**Documents Ressources**

**Documentation sur les capteurs**



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Table des matières

[Fiche 1 Fonction acquérir 2](#_Toc491279513)

[Fiche 2 Détecteurs 3](#_Toc491279514)

[Fiche 3 Capteurs et chaines de mesure 4](#_Toc491279515)

[Principe 4](#_Toc491279516)

[Nature de l’information 5](#_Toc491279517)

[Caractéristiques 6](#_Toc491279518)

[Situation d’un capteur dans une chaine de commande asservi 6](#_Toc491279519)

[Exemple 7](#_Toc491279520)

[Fiche 4 Exemples d’application des capteurs 8](#_Toc491279521)

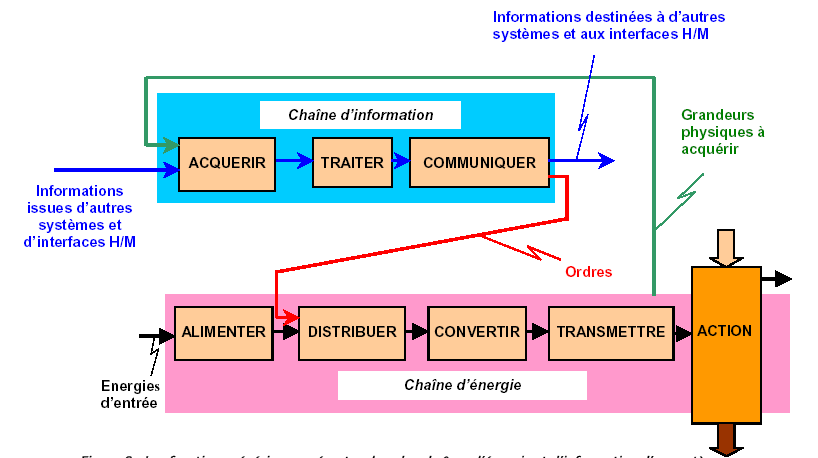
# Fonction acquérir

Le domaine industriel a besoin de contrôler de très nombreux **paramètres physiques** (longueur, effort, poids, pression, déplacement, position, vitesse, température, luminosité, …).

A chacune de ces grandeurs à mesurer peuvent correspondre un ou plusieurs types de **capteurs** fonctionnant selon un phénomène physique : variation de résistance, variation d’induction magnétique, variation capacitive, de fréquence, de flux lumineux…

Les **signaux** issus des capteurs doivent être traités pour être utilisés et/ou affichés.

Les **capteurs avec leurs chaines de mesure** recueillent une information physique sur le comportement de la **chaîne d’énergie** et la transforment en une information exploitable par la **chaîne d’information**.



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Etude des Systèmes | | | **CHAINE DE MESURE :** Fonction ACQUERIR | | |
| **Entrée :** Grandeurs (ou phénomènes) physiques à mesurer | | | | | **Sortie**: Signal image de ces grandeurs à mesurer |
| **Eléments technologiques** | | | | | |
| **Détecteurs** | | Logique  (Tout Ou Rien) | | * à contact mécanique * proximité * ……. | |
| **Capteurs** | | Analogiques | | * capteur d’effort, de pression * capteur de position * capteur de vitesse * capteur d’accélération | |
| Numériques | | * Codeurs,… | |
| **Interface homme/machine** | Logique (TOR) | | | * Bouton poussoir * Interrupteur | |
| Analogiques | | | * potentiomètre | |
| Numériques | | | * Codeur | |

# Détecteurs

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Détecteurs TOR**(Tout Ou Rien) | | | Application |
| **Contact** | Electromécanique | avantage : adaptation à l’effort de commande,  mais usure mécanique | Fin de course du mouvement du mors de serrage de la CORDEUSE |
| **Proximité** | Inductif  Photo-électrique  Capacitif | Pas de contact, fiabilité élevée | Détecteur de passage de pellicule sur MACHINE DE TRI |

**Détecteurs ou Capteurs logiques**

**Sortie**

**Entrée**

Ils délivrent une sortie logique de type TOR (tout ou rien). Ils sont en général appelés **détecteurs** car ils servent surtout à prélever l’information "présence" ou "proximité" d’un objet.

**0**

**1**

Seuil

**t**

**t**

# Capteurs et chaines de mesure

## Principe

De façon simple, un **capteur** peut être défini comme un élément convertissant une grandeur physique en un signal électrique. Cette transformation peut être directe dans quelques cas simples.

Mais en réalité, la technologie des capteurs fait la plupart du temps appel à un **traitement du signal** (ou **conditionneur)** avant d’arriver au signal de sortie utilisable et / ou à son affichage .

Ce traitement répond à un double objectif :

* simuler la chaine de mesure (modélisation du capteur et de la chaine d’adaptation),
* échantillonner, filtrer, lisser, convertir (analogiques-numériques), dériver ou intégrer des signaux numériques,…..

D’autre part, il peut être commode pour des raisons de cout, d’encombrement,… de placer en amont du capteur une **chaine d’adaptation**.

Elle permet d’adapter une grandeur physique en une autre grandeur physique plus facilement mesurable.

Des éléments du type systèmes pignon-crémaillère, poulie-courroie, ressort, … peuvent être utilisés.

Ainsi, la structure d’une **chaine de mesure** répond de manière générale au schéma ci-dessous.

* Conversion analogique-numérique
* Echantillonnage
* Filtrage
* Lissage
* Opérations numériques
* ……

**Grandeur évaluée**pour utilisation et/ou affichage

**Signal, image de la grandeur mesurée**

**CAPTEUR**

**Chaine d’adaptation**

**Grandeur à évaluer**

**Traitement**

**du signal**

Adaptation d’une grandeur en une autre grandeur

**Grandeur à mesurer**

**(ou mesurande)**

On intègre de plus en plus tout ou partie du **conditionneur (traitement du signal)** dans le même boîtier que le capteur : l’ensemble forme alors un **capteur intégré**.

Les fonctions assurées par ce conditionneur vont de la simple mise en forme et adaptation du signal, jusqu’aux traitements élaborés de correction de grandeurs d’influence, formant ce qu’on appelle aujourd’hui les **capteurs intelligents** à microprocesseurs.

## Nature de l’information

**Capteurs analogiques**

**t**

**E**

**t**

**S**

**0**

Ils délivrent un signal de sortie sous la forme d’une tension ou d’un courant variant continûment.

Sur les capteurs industriels, les plages de variation courantes sont **± 50 mV**, **± 1 V**, **± 5 V**, **± 10 V** pour les tensions et **0 - 20 mA**, **4 - 20 mA** pour les courants.

De tels signaux nécessitent un traitement particulier (**conversion analogique - numérique**) pour être exploitables par les cartes numériques actuelles.

**Capteurs numériques**

**t**

**E**

**t**

**S**

Seuils

**000**

**001**

**010**

**011**

Ils délivrent un signal de sortie sous la forme, soit d’un

**train d’impulsions** dont le nombre ou la fréquence est

l’image de la grandeur d’entrée, soit d’un **code numérique** **binaire**.

On trouve parmi les principaux capteurs numériques industriels, les capteurs de positions angulaires incrémentaux, les codeurs absolus, les lecteurs de code à barres et les lecteurs de pistes magnétiques.

En [**traitement du signal**](http://fr.wikipedia.org/wiki/Traitement_du_signal), l'[échantillonnage](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89chantillonnage_(signal)) consiste à transmettre un signal en capturant des valeurs à intervalles réguliers, à des moments précis.   
La [fréquence](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9quence) (période) à laquelle les valeurs sont capturées est la fréquence (période) d'échantillonnage.

Si la fréquence d'échantillonnage est trop faible, les acquisitions seront trop espacées et si le signal original comporte des détails pertinents entre deux positions de capture, ceux-ci seront perdus.

Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée, plus l’analyse sera fine mais plus la transmission coûte en puissance de traitement, en capacités de transmission, ou en espace de stockage.

## Caractéristiques

|  |  |
| --- | --- |
| * **Etendue de mesure** : définit l’intervalle des valeurs du mesurande à l’intérieur duquel l’erreur de l’instrument (capteur + conditionneur) reste inférieure à une valeur précisée par le constructeur. * **Résolution :** plus petite valeur de variation de la grandeur physique mesurable. * **Sensibilité :** quotient de la variation de la sortie et de la variation correspondante de la grandeur d’entrée. La sensibilité du capteur, si elle est constante, est une qualité appréciée : le capteur est *linéaire*. * **Linéarité :** écart possible autour du comportement linéaire. | * **Précision :** elle associe deux qualités :   + **Justesse :** aptitude à donner une indication égale à la valeur de la grandeur mesurée   + http://fr.academic.ru/pictures/frwiki/52/400px-Precision_metrologique.png**Fidélité ou répétabilité** : aptitude à fournir des indications concordantes pour une même valeur mesurée. |
| **Mesure absolue :** une mesure est dite « absolue » lorsqu’on utilise un capteur qui fournit directement une image de la position à mesurer (exemple : codeur absolu)  **Mesure relative :** une mesure est dite « relative » lorsqu’on utilise un capteur qui ne fournit qu’une évolution de la position à mesurer, une prise d’origine doit être effectuée à chaque mise sous tension.  (exemple : codeur incremental) | |

## Situation d’un capteur dans une chaine de commande asservi

|  |  |
| --- | --- |
| **Capteur mesurant directement la position de l’organe à asservir** (position du bras sur le MAXPID**)**  * réduit l’influence des jeux et des déformations de la transmission mécanique sur la précision ; * mais peut introduire un phénomène d’instabilité à l’intérieur des plages de jeux ; | **Capteur ne mesurant pas directement la position de l’organe à asservir**  (position de la vis et pas celle de la tige ou écrou sur un vérin de la PLATEFORME)   * les jeux et les déformations des pièces interviennent sur la précision… !!! * les perturbations ne sont pas corrigées à l’intérieur des plages de jeux   + mais la stabilité de la commande est  meilleure  + et le coût est plus faible, en général. |
| * Les valeurs des jeux des constituants mécaniques doivent être adaptées à la précision souhaitée pour l’ensemble asservi. * Le choix d’une solution doit être adapté aux performances souhaitées pour optimiser le coût global de la réalisation. | |

## Exemple

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Chaine de mesure**  (exemple : vitesse de rotation du vantail du Portail) | | | |
| **CONDITIONNEUR /**  **TRAITEMENT DU SIGNAL**  **CHAINE**  **D’ADAPTATION**  **Grandeur à mesurer** angle θ (rd)  ω = dθ/dt  **Grandeur à évaluer** vitesse ω (rd/s)  **Grandeur évaluée** utilisation et/ou affichage  vitesse ωeval (rd/s)  Relation  Vitesse-position  **Signal, image de la grandeur mesurée** tension (V)  CAPTEUR  Potentiomètre rotatif  Dérivation numérique (\*)  **(\*\*\*)**  (**\*\***) | | | **Sources principales d’erreurs**  **(**chaine d’adaptation  et conditionneur)   * Imprécision de la dérivation numérique (\*) * Echantillonnage, filtrage (\*\*) * Nombre de points affichés (\*\*\*)   CONDITIONNEUR/  TRAITEMENT DU SIGNAL |
| **CAPTEUR** | **Principe de la mesure :**  Ce capteur fonctionne suivant le principe du rhéostat, en montage diviseur de tension. Un curseur entraîné par un élément mobile (rotation ou translation), se déplace sur une piste résistante. | **Caractéristiques :** précision, linéarité, …….(voir doc industriel)  Linéarité : 1%  **Montage du capteur :**  (isostatique, compensation jeux,...)  Réglage au montage  **~~Industrie~~l ou pédagogique** | |

# Exemples d’application des capteurs

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type | | Nom | Schéma | Principe | Commentaires |
| Posi- **-tion** | | **Potentio-**  **-mètre**  **analogique** | **Angle**  **POTEN- -TIOMETRE**  **-TIOMETRE**  **Tension**    Potentiomètre mesurant la position angulaire sur la DAE | Ces capteurs fonctionnent suivant le principe du rhéostat, en montage diviseur de tension.  Un curseur entraîné par un élément mobile (rotation ou translation), se déplace sur une piste résistante :   * bobine de fil * piste plastique chargée en particules conductrices * technologie hybride constituée des deux précédentes (fil bobiné recouvert de plastique dit « conducteur ») | **Applications**  Mesure de l’écrasement du ressort sur la CORDEUSE (potentiomètre linéaire)  Mesure de la position linéaire du piston sur la POMPE DOSHYDRO  Mesure de position angulaire sur les DAE, DIRAVI, PLATE -FORME, MAXPID, CHARIOT,TOIT 206CC |
| **Posi-**  **-tion** | | **Codeur optique**  **incremental**  numérique | **Angle**  **CODEUR**  **INCREMENTAL**  **Signal numerique**  DSC00696  Codeur optique (équilibrage)  **Applications :**  Mesure de position angulaire :   * du rotor sur la MACHINE INDUSTRIELLE D’EQUILIBRAGE de roues de véhicules * du moteur de l’AXE NUMERIQUE et du COMAX | Des récepteurs optiques récupèrent la lumière émise par des sources à travers N fentes .    Une ou deux pistes extérieures sont divisées en N intervalles d’angles  égaux alternativement opaques et transparents. Pour un tour complet du codeur, le faisceau lumineux est  interrompu N fois et délivre N signaux carrés (A et B) en quadrature.  Le déphasage de 90° électrique des signaux A et B permet de déterminer le sens de rotation. | **Résolution : nombre de points par tour**  Le système de traitement :   * n’utilise que les fronts montants de la voie A   la résolution est égale au nombre de points N.   * utilise les fronts descendants et montants de la voie A   la résolution est égale à 2 N   * utilise les fronts descendants et montants des voies   A et B  la résolution est égale à 4N |
| **Posi-**  **-tion** | | **Codeur optique**  **Absolu**  numérique | **Angle**  **CODEUR**  **ABSOLU**  **Signal numerique**      B1  B2  B3  Positions | Le disque des codeurs absolus comportent un nombre n de pistes concentriques divisées en segments égaux alternativement opaques et transparents.  A chaque piste est associé un couple émetteur / récepteur optique.  Un codeur Absolu délivre en permanence un code qui est l'image de la position réelle du mobile à contrôler.  Il présente de ce fait deux avantages importants par rapport  à un codeur incrémental :   * insensibilité aux coupures du réseau   Dès la première mise sous tension, ou dès le retour de la tension après coupure, le codeur délivre une information correspondant à la  position réelle du mobile et donc immédiatement exploitable par le système de traitement.   * Insensibilité aux parasites de ligne   Un parasite peut modifier temporairement le code délivré par un codeur absolu mais ce code  redevient automatiquement correct dès la disparition du parasite.  En revanche, il est plus complexe, du fait qu'une grande précision de position dépend du nombre de pistes (alors que la précision d'un codeur incrémental dépend seulement du nombre de graduations sur la piste). | Chaque piste est représentative d’un bit.   * La piste intérieure est composée d’une moitié opaque et d’une moitié transparente permet de déterminer dans quel demi-tour on se situe. * La piste suivante est divisée en quatre quarts alternativement opaques et ransparents.   La lecture de cette piste combinée avec la précédente permet de déterminer dans quel quart de tour on se situe.  Les pistes suivantes permettent successivement de déterminer dans quel huitième de tour, seizième de tour, etc, on se situe.  Le disque fournit donc un code pour chaque position angulaire de l’axe.  **Résolution**  La résolution d'un tel codeur est donc de 2 à la puissance n (nombre de pistes) |
| **Posi-**  **-tion** | | **Codeur**  **Magné-**  **-tique**  numérique | Les mesures de positions sont effectuées par 4 capteurs magnétiques MRE AS5045.  Pour chaque axe (Roulis et Tangage), il y a un capteur sur l’axe du moteur et un capteur sur l’axe en sortie du réducteur.  Ce capteur est un codeur rotatif magnétique sans contact. Il combine un DSP (microprocesseur ) et des capteurs à effet Hall intégrés.  Pour mesurer un angle, un aimant circulaire centré au dessus du composant est nécessaire.  La position absolue de l’aimant est mesurée avec une résolution de 0,0879° (12 bits, 360°/212).  Les aimants sont positionnés « en force » en extrémité des axes comme le montre la photo ci-dessous. Le composant MRE sera en vis-à-vis.  Aimant  Axe Moteur  Roulis  **Aimant**  **Axe Moteur**  **Tangage**  IMG_1146   |  |  | | --- | --- | | ircuit est un codeur  Aimant  Axe Réducteur  Tangage |  | | Le composant possède quatre capteurs à effet  Hall placés symétriquement sur un cercle dont le centre est le centre du composant.  La différence des signaux issus des capteurs Y1 et Y2 est proportionnelle au sinus de l’angle position.  La différence des signaux issus des capteurs X1 et X2 est proportionnelle au cosinus de l’angle position.  Le déplacement angulaire est donné par la relation : | **Applications**  Mesure des positions angulaires du moteur et de l’axe en sortie de reducteur pour chacun des axes Roulis et Tangage de la CHEVILLE du robot humanoide NAO |
| **Défor-mation**  **Effort** | | Jauge de déformation  analogique | **Jauge de déformation** C'est un capteur de déformation permettant de mesurer en un point quelconque de la surface libre d'un solide et suivant une direction quelconque, la dilatation linéaire relative:    Une jauge est constituée d’un fil très fin noyé dans un support (\*). Ce support est une plaquette rectangulaire en résine époxy. Il existe des jauges de taille : 1 à 30 mm.  (\*) ou conducteur mince obtenu par photogravure   |  |  | | --- | --- | | **Pont de Wheatstone** | Si les résistances ont des petites variations Ri, il apparaît entre A et C une ddp v dite tension de déséquilibre telle que: |   **DSC00702**  Tension (mV)  **Capteur d’effort à jauges** **Jauge** Allongement  **CAPTEUR**  **Pont de Wheastone**  **Barreau**  **Effort** | La jauge est collée parfaitement sur la surface libre d'une structure et se déforme avec cette dernière.  Lorsque l'on charge la structure, celle-ci se déforme et la fibre superficielle subit une variation relative de longueur:  La jauge subit la même déformation et voit sa résistance électrique subir la variation relative:  La déformation de la structure suivant la direction u est proportionnelle à la variation relative de résistance de la jauge.  Pour mesurer u il suffit d'être capable de mesurer la variation R de résistance de la jauge. Cette variation étant faible, un montage de type pont de Wheatstone est nécessaire.  Le pont de Wheatstone est un ensemble de 4 résistances R1, R2,R3 et R4 câblées suivant les quatre cotés d'un carré.  Suivant le montage utilisé, une ou plusieurs résistances peuvent être une jauge.  **Tension** (V) | Un capteur d’effort est constitué d’un corps d’épreuve (barreau de métal dont les formes peuvent être aménagées pour favoriser les déformations dans certaines directions) sur lequel sont collées une ou plusieurs jauges .  La déformation mesurée est traduite en effort à l’aide des lois de comportement du matériau dans son domaine élastique .  **Applications :**  Mesure d’effort sur le PORTAIL  Mesure de couple sur la DAE et sur la DIRAVI  Mesure de déformation des lames élastiques sur la MAQUETTE D’EQUILIBRAGE  Mesure d’effort dans la corde sur la CORDEUSE  Mesure de l’effort développé par le vérin du TOIT de 206 CC |
| Effort | | Piézo-  -électrique  Analogique | La déformation d’un corps d’épreuve piézo-électrique (quartz, par exemple) est convertie en une tension mesurable.  DSC00699  Capteur piezo électrique (équilibrage) | Le temps de réponse d'un capteur piézoélectrique est très faible, il sera donc avantageusement utilisé pour suivre des variations rapides d’effort.  **Effort**  **PIEZO  ELECTRIQUE**  **Tension** | **Applications**  Mesure d’efforts aux paliers sur la MACHINE INDUSTRIELLE D’EQUILIBRAGE de roues de véhicules. |
| Effort | | Magneto-stictif  analogique | |  |  | | --- | --- | |  |  |   Un matériau ferromagnétique voit sa susceptibilité magnétique (aimantation) modifiée lorsqu’il est soumis à des contraintes. Le capteur de couple magnéto-strictif utilise cette propriété.  Le capteur de couple magnéto-strictif est composé de deux parties :  - une partie « intérieure » collée sur le cylindre de transmission de couple. Cette fine bande amplifie la modification de la susceptibilité magnétique du matériau.  - une partie « extérieure », composée de deux bobines (L1 et L2 sur le schéma).  **Effort**  **MAGNETO  SRTICTIF**  **Delta Tension** | Ces deux bobines sont toutes deux excitées par un même signal carré Vin. La modification des propriétés magnétiques du cylindre influe sur la réponse des bobines à Vin. La différence ΔU = V2-V1 (cf schéma ci-dessous) est donc l’image du couple auquel est soumis le cylindre. Elle est ensuite traitée par la carte de commande afin de piloter l'assistance au pédalage. | **Application :**  Mesure de couple de pédalage sur le vélo électrique |
| Vitesse | | Génératrice tachymé-  -trique  analogique | Le principe de fonctionnement est réciproque de celui du moteur à courant continu : la rotation du rotor induit une tension continue (fcem) proportionnelle à la vitesse du rotor  DSC00686  Génératrice tachymétrique (sur le moteur du Maxpid)  **Vitesse**  **GENERATRICE TACHYMETRIQUE**  **Tension** | Capteur très utilisé avec bonne fidélité et linéarité . | **Applications**  Mesure de la vitesse du moteur sur le MAXPID, TOIT 206CC et la PLATE-FORME |
| Vitesse | | Tachymètre | Mesure à contact direct  Mesure stroboscopique | Capteur autonome à lecture directe , facile d’emploi |  |
| Vitesse | | Capteur à induction  analogique | Un champ magnétique est généré par un aimant permanent fixé sur la partie tournante.  Le récepteur solidaire de la partie fixe est principalement constitué d’une bobine dans laquelle un pic de courant est détecté à chaque passage de l’aimant.  Le nombre d’impulsions par unité de temps permet de déduire la vitesse correspondante.  **Vitesse**  **CAPTEUR INDUCTION**  **Tension** | DSC00683 | **Applications**  Mesure de la vitesse du rotor sur la MAQUETTE D’EQUILIBRAGE  Remarque : la position angulaire du rotor est obtenue par intégration numérique. |
| Vitesse | | Codeur magnétique  analogique | **Vitesse**  **CODEUR MAGNETIQUE**  **Tension**  Un champ magnétique est généré par un aimant permanent fixé sur la partie tournante.  Le récepteur solidaire de la partie fixe est principalement constitué d’une bobine dans laquelle un pic de tension est détecté à chaque passage de l’aimant (effet Hall)  Le nombre d’impulsions par unité de temps permet de déduire la vitesse correspondante. |  | **Applications**  Mesure de la vitesse du moteur à l’entrée du régulateur de la DIRAVI |
| **Pres-**  **-sion** | | Capteur de pression  analogique | 07-capteur-passif-jauges-extensometriques    **Pression**  **Membrane** Jauge **Pont de Wheastone**  **CAPTEUR**  Allongement  Résistance  **Tension** | L’extrémité du corps du capteur en acier ou alliage léger est constituée d’une membrane en acier dont la face interne est équipée d’un pont de jauges de déformation .  Le signal est traité directement ou, en bas niveau, par l’intermédiaire d’un pont de Wheatstone. | **Applications**  Mesure de la haute pression et de la pression de sortie de régulateur sur la DIRAVI  Mesure de la pression en sortie de la Pompe DOSHYDRO  Mesure des pressions dans le vérin du TOIT de 206 CC. |
| Type | | Nom | Schéma | Principe | Commentaires |
| **Accélé-**  **-ration** | | Accéléro-  -mètre  analogique | Ressort précontraint  Masse  D  +  Vs Tension  de sortie  D : disques piézoélectriques | Un accéléromètre est un dispositif destiné à mesurer l'accélération.  Il est typiquement constitué de deux éléments : une masse et un capteur  L’accéléromètre utilisé est à détection piézoélectrique à compression.  La tension de sortie Vs est proportionnelle à la charge exercée par le ressort et la masse sur les disques D.  **Accel.**  **ACCELERO- -METRE**  **Tension** | **Applications**  Mesure d’accélération sur la maquette de SUSPENSION DE MOTO |
| **Acélé-**  **-ration** | Accéléro-  -mètre  analogique | Un accéléromètre est un dispositif destiné à mesurer l'accélération. Il est typiquement constitué de deux éléments : une masse et un capteur    Exemple d’application : airbag | Pour mesurer l'accélération il suffit donc d'identifier la position relative de la masse par rapport au plan yOz.  Plusieurs procédés vont être exploités   \* Une accélération suivant l'axe sensible provoque la compression d’un des deux cristaux et la dilatation de l’autre, ce qui modifie leurs propriétés électriques et mécanique ( fréquence, résistivité etc..). Ces modifications sont exploitées pour mesurer l’accélération de manière différentielle.  \* Une accélération suivant l'axe sensible x va mettre en mouvement une masse M  Un ressort de raideur K crée un rappel élastique . Un amortisseur de constante f réduit l’amplitude des oscillations. Un capteur D mesure X et délivre une tension V=DX, qui est amplifiée avec un gain G. Le courant i = GDX commande un servo-moteur générant une force F qui agit sur la masse M, de telle manière que le système travaille autour de X = 0 à chaque instant. |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Posi-**  **-tion** | Position de fil | Roue  Capteur gauche  Capteur droit  Deux bobines, placées de part et d’autre et **perpendiculairement** au fil directeur, captent le champ magnétique créé par un courant à 70 kHz, circulant dans celui-ci. Les deux signaux sont transformés en deux tensions proportionnelles à la distance entre les bobines et le fil. Ces deux valeurs analogiques sont alors converties en valeurs numériques et sont utilisées dans l’algorithme d’asservissement de la direction. | Le fil émet un rayonnement, les  2 capteurs captent ce rayonnement et  l'orientation de la roue est asservie aux signaux captés (la roue s'oriente pour rejoindre le fil) | **Applications :**  Mesure de position de fil sur le CHARIOT FILOGUIDE |
|  | Détection d’un code barre | Numériser002  Le chariot est pourvu d'un capteur à réflexion infrarouge. Il peut recevoir des informations sous forme de codes barres imprimés sur le sol. Le code barre est composé de bandes réfléchissantes de largeurs différentes, représentant les données, et de bandes sombres de séparation  **Emission réception**  Le capteur à réflexion émet de la lumière infrarouge et capte la partie réfléchie à l'aide d'un phototransistor. La tension de sortie est proportionnelle à l'intensité lumineuse reçue. | Détection  Un comparateur à hystérésis transforme la tension en un signal tout ou rien. Un comparateur permet de régler le niveau de détection pour différencier les bandes réfléchissantes des bandes sombres. Une diode électroluminescente de contrôle permet de visualiser l'état du signal LECT CS | **Application**  Détection de code barre sur le CHARIOT FILOGUIDE |
|  | Photodiode | C'est une diode au silicium qui fonctionne en **polarisation inverse**, mais la tension de claquage ne doit pas être atteinte.  Dans l'obscurité (Φ = 0), sa caractéristique est celle d'une diode classique. Lorsqu'elle est éclairée, son courant inverse **iR** augmente proportionnellement au flux lumineux **Φ** reçu. | 0  **Φ1**  **Φ2**  **Φ3**  **iD**  **vD**  **Φ 🡭**  Zone  d’avalanche  **iR**  **vR**  **vR**  **iR** |  |
|  | Phototran-  -sistor | Ce sont des transistors dont le boîtier comporte une extrémité transparente munie d’une lentille, qui concentre la lumière sur la jonction collecteur - base. Cette jonction polarisée en inverse se comporte comme une photodiode.  Le courant qui en résulte subit **l’effet multiplicatif** du transistor, d’où un courant **IC** collecteur - émetteur **β fois plus élevé** que celui d’une photodiode (quelques mA contre quelques μA). | **Lentille**  **A**  **Vue**  **suivant A**  **Collecteur**  **Lumière**  **IC** |  |
|  | Détection par ultrason | La face avant du chariot filoguidé est équipée de trois émetteurs et trois récepteurs piézo-électriques travaillant dans la bande ultrason à 40 kHz. Le principe de détection utilise le phénomène de réflexion d'une onde sur un matériau. L'amplitude du signal reçu, sera lié à la distance parcouru par l'onde ; aussi une grande amplitude indiquera un objet proche et une faible amplitude un objet lointain. | ../../../../../Downloads/module-de-proximite-pour-carte-multiwii.jpeg | **Application**  AR Drone |