



Lois générales sur les circuits

Prérequis

- | | |
|--|---------------|
| Étude des circuits électronique : | Collège/lycée |
| <input type="checkbox"/> Notion de courant et de tension ; | |
| <input type="checkbox"/> Mesure d'un courant et d'une tension ; | |
| <input type="checkbox"/> Loi des mailles, Loi des nœuds, série, parallèle | |
| <input type="checkbox"/> Loi d'Ohm | |
| Notions mathématiques : dérivée, mise au même dénominateur, inverse du somme | Lycée |

I ARQS

À connaître

Approximation des Régimes Quasi Stationnaire

Savoir-faire

Déterminer si l'ARQS est valable pour un circuit donné.

Application 1 : Fréquence en TP ?

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

Solution La taille typique d'un circuit de TP est $d \simeq 1$ 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 :

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

Application 2 : taille réseau EDF

① Pour le réseau EDF, quelle est la taille maximale du circuit respectant l'ARQS ?

Solution La fréquence du signal sur le réseau EDF est $f_s \simeq 50$ 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 :

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

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

Application numérique :

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

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

II Description d'un circuit

À connaître

Vocabulaire à maîtriser : dipole, nœud, branche, maille, série, parallèle

III Intensité du courant

III.A Courant électrique

À connaître

Notion de charge électrique : $q = ze$, avec e la charge élémentaire. $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C

III.B Intensité du courant

À connaître

Définition de l'intensité du courant. $i = \frac{dq}{dt}$

À connaître

Sens conventionnel du courant : i est positif dans le sens des charges positives

III.C Loi des nœuds

À connaître

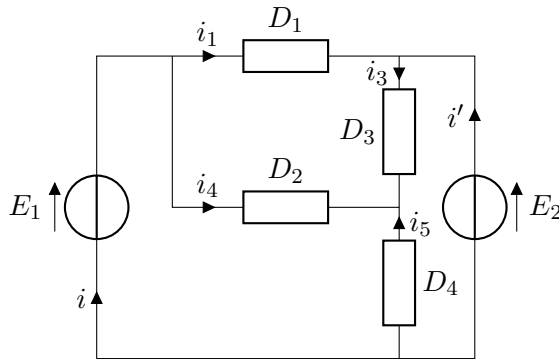
Loi des nœuds.

Savoir-faire

Appliquer la loi des nœuds.

✎ Application 3 : Loi des noeuds

Nous étudions le circuit ci-dessous :



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

- ① Nommer les nœuds.
- ② Déterminer les courants i_1, i_3, i_5 .
- ③ Indiquer, pour chaque cas, si le courant est dans le sens conventionnel.

Solution $i_1 = i - i_4$ 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.

IV Potentiel et tension électrique

IV.A Potentiel (V)

📖 À connaître

Il existe un potentiel en tout point d'un circuit électrique, noté V . $[V] = \text{V}$.

📖 À connaître

Notion de masse : $V_m = 0 \text{ V}$

IV.B Tension électrique (U)

📖 À connaître

Définition de la tension électrique $U = V_{\text{tête}} - V_{\text{pied}}$.

IV.C Loi des mailles

📖 À connaître

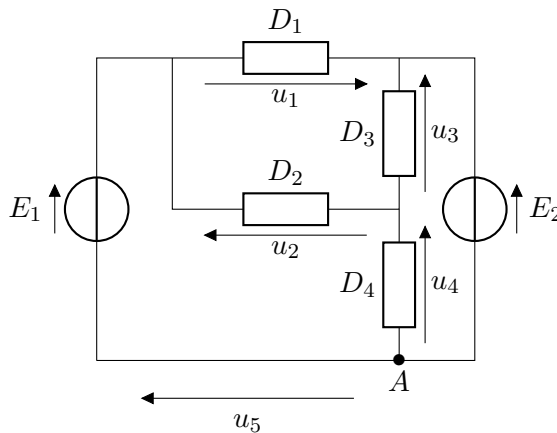
Loi des mailles

🔧 Savoir-faire

Appliquer la loi des mailles

Application 4 : Loi des mailles

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.

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

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

Les potentiels s'en déduisent de la définition de la tension : $u = V_{\text{tête}} - V_{\text{pied}}$.

V Dipôles

V.A Conventions : générateur ou récepteur

À connaître

Convention générateur ou récepteur.

⚠ ce n'est pas parce qu'un dipôle est en convention générateur qu'il s'agit d'un générateur.

Règle d'or : pour ne pas se tromper sur les signes : on place les récepteurs en convention récepteur et les générateurs en convention générateur

V.B Les dipôles générateurs

V.B.1 Le générateur idéal de tension

À connaître

Générateur idéal de tension : symboles, loi de fonctionnement

V.B.2 Le générateur idéal de courant

À connaître

Générateur idéal de courant : symbole, loi de fonctionnement

V.C Les dipôles récepteurs

V.C.1 Le fil

À connaître

Représentation. Tension aux bornes d'un fil.

V.C.2 L'interrupteur

À connaître

Symbole ouvert et fermé. Tension aux bornes à ses bornes.

V.C.3 Le résistor

À connaître

Symbole. Loi d'Ohm. Caractéristique.

V.C.4 Le condensateur

À connaître

- Lien entre la charge électrique à une borne et la tension aux bornes du condensateur : $q_c = C u_c$
- Unité de la capacité d'un condensateur.
- Symbole. Loi de comportement : $i_c = C \frac{du_c}{dt}$

Savoir-faire

Déterminer la tension à partir de la charge électrique et inversement.

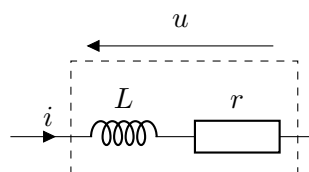
V.C.5 La bobine

À connaître

Symbole. Loi de comportement : $u_L = L \frac{di}{dt}$. Unité de l'impédance d'un condensateur.

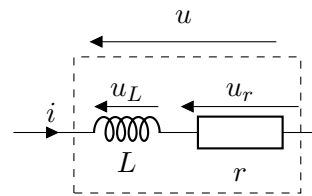
Application 5 : Modèle de bobine réelle

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.

Solution



La tension totale est la somme des tensions :

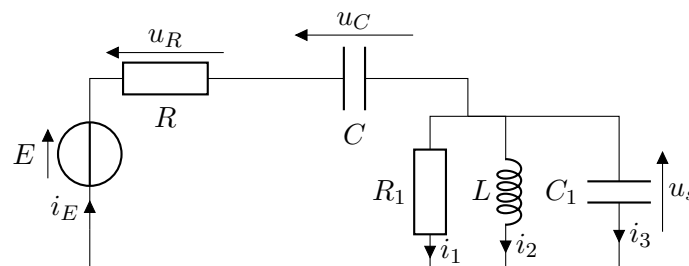
$$u = u_L + u_r$$

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

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

Application 6 : lois de comportement

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



Solution

Méthode :

- ↪ quelle est la tension aux bornes du dipôle ?
- ↪ quel est le courant qui traverse le dipôle ?
- ↪ utiliser les notations du sujet

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

VI Association de résistance

VI.A Association en série

À connaître

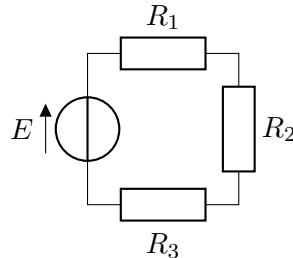
Résistance équivalente pour une association en série de résistances

Savoir-faire

Identifier et simplifier une association en série de résistances

Application 7 : association de résistances en série

Donner la résistance équivalente dans le circuit ci-dessous.



Données : $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 5 \text{ k}\Omega$

Solution

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3$$

AN :

$$R_{\text{eq}} = 35 \text{ k}\Omega$$

VI.B Association en parallèle

À connaître

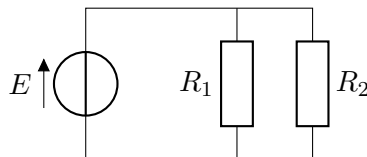
Résistance équivalente pour une association en parallèle de résistances

Savoir-faire

Identifier et simplifier une association de résistances en parallèles

Application 8 : association de résistances en parallèle

Donner la résistance équivalente dans le circuit ci-dessous.



- ① Détermine la résistance équivalente à R_1 , R_2 .
- ② Faire l'application numérique pour $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$.
- ③ (facultatif) Montrer que pour une association en parallèle, nous avons : $R_{\text{eq}} \leq \min \{R_1, R_2\}$.
Conclure.

Solution

① Association en parallèle :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

② A.N. $R_{eq} = 4 \Omega$

③ On peut étudier $R_{eq}/R_1 = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_2}} \leq 1$. Ce qui montre le résultat demandé. La résistance équivalente est plus faible que chacune des résistances individuelles. (On peut généraliser ce résultat à n résistances.)

VI.C Pont diviseur de tension

À connaître

Formule et condition (courant unique dans la branche) du pont diviseur de tension

Savoir-faire

Identifier un pont diviseur de tension pour déterminer une tension.

Application 9 : pont diviseur de tension

- 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.

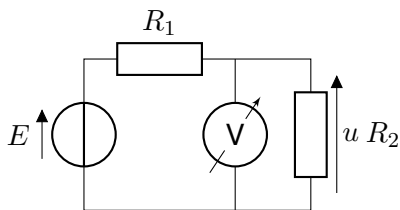


figure 1

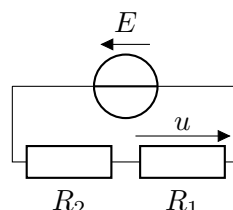


figure 2

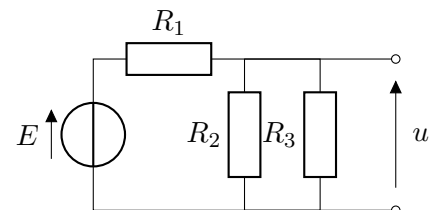


figure 3

Solution

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

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

② ⚠ aux orientations : J'applique le pont diviseur de tension car R_1 et R_2 sont traversées par le même courant :

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

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 :

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

VI.D Pont diviseur de courant

À connaître

Pont diviseur de courant avec condition d'application (même tension aux bornes).

Savoir-faire

Identifier une situation de pont diviseur de courant. Déterminer le courant dans une branche par pont diviseur.

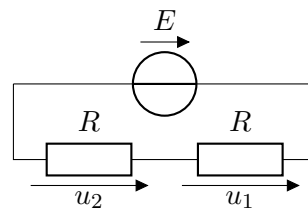
VII Résistance d'entrée et de sortie

À connaître

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

Application 10 : mesure à l'aide d'un voltmètre

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 : $R = 10 \text{ M}\Omega$.



- 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.

Solution

- 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 :

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

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

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

A.N :

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

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

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.

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

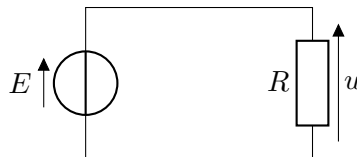
Par identification :

$$\begin{aligned} \frac{R_V R_1}{R_1 + R_V} &\simeq R_1 \\ \frac{R_V}{R_1 + R_V} &\simeq 1 \\ R_1 &\ll R_V \end{aligned}$$

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 MΩ.

Application 11 : résistance interne d'un générateur



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 ?

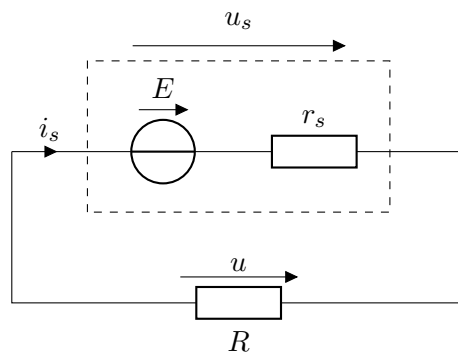
② En réalité, nous mesurons une valeur $u = 3,00 \text{ V}$. Proposer une explication.

Solution

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