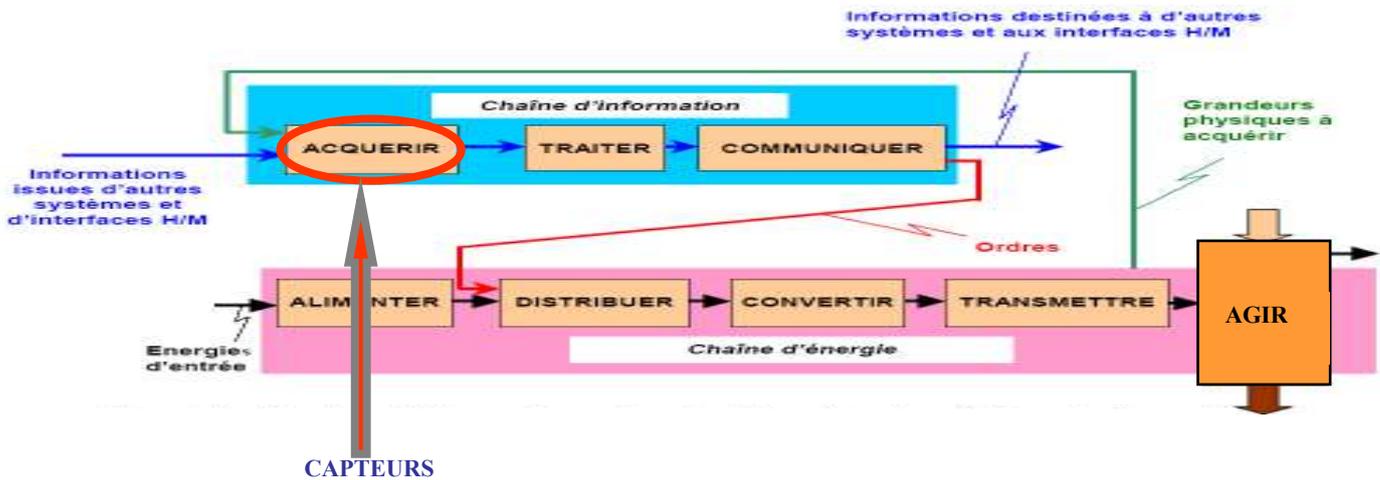


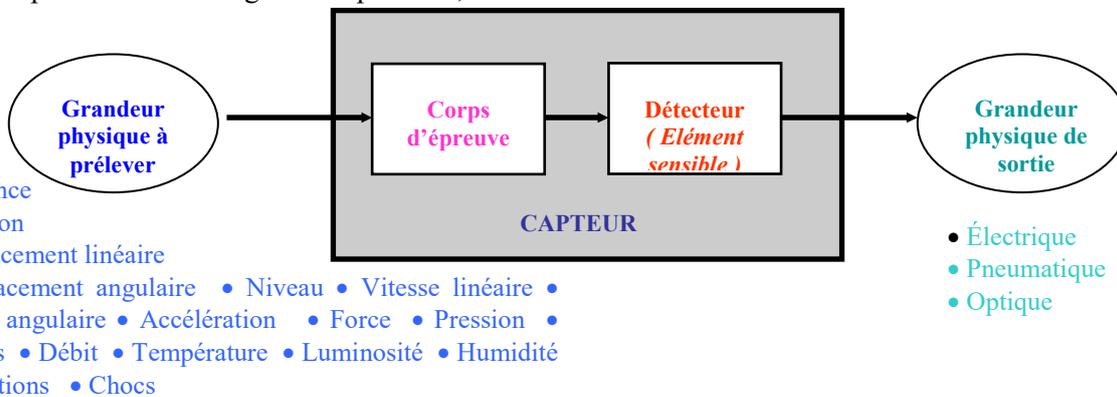
# LES CAPTEURS



## 1 GENERALITES :

### 1-1 Définition :

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



Un capteur est composé de 2 éléments :

- Corps d'épreuve
- Décteur (Elément sensible).

On distingue :

- *Les capteurs passifs* : Nécessitent une alimentation en énergie électrique
- *Les capteurs actifs* : Utilisent une partie de l'énergie fournie par la grandeur physique à mesurer
- Le corps d'épreuve est un élément mécanique qui réagit sélectivement à la grandeur à mesurer. Il a pour rôle de transformer la grandeur à mesurer en une autre grandeur physique dite mesurable. Cette grandeur constitue la réaction du corps d'épreuve
- L'élément de transduction (transducteur) est un élément lié au corps d'épreuve. Il traduit les réactions du corps d'épreuve en une grandeur électrique constituant le signal de sortie.
- Le boîtier est un élément mécanique de protection, de maintien et de fixation du décteur.
- Le module électronique porte souvent le nom de transmetteur. Il peut être ou non incorporé au décteur proprement dit

### 1 2 Type de capteurs électriques:

La grandeur électrique de sortie d'un capteur peut varier de 3 manières différentes :

- Binaire (*Information vraie ou fausse*) ⇒ Capteur tout ou rien (TOR)
- Progressive (*Variation continue*) ⇒ Capteur analogique
- Par échelons de tension (*Courant*) ⇒ Capteur numérique

### 1-3 Signal analogique

Un signal est dit analogique si l'amplitude de la grandeur physique le représentant peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné .

trois cas de figure se présente :

- Le signal continu
- Le signal formel

## ➤ Le signal fréquentiel

### Le signal continu

C'est un signal qui varie lentement dans le temps

Exemple : Mesure de température, mesure de débit, de niveau.

### Le signal formel

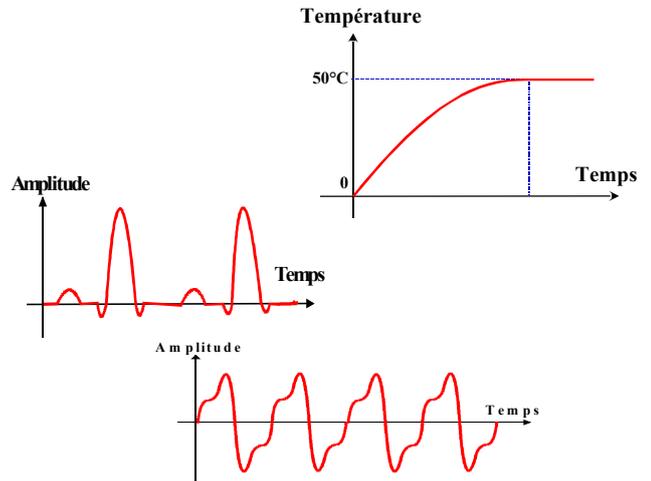
C'est la forme de ce signal qui est l'information importante .

Exemple : pression cardiaque, chromatographie

### Le signal fréquentiel

C'est le spectre fréquentiel qui transporte l'information désirée.

Exemple : analyse vocale, sonar, spectrographie.

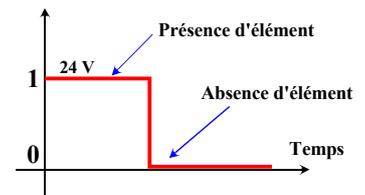


### Signal numérique

Un signal est numérique, si l'amplitude de la grandeur physique le représentant ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs. En général, ce nombre fini de valeurs est une puissance de 2, soit  $2^N$ .

De ce fait, trois cas de figure se présente :

- **signal Tout Ou Rien**
- **train d'impulsion**
- **L'échantillonnage**



#### Le signal Tout Ou Rien

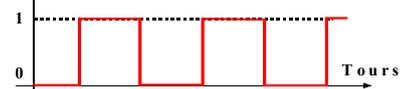
Il informe sur un l'état bivalent d'un système. Ce type de signal est aussi appelé signal logique.

#### Le train d'impulsion

Chaque impulsion est l'image d'un changement d'état.

Exemple :

un codeur incrémental donne un nombre fini et connu d'impulsion par tour



### 1-4 Chaîne de mesure

C'est l'ensemble des traitements du signal issu du capteur qui va permettre l'interprétation ou l'affichage correct du mesurande. *Chaîne de mesure simple* : On parle aussi de conditionnement du signal

### 1-5 Transmetteur

Le transmetteur est un dispositif qui convertit le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standardisé. Il fait le lien entre le capteur et le système de contrôle et de commande.

Ces principales fonctions sont :

- l'alimentation du capteur
- linéarisation du signal
- décalage du zéro
- mise à l'échelle (amplification)

### 1-6 Capteurs intégrés

Un tel capteur intègre sur le même substrat de silicium (donc dans un seul composant électronique) :

- le capteur
- le conditionnement du signal (le transmetteur) Ce principe réduit l'encombrement de la chaîne de mesure, facilite la mise en œuvre du capteur et favorise la normalisation des capteurs.

### 1-7 Capteur intelligent

Avec le développement de la technologie LSI (large scale integration) et VLSI (very large scale integration), les capteurs peuvent être intégrés aux circuits de traitement du signal sur la même puce, pour réaliser l'ensemble des fonctions. On les appelle « capteurs intelligents ».

- Il intègre :
  - le capteur
  - une conversion analogique numérique
  - la chaîne de mesure et de traitement numérique du signal pilotée par un microprocesseur
  - une mémoire
  - une interface de communication numérique standardisée avec un calculateur ou ordinateur via un bus partagé entre plusieurs capteurs intelligents.
- Ces capteurs intelligents peuvent ainsi, outre la prise du signal, assurer des fonctions multiples :

- amélioration du rapport signal/bruit par adaptation d'impédance et amplification ;
- prétraitement du signal, tel que compensation en température et en variation d'alimentation, remise à zéro automatique, filtrage de signaux parasites, corrections de non linéarité ;
  - traitement du signal, tel que codage et modulation des signaux de sortie, moyennage redondance pour acquérir le même signal avec plusieurs capteurs, alarmes intégrées pour signaler des défauts de fonctionnement des capteurs ;
  - logique et décision ;
  - réduction de consommation, par exemple en faisant travailler les capteurs en temps partagé

## 2. CARACTERISTIQUES METROLOGIQUES

### 2.1 Les erreurs

Le capteur et toute la chaîne de traitement de la mesure introduisent des erreurs : bruit, décalage, référence, linéarité...

L'erreur globale de mesure ne peut être qu'estimée. Une conception rigoureuse de la chaîne de mesure permet de réduire les erreurs et donc l'incertitude sur le résultat.

On parle de : fidélité, justesse, précision, incertitude, linéarité.

### 2.2 Etalonnage

L'étalonnage permet d'ajuster et de déterminer, sous forme graphique ou algébrique, la relation entre le mesurande et la grandeur électrique de sortie. Très souvent l'étalonnage n'est valable que pour une seule situation d'utilisation du capteur.

### 2.3 Limites d'utilisation

Les contraintes mécaniques, thermiques ou électriques auxquelles un capteur est soumis entraînent, lorsque leurs niveaux dépassent des seuils définis, une modification des caractéristiques du capteur. Au-dessus d'un certain seuil, l'étalonnage n'est plus valable. Au-dessus d'un autre plus grand le capteur risque d'être détruit

### 2.4 Sensibilité

Plus un capteur est sensible plus la mesure pourra être précise. C'est une caractéristique importante pour l'exploitation et l'interprétation des mesures.

### 2.5 Rapidité - Temps de réponse

La rapidité est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande.

### 2.6 Finesse

La présence du capteur peut perturber le phénomène physique mesuré.

La finesse est une spécification qui permet d'estimer l'influence de la présence du capteur et de ses liaisons sur la valeur du mesurande. La finesse est d'autant plus grande que l'influence du capteur est faible.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Capteurs de position et de déplacement</b></p> <p>Potentiomètre résistif<br/>           Capteurs inductifs<br/>           Capteurs capacitifs<br/>           Capteurs de proximité</p> <p><b>Capteurs de déformation, de force, de pesage, de couple</b></p> <p>Jauges d'extensiométrie<br/>           Capteurs piézoélectriques</p> <p><b>Capteurs tachymétriques (de vitesse)</b></p> <p>Génératrice à courant continu<br/>           Capteur à reluctance variable<br/>           Tachymètre optique</p> <p><b>Capteurs de pression</b></p> | <p><b>Capteurs d'humidité</b></p> <p><b>Capteurs magnétiques</b></p> <p><b>Capteurs de température</b></p> <p>Varistances<br/>           Thermocouples<br/>           Capteurs au silicium<br/>           Thermistances CTN<br/>           Thermistances CTP</p> <p><b>Capteurs optiques</b></p> <p>Photorésistances (LDR)<br/>           Phototransistors<br/>           Photodiodes</p> |
|--|---|

## 3 CRITERES DE CHOIX D'UN CAPTEUR

### Critères techniques principaux:

- Grandeur physique à acquérir
- Température, pression, ondes sonores, signaux visuels...
- Fonction de transfert Grandeur électrique = f( Grandeur physique)
- Pour faciliter le traitement ultérieur, on essaie quand c'est possible d'obtenir une fonction de transfert linéaire:
  - Grandeur électrique = K\* Grandeur physique avec K constant
  - Plage d'acquisition
  - Gamme de mesure de la grandeur physique
  - Plage de restitution

- Variation possible de la tension ou du courant en sortie du capteur
- Sensibilité (ou résolution)
- Variation minimale de la grandeur d'entrée qui provoque une variation détectable de la grandeur de sortie
- Précision
- Erreur maximale sur la mesure (exprimée en pourcentage de la valeur mesurée)

**Autres critères:**

- Fidélité
- Obtention du même résultat pour 2 captations effectuées dans les mêmes conditions
- à des instants différents
- Consommation Encombrement Robustesse Prix.....

**LES CAPTEURS DE PROXIMITE**

**Détecteur inductif** Lorsqu'un écran métallique est placé dans ce champ, des courants induits constituent une charge additionnelle qui provoquent l'arrêt des oscillations

Après mise en forme, un signal de sortie, correspondant à un contact NO ou NF

**Détecteur capacitif**

Les détecteurs capacitifs sont des appareils capables de détecter des objets métalliques ou isolants à distance ( solide, liquide ou pulvérulent ). Une sortie statique informe de la détection  
Un détecteur capacitif se compose essentiellement d'un oscillateur dont les condensateurs constituent la face sensible. Celle-ci est formée par l'une des armatures du condensateur. L'autre armature étant constituée par l'objet à détecter. La modification de l'espace situé devant la face sensible entraîne une variation de la capacité du condensateur d'où suivant la technologie choisie par le constructeur, amortissement ou création d'oscillations

**Rappel :**

Deux conducteurs, séparés par un isolant, constituent un condensateur. Par conséquent, tout conducteur isolé possède une capacité par rapport aux autres conducteurs.

Valeur de la capacité :

$$C = \epsilon_0 * \epsilon_r * \frac{S}{e}$$

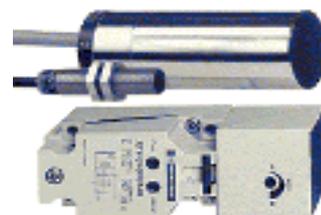
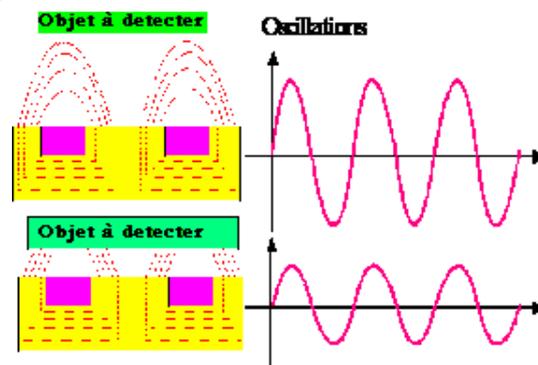
avec

$\epsilon_0$ : Permittivité du vide

S: Surface des armatures

$\epsilon_r$ : Permittivité du relative de l'isolant

e: Épaisseur du diélectrique



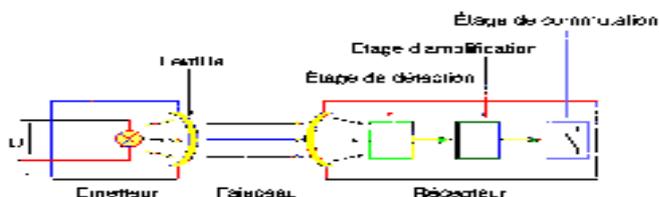
**LE DETECTEUR PHOTOELECTRIQUE**

**Utilisation**

Les détecteurs photoélectriques sont des appareils capables de détecter des objets à très grandes distances ( quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres ). Ils se présentent sous la forme d'un boîtier avec ou sans réflecteur, ou de deux boîtiers; l'un émetteur, l'autre récepteur

**Fonctionnement**

Les détecteurs photoélectriques se composent essentiellement d'un émetteur de lumière ( émettant dans l'infrarouge, le rouge ou le vert visible ) associé à un récepteur photosensible. La détection d'un objet est effective lorsque celui-ci interrompt ou établit le faisceau lumineux ( variation d'intensité

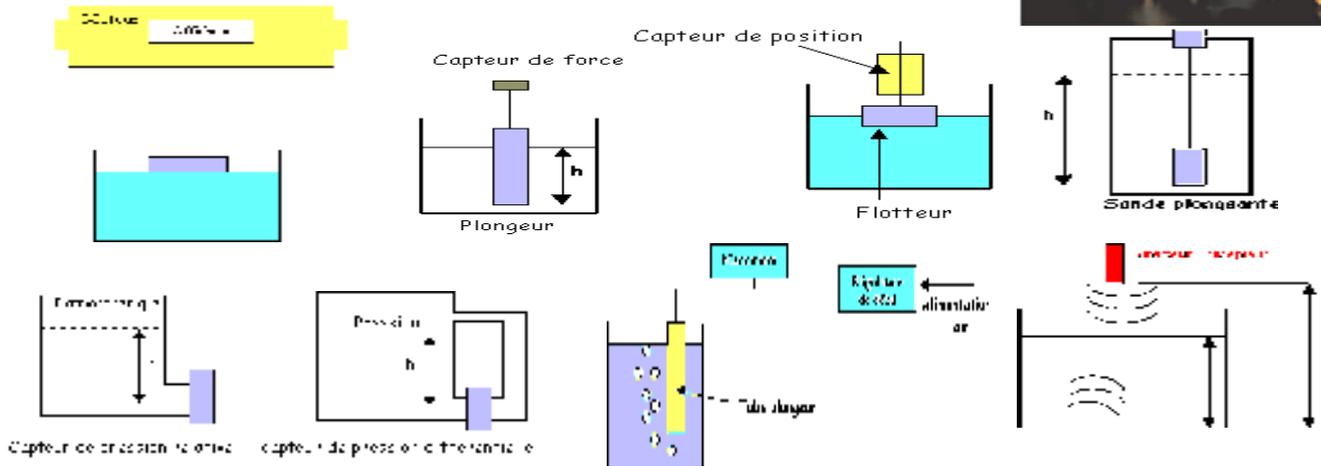


## LE CAPTEUR DE NIVEAU

### Utilisation

Il permet le maintien d'un niveau à des points spécifiques (niveau haut et niveau bas) et alarme pour un niveau anormalement bas. Il existe différentes méthodes de mesure ou de détection de niveau, on peut en énumérer essentiellement trois:

- 1 - Méthodes hydrostatiques de mesure de niveau
- 2 - Méthodes électriques de mesure de niveau.
- 3 - Méthodes fondées sur l'utilisation de rayonnements



### Quelques caractéristiques des capteurs de niveau de liquide

| Technologie              | Étendue de mesure | Précision | Gamme de Température | Pression max (bar) |
|--------------------------|-------------------|-----------|----------------------|--------------------|
| Flotteur                 | 10 mm à 30 m      | 0,5 à 5 % | -180 à 450 °C        | 100                |
| Plongeur                 | 30 cm à 6 m       | 0,5 %     | -150 à 450 °C        | 40                 |
| Palpeur électromécanique | 50 max            | 1 mm      | -160 à 180 °C        | 25                 |
| Capteur de pression      | 0 à 25 bar        | 0,5 à 1 % | -20 à 120 °C         | 40                 |
| Sonde capacitve          | 0 à 10 m          | 1 %       | -20 à 85 °C          | 40                 |
| Radar                    | 0 à 30 m          | 10 mm     | -                    | -                  |
| Ultrasons                | 0 à 50 m          | 1 %       | -190 à 250 °C        | 40                 |

## LE CAPTEUR DE PRESSION

### Utilisation

Les pressostats et les vacuostats ont pour fonction de contrôler ou de réguler une pression ou une dépression dans un circuit hydraulique ou pneumatique.

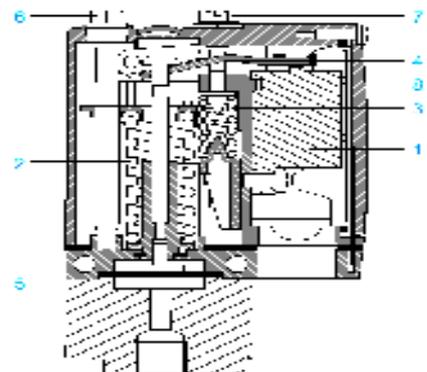
Ils transforment le franchissement d'une valeur de consigne de pression, en un signal électrique TOR ou Analogique.

Les pressostats et vacuostats sont constitués de deux parties distinctes :

- Une partie hydraulique comprenant:
  - un ou plusieurs orifices pour le raccordement au réseau de fluide à contrôler
  - des systèmes de ressorts pour les différents réglages
  - un capteur (membrane ou piston) qui reçoit la pression et transmet l'information à la partie électrique
- Une partie électrique comprenant des contacts ou une sortie statique.

### Constitution et fonctionnement

- 1 - Contact électrique
- 2 - Ressort de réglage du point haut
- 3 - Ressort de réglage de l'écart
- 4 - Levier d'actionnement du contact



- 5 - Capteur (membrane ou piston) qui reçoit la pression et transmet l'effort
- 6 - Vis de réglage du point haut
- 7 - Vis de réglage de l'écart
- 8 - Poussoir

Lorsque l'effort de pression agit sur le contact 5 et qu'il devient supérieur à l'effort du ressort 2, la membrane ou le piston, en se déplaçant, fait pivoter le levier 4, ce dernier venant faire basculer le contact 1.

## LES CAPTEURS NUMERIQUES

Le contrôle du déplacement et de la position d'un mobile est un problème couramment rencontré sur un grand nombre de systèmes automatisés

Le codeur rotatif est un capteur de position angulaire. Lié mécaniquement à un arbre qui l'entraîne, son axe fait tourner un disque qui lui est solidaire. Ce disque comporte une succession de parties opaques et transparentes. Une lumière émise par des diodes électroluminescentes (DEL), traverse les fentes de ce disque et crée sur les photodiodes réceptrices un signal analogique. Une interface électronique ( incluse dans le codeur ) amplifie ce signal puis le convertit en signal carré qui est alors transmis à un système de traitement ( généralement un A. P. I.).

Il existe deux types de codeur de position rotatifs :

Le codeur incrémental ou générateur de signaux

Le codeur absolu

### 1 – Le Codeur incrémental

Les codeurs incrémentaux sont destinés à des applications de positionnement et de contrôle de déplacement d'un mobile par comptage et décomptage des impulsions qu'ils délivrent.

Le disque d'un codeur incrémental comporte 2 types de pistes :

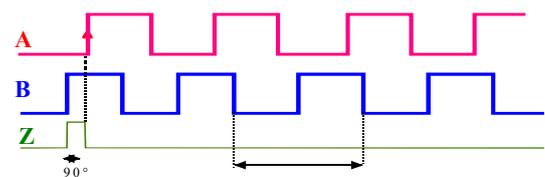
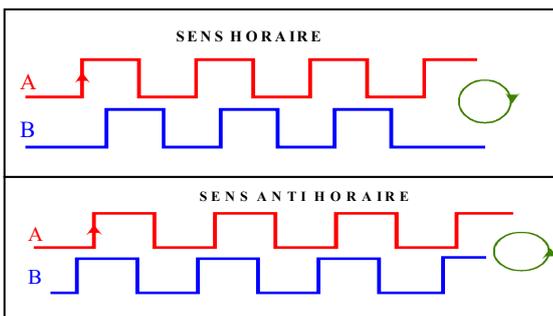
Les piste extérieures : ( voie A et B ) sont divisées en « n » intervalles d'angles égaux alternativement opaques et transparents

« n » s'appelle la résolution ou nombre de périodes. C'est le nombre d'impulsions qui sera délivré par le codeur pour un tour complet du tambour supportant le disque codé

Derrière les deux pistes extérieures sont installées deux diodes photosensibles décalées délivrant des signaux carrés ( A et B ) en quadrature.

Le déphasage ( 90 ° électrique ) des signaux A et B permet de déterminer le sens de rotation :

- dans un sens pendant le front montant du signal A, le signal B est à 0
- dans l'autre sens, pendant le front montant du signal A, le signal B est à 1.



La piste intérieure : (voie Z) comporte une seule fenêtre transparente. Celle-ci ne délivre donc qu'un seul signal par tour. Ce signal Z appelé «top zéro» détermine une position de référence et permet la réinitialisation à chaque tour.

### 2 – Le Codeur absolu

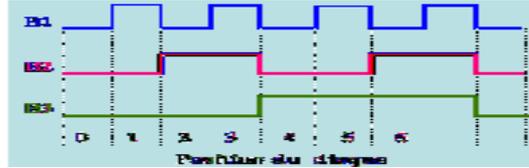
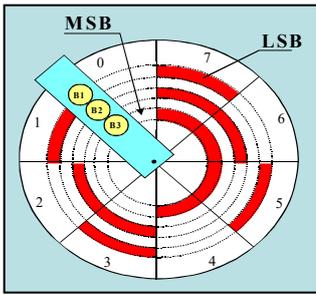
Les codeurs absolus sont destinés à des applications de positionnement et de contrôle de déplacement d'un mobile par décodage du code qu'ils délivrent.

La piste suivante, déphasée de 90° par rapport à la première, est divisée en quatre quarts alternativement opaque et transparente. La lecture de cette piste combinée avec la lecture de la piste précédente permet alors de déterminer dans quel quart de tour on se situe.

La lecture simultanée de toutes les pistes nous donne un code binaire ( naturel ou réfléchi ) représentatif de la position du disque du capteur dans le tour. Ainsi, Le câblage du codeur mobilisera donc N entrées du système de traitement ( voies parallèles ).



**Exemple : codeur 3 pistes**



| Position du disque | Code |   |   |
|--------------------|------|---|---|
|                    | B    | B | B |
| 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 |

**LES CAPTEURS ANALOGIQUES**

**CAPTEUR DE TEMPERATURE**

Les échelles de température employées :

|                                 | Kelvin (K) | Celsius (°C) | Rankin (°R) | Fahrenheit (°F) |
|---------------------------------|------------|--------------|-------------|-----------------|
| Zéro absolu                     | 0          | -273,15      | 0           | -459,67         |
| Équilibre eau glace à 101325 Pa | 273,15     | 0            | 491,67      | 32              |
| Ébullition de l'eau à 101325 Pa | 373,15     | 100          | 671,67      | 212             |

$T (\text{Celsius}) = T (\text{kelvin}) - 273,15$

**1 – Thermométries par résistance**

Le fonctionnement des thermomètres à résistance et des thermistances est basé sur un même phénomène physique, à savoir la variation de la résistance électrique d'un conducteur avec la température. Mais comme ces variations sont différentes suivant qu'il s'agit d'un métal ou d'un agglomérat d'oxydes métalliques, deux cas ont été distingués sous les appellations de thermomètre à résistance d'une part et de thermistance d'autre part.

**1.1 – Thermomètre à résistance**

La résistance électrique d'un conducteur métallique croît avec la température. Lorsque la température

varie on a  $R = R_0 (1 + a \times T + b \times T^2 + c \times T^3)$    
 T la température en °C   
 R<sub>0</sub> la résistance à 0 °C

a, b et c des coefficients positifs, spécifiques au métal.

- C'est le platine qui est le plus utilisé.

Exemple :

La sonde Pt100 est une sonde platine qui a une résistance de 100Ω pour une température de 0 °C.

$R_s = R_0 + K * t$  (138,5Ω pour 100 °C) R<sub>0</sub>= 100Ω pour t=0°C K=0.4



**1.2 – Thermomètres à thermistance**

La résistance électrique d'une thermistance est très sensible à l'action de la température. Il existe deux types de thermistance, les CTN ( Coefficient de Température Négatif,) et les CTP ( Coefficient de Température Positif ).

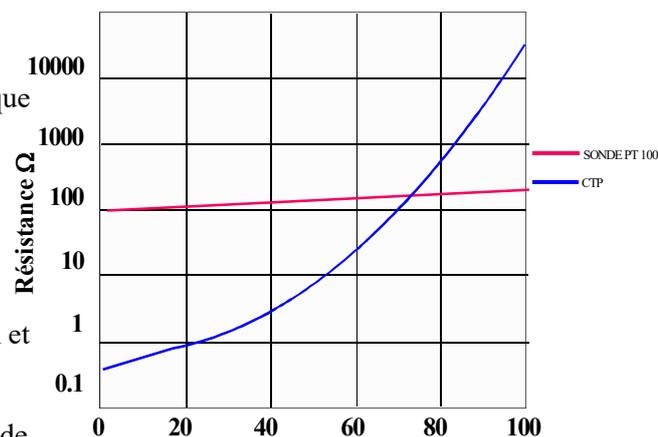
La loi de variation est de la forme :

$R = a \times e^{\frac{b}{T}}$

a et b sont deux paramètres de la thermistance.

**1.3 - Comparatif**

- La comparaison des variations de résistivité d'un fil de platine et d'une thermistance est faite sur la figure ci-dessous. On constate que non seulement les variations sont de sens opposé, mais aussi que la variation de la résistivité est beaucoup plus importante pour une thermistance que pour un fil métallique
- Un second avantage des thermistances est leur faible encombrement. Leur domaine d'utilisation va de -80 à +700 °C avec une précision de 1/10ème à un demi degré.
- Les thermistances ne présentent pas le phénomène de polarisation et peuvent être traversées indifféremment par un courant continu ou alternatif
- L'emploi des thermistances a donc des avantages de sensibilité et de faible encombrement, mais la loi de variation de la résistance en fonction de la température n'est pas linéaire

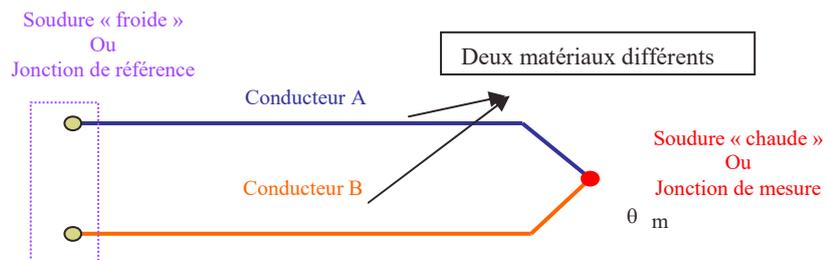


## 2 - Couple thermoélectrique

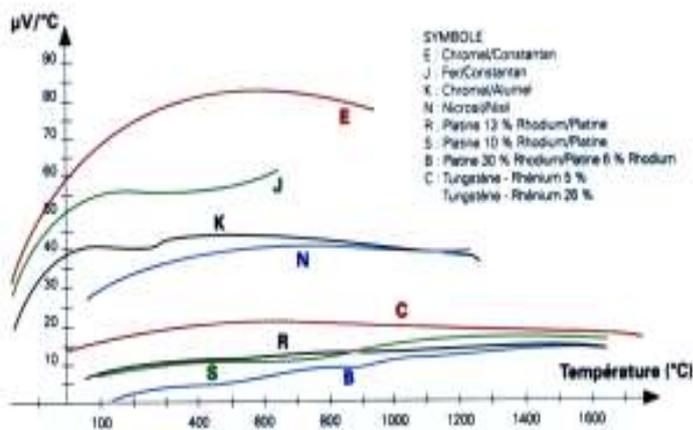
Le fonctionnement d'un couple s'appuie sur trois effets:

- l'effet PELTIER (1834) : à la jonction de deux conducteurs A et B différents, à la même température, s'établit une d.d.p qui ne dépend que de A, B et de T, c'est la f.e.m Peltier.
- l'effet THOMSON (1854) : entre deux points M et N, à températures différentes, à l'intérieur d'un conducteur homogène s'établit une f.e.m qui dépend du conducteur et des température de M et N, c'est la f.e.m Thomson.
- l'effet SEEBECK (1821) : Un circuit constitué de deux conducteurs A et B dont la jonction est à une température  $T_{\text{jonct}}$  constitue un couple thermoélectrique qui est le siège d'une f.e.m résultant des effets Peltier et Thomson.

Exemple : le thermocouple



Un thermocouple est constitué de deux conducteurs en métaux de caractéristiques thermoélectriques différents. Ces deux conducteurs placés dans un gradient de température, vont générer une Fem ( V ) en rapport avec la température ( effet Seebeck )



### 3 ) Thermométrie par diode et transistor.

Les composants utilisés, diodes ou transistors au silicium montés en diode (base et collecteur reliés), sont alimentés dans le sens direct à courant constant : la tension à leurs bornes qui est en fonction de la température peut donc être la grandeur électrique de sortie du capteur de température qu'il constitue :

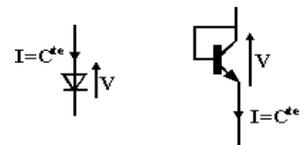
La sensibilité thermique S d'une diode ou d'un transistor monté en diode est voisine de  $-2,5\text{mV}/^\circ\text{C}$ . Cette sensibilité dépend du courant inverse, ce dernier peut varier de façon importante d'un composant à l'autre. Domaine d'utilisation  $-50^\circ\text{C}$  à  $150^\circ\text{C}$ .

#### Avantages :

- Bonne sensibilité thermique
- Excellente stabilité thermique dans leur domaine
- Linéarité.

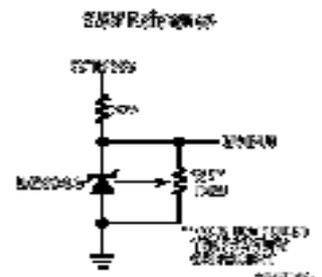
#### Inconvénients :

- Plage de température  $-50^\circ\text{C}$  à  $150^\circ\text{C}$
- 



#### 3.1 Capteur de température intégré :

On trouve des capteurs intégrés compensés. Ces derniers ont une alimentation et une sortie délivrant un signal proportionnel à la température. On trouve des capteurs qui intègrent une communication en courant avec l'alimentation. Ainsi une paire torsadé suffit à alimenter le capteur et à récupérer l'information en température.



Exemple de circuits : Le capteur température SMT160-30

Le SMT160-30 est un capteur de température intégré à trois bornes, doté d'un signal de

sortie caractérisé par son rapport cyclique (Duty Cycle). Deux des bornes sont utilisées pour l'alimentation en 5V et la troisième pour le signal de sortie.

Le SMT160-30 (en 5 boîtiers différents ) permet de mesurer la température avec précision absolue de 0.7 °C dans l'intervalle -30 °C à +100 °C et 1.2 °C de -45°C à +130 °C. Cela rend le capteur très utile dans toutes les applications où des conditions "humaines" ( contrôle de climat, alimentaires etc.) doivent être contrôlées.

Le résultat de la mesure est présent à la sortie sous forme de rapport cyclique et peut faire l'objet d'un échantillonnage par un microprocesseur. Par ailleurs l'information reste disponible sous forme analogique. Aucun convertisseur Analogique Numérique ou interface spéciale n'est nécessaire,

La sortie du capteur, de technologie CMOS, peut être déportée par un câble jusqu'à 20 mètres. Ceci rend le SMT160-30 très utile dans des applications de télédétection et de commande.

Le SMT160-30 est disponible en boîtier TO18, TO92, TO220, SOIC-8L et autres.

La sortie du capteur est compatible avec les microcontrôleurs et peut être reliée directement à la plupart des processeurs. En mesurant numériquement (par échantillonnage) T1 et T2 (voir l'image du signal de sortie ci-dessus), la température se calcule facilement à l'aide de la formule suivante:



$$t = \frac{(T1/T2) - 0.32}{0.0047} [^{\circ}\text{C}]$$



On peut par ailleurs obtenir la valeur de la température en mesurant le signal de sortie à l'aide d'un système analogique. La tension moyenne (ainsi que la valeur RMS) est directement proportionnelle au rapport cyclique (Duty Cycle) et à la tension d'alimentation. Par conséquent  $V_{out}/V_{dd}$  représente également la valeur de T1/T2. En définitive la température peut être mesurée d'une manière simple et précise, aussi bien de façon analogique que numérique.

### 3.2 PRODUITS DERIVES

Le [SMTAS08](#) Système Intelligent d'Acquisition de Température (SMTAS08) est un dispositif de mesure de température à 8 canaux.

Le [SMTAS04](#) Système Intelligent d'Acquisition de Température (SMTAS04) est un dispositif de mesure de température à 4 canaux.

Ces deux systèmes ont été développés afin d'obtenir des résultats de mesure optimums (résolution de 0,01°C!) avec le capteur de température SMT160-30

**Exercice 1.**

1. Étalonnage d'une thermistance: on a relevé les mesures de la résistance  $R_{th}$  d'une thermistance en fonction de la température  $\theta$ .

|                       |      |     |     |     |     |     |     |     |    |
|-----------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| $\theta$ (°C)         | 0    | 8   | 15  | 20  | 31  | 42  | 51  | 71  | 78 |
| $R_{th}$ ( $\Omega$ ) | 1280 | 960 | 715 | 605 | 392 | 246 | 171 | 105 | 85 |

- a) Quel appareil de mesure permet d'évaluer la valeur de  $R_{th}$  ?
- b) Tracer  $R_{th}$  en fonction de  $\theta$  sur papier millimétré.

2. Cette thermistance est intégrée dans une sonde qui est plongée dans un bain-marie. L'appareil de mesure indique une résistance de 580  $\Omega$ . Quelle est la température du bain marie ?

**Exercice 2.**

Une DEL est utilisée comme capteur de température. On mesure la tension à U ses bornes en fonction de la température  $\theta$ .

|               |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\theta$ (°C) | 2     | 5     | 10    | 15    | 22    | 28    | 35    | 40    | 50    | 60    | 70    |
| U (V)         | 1,795 | 1,784 | 1,770 | 1,764 | 1,745 | 1,730 | 1,716 | 1,705 | 1,680 | 1,655 | 1,632 |

- 1. tracer  $U = f(\theta)$ . Modéliser la courbe. Quelle relation mathématique lie U et  $\theta$ ?
- 2. A quelle catégorie de capteurs appartient la DEL ?
- 3. A quelle température la tension U vaut-elle 1,750 V ?

**Exercice 3.**

1. On désire étudier l'influence de la température sur la caractéristique d'une diode au silicium à l'aide d'une carte d'acquisitions de données. Dans ce but on réalise le montage correspondant au schéma suivant :

1.1. Flécher la tension  $u_D$  aux bornes de la diode D,  $u_R$  aux bornes du résistor R et  $u_S$  aux bornes du secondaire du transformateur en utilisant les conventions adéquates.

1.2. Avant de brancher le montage sur la carte d'acquisition de données on visualise la caractéristique sur l'écran d'un oscilloscope. Faire figurer sur le schéma ci-dessus les connexions à l'oscilloscope que l'on doit réaliser pour visualiser :

- o sur la voie 1 : la tension  $u_D$  aux bornes de la diode ;
- o sur la voie 2 : la tension  $u_R$  aux bornes de la résistance (ne pas oublier, le cas échéant, la mention " INV " si l'une des voies doit être inversée).

On considérera que les deux voies de l'oscilloscope utilisé peuvent être inversées.

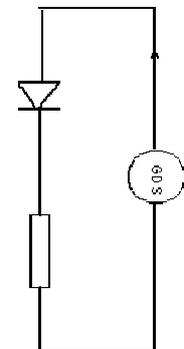
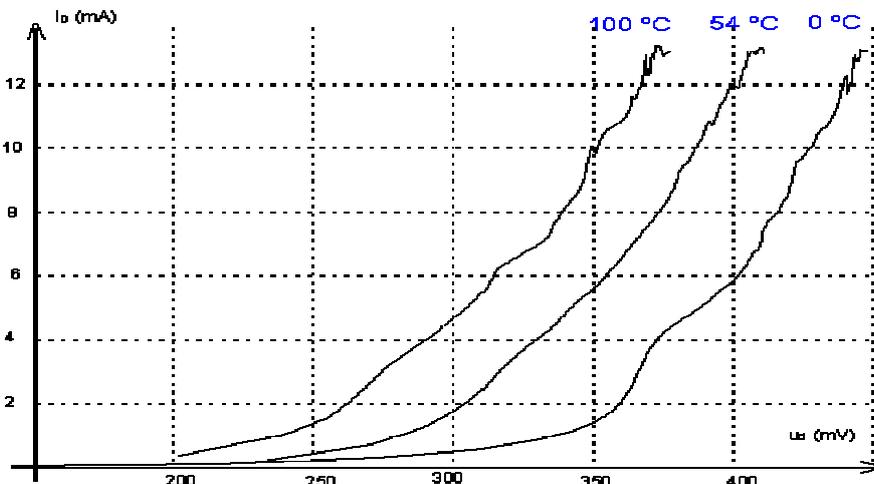
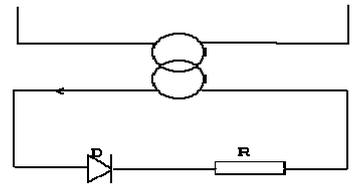
1.3. Quelle fonction de l'oscilloscope doit-on utiliser pour obtenir la caractéristique  $i_D(u_D)$  ?

1.4. La résistance R a, dans ce montage, deux rôles :

1.4.1. elle est utilisée en capteur. De quel capteur s'agit-il ? Préciser la grandeur d'entrée et la grandeur de sortie de ce capteur.

1.4.2. elle assure la protection de la diode.

Calculer quelle valeur minimale elle doit avoir si on veut limiter à 800 mA l'intensité maximale qui traverse la diode ; la tension efficace aux bornes du secondaire du transformateur est 6 V (on prendra 0,75 V pour seuil pratique de tension de la diode).



1.6. Le montage représenté par le schéma ci-dessus étant réalisé on le relie à la carte d'acquisitions de données et on procède à trois acquisitions pour trois températures de la diode (0°C, 54°C et 100°C). Ces trois acquisitions figurent ci-dessous :

Utiliser les trois oscillogrammes pour compléter la seconde colonne du tableau ci-dessous :

| température de la diode | tension $u_D$ aux bornes de la diode traversée par un courant de 2 mA | $u_D = U_0 - 0,002.\theta$ |
|-------------------------|---|----------------------------|
| 0 °C                    | .   | .                          |
| 54 °C                   | .   | .                          |
| 100 °C                  | .   | .                          |

1.7. La tension  $u_D$  aux bornes de la diode est donnée par  $u_D = U_0 - 0,002.\theta$ .

○  $U_0$  : tension aux bornes de la diode à 0°C et traversée par un courant de 2 mA .

○  $\theta$  : température de la diode.

Compléter la troisième colonne du tableau en appliquant cette relation (on prendra  $U_0 = 0,718$  V) et constater que les valeurs trouvées dans la troisième colonne sont sensiblement identiques à celles trouvées dans la seconde.

1.8. Tracer la courbe représentant  $u_D$  en fonction de  $\theta$  sur la feuille millimétrée à partir de la relation et des valeurs trouvées dans la troisième colonne du tableau ci-dessus.

## 2. Utilisation de la diode au silicium comme capteur de température :

2.1. Donner la définition d'un capteur.

2.2. Montrer, en complétant le tableau ci-dessous que l'utilisation de la diode au silicium seule (sans chaîne de conditionnement du signal qu'elle délivre) n'est pas commode ?

|  | vous semble-t-elle (il) satisfaisante ? Pourquoi ? | Comment devrait-elle (il) être où quelle devrait être sa valeur pour être facilement exploitable ? |
|--|--|--|
| sens de variation de $u_D$ par rapport à celui de $\theta$ | .  | .  |
| valeur de $u_D$ quand $\theta = 0$                         | .  | .  |
| variation de $u_D$ quand $\theta$ varie de 0 à 100 °C      | .  | .  |

## Exercice 4

Les thermomètres à résistance de platine sont des capteurs de mesure de température à haute stabilité pour une large plage d'utilisation.

On se propose d'étudier un capteur de température : la sonde Pt 100.

Pour déterminer expérimentalement la fonction thermomètre  $R_T = f(\theta)$ , on réalise le montage schématisé ci-contre.

Pour chaque valeur de la température, on note la valeur de la résistance et on trace la courbe d'étalonnage du capteur ; on obtient la courbe ci-dessous :

