

# Méthodes magnétiques pour l'évaluation des contraintes résiduelles dans les aciers

Eric WASNIEWSKI

Thèse du 03/01/2023 au 31/12/2025

Directeur de thèse : Laurent DANIEL- GeePs (Centrale Supélec)

Co-directeur de thèse : Benjamin DUCHARNE – ELYTMax (INSA Lyon – TOHOKU University-Japon)

Co-encadrant CETIM : Fan ZHANG - CETIM



# Contexte

- ▶ Contraintes résiduelles : facteur prépondérant dans la performance, l'intégrité et la durée de vie des aciers de construction et de structure.
- ▶ Contrôle historique par Diffraction X (chronophage, onéreux, local ou ponctuel...)
- ▶ Contrôle à 100% des pièces devenant de plus en plus demandé.
- ▶ l'utilisation des méthodes CND incontournable pour répondre aux besoin industriel.
- ▶ Utilisation récente des méthodes magnétiques industriellement.



Exemple de flambage sous l'effet des contraintes

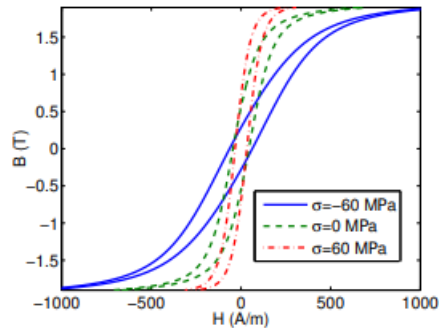
# Problématique

- ▶ Selon Dobmann dans [1] “3MA is a matured technology and a wide field of applications is given. However, besides the success story we also can find critical remarks from industrial users. These are mainly due to **the calibration efforts and problems of recalibration** if a sensor has to be changed because of damage by wear. Therefore, actual emphasis of R&D is to generalize calibration procedures.”
- ▶ Les utilisateurs réguliers des dispositifs de contrôle sont formels quant à la nécessité de l’amélioration des dispositifs existants :
  - ▶ Le développement d’outils numériques, facilitant les campagnes d’étalonnage ainsi que l’interprétation des signaux mesurés.
  - ▶ L’amélioration de l’instrumentation : en isolant les mécanismes d’aimantation, en réduisant la taille des capteurs et en améliorant les traitements de l’information.



Exemple d'utilisation du système 3MA

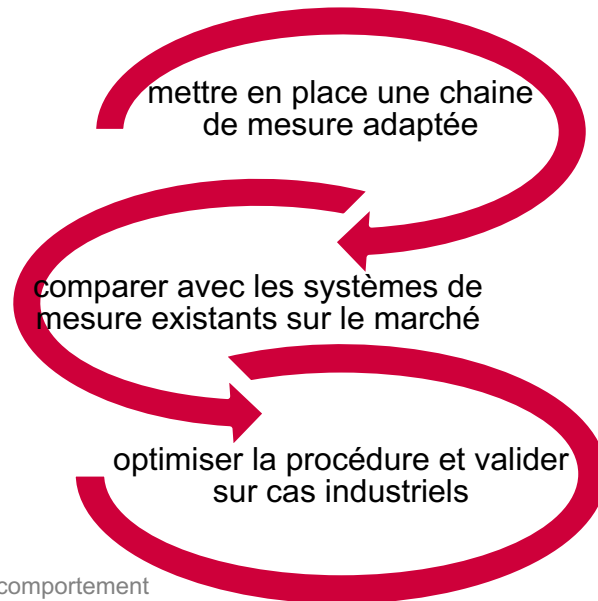
# Objectif



Exemple d'influence des contraintes résiduelles sur le cycle d'hystérésis [2]

- ▶ Objectif principal : relier les signatures magnétiques aux contraintes résiduelles afin de permettre le contrôle rapide et fiable en production.
- ▶ Substituer une étape d'étalonnage par l'utilisation d'outil de modélisation.

- ▶ Isoler les contributions des mécanismes d'aimantation et établir le lien avec les contraintes résiduelles.
- ▶ Développement d'une méthodologie et d'un nouveau outil de contrôle pour l'analyse en production suivant trois étapes :

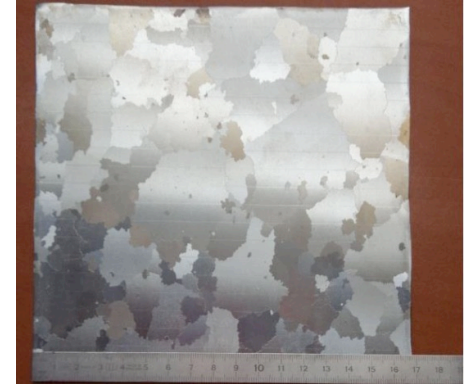


[2] L. Bernard, L. Daniel, et al.. Hystérésis magnétique sous contraintes mécaniques : modèle de loi de comportement adapté à la simulation de structures. Symposium de Génie Électrique 2014, Jul 2014, Cachan, France. ffhal-01065328

# Travaux à mener

## ► Première étape :

- Etude d'un acier à gros grain type FeSi 3% GO dont la microstructure permettra d'isoler les différents mécanismes de couplage magnéto-mécanique.
- Développement sur le matériau modèle d'un outil de modélisation pour la prédiction quantitative des états de contraintes.
- Validation grâce à des essais magnéto-mécaniques sur des éprouvettes « quasi-monocristallines »



## ► Seconde étape :

- Application du modèle sur des aciers bas carbone avec validation par méthode classique
- Utilisation sur des cas industriels



---

*Going for the future*