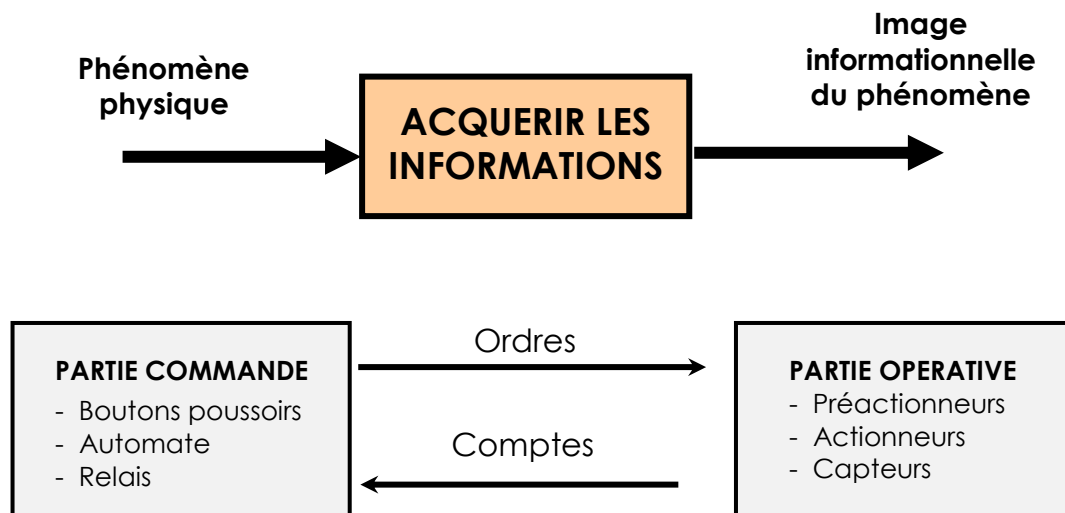


ACQUERIR L'INFORMATION CAPTEURS ET DETECTEURS



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.

CAPTEURS MECANIQUES A CONTACT

PHENOMENE PHYSIQUE

Grandeur physique

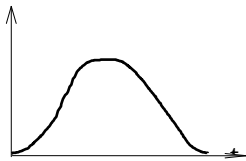
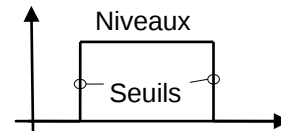


IMAGE INFORMATIONNELLE

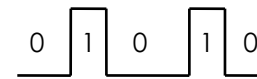
Signal Analogique



Signal Logique



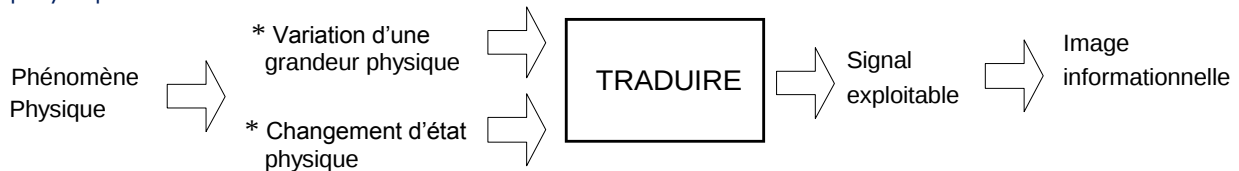
Signal Numérique



Série d'impulsions

Les capteurs traduisent la variation de la grandeur physique ou le changement de l'état physique en un signal compatible avec l'unité de traitement de la partie commande.

Ce signal exploitable devient donc l'image informationnelle du phénomène physique.



NATURE DES CAPTEURS

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.

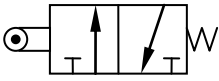
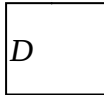
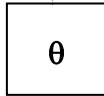
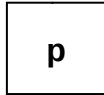
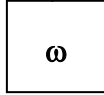
☞ CAPTEURS LOGIQUES

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 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.

Plusieurs critères de classification des capteurs sont possibles :

INFORMATION	Ex. de CAPTEURS	SYMBOLES	CARACTERISTIQUES	APPLICATIONS
INFORMATION DE POSITION (par contact avec l'objet)	CAPTEUR PNEUMATIQUE DE POSITION	 rappel par ressort	• Commande par galet • Rappel par ressort • Vitesse et attaque maximale : 0,1 m/s • Force minimale nécessaire pour l'enclenchement à 6 bars: 2daN	Très nombreuses compte tenu : • de la robustesse • de la bonne résistance aux agents extérieurs, huiles, acides, poussières,...
INFORMATION DE DEPLACEMENT (par contact avec l'objet)	CODEUR OPTIQUE INCREMENTAL	 D: déplacement	• Tension d'alimentation 5 à 24 V continu • Vitesse de rotation de l'arbre: 6000 tr/min. max. • Résolution comprise entre 2500 et 7200.	Le positionnement du mobile est entièrement maîtrisé par les systèmes de traitement associés au codeur ce qui convient à des bras de robots, des tables de machines-outils,...
INFORMATION DE TEMPERATURE D'UN FLUIDE	SONDE A THERMISTANCE	 θ : température	• Variation de la résistivité d'un semi-conducteur avec la température • Grande sensibilité • Temps de réponse très court	• Grand champ d'application de -100 à +450°C • Utilisé pour la détection de la variation de température.
INFORMATION DE PRESSION DANS UN CIRCUIT	PRESSOSTAT	 p: pression	• Nature du fluide • Fréquence de fonctionnement • Mode de fonctionnement des contacts • Endurance électrique	• Appareils très robustes ayant un champ d'application dans les circuits de fluide: huile, air,...
INFORMATION DE VITESSE ANGULAIRE	DYNAMO TACHYMETRIQUE A COURANT CONTINU	 ω : vitesse angulaire	• Gamme étendue de mesure • Donne le sens de rotation • Bonne linéarité • Bonne précision	• Champ d'application étendu sur une gamme de vitesses pouvant être très élevées (7500 tr/min.).
INFORMATION DE PRESSION DE FORCE ET DE POIDS	JAUGE EXTENSOMETRIQUE	 f: force	• Bonne précision • Plage d'utilisation en température étendue (de -30 à 120°C) • Haute limite de fatigue • Electronique de traitement simple	Le prix de revient de ces capteurs à transduction résistive fait que leurs applications sont nombreuses dans la recherche et dans l'industrie.

DETECTEURS DE POSITION « TOUT OU RIEN »

Les capteurs logiques de positions, désignés par détecteurs de position « tout ou rien » se rencontrent sur de nombreuses machines :

- robots,
- machines-outils,
- machines d'assemblage,...

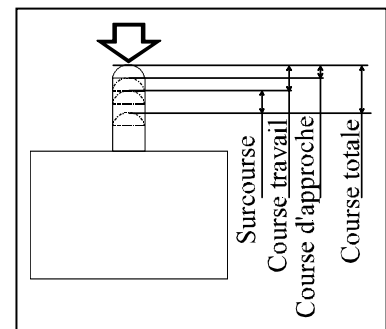
CAPTEURS MECANQUES A CONTACT

Dans cette catégorie sont classés tous les systèmes qui permettent, à partir d'une action mécanique directe, de fermer ou d'ouvrir un ou plusieurs contacts électriques ou de permettre ou non le passage d'un fluide (pneumatique, hydraulique).

Caractéristiques mécaniques :

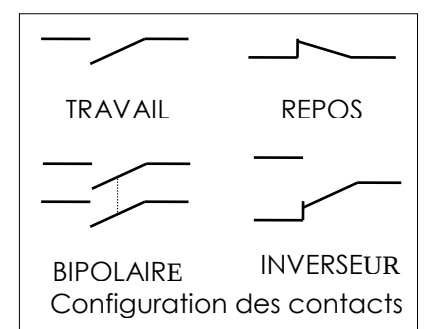
Elles définissent :

- ☞ L'amplitude de la course du mécanisme transmetteur,
- ☞ Les forces nécessaires pour déplacer l'organe de commande,
- ☞ L'endurance mécanique ou durée de vie exprimée par le nombre probable de manœuvres.



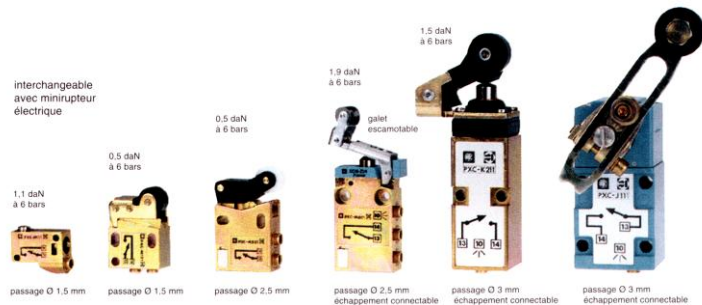
Caractéristiques électriques :

- ☞ La nature du circuit, alternatif, continu.
- ☞ Les valeurs maximales de la tension et de l'intensité de courant qui peuvent être coupées,
- ☞ La configuration des contacts, travail, repos, inverseur.

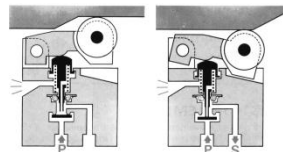
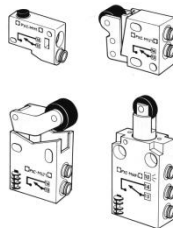


DETECTEUR PNEUMATIQUE

- ☞ Les capteurs pneumatiques sont destinés à délivrer un signal pneumatique sous l'effet d'une action mécanique.



Le signal de sortie apparaît lorsqu'il y a action mécanique sur le poussoir ou sur le galet. Par construction, la fermeture de l'échappement et l'ouverture de l'arrivée de pression se font simultanément en un point précis de la course. Pour une pression de 6 bar l'effort sur le galet est de 0,5 à 2 daN. Le diamètre de passage du fluide est de 1,5 à 2,5 mm.



DETECTEURS DE PROXIMITE

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.

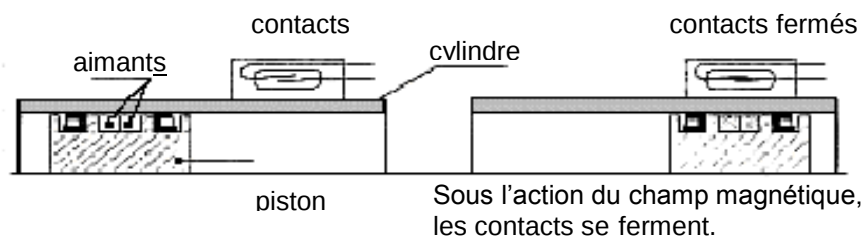
Le choix d'un détecteur de proximité dépend de :

- ☞ 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.

DETECTEUR DE PROXIMITE ELECTRIQUE

Ces capteurs servent à la détection sans contact de la position du piston des vérins spéciaux.

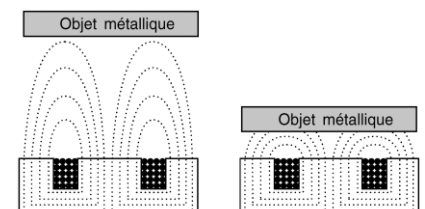
Le capteur à signal électrique est constitué d'un relais à lame souple noyé dans un bloc de résine. Le relais se ferme à l'approche d'un champ magnétique (aimant permanent sur le piston du vérin) et transmet un signal électrique.



DETECTEUR DE PROXIMITE 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.

La présence d'un objet métallique dans ce champ crée des courants induits et provoque 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. Robustes et fiables ces détecteurs ont l'inconvénient d'être sensibles à la présence de poussières métalliques qui peuvent perturber leur fonctionnement en provoquant des détections parasites.



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

Les détecteurs inductifs peuvent se présenter sous différentes formes :

- ☞ Cylindriques,
- ☞ En boîtiers.

Les détecteurs inductifs existent suivant différents modèles, en fonction de leur mode de raccordement.

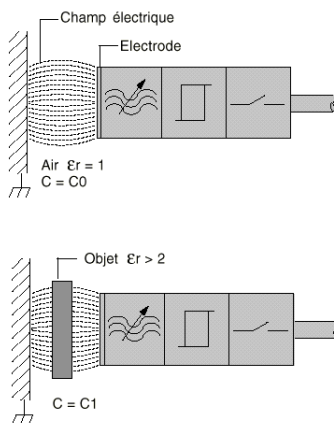
- ☞ 2 fils (courant continu, alternatif)
- ☞ 3 fils (type PNP ou NPN, en fonction de l'électronique interne).

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 et l'objet lui-même s'il est métallique ou la masse électrique environnante s'il est isolant.



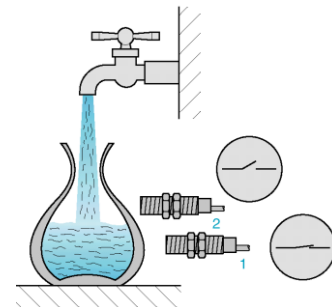
Ses caractéristiques lui permettent de détecter tout objet même si celui-ci n'est pas métallique.

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



Lorsqu'un objet de nature quelconque ($\epsilon_r > 2$) se trouve en regard de la face sensible du détecteur, ceci se traduit par une variation du couplage capacitif (C_1).
 Cette variation de capacité ($C_1 > C_0$) provoque le démarrage de l'oscillateur.
 Après mise en forme, un signal de sortie est délivré.

☞ **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).**

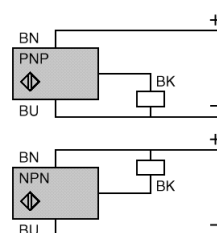
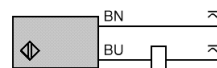


Les détecteurs capacitifs peuvent se présenter sous différentes formes :

- ☞ Cylindriques,
- ☞ En boîtiers.

Les détecteurs capacitifs existent suivant différents modèles, en fonction de leur mode de raccordement. (voir détecteurs inductifs)

- ☞ 2 fils (courant continu, alternatif)
- ☞ 3 fils (type PNP ou NPN, en fonction de l'électronique interne).



DETECTEUR DE PROXIMITE PHOTO ELECTRIQUE

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 :

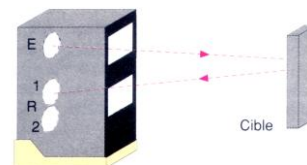
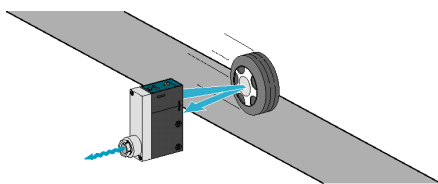
- Le système de proximité,
- Le système barrage,
- Le système reflex.



Le système de proximité

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.

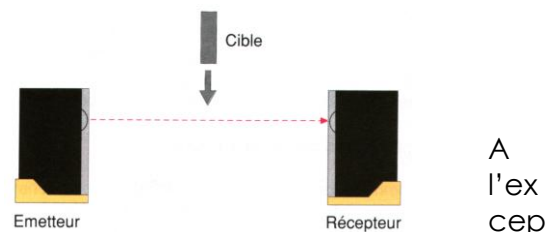
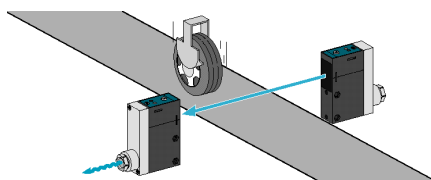


La portée d'un système proximité est généralement inférieure à celle d'un système reflex.

Pour cette raison, son utilisation en environnement pollué est déconseillée. Cette portée dépend de la couleur de la cible, de son pouvoir réfléchissant et de ses dimensions.

Le système barrage.

Emetteur 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.

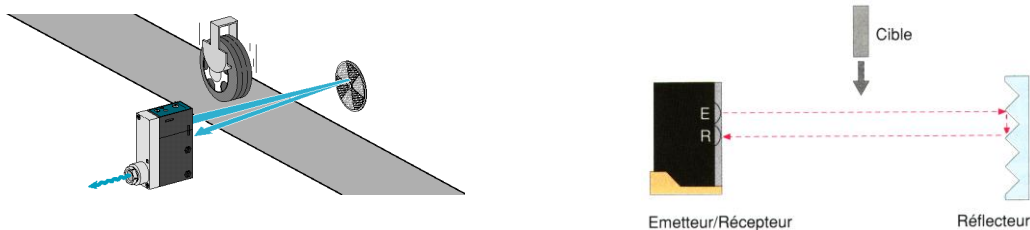


tion des objets transparents qui ne bloquent pas le faisceau lumineux, il peut détecter des objets de toutes natures (opaques, réfléchissants...). Les détecteurs barrage sont particulièrement bien adaptés aux environnements pollués (fumée, poussières, emplacements soumis aux intempéries,...). L'alignement entre émetteur et récepteur doit être réalisé avec soin.

Le 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.

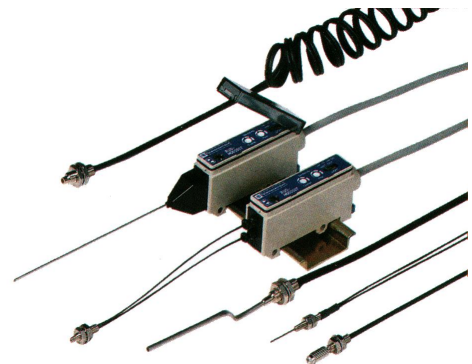
Celui-ci est constitué d'une multitude de trièdre trirectangles à réflexion totale et dont la propriété est de renvoyer tout rayon lumineux incident dans la même direction (sorte de catadioptre).



La détection est réalisée lorsque la cible bloque le faisceau entre l'émetteur et le réflecteur. C'est donc un système qui n'est pas adapté pour la détection d'objets réfléchissants qui pourraient renvoyer une quantité plus ou moins importante de la lumière sur le récepteur. Son utilisation est un peu plus limitée bien que son utilisation dans un environnement pollué moyennement soit possible.

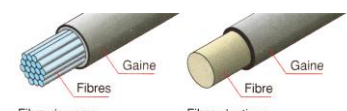
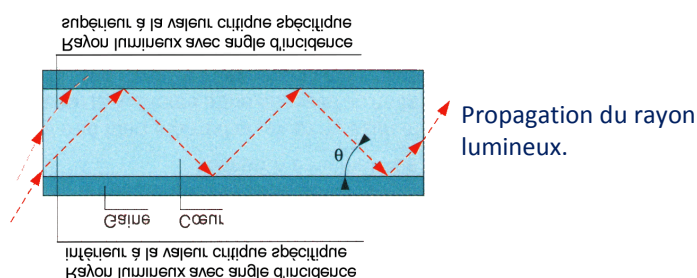
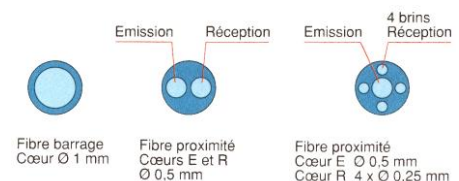
LES FIBRES OPTIQUES

Les détecteurs photoélectriques peuvent utiliser des fibres optiques permettant d'éloigner l'émetteur et le récepteur par rapport au point de détection. La lumière est véhiculée entre ce point et l'amplificateur par des fibres optiques qui, grâce à leurs faibles dimensions, peuvent s'intégrer dans les emplacements les plus exigus. Ces appareils sont également parfaitement adaptés pour la détection de cibles de très petites tailles (vis, rondelles, capsules...).



Ces détecteurs existent en système barrage et proximité. Deux types de fibres sont utilisés:

- Les fibres de verre avec des amplificateurs émettant dans l'infrarouge
- Les fibres plastiques avec des amplificateurs émettant dans le rouge visible.

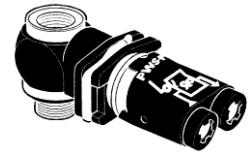


Matière : fibre de verre et fibre plastique.

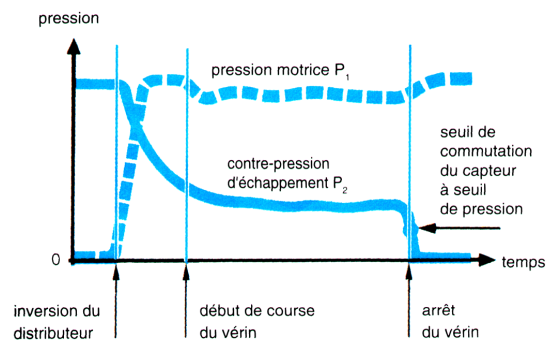
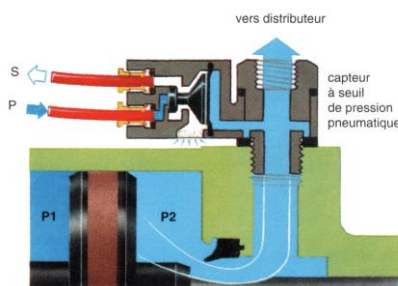
CAPTEUR A SEUIL DE PRESSION SUR VERIN

Implantés directement sur les orifices du vérin, ces capteurs émettent un signal lorsque le vérin s'arrête en fin de course.

Ils sont très simples à mettre en œuvre car ils n'exigent pas l'installation de came d'actionnement et délivrent un signal directement exploitable.



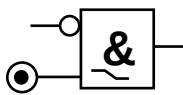
Fonctionnement



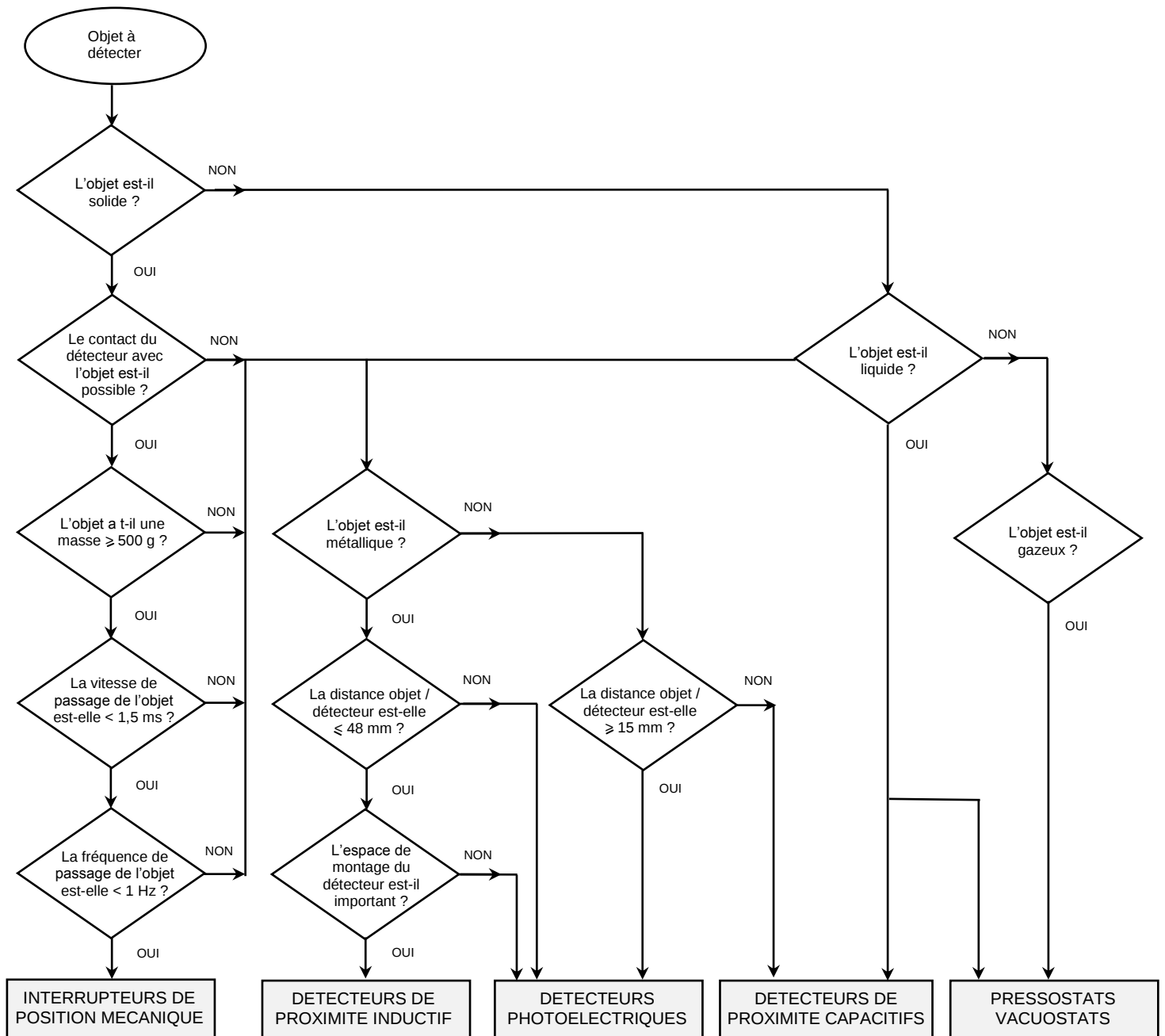
La

vitesse du vérin est réglée par le débit d'échappement contrôlé par le régulateur de vitesse. Il en résulte le maintien d'une **contre-pression** d'échappement qui chute lorsque le piston s'arrête en butée. Grâce à sa membrane, le capteur à seuil de pression commute et traduit cette chute de pression en un signal de fin de course. Ce capteur est également utilisé pour détecter les arrêts en cours de course pour les vérins agissant sur des butées variables : vérins de serrage, etc...

Symbole



DETERMINATION D'UN CAPTEUR



Les différents choix de capteurs que vous aurez à réaliser dans les applications ci-après s'effectueront à l'aide de l'algorithme donné précédemment.

APPLICATION 1

Choisir le type de capteur permettant de détecter le passage d'une personne dans un couloir.

La distance maximale entre le capteur et la personne est de 6 m.

.....

APPLICATION 2

Choisir le type de capteur permettant de détecter la présence d'une pièce métallique à usiner sur un montage d'usinage.

La distance maximale entre le capteur et la pièce métallique est de 3 mm.

.....

APPLICATION 3

Choisir le type de capteur permettant de détecter la fermeture d'un carter de machine pour permettre le démarrage de la machine.

.....

APPLICATION 4

Choisir le type de capteur permettant de détecter le passage d'une boîte en inox (réfléchissante) sur un tapis (distance 120 mm) .

.....

APPLICATION 5

Choisir le type de capteur permettant de détecter le niveau de la poudre dans une trémie.

.....

APPLICATION 6

Choisir le type de capteur permettant de détecter le passage de capsules sur un convoyeur à une cadence de 4500 capsules à l'heure. Distance 1 cm.

.....

CAPTEURS ANALOGIQUES

MESURE DE POSITIONS ET DE DEPLACEMENTS

Capteurs résistifs

L'élément sensible est constitué d'un support sur lequel est déposé une pâte résistive qui incorpore un liant et du carbone.

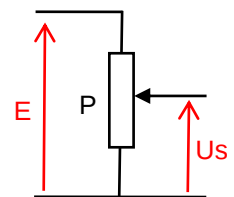
On peut obtenir ainsi :

- **Capteur cylindrique monotour ou multitour**
- **Capteur résistif rectiligne**



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 stabilisée E . 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.



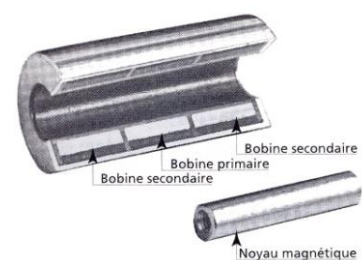
Capteurs inductifs

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.

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



MESURE DE TEMPERATURE

Thermocouples

INFORMATION	CARACTERISTIQUES	APPLICATIONS
Température	- Mesure de températures élevées - Assez bonne sensibilité - Capteur actif - Etalonnage délicat - Prix modéré - Etendue de mesure réduite	De – 100°C à + 150°C

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



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

$$E = \alpha (T_c - T_f)$$

Thermorésistances

INFORMATION	CARACTERISTIQUES	APPLICATIONS
Température	- Mesure de températures élevées - Assez bonne sensibilité - Grande stabilité - Auto-échauffement - Précision médiocre - Prix modéré	De – 200°C à + 1200°C

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

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.



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

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 °Celsius

CAPTEURS A SEMI-CONDUCTEUR

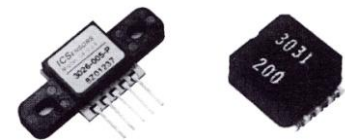
Circuit intégré

INFORMATION	CARACTERISTIQUES	APPLICATIONS
Température	- Bonne sensibilité - Bonne précision - Linéarité excellente - Bonne intégration - Prix modéré - Etendue de mesure réduite	De -100°C à $+150^{\circ}\text{C}$

Ces capteurs sont les plus employés actuellement pour une gamme de température usuelle.

On trouve dans le même boîtier l'élément sensible constitué d'une diode Zener et une amplification en tension.

On dispose en sortie d'une tension qui peut atteindre $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ et une précision inférieure à 1%.



On détecte la variation de température par mesure de la variation du courant traversant la diode en inverse.

APPLICATION 2

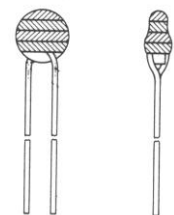
Thermistance

INFORMATION	CARACTERISTIQUES	APPLICATIONS
Température	- Bonne sensibilité - Bonne précision - Très faible coût - Plage étroite de température - Auto-échauffement important	De -80°C à 300°C

Ce sont des matériaux résistifs (oxydes métalliques) sensibles à la température, d'un coût plus faible que les thermorésistances.

On distingue 2 catégories de thermistances :

- Les thermistances CTN (Coefficient de Température Négatif) dont la valeur ohmique **diminue** quand la température augmente.
- Les thermistances CTP (Coefficient de Température Positif) dont la valeur ohmique **augmente** quand la température augmente.

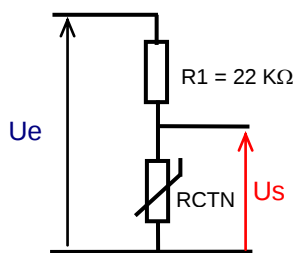


Mesure de la tension de sortie du capteur

Pour obtenir une tension proportionnelle à la température à laquelle est soumise la thermistance, on place celle-ci dans un pont diviseur de tension.

Le pont diviseur est un montage très utilisé dans les montages électroniques. Il permet de délivrer une tension proportionnelle à la variation d'une résistance.

Montage



La formule qui permet de donner la tension de sortie du pont diviseur réalisé par R1 et CTN en fonction de la tension d'entrée est la suivante .

$$U_s = \frac{U_e \times R_{CTN}}{R_1 + R_{CTN}}$$

MESURE DE LUMINOSITE

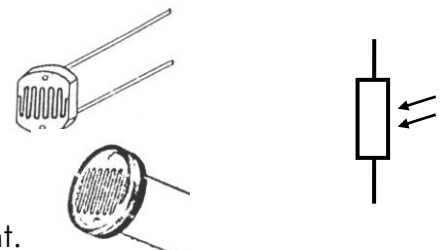
Photorésistance

La cellule ou résistance photoélectrique peut-être à juste titre classée parmi les semi-conducteurs.

En effet, une photo résistance au sulfure de cadmium peut être considérée comme une résistance dont la valeur dépend de la quantité de lumière qui la frappe.

Dans l'obscurité, la résistance possède une valeur très élevée de l'ordre du mégohm, tandis qu'à l'apparition d'un faisceau lumineux cette résistance passe à quelques centaines d'ohms seulement.

Une photo résistance possède deux connexions de sortie comme une résistance normale. Elle est moulée dans un morceau de plastique transparent.



Pour obtenir une tension proportionnelle à l'intensité lumineuse à laquelle est soumise la **photorésistance**, on place celle-ci dans un pont diviseur de tension. L'intensité lumineuse se mesure en LUX.

Applications : Mise en route de systèmes en fonction de l'intensité lumineuse. (stores électriques, lumières extérieures, etc.)

CAPTEURS SOLAIRES



Les capteurs solaires appelés aussi panneaux solaires, libèrent des charges électriques sous l'influence d'un rayonnement lumineux.

Le déplacement de ces charges modifie la tension aux bornes du matériau sensible.

Cette tension peut alors alimenter un récepteur ou recharger un accumulateur.

MESURES DE VITESSE

Génératrice tachymétrique

INFORMATION	CARACTERISTIQUES	APPLICATIONS
Vitesse angulaire	- Gamme étendue de mesure. - Donne le sens de rotation. - Bonne linéarité. - Bonne précision.	Champ d'application étendu sur une gamme de vitesses pouvant être très élevées (8000tr/min)

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

Quand le rotor (induit) tourne dans le champ magnétique statorique (inducteur) une tension est produite aux bornes de l'enroulement du rotor.

C'est cette tension qui est proportionnelle à la vitesse de rotation de la génératrice donc du moteur accouplé.

Ex : Génér tachy : 0 – 10V Moteur vitesse nominale 1500 tr/min

0 V → 0 tr/min

5 V → 750 tr/min

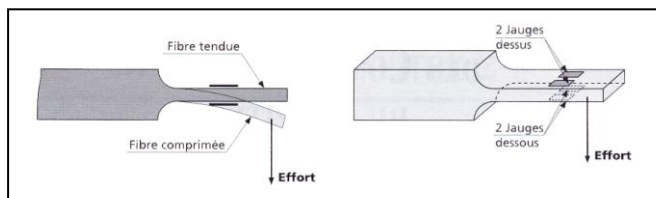
10 V → 1500 tr/min

MESURES D'EFFORT

Jauge de contrainte

INFORMATION	CARACTERISTIQUES	APPLICATIONS
Pression Force Poids	- Bonne précision. - Plage d'utilisation en température de -30)c à 120)c. - Haute limite de fatigue. - Electronique de traitement simple.	Applications nombreuses dans la recherche et dans l'industrie, et de plus en plus dans le génie civil.

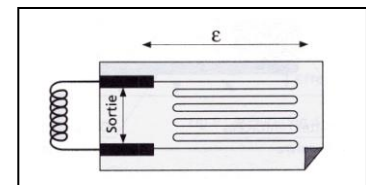
Les jauges de contrainte, parfois appelées jauges électriques d'extensiométrie, sont les éléments sensibles d'un capteur de force, dans lequel une modification dimensionnelle est traduite par une variation de résistance.



Différents types de jauges :

- Jauge à fil :

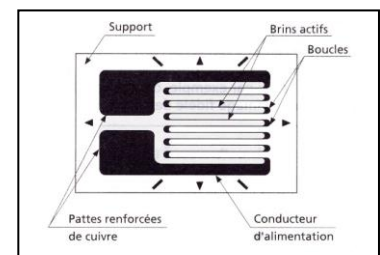
Elle est constituée d'un fil très fin collé sur un support très mince. Elle est collée sur la structure à étudier.



- Jauge à trame pelliculaire :

Un film métallique déposé sur un support isolant est gravé selon un motif.

Les brins les plus fins sont les brins actifs, les autres pistes (boucles, conducteurs d'alimentation et sorties) sont plus larges afin que leur résistance soit négligeable devant la somme des résistances des brins actifs.



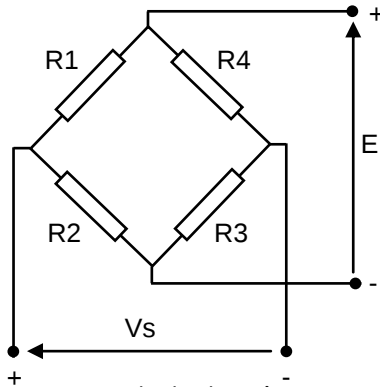
- Jauge à couche épaisse :

Elle est obtenue par dépôt sérigraphié d'une pâte résistive, sur un support d'alumine. Sur ce support, sont gravées les pistes conductrices, comme sur un support de circuit imprimé.

Remarque : Les jauges sont collées sur les structures à mesurer. Pour que les jauges subissent parfaitement les déformations de la structure, le collage doit être parfait.

Mesures par pont de Wheastone

La conversion des variations de résistance en une variation de tension est obtenue en insérant dans un pont de Wheatstone, la résistance d'une ou plusieurs jauges de contrainte.



Avec les jauges de contrainte, la variation de résistance est très faible et on a :

$$V_s \text{ nulle si : } R_1 \times R_3 = R_2 \times R_4$$

$$V_s = (E/4) (\Delta R_1/R_1 + \Delta R_2/R_2 + \Delta R_3/R_3 + \Delta R_4/R_4)$$

ΔR est la variation de résistance pendant

la mesure de la tension en sortie du pont et la déformation de la structure, ... du mV par volt d'alimentation.

Un montage électronique à base d'amplificateurs opérationnels amplifie cette variation de tension et effectue les diverses corrections.

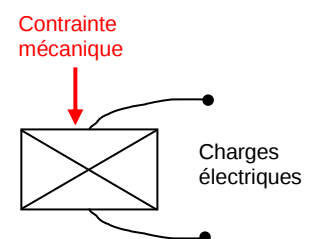
Applications

En plus des mesures en résistance des matériaux, les applications courantes sont nombreuses :

- Le pesage (pèse-personnes, pèse lettres, etc.)
- La mesure de couple (couplemètre sur les machines tournantes)
- La surveillance des ouvrages de génie civil (ponts, barrages, etc.)
- Le contrôle de traction d'un produit enroulé (mesure de la flexion d'un corps d'épreuve sollicité par le produit au cours de son enroulement)

LE QUARTZ

L'application d'une contrainte mécanique sur des matériaux dits « piézoélectriques » (quartz), entraîne une déformation qui suscite l'apparition de charges électriques.



Applications

Quantification de masses, pèses personnes, bascules de levage.

CAPTEURS NUMERIQUES : LES CODEURS

Mesure de positions et de déplacements

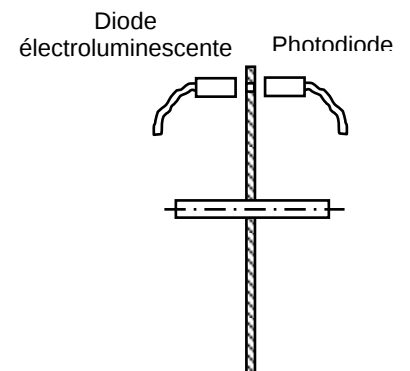
Pour contrôler la position et la vitesse de chariots de manutention, de machines d'usinages, de bras de robots, etc ... on utilise souvent des codeurs optiques rotatifs, fixés à l'extrémité de l'axe de transmission de mouvement.

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 une unité de traitement.



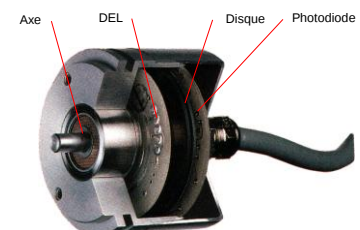
Il existe deux types de codeurs optiques rotatifs :

- Les codeurs incrémentaux
- Les codeurs absolus

LES CODEURS INCREMENTAUX

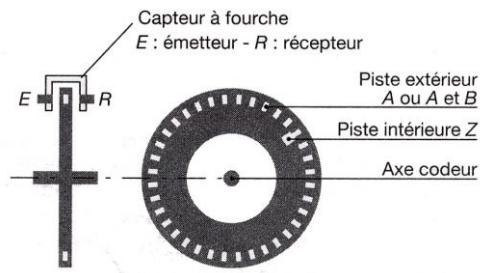
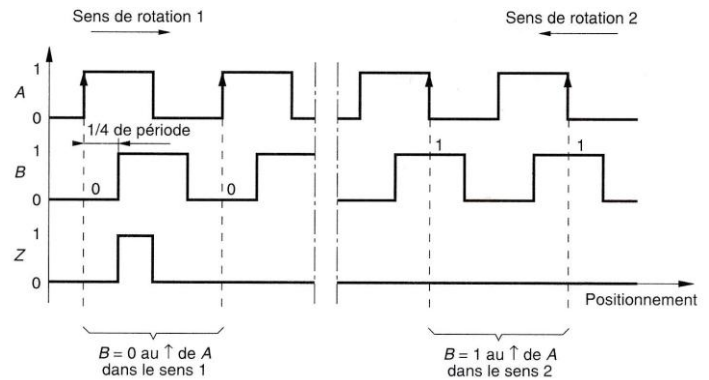
Le disque d'un codeur incrémental comporte 3 pistes :

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.



Deux photodiodes délivrent des signaux carrés pour les pistes A et B chaque fois que le faisceau lumineux traverse une zone transparente.

Une piste Z comporte une seule fenêtre transparente. Le signal Z appelé « top zéro » est synchrone avec les signaux A et B. Il définit une position de référence et permet la réinitialisation chaque tour.

**Disque****Signaux délivrés**

Le nombre de divisions de la piste extérieure définit la résolution du codeur.
 Ces codeurs possèdent des résolutions allant de 200 à 36 000.
 Ces codeurs génèrent des impulsions qui sont la plupart du temps traitées par un automate programmable avec entrée à comptage rapide.

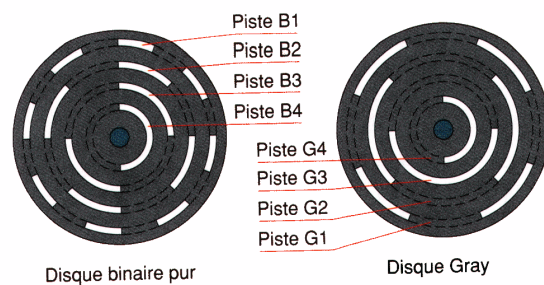
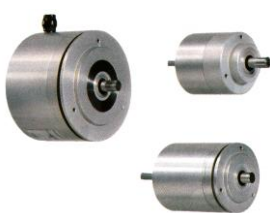
LES CODEURS ABSOLUS

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).



Deux types de codes sont utilisés :

Code binaire pur :

Le code binaire pur a l'inconvénient d'avoir plusieurs bits qui changent d'état entre deux positions, ce qui provoque des aléas de lecture.

Code Gray ou code binaire réfléchi :

Le code Gray est un code binaire dans lequel un seul bit change à la fois par combinaison binaire.

Ce code a l'avantage de ne pas posséder d'ambiguïté de lecture puisque une seule variable change à la fois.

DECIMAL	CODE BINAIRE PUR	CODE GRAY
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

LECTEUR DE CODE A BARRES

Les caisses enregistreuses à scanner, dans les hypermarchés, enregistrent et facturent les produits, grâce au code à barres figurant sur les emballages ou étiquettes.

Ce code est la carte d'identité du produit. Il permet une saisie et un traitement très rapide des données pour la délivrance du ticket de caisse, la gestion informatique des ventes et des stocks.

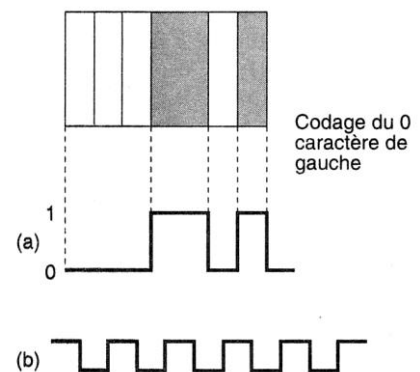
Principe :

Une source lumineuse (rouge visible ou infrarouge) balaye le code à barres.

La lumière émise est absorbée par la couleur noire (les barres) et réfléchiée par la couleur blanche (les espaces).

Ces variations lumineuses sont captées par un élément photosensible amplifiées, puis traitées : 1 pour les barres, 0 pour les espaces.

Le traitement compare le signal (a) à un signal d'horloge (b), pour déterminer si les espaces et les barres ont la même largeur. Le mot binaire sera ensuite transcodé, en décimal par exemple.



Les lecteurs manuels :

On les passe à la main sur le code.

Crayons optiques, pistolets ou douchettes, lecteur de

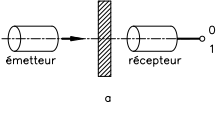
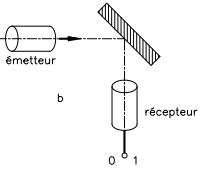
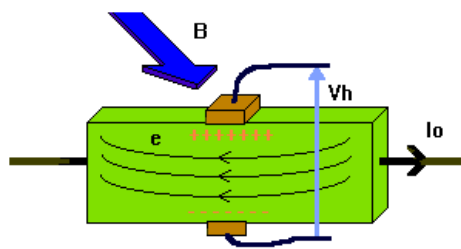
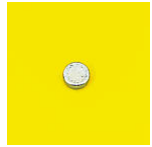
Les lecteurs automatiques :

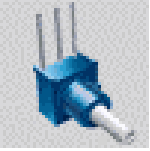
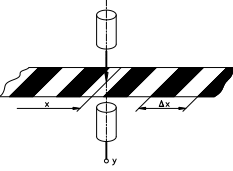
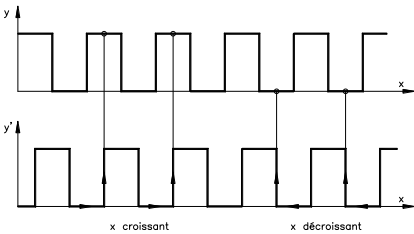
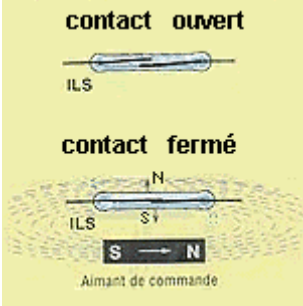
La lecture s'effectue à distance et en mouvement.

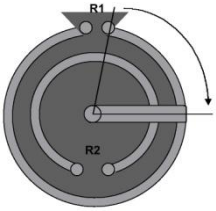
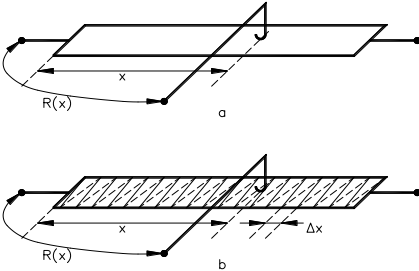
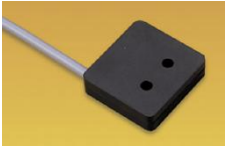
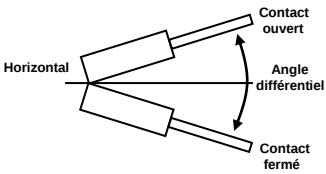
Les lecteurs scanners linéaires, à trame ...



DIFFERENTS TYPES DE MICROCAPTEURS

TYPE DE CAPTEURS	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	DESCRIPTIF ET MODALITES DE MISE EN ŒUVRE DU CAPTEUR	AVANTAGES	INCONVENIENTS
CAPTEUR OPTIQUE A RUPTURE DE FAISCEAU (Fig.a) OU A REFLEXION DE FAISCEAU (Fig.b) Capteur de position logique	Les barrières optiques sont constituées d'un émetteur de lumière et d'un récepteur placés de part et d'autre de la zone de détection. C'est l'occultation du faisceau par un objet qui est détecté par le récepteur optique. Les capteurs à réflexion utilise la partie à détecter comme réflecteur du rayon optique.	    Fig.a Fig.b	Résistance au mouvement quasi inexistante. Prix à partir de 3€ Encombrement à partir de 5mm.5mm.5mm	Nécessite la présence d'une surface réfléchissante sur la partie à détecter ou d'une partie mécanique créant l'obturation du faisceau. Alimentation électrique permanente (ou pulsée) de l'émetteur. Nécessité d'adapter l'information en sortie du capteur
CAPTEUR MAGNETO-ELECTRIQUE A EFFET HALL Capteur de position logique 	Ce capteur est un détecteur de champ magnétique (créé par la simple proximité d'un aimant). Il s'agit en fait d'un capteur de proximité. L'information délivrée en sortie est « adaptée » électriquement et donc directement exploitable par la partie commande du système auquel le capteur est connecté.	Un matériau semi-conducteur, sous forme d'une plaquette, parcouru par un courant I et soumis à un champ magnétique fait apparaître une tension V_h perpendiculaire au champ et au courant.  	Conception éliminant les contraintes mécaniques. Résistance au mouvement quasi inexistante Lecture « logique » directement adaptée en sortie du capteur. Poids (quelques grammes) et encombrement du capteur particulièrement réduits (à partir de 4mm.4mm.2mm) Prix à partir de 2€	Nécessite la présence d'un petit aimant fixé (ou collé) sur la partie mobile à détecter.  

CAPTEUR DE POSITION ROTATIF INCREMENTIEL  Capteur de position logique	Ce sont des capteurs de position par comptage d'événements. Ils sont constitués d'un disque gradué et transparent (ou réflectif) et de deux capteurs optiques de détection des graduations présentes sur le disque.	   	Détection du mouvement relatif et de la direction du mouvement	Adaptation mécanique à réaliser au niveau de l'axe du capteur. Nécessite la présence d'une structure électronique de traitement de l'information parfois intégrée au capteur. Prix relativement élevé à partir de 30€ Encombrement à partir de 25mm.25mm.25mm.
CONTACT « ILS » (INTERUPTEUR A LAME SOUPLE)  Capteur de position logique 	Relais miniature constitué d'une ampoule de verre remplie d'un gaz rare et à l'intérieur de laquelle se trouve un contact. Celui-ci est activé par la simple proximité d'un aimant.	Un ILS se présente sous la forme d'un petit tube de verre. Ce tube, rempli de gaz inerte, renferme deux petites lamelles flexibles en acier traité, souvent plaquées rhodium ou or, de façon à optimiser la qualité du contact (en évitant toute forme d'oscillation). Toute l'originalité de l'ILS vient du fait qu'il est piloté par un champ magnétique (aimant ou bobine) qui va provoquer le collage des lames souples. 	Adaptation mécanique aisée. Prix à partir de 2€. Encombrement 20mm.4mm.4mm	Le temps d'enclenchement (correspondant au temps mis par les lamelles pour entrer en contact lorsqu'un champ magnétique est appliqué) est de l'ordre de 0,5 ms (trop long pour certaines applications). L'information issue de l'ILS est adaptée pour son exploitation par la partie commande du système Nécessite la présence d'un aimant sur la partie mobile à détecter. 

POTENTIOMETRE de RECOPIE  Capteur de position analogique 	Un potentiomètre de recopie est constitué d'une résistance fixe sur laquelle peut se déplacer un contact électrique, le curseur). Celui-ci est solidaire mécaniquement de la pièce dont on veut traduire le déplacement ; il en est par ailleurs isolé électriquement.	 La valeur de la résistance entre le curseur et l'une des extrémités fixes est fonction de la position du curseur (donc de la pièce mobile dont on veut traduire électriquement la position). 	Pas de structure d'adaptation ou de traitement spécifique du signal de sortie. Information « analogique » directement proportionnelle à la position angulaire. Prix à partir de 10€ Encombrement à partir de 20mm.20mm.20 mm	Il est le siège de frottements internes (source de bruit) provoquant une usure progressive du capteur avec dégradation de ces performances (linéarité, précision), d'où une limitation du nombre de manœuvres possibles. Son fonctionnement peut-être affecté par l'atmosphère ambiante (humidité, poussière). Adaptation mécanique à réaliser au niveau de l'axe du capteur.
DETECTEUR D'INCLINAISON  Capteur de position logique 	Un détecteur d'inclinaison se comporte comme un contact dont l'ouverture et la fermeture dépendent de la position (ou de l'inclinaison) du capteur.	  La détection s'effectue par rapport à l'horizontale, au delà de la zone appelée « angle différentiel » fixée pour ce capteur à 15°. Si on dépasse l'horizontale de 7.5° , le contact du détecteur est systématiquement ouvert. Si on est inférieur de 7.5°, le contact est systématiquement fermé.	Boîtier hermétique n'utilisant pas de matériau toxique (pas de mercure). Prix à partir de 2€ Encombrement à partir de 10mm.5mm.5mm Aucun autre élément nécessaire pour la détection (pas d'aimant)	L'information issue de ce capteur est à adaptée pour son exploitation par la partie commande du système Adaptation mécanique à réaliser pour la fixation et du positionnement du capteur sur la partie mobile.

Il existe bien sûr d'autres types de capteurs :

- Capteurs de pression
- Capteurs d'humidité
- Capteurs d'odeurs
- Capteurs de fumée
- Capteurs d'humidité
- Capteurs infrarouge pour la détection des personnes
- Capteurs pour bris de glace
- Capteurs de vent
- Caméras vidéo
- Etc.

Nous ne pouvons les traiter tous en détail, mais les différentes applications de la vie courante ou industrielles nécessitent l'utilisation de nombreux types de capteurs.

CAPTEURS ARDUINO



Infrarouge Passif



Télémètre IR



Fourches Optiques



Diodes IR



Ultrasons



Hyperfréquence



Caméras



GPS



Boussoles



Vibrations



Capteurs Capacitifs



Sticks/Encodeurs



Force/Flexion



Accéléromètres



C.I accéléromètres



Gyroscope 1 axe



Gyroscopes 2 axes



Gyroscopes 3 axes



C.I Gyroscopes



IMU (Accel + gyro)



Pluie/vent/niveau



Température



Barométrique



Lumière/couleur



Magnétique



Convertisseurs A/N



Convertisseurs N/A



Mesure Volt/Ampère



Modules audio



Compléments

APPLICATION 1

On souhaite mesurer la fréquence de rotation d'un moteur asynchrone et connaître son sens de rotation.

Quel type de capteur doit-on choisir ?

Quel type d'information délivre t-il (analogique, logique, numérique) ?

APPLICATION 2

On souhaite connaître la position exacte du bras d'un robot lors de son déplacement.

Quel type de capteur doit-on choisir ?

Quel type d'information délivre t-il (analogique, logique, numérique) ?

APPLICATION 3

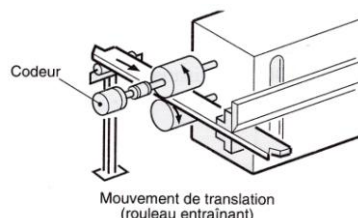
Un codeur absolu possède 4 bits. Combien il y a t-il de combinaisons possibles ?

APPLICATION 4

Une machine spéciale permet de découper des profilés en aluminium de longueurs variables pour fabriquer des cadres de dormants de fenêtre.

La barre est amenée vers la scie qui permet le découpage du profilé grâce à deux rouleaux qui entraîne cette barre.

Un codeur incrémental est fixé sur le même axe d'un des rouleaux. Il permet ainsi de comptabiliser le nombre de tours effectués par le rouleau pour en déduire la longueur du déplacement linéaire de la barre.



Diamètre des rouleaux 75 mm.

Précision de la longueur de coupe : 0,5 mm.

Quelle est la longueur du déplacement de la barre à chaque tour de rouleau ?

.....

On souhaite découper des barres de 450 mm. Quel sera alors le nombre de tours effectués par le rouleau d'entraînement donc par le codeur ?

.....

Le nombre de points par tour d'un codeur incrémental se nomme la « résolution » du codeur. Quel doit-être la résolution du codeur si l'on souhaite respecter la précision de coupe imposée dans le cahier des charges.

$$\text{Résolution} = \frac{1}{\text{précision (mm)}} \times \text{distance parcourue à chaque tour de rouleau}$$

.....