



2023

## 7. Introduction aux capteurs

R2 : Guide SCRAPY

Numéro de projet: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



Le soutien de la Commission européenne à la production de cette publication ne constitue pas une approbation du contenu, qui reflète uniquement les points de vue des auteurs, et la Commission ne peut être tenue responsable de toute utilisation qui pourrait être faite des informations contenues dans ce document.



**Co-funded by  
the European Union**

ECAM EPMI

30/04/2023

## Table des matières

1. Introduction .....	2
2 Définitions des capteurs et transducteurs .....	2
3. Critères de choix d'un capteur .....	3
4. Exigences de base d'un capteur ou d'un transducteur .....	3
5. Classification des capteurs .....	4
6. Capteurs et transducteurs couramment utilisés .....	6
7. Un système simple utilisant des transducteurs .....	6
8. Capteurs analogiques .....	7
9. Capteurs numériques .....	8
10 Conclusion .....	9
11 Références .....	9

## 1. Introduction

Dans cette leçon, nous en apprendrons un peu plus sur les capteurs et transducteurs, comment choisir un capteur, les exigences des capteurs et transducteurs, quelle est la classification des capteurs, quelques exemples de capteurs analogiques et numériques.

Nous vivons dans un monde analogique avec des moyens numériques de communication et de contrôle d'objets mécaniques avec des signaux électriques. Cela est possible grâce à des dispositifs tels que des capteurs et des transducteurs, qui nous aident à convertir des données ou des informations d'un domaine à un autre.

La mesure est un sous-système important dans tout système majeur, qu'il s'agisse d'un système mécanique ou d'un système électronique. Un système de mesure se compose de capteurs, d'actionneurs, de transducteurs et de dispositifs de traitement du signal. L'utilisation de ces éléments et dispositifs ne se limite pas aux systèmes de mesure.

Ceux-ci sont également utilisés dans les systèmes qui effectuent des tâches spécifiques pour communiquer avec le monde réel. La communication peut ressembler à la lecture de l'état d'un signal provenant d'un commutateur ou au déclenchement d'une sortie particulière pour allumer une LED.

## 2 Définitions des capteurs et transducteurs

Les mots capteurs et transducteurs sont largement utilisés en association avec les systèmes de mesure. Le capteur est un élément qui produit des signaux relatifs à la grandeur mesurée. Selon l'Instrument Society of America, « un capteur est un appareil qui fournit une sortie utilisable en réponse à une quantité spécifiée qui est mesurée ». Le mot capteur est dérivé du sens original « percevoir ».

En termes simples, un capteur est un dispositif qui détecte les changements et les événements d'un stimulus physique et fournit un signal de sortie correspondant qui peut être mesuré et/ou enregistré. Ici, le signal de sortie peut être n'importe quel signal mesurable et est une grandeur électrique.

Les capteurs sont des dispositifs qui remplissent des fonctions d'entrée dans un système car ils « détectent » les changements d'une quantité. Le meilleur exemple de capteur est un thermomètre à mercure. Ici, la quantité mesurée est la chaleur ou la température. La température mesurée est convertie en une valeur lisible sur le tube de verre calibré, basée sur la dilatation et la contraction du mercure liquide.

Les actionneurs sont des dispositifs qui fonctionnent à l'opposé des capteurs. Un capteur convertit un événement physique en signal électrique, tandis qu'un actionneur convertit un signal électrique en événement physique. Lorsque des capteurs sont utilisés à l'entrée d'un système, les actionneurs sont utilisés pour exécuter des fonctions de sortie dans un système car ils contrôlent un périphérique externe.

Les transducteurs sont des dispositifs qui convertissent l'énergie d'une forme à une autre. L'énergie se présente sous la forme d'un signal. Transducteur est un terme collectivement utilisé pour désigner à la fois les capteurs et les actionneurs.

### 3. Critères de choix d'un capteur

Voici certaines caractéristiques qui sont prises en compte lors du choix d'un capteur.

1. **Type de détection** : Le paramètre détecté comme la température ou la pression.
2. **Principe de fonctionnement** : Le principe de fonctionnement du capteur.
3. **Consommation d'énergie** : La puissance consommée par le capteur jouera un rôle important dans la définition de la puissance totale du système.
4. **Précision** : La précision du capteur est un facteur clé dans le choix d'un capteur.
5. **Conditions environnementales** : Les conditions dans lesquelles le capteur est utilisé seront un facteur dans le choix de la qualité d'un capteur.
6. **Coût** : En fonction du coût de l'application, un capteur à faible coût ou un capteur à coût élevé peut être utilisé.
7. **Résolution et plage** : La plus petite valeur pouvant être détectée et la limite de mesure sont importantes.
8. **Calibrage et répétabilité** : Changement des valeurs avec le temps et possibilité de répéter des mesures dans des conditions similaires.

### 4. Exigences de base d'un capteur ou d'un transducteur

Les exigences de base d'un capteur sont les suivantes :

1. **Gamme** : Il indique les limites de l'entrée dans lesquelles elle peut varier. Dans le cas de la mesure de température, un thermocouple peut avoir une plage de 25 à 250 0C.
2. **Précision** : C'est le degré d'exactitude entre la mesure réelle et la valeur réelle. La précision est exprimée en pourcentage de la sortie sur toute la plage.
3. **Sensibilité** : La sensibilité est une relation entre le signal physique d'entrée et le signal électrique de sortie. C'est le rapport entre la variation de la sortie du capteur et une variation unitaire de la valeur d'entrée qui provoque une modification de la sortie.
4. **La stabilité** : Le capteur peut produire la même sortie pour une entrée constante sur un certain temps.
5. **Répétabilité** : Le capteur peut produire la même sortie pour différentes applications avec la même valeur d'entrée.
6. **Temps de réponse** : C'est la vitesse de changement de la sortie lors d'un changement progressif de l'entrée.
7. **Linéarité** : Il est spécifié en termes de pourcentage de non-linéarité. La non-linéarité est une indication de l'écart entre la courbe de mesure réelle et la courbe de mesure idéale.
8. **Rugosité** : Il s'agit d'une mesure de durabilité lorsque le capteur est utilisé dans des conditions de fonctionnement extrêmes.
9. **Hystérèse** : L'hystérésis est définie comme la différence maximale de sortie à toute valeur mesurable dans la plage spécifiée du capteur lorsque l'on s'approche du point d'abord en augmentant puis en diminuant le paramètre d'entrée. L'hystérésis est une caractéristique d'un transducteur qui est incapable de répéter fidèlement sa fonctionnalité lorsqu'il est utilisé dans le sens de fonctionnement opposé.

## 5. Classification des capteurs

Le schéma de classification des capteurs peut aller du plus simple au plus complexe. Le stimulus détecté est un facteur important dans cette classification.

### Certains des stimuli sont

1. **Acoustique:** Vague, spectre et vitesse des vagues.
2. **Électrique:** Courant, charge, potentiel, champ électrique, permittivité et conductivité.
3. **Magnétique:** Champ magnétique, flux magnétique et perméabilité.
4. **Thermique:** Température, chaleur spécifique et conductivité thermique.
5. **Mécanique:** Position, accélération, force, pression, contrainte, déformation, masse, densité, impulsion, couple, forme, orientation, rugosité, rigidité, conformité, cristallinité et structure.
6. **Optique:** Vague, vitesse des vagues, indice de réfraction, réflectivité, absorption et émissivité.

Le phénomène de conversion des capteurs est également un facteur important dans la classification des capteurs. Certains phénomènes de conversion sont magnétoélectriques, thermoélectriques et photoélectriques.

Sur la base des applications des capteurs, leur classification peut être effectuée comme suit.

### I. Capteurs de déplacement, de position et de proximité

1. Élément résistif ou potentiomètre
2. Éléments capacitifs
3. Élément à jauge de contrainte
4. Capteurs de proximité inductifs
5. Capteurs de proximité à courants de Foucault
6. Transformateurs différentiels
7. Codeurs optiques
8. Capteurs à effet Hall
9. Capteurs pneumatiques
10. Interrupteurs de proximité
11. Encodeurs rotatifs

### II. Capteurs de température

1. Thermistances
2. Thermocouple
3. Bandes bimétalliques
4. Détecteurs de température à résistance
5. Thermostat

**III. Capteurs de lumière**

1. Photodiode
2. Phototransistor
3. Résistance dépendante de la lumière

**IV. Vitesse et mouvement**

1. Capteurs pyroélectriques
2. Tachogénérateur
3. Codeur incrémental

**V. Pression du fluide**

1. Manomètre à membrane
2. Capteur tactile
3. Capteurs piézoélectriques
4. Capsules, soufflets, tubes de pression

**VI. Débit et niveau de liquide**

1. Compteur à turbine
2. Plaque à orifice et tube Venturi

**VII. Capteur IR**

1. Paire d'émetteur et de récepteur infrarouge

**VIII. Forcer**

1. Jauge de contrainte
2. Cellule de charge

**IX. Capteurs tactiles**

1. Capteur tactile résistif
2. Capteurs tactiles capacitifs

**X. Capteurs UV**

1. Détecteur de lumière ultraviolette
2. Capteurs de stabilité photo
3. Tubes photo UV
4. Détecteurs UV germicides

Tous les capteurs peuvent être classés en deux types en fonction des besoins en puissance ou en signal. Ce sont des capteurs actifs et des capteurs passifs.

Pour faire fonctionner les capteurs actifs, il faut un signal d'alimentation provenant d'une source externe. Ce signal est appelé signal d'excitation et, sur la base de ce signal d'excitation, le capteur produit une sortie. Une jauge de contrainte est un exemple de capteur actif. Il s'agit d'un réseau de ponts résistifs sensibles à la pression et ne produit pas seul le signal électrique de sortie. La quantité de force appliquée peut être mesurée en la reliant à la résistance du réseau. La résistance peut être mesurée en y faisant passer un courant. Le courant agit comme un signal d'excitation.

En revanche, les capteurs passifs produisent directement le signal électrique de sortie en réponse au stimulus d'entrée. Toute la puissance requise par un capteur passif est obtenue à partir de la mesure. Un thermocouple est un capteur passif.

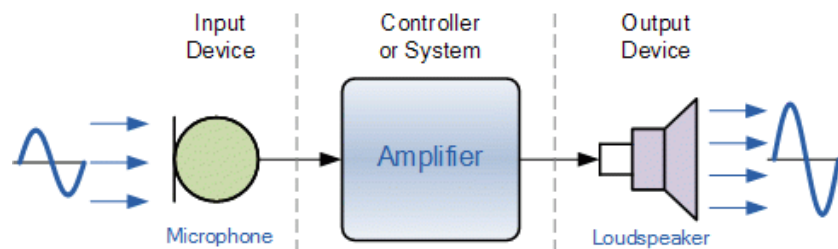
## 6. Capteurs et transducteurs couramment utilisés

Certains des capteurs et transducteurs les plus couramment utilisés pour différents stimuli (la quantité à mesurer) sont :

1. Pour détecter la lumière, les dispositifs d'entrée ou capteurs sont une photodiode, un phototransistor, une résistance dépendant de la lumière et des cellules solaires. Les dispositifs de sortie ou actionneurs sont des LED, des écrans, des lampes et des fibres optiques.
2. Pour détecter la température, les capteurs sont des thermistances, des thermocouples, des détecteurs de température à résistance et des thermostats. Les actionneurs sont des radiateurs.
3. Pour détecter la position, les dispositifs d'entrée sont un potentiomètre, un capteur de proximité et un transformateur différentiel. Les périphériques de sortie sont le moteur et l'indicateur de panneau.
4. Pour détecter la pression, les capteurs sont une jauge de contrainte et une cellule de charge. Les actionneurs sont des ascenseurs et des vérins et des vibrations électromagnétiques.
5. Pour détecter le son, les périphériques d'entrée sont des microphones et les périphériques de sortie sont des haut-parleurs et des buzzers.
6. Pour détecter la vitesse, les capteurs utilisés sont le générateur tachymétrique et les capteurs à effet Doppler. Les actionneurs sont des moteurs et des freins.

## 7. Un système simple utilisant des transducteurs

Un système de sonorisation est un exemple de système utilisant des capteurs et des actionneurs.



**Un système simple utilisant des transducteurs**

Il se compose d'un microphone, d'un amplificateur et d'un haut-parleur. Le capteur ou l'appareil doté d'une fonction d'entrée est un microphone. Il capte les signaux sonores et les transforme en signaux électriques. L'amplificateur reçoit ces signaux électriques et amplifie leur force.

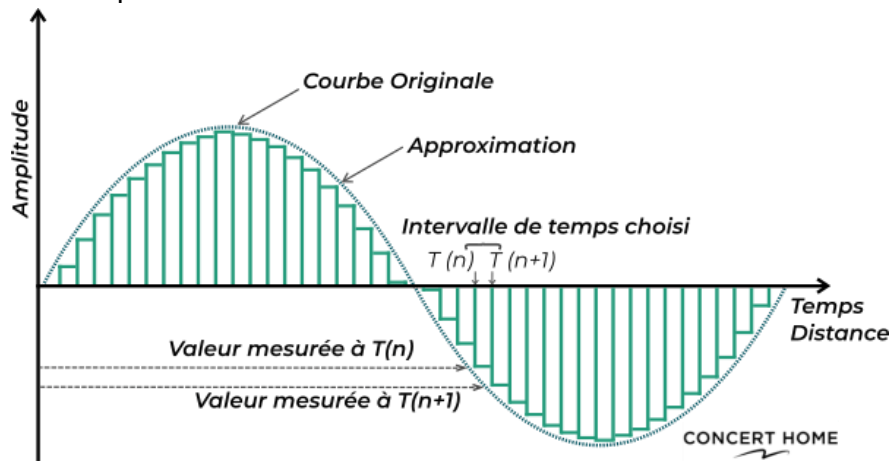
L'actionneur ou l'appareil doté de la fonction de sortie est le haut-parleur. Il reçoit les signaux électriques amplifiés de l'amplificateur et les reconvertit en signaux sonores mais avec plus de portée.



## 8. Capteurs analogiques

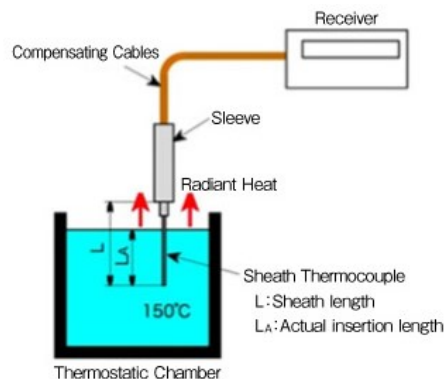
Un capteur analogique produit des signaux de sortie variant continuellement sur une plage de valeurs. Habituellement, le signal de sortie est une tension et ce signal de sortie est proportionnel à la mesure. Les grandeurs mesurées comme la vitesse, la température, la pression, la déformation, etc. sont toutes de nature continue et sont donc des grandeurs analogiques.

Une cellule au sulfure de cadmium (cellule CdS) utilisée pour mesurer l'intensité de la lumière est un capteur analogique. La résistance d'une cellule CdS varie en fonction de l'intensité de la lumière qui l'arrive. Lorsqu'il est connecté à un réseau diviseur de tension, le changement de résistance peut être observé en faisant varier la tension de sortie. Dans ce circuit, la sortie peut varier entre 0 V et 5 V.



### L'intensité de la lumière

**Thermocouple** ou un thermomètre est un capteur analogique. La configuration suivante est utilisée pour mesurer la température du liquide dans le récipient à l'aide d'un thermocouple.



### Une configuration pour mesurer la température du liquide dans le récipient à l'aide d'un thermocouple



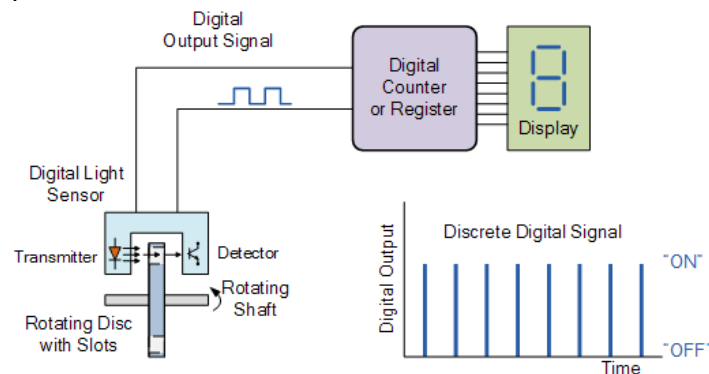
La sortie d'un capteur analogique a tendance à changer de manière fluide et continue au fil du temps. Par conséquent, le temps de réponse et la précision des circuits utilisant des capteurs analogiques sont lents et moindres. Pour utiliser ces signaux dans un système basé sur un microcontrôleur, des convertisseurs analogiques numériques peuvent être utilisés.

Les capteurs analogiques nécessitent une alimentation externe et une amplification sous une forme ou une autre pour produire des signaux de sortie appropriés. Les amplificateurs opérationnels sont très utiles pour fournir l'amplification et le filtrage.

## 9. Capteurs numériques

Un capteur numérique produit des signaux numériques discrets. La sortie d'un capteur numérique n'a que deux états, à savoir « ON » et « OFF ». ON est le 1 logique et OFF est le 0 logique. Un interrupteur à bouton-poussoir est le meilleur exemple de capteur numérique. Dans ce cas, l'interrupteur n'a que deux états : soit il est ON lorsqu'il est poussé, soit il est OFF lorsqu'il est relâché ou non poussé.

La configuration suivante utilise un capteur de lumière pour mesurer la vitesse et produit un signal numérique.



*Une configuration pour mesurer la vitesse et produire un signal numérique.*

Dans la configuration ci-dessus, le disque rotatif est relié à l'arbre d'un moteur et comporte plusieurs fentes transparentes. Le capteur de lumière capture la présence ou l'absence de lumière et envoie des signaux logiques 1 ou logique 0 en conséquence au compteur. Le compteur affiche la vitesse du disque. La précision peut être augmentée en augmentant le nombre de fentes transparentes sur le disque, car cela permet davantage de comptages sur la même durée.

En général, la précision d'un capteur numérique est élevée par rapport à un capteur analogique. La précision dépend du nombre de bits utilisés pour représenter la mesure. Plus le nombre de bits est élevé, plus la précision est grande.

## 10 Conclusion

Les capteurs constituent une technologie générique, applicable à un large éventail d'utilisations. Pour être efficace, elle nécessite l'identification des utilisations potentielles et l'évaluation du degré d'adéquation. Par exemple, les systèmes de capteurs développés pour la surveillance de l'état structurel d'un avion militaire vieillissant ou d'autres applications de surveillance de véhicules peuvent être exploités sous une forme ou une autre par les industries aéronautique et automobile. Les capteurs chimiques utilisés pour la détection d'agents de guerre chimique ont de nombreuses applications possibles non liées au DoD dans des domaines tels que la surveillance de l'environnement et de la santé. En outre, les capteurs infrarouges, traditionnellement développés pour des applications militaires telles que la reconnaissance, trouvent désormais des applications dans la fabrication de matériaux, la détection d'intrusion et les systèmes de détection de produits chimiques à mesure qu'ils deviennent abordables.

## 11 Références

<https://nap.nationalacademies.org/>

<https://www.electronicshub.org/sensors-and-transducers-introduction/>

<https://www.publicsensors.org/intro-to-sensors/>