

# chapitre 1: Les capteurs

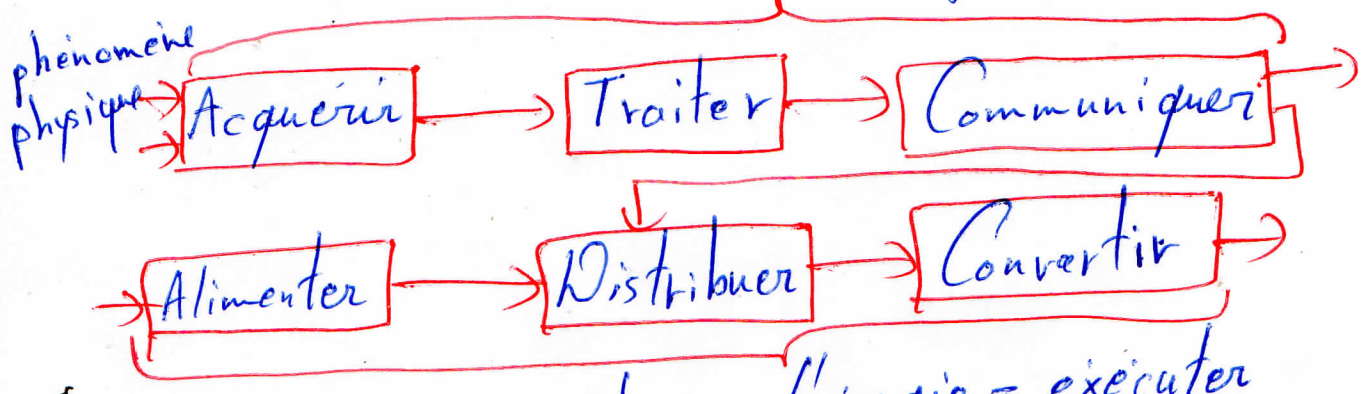
- Mise en situation
- Définition
- Structure d'un capteur (Structure interne)
- Classification
- Principales caractéristiques

## Technologie des capteurs

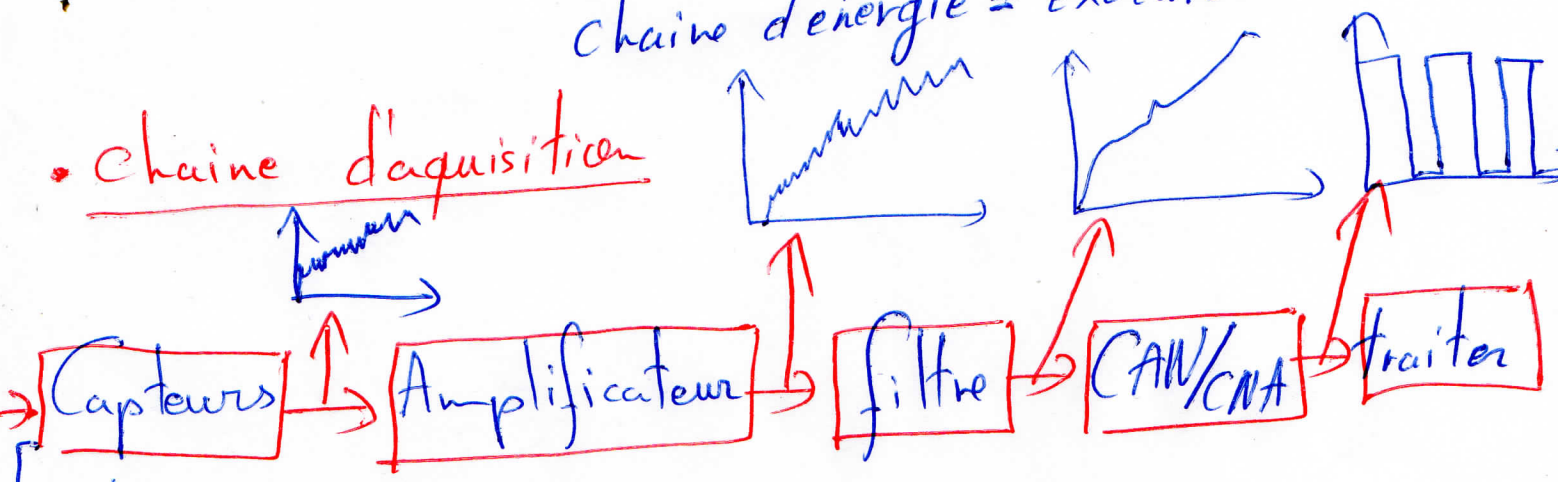
- Effets physiques les plus classiques
- Capteurs de température
- Capteurs TOR
- Capteurs potentiométrique de déplacement
- Capteurs à base de jauges d'extensiométrie
- Capteurs de lumière
- Capteurs de vitesse et de position

• Mise en situation

Chaîne d'information = décider

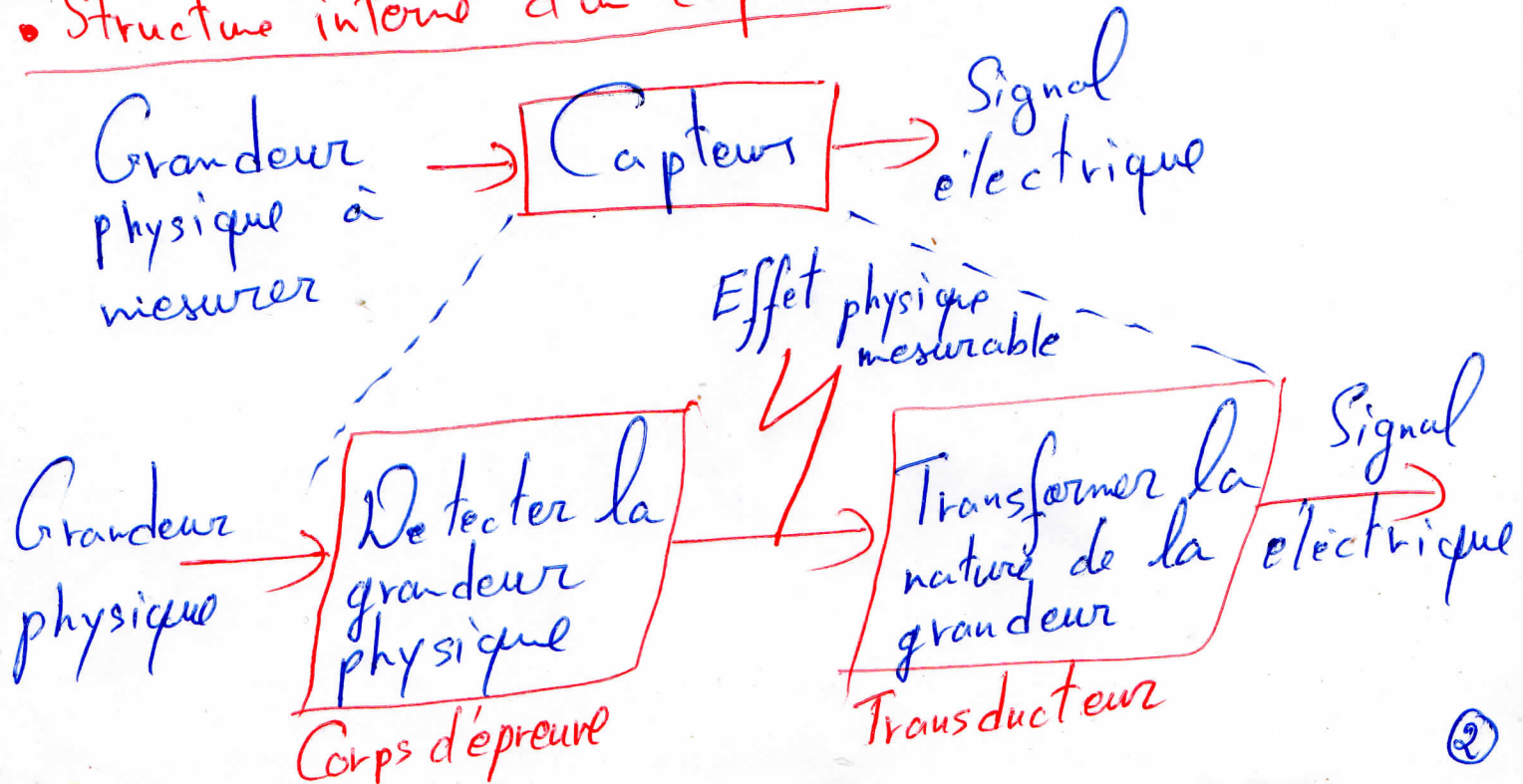


• Chaîne d'acquisition



- phénomènes physiques :
- Température
  - Mouvement
  - Force
  - Pression

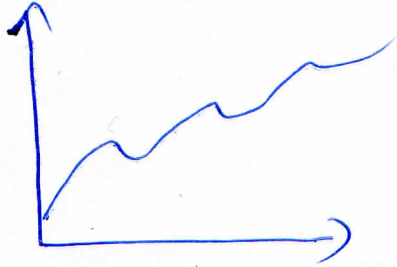
• Structure interne d'un capteur



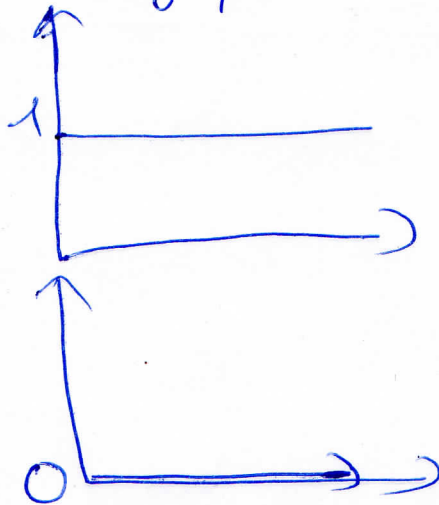
# Classification

## Capteurs

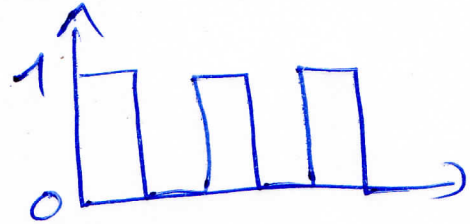
Analogique






logique (TOR)



Numerique



→ Capteurs passifs (Besoin d'aliment.)

		
R	L	C
<u>Resistance</u>	<u>Bobine</u>	<u>Capacite</u>

→ Capteurs actifs (Ne sont pas besoin d'Alim)  
- Reposent sur des effet physique naturelle  
- Comme par exemple l'effet piezoelectrique

# • Caractéristiques d'un capteur statiques

## # Etendue de mesure

$$EM = m_{\max} - m_{\min}$$

## # Sensibilité

$$S_c = \frac{\Delta \text{Sortie}}{\Delta \text{Entrée}}$$

## # Résolution

Plus petite variation mesurable par le capteur

## # linéarité

Linéaire si son sensibilité est constante

$$R(T) = R_0(1 + aT) \Rightarrow S_c = \frac{dR}{dT} = aR_0 = ct \Rightarrow \text{Capteur linéaire}$$

$$R(T) = a e^{\frac{b}{T}} \Rightarrow S_c = \frac{dR}{dT} = -\frac{ab}{T^2} e^{\frac{b}{T}} \neq ct \Rightarrow \text{Capteur non linéaire}$$

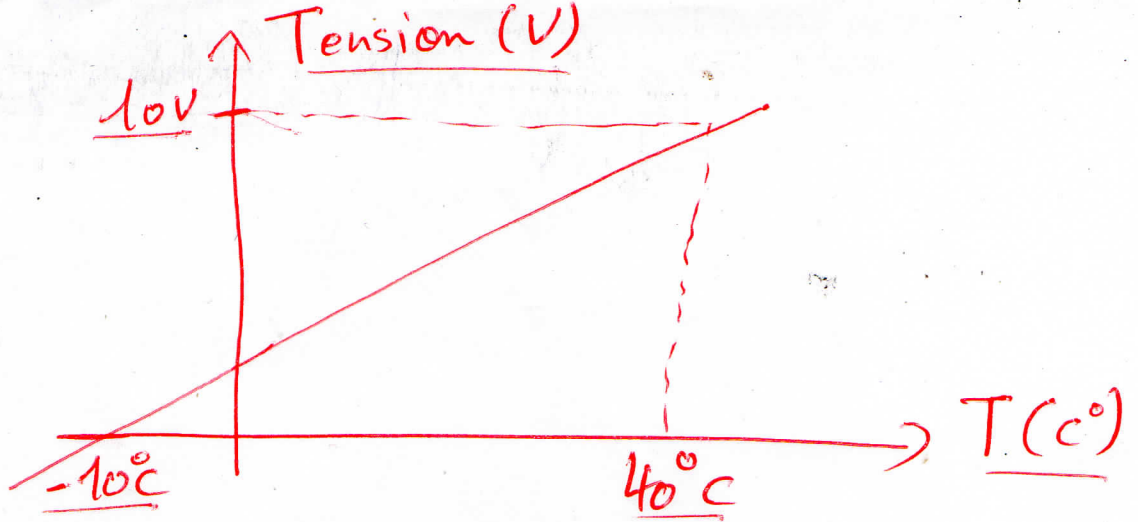
## # Justesse

## # Fidélité

# Precision: Justesse + fidélité

exemple: il fait  $22^\circ\text{C}$

- Le capteur 1 indique une température entre  $20^\circ$  et  $23^\circ$    
  $\downarrow$  juste
- Le capteur 2 indique toujours  $25^\circ\text{C}$   $\rightarrow$  fidèle
- Le capteur 3 indique toujours  $22^\circ\text{C}$   $\rightarrow$  précis

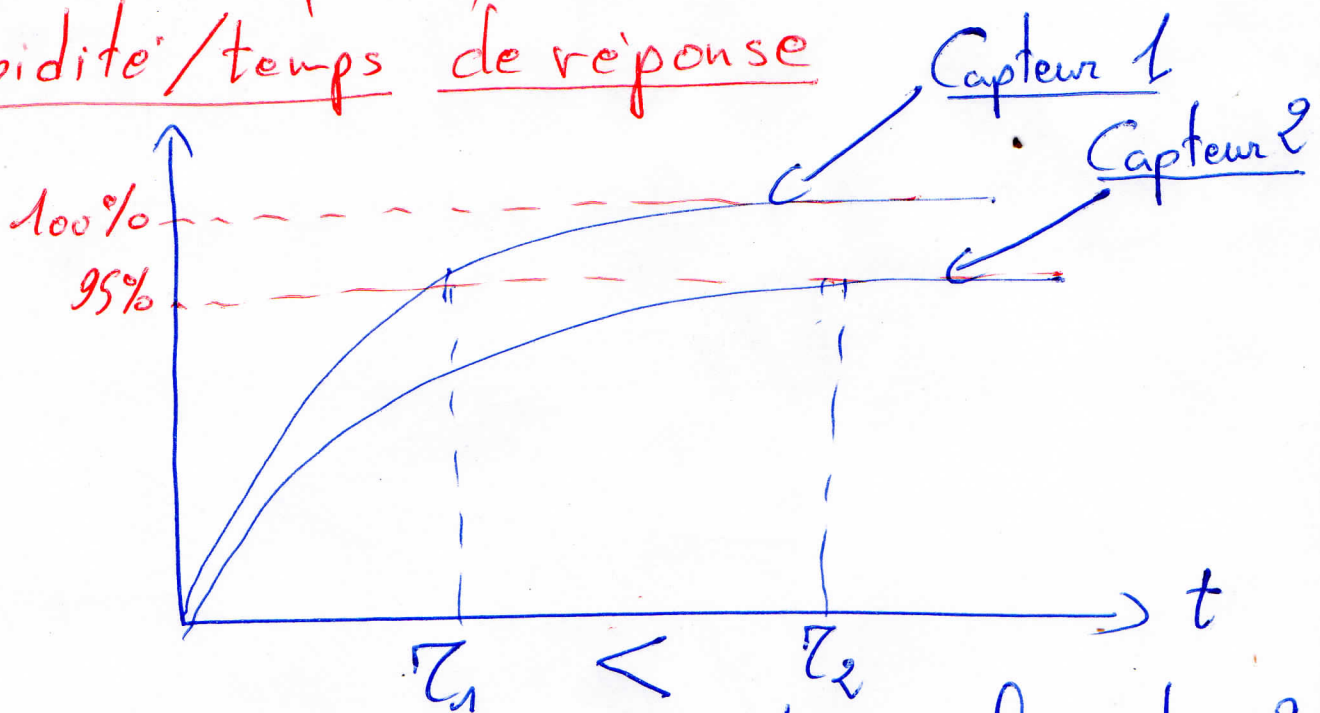


$$\rightarrow EM = 40 - (-10) = 50 = C$$

$$\rightarrow S_c = \frac{dV}{dT} = \frac{10 - 0}{40 - (-10)} = \frac{10}{50} = 0,2 \text{ V/C}^\circ$$

## • Caractéristique dynamiques

### Rapidité / temps de réponse



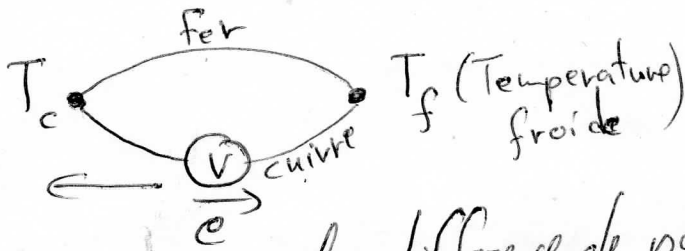
Capteur 1 plus rapide que le capteur 2

# La technologies des capteurs

↳ Les effets physiques classiques:

## # Effet thermoelectrique:

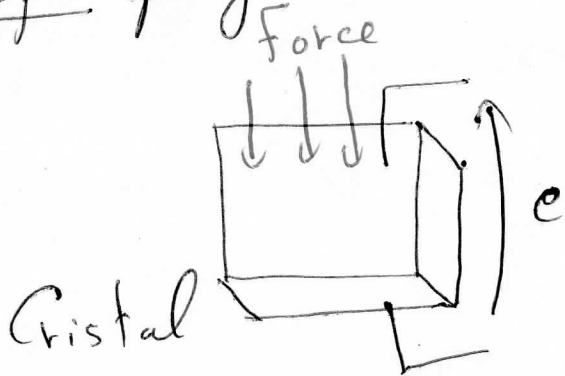
L'effet physique Naturelle



↳ la difference de potentielle

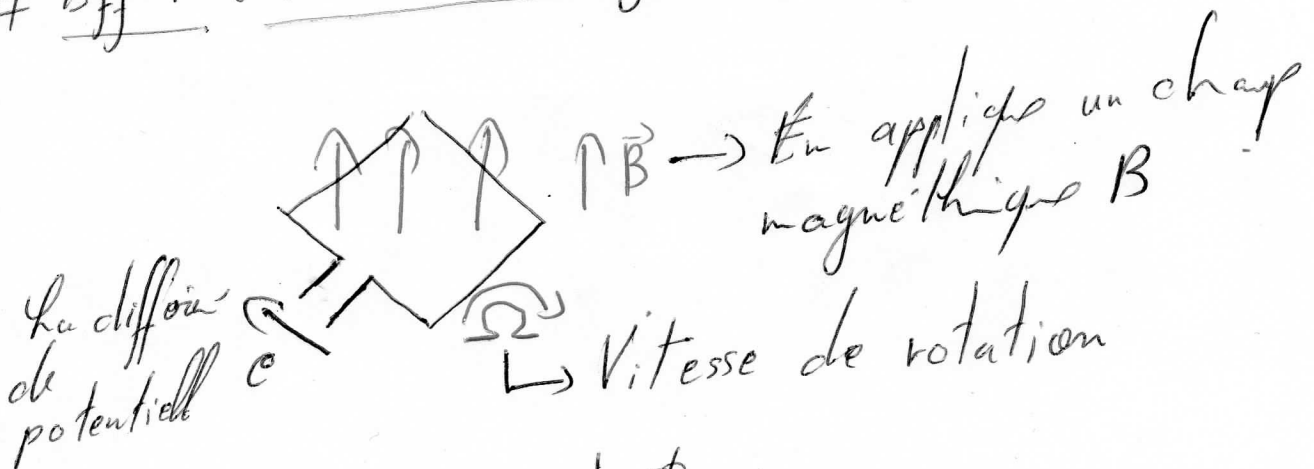
$$e = \alpha (T_c - T_f) = \alpha \Delta T$$

## # Effet piezoelectrique



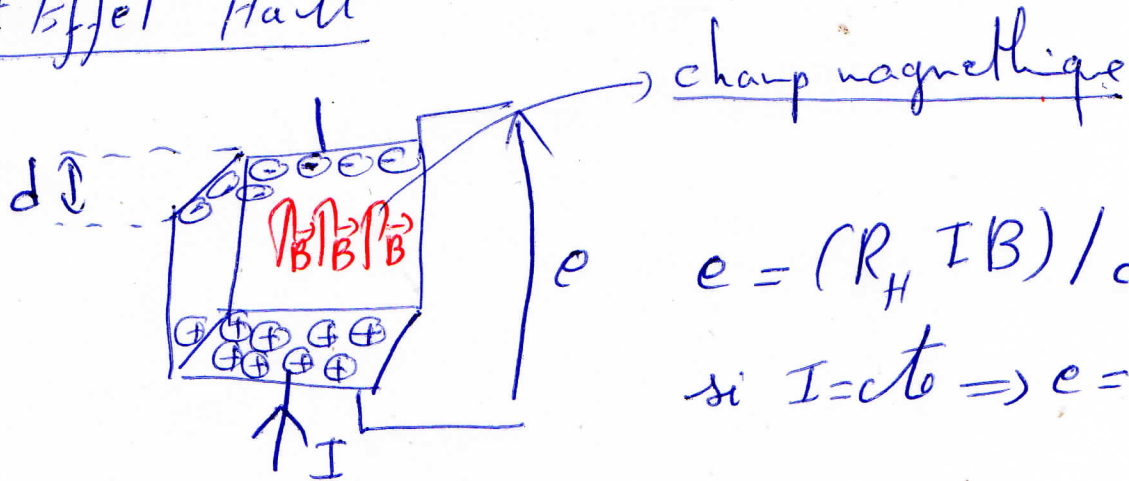
$$e = K \cdot f$$

## # Effet d'induction magnetique:



$$e = \frac{d\Phi}{dt}$$

# # Effet Hall

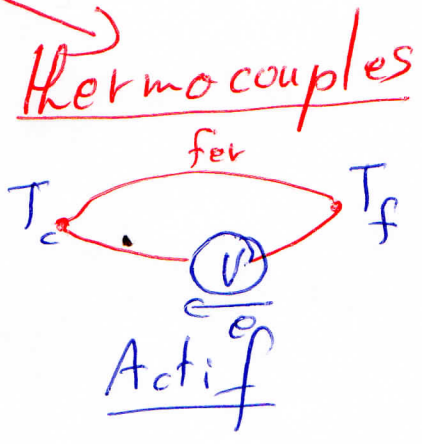
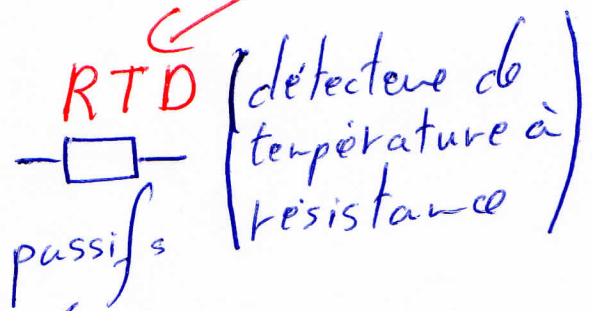


champ magnétique

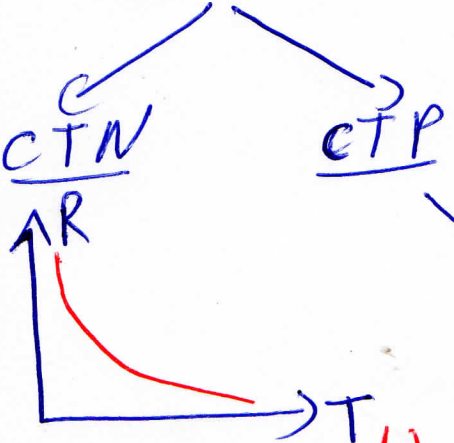
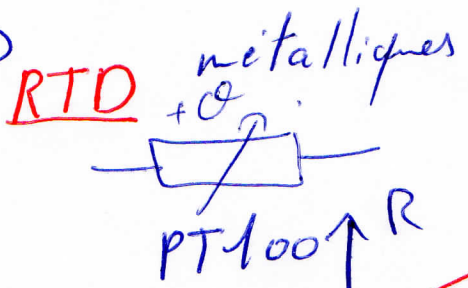
$$e = (R_H I B) / d$$

si  $I = ct \Rightarrow e = K \cdot B$

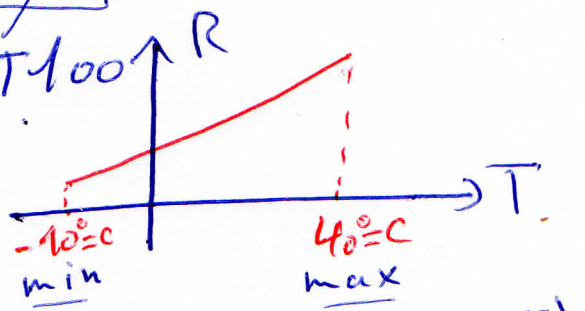
## Capteurs de temperature:



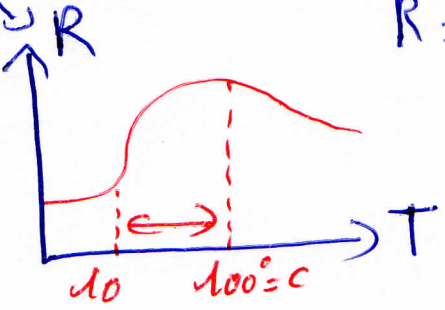
### Thermistances



$$R = R_0 e^{B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$



$$R = R_0 (1 + \alpha T)$$



CTN = Coefficient de température négatif

# Capteurs logiques : TO R

## Capteurs de position

→ La détection de l'objet se fait avec contact

- Fin de course

## Capteurs de Proximité

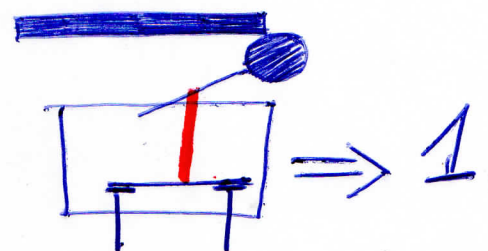
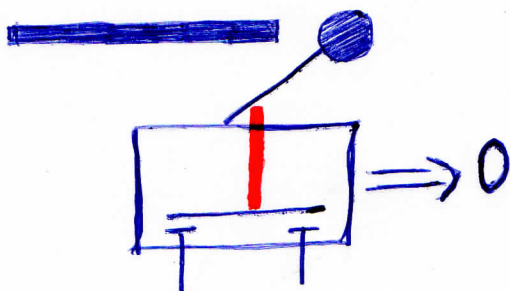
→ La détection de l'objet se fait sans contact

- Inductif
- Capacitif
- Photo-électrique
- Magnétique

## Détecteur mécanique à contact

Ce type de détecteur, appelé aussi détecteur de position ou détecteur de présence, est un interrupteur électromécanique commandé par le déplacement d'un organe de commande. Lorsque ce dernier est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique.

Ces capteurs avec contacts sont des capteurs dynamiques (contiennent des pièces mobiles). Donc leurs durées de vie dépendent du nombre de manœuvres.





## Détecteurs de proximité

Les capteurs sans contact ou de proximité détectent à distance et sans contact avec l'objet dont ils contrôlent la position. Un contact électrique s'ouvre alors ou se ferme en fonction de la présence ou non d'un objet dans la zone sensible du capteur. A l'inverse des capteurs avec contacts, les capteurs de proximité sont des détecteurs statiques (pas de pièce mobile) dont la durée de vie est indépendante du nombre de manœuvres. Ils ont aussi une très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante).

Le choix d'un détecteur de proximité dépend principalement :

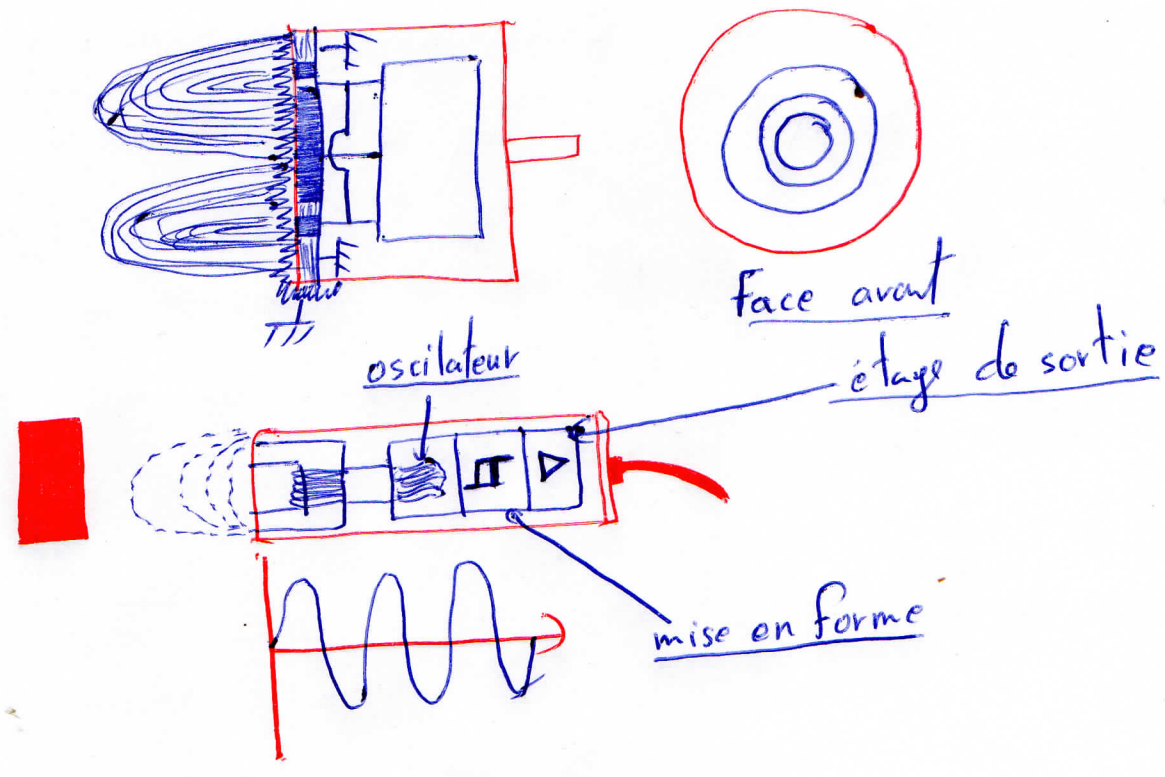
- De la nature du matériau constituant l'objet à détecter.
- De la distance de l'objet à détecter

## Détecteur de proximité inductif

Il permet de signaler la présence d'un objet métallique à proximité de sa face sensible. Il se compose essentiellement d'un oscillateur (bobine et condensateur en parallèle) qui constitue la face sensible, il existe donc à l'avant de la face sensible un champ magnétique alternatif

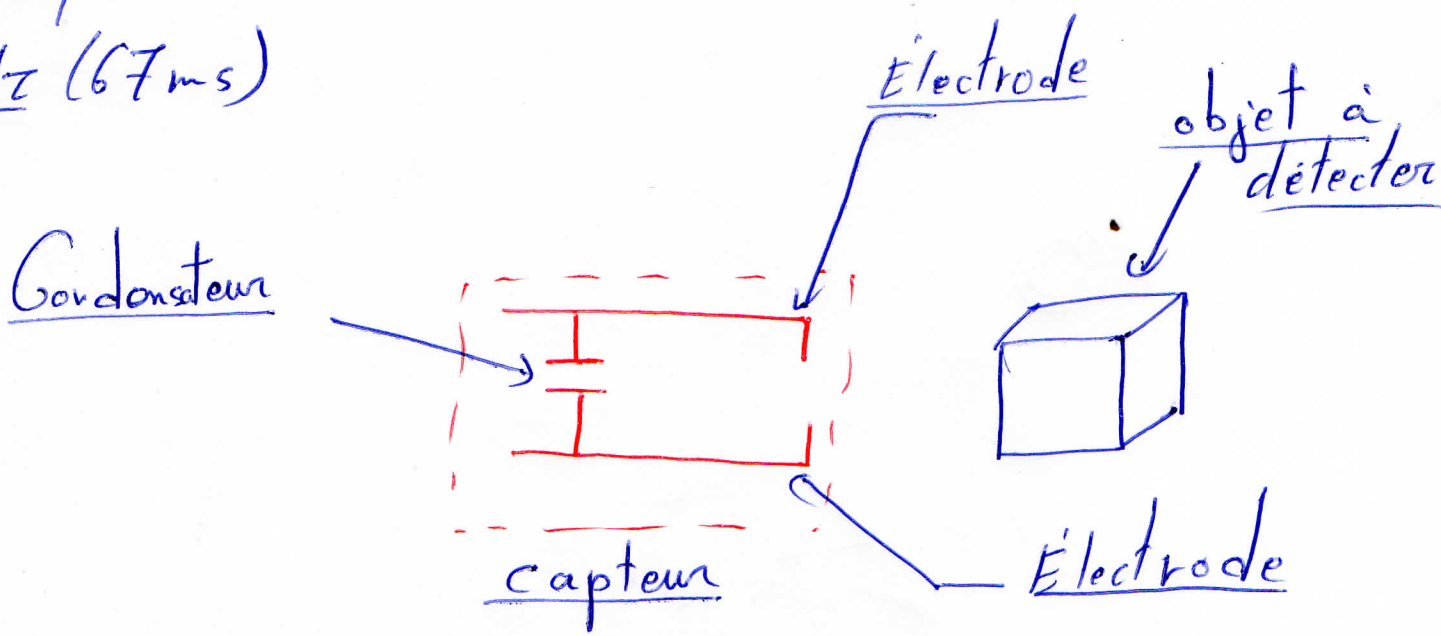
Lorsqu'un corps métallique est placé dans ce champ, des courants induits prennent naissance dans la masse du métal et ils engendrent à leur tour un champ magnétique qui s'oppose au champ principal. Cela entraîne alors une réduction d'amplitude des oscillations au fur et à mesure de l'approche de l'objet.

Après une mise en forme, un circuit de commutation délivre un signal de sortie équivalent à un contact à fermeture ou à ouverture.



## Détecteur de proximité capacitif

Il permet d'obtenir une commutation en présence d'un objet isolant ou conducteur. Il se compose d'un oscillateur dont les condensateurs constituent la face sensible, lorsqu'un matériau de permittivité  $\epsilon_r > 1$  est placé dans ce champ électrique il modifie les capacités de couplage et provoque le démarrage de l'oscillateur. Après une mise en forme, un signal de sortie est délivré. La fréquence de commutation est de 10 Hz (100ms) à 15 Hz (67ms)

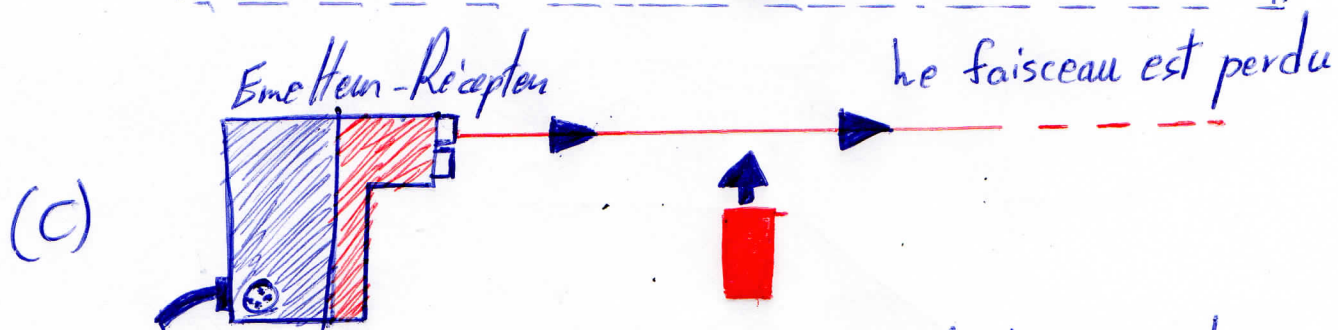
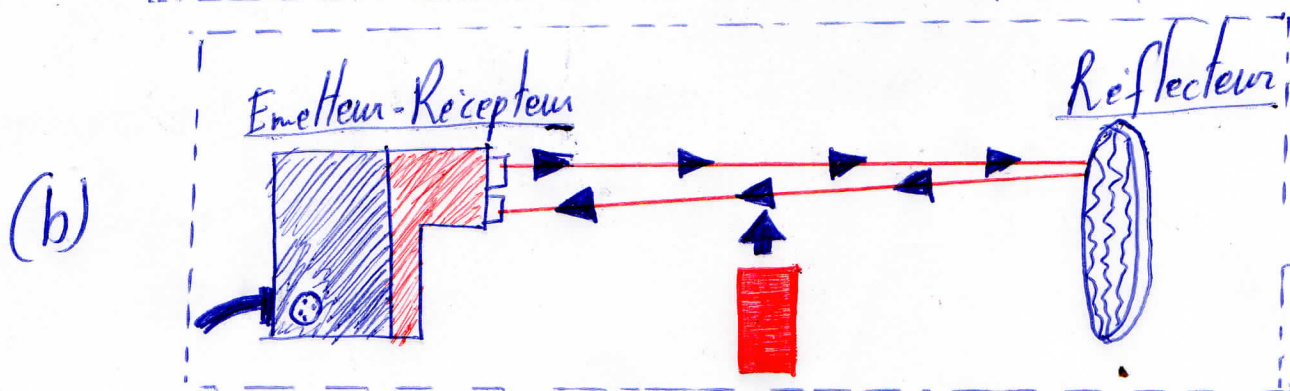
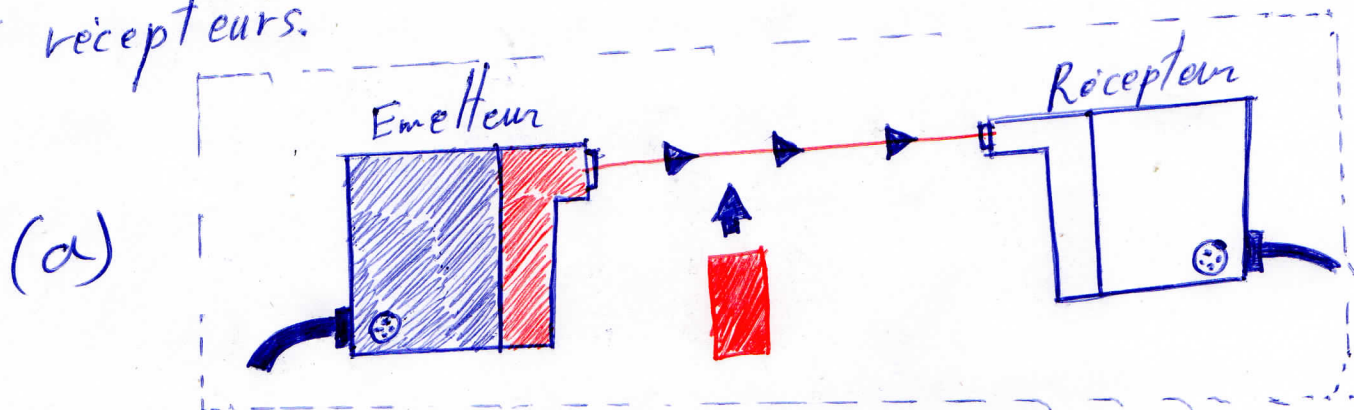


## Détecteur photoélectrique

Il signale le passage ou la présence d'un objet à travers un faisceau lumineux. Il se compose essentiellement d'un émetteur à diode électroluminescente (infra rouge) et d'un récepteur photosensible (phototransistor, photodiode ou photoresistance). Leur portée utile est plus importante comparativement aux détecteurs de proximité.

(du mm à quelques cm).

On rencontre différents types de détecteurs caractérisés par leurs portées et la disposition de leurs émetteurs et récepteurs.



(a) Systeme barrage: L'émetteur et le récepteur sont logés dans des boîtiers séparés. L'objet est détecté lorsqu'il interrompt le faisceau lumineux. Ce système a une portée jusqu'à 30m

## (b) Système reflex

L'émetteur et le récepteur sont dans un même boîtier. Le faisceau lumineux émis est renvoyé vers le récepteur par un réflecteur. La détection se fait par coupure du faisceau. Ce système a une portée jusqu'à 15m.

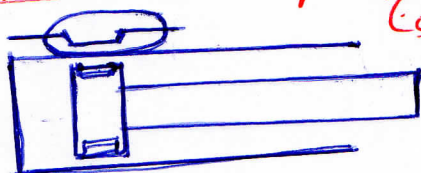
## (c) Système proximité

L'émetteur et le récepteur sont dans un même boîtier. La détection se fait lorsque le faisceau lumineux est renvoyé par l'objet. Ce système a une portée faible par rapport aux autres (< 1,5m). Elle est fonction de la couleur de l'objet, de son pouvoir réfléchissant et de ses dimensions. Elle augmente si l'objet est de couleur claire ou de grande dimension.

## Détecteur magnétique

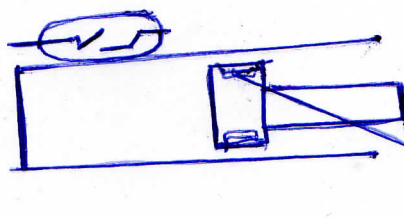
Un interrupteur à lame souple (I.L.S) est constitué d'un boîtier à l'intérieur duquel est placé un contact électrique métallique souple sensible aux champs magnétiques. Ce système contact se ferme en présence d'un matériau magnétique et s'ouvre dans le cas contraire.

Présence d'un champ magnétique:



Contact fermé

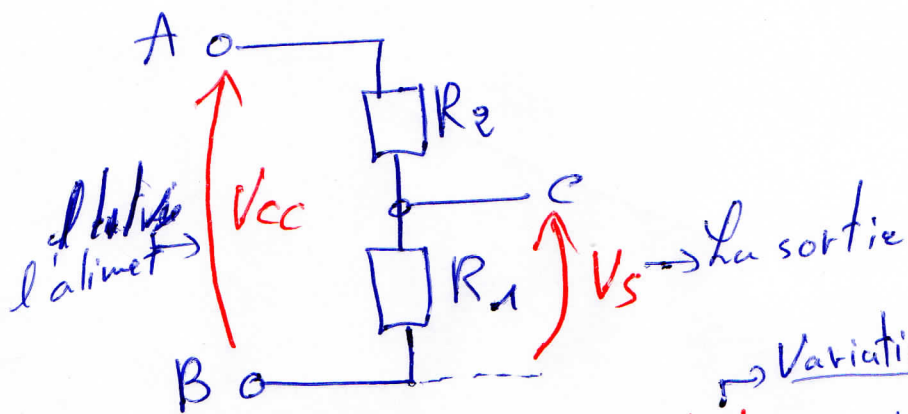
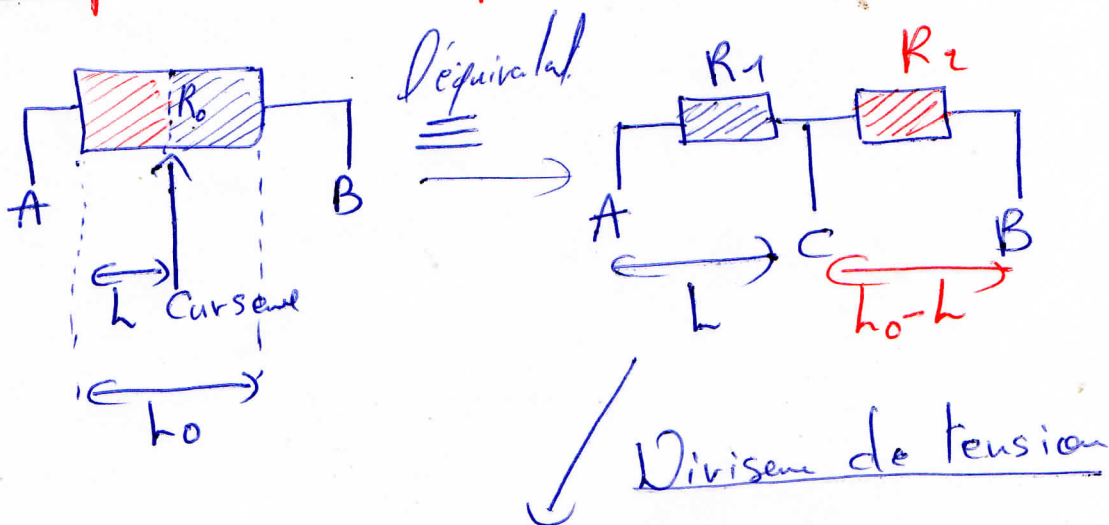
Absence de champ magnétique:



Contact ouvert

Aimant Permanent

# # Capteurs de déplacement: (passifs)



$$V_S = V_{CC} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$S = \frac{dV_S}{dL}$$

Sensibilité

l'entrée est le déplacement de curseur

Variation de l'entrée

$L$ : Entrée  
 $V_S$ : Sortie

Pourcentage de curseur de A → B

exemple:  $l = 5\text{ cm}$   
 $l_0 = 10\text{ cm}$   
 $\frac{l}{l_0} = 0,5$   
50%

$$R_1 = R_0 \cdot \frac{l}{l_0}$$

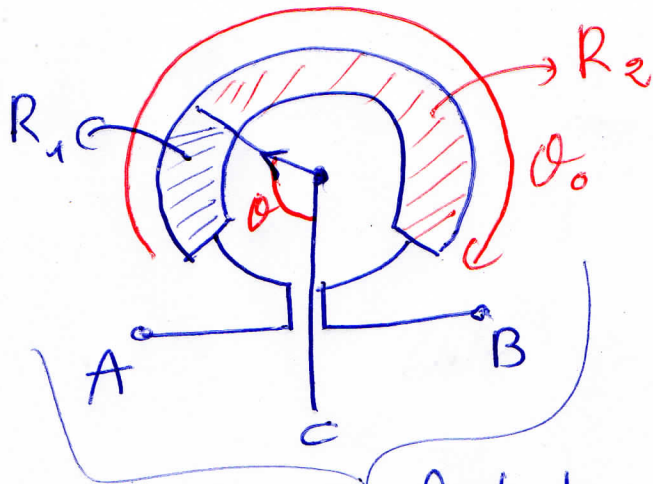
$$R_2 = R_0 \cdot \frac{l_0 - l}{l_0}$$

$$V_S = V_{CC} \cdot \frac{R_0 \cdot \frac{l}{l_0}}{R_0 \cdot \frac{l}{l_0} + R_0 \cdot \frac{l_0 - l}{l_0}}$$

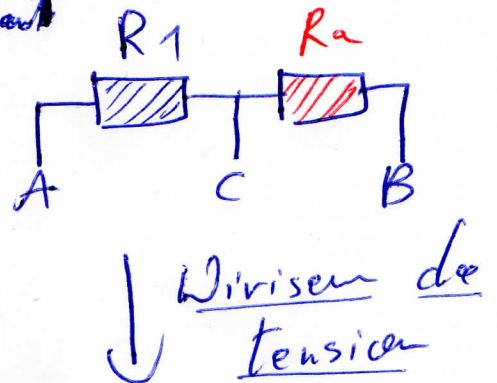
$$V_s = V_{cc} \frac{L}{h + L_0 - h} = V_{cc} \frac{L}{L_0}$$

$$V_s = \frac{V_{cc} \cdot h}{L_0} = K \cdot h$$

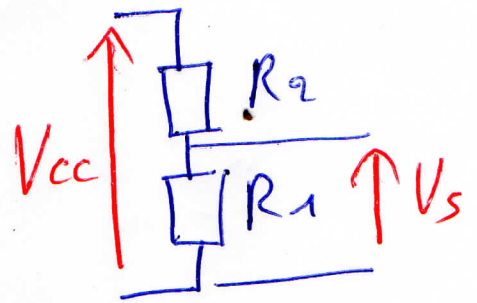
$$S = K = \frac{V_{cc}}{L_0}$$



Equivalent



Pour le déplacement angulaire



$$V_s = V_{cc} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = R_0 \frac{\theta}{\theta_0}$$

$$R_2 = R_0 \frac{\theta_0 - \theta}{\theta_0}$$

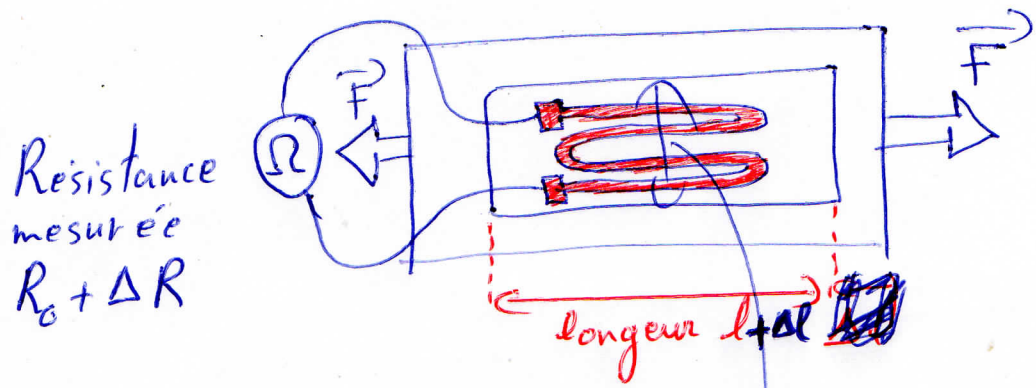
$$V_s = V_{cc} \frac{R_0 \frac{\theta}{\theta_0}}{R_0 \frac{\theta}{\theta_0} + R_0 \frac{\theta_0 - \theta}{\theta_0}} = \frac{\theta}{\theta + \theta_0 - \theta} V_{cc}$$

La sortie

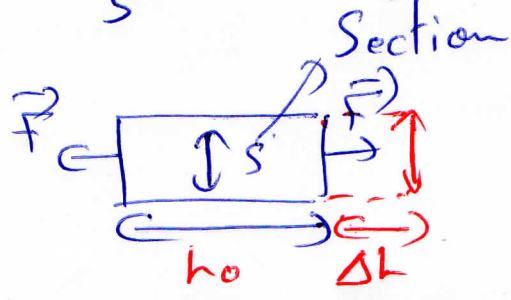
$$V_s = \left( \frac{V_{cc}}{\theta_0} \right) \theta \rightarrow \text{L'entrée}$$

Sensibilité

# Capteurs à base de jauges d'ex tensionométrie



$$R_0 = \rho \cdot \frac{l_0}{S}$$

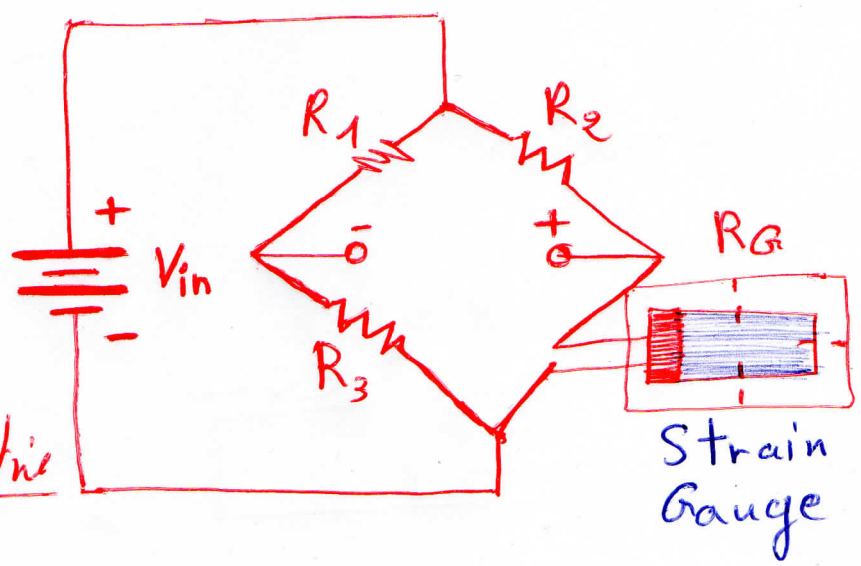
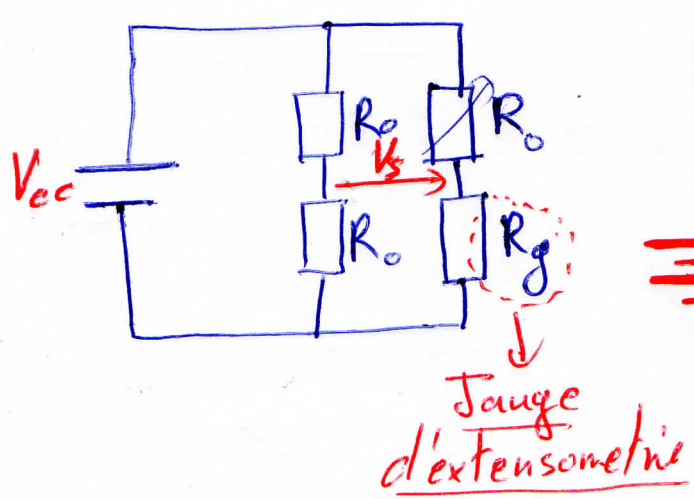


$$R = \rho \cdot \frac{l_0 + \Delta l}{S} = \frac{\rho \cdot l_0}{S} + \frac{\rho \Delta l}{S}$$

$$R = R_0 + \Delta R$$

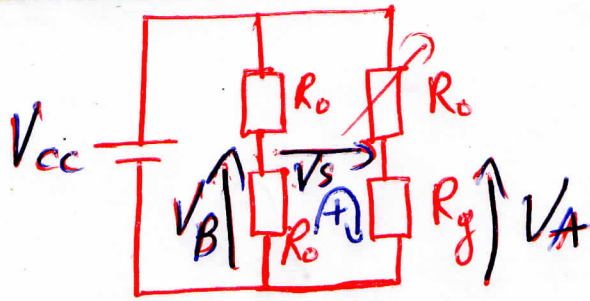
## Conditionnement

### Pont de wheatstone:





# Pont de Wheatstone



entrée:  $\Delta R$ ,  $\Delta R$   
 sortie:  $V_s$

diviseur de tension

$$\begin{cases} V_B = V_{cc} \cdot \frac{R_o}{R_o + R_o} = \frac{V_{cc}}{2} \\ V_A = V_{cc} \cdot \frac{R_g}{R_o + R_g} = V_{cc} \cdot \frac{R_o + \Delta R}{2R_o + \Delta R} \end{cases}$$

$$[R_g = R_o + \Delta R]$$

↓  
 la valeur de  
 jauge en repos

Loi de mail

$$V_B + V_s - V_A = 0 \Rightarrow V_s = V_A - V_B$$

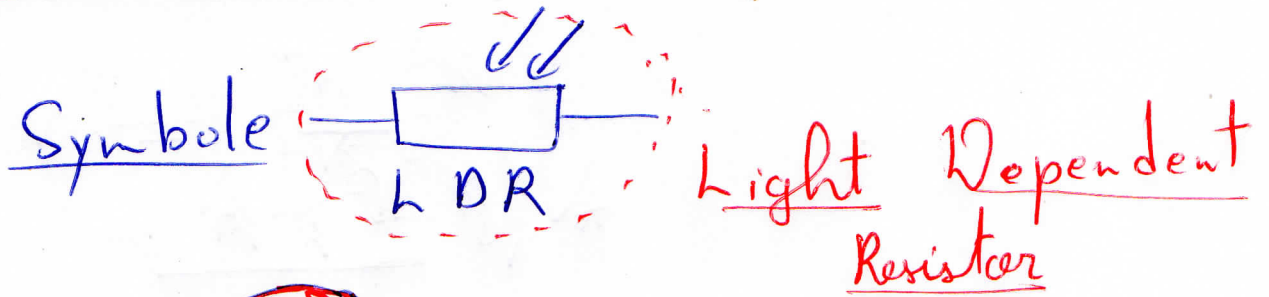
$$V_s = V_{cc} \left( \frac{R_o + \Delta R}{2R_o + \Delta R} - \frac{1}{2} \right) = V_{cc} \left( \frac{2R_o + 2\Delta R - 2R_o - \Delta R}{4R_o + 2\Delta R} \right)$$

$$V_s = V_{cc} \cdot \frac{\Delta R}{4R_o + 2\Delta R}$$

$$\Delta R \ll R_o \Rightarrow V_s = \frac{V_{cc}}{4R_o} \Delta R = \frac{V_{cc}}{4R_o} \Delta R$$

↳ Sensibilité "S"

# Capteurs de lumière



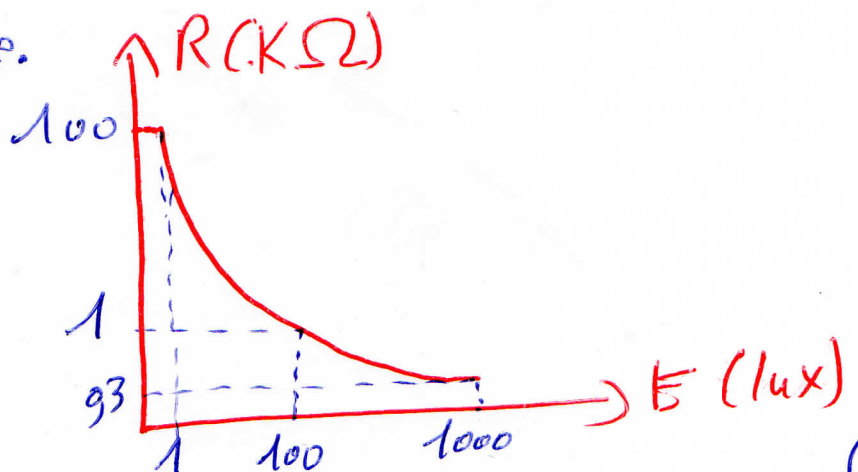
→ Ces capteurs peuvent être utilisés en tant que détecteurs de présence, de mouvement ou de passage, d'ambiance, à la limite pour mesurer une distance, dans le cas d'un télémètre optique comme instrument de musique par exemple (pour)!

Principe: Le capteur LDR est une photorésistance, une cellule photoélectrique sensible à la quantité de lumière reçue. Une variation de lumière (ou d'ombre) provoque une variation de signal. C'est un capteur passif.

• LDR " Nous en proposons plusieurs modèles:

LDR simple; LDR lumière du jour; LDR directive;

LDR ultradirective.



## Capteurs Numérique

### ↳ Capteurs de Position

Le contrôle du déplacement d'un mobile est un problème rencontré sur un grand nombre de systèmes automatisés ou grand public (mouvements d'un robot, d'un chariot...).

Les systèmes de détection conventionnels (détecteurs de position par contact ou de proximité) ne fournissent que des informations tout ou rien, ils ne répondent donc qu'imparfaitement au problème posé. Une des solutions consiste à utiliser un codeur optique de position.

### Codeurs incrémentaux et absolus

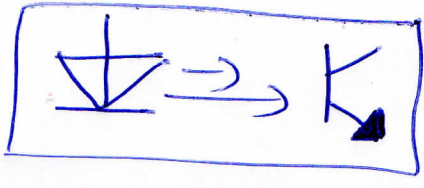
Constitution ils sont composés d'opto-coupleur et de disques sérigraphiés.

### Différents types

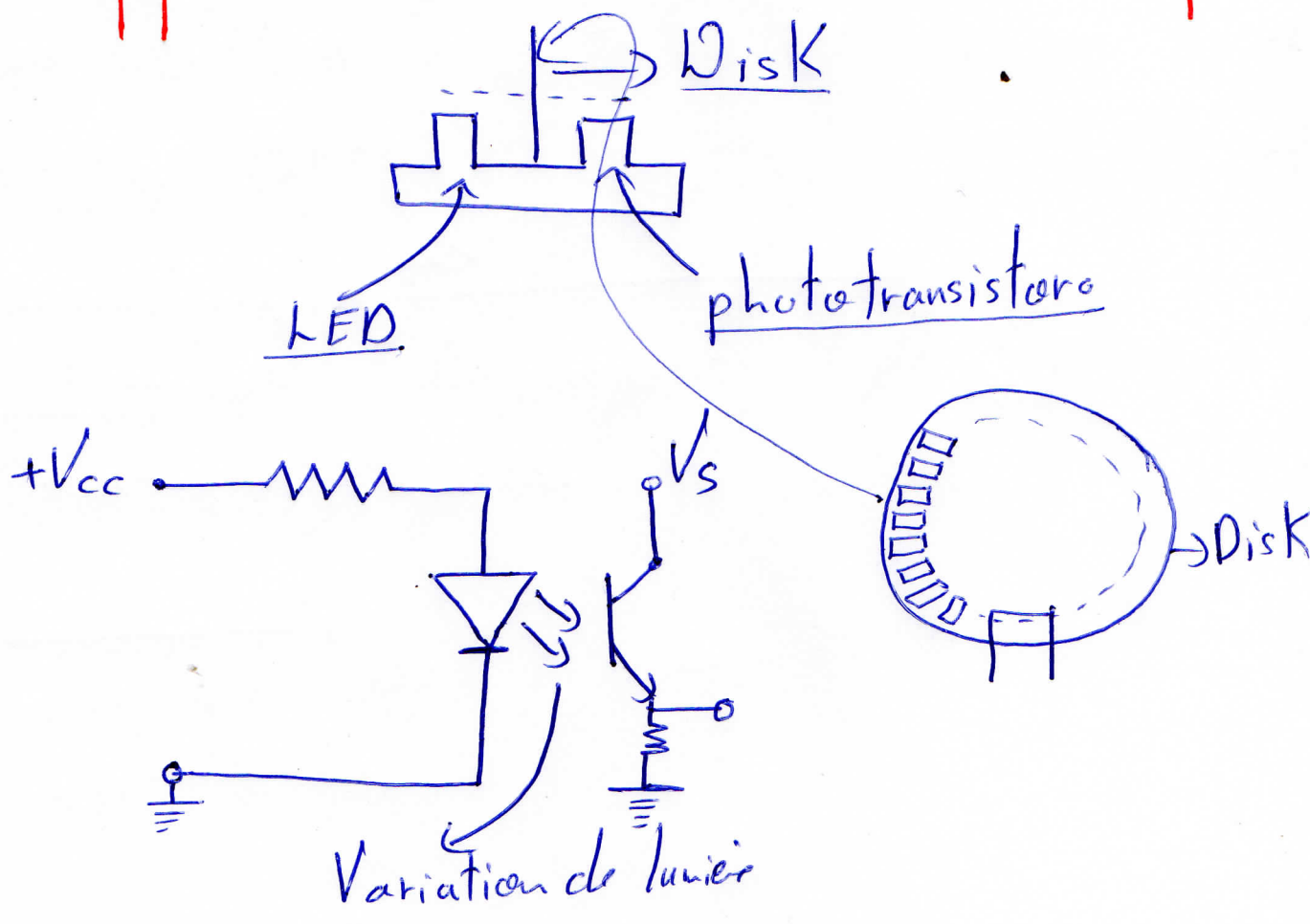
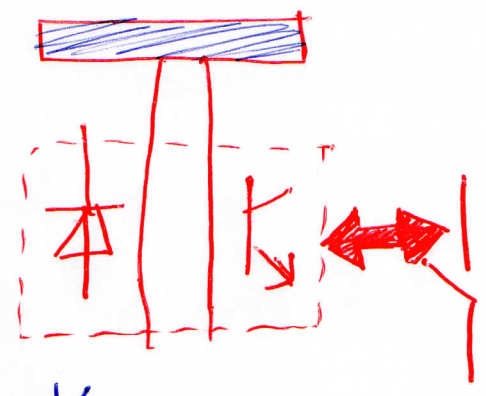
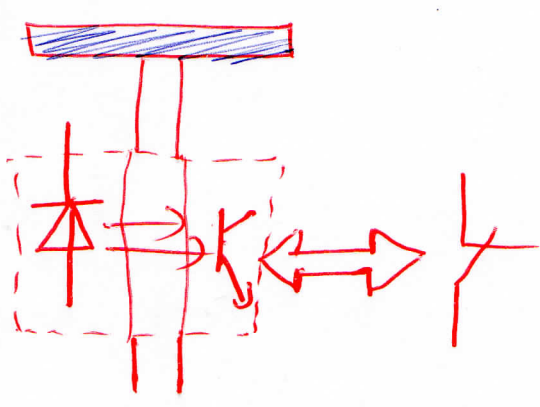
- 1) Codeur incrémental (Codeur rotatif)
- 2) Codeur absolu

# Principe

il s'agit d'un transistor qui est polarisé par une led émettrice.



- Si la lumière arrive sur le transistor il se ferme
- Si la lumière est bloquée, le transistor reste bloqué

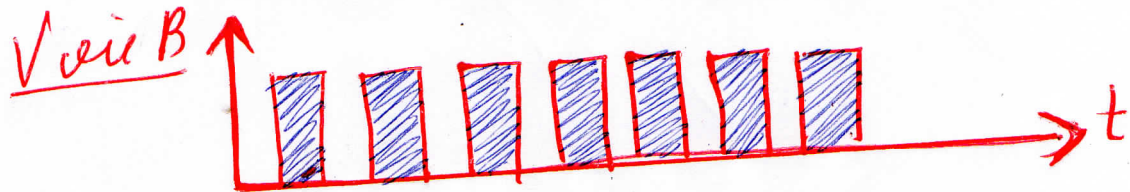


Un codeur incrémental délivre un certain nombre d'impulsions par tour. Le nombre d'impulsions est une mesure pour le déplacement angulaire ou linéaire. Un disque fixe sur un arbre est divisé en segments transparents et opaques.

La plupart sont pourvus de deux rangées de segments (voie A et voie B) et d'un segment Top Z. Les deux voies déphasées de  $90^\circ$  indiquent le sens de rotation, tandis que le top Z le nombre de tour.

Leur résolution est le nombre maximum d'impulsions qu'il envoie par un tour, elle s'exprime en pts/tr (exemple 12 pts/tr).

## Chronogramme



## Fonctionnement

Il faut connaître la position initiale et compter le nombre d'impulsions avec un compteur rapide pour avoir le déplacement ou la position.