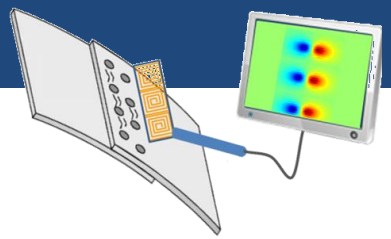
Journée Farman
ENS Cachan
26 novembre 2013

Caractérisation de structures multicouches par inversion symbolique de données courants de Foucault (INVERSYM)

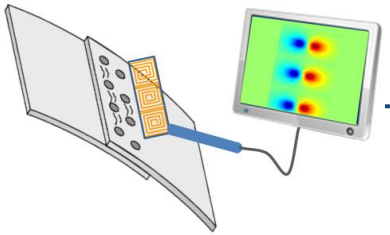


Eric Vourc'h[1], Laurent Fribourg[2] , Romain Soulat[2] , Pierre-Yves Joubert[3]

[1]SATIE, CNRS, ENS CACHAN, [2]LSV, CNRS, ENS CACHAN, [3]IEF, CNRS, Paris Sud

eric.vourch@satie.ens-cachan.fr fribourg@lsv.ens-cachan.fr pierre-yves.joubert@u-psud.fr

Plan de l'exposé



Cadre général des travaux

- Evaluation non destructive par courants de Foucault

Problématique et approche scientifique

- Imagerie par courants de Foucault pour la caractérisation de structures
- Approche concertée des volets instrumentation/ modélisation/inversion

Voie explorée pour de traiter du problème considéré

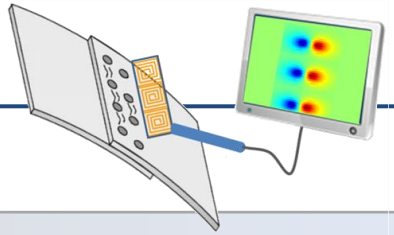
- Modélisation simplifiée du problème direct pour l'inversion des données dans le cas de systèmes CF à émission globale
- Reconstruction de défauts par méthodes d'inversion

Optimiser la reconstruction de défauts par algorithmes génétiques

- Premiers résultats

Etapes à venir

Cadre général des travaux



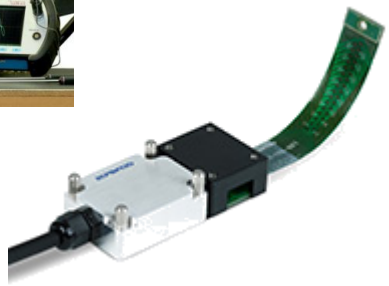
Evaluation non destructive (END) par courants de Foucault (CF)

END : Examiner les produits sans les détériorer

- ☑ Contrôle de la qualité des produits
- ☑ Gestion des risques associés (prévention des accidents)
- ☑ Optimiser la maintenance et les cycles de vie

→ **Sécurité, économie, développement durable**

12 août 1985, le Boeing 747SR-46 de Japan Airlines s'écrase dans environs du mont Osutaka



END-CF : S'applique aux structures électriquement conductrices

Domaines d'application

- ☑ Industries nucléaire et aéronautique, sidérurgie, industrie pétrolière, automobile...

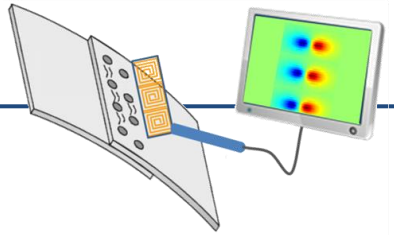
Avantages

- ☑ Sans contact, facile à implanter
- ☑ Sensible, robuste
- ☑ Non polluante

Nécessité d'une caractérisation fine des structures

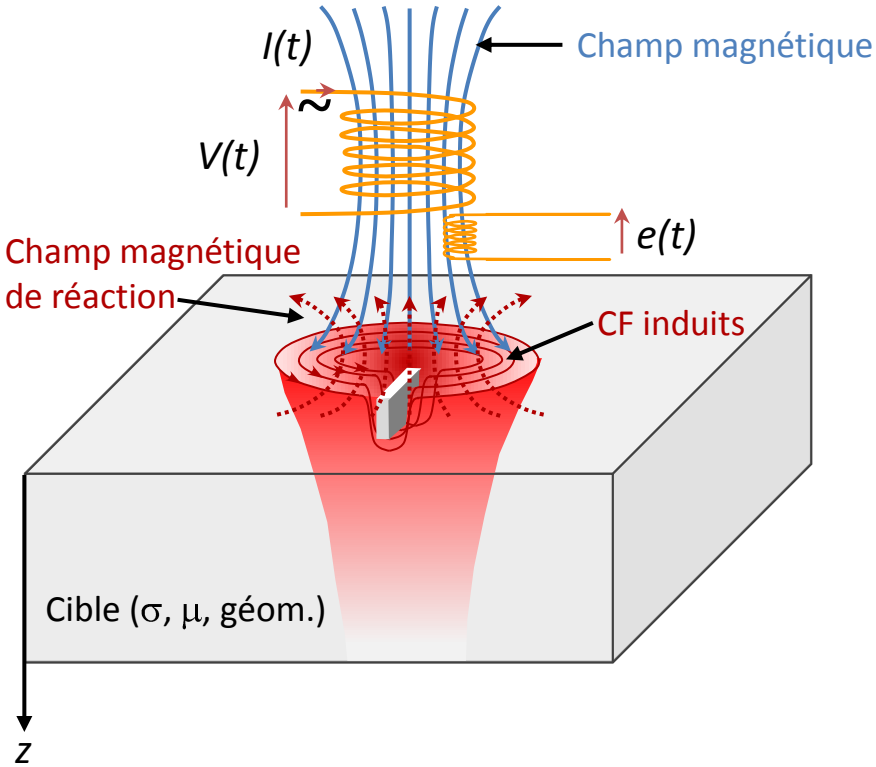
→ **La recherche en END-CF se poursuit**

Cadre général des travaux



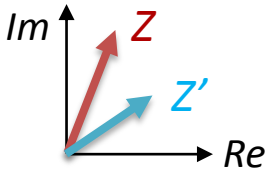
Evaluation non destructive (END) par courants de Foucault (CF)

- Principe des capteurs CF



Signaux CF Z=V/I ou e/I

Z dépend de
- la géométrie de la cible
- ses propriétés électromagnétiques (σ,μ)
- du positionnement capteur-cible



Distribution des CF (régime harmonique)

$$J(z,t) = J_0 e^{-z\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \cos\left(\omega t - z\sqrt{\pi f \mu \sigma}\right)$$

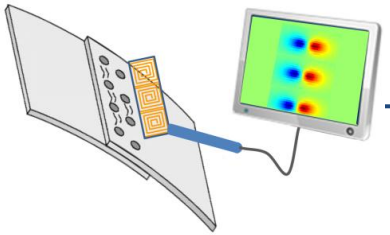
Limitations et difficultés

- Diffusion de l'onde (effet de peau)
- Diffraction onde / défauts
- Problème des interfaces

→ Phénomènes non linéaires
→ Evaluation quantitative difficile

→ END-CF : enjeu scientifique

Plan de l'exposé



Cadre général des travaux

- Evaluation non destructive par courants de Foucault

Problématique et approche scientifique

- **Imagerie multifréquence pour la caractérisation 3D de structures**
- **Approche concertée des volets instrumentation/ modélisation/inversion**

Voie explorée pour traiter du problème

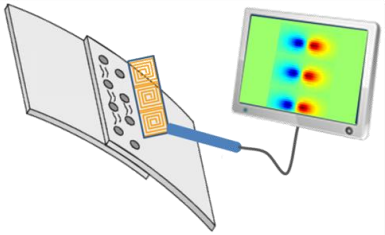
- Modélisation simplifiée du problème direct pour l'inversion des données dans le cas de systèmes CF à émission globale
- Reconstruction de défauts par méthodes d'inversion

Optimiser la reconstruction de défauts par algorithmes génétiques

- Premiers résultats

Etapes à venir

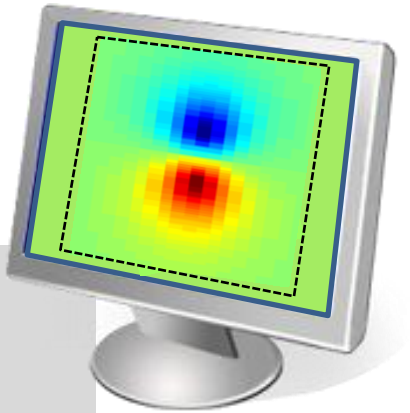
Problématique et approche scientifique



Imagerie CF multifréquence pour la caractérisation 3D de structures

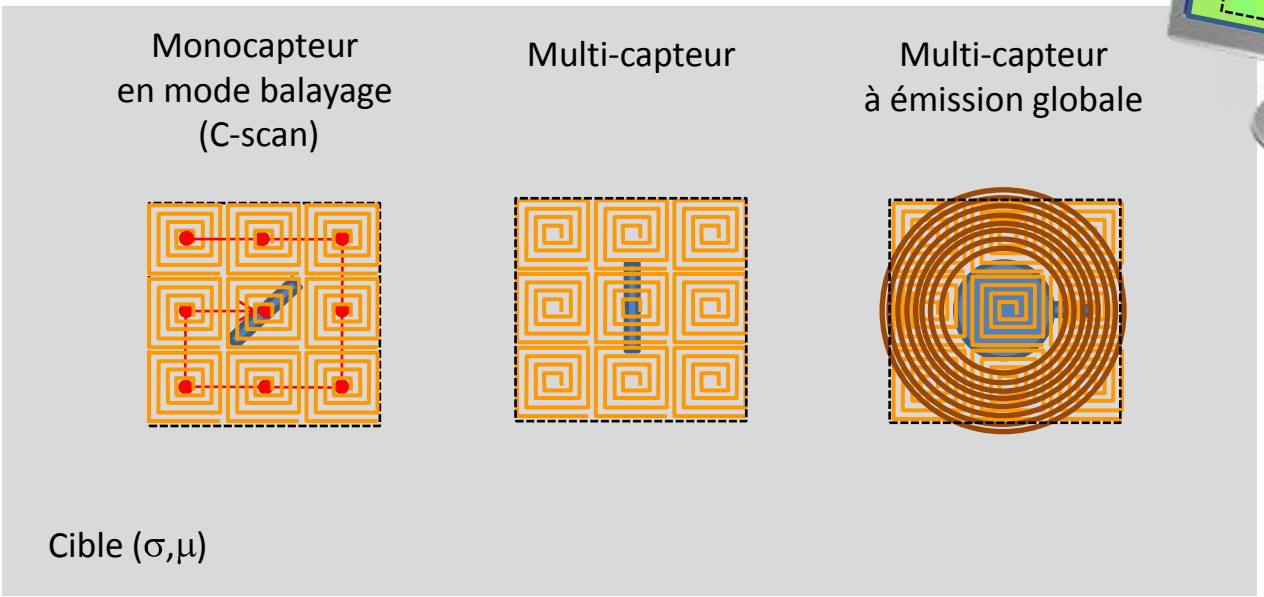
Objectif : caractériser finement les structures (évaluation des paramètres σ,μ, dimensions...)

→ Mesurer un signal qui soit riche en information (→ paramètres à estimer)

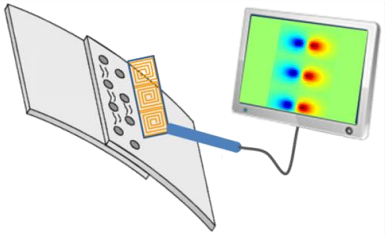


Stratégies de mesure

→ Imagerie → Information 2D



Problématique et approche scientifique



Imagerie CF multifréquence pour la caractérisation 3D de structures

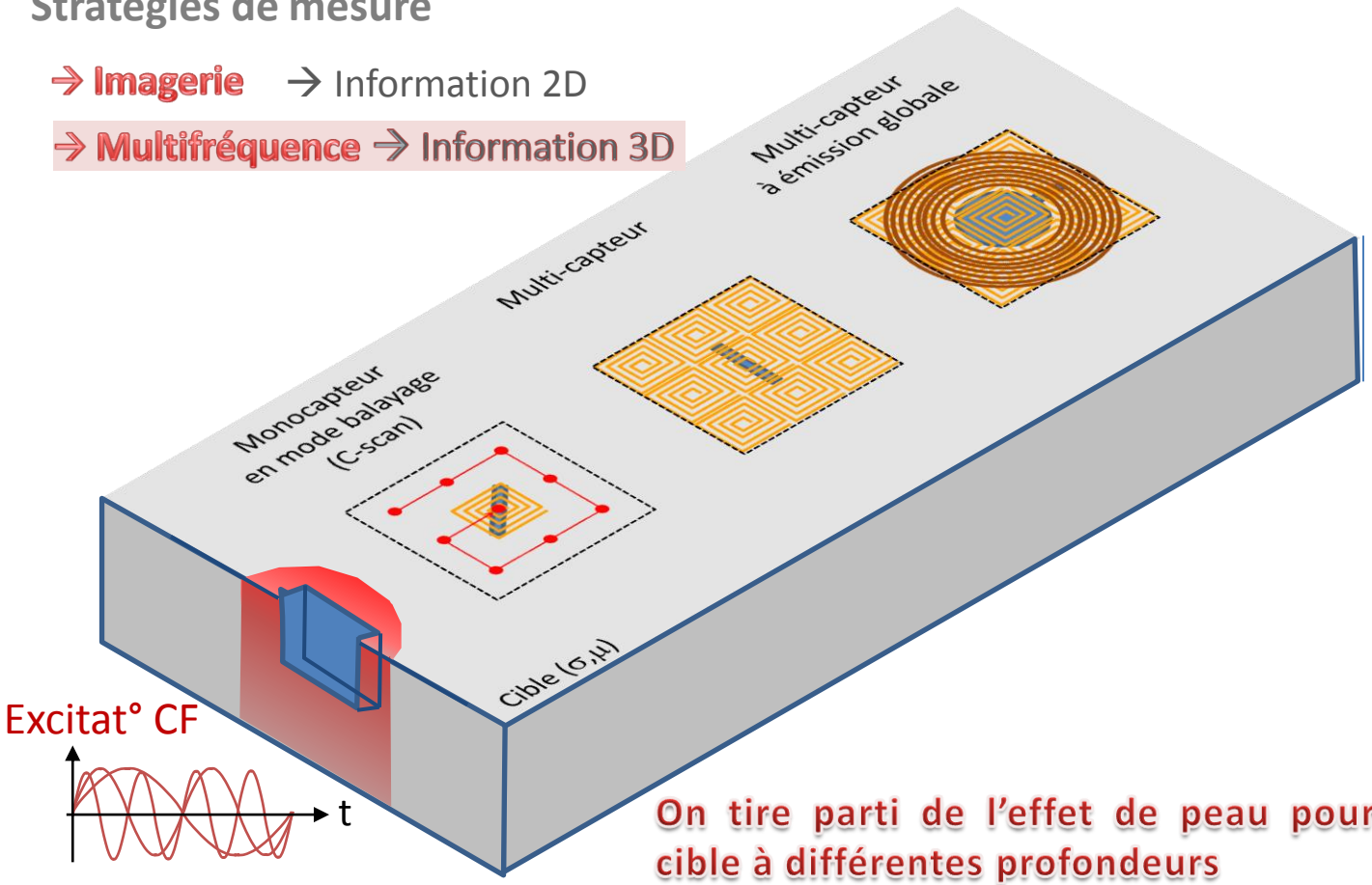
Objectif : caractériser finement les structures (évaluation des paramètres σ,μ, dimensions...)

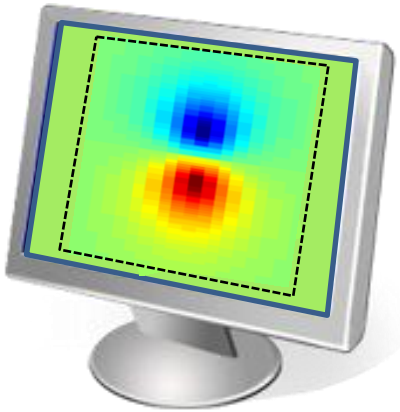
→ **Mesurer un signal riche en information** (→ paramètres recherchés)

Stratégies de mesure

→ **Imagerie** → Information 2D

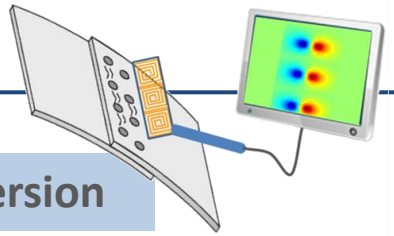
→ **Multifréquence** → Information 3D



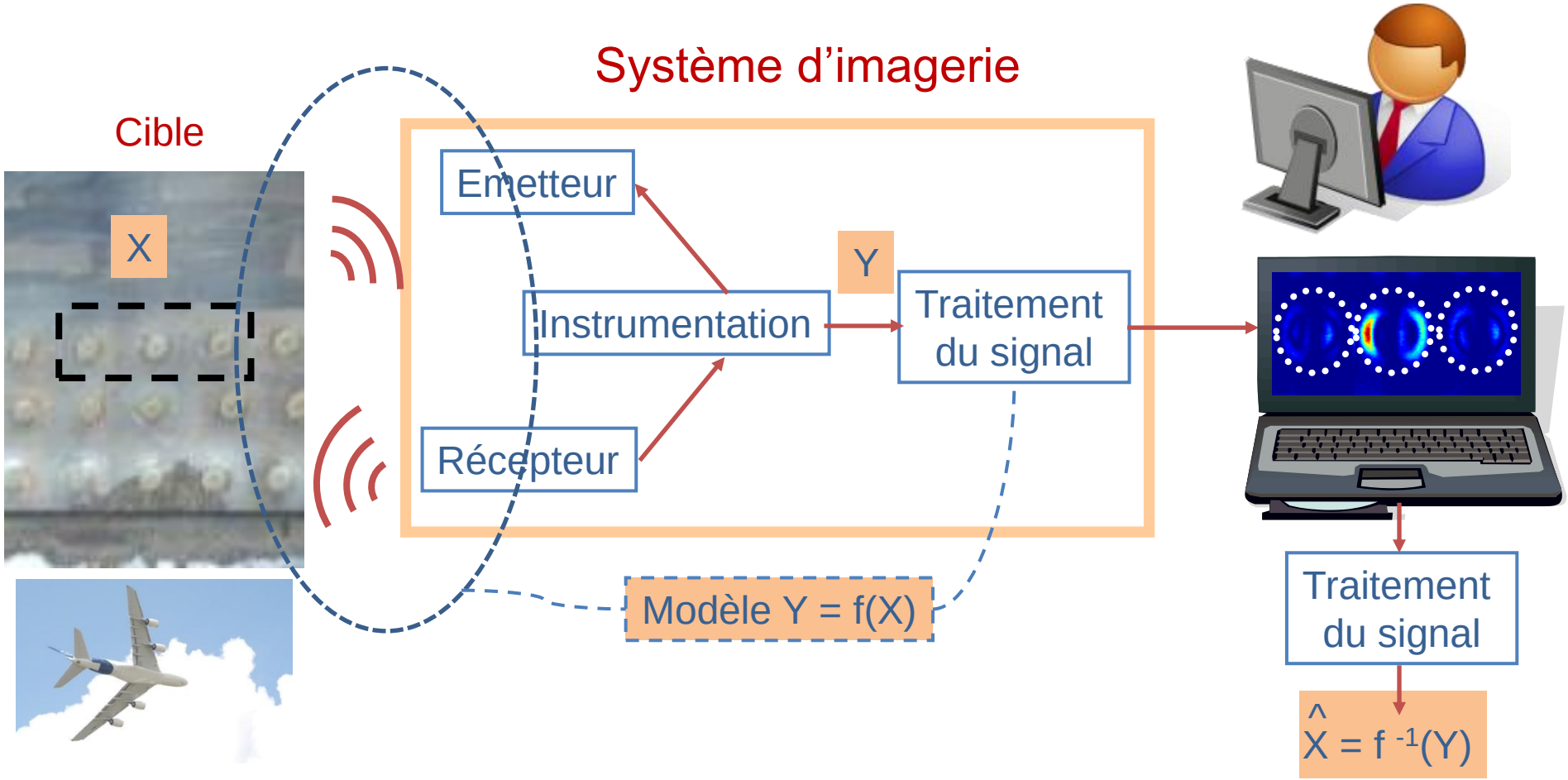


On tire parti de l'effet de peau pour inspecter la cible à différentes profondeurs

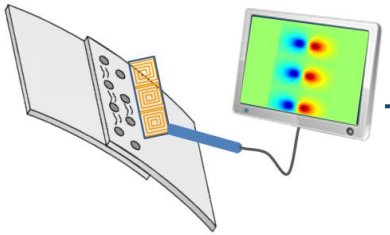
Problématique et approche scientifique



Une approche concertée des volets instrumentation/ modélisation/inversion



Plan de l'exposé



Cadre général des travaux

- L'évaluation non destructive par courants de Foucault

Problématique et approche scientifique

- Imagerie multifréquence pour la caractérisation 3D de structures

- Une approche concertée des volets instrumentation/ modélisation/inversion

Voie explorée pour de traiter du problème

- **Modélisation simplifiée du problème direct pour l'inversion des données dans le cas de systèmes CF à émission globale**

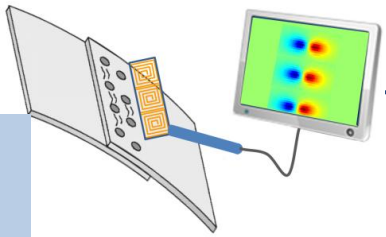
- **Reconstruction de défauts par méthodes d'inversion**

Optimiser la reconstruction de défauts par algorithmes génétiques

- Premiers résultats

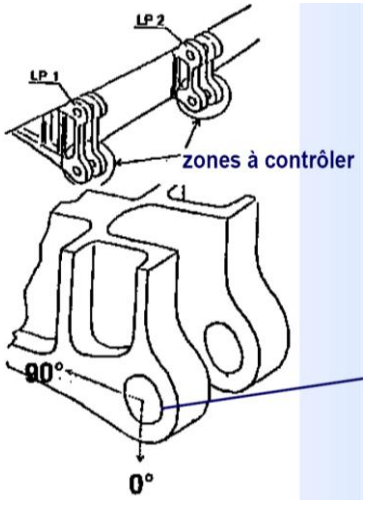
Etapes à venir

Voie explorée pour de traiter du problème

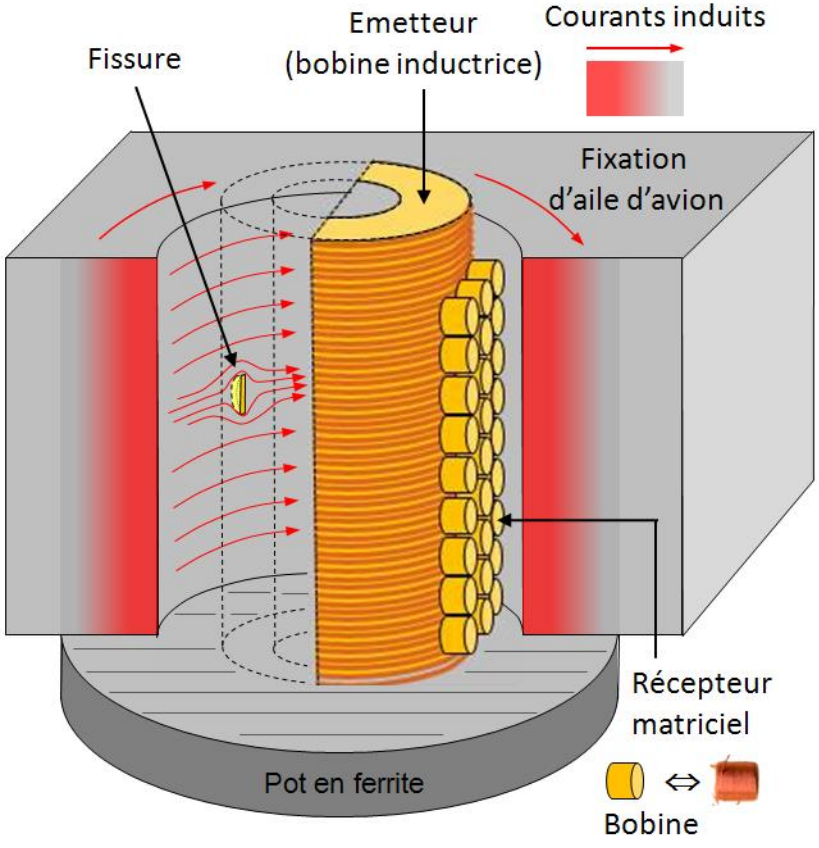


Modélisation simplifiée du problème direct pour l'inversion des données dans le cas de systèmes CF à émission globale

Illustration : sonde multi-éléments pour attaches de voilures aéronautiques



Exemple d'une sonde à émission globale
pour l'imagerie d'attaches de voilures aéronautiques



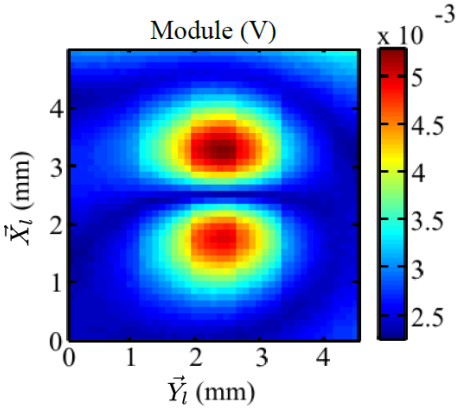
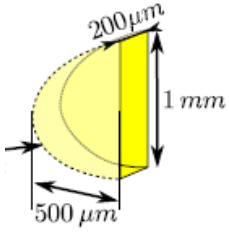
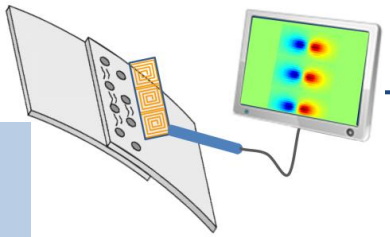


Image mesurée par la sonde
au voisinage d'une fissure

Fissure

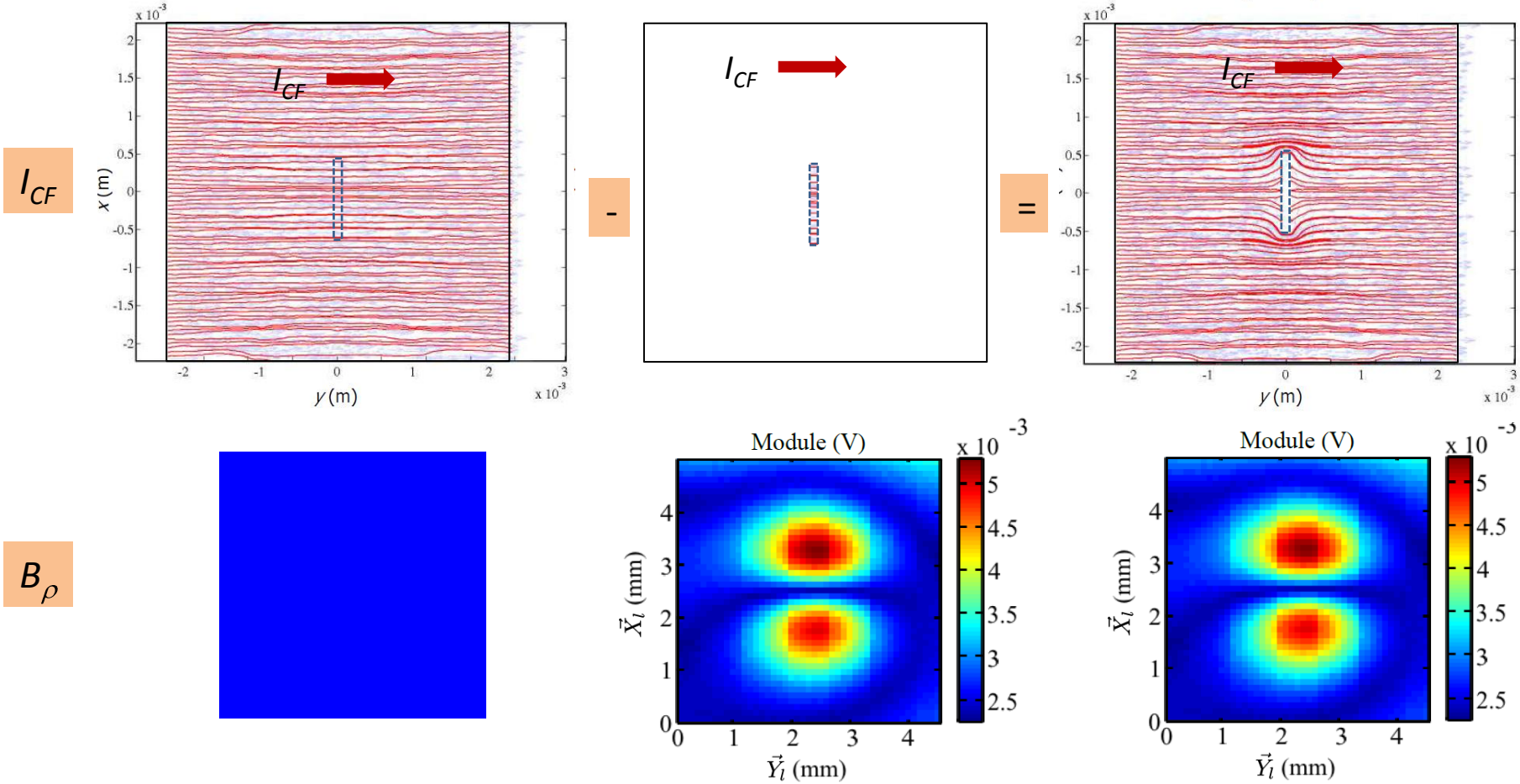


Voie explorée pour de traiter du problème

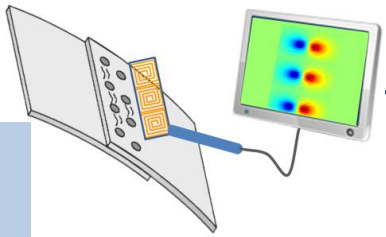


Modélisation simplifiée du problème direct pour l'inversion des données dans le cas de systèmes CF à émission globale

Modélisation des interactions sonde-cible



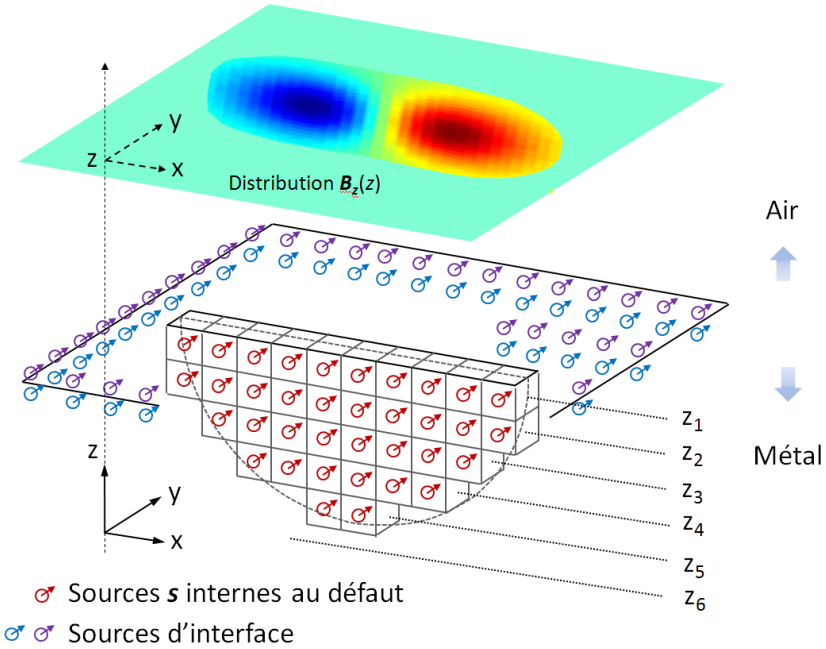
Voie explorée pour de traiter du problème

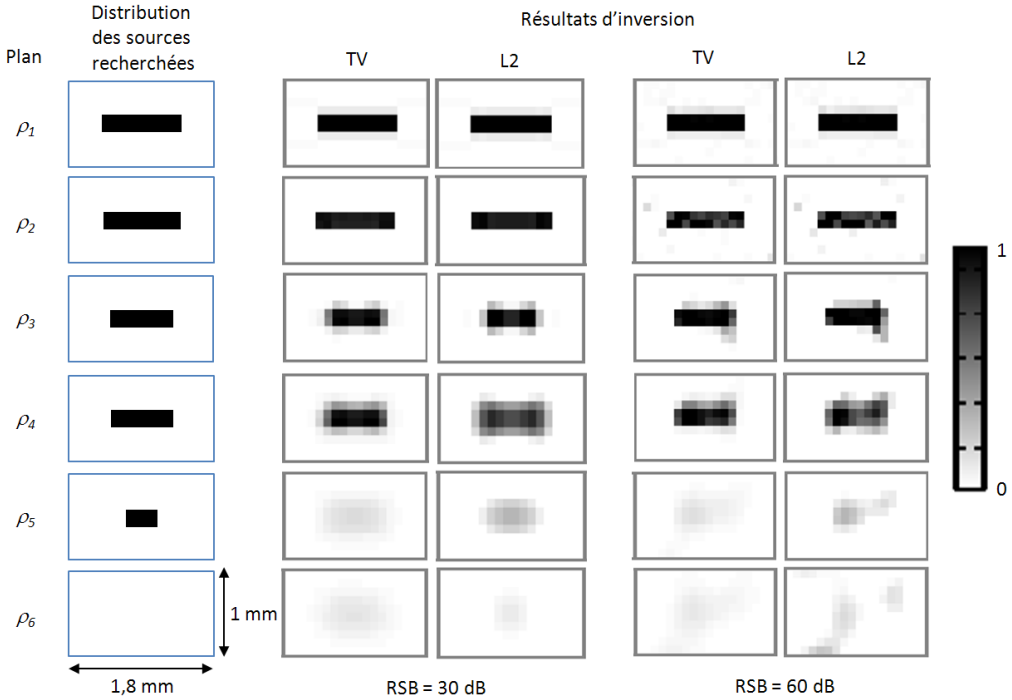


Modélisation simplifiée du problème direct pour l'inversion des données dans le cas des systèmes CF à émission globale

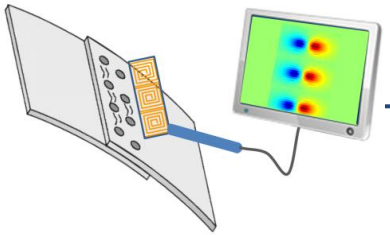
Modèle direct simplifié des interactions sonde/alésage mis en œuvre via la méthode des points sources distribués

Reconstruction de défauts (entaille en forme de lunule) par inversion du modèle.





Plan de l'exposé



Cadre général des travaux

- L'évaluation non destructive par courants de Foucault

Problématique et approche scientifique

- Imagerie multifréquence pour la caractérisation 3D de structures

- Une approche concertée des volets instrumentation/ modélisation/inversion

Voie explorée pour de traiter du problème

-Modélisation simplifiée du problème direct pour l'inversion des données dans le cas de systèmes CF à émission globale

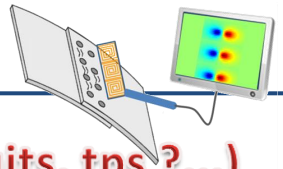
- Reconstruction de défauts par méthodes d'inversion

Optimiser de la reconstruction de défauts par algorithmes génétiques

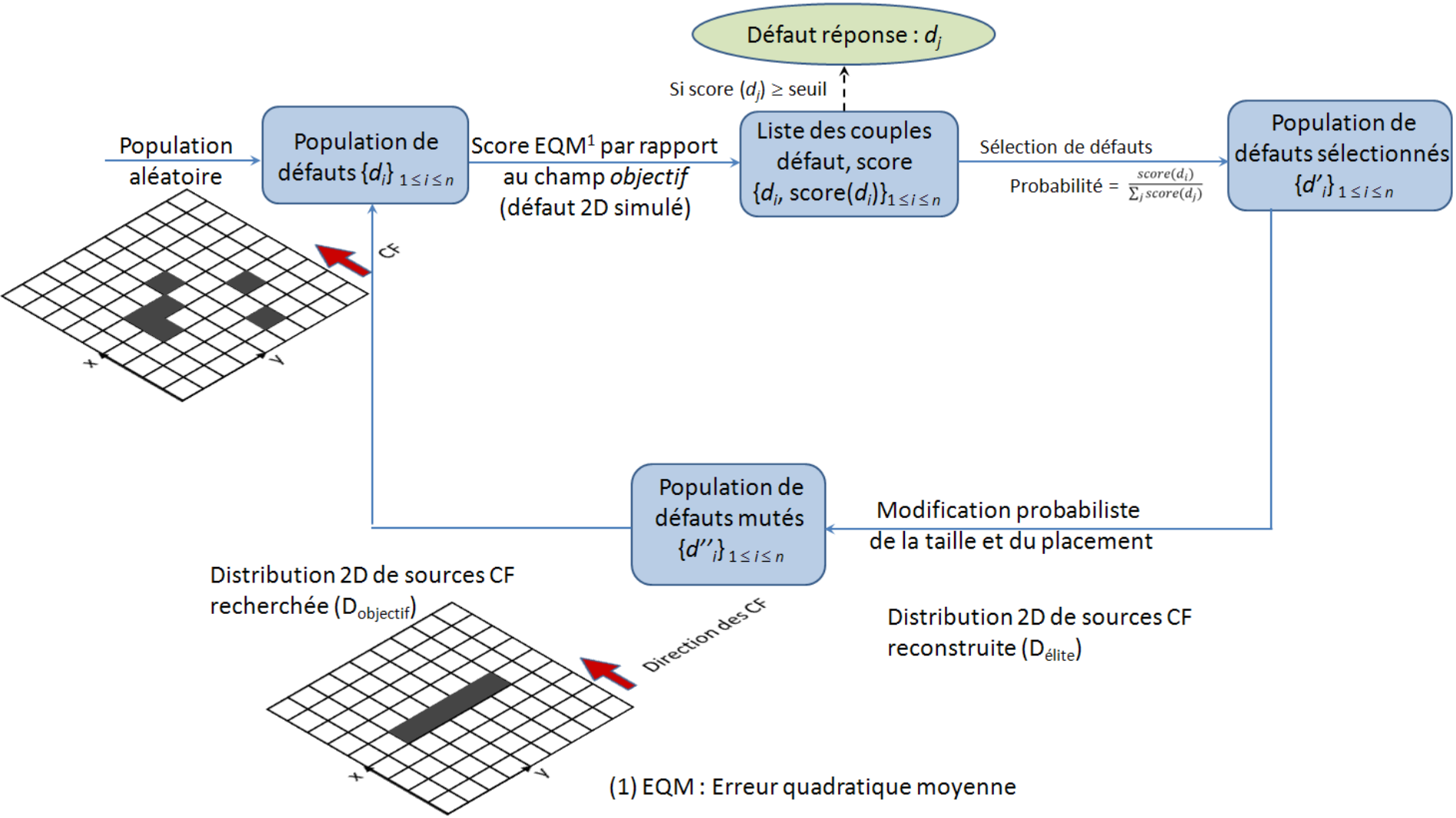
- **Premiers résultats**

Etapes à venir

Optimiser de la reconstruction de défauts par algorithmes génétiques

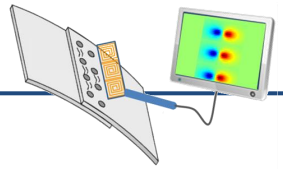


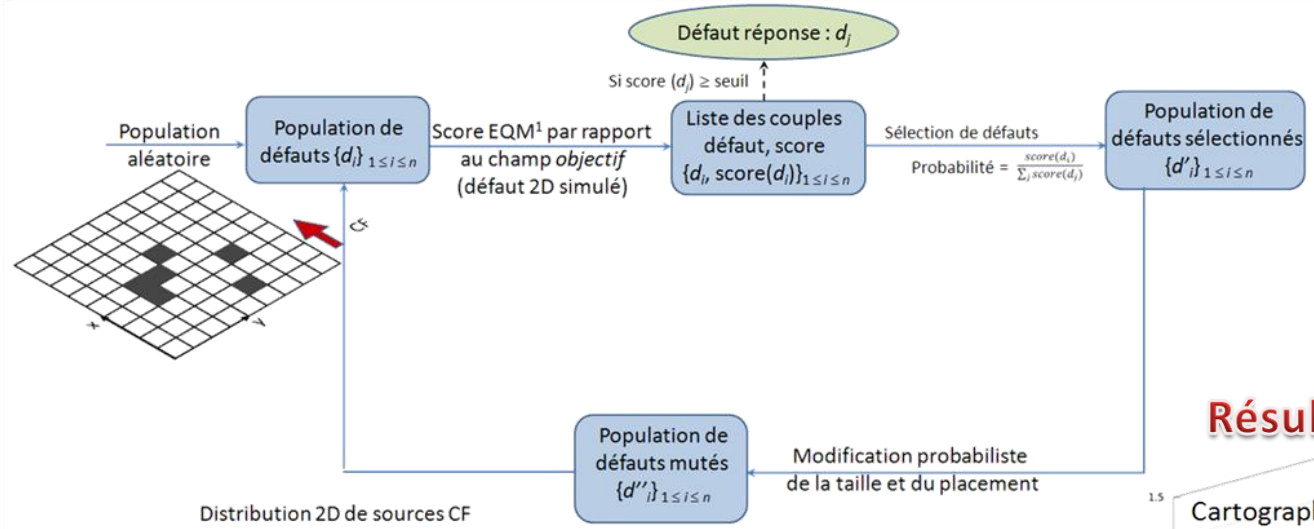
Reconstruire des défauts efficacement (exactitude des défauts reconstruits, tps ?...)
→ Contraindre le problème (a priori)...



(1) EQM : Erreur quadratique moyenne

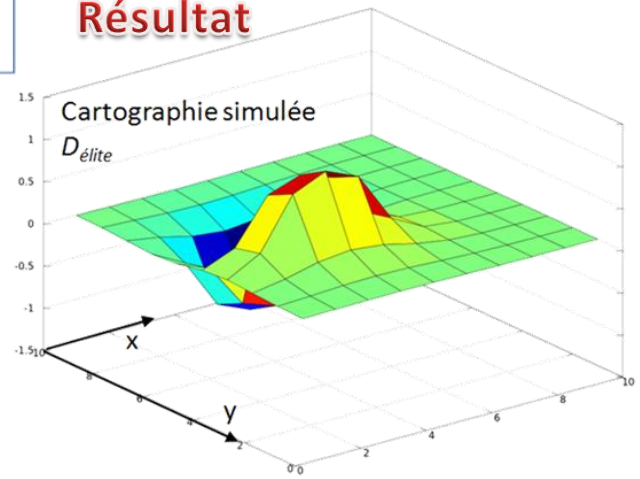
Optimiser de la reconstruction de défauts par algorithmes génétiques





Cartographie de champ magnétique correspondant à $D_{élite}$

Résultat



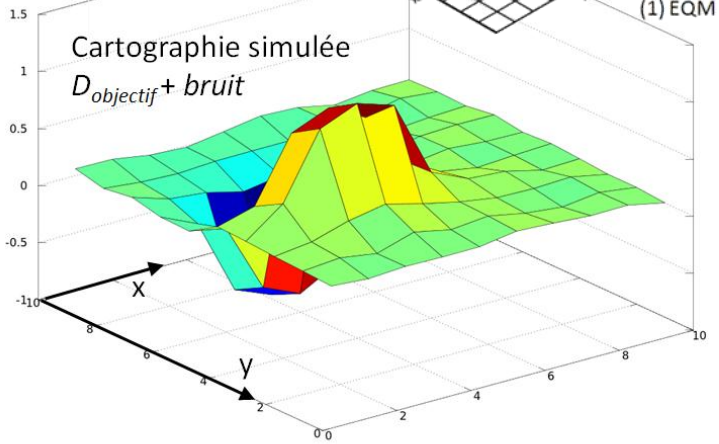
Distribution 2D de sources CF recherchée ($D_{objectif}$)

Direction des CF

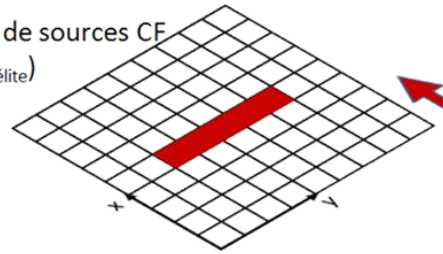
Distribution 2D de sources CF reconstruite ($D_{élite}$)

Objectif

(1) EQM : Erreur quadratique moyenne



Distribution 2D de sources CF reconstruite ($D_{élite}$)



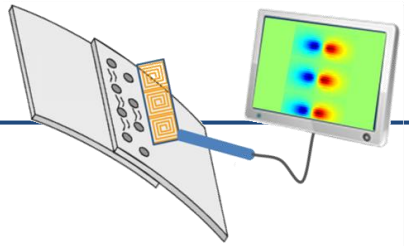
Direction des CF

Modélisation DPSM du champ à la surface du défaut (pas de sources d'interface)

Modélisation DPSM du champ à la surface du défaut (pas de sources d'interface)

RSB = 13 dB

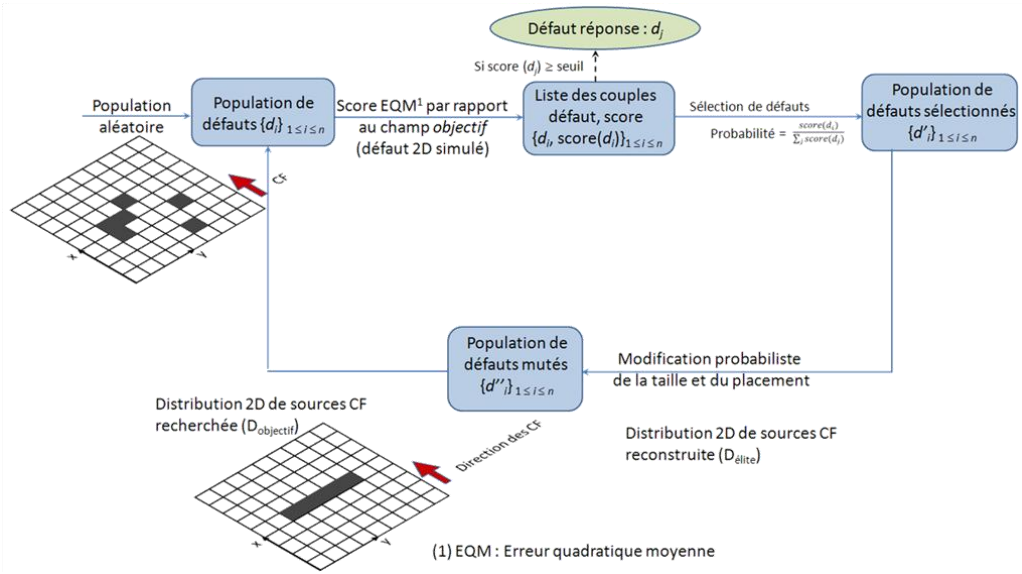
Etapes à venir



→ Application de la méthode de reconstruction de défauts par algorithme génétique à des défauts de meilleure définition

→ Etude pour différents RSB

→ Analyse des performances (qualité de reconstruction, temps de calcul)

→ Prise en compte des a priori sur les caractéristiques des défauts

→ **Reconstruction 3D...**