

# Caractérisation d'une phase super-paramagnétique à haute température dans EuO sur graphène

Sacha Rejai

Faculté de Physique et Ingénierie  
Université de Strasbourg

24 Mai 2022



- 1 Introduction
- 2 Fabrication des échantillons
- 3 Loi de Langevin et analyse de données
- 4 Observation d'un effet super-paramagnétique
- 5 Conclusion

L'objet de l'étude est d'étudier une phase super-paramagnétique pour des échantillons où est déposé sur du graphène une couche d'oxyde d'euprasiu.

Domaine plus général : la spintronique

La graphène a un intérêt particulier ?

# Quelques définitions

- Le paramagnétisme
- Le super-paramagnétisme

Fabrication des échantillons :

Les échantillons réalisés sont composés de trois couches, chacune nécessaire pour permettre l'étude des propriétés super-paramagnétiques :

- Couche de graphène
- Couche d'EuO
- Couche de titane

Chaque couche a un rôle spécifique.

Etape de la fabrication :

- Dégazage du graphène pendant plusieurs heures à 350°C
- Dépôt à température ambiante de  $Eu_2O_3$
- Dépôt à 450°C de titane
- Chauffage pendant moins d'une heure à 450°C

La totalité de la fabrication se passe dans une chambre à vide afin d'éviter la pollution des échantillons (environ  $10^9$  torr).

# Spéctrométrie à rayons X

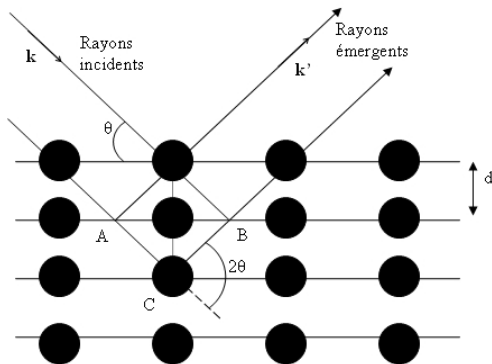


Figure: Schéma du principe de la spectrométrie à rayons X

Formule de Bragg :  $2d.\sin(\theta) = n.\lambda$

# Croix de Hall

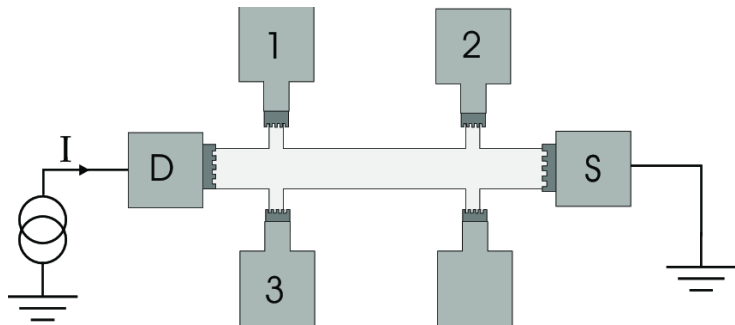


Figure: Schéma d'une croix de Hall

$$R_{xy} = \rho \cdot M + q \cdot B \quad (1)$$

où  $M$  est l'aimantation,  $B$  le champ magnétique,  $R_{xy}$  la résistance transverse (entre 1 et 3 sur la figure);  $1\text{Oe} = \frac{10^3}{4\pi} \text{A.m}^{-1}$



# Loi de Langevin du paramagnétisme

Loi de Langevin du paramagnétisme :

N atomes ayant chacun un moment magnétique  $\vec{m}$ , l'énergie avec un champ magnétique  $\vec{B}$  appliqué :

$$E = -\vec{m} \cdot \vec{B} \quad (2)$$

L'aimantation est alors :

$$M = N.m.L(a) \quad (3)$$

où M est l'aimantation,  $L(a) = \coth(a) - \frac{1}{a}$  la fonction de Langevin, et

$$a = \frac{mB}{k_B T}$$

# Fonction de Langevin

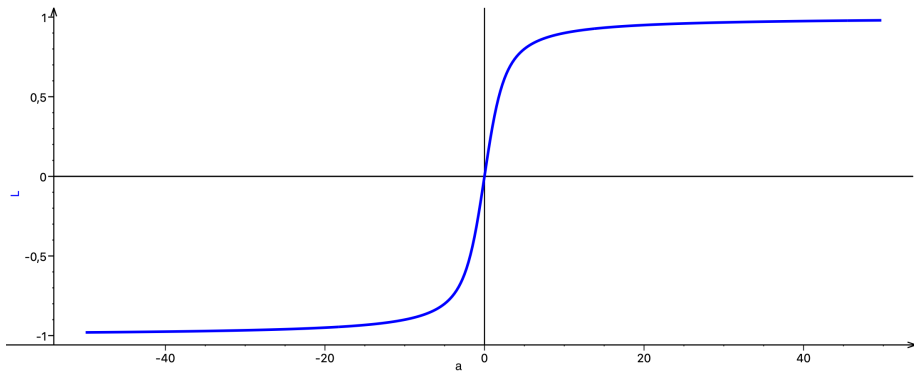


Figure: Fonction de Langevin sur  $[-50, 50]$

$R_{xy} = p.M$  car  $p$  est grand devant  $q$  dans notre cas.

# Résultats expérimentaux

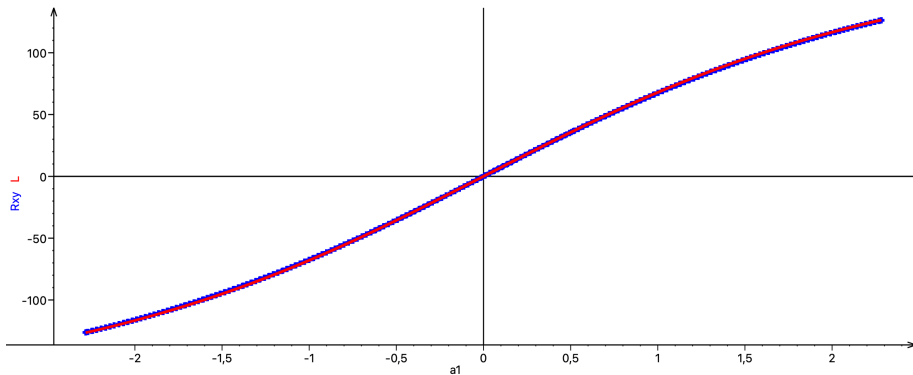


Figure: tracé de  $R_{xy}(\Omega)$  de de A.L(a) en fonction de a pour  $T = 200K$

# Les fits à différentes température

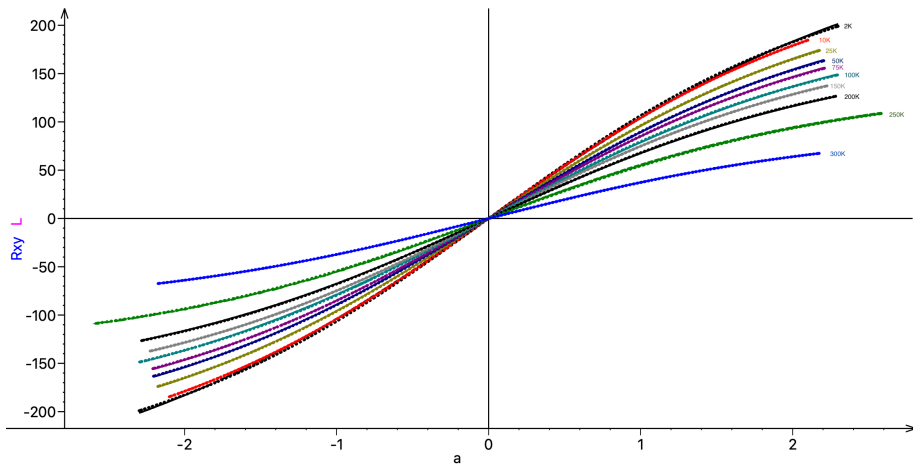


Figure: Les différents fits pour chaque température

# Résultats obtenus

Température (K)	moment magnétique ( $\mu_B$ )	Amplitude A ( $\Omega$ )
2	0,76	340
10	3,472	333
25	8,993	307
50	18,22	286
75	27,39	272
100	37,96	254
150	55,21	239
200	75,48	217
250	106,8	174
300	107,8	119

$$1\mu_B \approx 9,3.10^{-28} J.Oe^{-1}$$

# Tracé de m en fonction de la température

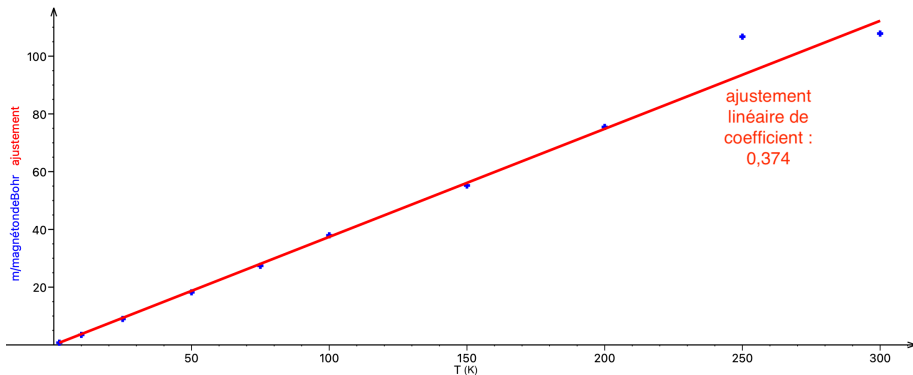


Figure: Evolution de  $m$  ( $\mu_B$ ) en fonction de  $T$  (K)

# Tracé de A en fonction de la température

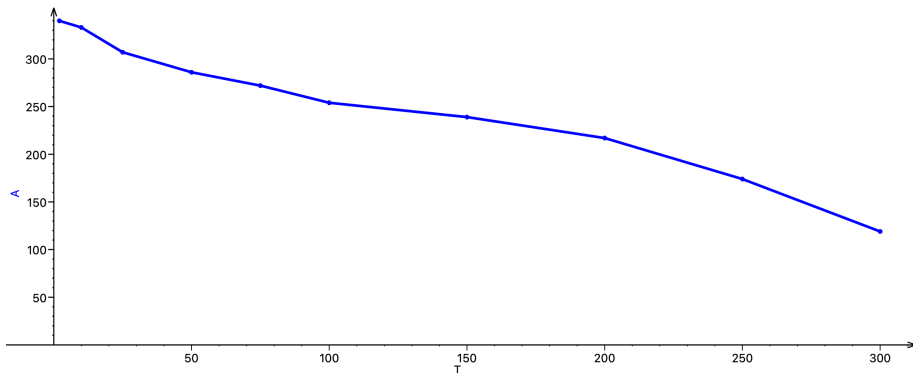


Figure: Evolution de A ( $\Omega$ ) en fonction de T (K)

# Possible origine de l'effet super-paramagnétisme

Hypothèse des polarons :

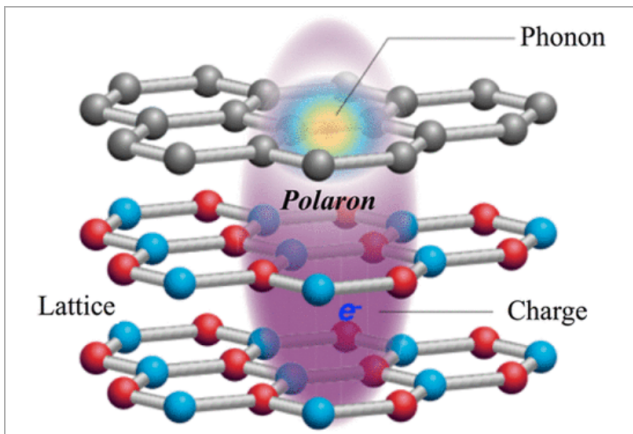


Figure: Schéma d'un polaron



- Résultat encourageant pour la spintronique.
- Résultat à nuancer : Encore un manque de compréhension