

Cycle 6: Analyser et étudier le comportement des systèmes de traitement de l'information

Chaîne d'information – CAPTEURS et DETECTEURS



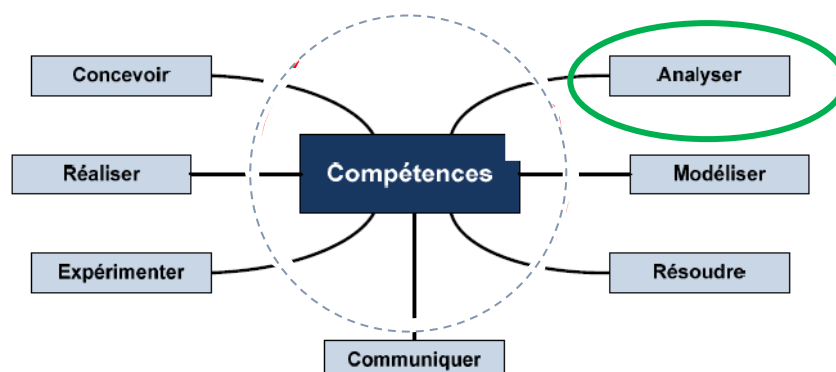
Problématique

Au sein d'un système complexe pluri-technologique, quels sont les composants assurant le traitement de l'information ? leurs rôles ? Quels sont les types d'informations traitées par la chaîne d'information (TOR, numérique, analogique) ? Quels sont les différents types de capteurs et leurs principes physiques d'acquisition de données ?

Savoir

A. Analyser:

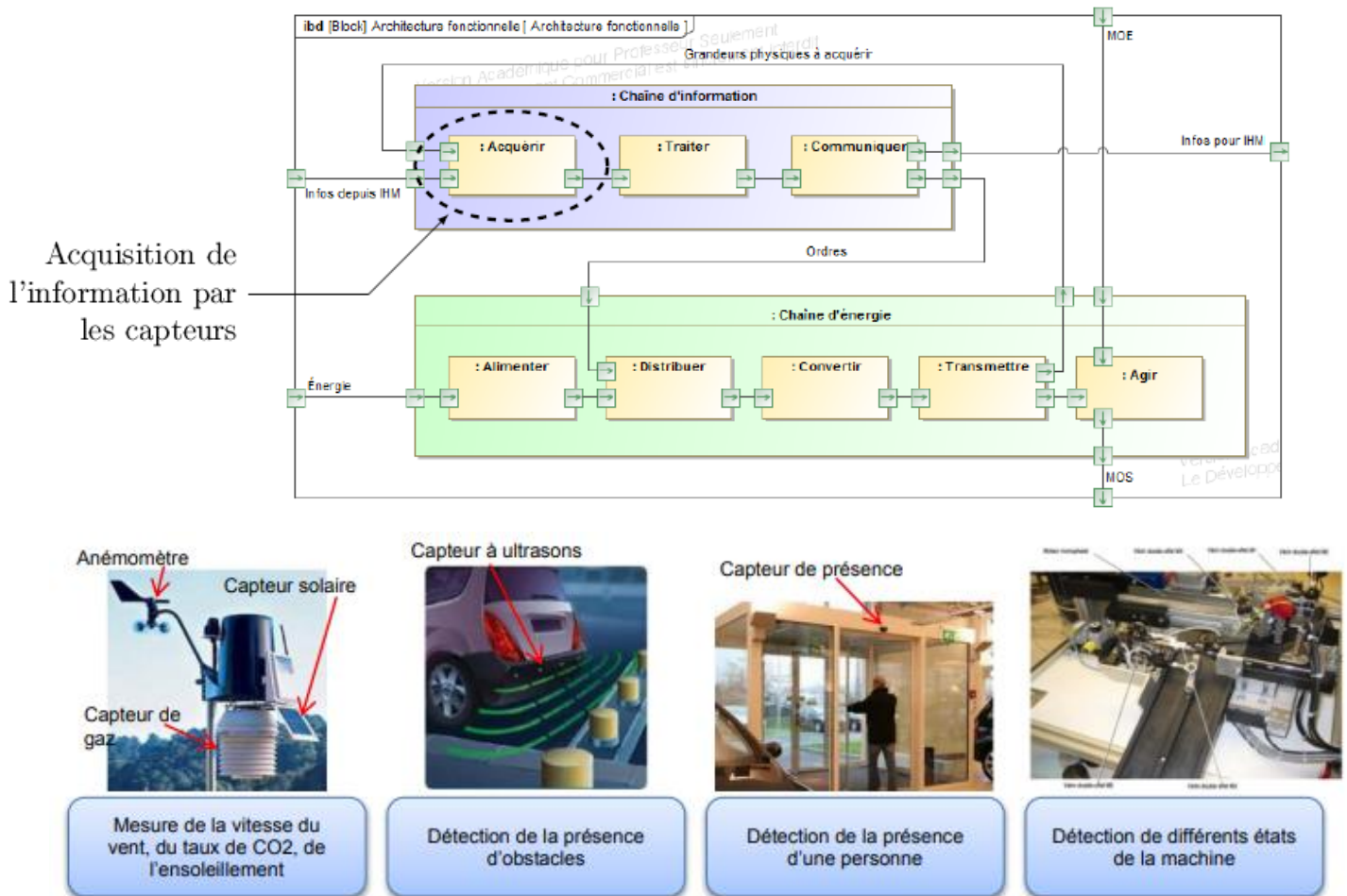
- Identifier les caractéristiques de la commande (ES analogiques et numériques)
- Identifier et décrire les composants associés au traitement de l'information
- Identifier la nature et le support d'information
- Caractériser un capteur (grandeur physique mesurable, transducteur)



Chaîne d'information - capteurs

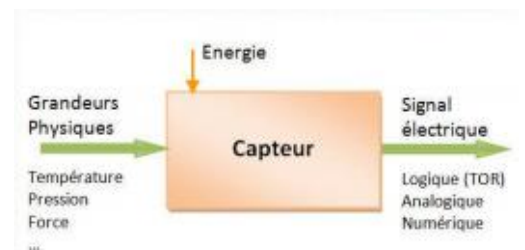
1. Introduction

Un capteur est un organe de **prélèvement d'informations** qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (généralement électrique) représentative de la grandeur prélevée, et utilisable à des fins de mesure. Il fait partie de la **chaîne d'informations**.



Définition du capteur :

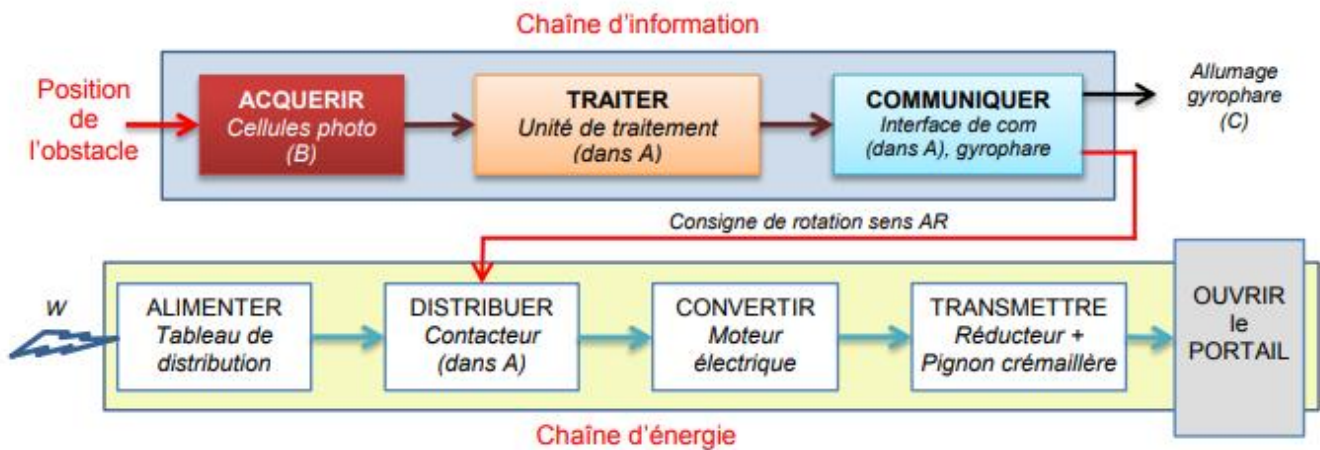
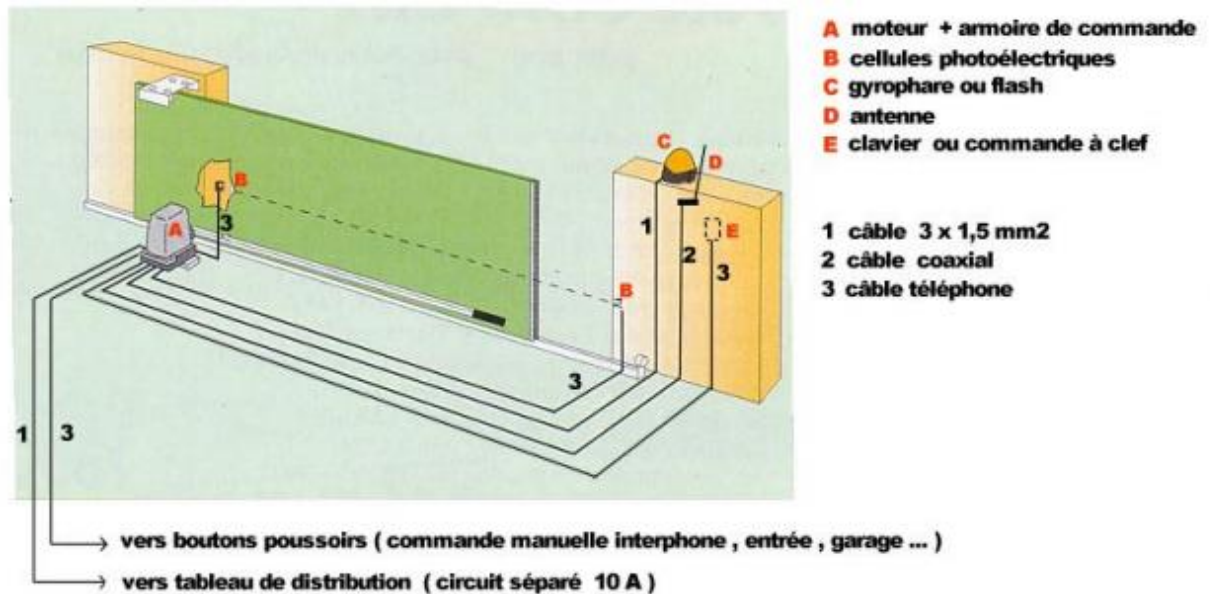
Un capteur est un **organe de prélèvement d'information** qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.



Exemple : PORTAIL AUTOMATIQUE

Les cellules photoélectriques (B) permettent de détecter une présence (véhicule, personne, animal, objet, ...) dans la zone de déplacement du portail. Pendant la phase de fermeture, si une présence est détectée, l'ordre d'inversion du sens de rotation du moteur est donné par l'armoire de commande (A) afin de provoquer l'entraînement du portail en sens inverse et éviter ainsi tout accident ou détérioration du matériel. La représentation schématique suivante met en évidence les constituants de la chaîne d'information (et d'énergie) permettant d'assurer cette fonction liée à la sécurité anti-coincement.

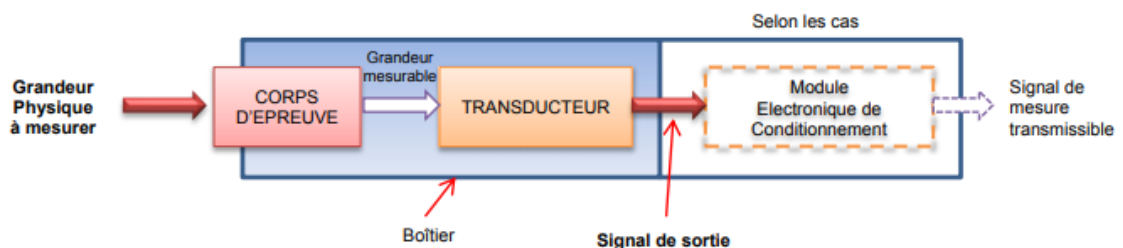
Chaîne d'information - capteurs



L'information source (position obstacle) est détectée par les cellules photo. Cette information est convertie en signal électrique et transmise à l'unité de traitement. En fonction de son programme interne, l'unité de traitement décide alors d'envoyer une consigne de rotation en sens AR au contacteur par l'intermédiaire de l'interface de communication ainsi que la signalisation de la mise en mouvement par allumage du flash.

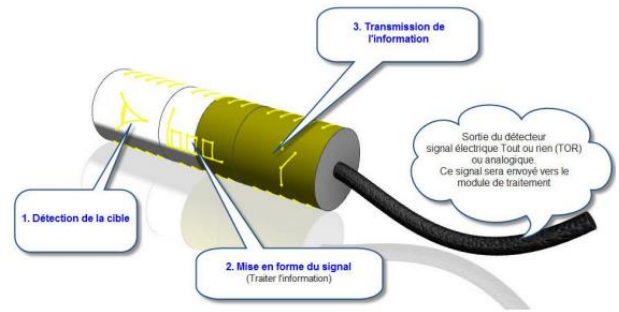
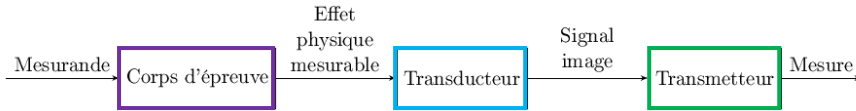
3. Structure et fonction principale d'un capteur

De façon simple, un capteur peut être défini comme un **transducteur convertissant une grandeur physique (mesurande) en un signal électrique (mesure)**. Cette transformation peut être directe dans quelques cas simples, mais en réalité, la technologie des capteurs fait souvent appel à plusieurs conversions de phénomène physique avant d'arriver au signal de sortie.



Chaîne d'information - capteurs

Ainsi, la structure d'un capteur répond de manière générale au schéma ci-dessous :



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

Définition Transducteur
Il traduit les réactions du corps d'épreuve en une grandeur électrique constituant le signal de sortie.

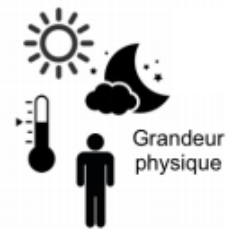
Définition Transmetteur
Il réalise la mise en forme, l'amplification, le filtrage, la mise à niveau du signal de sortie pour sa transmission à distance. Il peut être incorporé ou non au capteur proprement dit.

4. Classification des capteurs

4.1. En fonction du signal d'entrée

Les principales grandeurs physiques à mesurer sont (liste non exhaustive) :

- la présence d'un objet, sa position, son déplacement linéaire/ang., sa vitesse linéaire/ang., son accélération
- la force, le couple, la pression
- la température, l'humidité, la luminosité, la vitesse du vent
- le débit, le niveau, le bruit...



4.2. Par la nature du signal de sortie

La sortie d'un capteur peut varier de 3 façons différentes, et délivre donc une information de type :

- **logique (TOR)** : information électrique de type binaire (vrai ou faux, 0 ou 1) qui caractérise le phénomène à détecter. on parle alors plutôt de détecteurs.
- **analogique** : le signal varie de façon continue au cours du temps et possède une infinité de valeurs possibles dans un intervalle donné.
- **numérique** : délivre en sortie une information électrique à caractère numérique, c'est-à-dire ne pouvant prendre qu'un nombre limité de valeurs distinctes. L'information délivrée par ces capteurs est un code numérique sur plusieurs bits.



Exemple : Codeur absolu de position angulaire à 4096 positions/tour. 000010001111 = 143 correspond à $143 * 360 / 4096 = 12.6^\circ$



Chaîne d'information - capteurs

4.3. Par distinction actif / passif

Une autre façon de distinguer les capteurs repose sur l'effet mis en oeuvre pour générer le signal de mesure.

1) Capteurs passifs

Ils font intervenir une **impédance dont la valeur varie** avec la grandeur physique Soit d'une **variation de dimension du capteur**, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile. Soit d'une **déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant**, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).

- Capteurs **résistifs** : R varie avec la grandeur physique (mesure de température par résistance à fil de platine (sonde Pt100), thermistance (CTN,CTP), mesure d'effort par jauge de contrainte, mesure d'intensité lumineuse par photorésistance)
- Capteurs **inductifs** : L varie avec la grandeur physique (mesure de déplacement par inductance variable, mesure d'effort par capteur magnéto-élastique)
- Capteurs **capacitifs** : C varie avec la grandeur physique (mesure de déplacement et de position : l'objet dont on veut mesurer le déplacement se déplace avec une armature du condensateur, mesure de niveau : la présence de liquide modifie la valeur de la capacité)

2) Capteurs actifs

La grandeur d'entrée ou ses variations génère directement une énergie (tension, courant, charge électrique). Cette énergie étant généralement faible, les capteurs nécessitent tout de même l'utilisation d'amplificateurs.

- Capteurs **photoélectrique ou photovoltaïque** : basés sur la libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux
- Capteurs **thermoélectriques** : basés sur la création d'une tension à la jonction de deux matériaux soumis à une différence de température
- Capteurs **piézoélectrique** : l'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézoélectriques (le quartz par ex) entraîne l'apparition d'une tension entre leurs faces opposées.
- Capteur **d'induction électromagnétique** : la variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique aux bornes de ce circuit.
- Capteur à **effet Hall** : un champ magnétique B et un courant électrique I créent dans un matériau semi-conducteur une tension proportionnelle à B et à I.

Grandeur physique mesurée	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Photo-émission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo-électrique	Tension
Force	Piézo-électricité	Charge électrique
Pression		
Accélération	Induction électromagnétique	Tension
Vitesse		
Position (Aimant)	Effet Hall	Tension
Courant		



Chaîne d'information - capteurs

5. Caractéristiques des capteurs

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,
- **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,
- **sa bande passante** : intervalle de fréquences pour lesquelles la réponse d'un appareil est supérieure à un minimum,
- **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,
- **sa gamme de température** d'utilisation.

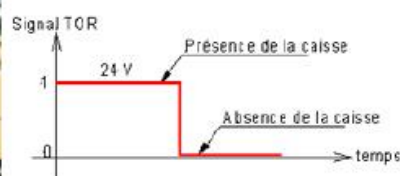
6. Panorama des principaux capteurs

Les capteurs utilisent une grande variété de solutions technologiques, dont vouloir dresser un catalogue exhaustif serait vain. Chaque phénomène physique pouvant donner naissance à une famille de capteurs. On retiendra les technologies associées aux **mesures plus courantes : position, vitesse, accélération, effort, couple, température**.

Mais on peut les classer en 3 familles : TOR, analogique et numérique.

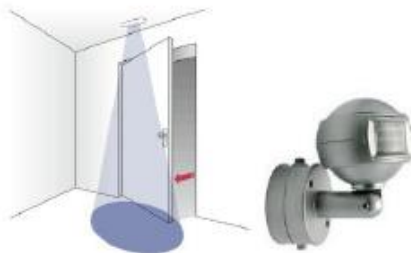
6.1. Détecteur TOR

Un détecteur TOR à une sortie ne peut prendre que deux états généralement représenté par 0 et 1. Ce sont les plus répandus en automatisation. Les technologies sans contacts sont plus robustes dans les environnements industriels.



Domaine d'utilisation des capteurs TOR :

- Détection de la présence, d'un passage
- Détection d'un seuil de T° (Thermostat), d'un seuil de pression (Pressostat),...



Détecteur de présence



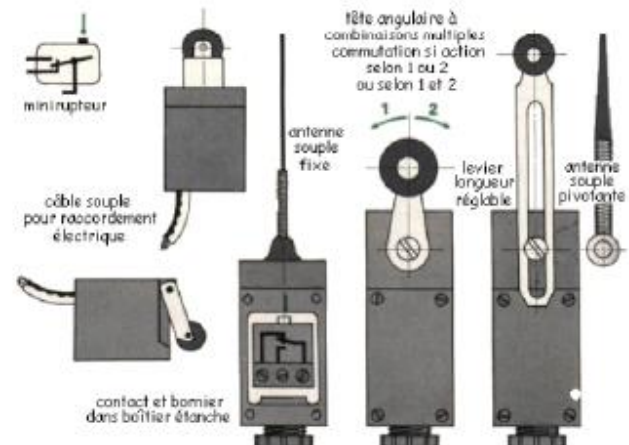
Détecteur magnétique monté sur un vérin



Détecteur inductifs, capacitifs, photoélectriques, à galet, à tige souple,...

1) Détecteurs mécaniques de fin de course

Sortie par commutation d'un contact. L'information est récupérée sur un contact sec qui est câblé soit directement dans un schéma de commande, soit relié à une entrée d'automate.



2) Détecteurs de proximité INDUCTIF et CAPACITIF

Sortie par commutation d'un transistor (bloqué ou saturé). L'information correspond à un niveau de tension récupérée en sortie de transistor, qui est interprétée comme étant un 0 ou un 1 par l'entrée d'automate. Sortie à 3 fils.



Remarque Inductif ou capacitif?

De par leur principe de fonctionnement, les capteurs inductifs ne peuvent détecter sans contact que des objets métalliques. Cette restriction ne s'applique pas aux capteurs capacitifs, qui sont en revanche légèrement plus chers.

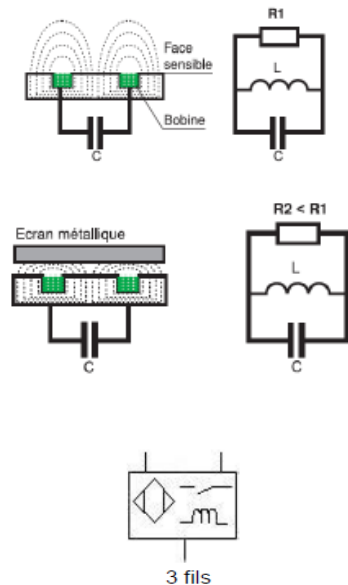
Principe de fonctionnement d'un détecteur inductif

La bobine parcourue par un courant de haute fréquence produit dans l'espace environnant ses extrémités un champ électromagnétique variable.

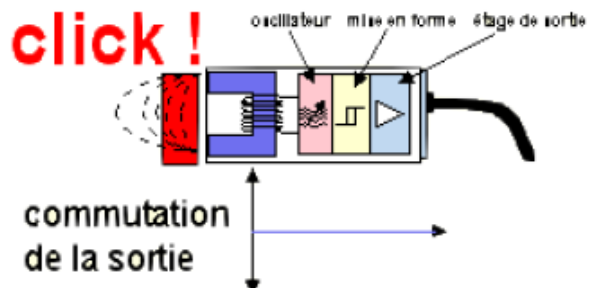
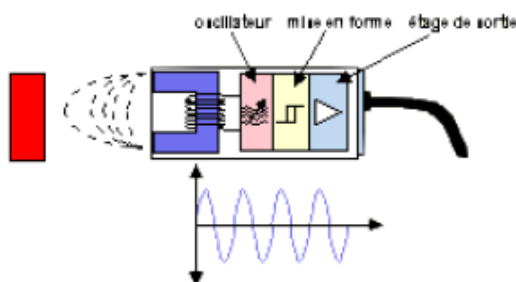
Un objet métallique placé dans cette zone est le siège de courants induits appelés courants de Foucault. D'après la loi de Lenz, ces courants s'opposent à la cause qui leur a donné naissance. Ils créent une induction dans le sens contraire à l'induction de la bobine ce qui entraîne une réduction du coefficient d'auto-induction de la bobine excitatrice.

Dans le cas de métaux ferromagnétiques, une perte additionnelle est due à l'effet d'hystérésis lors de la magnétisation du métal par le champ de la bobine excitatrice.

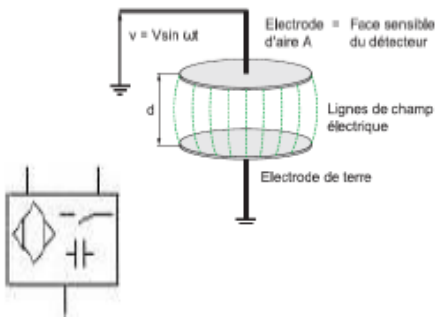
Dans les deux cas, cela se traduit par un signal d'amplitude réduite au niveau de la bobine excitatrice. C'est cette baisse d'amplitude qui est détectée par l'analyseur de signal.



Les **détecteurs 3 fils** sont **alimentés en courant continu**. Ils comportent **deux fils pour l'alimentation** et **un fil pour la transmission du signal de sortie**.



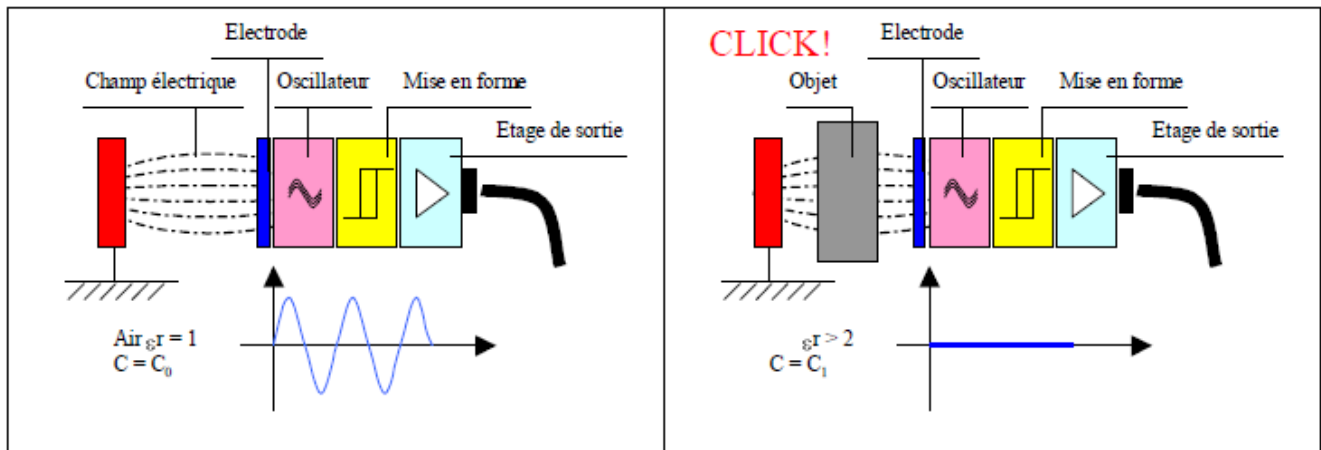
Principe de fonctionnement d'un détecteur capacitif



Ils détectent tous types de matériaux opaques conducteurs et isolants (huile, bois, plastique, etc), sans contact mais la **distance de détection est faible**.

Le principe de la détection capacitive repose sur un circuit oscillant RC. Le détecteur de proximité capacitif mesure la variation de la capacité qui est provoquée par le rapprochement d'un objet dans le champ électrique d'un condensateur.

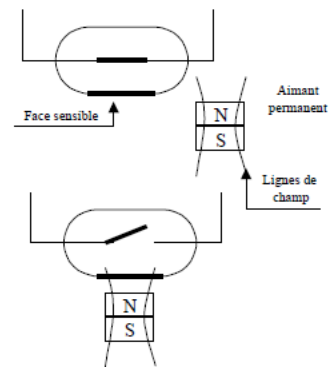
Dans l'air $\epsilon_r = 1$, la capacité du condensateur est C_0 . est la constante diélectrique, elle dépend de la nature du matériau. Tout matériau dont $\epsilon_r > 2$ sera détecté.



3) Interrupteur à lame souple (ILS)

Ce détecteur est constitué par un boîtier à l'intérieur duquel est placé un contact électrique métallique souple sensible au champ magnétique. Lorsqu'un aimant passe devant l'ILS, il perturbe le champ magnétique, le contact se ferme.

Ce type de détecteur est souvent utilisé pour contrôler la position d'un vérin, un aimant permanent est alors monté sur le piston.



4) Détecteurs PHOTO-ELECTRIQUES

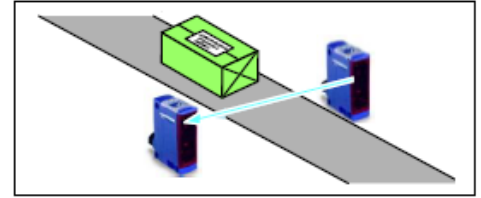
Dans les systèmes automatisés, on peut détecter une présence, sans contact avec un objet ou une personne, voir même en être très éloigné. On utilise entre autre des détecteurs de proximité photo électrique : la seule restriction étant que les objets soient **opaques**. La détection varie de quelques millimètres jusqu'à 300m

Chaîne d'information - capteurs

Deux systèmes possibles :

- Système barrage

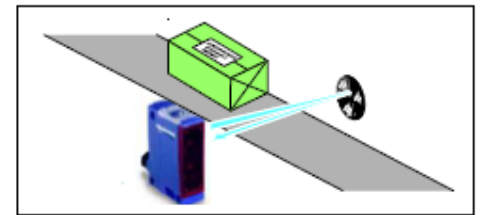
Emetteur et récepteur sont situés dans 2 boîtiers séparés cela permet d'avoir des distances entre les deux importantes (30 m).
Ils sont bien adaptés aux environnements difficiles (fumées, poussières)



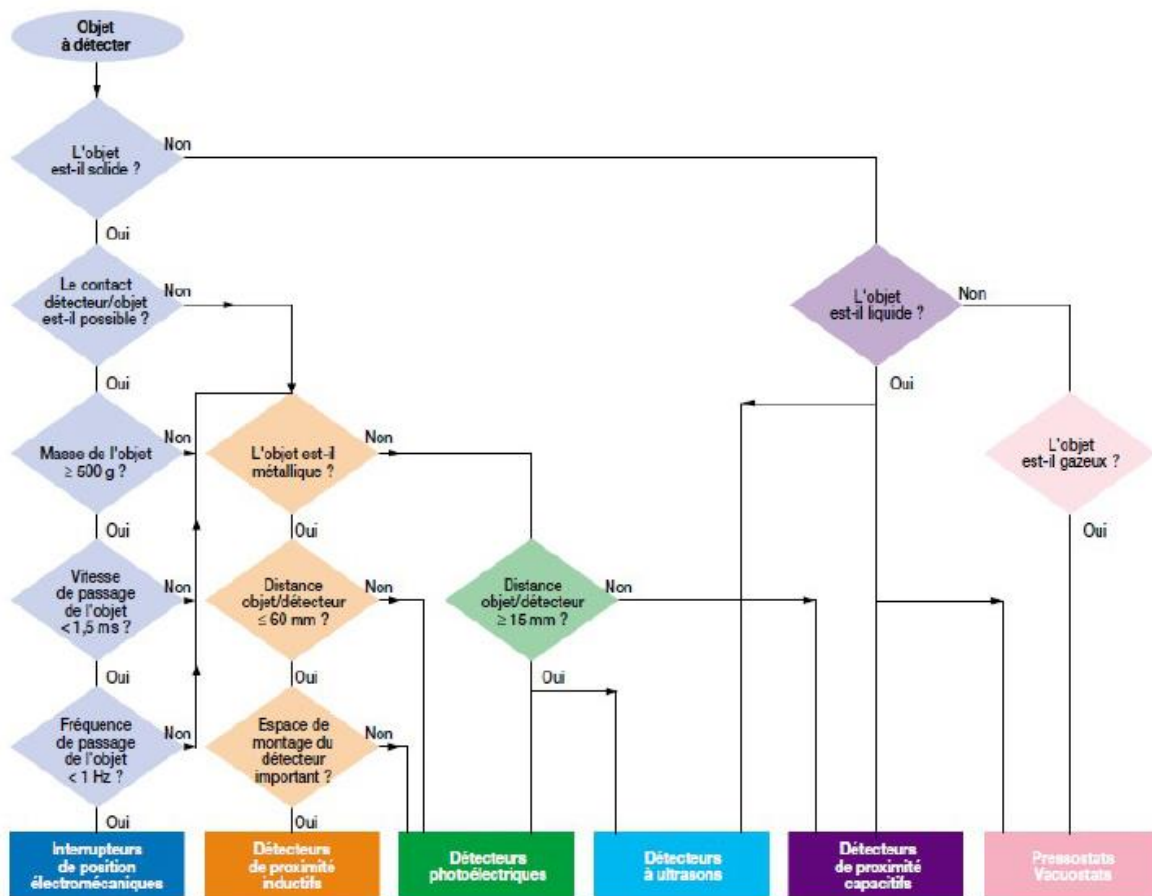
- Système reflex

Emetteur et récepteur sont regroupés dans un même boîtier. La portée est d'environ 10 m.

- en l'absence de l'objet. le faisceau est renvoyé par un réflecteur.
- en présence de l'objet, le faisceau n'est pas renvoyé : il y a alors détection.
- si des objets brillants perturbent la réflexion il faut alors utiliser un système reflex polarisé.



SYNTHESE détecteurs

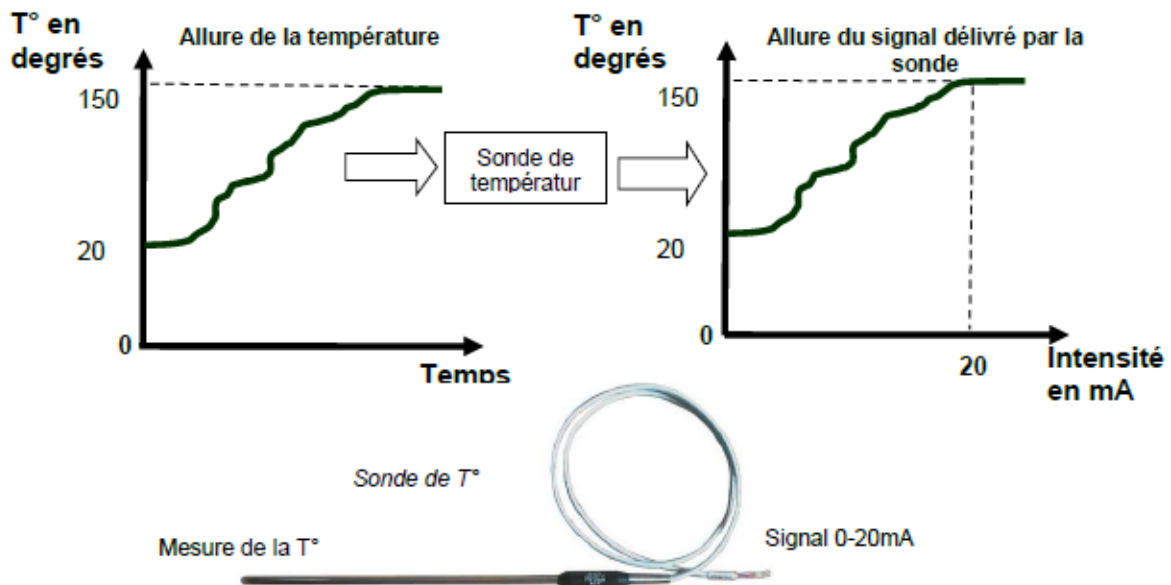


6.2. Capteur ANALOGIQUE

Signal analogique : signal qui évolue dans le temps de façon continue.

Un capteur analogique délivre une information (électrique, visuelle,...) qui évolue de façon continue entre deux bornes.

Exemple de la sonde de température :



Domaines d'utilisation des capteurs ANALOGIQUES :

- Mesure de grandeurs physiques (T°, Pression, Niveau, Tension, Force, Luminosité, Couleur,...)



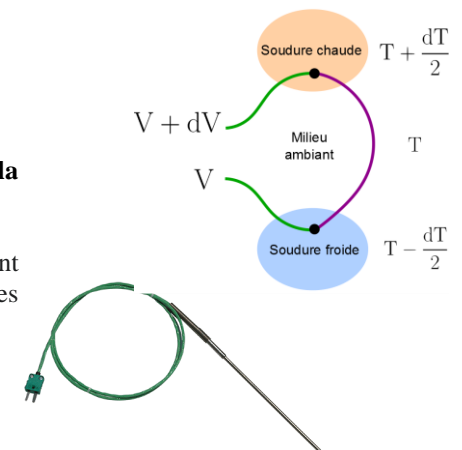
1) Capteurs de TEMPERATURE

- Les thermocouples

Les thermocouples sont l'un des capteurs les plus couramment utilisés pour la mesure de températures.

Lorsque deux métaux sont utilisés pour former une boucle ouverte (pas de courant circulant dans les fils), un potentiel électrique peut être généré entre les deux bornes non reliées de la boucle s'il existe un gradient de température dans la boucle. Le potentiel électrique généré peut être calculé à partir de l'équation suivante :

$$dV = S_{ab}(T).dT \text{ avec } S_{ab} \text{ coefficient de Seebeck}$$



Chaîne d'information - capteurs

• Capteurs à résistances



Les capteurs de température à résistance fonctionnent sur le principe de la détection des **variations de résistance électrique des métaux purs** : leur résistance varie de façon linéaire avec la température. Les éléments types utilisés pour réaliser ces capteurs incluent le nickel (Ni) et le cuivre (Cu) mais le **platine (Pt)** est de loin le plus courant, en raison de l'étendue de sa gamme de températures, de sa précision et de sa stabilité (sonde Pt 100 \Leftrightarrow 100 Ω à 0°)

• Thermomètre infrarouge

Un thermomètre infrarouge est un instrument de mesure de la température de surface d'un objet à partir de l'émission de lumière de type corps noir qu'il produit. Un thermomètre est parfois appelé à tort thermomètre laser s'il est aidé d'un laser pour viser, ou encore thermomètre sans-contact pour illustrer sa capacité à mesurer la température à distance. On utilise également le terme de pyromètre de manière à exprimer la différence avec un thermomètre à contact classique puisqu'il mesure le rayonnement thermique émis et non la température elle-même. En connaissant la quantité d'énergie émise par un objet, et son émissivité, sa température peut être déterminée.

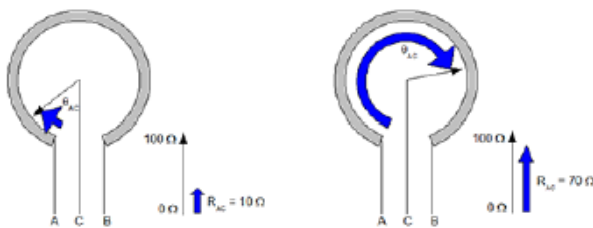
La mesure IR est une mesure de surface : le point laser de cet appareil compact indique le point central de la zone circulaire de mesure.

Schématiquement, le procédé consiste à **mesurer l'énergie lumineuse (située dans l'infrarouge) sur un détecteur permettant de la convertir en un signal électrique.**

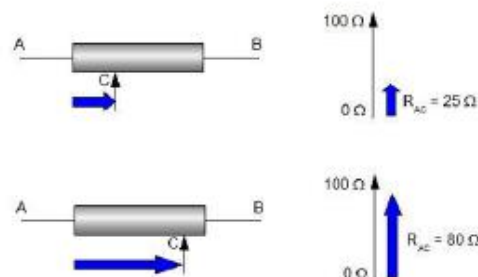


2) Capteur POTENTIOMETRIQUE ANGULAIRE ou LINEAIRE

Un potentiomètre est un type de résistance variable à trois bornes, dont une est reliée à un curseur se déplaçant sur une piste résistante terminée par les deux autres bornes. Ce système permet de recueillir, sur la borne reliée au curseur, une tension qui dépend de la position du curseur et de la tension à laquelle est soumise la résistance. **Ce capteur traduit donc l'angle ou la distance à mesurer en tension entre la borne C et la borne A.** À noter que le débattement angulaire ou la course sont limités par construction.



Capteur potentiométrique angulaire



Capteur potentiométrique linéaire

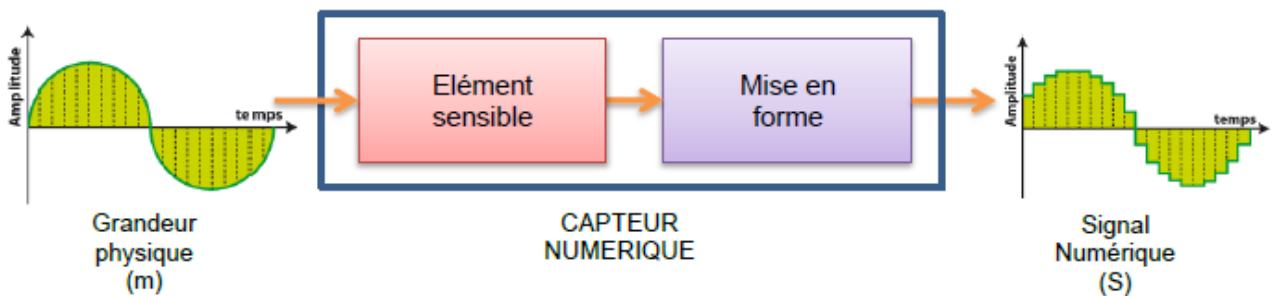
Chaîne d'information - capteurs

6.3. Capteur NUMERIQUE

Signal numérique : signal composé d'un **nombre fini de valeurs numériques**.

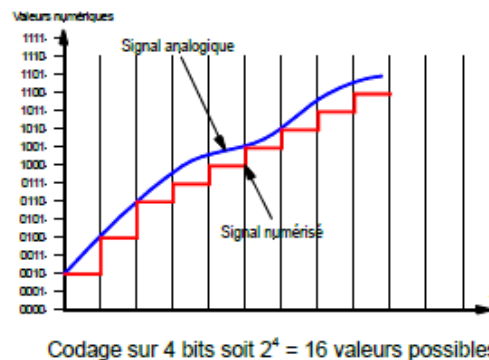
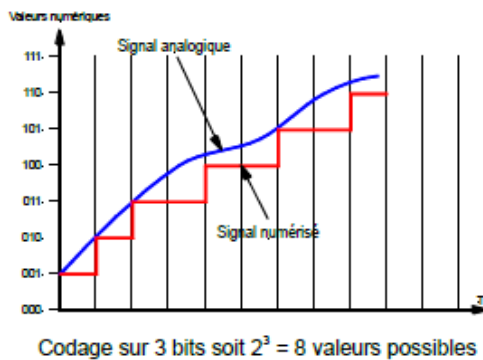
Les informations délivrées par le capteur numérique peuvent être sous la forme d'un **code binaire** (avec un nombre de bits définis), **d'un train d'impulsions** (avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise).

Un signal numérisé est un **signal analogique qui a été échantillonné**. Cela signifie que l'on a à intervalles réguliers la valeur du signal. Le nombre d'événements lus par secondes correspond à la fréquence d'échantillonnage. Cette fréquence doit être suffisamment grande si l'on veut préserver la forme originale du signal.



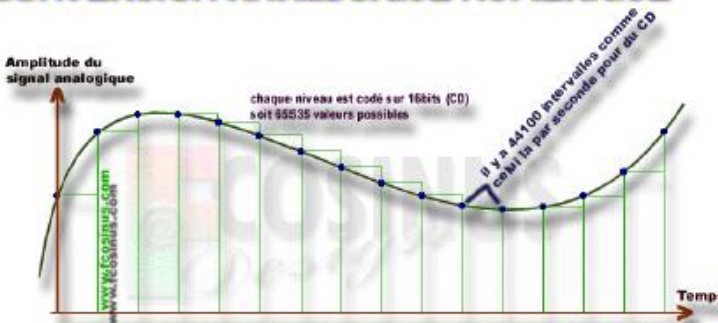
Le théorème de **Nyquist-Shannon** dit que la fréquence d'échantillonnage doit être égale ou supérieure à 2 fois la fréquence maximale contenue dans le signal.

La qualité du signal numérique dépend également directement du nombre de bits utilisés pour coder le signal source. Le nombre de valeurs différentes pouvant être discrétisées est égal à 2^n (n = nb de bits utilisés).



Exemple échantillonnage de la musique :

CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE



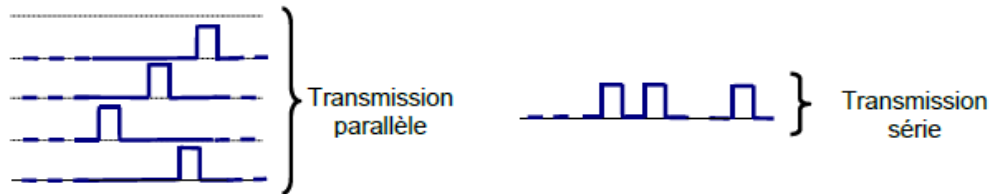
Notre oreille perçoit les sons jusqu'environ 20 000 Hz. La fréquence d'échantillonnage doit être au moins de l'ordre de 40 000 Hz. Dans le cas d'un CD audio cette fréquence est d'environ 44 000 Hz.

Le signal est codé sur 16 bits soit $2^{16} = 65535$ valeurs différentes pour chaque échantillon. Entre deux échantillons, le signal a été « gommé ». C'est la raison pour laquelle les mélomanes préfèrent écouter la musique à partir d'un disque vinyle plutôt qu'un CD.

Chaîne d'information - capteurs

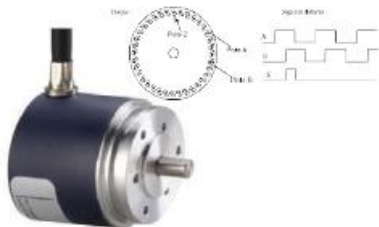
Transmission du signal :

Les capteurs numériques vont être capables de transmettre des valeurs déterminant des positions, des pressions, des températures, etc... Les informations qui sont des combinaisons de signaux 0-1, sont transmises à l'unité de traitement et peuvent être lues soit **en parallèle**, soit **en série**.



Domaines d'utilisation des capteurs NUMERIQUES :

- Détection en continu d'une grandeur (T°, Pression, Niveau, Tension, Force, Luminosité, Couleur,...)
- Traitement numérique de l'information.



Codeur incrémental



Codeur absolu



Manomètre numérique
(résolution=0.1 bar)

CODEURS OPTIQUES

Pour de nombreux systèmes, on a besoin de connaître le **déplacement, la position ou la vitesse d'une partie mobile**. On peut citer par exemples:

- articulations de robots pour la connaissance des angles de rotation et de leur vitesse,
- machines outils pour la connaissance de la position vitesse des outils
- imprimante et scanner pour la position de la tête d'impression/lecture et l'avance du papier



Les systèmes de détection "TOR", interrupteurs et détecteurs de positions, ne peuvent fournir des informations suffisamment précises tout au long du déplacement.

On utilise alors des **capteurs permettant de coder et numériser la position sur un certain nombre de bits**, c'est à dire avec une résolution, une "précision", prédéfinie.



Un codeur optique est lié mécaniquement à un arbre qui l'entraîne sur lequel est fixé un disque. Ce disque comporte une **succession de parties opaques et transparentes**. Il existe deux types de codeurs le **codeur optique incrémental** et le **codeur optique absolu**. Les capteurs optiques incrémentaux et absolus permettent de donner une information de position mais aussi une information de vitesse en faisant référence au nombre d'impulsions générés ou à l'écart entre deux positions par unités de temps. L'information délivrée par ces capteurs est de type **numérique**.

Chaîne d'information - capteurs

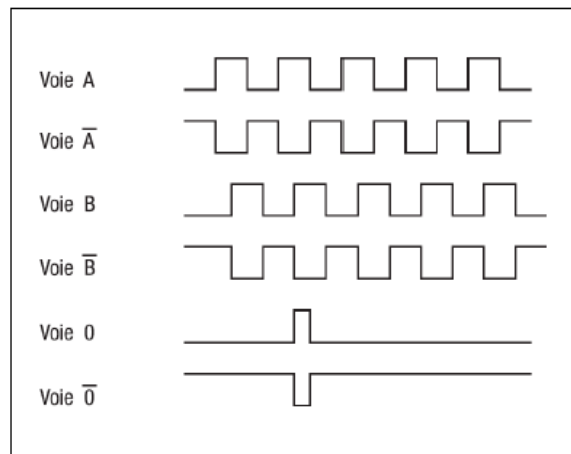
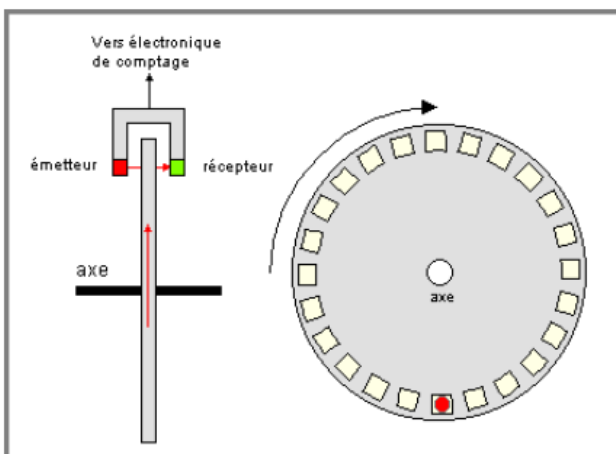
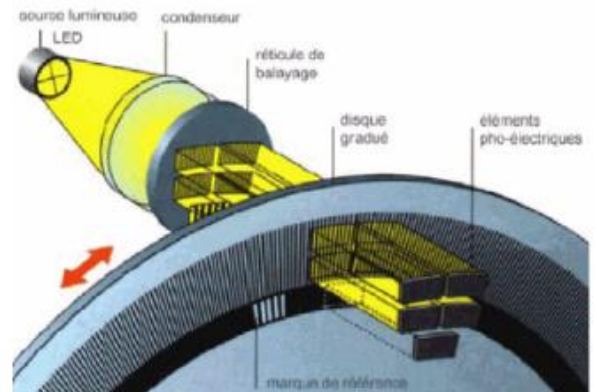
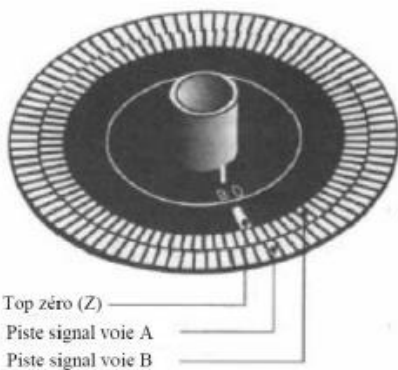
1) Codeur incrémental (codage relatif)

Les codeurs incrémentaux dont le principe, basé sur le **comptage ou le décomptage de bits**, ne permet pas de connaître la position dans l'absolu mais la **situe par rapport à une position de référence**.

Le disque du codeur incrémental comporte :

- 2 pistes extérieures A et B
- 1 piste intérieure Z

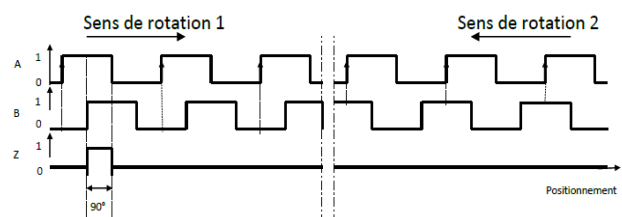
Les pistes extérieures sont décalées d'un quart de période (90 °) et transparentes.



En un tour complet, le faisceau est interrompu N fois et délivre donc N signaux consécutifs. Derrière les pistes, deux phototransistors délivrent deux signaux A et B déphasés de 90 °.

Ce décalage permet de déterminer le sens de rotation :

- dans le sens de rotation 1, B = 0 au front montant de A.
- dans le sens de rotation 2, B = 1 au front montant de A.



La **piste intérieure comporte une seule fenêtre** transparente et délivre **un signal par tour**. Ce signal Z de durée électrique 90° et appelé « **top zéro** » est synchrone avec A et B. Il définit une position de référence et permet une réinitialisation à chaque tour.

Important : A la mise sous tension, la position est inconnue, il faut un point de référence connu (capteur TOR de fin de course par exemple) pour ensuite connaître le déplacement par comptage des impulsions.



Chaîne d'information - capteurs

2) Codeur absolu

Les codeurs absolus sont destinés à des contrôles de déplacement et de positionnement d'un mobile par **codage**.

Le disque des codeurs absolus comporte un nombre **n** de **pistes concentriques** divisées en segments égaux alternativement opaques et transparents. Chaque piste est représentative d'un bit.

Le codeur absolu multi-tours, outre la position numérique dans un tour, délivre le nombre de tours effectués.

A chaque piste est associé un couple émetteur / récepteur optique. Chaque piste a donc son propre système de lecture.



Disque 12 pistes d'un codeur optique absolu

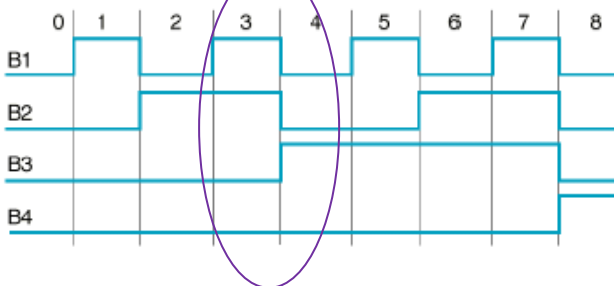
Pour chaque position angulaire de l'axe, le disque fournit un « **code binaire** » de longueur « n » correspondant à $\frac{1}{2^n}$ de tour. Un codeur absolu **délivre en permanence un code qui est l'image de la position réelle du mobile à contrôler.**

Codage binaire :

Voici un exemple de codeur absolu binaire sur 4 bits. Pour chaque position angulaire de l'axe, le disque fournit un code binaire de 4 bits correspondant à 1/16 ème de tour.

4 bits $\Leftrightarrow 2^4 = 16$ positions , soit une **résolution de $360/16 = 22.5^\circ$**

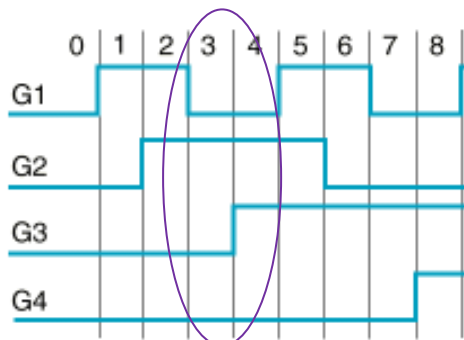
Ci-dessous un extrait des 8 premières positions angulaires.



On observe qu'avec un code binaire, qui a l'avantage d'être directement exploitable pour effectuer des calculs, il présente l'inconvénient d'avoir **plusieurs bits qui changent d'état entre deux positions. On risque de perdre la position !!!**

Codage Gray :

Le code Gray présente l'avantage de **ne changer qu'un seul bit entre deux nombres consécutifs.**



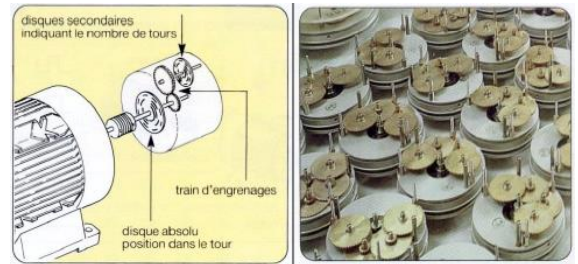
Important : A la mise sous tension, la position est connue, le code lu sur le codeur correspond directement à une position dans le domaine d'emploi ou la course possible.

Chaîne d'information - capteurs

Deux gammes différentes de codeurs absolus existent :

- le codeur absolu **mono-tour**,
- le codeur absolu **multi-tours**.

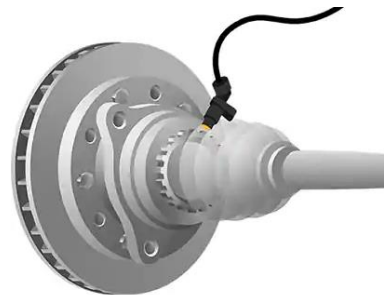
Le codeur absolu simple tour, décrit précédemment, donne une position absolue dans chaque tour. Le codeur absolu multi-tours permet, grâce à l'ajout d'un système d'axes secondaires d'indiquer le nombre de tours.



	AVANTAGES	INCONVENIENTS
CODEUR INCREMENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Conception simple, donc plus fiable et moins cher. • Au maximum 5 fils pour un codeur "de base" (+, -, A, B, Z). • Encombrement réduit. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible aux coupures de courant : la position à la coupure est perdue et il faut réinitialiser le système (avec Z). • Sensible aux parasites : un parasite peut être comptabilisé comme une impulsion. • A et B peuvent avoir des fréquences élevées ⇒ Le système de traitement doit être assez rapide, sinon il y a erreur.
CODEUR ABSOLU	<ul style="list-style-type: none"> • Insensible aux coupures de courant : l'information de position est disponible dès la (re)mise sous tension (d'où le nom d'"absolu"). • Le système de traitement n'a pas besoin d'être très rapide : si une information est sautée, la position réelle n'est pas perdue car elle sera valide à la lecture suivante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conception électrique et mécanique plus complexe ⇒ plus cher. • Nombre important de fils ⇒ peut monopoliser un nombre important d'entrées du système de traitement.

3) Capteur à EFFET HALL

L'image ci-contre est un exemple d'application de capteur à effet Hall courant. Dans cet exemple, un capteur à effet Hall est placé entre un aimant et les dents de l'engrenage de l'essieu d'une voiture. À chaque passage d'une dent, le champ magnétique fluctue et déclenche le capteur. Cet effet est utilisé pour calculer la vitesse.



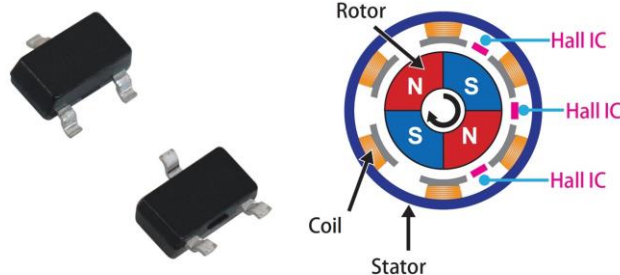
Il peut également être utilisé pour déterminer la **proximité ou la position en fonction de la force du champ magnétique**, et pour déterminer une **position angulaire**. Les capteurs à effet Hall constituent une solution économique et efficace pour de nombreuses applications.

Un capteur à effet Hall permet de mesurer une variation de champ magnétique. Une force proportionnelle au champ et au courant apparaît lorsqu'un élément conducteur est intégré dans un champ électromagnétique, c'est l'effet Hall.

Automotive Hall Effect IC S-57P1 Series

150°C / 26V Operation

Example: Brushless Motor





Chaîne d'information - capteurs

4) Capteur par ULTRA SONS



Les ultrasons sont produits électriquement à l'aide d'un transducteur électroacoustique (effet piézoélectrique) qui convertit l'énergie électrique qui lui est fourni en vibrations mécaniques grâce aux phénomènes de piézoélectricité ou de magnétostriction.

Le principe consiste à **mesurer le temps de propagation de l'onde acoustique entre le capteur et la cible.**

La vitesse de propagation est de 340 m/s dans l'air à 20 °C, soit pour 1 m le temps à mesurer est de l'ordre de 3 ms. Ce temps est mesuré par le compteur d'un microcontrôleur.

L'avantage des capteurs ultrasons est de pouvoir fonctionner à grande distance (jusqu'à 10 m), mais surtout d'être capable de **détecter tout objet réfléchissant le son indépendamment de la forme et de la couleur.** Le détecteur ultrason est « Plug and Play », pas de réglage, pas d'apprentissage, pas d'ajustement dans le temps.

Exemple : excité par le générateur haute tension le transducteur (émetteur-récepteur) génère une onde ultrasonique pulsée (de 100 à 500 kHz suivant le produit) qui se déplace dans l'air ambiant à la vitesse du son.

Dès que l'onde rencontre un objet, une onde réfléchi (écho) revient vers le transducteur. Un microprocesseur analyse le signal reçu et mesure l'intervalle de temps entre le signal émis et l'écho.

Par comparaison avec les temps prédéfinis ou appris, il détermine et contrôle l'état des sorties. En connaissant la vitesse de propagation du son, une distance peut être déduite selon la formule : $D = T.Vs / 2$

D : distance du détecteur à l'objet,

T : temps écoulé entre l'émission de l'onde et sa réception,

Vs : vitesse du son (300 m/s).

5) Capteur de vitesse (GENERATRICE TACHYMETRIQUE)

Les génératrices tachymétriques sont en fait de petites machines à courant continu, dont le circuit d'excitation est composé d'aimants permanents. La mesure utilise la relation de couplage $E = k.\Omega$



La tension aux bornes de la génératrice tachymétrique est proportionnelle à la vitesse de rotation du rotor.

6) ACCELEROMETRE

Le principe de tous les accéléromètres est basé sur le Principe Fondamental de la Dynamique appliqué à la masse sismique du capteur :

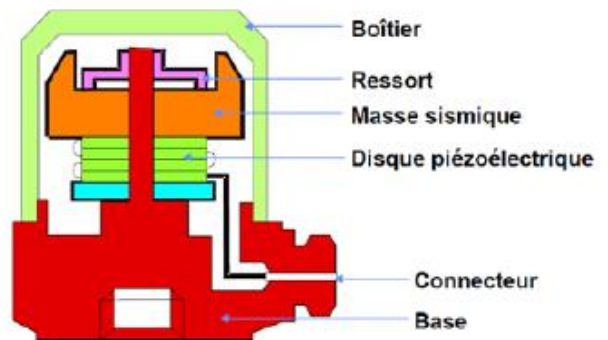
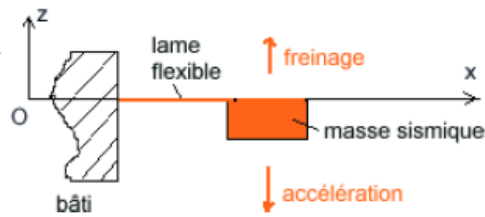
$$\vec{F} = m\vec{\Gamma}$$

Ce principe de base peut être décliné par un système masse/ressort ou un système pendulaire. Un accéléromètre est toujours composé d'une **masse sismique qui lorsqu'elle est soumise à une accélération va se déplacer.** Un élément sensible utilisant des technologies très différentes suivant les cas permet de mesurer ce déplacement et d'en déduire l'accélération galiléenne à laquelle est soumis le capteur.

Chaîne d'information - capteurs

Il existe un grand nombre d'accéléromètres non asservis différents :

- à détection piézoélectrique
- à **poutre vibrante**
- à jauge de contrainte
- à détection capacitive (à diélectrique gaz)
- à détection inductive
- à **détection piézorésistive**

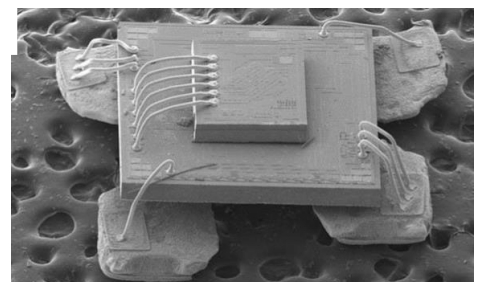
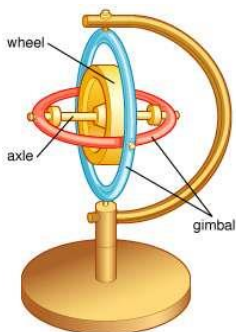


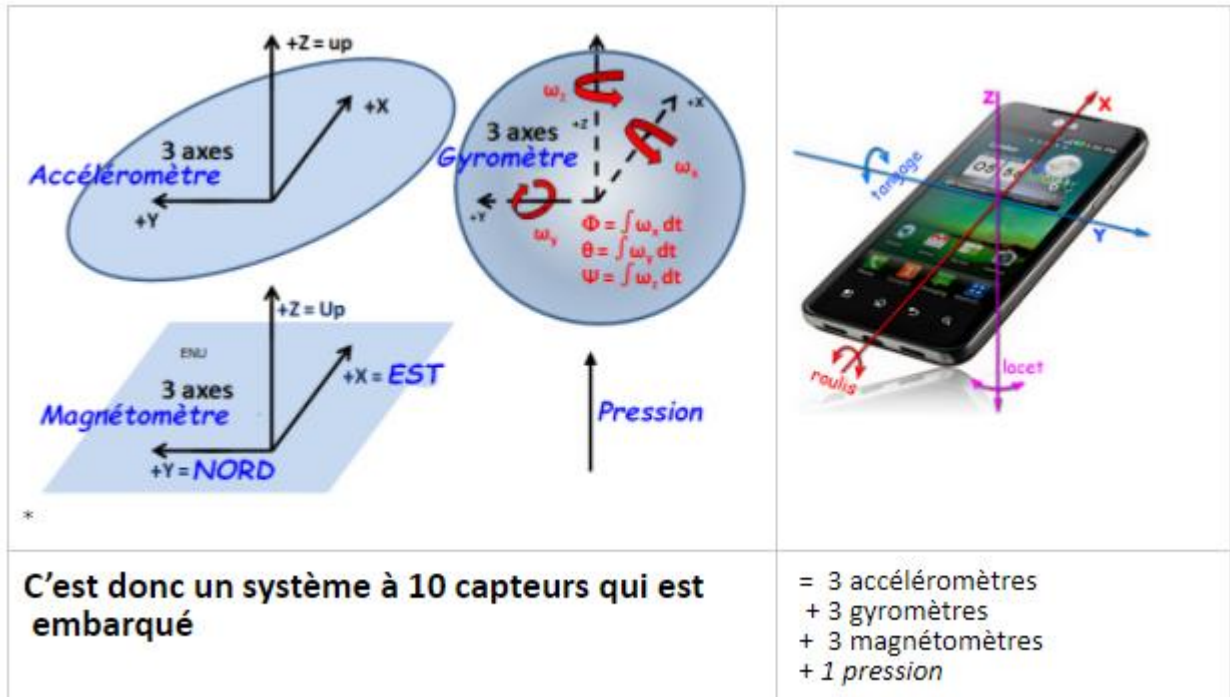
7) Capteur GYROMETRE

Le **gyromètre est un capteur de mouvement**. Il fournit une information de **vitesse angulaire par rapport à un référentiel inertiel** (c'est-à-dire fixe vis-à-vis des étoiles).

En français, on distingue le gyromètre et le **gyroscope qui est un capteur de position angulaire**. La distinction est parfois subtile car un même appareil peut fonctionner en gyroscope ou gyromètre.

Le gyromètre repose sur une observation **des forces de Coriolis**. Les gyromètres sont basés sur des **corps vibrant** selon un certain **mode de vibration** (ou direction) et dont la rotation va permettre d'exciter un autre mode (ou direction) en raison de l'apparition d'un **couplage lié à la force de Coriolis**. La mesure de l'amplitude de vibration de ce mode parasite permet de remonter à la vitesse angulaire.



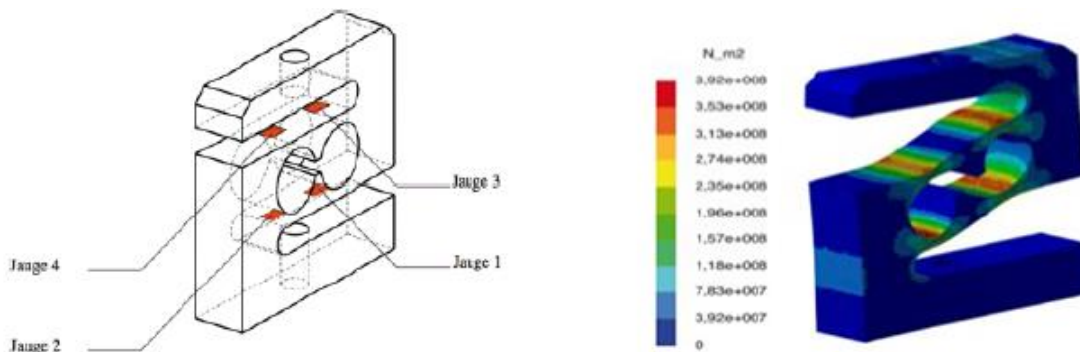


8) Capteur d'EFFORT

Historiquement, les **capteurs à jauges de contraintes** sont les plus simples à fabriquer, donc les plus répandus, mais la maîtrise de la cristallisation a permis la fabrication de **capteurs piézoélectriques** qui sont des solutions plus fiables et plus faciles à mettre en oeuvre pour l'utilisateur.

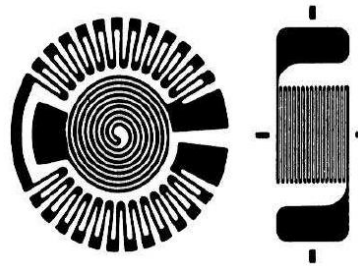
Capteurs à jauges de contraintes (déformations)

De son vrai nom : **capteur à jauges d'extensiométrie**. Collée sur un corps d'épreuve, la **jauge subit une déformation** qui fait **varier la valeur de sa résistance ($R=ρl/s$)**. La déformation du corps d'épreuve provoque un allongement relatif de la matière à la surface de celui-ci. Cette variation de longueur est en général de l'ordre de grandeur $ε ≈ 10^{-6}$. Par conséquent, le fait de mesurer une déformation nécessite la **mesure précise de très petites variations de la résistance**.



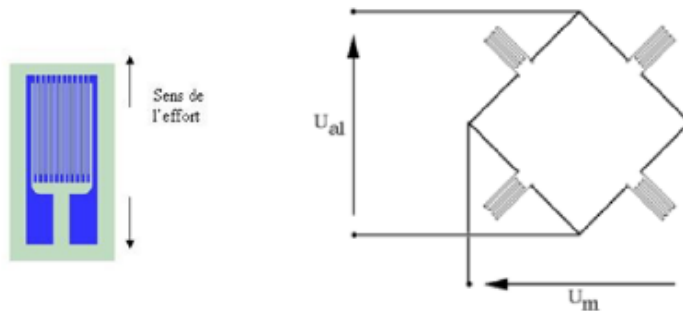


Jauges placées sur un manchon d'accouplement



Piste circulaire (mesure de COUPLE) ou linéaire (mesure d'EFFORT)

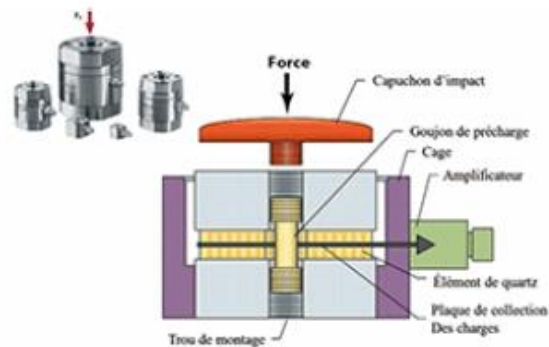
Les jauges de contrainte sont presque toujours utilisées dans une configuration en pont avec une source d'excitation de tension. Le **pont de Wheatstone** se compose de quatre branches résistives avec une tension d'excitation, U_{al} , appliquée sur le pont. Les jauges en diagonale sont sur la même face.



Capteurs piézoélectriques

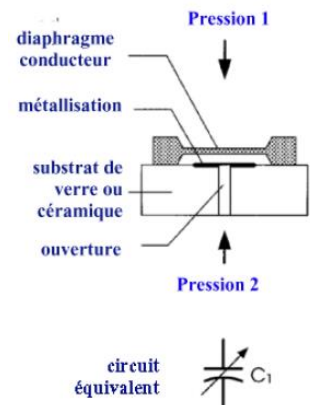
La piézoélectricité est la propriété que possèdent certains corps de se **polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique** et réciproquement de se déformer lorsqu'on leur applique un champ électrique.

De façon simple, on peut retenir que la charge électrique Q (Coulomb) qui apparaît sur les électrodes du capteur est proportionnelle à l'effort F , soit $Q = kF$ avec k de l'ordre de $10^{-10} \text{ C.N}^{-1}$.

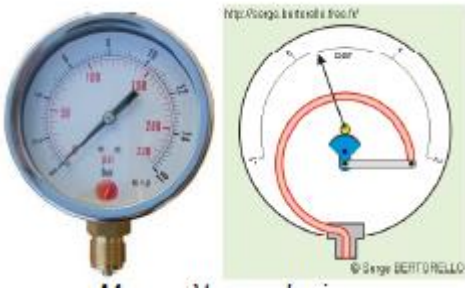


9) Capteur de PRESSION à membrane

La **déformation d'une membrane** sous l'effet d'une **pression** ou d'une force se traduit par une **variation de capacité**. En effet, il suffit de placer l'une des armatures d'un **condensateur** sur la membrane qui se déforme et l'autre sur une pièce solidaire du corps d'épreuve, mais non soumise à la déformation, comme le montre le schéma ci-dessous, pour réaliser un condensateur plan dont la capacité est en relation directe avec la pression appliquée.



10) Capteurs de PRESSION : manomètre à tube de bourdon = pressostat



Les tubes de Bourdon ou tubes manométriques sont formés de tubes cintrés de section ovale. La pression du fluide à mesurer entraîne une déformation du tube et un mouvement de l'extrémité libre du tube. Cette déformation est transmise du tube de Bourdon au mouvement par l'intermédiaire d'une **bielle pour indiquer par la rotation de l'aiguille la valeur de la pression**.