LYCÉE PABLO NERUDA	**Les capteurs industriels** **BTS CRSA – Activité cours intégré**	Nom Prénom Date

Objectif(s)

Définir les constituants d'intégration des chaines fonctionnelles

Travail demandé *Temps suggéré : 2 h*

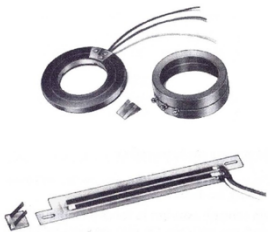
Partie 1 : Capteurs analogiques

Mesures de positions et de déplacements

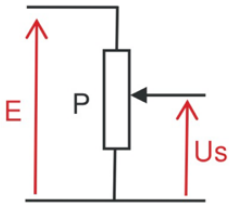
Capteur résistif

L'élément sensible est constitué d'un support sur lequel est déposé une pâte résistive qui incorpore un liant et du carbone.
On peut obtenir ainsi

- Capteur cylindrique monotour ou multitour
- Capteur résistif rectiligne



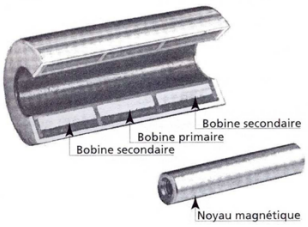
La piste résistive est placée sur la partie fixe du capteur et le mouvement mécanique à mesurer est accouplé à un curseur qui se déplace sur celle –ci. La piste résistive est alimentée par une tension continue stabilisée



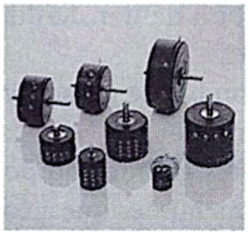
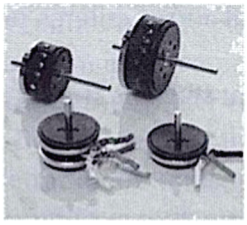
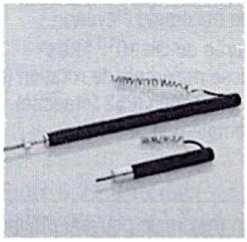
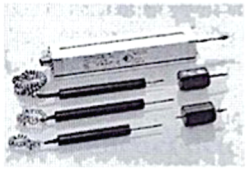
On recueille entre l'une des bornes de la piste et le curseur une tension Us qui est directement fonction de la position du curseur sur la piste.

Capteurs inductifs

L'avantage de ce type de capteurs réside dans l'absence de contacts, donc d'usure entre l'élément sensible et le corps d'épreuve.
Le noyau magnétique cylindrique constituant l'élément sensible se déplace librement dans les bobines suivant leur axe commun.
Il est prolongé par une tige reliée à l'objet mobile dont on veut mesurer le déplacement.



Le déplacement du noyau autour de la position d'équilibre génère une tension représentative de l'amplitude de ce déplacement et de son sens.

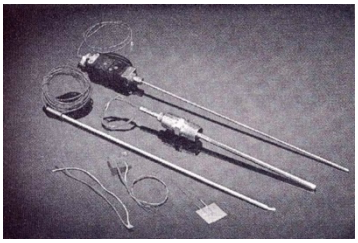
Type de capteur	Avantages	Inconvénients	Applications
Capteur inductif			
Capteur inductif à noyau plongeur (LVDT) 	• Bande passante élevée • Température de fonctionnement maximale de 600 °C • Supporte des pressions élevées • Aucun contact • Durée de vie élevée	• Électronique de mesure complexe • Prix élevé • Faible course utile	• Milieux radioactifs • Ambiances industrielles • Instrumentation très spécifique de précision
Capteurs résistifs			
Capteurs monotour de déplacement angulaire à piste résistive 	• Bonne résolution • Étanche à la poussière • Prix faible • Loi de variation en sinus et cosinus possible	• Course électrique de 340 °± 3° • Faible vitesse maximale de rotation (600 tr/mn) • Faible durée de vie	• Usage général grand public • Automobile, robotique • etc.
Capteurs monotour de déplacement angulaire bobiné 	• Puissance dissipable importante • Durée de vie élevée • Étanche à la poussière	• Faible résolution • Loi de variation linéaire uniquement • Prix élevé • Course électrique maximale de 360°	• Usage général grand public • Appareil de mesure
Capteurs multitours (N) de déplacement angulaire bobiné 	• Course électrique N.360° à ± 10° • Puissance dissipable importante • Durée de vie élevée • Très bonne résolution	• Loi de variation linéaire uniquement • Prix élevé	• Asservissements • Robotique • Nucléaire
Capteurs de déplacements linéaires bobinés 	• Puissance dissipable élevée • Grande variété de taille • Durée de vie élevée • Bonne linéarité	• Prix élevé • Loi de variation linéaire uniquement	• Pilotage en position d'un vérin • Manettes de jeu • Enregistreur • Commandes de vol pour avions
Capteurs de déplacement linéaires à piste résistive 	• Bonne résolution • Prix relativement faible • Loi de variation contrôlée par dépôt résistif	• Puissance dissipable réduite • Vitesse maximale de déplacement réduite	• Manettes de jeu grand public • Automobile

Mesures de température

Thermocouples

Information	Caractéristique	Application
Température	• Mesure de températures élevées • Assez bonne sensibilité • Capteur actif • Étalonnage délicat • Prix modéré • Étendue de mesure réduite	De -100°C à +150°C

Le principe de la mesure pour ces capteurs est basé sur l'association de deux fils en métaux de nature différente connectés à leurs deux extrémités. Un courant circule dans la boucle ainsi formée s'il y a une différence de température entre les extrémités appelées « jonctions ».



On distingue :

- La jonction chaude portée à la température Tc
- La jonction froide portée à la température Tf

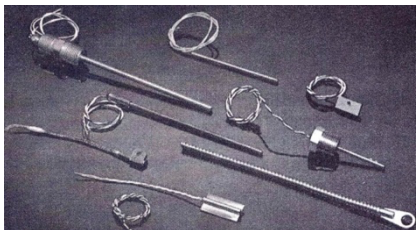
La tension E obtenue, est directement liée à la différence de température et à un coefficient «α» dépendant de la nature des deux matériaux constituant le thermocouple, appelé coefficient de Seebeck :

$$\boldsymbol{E = \alpha(Tc - Tf)}$$

Thermorésistances

Information	Caractéristique	Application
Température	• Mesure de températures élevées • Assez bonne sensibilité • Grande stabilité • Auto-échauffement • Précision médiocre • Prix modéré	De -200°C à +1200°C

Ces capteurs utilisent la variation de la résistivité des métaux en fonction de la température.
Les solutions technologiques utilisées sont orientées vers des matériaux à résistivité élevée, ce qui conduit à utiliser essentiellement le nickel ou le platine malgré leur prix élevé.



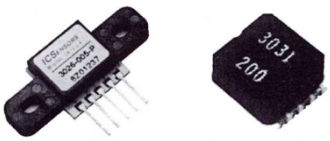
$$\boldsymbol{RT = R0(1 + \alpha T)}$$

T Résistance à la température
R0 Résistance à la température de 0°C
α Coefficient de température du métal
T Température du métal en °Celsius

Capteurs à semi-conducteur : Circuit intégré

Information	Caractéristique	Application
Température	• Bonne sensibilité • Bonne précision • Linéarité excellente • Bonne intégration • Prix modéré • Étendue de mesure réduite	De -100°C à +150°C

Ces capteurs sont les plus employés actuellement pour une gamme de température usuelle. On trouve dans le même boîtier l'élément sensible constitué d'une diode Zener et une amplification en tension.
On dispose en sortie d'une tension qui peut atteindre 10mV/ °C et une précision inférieure à 1%.
On détecte la variation de température par mesure de la variation du courant traversant la diode en inverse.

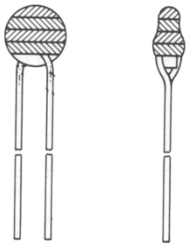


Capteurs à semi-conducteur : Thermistance

Information	Caractéristique	Application
Température	• Bonne sensibilité • Bonne précision • Très faible coût • Plage étroite de température • Auto-échauffement important	De -80°C à +300°C

Ce sont des matériaux résistifs (oxydes métalliques) sensibles à la température, d'un coût plus faible que les thermorésistances.

On distingue 2 catégories de thermistances :
- Les thermistances CTN (Coefficient de Température Négatif) dont la valeur ohmique diminue quand la température augmente.
- Les thermistances CTP (Coefficient de Température Positif) dont la valeur ohmique augmente quand la température augmente.

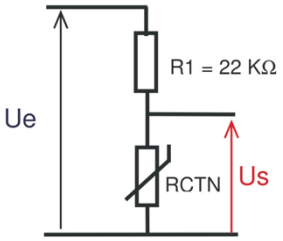


Mesure de la tension de sortie du capteur

Pour obtenir une tension proportionnelle à la température à laquelle est soumise la thermistance, on place celle-ci dans un pont diviseur de tension.
Le pont diviseur est un montage très utilisé dans les montages électroniques.
Il permet de délivrer une tension proportionnelle à la variation d'une résistance.

La formule qui permet de donner la tension de sortie du pont diviseur réalisé par R1 et CTN en fonction de la tension d'entrée est la suivante.

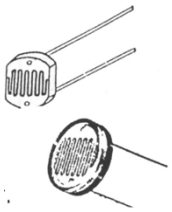
$$Us = \frac{Ue \times RCTN}{R1 + RCTN}$$



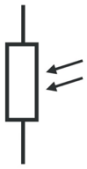
Mesure de luminosité

Photorésistance

La cellule ou résistance photoélectrique peut-être à juste titre classée parmi les semi-conducteurs.
En effet, une photo résistance au sulfure de cadmium peut être considérée comme une résistance dont la valeur dépend de la quantité de lumière qui la frappe.



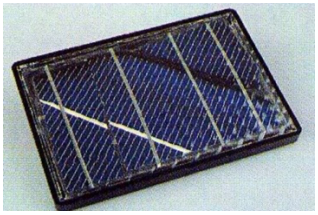
Dans l'obscurité, la résistance possède une valeur très élevée de l'ordre du mégohm, tandis qu'à l'apparition d'un faisceau lumineux cette résistance passe à quelques centaines d'ohms seulement.
Une photo résistance possède deux connexions de sortie comme une résistance normale.
Elle est moulée dans un morceau de plastique transparent.



Pour obtenir une tension proportionnelle à l'intensité lumineuse à laquelle est soumise la photorésistance, on place celle-ci dans un pont diviseur de tension.
L'intensité lumineuse se mesure en LUX.
Applications : Mise en route de systèmes en fonction de l'intensité lumineuse. (stores électriques, lumières extérieures, etc.)

Capteurs solaires

Les capteurs solaires appelés aussi panneaux solaires, libèrent des charges électriques sous l'influence d'un rayonnement lumineux.
Le déplacement de ces charges modifie la tension aux bornes du matériau sensible.
Cette tension peut alors alimenter un récepteur ou recharger un accumulateur.



Mesures de vitesse

Génératrice tachymétrique

Information	Caractéristique	Application
Vitesse angulaire	• Gamme étendue de mesure. • Donne le sens de rotation. • Bonne linéarité. • Bonne précision.	Champ d'application étendu sur une gamme de vitesses pouvant être très élevées (8000tr/min)

Une génératrice tachymétrique, appelée également dynamo tachymétrique délivre une tension proportionnelle à sa vitesse de rotation.
Le principe de fonctionnement est basé sur la réversibilité de la machine à courant continu.
La génératrice tachymétrique est fixée au bout de l'arbre du moteur dont on veut connaître la vitesse de rotation



Quand le rotor (induit) tourne dans le champ magnétique statorique (inducteur) une tension est produite aux bornes de l'enroulement du rotor.
C'est cette tension qui est proportionnelle à la vitesse de rotation de la génératrice donc du moteur accouplé.

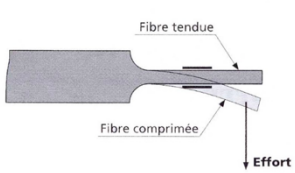
Exemple : génératrice tachymétrique
0-10V Moteur vitesse nominale 1 500 tr/min
0V -> 0 tr/min
5V -> 750 tr/min
10V -> 1 500 tr/min

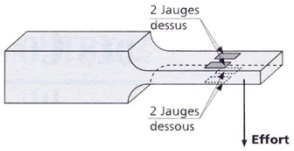
Mesures d'effort

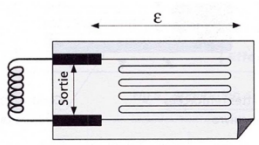
Jauge de contrainte

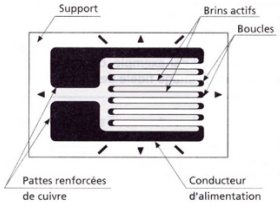
Information	Caractéristique	Application
Pression Force Poids	• Bonne précision • Plage d'utilisation en température de -30°C à 120°C • Haute limite de fatigue • Électronique de traitement simple	Applications nombreuses dans la recherche et dans l'industrie, et de plus en plus dans le génie civil.

Les jauges de contrainte, parfois appelées jauges électriques d'extensiomètrie, sont les éléments sensibles d'un capteur de force, dans lequel une modification dimensionnelle est traduite par une variation de résistance.









Différents types de jauges :

Jauge à fil : Elle est constituée d'un fil très fin collé sur un support très mince. Elle est collée sur la structure à étudier.

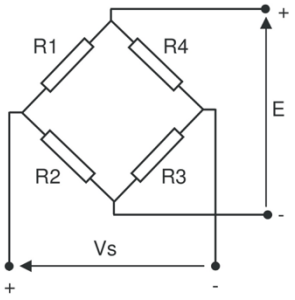
Jauge à trame pelliculaire : Un film métallique déposé sur un support isolant est gravé selon un motif.
Les brins les plus fins sont les brins actifs, les autres pistes (boucles, conducteurs d'alimentation et sorties) sont plus larges afin que leur résistance soit négligeable devant la somme des résistances des brins actifs.

Jauge à couche épaisse : Elle est obtenue par dépôt sérigraphié d'une pâte résistive, sur un support d'alumine. Sur ce support, sont gravées les pistes conductrices, comme sur un support de circuit imprimé.

Remarque : Les jauges sont collées sur les structures à mesurer. Pour que les jauges subissent parfaitement les déformations de la structure, le collage doit être parfait.

Mesures par pont de Wheatstone

La conversion des variations de résistance en une variation de tension est obtenue en insérant dans un pont de Wheatstone, la résistance d'une ou plusieurs jauges de contrainte.



Avec les jauges de contrainte, la variation de résistance est très faible et on a :
Vs nulle si: R1 x R3 = R2 x R4
Vs = (E/4) (ΔR1/R1 + ΔR2/R2 + ΔR3/R3 + ΔR4/R4)

ΔR est la variation de résistance pendant la déformation de la structure

La mesure de la tension en sortie du pont est généralement très faible, de l'ordre du mV par volt d'alimentation. Un montage électronique à base d'amplificateurs opérationnels amplifie cette variation de tension et effectue les diverses corrections.

Applications :
En plus des mesures en résistance des matériaux, les applications courantes sont nombreuses :

- Le pesage (pèse-personnes, pèse lettres, etc.)
- La mesure de couple (couplemètre sur les machines tournantes)
- La surveillance des ouvrages de génie civil (ponts, barrages, etc.)
- Le contrôle de traction d'un produit enroulé (mesure de la flexion d'un corps d'épreuve sollicité par le produit au cours de son enroulement)