

Chapitre II : Les capteurs

I. Introduction

Dans les domaines domestique et tertiaire, on utilise sans le savoir quotidiennement de nombreux capteurs qui facilitent notre vie et qui apportent de plus en plus de confort et de sécurité.

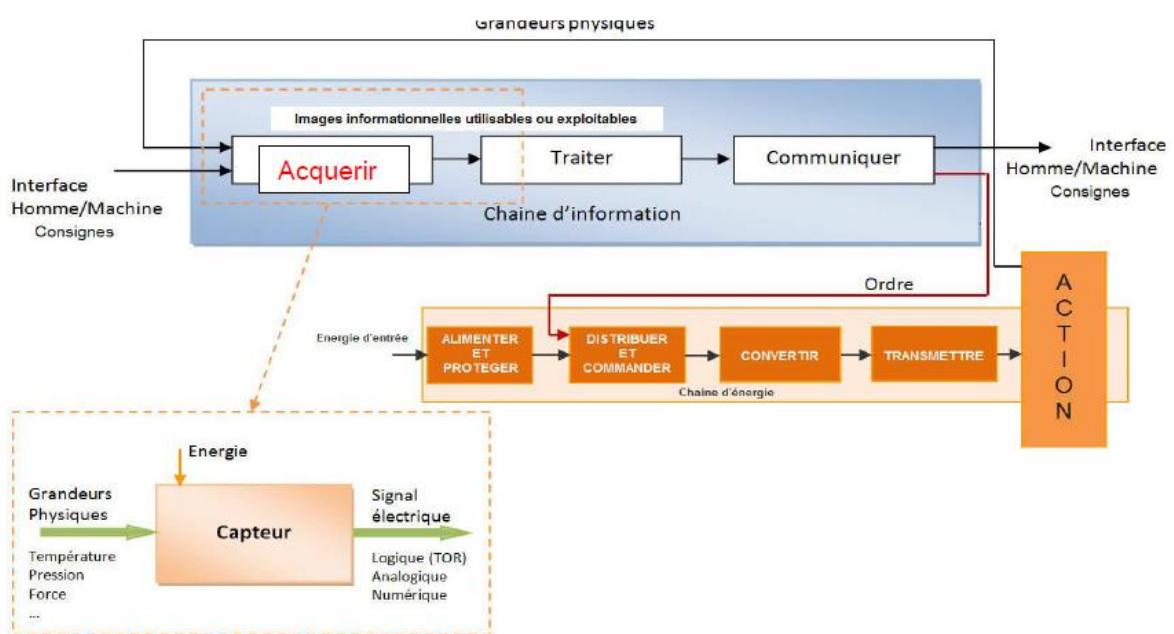
Les détecteurs de présence à infrarouge font partie de ces constituants.

Pour faire fonctionner correctement une pompe à chaleur par exemple, il est indispensable de déterminer la température intérieure de la pièce à chauffer.

II – FONCTION D'UN CAPTEUR :

II.1- Situation des capteurs :

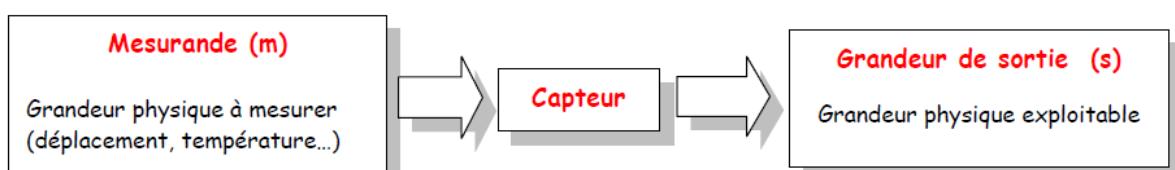
Les capteurs font partie de la chaîne d'information d'un système.



II.2 - Définition d'un capteur :

Un capteur est un constituant ou un organe capable d'acquérir une grandeur physique à mesurer, et de la transformer en une grandeur exploitable par une unité de traitement.

Le capteur est caractérisé par sa fonction : $s = F(m)$ où s est la grandeur de sortie ou la réponse du capteur.



- **Mesurande**

C'est la grandeur physique que l'on souhaite connaître.

Généralement, on obtient une grandeur de sortie du type électrique. Elle peut être soit :

- ✓ une charge,
- ✓ une tension,
- ✓ un courant,
- ✓ une impédance (R, L, C).

Un capteur peut être caractérisé selon de nombreux critères dont les plus courants sont les suivants :

- **la grandeur physique observée,**
- **son temps de réponse,**
- **son étendue ou plage de mesure** : variation possible de la grandeur à mesurer définie par une valeur minimale (portée minimale) et une valeur maximale (portée maximale).
- **sa sensibilité** : paramètre qui exprime la variation du signal de sortie en fonction de la variation du signal d'entrée.

C'est la pente de la tangente à la courbe issue de la caractéristique du capteur.

Dans le cas d'un capteur linéaire, la sensibilité du capteur est constante

$$\boxed{\text{Sensibilité} = \frac{d(\text{Grandeur de sortie})}{d(\text{mesurande})} \quad \text{Ptd'stude}}$$

Il faut noter que la sensibilité d'un capteur peut être fonction du conditionneur auquel est associé.

- **sa précision** : le capteur est d'autant plus exact que les résultats de mesure qu'il indique coïncident avec la valeur vraie (par définition théorique) que l'on cherche à mesurer.
- **sa fidélité** : c'est tenter d'obtenir toujours les mêmes résultats, pour les mêmes détections,
- **sa linéarité** : surtout en analogique, les valeurs de sortie sont toujours proportionnelles aux valeurs d'entrée dans toute l'étendue de la mesure.

C'est la zone dans laquelle la sensibilité du capteur est indépendante de la valeur du mesurande.

Cette zone peut être définie à partir de la définition d'une droite obtenue comme approchant au mieux la caractéristique réelle du capteur, par exemple par la méthode des moindres carrés.

On définit à partir de cette droite l'écart de linéarité qui exprime en % l'écart maximal entre la courbe réelle et la droite approchant la courbe.

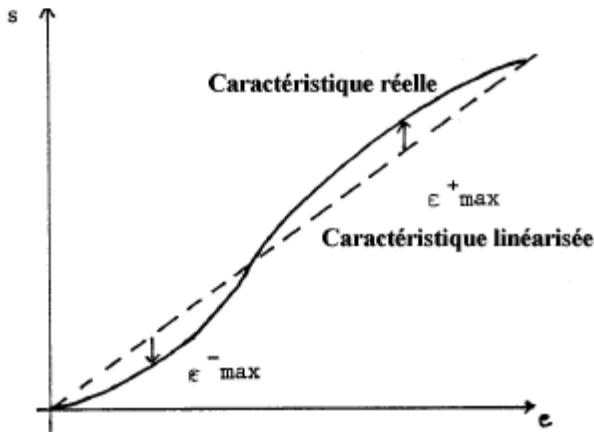


Figure : Exemple de linéarisation de caractéristiques

- **sa bande passante** : intervalle de fréquences pour lesquelles la réponse d'un appareil est supérieure à un minimum. Elle est généralement confondue avec la largeur de bande passante qui mesure cet intervalle.
- **sa résolution** : plus petite variation de la grandeur mesurée qui produit une variation perceptible par le capteur.
- **son hystérésis** : retard de l'effet sur la cause, la propriété d'un système qui tend à demeurer dans un certain état quand la cause extérieure qui a produit le changement d'état a cessé,

II.3 - Différents types de capteurs.

En fonction de la caractéristique électrique de la grandeur de sortie, on peut classer les capteurs en deux grandes familles : **les capteurs passifs et les capteurs actifs**.

Cette classification a une influence sur le conditionneur qui lui est associé.

II.3.1- Les capteurs passifs :

Dans la plupart des cas, **les capteurs passifs ont besoin d'une énergie extérieure pour fonctionner** (comme dans le cas des jauge de contraintes, thermistances...), ils sont souvent modélisés par une impédance. Une variation du phénomène physique étudié (mesuré) engendre une variation de l'impédance. Il faut leur appliquer une tension pour obtenir un signal de sortie.

Le capteur se comporte en sortie comme un dipôle passif qui peut être résistif, capacitif ou inductif.

En fonction du mesurande, on utilise plusieurs effets pour réaliser la mesure.

MESURANDE	EFFET UTILISE (Grandeur de sortie)	MATERIAUX
Température	Résistivité	Platine, nickel, cuivre, semi-conducteurs
Très basse température	Cste diélectrique	Verre
Flux optique	Résistivité	Semi-conducteurs
Déformation	Résistivité Perméabilité	Alliages nickel Alliages ferromagnétiques
Position	Résistivité	Magnétorésistances : Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

II.3.2. Les capteurs actifs :

Lorsque le phénomène physique qui est utilisé pour la détermination du mesurande effectue directement la transformation en grandeur électrique, on est en présence d'un capteur actif.

C'est la loi physique elle-même qui relie le mesurande et grandeur électrique de sortie.

La sortie du capteur est assimilée à un générateur.

C'est un dipôle actif qui peut être du type courant, tension ou charge électrique Q en coulombs.

Les principes physiques mis en jeu sont présentés ci-dessous.

MESURANDE	EFFET UTILISE	GRANDEUR DE SORTIE
Température	Thermoélectricité (thermocouple)	Tension
Flux optique	Photoémission Pyroélectricité	Courant Charge
Force, pression, accélération	Piézoélectricité	Charge
Position	Effet Hall	Tension
Vitesse	Induction	Tension

Précision sur les effets utilisés :

Thermoélectricité : c'est le principe de tout thermocouple. C'est un circuit constitué de deux conducteurs de nature chimique différente et dont les jonctions sont à des températures différentes T_1 et T_2 . Il apparaît aux bornes de ce circuit une tension (force électromotrice) liée à la différence de température (T_1-T_2).

Pyroélectricité : certains cristaux présentent une polarisation électrique proportionnelle à leur température. Ainsi, en absorbant un flux de rayonnement, le cristal pyroélectrique va s'échauffer et ainsi sa polarisation va se modifier entraînant une variation de détectable.

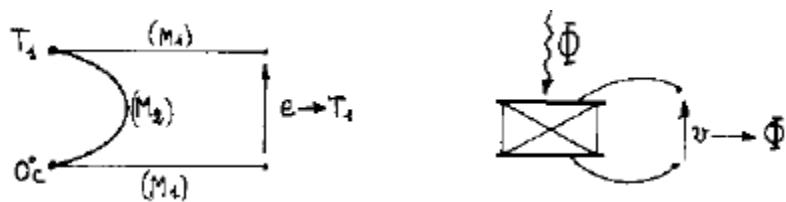


Figure 1 : Thermoélectricité et pyroélectricité

Piézoélectricité : l'application d'une force sur ce type de matériau engendre l'apparition de charges électriques créées par la déformation du matériau. C'est un phénomène réversible.

Induction : la variation d'un flux magnétique engendre l'apparition d'une force électromotrice.

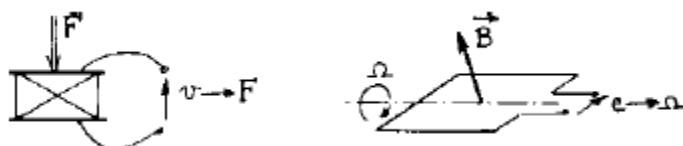


Figure 2 :Piézoélectricité et induction

II.4. Fonctions appliquées à la détection.

Les **détecteurs** font partie de la famille des **capteurs**, l'information délivrée en sortie est de **type TOR**.

Les applications de la détection sont très vastes, on peut néanmoins lister les domaines suivants :

- **Activités liées à la détection de pièces ou à la manutention, de personnes et de véhicules.**

- Détection de présence ou de positionnement d'un objet, d'une pièce.
- Détection de passage, de défilement ou d'un blocage (bourrage) et du comptage.

- **Activités spécifiques nécessitant la :**

- Détection de présence (ou de niveau) de gaz ou de liquide,
- Détection de forme, de position (angulaire, linéaire),
- Détection d'étiquette, avec lecture et écriture d'informations codées.

En fonction des applications, les détecteurs sont conçus pour résister :

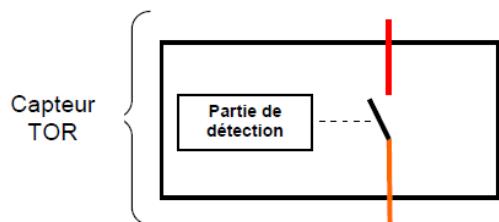
- l'humidité, voire l'immersion, la corrosion, des variations fortes de température

III – LES INFORMATIONS TRANSMISES PAR LES CAPTEURS, REPRESENTATION DES SIGNAUX :

L'information transmise par un capteur peut être :

III.1 – L'information logique :

Information simple à exploiter, la fermeture d'un contact qui permet d'alimenter un circuit électrique. **C'est un capteur logique de type tout ou rien (TOR).**



Un capteur détecte la présence ou l'absence d'une personne. Si une personne est présente, il ferme un contact qui alimente une lampe placée à l'intérieur d'un couloir par exemple.

C'est une information logique, de type Tout Ou Rien (TOR) ouvert ou fermé (0 ou 1)

Les détecteurs délivrent donc un signal binaire (deux états possibles : 0 ou 1).

Quelques exemples de capteurs : les interrupteurs de position électromécaniques, les détecteurs de proximité inductifs, capacitifs, photo-électriques etc...

III.2 – L'information analogique :

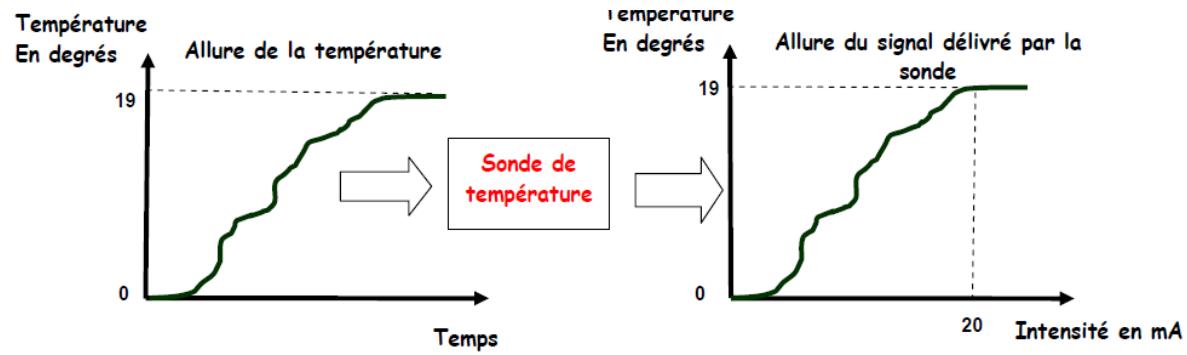
C'est une grandeur qui évolue dans le temps et qui peuvent prendre une infinité de valeurs.

L'information à transmettre peut varier de manière continue, comme la mesure de température d'une pièce à l'aide d'une sonde.

L'information délivrée par un voltmètre à aiguille est du type variable continue qui passe par une infinité de valeurs, **c'est une information analogique.**

La mesure de la température, de la pression, du débit, de la vitesse peut se faire à l'aide d'un capteur qui délivre une information analogique.

Exemple pour une mesure de température



Le signal issu de la sonde de température évolue entre deux valeurs limites de manière continue en fonction de la grandeur mesurée.

Selon le conditionneur mis en oeuvre, l'information analogique est délivrée sous diverses natures avec de nombreuses plages différentes:

- en tension : quelques microvolts, 0-5V, 0-10V, +/- 10V

- en courant 4-20mA ou 0-20mA