



E1 | Électrocinétique

Lois des réseaux



Prérequis

Notions à maîtriser avant ce chapitre :

- ☐ courant électrique : mesure d'une intensité et d'une tension ;
- ☐ loi des mailles, loi des nœuds ;
- ☐ branche, série, parallèle, boucle ;
- ☐ loi d'Ohm



QR vers le TD

I Plus rapide que la lumière ?

Savoir

Notion d'ARQS. Vitesse de l'onde ELM, vitesse des électrons, vitesse de l'information.

Savoir-faire

- ⚙ Déterminer, pour une fréquence donnée, la taille du réseau maximale répondant à l'ARQS ;
- ⚙ Déterminer, pour une taille de réseau donnée, la fréquence maximale pour laquelle l'ARQS est valide.

Exercice d'application 1

- 1 Quelle est le domaine de fréquence pour lequel, un circuit étudié en TP, respecte-t-il l'ARQS ?

Corrigé

La taille typique d'un circuit de TP est de l'ordre de $d \simeq 1$ m. Le temps de parcours de l'onde électromagnétique est : $T_e = d/c$

Il faut comparer ce temps avec la période de changement du signal : $T_s = \frac{1}{f_s}$

Pour respecter l'ARQS, l'onde électromagnétique le temps de parcours de l'onde doit être très petit devant la période du signal :

$$T_e \ll T_s$$

$$\frac{d}{c} \ll \frac{1}{f_s}$$

$$f_s \ll \frac{c}{d}$$

Application numérique :

$$f_s \ll 3 \times 10^8 \text{ Hz} = 300 \text{ MHz}$$



Exercice d'application 2

- 1 Pour le réseau EDF $f \simeq 50$ Hz, quelle est la taille maximale du circuit respectant l'ARQS ?

Corrigé

La fréquence du signal sur le réseau EDF est $f \simeq 50$ Hz. Soit d la taille du circuit. Le temps de parcours de l'onde électromagnétique dans ce circuit est : $T_e = \frac{d}{c}$.

Pour respecter l'ARQS, le temps du signal doit être grand devant le temps de parcours de l'onde :

$$T_e \ll \frac{1}{f}$$

$$d \ll \frac{c}{f}$$

Application numérique :

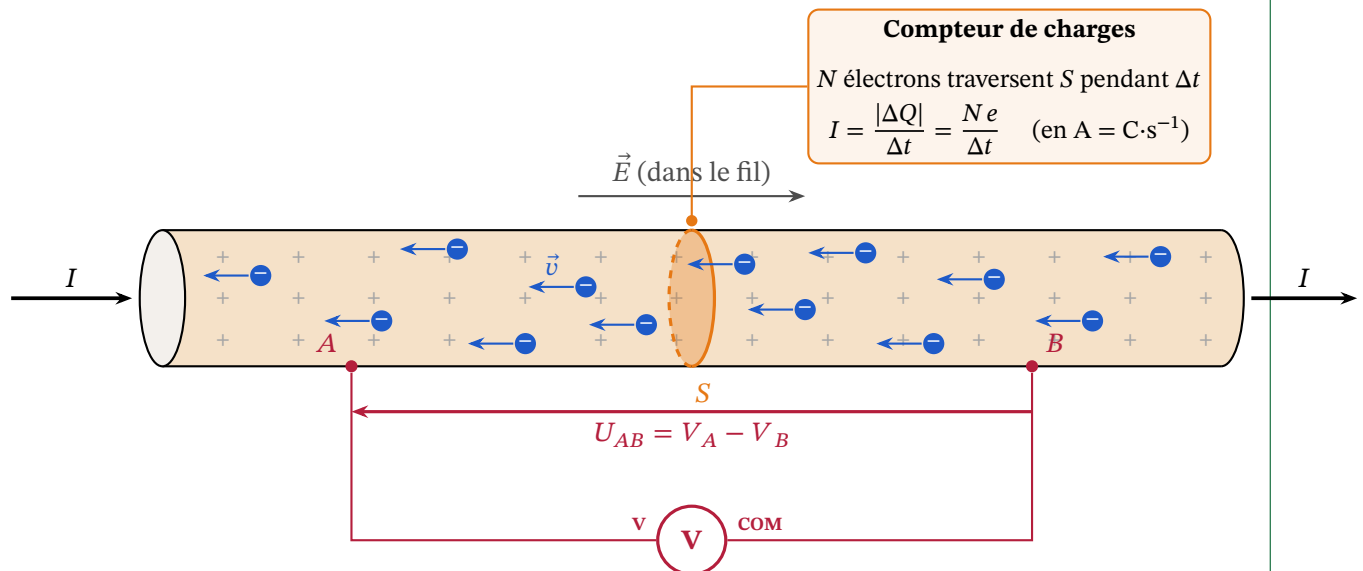
$$d \ll 6 \times 10^6 \text{ m} = 6000 \text{ km}$$

Sur la taille du territoire français l'ARQS est valable.

II Le courant électrique

II.A Vision microscopique

Correction



● électron libre (charge $-e$), vitesse $\vec{v}$ de sens opposé à I + ion fixe du réseau
 $V_A > V_B$: le courant circule du potentiel le plus élevé vers le plus bas (sens de $\vec{E}$).



II.B Grandeur macroscopique

II.B.1 Tension et potentiel

Savoir

- différence de potentiel électrique entre deux points du circuit $U = V_A - V_B$;
- le courant circule des potentiels élevés vers les potentiels bas ;
- notion de masse : référence de potentiel

Analogie avec les hauteurs.

Savoir-faire

Déterminer une tension à partir de potentiels.

II.B.2 Intensité

Savoir

Définition, lien avec la formule $i = \frac{dq}{dt}$

III Description d'un circuit

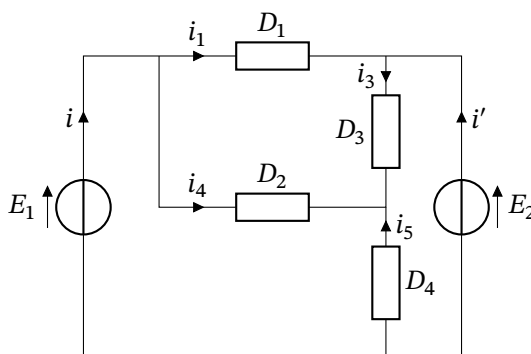
III.A Description générale

Savoir

- Vocabulaire : noeud, maille (boucle), branche, série, parallèle, dipôle ;
- Loi des mailles et loi des noeuds.

Exercice d'application 3

Nous étudions le circuit ci-dessous :



Données : $i = 420 \text{ mA}$ $i_4 = 360 \text{ mA}$ $i' = 60 \text{ mA}$

- Nommer les nœuds.
- Déterminer les courants i_1 , i_3 , i_5 .
- Indiquer, pour chaque cas, si le courant est dans le sens conventionnel.



2026-2027

Corrigé

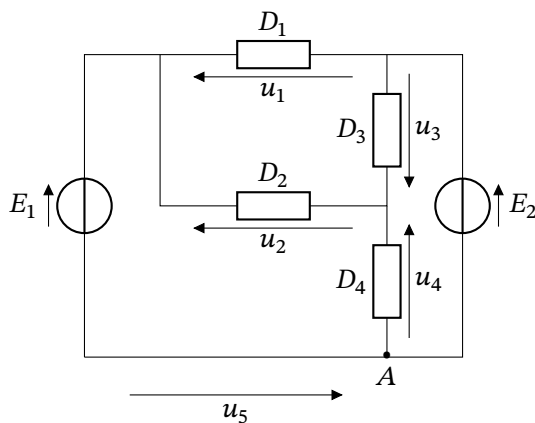
$i_1 = i - i_4$ A.N $i_1 = 60 \text{ mA} > 0$ donc dans le sens conventionnel.

$i_3 = i' + i_1$ A.N $i_3 = 120 \text{ mA} > 0$ donc dans le sens conventionnel.

$i_5 = -i_4 - i_3$ A.N $i_5 = -480 \text{ mA} < 0$ donc opposé au sens conventionnel.

Exercice d'application 4

Nous étudions le circuit ci-dessous :



Données : $E_1 = 12 \text{ V}$ $E_2 = 6,0 \text{ V}$ $u_4 = 4,8 \text{ V}$

- 1 Quel est le potentiel au nœud A? Comment nomme-t-on un tel point?
- 2 Déterminer les tensions u_1 , u_2 , u_3 et u_5 .
- 3 En déduire le potentiel en chaque point du circuit.

Corrigé

$V_A = 0$ car le point est relié directement à la masse.

- u_5 relie deux à la masse : $u_5 = 0$
- $u_3 = E_2 - u_4$ A.N. $u_3 = 1,2 \text{ V}$
- $u_2 = E_1 - u_4$ A.N. $u_2 = 7,2 \text{ V}$
- $u_1 = u_3 - u_2 = E_2 - E_1$ A.N. $u_1 = -6,0 \text{ V}$

Les potentiels se déduisent de la définition de la tension : $u = V_{\text{tete}} - V_{\text{pied}}$.

III.B Dipôles

Savoir

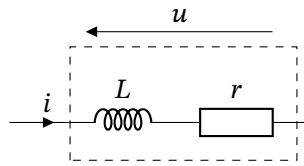
- Pour les différents dipôle : symbole, loi de comportement et caractérise (statique). Générateur de tension, générateur de courant, résistor, bobine, condensateur.
- Convention : générateur ou récepteur.

Exercice d'application 5

Une modélisation plus réaliste d'une bobine consiste à associer en série une bobine idéale et une résistance

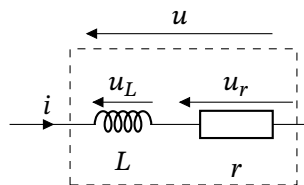


interne.



- 1 Déterminer la loi de comportement de ce modèle de bobine.

Corrigé



La tension totale est la somme des tensions :

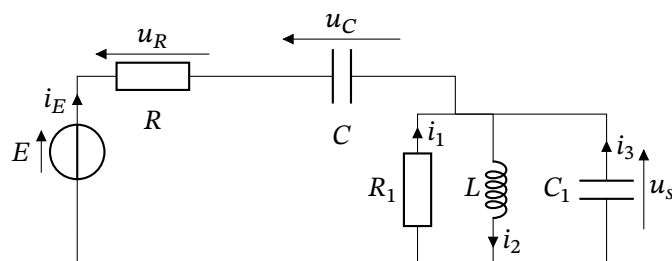
$$u = u_L + u_r$$

D'après la loi de comportement d'une bobine idéale : $u_L = L \frac{di}{dt}$ et de la loi d'Ohm $u_r = Ri$:

$$u = L \frac{di}{dt} + Ri$$

Exercice d'application 6

- 1 Dans le circuit suivant, pour chaque dipôle récepteur, déterminer sa loi de comportement en fonction des données du problème.



Corrigé



Méthode :

- quelle est la tension aux bornes du dipôle ?
- quelle est l'intensité qui traverse le dipôle ?
- suis-je en convention récepteur ou générateur ?
- utiliser les notations du sujet

- $u_R = Ri_E$
- $i_E = C \frac{du_C}{dt}$
- $u_s = -R_1 i_1$
- $u_s = L \frac{di_2}{dt}$
- $i_3 = -C_1 \frac{du_s}{dt}$

IV Association de résistances

IV.A En série

Savoir

• $R_{eq} = \sum_j R_j$

• Pont diviseur de tension : $u_1 = \frac{R_1}{R_{tot}} u_{tot}$

Exercice d'application 7

- 1 Déterminer la tension affichée par le voltmètre sur la figure 1.
- 2 Déterminer la tension u sur la figure 2.
- 3 Déterminer la tension u sur la figure 3.

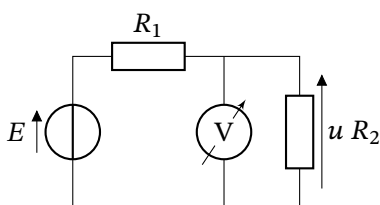


figure 1

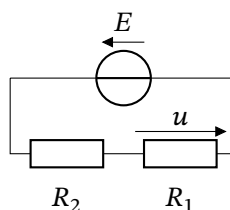


figure 2

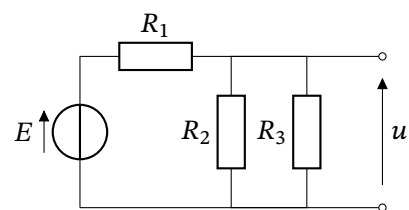


figure 3

Corrigé

- 1 Le courant qui traverse un voltmètre est nul. Ainsi, R_1 et R_2 sont traversées par le même courant :

$$u = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

- 2 Attention aux orientations : J'applique le pont diviseur de tension (R_1 et R_2 sont en série) :

$$u = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} E$$

- 3 Association en parallèle conserve la tension aux bornes :

$$R_{eq} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$





J'applique le pont diviseur de tension car R_{eq} et R_1 sont traversées par un même courant :

$$u = \frac{R_{eq}}{R_1 + R_{eq}} E$$

IV.B En parallèle

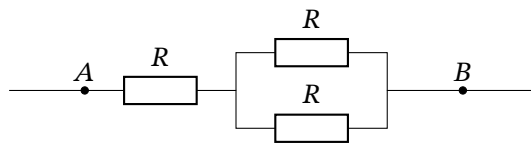
Savoir

$$\frac{R_{eq}}{=} \sum_j \frac{1}{R_j}$$

$$\text{Pont diviseur de courant : } i_1 = \frac{1/R_1}{1/R_{tot}} i_{tot}$$

Exercice d'application 8

Donner la résistance équivalente dans le circuit ci-dessous.



Corrigé

$$R_{eq} = \frac{3}{2}R$$

IV.C Résistance d'entrée et de sortie d'un appareil

Savoir

Définition de la résistance d'entrée. Définition de la résistance de sortie.

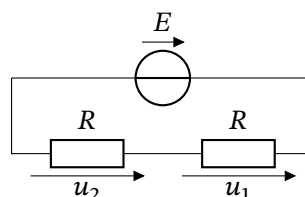
Savoir-faire

Déterminer une résistance d'entrée ou de sortie d'un appareil.

Exercice d'application 9

Nous rappelons qu'un voltmètre se modélise par un résistor de résistance $R_V = 10 \text{ M}\Omega$.

Nous étudions le circuit-ci dessous. Données : $R = 10 \text{ M}\Omega$.





2026-2027

- 1 Calculer la tensions u_1 aux bornes de la résistance R_1 .
- 2 Nous mesurerons u_1 à l'aide d'un voltmètre. Quelle est la tension affichée? Conclure.
- 3 En déduire une précaution à prendre pour réaliser une mesure avec un voltmètre.

Corrigé

- 1 R_1 et R_2 sont traversées par le même courant :

$$u_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E$$

AN $u_1 = E/2$

- 2 Nous branchons un voltmètre en parallèle de R_1 . Association de résistances en parallèle :

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V}$$

Puis, R_{eq} et R_2 sont traversées par le même courant, nous faisons un pont diviseur de tension :

$$u_{1,V} = \frac{R_{eq}}{R_2 + R_{eq}} E$$

A.N :

$$R_{eq} = 5 \text{ M}\Omega$$

$$u_{1,V} = \frac{E}{3} \neq u_1 = \frac{E}{2}$$

La présence du voltmètre vient perturber la mesure de la tension.

- 3 On cherche une condition telle que $u_{1,V} \simeq u_1$ et que la présence du voltmètre ne perturbe pas la mesure.

$$u_{1,V} = \frac{\frac{R_V R_1}{R_1 + R_V}}{\frac{R_V R_1}{R_1 + R_V} + R_2} = u_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Par identification :

$$\frac{R_V R_1}{R_1 + R_V} \simeq R_1$$

$$\frac{R_V}{R_1 + R_V} \simeq 1$$

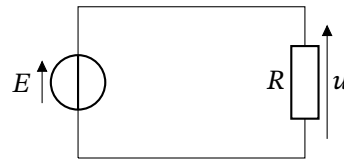
$$R_1 \ll R_V$$

Pour que la présence d'un voltmètre ne perturbe pas la mesure, il faut que la résistance du voltmètre soit grande devant la résistance mesurée.

En pratique, en TP, nous ne pouvons pas travailler avec des résistances de plus de 1 M Ω .



Exercice d'application 10



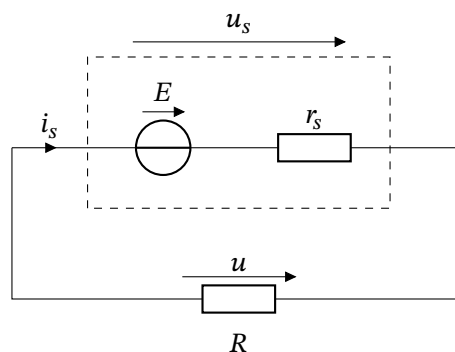
Données : $R = 100 \, \Omega$, $E = 4,50 \, \text{V}$, résistance de sortie du générateur $r_s = 50 \, \Omega$

- 1 D'après le schéma proposé ci-dessus, quelle valeur devrait indiquer une mesure de la tension u aux bornes de la résistance ?
- 2 En réalité, nous mesurons une valeur $u = 3,00 \, \text{V}$. Proposer une explication.

Corrigé

- 1 Montage en parallèle $u = E = 4,50 \, \text{V}$
- 2 La résistance du circuit étant du même ordre de grandeur que la résistance du générateur. Nous ne pouvons pas la négliger.

Modèle de Thévenin d'un générateur :



r_s et R sont traversées par le même courant :

$$u = \frac{R}{R + r_s} E$$

AN $u = 2/3 E = 3,00 \, \text{V}$



Auto-évaluation

- 1 Représenter une maille, une branche, un nœud. Représenter deux dipôles en série, puis en parallèle. Représenter un cas où deux composants ne sont ni en série ni en parallèle.
- 2 Rappeler ce qu'est l'ARQS. Donner la méthode pour vérifier qu'un circuit respecte l'ARQS.
- 3 Que représente la loi des mailles et la loi des nœuds. Faire un schéma.
- 4 Quelles sont les lois de comportement des différents dipôles ? Est-ce que cela dépend de la convention utilisée ?
- 5 Comment peut-on simplifier une association de résistances.
- 6 Rappeler ce qu'est le pont diviseur de tension (schéma). Préciser dans quelles conditions il est utilisable.