

"Formation élémentaire en thermographie infrarouge"



par

Clemente Ibarra, Abdelhakim Bendada et Xavier Maldague

Chaire de recherche du Canada en Vision Infrarouge Multipolaire - mivim

Laboratoire de vision et systèmes numériques - lsvn

Département de génie électrique et de génie informatique - gelgif

Pavillon Adrien-Pouliot, 1065, av. de la Médecine
Université Laval - ul, Québec (QC) Canada, G1V 0A6

Téléphone : +1 (418) 656-2962

Télécopieur : +1 (418) 656-3159

{IbarraC, Bendada, MaldagX}@ulaval.ca

PLAN DE COURS

PARTIE I. THÉORIE DE BASE

1. Le rayonnement thermique

- 1.1. Introduction*
- 1.2. Histoire*
- 1.3. Le spectre infrarouge*
- 1.4. Définitions*

2. Corps noir

- 2.1. Loi de Planck*
- 2.2. Loi de Wien*
- 2.3. Loi de Stefan-Boltzmann*
- 2.4. Corps noir pratiques*

3. Corps réels

- 3.1. Rayonnement des corps réels*
- 3.2. Émissivité*
- 3.3. Effets de l'environnement*
- 3.4. Effets de l'atmosphère*
- 3.5. Réflexion et transmission parasites*
- 3.6. Champ de vision (FOV)*
- 3.7. Solutions aux problèmes de mesure*

4. Le système infrarouge

- 4.1. Composantes typiques*
- 4.2. Détecteurs thermiques*
- 4.3. Détecteurs quantiques*
- 4.4. Microbolomètres, CCDs, CMOS*
- 4.5. Pyromètres et caméras IR*
- 4.6. Comment choisir votre pyromètre ?*

5. Transfert de chaleur

- 5.1. Mécanismes*
- 5.2. L'équation de diffusion de la chaleur*
- 5.3. Ondes thermiques*
- 5.4. Modèles thermiques*

PARTIE II. CONTRÔLE NONDESTRUCTIVE PAR THERMOGRAPHIE INFRAROUGE

1. Les techniques de contrôle nondestructive

- 1.1. Ultrasons*
- 1.2. Rayons X*
- 1.3. Courants de Foucault*
- 1.4. Liquides pénétrants*
- 1.5. Inspection visuelle*
- 1.6. Thermographie infrarouge*
- 1.7. Avantages et limitations de la thermographie infrarouge*

2. Configurations

- 2.1. Passive/Active*
- 2.2. Disposition*
- 2.3. Sources de stimulation thermique*
- 2.4. Le système de thermographie en CND*

3. Techniques

- 3.1. Thermographie pulsée*
- 3.2. Thermographie de pulse long*
- 3.3. Thermographie modulée*
- 3.4. Vibro-thermographie*

PARTIE III. TRAITEMENT DU SIGNAL

1. Formation d'images

- 1.1. Représentations 1D : profils spatiaux/tempore*
- 1.2. Représentations 2D : thermo-grames, temps-grames,..x-grames*
- 1.3. Représentations 3D : vues 3D*
- 1.4. Films*
- 1.5. Compression de l'information*
- 1.6. Dégradation du signal infrarouge*

2. Pre-traitement (correction des non-uniformités)

- 2.1. Pixels défectueux*
- 2.2. Vignelage*
- 2.3. Patterns de bruit fixe*

2.4. Calibration de température

2.5. Filtrage de signaux

3. Techniques de traitement

3.1. Contraste thermique classique

3.2. Contraste absolu différentiel (DAC)

3.3. Reconstruction de signaux thermographiques (TSR)

3.4. Thermographie de composantes principales (PCT)

3.5. Thermographie de phase pulsée (PPT)

3.6. Exemple comparatif

4. Surfaces non-planes

4.1. Le problème de la forme

4.2. Correction en utilisant une source omnidirectionnel

4.3. Stéréo visible-infrarouge

4.4. Correction directe du thermogramme

4.5. Shape-from-Heating

PARTIE IV. CARACTÉRISATION DES DÉFAUTS

1. Détection de défauts

1.1. Algorithme automatique de détection de défauts

1.2. Gradients

1.3. Méthode de détection de Canny

1.4. Histogrammes

1.5. Full Width Half Maximum (FWHM)

2. Détermination de la profondeur

2.1. Contraste thermique

2.2. Méthode statistique

2.3. Réseaux de neurones

2.4. Transformée de Laplace

2.5. Fréquence limite

3. Détermination des propriétés thermiques

3.1. Méthode Parker (méthode flash)

3.2. Transformée de Laplace

PARTIE V. APPLICATIONS

- 1. Caractérisation de plaques d'acier par thermographie de phase pulsée**
- 2. Inspection de matériaux composites**
- 3. Évaluation du degré de corrosion dans des composantes aéronautiques d'aluminium**
- 4. Inspection de fissures microscopiques par vibro-thermographie**
- 5. Réparations de structures dans l'industrie aérospatiale**