

CHAPITRE 2 : LES ACTIONNEURS ET LES CAPTEURS

I- Principales caractéristiques des actionneurs :

I-1 Commande d'un Moteur à courant continu à aimant permanent par API

Pour inverser le sens de rotation d'un moteur à courant continu (MCC) et à aimant permanent, on permute les polarités de l'alimentation. La figure 11 montre le circuit de puissance d'un MCC commandé par deux relais électromagnétiques. Avec cette structure (structure en pont), le moteur peut être alimenté par la source d'alimentation E ou E suivant l'état des relais KM1 ou KM2

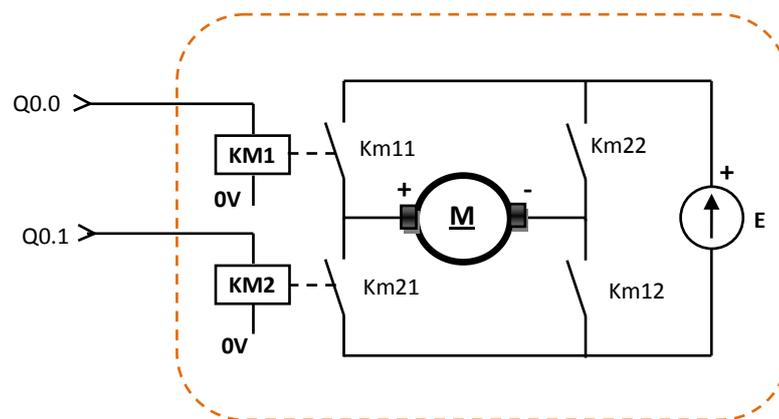


Figure 11 : Circuit de puissance pour commander un MCC en deux sens de rotation

Le tableau suivant résume les ordres de commande en tenant compte des conditions de fonctionnement et de la protection de l'alimentation contre les courts circuits.

Q0.0	Q0.1	KM1	KM2	MOTEUR
0	0	Km11=0 ; Km12=0	Km21=0 ; Km22=0	Arrêt
0	1	Km11=0 ; Km12=0	Km21=1 ; Km22=1	Sens arrière
1	0	Km11=1 ; Km12=1	Km21=0 ; Km22=0	Sens avant
1	1	Km11=1 ; Km12=1	Km21=1 ; Km22=1	Court-circuit

Tableau 1 : Table d'ordre de commande et conditions de fonctionnements

I-2 Commande d'un MCA en un seul sens de rotation par API

Le circuit de puissance des machines à courant alternatif (MCA) (figure 12), nécessite des appareillages de sectionnement, de protection et de commande, ce composant est un contacteur dont la tension de commande est 24V.

Dont le cas où on utilise un API, le module de sortie TOR de ce dernier, fourni une tension de + 24V à son sorti Q0.0, la bobine sera alimentée par cette tension et ferme les

trois contacts de puissance provoquant l'alimentation du moteur.

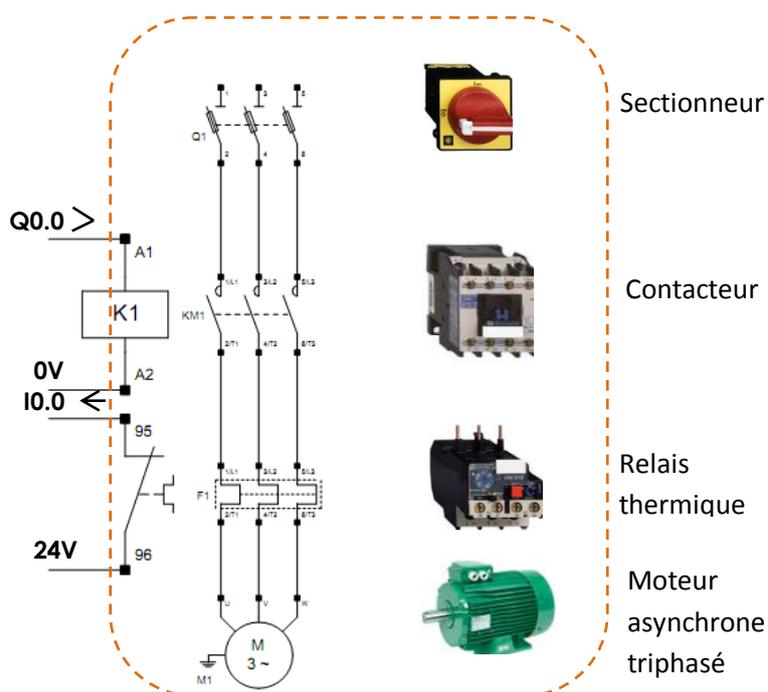


Figure 12 : Circuit de puissance pour commander un MCA en un seul sens de rotation

Le tableau suivant résume les ordres de commande en tenant compte de la protection du moteur contre les surcharges mécaniques protégé par un relais thermique connecté au module d'entrée (I0.0) de l'API à travers le contact (95 , 96).

Q0.0	I0.0	K1	MOTEUR
0	1	0	Arrêt
1	1	1	Marche
0 ou 1	0	0 ou 1	Arrêt

Tableau 2 : Table d'ordre de commande et conditions de fonctionnements

I-3 Commande d'un MCA en deux sens de rotation par API

Pour commander un moteur asynchrone triphasé en deux sens de rotations, le circuit de puissance nécessite deux contacteurs K1 et K2 (comme le montre la figure 13) nécessaires pour permuter les deux lignes de phases (ex : 1 et 3).

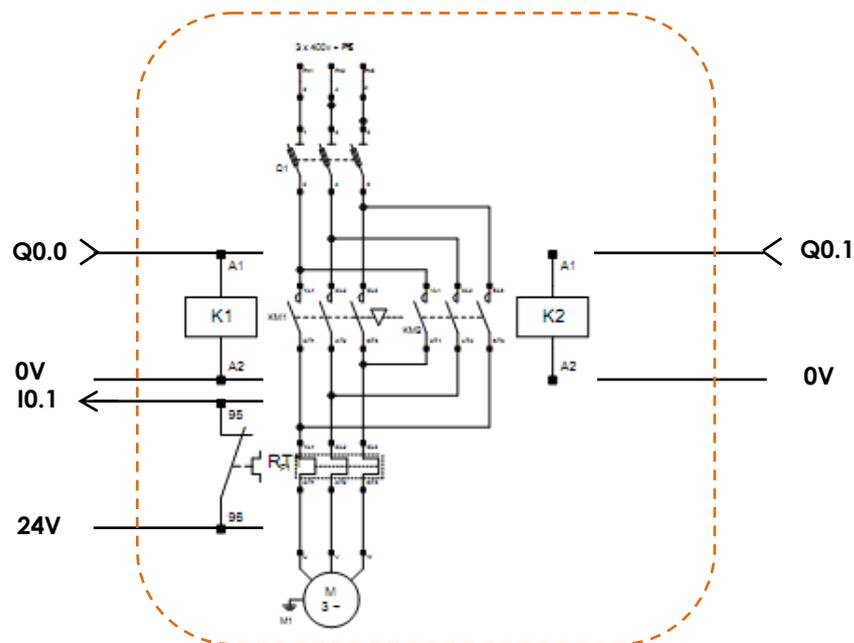


Figure 13 : Circuit de puissance pour commander un MCA en deux sens de rotation

Le tableau suivant résume les ordres de commande en tenant compte d'une part, de la protection du moteur contre les surcharges mécaniques (contrôlé par le contact du relais thermique connecté au module d'entrée (IO.1) de l'API), d'autre part contre les courts-circuits entre la ligne 1 et 3 (par fausse manœuvre des deux contacteurs).

Q0.0	Q0.1	IO.1	K1	K2	MOTEUR
0	0	1	0	0	Arrêt
0	1	1	0	1	Sens avant
1	0	1	1	0	Sens arrière
1	1	1	1	1	Court-circuit
0 ou 1	0 ou 1	0	0 ou 1	0 ou 1	Arrêt surcharge

Tableau 3 : Table d'ordre de commande et conditions de fonctionnements

I-4 Commande d'un variateur de vitesse par API

Les variateurs de vitesse sont des convertisseurs statiques programmables conçus pour alimenter et commander les moteurs avec sélection ou variation de vitesse.

La figure 14 montre un exemple de variateur de vitesse pour moteur asynchrone triphasé et son principe de connexion avec le moteur.

Le variateur présente des entrées de commande LI1, LI2 programmables par le variateur pour la sélection de vitesse et une entrée analogique de consigne pour la vitesse.

Deux cas sont possibles :

- En utilisant une alimentation externe comme le montre la figure 14, la masse doit être connectée à l'entrée COM du variateur et les signaux des entrées de commandes LI1, LI2 sont fournis par le module de sortie TOR (Q0.0, Q0.1 et Q0.2) de l'API.
- En utilisant l'alimentation interne du variateur le potentiel 24V du variateur doit être connecté à l'entrée COM du module de sortie de l'API.

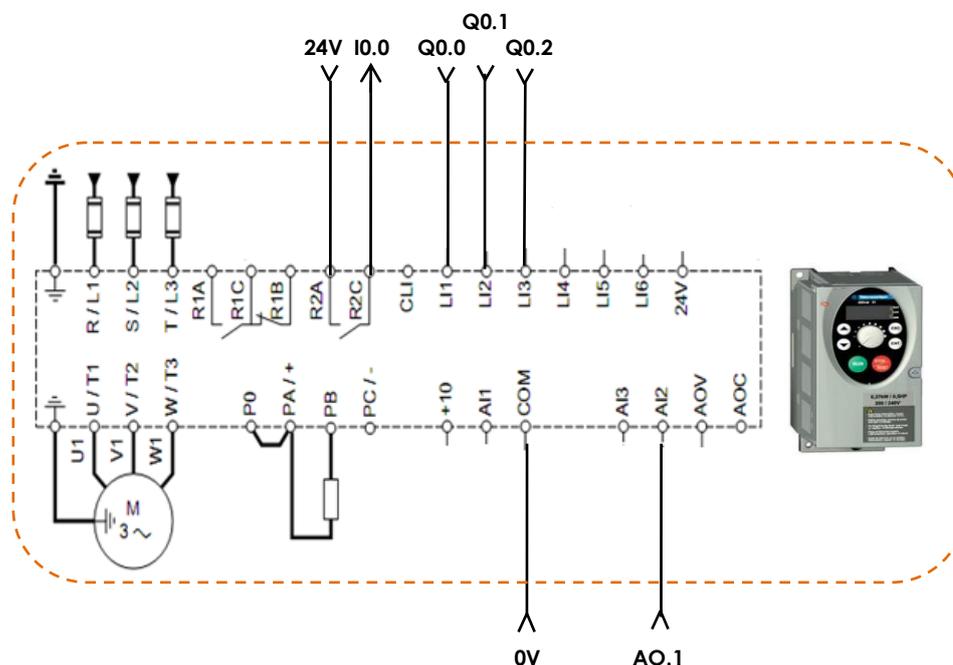


Figure 14 : Circuit de puissance pour commander un variateur de vitesse pour MCA

Le tableau suivant résume un exemple de fonctionnement pour faire fonctionner le moteur avec 8 vitesses présélectionnées par l'API dont l'une de ces

vitesses est assuré par une consigne fournie par le module de sortie analogique de l'API.

Q0.0	Q0.1	Q0.2	I0.0	Etat variateur	MOTEUR
0	0	0	1	Consigne analogique A0.1	Vitesse image consigne
0	0	1	1	Vitesse présélectionné 1	Vitesse 1 avant
0	1	0	1	Vitesse présélectionné 2	Vitesse 2 avant
0	1	1	1	Vitesse présélectionné 3	Vitesse 3 avant
1	0	0	1	Vitesse présélectionné 4	Vitesse 4 avant
1	0	1	1	Vitesse présélectionné 5	Vitesse 5 avant
1	1	0	1	Vitesse présélectionné 6	Vitesse 6 avant
1	1	1	1	Vitesse présélectionné 7	Vitesse 6 avant
0 ou 1	0 ou 1	0 ou 1	0	Alarme variateur	Arrêt

Tableau 4 : Table d'ordre de commande et conditions de fonctionnements

I-5 Commande des vérins à doubles effets

La commande des vérins pneumatiques nécessite un distributeur afin de distribuer la pression d'air pour faire sortir ou retirer la tige.

La figure 15 montre un exemple utilisant deux distributeurs à commande électrique piloté par le module de sortie TOR (Q0.0 et Q0.1) d'un API.

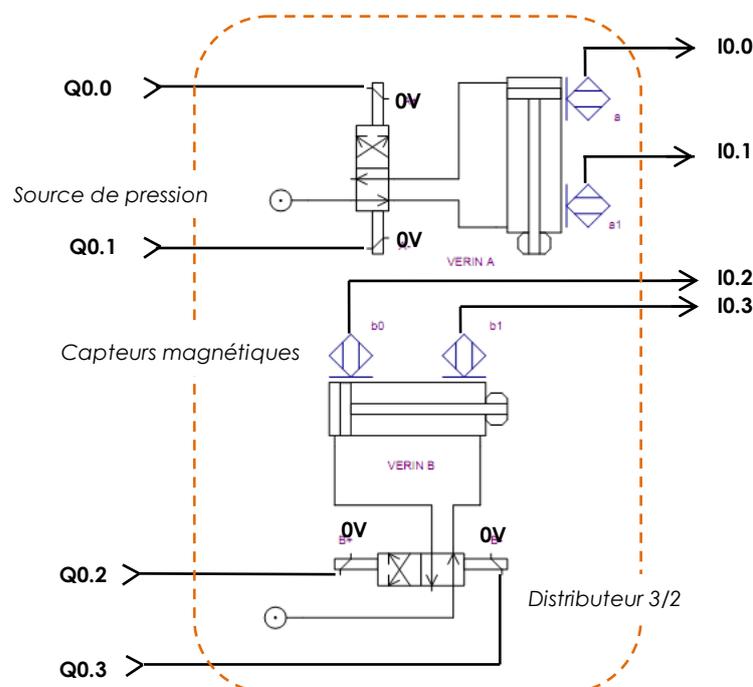


Figure 15 : Circuit pneumatique pour commander deux vérins par un API

Le tableau suivant résume les ordres de commande de l'API vers les solénoïdes des distributeurs et en tenant compte de la sécurité mécanique des vérins par une alimentation simultanée des deux solénoïdes

Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3	I0.0	I0.1	I0.2	I0.3	Vérin A	Vérin B
0	0	0	0	1	0	1	0	RVA ou SVA	RVB ou SVB
0	1	0	1	1	0	1	0	RVA	RVB
1	0	1	0	0	1	0	1	SVA	SVB
1	1	1	1	X	X	X	X	Interdit	Interdit

RVA : recul vérin A ; RVB : recul vérin B

Tableau 5 : Table d'ordre de commande et conditions de fonctionnements

II- Principales caractéristiques des capteurs :

Un capteur transforme une grandeur physique en une grandeur normée, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande comme l'API.

Mesurer une grandeur physique pour exploiter correctement un système automatisé il est nécessaire :

➤ De mesurer les variations de certaines grandeurs physiques,

- La vitesse du vent pour un store automatisé
- La pression d'air dans le réseau d'alimentation d'un automatisme pneumatique
- La température de l'eau dans un lave-linge.

➤ De contrôler l'état physique de certains de ses constituants,

- La position levée d'une barrière de parking,
- La présence d'une pièce sur un convoyeur,
- La présence de pression dans un circuit,
- La position d'un chariot.

Suivant la nature du signal exploitable les capteurs se classent en trois catégories :

- **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; ces capteurs du type tout ou rien (TOR) sont également désignés par détecteurs.

- **CAPTEURS NUMERIQUES**

Le signal est codé au sein même du capteur par une électronique associée; ces capteurs sont également désignés par codeurs et compteurs.

II-1 Différents types de capteurs TOR :

II-1-1 Capteur de position

Les capteurs de position sont des capteurs de contact à action mécanique. Ils peuvent être équipés d'un galet, d'une tige souple, d'une bille. L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien.

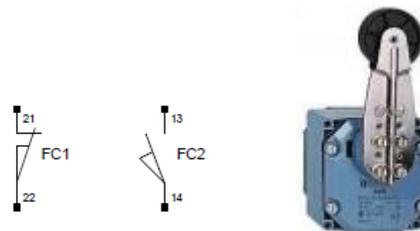


Figure 16 Capteur fin de course et à galet

II-1-2 Détecteur de proximité :

Les détecteurs opèrent à distance, sans contact avec l'objet dont ils contrôlent la position (depuis 1 mm à quelques mètres). Un détecteur de proximité interrompt ou établit un circuit électrique en fonction de la présence ou de la non-présence d'un objet dans sa zone sensible. Dans tous ces détecteurs la présence de l'objet à détecter dans la zone sensible modifie une grandeur physique:

- Un champ électromagnétique à haute fréquence dans les détecteurs inductifs;
- La capacité d'un circuit oscillant dans les détecteurs capacitifs,
- Le niveau d'éclairement d'un récepteur photosensible dans les détecteurs Photoélectriques.

Le choix d'un détecteur de proximité dépend de :

- La nature du matériau constituant l'objet à détecter,
- La distance de l'objet à détecter,
- Des dimensions de l'emplacement disponible pour implanter le détecteur.

II-1-3 Détecteur de proximité électrique :

Ces capteurs servent à la détection sans contact de la position du piston des vérins spéciaux. Le relais se ferme à l'approche d'un champ magnétique (aimant permanent sur le piston du vérin) et transmet un signal électrique.

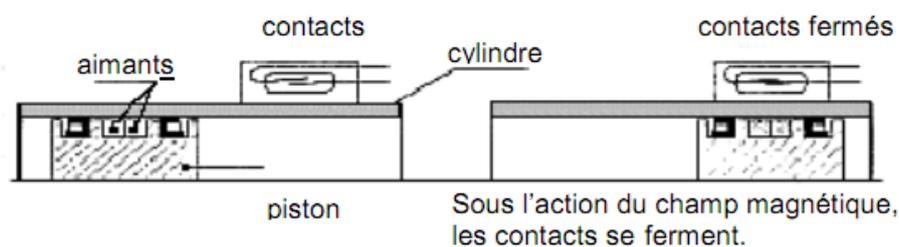


Figure 17 : Détecteur de proximité électrique

II-1-4 Détecteur de proximité inductif :

Un oscillateur comportant une bobine logée dans un circuit magnétique engendre un champ magnétique alternatif. Ce champ sort du corps de l'appareil par sa face sensible.

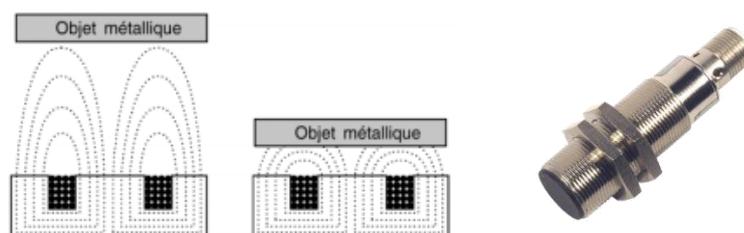


Figure 18 : Détecteur de proximité inductif

La présence d'un objet métallique dans ce champ crée des courants induits et provoquent l'arrêt des oscillations. Un circuit de communication met en forme cette information. Selon les modèles, les distances de détection vont de quelques millimètres à quelques centimètres.

Leur usage est uniquement réservé à la détection d'éléments métalliques.

II-1-5 Détecteur de proximité capacitif :

Dans le cas du détecteur capacitif l'objet à détecter fait varier par sa position la capacité d'un condensateur formé par la face sensible du détecteur.

Ses caractéristiques lui permettent de détecter tout objet même si celui-ci n'est pas métallique.

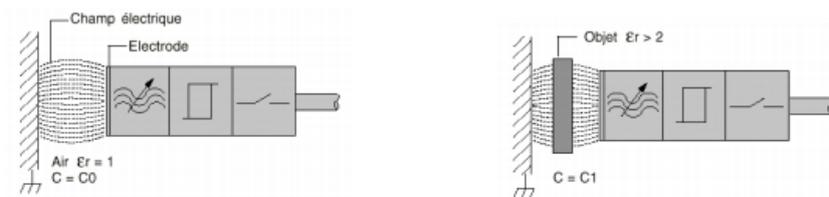


Figure 19 : Détecteur de proximité capacitif

Avec un réglage précis, il est possible de détecter un objet à travers une paroi mince et non métallique (liquide ou pulvérulent, à l'intérieur d'un récipient figure 15).

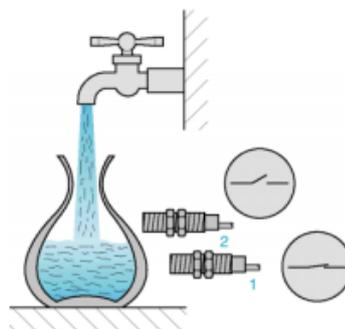


Figure 20 : Exemple application des Détecteurs de proximités

II-1-6 Détecteur de proximité photo électrique :

Les systèmes détecteurs de proximités photoélectriques comprennent:

- un émetteur de lumière visible ou infrarouge,
- un récepteur photosensible.

L'objet est détecté lorsqu'il interrompt, ou fait varier, l'intensité du faisceau lumineux sur le récepteur.

Il existe 3 types de détecteurs photoélectriques :

- Le système de proximité,
- Le système barrage,
- Le système reflex.

Le système de proximité

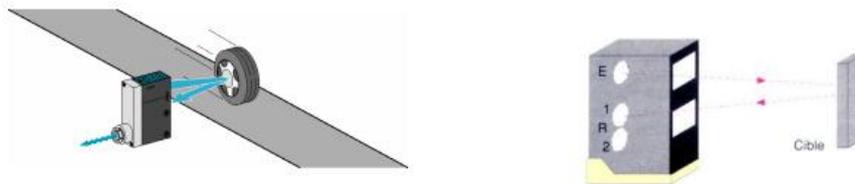


Figure 21 : Exemple d'application des Détecteurs de proximités photo électrique

Un émetteur et un récepteur sont regroupés dans un même boîtier. Le faisceau lumineux, émis en infrarouge, est renvoyé vers le récepteur par tout objet suffisamment réfléchissant qui pénètre dans la zone de détection.

Le système barrage.

Émetteurs et récepteur sont situés dans deux boîtiers séparés. C'est le système qui autorise les plus longues portées (jusqu'à 30 m). Le faisceau est émis en infrarouge.

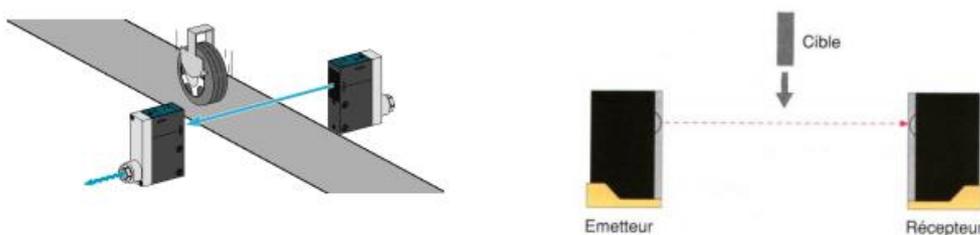


Figure 22 : Exemple d'application de détecteurs système barrage

Le système reflex

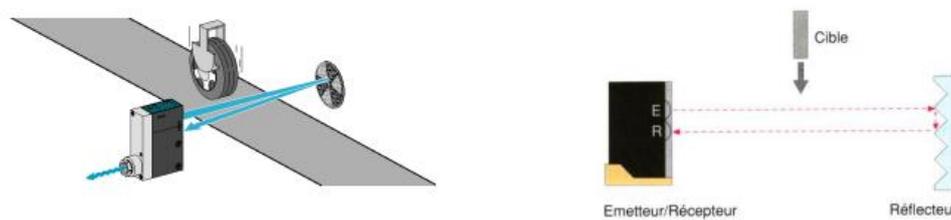


Figure 23 : Exemple d'application de détecteurs système reflex

Comme pour le système de proximité, émetteur et récepteur sont regroupés dans un même boîtier. En l'absence de cible, le faisceau émis en infrarouge par l'émetteur est renvoyé sur le récepteur par un réflecteur.

II-2 Différents types de capteurs analogiques :

II-2-1 Mesure de positions et de déplacements

Capteurs résistifs

La piste résistive est placée sur la partie fixe du capteur, et le mouvement mécanique à mesurer est accouplé à un curseur qui se déplace sur celle-ci. La piste résistive est alimentée par une tension continue 24V. On recueille entre l'une des bornes de la piste et le curseur une tension U_s qui est directement fonction de la position du curseur sur la piste.



Figure 24 : Capteur résistif rectiligne

Capteurs inductifs

L'avantage de ce type de capteurs réside dans l'absence de contacts, donc d'usure entre l'élément sensible et le corps d'épreuve. Le noyau magnétique cylindrique constituant l'élément sensible se déplace librement dans les bobines suivant leur axe commun. Il est prolongé par une tige reliée à l'objet mobile dont on veut mesurer le déplacement.



Figure 25 : Principe de capteur inductif

Le déplacement du noyau autour de la position d'équilibre génère une tension représentative de l'amplitude de ce déplacement et de son sens.

II-2-2 Mesure de température

Thermocouples

Le principe de la mesure pour ces capteurs est basé sur **l'association de deux fils en métaux de nature différente** connectés à leurs deux extrémités.

Un courant circule dans la boucle ainsi formée s'il y a une différence de température entre les extrémités appelées « jonctions ». On distingue :

- la jonction chaude portée à la température T_c
- la jonction froide portée à la température T_f

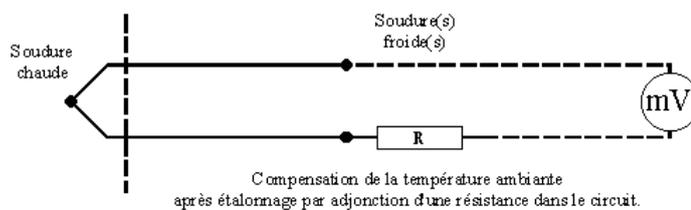


Figure 26 : Capteur de température de type thermocouple

La tension E obtenue, est directement liée à la différence de température et à un coefficient « a » dépendant de la nature des deux matériaux constituant le thermocouple

$$E = a. (T_c - T_f)$$

Thermo-résistances

Ces capteurs utilisent la variation de la **résistivité des métaux en fonction de la température**.



Figure 27 : Capteur de température de type thermo-résistances

Les solutions technologiques utilisées sont orientées vers des **matériaux à résistivité élevée**, ce qui conduit à utiliser essentiellement le nickel ou le platine malgré leur prix élevé.

$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T)$$

- R_T résistance à la température
- R_0 résistance à la température de 0°C
- α coefficient de température du métal
- T température du métal en $^\circ\text{C}$

II-2-3 Mesure de vitesse

Génératrice tachymétrique

Une génératrice tachymétrique, appelée également dynamo tachymétrique délivre une tension proportionnelle à sa vitesse de rotation. Le principe de fonctionnement est basé sur la réversibilité de la machine à courant continu.

La génératrice tachymétrique est fixée au bout de l'arbre du moteur dont on veut connaître la vitesse de rotation.

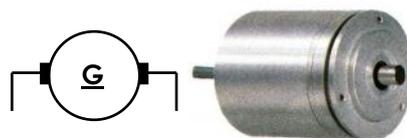


Figure 28 : mesures de vitesse (dynamo tachymétrique)

Ex : Géné-tachy : 0 – 10V ; Moteur vitesse nominale 1500 tr/min

0 V → 0 tr/min
 5 V → 750 tr/min
 10 V → 1500 tr/min

II-2-4 Mesure d'effort

Jauge de contrainte

Les jauges de contrainte, parfois appelées jauges électriques d'extensiométrie, sont les éléments sensibles d'un capteur de force, dans lequel une modification dimensionnelle est traduite par une variation de résistance.

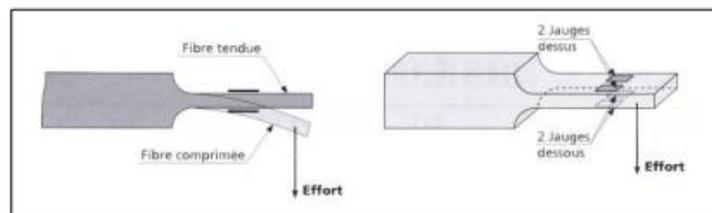


Figure 29 : Jauge de contrainte

Sont application est pour la mesure de force, débit.....

II-3 Différents types de capteurs numériques :

LES CODEURS (Mesure de positions et de déplacements)

Pour contrôler la position et la vitesse de chariots de manutention, de machines d'usines, de bras de robots, etc ... on utilise souvent des codeurs optiques rotatifs, fixés à l'extrémité de l'axe de transmission de mouvement.

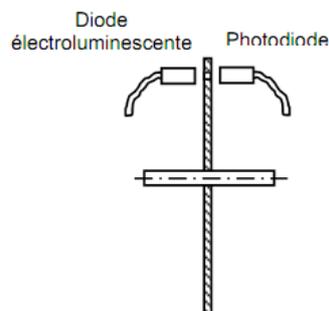


Figure 30 : Schéma de principe d'un Codeur incrémental

Un codeur optique rotatif est un capteur angulaire de position. Lié mécaniquement à un arbre qui l'entraîne, son axe fait tourner un disque qui comporte une succession de zones opaques et transparentes. La lumière émise par des diodes électroluminescentes arrive sur des photodiodes chaque fois qu'elle traverse les zones transparentes du disque. Les photodiodes génèrent alors un signal électrique qui est amplifié et converti en signal carré avant d'être transmis vers l'API.

Il existe deux types de codeurs optiques rotatifs :

- Les codeurs incrémentaux
- Les codeurs absolus

II-3-1 Les codeurs incrémentaux

Le disque d'un codeur incrémental comporte 3 pistes :

Deux pistes A et B divisées en « n » intervalles d'angles égaux et alternativement opaques et transparents. « n » permet de définir la résolution ou période. La piste A est décalée de $\frac{1}{4}$ de période par rapport à B. Le déphasage entre A et B permet de définir le sens de rotation.

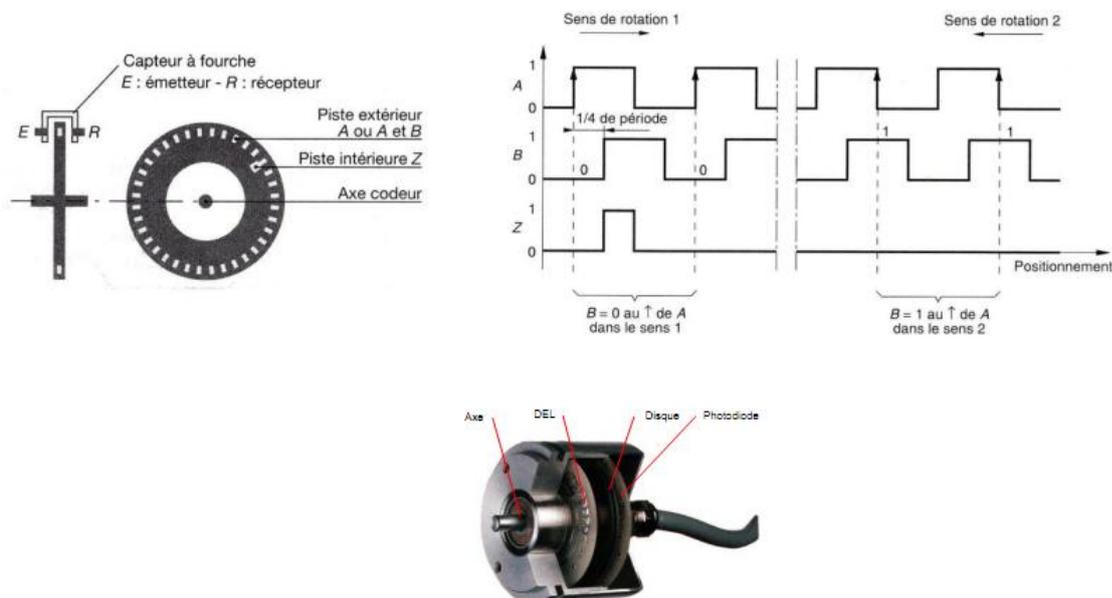


Figure 31 : Schéma de principe d'un Codeur incrémental

II-3-2 Les codeurs absolus

Les codeurs absolus sont destinés à des applications de contrôle de déplacement et de positionnement d'un mobile par codage. Le disque d'un codeur absolu comporte plusieurs pistes jusqu'à 20, selon les modèles. Comme les codeurs incrémentaux les pistes sont alternativement opaques et transparentes. La résolution d'un tel capteur est de 2 à la puissance n (avec n = nombre de pistes).

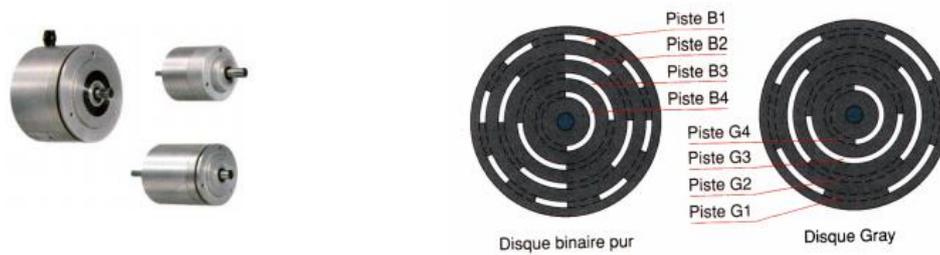


Figure 32 : Schéma de principe d'un Codeur absolu