

I Lois de l'induction 1

 1.) Flux magnétique : 1

 2.) Expériences : 2

 3.) Loi de Lenz : 3

 4.) Loi de Faraday : 4

II Circuit fixe parcouru par un courant 4

 1.) Auto-induction 4

 2.) Calcul de l'inductance propre d'un solénoïde 5

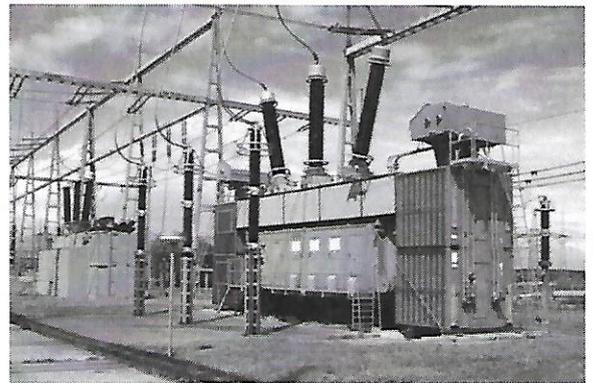
 3.) Circuit électrique équivalent 5

III Deux circuits fixes parcourus par des courants variables 7

 1.) Inductance mutuelle 7

 2.) Etude en régime sinusoïdal forcé 8

 3.) Transformateur de tension 9



I Lois de l'induction

1.) Flux magnétique :

Le flux magnétique à travers une surface S est le flux de \vec{B} à travers cette surface : $\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$.

Si la surface est plane et que le champ est uniforme : $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B.S.\cos\alpha$.

Si la surface est délimitée par un contour, le contour est orienté dans le sens de I (ou de façon arbitraire) et \vec{n} est orientée selon la règle du tire-bouchon.

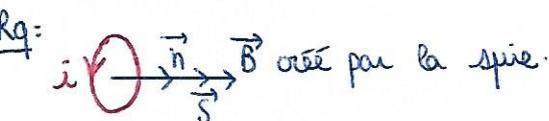
$$\phi = \iiint \vec{B} \cdot d\vec{S} \vec{n} = \vec{B} \cdot \iint d\vec{S} \vec{n}$$

\vec{B} uniforme

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{n} \iint dS \text{ si } S \text{ est plane}$$

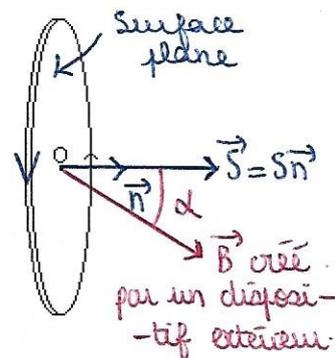
$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{n} S$$

$$\Rightarrow \phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS \cos(\alpha)$$



⚠ Surface fermée = englobe un volume fini.

Ex: Emballage de brique de lait.



Conservation du flux magnétique : ADMISE

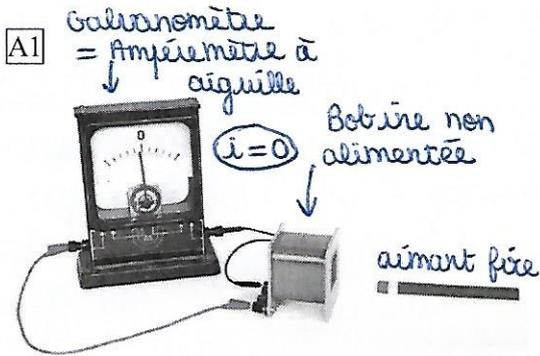
Le flux magnétique à travers toute surface fermée est nul. Le champ magnétique est dit à flux conservatif.

$$\Phi = \oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

2.) Expériences :

Expériences (A) : circuit fixe dans un champ magnétique variable

Galvanomètre : ampèremètre permettant de repérer de très faibles courants.

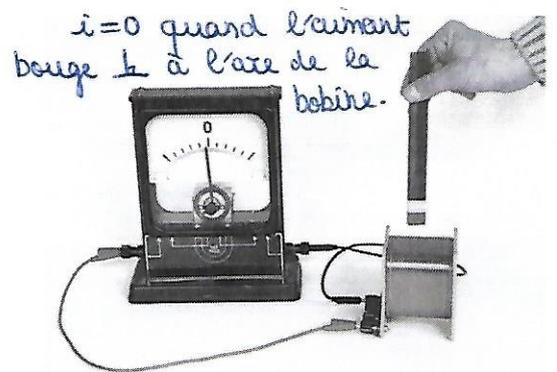
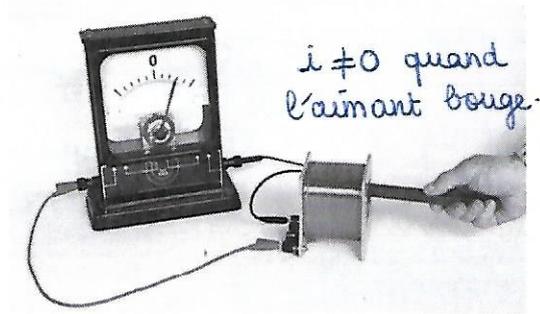


Observations : Quand on approche la face nord de l'aimant de la bobine (fixe dans le référentiel de l'observateur) qui n'est pas alimentée, l'aiguille du galvanomètre G dévie dans un sens ; il y a apparition d'un courant dit induit.

On éloigne la face N de l'aimant de la bobine : il y a déviation de G dans l'autre sens.

Plus la variation de \vec{B} est rapide (vitesse de déplacement de l'aimant), plus le courant est fort.

On laisse l'aimant immobile par rapport à la bobine : pas de déviation dans G ($i=0$).

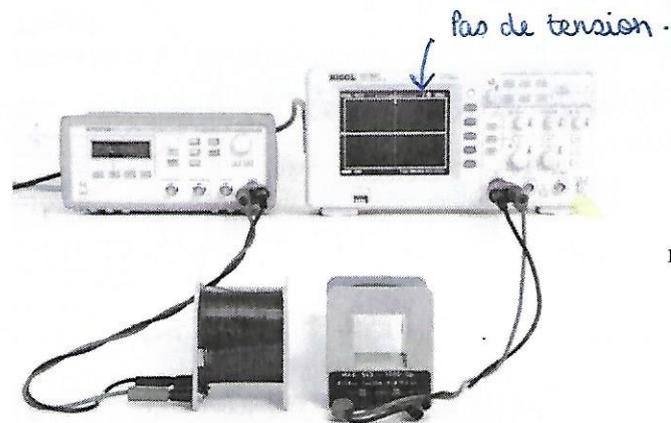
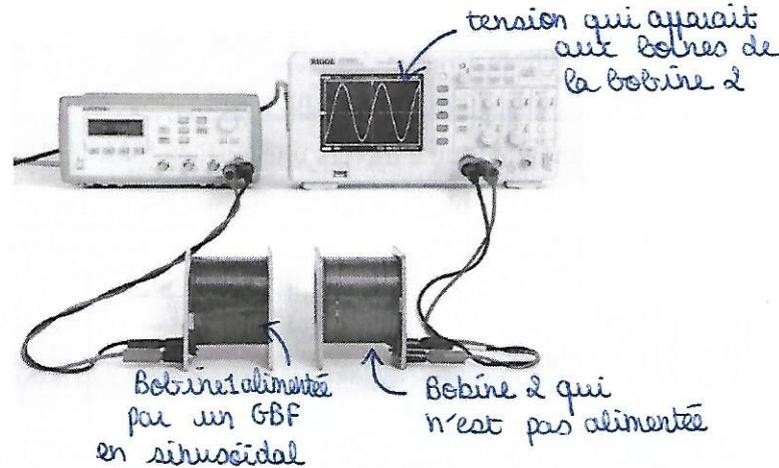


Si l'aimant est approché perpendiculairement à la bobine : le galvanomètre ne dévie pas.

A2 La première bobine est parcourue par un courant variable :

On observe, à l'aide d'un oscilloscope, une tension sinusoïdale aux bornes de la deuxième bobine (tension induite).

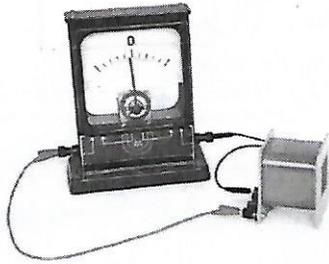
Cette tension n'est non nulle que si l'intensité du courant dans la bobine varie dans le temps.



Si les axes des bobines sont perpendiculaires, on n'observe pas de tension induite.

- Les phénomènes précédents ne sont donc observables dans le circuit C que s'il est en placé dans un champ magnétique variable dans le temps. Un champ magnétique variable peut créer un courant induit dans un circuit à distance.
- Il ne suffit pas que le champ magnétique varie, son orientation par rapport au circuit a son importance.

Expérience (B) : circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire (ou permanent)



On déplace cette fois la bobine dans le champ permanent de l'aimant fixe. Les observations sont les mêmes qu'en (A1) : il y a apparition d'un courant induit.

- Si la bobine est immobile, $i = 0$.
- Le signe de $i(t)$ dépend du sens de déplacement de la bobine par rapport à l'aimant.
- L'amplitude de $i(t)$ augmente avec la vitesse de déplacement de la bobine.

Un conducteur en mouvement dans un champ magnétique stationnaire peut aussi créer un courant induit dans un circuit à distance.

Conclusion : Le phénomène d'induction se manifeste par l'apparition d'un courant dans un circuit fermé, ou d'une tension aux bornes d'un circuit ouvert, sans que ce circuit comporte de générateur.

Ce phénomène apparaît dans les deux cas suivants :

- le circuit est fixe dans un champ magnétique qui dépend du temps. → Suite MA2
- le circuit est en mouvement dans un champ magnétique stationnaire. → MA3

3.) Loi de Lenz :

C'est une loi de modération.

Les phénomènes d'induction s'opposent par leurs effets aux causes qui leur donnent naissance.

Le déplacement de l'aimant provoque l'apparition d'un courant induit dans la bobine. Le courant crée un champ magnétique qui s'oppose aux variations de champ créé par l'aimant.

Exp A: Bobine non alimentée

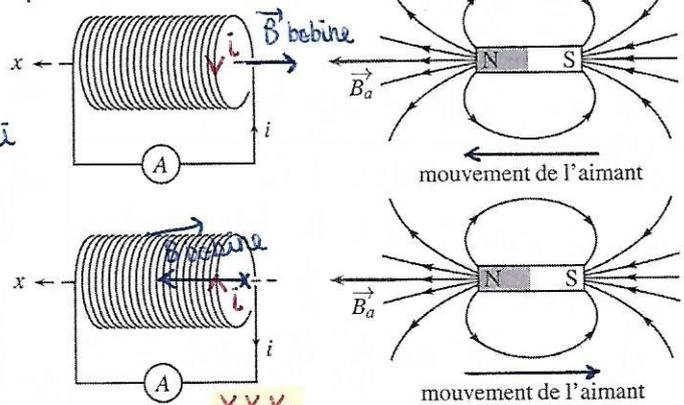


Figure 28.5 - Courant induit par un aimant en déplacement.

4.) Loi de Faraday : ~~*****~~

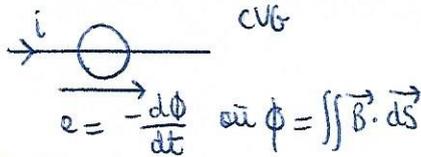
Dans le cas d'un circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire, si à la fois, on peut définir un flux variable $\Phi(t)$ à travers le circuit, et si le circuit coupe des lignes de champ lors de son déplacement,

ou dans le cas d'un circuit fixe dans un champ magnétique variable,

Loi de FARADAY

la force électromotrice induite dans un circuit, notée e , appelée f.é.m induite est donnée par : $e = -\frac{d\Phi}{dt}$

Pour représenter cette fém induite, on ajoute dans le circuit un générateur idéal de tension, en convention générateur. Si le circuit est fermé, un courant apparaît.



$\vec{B}(t)$ suite MA2
 S varie ou angle entre \vec{B} et $\vec{S} \Rightarrow$ MA3

$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$ pour 1 circuit plan dans \vec{B} uniforme

II Circuit fixe parcouru par un courant

1.) Auto-induction

Hyp: circuit (C) fermé, fixe, parcouru par i .
 \Rightarrow (C) crée un champ \vec{B} , dont les lignes de champ coupent la surface délimitée par le circuit.

$\Phi = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$ flux à travers le circuit = flux propre.

$B \propto I \Rightarrow \Phi \propto I$
 ↳ proportionnel à

$\Delta \vec{B}$ n'est pas uniforme sur la spire

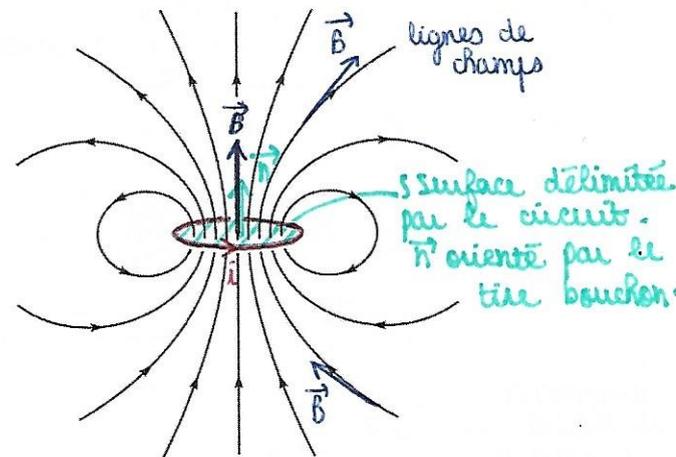


Figure 29.1 - Lignes de champ magnétique, en noir, d'une spire circulaire, en gris.

$\Rightarrow \mu_L = \frac{Rg A^{-2} s^{-2} m^2}{A}$

$\Rightarrow U_L = Rg A^{-2} s^{-2} m^2$

Rq1: L est tjrs positive :

$\left\{ \begin{array}{l} \vec{B} \text{ a été orienté par le tire bouchon} \\ \vec{n} \text{ également} \end{array} \right.$

donc \vec{B} et \vec{n} sont ds le \hat{m} sens pour $i > 0, \Phi > 0$

Rq2: $[L] = \frac{[\Phi]}{[i]} = \frac{[B][S]}{[i]}$

cf MA1: B en Tesla $T = Rg A^{-1} s^{-2}$

*
*
* Le flux à travers un circuit de son propre champ magnétique s'appelle flux propre et s'écrit $\Phi_p = Li$ où i est l'intensité circulant dans le circuit, et L le coefficient d'inductance propre (ou d'auto-inductance) du circuit (unité : le Henry (H)).

2.) Calcul de l'inductance propre d'un solénoïde

$L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} S$

$\vec{B} = \mu_0 n i \vec{e}_x$

où $n = \frac{N}{\ell}$ - nbr spires / longueur solénoïde

loin des bords, à l'intérieur du solénoïde.

Sens de $i \Rightarrow \begin{cases} \vec{B} \text{ suivant } + \vec{e}_x \\ \vec{n} \text{ suivant } + \vec{e}_x \end{cases}$

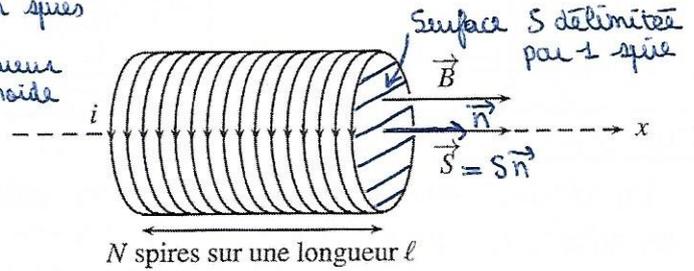


Figure 29.2 - Solénoïde dont on calcule l'inductance propre.

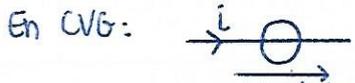
flux propre à travers 1 spire:

$\Phi = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{S}$ pour un champ supposé uniforme sur S et S plane

$\Phi_{1 \text{ spire}} = BS = \mu_0 \frac{N}{\ell} i S$

3.) Circuit électrique équivalent

a) Représentation de la f.é.m induite



Faraday: $e = - \frac{d\Phi}{dt}$

$\Phi_p = Li \Rightarrow e = - \frac{L di}{dt}$

Rq1: Si $i = \text{cste}$, $U_L = 0$
Bobine idéale \Rightarrow fil

Flux propre à travers N spires:

$\Phi_{N \text{ spires}} = N \Phi_{1 \text{ spire}}$

$\Phi_{N \text{ spires}} = \frac{\mu_0 N^2 i S}{\ell}$

$\Phi_p = Li$ où $L = \frac{\mu_0 N^2 S}{\ell}$

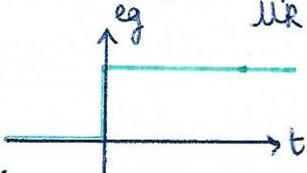
A.N: Solénoïde de 1000 spires
Rayon $r = 3 \text{ cm}$ $\ell = 40 \text{ cm}$ $S = \pi r^2$

$L = 4\pi \cdot 10^{-7} \times (1000)^2 \times \pi (3 \times 10^{-2})^2$
 $L \approx 9 \times 10^{-3} \text{ H} \Rightarrow L = 9 \text{ mH}$

Rq2: Loi de Lenz: Si $i \uparrow$ (grâce à un géné)
 $\frac{di}{dt} > 0 \Rightarrow e = - \frac{L di}{dt} < 0$ car L toujours > 0
 e s'oppose à la tension du générateur.

b) Mesure de l'inductance propre L d'une bobine réelle

Tracer $u_R(t)$: équ. diff sur i , puis u_R



Sur i : $eg = L \frac{di}{dt} + (R+r)i$

$\Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L} i = \frac{eg}{L}$

$\Rightarrow i(t) = A \exp(-\frac{R+r}{L} t) + \frac{eg}{R+r}$

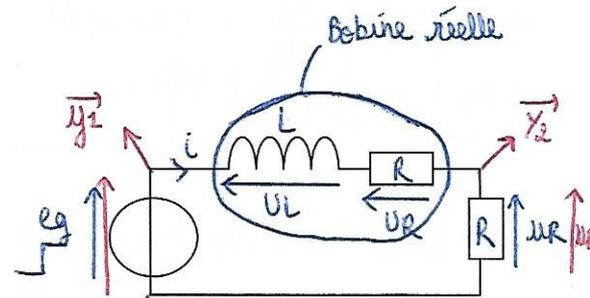
À $t = 0$: $i(0) = 0 \Rightarrow A = - \frac{eg}{R+r}$

Donc $i(t) = \frac{eg}{R+r} \left[-\exp(-\frac{R+r}{L} t) + 1 \right]$

Sur u_R : $eg = L \frac{di}{dt} + r i + i R$ avec $i = \frac{u_R}{R}$

$\Rightarrow eg = \frac{L}{R} \frac{du_R}{dt} + \frac{r}{R} u_R + u_R$

$\Rightarrow eg = \frac{L}{R} \frac{du_R}{dt} + \left(\frac{r}{R} + 1 \right) u_R$



$\Rightarrow \frac{du_R}{dt} + \frac{R}{L} \left(\frac{r}{R} + 1 \right) u_R = \frac{R}{L} eg$

$\Rightarrow \frac{du_R}{dt} + \frac{r+R}{L} u_R = \frac{R eg}{L}$

$t > 0 \Rightarrow eg = E \Rightarrow \frac{du_R}{dt} + \frac{r+R}{L} u_R = \frac{RE}{L}$

Sous régime: $u_R(t) = A \exp(-\frac{r+R}{L} t)$

force: $u_{Rf} = \frac{R}{R+r} E$

$u_R(t) = A \exp(-\frac{t}{\tau}) + \frac{R}{r+R} E$ où $\tau = \frac{L}{R+r}$

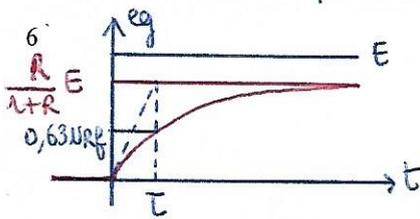
$i(t < 0) = 0 \Rightarrow i(0^-) = i(0^+)$ par continuité de l'énergie de la bobine $\Rightarrow i(0^+) = 0$

$\Rightarrow u_R(0^+) = 0$

$u_R(0^+) = A + \frac{R}{r+R} E = 0 \Rightarrow A = - \frac{R}{r+R} E$

$\Rightarrow u_R(t) = \frac{R}{R+r} E \left[1 - \exp(-\frac{t}{\tau}) \right]$

Courbe circuit précédent: Pour $t = \tau$



$$u_R = \frac{RE}{R+r} (1 - e^{-t/\tau})$$

on mesure :

$$u_{Rf} = \frac{RE}{R+r} \rightarrow \tau$$

$$\tau = \frac{L}{R+r} \rightarrow L$$

Circuit ci-contre:

R_g : En régime sinusoïdal forcé, on passe en notation complexe.

$$e_g = z_{eq} i \text{ où } z_{eq} = z_L + z_C + z_R + z_r$$

(en série)

$$\Rightarrow i = \frac{e_g}{z_{eq}}$$

$$\Rightarrow u_R = z_R i = \frac{z_R}{z_{eq}} e_g$$

Pont diviseur de tension

$$z_R = R \quad z_L = j\omega L$$

$$z_r = r \quad z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$u_R = \frac{R}{R+r+j\omega L+\frac{1}{j\omega C}} e_g \Rightarrow u_R = \frac{R}{R+r+j(\omega L - \frac{1}{\omega C})} e_g$$

c) Etude énergétique

eq de maille: $e_g = L \frac{di}{dt} + (R+r)i$

$$\times i \Rightarrow e_g i = L i \frac{di}{dt} + (R+r)i^2$$

$$\Rightarrow e_g i = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} L i^2 \right) + (R+r)i^2$$

CVG CVR

P fournie par le géné = P Bobine stockée dans L + P R+r dissipée par effet Joule

$$P_L = \frac{d \mathcal{E}_L}{dt} \text{ où } \mathcal{E}_L = \frac{1}{2} L i^2$$

Amplitude de u_R :

$$u_{RM} = \frac{R}{\sqrt{(R+r)^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \times E_{gm}$$

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\Rightarrow \omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

u_{RM} passe par un maximum pour ω_0
 on fait varier la fréquence f du générateur ($\omega = 2\pi f$) \Rightarrow on obtient L.

$$\Rightarrow u_R = \frac{R}{R+r} e_g \text{ pour } \omega = \omega_0$$

Les 2 courbes sont en phase.

$$\varphi = \text{Arg}(u_R) = \text{Arg}(\text{Num}) - \text{arg}(\text{Den})$$

$$\varphi = \varphi_{\text{Num}} - \varphi_{\text{Den}}$$

$$\varphi_{\text{Num}} = \text{Arg}(e_g) = 0$$

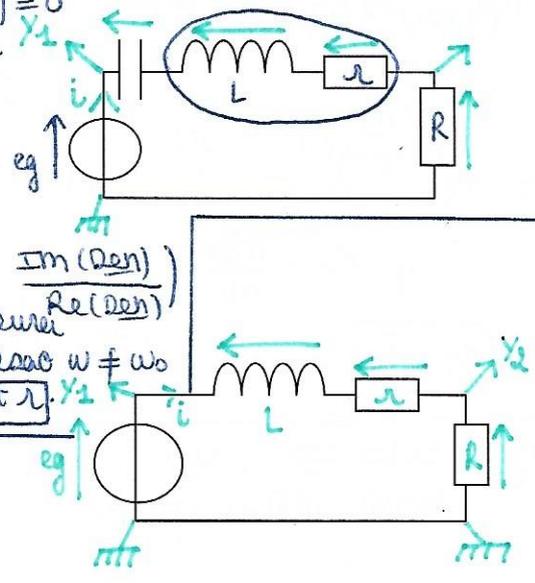
(e_g pris comme réf de phase)

$$\tan \varphi_{\text{Den}} = \frac{1}{\omega L - \frac{1}{\omega C}}$$

$$= \frac{R+r}{\omega L - \frac{1}{\omega C}}$$

$$(\tan \varphi_{\text{Den}} = \frac{\text{Im}(\text{Den})}{\text{Re}(\text{Den})})$$

on peut mesurer φ pour 1 pulsac $\omega \neq \omega_0$
 \Rightarrow on obtient L.



* L'énergie magnétique d'un circuit d'inductance propre L parcouru par un courant d'intensité i est
 $E_{\text{mag}} = E_L = \frac{1}{2} L i^2$

III Deux circuits fixes parcourus par des courants variables

1.) Inductance mutuelle

Hyp: $(\mathcal{C}_1), (\mathcal{C}_2)$ deux circuits fixes parcourus par i_1 et i_2

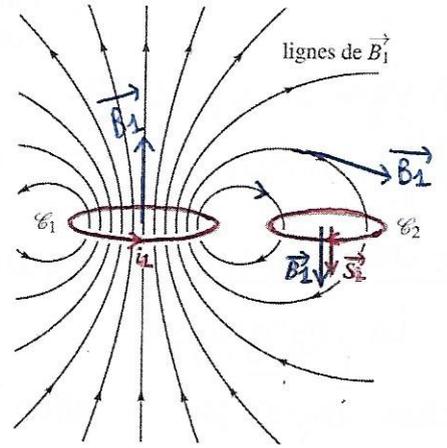


Figure 29.5 - Deux circuits magnétiquement couplés.

\mathcal{C}_1 parcouru par i_1 crée \vec{B}_1 en tout point de l'espace. Ces lignes de champs coupent la surface délimitée par (\mathcal{C}_2) . \mathcal{C}_2 orienté de façon arbitraire $\Rightarrow \vec{S}_2$ orienté par le tire bouchon flux créé par \vec{B}_1 à travers \mathcal{C}_2 :

$$\phi_{1 \rightarrow 2} = \iint \vec{B}_1 \cdot d\vec{S}_2$$

$$B_1 \propto i_1 \Rightarrow \phi_{1 \rightarrow 2} \propto i_1$$

$$B_2 \propto i_2 \Rightarrow \phi_{2 \rightarrow 1} \propto i_2$$

flux total à travers \mathcal{C}_1

$$\phi_1 = \phi_{p1} + \phi_{2 \rightarrow 1}$$

De même, (\mathcal{C}_2) parcouru par i_2 crée $\vec{B}_2 \Rightarrow$ flux créé par \vec{B}_2 à travers \mathcal{C}_1

$$\phi_{2 \rightarrow 1} = \iint \vec{B}_2 \cdot d\vec{S}_1$$

**** Théorème de Neumann : Les flux mutuels s'écrivent : $\phi_{1 \rightarrow 2} = M i_1$ et $\phi_{2 \rightarrow 1} = M i_2$. M est le coefficient d'inductance mutuelle entre les deux circuits. Il peut être positif ou négatif suivant l'orientation des circuits et dépend des caractéristiques géométriques. Son unité est le Henry (H).

$$\phi_1 = L_1 i_1 + M i_2$$

**** Voir ci dessus ****

Loi de Faraday : $e_1 = -\frac{d\phi_1}{dt}$

$$e_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} \quad (\text{où } L_1, M = \text{constes})$$

de même flux total à travers \mathcal{C}_2 :

$$\phi_2 = \phi_{p2} + \phi_{1 \rightarrow 2}$$

$$\phi_2 = L_2 i_2 + M i_1$$

$$e_2 = -\frac{d\phi_2}{dt} = -L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} \quad \text{si } L_2, M \text{ constes -}$$

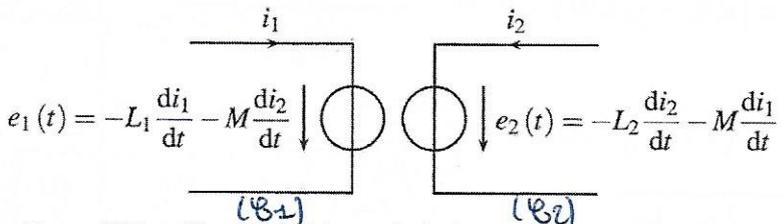


Figure 29.6 - Circuits électriques équivalents (convention générateur).

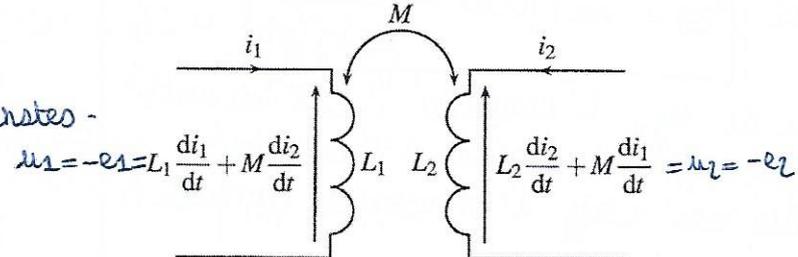


Figure 29.7 - Circuits électriques équivalents (convention récepteur).

2.) Etude en régime sinusoïdal forcé

a) Impédance équivalente

$$\Delta \begin{cases} \textcircled{1} v_g = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} \\ \textcircled{2} 0 = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} \end{cases}$$

Régime sinusoïdal forcé $v_g = E \cos(\omega t)$

$$\hookrightarrow \underline{v_g} = E e^{j\omega t}$$

Pulsation imposée par le générateur

$$\textcircled{1} \underline{v_g} = R_1 \underline{i_1} + jL_1 \omega \underline{i_1} + jM \omega \underline{i_2}$$

$$\textcircled{2} 0 = R_2 \underline{i_2} + jL_2 \omega \underline{i_2} + jM \omega \underline{i_1}$$

$$\left(\begin{array}{l} \textcircled{2} \Rightarrow \underline{i_2} \text{ et on remplace dans } \textcircled{1} \\ \Rightarrow \underline{v_g} = \underline{z_{eq}} \underline{i_1} \text{ où } \underline{z_{eq}} = ? \end{array} \right)$$

$$\textcircled{1'} \underline{v_g} = R_1 \underline{i_1} + jL_1 \omega \underline{i_1} + jM \omega \underline{i_2}$$

$$\textcircled{2'} R_2 \underline{i_2} + jL_2 \omega \underline{i_2} + jM \omega \underline{i_1} = 0$$

$$\Rightarrow \underline{i_2} (R_2 + jL_2 \omega) = -jM \omega \underline{i_1}$$

$$\Rightarrow \underline{i_2} = \frac{-jM \omega \underline{i_1}}{R_2 + jL_2 \omega}$$

on remplace dans $\textcircled{1'}$

$$\underline{v_g} = (R_1 + jL_1 \omega) \underline{i_1} + \frac{jM \omega (-jM \omega \underline{i_1})}{R_2 + jL_2 \omega}$$

$$\underline{v_g} = \left(R_1 + jL_1 \omega + \frac{M^2 \omega^2}{R_2 + jL_2 \omega} \right) \underline{i_1}$$

$$\underline{v_g} = \underline{z_{eq}} \underline{i_1}$$

$$\text{ou } \underline{z_{eq}} = R_1 + jL_1 \omega + \frac{(M\omega)^2}{R_2 + jL_2 \omega}$$

Vue de v_g , l'ensemble des 2 circuits équivaut à 1 impédance équivalente grâce au coeff d'inductance mutuelle M

b) Etude énergétique:

⚠ Se fait en notation réelle

$$\textcircled{1} \times i_1$$

$$\textcircled{2} \times i_2$$

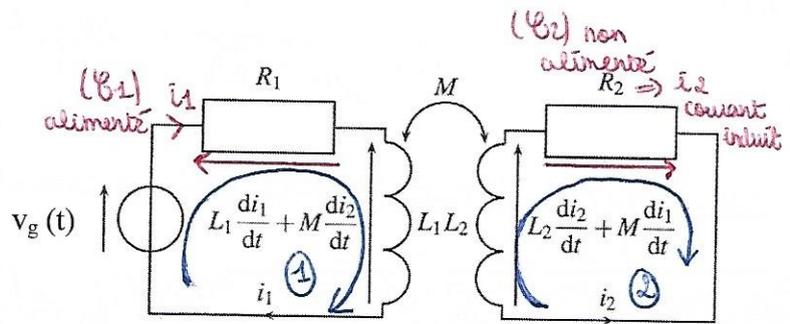


Figure 29.8 - Circuits couplés étudiés.

$$\Rightarrow v_g i_1 = R_1 i_1^2 + L_1 i_1 \frac{di_1}{dt} + M i_1 \frac{di_2}{dt}$$

$$0 = R_2 i_2^2 + L_2 i_2 \frac{di_2}{dt} + M i_2 \frac{di_1}{dt}$$

$$\Rightarrow v_g i_1 = R_1 i_1^2 + R_2 i_2^2 + L_1 i_1 \frac{di_1}{dt} + L_2 i_2 \frac{di_2}{dt} + M \left(i_1 \frac{di_2}{dt} + i_2 \frac{di_1}{dt} \right)$$

$$\Rightarrow v_g i_1 = \underbrace{R_1 i_1^2 + R_2 i_2^2}_{\text{CVR}} + \underbrace{\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2 \right)}_{\text{CVR}}$$

P fournie par le gène = P dissipée par effet Joule de R_1, R_2 + P magnétique

$$\text{ou } P_{\text{mag}} = \frac{d E_{\text{mag}}}{dt}$$

$$E_{\text{mag}} = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$$

$$= E_{\text{mag}}(C_1) + E_{\text{mag}}(C_2) + E_{\text{couplage entre } C_1 \text{ et } C_2}$$

3.) Transformateur de tension

a) Principe

Enroulement primaire alimenté par un générateur de tension variable $v_1(t)$ qui crée $i_1(t)$

La circulation de i_1 dans le primaire crée $B(t)$. La carcasse ferromagnétique canalise les lignes de champs à travers le secondaire.

Variation de flux de \vec{B} à travers le secondaire crée une fem induite, donc un courant induit i_2 si le circuit est fermé. i_2 crée un champ magnétique dans le secondaire qui se superpose au champ initial.

Hyp. - Cas du couplage parfait
Tte ligne de champ traversant le primaire, traverse aussi le secondaire

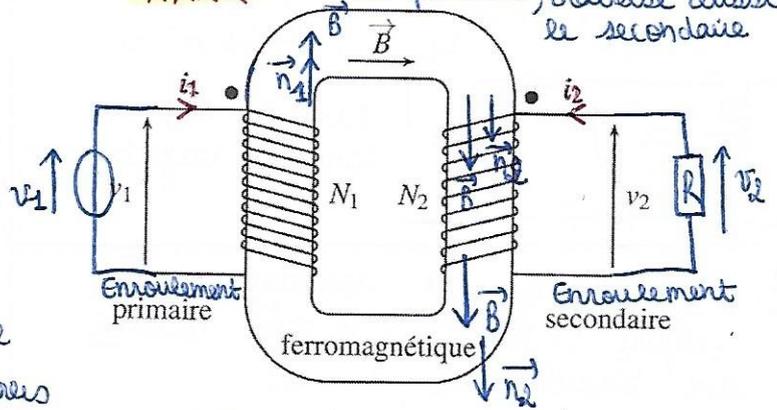


Figure 29.9 - Transformateur.

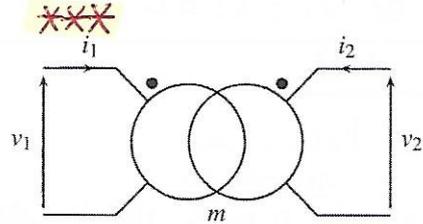


Figure 29.11 - Schéma normalisé d'un transformateur.

Rq: Le • indique le sens de l'enroulement. Si \vec{i} entre par •, il crée un champ \vec{B} dans le sens indiqué par la règle du tire bouchon (sens de la normale)

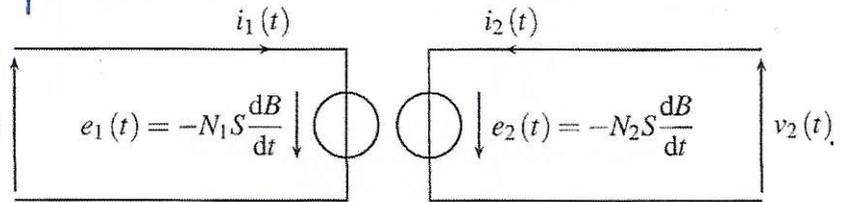


Figure 29.10 - Circuit électrique équivalent du transformateur.

Loi de Faraday:

$$(CVR) e_1 = -\frac{d\phi_1}{dt} = -\frac{d}{dt}(N_1 S B) = -N_1 S \frac{dB}{dt}$$

$$(CVR) v_1 = -e_1 = N_1 S \frac{dB}{dt}$$

$$\text{De } \vec{m}, e_2 = -\frac{d\phi_2}{dt} = -N_2 S \frac{dB}{dt}$$

$$\Rightarrow v_2 = -e_2 = N_2 S \frac{dB}{dt}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{N_2}{N_1} = m \quad \forall i_1, i_2 \quad \text{*** demo à connaître$$

b) Mise en équation:

S section de la carcasse, supposée constante
B supposé uniforme sur la sec

flux à travers le primaire

$$\phi = \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}_1 = \vec{B} \cdot \vec{S}_1 \quad \text{si la surface est plane et } B \text{ est uniforme}$$

$$\phi_1 = N_1 \vec{B} \cdot S \vec{n}_1 = \boxed{N_1 B S} \quad \text{car } \vec{B} \text{ et } \vec{n}_1 \text{ de } \vec{m} \text{ sens où } N_1 \text{ est le nbr de spires au primaire}$$

flux à travers le secondaire

$$\phi_2 = \vec{B} \cdot \vec{S}_2 \quad (\text{spire plane, } \vec{B} \text{ uniforme})$$

$$= N_2 \vec{B} \cdot S \vec{n}_2$$

$$\boxed{\phi_2 = N_2 B S}$$

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{N_2 B S}{N_1 B S} \Rightarrow \boxed{\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{N_2}{N_1} = m}$$

m rapport de transformation
indépendant de i_1, i_2

$$\text{Rq: } \phi_1 = L_1 i_1 + M i_2$$

$$\phi_2 = L_2 i_2 + M i_1$$

$$\text{Si } i_1 = 0 \quad \left| \begin{array}{l} \phi_1 = M i_2 \\ \phi_2 = L_2 i_2 \end{array} \right.$$

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{L_2}{M}$$

$$\text{Si } i_2 = 0 \quad \left| \begin{array}{l} \phi_1 = L_1 i_1 \\ \phi_2 = M i_1 \end{array} \right. \quad \frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{M}{L_1}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{M}{L_1} = \frac{L_2}{M} = m} \quad \forall i_1, i_2$$

$$\Rightarrow M^2 = L_1 L_2 \Rightarrow M = \sqrt{L_1 L_2}$$

$$\Rightarrow \frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$$

$$\frac{\phi_2}{\phi_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = m \quad \text{dans le cas du couplage parfait}$$

$$\Rightarrow \frac{i_2}{i_1} = -\frac{v_1}{v_2} = -\frac{1}{m} \quad \begin{matrix} * \\ * \\ * \end{matrix}$$

démo à connaître

Rqd: un transfo ne transmet pas le régime continu si le géné délivre une tension cste, i_1 est $\Rightarrow B$ cste $\Rightarrow v_1 = v_2 = 0$

Dans le cas idéal:

$P_{\text{fournie au primaire}} = P_{\text{prise au secondaire}}$
 on suppose qu'il n'y a pas de pertes
 $-v_1 i_1 = v_2 i_2$
 CVG CVR

Dans le cas d'un couplage parfait: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{N_2}{N_1} = m$ où m est le rapport de transformation.

Remarque: Pour un enroulement inversé au secondaire

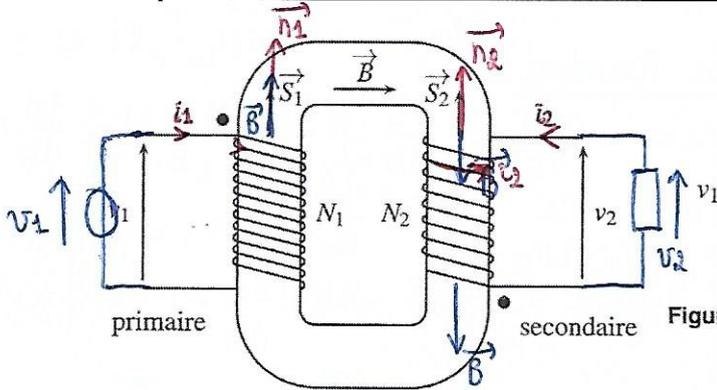


Figure 29.12 - Gestion des points dans un transformateur.

ϕ_1 est inchangé (\vec{B} et \vec{n}_1 de \hat{m} sens)

$$\phi_1 = N_1 B S$$

$$\phi_2 = \vec{B} \cdot \vec{S}_2 = N_2 \vec{B} \cdot \vec{S}_2$$

\vec{B} et \vec{n}_2 colinéaires de sens opposé

$$\Rightarrow \phi_2 = -N_2 B S$$

$$e_1 = -\frac{d\phi_1}{dt} \quad v_1 = -e_1 = +N_1 S \frac{dB}{dt}$$

$$e_2 = -\frac{d\phi_2}{dt} \quad v_2 = -e_2 = -N_2 S \frac{dB}{dt}$$

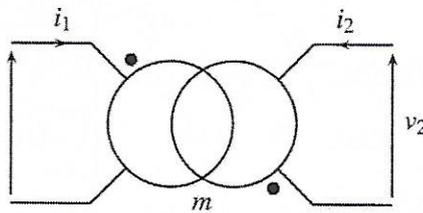


Figure 29.13 - Gestion des points avec le schéma normalisé d'un transformateur.

$$\frac{v_2(t)}{v_1(t)} = -\frac{N_2}{N_1} = -m$$

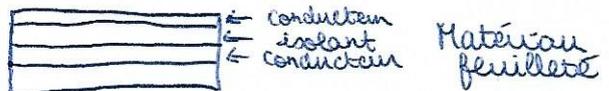
$$\frac{v_2}{v_1} = -\frac{N_2}{N_1} = -m \quad \begin{matrix} * \\ * \\ * \end{matrix}$$

démo à connaître

Le changement de sens d'enroulement au secondaire entraîne un signal en opposition de phase à la sortie (en régime sinusoïdal).

Conclusion: Courant de FOUCAULT. Courant induit dans le volume du conducteur soumis à $\vec{B}(t)$

\Rightarrow le matériau chauffe



Utilisation des transfos:

- transfo EDF au niveau du réseau 400 000 V \rightarrow 230 V
- transfo du petit électroménager (téléphone portable 230 V \rightarrow 12 V)
- transfo d'isolement pour isoler les masses cf TP - mesures d'impédances.