

Induction :

Potentels scalaires, potentiels vecteurs :

D'après les équations de Maxwell dans le vide :

$$\begin{cases} \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \\ \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \vec{\nabla} \wedge \vec{B} = \mu_0 \vec{j}_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \end{cases} \Rightarrow \iiint \vec{\nabla} \cdot \vec{B} dV = \iiint 0 dV \Rightarrow \iint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \text{Constante} = \Phi_m$$

↑
S_{Spire}

Théorème
de Green Orthogonales

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0, \text{ avec } \forall \vec{A}, \vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \wedge \vec{A}) = 0 \Rightarrow \vec{B} = \vec{\nabla} \wedge \vec{A} \leftarrow \text{Potentiel vecteur}$$

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \vec{0} \Rightarrow \vec{\nabla} \wedge \vec{E} + \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \wedge \vec{A}) = \vec{0}$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla} \wedge \vec{E} + \vec{\nabla} \wedge \left(\frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) = \vec{0}$$

Théorème de Schwarz $\Rightarrow \vec{\nabla} \wedge \left(\vec{E} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) = \vec{0}$, comme $\forall v : \vec{\nabla} \wedge (\vec{\nabla}(v)) = \vec{0}$ alors

(permutation des
dérivées spatiales
et temporelles)

$$\vec{E} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = -\vec{\nabla}(v)$$

↑
Potentiel scalaire

CAR IL S'AGIT D'UN RESEAU (CONNECTION RECEPTEUR???)

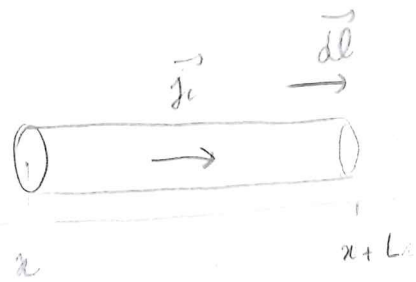
$$\Rightarrow \vec{E} = -\vec{\nabla}(v) - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$$

→ Champ électromoteur lié au champ magnétique

En appliquant la loi d'Ohm locale

$$\vec{j}_c = \sigma \vec{E} = -\sigma \left(\vec{\nabla}(v) + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right)$$

intégrer (forme globale) sur une portion de conducteur filiforme.

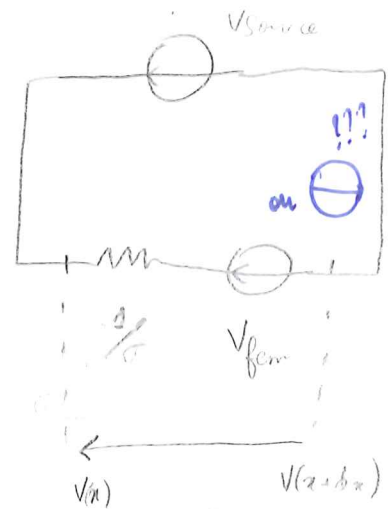
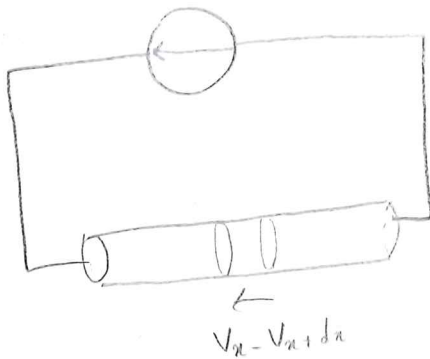


(on prend $\vec{dl}$ dans le sens de $\vec{j_e}$)

$$\int_x^{x+L} \vec{j} \cdot d\vec{l} = - \int_x^{x+L} \left(\vec{\nabla}(V) + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{l} = \sigma (V_x - V_{x+L}) - \int_x^{x+L} \sigma \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \cdot d\vec{l}$$

$\sigma (V_{\text{fem}}(x) - V_{\text{fem}}(x+L))$

V_{Source} responsable de $\vec{E}_{\text{ext}}$, $\vec{E}_{\text{ind}}$



Macroscopiquement (forme globale) sur toutes les dimensions ($\equiv$ INTÉGRATION SUR

LES DEUX DIMENSIONS PERPENDICULAIRES).

ON INTÈGRE SUR TOUT LE CONDUCTEUR !!!

$$\oint_{S_{\text{conducteur}}} \vec{j} \cdot d\vec{l} = - \oint_{S_{\text{conducteur}}} \oint_{\text{conducteur}} \sigma \vec{\nabla}(V) \cdot d\vec{l} d\vec{S} - \oint_{S_{\text{conducteur}}} \oint_{\text{conducteur}} \sigma \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \cdot d\vec{l} d\vec{S}$$

!!!
STATÉ
MINORÉ,
UTILISER
LA LOI
DE L'AMPERE
D'ORDRE !!!

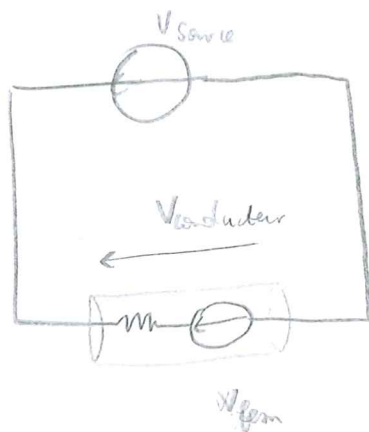
$$i_{\text{conducteur}} = \sigma (V_{\text{conducteur}}(0) - V_{\text{conducteur}}(L)) S + \sigma (V_{\text{fem}}(0) - V_{\text{fem}}(L)) S$$

$$\Rightarrow i = \frac{\sigma S_{\text{conducteur}}}{l_{\text{conducteur}}} (\Delta V_{\text{conducteur}} - \Delta V_{\text{fem}})$$

||
1/2

|| (D'après la loi de Ohm)
 ΔV_{Source}

On obtient ainsi le schéma macroscopique équivalent



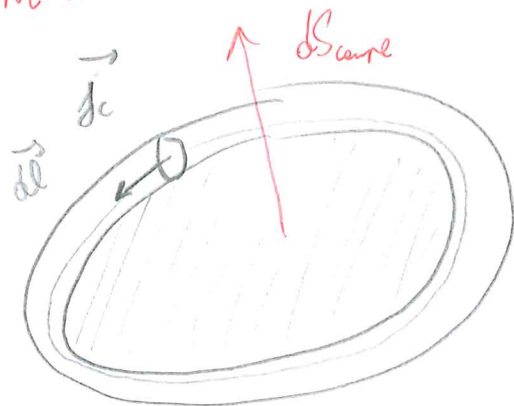
$$V_{fem} = - \oint_{\text{conducteur}} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \cdot d\vec{l}$$

NECESSITE QUE $\vec{B}$ SOIT VARIABLE DANS LE TEMPS
DONC NECESSITE QUE i SOIT VARIABLE DANS LE TEMPS !!!

Loi de Lenz:

$$V_{fem} = - \oint_{\text{conducteur}} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \cdot d\vec{l} \xrightarrow{\text{Théorème de Schwarz}} = - \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{A} \cdot d\vec{l} \xrightarrow{\text{Théorème de Stokes}} = - \frac{\partial}{\partial t} \iint_{S_{coupe}} \nabla \wedge \vec{A} \cdot d\vec{S}_{coupe} = - \frac{\partial}{\partial t} \iint_{S_{coupe}} \vec{B} \cdot d\vec{S}_{coupe} = - \frac{\partial \Phi_{magnétique}}{\partial t}$$

!!! LORS DE L'UTILISATION DES THEOREMES DE STOKES ET DE GREEN ORTHOGONALSKI, LES $d\vec{l}$ NE SONT PLUS COLLINEAIRES AUX $d\vec{S}$!!!



Loi de Lenz = loi de médiation:

les phénomènes d'induction ont tendance par leurs effets à s'opposer aux causes qui leur ont données naissance:

$$i \rightarrow \vec{B} \rightarrow -V_{fem} \rightarrow \text{réduire } i$$

Loi de Maxwell Faraday (macroscopique) :
$$V_{\text{fem}} = - \frac{\partial \Phi_{\text{magnétique}}}{\partial t} = - \iint \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

 par définition du flux magnétique

$$P_{\text{ELIÉ}} \underbrace{V_{\text{fem}}}_{u_L} \rightarrow \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

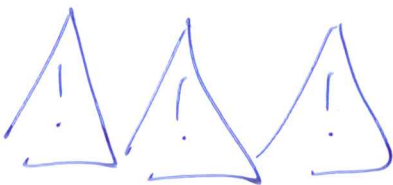
Loi de Maxwell Ampère (macroscopique) :
$$\iint \vec{\nabla} \wedge \vec{B} \cdot d\vec{S} = \iint \left(\mu_0 \vec{j}_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$$

 Terme négligeable

$$P_{\text{ELIÉ}} \vec{B} \rightarrow i$$

En appliquant les 2 lois :
$$V_{\text{fem}} P_{\text{ELIÉ}} \rightarrow i \quad \left(u_L = L \frac{di}{dt} \right)$$

$$\Phi_m P_{\text{ELIÉ}} \rightarrow i \quad \left(L = \frac{\Phi_m}{i} \right)$$



Pour la démonstration :

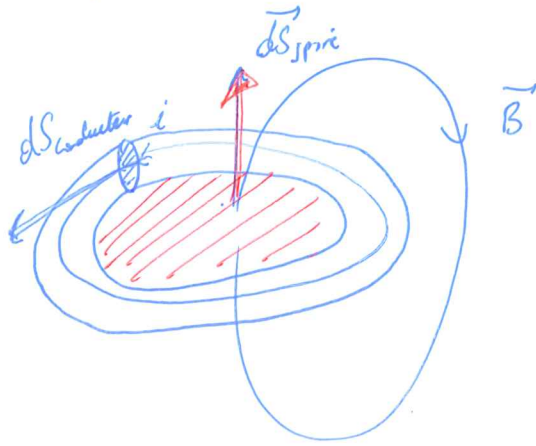
- 1) loi de Maxwell Faraday : V_{fem} en fonction de $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
- 2) loi de Maxwell Ampère : pour le courant qui induit

MAIS EN RÉVÉTÉ :

i crée B qui crée Φ qui crée V_{fem}

$\Rightarrow$ LOI DE MAXWELL AMPÈRE (GÉNÉRATION) APPLIQUÉE AVANT
 LA LOI DE MAXWELL FARADAY (CAPTAGE ET CONTRE-REACTION)

Deux démonstrations possibles pour l'inductance dans une spirie parcourue par un courant i

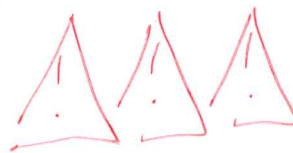


D'après la loi de Maxwell Ampère :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{B} = \mu_0 \vec{j}_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

En l'absence de champ électrostatique $\vec{E}$ variable
aucune onde électromagnétique n'est créée

$$\Rightarrow \vec{\nabla} \wedge \vec{B} = \mu_0 \vec{j}_c$$



IL FAUT ÊTRE TRÈS

PRÉCAUTIONNEUX

DANS LES SURFACES
D'INTÉGRATION

- $\vec{B}$ EST CRÉÉ PAR i

DONC $d\vec{S} = d\vec{S}_{\text{fil}}$

- Φ_m S'INTÈGRE SUR S_{spiral}
(PAS SUR LA MÊME SURFACE !!!) ($d\vec{S}_{\text{spiral}}$)

$$\iint_{\text{conducteur}} \vec{\nabla} \wedge \vec{B} \cdot d\vec{S} = \iint_{\text{conducteur}} \mu_0 \vec{j}_c \cdot d\vec{S}$$

$\vec{B}$ est constant sur la spirie

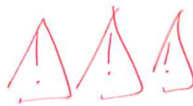
$$\Rightarrow \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i \Rightarrow B = \frac{\mu_0 i}{l_{\text{spiral}}}$$

↑ Longueur de

la spirie = longueur du fil conducteur
Théorème de Stokes

D'autre part, le flux magnétique dans cette spirie

$$\Phi_m = \iint_{S_{\text{spiral}}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = B S_{\text{spiral}}$$



PLUS GÉNÉRALEMENT, IL FAUT ÊTRE TRÈS
PRÉCAUTIONNEUX DANS AVEC L'UTILISATION

DES FORMULES DE STOKES ET DE

GREEN ORTHOGONALSKI QUE CHANGE

LE DIRECTION DES SURFACES ET DES
LONGUEURS D'INTÉGRATION

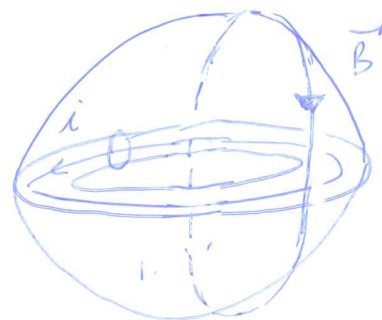
La même la quantité de champ magnétique créée par i et captée par le circuit qui
le crée (= analyse la capacité de rétroaction du circuit sur i !!!)

Autre méthode en utilisant l'énergie magnétique

$$\vec{\Pi} = \vec{E} \wedge \vec{B}$$

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{\Pi} &= \vec{\nabla} \cdot \left(\frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0} \right) = \frac{1}{\mu_0} (\vec{\nabla} \wedge \vec{E} \cdot \vec{B} - \vec{\nabla} \wedge \vec{B} \cdot \vec{E}) \\ &= \frac{1}{\mu_0} \left(-\frac{\partial B}{\partial t} \cdot \vec{B} - (\mu_0 \vec{j}_c + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}) \cdot \vec{E} \right) \\ &= -\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial B}{\partial t} \cdot \vec{B} - \mu_0 \vec{j}_c \cdot \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E^2}{\partial t} \\ &= -\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\mu_0} \frac{\partial B^2}{\partial t} + \epsilon_0 \frac{\partial E^2}{\partial t} \right) - P_J\end{aligned}$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla} \cdot \vec{\Pi} = -\frac{\partial}{\partial t} (e_{\text{elec}} + e_{\text{mag}}) - P_J$$



$$\text{Ainsi } e_{\text{mag}} = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} B^2$$

$$\Rightarrow E_{\text{mag}} = \iiint \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} B^2 dV = \frac{1}{2} B^2 S_{\text{ext}} \text{ conducteur}$$

En utilisant la loi de Maxwell Ampère $\vec{\nabla} \wedge \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ on a B et i pour une spire : $B = \frac{\mu_0 i}{L_{\text{conducteur}}}$

D'autre part, l'énergie emmagasinée par une inductance est :

$$\Rightarrow E_{\text{el}} = \frac{1}{2} \mu_0 i^2 \frac{S_{\text{ext}}}{L_{\text{conducteur}}}$$

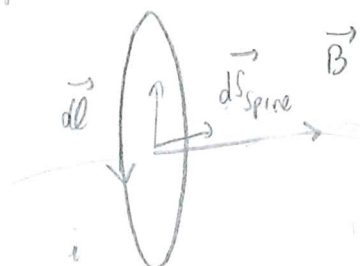
$$E_{\text{ind}} = \frac{1}{2} L i^2$$

$$\Rightarrow L = \frac{2 E_{\text{ind}}}{i^2} = \mu_0 \frac{S_{\text{ext}}}{L_{\text{conducteur}}}$$

par une spire empilée !!!

Couplage inductif :

- Pour une spire

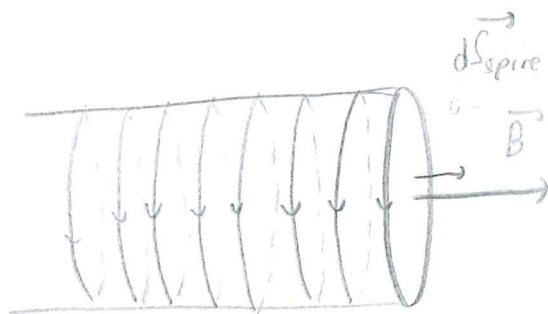


$$\phi(t) = \iint_{S_{\text{spire}}} \vec{B} \cdot d\vec{S}_{\text{spire}}$$

$$\phi = L i(t)$$

i DONC V_{source}
DOIT ÊTRE VARIABLE
DANS LE TEMPS
SINON $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \vec{0}$
ET IL N'Y A
PAS DE fem
INDUITE !!!

- Pour N spires



$$\phi_{\text{TOTM}} = N \phi_{\text{1 spire}} = N \iint \vec{B}_{\text{TOTM}} \cdot d\vec{S}_{\text{spire}} \quad (1)$$

et d'autre part $\vec{B}_{\text{TOTM}}$ est donné par la relation de Maxwell Ampère, intégrée sur l'espèce courbée

$$\oint \vec{\nabla} \wedge \vec{B}_{\text{TOTM}} \cdot d\vec{l}_{\text{fil}} \quad (d\vec{S}_{\text{fil}}) = \iint \left(\frac{1}{\mu_0} \right) d\vec{l}_{\text{fil}} \cdot d\vec{S}_{\text{fil}} =$$

$l_{\text{totm}} = N \times l_{\text{spire}}$

$$\iint \vec{B}_{\text{TOTM}} \cdot d\vec{S}_{\text{fil}} = \frac{1}{\mu_0} \oint i d\vec{l}_{\text{fil}} = \frac{1}{\mu_0} \times N l_{\text{spire}}$$

$B_{\text{TOTM}} \cdot S_{\text{fil}}$ (so B_{TOTM} est constant sur S_{fil})

$$\Rightarrow B_{\text{TOTAL}} = \mu_0 N i l_{\text{spire}} \quad (2)$$

$$(1) \text{ et } (2) \Rightarrow \phi_{\text{TOTAL}} = \frac{N^2 \mu_0 i l_{\text{fil}}}{S_{\text{spire}}} \quad \begin{array}{l} \text{"effet"} \\ \downarrow \\ \phi_{\text{TOTAL}} \\ \uparrow \\ i \end{array} \quad \begin{array}{l} S_{\text{spire}} \\ \rightarrow \text{et non } S_{\text{fil}} !!! \end{array}$$

"cause"

$$\Rightarrow L_N = N^2 L_{\text{spire}}$$

De plus, la f.e.m. induite par le flux total est :

$$\underbrace{-V_{\text{fem}}}_{-V_L} = \frac{d\phi_{\text{TOTAL}}}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\underbrace{\frac{N^2 \mu_0 l_{\text{fil}}}{S_{\text{spire}}}}_{L_{\text{spire}}} i \right)$$

$$-V_L = L_{\text{TOTAL}} \frac{di}{dt}$$

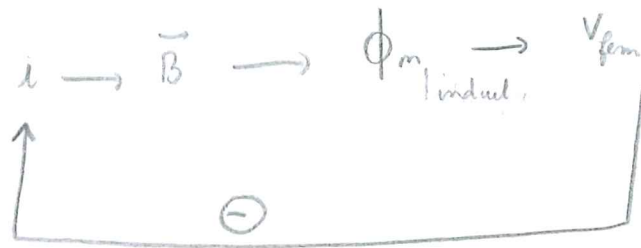
Interprétation physique :



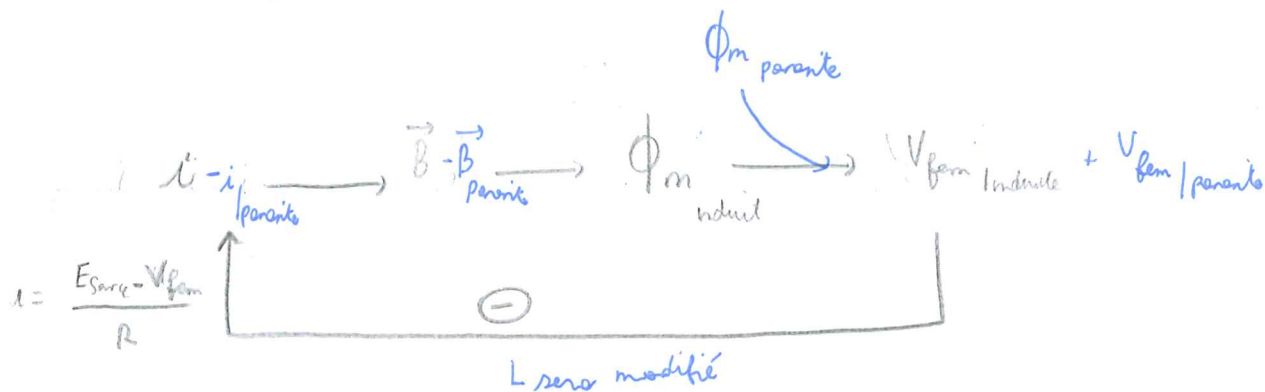
- Plus on met de spire - plus la longueur des fil conducteurs augmente $\Rightarrow$ plus B augmente
- plus la surface de captation des flux augmente $\Rightarrow$ plus ϕ augmente

$\Rightarrow$ TOUS LES CHAMPS $\vec{B}$ CAPTÉS PAR LE CONDUCTEUR VONT PARTICIPER À LA F.E.M. (MÊME LES CHAMPS PARASITES !!!)

En l'absence de champs magnétiques parasites



Avec des champs magnétiques parasites

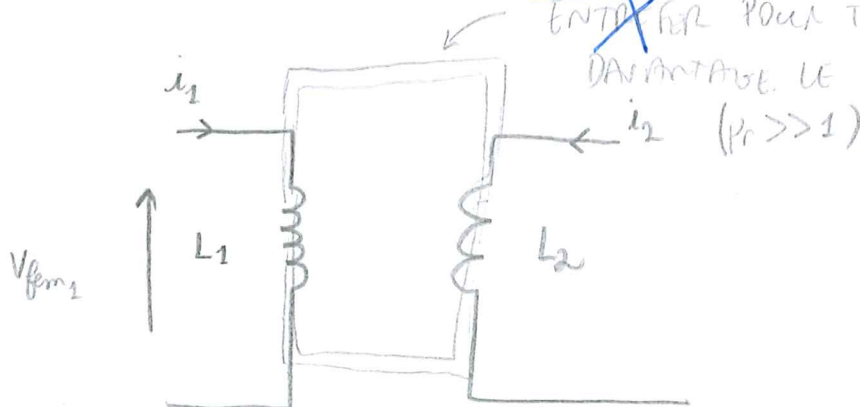


$\Rightarrow V_{fem}$ et donc i vont être modifiés par la présence de Φ_m parasites certés

Application de ce phénomène : LE TRANSFORMATEUR

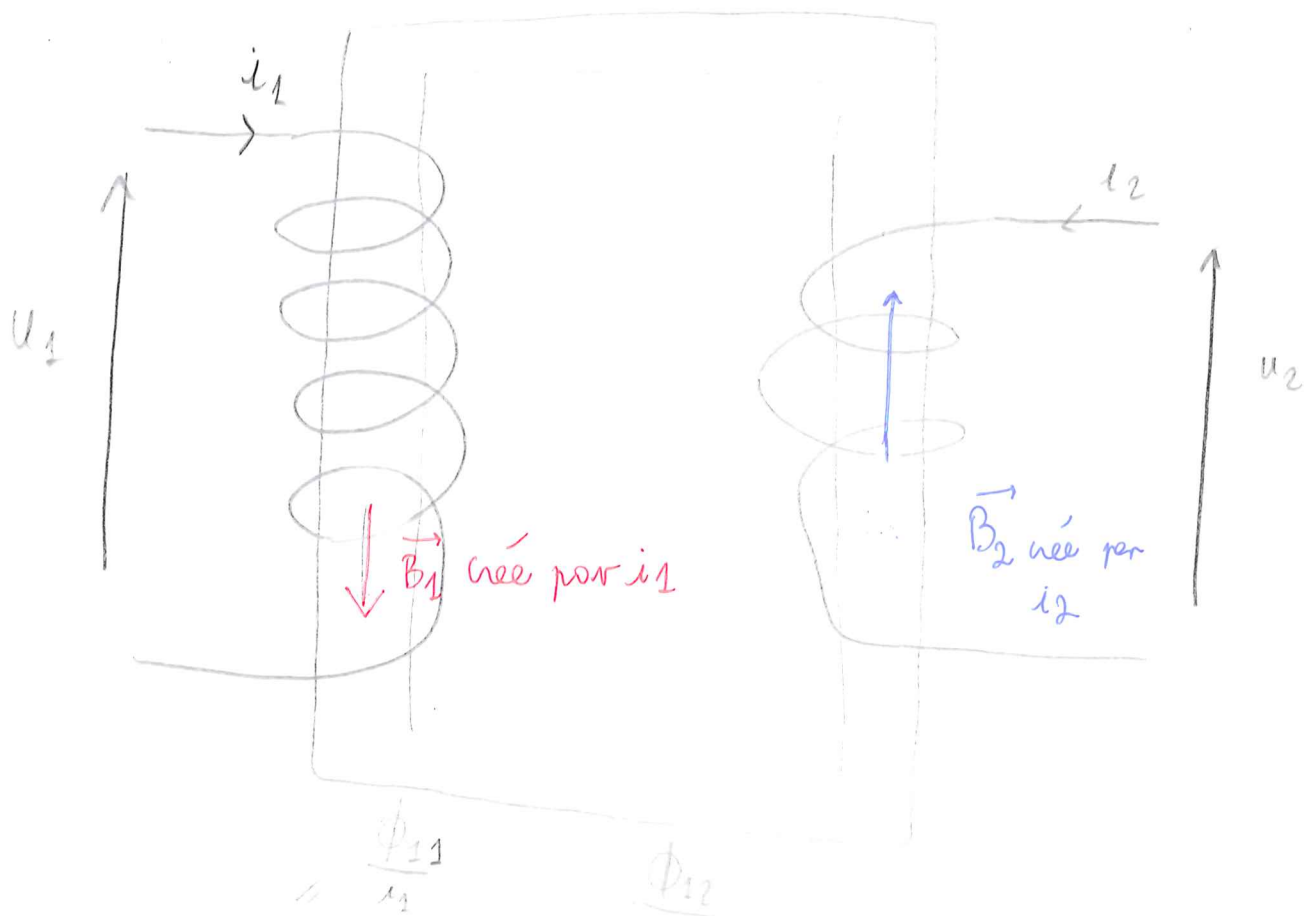
⚠⚠⚠ UN TRANSFORMATEUR NE MARCHE PAS EN CONTINU, IL MARCHE QU'EN RÉGIME ALTERNATIF ($\frac{\partial B}{\partial t}$ OBLIGATOIRE !!!)

⚠⚠⚠ UN GROSSEUR EST UN ESPACE ENTRE LE FER ENTREFER POUR TRANSMETTRE D'AVANTAGE LE FLUX MAGNÉTIQUE COMME POUR UN ÉLECTROMAGNÉT ICI IL S'AGIT DU FER !!!



AVANTAGE ÉNERGIE DU CONDENSATEUR : UN AMPLIFICATEUR DE TENSION

ENTRE L'ENTRÉE ET LA SORTIE AVEC ISOLATION GALVANIQUE (MEILLEUR RENDEMENT AVEC DES ALIMENTATIONS À DÉCOUPPER !!!)



$$\begin{cases} u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M_{12} \frac{di_2}{dt} \\ u_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M_{21} \frac{di_1}{dt} \end{cases}$$

⚠ ⚠ ⚠ CE SONT LES
FLUX NORMALISÉS QUI
PEUVENT ÊTRE COUPLÉS !!

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \phi_{11} + \phi_{12} = \frac{L_1}{N_1} i_1 + \frac{M_{12}}{N_2} i_2 \\ \phi_2 &= \phi_{21} + \phi_{22} = \frac{M_{21}}{N_1} i_1 + \frac{L_2}{N_2} i_2 \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{L_1}{N_1} & \frac{M_{12}}{N_2} \\ \frac{M_{21}}{N_1} & \frac{L_2}{N_2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix}$$

Donc un transformateur idéal pas de per

$$\vec{B}_{\text{norm}}|_{T_1} = \vec{B}_1|_{T_1} + \vec{B}_2|_{T_1} = \vec{B}_{\text{norm}}|_{T_2} = \vec{B}_2|_{T_2}$$

$$\Rightarrow \phi_{\text{norm}}|_{T_1} = B_1 S_1 + B_2 S_1 = \phi_{\text{norm}}|_{T_2} = B_2 S_2$$

Si la surface de l'entrefer est identique.

$$\Rightarrow \Phi_{\text{Total}} = \Phi_{\text{Total}} = (B_1 + B_2)S$$

||

$$\Phi_{11} + \Phi_{12}$$

$$\Phi_{21} + \Phi_{22}$$

$$\Rightarrow \Phi_{11} + \Phi_{12} = \Phi_{21} + \Phi_{22}$$

(1) Buee par 1 spire αi mais Buee par N spires // $= N i$

$$B_1 N_1 S_1 + B_2 N_2 S_2$$

$$= B_1 N_1 S + B_2 N_2 S$$



NON VARIABLE POUR
UN NOMBRE DE SPIRE > 1
MÊME S'IL Y A LA
MÊME SURFACE DE



Flux capté par
une spire $\Phi = B \cdot S$



Flux capté par
N spires $\Phi_{\text{Total}} = N \cdot B \cdot S$

(2) LE COUPPLAGE DES FLUX MESURÉ
N INTERCOUPPLAGE DE LEUR NORMALISATION PAR LA
SURFACE DE CAPTATION
 $B \Rightarrow \Phi = N \cdot B \cdot S$ partant $\equiv$ SURFACE
DE L'ENTREFER
ET NOMBRE
DE SPIRES !!!

De plus, dans un condensateur idéal, le champ
d'une branche est intégralement transmis

$$\Rightarrow \begin{cases} \Phi_{12} = \Phi_{22} \\ \Phi_{21} = \Phi_{11} \end{cases}$$

$$\text{et } \Phi_{12} = M_{12} \frac{di_2}{dt} \quad \times \quad L_2 \frac{di_2}{dt} = \Phi_{22}$$

$$\Phi_{21} = M_{21} \frac{di_1}{dt} \quad \times \quad L_1 \frac{di_1}{dt} = \Phi_{11}$$

$$L_2 \frac{di_2}{dt}$$



Cela donnerait $M_{12} = L_{22}$ et $M_{21} = L_{11}$!!!

$$\text{MAIS } \Phi_{12} = \frac{M_{12}}{N_2} \frac{di_2}{dt} = \frac{L_2}{N_2} \frac{di_2}{dt}$$

$$\Phi_{21} = \frac{M_{21}}{N_1} \frac{di_1}{dt} = \frac{L_1}{N_1} \frac{di_1}{dt}$$

$$\Rightarrow M_{12} = \frac{N_1}{N_2} L_2$$

M_{12}

$$\Rightarrow \begin{cases} u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + \left(\frac{N_1}{N_2} L_2 \right) \frac{di_2}{dt} & M_{21} = \frac{N_2}{N_1} L_{11} \\ u_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + \frac{N_2}{N_1} L_1 \frac{di_1}{dt} \end{cases}$$

De plus, en faisant un bilan total de l'énergie électromagnétique de chaque bobine, on a :

$$E_{mag1} = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} M_{21} i_2 i_1$$

$$E_{mag2} = \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + \frac{1}{2} M_{12} i_1 i_2$$

$$\left(\begin{aligned} E_{mag1} &= E_{mag2} \Rightarrow \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} M_{21} i_1 i_2 = \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + \frac{1}{2} M_{12} i_1 i_2 \\ \Rightarrow L_1 i_1^2 + \frac{N_2}{N_1} L_1 i_1 i_2 &= L_2 i_2^2 + \frac{N_1}{N_2} L_2 i_1 i_2 \\ \Rightarrow L_1 i_1 \left(i_1 - \frac{N_1}{N_2} L_2 i_2 \right) &= L_2 i_2 \left(i_2 - \frac{N_2}{N_1} i_1 \right) \end{aligned} \right)$$

$$\frac{\partial E_{mag1}}{\partial i_1} = L_1 i_1 + \frac{1}{2} M_{21} i_2$$

$$\frac{\partial E_{mag2}}{\partial i_2} = L_2 i_2 + \frac{1}{2} M_{12} i_1$$

$$E_{mag1} = E_{mag2}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 E_{mag1}}{\partial i_1 \partial i_2} = \frac{\partial^2 E_{mag2}}{\partial i_1 \partial i_2} \Rightarrow M_{21} = M_{12} \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} L_2 = \frac{N_2}{N_1} L_1 = M$$

$$\Rightarrow L_2 = \frac{N_2^2}{N_1^2} L_1$$

$$\Rightarrow L_1 L_2 = \frac{N_2^2}{N_1^2} L_1^2 = M^2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} \\ u_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} \end{cases}$$

$$\Rightarrow M = \sqrt{L_1 L_2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{u_1}{L_1} = \frac{di_1}{dt} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \frac{di_2}{dt} \\ \frac{u_2}{L_2} = \frac{di_2}{dt} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \frac{di_1}{dt} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{di_1}{dt} = \frac{u_1}{L_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \frac{di_2}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{u_2}{L_2} = \frac{di_2}{dt} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \left(\frac{u_1}{L_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \frac{di_2}{dt} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{\sqrt{L_1 L_2}} u_2$$

$$\Rightarrow \frac{u_1}{u_2} = \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \frac{\sqrt{L_1}}{\sqrt{L_2}}$$

La ... de la puissance électrique ...

$$P_1 = P_2$$

$$u_1 i_1 = u_2 i_2$$

$$\Rightarrow \frac{u_1}{u_2} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{\sqrt{L_1}}{\sqrt{L_2}}$$

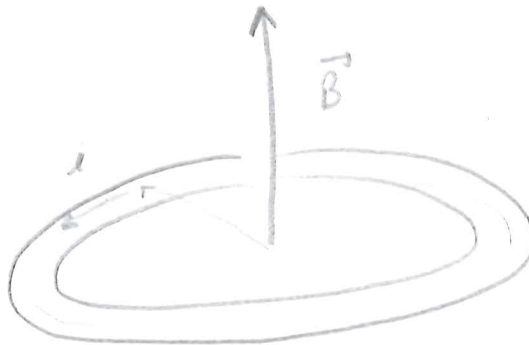
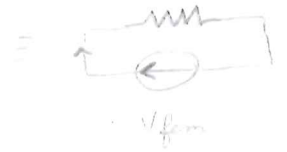
Convent de Faraday

Equation de Max. Faraday
par la création d'une
f.e.m. induite

$$\vec{\nabla} \times \vec{E}_{\text{induit}} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$



doit varier dans
le temps !!!



Equation de Maxwell - Ampère pour la génération d'un champ
magnétique $\vec{B}$ à partir d'un courant $\vec{j}$

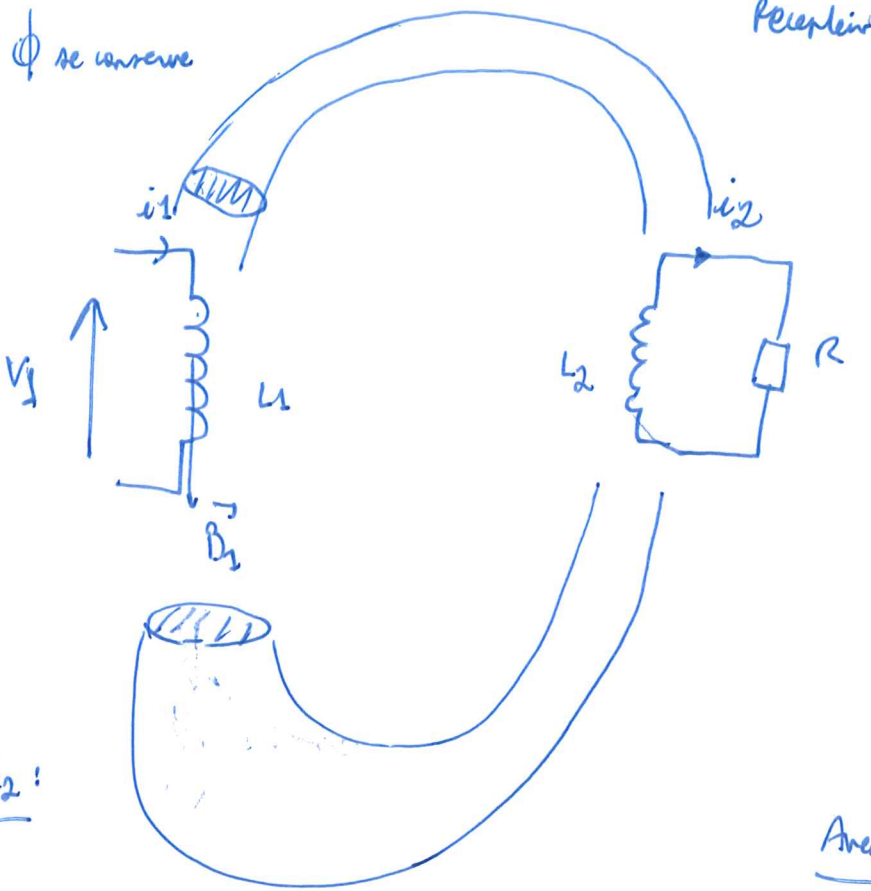
$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Flux adé. négligeable
dans un conducteur !!!

Générateur

H si perte d'aimantation

i_1 crée B qui crée Φ qui crée V_{fem} pour réduire i_1



Sans L_2 :

i_1

$\oint \vec{H}_1 \cdot d\vec{l} = i_1$ (longueur, en ampères)

$B_1 = \mu H_1$

$\Phi_1 = \int B_1 dS$ (Surface entre les bobines)

$V_{\text{fem}} \text{ qui réduit } (u_{\text{fem}1} = L \frac{di_1}{dt})$

$\Phi_1 = L_1 i_1$

Avec L_2 :

i_1

$\oint \vec{H}_1 \cdot d\vec{l} = i_1$ (longueur, en ampères)

$B_1 = \mu H_1$

Φ_1

$\Phi_{\text{tot}} = \Phi_1 + \Phi_2$ (sans perte de flux)

$u_{\text{fem}1} = L \frac{di_1}{dt}$ (réduit i_1 dans le circuit ①)

$u_{\text{fem}2} = M \frac{di_1}{dt}$ (créé i_2 dans le circuit ②)

$u_{\text{fem}21}$ (induit 1)

$u_{\text{fem}12}$ (induit 2)

$\Rightarrow V_1 = u_{\text{fem}1} + u_{\text{fem}2}$

C'EST POUR ÇA QU'IL Y A UNE INDUCTANCE MUTUELLE

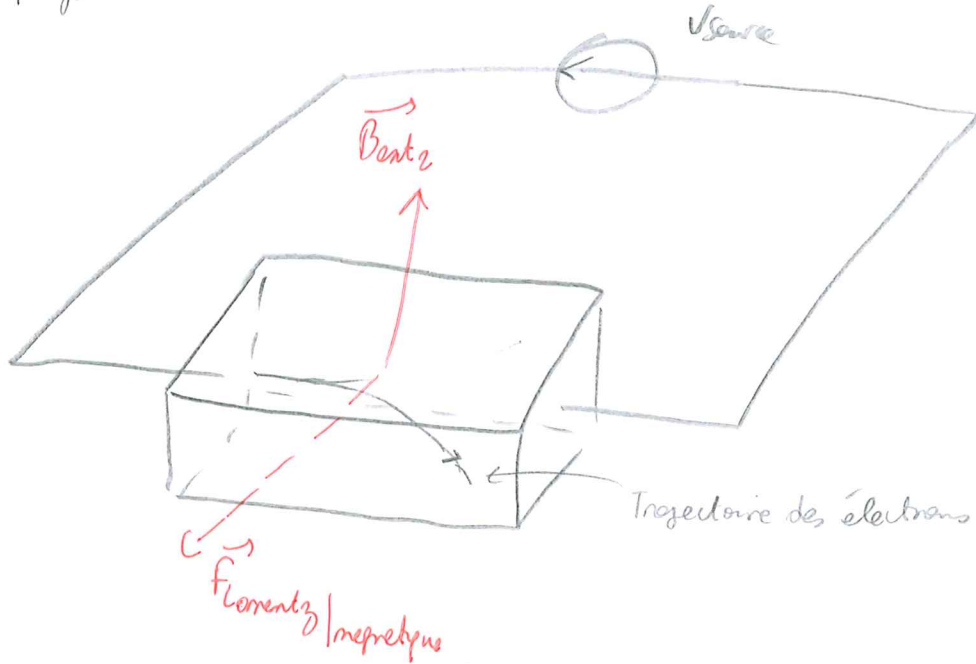
QU'IL N'Y AIT PAS D'UNE INDUCTANCE MUTUELLE

Cette fem crée un court-circuit

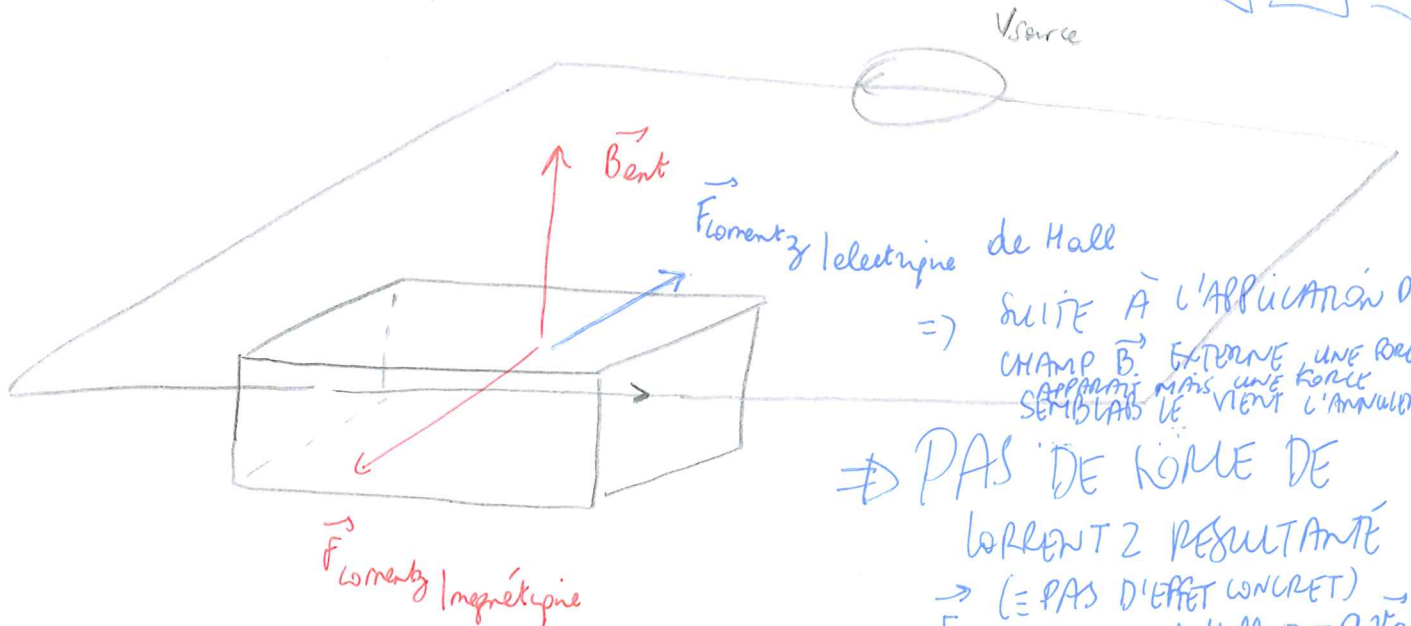
La force de Lorentz électrique créée par ce champ électrique $\vec{E}_{Hall}$ est donc :

$$\vec{F}_{Le|Hall} = -e \vec{E}_{Hall}$$

Trajet des électrons dans la plaque conductrice au fil du temps.



$At = 0$



$\Rightarrow$ SUITE À L'APPLICATION D'UN CHAMP $\vec{B}$ EXTERNE UNE FORCE APPARAÎT MAIS UNE FORCE SEMBLABLE LE VIENDRA L'ANNULER!!!

$\Rightarrow$ PAS DE FORCE DE LORENTZ RESULTANTE

$\Rightarrow$ ($\equiv$ PAS D'EFFET CONCRET)
de Hall $= -q \vec{v}_e \wedge \vec{B}_{ext}$

$\vec{F}_{Lorentz|electrique}$ qui vient compenser $\vec{F}_{Lorentz|magnétique} = q \vec{v}_e \wedge \vec{B}_{ext}$

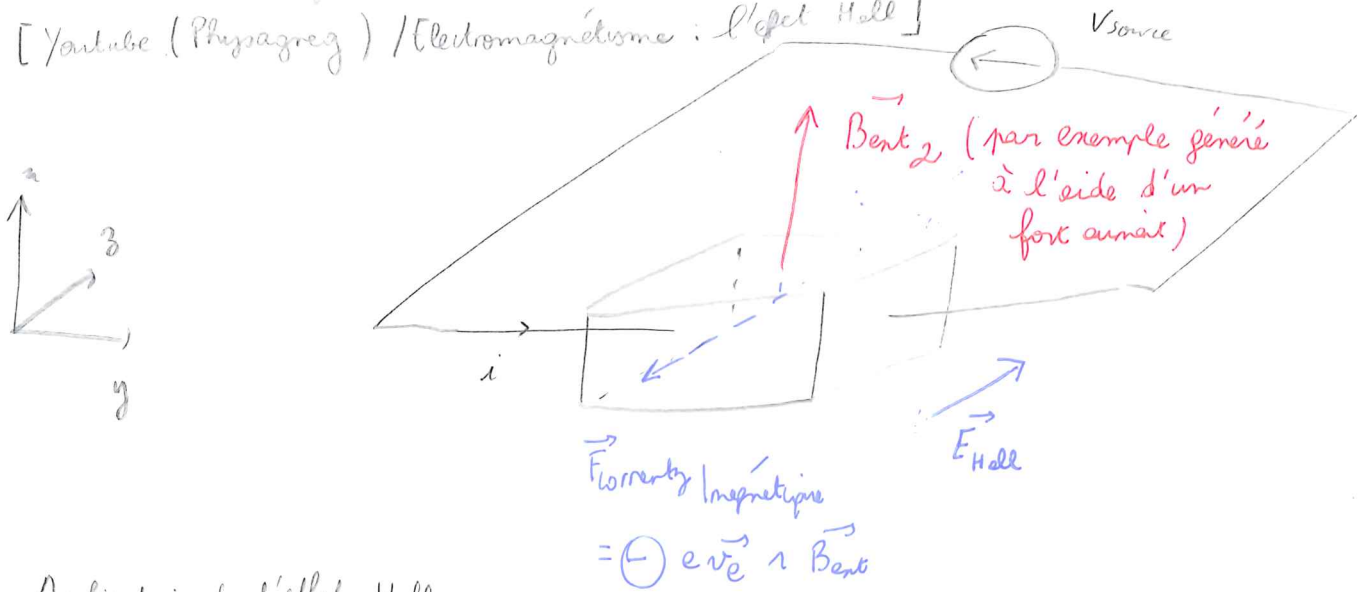
$$\Rightarrow \vec{E}_{Hall} = - \vec{v}_e \wedge \vec{B}_{ext}$$

La force de Lorentz électrique induite (l'effet Hall) viendra compenser la force de Lorentz magnétique due au champ $\vec{B}_{ext,z}$ de départ causant un trajet rectiligne des électrons.

Illustration de la loi de Lorentz

Effet Hall:

D'après [Youtube (Elecrony - Physique) / MP / PC / PSI] [Electromagnétisme - l'effet Hall]
 [Youtube (Physagreg) / Electromagnétisme : l'effet Hall]



Application de l'effet Hall:

- Sonde du champ électromagnétique
- Capteur de mouvement

Système: { électrons de la plaque conductrice de charge $-e$ }

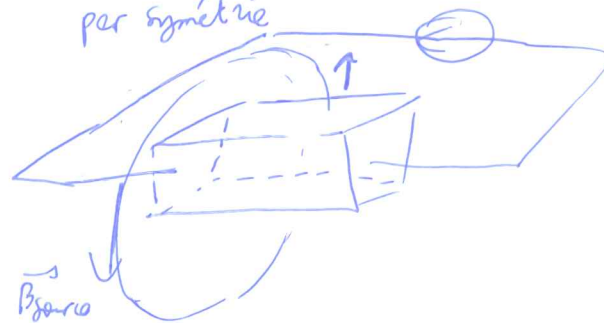
étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen

$$\begin{aligned} \vec{F}_{\text{Lorentz}} &= -e \vec{F}_{\text{ext norme}} - e \vec{v}_e \wedge \vec{B}_{\text{ext}} |_{\text{norme}} \\ &= +e \vec{\nabla}(V_{\text{source}}) - e \vec{v}_e \wedge \vec{B}_{\text{ext}_2} \end{aligned}$$

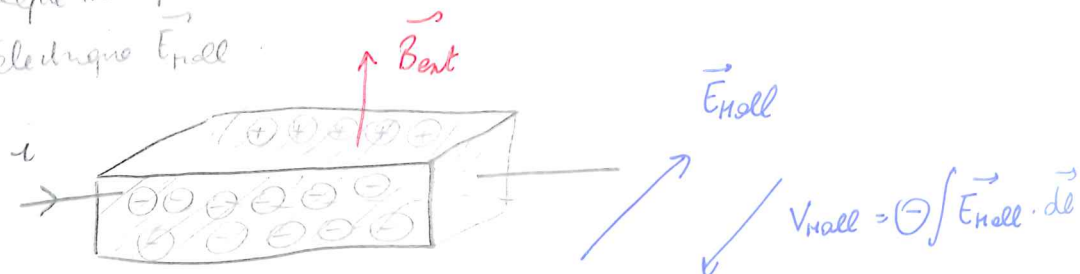
(B_{source} de compense sur le conducteur par symétrie)

La force de Lorentz magnétique est donc

$$\vec{F}_{\text{Lorentz magnétique}} = -e \vec{v}_e \wedge \vec{B}_{\text{ext}_2}$$



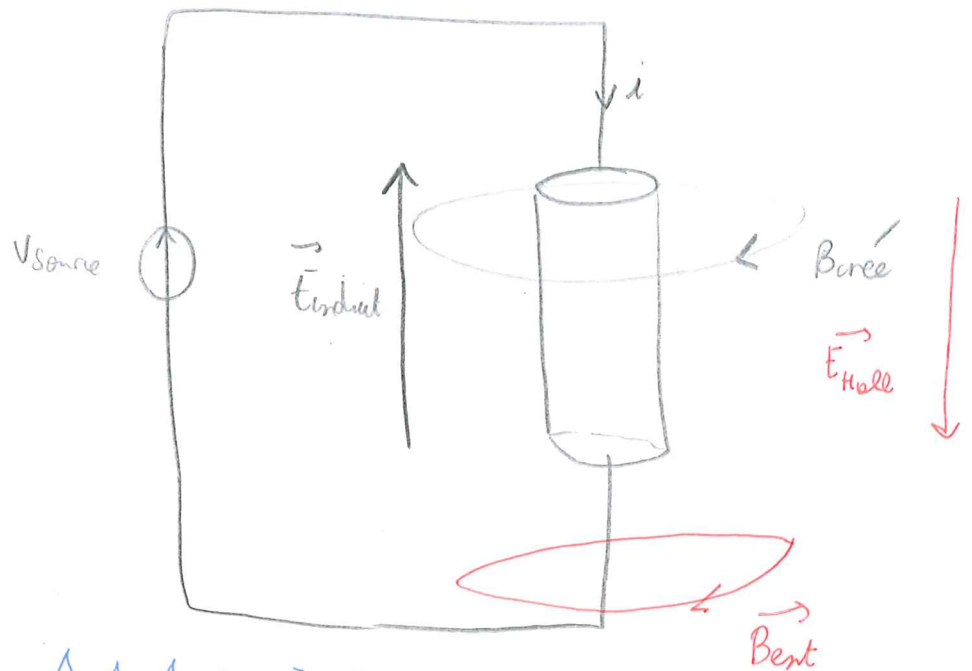
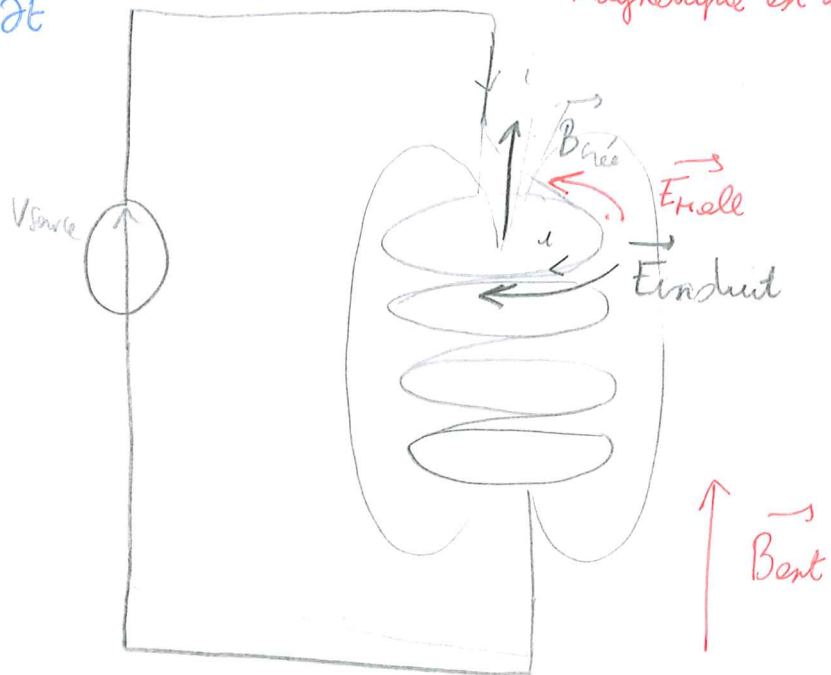
Les électrons de la plaque se déplacent sous l'influence de la force de Lorentz magnétique créent un champ électrique $\vec{E}_{\text{Hall}}$.



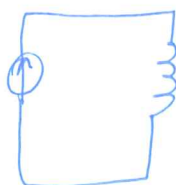
Ainsi lorsqu'un MATRI est soumis à un CHAMP MAGNETIQUE EXTERNE :

$$\vec{E}_{\text{TOTAL}} / \text{matel} = \vec{E}_{\text{induit}} + \vec{E}_{\text{exterieur}} / \text{associé à un champ magnétique}$$

$$= - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} + \vec{v} \wedge \vec{B}_{\text{ext}} \quad \rightarrow = \vec{E}_{\text{Hall}} \text{ si le champ magnétique est constant ???}$$

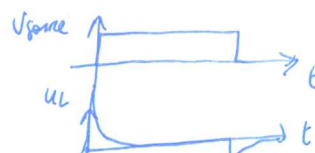


Explication pour quoi



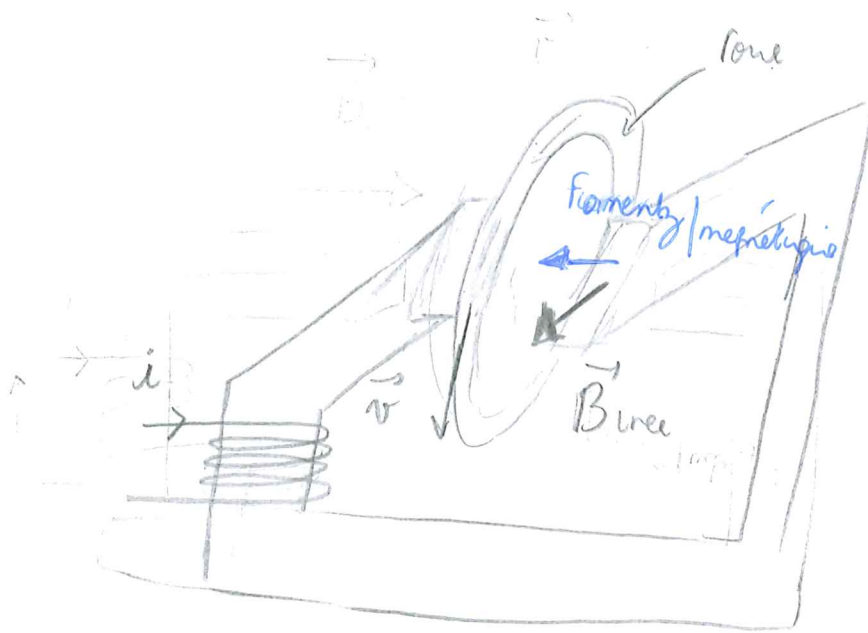
PROBLÈME DES BOBINES DANS LES CIRCUITS:
- PLAGE
- SURENTENAI

$$u_L = L \frac{di}{dt} = 0 \text{ si courant constant dans le temps}$$



car après un petit régime transitoire le champ électrique de Hall vient s'opposer à Einduit

Application de la force de Lorentz magnétique :



$\vec{v}$ entraîne les électrons
de la roue

$$\Rightarrow \vec{v}_{\text{electrons}} = \vec{v}_{\text{roue}}$$

$\vec{F}_{\text{Lorentz/magnétique}}$ vient rapprocher 2 desques, sur une trajectoire (faite dans un matériau conducteur) freinant ainsi la roue

Inconvénient : LA CAPACITÉ DE FREINAGE DÉPEND DE LA VITESSE DE LA ROUE !!!

