

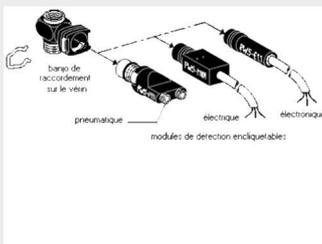


Masaru Ibuka

## Sommaire

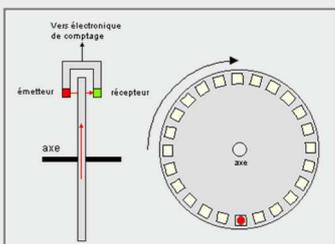
- Shopping
- Courrier
- Le dossier
- Pour aller plus loin
- Technologie
- Le gadget

## Types



Page 5

## Mesures

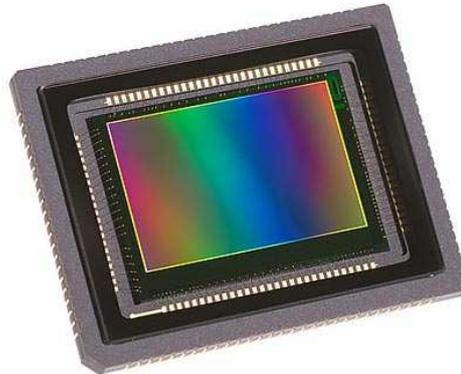


Page 10

## Robots



Page 12



## SONY

Sony Corporation communément appelé Sony, est une société multinationale japonaise basée dans l'arrondissement de Minato, à Tokyo, Japon. Elle est active dans bien des domaines tel que la musique, l'électronique, la téléphonie, l'informatique, le jeu vidéo, le cinéma et l'audiovisuel en général.

Sony Corporate comprend plus de cent sociétés à travers le monde, dont Sony France SA, Sony Corporation of America, Sony Music Entertainment, Sony Pictures Entertainment, Sony Computer Entertainment..

## Origine

La société a été créée le 7 mai 1946 sous le nom de Tokyo Tsushin Kogyo (TTK)2 par Masaru Ibuka, ingénieur, et Akio Morita, physicien, embauchant une vingtaine de personnes dans une société qui réparait des équipements électroniques et qui tentait de créer ses propres produits.

Le nom, Sony, provient du latin sonus qui signifie son, et de l'expression anglaise alors en vogue au Japon Sunny boy qui désigne une jeune personne à l'esprit libre et novateur.

Il faudra attendre 1954 pour que la société commence à se développer vraiment : à cette date, la société obtient une licence pour la fabrication de transistors, composant électronique de base par excellence. Ainsi, les premiers transistors japonais sortent des usines de Sony cette année-là, 6 ans après leur invention aux États-Unis. L'année suivante, Sony commercialise le premier récepteur radio entièrement à base de transistors.

Depuis, peu de sociétés ont réalisé un parcours semblable à celui de Sony en termes d'invention et d'innovation. Parmi les innovations importantes, citons la cassette vidéo couleur en 1971, le magnétoscope Betamax en 1975, le Walkman en 1979, la Disquette 3,5 pouces en 1984, un appareil photo électronique en 1981, le premier caméscope grand public en 1983, la vidéo 8 mm en 1988, le premier numériscope en 1985, ou encore le Disque Blu-ray en 2006.

Sony est une société internationale. Akio Morita a estimé dès le départ que sa société devait considérer le monde entier comme marché et non se limiter au Japon. Il insista pour que le nom Sony apparaisse clairement sur tous les produits de la société

# Editorial

Ce numéro de minilabo est consacré exclusivement aux capteurs . Nous rencontrons ceux-ci partout dans notre vie quotidienne car ils sont utilisés dans les tous les appareils électronique et informatique. Ces composants électronique sont présentés sous un angle historique, ensuite il sont étudiés de manière plus technique. Le

dossier expose son mode de fonctionnement théorique, ses spécificités, son mode de fonctionnement, ses applications usuelles.

Le dossier propose également une méthode pour tester un capteur en laboratoire et comment l'utiliser sur une breadbord. Si vous avez envie d'approfondir le sujet, vous pourrez le faire

grâce aux livres de références qui vous sont proposés. Bonne expérimentation à tous

# Shopping

## Livre :



Broché: 90 pages  
Editeur : Hachette  
Technique (15 avril 2009)  
Collection : Guides pratiques industriels  
Langue : Français

ISBN-13: 978-2011805218

16,53€ sur Amazon.fr

Destiné aux élèves de lycées professionnels et aux auditeurs de la formation continue, ce guide pratique, qui regroupe les connaissances de base d'un électronicien, est à la fois : un

aide-mémoire qui énonce les principales lois de l'électricité et de l'électronique ; un résumé de la technologie des composants ; un formulaire. Cet ouvrage permet de découvrir ou de retrouver facilement les principes et les notions fondamentales de l'électronique tout en évitant de

ISBN-10: 201180521X

## Livre :



Électronique de puissance  
Editeur : Nathan  
(1992)  
Collection : Étapes Lp/Lt  
Langue : Français  
ISBN-10: 2-09-176-

Nombre de pages : 127

Reliure : Relié

ISBN 10 : 2091779822

ISBN 13 : 9782091779829

12,54 € d'occasion

1 - Diode de redressement ;  
2 - Diode. Comportement ;  
3 - Transistor de puissance ;  
4 - Transistor de puissance ;  
5 - Transistor MOSFET ;  
6 - Amplification de puissance ;  
7 - Redressement non commandé en monophasé ;  
8 - Filtrage par condensateur ;  
9 - Filtrage par une bobine ;  
10 - Redressement non commandé en triphasé ;  
11 - Redressement commandé. Principe ;  
12 - Redressement commandé double alternance ;  
13 - Alimentation d'une machine à courant continu ;

14 - Onduleur assisté ;  
15 - Redresseurs industriels ;  
16 - Gradateurs ;  
17 - Hacheur série. Principe ;  
18 - Hacheur série avec charges inductive ;  
19 - Hacheur parallèle ;  
20 - Hacheur réversible ;  
21 - Alimentation à découpage : convertisseur "fly-bach" ;  
22 - Alimentation à découpage "forward" ;  
23 - Onduleurs à deux transistors ;  
24 - Onduleur en pont ;  
25 - Onduleur à MPLI ;  
26 - Onduleurs.Applications ;  
27 - Systèmes commandés ;  
28 - Systèmes asservis ;  
29 - Régulation de la vitesse d'un moteur ;  
30 - Précision et stabilité ;  
31 - Transducteurs et capteurs.

966-5

8,95 € d'occasion

Électronique de puissance



Auteur : R.MÉRAT | R.MOREAU | L.ALLAY | J-P.DUBOS | J.LAFARGUE | R.LE GOFF |  
Editeur : NATHAN  
Collection : Étapes

mémento

Année : 09/2001

# Courrier

# Dossier : Les capteurs

Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable exemple : une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille. On fait souvent (à tort) la confusion entre capteur et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un transducteur.

Capteur infrarouge

## Type de sortie

Les capteurs et leurs conditionneurs peuvent aussi faire l'objet d'une classification par type de sortie :

Capteurs analogiques

La sortie est une grandeur électrique dont la valeur est proportionnelle à la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues. Le signal des capteurs analogiques peut être du type :

- sortie tension ;
- sortie courant ;
- règle graduée, cadran, jauge (avec une aiguille ou un fluide) ;
- etc.

Quelques capteurs analogiques typiques :

- capteur à jauge de contrainte ;
- LVDT ;
- thermocouple.

Capteurs numériques

La sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peut être du type :

- train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise ;
- code numérique binaire ;
- bus de terrain ;
- etc.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même, disposant d'un affichage ou d'un système de stockage des données. Le capteur, lui, en est dépourvu.

Quelques capteurs numériques typiques :

- capteurs incrémentaux ;
- codeurs absolus.

Capteurs logiques

Ou capteurs TOR. La sortie est un état logique que l'on note 1 ou 0. La sortie peut prendre ces deux. Le signal des capteurs

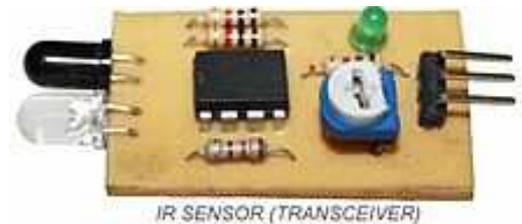
logiques peut être du type :

- courant présent/absent dans un circuit ;
- potentiel, souvent 5 V/0 V ;
- DEL allumée/éteinte ;
- signal pneumatique (pression normale/forte pression) ;
- etc.

Quelques capteurs logiques typiques :

- capteurs de fin de course ;
- capteurs de rupture d'un faisceau lumineux ;
- divers capteurs de position.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.



Capteurs passifs

Ils ont besoin dans la plupart des cas d'apport d'énergie extérieure pour fonctionner (exemples : thermistance, photorésistance, potentiomètre, jauge d'extensométrie appelée aussi jauge de contrainte...). Ce sont des capteurs modélisables par une impédance. Une variation du phénomène physique étudié (mesuré) engendre une variation de l'impédance. Il faut leur appliquer une tension pour obtenir un signal de sortie.

Capteurs actifs (ou capteurs directs)

On parle de capteur actif lorsque le phénomène physique qui est utilisé pour la détermination du mesurande effectuée directement la transformation en grandeur électrique. C'est la loi physique elle-même qui relie mesurande et grandeur électrique de sortie.

Un capteur actif fonctionne assez souvent en électromoteur et dans ce cas, la grandeur de sortie est une différence de potentiel.

Le nombre des lois physiques permettant une telle transformation est évidemment limité, on peut donc recenser facilement les capteurs actifs (dont le nombre est fini). Toutefois, les domaines d'application sont eux très étendus.

T température - effet thermoélectrique ou effet Seebeck

## Exemple

Capteur d'humidité et de température

Capteur de courant à effet Hall

Capteur de température LM 335

Capteurs à effet Hall

Capteurs à fibres optiques.

Capteurs cinématiques

Capteurs de débit

Capteurs de flux thermique

Capteurs de mesure de courant

Capteurs de niveaux

Capteurs de position

Capteurs de position et de proximité

Capteurs de pression

Capteurs de pression

Capteurs de température

Capteurs de température

Capteurs de température

Capteurs de vitesse et de position

Capteurs de vitesse et de position

## Les capteurs

### Angle

- les codeurs incrémentaux relatifs ;

- les codeurs absolus.

### Contrainte

- corde vibrante
- piézo-électrique
- jauge de contrainte (jauge de déformation)

- plot magnétique

### Courant

- capteur de courant à effet Hall
- shunt

- capteur de courant à effet fluxgate

### Champ magnétique

Le capteur de champ magnétique

Le capteur de champ magnétique (ou capteur magnétique) est l'élément de base (élément sensible) du magnétomètre. Il en existe de nombreuses sortes:

- capteur magnétique à effet Hall

- capteur magnétique utilisant l'effet Faraday

- Fluxgate

- Fluxmètre

- Magnéto-résistances:

- o Magnéto-résistance anisotrope

- o Magnéto-résistance Géante

- o Magnéto-résistance à effet tunnel

- Magnéto-impédance Géante

- débitmètre à turbine

- roue ovale

- plaque à orifice

- tube de Pitot

- débitmètre à effet vortex

- débitmètre électromagnétique

- débitmètre à Venturi

- débitmètre à ultrasons

- débitmètre ionique

- débitmètre massique

### Déplacement

Voir Capteur de déplacement.

### Distance

- inductif

o variation de réluctance

o courants de Foucault

- capacitif

- optique

- o confocal chromatique

- o triangulation

- o réflexion

- o ombroscopie, diascopie

- o épiscopie

- o lidar

- o stéréovision

- o défocalisation

- ultrason

- micro-onde

### Inertiels

- accéléromètre

- inclinomètre

- gyromètre

- gyroscope

### Lumière

- photodiode ou phototransistor

- capteur photographique

- cellule photoélectrique

### Niveau

- à pression différentielle

- à sonde capacitive

- à tube de torsion

- à flotteur (par exemple poire de niveau)

- à rayon gamma

- à ultrasons

- par radar

### Position

- souris (informatique)

- capteur de proximité

- codeur

- détecteur de mouvement

- LVDT et RVDT

- corde vibrante

### Pression

- tube de Bourdon

- capsule anéroïde

- piézo-électrique

- corde vibrante

- baromètre

- hypsomètre

### Son

- microphone

- micro pour instruments

- hydrophone

### Température

- thermomètre

- thermomètre à résistance de platine

- thermocouple,

- pyromètre infrarouge

- thermistance

- **Différents types de capteurs :**

### 1. Capteurs à seuil de pression pneumatique:

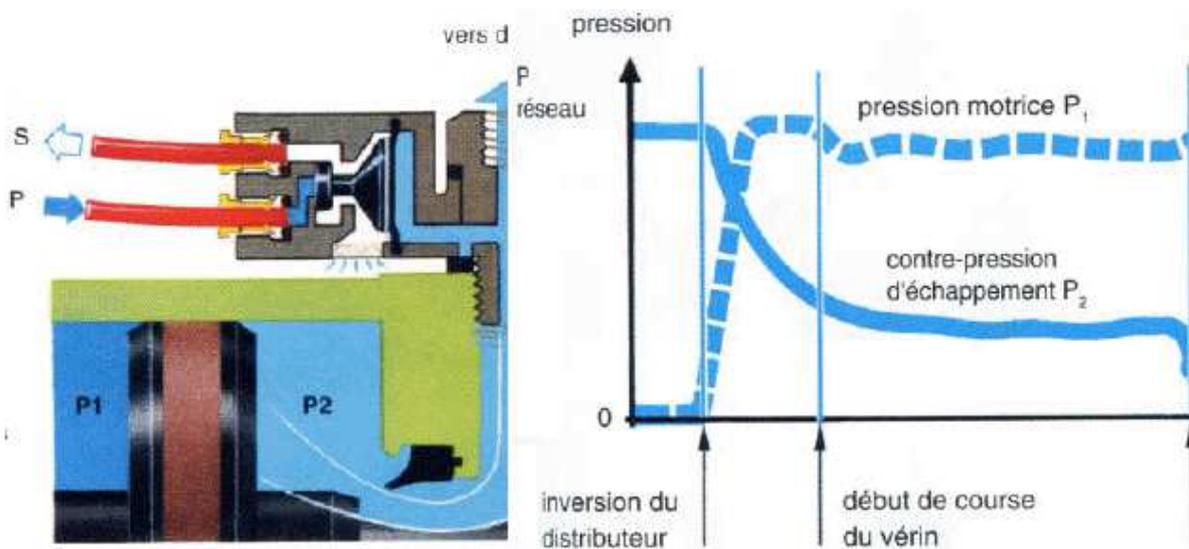
Ce sont des capteurs fin de course qui se montent directement sur les vérins. Pour pouvoir fonctionner correctement, il est nécessaire de les coupler avec une cellule Non-inhibition à seuil.

Le principe de fonctionnement de ce capteur est d'utiliser la contre pression (pression résistant au déplacement) qui existe dans la chambre non soumise à la pression du réseau. Lorsque le piston subit une pression il se déplace. Ce déplacement entraîne une réduction du volume de la chambre qui n'est pas soumise à la pression du réseau. Ceci entraîne une augmentation de la contre pression qui est amplifiée par des régleurs de débit. Lorsque le vérin arrive en fin de course, cette contre pression chute. Lorsqu'elle est inférieure à 1/12ème de la pression du réseau le capteur déclenche. On peut traduire cette information, soit par un signal électrique soit par un signal pneumatique.

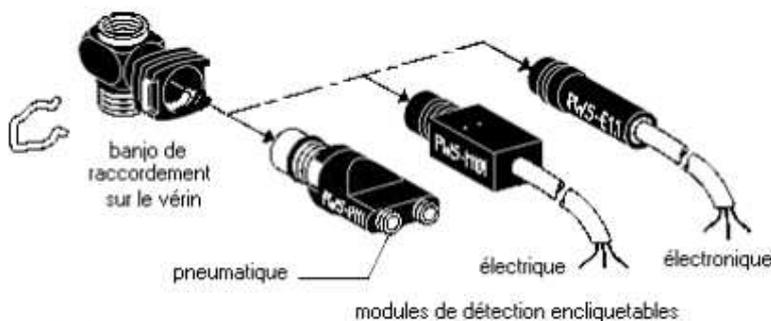
#### Exemple :

Schéma :

Principe de la contre pression :



#### Exemples de montages possibles :

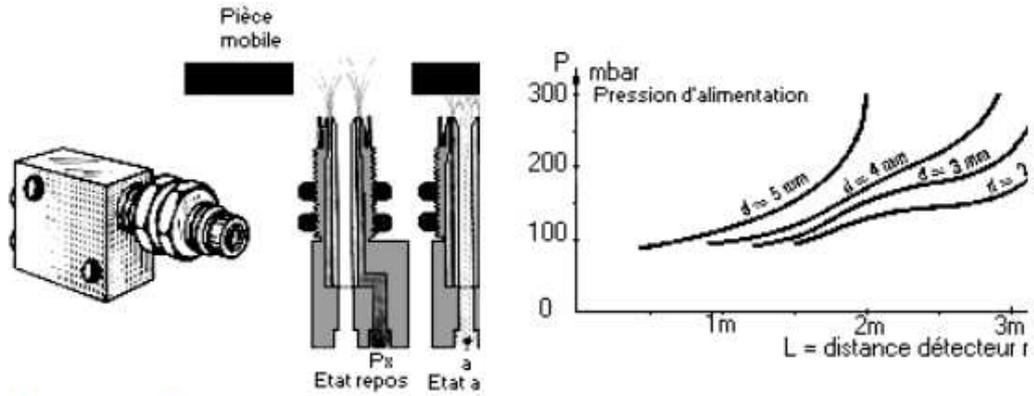


(doc Télémécanique)

### 2. Détecteurs fluidique de proximité :

Ces capteurs sont des capteurs de proximité. Ils n'ont pas de contact direct avec l'objet à détecter. Pour pouvoir fonctionner correctement, ces capteurs doivent être couplés avec un relais amplificateur et un détendeur basse pression. Le détecteur est alimenté avec une pression de 100 à 300 mbar, en fonction de la distance de détection. Lorsqu'il n'y a pas de détection l'air s'échappe par l'orifice du capteur prévu à cet effet. Lorsque l'objet à détecter passe devant le capteur, un signal de faible pression (0.5 à 2 mbar) passe par le conduit central du capteur et va jusqu'au relais amplificateur qui amplifie le signal à la pression industrielle (3 à 8 bars).

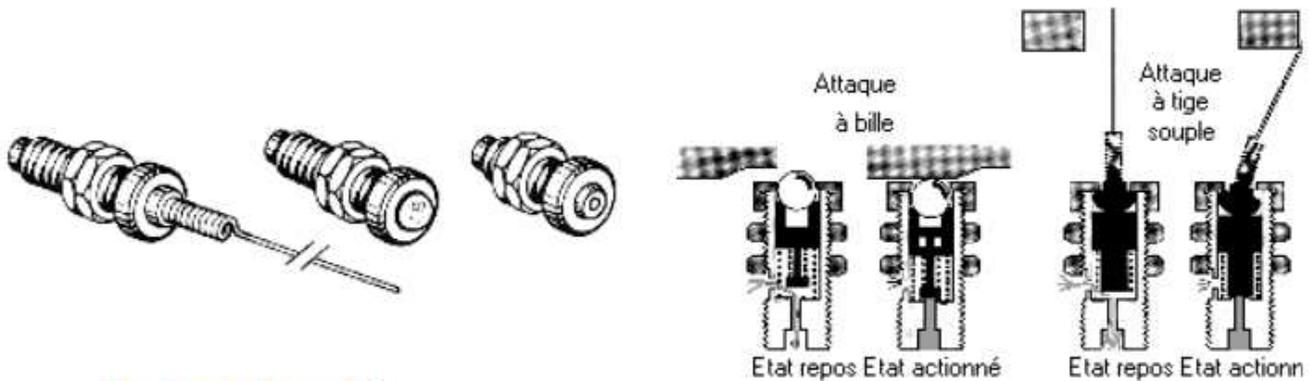
## Exemple :



### 3. Capteurs à fuite :

Les capteurs à fuite sont des capteurs de contact. Le contact avec l'objet à détecter peut se faire soit par une tige souple soit par une bille. Pour pouvoir fonctionner correctement, ces capteurs doivent être couplés avec un relais pour capteur à fuite. Le capteur est alimenté en pression par le relais. L'air peut alors s'échapper de ce capteur par un orifice prévu à cet effet. Lorsque la bille ou la lame souple est déplacée dans son logement, elle obture l'orifice d'évacuation d'air et le relais pour capteur à fuite se déclenche et émet un signal à la pression industrielle.

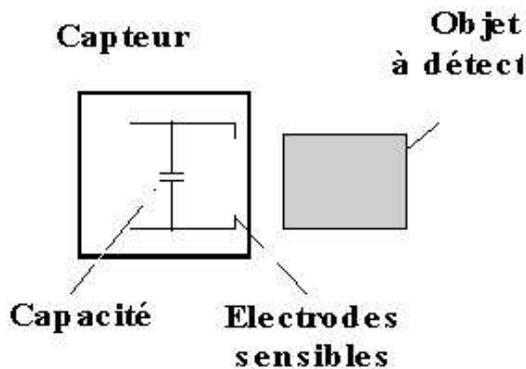
#### exemple :



### 4. Capteur capacitif :

Les capteurs capacitifs sont des capteurs de proximité qui permettent de détecter des objets métalliques ou isolants. Lorsqu'un objet entre dans le champ de détection des électrodes sensibles du capteur, il provoque des oscillations en modifiant la capacité de couplage du condensateur.

#### exemple :



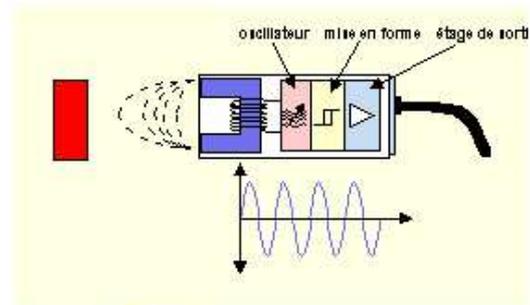
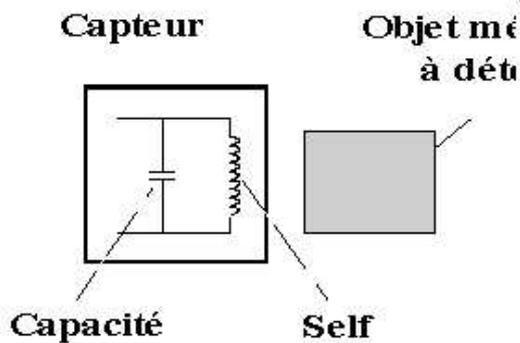
## 5. Capteur inductif :

### Exemple :

Les capteurs inductifs produisent à l'extrémité leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une self et une capacité montée en parallèle. Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie., le capteur commute.



(doc lamaintenance.fr)

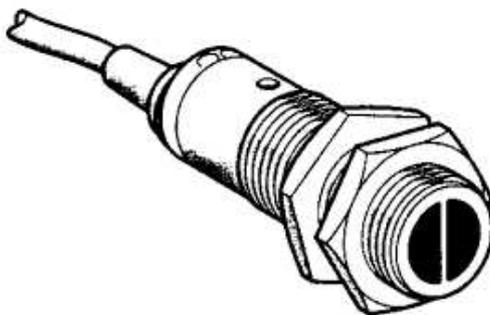


Oscillateur ([Sitelec](#))

## 6. Capteur optique

Un capteur photoélectrique est un capteur de proximité. Il se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur. La détection d'un objet se fait par coupure ou variation d'un faisceau lumineux. Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande.

### exemples :



Détecteur photoélectrique cylindrique  
(doc Télémécanique)



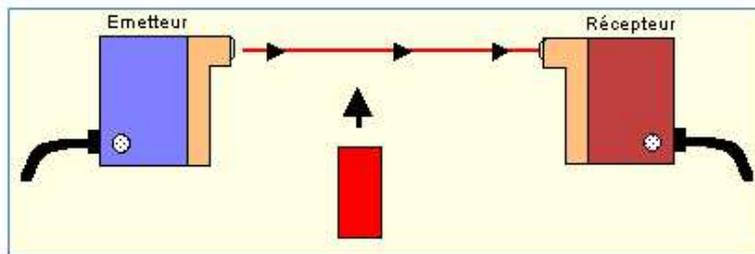
Détecteur photoélectrique

### Les différents types de détection :

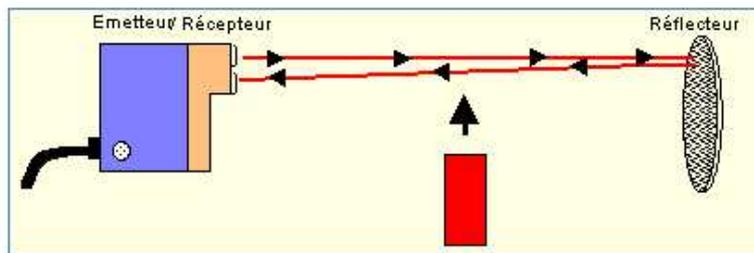
Il existe trois grands types de détection, la détection par barrage où l'objet à détecter coupe un faisceau lumineux situé entre l'émetteur et le récepteur, la détection par barrage où un faisceau réfléchi est coupé par l'objet à détecter et le système réflex où le faisceau émis par le récepteur est renvoyé par la pièce à détecter sur le récepteur situé sur le même capteur.



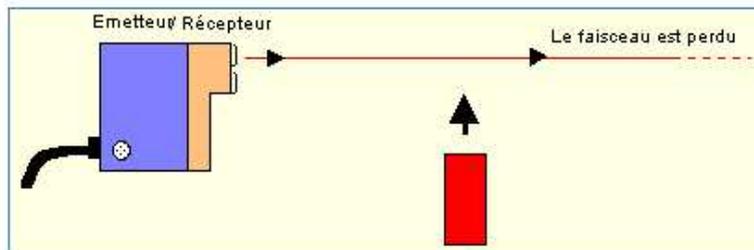
Système barrage ([Sitelec](#))



Système reflex ([Sitelec](#))



Système de proximité (réflexion directe) ([Sitelec](#))

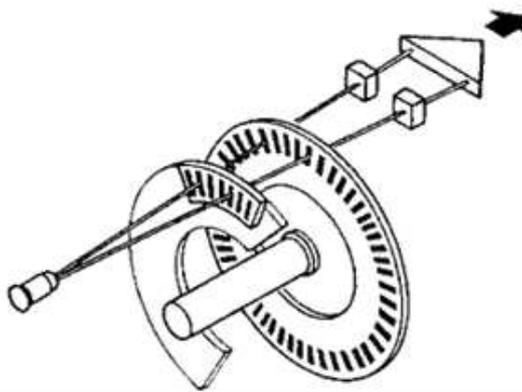


## 7. Codeurs rotatifs

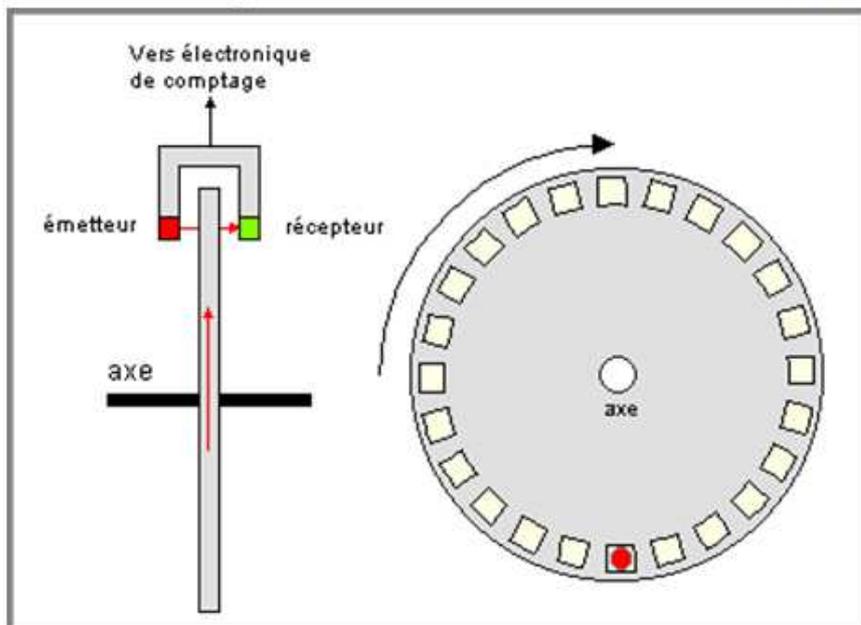


Les codeurs rotatifs sont des capteurs de position angulaire. Le disque du codeur est solidaire de l'arbre tournant du système à contrôler. Il existe deux types de codeurs rotatifs, les codeurs incrémentaux et les codeurs absolus.

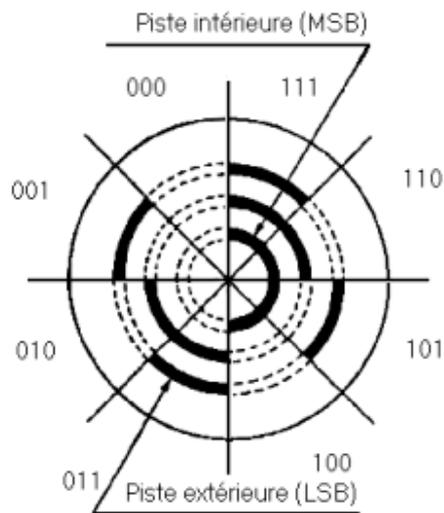
### Codeur rotatif incrémental



La périphérie du disque du codeur est divisée en "x" fentes régulièrement réparties. Un faisceau lumineux se trouve derrière ces fentes dirigé vers une diode photosensible. Chaque fois que le faisceau est coupé, le capteur envoie un signal qui permet de connaître la variation de position de l'arbre. Pour connaître le sens de rotation du codeur, on utilise un deuxième faisceau lumineux qui sera décalé par rapport au premier. Le premier faisceau qui enverra son signal indiquera aussi le sens de rotation du codeur.



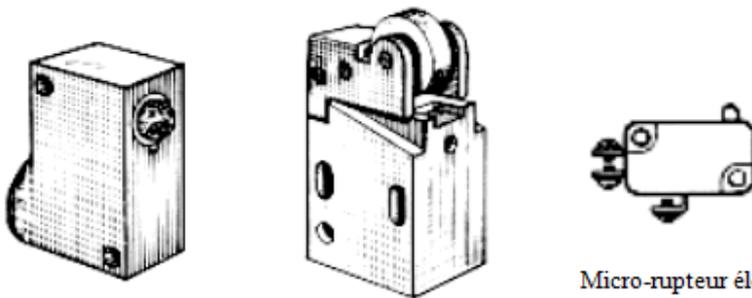
## Codeur rotatif absolu



Cette fois ci, le disque possède un grand nombre de pistes et chaque piste est munie d'une diode émettrice d'un faisceau lumineux et d'une diode photosensible. La piste centrale est la piste principale, elle détermine dans quel demi-tour la lecture est effectuée. La piste suivante détermine dans quel quart de tour on se situe, la suivante le huitième de tour etc. Plus il y aura de pistes plus la lecture angulaire sera précise. Il existe des codeurs absolus simple tour qui permettent de connaître une position sur un tour et les codeurs absolus multitours qui permettent de connaître en plus le nombre de tours effectués. exemple [ici](#)

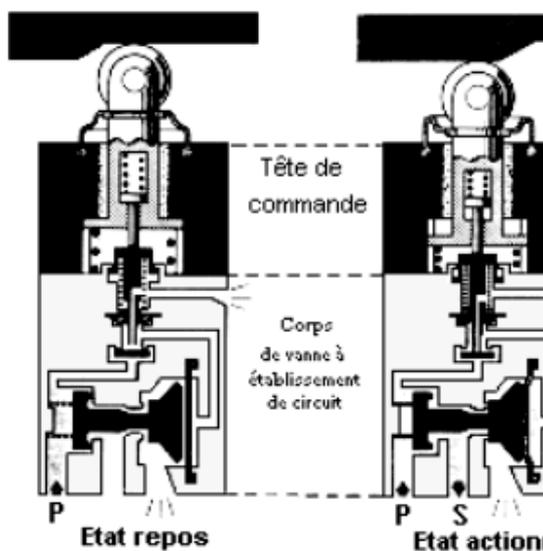
## Capteur de position

Les capteurs de position sont des capteurs de contact. Ils peuvent être équipé d'un galet, d'une tige souple, d'une bille. L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien et peut être électrique ou pneumatique.

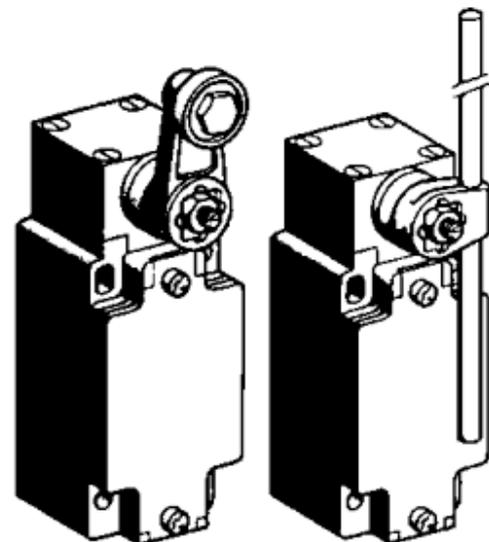


Micro-rupteur électrique  
(doc Télémécanique)

Capteur fin de course et à galet  
(doc Télémécanique)

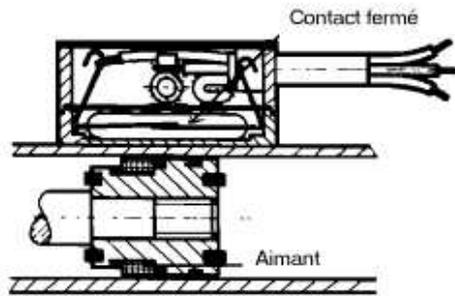


Capteur à galet  
(doc Télémécanique)



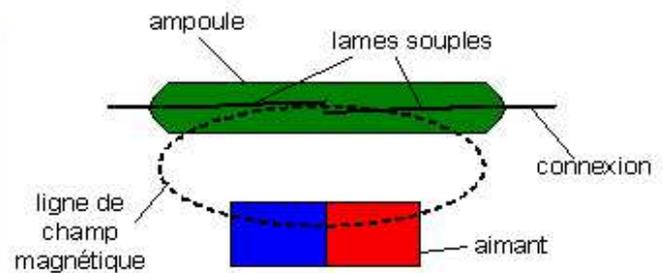
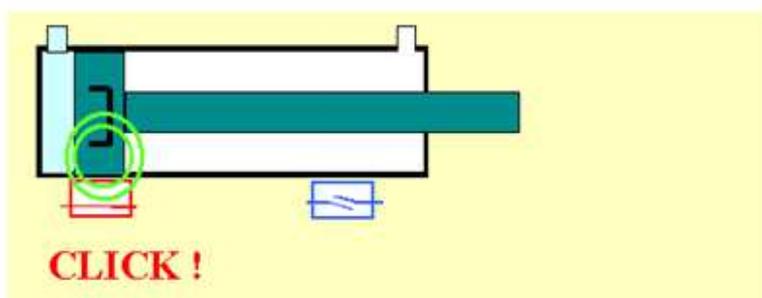
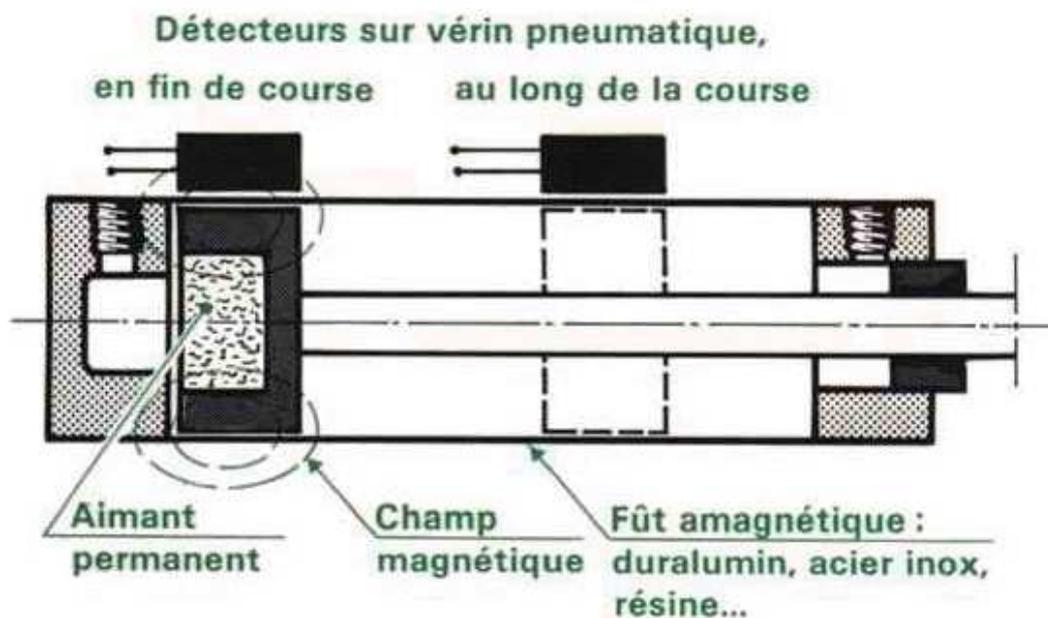
Capteurs à levier et à tige souple  
(doc Télémécanique)

## Capteurs ILS (Interrupteur à Lame Souple) :



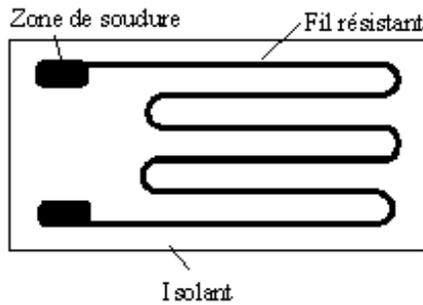
Un capteur ILS est un capteur de proximité composé d'une lame souple sensible à la présence d'un champ magnétique mobile. Lorsque le champ se trouve sous la lame, il ferme le contact du circuit provoquant la commutation du capteur. Ce capteur se monte directement sur un vérin et permet de détecter des positions autres que les positions extrêmes. Pour utiliser ce type de capteur, il est nécessaire d'utiliser un vérin comportant un aimant monté sur le piston.

## Capteurs ILS montés sur le corps vérin :



doc [www.teaser.fr](http://www.teaser.fr)

## Jauge de contrainte |



### Principe :

La résistance ohmique d'un fil conducteur est donnée par la relation suivante :  $R = \rho \cdot l / s$

$\rho$  : résistivité du métal en  $\Omega / m$ ,

$l$  : longueur du fil en m,

$s$  : section du fil en  $m^2$ .

Si on tire sur ce fil, il va s'allonger ( $l$  augmente) et sa section va se réduire, sa résistance va donc augmenter ( $l/s$  augmente). L'épaisseur du fil est d'environ  $5 \mu m$ , la plaque isolante de l'ordre du double.

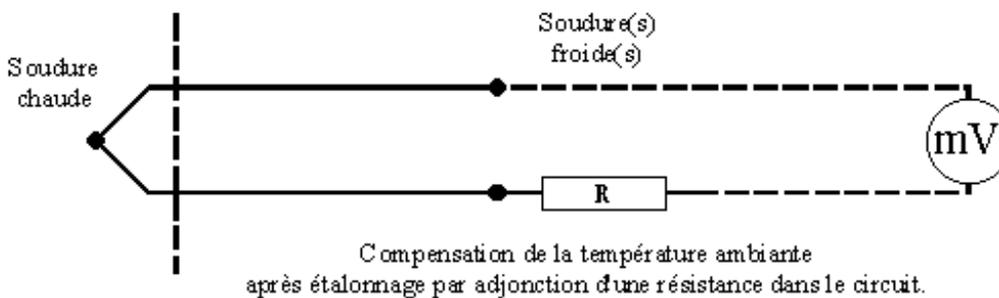
## 8. Autres capteurs

La température est l'une des grandeurs physiques dont la mesure est la plus fréquente. Ce n'est pas une grandeur directement mesurable (comme la longueur) mais une grandeur repérable à l'aide d'un phénomène associé tel que la variation de résistance d'un conducteur électrique, la dilatation d'un fluide ou l'émission d'un rayonnement thermique.

Avant de choisir une méthode de mesure, il convient de bien connaître la nature du milieu solide, liquide, gazeux ou le passage de l'un à l'autre.

## Les thermocouples :

### Principe :



Lorsque deux fils en métaux différents sont connectés à leurs deux extrémités, un courant continu circule dans la boucle s'il y a une différence de température entre les deux jonctions. On distingue la jonction chaude à la température  $T_c$  (à mesurer) et la jonction froide à la température  $T_f$  constante et connue (aujourd'hui cette pratique est évitée par une compensation électronique). On mesure la différence de potentiel  $E$  entre les deux jonctions, résultat du courant  $I$ , avec un voltmètre.

$E$  est proportionnelle à  $\Delta T$  ( $\Delta T = T_c - T_f$ )

$$E (\text{volt}) = \alpha \times (T_c - T_f)$$

$\alpha$  est appelé coefficient de Seebeck.

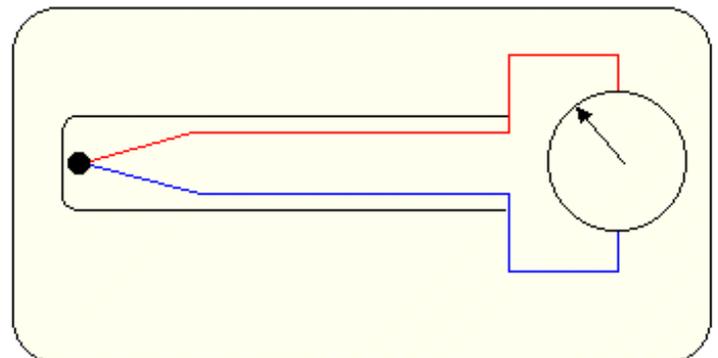
Cette force électromotrice  $E$  dépend :

- De la nature des métaux de jonction;
- De la température  $T_c$

Pour faciliter la lecture de  $T_c$ , on garde la soudure froide à température constante (exemple :

mélange eau + glace  $\rightarrow T = 0^\circ C$ )

alors  $E = \alpha \times (T_c - T_f)$ .



(Sitelec)

## Les capteurs de pression :

### Principe :

Dans un capteur de pression, on mesure la force qui s'exerce sur la surface constante et connue S d'un corps d'épreuve.

Pression (Pascal)  $P = F \text{ force (Newton)} / S \text{ Surface (m}^2\text{)}$

Il faut éviter d'exprimer la pression en bars (sauf pour les pressions hydrauliques).

1 bar = 1 daN/cm<sup>2</sup> = 0.1 Mpa

1 Mpa = 1 Méga Pascal = 10<sup>6</sup> Pa = 10<sup>6</sup> N/m<sup>2</sup>



Pressostat / Vacuostat

## Les capteurs de vitesse angulaire :

Certaines machines automatiques, telles que les machines à commande numérique, exigent une mesure précise de la vitesse. La mesure de la vitesse linéaire peut se ramener à celle de la mesure de la vitesse angulaire. Ces capteurs tachymétriques peuvent être classés en deux familles simplifiées.

### Les générateurs analogiques :

- à courant continu avec collecteur à noyau de fer, ou à bobine mobile.
- à courant continu sans collecteur.
- à courant alternatif.

### Principe :

Les générateurs analogiques se comportent comme une génératrice à courant continu, ils délivrent une tension de sortie proportionnelle à la vitesse d'entraînement du rotor. La mesure précise de cette tension permet de mesurer indirectement la vitesse angulaire. Ce capteur doit être monté directement en bout d'arbre dont on veut contrôler la vitesse.

## 9. Choix d'un capteur :

Tous les capteurs dont les fonctionnements ont été décrits précédemment présentent deux parties distinctes. Une première partie qui a pour rôle de détecter un événement et une deuxième partie qui a pour rôle de traduire l'événement en un signal compréhensible d'une manière ou d'une autre par une partie PC. Pour choisir correctement un capteur, il faudra définir tout d'abord

- le type événement à détecter,
- la nature de l'événement,
- La grandeur de l'événement,
- l'environnement de l'événement.

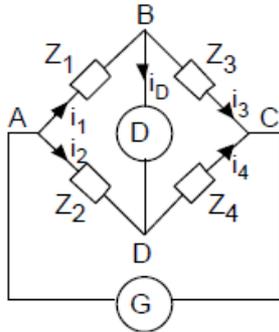
En fonction de ces paramètres on pourra effectuer un ou plusieurs choix pour un type de détection. D'autres éléments peuvent permettre de cibler précisément le capteur à utiliser :

- ses performances,
- son encombrement,
- sa fiabilité (MTBF)
- la nature du signal délivré par le capteur (électrique, pneumatique)
- son prix...

## MESURES PAR PONTS

### 1) Principe de la mesure

Les mesures d'impédances à l'aide de ponts sont employées lorsque l'on recherche une certaine précision. En effet, la mesure est déduite d'une détermination de zéro (équilibrage du pont), ce qui est plus facile et plus précis que la mesure d'une valeur absolue. Nous présenterons d'abord le principe des mesures en pont, puis nous décrirons 2 types de ponts, permettant de mesurer des résistances et des capacités. Dans tous les cas, le montage électrique est le suivant :



Dans le cas général, tous les éléments ont une impédance complexe :  $Z_i = R_i + j X_i$

G : générateur de tension

D : appareil de détection, continu (ampèremètre ou galvanomètre) ou alternatif (oscilloscope ou voltmètre)

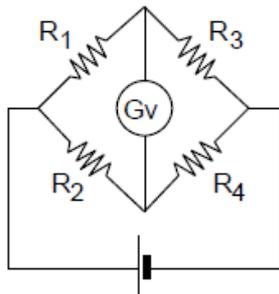
L'équilibre du pont est obtenu lorsque l'appareil de détection mesure un courant ou une tension nulle entre les points B et D :  $U_{BD} = 0$  et  $i_D = 0$ . On a alors :

$$U_{BA} = U_{DA} \text{ d'où } Z_1 i_1 = Z_2 i_2 \quad U_{CB} = U_{CD} \text{ d'où } Z_3 i_3 = Z_4 i_4 \quad ; \quad i_1 = i_3 \text{ et } i_2 = i_4.$$

On en déduit  $i_2 / i_1 = Z_1 / Z_2 = i_4 / i_3 = Z_3 / Z_4$  et enfin :  $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$

Cette relation permet de déterminer une impédance connaissant les trois autres.

### 2) Le pont de Wheatstone permet de mesurer des résistances pures.



Tous les éléments du pont sont des résistances pures :  $Z_i = R_i \quad (X_i = 0, \forall i)$

Le pont peut fonctionner en continu ou en alternatif, mais est généralement employé en continu. Dans ce cas, on obtiendra la meilleure sensibilité en utilisant un Galvanomètre (Gv) comme appareil de détection du zéro.

La relation d'équilibre du pont se réduit alors à :  $R_1 R_4 = R_2 R_3$ . Si la résistance inconnue est  $R_3$ , on aura  $R_3 = R_4 \cdot r$ , où le rapport  $r = R_1 / R_2$  est un multiple de 10 ( $10^{-4}$  à  $10^4$ ) obtenu à l'aide d'une "tête de pont" (double boîte à décades de résistances de précision 0,05 % variant de 100 à 104 ?). La résistance  $R_4$  sera une boîte de précision à plusieurs tourelles. On choisira le rapport  $r$  de façon à utiliser toutes les décades de  $R_4$  (nombre maximum de « digits »). Les valeurs de  $R_1$  et  $R_2$  sont ensuite choisies si

possible du même ordre de grandeur que la résistance à mesurer, afin que les tensions des quatre branches

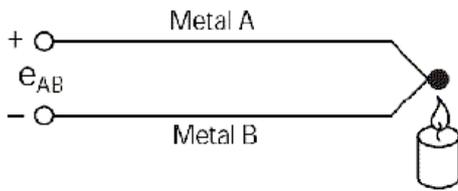
du circuit soient toutes du même ordre de grandeur. On placera un interrupteur à la sortie du générateur, afin de mesurer des résistances qui restent "froides" (pourquoi ?). On prendra garde aux courants limites admissibles dans les résistances ! Par précaution, on utilisera d'abord un ampèremètre comme appareil de

détection, et le galvanomètre ne sera inséré dans le circuit que lorsque l'on sera proche de l'équilibre du pont ( $i_D$  voisin de 0).

- Ce pont peut être utilisé en continu et en alternatif. Avantages et inconvénients de travailler en alternatif. Pourquoi faut-il éviter les fréquences de 50 et 100 Hz ?

- Equilibrer le pont pour chacune des deux résistances à mesurer (il peut être judicieux de changer le valeur de la tête de pont). Chiffrer les incertitudes dues à la précision des composants et à la précision de réglage du zéro (incertitude sur la valeur de  $R_4$  à l'équilibre). Ne pas démonter le pont (utilisé cidessous).

### A) Principe de fonctionnement



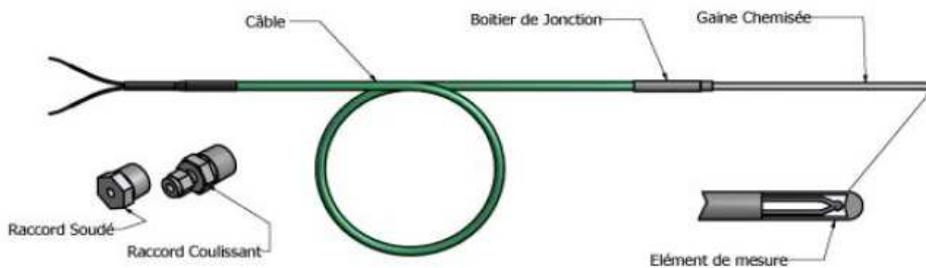
Un thermocouple utilise principalement l'**effet Seebeck** afin d'obtenir une mesure de la température. Si on réunit à une extrémité deux fils métalliques de natures différentes et que l'on élève la température de cette extrémité, il apparaît une tension  $e_{AB}$  aux extrémités restées libres.

Il est possible de déterminer la température de l'extrémité chauffée à partir de la mesure de  $e_{AB}$ .

On appelle :

- \* **Soudure chaude** : Jonction de l'ensemble thermocouple soumis à la température à mesurer : c'est la jonction Capteur.
- \* **Soudure froide** : Jonction de l'ensemble thermocouple maintenu à une température connue ou à 0 °C : c'est la jonction Référence.

### B) Constitution d'un thermocouple industriel



### C) Différents types de thermocouples

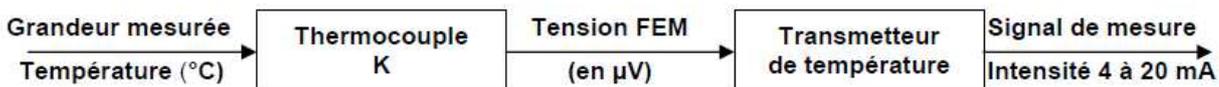
Le domaine d'utilisation et le prix d'un thermocouple dépendent des deux métaux utilisés. A chaque couple de métaux, on associe une lettre normalisée. Voici les désignations correspondant aux principaux thermocouples utilisés dans l'industrie :

Type	Métal A (+)	Métal B (-)	Plages utilisation	Coef. Seebeck $\alpha(\mu V/^{\circ}C)$	Erreur standard
J	Fer	Constantan	-40 à +750°C	50,38 $\mu V/^{\circ}C$ à 0°C	2,2% à 0,75%
K	Chromel	Alumel	-40 à +1200°C	39,45 $\mu V/^{\circ}C$ à 0°C	2,2% à 0,75%
S	Platine 10% Rhodium	Platine	0 à +1600°C	10,21 $\mu V/^{\circ}C$ à 600°C	1,5% à 0,25%
T	Cuivre	Constantan	-40 à +350°C	38,75 $\mu V/^{\circ}C$ à 0°C	1% à 0,75%

## III - Expérience réalisée

But de l'expérience : mesurer une température variant de 0° C à 300° C à l'aide d'un thermocouple K.

Schéma fonctionnel :



Protocole expérimental :

Dans un premier temps nous avons cherché à déterminer la température de la salle de TP avec le thermocouple K que nous avons branché sur un voltmètre qui nous donnait la tension délivrée par ce thermocouple. Si les deux jonctions sont à température ambiante alors le voltmètre mesure une tension de 0μV, ce qui correspondrait à une température de 0°C. Pour mesurer correctement la température ambiante nous avons mis le thermocouple K dans un bac à glaçons et nous avons constaté en utilisant des tables de référence normalisées que cela donnait la température de notre salle de TP de 20° C



## Site de robot

RobotShop, la Première source Mondiale pour la Technologie Robotique Domestique et Professionnelle. Ici vous trouverez des robots personnels, des robots professionnels, des robots jouets, des robots en kits et des pièces détachées pour construire vos propres robots.

RobotShop est aussi une force importante en Éducation Robotique et en Recherche. Nous offrons une sélection de produits variée, des rabais aux écoles et par quantité, des ressources utiles et un support spécialisé.

## Prochain numéro

Dans le prochain numéro nous découvriront le 555.

minilabo

Pour recevoir votre minilabo, il vous suffit de vous inscrire à la lettre de diffusion sur <http://www.minilabo.be/mail.php>

Rédacteur:  
Defoy Laurent  
email: [laurent@minilabo.be](mailto:laurent@minilabo.be)  
web: [www.minilabo.be](http://www.minilabo.be)

minilabo est basé sur le partage. Merci de me faire parvenir vos notes ou articles au format OpenDocument, Microsoft Word ou simplement vos documents scannés.

Si vous voulez contribuer plus activement, vous pouvez également envoyer des vidéos d'essais ou des montages électroniques.

Cette oeuvre est sous licence Creative Commons Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage à l'Identique 3.0 non transcrit. Pour accéder à une copie de cette licence, merci de vous rendre à l'adresse suivante [www.minilabo.be](http://www.minilabo.be) ou envoyez un courrier à Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

