www.students.com

1. Définition

Un capteur est un **transducteur** qui permet de convertir une grandeur physique à mesurer ou **mesurande** (température, vitesse, humidité, pression, niveau, débit, ...) en une autre grandeur physique mesurable qui est un signal généralement électrique ou pneumatique.

Figure 1



2. Classification des capteurs

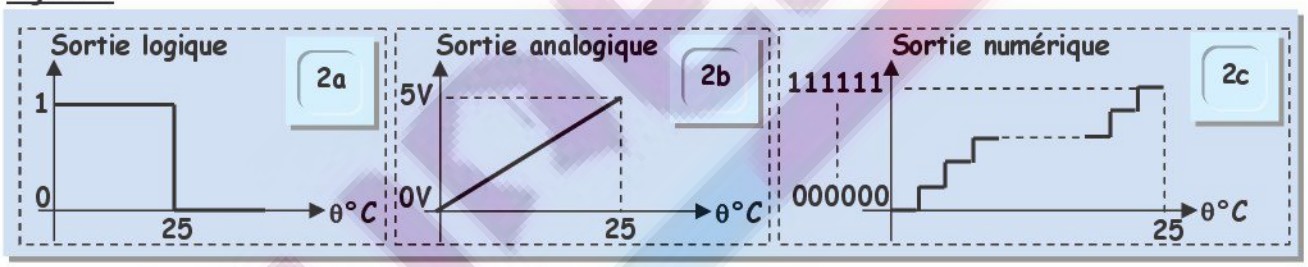
Selon la nature du signal ou information de sortie des capteurs on peut les classer en trois catégories :

☑ **Signal logique** : L'information ne peut prendre que les valeurs **1** ou **0**. On parle alors d'un **détecteur Tout Ou Rien "TOR"**. La figure 2a présente la caractéristique d'un thermostat réglé à une température de 25°C.

☑ **Signal analogique** : L'information peut prendre toutes les valeurs possibles entre **2** certaines valeurs limites. On parle alors d'un **capteur analogique**. La figure 2b montre la caractéristique de transfert d'un capteur analogique de température.

☑ **Signal numérique** : L'information fournie par le capteur est un nombre binaire codé sur **n** bits. On parle alors d'un **codeur numérique**. La figure 2c illustre le codage en 6 bits de l'information issue de la sortie d'un capteur numérique de température.

Figure 2



3. Caractéristiques d'un capteur

Les principales caractéristiques d'un capteur sont :

☑ **L'étendue de mesure** : C'est un intervalle de mesure délimité par les deux valeurs extrêmes, maximale et minimale, de la grandeur physique à mesurer. Elle s'exprime aussi par la différence de ces deux valeurs.

☑ **La sensibilité** : Ce paramètre caractérise la capacité du capteur à détecter la plus petite variation de la grandeur physique à mesurer. C'est le rapport entre la variation **ΔY** du signal électrique de sortie pour une variation donnée **ΔX** de la grandeur physique d'entrée à mesurer : **S=ΔY/ΔX.**

☑ **La fidélité** : Un capteur est dit fidèle si le signal qu'il délivre en sortie ne varie pas dans le temps pour une série de mesures concernant la même valeur de la grandeur physique d'entrée à mesurer.

☑ **La précision** : Elle caractérise l'aptitude d'un capteur à donner une mesure proche de la valeur réelle de la grandeur physique d'entrée à mesurer.

☑ **La rapidité** : C'est le temps de réponse ou de réaction d'un capteur. Il caractérise le temps mis entre la variation de la grandeur physique d'entrée à mesure et la variation correspondante du signal de sortie.

www.students.com

www.students.com

4. Capteurs logiques TOR : Tout Ou Rien

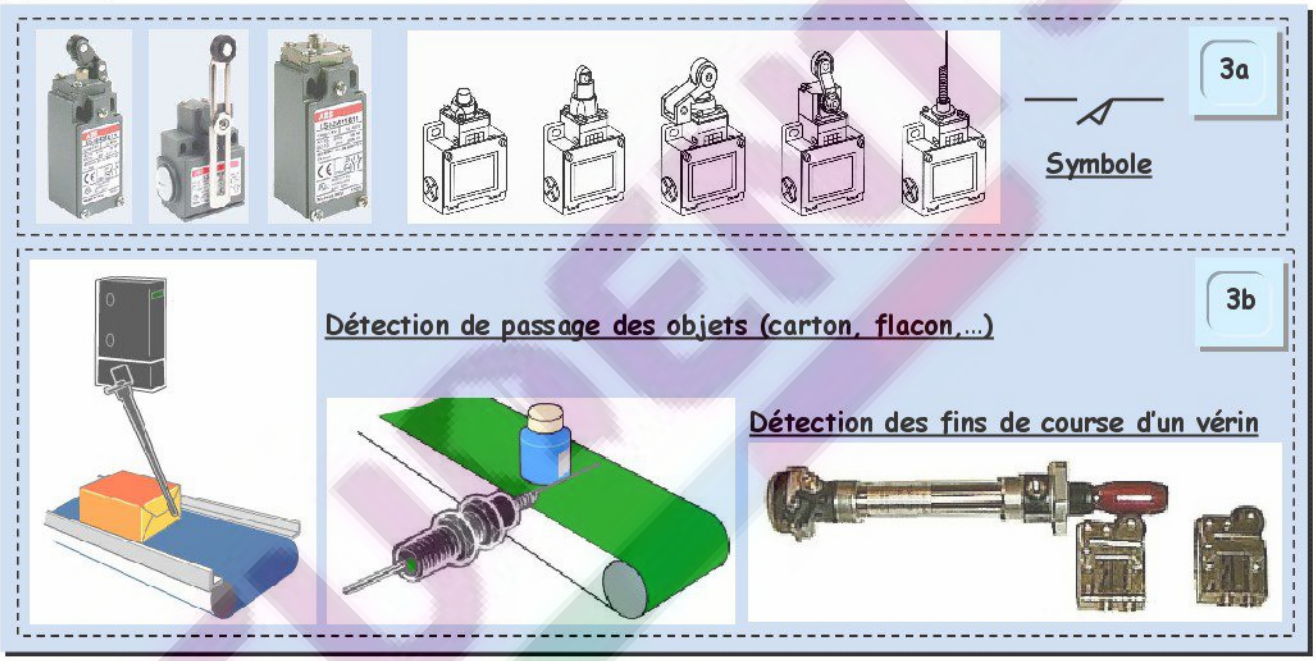
Les capteurs logiques **TOR** fournissent une information logique, généralement sous forme d'un contact électrique qui se ferme ou s'ouvre suivant l'état du capteur. Ils sont très répondus dans les systèmes automatisés et sont classés en deux familles :

☑ Capteurs avec contact ou Détecteurs de position.
☑ Capteurs sans contact ou Détecteurs de proximité.

41. Capteurs avec contact : Détecteurs de position

Un détecteur de position, appelé aussi détecteur de présence, est un interrupteur électromécanique commandé par le déplacement d'un organe de commande. Lorsque ce dernier est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique. La figure **3a** donne la gamme des interrupteurs de position et leur symbole normalisé alors que la figure **3b** illustre quelques exemples d'applications.

Figure 3 :



42. Capteurs sans contact : Détecteurs de proximité

A la différence des détecteurs de position à contact mécanique direct, les détecteurs de proximité opèrent à distance, sans contact avec l'objet à détecter.

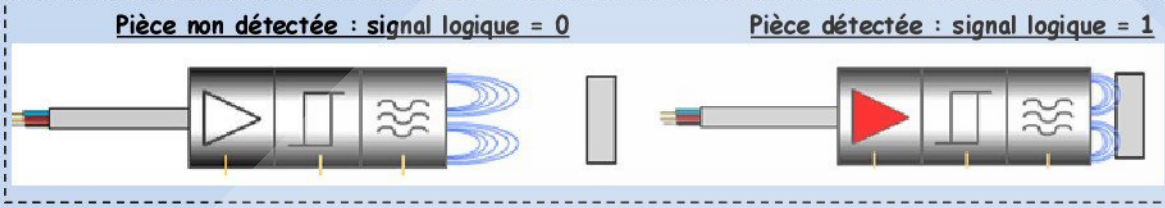
421. Détecteur de proximité inductif

Ce type de capteur est réservé à la détection sans contact d'objets métalliques.
Ces détecteurs fonctionnent grâce à la variation d'un champ électromagnétique perturbé par la proximité d'un objet métallique (conducteur du courant électrique).
La portée de détection varie de 1 à 60 mm selon le type du capteur, les conditions d'utilisation et la nature de l'objet à détecter (acier, aluminium, cuivre, ...).
La figure **4a** illustre le principe du fonctionnement d'un détecteur de proximité inductif alors que la figure **4b** représente le symbole normalisé du capteur et un exemple d'application typique.

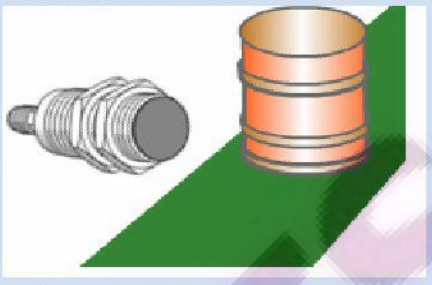
www.students.com

www.students.com

Figure 4









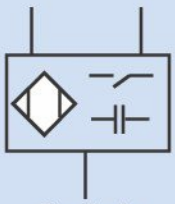
Détection de passage d'un objet Symbole

422. Détecteur de proximité capacitif

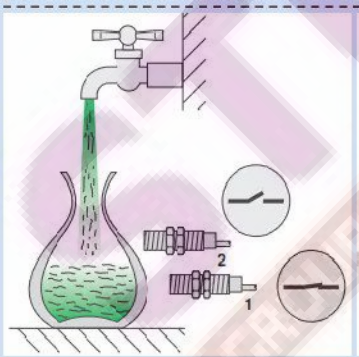
Les détecteurs de proximité capacitifs présentent l'avantage de pouvoir détecter à courte distance la présence de tous types d'objets (verre, plastique, carton, papier, métaux, liquides, poudres, ...).
Le mode de fonctionnement des détecteurs capacitifs est similaire à celui des détecteurs inductifs mais ils produisent un champ électrique qui se trouve modifié par l'approche d'un objet quelconque.
La figure **5a** montre le symbole du capteur alors que la figure **5b** donne quelques exemples d'applications.

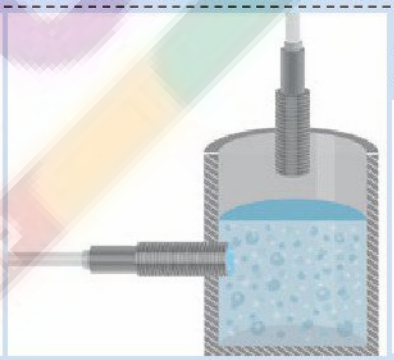
Figure 5



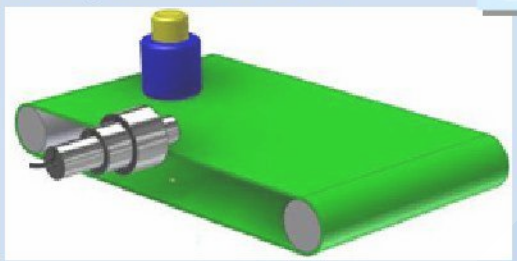


Symbole





Détection du niveau des liquides et de présence des objets



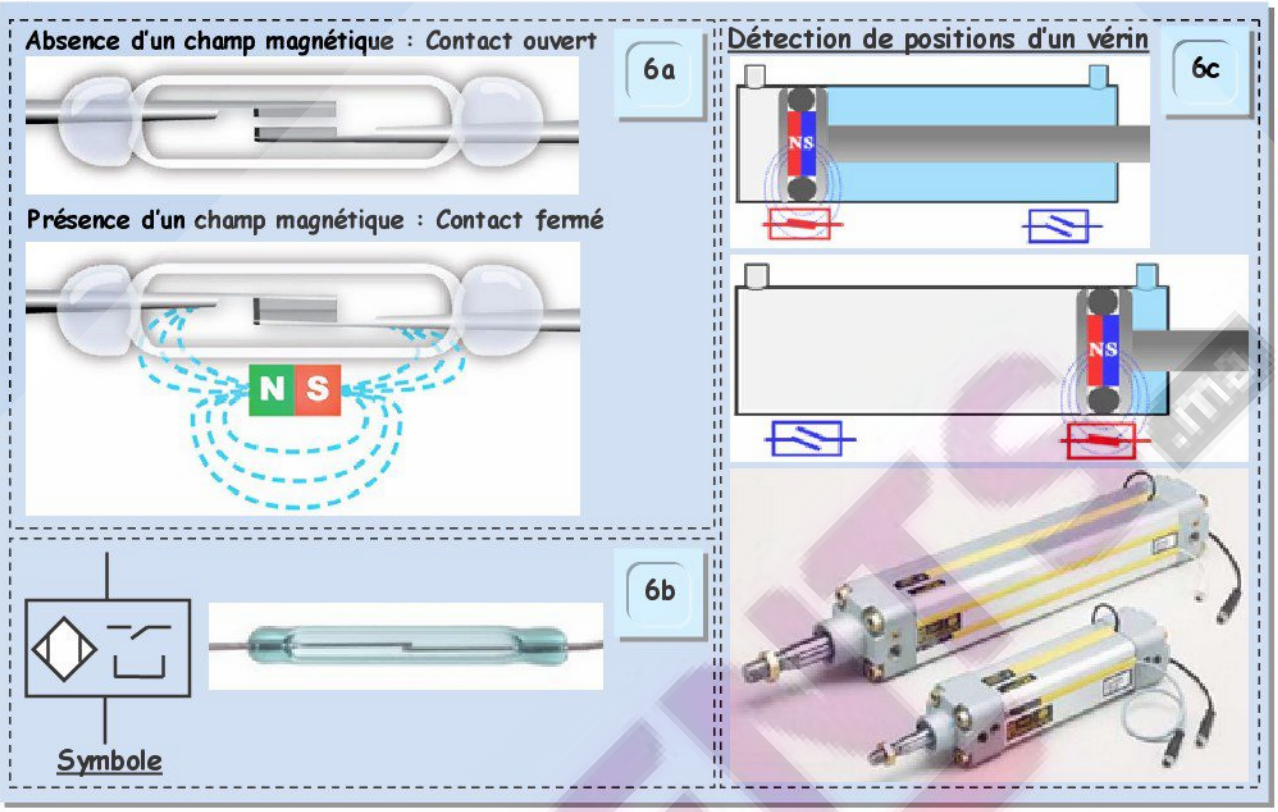
423. Détecteur de proximité magnétique

Un interrupteur à lame souple **ILS** est constitué d'un boîtier à l'intérieur duquel est placé un contact électrique métallique souple sensible au champ magnétique. Lorsque le champ est dirigé vers la face sensible du capteur le contact se ferme et en absence du champ il s'ouvre.
La figure **6a** illustre le principe de fonctionnement d'un capteur ILS alors que la figure **6b** donne le symbole d'un tel capteur et la figure **6c** représente un exemple d'application du même capteur.

www.students.com

www.students.com

Figure 6



424. Détecteur de proximité photoélectrique

Les cellules photoélectriques permettent de détecter sans contact tous les matériaux opaques ou réfléchissants, conducteurs d'électricité ou non. Ce type de capteurs se compose essentiellement d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.

Figure 7



On distingue trois systèmes de base pour détecter un objet à l'aide de ce type de capteur (voir figure 8) :

☑ **Système barrage** : L'émetteur et le récepteur sont logés dans des boîtiers séparés. L'objet est détecté lorsqu'il interrompt le faisceau lumineux. Ce système autorise les plus grandes distances, jusqu'à 30 m.

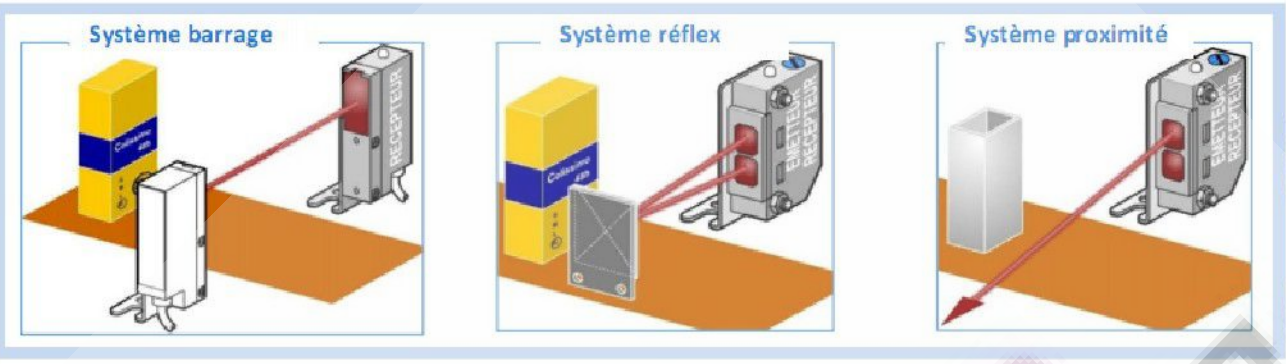
☑ **Système réflex** : L'émetteur et le récepteur sont dans un même boîtier. Le faisceau lumineux émis est renvoyé vers le récepteur par un réflecteur. La détection se fait par coupure du faisceau. La portée est plus faible que dans le système barrage (10 à 15 m).

☑ **Système proximité** : L'émetteur et le récepteur sont dans un même boîtier. La détection se fait lorsque le faisceau lumineux est renvoyé par l'objet. La portée est plus faible qu'avec le système réflex, elle est fonction de la couleur de l'objet, de son pouvoir réfléchissant et de ses dimensions. Elle augmente si l'objet est de couleur claire ou de grande dimension.

www.students.com

www.students.com

Figure 8



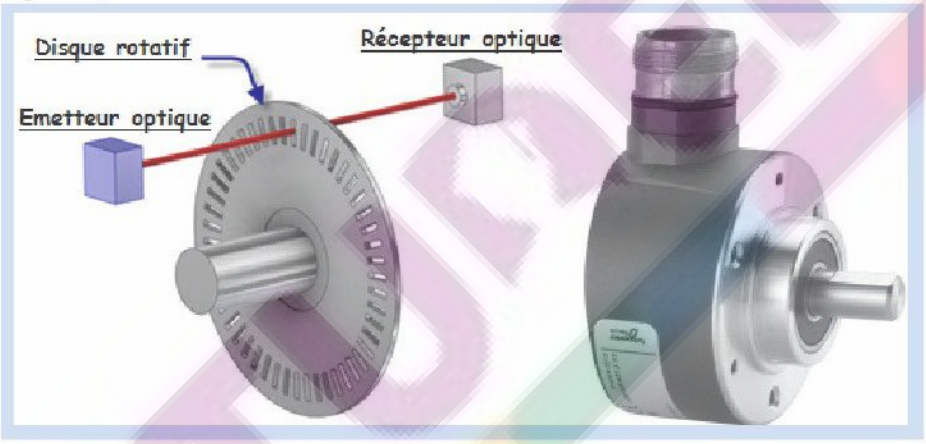
5. Capteurs numériques : Codeurs optiques

51. Constitution

Un codeur optique rotatif est constitué d'un :

☑ Disque lié mécaniquement par son axe à l'arbre qui l'entraîne en rotation. Ce disque comporte une suite de zones opaques et transparentes.
☑ Système optique disposé à proximité du disque. Il est formé d'un émetteur et d'un récepteur optiques. L'émetteur de lumière est une diode électroluminescente (**LED**) alors que le récepteur photosensible est un phototransistor ou une photodiode (**capteurs de lumière**).

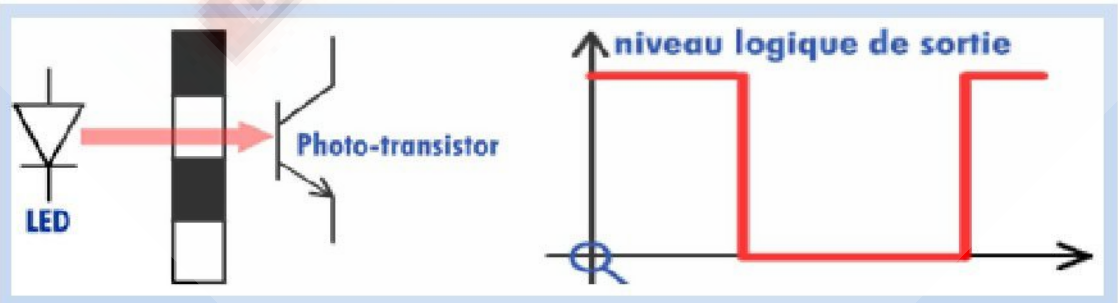
Figure 9



52. Principe de fonctionnement

La lumière émise par l'émetteur est captée par le récepteur chaque fois qu'elle traverse les zones transparentes du disque. Le récepteur génère alors un signal électrique qui, après conditionnement, sera converti en un signal de forme carré. Lorsque le disque tourne, le signal de sortie du codeur est alors constitué d'une succession de signaux carrés.

Figure 10



www.students.com

www.students.com

53. Applications

Les codeurs optiques permettent de fournir des informations de :

☑ Position et déplacement angulaires d'un objet en rotation.
☑ Position et déplacement linéaires d'un objet en translation.
☑ Vitesse angulaire (fréquence de rotation) d'un objet mobile ou d'un arbre en rotation.
☑ Vitesse linéaire d'un objet mobile ou d'un axe en translation.

54. Classification

Les codeurs optiques sont classés en deux familles : les **codeurs incrémentaux** et **les codeurs absolus**.

55. Codeurs incrémentaux

551. Présentation

Les codeurs incrémentaux sont destinés à des applications de positionnement et de contrôle de déplacement d'un mobile.
Ils délivrent un train d'impulsions dont le nombre permet de déduire le déplacement et dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse de déplacement.

Figure 11

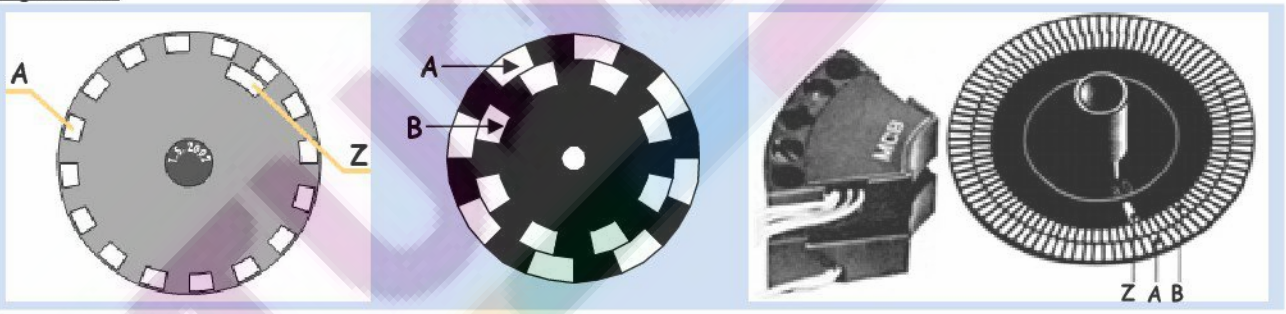


552. Structure du disque

Le disque du codeur comporte au maximum **3** pistes :

☑ Une piste principale **A** divisée en **n** fentes ou fenêtres régulièrement réparties.
☑ Une piste d'indication de sens de rotation **B** décalée par rapport à **A** d'un quart de largeur de fente.
☑ Une piste « top zéro » **Z** qui ne contient qu'une seule fente.

Figure 12



553. Exploitation des voies

Le codeur incrémental possède au maximum **3** têtes de lecture :

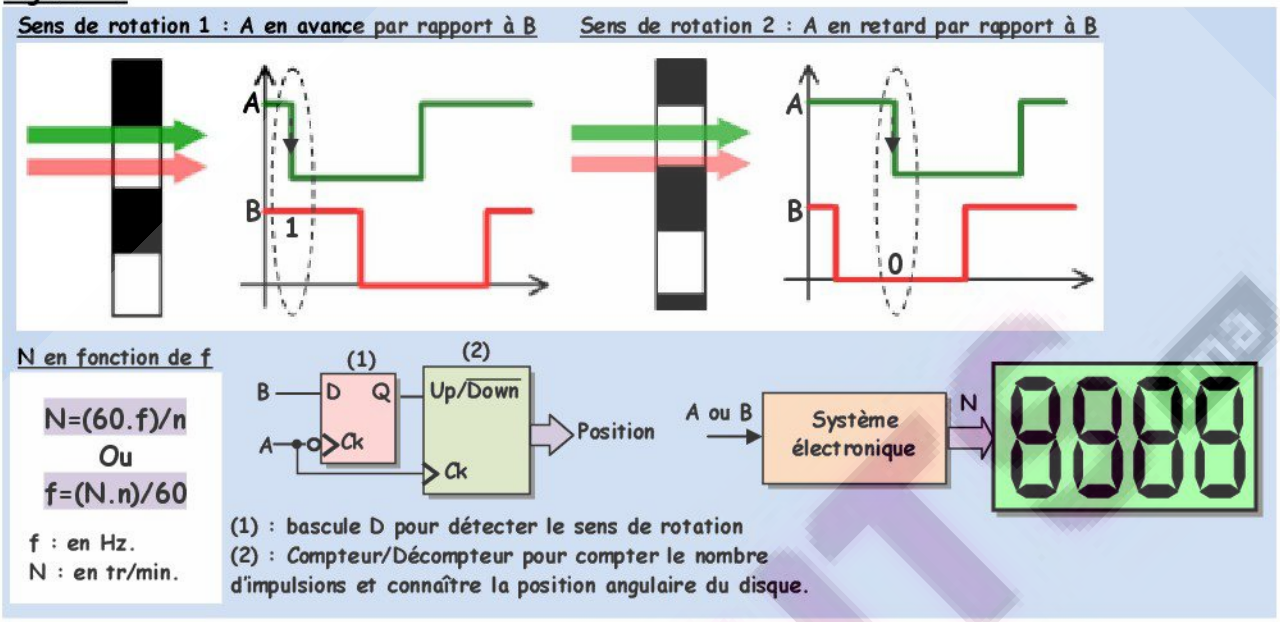
☑ Une tête de lecture affectée à la voie **Z** qui délivre une impulsion par tour permettant ainsi de :
➢ Compter le nombre de tours effectués par le disque.
➢ Définir et connaitre une position de référence ou d'origine.
➢ Réinitialiser le compteur de positions à chaque tour.

☑ Deux têtes de lecture réservées aux voies **A** et **B** :
➢ Chaque tête, prise seule, permet de connaître l'angle de rotation ou position angulaire du disque en comptant le nombre d'impulsions reçues.
➢ Les deux signaux issus des têtes de lecture sont décalés dans le temps permettant de déterminer ainsi le sens de rotation du disque en détectant quelle voie change d'état en premier.
➢ La période des signaux **A** et **B** dépend fortement de la vitesse d'entraînement de l'axe du disque.
Donc, la mesure de la fréquence **f** de l'un des signaux **A** ou **B**, par un système électronique adéquat, aboutit à la mesure de la fréquence de rotation **N** du disque.

www.students.com

www.students.com

Figure 13



554. Caractéristiques

Les principales caractéristiques d'un codeur incrémental sont :

☑ Résolution **R** : C'est le nombre de points (ou de périodes ou d'impulsions) par tour. Elle est définie par **R=n**.
☑ Précision angulaire ou pas angulaire : C'est la plus petite valeur d'angle **θ** mesurée par le codeur **θ=360/n**.
☑ Nombre de voies ou de pistes.
☑ Tension d'alimentation.
☑ Fréquence maximale de lecture ou rapidité : C'est la valeur de la fréquence maximale f_{max} des signaux émis par le codeur. Cette donnée permet de calculer alors la fréquence de rotation maximale N_{max} admissible.

Exemple numérique : Soit un codeur incrémental de **100 points/tour** et f_{max}=**10 KHz**. Le pas du codeur vaut **θ=3,6°** alors que la fréquence de rotation maximale admissible par le codeur vaut N_{max}=**6000 tr/min**.

56. Codeurs absolus

561. Présentation

Les codeurs absolus ou codeurs numériques de position sont destinés à des applications pour lesquelles on souhaite obtenir l'information de position. Ils délivrent en permanence un code numérique qui est l'image de la position réelle du mobile à contrôler. Chaque position du disque correspond alors à une valeur numérique unique.

Figure 14



562. Structure du disque

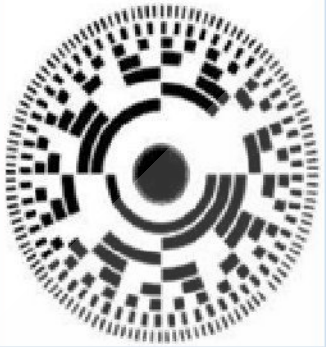
Le disque du codeur comporte plusieurs pistes concentriques et d'une tête de lecture par piste. Le nombre de pistes détermine le nombre de positions différentes qui peuvent être définies à l'intérieur d'un tour du disque. Les codeurs numériques industriels comportent jusqu'à **24** pistes.
Un codeur numérique qui comporte un disque de **n** pistes délivre 2^n positions différentes codées sur **n** bits.
Les pistes du disque sont réalisées en utilisant le code **Gray** ou binaire réfléchi à la place du code binaire naturel ou binaire pur.

www.students.com

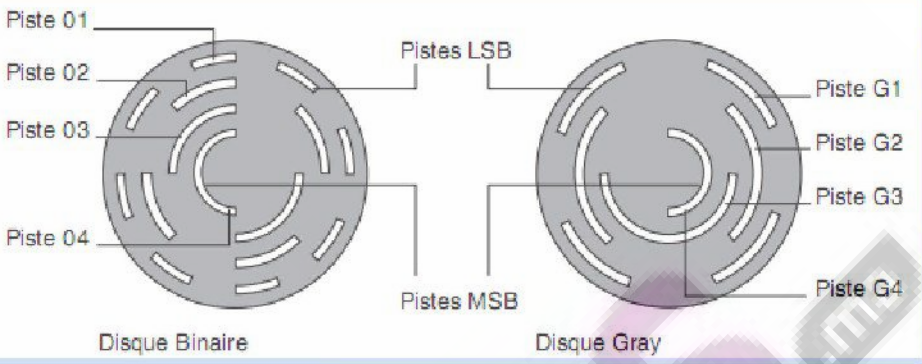
www.students.com

Figure 15

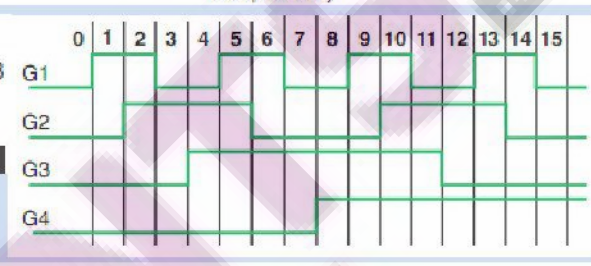
Codeur de 256 positions



Disques gravés d'un codeur de 16 positions



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	◄ LSB
	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	
	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	



Lecture optique du disque d'un codeur de 16 positions et signaux délivrés en code Gray par le codeur.

563. Caractéristiques

Les principales caractéristiques d'un codeur incrémental sont :

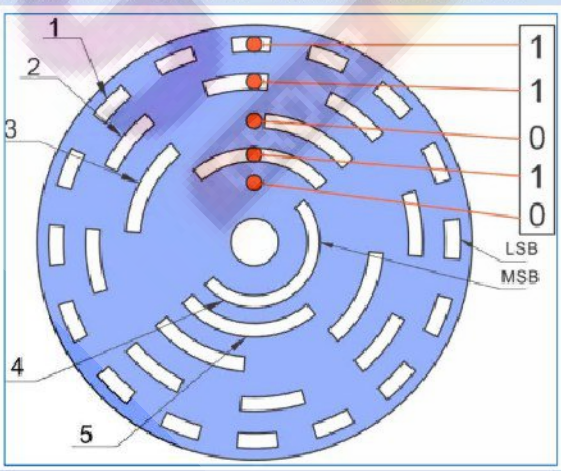
☑ Nombre de pistes : C'est le nombre **n** qui fixe le nombre de bits du code ainsi que le nombre de positions.
☑ Résolution **R** : C'est le nombre de points ou de positions par tour. Elle est définie par $R=2^n$.
☑ Précision angulaire ou pas angulaire : C'est la plus petite valeur d'angle **θ** mesurée par le codeur $\theta=360/2^n$.
☑ Tension d'alimentation.
☑ Fréquence maximale de lecture.
☑ Fréquence de rotation maximale.
☑ Type du codage utilisé (code Gray ou code binaire naturel) pour coder la position.

564. Exemple

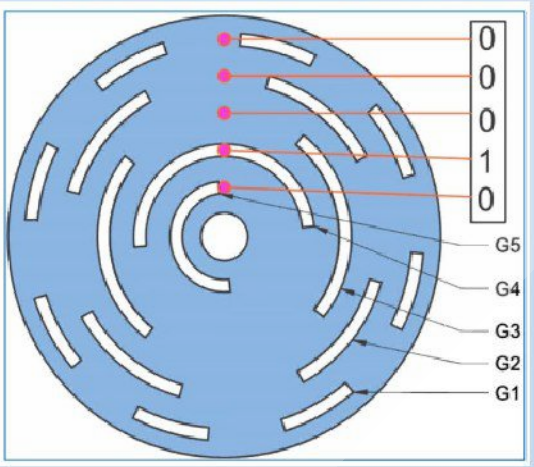
La figure 16 illustre l'exemple d'un codeur numérique de **5** pistes ⇒ **32** positions et chaque position angulaire sera codée sur **5** bits. Sa résolution **R** est égale à **32** alors que sa précision **θ** vaut **11,25°**.
On remarque que le fenêtrage des disques est différent selon le codage utilisé (Gray ou binaire naturel).

Figure 16

Disque binaire de 5 bits : Position détectée est 11



Disque Gray de 5 bits : Position détectée est 15



www.students.com