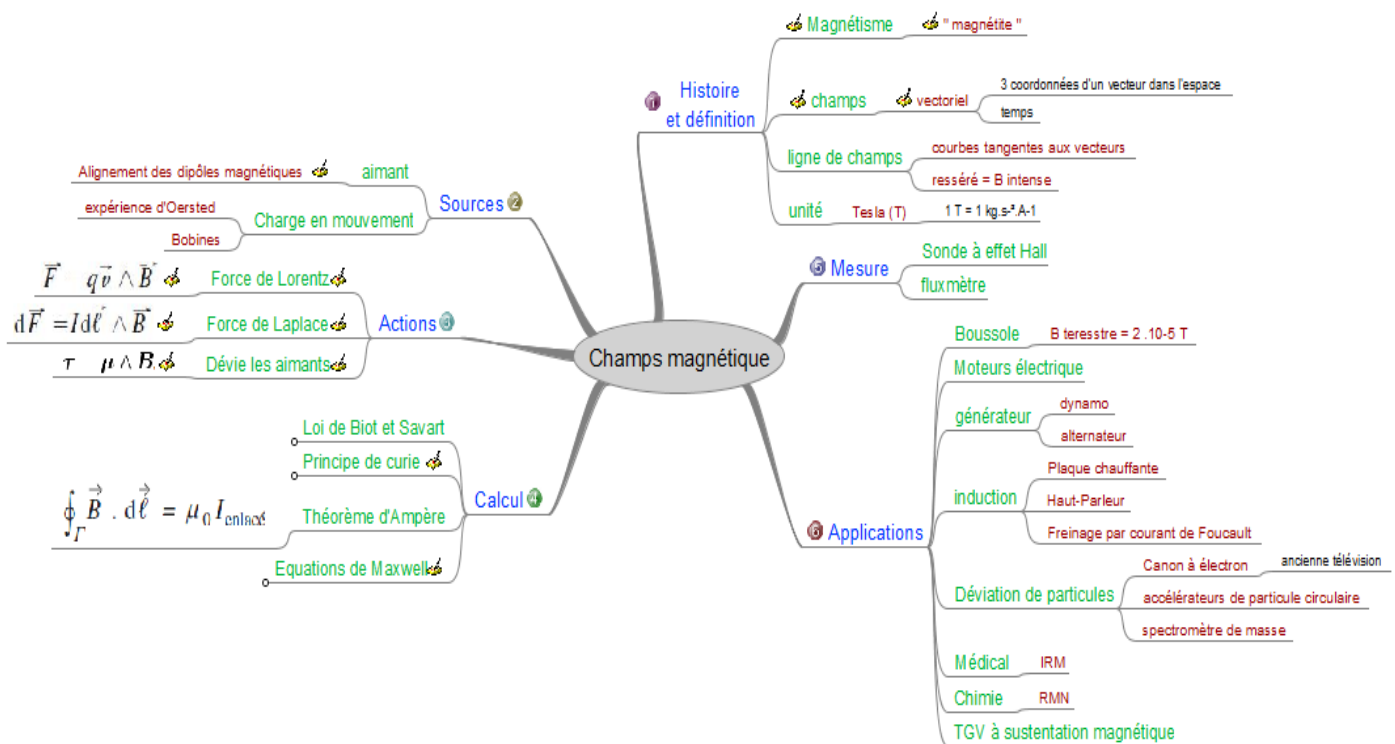


9-L- Champs magnétique

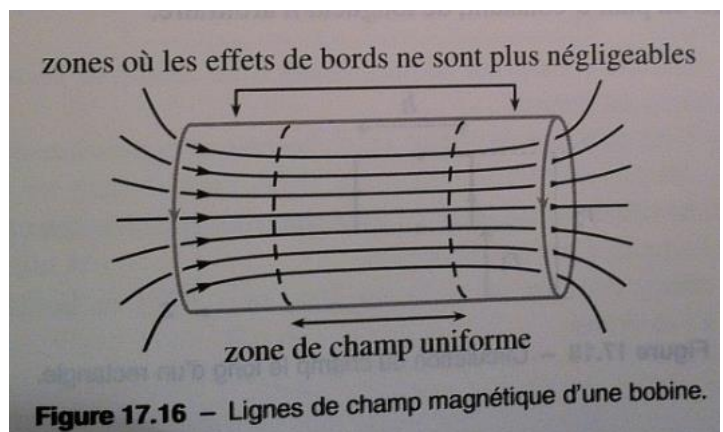
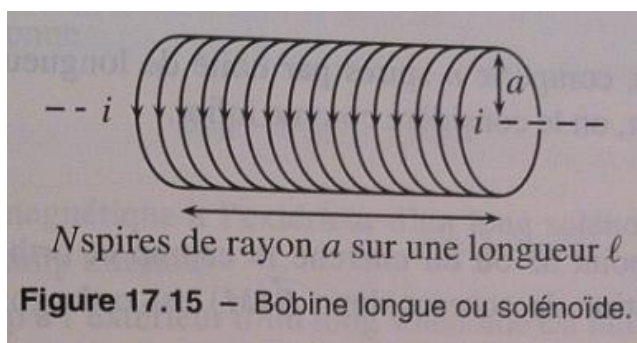
Intro : Carte Mentale



Post Bac : Calcul des champs magnétiques créés par un solénoïde

Bibliographie : J'intègre et H-prépa thermodynamique PC

On considère un solénoïde de longueur l de rayon a , composé de N spires.



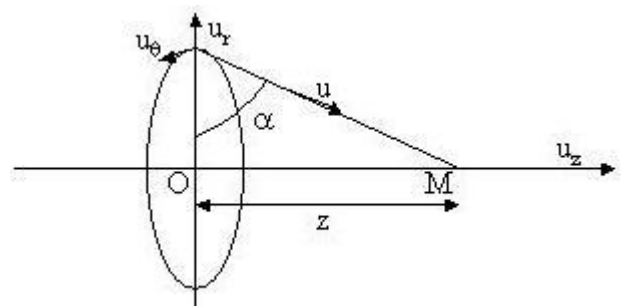
- Etude des symétries et des invariances

Principe de Curie: « Les conséquences (B et E) ont au moins les mêmes symétries que les causes (courant et charge) »

C'est un principe général qui s'applique à toute la physique.

On se place en coordonnée cylindrique.

- Le plan $(0, \vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$ est plan de symétrie des courants. $\vec{B}$ étant un vecteur axial (ou pseudo

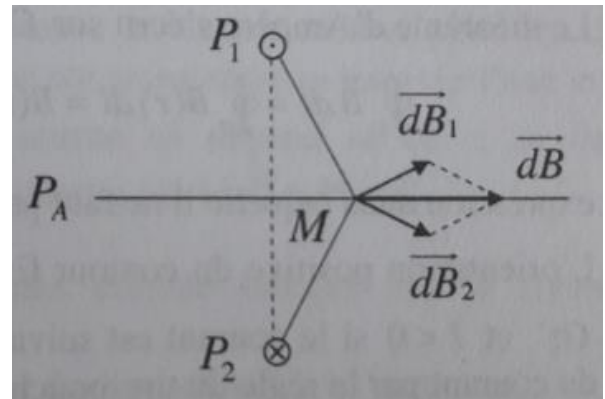
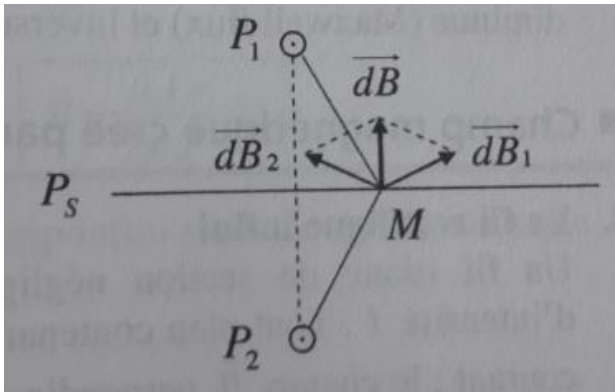


vecteur) il est perpendiculaire à ce plan de symétrie

- $\vec{B}$ appartient au plan d'antisymétrie soit sur $\vec{u}_z$

$$\vec{B}(M) = B(r, \theta, z) \vec{u}_z$$

Pour s'en convaincre (1000 et 1 question PC-PC* chapitre magnétostatique, Q13)



Etude des invariances : B a les mêmes invariances que ces sources ; le courant (i).

- I est invariant par rotation
- Dans ce la cas du solénoïde que l'on peut considérer comme infini, i est invariant par translation selon $\vec{u}_z$ c'est donc également le cas pour $\vec{B}$.

Conclusion : $\vec{B}(M) = B(r) \vec{u}_z$

- Théorème d'Ampère

Page 578 : j'intègre PC-PC*

D'après les équations de Maxwell-Ampère : $\vec{\text{rot}} \vec{B}(M) = \mu_0 \vec{j}(M)$ et

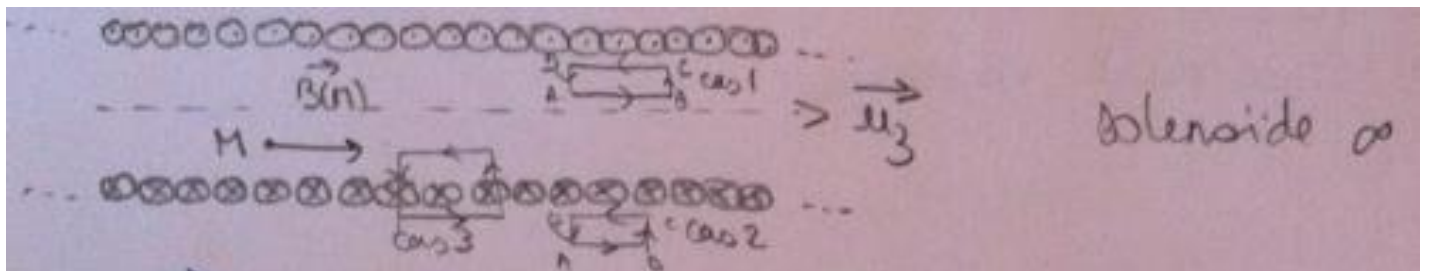
Théorème de Stokes sur un contour fermé C et S_C la surface de ce contour : $\oint_{M \in C} \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} = \iint_{M \in S_C} \vec{\text{rot}} \vec{B}(M) \cdot d\vec{S}_C$

On obtient alors le théorème d'Ampère qui s'applique sur un contour fermé (judicieusement choisi)

$$\oint_{M \in C} \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} = \mu_0 \iint_{M \in S_C} \vec{j}(M) \cdot d\vec{S}_C = \mu_0 I_{\text{enlacé}}$$

Calcul avec le théorème d'ampère du champs B dans le solénoïde

Page 591 : j'intègre PC-PC*



Cas 1 : $\oint_{M \in C} \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_B^C \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_C^D \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_D^A \vec{B}(M) \cdot d\vec{l}$
 $= \vec{B}(r_1) \cdot d\vec{l} + 0 + \vec{B}(r_2) \cdot d\vec{l} + 0 = 0$ car aucun courant enlacé

D'où $\vec{B}(r_1) = \vec{B}(r_2)$ le champs magnétique est uniforme à l'intérieur du solénoïde

Cas 2 : idem sauf que là le champs magnétique est nul à l'extérieur du solénoïde.

$$\oint_{M \in C} \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_B^C \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_C^D \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_D^A \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} = 0$$

$$= \vec{B}(r_1) \cdot dl \vec{u}_z + 0 + \vec{B}(r_2) \cdot dl(-\vec{u}_z) + 0 = 0 \quad \text{car aucun courant enlacé}$$

D'où $\vec{B}_{ext}(r_1) = \vec{B}_{ext}(r_2) = 0$ le champ magnétique est uniforme et nul à l'extérieur du solénoïde

Cas 3 :

$$\oint_{M \in C} \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} = -\mu_0 I_{enlacé}$$

au vu de l'orientation du circuit $d\vec{S} = dS(-\vec{u}_\theta)$ c'est-à-dire vers nous d'où le signe – car $I_{enlacé} = \iint_{M \in S_C} \vec{j}(M) \cdot d\vec{S}_C$.

Remarque : Pour le voir il faut faire une vague avec sa main droite dans le sens du contour choisi et notre pouce indique l'orientation de $d\vec{S}$.

$$I_{enlacé} = N I \quad \text{avec } N \text{ le nombre de spire et } n = \frac{dN}{dl} \text{ le nombre de spire par mètre}$$

$$\oint_{M \in C} \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_B^C \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_C^D \vec{B}(M) \cdot d\vec{l} + \int_D^A \vec{B}(M) \cdot d\vec{l}$$

$$= \vec{B}(r_1) \cdot dl(-\vec{u}_z) + 0 + \vec{B}_{ext}(r_2) \cdot dl(\vec{u}_z) + 0$$

$$= -B(r_1) \times l = -\mu_0 N I \quad n = \frac{N}{l}$$

$$B(r_1) = \mu_0 n I$$

A l'intérieur du solénoïde le champs magnétique est uniforme et vaut $\vec{B}(r_1) = \mu_0 n I \vec{u}_z$

Remarque : Le jour de l'oral aller plus vite et ne pas tout détailler au tableau

Partie Péda. Exercice type bac Tale STI2D ? mais le faire en 1^{ère} S

9L – Champ magnétique

1^{ère} S – Activité expérimentale

Champs et forces	
Exemples de champs scalaires et vectoriels : pression, température, vitesse dans un fluide.	Recueillir et exploiter des informations (météorologie, téléphone portable, etc.) sur un phénomène pour avoir une première approche de la notion de champ.
Champ magnétique : sources de champ magnétique (Terre, aimant, courant).	Décrire le champ associé à des propriétés physiques qui se manifestent en un point de l'espace.
Champ électrostatique : $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	Comprendre comment la notion de champ a émergé historiquement d'observations expérimentales.
Champ de pesanteur local : $\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$	Pratiquer une démarche expérimentale pour cartographier un champ magnétique ou électrostatique.
Loi de la gravitation ; champ de gravitation. Lien entre le champ de gravitation et le champ de pesanteur.	Connaître les caractéristiques : - des lignes de champ vectoriel ; - d'un champ uniforme ; - du champ magnétique terrestre ; - du champ électrostatique dans un condensateur plan ; - du champ de pesanteur local.
	Identifier localement le champ de pesanteur au champ de gravitation, en première approximation.

Pré-requis : Caractéristiques d'un vecteur - Notion de champs (ou en travail préparatoire corrigé en début d'heure)

Documents :

- Méthode d'exploration d'un champ magnétique (Nathan TS p 254)
- Spectre magnétique (Nathan TS p 254) Rajouter que pour des raisons pratiques, la limaille ne doit pas être en contact direct avec l'aimant.
- Matériel : feuilles blanches, boîtes de Pétri, aimant en U, aimant droit, petites aiguilles de boussoles, limaille de fer.
- Document précisant que le champ magnétique terrestre peut être modélisé par le champ magnétique d'un aimant droit.

Partie 1 : Champ magnétique d'un aimant en U

A l'aide des documents fournis, cartographier le champ magnétique d'un aimant en U. Pensez à indiquer le sens des lignes de champ.

Partie 2 : Champ magnétique terrestre

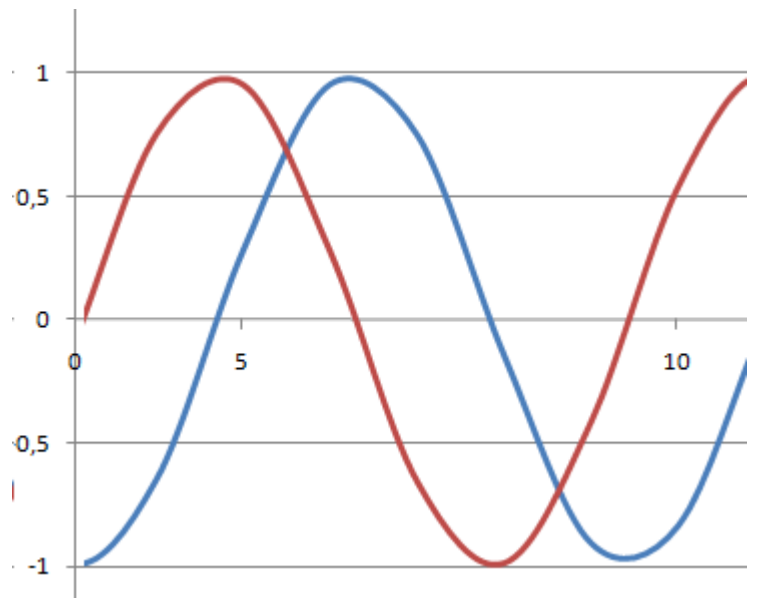
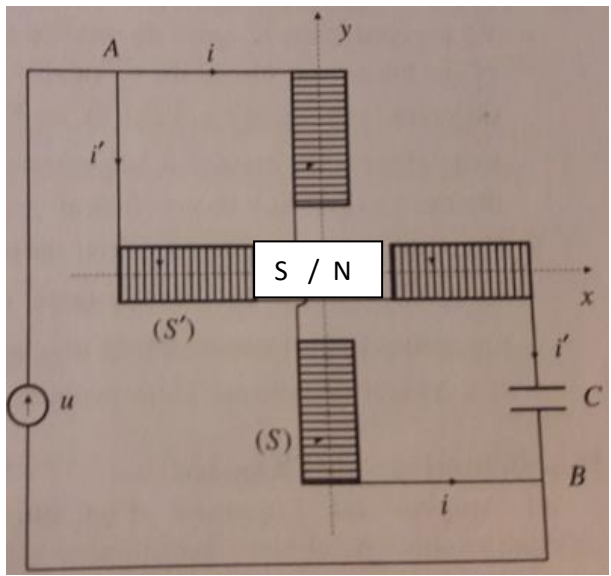
Proposer un protocole expérimental permettant de modéliser le spectre du champ magnétique terrestre avec le matériel mis à disposition. Le but de ce protocole est de produire un schéma de la surface terrestre précisant les positions des pôles Nord et Sud géographiques et magnétiques ainsi que les lignes de champ magnétique terrestre orientées.

Partie 3 : Expérience d'Orsted et mesure du champ magnétique produit par une bobine. (Suivant le sens du courant la bobine produit un B inversé)

Exercice d'exploitation

BO : Décrire le champ associé à des propriétés physiques qui se manifestent en un point de l'espace.

Schéma 1000 et 1 questions p 611



Nathan technique Tale STI2D

Pré requis :

- Bobine source de champ B
- Lignes de champs de l'aimant veulent s'aligner avec celle de créer par le solénoïde

Expliquer le principe de ce moteur alternatif

Rajouter des documents sur l'aimant et ses lignes de B

Aides

temps	Valeur de i_1	Valeur de i_2	Orientation de B_{tot}

Conclusion :

Question :

Annexe

Tout matériau va réagir à un champ magnétique si celui-ci atteint une certaine puissance.

Les matériaux diamagnétique repoussent les lignes de champ magnétique et sont donc repoussé par les aimants, cela concerne la majorité des matériaux. Cette répulsion étant très très faible on ne la remarque pas dans la vie de tous les jours, c'est pourtant grâce à elle qu'on fait léviter des grenouilles, grâce à de très fort champs magnétiques



Les matériaux paramagnétiques attirent les lignes de champ et sont donc attirés par les aimants (faiblement)

Les matériaux ferromagnétique attirent fortement les lignes de champ et en plus conservent une aimantation (un champ magnétique propre, il deviennent à leur tour des aimants), parfois faible (fer doux, inox), parfois forte (acier) quand le champ est supprimé

Ces propriétés sont due aux interactions entre les spins des électrons du matériaux. Ceux-ci on tendance à s'aligner ou pas avec l'application d'un champ magnétique.

Un diamagnétique à tout ses électrons appariés, donc autant de spin up que de spin down, les lignes de champ n'arriveront que peu à le pénétrer car les spins ne peuvent s'aligner sur le champ (si la moitié s'aligne l'autre sera antiparallèle).

Un paramagnétique à des électrons non appariés qui seront donc sensible au champ. Pour les ferro cela devient plus compliqué (et il y a aussi les antiferro, les ferri...)

Remarque : Forme locale et intégrale (surement à coller partie Electromag)

Une équation locale est une formule physique à l'échelle de l'électron ou des plus petits éléments auxquels elle a trait.

Détaille pour E et B :

les champs E et B que vous appliquez aux opérateurs différentiels interprètent les formes locales de ces champs c'est à dire dans l'infiniment petit (élémentaire).

Les formes intégrales des équations de maxwell correspondent a la forme du champs d'un point a un autre (on ajoute toutes les contributions élémentaires).

On passe de la forme locale à intégrale grâce aux formules de Stokes et de Green.

Dit autrement : les relations locales relient les variations des champs entre eux et aux sources. Elles font donc intervenir des relations entre les champs et leurs dérivées (en fait, juste les dérivées pour Maxwell) et les sources. Ce sont les équations avec les "div", "rot", "d/dt" (qui donne bien les dérivées des champs).

Les relations intégrales permettent de relier des propriétés globales (sur une région de l'espace qui n'est pas infiniment petite) des champs et des sources. Les propriétés globales dont je parle sont le flux et la circulation.

La force électromotrice (fem) induite aux bornes d'une bobine déplacée dans un champ magnétique non uniforme est proportionnelle au nombre de spires N de la bobine et à la dérivée par rapport au temps du flux Φ du champ magnétique à travers une spire. La valeur instantanée de la fem induite est donnée par l'expression $e = -N \frac{d\Phi}{dt}$; e est en volts si le flux Φ est en Weber (T.m²).

La variation totale de flux est obtenue en intégrant cette expression par rapport au temps :

$$\int_0^t e(t') dt' = -N \int_0^t \frac{d\Phi}{dt'} dt' = -N \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = -N (\Phi_2 - \Phi_1)$$

Si $\Phi_2 = 0$, c'est-à-dire si la bobine est déplacée d'un champ magnétique B_1 de flux Φ_1 à travers sa surface S dans un champ magnétique nul, on a : $\int_0^t e(t') dt' = N\Phi_1$

L'intégration est faite en utilisant un circuit intégrateur constitué d'un circuit RC et d'un ampli opérationnel (figure ci-dessous). La tension de sortie de l'ampli vaut

$$V_S = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_e(t') dt' = \frac{1}{RC} \int_0^t N \frac{d\Phi}{dt'} dt' = \frac{N\Phi_1}{RC}.$$

Le champ magnétique est donné par $B_1(\text{Tesla}) = \Phi_1(\text{Weber})/NS(\text{m}^2)$.

