

Capteurs électriques

Cours de sciences physiques - niveau 2de

Donc, le thermostat de ta chambre, l'éclairage qui s'allume tout seul à la nuit tombée, l'écran de ton téléphone qui s'adapte à la lumière : derrière chaque appareil, il y a un composant qui traduit une grandeur physique en un signal électrique mesurable.

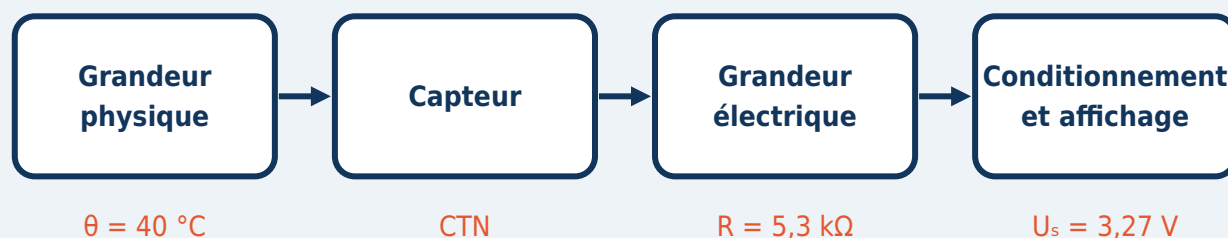
Ensuite, ce chapitre sur les **capteurs électriques** explique comment fonctionnent les capteurs résistifs et comment les étalonner pour lire une température, un éclairage ou une pression.

L'essentiel : Un capteur électrique convertit une grandeur physique en grandeur électrique mesurable. Pour un capteur résistif, la résistance (R) en ohms varie avec la grandeur, et un diviseur de tension donne $(U_s = U_e \frac{R}{R + R_0})$. Avec $(U_e = 5 \text{ V})$ et $(R = R_0)$, la tension de sortie vaut 2,5 V.

Enfin, ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les capteurs électriques et la chaîne de mesure

Ensuite, un **capteur** est un dispositif qui prélève une information sur une grandeur physique (température, éclairage, pression, position...) et la transforme en une grandeur électrique (résistance, tension, intensité). Puis cette grandeur électrique, facile à mesurer et à traiter par un ordinateur, est ensuite convertie en valeur lisible : c'est la **chaîne de mesure**.



La courbe d'étalonnage permet de remonter de R (ou de U_s) à la grandeur physique θ .

Chaîne de mesure d'un thermomètre à CTN : la température est traduite en résistance, puis en tension.

Les capteurs résistifs

Puis, dans un **capteur résistif**, c'est la **résistance** R d'un composant qui dépend de la grandeur à mesurer. Deux exemples courants :

- la **thermistance CTN** (coefficient de température négatif) : sa résistance **diminue** quand la température augmente ; par exemple $10\text{ k}\Omega$ à $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $5,3\text{ k}\Omega$ à $40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- la **photorésistance** (LDR) : sa résistance **diminue** quand l'éclairement augmente ; elle vaut plusieurs $\text{k}\Omega$ dans l'obscurité et quelques centaines d' Ω en plein jour.

Ainsi, pour mesurer une résistance, on peut utiliser un **ohmmètre** (composant hors tension), ou mesurer la tension U à ses bornes et l'intensité I qui la traverse et appliquer la **loi d'Ohm**.

FORMULE À RETENIR

$$U = R \times I$$

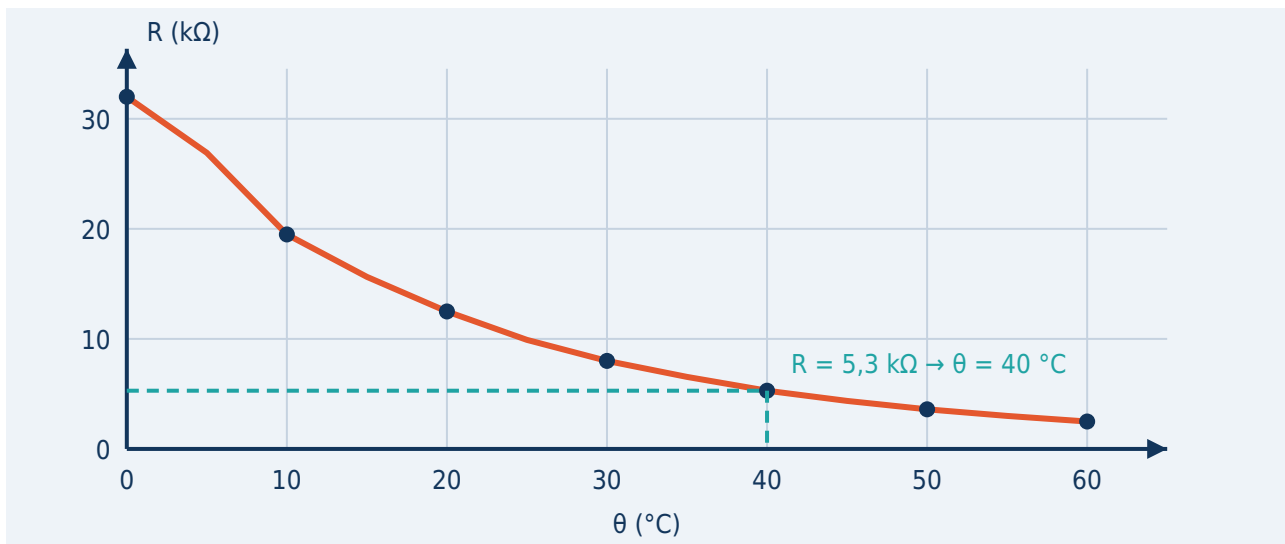
U en volts (V), R en ohms (Ω), I en ampères (A). Conversions : $1\text{ k}\Omega = 10^3\text{ }\Omega$; $1\text{ mA} = 10^{-3}\text{ A}$.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Par ailleurs, une CTN est traversée par $I = 0,50\text{ mA}$ sous une tension $U = 2,65\text{ V}$. Sa résistance vaut $R = U \div I = 2,65 \div (0,50 \times 10^{-3}) = 5\,300\text{ }\Omega = \mathbf{5,3\text{ k}\Omega}$.

La courbe d'étalonnage

De plus, la relation entre la grandeur électrique et la grandeur physique n'est pas toujours donnée par une formule simple. De plus, on l'établit expérimentalement : c'est l'**étalonnage**. Ensuite, on place le capteur dans des conditions connues (températures mesurées avec un thermomètre de référence, par exemple), on relève la grandeur électrique correspondante et on trace la **courbe d'étalonnage**. Par ailleurs, elle sert ensuite à faire la mesure inverse : on lit la grandeur électrique, on en déduit la grandeur physique.



Courbe d'étalonnage d'une CTN : la résistance diminue quand θ augmente, mais pas proportionnellement.

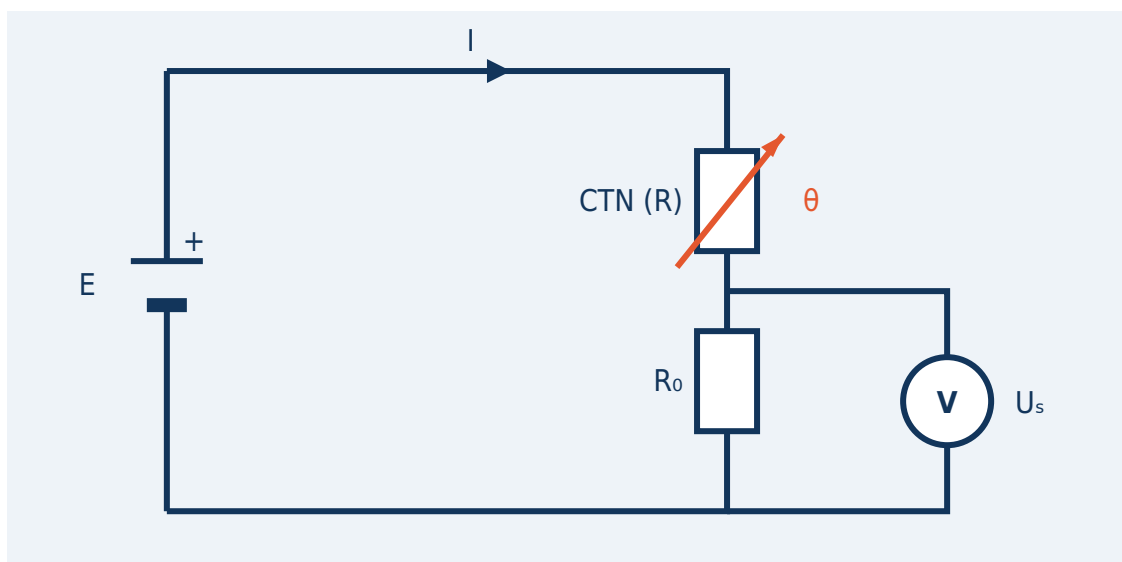
MÉTHODE

Donc, pour exploiter une courbe d'étalonnage : 1) repérer la valeur mesurée (résistance ou tension) sur l'axe de la grandeur électrique ; 2) tracer une horizontale jusqu'à la courbe ; 3) descendre verticalement vers l'axe de la grandeur physique ; 4) lire la valeur avec son unité, en indiquant la précision de lecture.

Enfin, une courbe qui est une **droite passant par l'origine** traduit une proportionnalité ($R = k \times \text{grandeur}$). Puis une droite qui ne passe pas par l'origine s'écrit $U = a \times x + b$. Ensuite, une CTN, elle, a une courbe **non linéaire** : sa sensibilité varie avec la température.

Le diviseur de tension : transformer R en tension

Une résistance variable est peu pratique à lire. Puis on la place donc en série avec une résistance fixe R_0 sous une tension E et on mesure la tension aux bornes de R_0 : c'est un **diviseur de tension**.



Le capteur (CTN) et la résistance R_0 forment un diviseur de tension : U_s dépend de R , donc de θ .

La loi des mailles donne $E = U_{\text{CTN}} + U_s$; l'intensité est la même dans les deux dipôles (association en série) : $I = E \div (R + R_0)$. D'où, avec la loi d'Ohm $U_s = R_0 \times I$:

FORMULE À RETENIR

$$U_s = E \times R_0 \div (R + R_0)$$

U_s et E en volts ; R et R_0 dans la même unité (Ω ou $k\Omega$). De plus, on en déduit $R = R_0 \times (E \div U_s - 1)$.

APPLICATION NUMÉRIQUE

$E = 5,0 \text{ V}$, $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$. À 40°C , la CTN vaut $R = 5,3 \text{ k}\Omega$: $U_s = 5,0 \times 10 \div (5,3 + 10) = 50 \div 15,3 \approx \mathbf{3,27 \text{ V}}$. Inversement, si on mesure $U_s = 3,27 \text{ V}$, alors $R = 10 \times (5,0 \div 3,27 - 1) \approx 5,3 \text{ k}\Omega$, ce qui donne 40°C sur la courbe d'étalonnage. Quand θ augmente, R diminue donc U_s augmente : de $1,19 \text{ V}$ à 0°C à $4,00 \text{ V}$ à 60°C .

Les caractéristiques d'un capteur

Pour choisir un capteur, on compare plusieurs caractéristiques :

- la **plage de mesure** : l'intervalle de valeurs où il fonctionne correctement ;
- la **sensibilité** : variation de la grandeur de sortie par unité de la grandeur mesurée (en $\text{V}/^\circ\text{C}$, $\text{k}\Omega/^\circ\text{C}$...) ; un capteur sensible détecte de petites variations ;
- la **linéarité** : un capteur linéaire a une sortie du type $U = a \times x + b$, avec une sensibilité a constante ;
- le **temps de réponse** et l'**incertitude** de mesure.

EXEMPLE

Un capteur de température linéaire délivre $U = 0,0100 \times \theta + 0,500$ (U en V , θ en $^\circ\text{C}$). Sa sensibilité est de $0,0100 \text{ V}/^\circ\text{C}$, soit $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$. À 37°C : $U = 0,0100 \times 37 + 0,500 = \mathbf{0,870 \text{ V}}$. Ensuite, pour $U = 1,12 \text{ V}$: $\theta = (1,12 - 0,500) \div 0,0100 = \mathbf{62^\circ\text{C}}$.

Comme toute mesure, la lecture sur une courbe d'étalonnage est entachée d'une incertitude, que l'on estime à partir de la graduation de l'axe et de la précision des mesures d'étalonnage, avec les règles d'écriture vues dans le chapitre sur les incertitudes.

ERREUR FRÉQUENTE

Ne pas confondre la tension de sortie U_s (mesurée aux bornes de R_0) avec la tension E du générateur, ni oublier que R diminue quand θ augmente pour une CTN. Autre piège : l'unité des résistances. Si on utilise R en $\text{k}\Omega$ dans la formule du diviseur, R_0 doit aussi être en $\text{k}\Omega$; seul le rapport compte.

L'essentiel à retenir

- Un capteur convertit une grandeur physique en grandeur électrique ; un capteur résistif fait varier une résistance R .
- CTN : R diminue quand la température augmente. Photorésistance : R diminue quand l'éclairement augmente.
- Loi d'Ohm : $U = R \times I$; une résistance se mesure à l'ohmmètre ou par U et I .
- La courbe d'étalonnage relie la grandeur électrique à la grandeur physique ; on l'utilise par lecture graphique.
- Diviseur de tension : $U_s = E \times R_0 \div (R + R_0)$ pour la tension aux bornes de R_0 .
- Un capteur se caractérise par sa plage de mesure, sa sensibilité, sa linéarité et son incertitude.

Tout le chapitre « Capteurs électriques et courbe d'étalonnage » en seconde

- Les exercices : Capteurs électriques et courbe d'étalonnage
- Le corrigé des exercices : Capteurs électriques et courbe d'étalonnage
- Le TP : Capteurs électriques et courbe d'étalonnage
- Le corrigé du TP : Capteurs électriques et courbe d'étalonnage
- Le QCM : Capteurs électriques et courbe d'étalonnage

Chapitre précédent : Isotopes et transformations nucléaires (cours)

Chapitre suivant : Réactif limitant et stœchiométrie (cours)

Retrouve aussi tous les cours de sciences physiques en seconde et le programme complet de sciences physiques en seconde.