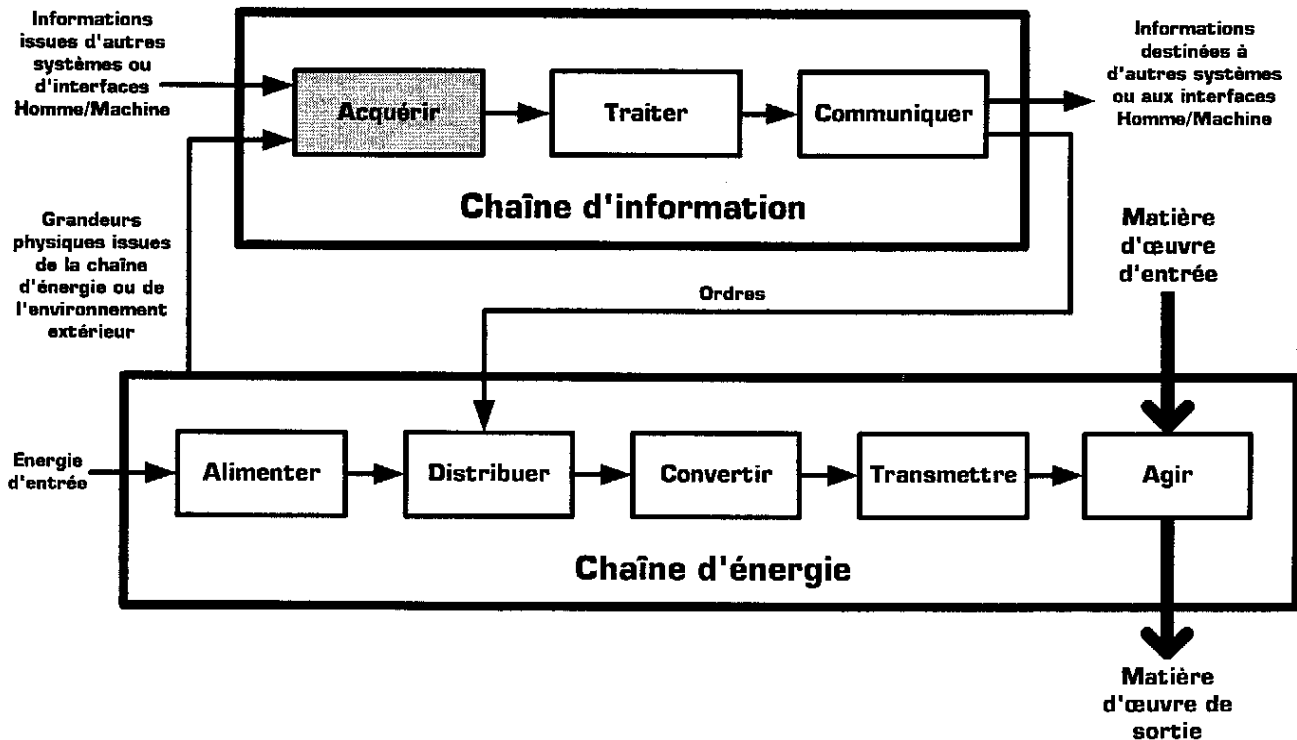


# CORRECTION

Section : <b>S</b>	Option : <b>Sciences de l'ingénieur</b>	Discipline : <b>Génie Électrique</b>	
<b>Conversion de grandeurs physiques en grandeurs électriques</b>			
Domaine d'application : <b>Traitement du signal</b>	Type de document : <b>Cours</b>	Classe : <b>Première</b>	Date :

## I - Introduction : place des capteurs dans les systèmes automatisés

Les informations issues de notre environnement sont des grandeurs physiques. En revanche le traitement de l'information est effectué par des systèmes, numériques la plupart du temps. L'interfaçage entre l'environnement extérieur du système et le traitement électronique des informations est réalisé par des capteurs, et constitue la fonction **acquérir** de la **chaîne d'information** :



La chaîne d'acquisition est une chaîne de mesure. La grandeur mesurée est caractérisée par son intensité et son évolution temporelle fournie par un capteur. L'acquisition de données est un paramètre prépondérant dans l'exploitation des systèmes automatiques de production. En effet la diversité des grandeurs physiques à mesurer [position, déplacement, température, pression, intensité lumineuse, etc.] a imposé de développer des organes techniques permettant l'acquisition de ces grandeurs physiques, la transformation et la transmission des informations exploitables par la fonction **traiter** de la chaîne d'information. Cet organe technique qui est à l'origine de cette chaîne d'acquisition est défini par le terme générique **CAPTEUR**.

## II - Fonction réalisée par un capteur

### II - 1 - Définition d'un capteur

Un capteur est un organe de prélèvement des informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une grandeur de nature électrique (tension, courant, résistance...)

### II - 2 - Les différentes catégories de capteurs

On peut classer les capteurs en fonction de :

- \* La nature de la grandeur physique captée
- \* Le type de la grandeur de sortie

**II - 2 - 1** - Les différentes grandeurs physiques qu'un système peut acquérir à l'aide d'un capteur font généralement partie de l'une des grandeurs suivantes :

Nature des informations physiques mesurées	Exemple de système technique
Mesure de <b>présence</b>	portail FAAC
Mesure de <b>position</b> , de <b>déplacement</b> ou de <b>niveau</b>	la serrure électronique, SCOTTELEC
Mesure de <b>distance</b> , de <b>temps</b> , de <b>vitesse</b> ou de <b>débit</b>	la tondeuse RLSOO, le store SOH FY
Mesure de <b>accélération</b> , de <b>vibrations</b> ou de <b>chocs</b>	une alarme de voiture
Mesure de <b>force</b> , de <b>couple</b> ou de <b>pression</b>	une balaise électronique
Mesure de <b>température</b> , de <b>humidité</b> ou de <b>luminosité</b>	le régulateur de T°, le store SOH FY

**II - 2 - 2** - Les capteurs se classent selon 3 catégories, en fonction du type de la grandeur de sortie :

- \* Les capteurs **Tout Ou Rien** (TOR) : le signal de sortie est linéaire (0 ou 1)
- \* Les capteurs **analogiques** : le signal de sortie est analogiques (une inférence de mesure)
- \* Les capteurs **numériques** : le signal de sortie est numérique (mot linéaire)

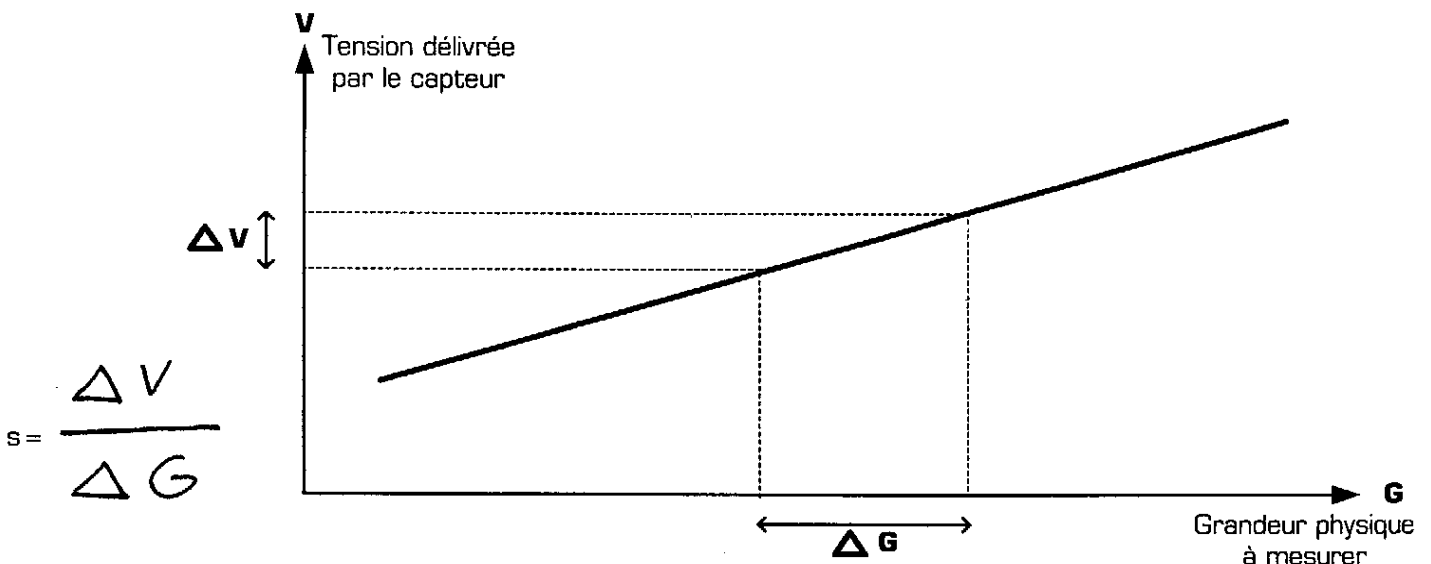
### II - 3 - Les caractéristiques des capteurs analogiques

#### III - 3 - 1 - La sensibilité

Soit un capteur de température dont la fonction de transfert idéale est  $V_s[T] = 0.2 \times T + 3$  où  $V_s$  est la tension de sortie du capteur en volts [signal analogique] et  $T$  est la température mesurée en °C. Dès que la température augmente de 1°C alors la tension  $V_s$  augmente de 0.2 V. On peut dire que la tension  $V_s$  évolue de 0.2 V.°C<sup>-1</sup> [0.2 volt par degrés].

La sensibilité de ce capteur est  $s = 0,2 \text{ V. } ^\circ\text{C}^{-1}$

Définition de la **sensibilité** d'un capteur : c'est la pente de la fonction de transfert du capteur.



#### III - 3 - 2 - La linéarité

Un capteur est dit linéaire si la fonction de transfert est une droite : la sensibilité est la même sur toute l'étendue de mesure.

### III - 3 - 3 - La précision

Nul constructeur ne peut assurer que son capteur délivrera une valeur exacte en sortie, pour une valeur donnée de la grandeur d'entrée. Il indique alors *une fourchette* dans laquelle la valeur de sortie est garantie. Cette fourchette s'appelle **la précision** du capteur, et vient compléter la fonction de transfert idéale.

**Exemple :** soit un capteur de température dont la fonction de transfert idéale est  $V_s(T) = 0.2 \times T + 3$  où  $V_s$  est la tension de sortie du capteur en volts [signal analogique] et  $T$  est la température mesurée en °C. Le constructeur indique que son capteur **est précis à 100 mV près**. Cela signifie que la tension de sortie  $V_s$  délivrée par le capteur peut s'écarter au maximum de 100 mV [par excès comme par défaut] par rapport à la fonction de transfert idéale :

Température mesurée	Valeur idéale de $V_s$	Valeur minimale de $V_s$	Valeur maximale de $V_s$
$T = 18^\circ\text{C}$	6.6 V	6,5V	6,7V
$T = 20^\circ\text{C}$	7.0 V	6,9V	7,1V
$T = 22^\circ\text{C}$	7.4 V	7,3V	7,5V
$T = 24^\circ\text{C}$	7.8 V	7,7V	7,9V

La fonction de transfert réelle, incluant la précision, peut alors s'écrire  $V_s(T) = 0.2 \times T + 3 \pm 100 \times 10^{-3}$

La précision de ce capteur est de ..... *100 mV* .....

Définition de la **précision** d'un capteur : *C'est l'écart maximal entre la valeur de sortie mesurée, et la valeur idéale attendue.*

### III - 3 - 4 - La fidélité

Un capteur est dit fidèle si *il délivre toujours la même valeur en sortie quand on mesure plusieurs fois la même valeur de grandeur d'entrée, et ce notamment lorsque le capteur vieillit.*

## IV - Les détecteurs de position TOR (Tout Ou Rien)

On peut les classer en deux catégories : les détecteurs mécaniques à contact et les détecteurs de proximité.

### IV - 1 - Les détecteurs mécaniques à contact

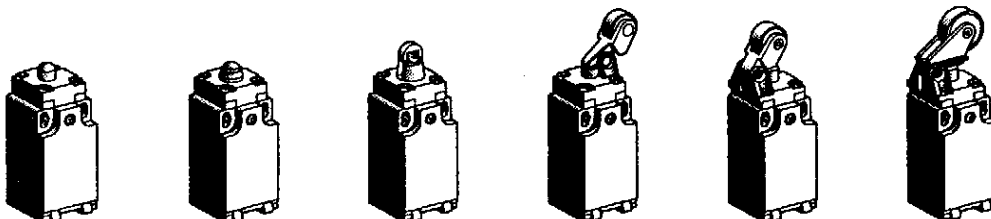
Les capteurs mécaniques de position, appelés aussi interrupteurs de position, sont surtout employés dans les systèmes automatisés pour assurer la fonction **détecter les positions**. On parle aussi de **détecteurs de présence**. Ils sont réalisés à base de microcontacts placés dans un corps de protection et muni d'un système de commande ou tête de commande. A partir d'une action mécanique directe, ils permettent **d'ouvrir** ou de **fermer** un ou plusieurs contacts électriques.

Comme pour les interrupteurs poussoirs, il existe 2 types différents de détecteurs mécaniques à contact :

- \* Les détecteurs **fermés au repos** [appelé aussi **normalement fermé**]
- \* Les détecteurs **ouverts au repos** [appelé aussi **normalement ouvert**]

Et tout comme un interrupteur poussoir, un détecteur mécanique à contact possède 2 **positions** et 2 **états** :

- \* Les deux **positions** d'un détecteur mécanique à contact sont **TRAVAIL** et **REPOS**.
- \* Les deux **états** d'un détecteur mécanique à contact sont **OUVERT** et **FERME**.



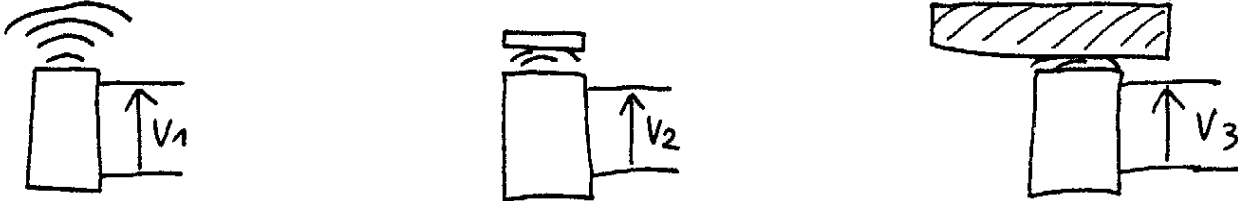
Quelques exemples de détecteurs mécaniques de position à contact direct

## IV - 2 - Les détecteurs de proximité

Ils opèrent à distance, sans contact direct avec le produit dont ils contrôlent la position. Ils permettent ainsi d'indiquer **la présence ou l'absence** d'un objet dans leur zone sensible.

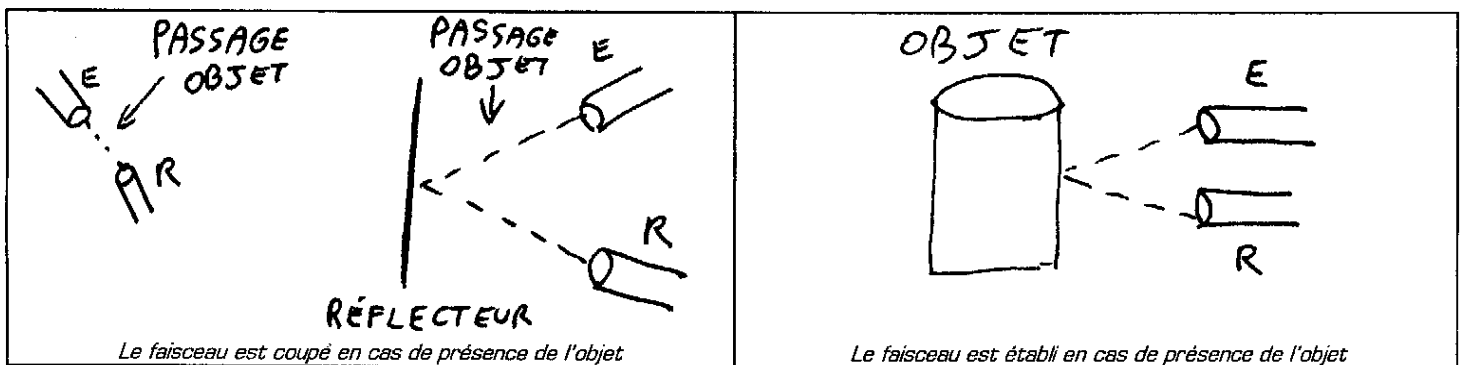
**IV - 2 - 1 - Les détecteurs inductifs** : ils produisent un champ magnétique qui est modifié quand on approche un objet métallique, et certaines caractéristiques du signal électrique de sortie [amplitude, fréquence, etc.] sont modifiées pour indiquer la présence et la nature de l'objet métallique détecté.

Exemple d'application : détecter et différencier les pièces de monnaie dans un distributeur automatique de boissons.



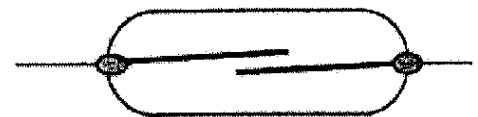
**IV - 2 - 2 - Les détecteurs photoélectriques** : un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible, qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux. Les détecteurs photoélectriques se composent essentiellement d'un **émetteur** de lumière visible ou infrarouge associé à un **récepteur** photosensible. La détection est effective quand l'objet pénètre dans le faisceau lumineux et diminue suffisamment la quantité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie, ou bien lorsque la lumière réfléchiée sur l'objet et renvoyée au récepteur est suffisamment importante.

Il existe donc 2 cas de détection de présence d'un objet par un détecteur photoélectrique : soit le faisceau lumineux est coupé en cas de présence d'un objet, soit il est établi par réflexion sur l'objet en cas de présence de ce dernier :



## IV - 2 - 3 - Les interrupteurs magnétiques à lame souple : i.i.s.

Ils sont constitués d'un boîtier à l'intérieur duquel est placé un contact électrique métallique souple sensible aux champs magnétiques. Ce type de capteur est souvent utilisé pour contrôler la position d'une porte [ou encore d'un vérin], un aimant permanent étant monté sur la porte [ou sur le piston dans le cas de la détection de la position d'un vérin].



Interrupteur à **Lame Souple**

## V - Mesure d'une température

### V - 1 - Les thermistances

Dans un résistor linéaire [ou dans « une résistance »], le **coefficient en température** définit la sensibilité de la résistance par rapport à la température. Une résistance dont la valeur ne varie pas en fonction de la température aura un coefficient de température nul. Le coefficient de température est exprimé en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ , et il est défini par l'expression suivante :  $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T)$ , avec :

$R$  = la valeur de la résistance en ohm  
 $\alpha$  = le coefficient en température en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$

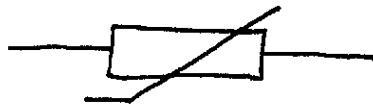
$R_0$  = la valeur de la résistance à  $0^{\circ}\text{C}$  en ohm  
 $T$  = la température en  $^{\circ}\text{C}$

On appelle **thermistance** un résistor linéaire dont **la résistance varie en fonction de la température**, c'est-à-dire que son coefficient en température  $\alpha$  n'est plus négligeable. Il existe 2 types de thermistance :

- \* Les thermistances à Coefficient en Température **N**égatif [appelé des C.T.N.]
- \* Les thermistances à Coefficient en Température **P**ositif [appelé des C.T.P.]

La plage de mesure d'une thermistance peut aller de  $-80^{\circ}\text{C}$  à  $+300^{\circ}\text{C}$ .

Symbole d'une thermistance :



$$R = 4000(1 - 0,03T)$$

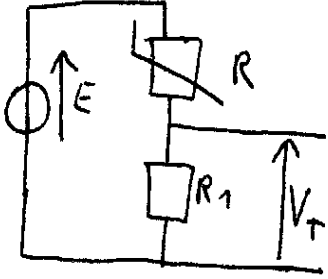
Exemple : soit une thermistance de caractéristiques  $R_0 = 4 \text{ k}\Omega$  et  $\alpha = -0,03 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

S'agit-il d'une CTN ou d'une CTP ? *CTN car  $\alpha$  est négatif*  $\Rightarrow \frac{\Delta R}{\Delta T} = \frac{-600}{5} = -120 \Omega/^\circ\text{C}$

Complétez le tableau suivant donnant la valeur de la résistance R de la thermistance, en fonction de la température T :

T en $^\circ\text{C} \rightarrow$	$0^\circ\text{C}$	$5^\circ\text{C}$	$10^\circ\text{C}$	$15^\circ\text{C}$	$20^\circ\text{C}$	$25^\circ\text{C}$	$30^\circ\text{C}$	$35^\circ\text{C}$
R en $\Omega \rightarrow$	$4 \text{ k}\Omega$	$3,4 \text{ k}\Omega$	$2,8 \text{ k}\Omega$	$2,2 \text{ k}\Omega$	$1,6 \text{ k}\Omega$	$1 \text{ k}\Omega$	$400 \Omega$	IMPOSSIBLE car $R < 0$

On réalise le montage suivant, en utilisant la CTN précédemment définie :  $E = 12\text{V}$  et  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$



$$V_T = E \cdot \frac{R_1}{R_1 + R} = E \cdot \frac{R_1}{R_1 + 4000(1 - 0,03T)}$$

$$= E \cdot \frac{R_1}{R_1 + 4000 - 120T} = \frac{12000}{5000 - 120T}$$

si  $T \nearrow$  alors  $V_T \nearrow$   
 si  $T \searrow$  alors  $V_T \searrow$  }  $V_T$  évolue en fonction de la température T

Une thermistance ne produit pas de courant ni de tension, mais modifie simplement sa résistance en fonction de la température. Pour obtenir une grandeur électrique [courant ou tension] variant en fonction de la température, il faudra intégrer la thermistance dans un circuit électrique alimenté par un générateur extérieur. Un tel capteur est appelé un capteur **passif**.

## V - 2 - Les thermocouples

Un thermocouple est constitué de 2 conducteurs en métaux de caractéristiques différentes, soudés en un point. Ces 2 conducteurs produisent un courant de sortie mesurable lorsqu'ils sont soumis chacun à une température différente.

Contrairement à une thermistance, un thermocouple produit un courant de sortie directement à partir de l'énergie issue de la grandeur mesurée [ici la chaleur] : on appelle un tel capteur un capteur **actif**.

La plage de mesure d'un thermocouple peut aller de  $-270 \text{ } ^\circ\text{C}$  à  $+1650 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

*← Fica 1 heure en allant en t*

## VI - Mesure d'une force

### VI - 1 - Généralités et définitions

Un matériau soumis à une force, un couple, ou une pression subit des contraintes mécaniques produisant des déformations.

Contrainte : force par unité de section :  $\frac{F}{S}$

Déformation : c'est la variation d'une dimension. EX: une longueur  $l$  s'allonge d'une déformation  $\Delta l$  : après la déformation la longueur vaut  $l + \Delta l$

Elasticité : une déformation est dite élastique si elle disparaît en même temps que la force qui la produit.

Relation entre force et allongement dans la limite d'élasticité :  $F = k \cdot \Delta l$

## VI - 2 - Résistivité et résistance électrique

Tout matériau possède une résistivité telle que pour un échantillon de section constante, sa résistance vaut :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

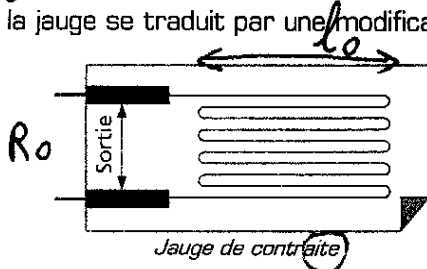
Avec  $\left\{ \begin{array}{l} \rho \text{ la résistivité en } \Omega \cdot \text{m} \\ l \text{ la longueur en m} \\ S \text{ la section en } \text{m}^2 \end{array} \right.$

Exemple : les cordons souples utilisés en TP sont des conducteurs de cuivre de longueur 50 cm, de section 1.5 mm<sup>2</sup>, et de résistivité 17.3 10<sup>-9</sup> Ω.m. La résistance de ces cordons est donc égale à :

$$R = \frac{17,3 \cdot 10^{-9} \cdot 50 \cdot 10^{-2}}{1,5 \cdot 10^{-6}} = 5,77 \text{ m}\Omega$$

## VI - 3 - Jauges de contrainte (ou jauge d'extensiométrie)

**VI - 3 - 1** - Une jauge de contrainte est un dispositif dont la **résistance** varie en fonction de sa **déformation**. La jauge est collée sur la structure à étudier pour subir les mêmes déformations qu'elle. Une modification dimensionnelle de la jauge se traduit par une modification de sa résistance.

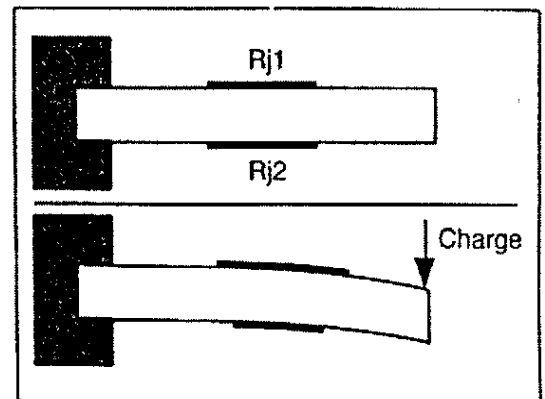


$$\text{Le facteur de jauge} = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta l}{l_0}} = K$$

**VI - 3 - 2 - Exemple** : utilisation de 2 jauges de contrainte pour mesurer la déformation d'une poutre

La force F à mesurer est appliquée à une structure métallique [poutre de contraintes] sollicitée en flexion. Celle-ci subit, dans le domaine élastique, une déformation. Deux jauges résistives de résistance R<sub>j1</sub> et R<sub>j2</sub> sont collées sur la poutre de contraintes :

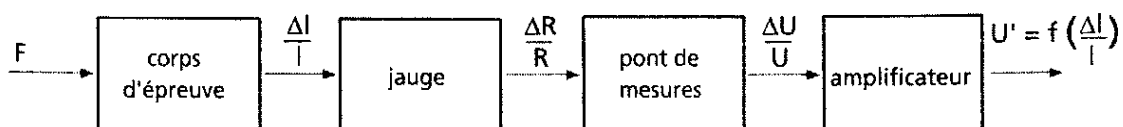
- \* Sans charge  $R_{j1} = R_{j2} = R_{j0} = 1 \text{ k}\Omega$ .
- \* Lorsqu'on soumet le capteur à une force F, la barre de contraintes se déforme et la résistance des jauges varie de la quantité  $\Delta R = k \cdot F$
- \* Comme la jauge du haut a sa longueur qui **augmente** avec la déformation, on a  $R_{j1} = R_{j0} + \Delta R$
- \* Comme la jauge du bas a sa longueur qui **diminue** avec la déformation, on a  $R_{j2} = R_{j0} - \Delta R$



2 jauges sont collées sur la même poutre

Lorsqu'on applique une force sur la poutre de contrainte, on constate que la résistance R<sub>j1</sub> augmente alors que la résistance R<sub>j2</sub> diminue.

**VI - 3 - 3** - Conversions successives de la grandeur physique :



La force F déforme la poutre [le corps d'épreuve], qui modifie la longueur de la jauge, ce qui modifie sa résistance

**VI - 3 - 4** - Application des jauges de contraintes

Un des emplois les plus fréquents des dispositifs à jauges de contraintes est la mesure de la masse d'un objet, qui va de la simple balance électronique pour peser des lettres à la poste ou des légumes au supermarché, jusqu'au pesage de camions de plusieurs tonnes.

**Retrouvez d'autres cours sur le site ressource**

**[www.gecif.net](http://www.gecif.net)**

**Des cours et des TP de Génie Electrique**

**Des exercices et des évaluations avec corrections**

**Des ressources Flowcode, Automgen et ISIS Proteus**

**Des QCM pour réviser les cours et vous entraîner**

**Des logiciels à télécharger**

**Des dossiers techniques de systèmes originaux**

**Des fiches pratiques sur tous les domaines des sciences de l'ingénieur**

**Des sujets de BAC**

**Et bien plus encore sur Gecif.net !**