

LES CAPTEURS

1-1-Définitions

Capteur: Organe chargé de prélever une grandeur physique et de la transformer en grandeur exploitable.

La **grandeur physique** (ou **mesurande**) n'est généralement pas exploitable directement, elle constitue le signal d'entrée du capteur.

La grandeur exploitable est souvent de nature électrique. Elle constitue le signal de mesure (ou sortie ou réponse) du capteur. Elle est une image de la grandeur à mesurer et doit être indépendante des autres grandeurs perturbatrices.

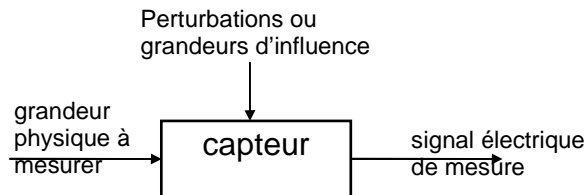


Fig1

1-2- Grandeurs d'influence

Les *grandeurs d'influence* sont des grandeurs étrangères qui, selon leur nature et leur importance, peuvent provoquer des perturbations sur le capteur. C'est donc une cause d'erreurs agissant sur le signal de sortie.

La plupart des grandeurs d'influence sont liées à l'environnement du capteur. Citons en particulier :

- la température (c'est la grandeur d'influence la plus répandue et la plus gênante),
- la pression environnante,
- les vibrations mécaniques ou acoustiques, les chocs, le temps,
- la position du capteur et sa fixation,
- l'humidité, la projection d'eau, l'immersion,
- les ambiances corrosives,
- les perturbations électromagnétiques,
- les rayonnements nucléaires,
- les accélérations et la pesanteur,
- l'alimentation électrique du capteur.

1-3- Mode de fonctionnement des capteurs

Les capteurs fonctionnent selon deux principes de base suivant l'origine du signal électrique de sortie. On distingue

- les capteurs **actifs** fonctionnant en générateur,
- les capteurs **passifs** fonctionnant en modulateur.

Dans les **capteurs actifs**, une partie de l'énergie physique prélevée sur le mesurande est transformée directement en une énergie électrique qui constitue le signal de sortie.

Ex: Tachymètre

Pour les **capteurs passifs**, c'est l'impédance du capteur qui est sensible aux variations du mesurande. Ces variations d'impédance ne sont mesurables que par l'intermédiaire d'un circuit électronique de pré conditionnement.

Ex: Capteur de couple du TP direction assistée.

1-4- Trois types de capteurs

Les capteurs à sortie électrique peuvent être classés selon trois grandes catégories.

- capteurs analogiques,
- capteurs numériques,
- capteurs logiques.

Capteurs analogiques

Le signal, élaboré par le capteur, est de nature analogique. Dans le cas où une électronique de conditionnement du signal est incluse dans le boîtier même du capteur analogique, on parle de capteurs transmetteurs.

Ex Voltmètre à aiguille

Capteurs logiques

Le signal ne comporte que deux états ou valeurs possibles. La transition correspond au franchissement d'un seuil de la part du mesurande. Ces capteurs de type tout ou rien portent le nom de **détecteurs**.

Ex: Capteur de fin de course de vérin

Capteurs numériques

Le signal élaboré par le capteur, est directement codé sous une forme numérique au sein même du capteur.

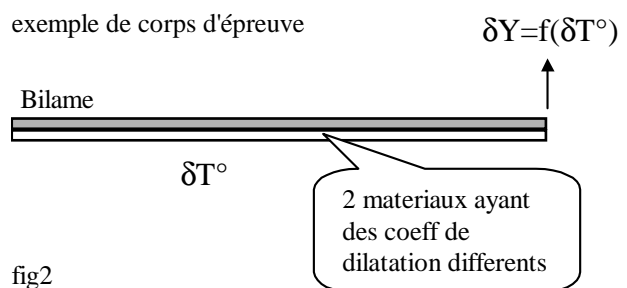
Ex: Roue codeuse

Type de capteur	Type de sortie de signal	Appellation
Analogique	analogique	Capteur
numérique	numérique absolu	codeur
	numérique incrémental	Codeur, compteur
Logique	tout ou rien	Detecteur

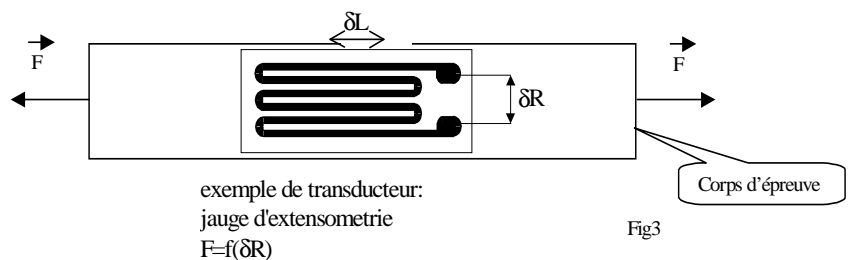
2- Capteurs analogiques

2-1 Principes de transduction des capteurs analogiques.

Le corps d'épreuve est l'élément mécanique qui réagit sélectivement aux variations de la grandeur à mesurer. Il a pour rôle de transformer cette grandeur en une autre grandeur physique dite mesurable.



L'élément de transduction est l'élément lié au corps d'épreuve qui traduit ses réactions en une grandeur électrique constituant le signal de sortie du capteur.



la plupart des corps d'épreuve utilisés transforment la grandeur physique en déplacement ou déformation. Cette image informationnelle est à son tour transformée en image électrique par l'élément de transduction.

2-2 Sensibilité

La sensibilité d'un capteur est définie d'une façon générale par le rapport de la variation du signal de sortie à la variation correspondante de la grandeur à mesurer (la sensibilité pour le cas suivant est $\frac{\Delta U}{\Delta \Omega}$)

on se limitera aux capteurs linéaires. La sensibilité correspond donc à la pente de la courbe de réponse du capteur.

La sensibilité est rapportée à l'unité de la grandeur à mesurer

2-4 Erreurs et incertitudes de mesure.

La valeur mesurée par un capteur diffère toujours de la valeur vraie du mesurande. L'écart entre valeur vraie et valeur mesurée résulte en particulier des imperfections du capteur ou de son montage ou de la méthodologie de mesure.

Ecart de mesure (erreur+incertitude) = **mesure vraie du mesurande - valeur mesurée**

- **erreur de mesure:** écart qui ne peut être calculé et qui peut être (ou non) corrigé
- **incertitude de mesure:** écart qui provient de la variation de paramètre non contrôlé et qui ne peut être qu'estimé.

Les **erreurs** de mesure ont des causes systématiques que l'opérateur peut calculer et décider de corriger ou non.

Les **incertitudes** de mesure ont des causes accidentelles que l'opérateur ne peut corriger ; il peut simplement estimer leur ordre de grandeur.

Les incertitudes de mesure entraînent une dispersion des résultats lors de mesures répétées. Leur traitement statistique permet de déterminer la valeur la plus probable de la valeur mesurée et de fixer les limites de l'incertitude.

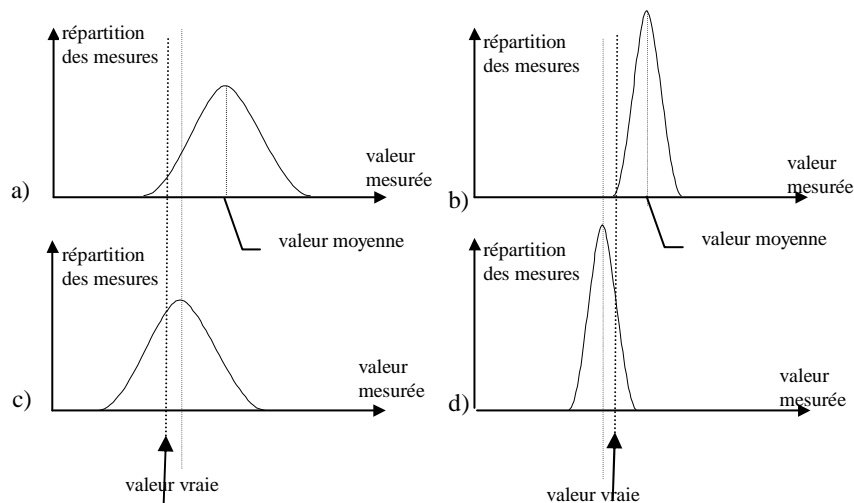
Les qualités essentielles d'un capteur s'expriment par la **fidélité** et la **justesse** : (fig. 5)

fidélité :

Qualité d'un capteur dont les incertitudes de mesure sont faibles. Elle se traduit par des valeurs mesurées groupées autour de leur valeur moyenne. L'écart-type des valeurs mesurées permet une appréciation quantitative de la fidélité

justesse :

Qualité d'un capteur dont les erreurs systématiques de mesure sont réduites. La valeur la plus probable de la valeur mesurée est alors très voisine de la valeur vraie.



a) capteur ni fidele, ni juste
 b) capteur fidele mais non juste
 c) capteur juste mais non fidele
 d) capteur fidele et juste, donc précis.

Fig 5

Précision d'un capteur. Erreur de précision

précision: aptitude d'un capteur à délivrer une valeur mesurée proche de la valeur vraie du mesurande. Un capteur précis est donc à la fois fidèle et juste.

Capteurs logiques

3-1 détecteur de position

On distingue :

- les détecteurs de présence à action mécanique
- les détecteurs de proximité.

3-1-1 Détecteurs de présence à action mécanique

Encore appelés interrupteurs de fin de course, interrupteurs de position, détecteurs de position ou, improprement, capteurs de fin de course, ce sont des commutateurs commandés par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Lorsqu'ils sont actionnés, ils ouvrent ou ferment un ou plusieurs circuits électriques ou pneumatiques. Ce sont des détecteurs Tout Ou Rien (TOR).
exemples:

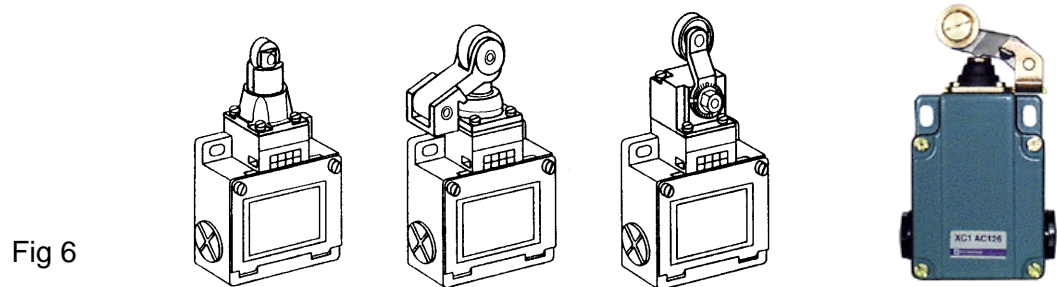


Fig 6

le capteur se représente par:

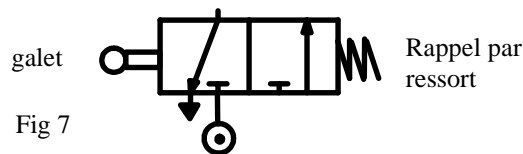


Fig 7

3-1-2 détecteurs de proximité

Un détecteur de proximité délivre une information logique de présence sans contact physique avec l'élément à détecter.

On distingue comme principales technologies:

- détecteurs électriques inductifs et capacitifs.
- détecteurs électriques optoelectroniques
- détecteurs magnétiques
- détecteurs pneumatiques

Domaines d'emploi. Les détecteurs de proximité sont plus adaptés que les contacts mécaniques en cas :

- d'ambiances agressives ou poussiéreuses (inductifs et capacitif,-);
- de force de manoeuvre insuffisante ou interdite (pièces fragiles, peintes de frais, etc.);
- de fréquence de fonctionnement élevée;
- de vibrations ou chocs;
- de nécessité d'une grande durée de vie.

portée: varie de quelques dixièmes de millimètres, pour les détecteurs inductifs, à plusieurs mètres pour les détecteurs optoelectroniques.

Fréquence de commutation. C'est le nombre maximum de commutations par seconde : de quelques hertz à plusieurs khertz selon le détecteur. Le nb maxi de commutation correspond à la durée de vie.

3-2 Détecteurs électriques

Détecteurs inductifs et capacitifs.

Leur constituant principal est un oscillateur générant un champ électromagnétique de haute fréquence à l'avant de sa face sensible (100 à 600 kHz). L'entrée d'une pièce dans le champ rayonné entraîne un déséquilibre de l'oscillateur, qui, après amplification, commande l'étage de sortie (thyristor ou transistor).

Les détecteurs inductifs ne réagissent qu'aux pièces métalliques. Les détecteurs capacitifs sont plus spécialement utilisés pour détecter des éléments non conducteurs (bois, carton, verre, etc.).



Fig 8 détecteurs inductifs:

Détecteurs photoélectriques.

Un détecteur de proximité photoélectrique est constitué d'un émetteur qui est généralement une diode électroluminescente et d'un récepteur de lumière (généralement un phototransistor), qui peuvent être intégrés ou non dans le même constituant

Procédés de détection. Les détecteurs photoélectriques peuvent détecter la présence de leur cible de deux manières

- par blocage du faisceau par la cible passant dans le trajet de la lumière (dispositif barrage)
- par réflexion directe du faisceau vers le récepteur par la cible lorsqu'elle passe (dispositif « reflex »).

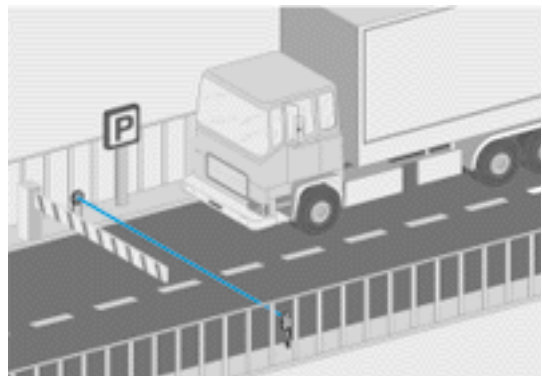


fig 9



fig10

Portée nominale S_n .

C'est la distance maximale conseillée entre l'émetteur et le récepteur, ou le réflecteur. Elle varie de:

- 2 à 30 mètres environ pour les dispositifs barrage
- 0,2 à 1,5 mètre pour les dispositifs à réflexion directe sur la cible.

Les détecteurs à fibres optiques ont des portées beaucoup plus réduites (de 3 à 250 mm environ).

Portée de travail recommandée S_a .

Elle doit être choisie inférieure à la portée nominale afin de se garantir une fiabilité de détection.

Fréquence maximale de commutation.

Elle est couramment de 15 à 500 Hz environ.

Détecteurs magnétiques sans contact.

L'application la plus courante concerne la détection des fins de courses des vérins (voir TP de distribution de pellicules photos). Ils sont alors fixés directement sur le corps d'un vérin spécial à piston magnétique, un détecteur magnétique sans contact est conçu pour détecter la fin de course, ou le passage, du piston.

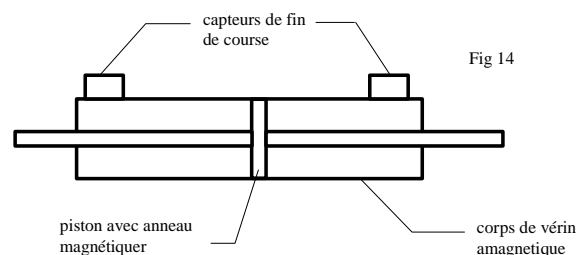


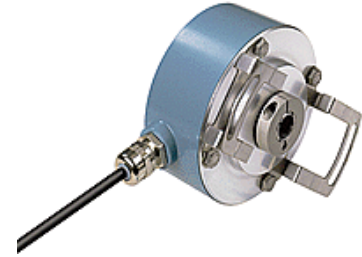
Fig 14

Détecteurs de proximité pneumatiques

Il existe deux moyens de détecter sans contact la présence d'un mobile en utilisant l'air comprimé comme support d'information.

Détecteurs fluidiques. Un jet d'air à basse pression s'écoule normalement à l'air libre à partir d'un orifice annulaire disposé sur la face active du détecteur. Lors qu'une cible se présente suffisamment près, le jet est détourné en partie vers le centre de la face active où débouche un conduit. On y recueille un signal pneumatique de 0,001 à 0,003 bar qui est augmenté par un amplificateur de pression.

Il existe également un détecteur fluide de type barrage.



Capteurs numériques

Les capteurs de déplacement digitaux ou codeurs sont des capteurs délivrant, sous forme numérique, un signal de mesure de déplacement linéaire ou angulaire.

Plusieurs technologies sont disponibles

- les capteurs optiques,
- les capteurs synchro-machines,
- les capteurs à contact.

Un capteur incrémental comporte une piste linéaire ou circulaire présentant de façon régulière des divisions noires et claires (ou transparentes) (0 ou 1) pour des systèmes optiques. La sortie numérique d'un tel codeur indique un changement de position relative sous la forme d'une série d'impulsions.

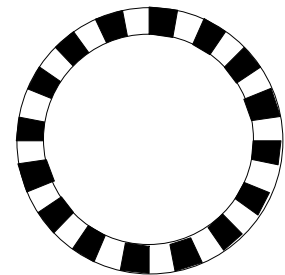


Fig 16

Ce capteur dispose généralement de deux pistes décalées (déphasées) d'un quart de période, afin de permettre la détection du sens de rotation. La disposition de deux signaux déphasés d'un quart de période permet de multiplier par quatre la résolution d'un tel codeur.

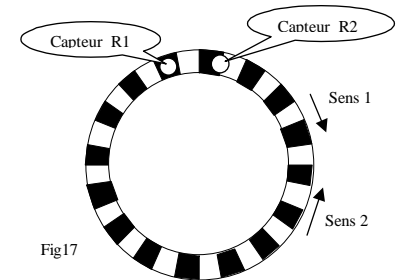


Fig17

Le capteur incrémental de la figure 17 dispose de 32 encoches par tour, avec les deux fourches photoélectriques 1 et 2 il peut discriminer 128 positions. En effet, dans le sens 1 par exemple, pour une période, la combinaison R1, R2 passe par 1 0, 1 1, 0 1, 00.

La résolution de ce capteur est de $360/128=2,81^\circ$

Un tel capteur permet de mesurer une position, une vitesse, une accélération par un traitement logique approprié (utilisation d'une pulsation base de temps).

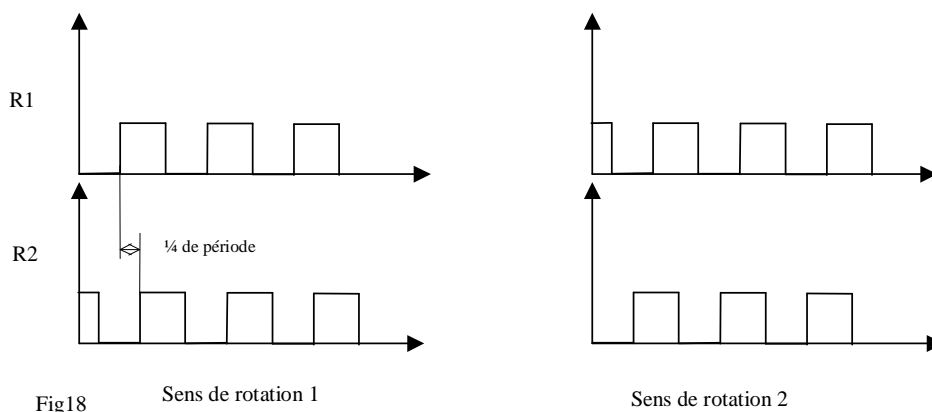


Fig18

La mesure du déplacement se ramène à un comptage des impulsions.

La résolution des codeurs incrémentaux est fonction du nombre de points (ou graduations). Pour les codeurs angulaires classiques, le nombre de points peut varier selon les modèles de 40 à 5 000 par tour..

Les codeurs linéaires sont beaucoup moins utilisés. Certains constructeurs proposent des règles de plusieurs mètres. La résolution atteint dans certains cas le micromètre (10^{-6} m) pour les appareils haut de gamme.