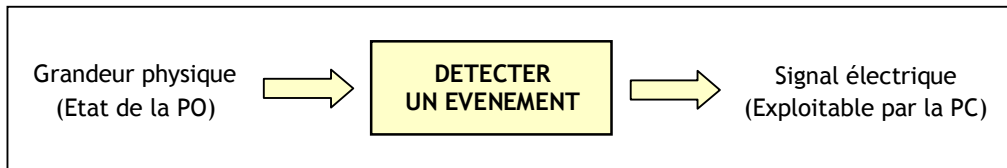


1. DEFINITION :

Un capteur est un composant technique qui détecte un événement physique se rapportant au fonctionnement du système (présence d'une pièce, température, etc.) et traduit cet événement en un signal exploitable par la PC de ce système. Ce signal est généralement électrique sous forme d'un signal basse tension. La figure 1 illustre le rôle d'un capteur :

Fig. 1 : Rôle général d'un capteur



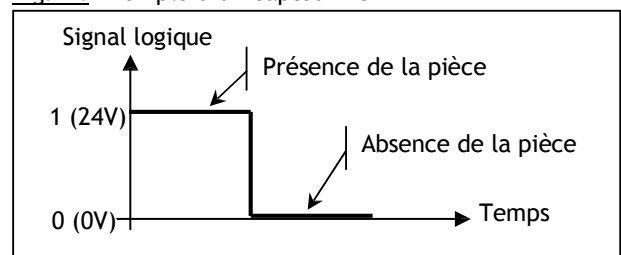
L'information détectée par un capteur peut être d'une grande variété, ce qui implique une grande variété de besoins en capteurs. On cite parmi les plus connus et fréquents, les capteurs de position, de présence, de vitesse, de température et de niveau.

2. NATURE DE L'INFORMATION FOURNIE PAR UN CAPTEUR :

Suivant son type, L'information qu'un capteur fournit à la PC peut être :

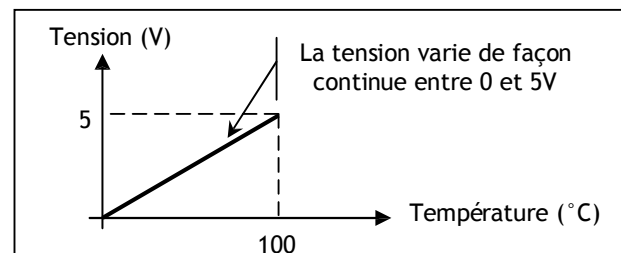
- **Logique** : L'information ne peut prendre que les valeurs 1 ou 0 ; on parle alors d'un capteur Tout ou Rien (TOR). La figure 2 montre la caractéristique d'un capteur de position :

Fig. 2 : Exemple d'un capteur TOR



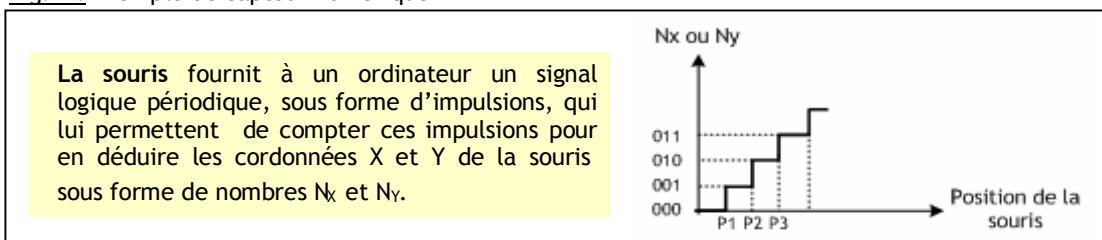
- **Analogique** : L'information peut prendre toutes les valeurs possibles entre 2 certaines valeurs limites ; on parle alors d'un capteur analogique. La figure 3 montre la caractéristique d'un capteur de température :

Fig. 3 : Exemple d'un capteur analogique



- **Numérique** : L'information fournie par le capteur permet à la PC d'en déduire un nombre binaire sur n bits ; on parle alors d'un capteur numérique. La figure 4 illustre le principe de fonctionnement de la souris :

Fig. 4 : Exemple de capteur numérique



3. CARACTERISTIQUES D'UN CAPTEUR :

Certains paramètres sont communs à tous les capteurs. Ils caractérisent les contraintes de mise en œuvre et permettent le choix d'un capteur :

- **L'étendue de la mesure** : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- **La sensibilité** : ce paramètre caractérise la capacité du capteur à détecter la plus petite variation de la grandeur à mesurer. C'est le rapport entre la variation ΔV du signal électrique de sortie pour une variation donnée $\Delta \Psi$ de la grandeur physique d'entrée : $S = \Delta V / \Delta \Psi$
- **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 Ψ d'entrée. Il caractérise l'influence du vieillissement.
- **Le temps de réponse** : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information est prise en compte par la partie commande.

4. CAPTEURS LOGIQUES (Tout Ou Rien : TOR) :

Les capteurs TOR fournissent une information logique, généralement sous forme d'un contact électrique qui se ferme ou s'ouvre suivant l'état du capteur.

4.1- Capteurs avec contact :

Ce type de capteur est constitué d'un contact électrique qui s'ouvre ou se ferme lorsque l'objet à détecter actionne par contact un élément mobile du capteur (dispositif d'attaque). Les gammes de ce type de capteur sont très variées ; elles sont fonction des problèmes posés par leur utilisation.

Ainsi, la tête de commande et le dispositif d'attaque sont déterminés à partir de :

- La forme de l'objet : came 30°, face plane ou forme quelconque ;
- La trajectoire de l'objet : frontale, latérale ou multidirectionnelle ;
- La précision de guidage.

Les figures suivantes montrent des exemples de capteur de position :

Fig. 5 : Capteur rectiligne à poussoir

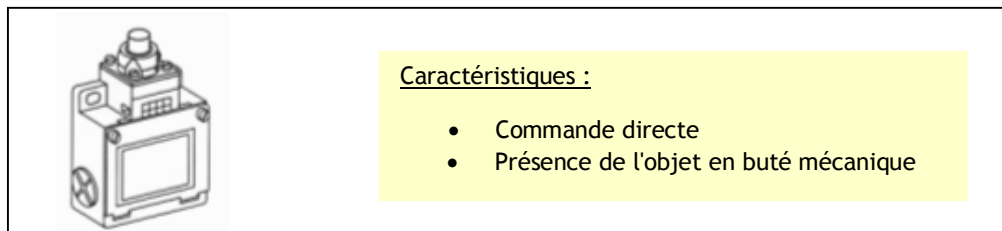


Fig. 6 : Capteur rectiligne à poussoir à galet thermoplastique

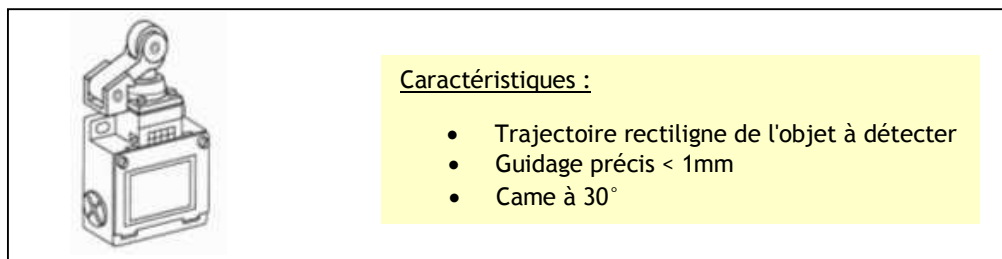


Fig. 7 : Capteur angulaire à levier à galet

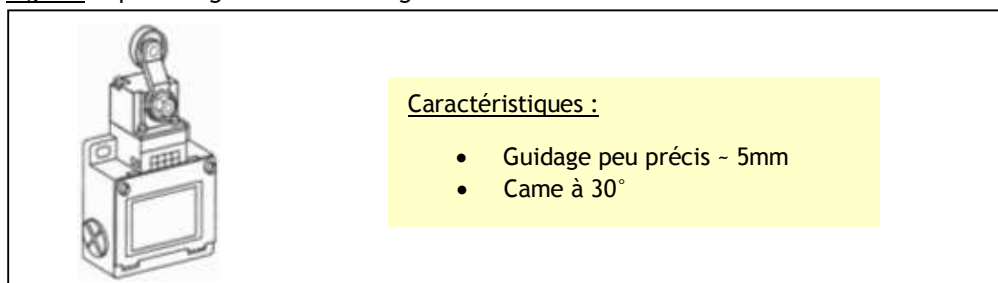
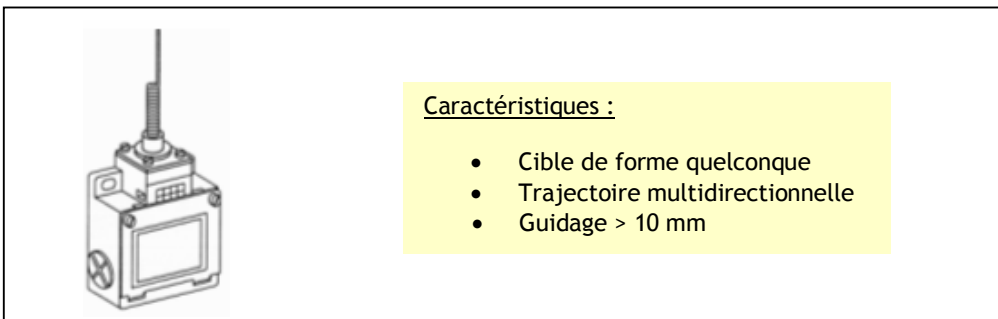


Fig. 8 : Capteur à tige souple à ressort



4.2- Capteurs sans contact :

Les capteurs sans contact ou de proximité détectent à distance et sans contact avec l'objet dont ils contrôlent la position. Un contact électrique s'ouvre alors ou se ferme en fonction de la présence ou du non présence d'un objet dans la zone sensible du capteur.

A l'inverse des capteurs avec contacts, les capteurs de proximité sont des détecteurs statiques (pas de pièce mobile) dont la durée de vie est indépendante du nombre de manœuvres. Ils ont aussi une très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante).

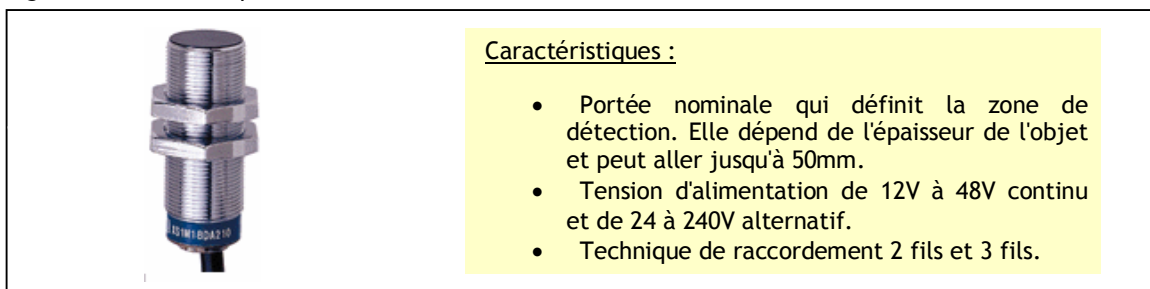
Le choix d'un détecteur de proximité dépend :

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

4.2.1- Capteurs inductifs :

La technologie des détecteurs de proximité inductifs est basée sur la variation d'un champ magnétique à l'approche d'un objet conducteur du courant électrique. Leur usage est uniquement réservé à la détection d'éléments métalliques dans les secteurs de la machine-outil, l'agro-alimentaire, la robotique, et les applications de l'usinage, la manutention, l'assemblage, le convoyage.

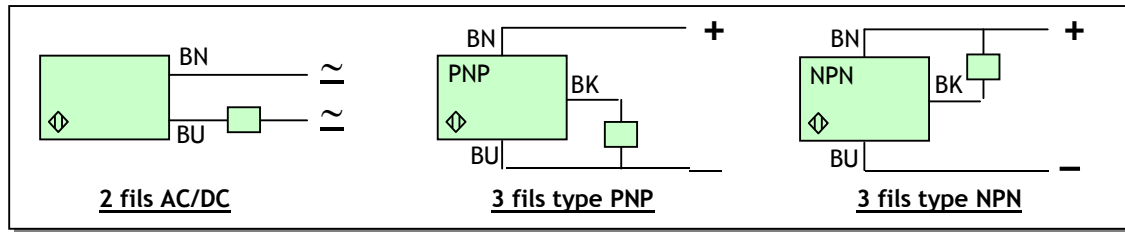
Fig. 9 : Détecteur de proximité inductif



Les détecteurs inductifs existent suivant différents modèles ; ceci en fonction de leur mode de raccordement comme c'est illustré à la figure 10 :

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

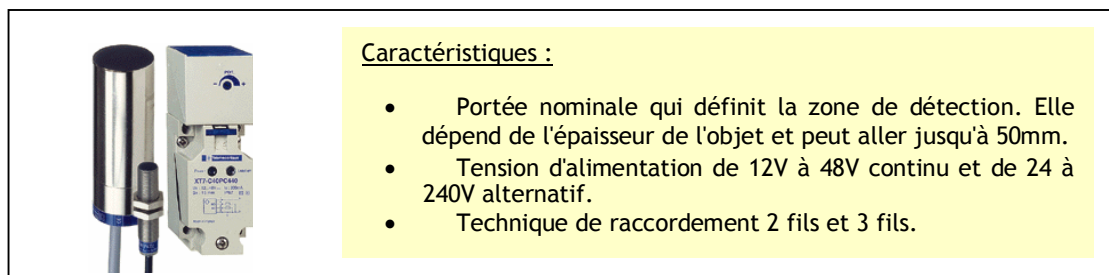
Fig. 10 : Technique de raccordement des capteurs inductifs et capacitifs



4.2.2- Capteurs capacitifs :

La technologie des détecteurs de proximité capacitifs est basée sur la variation d'un champ électrique à l'approche d'un objet quelconque. Ils permettent de détecter tout type d'objet dans les domaines de l'agro-alimentaire, de la chimie, de la transformation des matières plastiques, du bois et des matériaux de construction.

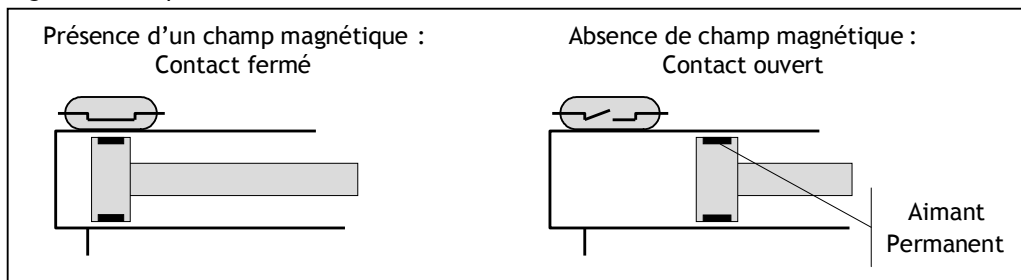
Fig. 11 : Détecteur de proximité capacitif



4.2.3- Capteurs magnétiques :

Un interrupteur à lame souple (I.L.S.) est constitué d'un boîtier à l'intérieur duquel est placé un contact électrique métallique souple sensible aux champs magnétiques. Il permet de détecter tous les matériaux magnétiques dans le domaine de la domotique pour la détection de fermeture de portes et fenêtres et le domaine pneumatique pour la détection de la position d'un vérin, etc.

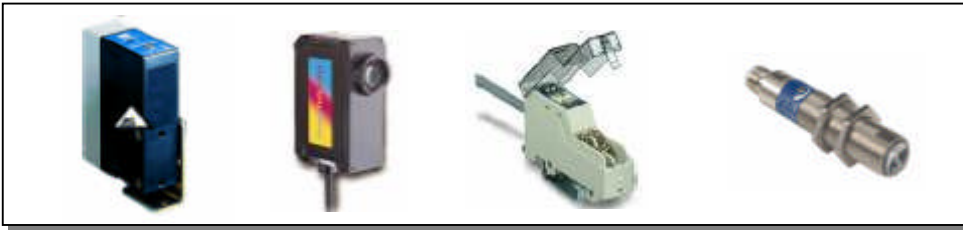
Fig. 12 : Principe de fonctionnement d'un ILS



4.3- Capteurs Photoélectriques à distance :

Les cellules photoélectriques permettent de détecter sans contact tous les matériaux opaques (non transparents), conducteurs d'électricité ou non. Ce type de capteurs se compose essentiellement d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible. La figure 13 montre une illustration de quelques capteurs photoélectriques :

Fig. 13 : Exemple de capteurs photoélectriques



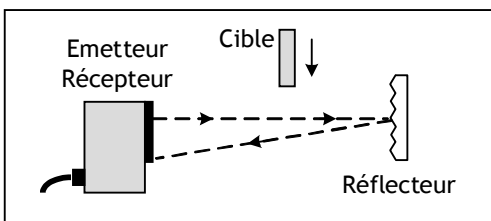
Ces détecteurs sont utilisés dans les domaines industriels et tertiaires les plus divers comme :

- La détection d'objets et de produits dans la manutention et le convoyage ;
- La détection de pièces machine dans les secteurs de la robotique et du bâtiment ;
- La détection de personnes, de véhicules ou d'animaux, etc.

Pour réaliser la détection d'objets dans les différentes applications, 3 techniques de montages sont possibles:

- **Système barrage** (figure 14) caractérisé par :
 - ✓ L'émetteur et le récepteur sont situés dans deux boîtiers séparés ;
 - ✓ La portée la plus longue pour ce type de capteur (jusqu'à 30 m) ;
 - ✓ Le faisceau est émis en infrarouge ;
 - ✓ La détection des objets opaques ou réfléchissant quelque soit le matériau ;
 - ✓ L'alignement entre émetteur et récepteur doit être réalisé avec soin.
- **Système reflex** (figure 15) caractérisé par :
 - ✓ L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier ;
 - ✓ Utilisation d'un réflecteur qui renvoie le faisceau lumineux en cas d'absence de cible ;
 - ✓ La portée peut atteindre jusqu'à 15 m ;
 - ✓ Le faisceau est émis en infrarouge ;
 - ✓ La détection des objets opaques et non réfléchissant quelque soit le matériau ;
- **Système proximité** (figure 16) caractérisé par :
 - ✓ L'émetteur et le récepteur sont situés dans le même boîtier ;
 - ✓ La présence de la cible renvoie le faisceau lumineux vers le capteur ;
 - ✓ La portée dépend de la couleur de la cible, de son pouvoir réfléchissant et de ses dimensions. Elle augmente si l'objet est de couleur claire ou de grande dimension.

Fig. 15 : Montage type " Reflex "



Réflecteur



Fig. 14 : Montage type " Barrage "

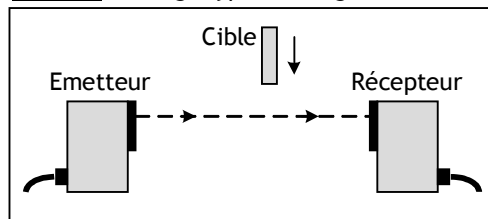
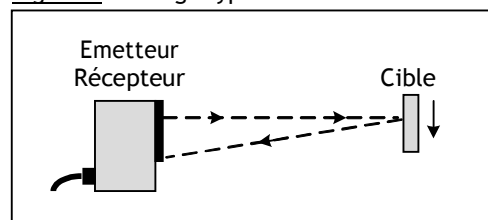


Fig. 16 : Montage type " Proximité "

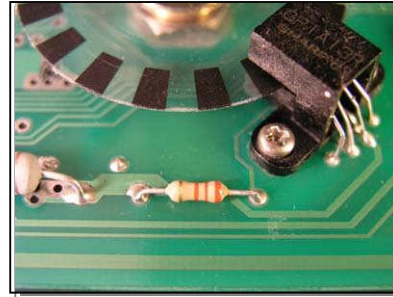
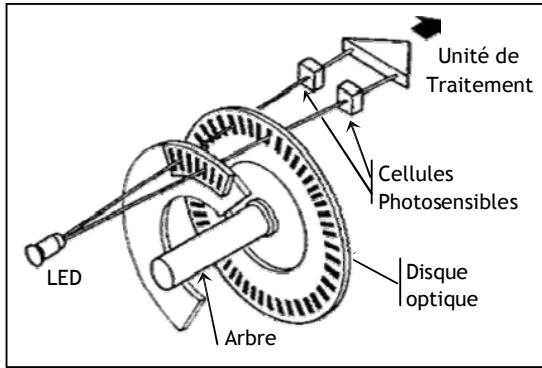


5. CAPTEURS NUMERIQUES :

5.1- Codeur optique incrémental :

Un disque rotatif comporte au maximum 3 pistes. La piste périphérique A du disque est divisée en "n" fentes régulièrement réparties. Ainsi, pour un tour complet de l'axe du codeur, le faisceau lumineux est interrompu n fois et délivre à la sortie de la cellule photosensible "n" signaux carrés. La figure 18 décrit un capteur incrémental :

Fig. 18 : Codeur optique incrémental



Pour connaître le sens de rotation du codeur, on utilise une deuxième piste B qui sera décalée par rapport à la première de 90° ($1/4$ de tour).

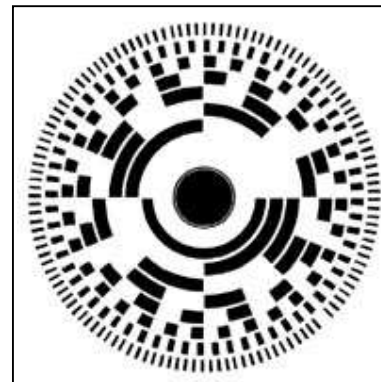
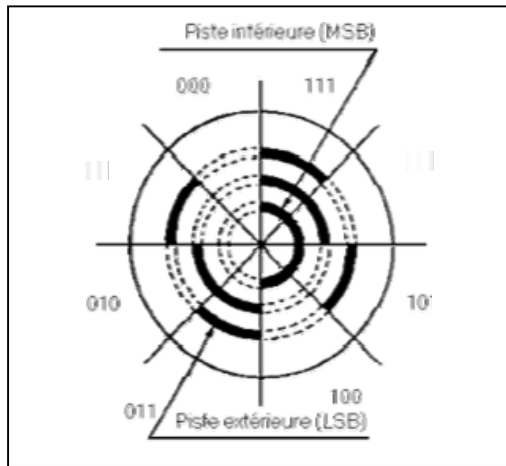
5.2- Codeur optique absolu :

Les codeurs absolus sont destinés à des applications de contrôle de déplacement et de positionnement d'un mobile par codage. Le disque du codeur comporte plusieurs pistes (jusqu'à 20). Chaque piste est alternativement opaque et transparente et possède son propre système de lecture (diode émettrice et diode réceptrice).

A chaque position angulaire de l'axe du codeur correspond un nombre binaire codé en GRAY. Dans ce code, il n'y a qu'un seul bit qui change à chaque fois pour éviter les aléas de fonctionnement. Avant toute utilisation, le mot fourni par le codeur doit donc être transcodé en binaire, car l'unité de traitement travaille en binaire pur.

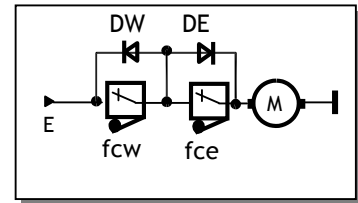
A titre pédagogique, voyons à la figure 19 les différentes combinaisons d'un codeur optique absolu binaire sur 3 bits :

Fig. 19 : Codeur optique absolu binaire 3 bits



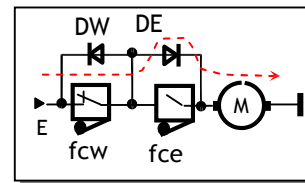
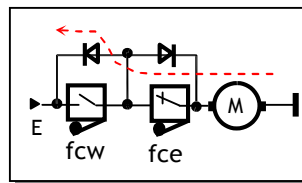
EXERCICE RESOLU

Le montage ci-contre permet de protéger un moteur à courant continu, fonctionnant avec 2 sens. La protection est contre les positions limites où le moteur peut être calé ; dans ce cas le couple augmente, ainsi le courant dans le moteur, ce qui peut détériorer le moteur. C'est le cas du moteur de la position d'antenne parabolique. La tension E est soit positive, soit négative, suivant la commande qui n'est pas représentée ici, ainsi que le système à came qui permet d'actionner les "fins de course" (fcw et fce). Analyser le fonctionnement d'un tel montage. Les fins de course sont fermées au repos.



CORRIGE :

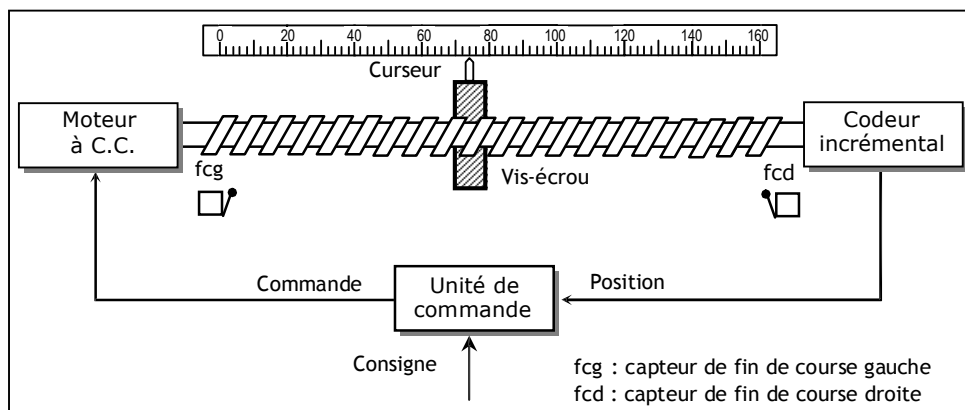
- Au repos, on suppose le moteur dans une position où ni fcw ni fce n'est actionné.
- Quand le moteur tourne vers "West" et arrive à la position limite "West" fcw s'ouvre et le moteur s'arrête. Pour tourner vers "East", Il faut alors inverser le sens.
- En inversant le sens, la diode DW joue le rôle fcw pour un court instant, après quoi fcw se ferme (voir figure ci-dessous à gauche).
- En tournant vers "East" et arrivant à la position limite "East", fce s'ouvre et le moteur s'arrête. Pour tourner vers "West", Il faut alors inverser le sens.
- Et ainsi de suite (voir figure ci-dessous à droite).



EXERCICES NON RESOLUS

Les asservissements numériques, sont abondants dans le domaine industriel. On s'intéresse dans cette étude à l'asservissement de position. La structure du système est donnée à la figure ci-dessous. Sa description est comme suit :

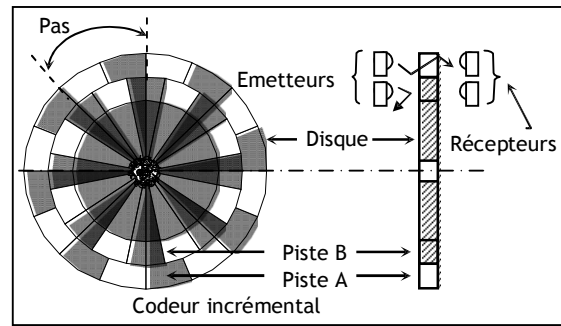
- Un curseur se déplace linéairement grâce à un système vis-écrou ;
- Le système vis-écrou est entraîné en rotation par un moteur à courant continu ;
- La position du curseur est captée par un codeur incrémental solidaire à l'axe du moteur ;
- La commande permet de comparer la position captée et la position de consigne ; si les 2 positions sont égales, on arrête le moteur.



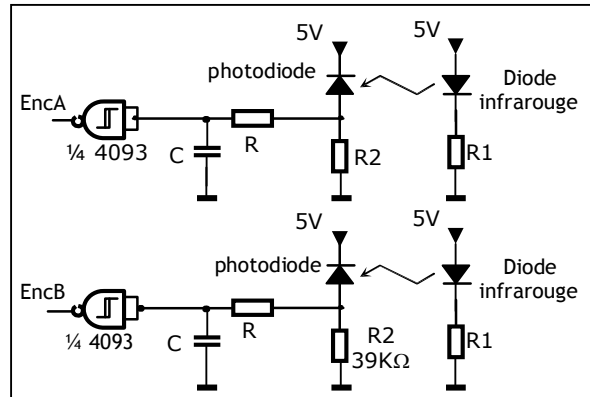
1- ETUDE DU CODEUR INCREMENTAL :

Comme le montre la figure ci-contre, la capture de la position se fait à l'aide d'un codeur incrémental constitué de :

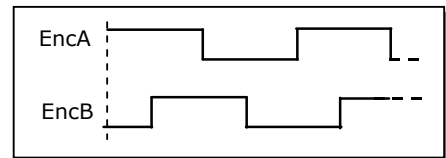
- Un disque contenant deux pistes A et B décalées et divisées chacune, en 16 secteurs équidistants et alternativement opaques et transparents ;
- Deux éléments optoélectroniques (une diode infrarouge et une photodiode) disposés de part et d'autre de chaque piste.



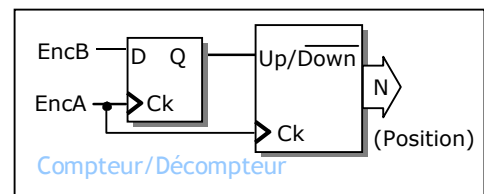
- 1.1- Calculer la sensibilité de ce capteur et préciser son unité.
- 1.2- Calculer le déplacement minimal du curseur détecté par ce capteur sachant que le pas de la vis est de 5 mm.
- 1.3- Quel est le rôle :
 - a/ Du circuit RC ?
 - b/ De la porte inverseuse de type "Trigger" ?



- 1.4- La photodiode est caractérisée par un courant $I_D = 100 \mu A$ en éclairage et un courant $I_D = 100 nA$ en obscurité. Sachant que $V_{IH \min} = 3,5 V$ et $V_{IL \max} = 1.5 V$ pour une porte CMOS avec $V_{CC} = 5 V$, vérifier le bon choix de R_2 .
- 1.5- On suppose que le disque a subi une rotation d'un demi-tour dans un sens et d'un demi-tour dans le sens contraire, à une vitesse constante. Compléter les chronogrammes des signaux EncA et EncB correspondants à ce mouvement sachant qu'ils débutent comme le montre la figure ci-contre.



- 1.6- Le principe de la détermination de la position du curseur consiste, en l'accumulation des impulsions fournies par une piste, à l'aide d'un compteur/décompteur selon le montage de la figure ci-contre. Le compteur est incrémenté ou décrémenté suivant le sens de rotation donné par l'état du signal EncB à chaque transition positive du signal EncA.



- a/ Que représente alors le signal Q ?
- b/ Combien de tours fera le disque, pour que le curseur parcourra la course maximale de la vis, qui est de 160 mm ?
- c/ En déduire le nombre de bits nécessaire pour représenter la position.

- 1.7- Proposer un montage pour l'unité de traitement de ce système sachant qu'on peut utiliser un des signaux (EncA , EncB) comme signal d'horloge et l'autre comme signal (Compteur/décomptage).