



# Laboratoire de Génie Électrique de Paris

CNRS (UMR 8507) / Supélec / Universités Paris XI et Paris VI

Plateau du Moulon - 91192 Gif sur Yvette Cedex - France



Journées SEEDS 2011 - Atelier « Matériaux Fonctionnels »

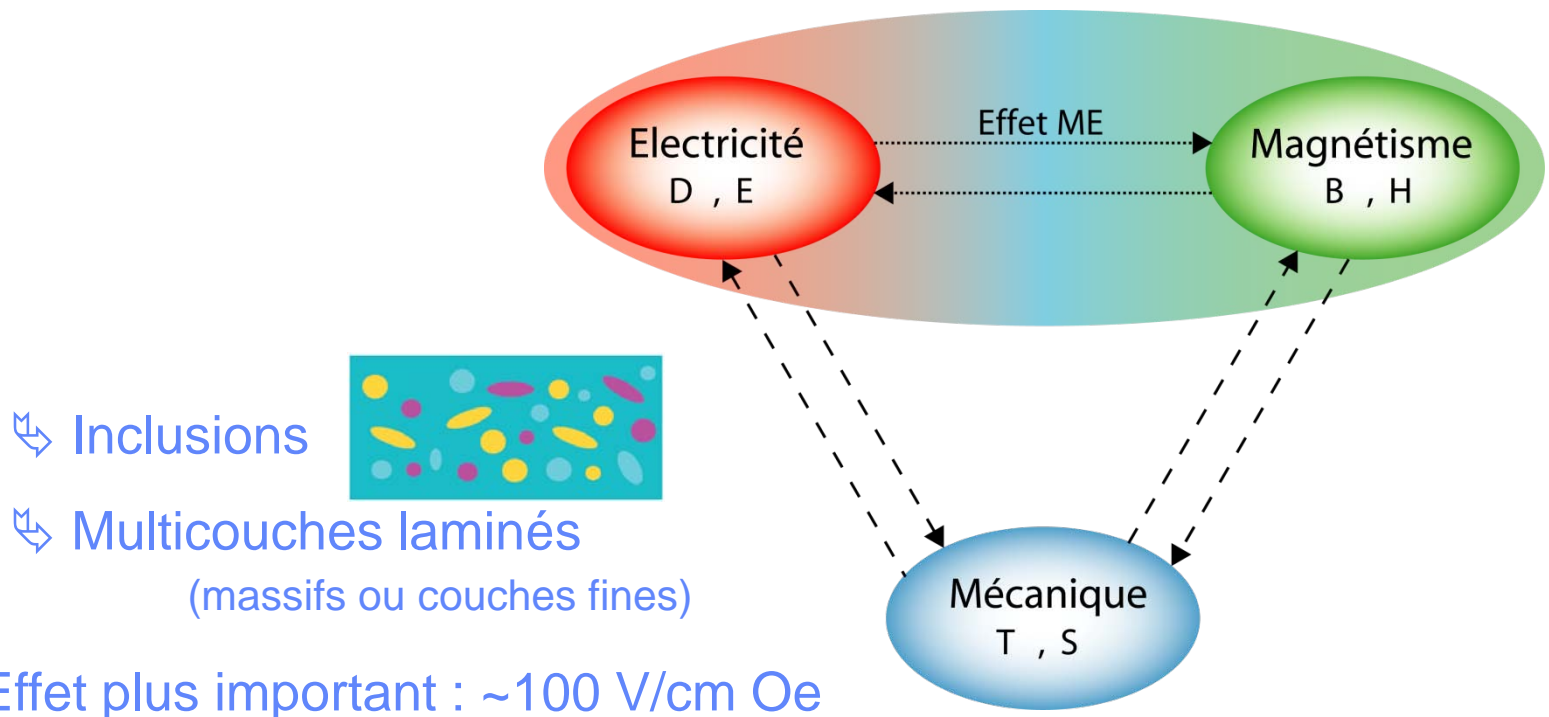
## Amélioration de l'effet magnétoélectrique par couplage extrinsèque

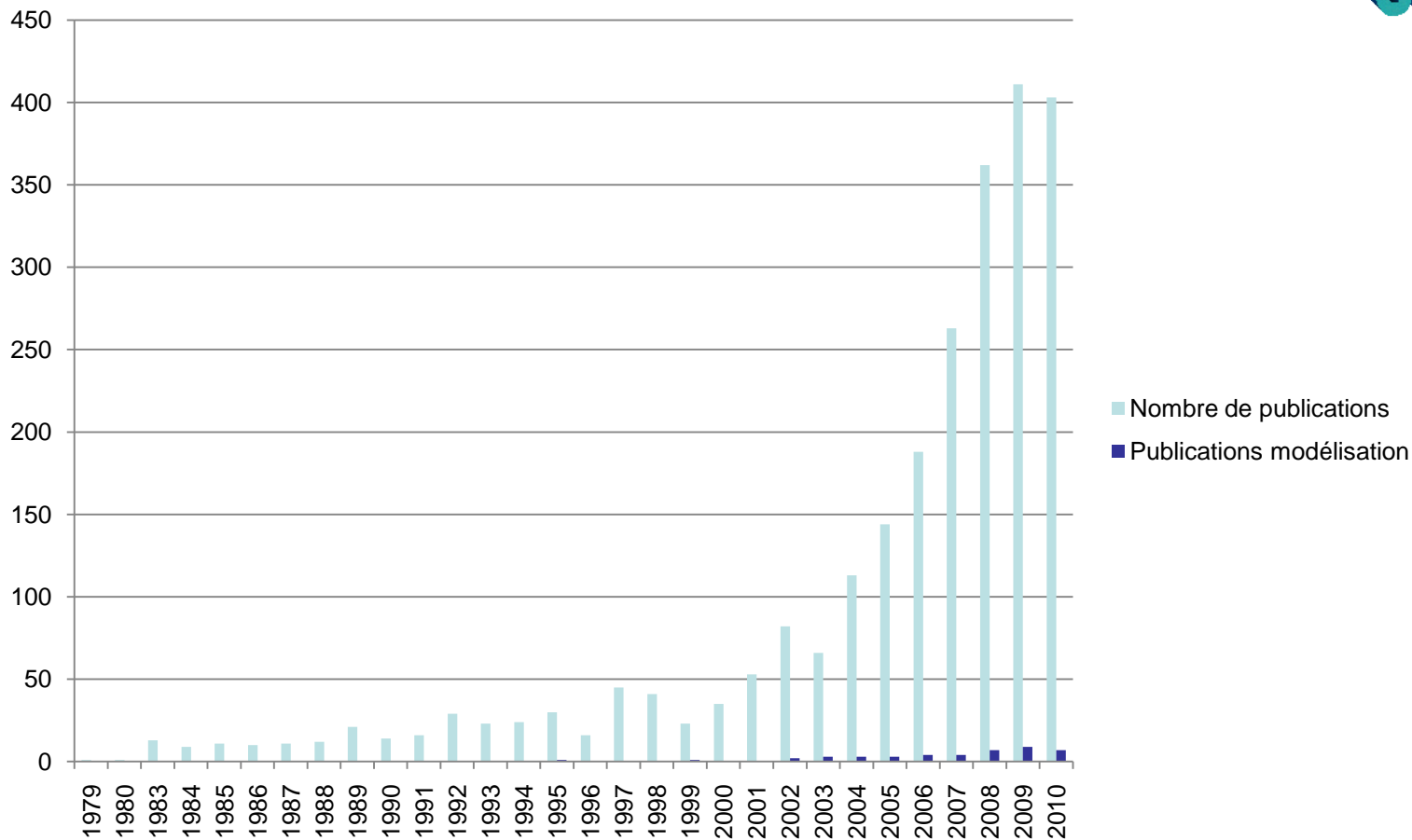
X. MININGER

ENS de Cachan – Jeudi 16 juin 2011

## Etude du couplage magnétoélectrique :

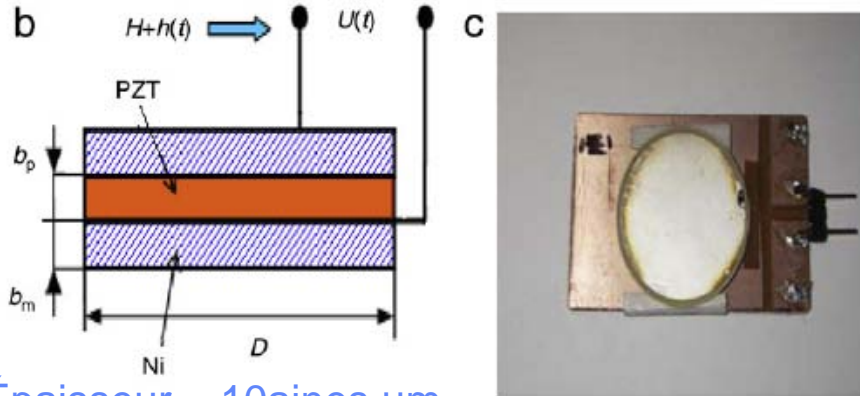
- ⇒ Effet intrinsèque : matériaux 1 phase ( $\text{Cr}_2\text{O}_3\dots$ )
- ⇒ Effet extrinsèque : structures artificielles à plusieurs phases





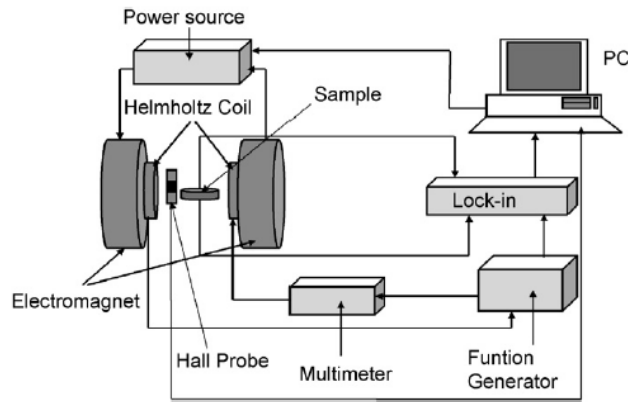
(source : ISI Web of Knowledge)

### Etudes expérimentales :

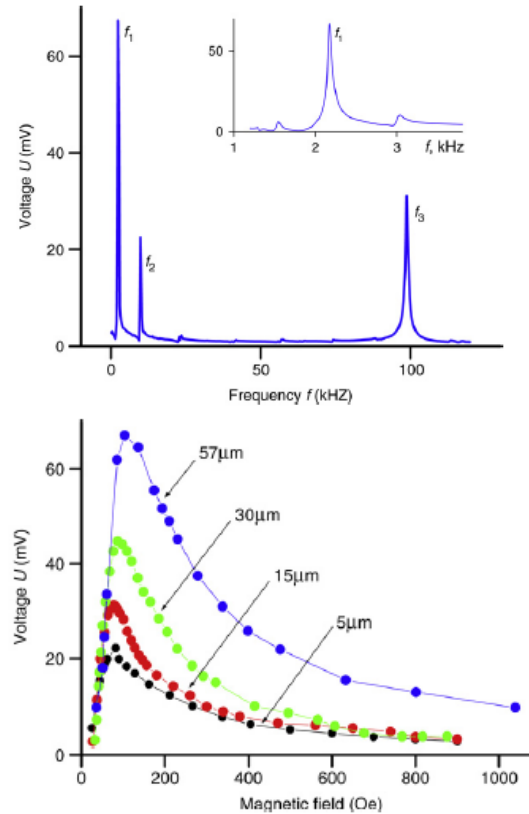


Épaisseur ~ 10aines  $\mu\text{m}$

(D.V. Chashin et al., Solid State Com., 2008)

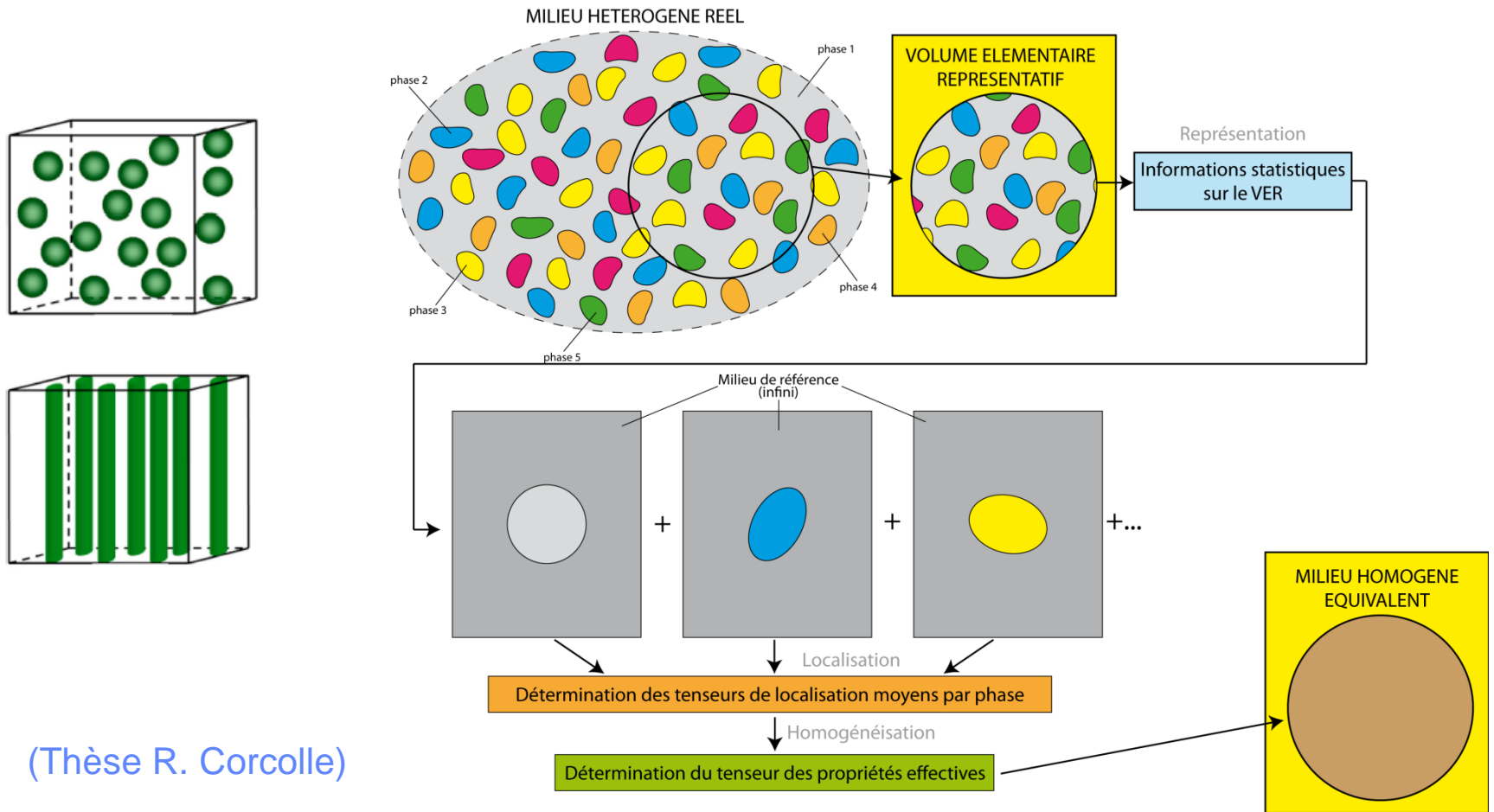


(G.V. Duong et al., JMMM, 2007)



Influence des paramètres matériaux, direction polarisation, direction champ...

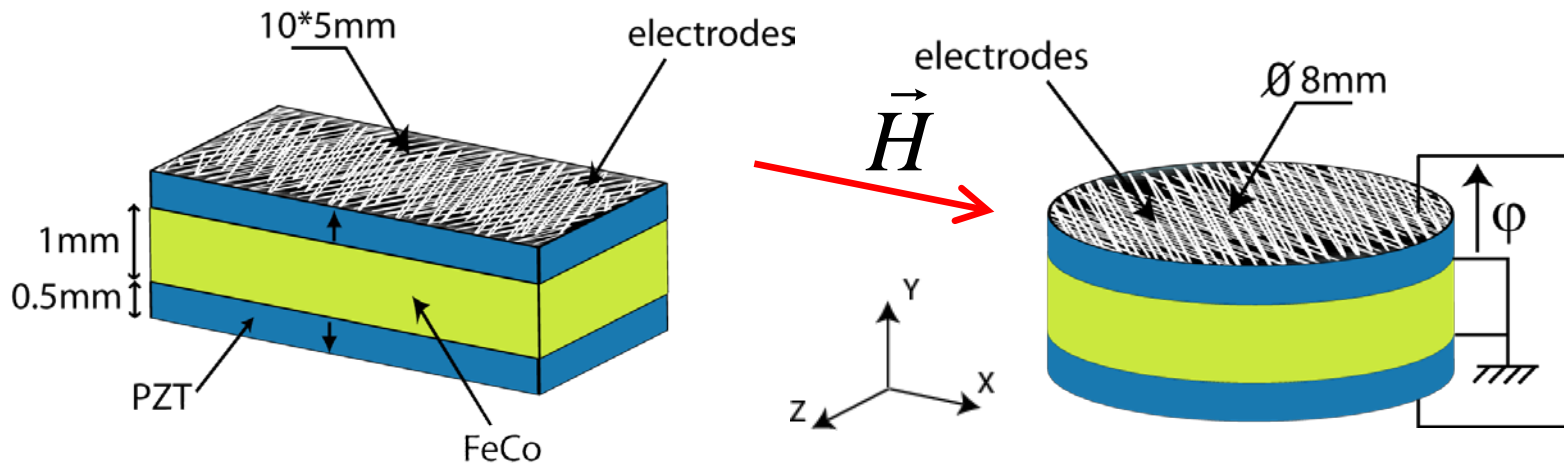
## Obtention des propriétés effectives



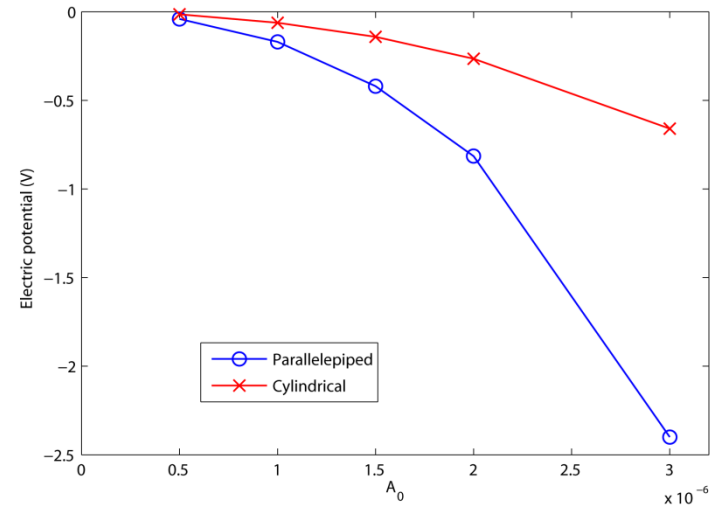
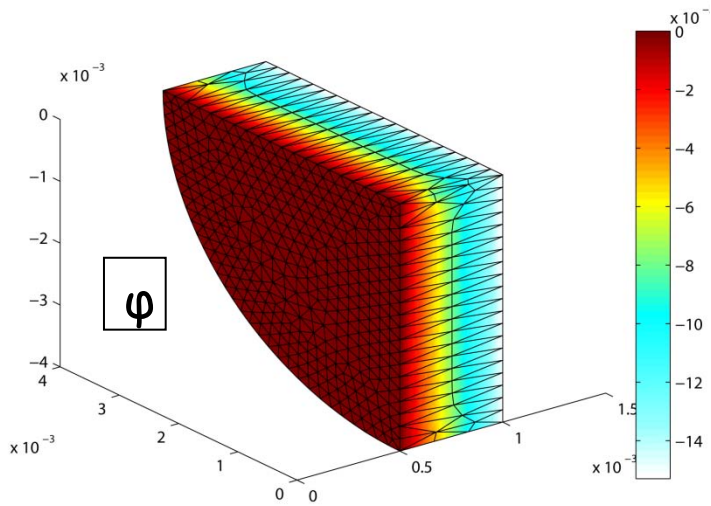
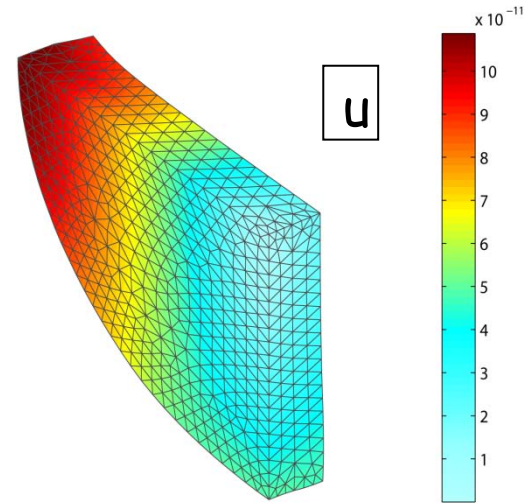
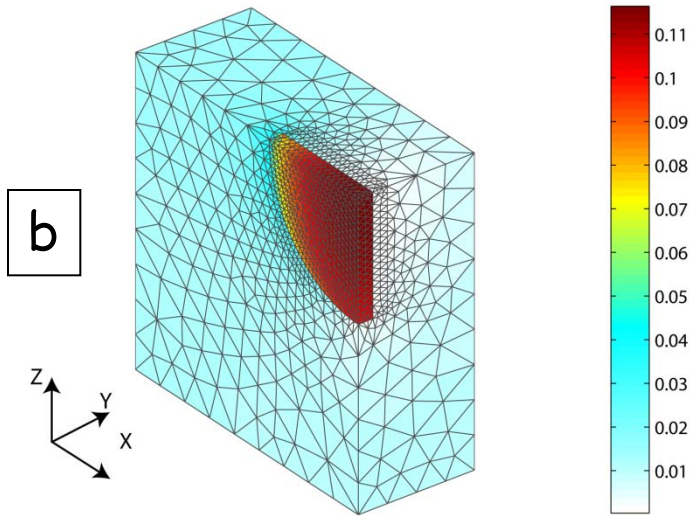
(Thèse R. Corcolle)

⇒ Cas classique : obtention d'un multiferroïque à partir de l'association de matériaux ferroélectrique (PZT, PMN-PT...) et ferromagnétiques (Terfenol D, alliages de fer...)

## Exemples de structures laminées étudiées :



Champ magnétique ⇒ Déformation ⇒ Potentiel électrique



En pratique, une amplification de l'effet magnétoélectrique est observée en se plaçant proche des résonances mécaniques

⇒ un champ harmonique est ajouté au champ  $\sim$ statique à mesurer

D'où la nécessité d'améliorer le modèle afin d'intégrer ces effets

Objectifs :

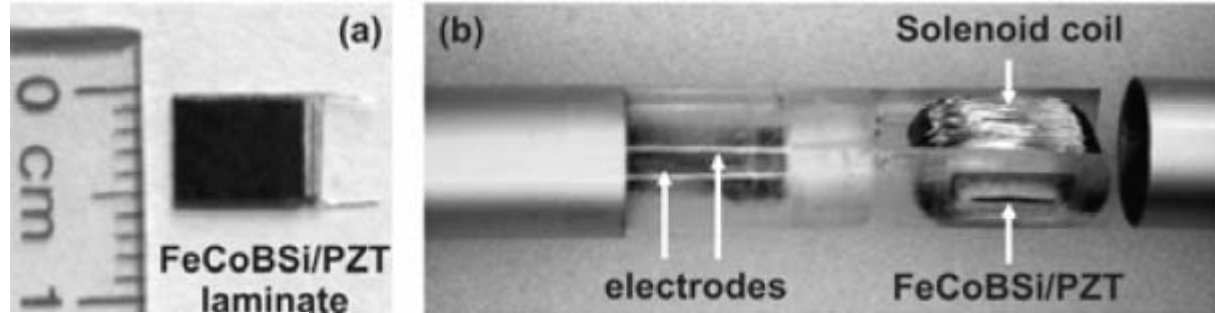
⇒ capturer l'effet de la résonance

⇒ Prendre en compte les non linéarités magnétiques et magnétostrictives

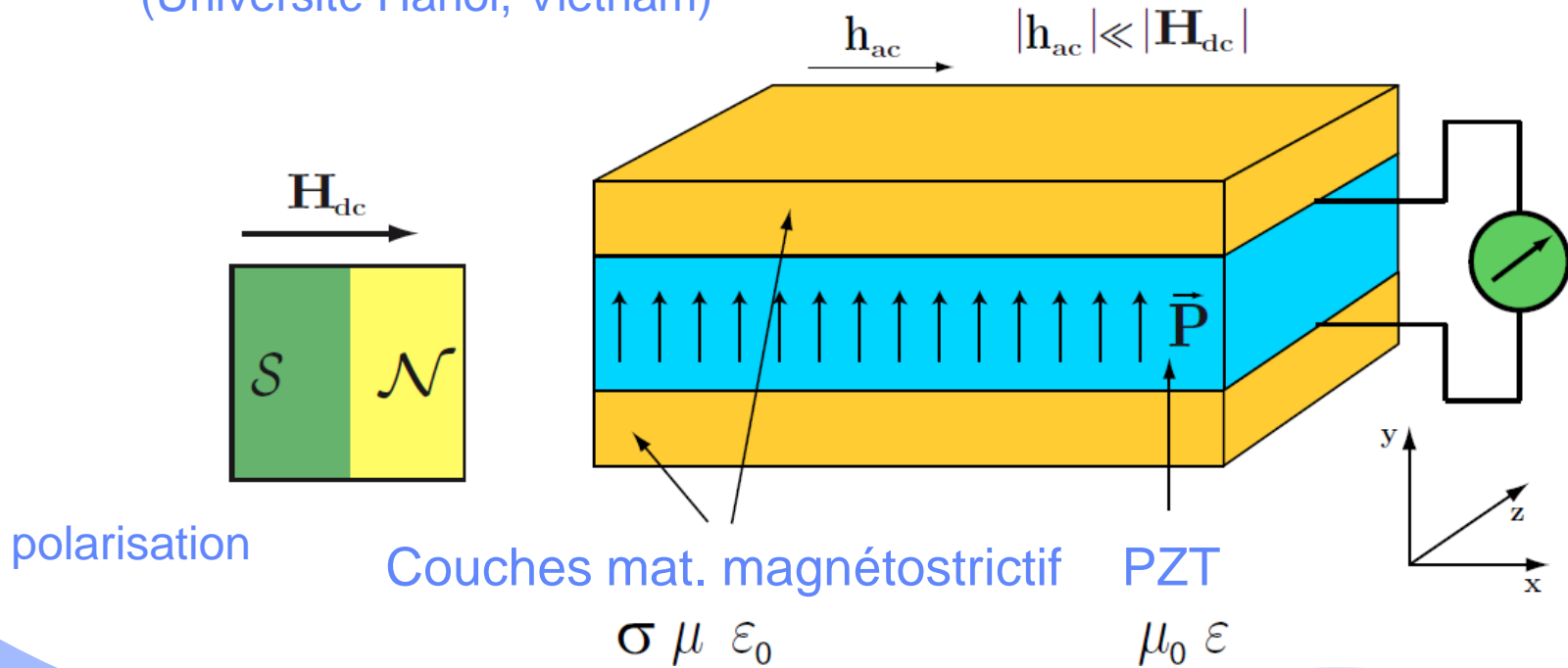
⇒ Evaluer l'impact des courants de Foucault au niveau des matériaux magnétostrictifs

(Thèse  
T. T. Nguyen)

Capteur ME :



(Université Hanoi, Vietnam)

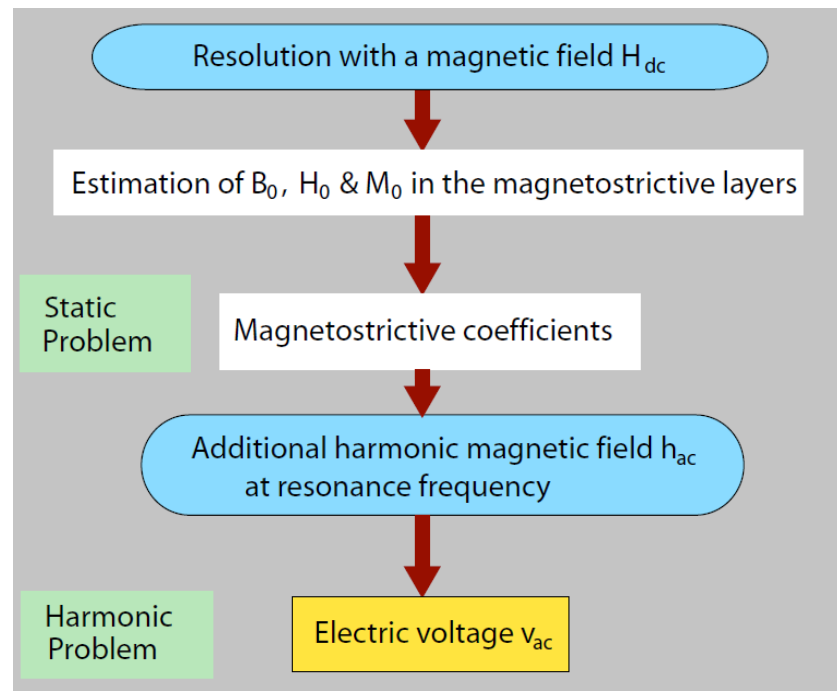


## Démarche :

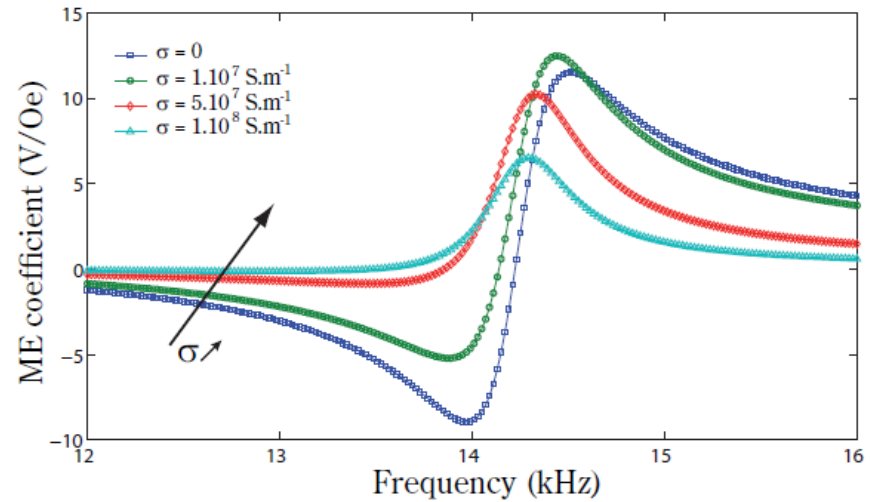
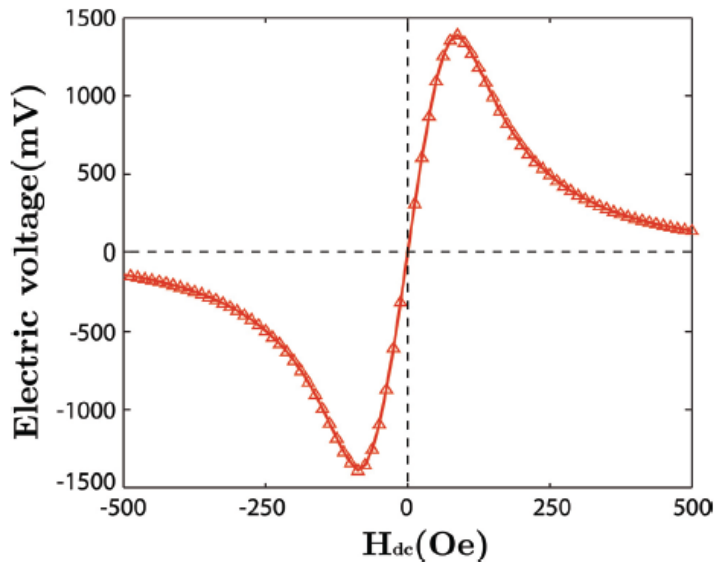
⇒ Obtention des lois de comportement petits signaux (pour  $h_{ac}$ )

$$\tilde{\mathbf{h}} = -\partial_{\mathbf{b}} \mathbf{t}^{\mu} \tilde{\mathbf{s}} + \left[ \tilde{\mathbf{v}} - \partial_{\mathbf{b}}^2 \mathbf{t}^{\mu} (\mathbf{s} - \mathbf{s}^{\mu}) + \partial_{\mathbf{b}} \mathbf{t}^{\mu} \partial_{\mathbf{b}} \mathbf{s}^{\mu} \right] \tilde{\mathbf{b}}$$

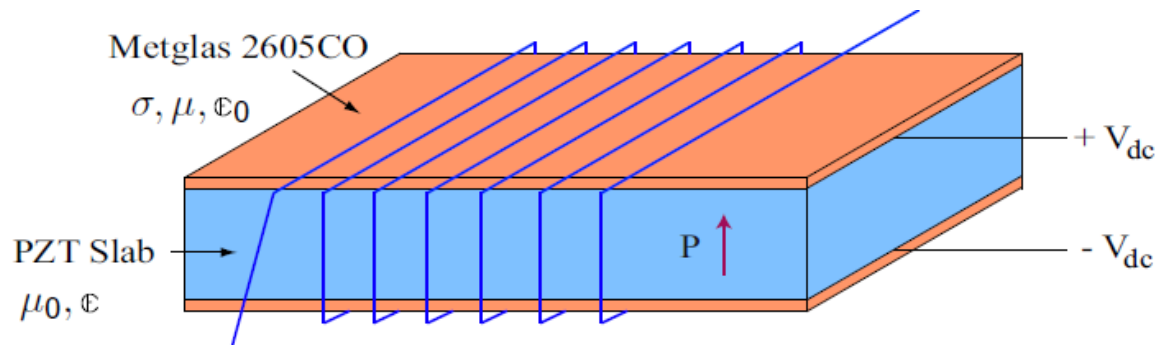
⇒ Résolution séquentielle :



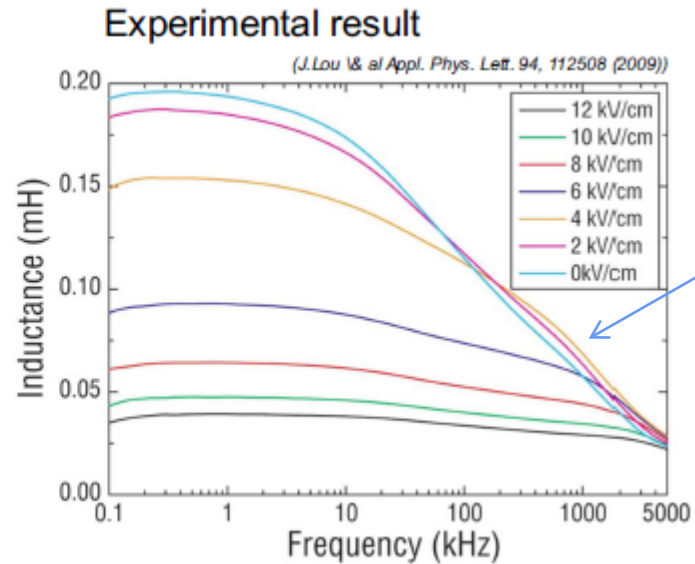
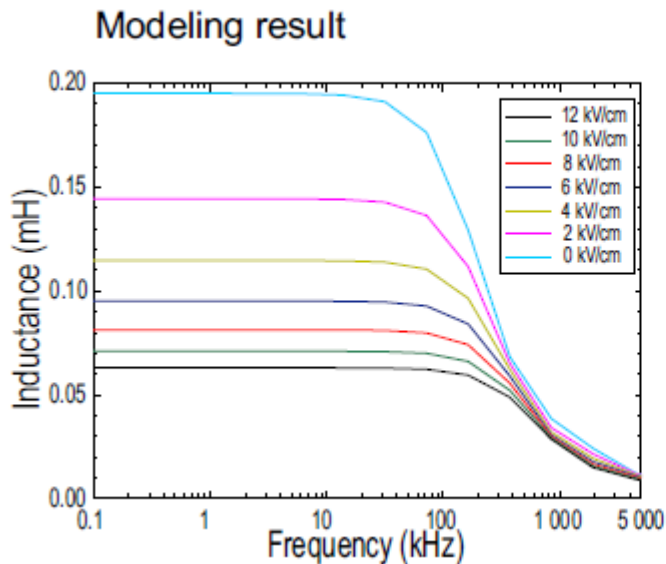
⇒ Résonance & effet des courants de Foucault :



⇒ Passage par un maximum (lié au coeff. de couplage  $NL_{q_{11}}$  entre  $h$  et  $s$ )



Champ électrique  $\Rightarrow$  Contrainte  $\Rightarrow$  Variation de perméabilité



Effet CF

En pratique : effets mesurés plus faibles que ceux prévus

Problèmes de fabrication des composites à inclusions :

- ⇒ bonne dispersion d'une phase dans l'autre
- ⇒ éviter les réactions entre différentes phases
- ⇒ ...

Problèmes de fabrication des composites laminés :

- ⇒ obtenir une interface satisfaisante entre les phases
- ⇒ couches minces, nanostructures (μélectronique)

Problèmes de tenue dans le temps...

Modélisation couches fines : quelle échelle ?

Réflexion sur les nouvelles structures pouvant utiliser l'effet ME