



JT PRECEND - 03/07/2025

« CND 4.0 pour l'industrie du futur »

**Inspection CND robotisée de pièces composites
3D par ondes THz et détection automatisée des
anomalies par méthode d'apprentissage**



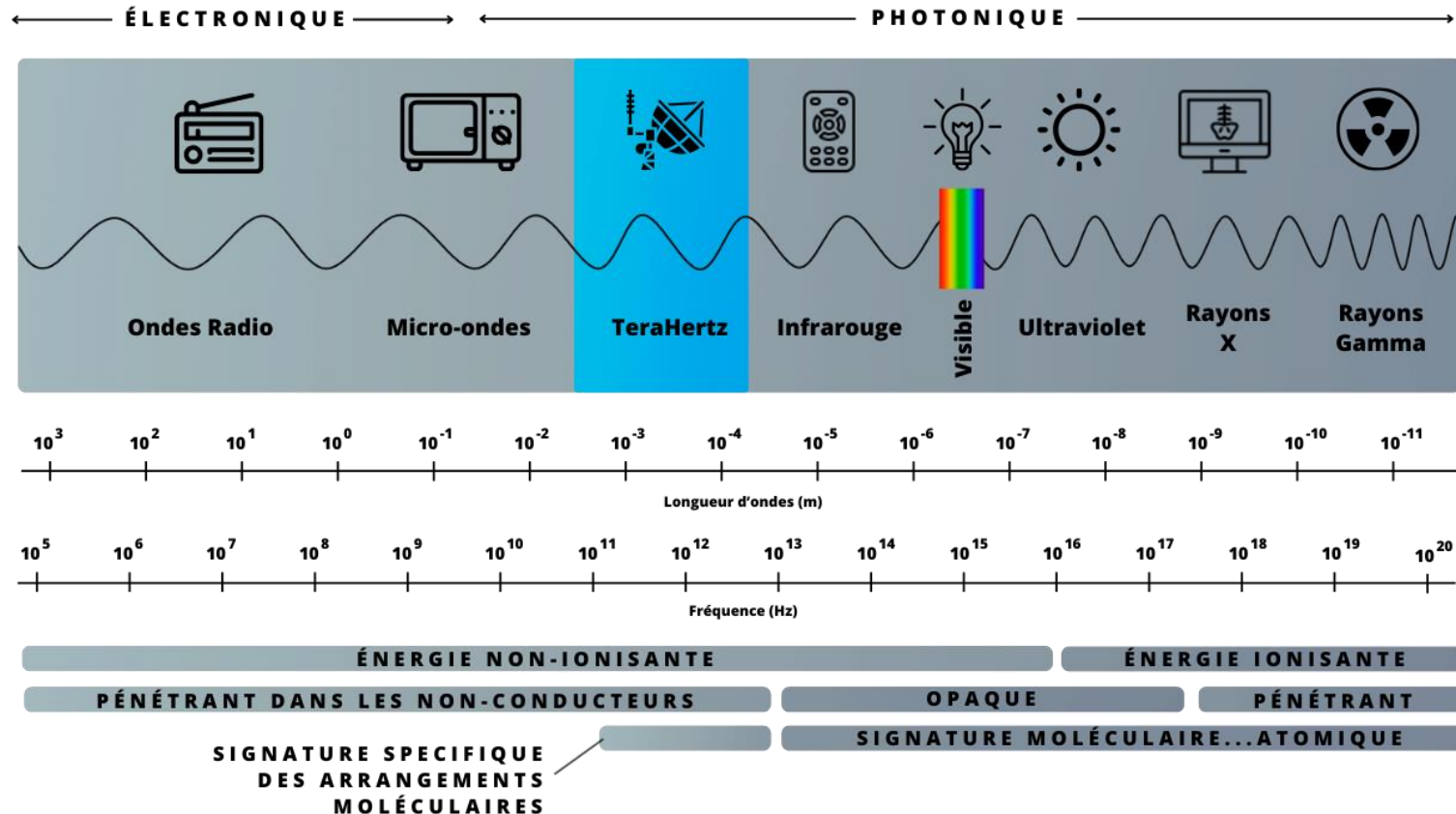
Sommaire

- ❑ INTRODUCTION
- ❑ SOCIÉTÉ TERAHALIS
- ❑ REPOUSSER LES LIMITES DU CND
- ❑ TECHNOLOGIES TERAHERTZ
- ❑ LES APPLICATIONS
- ❑ DERNIERES AVANCEES TECHNOLOGIQUES
- ❑ CONCLUSION



Introduction

Nouveau domaine d'ondes électromagnétiques



- Jusqu'à récemment, inaccessible par manque de systèmes THz robustes et industriels
- aux aptitudes remarquables : notamment haute sensibilité de détection

Société TERAHALIS

Profil

- **Création** : à Montpellier, en 2013
- **Effectif** : 25
- **Collaboration** : spin-off du CNRS
- **Activité** : expert du domaine des ondes électromagnétiques TéraHertz



COLLABORATION R&D

- Caractérisation de matériaux,
- Contrôle de procédés,
- Prototypage de systèmes



INGÉNIERIE DE SYSTÈMES DE CND TERAHERTZ

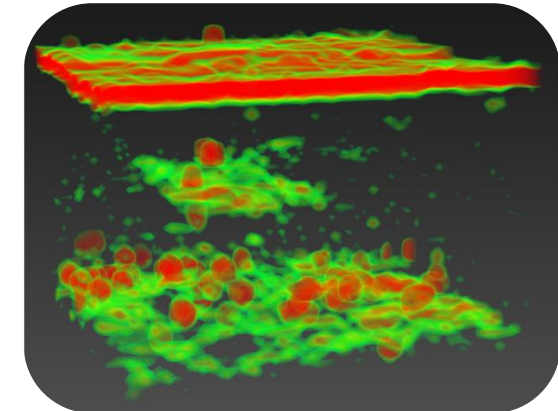
- mesure de teneur,
- imagerie,
- tomographie,
- spectrométrie,
- mesure d'épaisseur



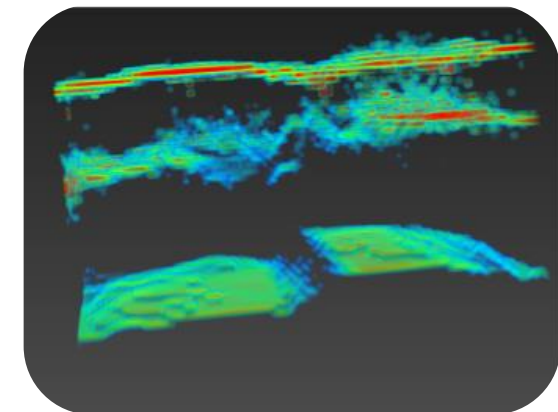
SERVICES SUR PLATEFORME OU SITE

- analyse de matériaux,
- études de faisabilité sur des échantillons ou des pièces

Imagerie 3D de défauts



Mesure d'épaisseur multicouche



Société TERAHALIS

Exemples de réalisation



Plateforme d'analyse 3D
Imagerie THz



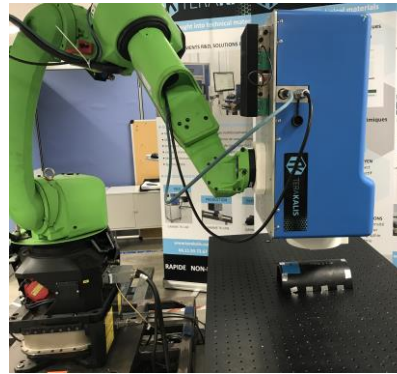
Inspection robotisée
par imagerie THz



Inspection automatique
sur convoyeur



Inspection robotisée
par mesure d'épaisseur THz



Inspection robotisée
par imagerie THz



Scanner rotatif
d'inspection 360°

Repousser les limites du CND

Focus : Les propriétés internes des matériaux

Les **propriétés internes des matériaux** qui jouent un **rôle clé** dans le cas des **matériaux techniques non métalliques** sont encore aujourd'hui :

- mal comprises
- mal contrôlées pendant la phase de production
- mal suivies et évaluées en période d'exploitation

et, en même temps,

les matériaux deviennent de plus en plus **hétérogènes**, les **procédés de fabrication de plus en plus complexes** et doivent répondre aux exigences d'**éco-efficacité, de durabilité et de recyclabilité**.



Laboratoire



Production



Maintenance

Repousser les limites du CND

Les technologies TeraHertz : le niveau de performance actuel

GÉNÉRAL

- sans contact
- pénétrant
- non destructif
- non nocif
- portable (3-30 Kg)
- rapide
- apte aux ambiances industrielles
- facile d'intégration
- facile d'interprétation
- flexible d'utilisation

IMAGERIE DU VOLUME INTÉRIEUR

- résolution spatiale XY
- capacité de pénétration
- haute cadence
- sélectivité
- haute sensibilité

< 1 mm
qq cms
> 1m/s

2D, 3D
faibles hétérogénéités,
anisotropie,
arrangements internes

MESURE D'ÉPAISSEUR

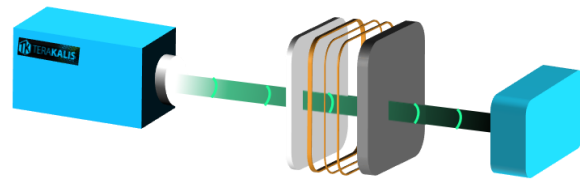
- gamme
- cadence
- précision
- discrimination

5 μ m – 15 cm

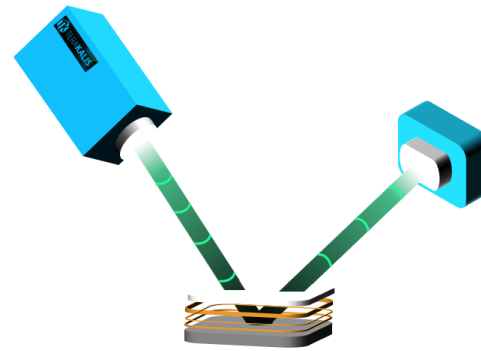
>20 Hz
2 μ m – 0,1 mm
monocouche,
multicouche

Technologies TeraHertz

Principe : 2 modes



Transmission



Réflexion

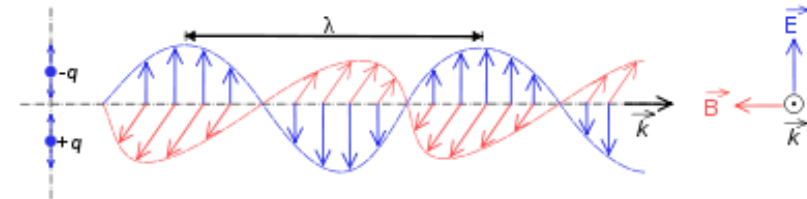
La configuration du système opto-mécanique doit être adaptée :

- ✓ aux types de problèmes de contrôle à résoudre
- ✓ aux performances attendues en termes de résolution spatiale, de temps d'acquisition et de détection ou de sensibilité de caractérisation.

Ces systèmes actifs sont constitués d'une source émettrice et d'un capteur.

Il existe deux principaux modes d'analyse:

- ✓ la transmission
- ✓ la réflexion,



Grandeurs mesurées :

amplitude, phase et polarisation de l'onde

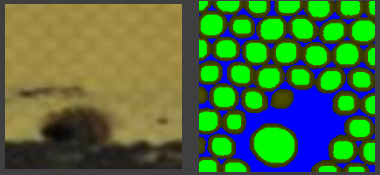
Paramètres variables :

gain d'amplification, polarisation de l'onde, plan focal, longueur d'onde, angle d'incidence

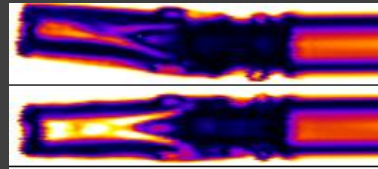
Applications

Imagerie THz

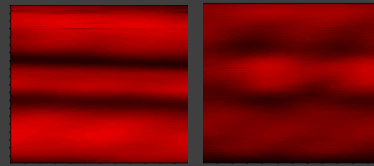
Endommagement



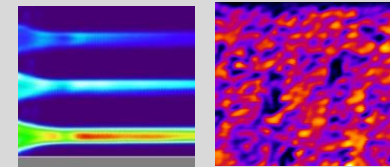
Défauts sous packaging



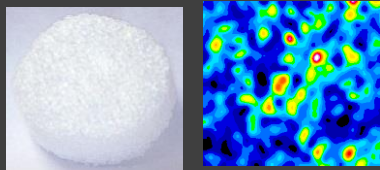
Défaut de soudure



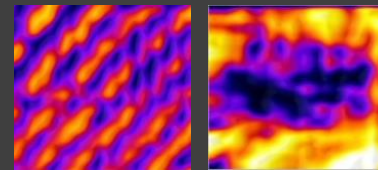
Homogénéité



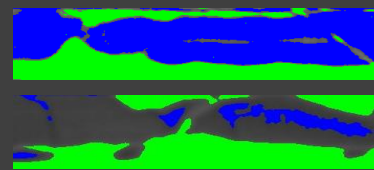
Porosités



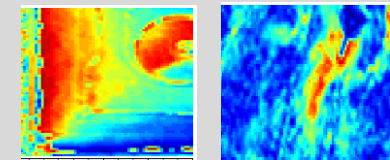
Délamination



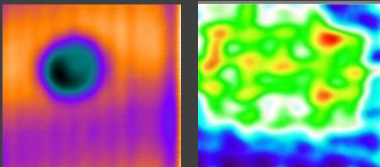
Défaut de collage



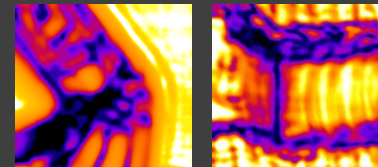
Anisotropie



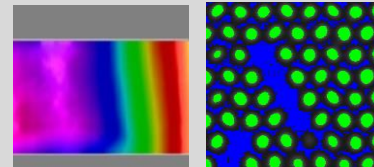
Pollution



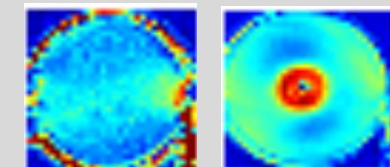
Rupture de fibres



Teneur en eau



Stress

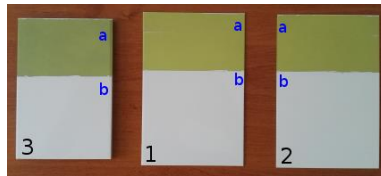


Applications

Mesure THz d'épaisseurs multi-couches

Mesure d'épaisseurs multicouches

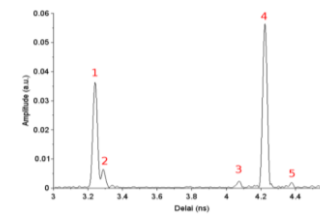
- Revêtements – fines ou fortes épaisseurs



5 couches – 400 μm

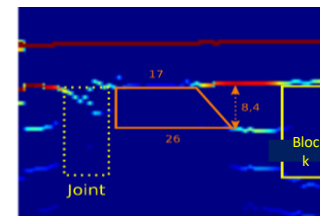
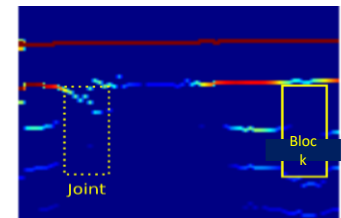
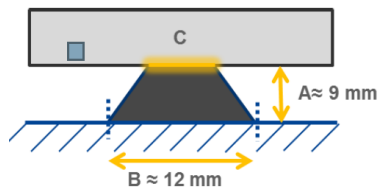


4 couches – 150 μm



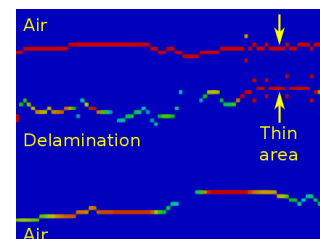
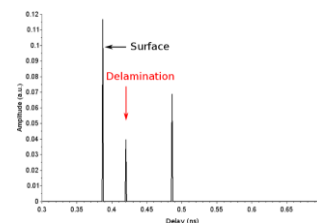
← A-Scan

- Assemblages collés



← B-Scan

- Liners

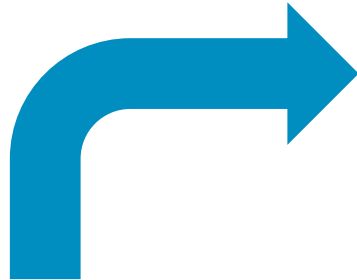


← C-Scan

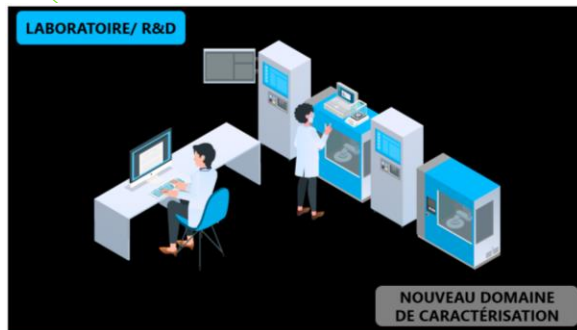
Dernières avancées technologiques

Nouveaux développements : systèmes industriels haute cadence, robotisés

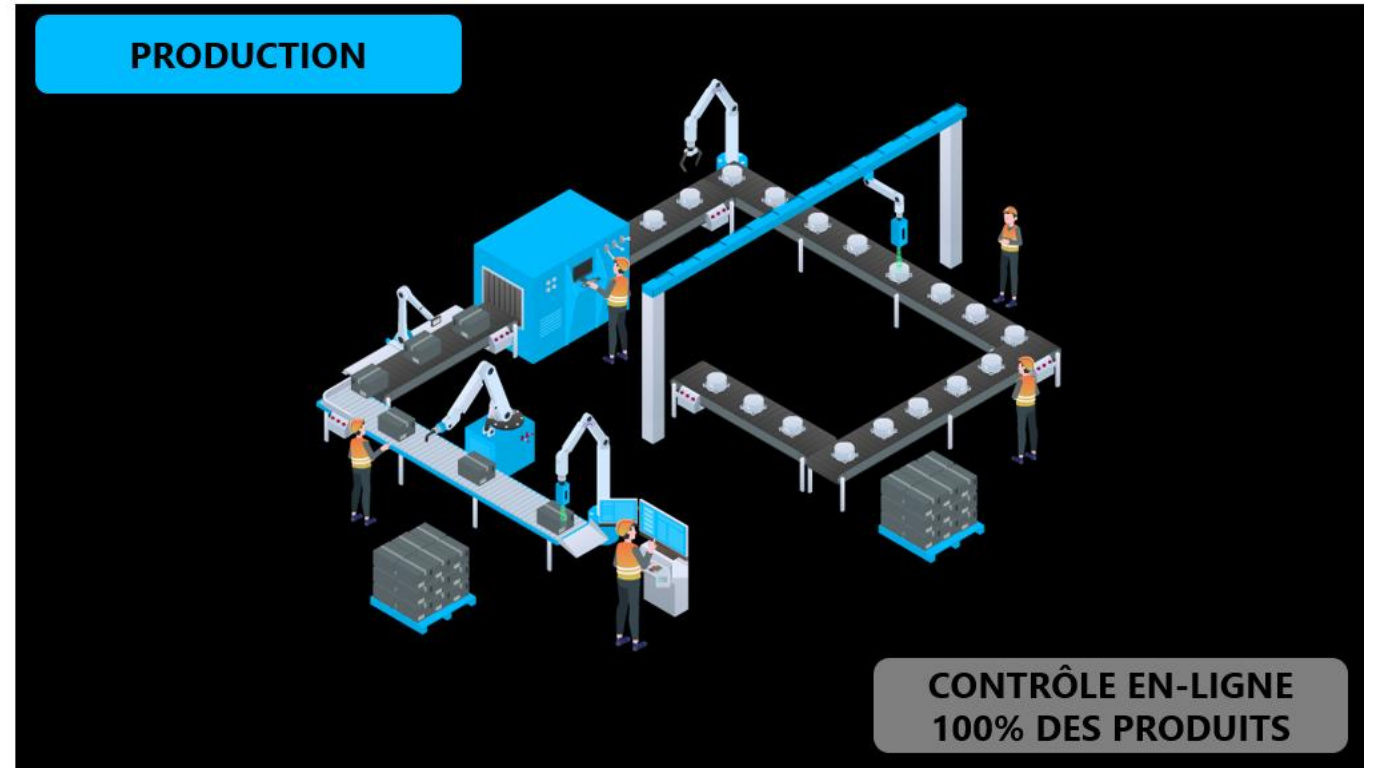
Nouvelles technologies
Compactification
Haute cadence
Robustification



2002 - 2025



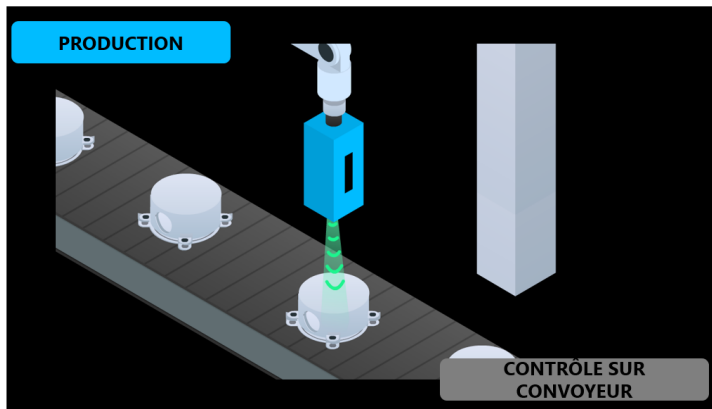
2020 - 2025



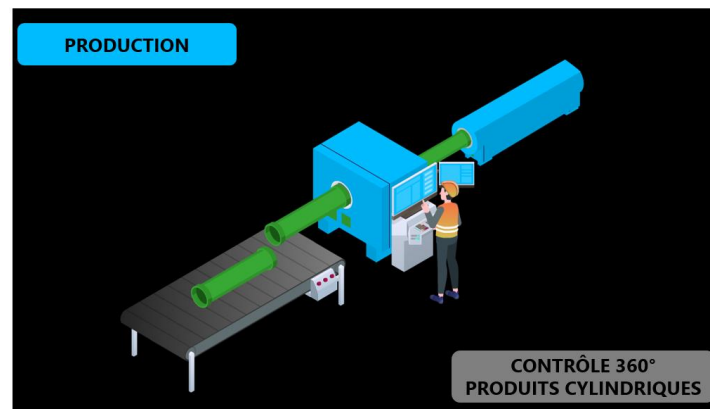
Dernières avancées technologiques

Nouveaux développements : systèmes industriels haute cadence, robotisés

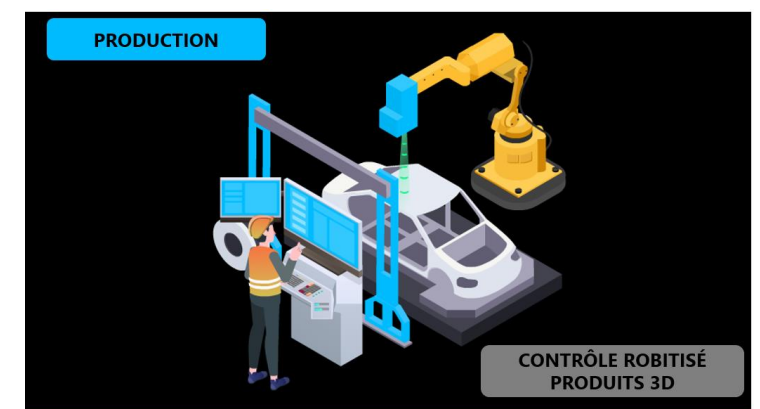
2025 : couverture de l'ensemble des besoins de contrôle



- Type : imagerie, mesure d'épaisseur, mesure de propriétés (*)
- Capteur : ponctuel, linéaire
- Mode : transmission, réflexion
- Vitesse scan : jusqu'à 1 m/s



- Type : imagerie, mesure d'épaisseur, mesure de propriétés internes (*)
- Capteur : ponctuel, linéaire
- Mode : réflexion
- Vitesse scan : jusqu'à 500 mm/s

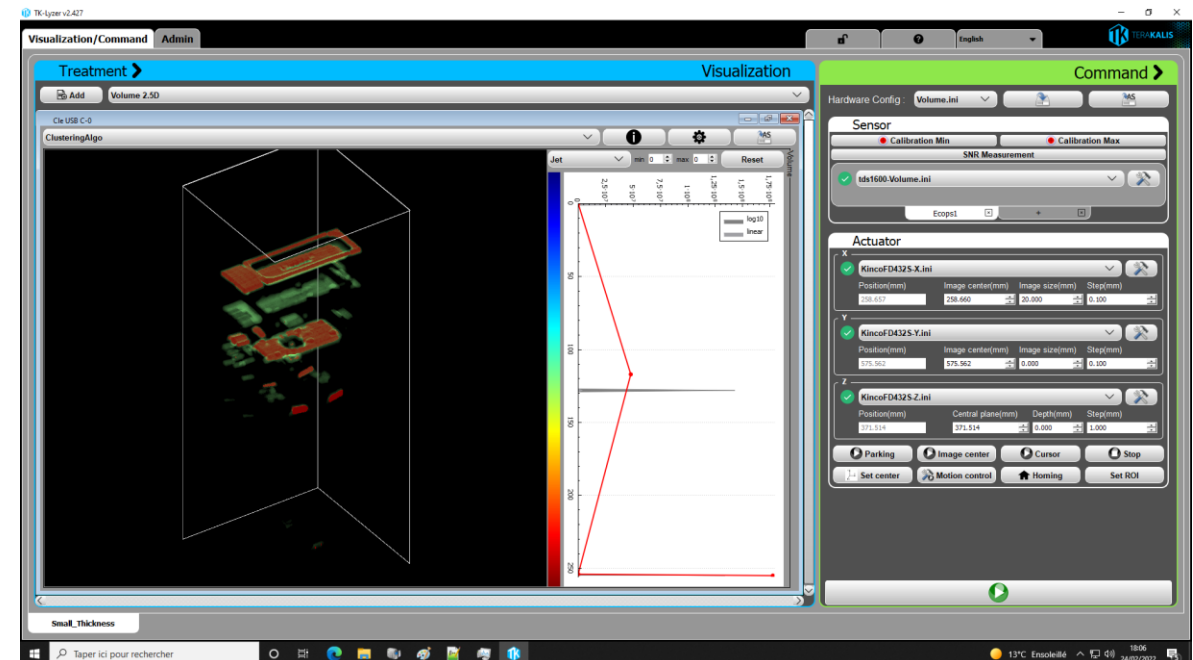
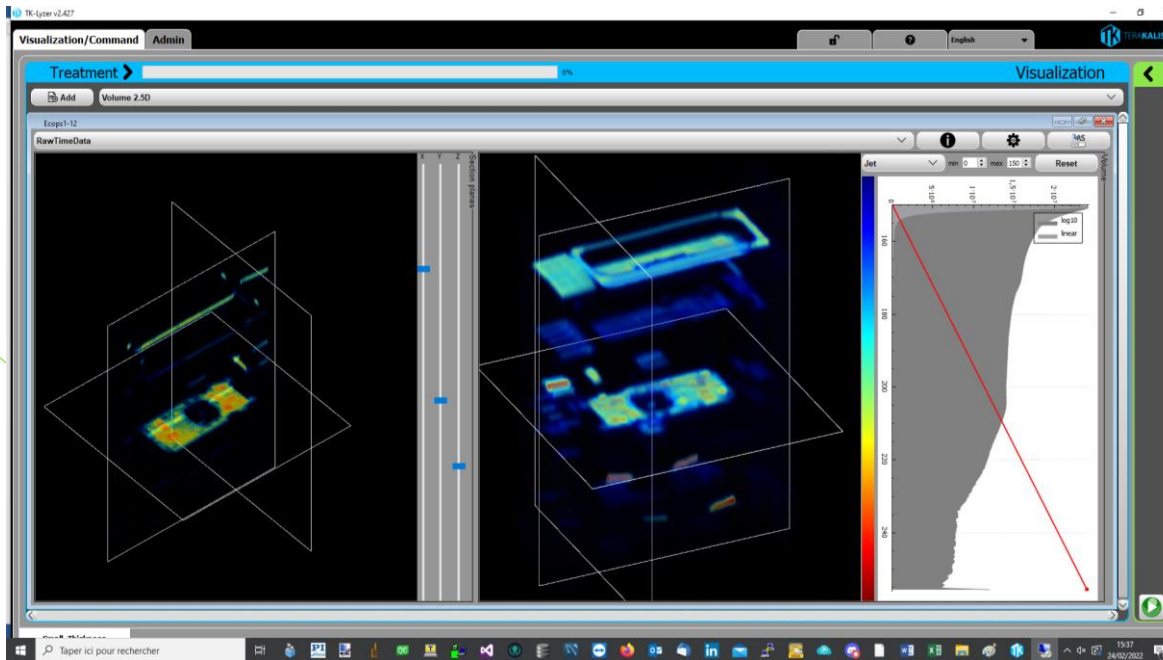


- Type : imagerie, mesure d'épaisseur, mesure de propriétés internes (*)
- Capteur : ponctuel, linéaire
- Mode : réflexion
- Vitesse scan : jusqu'à 500 mm/s

Dernières avancées technologiques

Nouveaux développements : systèmes industriels haute cadence, robotisés

Inspection robotisée de pièces 3D avec reconstruction du volume intérieur de la pièce dans l'espace



Exemples d'interface d'exploitation utilisateur

Conclusion

- Technologies CND TeraHertz pour CND des **propriétés internes** des matériaux **non conducteurs** (polymères, élastomères, céramiques, composites, matériaux poreux)
- Un complément par rapport aux techniques CND existantes
- Des atouts importants : **sans contact, haute cadence, haute sensibilité, portable, non nocif**
- Des solutions arrivées à **maturité industrielle** équipant des lignes de production
- Adaptées à l'inspection **3D de pièces complexes** via des scans robotisées et/ou des méthodes d'apprentissage en fonction du niveau de complexité

Vos questions

Des moyens de test à votre disposition pour vos projets

Equipements d'analyse et de test

Imagerie

Mesure
d'épaisseur

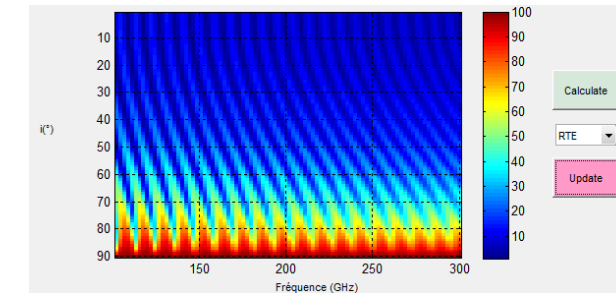
Spectrométrie

Polarimétrie

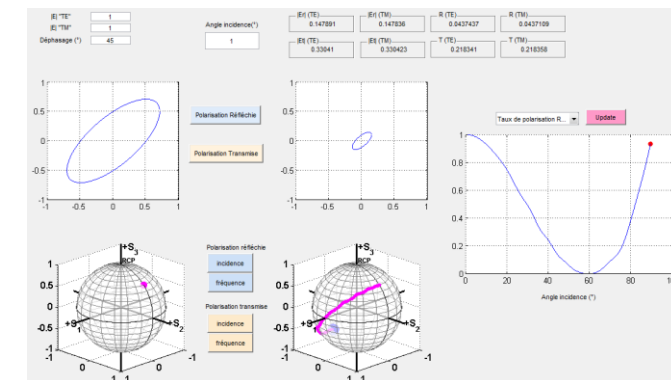
En laboratoire ou sur site



Moyens de simulation électromagnétique



Ex: Simulation du coefficient de réflexion
(angle d'incidence, fréquence)



Ex: Simulation de la polarisation de la lumière



Merci pour votre attention

 Thierry ANTONINI - Directeur de projets & services

 04.11.93.73.67 / 06.40.21.33.56

 t.antonini@terakalis.com

 www.terakalis.com

