

Projet "DMI + E" : financement de postdoc (1 an)

Influence du champ électrique sur l'interaction Dzyaloshinskii-Moriya (DMI) dans les couches ferromagnétiques ultraminces

F. Maroun, labo PMC, Ecole Polytechnique

Compétences requises pour le projet

1. Préparer des couches magnétiques ultraminces à la surface desquelles on peut appliquer un champ électrique très élevé (1V/nm)
2. Imager les domaines magnétiques sous champs magnétique + électrique
3. Interpréter les résultats/simulations magnétiques

Collaboration entre 3 laboratoires

• PMC (Polytechnique, équipe P. Allongue) :
préparation des couches magnétiques



• IEF (Orsay, équipe D. Ravelosona) :
substrats + imagerie magnétique



• LPS (Orsay, équipe A. Thiaville) :
interprétation + simulations

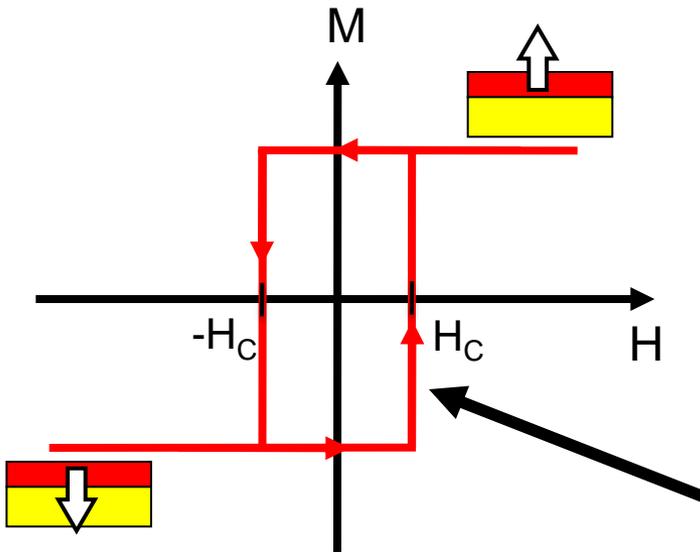


Postdoc



Introduction : I

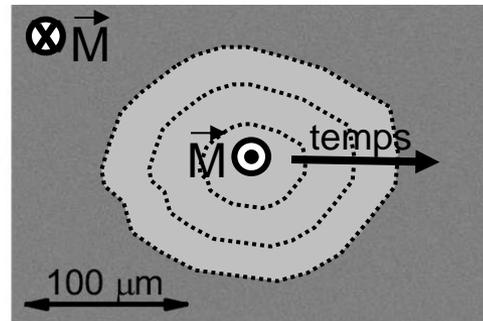
Cycle d'aimantation



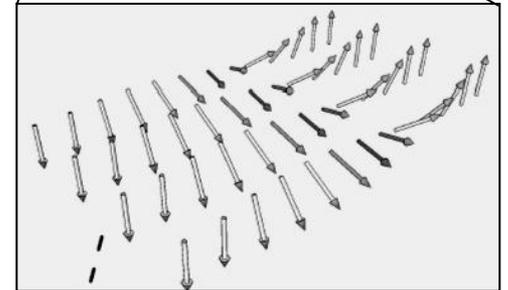
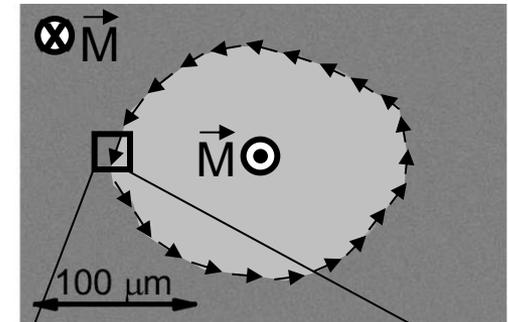
H_c

- énergie nécessaire pour créer un domaine (énergie de nucléation)
- énergie de propagation d'une paroi de domaine (vitesse de propagation)

Image Magnétique



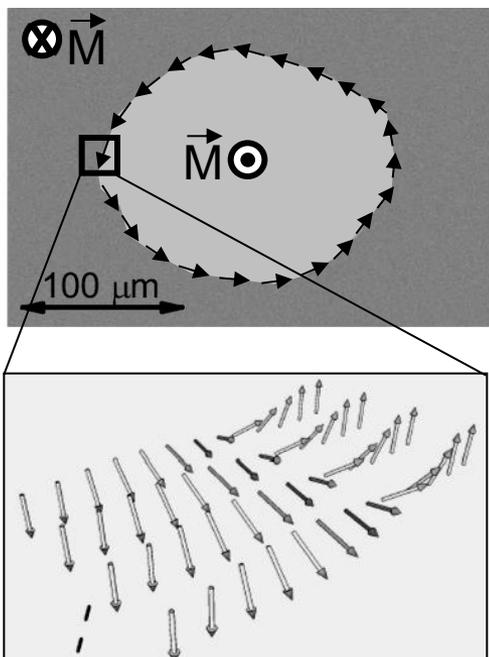
$\vec{H} \odot$



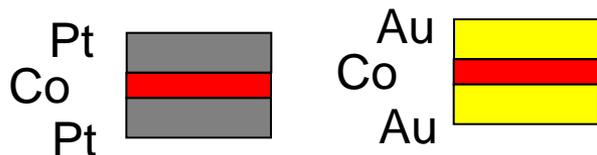
Paroi de Bloch

Introduction : II

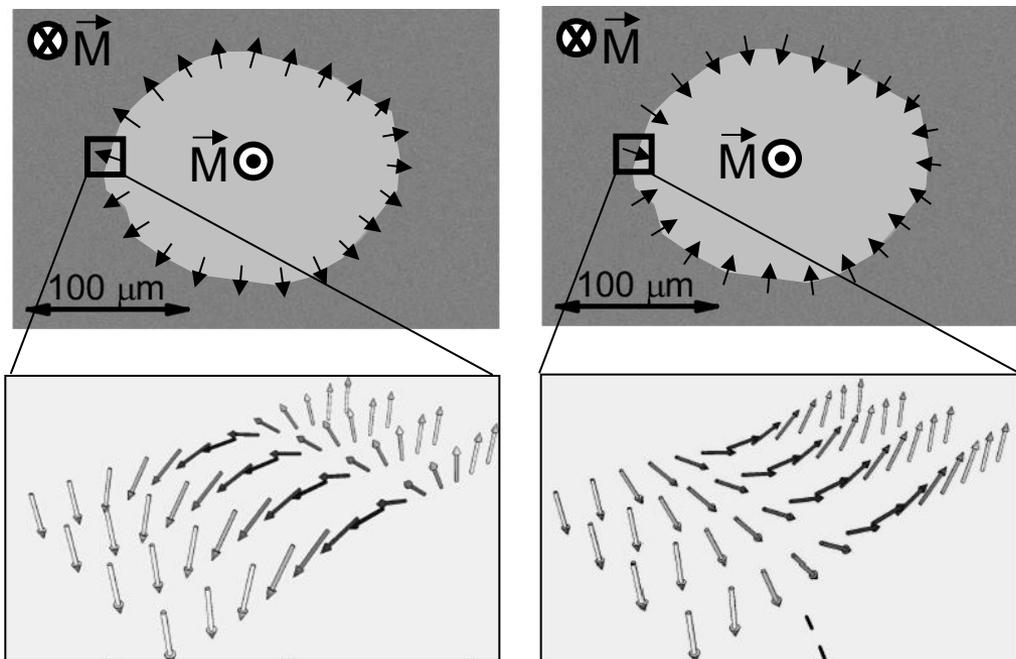
Paroi de Bloch



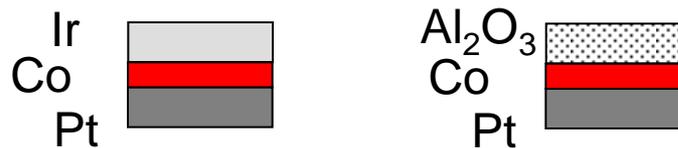
Couches minces



Parois de Néel



Couches minces interfaces dissymétriques



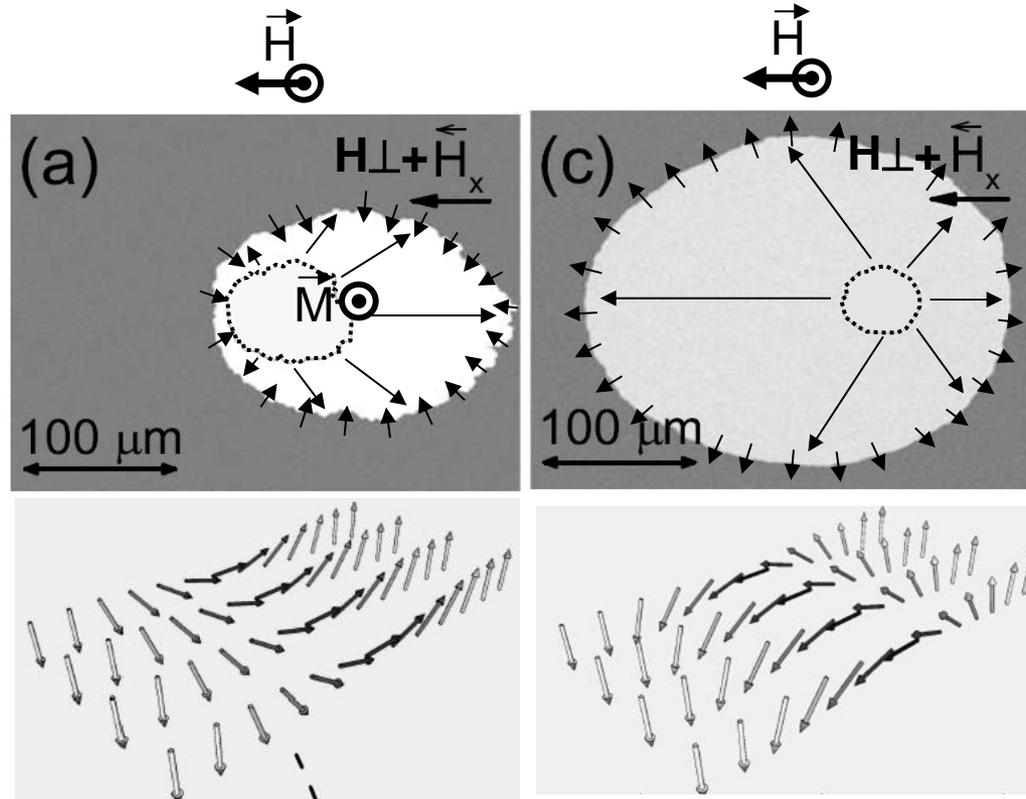
Interaction DMI

Interaction DMI → contrôle de la vitesse de propagation des parois magnétiques

Introduction : III

Observation de l'interaction DMI dans les couches ferromagnétiques ultraminces

- Observation de l'aimantation locale dans une paroi \rightarrow difficile car largeur de paroi \sim quelques nm
- Observer la propagation de paroi sous champ magnétique dans la plan



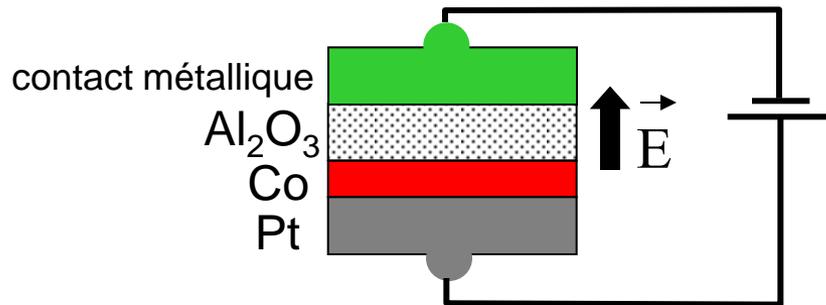
Projet

Théoriquement, un champ électrique affecte l'interaction DMI

Etudier l'influence d'un champ électrique sur l'interaction DMI

Approche habituelle

Système tout solide

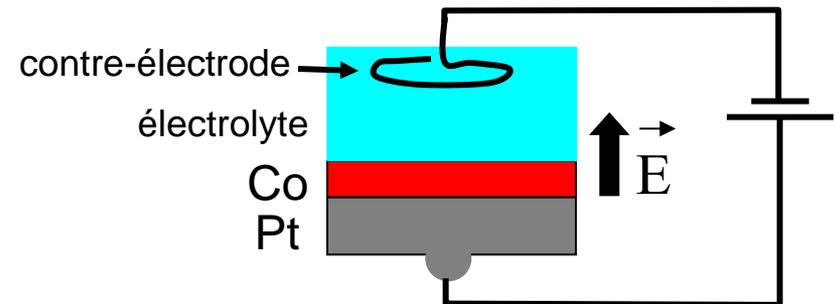


Inconvénients/problèmes :

- inhomogénéité du champ électrique
- pin-holes dans la couche d'oxyde
- piégeage de charge dans l'oxyde

Approche de ce projet

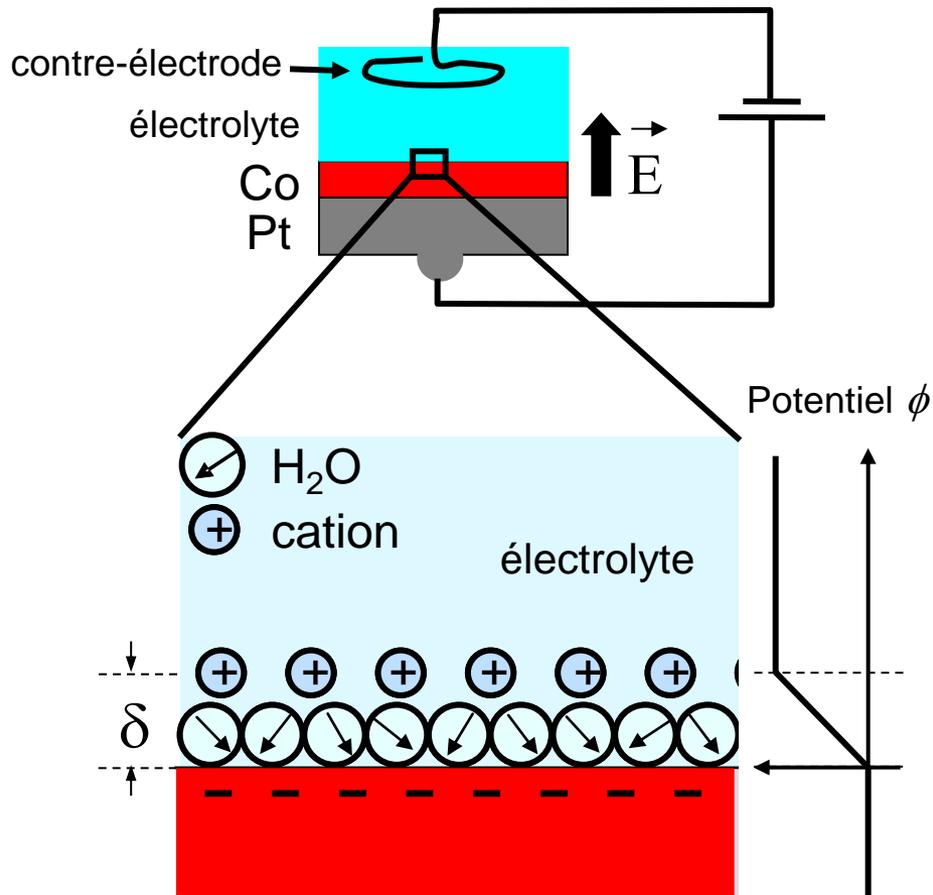
Système électrochimique



Système adapté DMI?

- ☑ interfaces dissymétriques
- ☑ couches à aimantation perpendiculaire
- ☑ champ électrique homogène et sans court-circuit

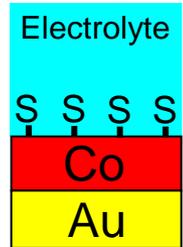
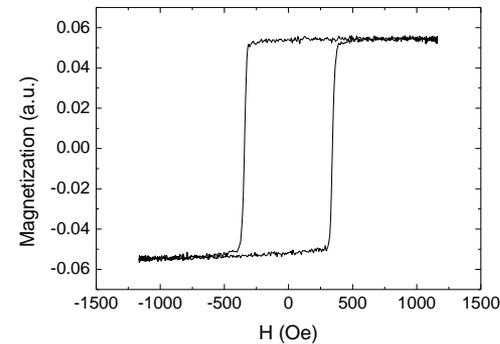
Approche tout-électrochimique



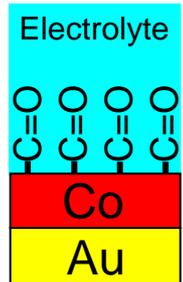
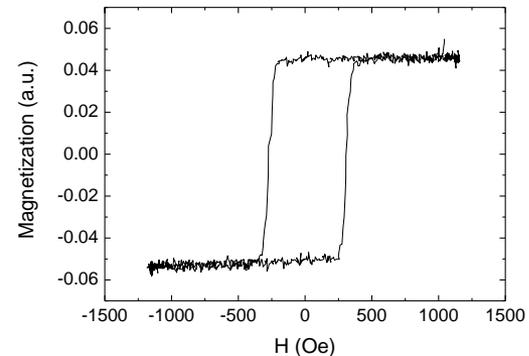
- $\delta \sim 0.4 \text{ nm} \rightarrow E \sim 1 \text{ V/nm}$
- E spatialement homogène

Couches ultra-minces à aimantation perpendiculaire dans un électrolyte

Electrolyte/S-Co(4.5ML)/Au

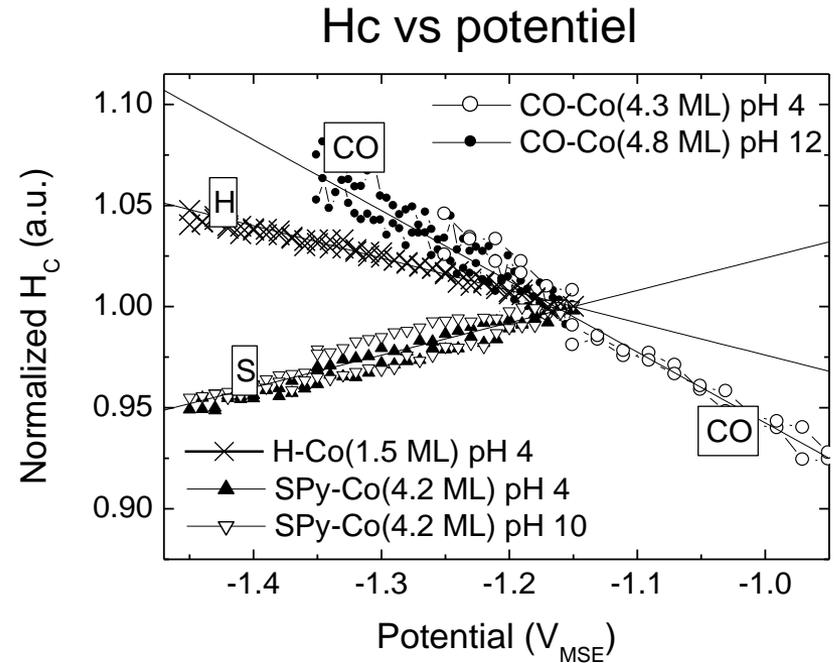
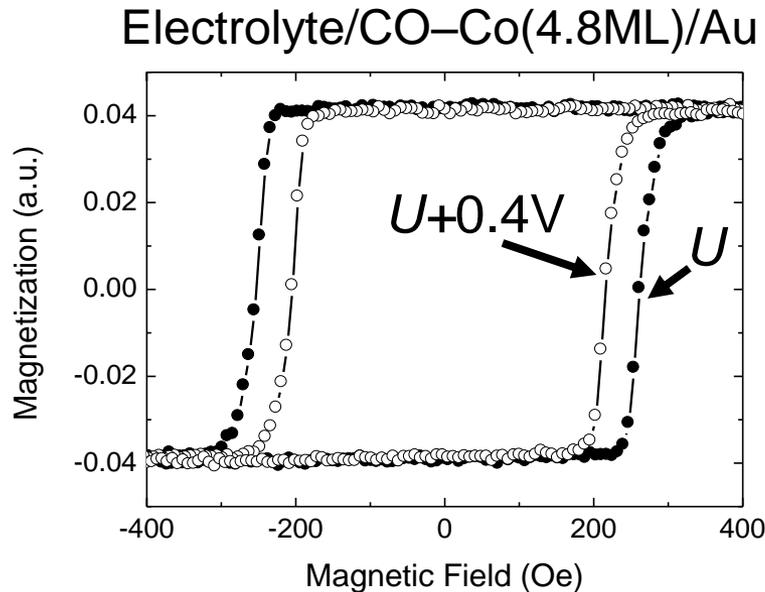


Electrolyte/CO-Co(4.8ML)/Au



Effet de E sur le magnétisme des couches en solution

Influence du champ électrique sur Hc

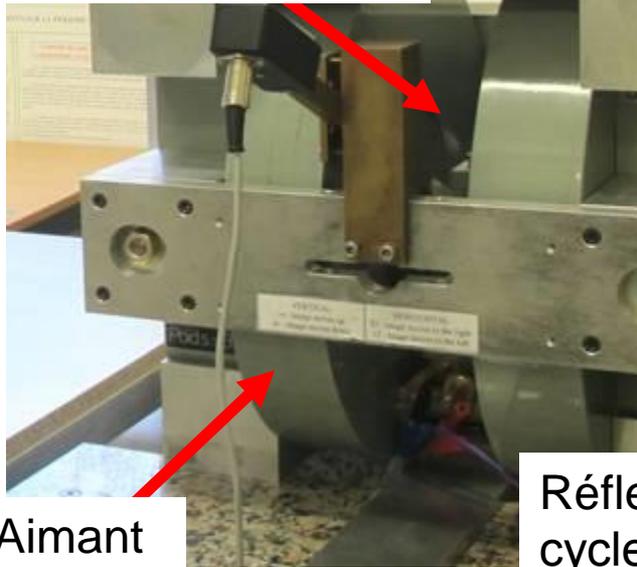


- Effet du champ électrique particulièrement grand
- Comportement linéaire → pas d'effets parasites
- Effet dépend de la couche moléculaire de couverture du Co
→ souplesse pour l'étude DMI + E que l'on veut mener

Imagerie magnétique en solution

- Adaptation du montage de l'IEF pour les mesures d'échantillons dans une cellule électrochimique à circulation d'électrolyte
- Ajout de la mesure en temps réel de l'aimantation de l'échantillon
- Ajout de la mesure en temps réel de la réflectivité de l'échantillon
- Implémentation des logiciels d'acquisition et de contrôle

Echantillon + cellule électrochimique à circulation

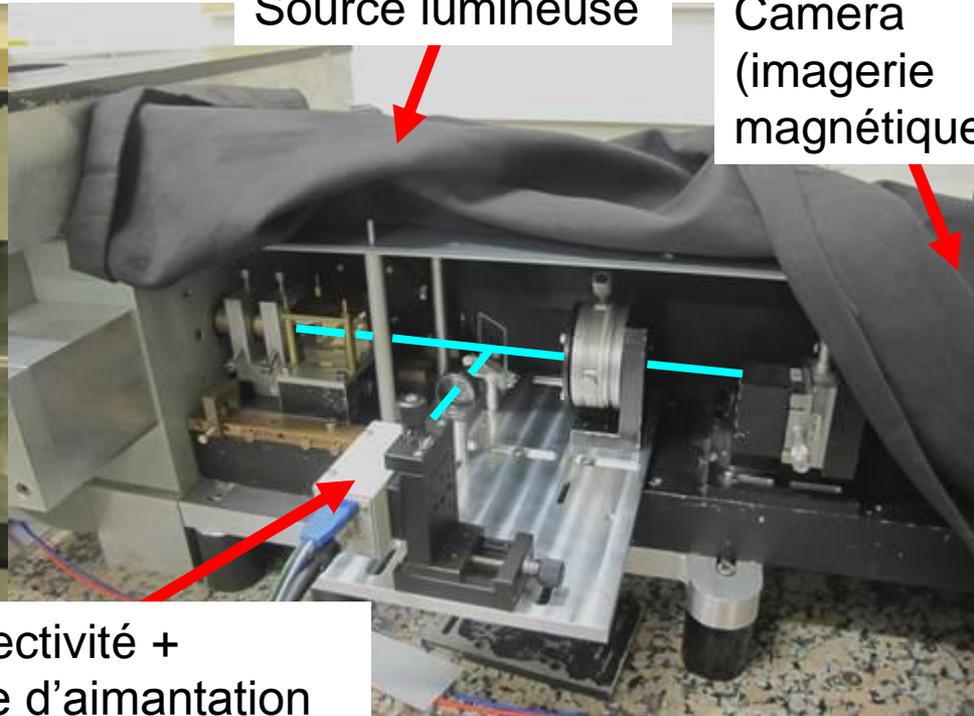


Aimant

Réflectivité + cycle d'aimantation

Source lumineuse

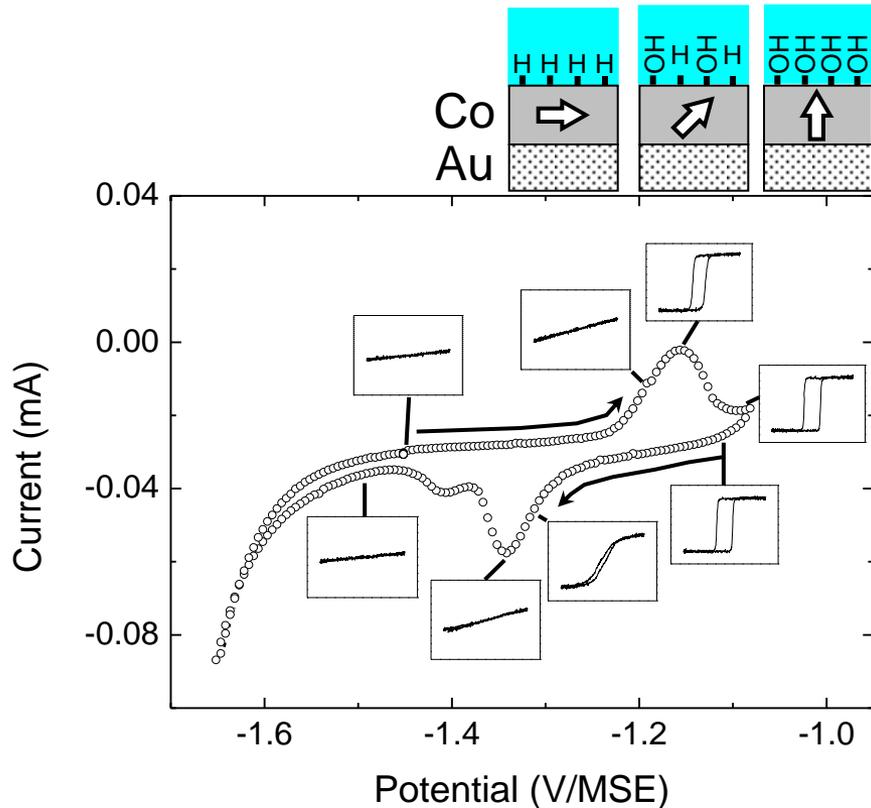
Camera (imagerie magnétique)



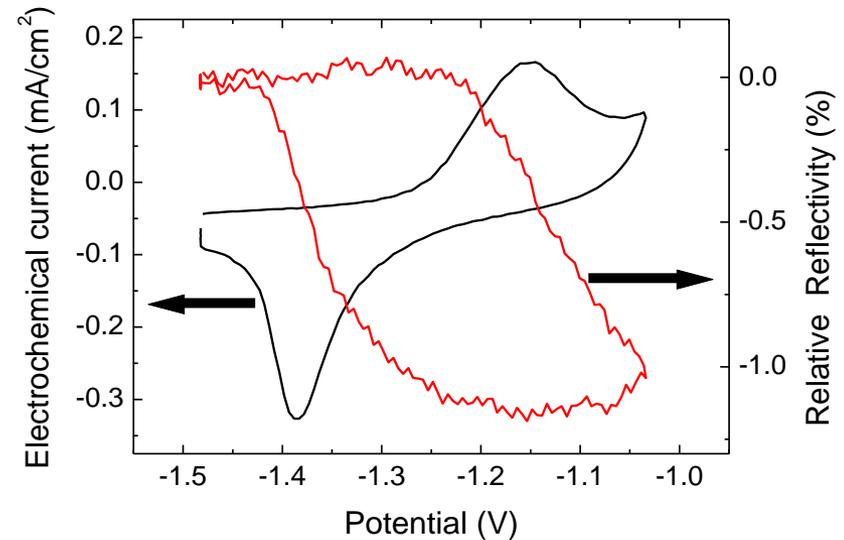
Objectif : étudier la propagation de parois magnétiques sous champ électrique

Premier système étudié : électrolyte/OH-Co/Au

Mesures dans une cellule électrochimique standard



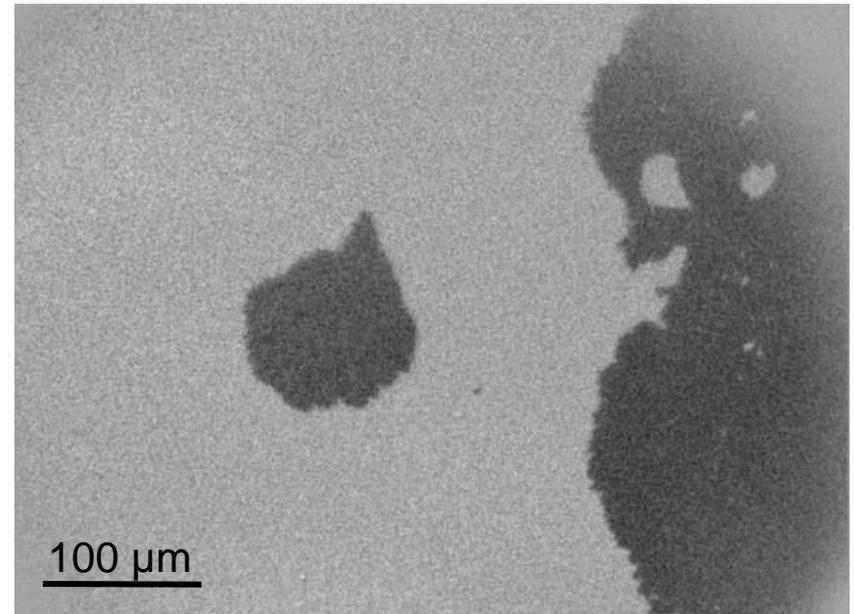
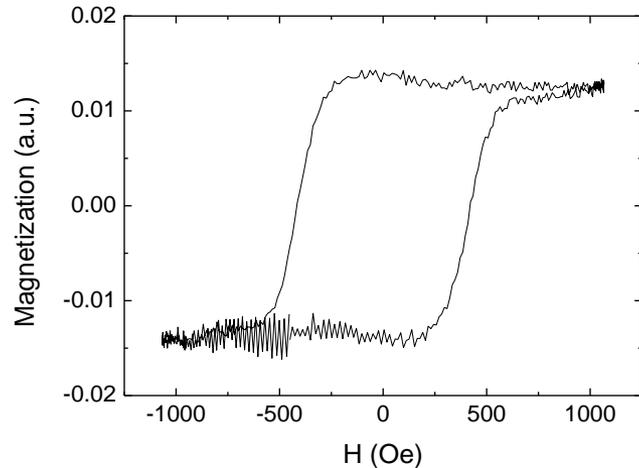
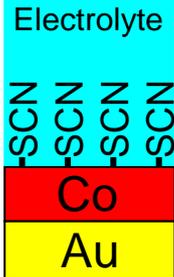
Mesures dans la cellule électrochimique du microscope magnétique



- Conditions électrochimiques + réflectivité
- Problème : stabilité de la phase OH-Co en fonction du temps insuffisante
→ difficulté pour étudier la propagation de parois magnétiques

Deuxième système étudié : électrolyte/SCN-Co/Au

Electrolyte/SCN-Co(4ML)/Au



- ✓ *Mesure de cycle d'aimantation*
- ✓ *Stabilité dans le temps de la couche*
- ✓ *Signal sur bruit + stabilité des images magnétiques en présence de l'électrolyte et de la cellule à circulation*

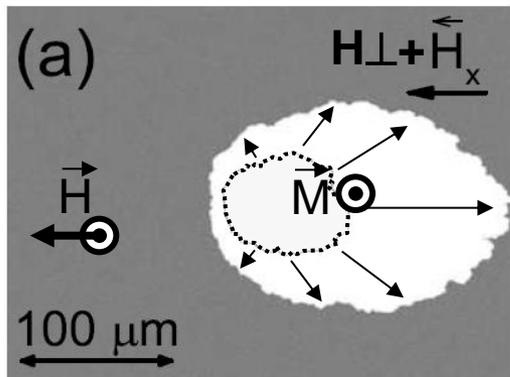
Prochaines étapes

- Mise en place technique permettant la préparation de systèmes Electrolyte/CO–Co/Au pour disposer d'un deuxième système ayant une dépendance différente en fonction du champ électrique (*mise en place en cours*)
- Etudier la propagation de parois magnétiques sous champ électrique des systèmes Electrolyte/SCN–Co/Au et Electrolyte/CO–Co/Au (*en cours*)

Deux stratégies pour étudier l'influence du champ électrique sur le DMI

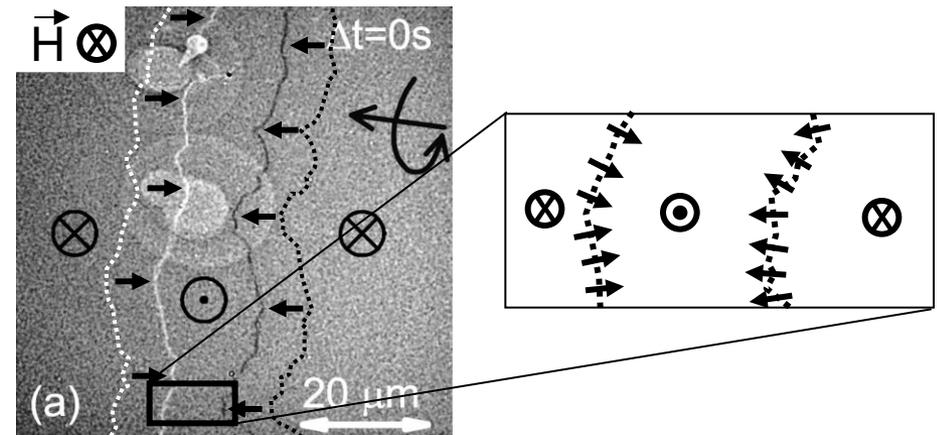
1) Etudier la propagation de paroi magnétique en présence dans un champ magnétique dans le plan

Mise en place en cours



A. Hrabec et al., arXiv:1402.5410v1 [cond-mat.mtrl-sci] 21 Feb 2014

2) Etudier la propagation de paroi magnétique ayant une orientation différente se propageant en sens opposé



Benitez et al., arXiv:1503.07668v1 [cond-mat.mtrl-sci] 26 Mar 2015

Merci pour votre attention