

<h1>Cours</h1>	<h2>Cours ACQ 1</h2>	TS11 (Période 3)
	Acquérir l'information	1h
	Cycle 8 : Acquérir Conditionner Traiter	4 semaines

ANALYSER Caractériser un constituant de la chaîne d'information.

MODELISER Identifier les phénomènes physiques à modéliser.

MODELISER Établir un modèle de comportement à partir d'une réponse temporelle ou fréquentielle. \Leftrightarrow

EXPERIMENTER Justifier le choix d'un appareil de mesure ou d'un capteur vis-à-vis de la grandeur physique à mesurer.

EXPERIMENTER Identifier les erreurs de mesure et de méthode.

CONCEVOIR Choisir la technologie des composants de la chaîne d'information.

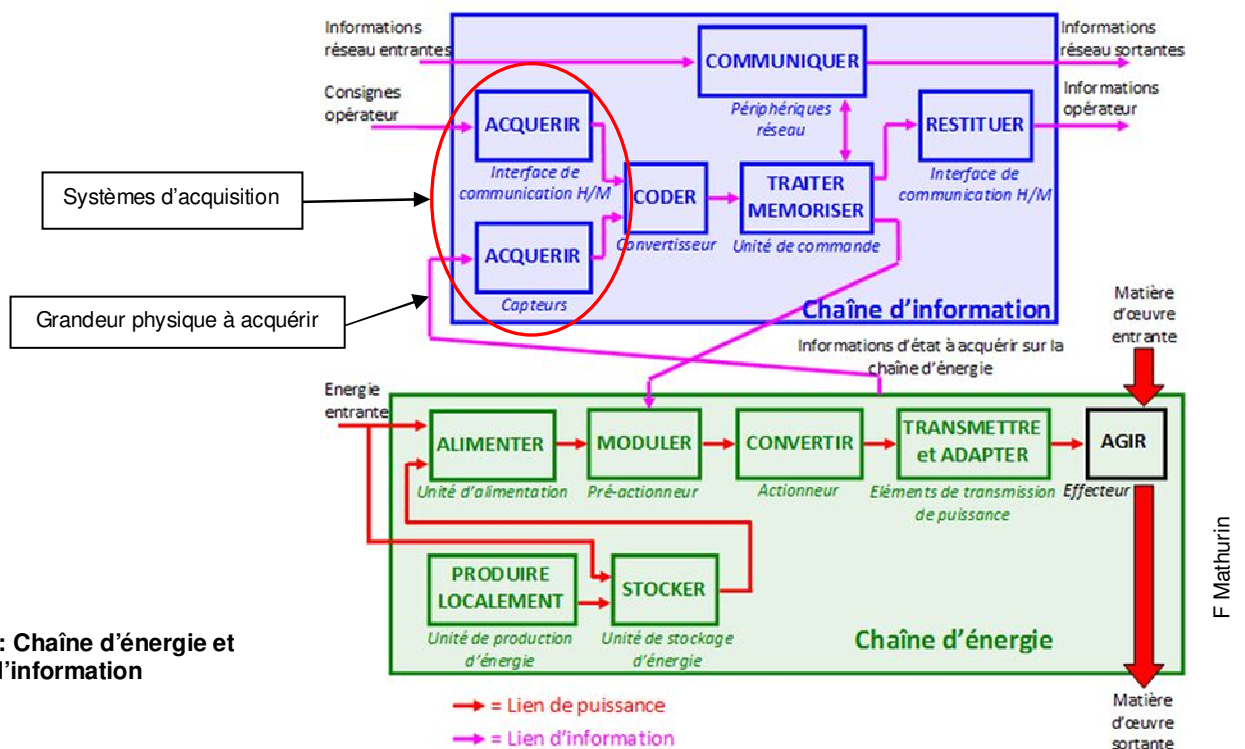
1 Position de la fonction ACQUERIR dans la chaîne d'information

Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs ...), on a besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité, ...).

Le capteur est l'élément indispensable à la mesure de ces grandeurs physiques.

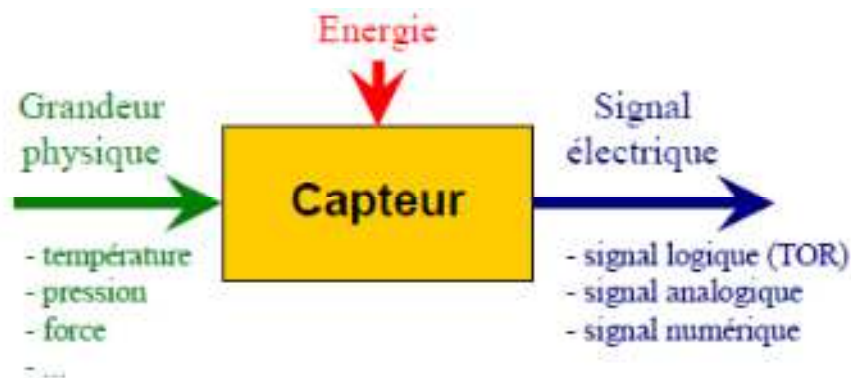
Les systèmes d'acquisition peuvent être classés en trois catégories suivant leur rôle :

- renseigner le système afin qu'il remplisse son objectif (cas des systèmes asservis),
- fournir une information à l'utilisateur sur une grandeur physique du système (force, vitesse...),
- informer le système sur les consignes d'un opérateur (consigne de force, de vitesse...).



1.1 Fonction du capteur

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique).



1.2 Structure et fonctions principales d'un capteur

Un capteur peut être défini comme un transducteur convertissant une grandeur physique en un signal électrique.

Cette transformation peut être directe ou fait appel à plusieurs conversions physiques avant d'arriver au signal de sortie.

La structure d'un capteur est généralement la suivante.

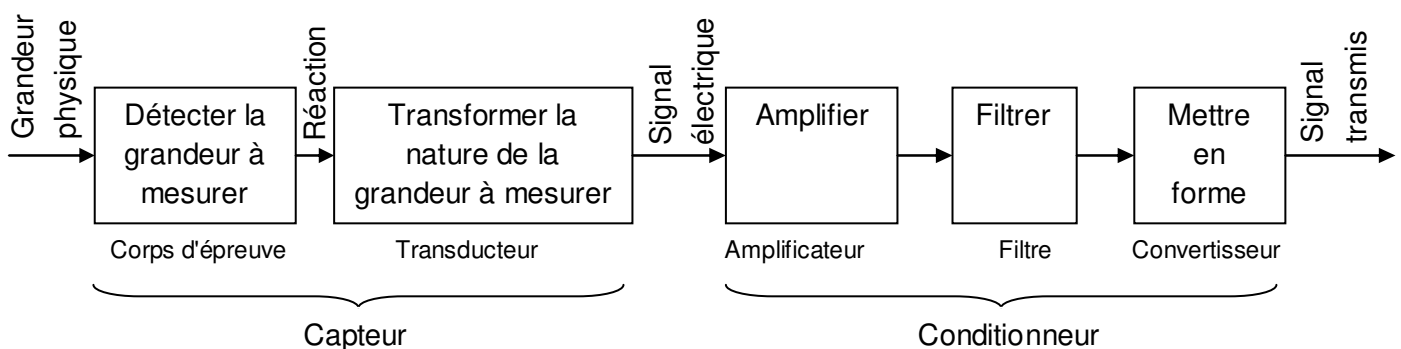


Figure 2 : Fonctions de la chaîne d'acquisition

Corps d'épreuve : C'est un élément mécanique qui réagit à la grandeur physique à mesurer. Il transforme la grandeur mesurée en une autre grandeur physique dite mesurable.

Exemple : Mesure d'une force à l'aide d'un ressort

- Corps d'épreuve : ressort de raideur k
- Réaction : déplacement x

$F = k \cdot x \rightarrow k$ connu et x mesuré permet de déterminer F .

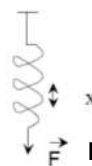


Figure 3 : Force appliquée sur un ressort

Transducteur :

Un élément en interaction avec le corps d'épreuve permettant de traduire ses réactions en un autre phénomène physique (au final on obtient en général un signal électrique).

Exemple : Mesure d'une force à l'aide d'un ressort

- Transducteur : potentiomètre linéaire de gain G ($U_s = G \cdot x$)

Conditionneur ou Transmetteur :

- Amplification
- Filtrage (analogique ou numérique)
- Conversion du signal (Analogique \rightarrow numérique)

1.3 Grandeurs physiques dans la chaîne d'acquisition

Différentes grandeurs physiques interviennent entre les fonctions de la chaîne d'acquisition. Afin d'identifier les performances des systèmes d'acquisition il est nécessaire de caractériser les signaux d'entrée et de sortie de ces différentes parties.

Grandeur physique à mesurer :

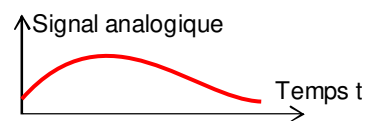
- Cinématique : position, vitesse (tachymètre), accélération, angle (gyromètre)
- Effort : force, pression, couple
- Fluide : pression, débit,
- Thermique : température...

Grandeur physique sortant du corps d'épreuve :

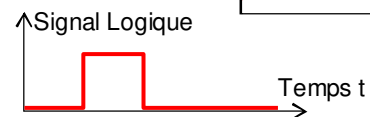
- Variation de résistance,
- Variation de longueur,
- Tension électrique.

Grandeur physique du signal de sortie (principalement de nature électrique)

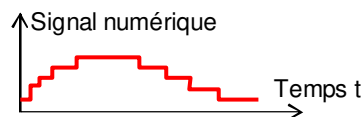
- Analogique : le signal délivré varie de façon continue au cours du temps



- Logique (détecteur tout ou rien ou utilisation d'un seuil) :



- Numérique : le signal de sortie est numérique (la grandeur évolue de façon discontinue par escaliers) → codeur.



Exemple : Sonde de température

- Grandeur physique à mesurer : Température
- Corps d'épreuve : sonde



- Réaction du corps d'épreuve : variation de résistance R_x

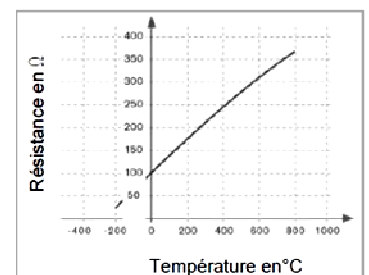


Figure 4 : Caractéristiques d'une sonde de température au platine.

La variation de résistance n'est pas directement exploitable par le système de traitement de l'information. Il faut la convertir en un signal électrique du type courant ou tension.

- Transducteur : Pont de Wheatstone
- Signal de sortie du transducteur : Tension V_g

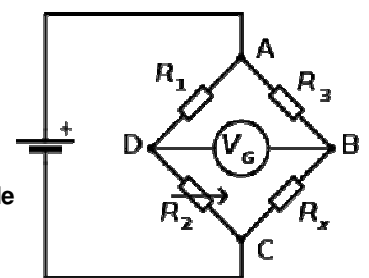


Figure 5 : Pont de Wheatstone.



Figure 6 : Caractéristique pont de Wheatstone.

2 Performance des systèmes d'acquisition

On choisit un système d'acquisition en fonction d'un cahier des charges qui correspond au phénomène que l'on observe par la mesure de grandeur physique. Les caractéristiques métrologiques disponibles dans les documents constructeurs font généralement référence à des étalonnages réalisés en laboratoire.

Seul le temps de réponse caractérise le régime transitoire du système.

2.1 Temps de réponse

Le temps de réponse $t_{5\%}$ à 5% près est défini comme la durée minimale d'attente après l'application d'un échelon à l'entrée, pour que l'écart relatif de la sortie par rapport à sa valeur finale demeure toujours inférieur à 5%.

Saut de la sortie : $\Delta m(\infty) = m(\infty) - m(0)$
(souvent comme sur la figure : $m(0) = 0$)

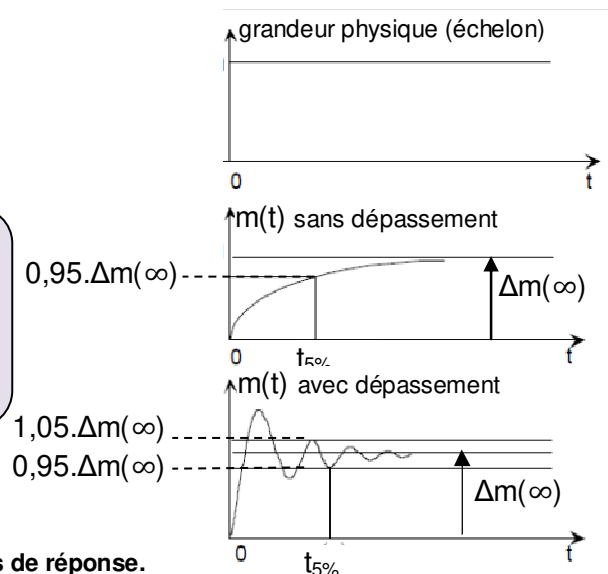


Figure 7 : Temps de réponse.

2.2 Etendue de mesure

C'est la plage de valeurs de la grandeur physique mesurée pour lesquelles le capteur répond aux spécifications du constructeur.

$$EM = m_{max} - m_{min}$$

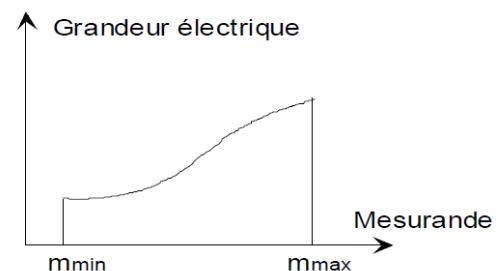


Figure 8 : Etendue de mesure.

2.3 Sensibilité

La sensibilité S d'un système d'acquisition, pour une valeur donnée de la grandeur physique mesurée, est égale au rapport de la variation du signal électrique Δu_s sur la variation du signal physique Δm .

La sensibilité est susceptible de varier en fonction de la mesure et donc du point de fonctionnement P .

$$S(P) = \left(\frac{\Delta u_s}{\Delta m} \right)_P : \text{pente de la courbe au point } P \text{ considéré}$$

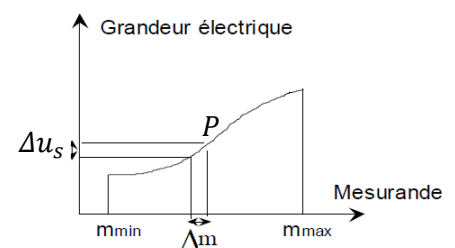


Figure 9 : Sensibilité.

Remarque : la sensibilité d'un capteur linéaire (ou linéarisé sur une plage de mesures) est constante donc indépendante du point P ce qui facilite le traitement de la mesure.

2.4 Résolution

La résolution est la plus petite variation de la grandeur mesurée qui produit une variation perceptible de l'indication délivrée par le système d'acquisition (passage d'une valeur numérique à une autre notamment).

$$\text{Résolution} = \frac{EM}{Np}$$

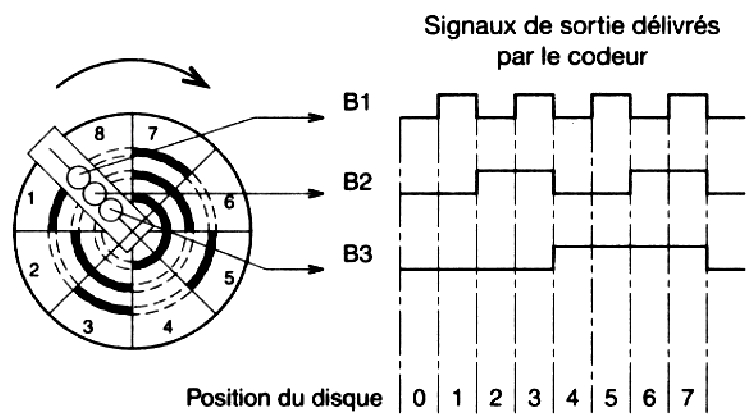
EM : étendue de mesure ($m_{max} - m_{min}$)

Np : nombre de points pour coder EM

Exemple d'un codeur absolu 3 bits

Le disque fournit un code binaire par piste :

3 pistes $\Rightarrow 2^3 = 8$ positions \rightarrow Résolution 1/8 tour



ATTENTION : la résolution d'un codeur optique est parfois abusivement le nombre de points codables.

2.5 Précision de la mesure

Elle caractérise l'aptitude d'un capteur à donner une mesure M proche de la valeur vrai m de la grandeur mesurée.

L'incertitude de mesure δM est telle que : $m = M \pm \delta M$

L'erreur relative de précision est :

$$E\% = \frac{\delta M}{M_{max} - M_{min}}$$

Justesse de la mesure

Elle caractérise l'aptitude d'un capteur à donner des mesures proches de la valeur vraie de la grandeur mesurée, les erreurs de fidélité n'étant pas prise en compte.

La valeur la plus probable est très proche de la valeur vraie.

Fidélité

Elle caractérise l'aptitude d'un capteur à donner, pour une même valeur de la grandeur mesurée, des mesures concordant entre elles.

Les résultats de mesures répétées d'une même valeur de mesurande restent groupés autour d'une valeur moyenne.

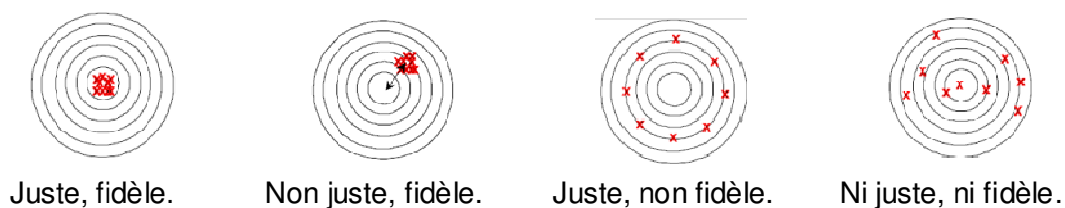


Figure 10 : Précision (distinction justesse et fidélité).

L'erreur de précision peut se décomposer en une erreur de justesse et une erreur de fidélité :

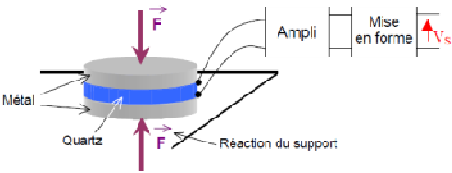
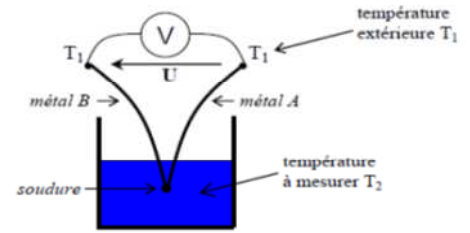
Erreur de précision = Erreur de justesse + Erreur de fidélité

3 Technologie des capteurs

3.1 Les capteurs actifs

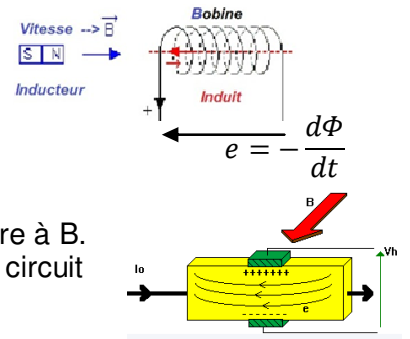
Fonctionnant en **générateur**, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur physique à prélever, énergie thermique, mécanique ou de rayonnement.

Effet thermoélectrique : Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 , est le siège d'une force électromotrice (tension) d'origine thermique.



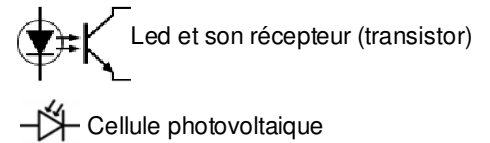
Effet piézo-électrique : L'application d'une contrainte mécanique sur certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne par déformation du cristal l'apparition d'une tension aux bornes du quartz.

Effet d'induction électromagnétique : La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique (détection de passage d'un objet métallique ou de la vitesse d'une génératrice à courant continue : tachymètre).



Effet Hall : Un courant électrique I_0 traversant une plaque métallique baignant dans un champ magnétique B , engendre une tension V_H perpendiculaire à B . Ce principe est notamment utilisé pour la mesure du courant électrique dans un circuit à partir du flux magnétique qu'il génère dans une boucle conductrice.

Effet photo-électrique : La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique.

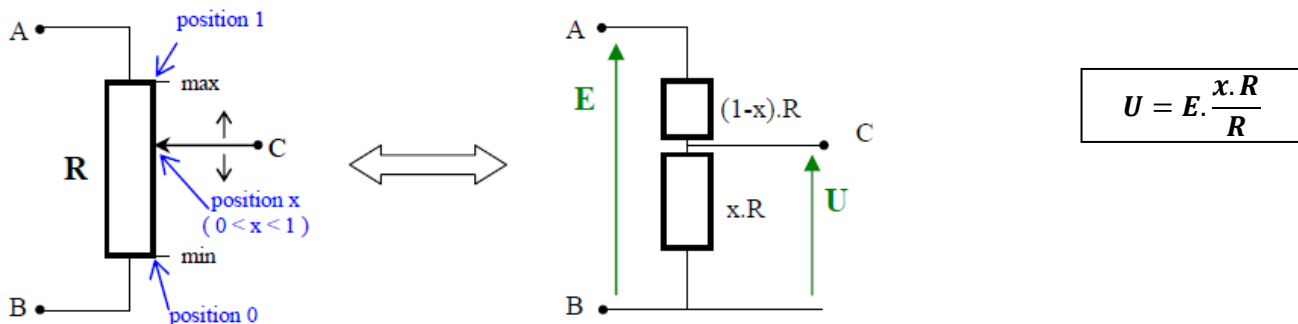


3.2 Les capteurs passifs

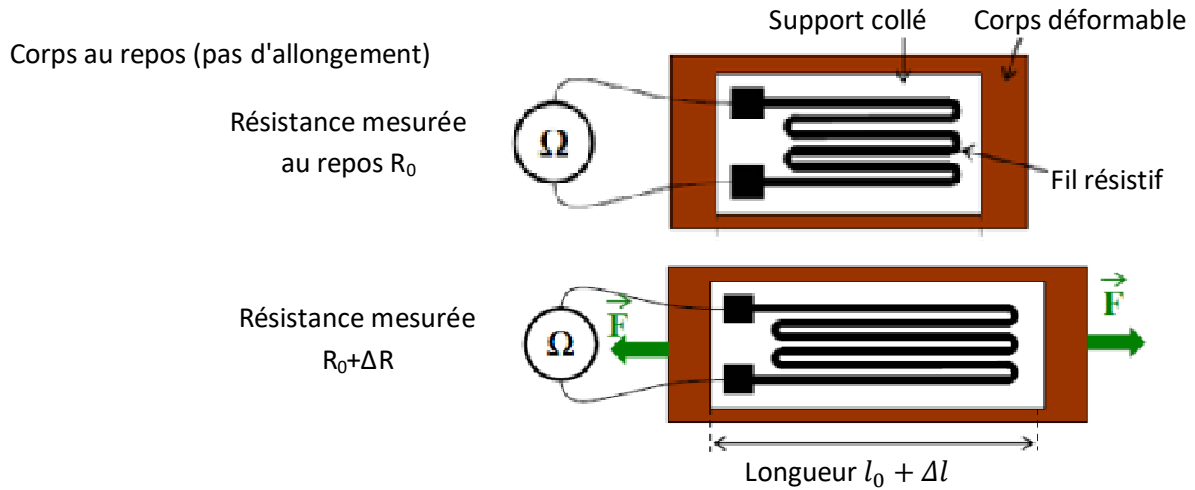
Il s'agit généralement d'**impédance** qui varie en fonction de la grandeur à mesurer.

La variation d'impédance résulte :

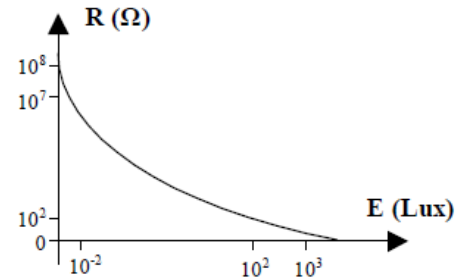
- **Du déplacement d'un curseur C** : principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteurs de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.



- **D'une déformation** résultant de force ou de grandeur s'y ramenant (pression, accélération) :
 - variation d'épaisseur e ou de section s d'un condensateur ($C = \epsilon e/s$),
 - fil résistant (appelé jauge d'extensomètre) liée à une structure déformable. La longueur l et la section s du fil impacte sa résistance ($R = \rho l/s$). Cette variation est très faible et sera amplifiée.



- **Les photorésistances** : Une photorésistance est une résistance R dont la valeur varie en fonction du flux lumineux E reçu. On utilisera de préférence une partie sensiblement linéaire de la caractéristique.



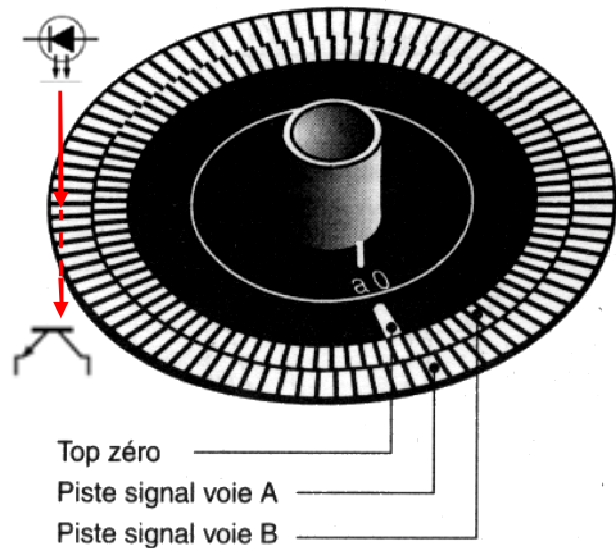
- **Les disques optiques** constitués de pistes laissant passer ou non la lumière d'une diode à destination d'un transistor jouant le rôle d'interrupteur.
- o **Les codeurs incrémentaux**, permettent de coder la position angulaire sur un seul tour.

$$\text{résolution angulaire} = \frac{360}{n_p}$$

n_p : nombre de points du codeur

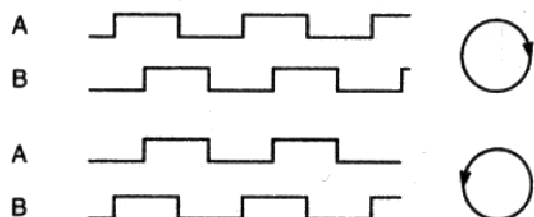
$$f = \frac{N * n_p}{60}$$

f : fréquence du signal codeur



Une piste (ou un autre capteur) permet d'initialiser le compteur angulaire. Deux pistes A et B sont nécessaires pour déterminer le sens de rotation :

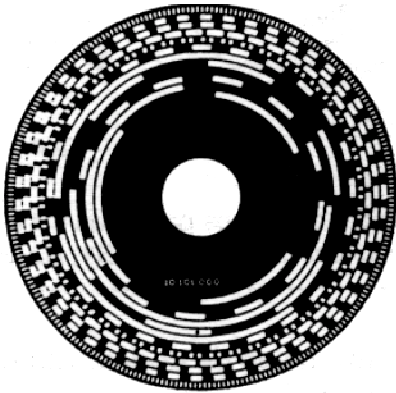
- o Sens 1 : sur front montant de A, le signal B=0,
- o Sens 2 : sur front montant de A, le signal B=1



Selon le sens de rotation on incrémente ou on décrémente le compteur angulaire.

- **Les codeurs absolus** permettent d'associer à une position angulaire un code binaire unique. Ils sont plus chers car il nécessite de nombreuses pistes (10 pistes → $2^{10} = 1024$ positions par tour).

Le disque des codeurs absolus comporte un nombre n de pistes concentriques divisées en segments égaux alternativement opaques et transparents. A chaque piste est associé un couple émetteur / récepteur



Disque 12 pistes d'un codeur optique absolu

Nombre de points N_p en fonction du nombre de piste n

$$N_p = 2^n$$

Ex : (1024 pour 10 pistes ou 10 bits).

Insensibilité aux coupures du réseau

Dès la première mise sous tension, ou dès le retour de la tension après coupure, le codeur délivre une information correspondant à la position réelle du mobile.

Insensibilité aux parasites de ligne

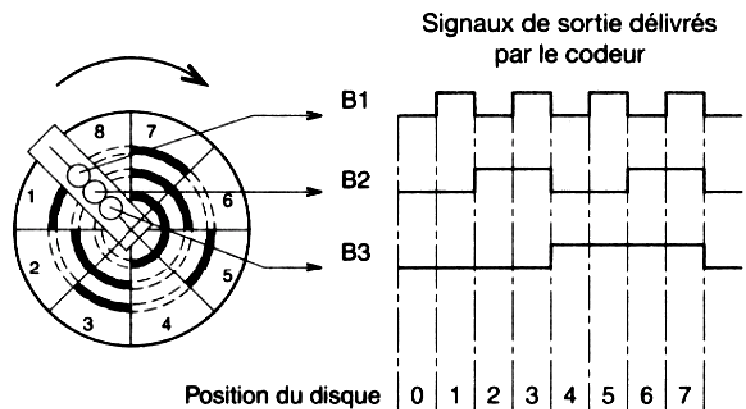
Un parasite peut modifier temporairement le code délivré par un codeur absolu mais ce code redevient automatiquement correct dès la disparition du parasite.

Exemple d'un codeur absolu 3 bits

Pour chaque position angulaire de l'axe, le disque fournit un code binaire de 3 bits correspondant à 1/8ème de tour

$3 \text{ bits} \Rightarrow 2^3 = 8 \text{ positions}$

Le nombre de sorties parallèles est le même que le nombre de bits.



Position du disque	Code binaire		
	B3	B2	B1
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

Références :

- <http://florestan.mathurin.free.fr/>
- <https://sitelec.org>

TREHIN Pierre. Sciences industrielles de l'ingénieur. Millau : Ellipses, 2019 (Spécial ATS)