Chapitre 3

Phénomènes dépendant du temps (régime quasi stationnaire)

3.1 Définition Régime quasi stationnaire :

Si l'intensité dans un circuit électrique varie lentement, on utilise l'approximation des régimes quasi stationnaires, valable pour des fréquences allant jusqu'à plusieurs kHz :

On néglige les phénomènes de propagation des signaux dans les circuits électriques.

Exemple1 : une ligne de transport d'énergie électrique de longueur l= 90km et de fréquence f=50Hz de tension variable $u(t) = u_m \sin(2\pi f t)$, la longueur d'onde $\lambda = \frac{v}{f}$ du signal et v sa vitesse de propagation

$\lambda = \frac{3.10^8}{50} = 6000km \Rightarrow \lambda \gg l$ on peut utiliser l'approximation quasi stationnaire (loi d'Ampère, loi d'Ohm, les lois de Kirchhoff, Gauss…etc.)

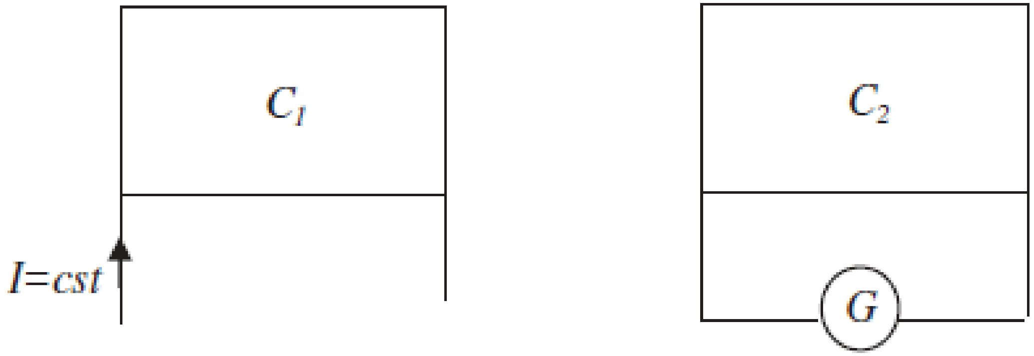
Exemple 2 : pour un circuit électrique de longueur l=20cm et de fréquence 100GHz (λ=0.3cm$\ll 20cm$). on ne peut pas utiliser l'approximation quasi stationnaire, il faut tenir compte les phénomènes de propagation des signaux dans le circuit.

3.2. Loi de Faraday

3.2.1. Expériences Fondamentales

a- Expérience N° 1 :

- C_1 fixe et parcouru par un courant constant, C_2 mobile



Observations

-Un courant i prend naissance dans le circuit C_2 (le galvanomètre indique un courant)

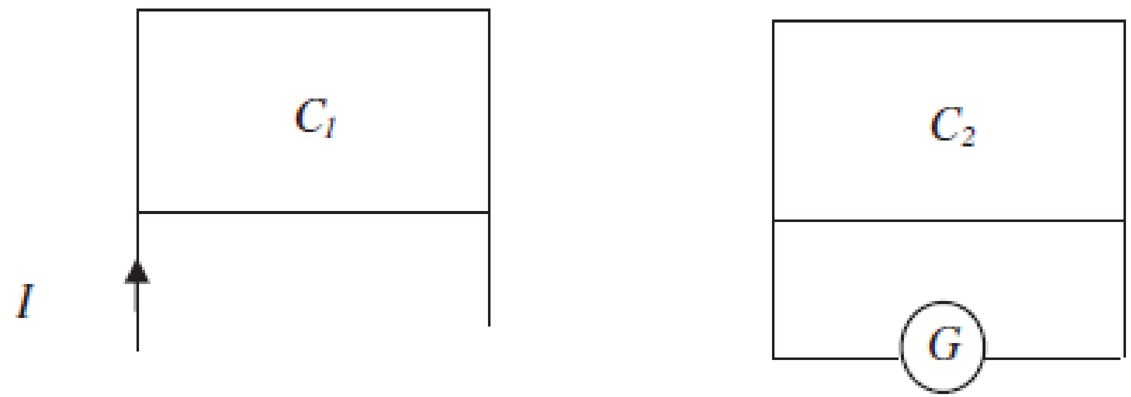
Si on inverse un des paramètres suivants :

-sens du courant dans C_1

-sens de déplacement de C_2

alors le courant i change de sens.

- C_1 mobile et parcouru par un courant I constant, C2 immobile



Observations

-Un courant i prend naissance dans le circuit C_2

b- Expérience N° 2

Remplaçant C_1 par un aimant droit les résultats sont identiques au précédent.

c-Expérience N° 3

Revenons aux deux circuits C_1 et C_2 mais supposons qu'elle soit immobiles l'un par rapport à l'autre, cette fois le circuit C_1 alimenté par un courant variable avec le temps.

Observation

- Un courant i prend naissance dans le circuit C_2

Interprétation

Le point commun aux expériences précédentes est le suivant

Le flux d'induction magnétique traversant C_2 varie au cours du temps cette variation ce fait :

Par la variation du champ d'induction magnétique $\vec{B}$ traversant C_2 (déplacement de C_2 ou variation de I).

Le courant traversant C_2 est appelé courant induit ; le circuit C_2 est le circuit induit, le circuit C_1 est le circuit inducteur.

La loi de Faraday

C'est une généralisation basé sur des considérations expérimentales.

La loi de faraday s'énonce ainsi :

Un circuit fermé traversé par un flux magnétique φ est le siege d'une $f.e.m$d'induction

$$e = -\frac{d\varphi}{dt} \tag{3.1}$$

Le signe « – » traduit la loi de Lenz :

- ✓ Le courant induit s'oppose par ses effets à la variation de flux qui lui a donné naissance.
- ✓ La $f.e.m$ d'induction peut être défini comme la circulation sur le circuit fermé (c) d'un champ électromoteur $\vec{E}_m$.

$$e = -\frac{d\varphi}{dt} = \oint \vec{E}_m \overrightarrow{dl} \tag{3.2}$$

3.3. Le champ électromoteur

$$e = -\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{\partial}{\partial t}\oiint \vec{B}\,\overrightarrow{ds} = \oint \vec{E}_m \overrightarrow{dl}$$

$$\vec{B} = \overrightarrow{rot}\,\vec{A}$$

$$e = -\oiint \frac{\partial}{\partial t}\overrightarrow{rot}\,\vec{A} = \oint \vec{E}_m \overrightarrow{dl} = \oiint \overrightarrow{rot}\,\vec{E}_m\,\overrightarrow{ds} \Rightarrow \vec{E}_m = -\frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$$

Le champ électromoteur dérive du potentiel vecteur magnétique $\vec{A}$.

$$\overrightarrow{rot}(\vec{E}_m) = \overrightarrow{rot}(-\frac{\partial \vec{A}}{\partial t})$$

$$\overrightarrow{rot}\left(\vec{E} + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}\right) = 0 = \overrightarrow{rot}\,(-\overrightarrow{grad}\,V)$$

$$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}V - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \tag{3.3}$$

Le champ électrique dérive d'un potentiel électrique scalaire et d'un potentiel vecteur magnétique.

3.3.1. Conséquences

$e = -\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{\partial}{\partial t}\oiint \vec{B}\,\overrightarrow{ds} = \oint \vec{E}\,\overrightarrow{dl} = \oiint \overrightarrow{rot}\,\vec{E}\,\overrightarrow{ds} \Rightarrow \overrightarrow{rot}\,\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ (Équation de Maxwell Faraday)

3.4. Applications

-Le principe des moteurs à induction.

-Les fours à inductions.

-Les ralentisseurs des camions et des Wagons.

-Certains embrayages automobiles.

3.6. Comparaison entre le régime stationnaire et le régime quasi-stationnaires

RS	RQS
$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}V$	$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}V - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$
$div\vec{B} = 0$	$div\vec{B} = 0$
$\overrightarrow{rot}\vec{E} = 0$	$\overrightarrow{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
$\overrightarrow{rot}\vec{B} = \mu\vec{J}$	$\overrightarrow{rot}\vec{B} = \mu\vec{J}$