



Innover
en mécanique

Contrôle de structures métalliques et composites par thermographie infrarouge active

***Patrick BOUTEILLE
Grégory LEGROS
Nicolas TERRIEN
CETIM***

- 
-
- **Le CND au CETIM**
 - **La thermographie IR active**
 - **Les différents moyens d'excitation thermique**
 - **Exemples d'applications**
 - Sur structures métalliques
 - Sur structures composites
 - **Conclusions**

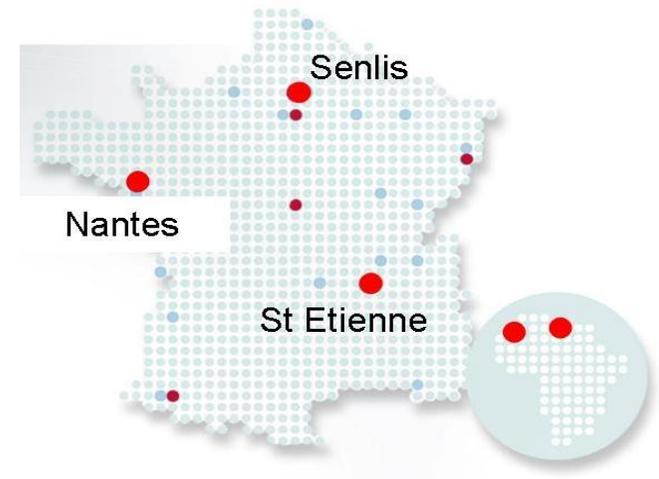
Le CND au Cetim

- **L'offre CETIM :**

- Expertises en CND et Instrumentation
- Conception & Dimensionnement des ESP composites
- Conseils, veille technologique, appuis techniques / Faisabilités
- Formations CND
- Centres d'examens Cofrend (Senlis et Nantes)

- **Des marchés très diversifiés :**

- Aéronautique, spatial, automobile, ferroviaire,
- Fabricants d'équipement, mécanique,
- Energie, chimie,
- Construction métallique,
- Agroalimentaire...



Le CND au Cetim

Des moyens performants et diversifiés en CND :

- Les méthodes traditionnelles de contrôle CND (PT, MT, RT, US, ACFM...)
- Les méthodes avancées par ultrasons (TOFD, Multiéléments...)
- Les ondes guidées
- l'émission acoustique
- Inspections visuelles spécifiques (VT GNV)
- La modélisation des contrôles CND – Logiciel CIVA
- Thermographie pulsée, vision industrielle ...
- Tomographie RX
- Développement de méthodes CND adaptées à un besoin client

- Une équipe de contrôleurs certifiée COFREND CIFM & COSAC



GNV VT

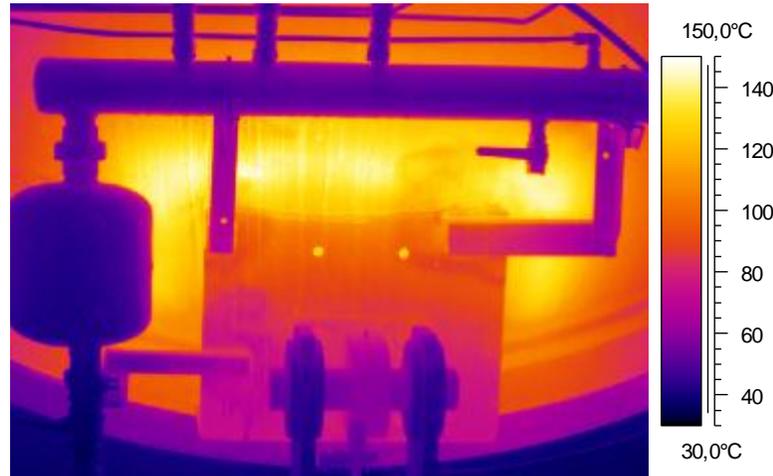
La thermographie infrarouge

● Principe

■ Chaque corps émet des ondes électromagnétiques

➔ Dans le domaine de l'infrarouge, des détecteurs transforment la puissance lumineuse émise par le corps en un signal électrique

– Obtention d'une image thermique de la scène observée (*Thermogramme*)



Exemple d'un équipement
sous pression
(*CETIM*)

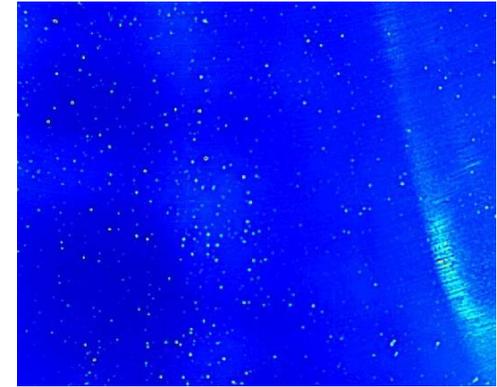
La thermographie infrarouge active

- Quand les éléments ne sont pas soumis à un gradient thermique

Cale à gradins en acier avec trous à fond plat



Image obtenue en thermographie infrarouge passive



- Soumettre la pièce à une excitation extérieure

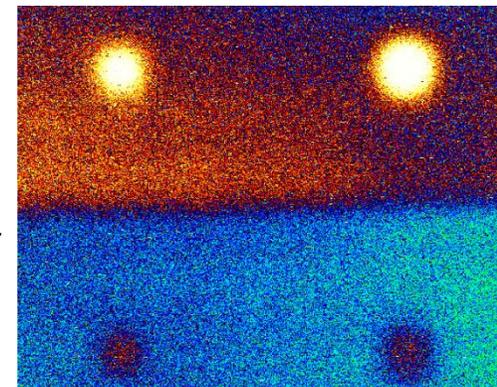
- mécanique, thermique, ...

- Analyser la réponse thermique

- Dans le cas d'un échantillon défectueux

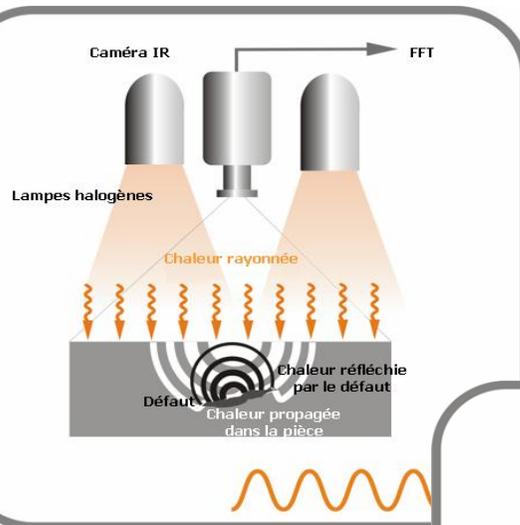
- ➡ Modification de la propagation du flux de chaleur

Image obtenue en thermographie active après traitement d'images



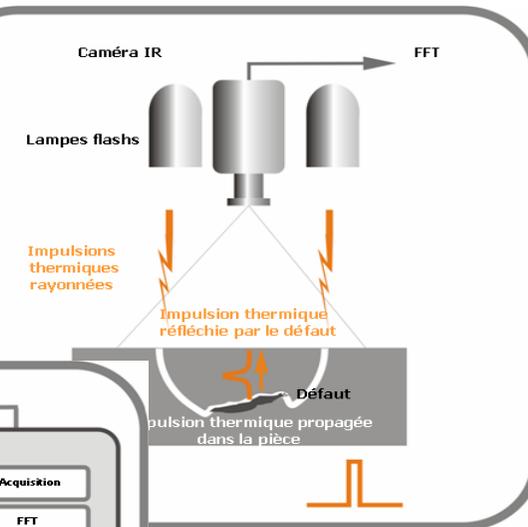
Les différents moyens d'excitation thermique

- Détection de délaminages, décollements, infiltrations d'eau, fissures, corrosion...
- Méthode globale sans contact

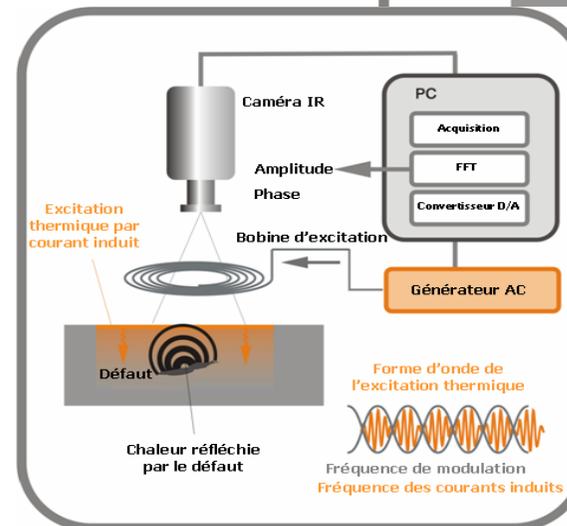
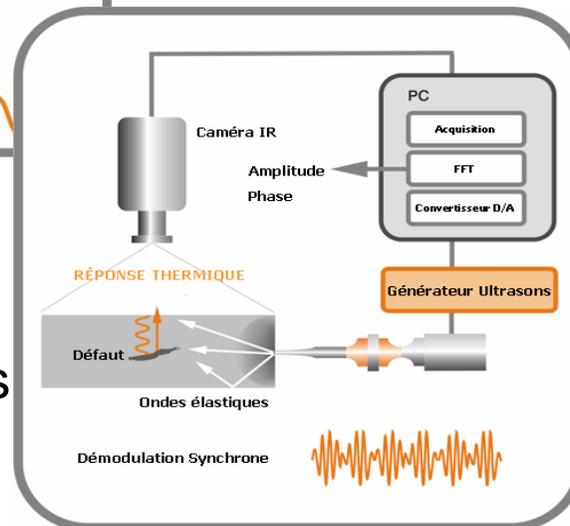


Lampes halogènes

Lampes flashes



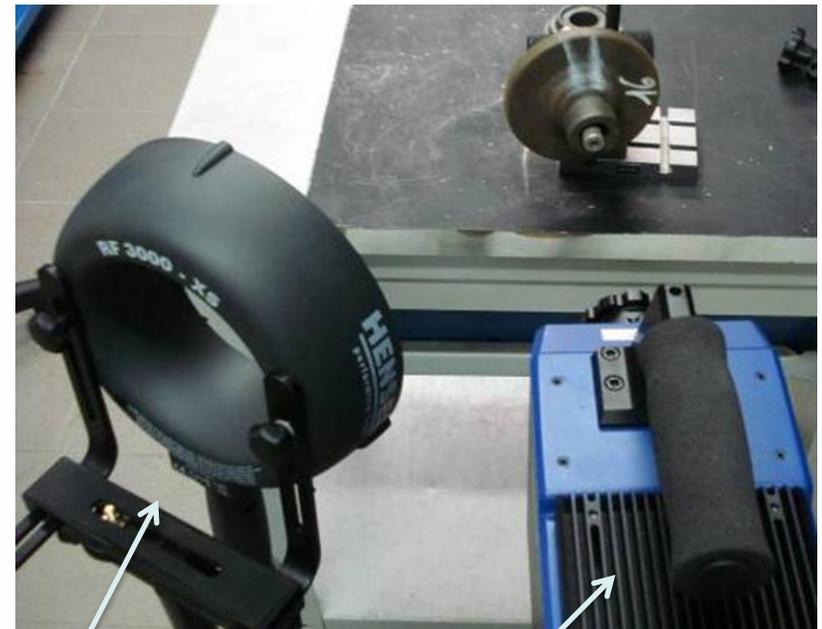
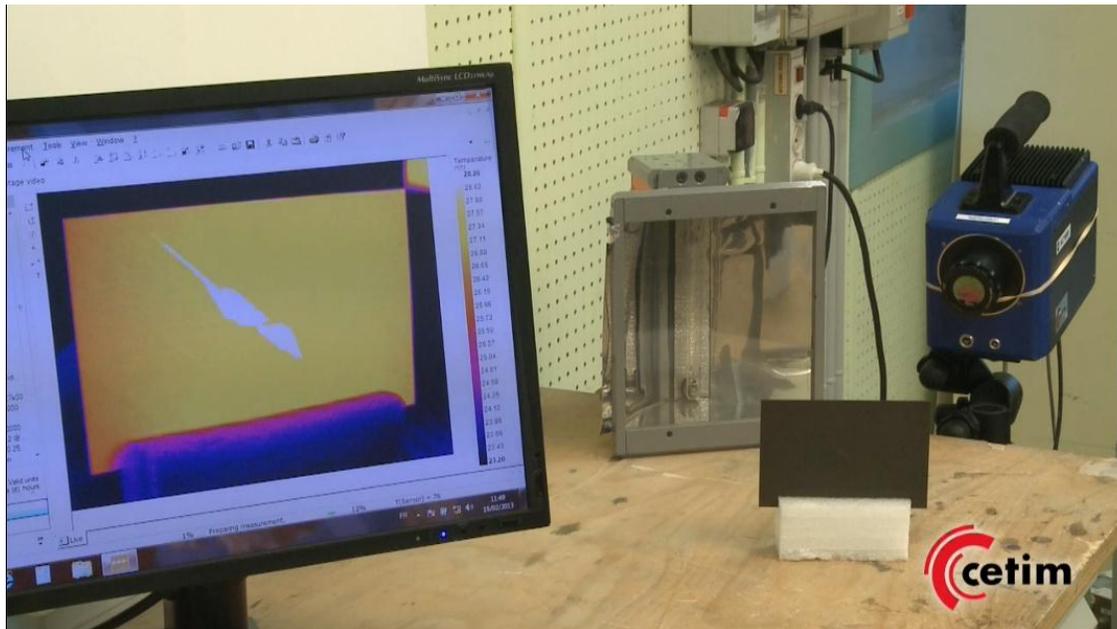
Ultrasons



Courants de Foucault

Les différents moyens d'excitation thermique

- Exemples de dispositifs expérimentaux

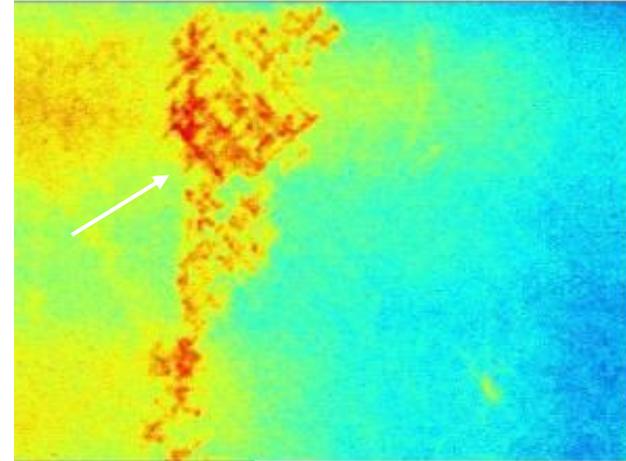
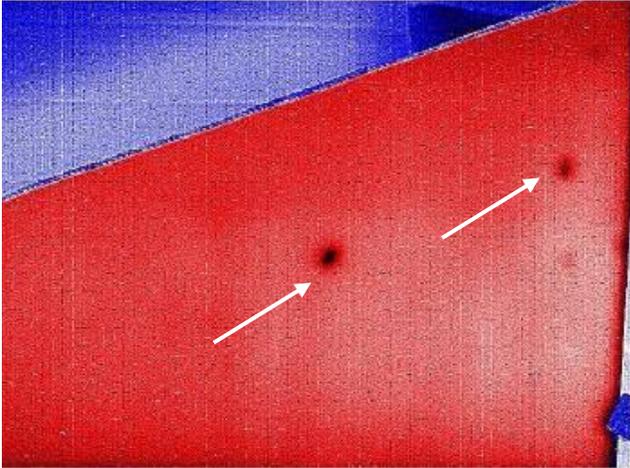


Lampe flash

Caméra IR

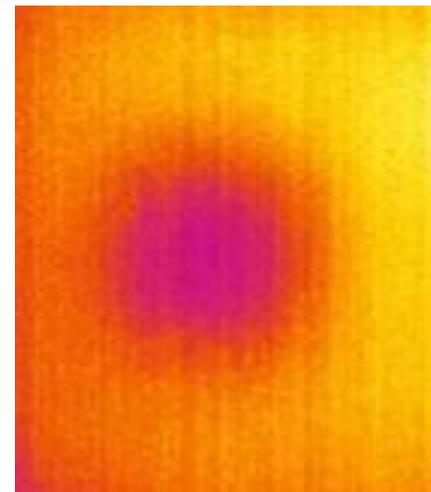
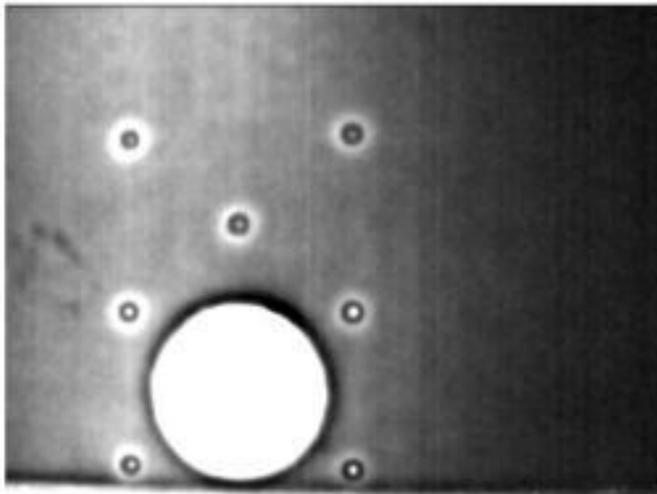
Applications sur **composites**

*Détection
d'infiltration
d'eau dans un
nid d'abeille
nomex*



*Détection d'un
manque
d'imprégnation dans
une structure
sandwich GF/balsa*

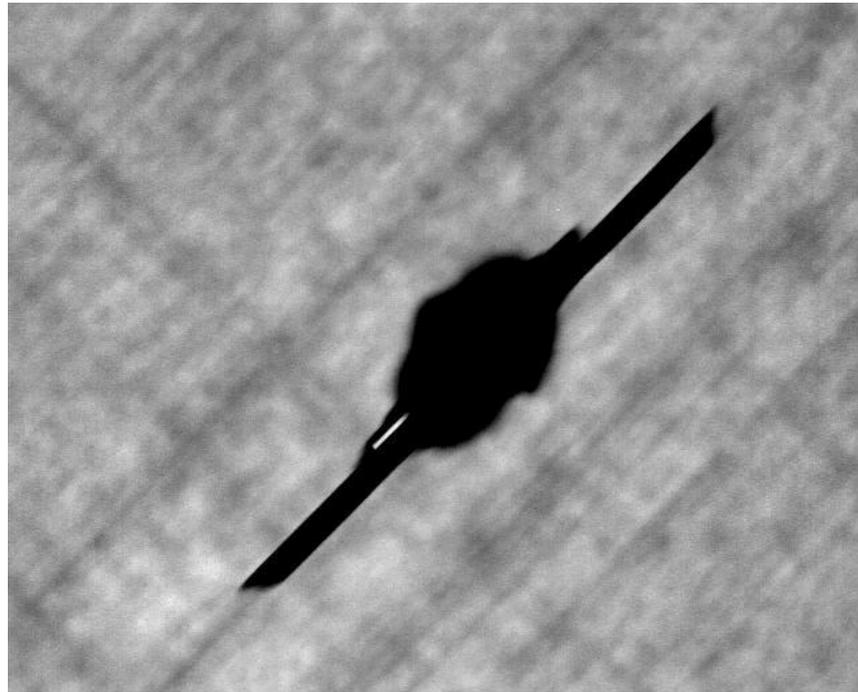
*Détection d'inserts
dans une structure
sandwich nomex*



*Sandwich nidalu : détection
d'un écrasement de l'âme*

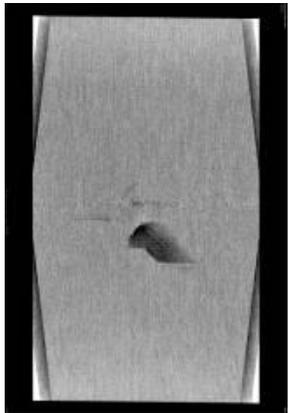
Applications sur **composites**

- Détection de délaminages sur carbone / époxy
 - Lampe flash

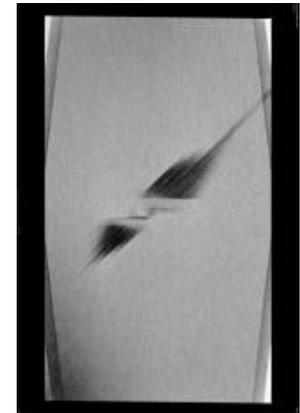
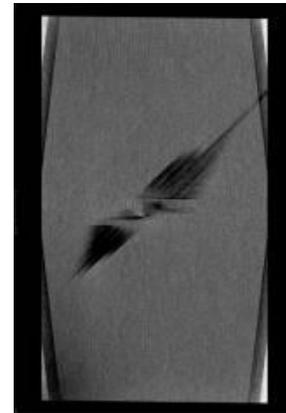
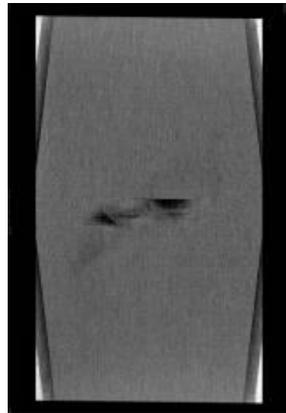


Applications sur **composites**

- Evolution d'un délaminage dans l'épaisseur d'un carbone / époxy
 - *Comparaison entre thermographie infrarouge (lampe flash) et tomographie à rayons X*

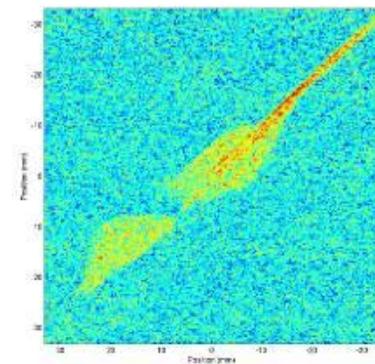
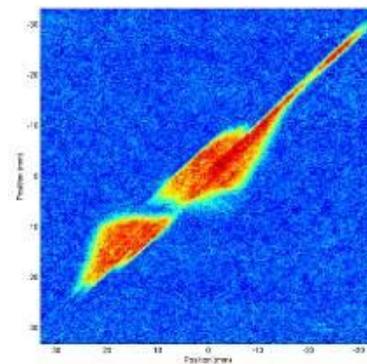
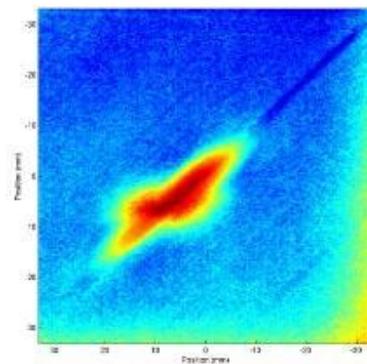
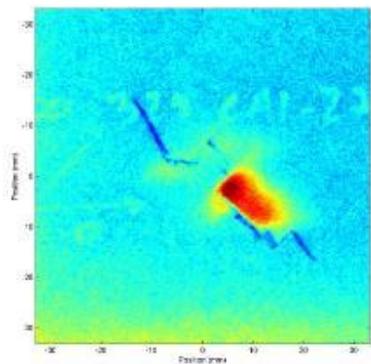


Face impactée



Tomographie à
rayons X

Face opposée à l'impact



Thermographie
infrarouge
active

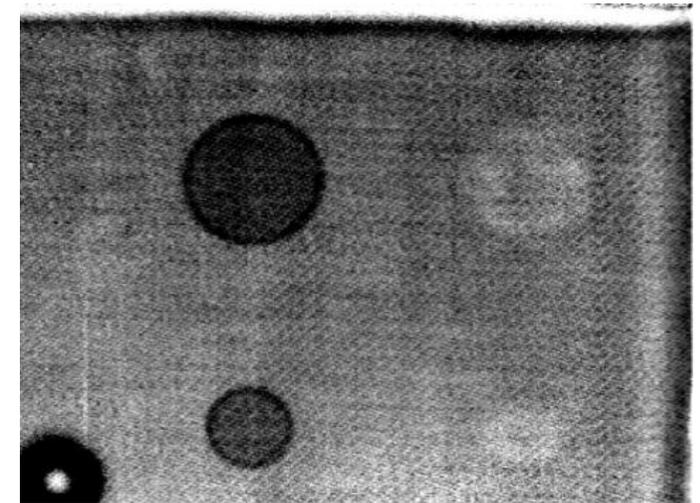
Phase à différentes fréquences

Applications sur **composites**

- Contrôle de capot de moteurs d'avions
 - Lampe flash



Source : Duqueine



Mise au point sur maquette

Applications sur **composites**

- Recherche de délaminages en vibrothermographie



Dispositif expérimental

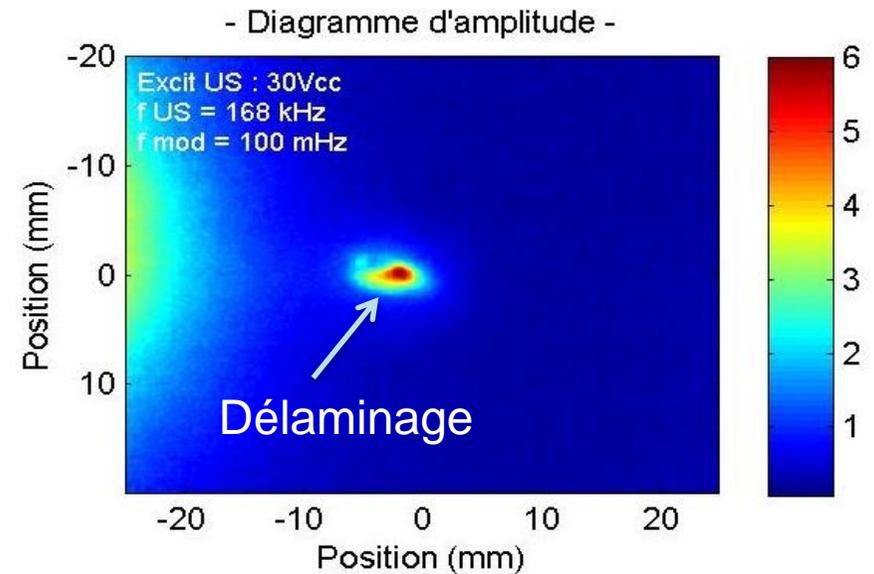
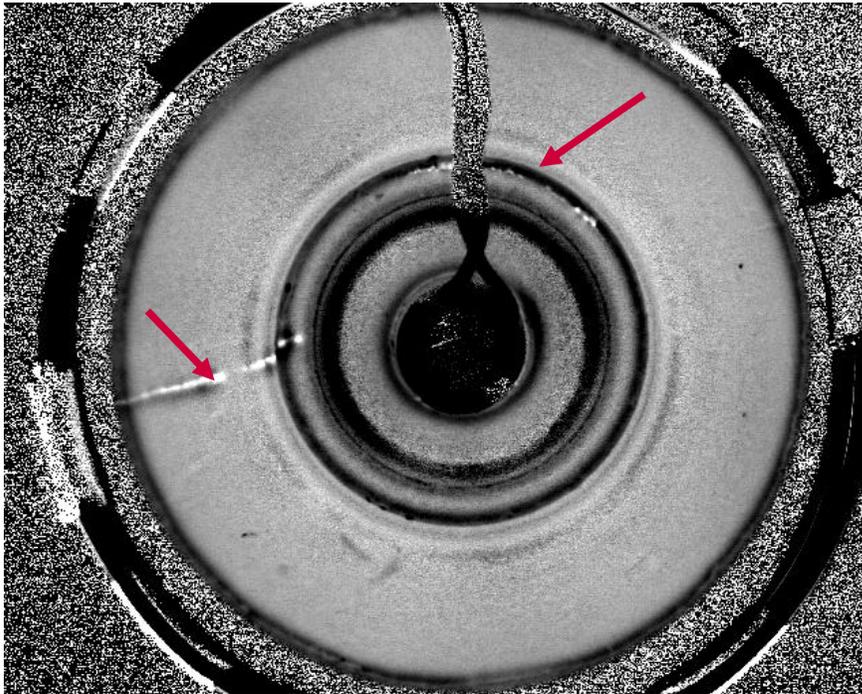


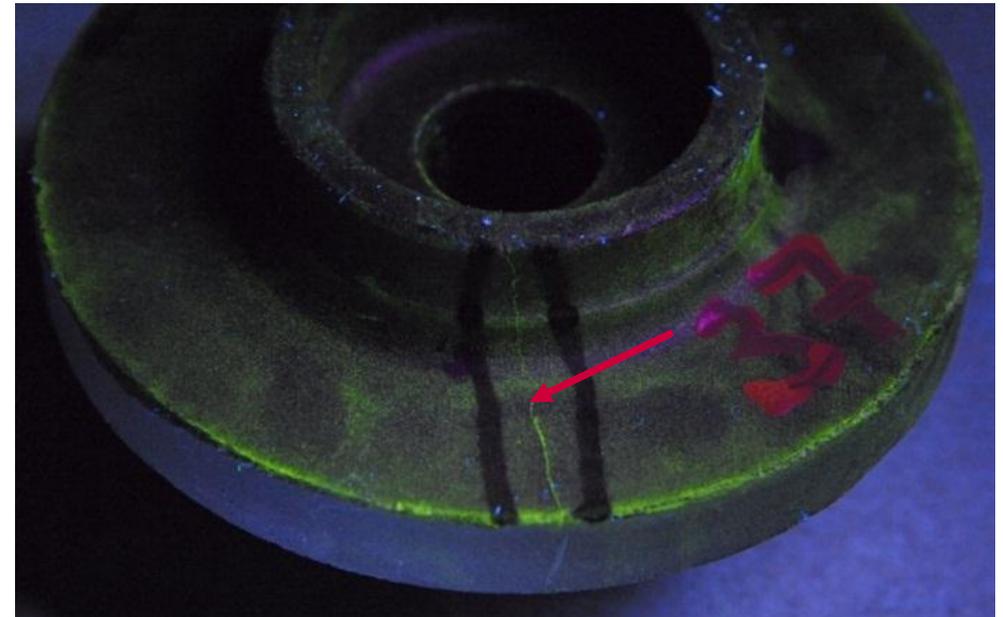
Image thermique

Applications sur métalliques

- Détection de défauts de surface sur pièces forgées
 - Comparaison entre thermographie infrarouge (induction) et magnétoscopie sur moyeux de roue



*Thermographie infrarouge
(induction)*



Magnétoscopie

Applications sur métalliques

- Détection de défauts de surface sur pièces forgées
 - Comparaison entre thermographie infrarouge (induction) et magnétoscopie sur rotules de direction



*Thermographie infrarouge
(induction)*

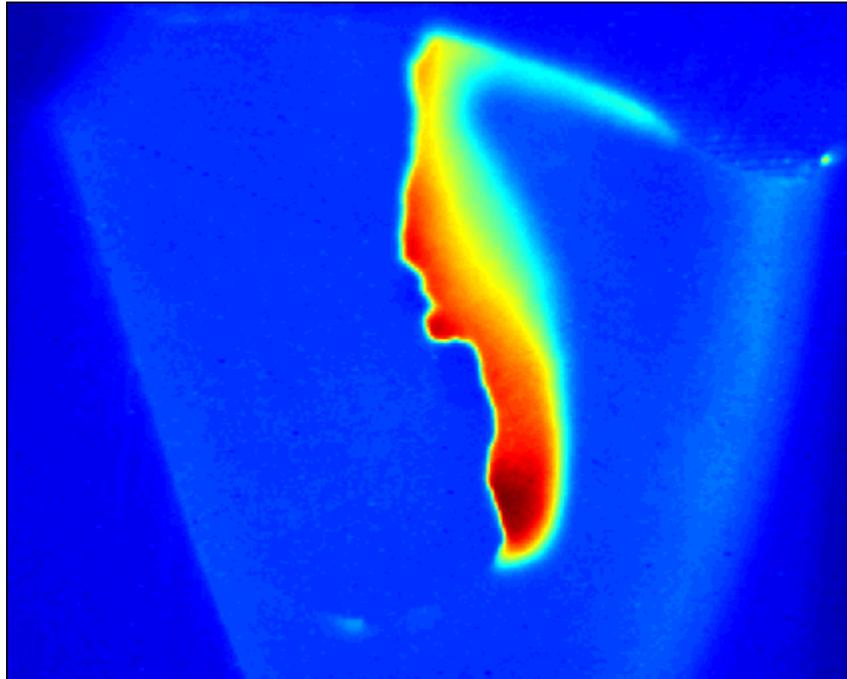


Magnétoscopie

La thermographie IR peut être une alternative au ressuage et à la magnétoscopie (contraintes SST et environnementales de REACH)

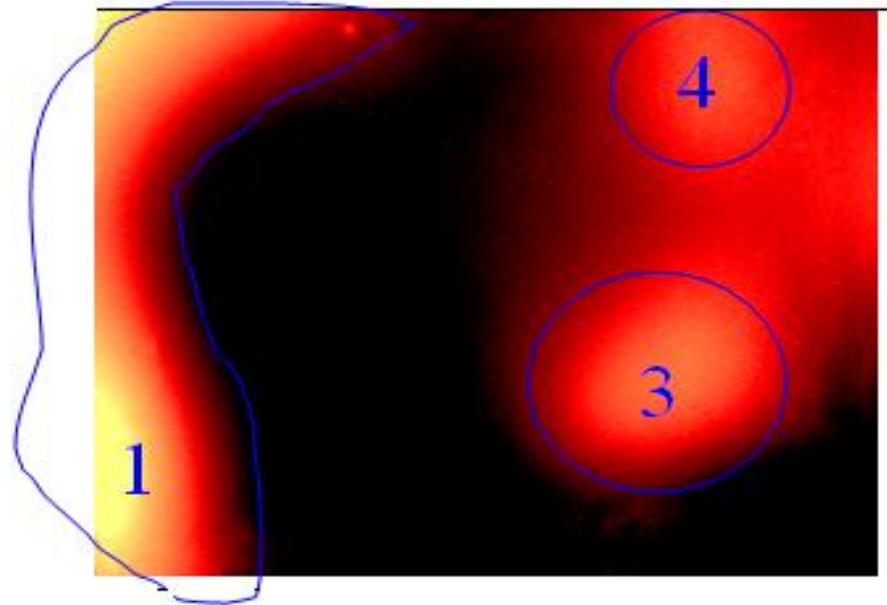
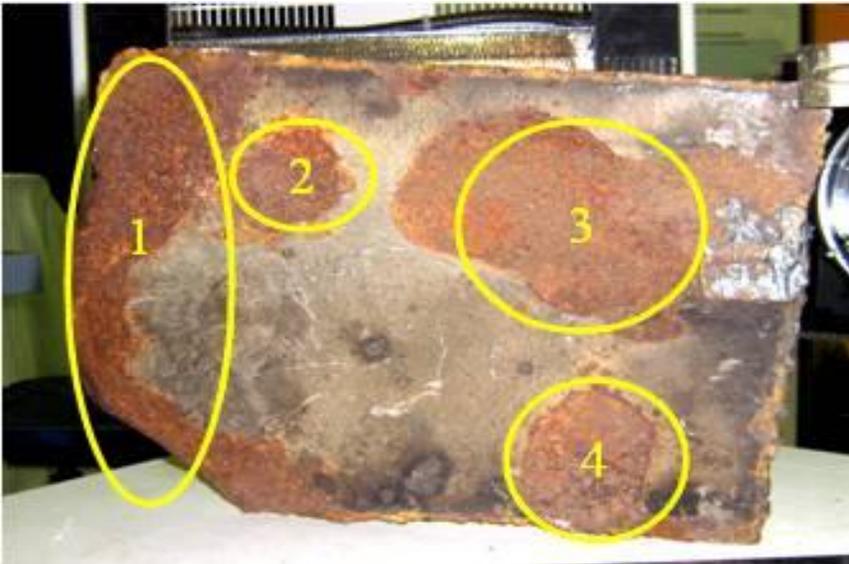
Applications sur **métalliques**

- Détection de décollements de revêtement céramique
 - Lampe flash



Applications sur métalliques

- Recherche de corrosion interne



Détection de chancres

Conclusions

Inconvénients

- La profondeur d'inspection est limitée par la diffusivité thermique du matériau
 - Quelques millimètres pour un monolithique
 - Les propriétés de surface affectent la réponse thermique de la structure
- Interprétation des données parfois délicate

Avantages

- Méthode globale, non intrusive, sans contact
 - Bonne détection des défauts surfaciques
 - IT peut remplacer le PT, MT (faibles contraintes HSCT)
- Applicable à de nombreux matériaux et défauts
 - Composite, métallique
 - Détection de délaminages, décollements, fissures, infiltrations d'eau, corrosion,...
- Diverses possibilités d'excitation
 - Flash, sonotrode,...
- Automatisable, traçabilité des résultats
 - Quelques secondes par pièce envisageable après automatisation
- Permet de déterminer la forme et la profondeur du défaut
 - Analyse temporelle ou fréquentielle

Merci de votre attention.

Nicolas TERRIEN
nicolas.terrien@cetim.fr