



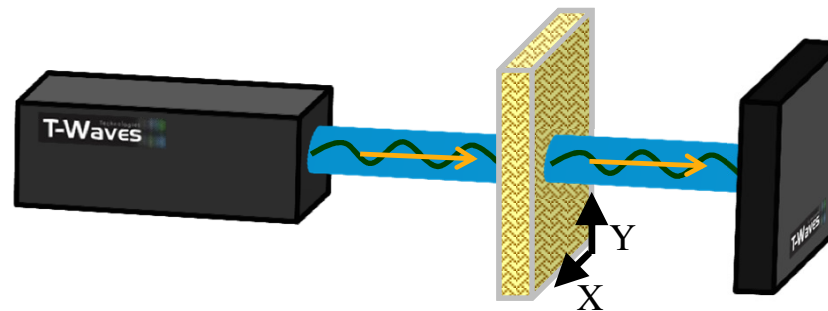
« JT CNND pour les assemblages collés-soudés »  
Jeudi 4 Février 2016 – Polytech' Nantes / Précend

**Applications :**

Mesures  
Imagerie 2D, 3D  
Spectroscopie  
Inspection de défauts  
Caractérisation

**Secteurs :**

Assistance à la R&D  
Contrôle qualité  
Contrôle non destructif  
Monitoring de procédés  
Suivi d'exploitation



Nouvelle technologie de contrôle non destructif  
pour les matériaux techniques diélectriques

Les assemblages collés-soudés

*Turning Science into Solutions*

# présentation

## origine et activité

• **Création** : à Montpellier, en 2013

• **Collaboration** : spin-off du

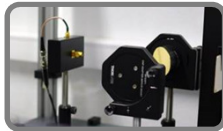


• **Activité** :



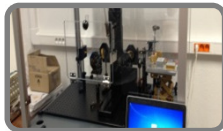
### Collaboration R&D

• Réaliser des prototypes personnalisés (composants et/ou systèmes) dans le domaine électromagnétique TéraHertz.



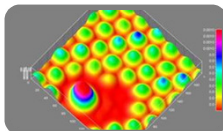
### Produits

• Concevoir et fabriquer une gamme de capteurs, sources, et composants optiques dans le domaine électromagnétique TéraHertz.



### Systèmes

• Concevoir et développer des systèmes de mesure, d'imagerie et de spectroscopie dans le domaine TéraHertz.



### Services

• Réaliser des prestations d'analyse TéraHertz (radioscopie, tomographie et spectroscopie) et des études de faisabilité de systèmes sur la base d'échantillons.



**Contact :**

**Thierry ANTONINI**

*Directeur des projets et services*

Tel : 09.72.44.13.81

Mob : 06.40.21.33.56

[thierry.antonini@t-waves-technologies.com](mailto:thierry.antonini@t-waves-technologies.com)

[www.t-waves-technologies.com](http://www.t-waves-technologies.com)

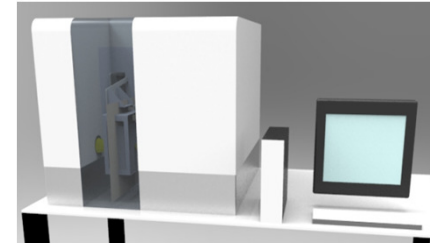
# *présentation*

## Nos offres

### À destination des **laboratoires de recherche/expertise**

permettant d'analyser les propriétés internes des matériaux et/ou le procédé de fabrication à partir d'une information en cœur

Equipements de laboratoire



### À destination **des chaînes de production**

permettant de contrôler en continu les défauts internes d'un matériau/pièce et/ou de guider le procédé de fabrication à partir d'une information en cœur

Equipements de production



### À destination **des sites d'exploitation**

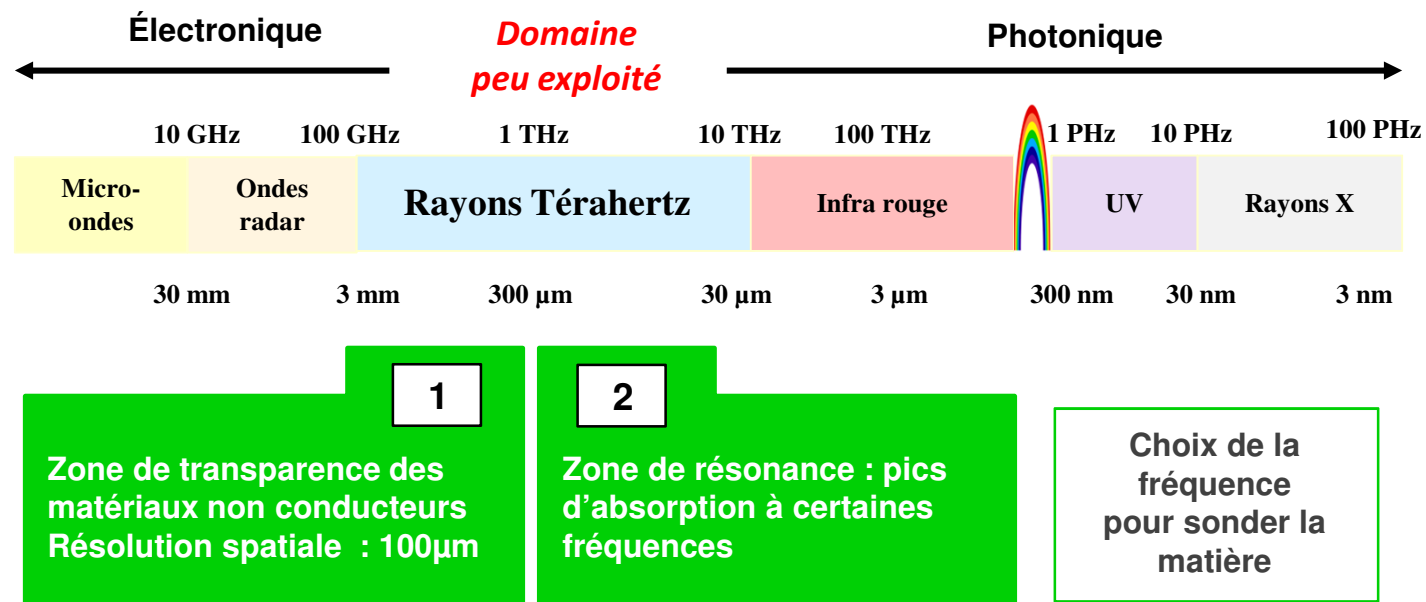
permettant de contrôler les défauts ou propriétés internes d'un matériau/pièce en exploitation

Equipements d'exploitation



# Technologies *téra*hertz

## Domaine d'ondes électromagnétiques unique

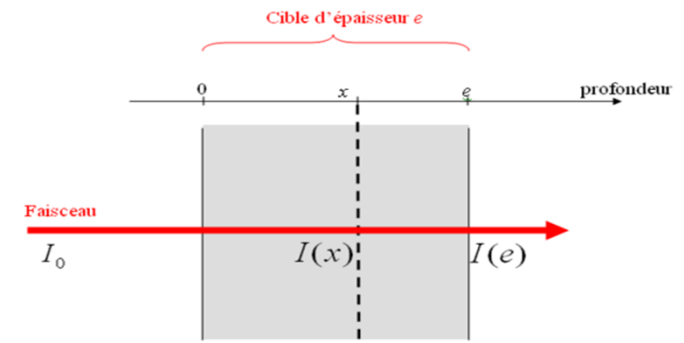
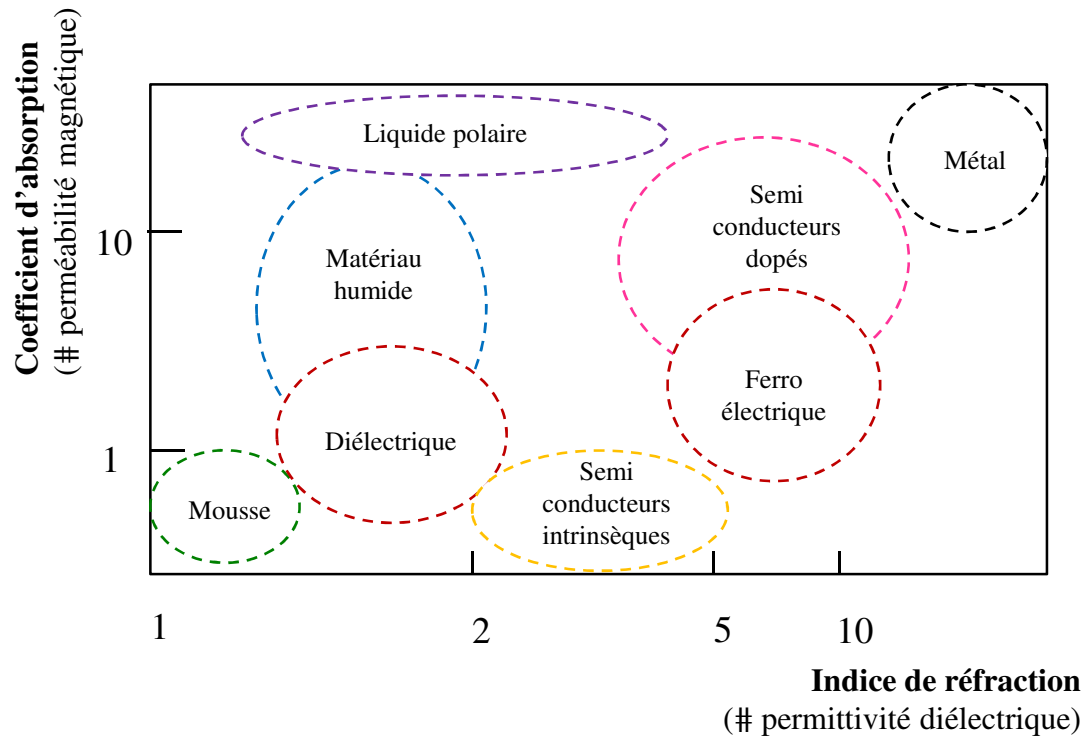


Situés entre les ondes radar et les infrarouges, **les rayons T**, peu exploités en raison de barrières *technologiques et économiques*, présentent des aptitudes intéressantes de **pénétration et de discrimination de la matière** par un moyen **non nocif** pour l'opérateur et **non invasif** pour la matière analysée.

# Technologies térahertz

## Aptitudes applicatives < 1 THz

### Pénétration et forte sensibilité aux hétérogénéités de la matière :



Loi d'atténuation :

$$I(x) = I_0 e^{-\sigma n x}$$

$n$  le nombre d'atomes par unité de volume  
 $\sigma$  caractéristique du matériau ( $\epsilon, \mu, \lambda$ )

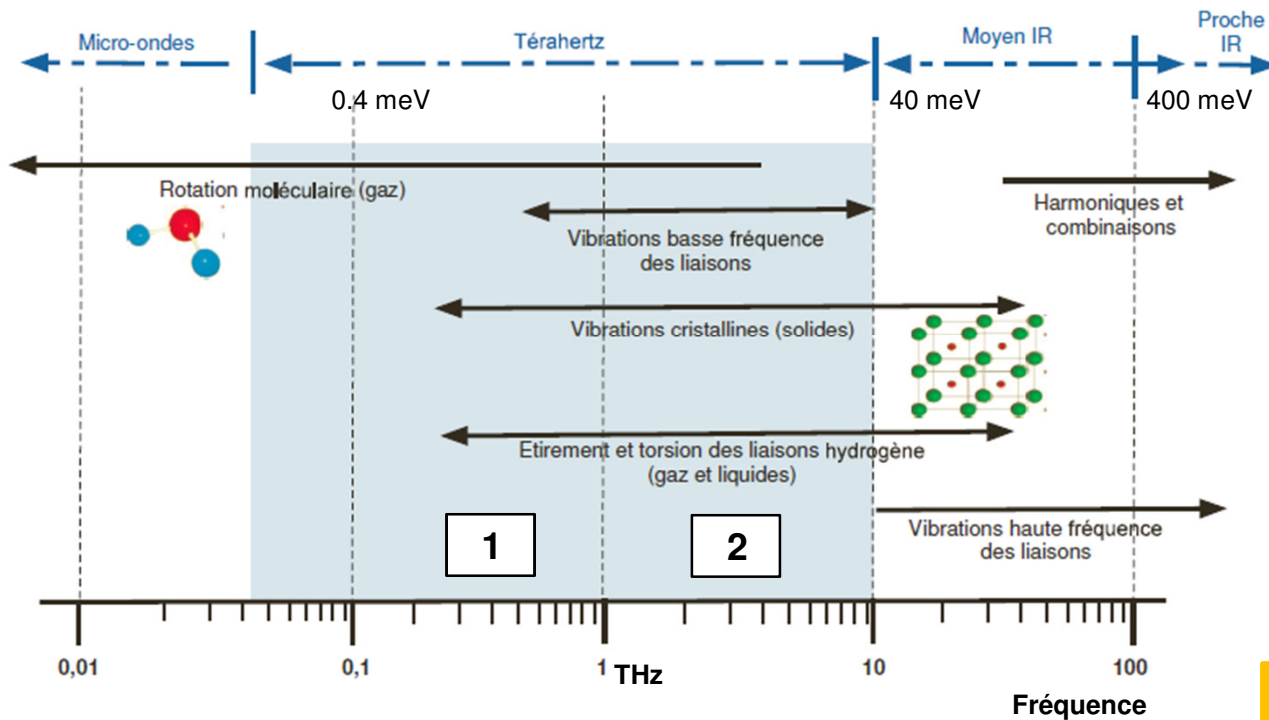
Détecte les hétérogénéités de la matière

*porosités, délaminations, rupture de fibres, inclusions, contaminations ...*

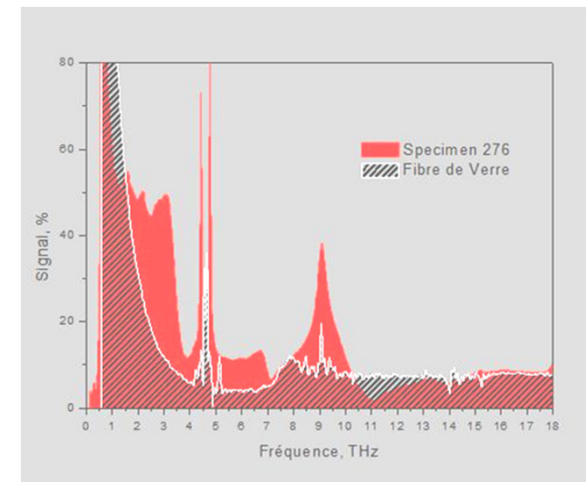
# Technologies térahertz

## Aptitudes applicatives >1 THz

### Sensibilité à la nature des arrangements moléculaires :



### Exemples d'analyse spectrométrique TéraHertz



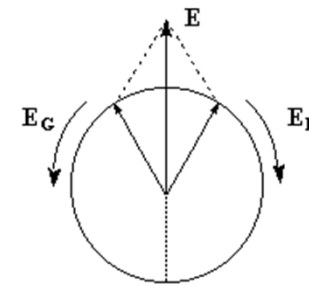
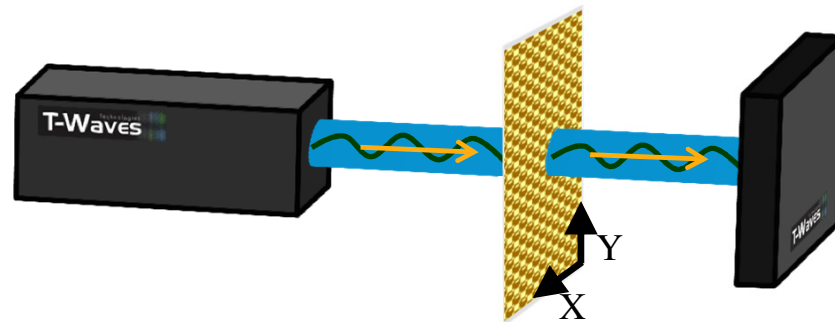
Caractérise la structure de la matière

*cristallinité, type d'arrangement moléculaire, composition de la matière*

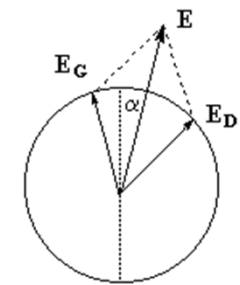
# Technologies *téra*hertz

## Aptitudes applicatives: activité optique

### Sensibilité à l'orientation spatiale des arrangements moléculaires :



Polarisation  
incidente



Polarisation  
transmise

Loi du pouvoir rotatoire :

$$\alpha = \pi l \frac{(n_G - n_D)}{\lambda}$$

$\alpha$  : angle de rotation du plan de polarisation

$l$  : épaisseur de substance active traversée

$\lambda$  : longueur d'onde de la lumière

$n_G, n_D$  : indices du matériau

Caractérise la structure de la matière

*orientation des fibres, arrangements spatiaux  
des molécules, bi-réfringence, stress...*

# Analyse comparative

## Projet de référence : matériaux / secteur aéronautique

Source : Projet FP7  
2012-14



Analyse comparative entre différentes méthodes de E&CND pour matériaux composites, stratifiés et panneaux sandwich du secteur aéronautique

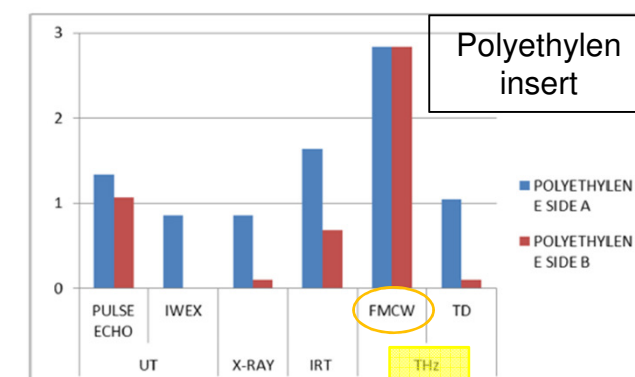
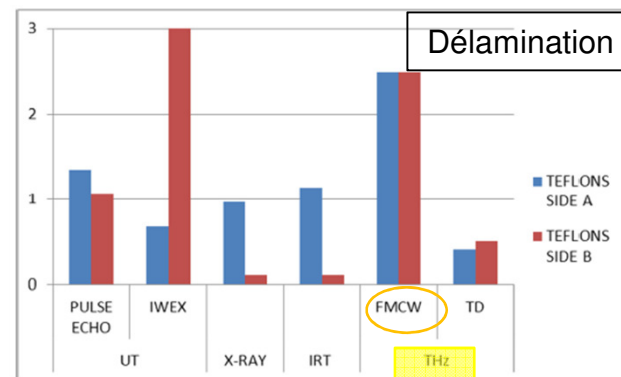
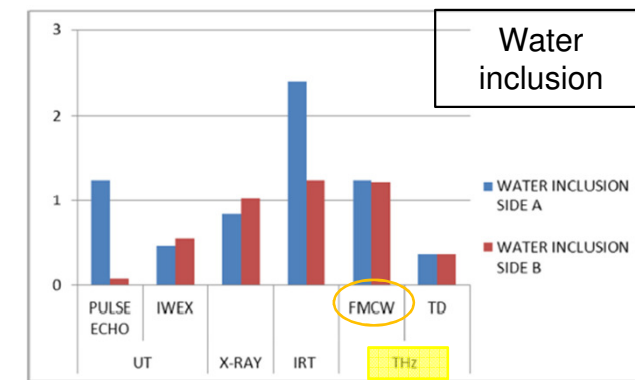
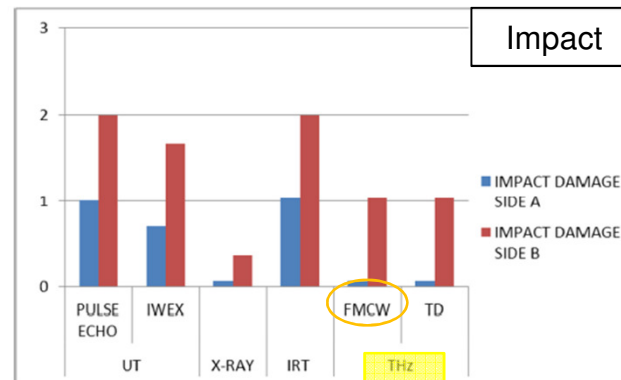
### Méthodes CND :

UT : Ultrasons  
X-Ray : Rayons X  
IRT : InfraRouge  
Thermographie  
THz : Térähertz  
- FMCW :  
Continuous Wave  
- TD : Time Domain

Echantillons : 76  
Technologies : 6  
Tests : 1 742

#### Levels of detection:

0 → Not detected  
1 → Sings, bad detection  
2 → Presence detected but not defined shape  
3 → Good detection of shape and position





# Analyse comparative

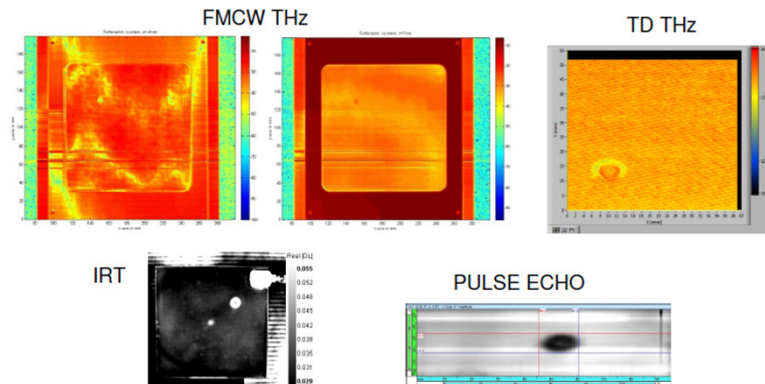
## Projet de référence : images obtenues

Source : Projet FP7  
2012-14

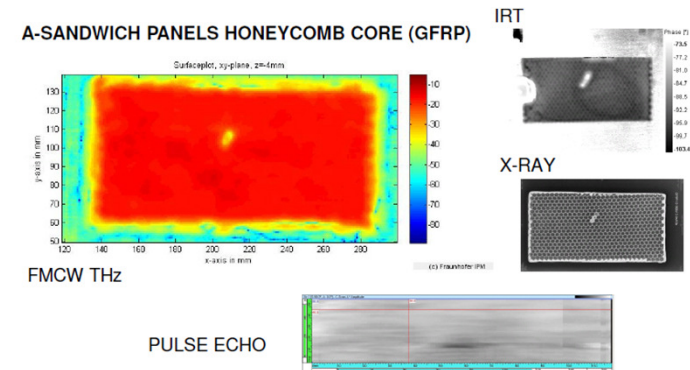


[http://cordis.europa.eu/result/rcn/143757\\_en.html](http://cordis.europa.eu/result/rcn/143757_en.html)

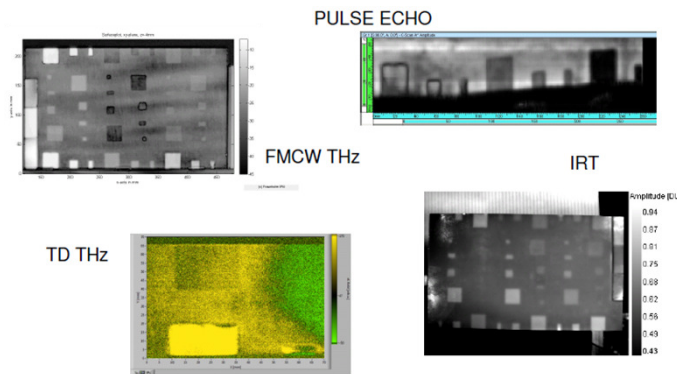
### Impact damage - GFRP



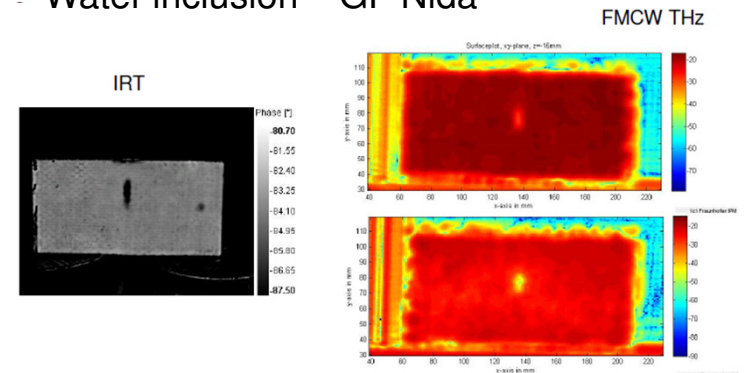
### Water inclusion – GF Nida



### Stucks – Stratifié



### Water inclusion – GF Nida



# Analyse comparative

## Projet de référence : résultats vs sensibilité

Source : Projet FP7  
2012-14



	FMCW THz	IWEX	IRT	RX	TD THz	UT
IMPACT IN CFRP	0,40	0,80	0,80	0,60	0,80	1,00
IMPACT IN GFRP	0,75	1,00	1,00	0,00	0,75	1,00
WATER IN A-SAND FOAM	0,02	0,02	1,00	0,02	1,00	1,00
WATER IN A-SAND HONEYCOMB	1,00	0,67	1,00	1,00	0,33	1,00
WATER IN C-SAND FOAM	0,02	0,02	1,00	0,02	1,00	0,02
WATER IN C-SAND HONEYCOMB	1,00	0,02	1,00	1,00	1,00	0,67
TEFLON IN SOLID	1,00	1,00	1,00	0,00	0,67	1,00
TEFLON IN A-SAND FOAM	1,00	0,75	0,92	0,42	0,58	0,75
TEFLON IN A-SAND HONEYCOMB	0,92	0,25	1,00	0,42	0,75	1,00
TEFLON IN C-SAND FOAM	1,00	0,00	0,00	0,25	0,02	0,02
TEFLON IN C-SAND HONEYCOMB	0,92	0,00	0,00	0,33	0,02	1,00
STUCKS IN SOLID	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,00
STUCKS IN A-SAND FOAM	1,00	0,78	1,00	0,00	1,00	1,00
STUCKS IN A-SAND HONEYCOMB	1,00	0,78	1,00	0,56	1,00	1,00
STUCKS IN C-SAND FOAM	1,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
STUCKS IN C-SAND HONEYCOMB	1,00	0,02	0,02	0,02	0,02	1,00
PAPERS IN SOLID	1,00	1,00	1,00	0,14	0,86	1,00
PAPERS IN A-SAND FOAM	1,00	0,62	1,00	0,19	0,67	0,71
PAPERS IN A-SAND HONEYCOMB	1,00	0,29	1,00	0,43	0,81	1,00
PAPERS IN C-SAND FOAM	0,95	0,02	0,02	0,14	0,02	0,02
PAPERS IN C-SAND HONEYCOMB	1,00	0,02	0,02	0,19	0,02	1,00

Inverse Wave  
Field  
Extrapolation  
(IWEX)

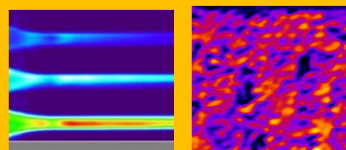
Highest level of detection for FMCW THz, Good global detection of impact damage, Complementary techniques for detection of water

# Les technologies *téra*hertz

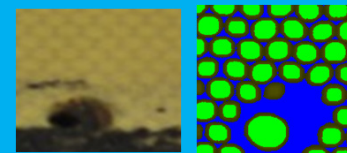
## Notre retour d'expérience

Différents cas pratiques d'analyse de matériaux  
à partir d'ondes TeraHertz  
avec une haute sensibilité de détection

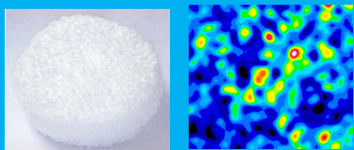
Anisotropie



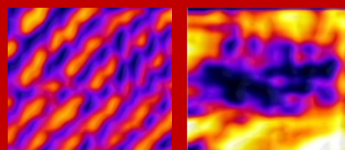
Endommagement



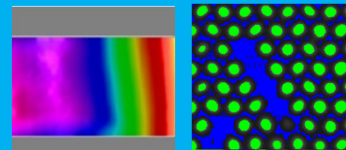
Porosités



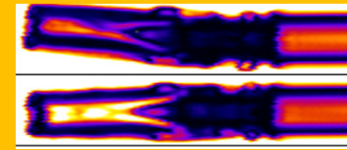
Délamination



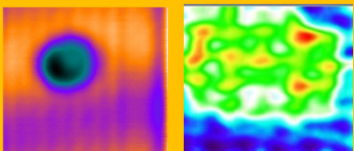
Humidité



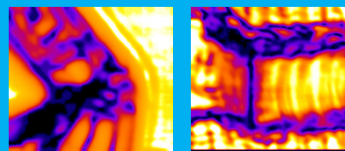
Défauts sous packaging



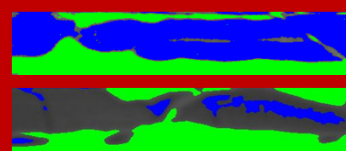
Pollution



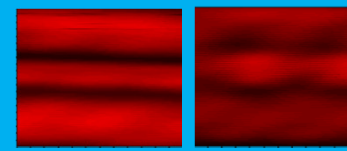
Rupture de fibres



Défaut de collage



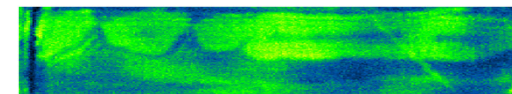
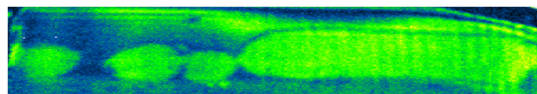
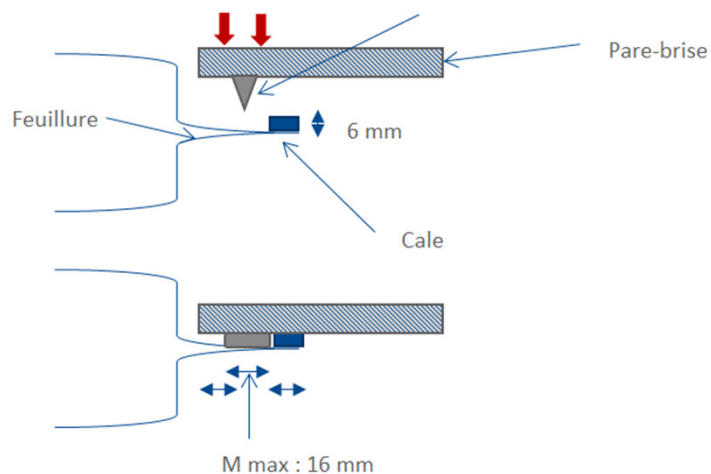
Défaut de soudure



# Les technologies térahertz

## Notre retour d'expérience

- **Contrôle de collage verre feuilleté – métal (pare-brises)**



	Défauts ciblés
1	Interruption du cordon
2	Largeur du cordon inférieure à 6 mm % de largeur de cordon inf. 6 mm
3	Présence d'interstice dans un double cordon
4	Hauteur métal-verre supérieur à 6 mm
5	Défaut de position de cale
6	Présence de brisure/fissure dans ou sur le verre
7	Présence de tubing colle-verre

**Enjeu:** qualifier l'adhérence du collage

**Perspectives:**

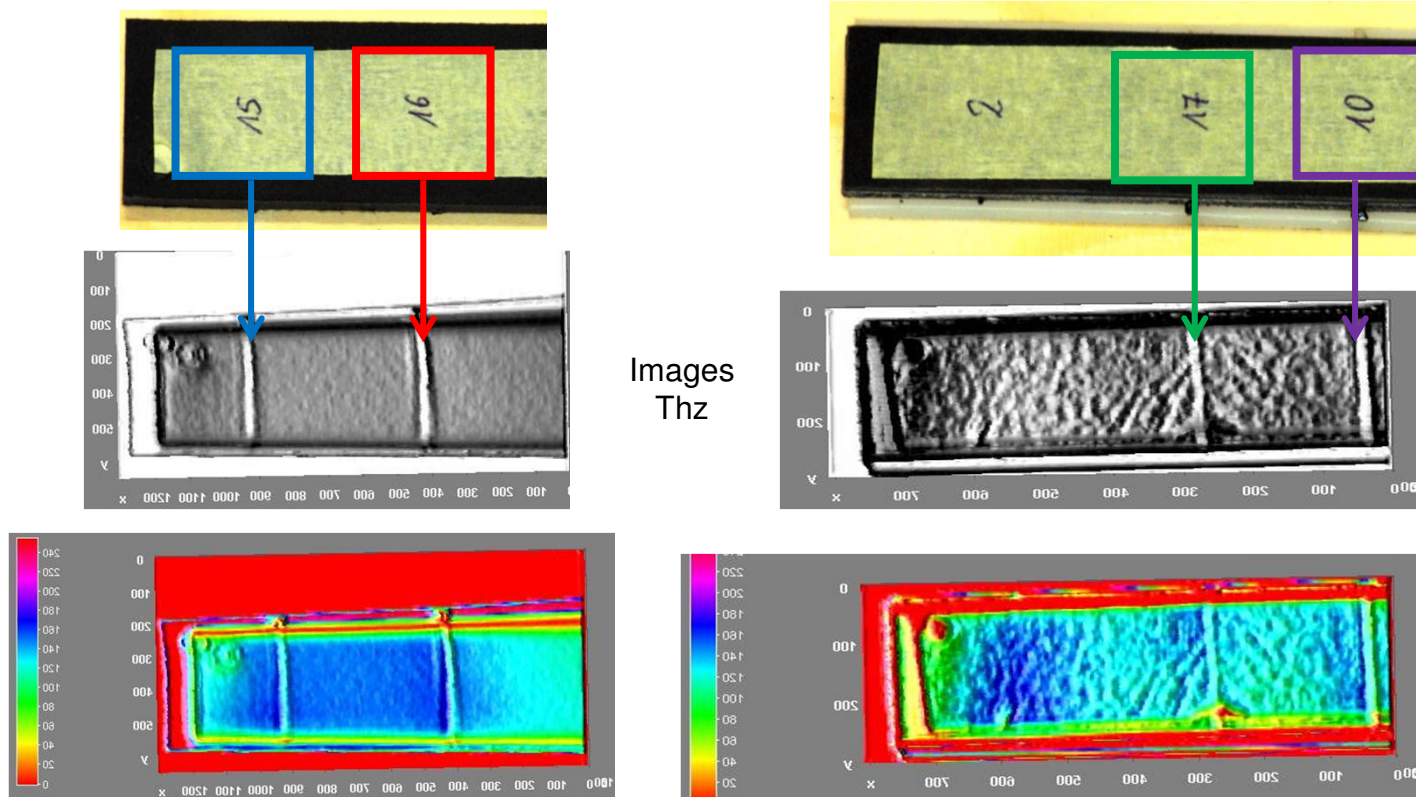
En plus des critères dimensionnelles et de forme du cordon, nous travaillons sur d'autres critères de qualification.



# Les technologies *téra*hertz

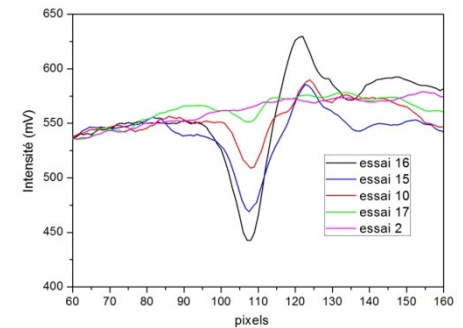
## Notre retour d'expérience

- Contrôle non destructif de soudures plastiques (polyamide) superposées



Images  
Thz

Réf	puissance laser (W)	
2	60W	Collage
17	150W	Soudage -
10	220W	Soudage optimal
15	300W	Soudage +
16	450W	Brulure

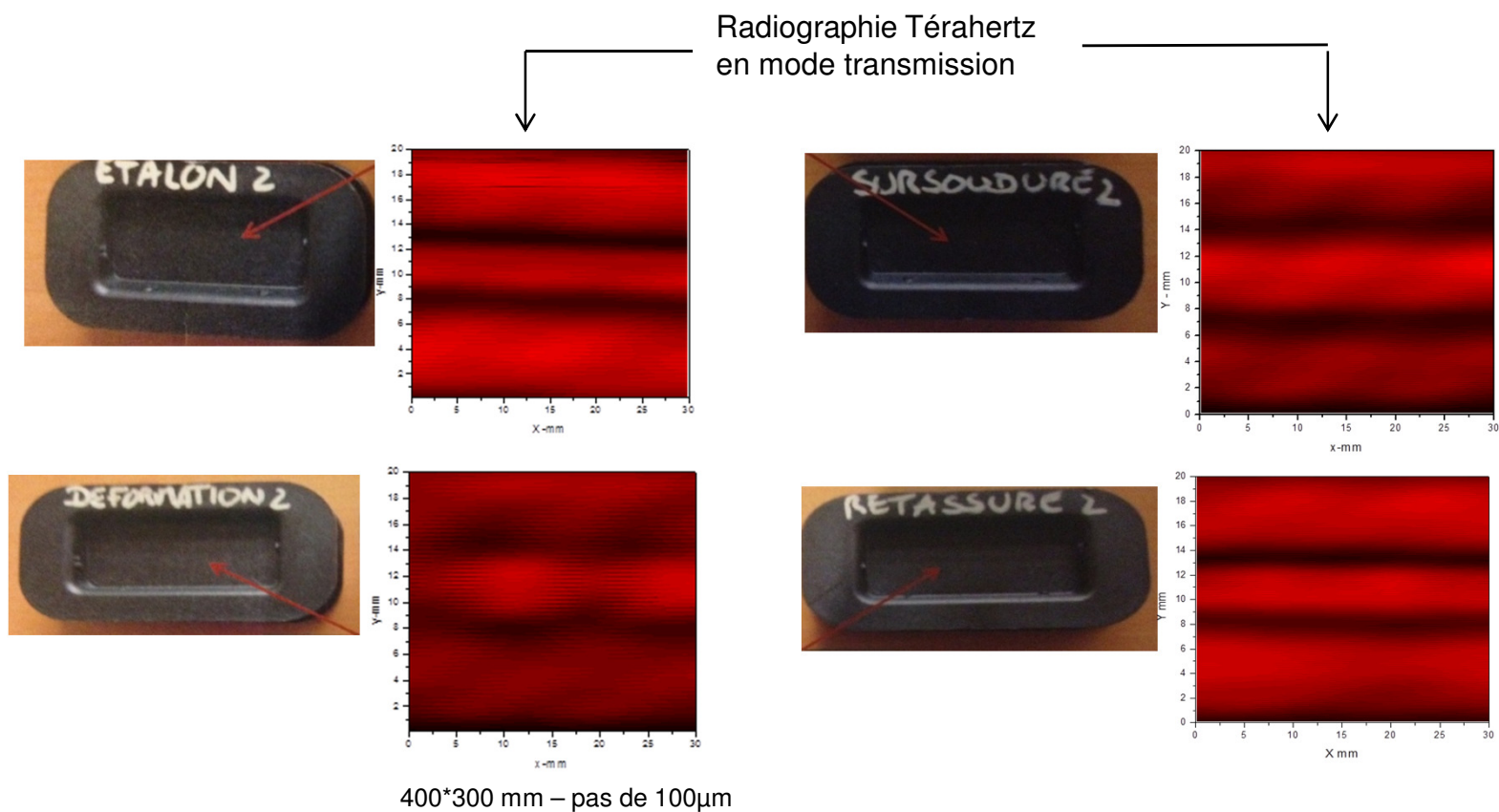


Critère de qualification  
de l'adhérence

# Les technologies *téra*hertz

## Notre retour d'expérience

- **Contrôle non destructif de soudures plastiques (bord à bord)**



# Les technologies *téra*hertz

## Notre retour d'expérience

- **Contrôle non destructif de soudures plastiques bord à bord (PE chargé en carbone)**

Canalisation avec soudure au milieu



Dimensions :

- diamètre 300 mm
- épaisseur : 30 mm

Image 3D Thz – Tube sans défauts

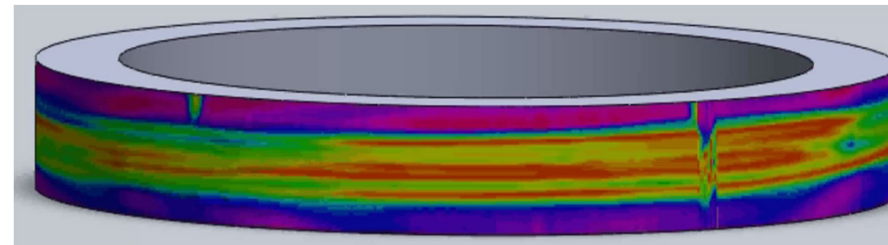
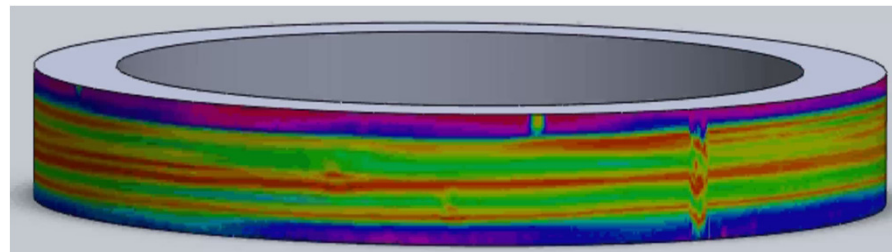
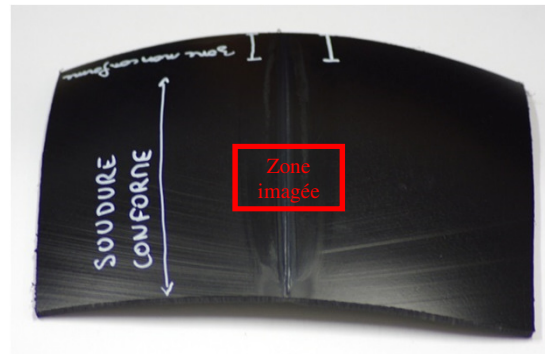


Image 3D Thz – Tube avec défauts

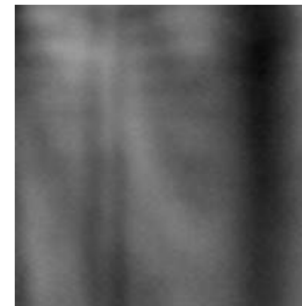
# Les technologies *téra*hertz

## Notre retour d'expérience

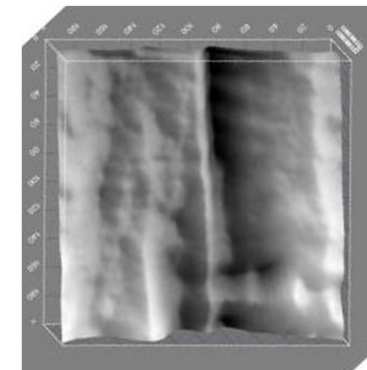
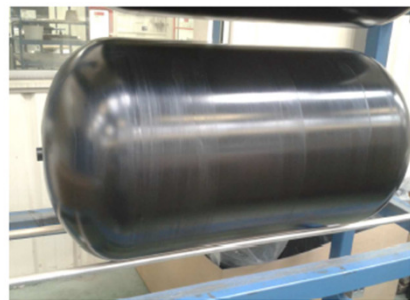
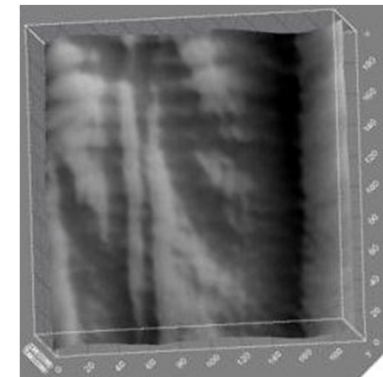
- **Contrôle non destructif de soudures plastiques (bord à bord)**



Images Thz



Visualisation 3D



400\*300 mm – pas de 100µm

*Turning Science into Solutions*

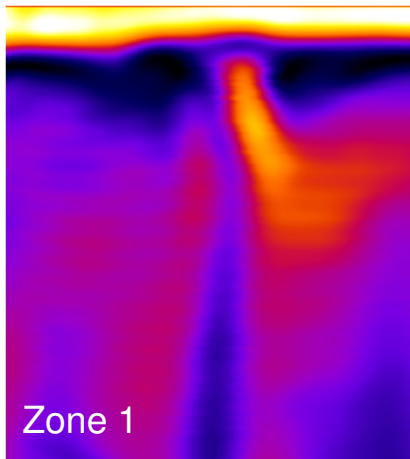
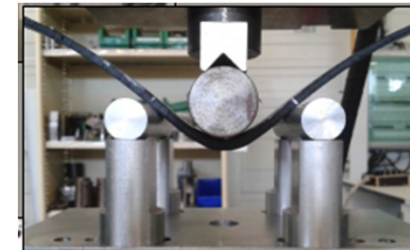


# Les technologies *térahertz*

## Notre retour d'expérience

- **Contrôle non destructif de soudures plastiques (bord à bord)**

	Tomographie	Terahertz	Flexion 3pts
Zone 1	Soudure conforme	Soudure non conforme	Soudure conforme
Zone 5	Soudure conforme	Soudure conforme	Soudure conforme
Zone 6	Soudure non conforme	Soudure non conforme	Soudure non conforme



Zone 1

*image colorisée 40\*30mm*



*Essais de flexion révélant  
une élasticité différente*



Mauvaise transformation

*Analyse destructive de la soudure  
Analyse chimique révélant une mauvaise  
transformation de la matière*

*Turning Science into Solutions*

## Conclusion

Qualifier, de manière non destructive, un collage ou un soudage reste un problème complexe:

- Le signal doit traverser deux épaisseurs de matière (transmission ou réflexion); l'information pertinente sera « diluée » dans le signal résultant mesuré
- Nécessité d'une haute sensibilité de mesure pour être suffisamment discriminant (faibles hétérogénéités) et d'une résolution spatiale sub-millimétrique
- Existence de phénomènes d'interférences de signaux (matériaux multi-couches)

### **Critères de qualification:**

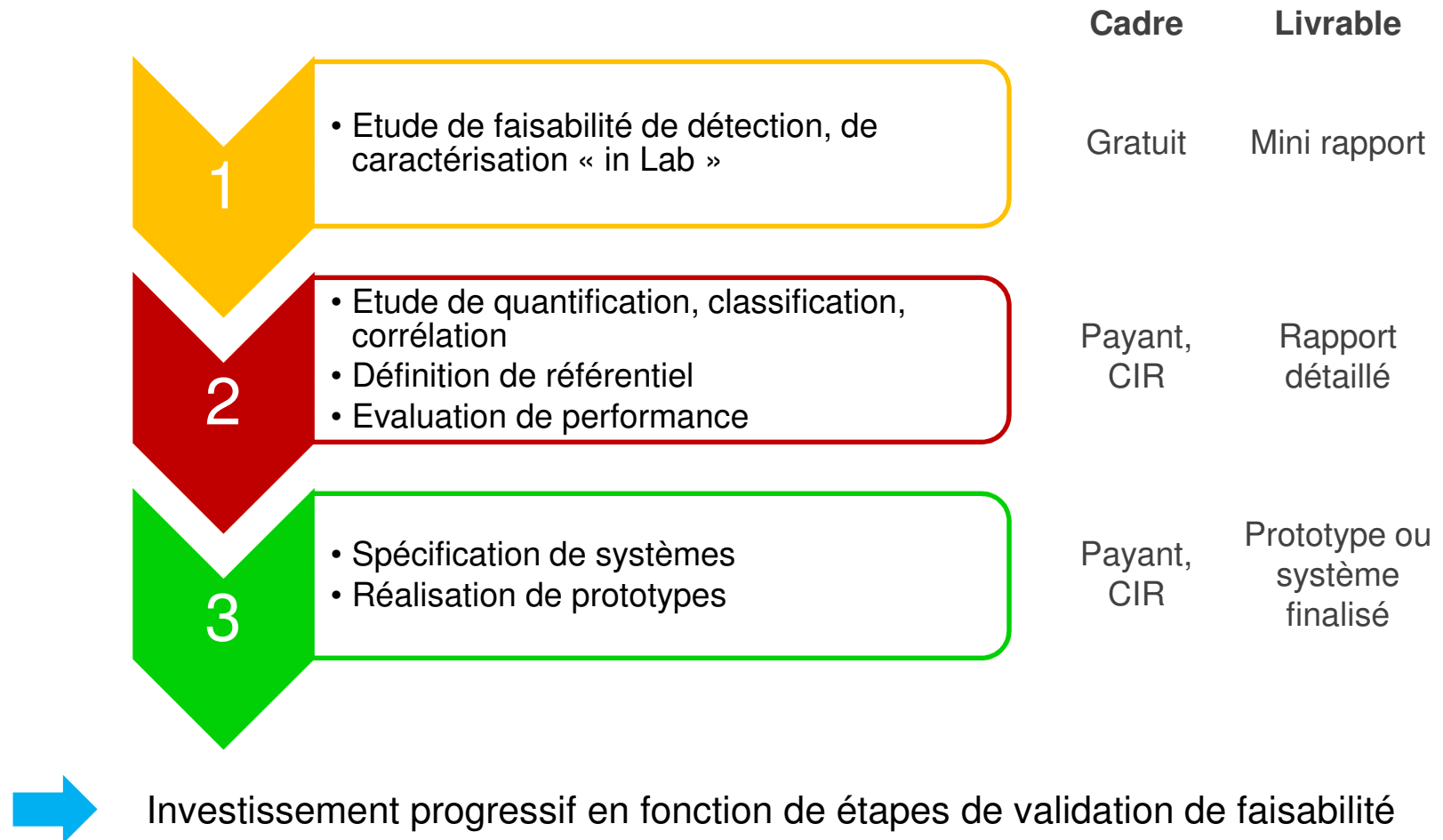
- La simple mesure de largeur du cordon de manière continue (surface de collage/collage) et la détection de décollement (lame d'air entre la colle/le soudage et le substrat) sont des premiers critères mais non suffisants
- La cohésion de la colle ou de la matière chauffée dans le procédé de soudage est aussi à prendre en compte

### **Pistes de travaux R&D:**

- Etablir de nouveaux critères complémentaires de qualification
- Développer des méthodes sélectives pour filtrer les signaux en fonction de leur provenance spatiale

# Les technologies *téra*hertz

## Vos problématiques ?





Merci pour votre attention

**Contact :**

**Thierry ANTONINI**

*Directeur des projets et services*

Tel : 09.72.44.13.81

Mob : 06.40.21.33.56

[thierry.antonini@t-waves-technologies.com](mailto:thierry.antonini@t-waves-technologies.com)

[www.t-waves-technologies.com](http://www.t-waves-technologies.com)

*Turning Science* into **Solutions**

---