

Reconstruction de fissures 3D par imagerie courants de Foucault et algorithmes génétiques

Florentin Delaine
florentin.delaine@ens-cachan.fr

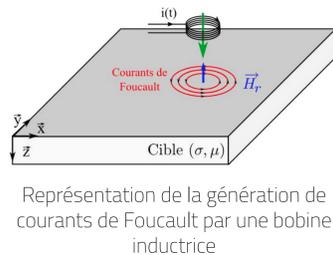
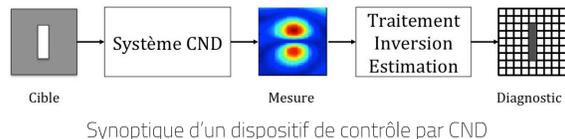
Éric Vourc'h
eric.vourch@satie.ens-cachan.fr

SATIE, CNRS, ENS Cachan, Université Paris-Saclay
61 avenue du Président Wilson - 94230 Cachan - France

Problématique

Lorsqu'on soumet un conducteur massif à un champ magnétique d'excitation variable, un champ électromagnétique est généré dans le matériau. Ce champ de réaction peut permettre de remonter à des informations sur la structure excitée et sa mesure peut être faite de façon indirecte via le champ résultant de l'addition avec le champ magnétique d'induction.

On peut notamment envisager la détection de fissures pour une application au contrôle non destructif (CND), par courants de Foucault (CF) dans notre cas.



Représentation de la génération de courants de Foucault par une bobine inductrice

Résolution du problème inverse

Lors d'un CND par CF, on mesure une information de type champ magnétique. On ne mesure pas directement les caractéristiques du matériau. Il faut alors procéder à la résolution d'un problème inverse, ce qui consiste à remonter aux paramètres d'un problème à partir de données d'une nature différent. Il faut pour cela disposer d'un modèle du problème qu'il suffit d'exploiter pour faire cette identification.

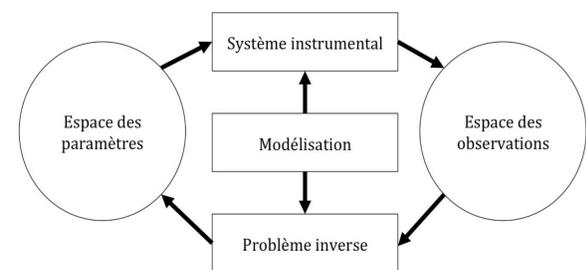
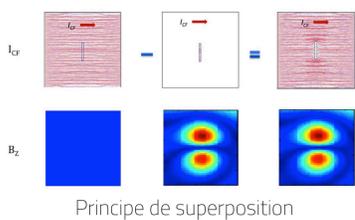


Schéma de principe de la résolution du problème inverse

Modélisation

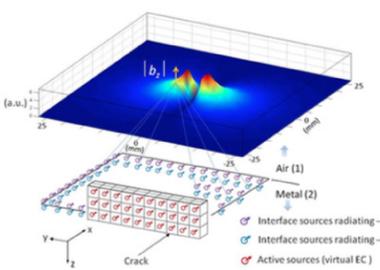


Principe de superposition

On utilise une hypothèse de superposition afin de modéliser uniquement ce qu'il se produirait dans le volume de la fissure si le matériau était sain.

La modélisation DPSM consiste à modéliser les sources CF actives par des sources rayonnantes selon des fonctions de Green. On ajoute à cela des sources virtuelles d'interface pour les conditions aux limites qui suffisent à déterminer le potentiel vecteur en tout point de l'espace.

Ci-contre la modélisation DPSM de l'interaction d'une fissure parallélépipédique dans une pièce métallique avec une nappe de CF uniforme et la cartographie du module de la composante verticale du champ magnétique au niveau de la surface de la pièce



Méthode d'inversion

Le problème CF considéré est un problème mal posé. Des méthodes d'inversion directes sont inefficaces ici. Il faut se tourner vers des méthodes itératives et compte-tenu des études du modèle réalisées, elles doivent être capables d'éviter de nombreux minima locaux.

On s'est intéressé ici aux algorithmes génétiques qui sont une méthode de calcul qui se base sur la théorie de l'évolution. C'est une méthode d'inversion universelle.

L'utilisation de cette méthode se justifie par la rapidité de simulation du modèle direct représentant le problème.

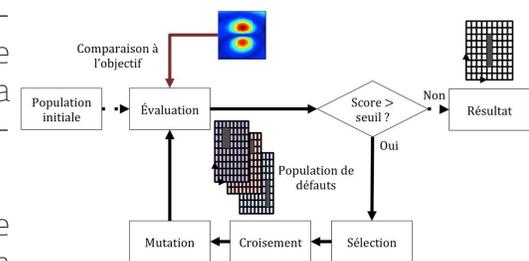
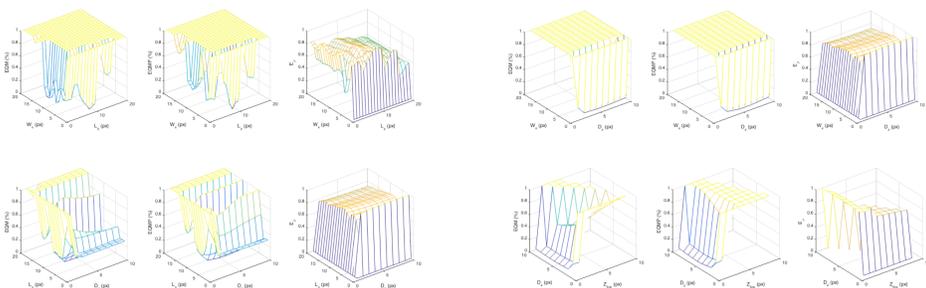


Schéma de principe de l'algorithme génétique utilisé pour notre problème

Étude du modèle

De nombreuses études ont été menées pour optimiser la discrétisation du problème afin d'accélérer les calculs, pour étudier la sensibilité à différentes fréquences d'excitation et aussi pour quantifier la sensibilité des critères de comparaison d'images utilisés.



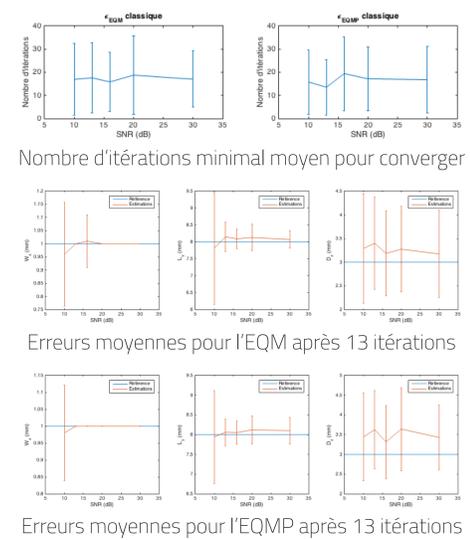
Étude de sensibilité de différents critères de comparaison d'images pour une fissure donnée (Wx = 1 mm ; Ly = 8 mm ; Dz = 3 mm ; Z_top = 0 mm)

Reconstruction des fissures

On s'est intéressé à la reconstruction de fissures 3D débouchantes (3 paramètres : longueur, largeur, profondeur).

Les résultats obtenus sont concluants quels que soient les réglages de l'algorithme génétique (méthode d'évaluation, reconstruction mono ou bi fréquence...). La reconstruction se fait en un nombre réduit d'itérations ce qui se voit sur les erreurs commises après quelques itérations.

De plus, la méthode apparaît peu sensible au bruit pour les RSB considérés.



Conclusion

Ces travaux ont permis de développer une méthode de reconstruction de fissures 3D débouchantes pour des dispositifs de contrôle non-destructif par courants de Foucault. Quelques pistes ont été ouvertes sur la reconstruction de fissures 3D enfouies simulées et sur la reconstruction à partir d'images réelles.

Références

Yohan Le Diraison. *Eddy current imaging for the non-destructive evaluation of aeronautical structures*. Theses, École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, November 2008.
Vincent Thomas. *Sensor array and signal processing for the eddy current imaging of aeronautical parts*. Theses, École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, November 2010.
Dominique Placko and Tribikram Kundu. *DPSM for modeling engineering problems*. John Wiley & Sons, 2007.