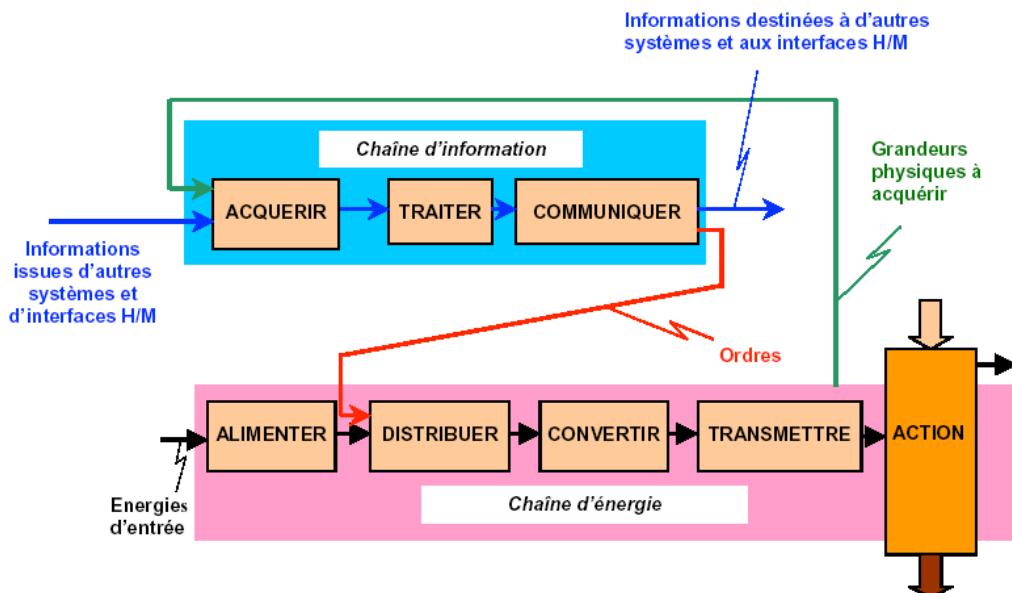


Le domaine industriel a besoin de contrôler de très nombreux **paramètres physiques** (longueur, force, poids, pression, déplacement, position, vitesse, température, luminosité, ...). A chacune de ces grandeurs à mesurer peuvent correspondre un ou plusieurs types de **capteurs** fonctionnant selon un 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 leur chaîne 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**.



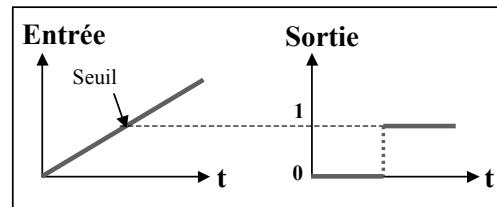
Etude des Systèmes		CHAINE DE MESURE	
Fonction ACQUERIR			
Eléments technologiques			
DéTECTEURS	Logique (TOF)	à contact mécanique proximité	
Capteurs	Analogiques	capteur de force, de pression capteur de position capteur de vitesse capteur d'accélération	
	Numériques	Codeurs,...	
Interface homme/machine	Logique (TOF)	Bouton poussoir Interrupteur	
	Analogiques	potentiomètre	
	Numériques	Codeur	

DETECTEURS

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

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.



CAPTEURS

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.

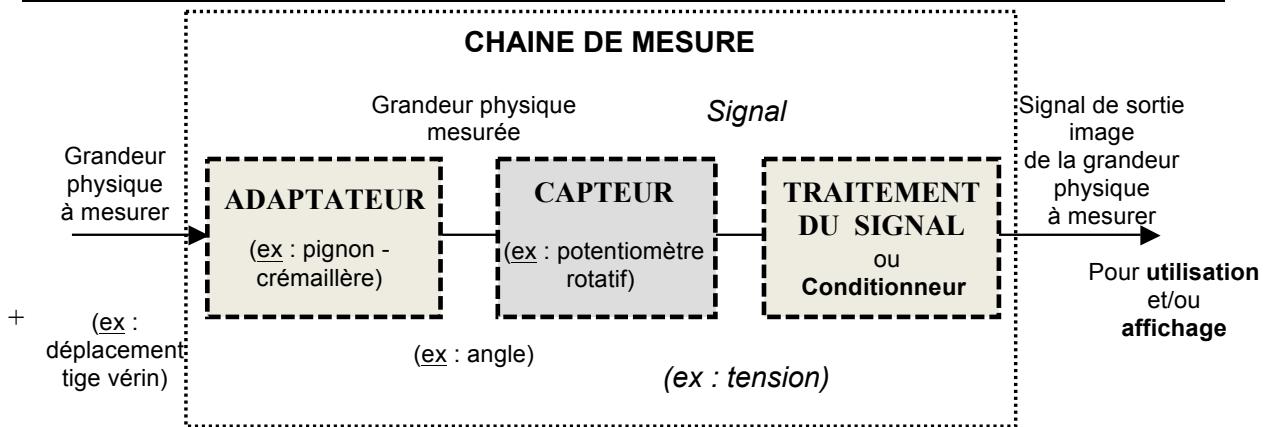
Mais en réalité, la technologie des capteurs fait la plupart du temps appel à un **traitement du signal (ou conditionneur)** avant d'arriver au signal de sortie utilisable.

Ce traitement répond à un double objectif :

- simuler de la chaîne de mesure (modélisation du capteur et de l'adaptateur),
- filtrer, lisser, convertir (analogiques-numériques), dériver ou d'intégrer des signaux numériques,.....

D'autre part, il peut être commode pour des raisons de cout, d'encombrement,... de placer en amont du capteur un **adaptateur** qui permet d'adapter une grandeur physique en une autre grandeur physique plus facilement mesurable (système pignon-crémallière, poulie-courroie, ressort,).

Ainsi, la structure d'une chaîne de mesure répond de manière générale au schéma ci-dessous.



La loi obtenue **Sortie = f(Entrée)** n'est pas toujours linéaire.

On intègre de plus en plus le **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.

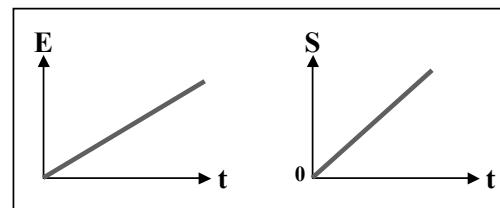
La description des **capteurs courants** ainsi que leur **représentation schématique** est donnée dans les tableaux pages suivantes.

On peut effectuer une première classification des capteurs par la nature des signaux transmis :

1. Capteurs analogiques

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

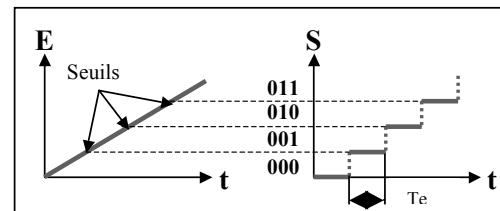
Sur les capteurs industriels, les plages de variation courantes sont $\pm 50 \text{ mV}$, $\pm 1 \text{ V}$, $\pm 5 \text{ V}$, $\pm 10 \text{ V}$ pour les tensions et $0 - 20 \text{ mA}$, $4 - 20 \text{ mA}$ pour les courants. De tels signaux nécessitent un traitement particulier (conversion analogique - numérique) pour être exploitables par les cartes numériques actuelles .



2. Capteurs numériques

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.



Te : Période d'échantillonnage

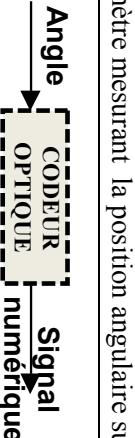
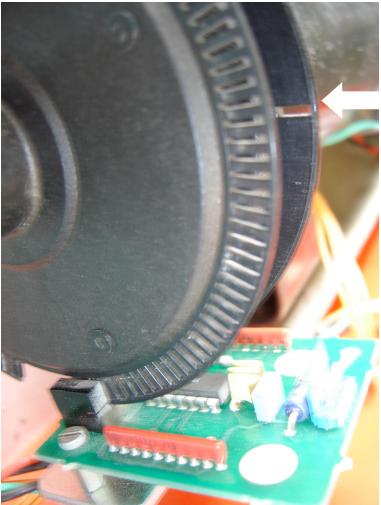
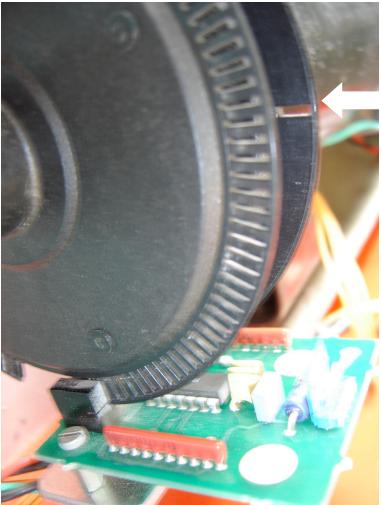
En **traitement du signal**, l'**échantillonnage** consiste à transmettre un signal en capturant des valeurs à intervalles réguliers, à des moments précis. La **fréquence** (période) à laquelle les valeurs sont capturées est la **fréquence (période) d'échantillonnage**.

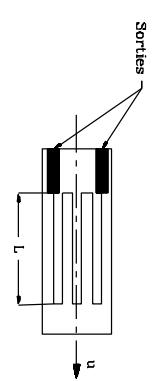
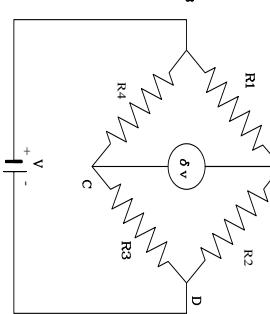
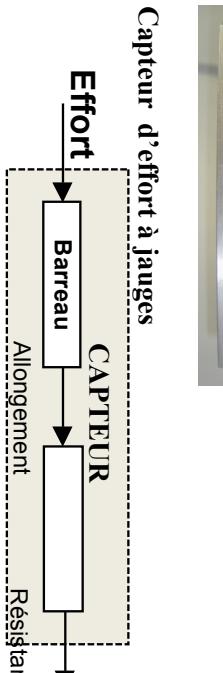
Si la fréquence d'échantillonnage est trop faible, les acquisitions seront trop espacées et si le signal original comporte des détails pertinents entre deux positions de capture, ceux-ci seront perdus .

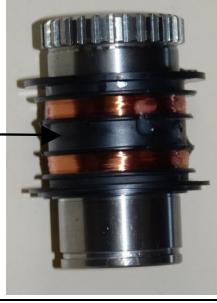
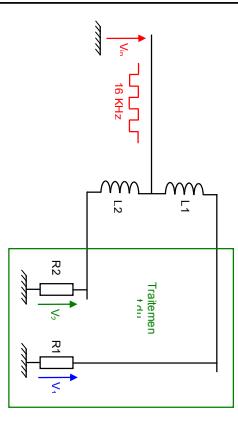
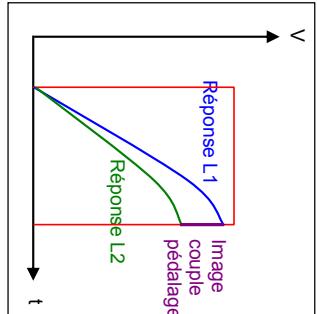
Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée, et plus la transmission coûte en puissance de traitement, en capacités de transmission, ou en espace de stockage.

Principales caractéristiques d'un capteur	
<ul style="list-style-type: none"> Etendue de mesure : définit les grandeurs extrêmes de la grandeur à mesurer. Résolution : plus petite valeur mesurable. Sensibilité : quotient de la variation de la sortie et de la variation correspondante de la grandeur d'entrée. Linéarité : écart possible autour du comportement linéaire. 	<ul style="list-style-type: none"> Précision : elle associe deux qualités : <ul style="list-style-type: none"> Justesse : aptitude à donner une indication égale à la valeur de la grandeur mesurée Fidélité ou répétabilité : aptitude à fournir des indications concordantes pour une même valeur mesurée.
<p>Mesure absolue : une mesure est dite « absolue » lorsqu'on utilise un capteur qui fournit directement une image de la position à mesurer (exemple : potentiomètre)</p> <p>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)</p>	

Situation d'un capteur de position dans une chaîne de commande asservie	
Capteur mesurant directement la position de l'organe à asservir (position du bras sur le MAXPID)	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)
<ul style="list-style-type: none"> élimine l'influence des jeux de la transmission mécanique sur la précision mais peut introduire un phénomène d'instabilité à l'intérieur des plages de jeu rend plus complexe la commande : prise en compte des propriétés de la mécanique 	<ul style="list-style-type: none"> les jeux 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.
Conclusion	
<ul style="list-style-type: none"> 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. 	

Type	Nom	Schéma	Principe	Commentaires
Position	Potentio-mètre analogique		<p>Ces capteurs fonctionnent suivant le principe du rheostat, en montage diviseur de tension.</p> <p>Un curseur entraîné par un élément mobile (rotation ou translation), se déplace sur une piste résistante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - bobine de fil - piste plastique chargée en particules conductrices - technologie hybride constituée des deux précédentes (fil bobiné recouvert de plastique dit « conducteur ») 	<p>Applications</p> <p>Rotatifs : mono ou multi tours, ce dernier est semi-absolu (absolu sur un tour)</p>
Position	Codeur optique numérique		<p>Potentiomètre mesurant la position angulaire sur la DAE</p> <p>Des récepteurs optiques récupèrent la lumière émise par des sources à travers N fentes . On obtient alors une information de position avec une résolution de 2^N bits par tour pour les rotatifs et 2^N pour les linéaires.</p> <p>Remarque : sur la photo, à l'arrière se trouve un codeur en vitesse (disque à une fente).</p>	<p>Mesure de l'écrasement du ressort sur la CORDEUSE (potentiomètre linéaire)</p> <p>Mesure de la position linéaire du piston sur la POMPE DOSHYDRO</p> <p>Mesure de position angulaire sur les DAE, DIRAVI, PLATE-FORME, MAXPID, CHARIOT,TOIT 206CC</p> <p>Applications :</p> <p>Le codeur optique est absolu sur un tour ;</p> <p>Mesure de position angulaire du rotor sur la MACHINE INDUSTRIELLE D'EQUILIBRAGE de roues de véhicules</p>
	Codeur optique (équilibrage)			

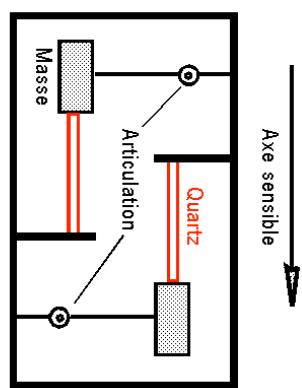
Type	Nom	Schéma	Principe	Commentaires
		 <p>Jauge de déformation C'est un capteur de déformation permettant de mesurer en un point quelconque de la surface libre d'un solide et suivant une direction quelconque, la dilatation linéaire relative:</p> $\mathcal{E}_u = \frac{\delta L}{L}$ <p>Une jauge est constituée d'un fil très fin noyé dans un support (*). Ce support est une plaque rectangulaire en résine époxy. Il existe des jauge de taille : 1 à 30 mm.</p> <p>(*) ou conducteur mince obtenu par photogravure</p> <p>Si les résistances ont des petites variations δR_i, il apparaît entre A et C une tension de déformation analogique</p> $\frac{\delta V}{V} = \frac{1}{4} \left[\frac{\delta R_1}{R_1} - \frac{\delta R_2}{R_2} + \frac{\delta R_3}{R_3} - \frac{\delta R_4}{R_4} \right]$	<p>La jauge est collée parfaitement sur la surface libre d'une structure et se déforme avec cette dernière.</p> <p>Lorsque l'on charge la structure, celle-ci se déforme et la fibre superficielle subit une variation relative de longueur:</p> $\mathcal{E}_u = \frac{\delta L}{L}$ <p>La jauge subit la même déformation et voit sa résistance électrique subir la variation relative:</p> $\frac{\delta R}{R} = K \mathcal{E}_u$ <p>La déformation de la structure suivant la direction u est proportionnelle à la variation relative de résistance de la jauge.</p>	<p>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 jauge.</p>
Effort	Pont de Wheatstone	 <p>Pont de Wheatstone</p>	<p>Pour mesurer \mathcal{E}_u il suffit d'être capable de mesurer la variation δR de résistance de la jauge. Cette variation étant faible, un montage de type pont de Wheatstone est nécessaire.</p> <p>Le pont de Wheatstone est un ensemble de 4 résistances R_1, R_2, R_3 et R_4 câblées suivant les quatre cotés d'un carré.</p> <p>Suivant le montage utilisé, une ou plusieurs résistances peuvent être une jauge.</p>	<p>Applications :</p> <p>Mesure d'effort sur le PORTAIL</p> <p>Mesure de couple sur la DAE et sur la DIRAVI</p> <p>Mesure de déformation des lames élastiques sur la MAQUETTE D'EQUILIBRAGE</p>
	Capteur d'effort à jauge	 <p>Effort → Barreau → CAPTEUR → Pont de Wheatstone → Tension</p> <p>Allongement → Résistance</p>	<p>Mesure d'effort dans la corde sur la CORDEUSE</p> <p>Mesure de l'effort développé par le vérin du TOIT de 206 CC</p>	

			La mesure, les capteurs
Effort	Pièzo-électrique Analogique	<p>La déformation d'un corps d'épreuve piézo-électrique (quartz, par exemple) est convertie en une tension mesurable.</p>   <p>Effort → PIEZO → Tension</p>	<p>Le temps de réponse d'un capteur piézoélectrique est très faible, il sera donc avantageusement utilisé pour suivre des variations rapides d'effort.</p> <p>Applications</p> <p>Mesure d'efforts aux paliers sur la MACHINE INDUSTRIELLE D'EQUILIBRAGE de roues de véhicules.</p>
Effort	Magneto-strictif Analogique	<p>Un matériau ferrimagnétique voit sa susceptibilité magnétique (aimantation) modifiée lorsqu'il est soumis à des contraintes. Le capteur de couple magnéto-strictif utilise cette propriété.</p> <p>Le capteur de couple magnéto-strictif est composé de deux parties :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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).  <p>Ces deux bobines sont toutes deux excitées par un même signal carré V_{in}. La modification des propriétés magnétiques du cylindre influe sur la réponse des bobines à V_{in}. La différence $\Delta U = V_2 - V_1$ (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.</p> <p>Applications</p> <p>Mesure de couple de pédalage sur le vélo électrique</p>   <p>Effort → MAGNETO → Delta Tension</p>	

		 <p>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.</p>
Vitesse Codeur magnétique analogique	Applications Mesure de la vitesse du moteur à l'entrée du régulateur de la DIRAVI	

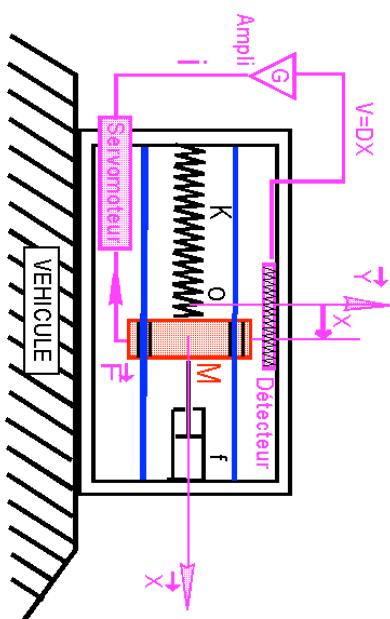
Type	Nom	Schéma	Principe	Commentaires	Applications
Pres-sion	Capteur de pression analogique	<p>CAPTEURS TRANSMETTEURS DE PRESSION ÉCONOMIQUES 55 / 57 / 59 SÉRIE 5</p> <p>Caractéristiques:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0 - 5 à 0 - 700 bars - Compacts et robustes - Jauge couche mince - Sortie liné. V ou max. 3 fils - Prix "grande série" 	<p>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 jauge de déformation . Le signal est traité directement ou, en bas niveau, par l'intermédiaire d'un pont de Wheatstone.</p>	<p>Pression → Membrane → Allongement → Résistance → Pont de Wheatstone → Tension</p>	<p>Mesure de la haute pression et de la pression de sortie de régulateur sur la DIRAVI</p> <p>Mesure de la pression en sortie de la Pompe DOSHYDRO</p> <p>Mesure des pressions dans le vénit du TOT de 206 CC.</p>
Accélé-ration	Accéléro-mètre analogique	<p>D : disques piézoélectriques</p>	<p>Un accéléromètre est un dispositif destiné à mesurer l'accélération.</p> <p>Il est typiquement constitué de deux éléments : une masse et un capteur piézoélectrique à compression.</p> <p>L'accéléromètre utilisé est à détection piézoélectrique à compression.</p> <p>La tension de sortie Vs est proportionnelle à la charge exercée par le ressort et la masse sur les disques D.</p>	<p>Accel. → ACCÉLERO-MÈTRE → Tension</p>	<p>Applications</p> <p>Mesure d'accélération sur la maquette de SUSPENSION DE MOTO</p>

Un accéléromètre est un dispositif destiné à mesurer l'accélération. Il est typiquement constitué de deux éléments : une masse et un capteur



Accéléromètre analogique

Exemple d'application : airbag



Principe

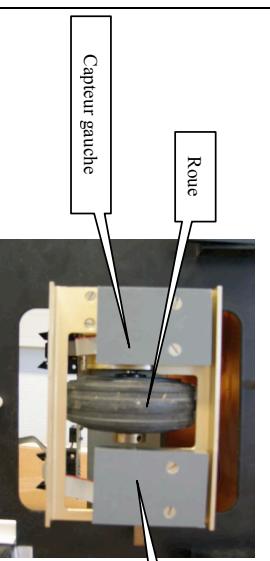
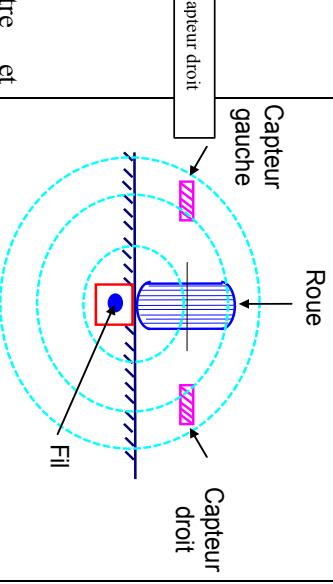
- * Une accélération suivant l'axe sensible x va mettre en mouvement une masse M

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.

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.

 <p>Position de fil</p> <p>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.</p>	 <p>Capteur gauche Capteur droit Roue Fil</p>
	<p>Applications</p> <p>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)</p> <p>Mesure de position de fil sur le CHARIOT FILOGUIDE</p>

Détection d'un code barre	<p>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</p> <p>Emission réception</p> <p>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.</p>	<p>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</p> <p>Application Détection de code barre sur le CHARIOT FILOGUIDE</p>
Photodiode	<p>C'est une diode au silicium qui fonctionne en polarisation inverse, mais la tension de claquage ne doit pas être atteinte.</p> <p>Dans l'obscurité ($\Phi = 0$), sa caractéristique est celle d'une diode classique. Lorsqu'elle est éclairée, son courant inverse i_{IR} augmente proportionnellement au flux lumineux Φ reçu.</p>	<p>Zone d'avalanche</p>

	<p>Phototransistor</p> <p>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 I_c collecteur - émetteur β fois plus élevé que celui d'une photodiode (quelques mA contre quelques μA).</p>	
	<p>Détection par ultrason</p> <p>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 parcourue par l'onde : aussi une grande amplitude indiquera un objet proche et une faible amplitude un objet lointain.</p>	<p>Application</p> <p>Détection d'obstacles sur le CHARIOT FILOGUIDE</p>