

ELECTRICITE

Circuits électriques - Capteurs

1- Le circuit électrique

Un circuit électrique est une association de dipôles (au moins un générateur et un récepteur) connectés entre eux où le courant électrique peut circuler.

2- Les dipôles

Le dipôle électrique est un composant électrique possédant deux bornes.

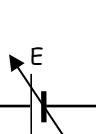
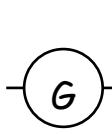
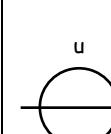
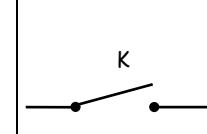
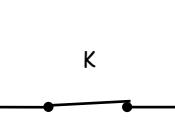
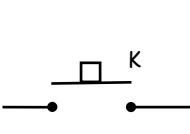
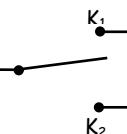
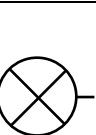
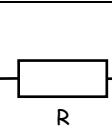
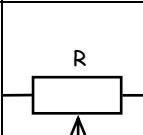
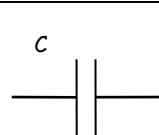
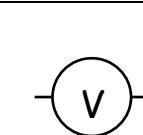
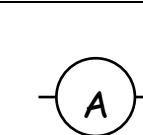
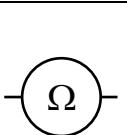
Par exemple, les lampes, les interrupteurs, les générateurs, les piles, les diodes, les DEL, les résistances et les moteurs sont des dipôles.

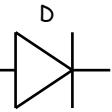
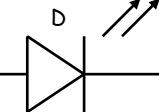
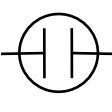
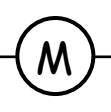
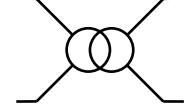
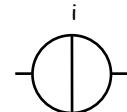
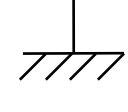
On distingue en général deux sortes de dipôles:

- Les générateurs qui convertissent une forme d'énergie en énergie électrique et peuvent ainsi permettre au courant électrique de circuler, ce sont presque toujours des dipôles actifs.
- Les récepteurs qui convertissent l'énergie électrique en une autre forme d'énergie. Cela peut être des dipôles actifs ou des dipôles passifs.

Remarque: Un générateur est un dipôle produisant (générant) une tension électrique à ses bornes (positive et négative) même lorsqu'il est isolé (non connecté). Dans un circuit électrique fermé cette tension donne naissance à un courant électrique.

Dans le tableau suivant sont représentés quelques symboles.

							
Pile	Générateur de tension variable	Générateur de tension	Source de tension	Interrupteur ouvert	Interrupteur fermé	Bouton poussoir	Interrupteur va et vient
							
Lampe	Lampe	Résistance	Résistance variable	Condensateur	Voltmètre	Ampèremètre	Ohmètre

						
Diode	DEL	Electrolyseur	Moteur	Transformateur	Générateur de courant	Masse

3- Mailles, nœuds et branches d'un circuit électrique

Une maille est un ensemble de dipôles connectés entre eux de manière à former une boucle.

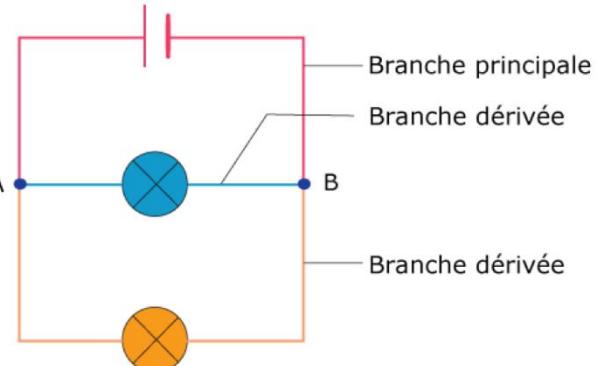
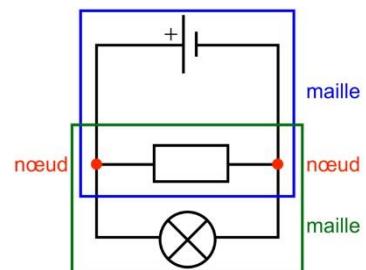
Un nœud est un point du circuit électrique où sont connectés au moins trois dipôles différents.

Seuls les circuits en dérivation comportent des nœuds.

Seuls les points A et B du circuit schématisé ci-contre constituent des nœuds (les deux lampes et le générateur y sont connectés)

Une branche est une portion de circuit située entre deux nœuds qui se suivent.

Dans une branche, tous les dipôles sont branchés les uns à la suite des autres (en série)



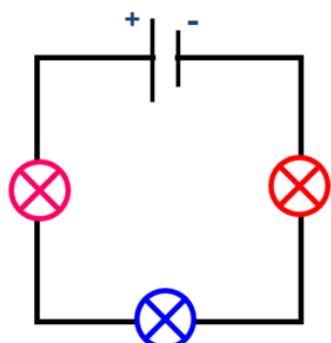
4- Circuit en série

Un circuit en série est un montage électrique dans lequel les dipôles sont tous connectés les uns à la suite des autres.

Un circuit est en série s'il comporte une seule maille et ne forme donc qu'une seule boucle.

Remarque: Un circuit comportant seulement deux dipôles est toujours un circuit en série.

Remarque: Lorsque l'on dévisse une lampe dans un circuit en série, les autres lampes s'éteignent également.

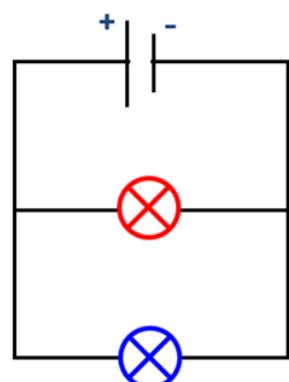


5- Circuit en dérivation

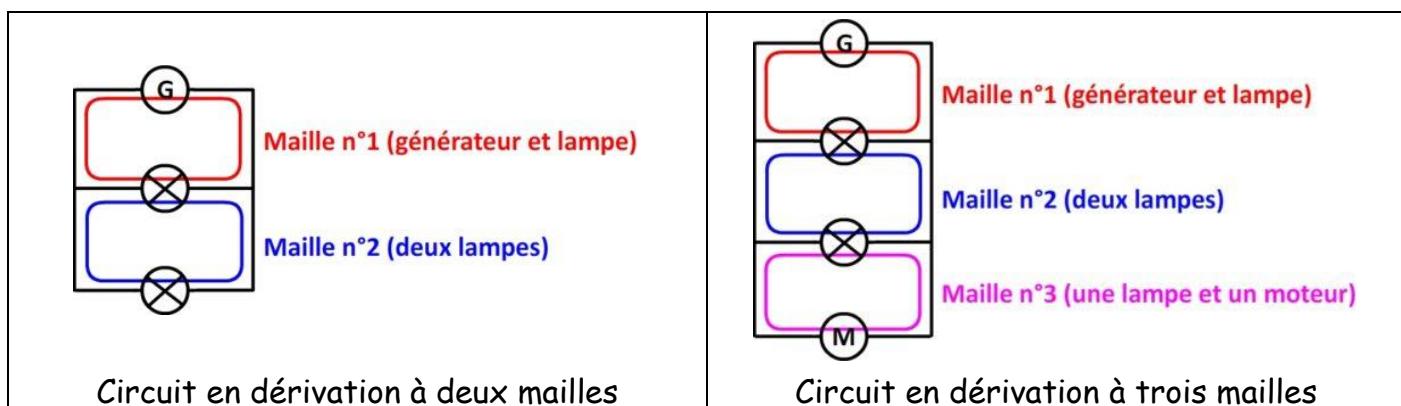
Un circuit en dérivation est un montage électrique dans lequel les appareils sont placés parallèlement les uns aux autres

Un circuit est en dérivation s'il comporte un minimum de deux mailles.

Dans un circuit en dérivation il y a donc toujours au moins deux boucles et deux nœuds.



Remarque: Lorsque l'on dévisse une lampe, les autres lampes branchées en dérivation continuent de briller. Une installation électrique de maison est constituée d'appareils montés en dérivation.

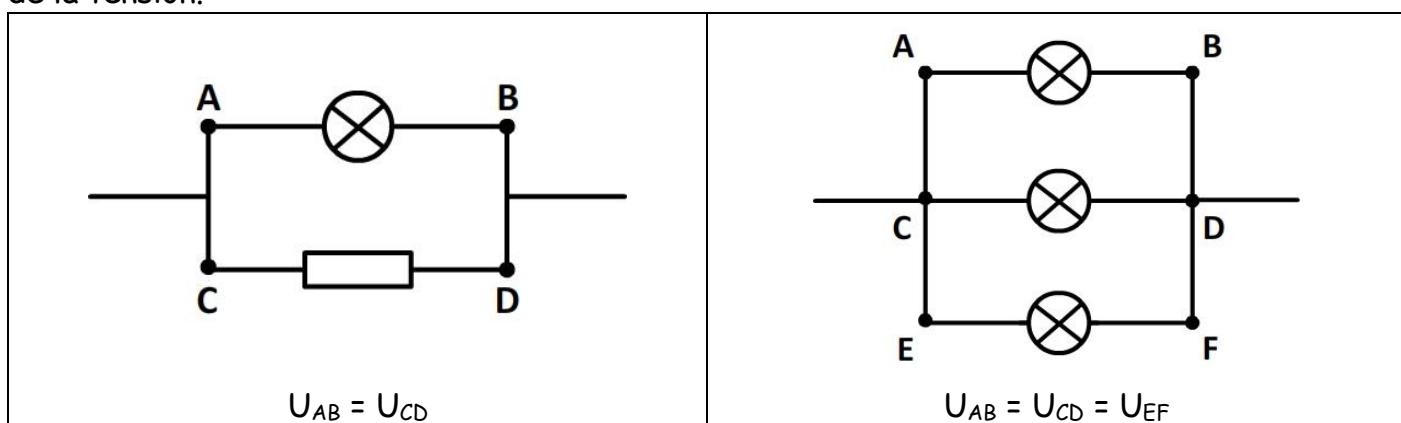


6- La tension électrique - Loi des mailles

La tension est une grandeur physique qui s'exprime toujours entre deux points d'un circuit électrique (en général les bornes d'un dipôle).

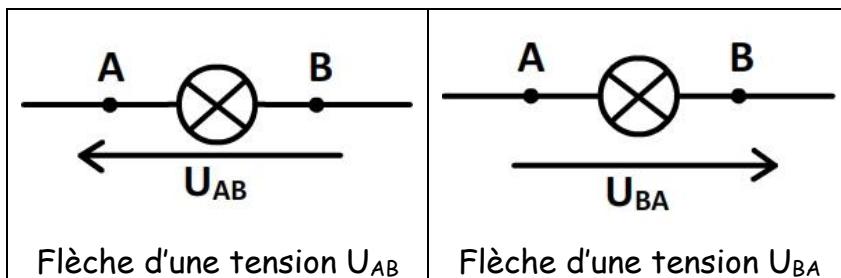
Elle se note U et son unité est le volt (V).

Les tensions aux bornes de deux dipôles branchés en dérivation sont les mêmes: c'est l'unicité de la tension.

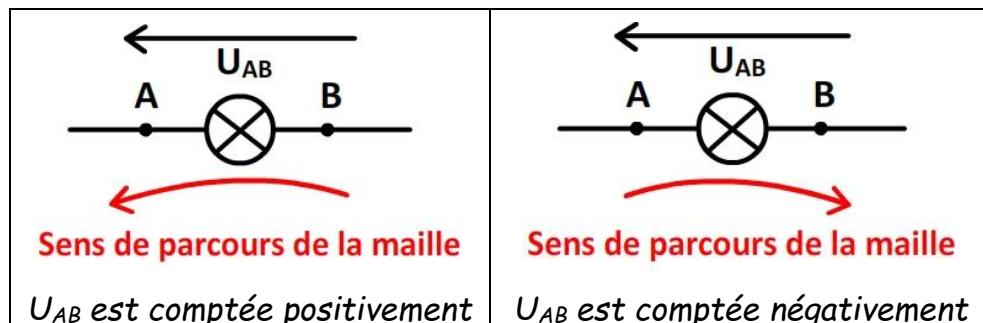


La tension aux bornes d'un dipôle peut être comptée positivement ou négativement et pour déterminer facilement le signe d'une tension on lui associe une flèche.

A une tension U_{AB} (entre un premier point A et un deuxième point B) est associée à une flèche qui pointe vers le point A (le premier point).



Pour pouvoir associer un signe à une tension il est nécessaire de choisir un sens de parcours de la maille qui est en général précisé à l'aide d'une flèche tournante.



Attention:

- Le sens de parcours d'une maille n'est pas nécessairement le même que le sens de circulation du courant électrique.
- Le signe que l'on donne aux tensions n'est exploité que pour utiliser la loi des mailles.

Remarque: Des tensions exprimées dans des ordres inverses ont des signes opposés:

$$U_{AB} = -U_{BA}$$

La loi des mailles est une loi concernant les tensions, elle permet d'exprimer une relation entre la tension des dipôles d'un même maille.

Dans une même maille la somme de toutes les tensions est nulle.

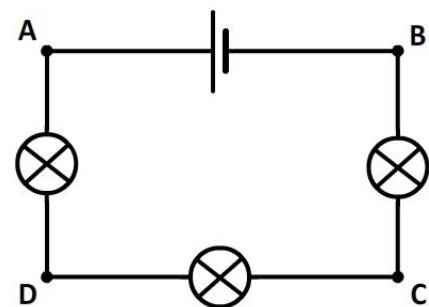
Pour appliquer une la loi des mailles il est donc nécessaire:

- De préciser la maille considérée
- De choisir un sens de parcours de la maille
- De tenir compte de la tension de chaque dipôle et de son signe

Considérons par exemple le circuit suivant ci-contre.

D'après la loi des mailles la somme des tension est nulle d'où la relation:

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} = 0$$



Remarque: Pour exploiter des tensions dont le signe est donné dans le sens inverse on peut être amené à modifier cette relation en remplaçant certaine tension par leur opposée. On peut par exemple aussi écrire:

$$-U_{BA} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DA} = 0 \quad \text{ou} \quad U_{AB} - U_{CB} - U_{DC} - U_{AD} = 0$$

7- L'intensité de courant - Loi des nœuds

L'intensité de courant est une grandeur qui exprime le débit du courant électrique en un point donné d'un circuit.

Elle se note I et son unité est l'Ampère (A).

Le courant circule toujours de la borne positive (+) du générateur du circuit vers la borne négative (-).

Lorsque des dipôles sont branchés en série le courant qui circule dans ces dipôles garde la même intensité. C'est l'unicité de l'intensité en série:

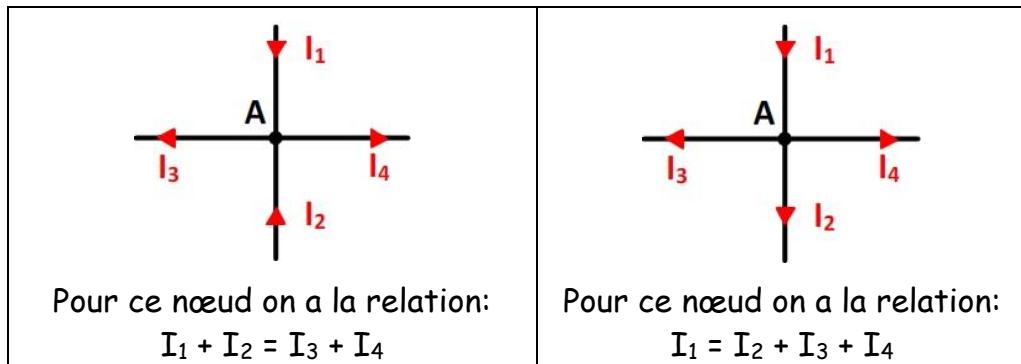
- L'intensité du courant garde la même valeur en tous points d'une branche.
- L'intensité du courant a même valeur en tous points d'un circuit en série.

La loi des nœuds est une loi concernant l'intensité du courant électrique, elle permet d'exprimer une relation entre les intensités des courant circulant dans les dipôles connectés à un même nœud.

L'intensité totale des courants entrant dans un nœud est égale à l'intensité totale des courants sortant de ce nœud.

Pour appliquer la loi des nœuds il faut:

- Repérer un nœud.
- Recenser les courants entrants (flèche orientée vers le nœud).
- Recenser les courants sortants (flèche s'éloignant du nœud).
- Exprimer la somme des intensités des courants entrants.
- Exprimer la somme des intensités des courants sortants.
- Exprimer l'égalité des deux sommes précédentes puis isoler l'intensité inconnue.



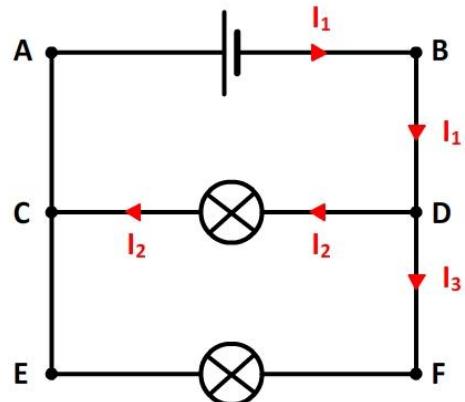
Considérons par exemple le circuit suivant ci-contre.

Loi des nœuds appliquée au nœud D:

- L'intensité totale des courants entrants est I_1
- L'intensité totale des courants sortants est $I_2 + I_3$

D'après la loi des nœuds on aura donc:

$$I_1 = I_2 + I_3$$



8- La loi d'Ohm

La loi d'Ohm exprime la relation entre la tension U et l'intensité I pour un dipôle ohmique de résistance R :

$$U = R \times I$$

U est en volt (V)
 R est en ohm (Ω)
 I est en ampère (A)

9- Caractéristique d'un dipôle

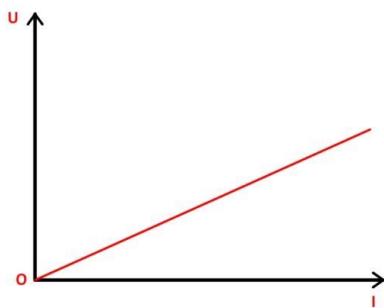
La caractéristique $U = f(I)$ d'un dipôle est un graphique présentant l'évolution de la tension U à ses bornes en fonction de l'intensité I du courant électrique qui le traverse.

Il s'agit donc de la représentation de la fonction $U = f(I)$ avec:

- L'intensité I en abscisses
- La tension U en ordonnées

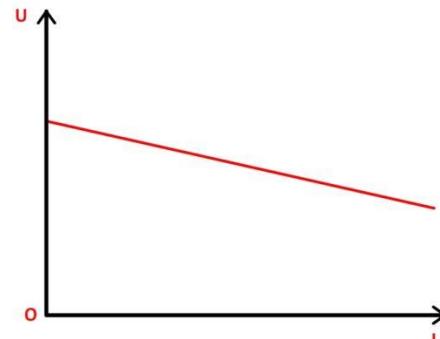
Les représentations graphiques de ces fonctions, lorsqu'elles existent, s'appellent respectivement caractéristique statique "tension-courant".

Si ces caractéristiques sont des droites, le dipôle est dit linéaire. La courbe caractéristique s'appelle alors "droite de charge".



La caractéristique d'un dipôle ohmique est une fonction linéaire (droite passant par l'origine).

$$U = R \cdot I$$



La caractéristique d'un générateur est une fonction affine (droite ne passant pas par l'origine).

$$U = E - r \cdot I$$

Remarque: Un dipôle ohmique possède à ses bornes une tension U (V) proportionnelle à l'intensité I (A) du courant qui le traverse. Le coefficient de proportionnalité est la résistance R (Ω) de ce conducteur ohmique.

Remarque: Un générateur possède une résistance interne r (Ω) qui conduit à une diminution de la tension fournie lorsque le courant débité augmente. La tension à vide d'un générateur correspond à la Force Electro Motrice E (V).

10- Point de fonctionnement d'un récepteur

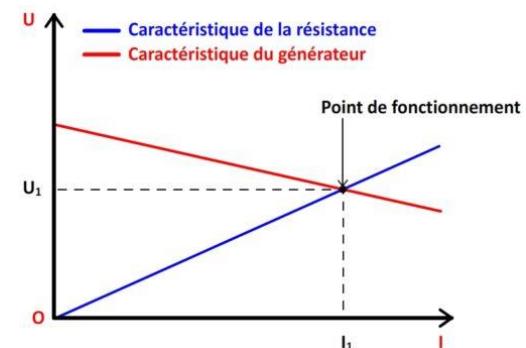
Le point de fonctionnement $P(I, U)$ d'un récepteur avec un générateur correspond à la tension et l'intensité du courant de ce récepteur lorsque ce dernier est directement connecté aux bornes du générateur.

Pour obtenir le point de fonctionnement d'un récepteur il faut:

- Tracer la caractéristique du récepteur.
- Tracer la caractéristique du générateur sur le même graphe
- Déterminer le point d'intersection entre les deux caractéristiques
- Déterminer les coordonnées du point précédent qui correspondent au point de fonctionnement.

Considérons par exemple le cas d'un conducteur ohmique de résistance R branché à un générateur de tension. Pour trouver le point de fonctionnement on trace les caractéristiques de ces deux dipôles.

Le point d'intersection (I_1, U_1) de ces deux caractéristiques correspond au point de fonctionnement.



Le point de fonctionnement d'un récepteur correspond aux couples de valeur tension/intensité caractérisant le fonctionnement de ce récepteur avec un générateur donné.

11- Les capteurs

11.1- Principe d'un capteur

Un capteur est un dispositif capable de convertir une "grandeur physique" appelée "grandeur d'entrée" (température Θ ($^{\circ}\text{C}$), pression P (Pa), etc., ...) en une "grandeur électrique" appelée "grandeur de sortie" qui la plupart du temps est une tension électrique U (V), qui peut ensuite être intégrée dans une chaîne de traitement du signal.

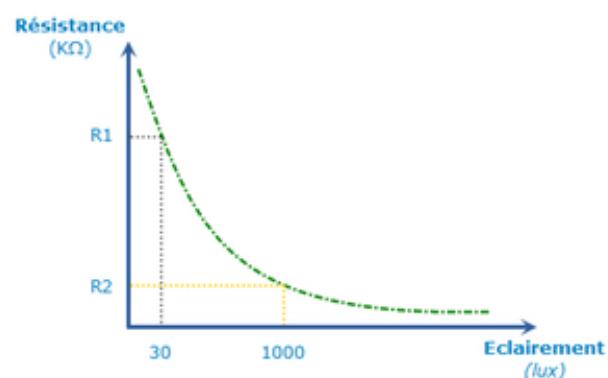
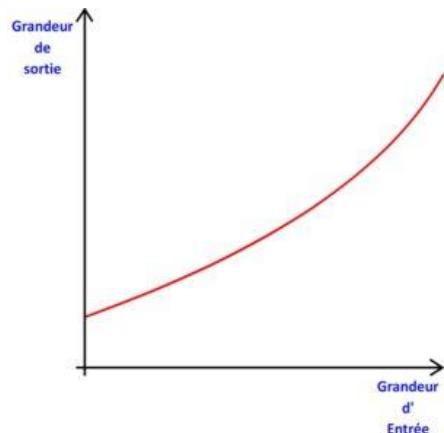
La courbe d'étalonnage du capteur est la courbe donnant l'évolution de la grandeur électrique caractéristique du capteur en fonction de la grandeur physique à laquelle le capteur est sensible.

La courbe d'étalonnage permet de déterminer la valeur d'entrée reçue par le capteur à partir de la valeur de sortie qu'il fournit.

La courbe schématisée ci-contre représente la grandeur de sortie du capteur (en ordonnées) en fonction de sa grandeur d'entrée (en abscisses).

Cette courbe correspond à une fonction souvent croissante qui dans certains cas est linéaire ou affine.

Ci-contre la courbe d'étalonnage d'une photorésistance. La valeur de la résistance R ($\text{k}\Omega$) décroît de façon exponentielle en fonction de l'éclairement E (lux).



11.2- Exemples de capteurs

Le signal électrique du capteur est reçu en entrée du microcontrôleur, qui le traite et envoie un signal électrique de sortie.

Ce signal de sortie permet de piloter un autre dispositif (circuit, actionneur ou autre microcontrôleur...).

En plus des bornes d'alimentation, il y a deux séries de bornes sur un microcontrôleur: les bornes d'entrée (réception du signal) et les bornes de sortie (commande d'un circuit électrique).

Remarque: Nous utiliserons le microcontrôleur ARDUINO qui est une carte électronique programmable par un ordinateur. Elle utilise un même logiciel de programmation (environnement de développement ou IDE) appelé également Logiciel Arduino. Elle peut ensuite fonctionner seule si elle est alimentée en énergie. On peut y brancher des capteurs (températures, humidité, pression, présence, distance, position, luminosité, ...) et des actionneurs (LED, moteurs, lampe, résistance chauffante, ...)



Remarque: Lorsque la grandeur électrique de sortie d'un capteur est la résistance, on l'appelle capteur résistif.

Voici quelques exemples de capteurs courants:

- Un capteur d'ultrasons détecte les signaux sonores ultrasons.
A photograph of an ultrasonic sensor module, which consists of two small black cylindrical transducers mounted on a blue printed circuit board with a white header.
- Le gyroscope est un capteur de position angulaire, il est sensible à toute rotation et délivre un signal qui dépend de l'angle dont il tourne.
A photograph of a gyroscope module, showing a blue PCB with a small white connector and a blue ribbon cable attached.
- L'accéléromètre est un capteur de mouvement, il détecte toute mise en mouvement ou variation de vitesse et permet de mesurer une accélération.
A photograph of an accelerometer module, featuring a blue PCB with a white header and a blue ribbon cable.
- Une thermistance est un capteur de température, sa résistance dépend de cette dernière.
A photograph of a thermistor probe, consisting of a small brown cylindrical component with two thin metal wires extending from it.
- Une photorésistance est caractérisée par une résistance dont la valeur dépend de l'éclairement auquel elle est soumise.
A photograph of a phototransistor module, showing a blue PCB with a black cylindrical component and a blue ribbon cable.
- Un capteur de pression est sensible à la pression exercée sur lui.
A photograph of a pressure sensor module, featuring a blue PCB with a black cylindrical component and a blue ribbon cable.
- Un microphone est un capteur de son, il est sensible à tout signal sonore audible.
A photograph of a microphone module, showing a red PCB with a silver cylindrical microphone element and a blue ribbon cable.

11.3- Chaîne de fonctionnement d'un capteur

Un capteur doit être exposé à un phénomène physique lors duquel varie la grandeur physique à laquelle il est sensible.

Si le capteur est actif il produit un signal électrique en convertissant l'énergie qu'il reçoit en signal de sortie.

Si le capteur est passif alors il faut lui fournir de l'énergie (l'alimenter en courant électrique le plus souvent) afin qu'il puisse générer un signal électrique de sortie.

Le signal électrique fourni par le capteur doit en général être transformé afin d'être exploitable: il subit un conditionnement. Le conditionneur est chargé de traiter le signal délivré par le capteur pour qu'il puisse être transmis au microcontrôleur.

Le microcontrôleur interprète le signal reçu et commande une action (qui peut être simplement l'affichage d'une mesure).

Une chaîne de fonctionnement d'un capteur est schématisée ci dessous.

