des conduits

Natural and forced convective heat transfer on slender cylinders

Jean-Marie Buchlin

Von Karman Institute for Fluid Dynamics, chaussée de Waterloo 72, 1640 Rhode-Saint-Genèse, Belgium

Abstract

This paper presents an experimental study of free and forced convective heat transfer along vertical slender cylinders. The local heat transfer coefficient is determined from the measurement of the surface temperature distribution performed by quantitative infrared thermography. It is found that the convective heat transfer is strongly dependent on the cylinder curvature and misalignment with the flow. The effect of proximity of two cylinders is emphasized in the case of forced convection. Correlations are proposed for the two types of convection. It is worth nothing that circumstances exist where the turbulent heat transfer in free convection can be of the same order of magnitude as for laminar forced convection. The outcome of the study demonstrates the suitability of quantitative infrared thermography to solve complex problems and to provide a deeper understanding of the heat transfer on slender cylinders.

Slender cylinders / laminar and turbulent free and forced convection / quantitative infrared thermography / heat transfer correlations

Résumé

Transfert de chaleur naturel et forcé sur des cylindres minces. Une étude expérimentale du transfert de chaleur en convection forcée et libre le long de cylindres verticaux minces est présentée. Le coefficient convectif local est déterminé à partir de la distribution axiale de température de surface mesurée par thermographie infrarouge. On montre que le coefficient de transfert de chaleur dépend fortement du rayon de courbure du cylindre et de son incidence dans l'écoulement. L'effet de proximité des deux cylindres est mis en évidence dans le cas de la convection forcée. Des corrélations sont proposées pour les deux types de convection. Le coefficient de transfert de chaleur en convection libre turbulente peut être aussi important que celui de convection forcée en régime laminaire. L'étude démontre l'aptitude de la thermographie infrarouge quantitative à résoudre des problèmes d'échange thermique complexes et à fournir une meilleure compréhension du transfert de chaleur sur des cylindres minces.

Cylindres minces / convection libre et forcée en régime laminaire et turbulent / thermographie infrarouge quantitative / corrélations de transferts de chaleur

Experimental characterization of the convective heat transfer in a vortex-wall interaction

Philippe Reulet*, Muriel Marchand, Pierre Millan

Onera/DMAE Atac, 2, av. Edouard-Belin, B.P. 4025, 31055 Toulouse cedex 4, France

Abstract

The development of turbulence models and wall laws for the numerical simulation of flows in complex geometries requires a detailed experimental analysis of turbulence and of the phenomena that appear in turbulent boundary layers. There is a strong need to develop new measurement systems allowing the determination of unsteady wall heat transfer coefficients. In order to improve the knowledge of the unsteady phenomena occurring in perturbed boundary layers, a fundamental study is conducted on the interaction of a single vortex with a flat plate. An experimental methodology using a specific thermal sensor whose surface temperature is measured by an infrared thermography system is presented. It allows the characterization of the unsteady convective heat transfer coefficient whose evolution is compared with the fluctuations of the wall friction coefficient, calculated from velocity profiles measured by laser Doppler velocimetry.

Boundary layer / vortex / heat transfer coefficient / wall friction coefficient / unsteady thermal sensor

Résumé

Caractérisation expérimentale du transfert de chaleur convectif dans une interaction tourbillon-paroi. Le développement de modèles de turbulence et de lois de paroi pour les simulations numériques des écoulements dans des géométries complexes nécessite une étude détaillée de la turbulence et des phénomènes apparaissant dans les couches limites turbulentes. Il est donc nécessaire de développer des systèmes de mesure pour accéder au coefficient de transfert de chaleur instationnaire. Pour une meilleure compréhension des phénomènes instationnaires qui apparaissent dans les couches limites perturbées, une étude fondamentale de l'interaction entre un tourbillon unique et une plaque plane est entreprise. Une méthodologie expérimentale basée sur l'utilisation d'un capteur thermique spécifique, dont la température de surface est acquise par thermographie infrarouge, est présentée. Elle permet la caractérisation du coefficient de transfert de chaleur convectif instationnaire dont l'évolution est comparée aux fluctuations du coefficient de frottement pariétal, calculé à partir des profils de vitesse mesurés par vélocimétrie laser à effet Doppler.

Couche limite / tourbillon / coefficient de transfert de chaleur / coefficient de frottement pariétal / capteur thermique instationnaire

Corrosion evaluation by thermal image processing and 3D modelling

Ermanno Grinzato^a, Vladimir Vavilov^b

^aCNR-ITEF, Corso Stati Uniti, 4, 35127 Padova, Italy

^bTomsk Polytechnic University, 634028, Tomsk, Savinykh St., 3, Russia

Abstract

Quantitative transient IR thermography has been applied to the characterization of hidden corrosion in metals. A dedicated 3D numerical model of heat transfer has been used to solve the direct thermal problem and to simulate the test. Theoretical modelling allows the verification of limits of the 1D solution and the derivation of coefficients which take heat diffusion into account. An analysis of inversion accuracy was carried out. A simple algorithm based on a surface temperature time-derivative is proposed for detecting thickness variations. Then, material loss in an area of arbitrary shape is evaluated applying a modified algorithm, originally developed for a 1 D thermal model. The potential of dedicated image processing in enhancing a signal-to-noise ratio is explored. The feasibility of corrosion quantification by the proposed inversion algorithm is demonstrated with experimental results. Detection and evaluation of hidden material loss within a boiler section, typically used at a power plant station, has been performed. The external surface was heated with flash lamps and temperature response was analyzed both in time and space domains. The masking effect due to the noisy inspected surface (not painted and affected by a long time service) were substantially removed before evaluating corrosion. Obtained results have been compared with measurements produced by the ultrasonic method.

Quantitative infrared thermography / metal corrosion / thermal modelling / heat exchanger

Résumé

Évaluation de la corrosion par analyse d'images thermiques et modélisation 3D.

La thermographie infrarouge quantitative a été appliquée à la caractérisation de la corrosion sub-superficielle des métaux. On propose ici un simple algorithme pour la détection des variations d'épaisseur dues à la corrosion, basé sur l'étude de la dérivée temporelle de la température superficielle. La forme des zones qui ont subi une perte de matière par corrosion est évaluée grâce à un algorithme développé pour un modèle thermique 1-D. Un modèle théorique de transfert de chaleur a été utilisé pour la résolution du problème thermique direct et pour la simulation de l'expérience au moyen d'un modèle numérique 3-D. La précision de l'inversion a également été analysée. La possibilité d'améliorer le

rapport signal/bruit grâce à des algorithmes d'élaboration d'images a été explorée. La quantification de la corrosion au moyen de l'algorithme d'inversion proposé a été testée expérimentalement sur des échangeurs de chaleur en acier. La perte de matière par corrosion à l'intérieur de tubes métalliques (utilisés dans les centrales électriques) a été détectée et quantifiée. La surface externe de l'échangeur de chaleur a été chauffée au moyen de lampes à flash; l'évolution thermique a été étudiée aussi bien temporellement que spatialement. Les effets dus au bruit de la surface inspectée ont été préalablement filtrés. Les résultats obtenus par la technique présentée sont confirmés par des mesures effectuées par ultrasons.

Thermographie infrarouge quantitative / corrosion métallique / modélisation thermique / échangeurs de chaleur

Time-resolved infrared radiometry with step heating. A review

Robert Osiander*, Jane W.M. Spicer

The Johns Hopkins University, Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins Rd., Laurel,
MD 20723, USA

Abstract

In contrast to most infrared radiometry techniques used for nondestructive evaluation which follow the sample cooling after pulsed heating, the technique termed time-resolved infrared radiometry with step heating (TRIR) follows the surface temperature rise as a function of time during the heating pulse. This approach allows identification of subsurface features and determination of thermal properties with the same speed as other thermal techniques, but keeps the required heating power and resulting surface temperature small. This permits the use of heat sources such as microwaves and RF induction heating where high peak power is often not available. One of the most attractive features of the TRIR method is the ability to calibrate the temperature response early, when the sample is thermally-thick. This allows correction for inhomogeneous heat source distributions and differentiation between backing materials. A fast algorithm has been developed to calculate thermal transit times and therefore generate quantitative depth images of subsurface features. This paper will describe the TRIR approach and the analysis of its time response, including the calibration at early times. Examples will be described for laser heating on zirconia coatings, corroded aluminum, and graphite composites, and the use of microwaves and RF induction heating as heating sources.

Résumé

La radiométrie infrarouge analysée dans le domaine temporel dans le cas d'un chauffage en échelon. À la différence de la plupart des techniques infrarouge utilisées pour le contrôle non destructif, qui utilisent le refroidissement d'un échantillon après un chauffage impulsionnel, technique dénommée radiométrie infrarouge résolue dans le temps avec échelon de chauffage (time-resolved infrared radiometry, TRIR) exploite l'élévation de la température de surface pendant l'impulsion de chauffage. Cette approche, qui permet une caractérisation des couches subsurfaciques et la détermination des propriétés thermiques aussi rapide qu'avec d'autres techniques, maintient faibles la puissance de chauffe et la température de surface qui en résulte. Elle autorise l'utilisation de sources de chaleur telles que les micro-ondes et le chauffage induit par radiofréquences, pour lesquelles il n'est souvent pas possible d'obtenir une forte puissance de pic. L'un des principaux intérêts de la méthode TRIR est sa capacité à calibrer la réponse en température aux temps courts, quand l'échantillon est thermiquement

épais. Ceci permet une correction pour des distributions de source de chaleur non homogènes et la différenciation entre matériaux supports. Un algorithme rapide a été développé pour calculer des temps de transit thermique et donc pour générer des images quantitatives en profondeur des caractéristiques des couches subsurfaciques. Cet article décrit l'approche TRIR et l'analyse de son temps de réponse, ainsi que la calibration aux temps courts. Des exemples sont donnés pour le chauffage laser des revêtements de zircone, de l'aluminium corrodé et des composites à fibres de carbone, ainsi que pour l'utilisation des micro-ondes et du chauffage par induction comme sources de chaleur.

Lock-in thermography for nondestructive evaluation of materials

Datong Wu, Gerd Busse*

Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde, University Stuttgart, Pfaffenwaldring
32, 70569 Stuttgart, Germany

Abstract

Photothermal radiometry allows for remote measurement of local harmonic heat transport where the phase angle (between remote optical energy deposition and resulting temperature modulation) is sensitive to subsurface features or defects. Phase sensitive modulation thermography (or 'lock-in thermography') combines the advantages of photothermal radiometry with the fast technique of infrared imaging thereby revealing hidden defects in a short time. In this paper the principle and various applications are described and analyzed. While this lock-in thermography is based on remote optical heating of the whole area of interest, one can heat defects selectively with modulated ultrasound which is converted into heat by the mechanical loss angle effect which is enhanced in defect regions. This 'ultrasonic lock-in thermography' provides images showing defects in a way that is similar to dark field imaging in optical microscopy.

Thermal waves / nondestructive testing / lock-in thermography / ultrasonic lock-in thermography

Résumé

Évaluation non destructive de matériaux par thermographie à détection synchrone. La radiométrie photothermique permet la mesure à distance des transferts de chaleur locaux en régime harmonique, pour lesquels le déphasage entre le dépôt d'énergie à distance par voie optique et la modulation de température en résultant sont sensibles aux caractéristiques des couches subsurfaciques ou à la présence de défauts. La thermographie à démodulation synchrone allie les avantages de la radiométrie photothermique à la rapidité de l'imagerie infrarouge, permettant ainsi de révéler en peu de temps des défauts cachés. Le principe de cette technique, ainsi que diverses applications, sont décrits dans cet article et discutés. Au lieu d'utiliser le chauffage à distance par voie optique de l'ensemble de la surface à analyser, on peut chauffer sélectivement les défauts à l'aide d'ultrasons modulés, dont une partie de l'énergie se convertit en chaleur grâce à l'effet de l'angle de perte mécanique, magnifié dans les régions défectueuses. Cette thermographie à détection synchrone ultrasonore produit des images qui mettent les défauts en évidence d'une façon similaire à l'imagerie sur fond noir en microscopie optique.

Ondes thermiques / essais non destructifs / thermographie à détection synchrone / thermographie à détection synchrone ultrasonore

A study of defect depth using neural networks in pulsed phase thermography: modelling, noise, experiments

Xavier Maldague*, Yves Largouët, Jean-Pierre Couturier

Electrical and Computing Engineering Department, Université Laval, Québec, Qc, G1K 7P4, Canada

Abstract

Pulsed phase thermography (PPT) was recently introduced, and up to now analysis of this infrared thermographic approach for non-destructive evaluation has been limited to qualitative aspects. The study presented in this paper is the first attempt to extract quantitative information from PPT results. The approach proposed is based on neural networks well known for their ability to handle complex non-linear problems with access to partial noisy data. In the paper, a thermal model is first presented. This model helps in designing the neural network architecture. PPT fundamentals based on pulsed and lock-in thermography concepts are briefly recalled. Also found in the paper are sections on noise with relations to phase and frequency, neural networks, experimental data on both aluminum and plastic materials. The paper concludes with possible directions of work. The proposed method combining PPT with neural network analysis is shown to be encouraging. The sampling frequency with respect to inspected material thermal conductivity is an experimental limitation.

Pulsed phase thermography / infrared thermography / neural network / non-destructive evaluation / Fourier transform / lock-in thermography / frequency / phase / subsurface defects / depth

Résumé

Une étude de la profondeur du défaut basée sur les réseaux neuronaux en thermographie de phase pulsée: modélisation, bruit, expérimentations. La thermographie de phase pulsée (TPP) a été récemment introduite; jusqu'à maintenant l'étude de cette approche de la thermographie infrarouge pour l'évaluation non destructrice s'est limitée aux aspects qualitatifs. L'étude présentée dans cet article constitue la première tentative pour extraire des informations quantitatives à partir de résultats obtenus en TPP. L'approche proposée est basée sur des réseaux neuronaux, bien connus pour leur capacité à traiter des problèmes non linéaires complexes, tout en permettant l'accès à des données partielles bruitées. Dans cet article, un modèle thermique est d'abord présenté. Ce modèle sert à établir l'architecture du réseau neuronal. Les principes de la TPP, basés sur les concepts de la thermographie pulsée et à détection synchrone, sont

rappelés brièvement. Dans cet article, on trouve aussi des sections sur le bruit, en relation avec la phase et la fréquence, les réseaux neuronaux et les données expérimentales (aluminium, plastique). L'article se conclut en présentant des directions possibles de travail. La méthode proposée de TPP avec analyse par réseau neuronal est encourageante. La fréquence d'échantillonnage, en relation avec la conductivité thermique du matériau inspecté, est une limitation expérimentale.

Thermographie de phase pulsée / thermographie infrarouge / réseau neuronaux / évaluation nondestructive / transformée de Fourier / thermographie à détection synchrone / fréquence / phase / défauts sous-surfaciques / profondeur

Statistical treatment applied to infrared thermoelastic analysis of applied and residual mechanical stresses

Stephan Offermann*, Christian Bissieux, Jean Louis Beaudoin

UTAP/LEO, Université de Reims-Champagne-Ardenne, B.P. 1039, 51687 Reims cedex 2, France

Abstract

Very small temperature variations are quantified by a statistical treatment of standard infrared equipment images. This procedure determines the signal amplitude value, comparing the noise and the noisy signal dispersions characterized by their variances. This robust and simple method has the advantage of needing no link to the reference signal and of treating any kind of signal shape. It is applied here to thermoelastic analysis of applied and residual stresses.

Infrared thermography / signal processing / thermoelastic analysis / applied stress / residual stress

Résumé

Méthode statistique appliquée à l'analyse thermoélastique infrarouge des contraintes mécaniques appliquées et résiduelles. De très faibles variations de température sont quantifiées à l'aide d'une méthode statistique de traitement d'images obtenues avec une caméra infrarouge standard. Cette approche consiste à comparer les dispersions d'un signal bruité et du bruit seul, à l'aide de leurs variances, pour en tirer la valeur de l'amplitude du signal. Cette méthode robuste et simple offre l'avantage de ne pas nécessiter de signal de référence et de convenir à toute forme de signaux. Elle est appliquée ici à l'analyse thermoélastique des contraintes appliquées et résiduelles.

Thermographie infrarouge / traitement du signal / analyse thermoélastique / contraintes appliquées / contraintes résiduelles

EMIR: a photothermal tool for electromagnetic phenomena characterization

Daniel Balageas*, Patrick Levesque

Onera, B.P. 72, 92322 Châtillon cedex, France

Abstract

The heat-photon conversion phenomenon can be used to obtain a thermal image of an electromagnetic field. The electromagnetic field is partially absorbed by a sensitive paint or by a coating deposited on structures or on thin films. A map of the temperature increase of this absorbing medium is an image of the electric or magnetic intensity field distribution, depending on the electric and magnetic properties of the medium. A brief history of the various techniques used to obtain thermal images of electromagnetic fields is first presented. Emphasis is then put on infrared thermography which has been preferentially used in the past 20 years. An analysis of the thermal problems involved is presented. It appears that the solution to these problems is the key for the enhancement of the technique and for really quantitative work. Original solutions have been developed at ONERA, based on the combined use of optimised thin films with controlled electric conductivity, very sensitive infrared cameras, lock-in infrared thermography, and microwave interferometry. In these conditions, quantitative images of both amplitude and phase are obtained. Such an electromagnetic field imaging technique is a powerful tool which has no equivalent and which can be used for several types of applications such as: i) antenna radiation pattern characterization; ii) mode propagation characterization in waveguides; iii) study of absorption phenomena in complex materials; iv) nondestructive evaluation of dielectric structures (electromagnetic windows) or radar absorbing materials; v) knowledge of surface currents distribution on metallic structures.

Electromagnetism / infrared thermography / nondestructive evaluation / interferometry / microwave

Résumé

EMIR: Un outil photothermique pour la caractérisation des phénomènes électromagnétiques. La conversion photon-chaaleur peut être utilisée pour obtenir une image thermique d'un champ électromagnétique. Celui-ci est partiellement absorbé par une peinture ou un revêtement sensibles, déposés sur une structure ou sur un film mince. Une carte des échauffements du matériau absorbant est l'image de la distribution d'intensité du champ électrique ou magnétique, suivant les propriétés électriques et magnétiques du milieu considéré. Un rappel historique des diverses techniques utilisées

pour obtenir des images de champs électromagnétiques est d'abord présenté. L'accent est mis ensuite sur la thermographie infrarouge, qui a été utilisée préférentiellement au cours des vingt dernières années. Une analyse des problèmes thermiques propres à la méthode est présentée. La solution de ces problèmes est la clef pour la rendre quantitative. Des solutions originales ont été mises au point à l'Onera, fondées sur l'utilisation conjointe de films fins de conductivité électrique contrôlée, de caméras infrarouges très sensibles, de la technique de la thermographie à démodulation synchrone et de l'interférométrie micro-onde. Dans ces conditions, des images, tant en phase qu'en amplitude, ont été obtenues. Une telle technique d'imagerie de champ électromagnétique est un outil puissant, qui n'a pas d'équivalent et qui peut donner lieu à divers types d'applications : i) caractérisation de diagrammes de rayonnement d'antenne; ii) caractérisation des modes propagatifs dans les guides d'ondes; iii) étude de l'absorption dans des matériaux complexes; iv) évaluation non destructive de structures diélectriques (fenêtres électromagnétiques) ou d'absorbants radar; v) connaissance de la distribution des courants de surface sur des structures métalliques.

Électromagnétisme / thermographie infrarouge / contrôle non destructif / interférométrie / micro-onde