

# MP15 : Production et mesure de champ magnétique

## Bibliographie :

-  *Electricité*, Quarenza [1]
-  *Les magnétomètres*, Wikipédia [2]

## Rapports de jury :

**2017** : *La mesure de champs de différents ordres de grandeur peut être intéressante. L'utilisation d'un électro-aimant nécessite de savoir justifier le choix des pièces polaires, les non-linéarités champ-courant.*

**2016** : *La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. D'autre part, les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électro-aimant.*

Ce que j'en comprend : Il faut se renseigner sur l'électroaimant lors du passage [1], se renseigner sur la sonde à effet Hall et les différents flux-mètre (internet + [1]). Connaître le champ magnétique à l'extérieur de l'electromaimant.

Il existe plusieurs capteurs de champ magnétique. On mesure systématiquement une grandeur qui est une conséquence du champ magnétique (Force, moment de torsion, courant...). C'est le cas pour les capteurs couraments utilisés :

- La **sonde à effet Hall** (Force de Lorentz magnétique)
- Le **flux-mètre** (loi de Faraday)

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Mesure du champ magnétique dans une bobine</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Étalonnage d'un électroaimant</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Principe d'un capteur à effet Hall</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Création d'un champ tournant</b>	<b>3</b>

## Introduction

L'utilisation des champs magnétiques est particulièrement répandue dans les domaines industriels (machines tournantes, application de force à distance) et de la recherche avancée (accélérateurs de particules). Au laboratoire, des solutions simples s'offrent au chercheur pour produire un champ magnétique de faible intensité, et pour mesurer ces derniers. C'est ce que nous allons voir dans ce montage.

*Problématique*

*Transition :*

## Proposition de plan :

### 1 Mesure du champ magnétique dans une bobine

Petit champ magnétique mais stable. On fait passer un capteur à effet hall longitudinal dans une bobine longue (Longueur>Diamètre) ou la formule des champs B des solénoïdes infinis est vraie.

✓ Manip : 096.1 : Mesure du champ dans une bobine

En préparation : On trace B en fonction de I.

En direct :

Exploitation : Cela permet de remonter au nombre de spires par unité de longueur.

*Transition :* Ok pour les petits champs B mais pour les gros ? -> Electroaimant

### 2 Étalonnage d'un électroaimant

On trace  $B=f(1/e)$  pour deux valeurs de I.

On fixe e et on trace  $B=f(I)$ , c'est ce point qu'on prend en direct (très répétable).

#### ATTENTION !!!

On ne bouge plus du tout l'électroaimant une fois la mesure faite car on ne pourra plus retrouver la bonne position.

✓ Manip : 063.1 : Etalonnage de l'électroaimant

En préparation : On fait varier la taille de l'entrefer et on mesure le champ magnétique. On montre qu'il existe des régimes en fonction de e (on a pas une droite) mais pour un écart d'entrefer intermédiaire, on peut tracer  $B=f(I)$ .

En direct :

Exploitation : On montre qu'il y a une dépendance linéaire entre le champ magnétique et le courant, qui va nous servir par la suite pour caractériser un capteur.

*Transition :* Jusqu'ici on a utilisé des capteurs pour mesurer le champ magnétique. Comment fonctionne ce capteur ?

### 3 Principe d'un capteur à effet Hall

#### ✓ Manip : Caractérisation d'un capteur à effet Hall

**En préparation :** On relève la tension de Hall en fonction du courant qui alimente l'électroaimant (qui est relié au champ crée dans l'entrefer).

**En direct :** On relève un point en direct

**Exploitation :** Cela permet de montrer la dépendance linéaire entre la tension de Hall et le champ B dans lequel il se trouve. Cela caractérise le principe d'un capteur.

*Transition : On a vu comment générer un champ intense, unidirectionnel et statique avec un électro-aimant, ainsi que le principe de la mesure d'un tel champ à l'aide d'une sonde à effet Hall. Mais le champ magnétique est un champ vectoriel. On peut donc se demander comment exploiter cette propriété, en générant par exemple des champs tournants, variables dans le temps.*

### 4 Création d'un champ tournant

(On a pas fait cette manip en préparation mais elle est assez bien décrite par Romain et Coco.  
En plus, on a vu d'autres personnes faire cette manip.)

#### ✓ Manip 064.1 : Boussole qui tourne

**En préparation :**

**En direct :**

**Exploitation :**

### Conclusion :

On peut ouvrir ce montage sur les machines tournantes (même si on ne fait pas la quatrième partie).

On peut ainsi ouvrir ce montage sur les machines tournantes. En l'occurrence, on a ici le fonctionnement de base d'une machine synchrone. (Il ne s'agit pas à 100% d'une machine synchrone, car le matériau de la boussole est conducteur ! On peut avoir création de courants de Foucault et la boussole tourne un peu moins vite que le synchronisme...)

## Questions :

### Questions étudiant :

- 1) Quelles sont les sources de champ B dans la salle ? Téléphones, ordi, ...
- 2) comment peut-on montrer que le champ B est vectoriel ? Limaille de fer ou petites boussoles sur cadre.
- 3) C'est quoi une cage de Faraday ?
- 4) Autre mesure possible du champs B ? balance, décrochement
- 5) Utilisation en astro : effet Zeeman
- 6) Quel intérêt de mesurer B du soleil ? (d'ailleurs comment on fait?) pour s'en prémunir
- 7) Autre unité du champ B ?
- 8) Comment expliquer  $\mu_0$  à un élève ?
- 9) Autres utilisation de champ B ? toute l'induction (freinage, chauffage,...)

### Questions du correcteur :

- 1) Intérêt de choisir tel ou tel semi conducteur pour la plaquette effet Hall ? (tout est dans la densité de porteurs : pas trop grand pour pas que  $V_h$  soit trop faible) Pour des valeurs de densités, voir le Fleury Mathieu.
- 2) Intérêt du solénoïde plutôt que les bobines de Helmoltz ?
- 3) Pourquoi le nombre de spire mesuré pour le solénoïde n'est pas celui attendu ? Peut être pb de sensibilité du tétramètre ? Pour être sur, en comparer deux.

### Questions :

- Ordres de grandeur de champs magnétiques (irm, terrestre...)
- Comment mesure-t-on le champ magnétique terrestre ? influence sur le capteur à effet hall ?
- Influence de la température sur le champ dans le solénoïde ?
- Pourquoi il y a un champ rémanent dans l'électroaimant et pas dans le solénoïde ?
- A quoi est du aux champs environnants?

### Remarques :

- Solénoïde intéressant si on veut un champ faible mais stable
- Electroaimant permet d'avoir des champs plus intenses
- Il serait plus judicieux de tracer un réseau de caractéristiques pour  $B=f(l)$  pour différents  $e$  : on montre la variation d'homogénéité du champ dans l'entrefer en fonction de la taille de celui-ci
- Ne pas faire les bobines de Helmoltz parce que c'est trop galère..

Manip surprise : Peut-on amplifier un signal audio avec un montage inverseur tout fait ? Il faut regarder la bande passante et voir si le passe bas a une fréquence de coupure à plus de 10kHz ! Faire attention aux cas où la gain est très fort et donc il y a des non linéarités !!!

- expériences pour montrer la nature vectorielle et non scalaire de  $\vec{B}$  ?
- autres expériences pour créer un champ avec la première méthode ?
- comment mesurer  $B$  à distance ?
- avantages/inconvénients des bobines de Helmholtz par rapport au solénoïde (on a la place de mettre quelque chose de plus grand mais le champ n'est pas aussi uniforme)
- expliquer l'effet Zeeman
- application de  $B$  en mécanique quantique ? (RMN)
- comment expliquer  $\mu_0$  à un élève ?
- pourquoi l'électroaimant sature ?
- pour un matériau donné, quelle est l'aimantation maximale ? (c'est la densité de particules x le moment magnétique de chaque atome/molécule)
- comment obtient-on la formule  $B \simeq \mu_0 \frac{N}{e} I$  ? (cf le cours de JBD)
- ordres de grandeur de champs parasites pour l'expérience 3 ? (ex : champ créé par un téléphone)
- expliquer l'effet Hall
- comment choisi le dopage du semi-conducteur dans la sonde à effet Hall ? (compromis : moins il y a de porteurs de charge plus  $V_H$  est grand car  $V_H \propto \frac{1}{n}$  mais plus il est dopé moins le nombre de porteurs de charge dépend de la température)
- ne pas changer d'ampère-mètre pour une même expérience, ça peut fausser les nouvelles mesures
- que devient  $\mu_r$  à la saturation ? (le métal devient équivalent à l'air,  $\mu_r$  n'a pas de sens en-dehors du régime linéaire)
- ordre de grandeur du champ de saturation pour l'électroaimant ? (pour ceux qu'on a c'est de l'ordre de  $2 - 3 T$ )
- comment avoir un champ plus intense avec un électroaimant sans changer  $I$  ou  $e$  ? (ajoute des pièces sur l'entrefer qui diminuent la section  $\Rightarrow$  champ plus intense mais sur une zone plus petite)

## Tableau de l'année

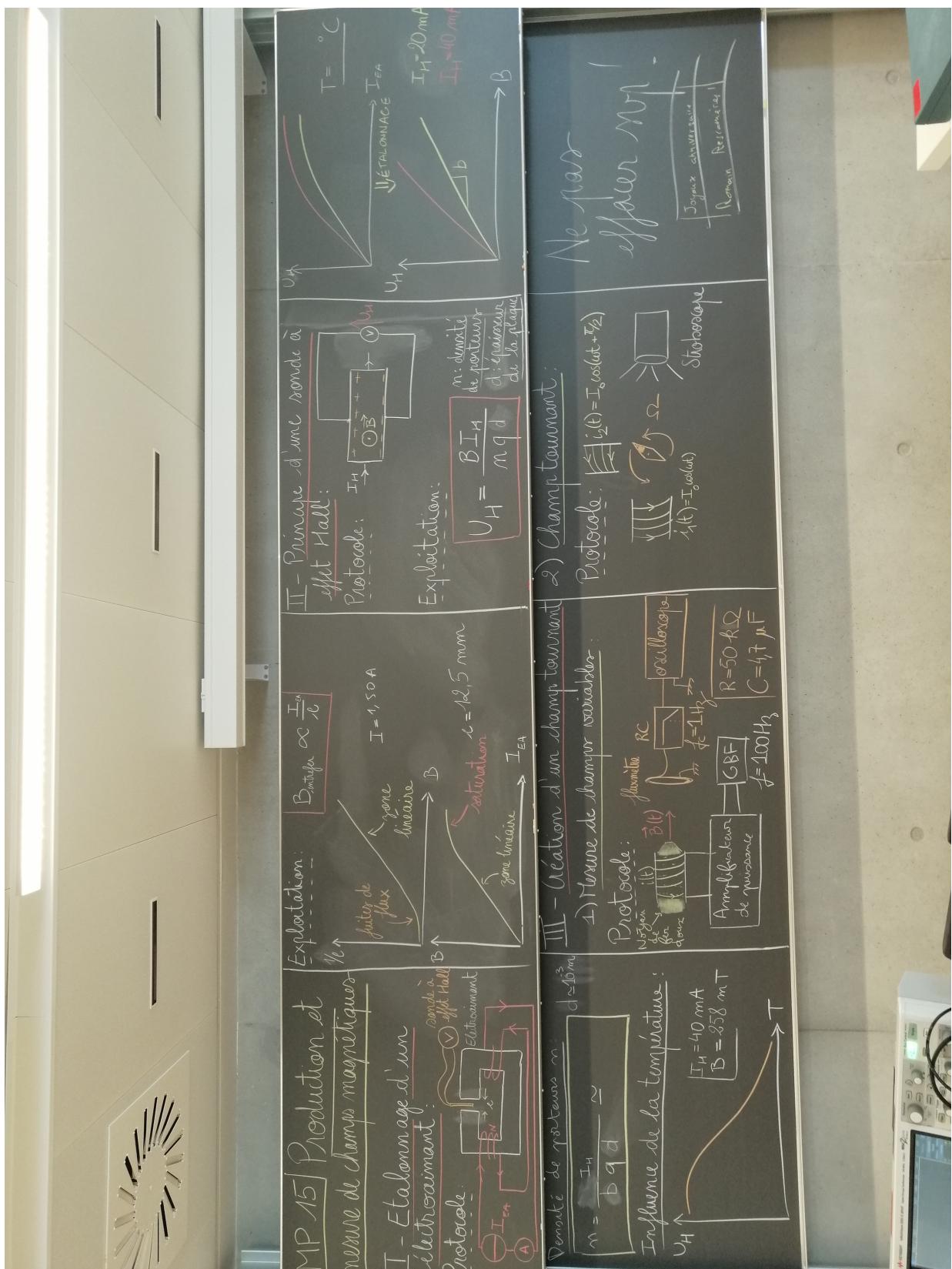


FIGURE 1 – Tableau