

18- Les Capteurs



2 SM-B-; 1 STM (Doc : élève)

I- INTRODUCTION :

- Pour fonctionner, un système doit connaître l'état de la matière d'œuvre, de sa partie opérative et parfois de son environnement (ce sont les **comptes rendus**).
- L'utilisateur ou opérateur fournit au système des **informations d'exploitation** par l'intermédiaire de boutons poussoirs, clavier, etc... (ce sont les **consignes**).
- Ces informations sont exploitées par l'unité de traitement, puis transmises vers :
 - des **préactionneurs** (pour réaliser une action (ce sont des **ordres**) ;
 - l'**opérateur** (par l'intermédiaire de voyants, buzzer, ... (ce sont les **messages**).

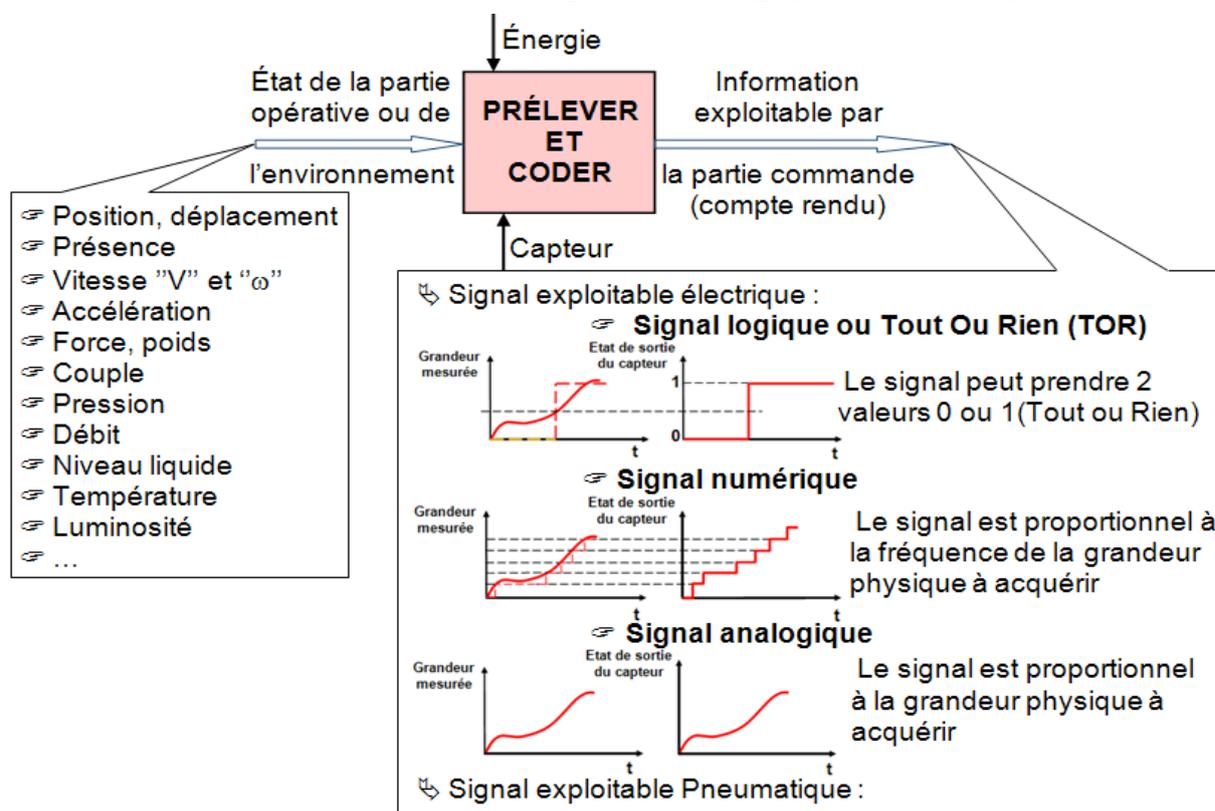
Il existe, dans tout système automatisé, un constituant qui capte ces états pour en informer ensuite la partie commande. Ce constituant, interface indispensable du dialogue **PO** ⇒ **PC** est un **capteur**.

2- DÉFINITION ET RÔLE DU CAPTEUR :

- Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne d'information.
- Relever ou prélever une grandeur physique à mesurer et la transformer en un signal exploitable.
- Un capteur est un dispositif essentiel de la chaîne d'information ; il doit saisir la grandeur physique et la rendre utilisable par l'organe de traitement (la partie commande : PC).
- Dans quelques cas, ce signal est pneumatique mais dans la grande majorité des cas, cette information se fait par l'intermédiaire d'un signal électrique.
- Les capteurs d'information **TOUT** ou **RIEN** (TOR) sont aussi appelés des détecteurs.
- Le capteur est constitué de deux parties distinctes :
 - le **corps d'épreuve** qui est directement soumis à la grandeur physique à acquérir ;
 - l'**élément sensible** (ou transducteur) qui convertit la grandeur physique saisie en un signal généralement électrique exploitable par l'organe de traitement.

3- SIGNAL DÉLIVRÉ PAR UN CAPTEUR :

- L'information de sortie délivrée par un capteur est le plus souvent supportée par un **signal électrique** (très faible niveau de tension) et parfois **pneumatique**.
- Comme pour la grandeur physique mesurée, l'image informationnelle (signal exploitable) délivrée par un capteur peut-être de nature **logique**, **analogique** ou **numérique**.



18- Les Capteurs



2 SM-B-; 1 STM (Doc : élève)

4- FAMILLES DE CAPTEURS :

Il existe un très grand nombre de capteurs différents, chacun adapté à un type d'application, de mesure ou d'actionneur. Selon la nature du signal transmis, on distingue trois catégories de capteurs, voir tableau

Type de signal	Appellation
Analogique	Capteur
Numérique absolu	Codeur
Numérique incrémental	Codeur, compteur
Logique	Détecteur, Capteur TOR

➤ **Capteurs analogiques**, le signal délivré est

la traduction exacte de la loi de variation de la grandeur physique mesurée ;

➤ **Capteurs logiques**, le signal ne présente que deux niveaux ou deux états, qui s'affichent par rapport au franchissement de deux valeurs (signal binaire) ; ces capteurs du type **Tout Ou Rien** sont également désignés par **détecteurs** ou **capteur TOR**.

Le capteur **TOR** est assimilable à un interrupteur (contact électrique) à :

Rupture de Circuit (RC) Normalement Fermé (NF)		Établissement de Circuit (EC) Normalement Ouvert (NO)	
---	--	--	--

➤ **Capteurs numériques**, le signal est codé au sein même du capteur par une électronique associée ; ces capteurs sont également désignés par codeurs et compteurs.

Remarque : ♦ La famille la plus fournie est celle des détecteurs de présence.

♦ On distingue les **détecteurs par contact** et les **détecteurs de proximité**.

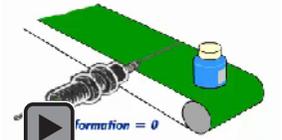
♦ Pour détecter la position d'un mobile ou mesurer son déplacement, on utilise principalement des **codeurs optiques**.

18- Les Capteurs

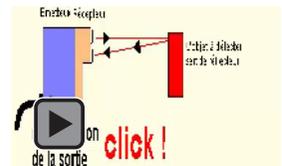
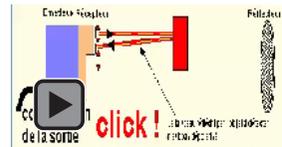
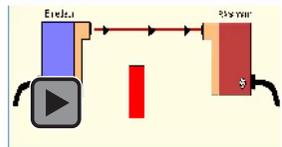
2 SM-B; 1 STM (Doc : élève)

6- PRINCIPAUX CAPTEURS OU DÉTECTEURS :

FP Acquérir l'information



Détection de passage d'un flacon



FT₁ Acquérir une information de position ou de présence

FT₁₁ Acquérir une information sur une position ou sur la présence d'un objet quelconque ou d'une personne

Information à caractère logique
Le signal supportant l'information ne peut prendre que deux états possibles.

Symbole générale d'un détecteur de proximité

S DÉTECTEUR (OU INTERRUPTEUR) DE POSITION À ACTION MÉCANIQUE *Avec contact*

Fonctionnement

Information = 0 Information = 1

Organe de commande

Poussoir à galet Poussoir à levier

Schématisation

A poussoir A galet A levier galet

Détecteur électromécanique Détecteur électropneumatique

Position ou présence → Acquérir l'information sur une position ou la présence d'un objet quelconque → Signal logique

S DÉTECTEUR PHOTOÉLECTRIQUE (OPTOÉLECTRIQUE) - DE PROXIMITÉ - *Sans contact*

Fonctionnement

Information = 0 Information = 1

Trajectoire cible

Emetteur Récepteur

Emetteur/Récepteur Réflecteur

Emetteur/Récepteur Faisceau est perdu

Objet réfléchissant

Système barrage **Système reflex** **Système de proximité**

Schématisation

+ Émetteur - + Récepteur -

+ Émetteur/Récepteur -

Diode (Led) électroluminescente (émetteur) Phototransistor (récepteur)

18- Les Capteurs



2 SM-B-; 1 STM (Doc : élève)

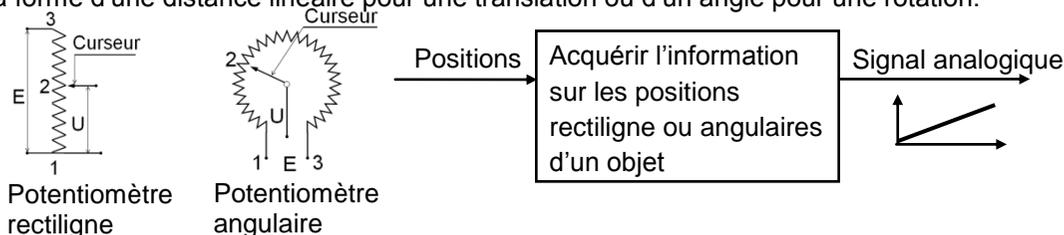
FT₁₅

Acquérir une information sur les positions rectiligne ou angulaires d'un objet

Information à caractère analogique
Le signal supportant l'information peut varier de façon continue.

S POTENTIOMÈTRE (RECTILIGNE OU ANGULAIRE) (capteur de déplacement) *Avec contact*

Fonctionnement : On utilise la variation de la résistance d'un potentiomètre ou le flux magnétique de la capacité d'un condensateur. Ces capteurs sont en général constitués de deux parties : une partie fixe (ou liée à la référence) et l'autre partie liée au mobile. Le déplacement relatif de ces deux parties engendre la variation d'un phénomène physique qui est mesuré. Cette mesure est ensuite interprétée sous la forme d'une distance linéaire pour une translation ou d'un angle pour une rotation.



FT₁₆

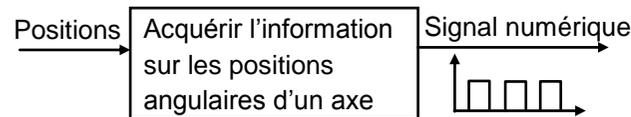
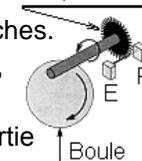
Acquérir une information sur les positions angulaires d'un axe

Information à caractère numérique
Le signal supportant l'information est mesurable, il varie de façon discrète (par incrément).

S CAPTEUR DE DÉPLACEMENT *Sans contact*

Fonctionnement : La position de la souris sur le tapis est la grandeur physique à acquérir (entrée analogique). La boule entraîne le disque à encoches. Chaque encoche en passant devant la source lumineuse crée par une diode, permet d'obtenir une impulsion électrique. Le nombre d'impulsion est l'image de la distance parcourue par la souris sur le tapis. C'est une grandeur de sortie numérique.

Disque à encoches



FT₂

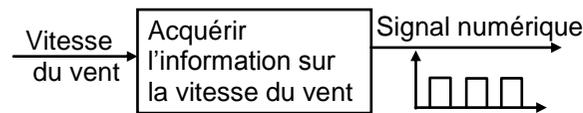
Acquérir une information de vitesse

FT₂₁

Acquérir une information sur la vitesse du vent

S ANÉMOMÈTRE = capteur de vent

Fonctionnement : Les 3 godets reçoivent le vent et se mettent à tourner. Un aimant entraîné par les godets, passe devant un interrupteur ILS. Sous l'action du champ magnétique, l'ILS génère un signal électrique qui devient l'image informationnelle de la vitesse du vent.



18- Les Capteurs



2 SM-B-; 1 STM (Doc : élève)

FT₂₂ Acquérir une information sur la vitesse linéaire ou angulaire d'un objet

S TACHYMÈTRE À FIL = capteur de vitesse linéaire à faible amplitude ou angulaire

Fonctionnement : Transforme le mvt de translation en mvt de rotation par un câble accroché au mobile qui s'enroule sur un tambour.

L'évolution des systèmes de production conduit à un besoin croissant d'informations de position, de vitesse ou de déplacement des parties mobiles à tout instant du processus et non uniquement en fin de course. Pour détecter la position d'un mobile ou mesurer son déplacement, on utilise principalement des **codeurs optiques**. Le codeur émet divers signaux électriques à destination de la partie commande chargée de les exploiter et de leur donner un sens (par mesure de la fréquence, comptage, décodage ...)

FT₂₃ Acquérir une information sur la position et la vitesse

S CODEURS INCRÉMENTAUX – CODEURS NUMÉRIQUES

Fonctionnement : Ils sont constitués d'un disque comportant des zones opaques et des zones translucides. Des diodes électroluminescentes (LED) émettent une lumière qui peut traverser les zones transparentes. Des photo-transistors, situés de l'autre côté du disque en regard des LED, captent cette lumière lorsqu'ils sont face à une ouverture et délivrent un signal électrique, image de la présence de cette ouverture. Il existe deux principaux types de codeurs optiques :

- Calcul du **nombre de points (n)** ou **nombre d'impulsions électriques par tour** du codeur.

$$n = \frac{K \cdot P}{\text{précision (mm)}}$$

K : rapport de réduction entre la partie motrice et le codeur.

P : conversion du mouvement de rotation en mouvement de translation

$$P = \pi \cdot D$$

Le nombre de points par tour d'un codeur se nomme **LA RÉOLUTION**.

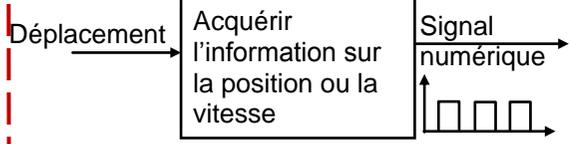
- **Calcul de la fréquence de fonctionnement (f)** des impulsions du codeur en Hz.

$$f = \frac{N \cdot R}{60}$$

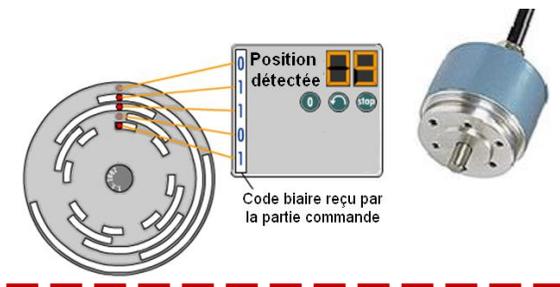
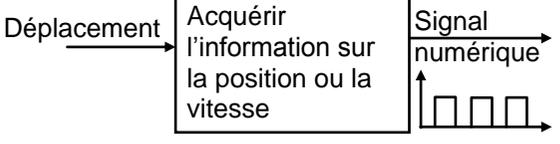
N : fréquence de rotation de l'axe d'entraînement en tr/mn

R : Résolution du codeur **choisi** en points/tr

Les codeurs incrémentaux qui délivrent une information de déplacement angulaire du disque sous forme d'un train d'impulsions dont le nombre permet de déduire le déplacement et dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse de déplacement.



Les codeurs numériques de position pour lesquels chaque position du disque correspond à une valeur numérique différente identifiable par la partie commande.



18- Les Capteurs



2 SM-B; 1 STM (Doc : élève)

FT₃ Acquérir une information de pression

FT₃₁ Acquérir une information sur la pression

FT₃₂ Acquérir une information sur la dépression

FT₄ Acquérir une information de température

FT₅ Acquérir une information de luminosité

S PRESSOSTAT (capteur de pression ; mancontact ; contact électrique à pression)

Fonctionnement

Au repos: Bord sensible en caoutchouc creux. Membrane. Borne 1, 2.

Au travail: Pression supérieure à la pression atmosphérique. Acquérir l'information sur la pression d'une installation. Signal logique (0 to 1).

Schématisation

Pression → [Schéma] → Signal logique

L'air continu dans le bord sensible est à la pression atmosphérique ; aucun effort ne s'exerce sur le membrane qui garde par élasticité sa position repos ; aucun contact entre les bornes 1 et 2. Déformation du bord sensible en caoutchouc ; la pression de l'air refoulé dilate la membrane et met en contact les bornes électrique 1 et 2 ce qui provoque l'apparition du signal analogique.

S VACUOSTAT (capteur d'une dépression ; contact à vide)

Le vacuostats ou contact à vide est un capteur qui détecte la présence d'une dépression dans une installation.

Pression inférieure à la pression atmosphérique → Acquérir l'information sur la dépression d'une installation → Signal logique (0 to 1).

Information électrique: Pression contrôlée, Réglage du seuil, Pression de référence (pression atmosphérique).

Dépression → [Schéma] → Signal logique

S THERMOCOUPLE

Un thermocouple est formé de deux fils métalliques de natures différentes, soudés à leurs extrémités. Une force électromotrice apparaît entre les soudures lorsque celles-ci sont à des températures différentes.

Température → Acquérir l'information sur la température → Signal analogique

S CAPTEUR SOLAIRE

Lumière → Acquérir l'information sur la luminosité → Signal analogique

18- Les Capteurs



2 SM-B; 1 STM (Doc : élève)

FT₆

Acquérir une information de force ou de couple

S CAPTEURS DE FORCE OU DE COUPLE

↳ Captage de l'action : Le corps d'épreuve subit une déformation réversible proportionnelle à l'intensité de la force à condition de ne pas dépasser la limite élastique du matériau (cours de RdM)

- ♦ Mesure d'une force : - par extension ou compression d'un barreau, - par flexion d'une poutre, - par déformation d'un ressort (dynamomètre).

- ♦ Mesure d'une couple : - par torsion d'un cylindre.

↳ Transformation en signal lisible :

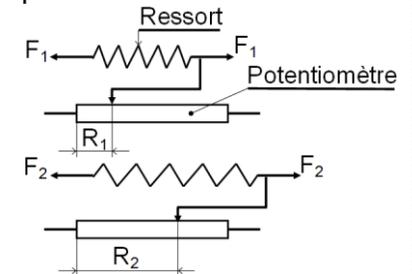
- ♦ Par lecture directe ou variation de la résistance d'un potentiomètre :

Le corps d'épreuve est ici un ressort. Le ressort se déforme sous l'action de la force.

Soit l'affichage est direct : aiguille liée à l'extrémité du ressort se déplaçant devant des repères.

Soit l'extrémité du ressort, liée au curseur d'un potentiomètre, modifie sa position.

La mesure de la tension donne, après étalonnage, l'intensité de la force mesurée.



- ♦ Par variation de résistances de jauges d'extensométrie :

Un fil résistant est collé sur une surface métallique par l'intermédiaire d'un isolant. Toute déformation de la surface due à la force est ainsi transmise au fil.

L'allongement du fil entraîne une diminution de la section.

La résistance ohmique du fil est donc modifiée.

- ♦ Par utilisation de la piézo-électricité :



Critères de choix d'un capteur :

De nombreuses considérations techniques sont à prendre en compte pour le choix d'un capteur industriel, notamment celles qui sont liées :

♦ Aux caractéristiques de la grandeur à mesurer :

- La nature de la grandeur : position, pression, débit... ;
- Le type de signal de sortie : analogique, logique, numérique ; (électrique, pneumatique)
- L'étendue de mesure : précisée par les valeurs extrêmes que peut avoir la grandeur ;
- Le temps de réponse, c'est-à-dire la durée séparant l'évolution réelle de la grandeur à celle correspondante de la mesure ;

♦ À la durabilité du capteur en fonction :

- Du nombre total de mesures que peut effectuer le capteur ;
- Des surcharges temporaires qu'il peut momentanément supporter ;
- Des conditions de l'environnement : température ambiante, milieu corrosif, chocs et vibration... ;

♦ À l'implantation du capteur :

- Encombrement
- Accessibilité du point de mesure (éloignement ...)

♦ À l'importance économique :

- Son prix...

18- Les Capteurs

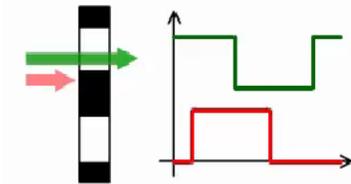


2 SM-B-; 1 STM (Doc : élève)

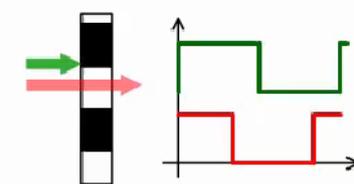
I- Généralité :

- 1- Expliquer comment on peut déterminer le sens de rotation d'un codeur incrémental.
- 2- Qu'est-ce qui différencie un codeur absolu d'un codeur incrémental ?
- 3- Combien de positions comporte un codeur absolu 5 bits et un codeur incrémental 1000 pts/tr ?

1- Au front montant de A, on teste si Z = 0 ou si Z = 1.



Le front montant de la voie verte se présente avant celui de la voie rouge.

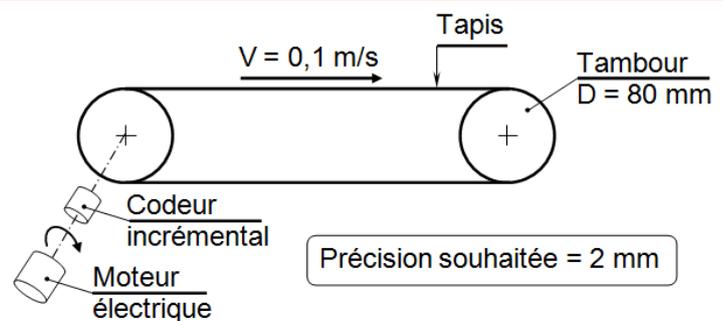


Le front montant de la voie rouge se présente avant celui de la voie verte.

- 2- Un codeur absolu délivre un code binaire évoluant au cours de la rotation ; c'est un signal numérique. Un codeur incrémental délivre un signal logique.
- 3- Codeur absolu 5 bits : $2^5 = 32$ positions ;
Codeur incrémental 1000 pts/tr : 1000 positions.

II- Choix d'un codeur incrémental :

- 1- Calculer la résolution nécessaire du codeur.
- 2- Calculer la fréquence de fonctionnement.



- 1- La précision correspond toujours à 1 pt du codeur.
Le codeur fait 1 tour lorsque le tambour fait 1 tour ;
le déplacement correspondant est $\pi \cdot d = 251,2 \text{ mm} =$ périmètre du tambour.
On fait ensuite un produit en croix : 1 pt \rightarrow 2 mm
x pts \rightarrow 251,2 mm
Donc il faut $x = 125,6$ pts pour 1 tour de codeur soit une résolution de 126 pts/tr.
- 2- La fréquence de fonctionnement (en Hz = pts/s) dépend de la vitesse de déplacement
 $V = 100 \text{ mm/s}$.
 - ♦ 1^{ère} méthode : $100 \text{ mm/s} = 100 / 251 \text{ tr/s} = 0,4 \text{ tr/s}$;
donc cela correspond à $0,4 \times 126 \text{ pts/s} = 50 \text{ pts/s} = 50 \text{ Hz}$.
 - ♦ 2^{ème} méthode : produit en croix à chaque seconde : 126 pts \rightarrow 1 tr = 251 mm
y pts \rightarrow 100 mm
On trouve $y = 50$ pts. Donc la fréquence est $50 \text{ pts/s} = 50 \text{ Hz}$.