

CHAPITRE 4 : CIRCUITS ÉLECTRIQUES DANS L'APPROXIMATION DES RÉGIMES QUASI-STATIONNAIRES

L'électricité concerne l'étude et le traitement de l'information électrique. L'opposition entre Nikola Tesla et Thomas Edison au sujet, notamment, de la commercialisation de l'énergie électrique a donné à l'électricité une notoriété à part dans l'histoire des sciences.

Nous nous intéresserons davantage ici à l'électrocinétique qui a pour objet d'étude les phénomènes macroscopiques associés au mouvement microscopique de particules chargées. Les éléments de ce modèle sont nés au XIX^{ème} siècle avec les travaux sur le lien entre magnétisme et électricité. On peut notamment citer André-Marie Ampère, Hans Christian Ørsted ou encore Michael Faraday.

Il s'agit du deuxième cadre théorique que nous introduisons cette année en Physique après celui de l'optique géométrique. Nous nous attacherons dans ce chapitre à donner les bases de ce cadre pour pouvoir l'exploiter dans les chapitres suivants d'électrocinétique.

QUESTION

I - Grandeurs électriques

A Intensité du courant électrique

① Charge électrique

DÉFINITION

Charge électrique :

PROPRIÉTÉS DE LA CHARGE ÉLECTRIQUE

La charge électrique est une grandeur :

RAPPEL

- Deux charges de **même** signe, se **repoussent**.
- Deux charges de signe **opposé**, s'**attirent**.

Remarque :

2 Porteurs de charge

DÉFINITION

Porteurs de charge :

Conducteur :

On retient deux cas :

↪ Conduction métallique :

↪ Conduction dans une solution :

3 Courant électrique

DÉFINITION

Courant électrique :

CONVENTION

 Remarque importante :

4 Intensité du courant électrique

DÉFINITION

Intensité du courant électrique :

Remarques :

 Remarque importante :

5 Mesure et ordres de grandeur

MESURE DE L'INTENSITÉ D'UN COURANT ÉLECTRIQUE

La mesure de l'intensité du courant électrique traversant un composant se fait à l'aide d'un **ampère-mètre**

Ordres de grandeur :

B Tension électrique

1 Potentiel électrique

DÉFINITION

Potentiel électrique :

2 Tension électrique

DÉFINITION

Tension électrique :

Remarques :

3 Mesure et ordres de grandeur

MESURE D'UNE TENSION ÉLECTRIQUE

La mesure de la tension électrique aux bornes d'un composant se fait à l'aide d'un **voltmètre**

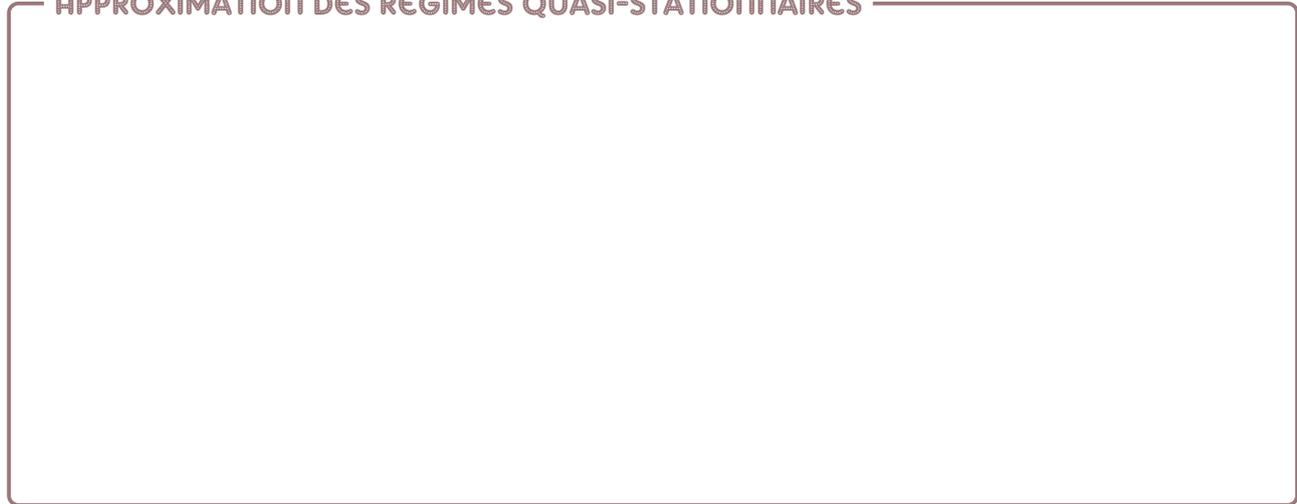
DÉFINITION RELATIVE DU POTENTIEL

Ordres de grandeur :

II - Circuit électrique

A Approximation des régimes quasi-stationnaires

APPROXIMATION DES RÉGIMES QUASI-STATIONNAIRES



Remarque :

APPLICATION DIRECTE N°1

- 1/ Quelle est la fréquence du signal délivré par EDF ? Une ligne électrique de 300 km peut-elle être étudiée dans le cadre de l'ARQS ?
- 2/ Même question pour une puce électronique de côté $a = 1$ cm sachant que les signaux n'y dépassent pas une fréquence $f_{\max} \sim 10$ MHz.

B Vocabulaire de base pour la description d'un circuit

DÉFINITION

Dipôle : Composant électrique connecté au reste du circuit par **deux bornes**.

DÉFINITION

Branche :



Maille :

Nœud :



Exemple :

Notation :

C Lois de Kirchhoff

① Conséquence de la conservation de la charge : loi des nœuds

LOI DES NŒUDS

En un nœud d'un circuit électrique sur lequel arrivent p branches parcourues par des courants I_k , on a :

Autre énoncé :

② Additivité des tensions et loi des mailles

ADDITIVITÉ DES TENSIONS

↪ Relation de Chasles pour les tensions :

↪

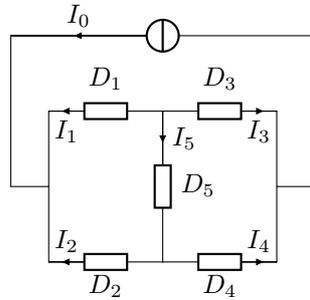
LOI DES MAILLES

Le long d'une maille orientée comportant p dipôles. Les tensions U_k aux bornes du k -ième dipôle sont liées par :

Autre énoncé :

Remarque :

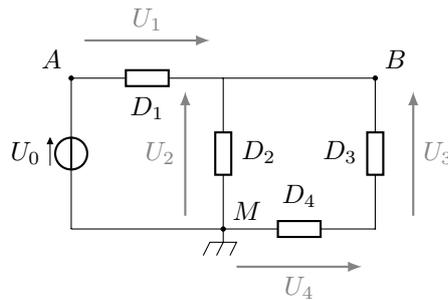
APPLICATION DIRECTE N°2



$$\text{On mesure : } \begin{cases} I_0 = 4 \text{ A} \\ I_1 = 1 \text{ A} \\ I_4 = 2 \text{ A} \end{cases}$$

- 1/ Que valent I_2 , I_3 et I_5 ?
- 2/ Combien d'électrons traversent D_4 en une minute ?

APPLICATION DIRECTE N°3



$$\text{On mesure : } \begin{cases} U_0 = -5 \text{ V} \\ U_2 = 1 \text{ V} \\ U_3 = 3 \text{ V} \end{cases}$$

- 1/ Que valent U_1 et U_4 ?
- 2/ Déterminer le potentiel des nœuds A et B.

III - Dipôles

A Convention récepteur-générateur

CONVENTION RÉCEPTEUR VS GÉNÉRATEUR

On choisit deux conventions pour les dipôles :

Remarque :

B Récepteurs usuels

① Fil et interrupteur ouvert

② Conducteur ohmique

LOI D'OHM

Ordres de grandeur :

 Remarque importante :

Remarque :

 Condensateur

CAPACITÉ D'UN CONDENSATEUR

La charge q portée par les armatures d'un condensateur est proportionnelle à la tension aux bornes de celui-ci :

LOI DU CONDENSATEUR**COMPORTEMENT EN RÉGIME CONTINU**

Ordres de grandeur :

 Remarque importante :

Remarque :

4 Bobine

LOI DE LA BOBINE

COMPORTEMENT EN RÉGIME CONTINU

Ordres de grandeur :

 Remarque importante :

Remarque :

C Générateurs usuels

① Source idéale de tension

DÉFINITION

Source idéale de tension :

Remarque :

⚠ Remarque importante :

② Source réelle de tension

En réalité, une source idéale de tension n'existe pas : si l'intensité traversant le circuit augmente, la tension délivrée par la source chute (ex. pile). Une modélisation plus correcte est le modèle suivant :

MODÈLE DE THÉVENIN

Un générateur **réel** de tension est modélisé comme l'association en série d'un générateur idéal de f.e.m. E et d'un conducteur ohmique de résistance r appelée **résistance interne du générateur**.

Remarque :

3 Source idéale d'intensité

DÉFINITION

Source idéale d'intensité : Dipôle capable d'assurer une intensité I_0 dans une branche **quelle que** soit la valeur de la tension à ses bornes.

⚠ Remarque importante :

Remarque :

D Aspects énergétiques

1 Énergie et puissance électriques

RAPPEL

- ↪ L'énergie s'exprime en **joules (J)**.
- ↪ La puissance électrique s'exprime en **watts (W)**. Elle est définie par :

$$\mathcal{P}(t) = \frac{d\mathcal{E}(t)}{dt}$$

PUISSANCE INSTANTANÉE AUX BORNES D'UN DIPÔLE

La **puissance instantanée** \mathcal{P} échangée par un dipôle avec le circuit électrique dans lequel il est inséré s'exprime ainsi :

⚠ Remarque importante :

Remarque :

Ordres de grandeur :

② *Énergie stockée dans un condensateur*

ÉNERGIE STOCKÉE PAR UN CONDENSATEUR

Remarque :

⚠ Remarque importante :

À RETENIR

③ *Énergie stockée dans une bobine*

ÉNERGIE STOCKÉE PAR UNE BOBINE

Remarque :

⚠ Remarque importante :

À RETENIR

4 Puissance dissipée par un conducteur ohmique

PUISSANCE DISSIPÉE PAR UN CONDUCTEUR OHMIQUE

⚠ Remarque importante :

APPLICATION DIRECTE N°4

- 1/ Quelles sont les intensités circulant dans la résistance d'un grille pain branché sur le secteur (220 V) et de puissance 1000 W et d'une bouilloire branchée sur le secteur et de puissance 1300 W.
- 2/ On souhaite brancher le grille-pain et la bouilloire à une même prise et on utilise pour cela une multiprise. La prise est protégée par un fusible 10,0 A.
Peut-on utiliser le grille-pain et la bouilloire en même temps ?

IV - Méthodes pour aborder des exercices d'électrocinétique

A Association de conducteurs ohmiques en série

① Résistance équivalente

RÉSISTANCE ÉQUIVALENTE

Deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 placés en série sont équivalents à un conducteur ohmique de résistance $R_{\text{éq}}$ donnée par :

Remarque :

② Diviseur de tension

PONT DIVISEUR DE TENSION

Lorsque plusieurs résistances sont en série avec un générateur de f.é.m. E , la tension U_R aux bornes d'une résistance R est donnée par :

Remarque :

B Association de conducteurs ohmiques en parallèle

① Résistance équivalente

RÉSISTANCE ÉQUIVALENTE

Deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 placés en parallèle sont équivalents à un conducteur ohmique de résistance $R_{\text{éq}}$ donnée par :

Remarque :

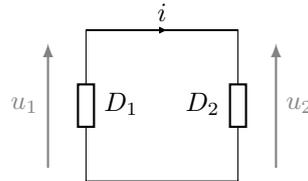
2 Diviseur de courant

PONT DIVISEUR DE COURANT

Lorsque plusieurs résistances sont en parallèle, l'intensité du courant traversant l'un des deux est donnée par :

C Point de fonctionnement d'un circuit

Considérons un circuit comprenant deux dipôles :



Dans le circuit ci-dessus, chaque dipôle cherche à imposer une relation entre u et i au circuit.

DÉFINITION

Point de fonctionnement :

MÉTHODE POUR OBTENIR LE POINT DE FONCTIONNEMENT D'UN CIRCUIT

Exemple : Source réelle et conducteur ohmique