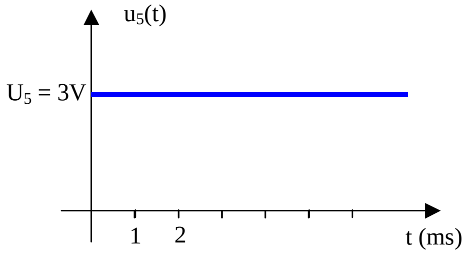
A-1.1. CIRCUITS EN REGIMES VARIABLES

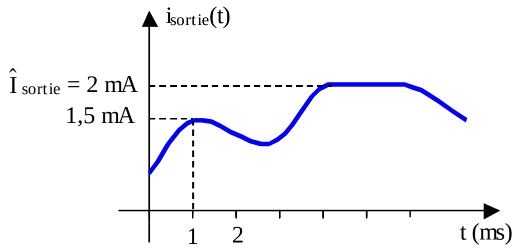
I) Grandeurs continues et grandeurs variables

I.1) Définition

une grandeur continue est constante par rapport au temps alors qu'une grandeur variable peut changer de valeur à chaque instant.

- La grandeur variable sera représentée sur l'ordonnée d'un graphique dont l'abscisse est le temps.
- Les unités, les échelles et les graduations doivent être précisées pour pouvoir exploiter l'enregistrement.





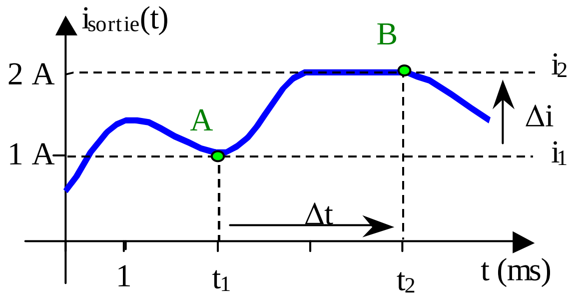
Notations :

- Une grandeur continue ou constante est notée avec un nom en majuscule.
  Par exemple : U_5, $\hat{I}_{sortie}$ …
- Une grandeur variable est notée avec un nom en minuscule suivi de parenthèses et de la grandeur par rapport à laquelle elle varie. Par exemple $u_5(t)$, $i_{sortie}(t)$…. Pour alléger la notation et lorsqu'il est évident que la grandeur est variable par rapport au temps on la notera simplement avec son nom en minuscule. Par exemple u_5, i_{sortie}…
- La valeur de la grandeur i(t) à un instant t_0 est notée $i(t_0)$. Par exemple $i_{sortie}(1.10^{-3}) = 1{,}5$ mA

I.2) Variation

La variation d'une grandeur y(t) entre deux points de la courbe à l'instant t_1 et à l'instant t_2 est :

$$\Delta y = y(t_2) - y(t_1) = y_2 - y_1$$



Sur cet exemple on peut calculer les variations de temps et de la grandeur i entre les points A et B :

- $\Delta t = t_2 - t_1 = 4.10^{-3} - 2.10^{-3} = 2.10^{-3}$ s
- $\Delta i = i_2 - i_1 = 2 - 1 = 1$ A

I.3) Taux de variation

Le taux de variation d'une grandeur y(t) entre deux points de la courbe à l'instant t_1 et à l'instant t_2 est :

$$\frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

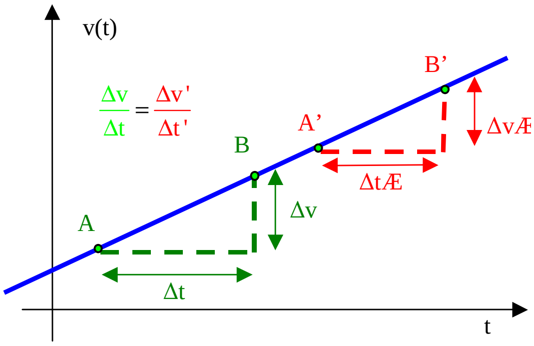
Ce taux permet de préciser jusqu'à quel point la grandeur observée est croissante, décroissante ou si elle est constante pendant un intervalle de temps.

Dans l'exemple précédent : $\dfrac{2-1}{4.10^{-3} - 2.10^{-3}} = 500\,\mathrm{A/s}$ Le taux de variation est de 500A/s.

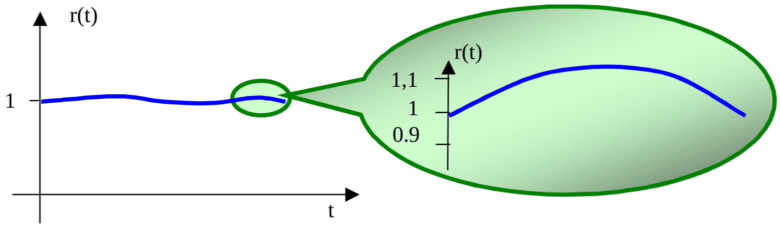
La grandeur augmente de 500A par seconde en moyenne sur l'intervalle $[t_1 ; t_2]$.

Remarques :

- Le taux de variation d'une grandeur constante y(t) est nul (car $\Delta y = 0$).
- Le taux de variation d'une grandeur linéaire (droite) est constant et correspond au coefficient directeur ou à la pente de la droite.

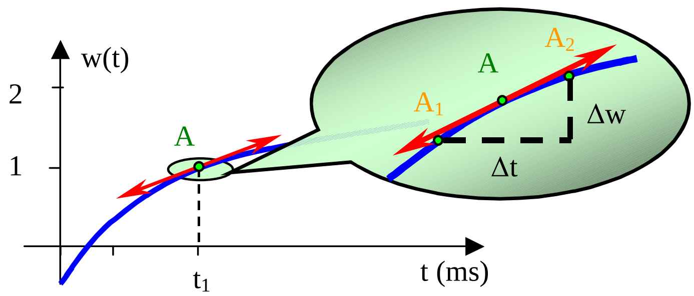


- Une grandeur faiblement variable dans le temps (taux de variation faible) est souvent considérée comme étant une grandeur constante. Tout dépend de l'échelle d'observation de la grandeur.



I.4) Notion de dérivée en un point

La dérivée représente le taux de variation instantané de la grandeur en un point. C'est aussi le coefficient directeur de la tangente en ce point. On l'obtient en calculant le taux de variation avec deux points très proches par rapport à l'échelle d'observation de la grandeur. Pour une grandeur y(t) la dérivée en t_1 est notée $\left.\dfrac{dy}{dt}\right|_{t_1}$



II) électrocinétique

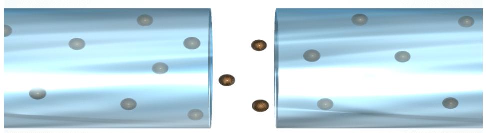
Rappels :

- Le courant électrique dans un circuit est constitué par un déplacement d'ensemble d'électrons (e^-).
- Le courant électrique circule du potentiel (tension) le plus élevé vers le potentiel le moins élevé.
- Le principe de conservation de la charge implique que les composants électriques ne peuvent accumuler des charges électriques ni en générer spontanément.

II.1) Courant et loi des nœuds

II.1.a) Nature microscopique du courant électrique

Le courant électrique est un mouvement d'ensemble de porteurs de **charges électriques**.



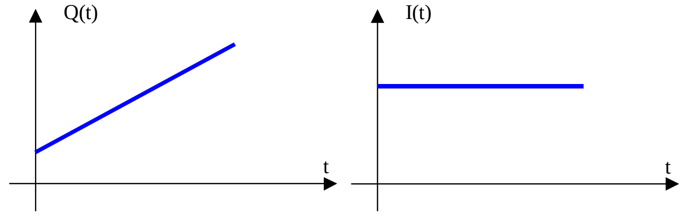
La charge élémentaire exprimée en Coulomb est : $e = 1,6.10^{-19}$ C.

Un électron transporte la charge : - e donc $-1,6.10^{-19}$ C.

II.1.b) Intensité du courant électrique

Pendant la durée Δt, N charges transportent la quantité d'électricité : $\Delta Q = N.e$.
L'intensité du courant électrique est définie par la relation :

$$\boxed{I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}} \qquad \begin{cases} I \text{ en Ampères (A)} \\ \Delta Q \text{ en Coulombs (C)} \\ \Delta t \text{ en secondes (s)} \end{cases}$$

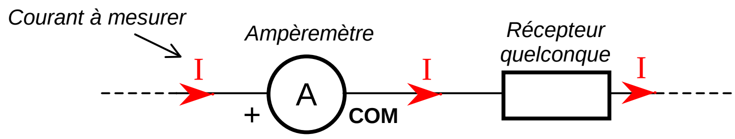


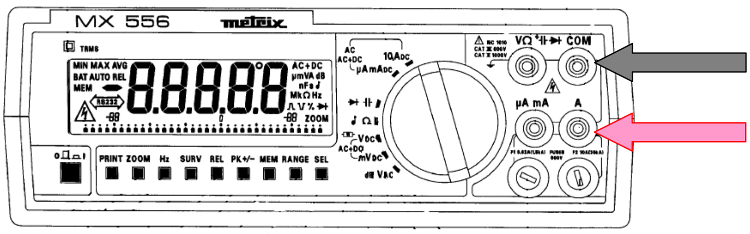
Ordre de grandeurs :

- Electronique (circuits intégrés, transistors …) : nA (10^{-9}A), µA (10^{-6}A), mA (10^{-3}A).
- Electronique de puissance (alimentations, amplificateurs …) : 1A à 1 kA (10^{3}A).
- Electrotechnique (moteurs, centrales …) : 10A à 10^{4}A.

II.1.c) Loi des noeuds

Par convention le courant circule de la borne positive (potentiel le plus élevé) vers la borne négative (potentiel le moins élevé) d'un générateur.
La mesure du courant électrique se fait avec un **ampèremètre** que l'on branche **en série** dans le circuit. Il doit être traversé **intégralement** par le courant qu'il mesure, conformément au schéma ci-dessous :

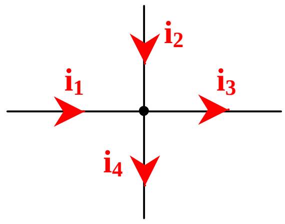




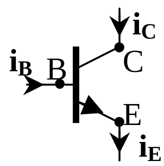
<u>Remarque</u> : Le principe de conservation de la charge impose que l'intensité i du courant avant et après un dipôle est la même.
Un nœud est une connexion qui relie au moins trois fils. D'après le principe de conservation de la charge pour un nœud, on déduit :

> **<u>Loi des nœuds</u> : La somme des intensités des courants qui arrivent au nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent du nœud.**

Dans l'exemple ci-contre, la loi des nœuds donne la relation : $i_1 + i_2 = i_3 + i_4$.

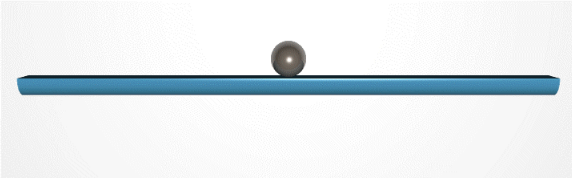


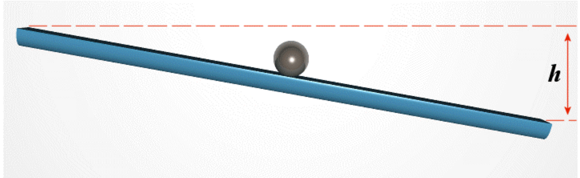
<u>Remarque</u> : L'application du principe de conservation de la charge est valable pour tout composant électronique ou même pour une portion de circuit.
Pour le transistor bipolaire, par exemple, on a la relation : $i_E = i_B + i_C$.



II.2) Tension et loi des mailles

II.2.a) Introduction au potentiel électrique. Analogie mécanique





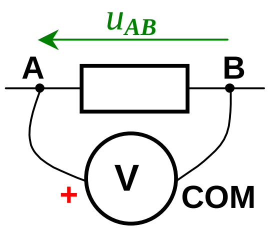
La bille ne peut se déplacer que si le plan est incliné : plus l'inclinaison (ou la hauteur h) est grande plus la bille prendra de la vitesse rapidement. De même un courant électrique ne peut exister que si il existe une différence de tension. Plus cette différence de potentiel sera élevée plus l'intensité du courant pourra être grande.

- La tension ou force électromotrice (FEM) ou différence de potentiel s'exprime en volt (V)
- La circulation du courant électrique entre deux points ne peut se faire que du potentiel le plus élevé vers le potentiel le moins élevé.

II.2.b) La tension électrique

Définition : La tension électrique aux bornes d'un circuit est la différence de potentiel entre ses deux bornes.

$u_{AB} = v_A - v_B$



On notera u_{AB} la tension égale à v_A - v_B. Cette tension sera symbolisée par une flèche dont la pointe est en A et le talon en B ($u_{\text{pointe talon}}$). La mesure de la tension électrique u_{AB} se fait avec un **voltmètre** que l'on branche **en parallèle** dans le circuit. La borne "+" du voltmètre est relié au point A et la borne "COM" est reliée au point B. conformément au schéma ci-contre :

Remarque :

Un fil de liaison a tous ses points au même potentiel. La tension à ses bornes est donc 0V.

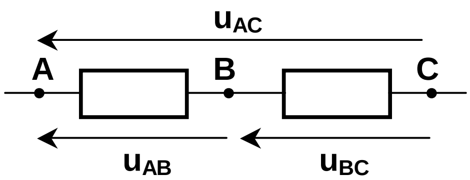
Ordres de grandeur :

- Electronique (circuits intégrés, transistors …) : µV (10^{-6}V), mV (10^{-3}V) et V.
- Electronique de puissance (alimentations, amplificateurs …) : 1V à 1 kV (10^{3}V).
- Electrotechnique (moteurs, centrales …) : 100V à 400kV.

II.2.c) Lois relatives à la tension

Loi d'additivité :

Sur une branche (portion) d'un circuit, on trouve la relation : $u_{AC} = u_{AB} + u_{BC}$



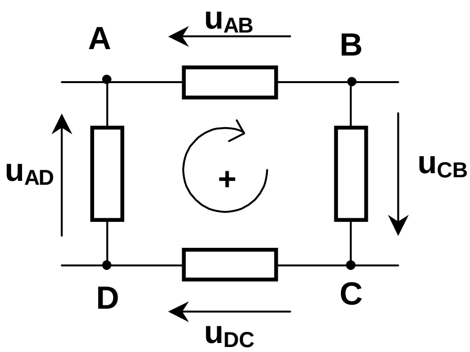
Loi des mailles :

Une maille est constituée de plusieurs branches qui forment un circuit fermé.

On choisit un sens arbitraire de parcours :

Alors la somme des tensions qui indiquent un sens est égale à la somme des tensions qui indiquent l'autre sens.

Pour notre exemple, on a la relation : $u_{AD} + u_{CB} + u_{DC} = u_{AB}$.



II.3) Résistance et loi d'Ohm

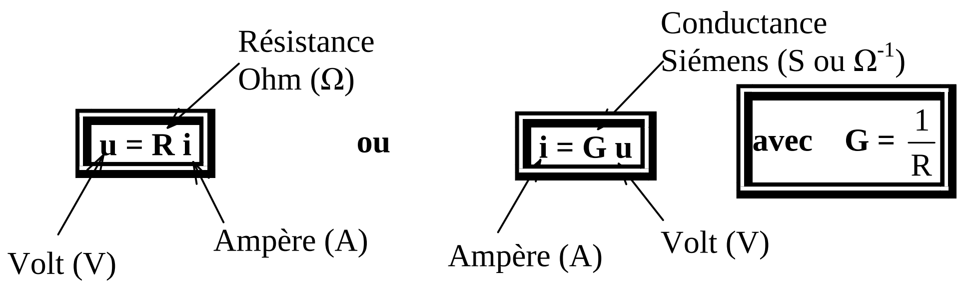
II.3.a) Convention générateur et convention récepteur

Convention récepteur   Convention générateur

Pour un dipôle récepteur, il sera judicieux d'adopter la convention récepteur (flèches de **u** et **i** indiquant un sens contraire).

II.3.b) Enoncé de la loi

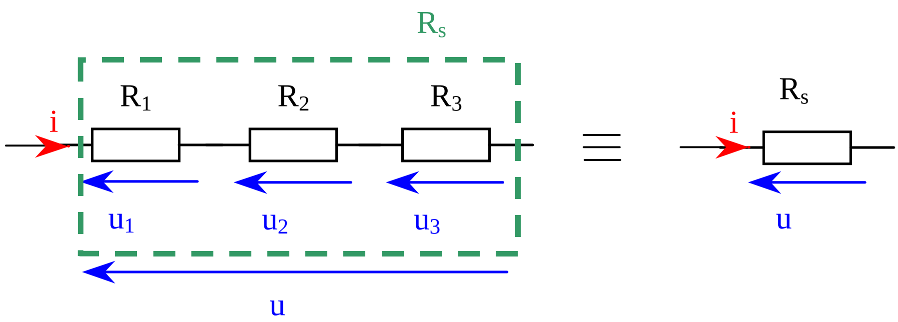
La loi d'Ohm pour un conducteur ohmique de **résistance R** ou résistor linéaire, avec la convention récepteur est :



En convention générateur on aura u = -R i ou i = -G u .

II.3.c) Association série et parallèle

__**Définition**__ : Des dipôles sont en série lorsqu'ils sont traversés par le même courant.
Exemple : associons trois résistances en série et cherchons la résistance équivalente.



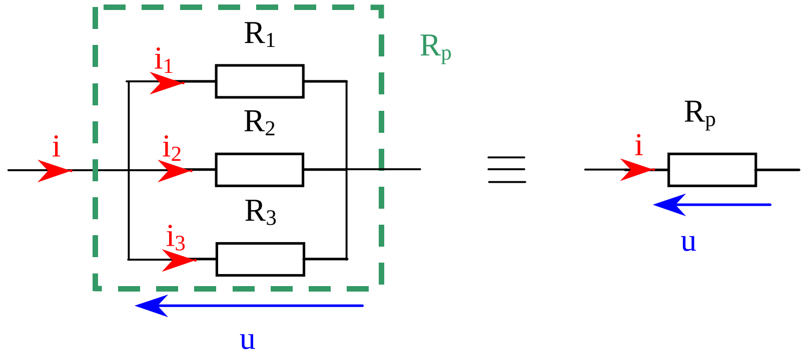
loi des mailles : $u = u_1 + u_2 + u_3 \Rightarrow R_S\, i = R_1\, i + R_2\, i + R_3\, i = (R_1 + R_2 + R_3)\, i$

Donc $R_S = R_1 + R_2 + R_3$.

__**Loi**__ : Dans une association de résistors en série, la résistance équivalente est égale à la somme des résistances. Si N est le nombre des résistors, on a : $\boxed{R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_N}$.

Remarque : Pour N résistors identiques R : $R_S = N\, R$.

__**Définition**__ : Des dipôles sont en parallèle lorsqu'ils sont soumis à la même tension.
Exemple : associons trois résistances en parallèle et cherchons la résistance équivalente.



loi des nœuds : $i = i_1 + i_2 + i_3 \Rightarrow \dfrac{u}{R_P} = \dfrac{u}{R_1} + \dfrac{u}{R_2} + \dfrac{u}{R_3}$

Donc $\dfrac{1}{R_P} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}$ mais on a aussi : $G_P = G_1 + G_2 + G_3$ (avec $G = \dfrac{1}{R}$).

Loi : Dans une association de résistors en parallèle, la conductance équivalente est égale à la somme des conductances. Si N est le nombre des résistors, on a : $\boxed{G_S = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots + G_N}$.

Remarques :

- Lors d'une association en parallèle, la résistance R_P est plus petite que la plus petite des résistances.
- Pour N résistors identiques en parallèle on a $G_P = N\,G$ ou $R_P = \dfrac{R}{N}$.
- Pour deux résistors R_1 et R_2 en parallèle, on a $R_P = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{\text{Produit}}{\text{Somme}}$.

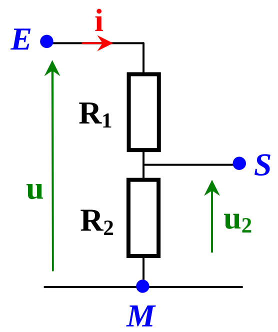
  Attention : La formule précédente (produit / somme) est valable **uniquement pour deux résistances** .

$$\cancel{R_P = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}} \Leftarrow \textbf{FAUX}$$

II.4) Diviseur de tension et diviseur de courant

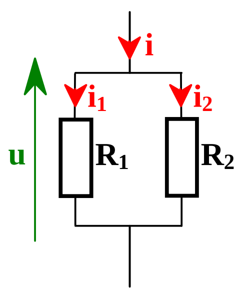
Définition : on est en présence d'un diviseur de tension chaque fois que des résistors sont branchés en **série** c'est-à-dire **traversés par le même courant**.

Montage :



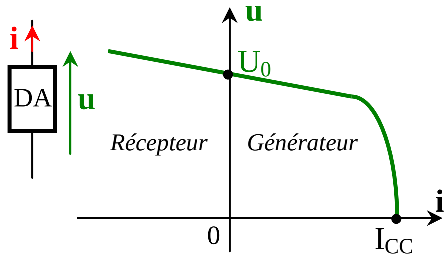
Relation : $\boxed{u_2 = u\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}}$

Définition : on est en présence d'un diviseur de courant chaque fois que des résistors sont branchés en parallèle c'est-à-dire soumis à la même tension.



Relation : $\boxed{i_2 = i\dfrac{G_2}{G_1 + G_2}}$.

III) Dipôle actif



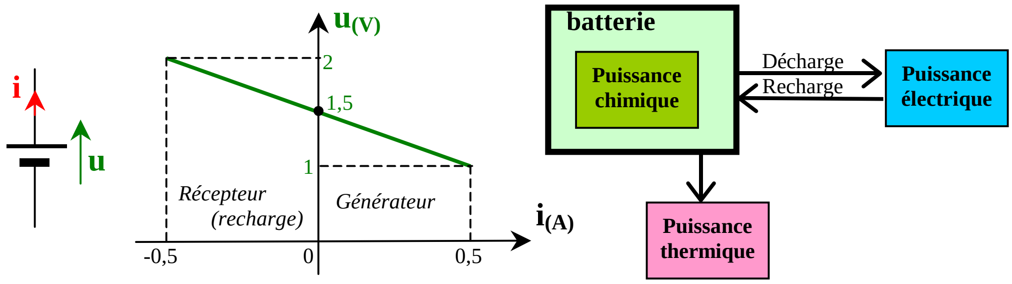
La caractéristique u = f(i) ou i = f(u) d'un dipôle actif ne passe pas par l'origine des axes.
De plus, il peut fournir de l'énergie électrique.

Remarque :

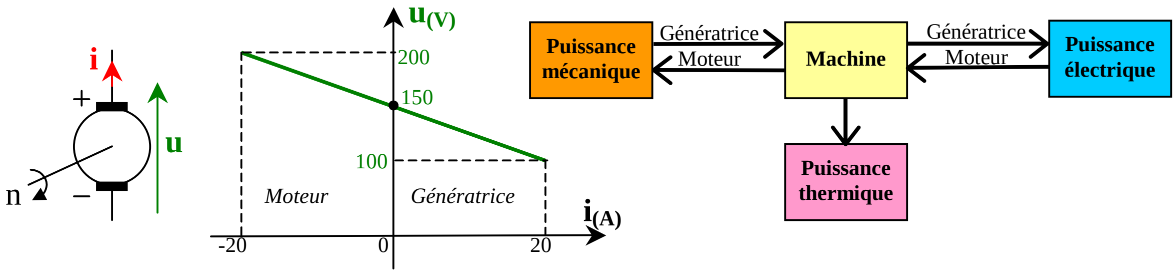
- Si i = 0 (circuit ouvert) on a $u = U_0 \neq 0$, c'est la tension à vide des piles par exemple.
- Si u = 0 (court-circuit) on a $i = I_{CC} \neq 0$, c'est le courant de court-circuit qui peut être très élevé dans le cas d'une batterie.

Un dipôle actif générateur transforme une puissance d'origine non électrique en une puissance électrique avec un certain rendement (puissance perdue en chaleur par exemple)
Un dipôle actif récepteur transforme une puissance électrique en puissance non électrique (recharge d'une batterie, dynamo utilisée en moteur).

Exemple de la pile :



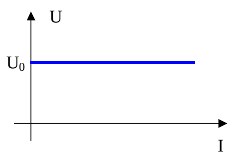
Exemple de la machine à courant continu :



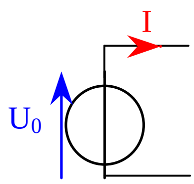
III.1) Modèles électriques équivalents

III.1.a) I) Sources de tension et de courant parfaits

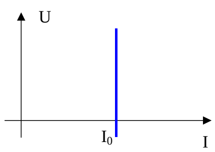
Source de tension parfaite : La tension U_0 à ses bornes est constante quel que soit la valeur du courant délivré I.



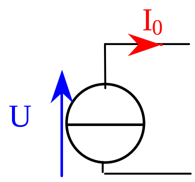
On la note :



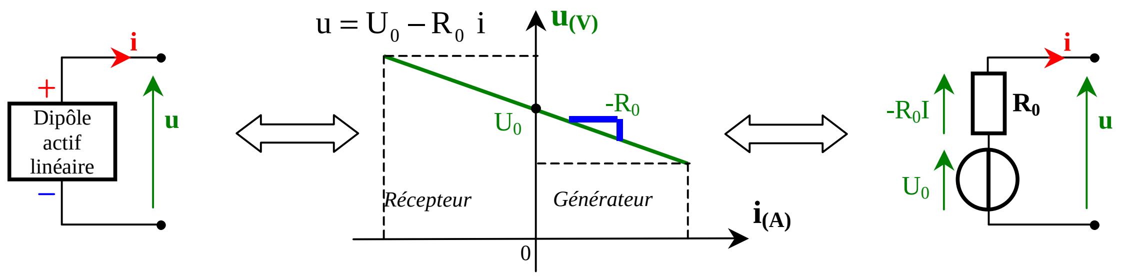
Source de courant parfaite I_0 : L'intensité du courant I_0 délivrée est constante quel que soit la valeur de la tension U à ses bornes.



On la note :



III.1.b) Modèle équivalent de Thévenin M.E.T.



Calcul de R_0 à partir de la caractéristique :

Posons l'opération suivante : $u_2 - u_1 = \Delta u = (U_0 - R_0\, i_2) - (U_0 - R_0\, i_1) = -R_0\,(i_2 - i_1) = -R_0\,\Delta i$

D'ou on déduit : $R_0 = -\dfrac{\Delta u}{\Delta i}$

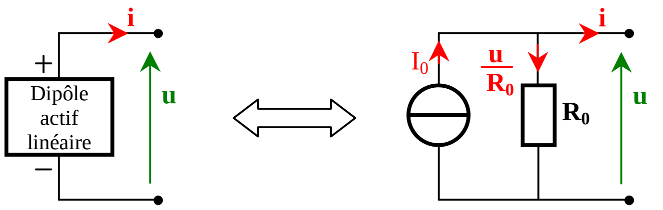
Donc $\boxed{u = U_0 - R_0\, i \quad \text{avec} \quad \begin{cases} U_0 \text{ est la tension à vide du dipôle actif linéaire (lorsque } i = 0). \\ R_0 \text{ est la résistance interne du dipôle actif linéaire et } R_0 = -\dfrac{\Delta u}{\Delta i}. \end{cases}}$

<u>Remarque</u> **:** Il suffit de la mesure de deux points de fonctionnement pour déterminer le M.E.T. Une mesure à vide donne directement U_0 et une seconde en charge. L'écart entre les deux mesures permet de calculer $\dfrac{\Delta u}{\Delta i}$ et donc R_0.

III.1.c) Modèle équivalent de Norton (M.E.N.)

La relation $u = U_0 - R_0\, i$ peut aussi s'écrire $i = \dfrac{U_0}{R_0} - \dfrac{1}{R_0}u \Rightarrow i = I_0 - \dfrac{1}{R_0}u$.

Un dipôle actif composé d'une source de courant I_0 en parallèle avec une résistance R_0 débitera un courant $i = I_0 - \dfrac{1}{R_0}u$.



$$i = I_0 - \frac{1}{R_0}u \quad \text{avec} \quad \begin{cases} I_0 \text{ est le courant de court-circuit (lorsque } u = 0). \\ R_0 \text{ est la résistance interne du dipôle actif linéaire.} \end{cases}$$

<u>Remarques</u> :

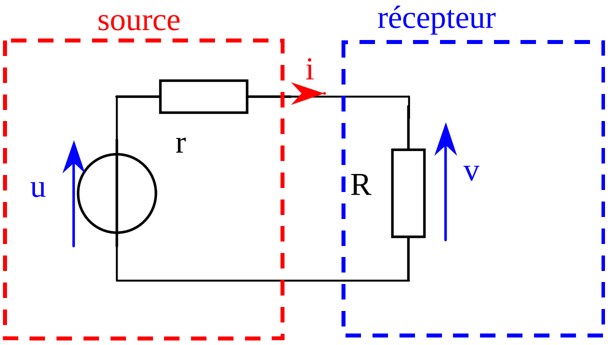
- Il suffit de la mesure de deux points de fonctionnement pour déterminer le M.E.N. Une mesure en court circuit (**si c'est possible**) donne directement I_0 et une seconde en charge. L'écart entre les deux mesures permet de calculer $\dfrac{\Delta u}{\Delta i}$ et donc R_0.
- On peut aussi considérer la conductance interne G_0 et dans ce cas : $G_0 = 1 / R_0 \Rightarrow i = I_0 - G_0\, u$.
- <u>Source parfaite de tension</u> :
  La résistance interne R_0 est égale à 0Ω et la pente de la droite $u = f(i)$ est nulle.
- <u>Source parfaite de courant</u> :
  La résistance interne R_0 est infinie ($G_0 = 0S$) et la pente de la droite $i = g(u)$ est nulle.

III.1.d) Equivalence entre les deux modèles

Les modèles de Thévenin et de Norton **sont équivalents.** Pour passer d'un modèle à l'autre il suffit d'écrire que : $\mathbf{U_0 = R_0\, I_0}$.

IV) Adaptation d'impédance

L'adaptation d'impédance concerne la transmission d'information ou le transfert de puissance entre deux systèmes. L'un se comporte comme une source et l'autre comme un récepteur. On peut donc modéliser cette liaison par le schéma suivant :

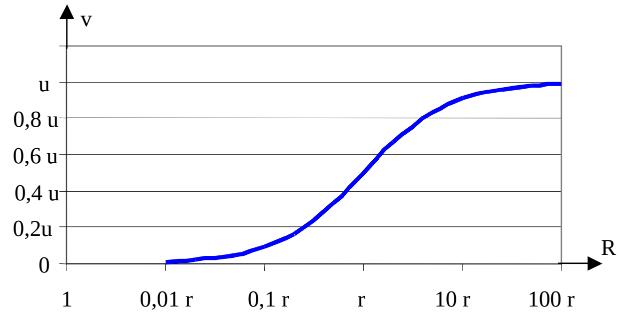


La source peut être remplacée par son générateur de Thèvenin équivalent, de tension à vide u(t), de résistance interne r, et le récepteur par sa résistance d'entrée R.
Dans le cas de la transmission de l'information il est nécessaire que le récepteur soit attaqué par une tension v ou un courant i le plus élevé possible.

Adaptation en tension :

$v = \frac{R}{R+r}u$ v est maximal si R >> r

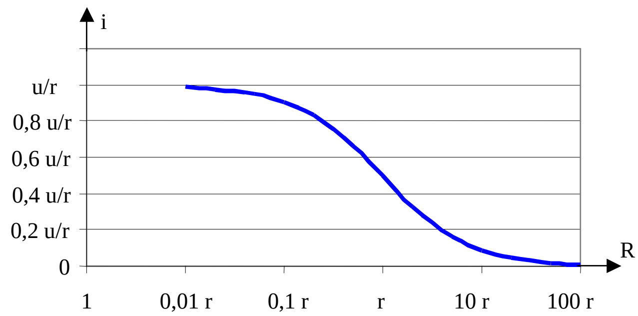
si $R \rightarrow \infty$ alors v est maximal et v = u



Adaptation en courant :

$i = \frac{u}{R+r}$ i est maximal si R << r

si $R \rightarrow 0$ alors I est maximal et $i = \frac{u}{r}$



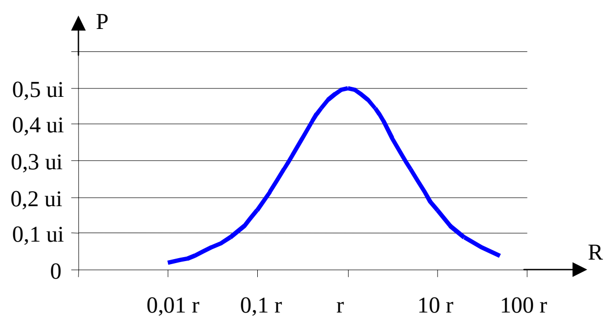
Dans le cas de la transmission de puissance il est nécessaire que le récepteur reçoive la puissance P = v i la plus élevé possible.

Adaptation en puissance :

$$P = v\,i = \frac{Ru}{R+r}\frac{u}{R+r} = \frac{Ru^2}{(R+r)^2}$$

si $R \rightarrow r$ alors P est maximale et $P = \frac{ui}{2}$

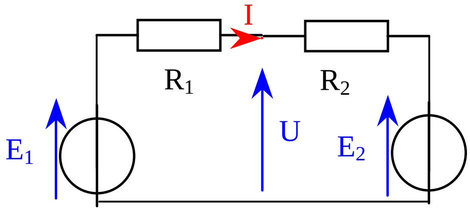
Remarque : La charge reçoit la même puissance que celle dissipée par la résistance interne du générateur.



V) Théorème de superposition

Remarque : éteindre un générateur revient à le remplacer par sa résistance interne.

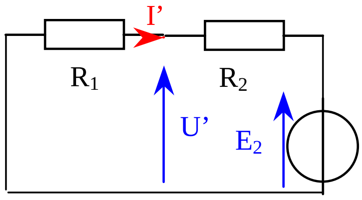
Définition$_1$: L'intensité du courant circulant dans une branche d'un circuit comportant plusieurs générateurs indépendants, est la somme des courants dans cette branche lorsque chaque générateur fonctionne seul, les autres étant éteints.
Définition$_2$: La tension aux bornes d'un dipôle d'un circuit comportant plusieurs générateurs indépendants, est la somme des tensions aux bornes de ce dipôle lorsque chaque générateur fonctionne seul, les autres étant éteints.
Exemple :



E_1 = 20V ; E_2 = -10V ; R_1 = 20Ω ; R_2 = 30Ω

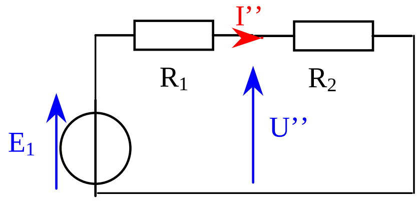
Calcul de U :

On éteint E_1 :



D'après le diviseur de tension : $U' = \frac{R_1}{R_1+R_2}E_2$

On éteint E_2 :



D'après le diviseur de tension : $U'' = \frac{R_2}{R_1+R_2}E_1$

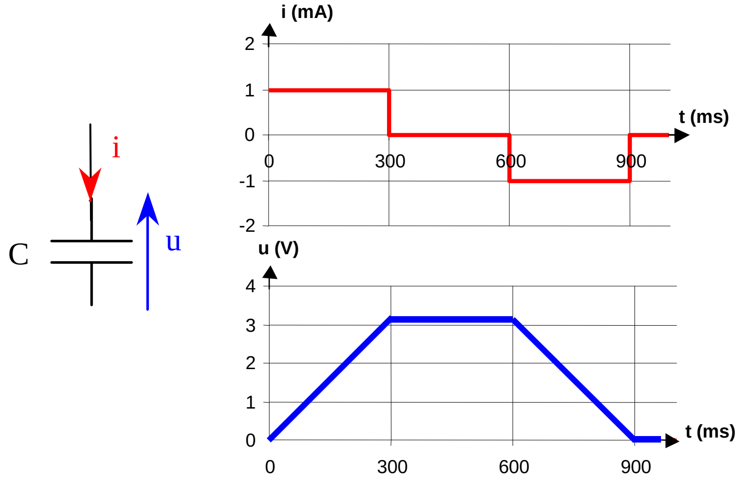
Application du théorème de superposition :

$$U = U' + U'' = \frac{R_2}{R_1+R_2}E_1 + \frac{R_1}{R_1+R_2}E_2 = \frac{R_2E_1+R_1E_2}{R_1+R_2}$$

VI) Dipôles réactifs

VI.1) Comportement de la capacité

Chargeons un condensateur de capacité C avec successivement les valeurs +I ; 0 et I (1mA ; 0 et –1mA).
Les figures ci-contre représentent les chronogrammes de u(t) et i(t) :



- $0 < t < 300ms$:

  La tension u croît linéairement, le coefficient directeur de la droite est positif : $\frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{+I}{C}$.

- $300 < t < 600ms$:

  La tension u reste constante, le coefficient directeur de la droite est donc égal à zéro : $\frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{0}{C} = 0$.

- 600 < t < 900ms :

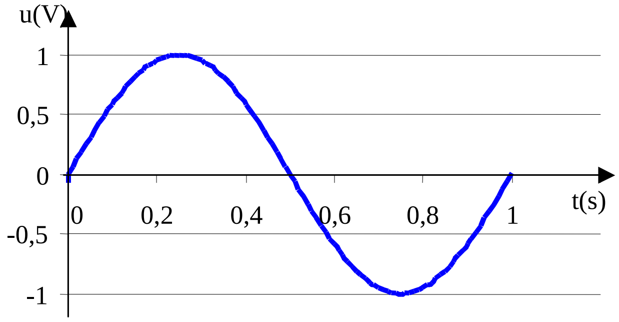
  La tension u décroît linéairement, le coefficient directeur de la droite est négatif : $\frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{-I}{C}$.

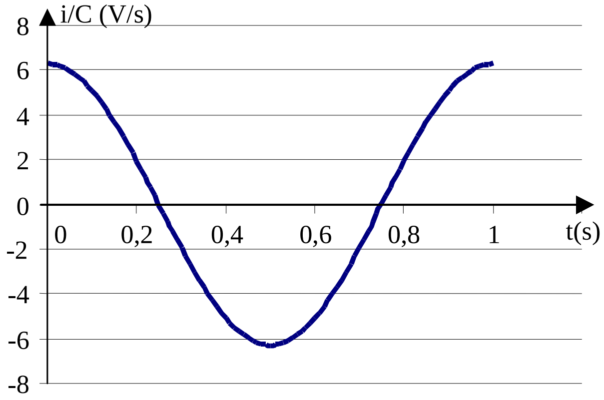
Loi : La relation entre l'intensité du courant et la tension aux bornes d'un condensateur parfait est :

$$\boxed{i = C\frac{\Delta u}{\Delta t}} \text{ ou } \boxed{i = C\frac{du}{dt}}.$$

Remarque : en régime sinusoïdal : $u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t)$ et $\frac{i}{C} = \frac{du}{dt} = U\sqrt{2}\,\omega\cos(\omega t)$

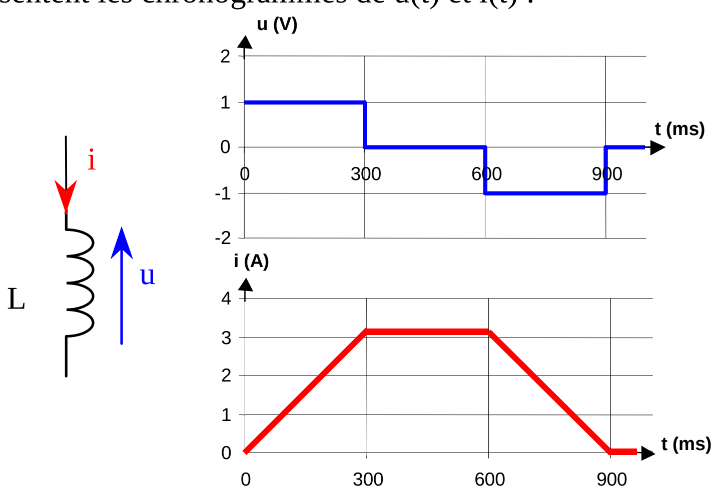
On observe l'apparition d'un déphasage entre u(t) et i(t) (voir régime sinusoïdal)





VI.2) Comportement de l'inductance

Appliquons les valeurs de tension +U ; 0 et -U (1V ; 0 et –1V) aux bornes d'une inductance L.
Les figures ci-contre représentent les chronogrammes de u(t) et i(t) :



- 0 < t < 300ms :

  Le courant i croît linéairement, le coefficient directeur de la droite est positif : $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{+U}{L}$.

- 300 < t < 600ms :

  Le courant i reste constante, le coefficient directeur de la droite est donc égal à zéro : $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{0}{L} = 0$.

- 600 < t < 900ms :

  Le courant i décroît linéairement, le coefficient directeur de la droite est négatif : $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{-U}{L}$.

<u>Loi :</u> La relation entre l'intensité du courant et la tension aux bornes d'une bobine parfait est :

$$\boxed{u = L\frac{\Delta i}{\Delta t}} \text{ ou } \boxed{u = L\frac{di}{dt}}.$$

<u>Remarque</u> : en régime sinusoïdal (pour des raisons similaire au condensateur) on observe l'apparition d'un déphasage entre u(t) et i(t) (voir régime sinusoïdal)

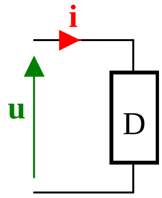
VII) Puissance et énergie électrique

VII.1) Expression générale et mesure de la puissance électrique

Soit un dipôle **D** quelconque, traversé par un courant d'intensité **i** et soumis à la tension **u**.
Avec la convention récepteur (schéma ci-dessous), la puissance instantanée reçue par D s'écrit :

$$\boxed{\mathbf{p = u.i}}$$

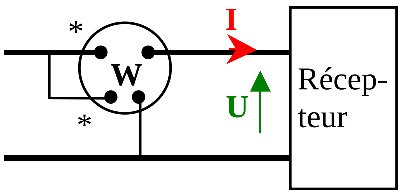
Watts Volts Ampères



La puissance est une grandeur algébrique dont le signe dépend de la convention choisie.
Avec la convention récepteur, le comportement du dipôle est le suivant :

- si p = ui > 0, alors le dipôle reçoit la puissance (récepteur)
- si p = ui < 0, alors le dipôle fournit la puissance (générateur).

Remarque : Lorsque la puissance absorbée fluctue, on considère la valeur moyenne de p(t) notée P = <p(t)>. Si la tension et le courant sont continus alors u(t) = U, i(t) = I et P = U I.
La puissance se mesure avec un Wattmètre (schéma ci-dessous). Cet appareil mesure à la fois **la tension** et **le courant** pour en déduire la puissance.



VII.2) Puissance dans les résistors linéaires

Pour une résistance R, la relation entre u et i est u = Ri.

On a p = u i donc $\boxed{p = Ri^2}$ mais aussi $\boxed{p = \frac{u^2}{R}}$.

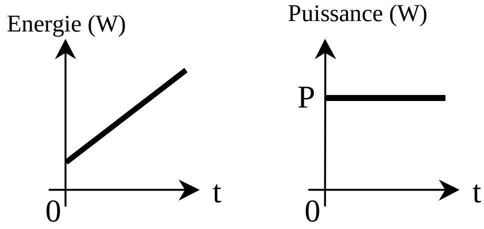
VII.3) Relation entre puissance et énergie

En régime permanent, si un dipôle D a consommé la puissance constante **P** pendant une durée **Δt**, alors il a reçu l'énergie **ΔW** (Schéma ci-dessous) :

$$\boxed{\Delta W = P\ \Delta t}$$

joules (J) watt (W) seconde (s)

Ou $$\boxed{P = \frac{\Delta W}{\Delta t}}$$



Pour une puissance constante, l'énergie augmente linéairement. L'énergie augmente avec la puissance mais aussi avec le temps.

Pour les fortes quantités d'énergie, on utilise une autre unité, le **Wattheure (W.h)**:

- 1 W.h = 3600 J
- 1 kW.h = 10^3 W.h = $3{,}6.10^6$ J.

VII.4) Expression de l'énergie électrique

Dans le cas d'un résistor linéaire de résistance R, l'énergie reçue est dissipée sous forme de chaleur
On a vu que $\Delta W = P.\Delta t$ avec $P = U.I$ donc $\Delta W = U.I.\Delta t$ or $U = R\ I$ donc :

$$\Delta W_J = R\ I^2\ \Delta t \text{ avec } \begin{cases} \Delta W_J \text{ en joules (J)} \\ R \text{ en ohms } (\Omega) \\ I \text{ en ampères (A)} \\ \Delta t \text{ en secondes (s)} \end{cases}$$

Cette relation traduit la loi de Joule. On dit que l'énergie est dissipée par effet Joule.

<u>Remarque</u> :
La mesure de l'énergie électrique se fait avec un compteur d'énergie. Il est caractérisé par une constante k qui représente l'énergie reçue par l'installation pour un tour du disque.
Par exemple, si k = 2,5 W.h / tr alors un tour de disque correspond à une consommation de 2,5 W.h.

VII.5) Principe de conservation de l'énergie

L'énergie se trouve sous diverses formes :

- mécanique (moteur, le vent …),
- électrique (turbine génératrice, EDF …),
- chimique (batterie, pile à combustible…),
- thermique (résistance chauffante, combustion d'un carburant …),
- rayonnement (soleil, lampe infrarouge …).

L'énergie subit des transformations, par exemple :

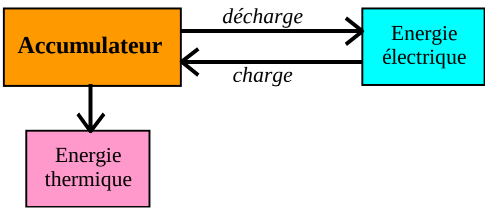
- dans un résistor, l'énergie électrique est transformée en énergie thermique,
- dans un moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.
- dans une batterie, l'énergie chimique se transforme en énergie électrique.

<u>Loi</u> :
variation d'énergie reçue par un système = variation de son énergie interne + variation d'énergie fournie.

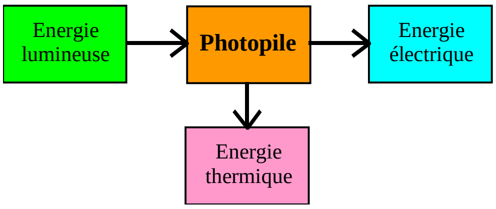
$$\Delta W_{reçue} = \Delta W_{interne} + \Delta W_{fournie}$$

L'énergie fournie par un système est composée d'énergie utile et d'énergie perdue.

<u>Exemple 1 : La batterie d'accumulateur (énergie stockée)</u>



<u>Exemple 2 : La photopile</u>



VII.6) Rendement

Pour un système en équilibre : puissance absorbée = puissance utile + puissance perdue

$$P_a = P_u + P_p$$

Définition : Le rendement d'un système est défini par le rapport :

$$\boxed{\eta = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance absorbée}} = \frac{P_u}{P_a} \leq 1} \quad \text{et on a aussi} \quad \boxed{\eta = \frac{P_u}{P_u + P_p}}$$

Exemples :

- Photopile → $\eta \approx 10$ %. ($\eta = 36$ % en laboratoire).
- Moteur électrique → $85\ \% \leq \eta \leq 98$ %.
- Résistance chauffante → $\eta = 100$ %.

VIII) Résumé

Notion de courant : $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	**Notion de tension** : La circulation du courant électrique entre deux points ne peut se faire que du potentiel le plus élevé vers le potentiel le moins élevé.
Loi des nœuds : La somme des intensités des courants qui arrivent au nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent du nœud.	**Loi des mailles** : Alors la somme des tensions qui indiquent un sens est égale à la somme des tensions qui indiquent l'autre sens.
Loi d'Ohm : u = R i	**Association de résistances** : Série : $R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_N$ Parallèle : $G_S = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots + G_N$
Diviseur de tension : $u_2 = u \frac{R_2}{R_1 + R_2}$	**M.E.T** : $u = U_0 - R_0\ i$ avec $\begin{cases} U_0 \text{ tension à vide.} \\ R_0 \text{ résistance interne.} \end{cases}$
Adaptation : **en tension** : v est maximal si R >> r **en courant** : i est maximal si R << r **en puissance** : P est maximale si $R = r$	**Théorème de superposition :** La tension aux bornes d'un dipôle d'un circuit comportant plusieurs générateurs indépendants, est la somme des tensions aux bornes de ce dipôle lorsque chaque générateur fonctionne seul, les autres étant éteints. (même chose pour le courant)
Capacité : $i = C \frac{du}{dt}$	**Inductance** : $u = L \frac{di}{dt}$
Puissance : p = u.i	**Energie** : $\Delta W = P\ \Delta t$
Loi : $\Delta W_{reçue} = \Delta W_{interne} + \Delta W_{fournie}$	**Rendement** : $\eta = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance absorbée}} = \frac{P_u}{P_a} \leq 1$