

TELECOM
Bretagne



Institut
Mines-Télécom

Spintronique : de la récupération d'énergie aux applications micro- ondes

Colloque Institut Mines-Télécom :
Matériaux : réalités et nouvelles frontières
30 et 31 mars 2016





Sommaire

Introduction

Contexte

Elaborations de matériaux

Domaine d'application

Conclusion et perspectives

Introduction



Nobel Prize: 2007



Albert Fert



Peter Grünberg

Introduction



Nobel Prize: 2007

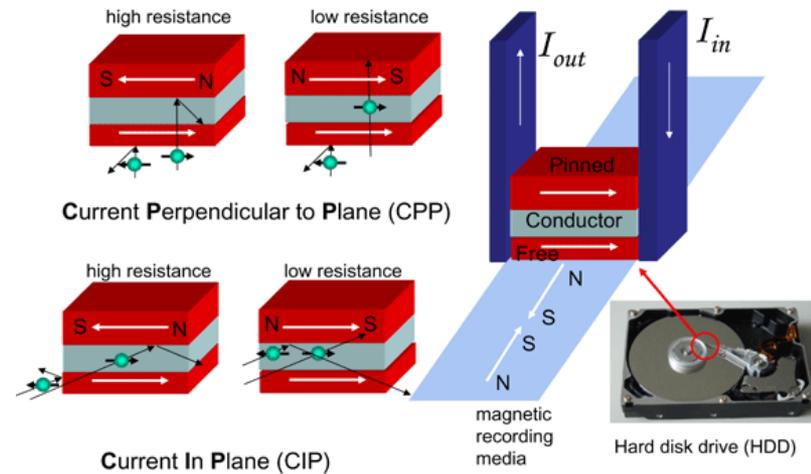


Albert Fert



Peter Grünberg

Giant Magnetoresistance (GMR)



1997 (before GMR) : 1Gbit/in²

2007 : GMR heads ~300 Gbit/in²

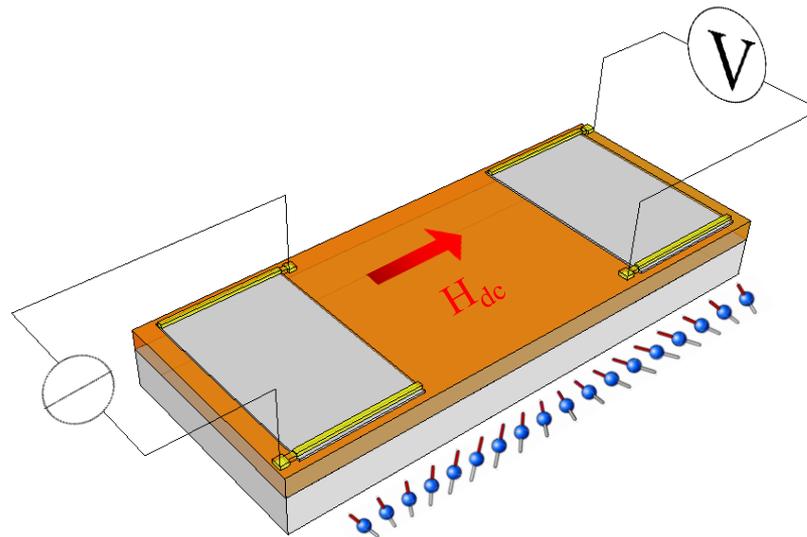
Introduction

nature

Vol 464 | 11 March 2010 | doi:10.1038/nature08876

LETTERS

Transmission of electrical signals by spin-wave interconversion in a magnetic insulator



Spin Pumping
&
Inverse Spin Hall Effect (ISHE)

Spin Hall Effect (SHE)
&
Spin Transfer Torque

[1] Y. Kajiwara *et al.*, Nature (London) **464**, 262 (2010)

Introduction

nature

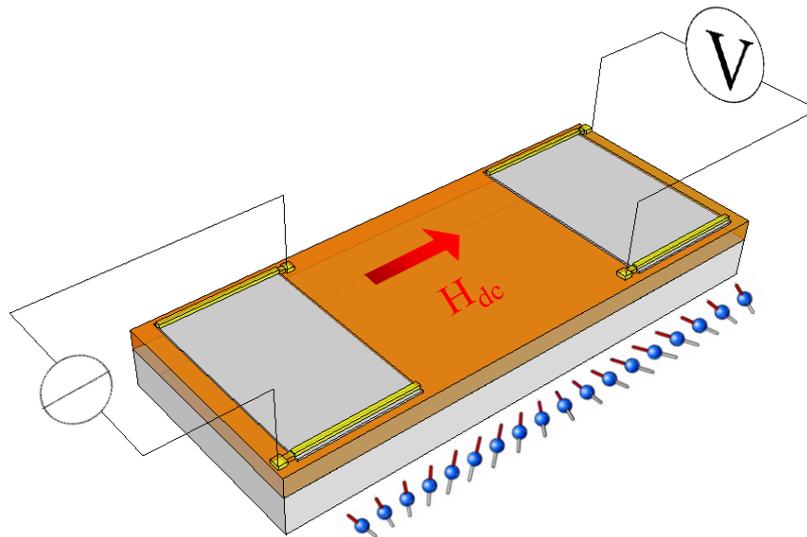
Vol 464 | 11 March 2010 | doi:10.1038/nature08876

LETTERS

Transmission of electrical signals by spin-wave interconversion in a magnetic insulator



Spin Hall Effect (SHE)
&
Spin Transfer Torque



Spin Pumping
&
Inverse Spin Hall Effect (ISHE)



[1] Y. Kajiwara *et al.*, Nature (London) **464**, 262 (2010)

Introduction

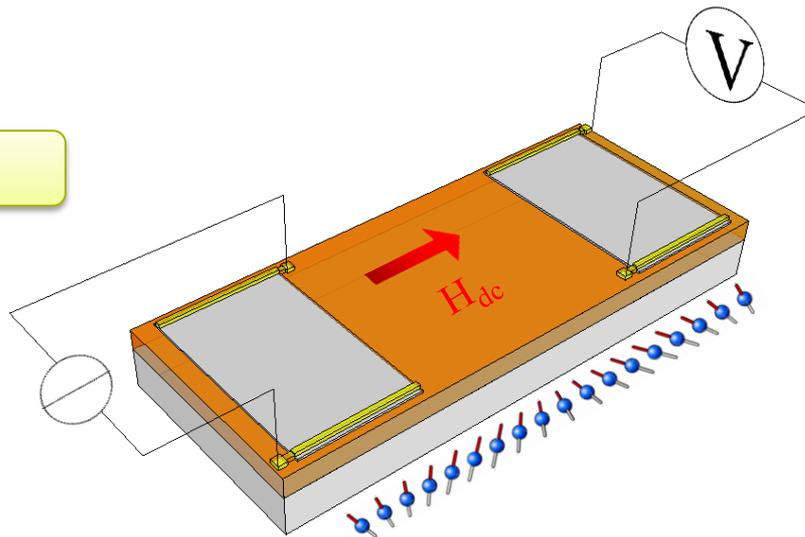
nature

Vol 464 | 11 March 2010 | doi:10.1038/nature08876

LETTERS

Transmission of electrical signals by spin-wave interconversion in a magnetic insulator

Reconfigurabilité



Spin Pumping & Inverse Spin Hall Effect (ISHE)



Récupération d'énergie

Spin Hall Effect (SHE) & Spin Transfer Torque

[1] Y. Kajiwara *et al.*, Nature (London) **464**, 262 (2010)



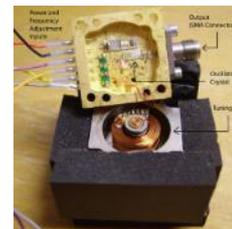
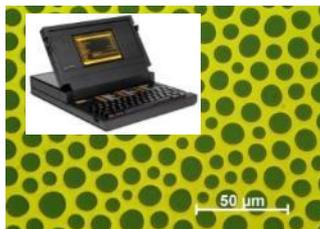
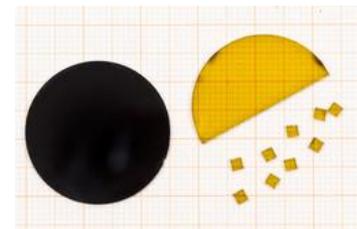
Contexte

- **Nouvel axe de recherche du département Micro-Ondes à Télécom Bretagne**
- **Mise à profit du MoU: SpinTronicFactory « Novel Ideas for Spintronic and Magnonic Applications » récemment signé**
- **Septembre 2015 : premier investissement**
- **Dépôt d'un ANR JCJC en cours...**

Elaboration de matériaux

■ Elaboration de matériaux magnétiques :

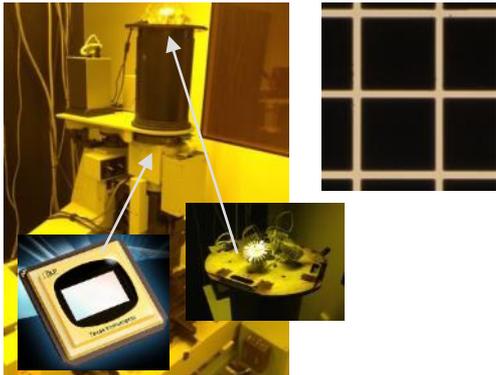
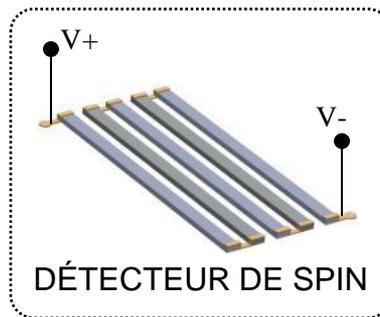
- Yttrium Iron Garnet
- Ferrimagnétique isolant électriquement
- Epitaxie en phase liquide
- Propriétés magnétiques et électriques compatibles avec la réalisation d'applications micro-ondes



Elaboration de matériaux

■ Reconfigurabilité et récupération d'énergie :

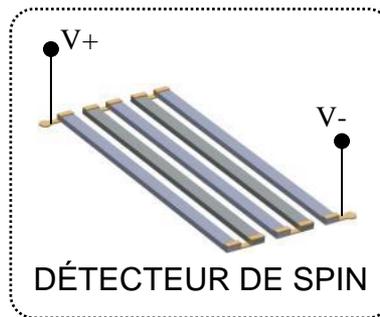
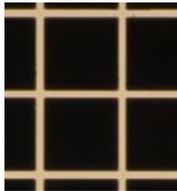
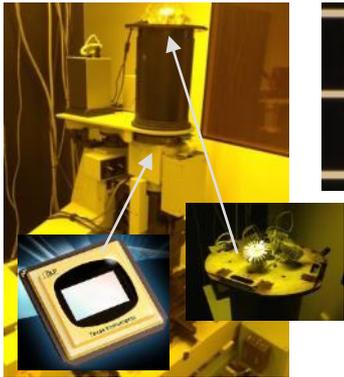
- Dépôt par pulvérisation cathodique de détecteur de spin (Platine, Tantale...)
- Microstructuration par maskless lithography



Elaboration de matériaux

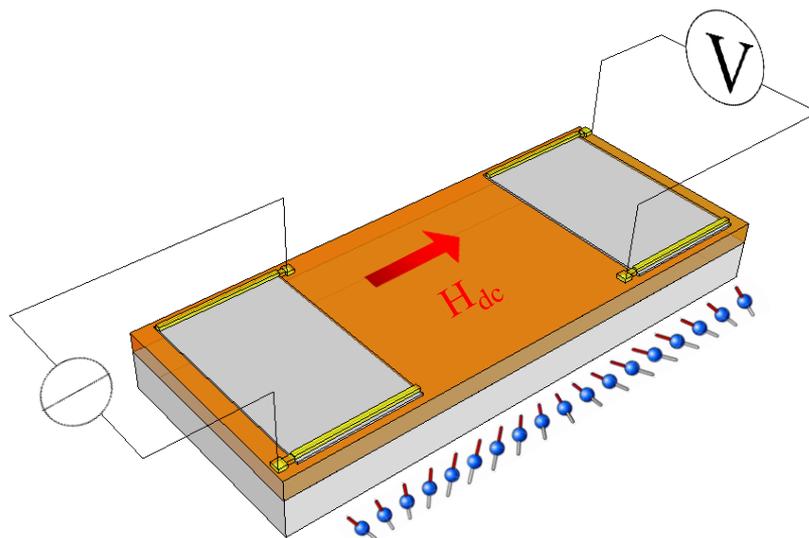
■ Reconfigurabilité et récupération d'énergie :

- Dépôt par pulvérisation cathodique de détecteur de spin (Platine, Tantale...)
- Microstructuration par maskless lithography
- Nanostructuration par lithographie à faisceau d'électron



■ Reconfigurabilité et récupération d'énergie :

Conversion courant de spin en courant de charge



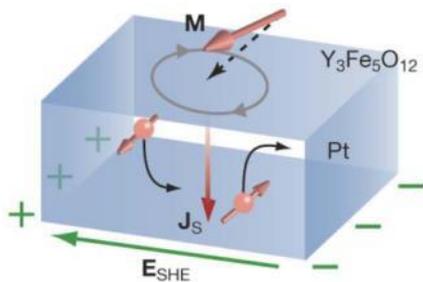
Spin Pumping &
Inverse Spin Hall Effect (ISHE)

DETECTION

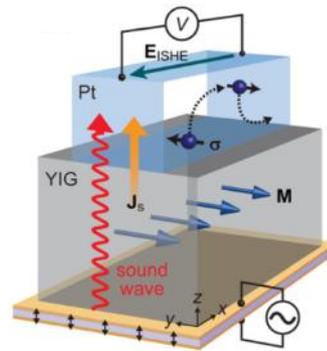
Récupération d'énergie

■ Reconfigurabilité et récupération d'énergie :

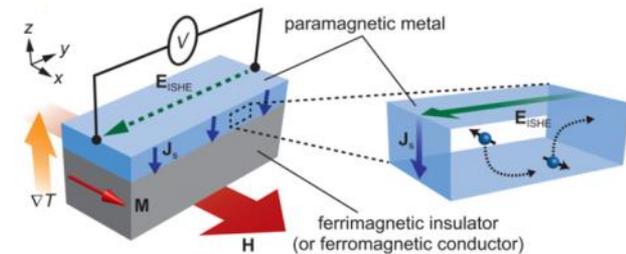
Conversion courant de spin en courant de charge



Résonance ferromagnétique [1]



Ondes acoustiques [2]



Gradient de température [3]

[1] Y. Kajiwara, K. Harii, S. Takahashi, J. Ohe, K. Uchida, M. Mizuguchi, H. Umezawa, H. Kawai, K. Ando, K. Takanashi, S. Maekawa, and E. Saitoh, **Nature** **464**, 262 (2010)

[2] K. Uchida, H. Adachi, T. An, H. Nakayama, M. Toda, B. Hillebrands, S. Maekawa, and E. Saitoh, **J. Appl. Phys.** **111**, 053903 (2012)

[3] K. Uchida, M. Ishida, T. Kikkawa, a Kirihara, T. Murakami, and E. Saitoh, **J. Phys. Condens. Matter** **26**, 343202 (2014)

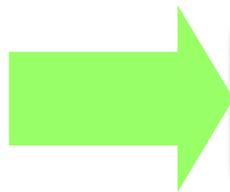
■ Reconfigurabilité et récupération d'énergie :

Résonance
ferromagnétique

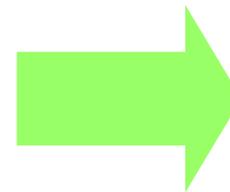
Ondes acoustiques

Gradient de
température

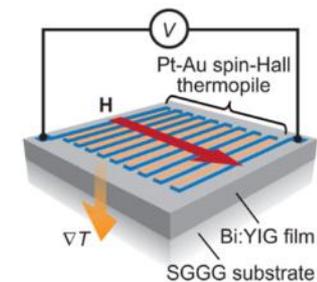
...



Conversion courant de
spin en courant de
charge

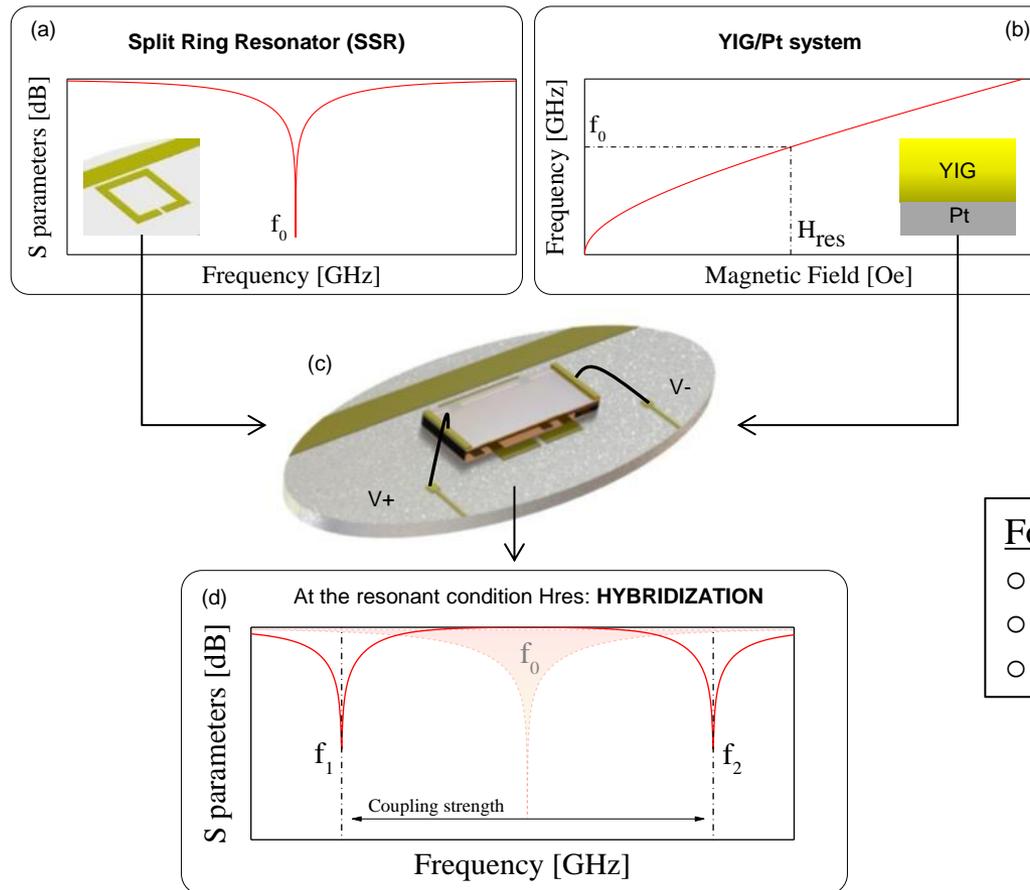


Energy harvesting



Domaine d'application

■ 1^{er} objectif: Filtrage



Fonctions :

- Communication
- Contrôle
- Récupération d'énergie



Conclusion & Perspectives

- **Démontrer la fiabilité des futurs dispositifs micro-onde sur la base de structure issue de la spintronique**
- **Démontrer les fonctionnalités d'auto reconfiguration et de récupération d'énergie basées sur la conversion de courant de spin en courant de charge**
- **Amélioration de l'intégration et de l'efficacité énergétique**