

COURS

Electrocinétique - Généralités

1 Définition d'un circuit électrique

Le circuit minimum est constitué d'au moins une source d'énergie (Source) et d'une charge (Récepteur).

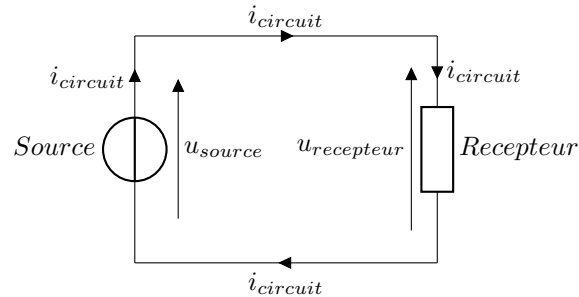


Figure 1: Schéma électrique d'une source de tension débitant dans un récepteur quelconque

Le courant $i_{circuit}$ circule dans la boucle à l'image d'un débit d'eau dans un circuit hydraulique fermé.

Le courant $i(t)$ étant présent partout et identique à chaque instant dans chacun des fils de la maille électrique de la figure 1, il se simplifie de la manière suivante :

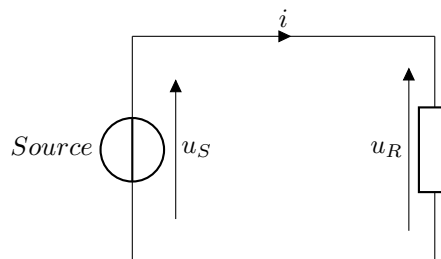


Figure 2: Schéma électrique simplifié

- Le générateur impose la tension u_S .
- Le récepteur convertit l'énergie électrique en une autre forme d'énergie (thermique, mécanique, lumineuse, etc).
- Le circuit récepteur impose l'amplitude du courant i .
- Le courant i va du potentiel le plus « riche » vers le potentiel le plus « pauvre »¹(vrai uniquement à l'extérieur des générateurs).

¹Moyen mnémotechnique : le riche donne au pauvre, l'inverse de la société

2 Notion de potentiel / différence de potentiels (=tension)

Sur un schéma électrique il est important de bien distinguer les grandeurs physiques suivantes :

- Potentiels v . Exprimée en **Volts**.
- Tension ou différences de potentiel u . Exprimée en **Volts**.
- Intensité du courant i . Exprimé en **Ampères**.

Pour des raisons de sécurité et/ou de fonctionnement, on relie ou pas un des fils (le retour²) à la terre ou à la masse (on prendra par convention, les potentiels de masse et de terre égaux à 0 V).

Application

Prenons l'exemple du circuit électrique suivant où :

- La source impose une tension de 12 V continue
- le potentiel de la terre est supposé égale à 0 V

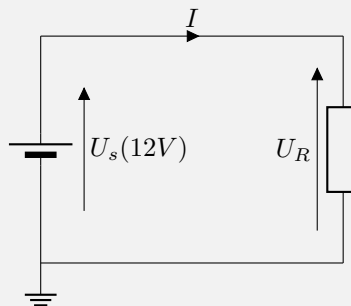


Figure 3: Schéma électrique simplifié

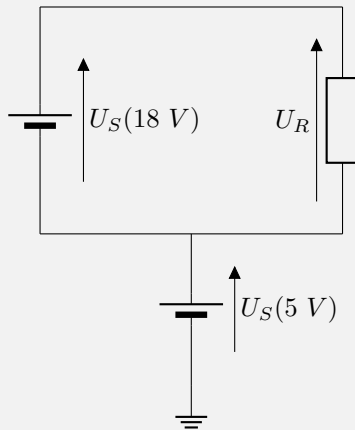
À faire

- **Surligner** de deux couleurs différentes les fils au potentiel 12 V et au potentiel 0 V
- **En déduire** la relation entre U_s et U_R

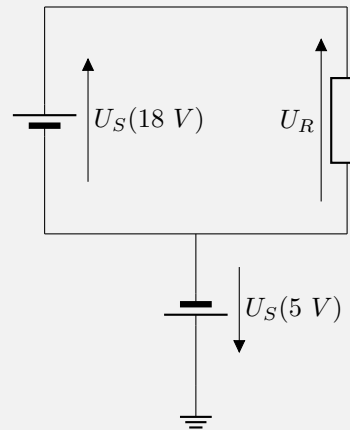
²Dans le cas d'un réseau monophasé, c'est le neutre qui est positionné à la masse

Exercices

Soit les deux circuits suivants :



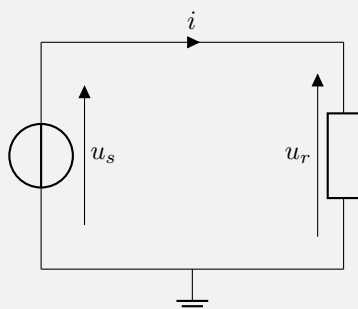
- **Surligner** de trois couleurs différentes les fils avec des potentiels différents.
- **Déterminer** les potentiels de chacun des fils
- **Flécher** la circulation du courant I



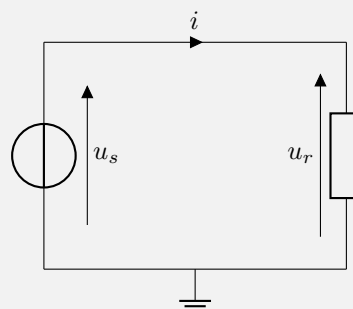
- **Surligner** de trois couleurs différentes les fils avec des potentiels différents.
- **Déterminer** les potentiels de chacun des fils
- **Flécher** la circulation du courant I

Exercices

Régime continu



Régime monophasé



On vous donne les oscillogrammes de la tension $u_s(t)$ et du courant $i(t)$ suivants :

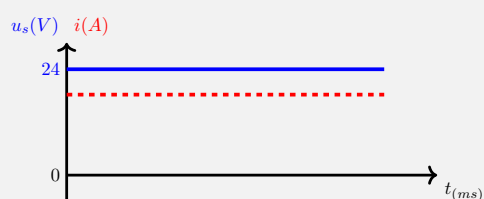


Figure 4: Oscillogrammes tension et courant en continu

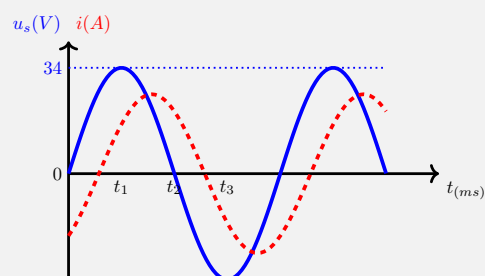


Figure 5: Oscillogrammes tension et courant en monophasé

- **Indiquer** sur les schémas ci-avants, les potentiels significatifs des fils de retour et d'aller dans les deux cas.

Dans le cas du signal alternatif sinusoïdal, **indiquer** les potentiels instantanés pour les temps correspondant aux instants :

t_0 :

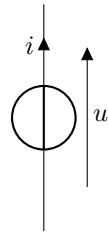
t_1 :

t_2 :

t_3

3 Conventions fléchages des grandeurs effort (tension) et flux (courant)

Conventions Générateur



Conventions Récepteur

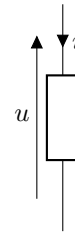


Figure 6: Conventions tensions et courants

En convention **générateur** la tension et le courant sont de **même sens**.

En convention **récepteur** la tension et le courant sont de **sens opposés**.

On sait que la puissance active P (en W) est la moyenne de la puissance instantanée $p(t)$ obtenue par le produit des deux grandeurs tension et courant $\rightarrow \langle p(t) \rangle = \langle u(t) \times i(t) \rangle$

En convention **générateur**
 $\langle p(t) \rangle = \langle u(t) \times i(t) \rangle$ est **positive** si le générateur fournit la puissance.

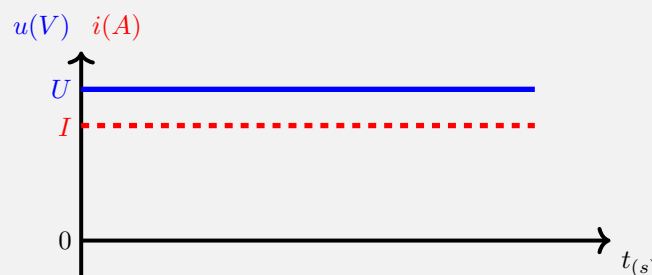
En convention **récepteur**
 $\langle p(t) \rangle = \langle u(t) \times i(t) \rangle$ est **positive** si le récepteur absorbe la puissance.

Attention

$$\langle p(t) \rangle = \langle u(t) \times i(t) \rangle \neq \langle u(t) \rangle \times \langle i(t) \rangle$$

sauf pour le cas de courant continu pur où $u(t)$ et $i(t)$ sont continus, cf. figure 7. La valeur moyenne de $u(t)$ est donc égale à U et de $i(t)$ à I .

Pour ce cas particulier, la puissance active s'obtient en faisant $P = U \times I$

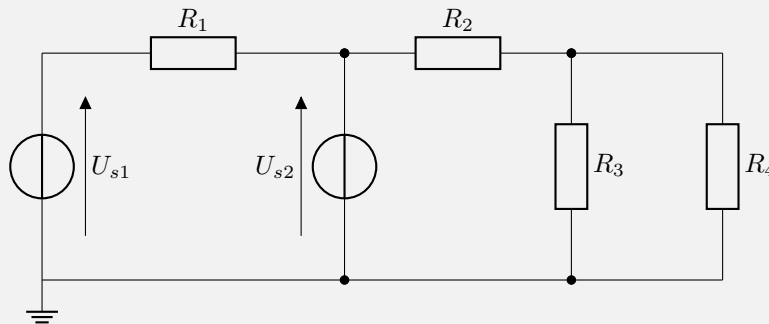
Figure 7: Cas particulier du courant continu où $\langle u(t) \rangle = U$ et $\langle i(t) \rangle = I$

Application

Prenons l'exemple du circuit électrique suivant où :

- La source impose une tension de 12 V continue
- le potentiel de la terre est supposé égale à 0 V

Positionner sur le schéma ci-après les intensités et les tensions conformément aux conventions générateur et récepteur.



4 lois de kirchhoff

4.1 Loi des noeuds

La somme des intensités entrants dans un noeud est nulle.

Convention : On compte positivement les courants entrant dans le nœud et négativement dans le cas contraire.

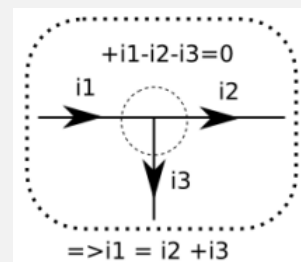


Figure 8: Convention pour la loi des noeuds

Avec les grandeurs instantanées	Dans le cas de grandeurs sinusoïdales	Dans le cas de grandeurs continues
On fait la somme des signaux instantanés (à chaque instant « t » on fait la somme) $\sum i_i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots = 0$	On fait une somme vectorielle $\sum \vec{I}_i = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 + \dots = \vec{0}$	On fait une somme scalaire $\sum I_i = I_1 + I_2 + I_3 + \dots = 0$

Figure 9: Tableau de la loi des noeuds en instantané, alternatif sinusoïdal et continu

À retenir

En pré-bac nous ne retiendrons uniquement la loi des noeuds sur des grandeurs *instantanées et continues*

4.2 Loi des mailles

La somme des intensités entrants dans un noeud est nulle.

Convention : On compte positivement les tensions lorsque lors du parcours de la maille on rentre par le talon de la flèche et négativement dans le cas contraire.

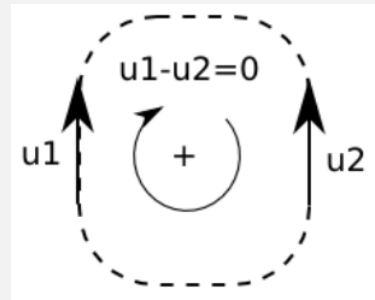


Figure 10: Convention pour la loi des mailles

Avec les grandeurs instantanées	Dans le cas de grandeurs sinusoïdales	Dans le cas de grandeurs continues
On fait la somme des signaux instantanés (à chaque instant « t » on fait la somme)	On fait une somme vectorielle	On fait une somme scalaire
$\sum u_i = u_1 + u_2 + u_3 + \dots = 0$	$\sum \vec{U}_i = \vec{U}_1 + \vec{U}_2 + \vec{U}_3 + \dots = 0$	$\sum U_i = U_1 + U_2 + U_3 + \dots = 0$

Figure 11: Tableau de la loi des mailles en instantané, alternatif sinusoïdal et continu

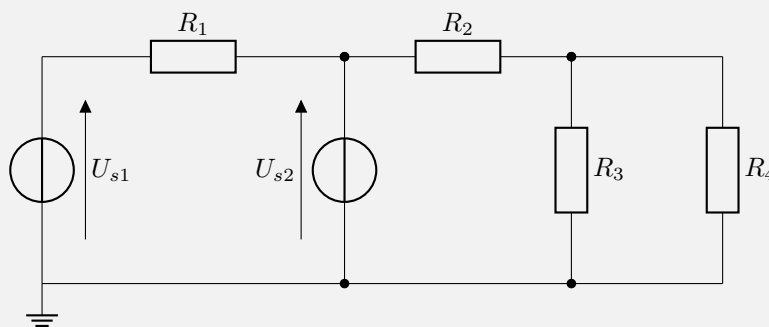
À retenir

En pré-bac nous ne retiendrons uniquement la loi des mailles sur des grandeurs *instantanées et continues*

Application

Prenons l'exemple du circuit électrique suivant :

- **Indiquer** combien de mailles comporte ce schéma électrique.
- **Écrire** la loi des mailles pour toutes les mailles de ce schéma et la loi des noeuds pour tout les noeuds.



Zone de rédaction

5 La loi d'Ohm

Une autre loi incontournable en électrocinétique est la loi d'Ohm qui fournit la relation entre la tension et l'intensité pour une résistance.

Loi d'Ohm

$$u = R \cdot i$$

Avec :

- u tension instantanée $u_{(t)}$ en Volts (V)
- i courant instantané $i_{(t)}$ en Ampère (A)
- R résistance en Ohm (Ω)

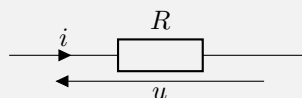
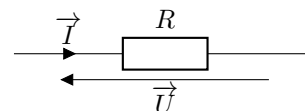


Figure 12: Schéma à associer à la loi d'Ohm

Cette loi est également valable sur des grandeurs vectorielles et continues

$$\vec{U} = R \cdot \vec{I}$$



À retenir en régime continu

$$U = R \cdot I$$

Avec :

- U en Volts (V)
- I en Ampère (A)
- R résistance en Ohm (Ω)

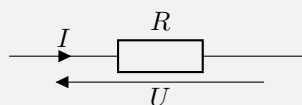
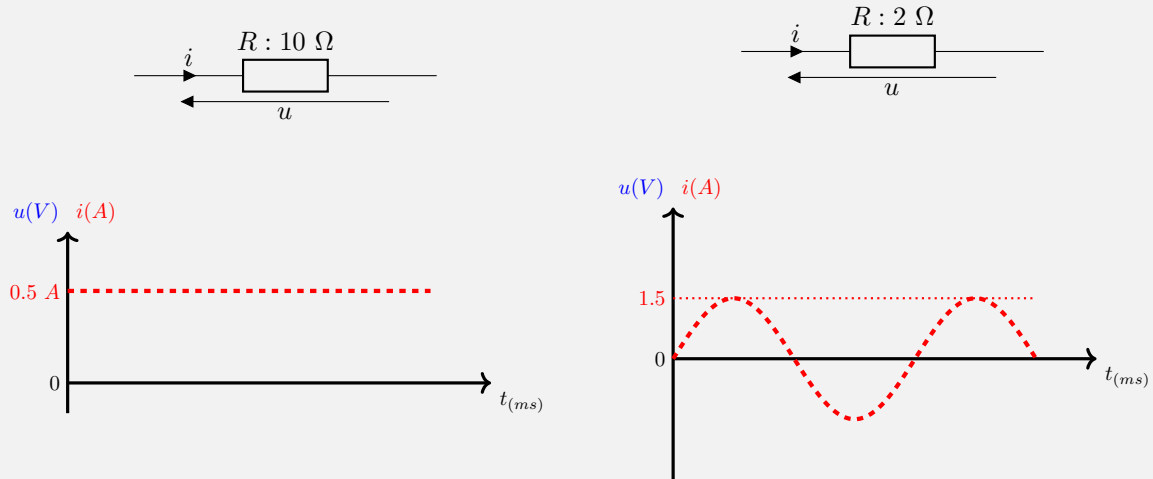


Figure 13: Schéma à associer à la loi d'Ohm

Application 1

Soit les deux résistances parcourues par les intensités dont les oscillogrammes sont donnés ci-après.

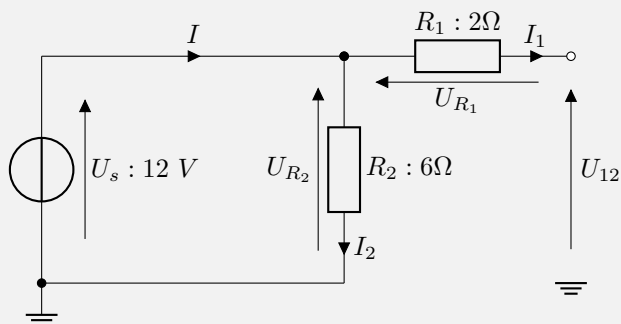
- **Tracer** l'allure des tensions aux bornes des résistances (formes et amplitudes)



Application 2

Soit le montage suivant :

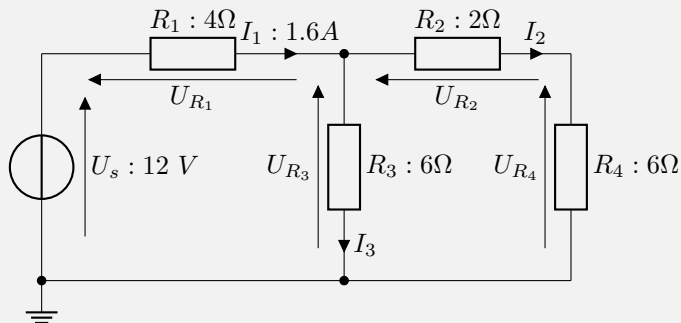
- En appliquant les lois de kirchhoff, et la loi d'Ohm, **Déterminer** les intensités et tensions manquantes.



Application 3

Soit le montage suivant :

- En appliquant les lois de Kirchhoff, et la loi d'Ohm, **Déterminer** les intensités et tensions manquantes.



Zone de rédaction

6 Résistances équivalentes

Dans de nombreux cas il est nécessaire de simplifier les circuits à base de résistances pour calculer les grandeurs électriques.

L'objectif de cette partie est de réduire des branches avec résistances en une seule résistance appelée *Résistance équivalent* R_{eq}

Selon que les résistances sont en série ou en dérivation la méthode de calcul de la résistance équivalente est différente...

Soit le montage suivant pour lequel on désire calculer le courant I_1

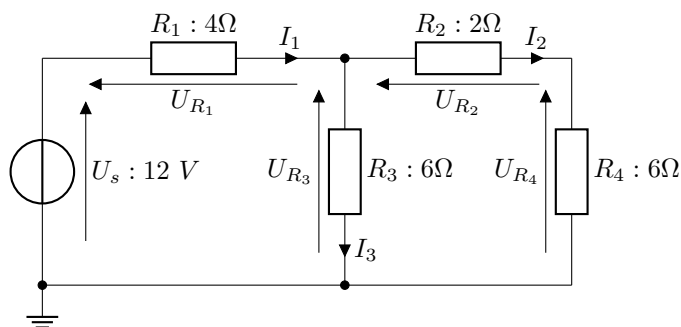
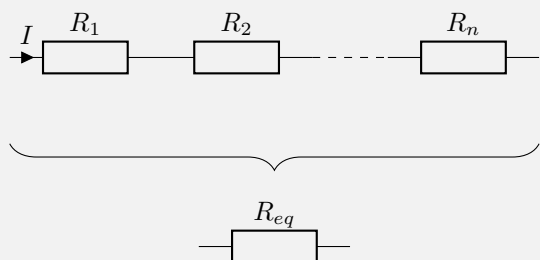


Figure 14: Schéma de mise en situation

Association Série

Des résistances sont en série si et seulement si elles sont traversées par la même intensité I
Pour déterminer la résistance équivalent il suffit de sommer les valeurs de résistances.



$$R_{eq} = \Sigma R$$

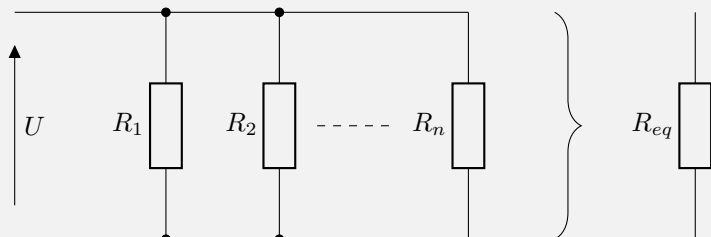
soit dans le cas du schéma ci-contre

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Association Parallèle

Des résistances sont en parallèle (ou dérivation) si et seulement si elles sont toutes soumises à la même différence de potentiel (tension) U

Pour déterminer la résistance équivalent il faut sommer les valeurs inverses des résistances.



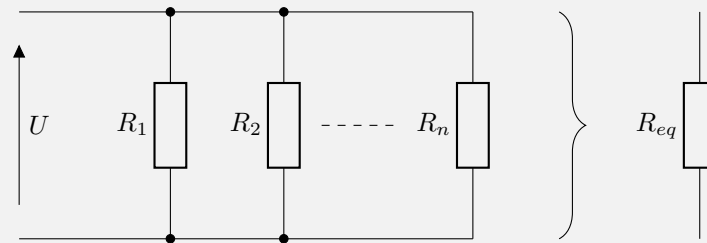
$$\frac{1}{R_{eq}} = \Sigma \frac{1}{R}$$

soit dans le cas du schéma ci-contre

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

Cas particulier des résistances en dérivation et moyens mnémotechniques de vérification

Cet encart concerne uniquement les montages à base de résistances montées en **dérivation**.



- Cas où les résistances sont de mêmes valeurs ohmiques $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$ (par exemple $R = 10 \Omega$)

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

Pour l'exemple avec $n = 5$ résistances

$$R_{eq} = \frac{10}{5} = 2 \Omega$$

- Cas où les résistances sont de valeurs ohmiques différentes (exemple : $R_1 = 1 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_n = 100 \Omega$)

$$R_{eq} < \text{à la plus petites des résistances}$$

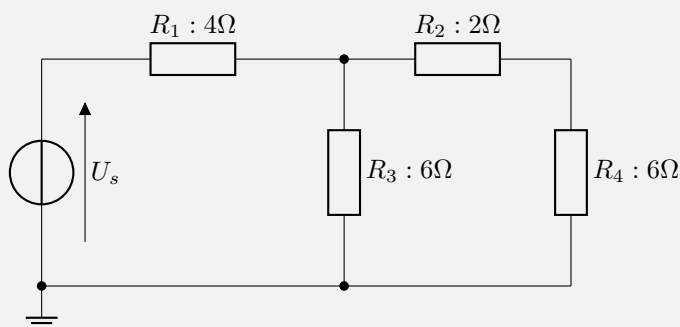
Pour l'exemple avec les résistances précitées

$$R_{eq} < 1 \Omega$$

Application

Soit le montage suivant déjà présenté figure 14:

- **Indiquer** les résistances en série et en dérivation
- En appliquant les d'association **Série et Parallèle**, **déterminer** les résistances équivalentes suivantes :
 - R_{eq1} : résistance équivalente du groupement R_2 associée à R_4
 - R_{eq2} : résistance équivalente R_3 associée à R_{eq1}
 - $R_{eq_{tot}}$ (Résistance équivalente totale du montage).



Zone de rédaction

7 Calculs des grandeurs électriques tensions et intensités

On se propose dans cette partie de déterminer les tensions et les intensités de toutes les branches de la figure suivante :

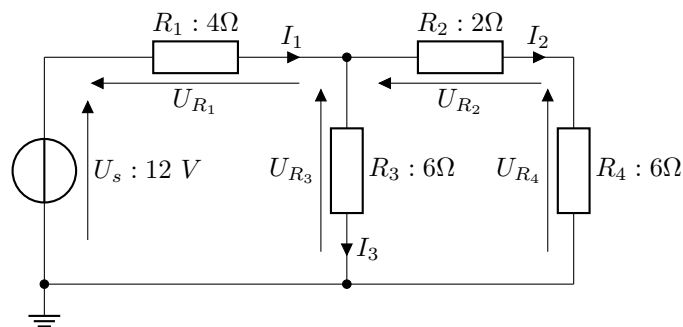


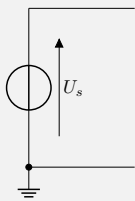
Figure 15: Schéma avec positionnement des tensions et des intensités à déterminer

L'application section 6 est en général nécessaire avant de commencer à calculer les différentes grandeurs. Nous nous appuyons donc sur les résultats des résistances équivalentes calculées.

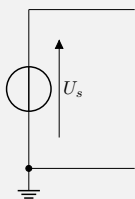
Application

Réaliser ci-après les schémas équivalents suivants :

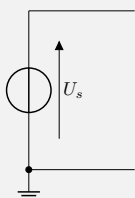
- Schéma équivalent avec la résistance équivalente totale $R_{eq_{tot}}$



- Schéma équivalent avec la résistance R_{eq2}



- Schéma équivalent avec la résistance R_{eq1}



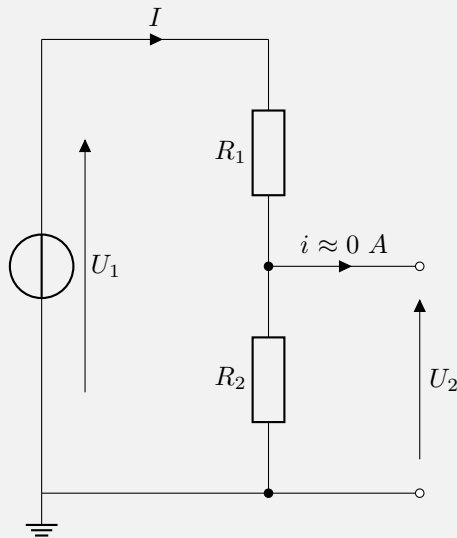
Une fois les schémas équivalents réalisés, **positionner** les intensités et tensions qu'il est possible de connaître (cf. schéma page 15) et **procéder** aux calculs.

8 Pont diviseur de tension

Dans de nombreuses situations il est nécessaire d'abaisser la tension mesurée à un niveau de tension acceptable. Par exemple, si l'on veut vérifier la tension d'une batterie 12 V à partir d'une entrée analogique d'un micro contrôleur acceptant 5 V maximum sur son entrée !

Une des solutions très utilisée est le pont diviseur de tension...

Pont diviseur de tension



$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_1$$

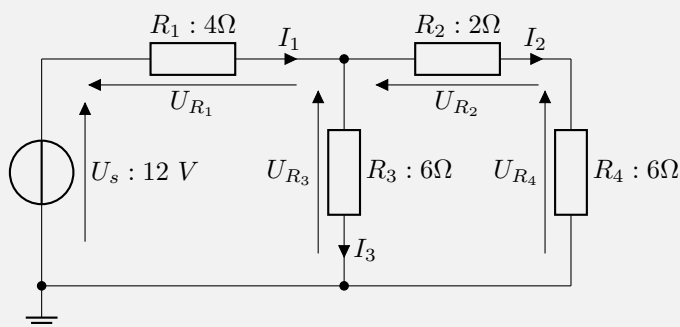
Figure 16: Montage électrique d'un pont diviseur de tension

Condition de validité

Pour utiliser cette formule, il faut s'assurer que le courant i est quasi nul au regard du courant I

Application

Déterminer, par l'utilisation de la formule du pont diviseur de tension U_{R_3} et U_{R_4}



Zone de rédaction

9 Puissances dissipées

Les résistances ont deux fonctionnalités ³ :

- Limiter la valeur du courant dans un circuit (c'est le cas des résistors en électronique)



Figure 17: Résistors utilisés en électronique

- Dissiper de la puissance par effet Joule (c'est le cas des résistors dans un grille pain, un chauffage électrique)

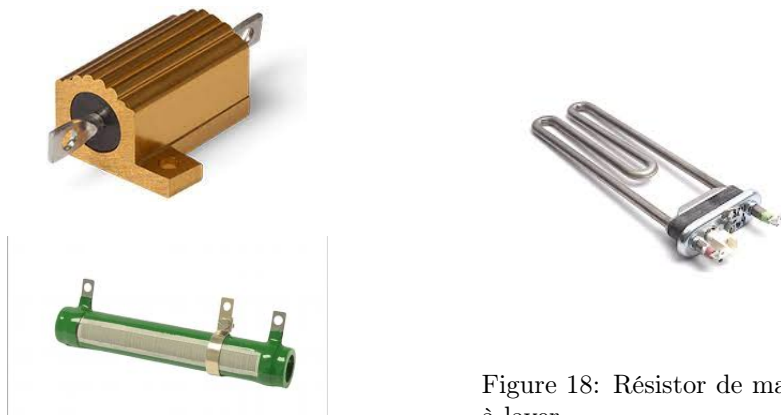


Figure 18: Résistor de machine à laver

Résistor de dissipation thermique

9.1 Pertes par effet Joule

Les pertes par effet Joule correspondent à une puissance (en Watt) perdue thermiquement.

Prenons le schéma ci-dessous pour expliquer le concept...

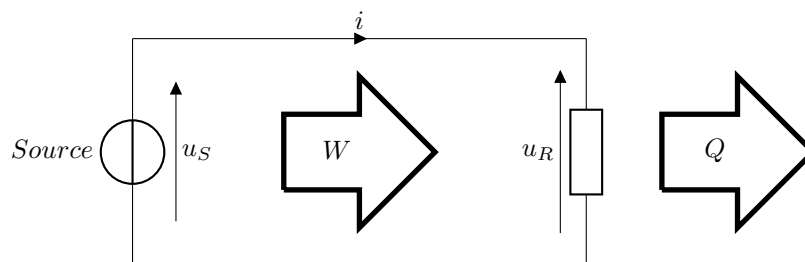


Figure 19: Conversion d'énergie électrique W en énergie thermique Q

L'énergie électrique transférée W se calcule de la manière suivante : $W = P \cdot \Delta t$

avec :

- $P = U_R \cdot I$ en courant continu

³Parfois souhaitées et d'autres fois préjudiciables

- $P = U_R \cdot I \cdot \cos \varphi$ en courant alternatif monophasé sinusoïdal avec :
 - U_R : Tension efficace
 - I : Courant efficace
 - $\cos \varphi$: Facteur de puissance (très exactement facteur de déplacement)

Dans ce cas précis, l'intégralité de la puissance électrique est dissipée thermiquement au travers de la résistance.

Calcul de la puissance perdue par effet Joule

L'énergie thermique perdue par effet Joule se calcule de la manière suivante : $Q = P \cdot \Delta t$

avec :

$$\bullet P_j = R \cdot I^2$$

ou

$$\bullet P_j = \frac{U_R^2}{R}$$

Formules de calculs des pertes par effet Joule

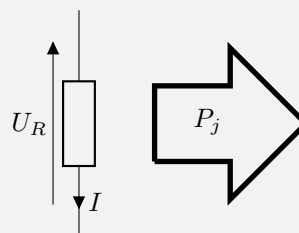
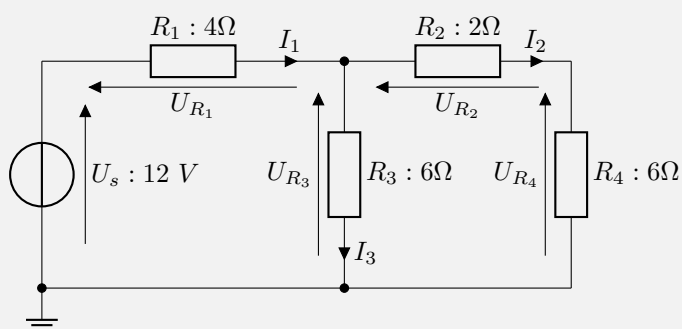


Figure 20: Puissance perdue par effet Joule

Applications

Soit le circuit électrique suivant :



Déterminer les puissances dissipées par effet Joule par les résistances R_1 et R_4 par les deux définitions des pertes par effet Joule