

Signaux de capteurs

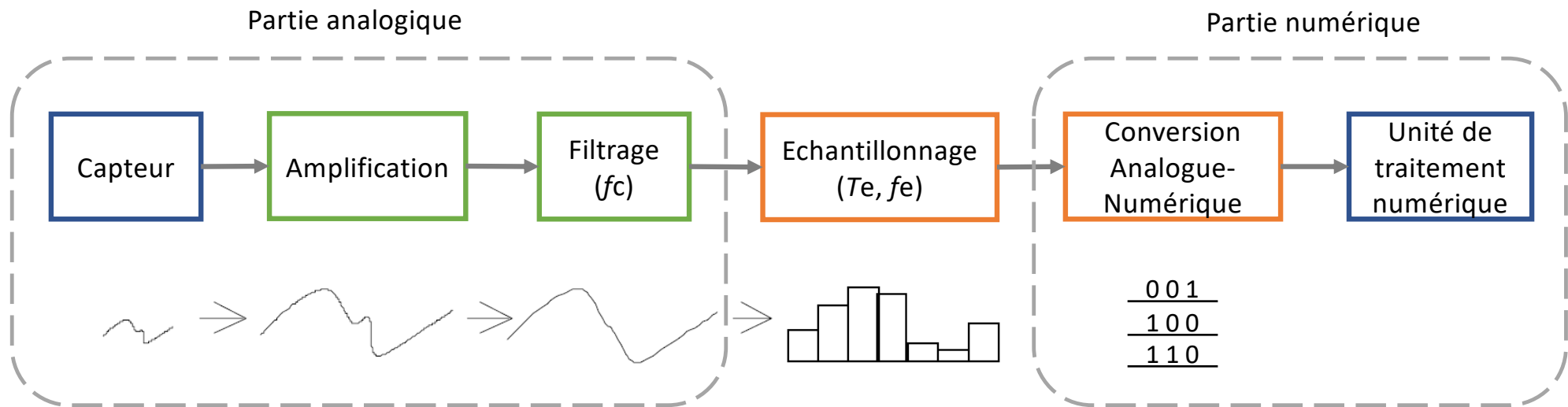
The background of the slide is a photograph of a blue wall with brown pipes. A pressure gauge is mounted on one of the pipes. The text is overlaid on this image.

Acquisition des données

Module 253

Information-ne du bâtiment

Chaîne d'acquisition de données



Chaîne d'acquisition (analogique)

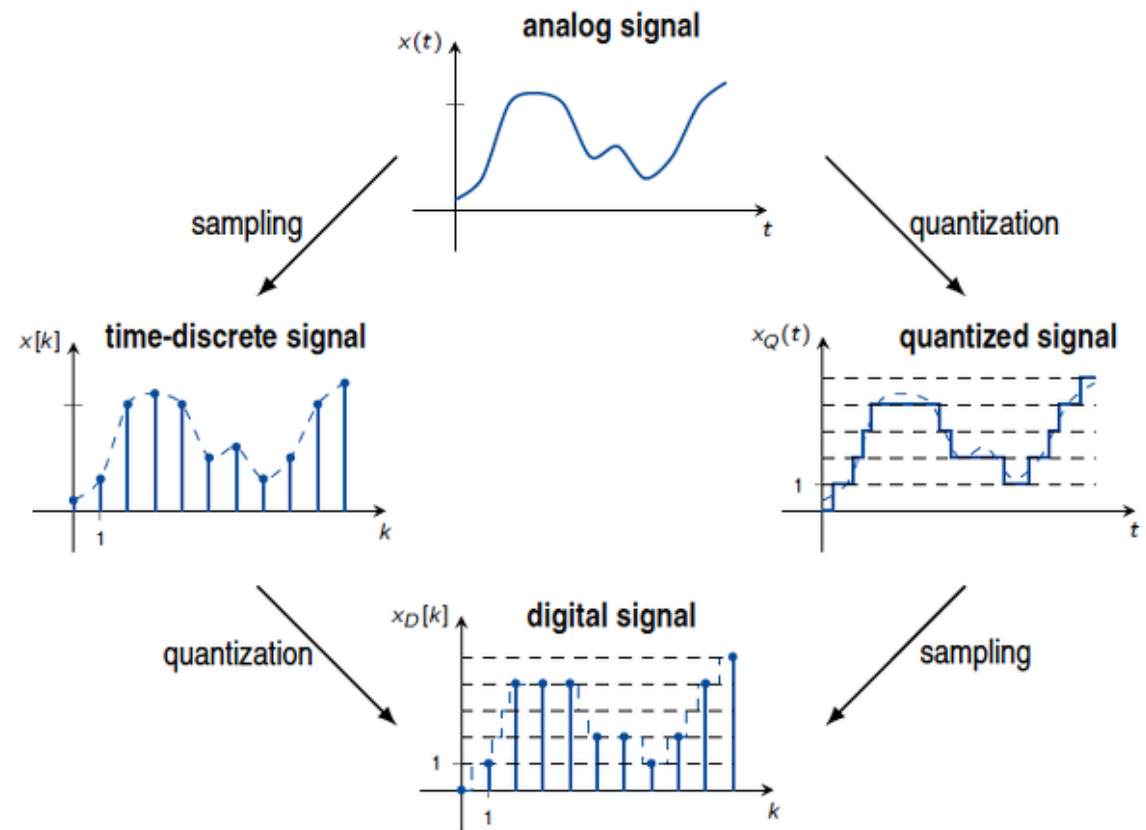
- **Capteur** : Il est l'interface entre le monde physique et le monde électrique. Il va délivrer un signal électrique à l'image du phénomène physique que l'on souhaite numériser.
- **Amplificateur** : Cette étape permet d'adapter le niveau du signal.
- **Filtre** : Ce filtre est parfois appelé filtre anti-repliement. Son rôle est de limiter le contenu spectral du signal aux fréquences qui nous intéressent. Il élimine aussi les parasites. C'est un filtre passe-bas que l'on caractérise par sa fréquence de coupure (f_c) et son ordre.

Chaîne d'acquisition (numérique)

- **Echantillonneur (Sampling)** : Son rôle est de prélever à chaque période d'échantillonnage (T_e) la valeur du signal. On l'associe de manière quasi-systématique à un bloqueur. Le bloqueur va figer (maintenir) l'échantillon pendant le temps nécessaire à la conversion. Ainsi durant la phase de numérisation, la valeur de la tension de l'échantillon reste constante assurant une conversion aussi juste que possible. On parle d'échantillonneur bloqueur.
- **Convertisseur analogue-numérique (ADC : Analog-Digital Converter)** : Il transforme la tension de l'échantillon (analogique) en un code binaire (numérique).
- **Processeur** : C'est l'unité de traitement numérique (DSP, μP , μC) et de stockage de l'information (mémoire RAM, SSD) ou encore de transmission.

Différence entre échantillonnage et quantification

- L'**échantillonnage** (sampling) consiste à prélever les valeurs d'un signal à **intervalles temporels définis**, généralement réguliers. Il produit une suite de **valeurs discrètes** nommées échantillons.
- La **quantification** est le procédé qui permet d'approcher l'**amplitude d'un signal** continu par les valeurs d'un **ensemble discret** d'assez petite taille.



Types de signaux

- Déterministes
 - Périodiques
 - Sinusoïdaux, harmoniques
 - Pseudo-aléatoires
 - Non-périodiques
- Aléatoires
 - Stationnaires (avec une statistique : une moyenne et un écart-type)
 - Non-stationnaires

Considération sur l'échantillonnage

- Périodicité, harmoniques
- Contenu spectrale
- Fréquence d'échantillonnage f_e
- La fréquence de coupure f_c égale la fréquence maximale $f_{\max}$ du contenu spectrale que l'on peut acquérir
- Théorème de l'échantillonnage : $f_e > 2 f_c$ ou $f_c < f_e/2$
- En pratique : $f_e \approx 10 f_c$
- Si la fréquence d'échantillonnage $f_e \gg f_{\max}$, nous pouvons considérer un filtrage numérique

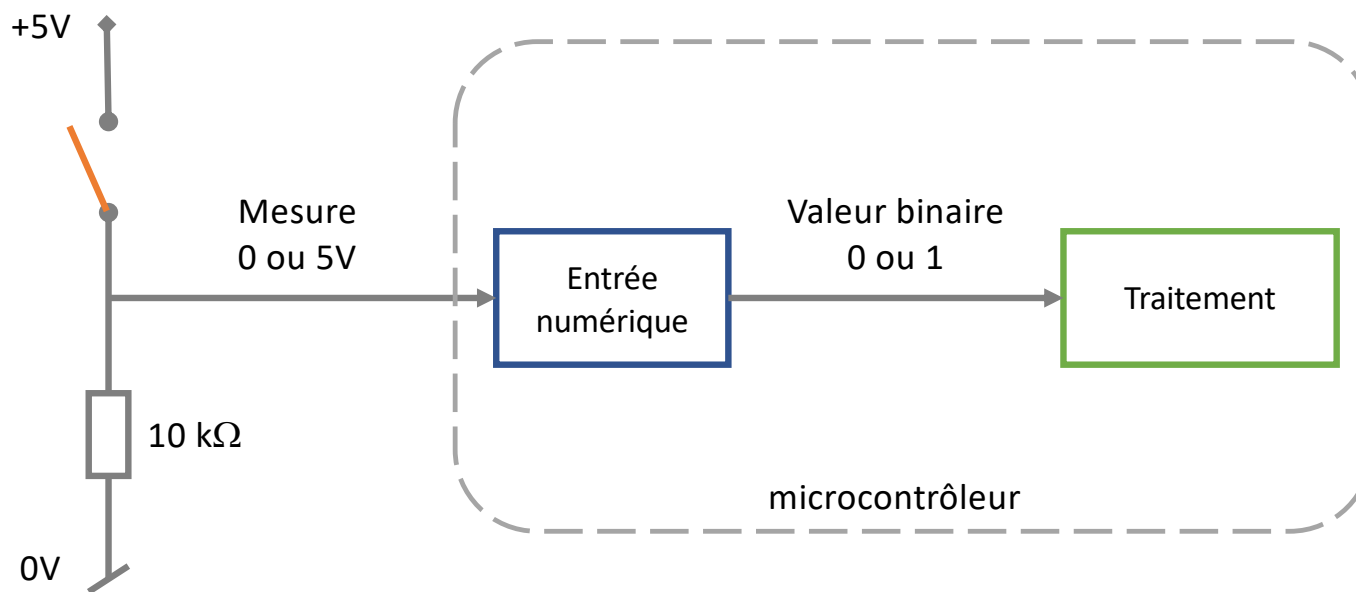
Questions

- Nommez des exemples de capteurs

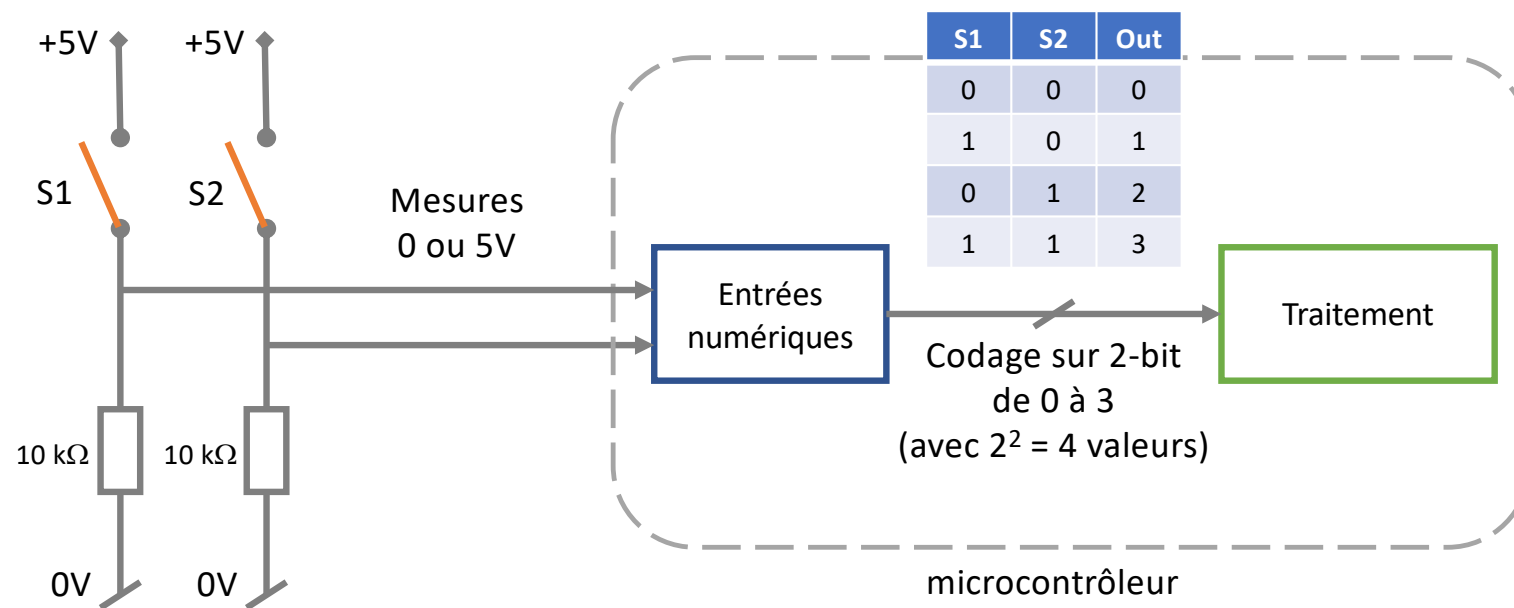
Liste de capteurs (exemples)

- Luminosité
- Température
- Humidité, hygrométrie
- Pression atmosphérique
- Acoustique, bruit ambiant (dB)
- Particules, CO₂, COV, NOx, etc ...
- Détecteur de mouvement
- Mesure de distance
- Tactile, toucher
- Capteur de position (variable, ouvert / fermé)
- +++

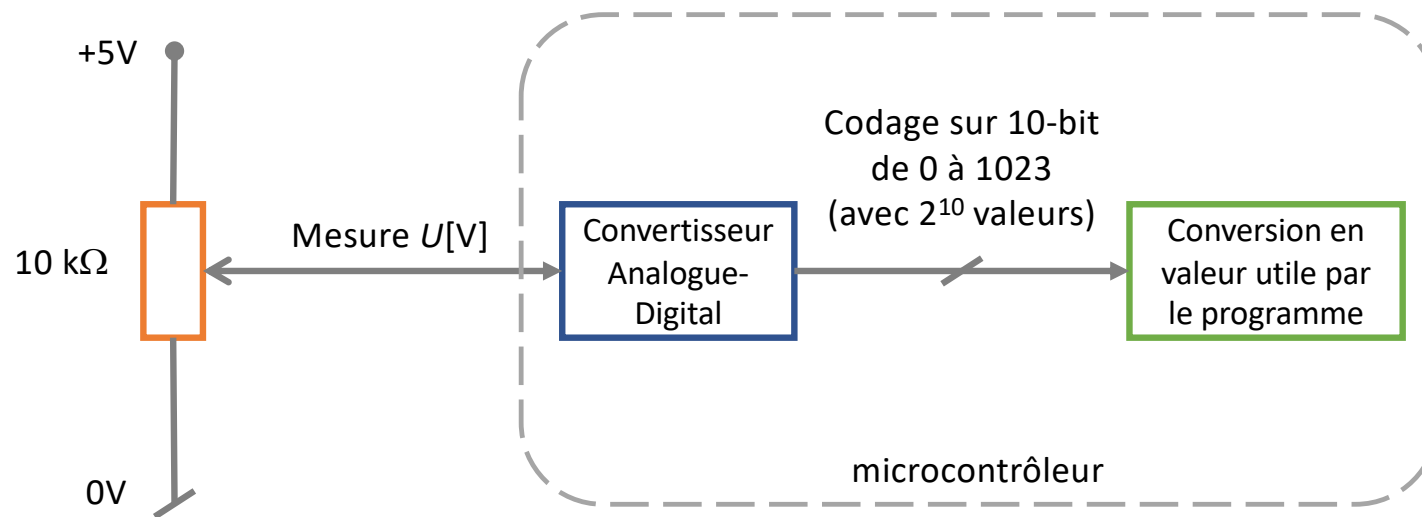
Interrupteur et bouton poussoir



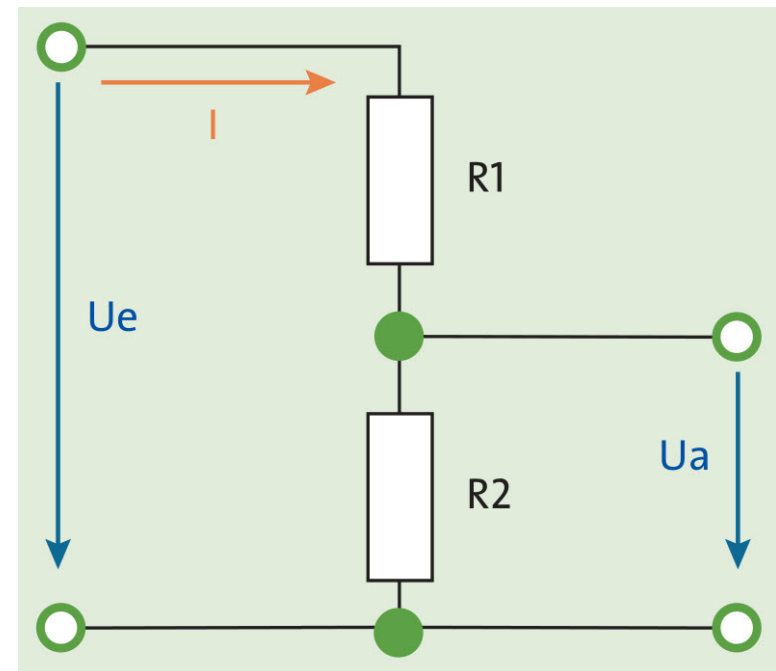
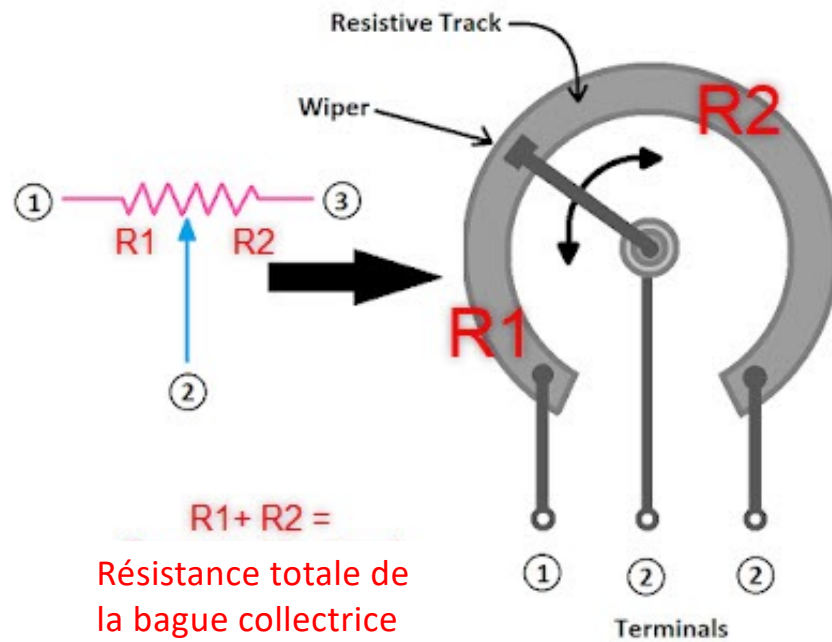
Codage numérique (clavier)



Lecture du potentiomètre



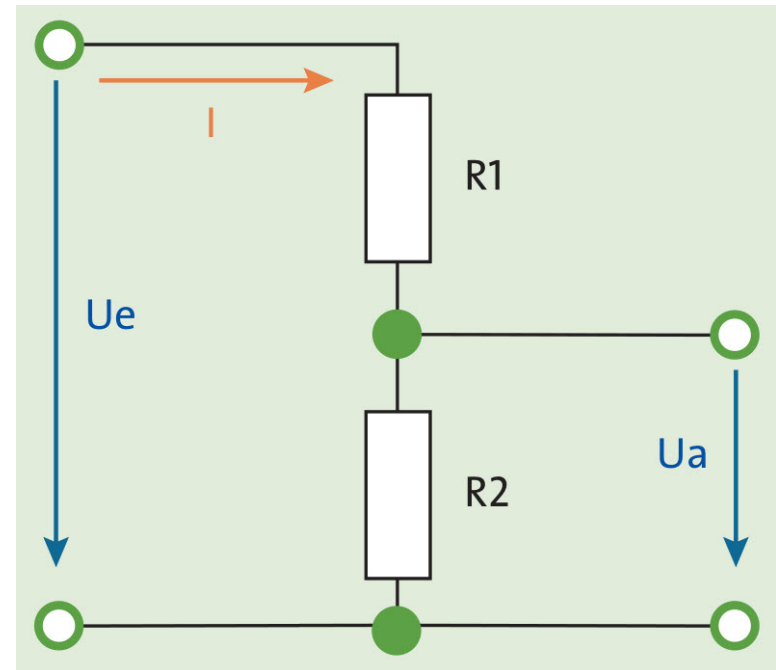
Potentiomètre (diviseur de tension)



Potentiomètre (diviseur de tension)

$$I = \frac{U_e}{R_1 + R_2} = \frac{U_a}{R_2}$$

$$U_a = U_e \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



Questions ?

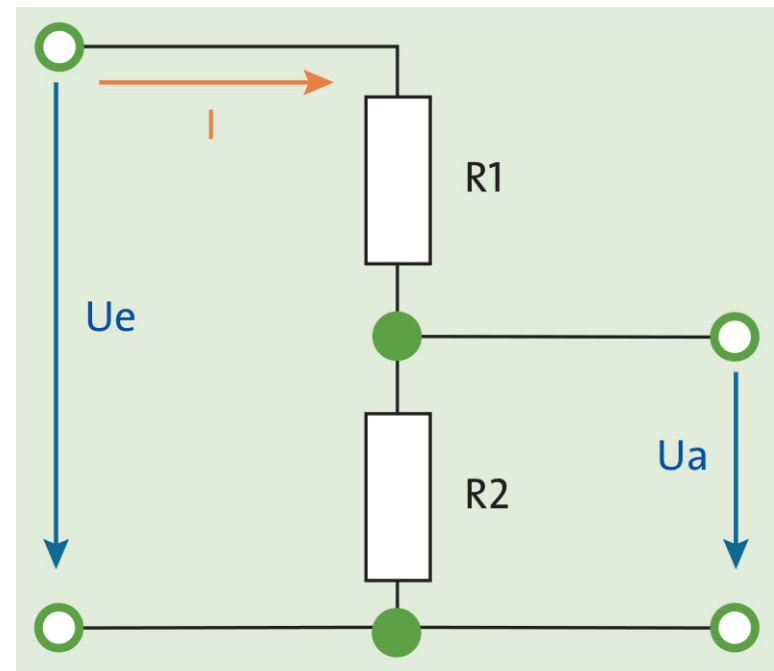
- Quelles sont les valeurs de R_1 et R_2 avec une tension d'entrée $U_e = 5V$ et une tension de sortie $U_a = 3.3V$?

La résistance totale du potentiomètre est de $10\text{ k}\Omega$

- $I = U_e / (R_1 + R_2) = 5V / 10k\Omega = 0.5mA$
- $R_2 = U_a / I = 3.3V / 0.5mA = 6.6k\Omega$
- $R_1 = 10k\Omega - R_2 = 3.4k\Omega$

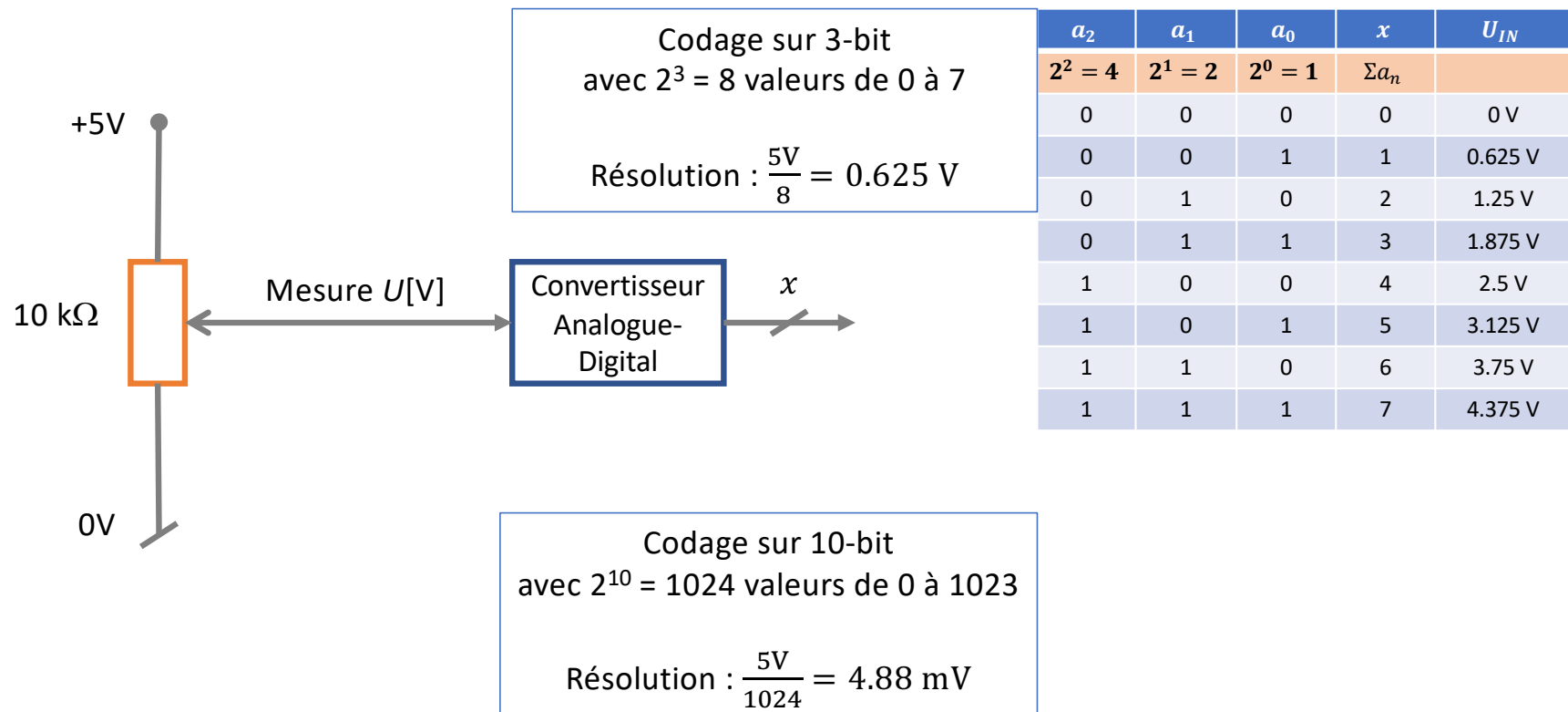
- Même question si $U_e = 12V$?

- $R_2 = 2.75k\Omega$
- $R_1 = 7.25k\Omega$



Lecture du potentiomètre

Conversion A/D

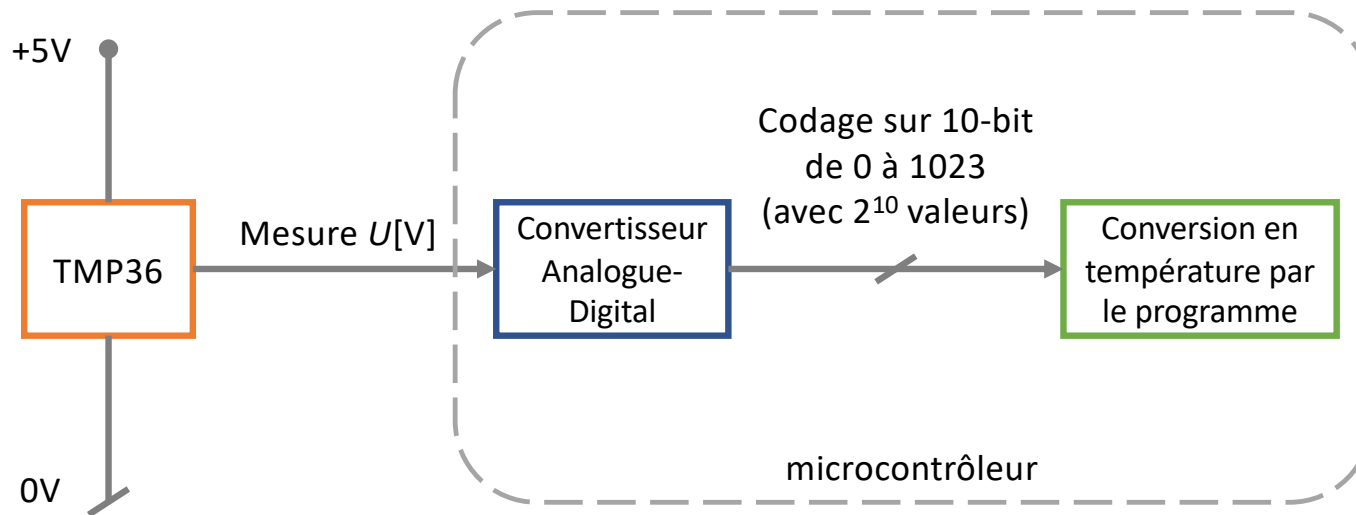


Questions ?

- Quelle est la **résolution** sur un bus de 4-bit, 8-bit, 12-bit, 16-bit ? (Sur une plage de 5V)
- Quelle est la **valeur binaire-décimale** d'une mesure de 2V sur une échelle de 5V
 - Avec 4-bit :
 - Avec 10-bit
- Sur un bus de 12-bit, nous avons une valeur binaire-décimale de 712. Quelle est la **tension** mesurée sur une échelle de 5V ?

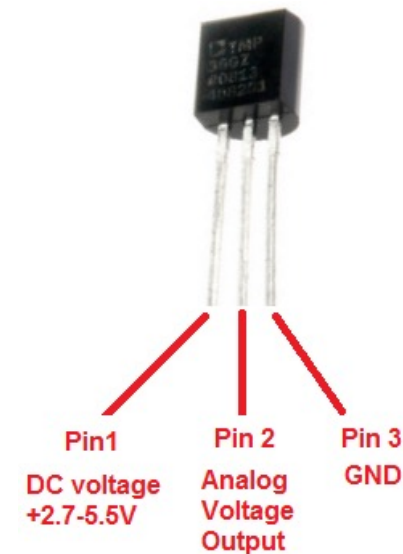
- # incréments résolution
 - $2^4 = 16$ $5V / 16 = 0.312 V$
 - $2^8 = 256$ $5V / 256 = 19.5 mV$
 - $2^{12} = 4096$ $5V / 4096 = 1.22 mV$
 - $2^{16} = 65536$ $5V / 65536 = 76.3 \mu V$
- Valeur binaire-décimale
 - 4-bit : $\text{floor}(2V/5V \cdot 2^4) = 6$
 - 10-bit : $\text{floor}(2V/5V \cdot 2^{10}) = 409$
- Tension mesurée
 - $5V \cdot 712 / 2^{12} = 0.87V$

Lecture d'un capteur de température



Capteur de température TMP36 (actif)

- Capteur de température TMP36 (actif)
 - Ce composant génère une tension proportionnelle à la température.
 - Les pattes extérieures se connectent à l'alimentation et à la masse.
 - La tension présente sur la patte du milieu évolue en fonction de la température ambiante.



Capteur de température TMP36

Caractéristique linéaire de la tension U en fonction de la température T

Résolution du capteur $\frac{\Delta U}{\Delta T}$:

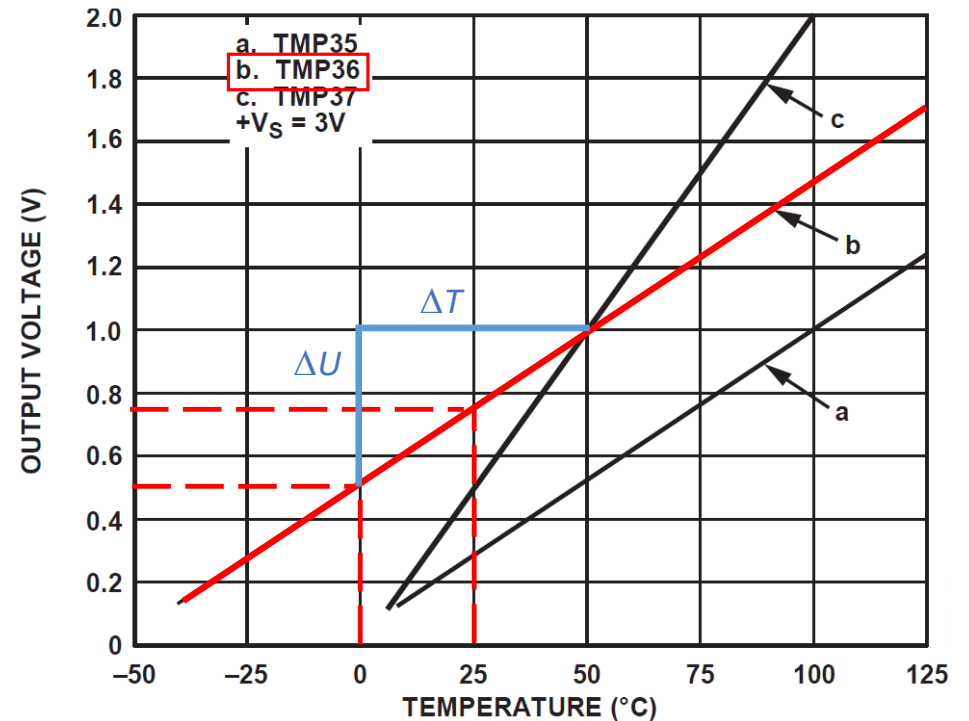
Prendre 2 points sur la courbe, p. ex. :

- Point 1 : ($U_1 = 1V, T_1 = 50^\circ\text{C}$)
- Point 2 : ($U_2 = 0.5V, T_2 = 0^\circ\text{C}$)

$$\bullet \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{U_1 - U_2}{T_1 - T_2} = \frac{1V - 0.5V}{50^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}} = 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}$$

Table 4. TMP35/TMP36/TMP37 Output Characteristics

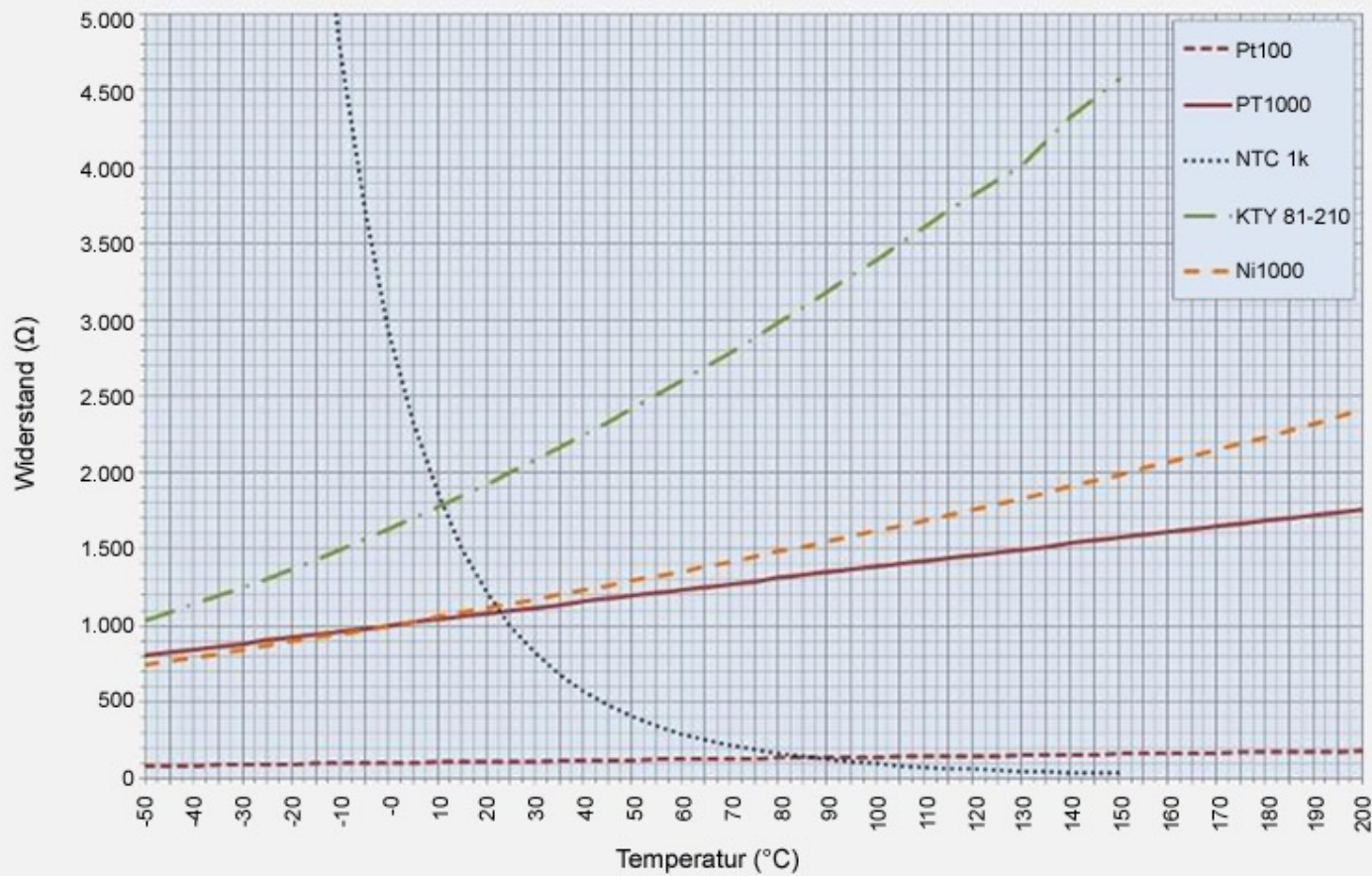
Sensor	Offset Voltage (V)	Output Voltage Scaling (mV/°C)	Output Voltage at 25°C (mV)
TMP35	0	10	250
TMP36	0.5	10	750
TMP37	0	20	500



Autres capteurs de température (passif)

- **PTC** (*Positive Thermal Coefficient*)
 - Pt100 (Platine, 100Ω @ 0°C)
 - Pt1000 (Platine, $1\text{k}\Omega$ @ 0°C)
 - Ni1000 (Nickel, $1\text{k}\Omega$ @ 0°C)
 - KTY 81-210 (Silicium, $2\text{k}\Omega$ @ 25°C)
- **NTC** (*Negative Thermal Coefficient*)
 - NTC 1k (Silicium, $1\text{k}\Omega$ @ 25°C)

Résistance vs Température

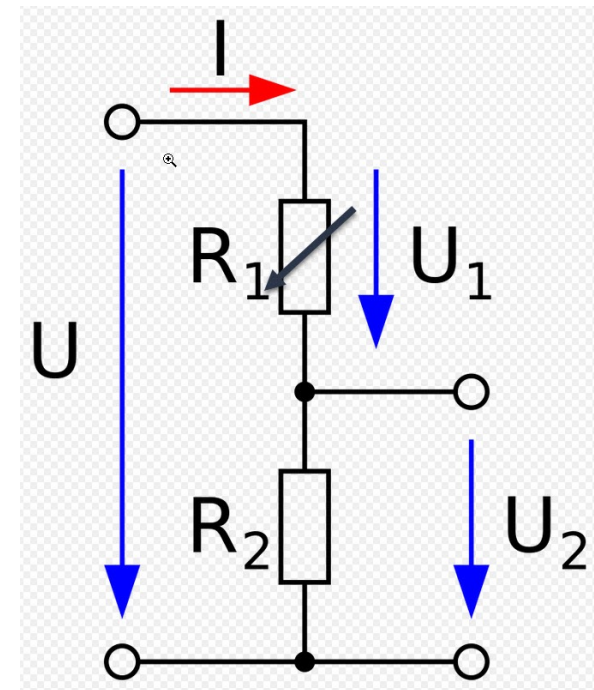


Branchement des sondes

- Le courant qui traverse l'élément résistif du capteur pose problème :
Le courant génère de la chaleur et le capteur est donc également chauffé par le flux de courant. Cet effet d'auto-échauffement nous donne des résultats erronés sur la température ambiante.
Pour que cet effet soit minimal, le flux de courant ne doit pas être supérieur à **1 mA**.
- Un autre problème peut être la longueur des câbles de raccordement du capteur. Les câbles ont eux-mêmes aussi une valeur de résistance qui doit être prise en compte à partir d'une certaine longueur et d'une certaine section du fil.

Calibrage de la sonde Ni1000

- Si R_1 est la résistance de la sonde Ni1000. Quel doit être la valeur de la résistance R_2 pour limiter le courant maximal à 1mA ? (Avec $U = 3.3V$)
- $I = 1mA$ avec $R_1 = 791\Omega$ (plus petite valeur)
- $U_1 = R_1 \cdot I = 0.79V$
- $R_2 = U_2 / I = (U - U_1) / I = 2.5\text{ k}\Omega$



Calibrage de la sonde Ni1000

- Courant dans la résistance Ni1000 :

Tension U [V]	Température T [°C]	Ni1000 R_1 [Ω]	Résistance R_2 [Ω]	Tension U_1 [V]	Tension U_2 [V]	Tension $U_1 + U_2$	Courant I [mA]
3.3	-40	791	2500	0.79	2.51	3.30	1.00
3.3	-20	893	2500	0.87	2.43	3.30	0.97
3.3	0	1000	2500	0.94	2.35	3.30	0.94
3.3	20	1112	2500	1.02	2.28	3.30	0.91
3.3	50	1291	2500	1.12	2.18	3.30	0.87
3.3	90	1549	2500	1.26	2.04	3.30	0.82
3.3	120	1760	2500	1.36	1.94	3.30	0.77

Sonde de température avec résistance NTC

- Relation de Steinhart-Hart entre la résistance R et la température T :

Exercice :

- Mesurer la température ambiante

Calibration / étalonnage

- Détermination de la relation existant entre les indications d'un appareil de mesure et les valeurs de la grandeur à mesurer, par comparaison avec un étalon (référence).

Précision de l'appareil de mesure

- Mesurer une valeur «constante» à différents intervals de temps :
⇒ Nous observons une fluctuation autour d'une valeur moyenne
- Moyenne et écart-type d'une mesure de tension : $U = 5V \pm 0.02V$
- Exemple d'une fiche technique (<https://thermometer.co.uk>) :

NTC Thermistor Probes/Sensors

The tolerance specification for all ETI manufactured thermistor probes is as follows:

- $\pm 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ between -20 & $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ between 0 & $70\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ between -10 & $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

PT100/RTD Probes/Sensors

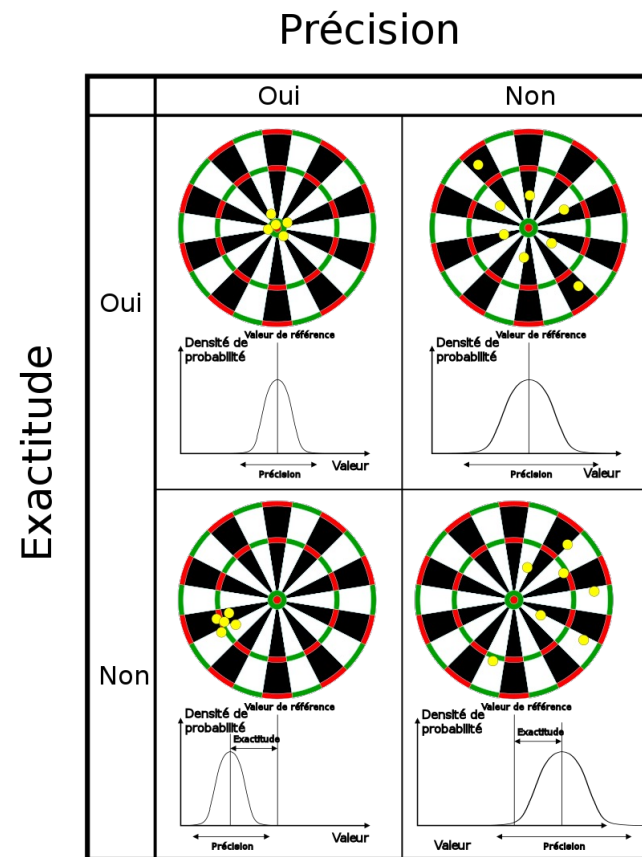
All PT100/RTD probes/sensors are manufactured from Class A PT100/RTD $100\ \Omega$ (ohms) detectors as detailed in the IEC 60751 (2008) standard, and meet the following accuracy specification:

- $\pm 0.15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\%$ between -200 & $600\text{ }^{\circ}\text{C}$

Différence entre la précision et l'exactitude

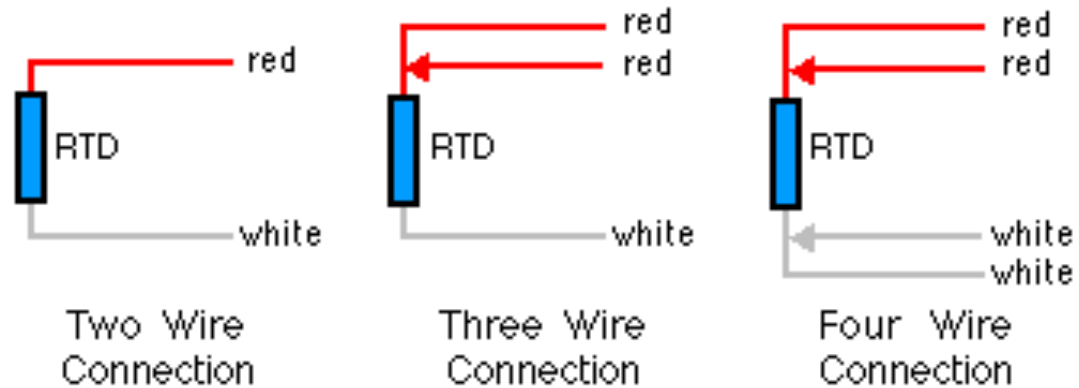
Dans la **mesure** d'un **signal** :

- l'**exactitude** (en: accuracy) est la proximité des mesures à une valeur de référence,
- tandis que la **précision** est la proximité des mesures les unes par rapport aux autres.



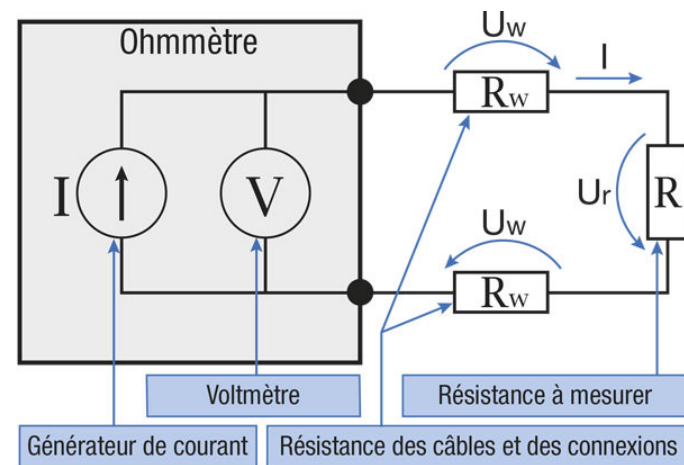
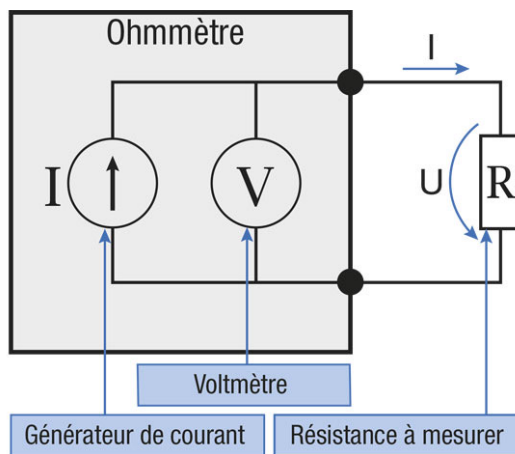
Mesure RTD à 2, 3 ou 4 fils

- RTD : Resistance Temperature Detector



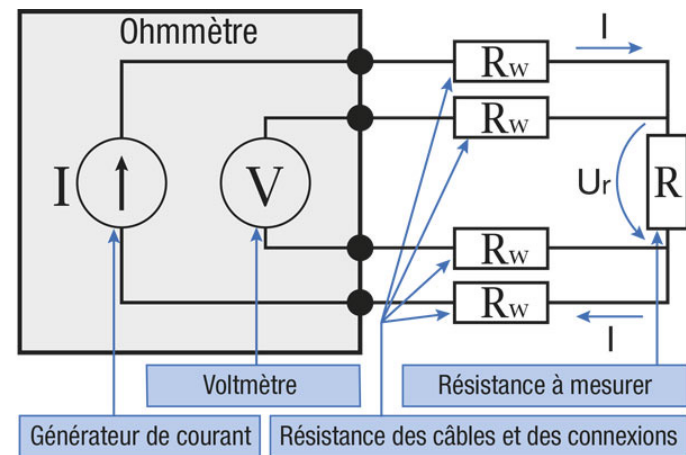
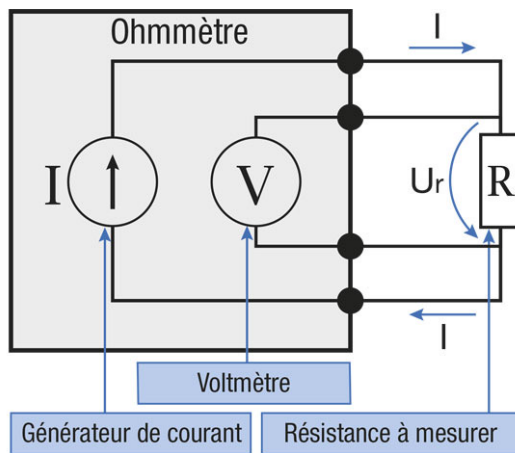
Mesure RTD à 2 fils

- RTD à 2 fils



Mesure RTD à 4 fils

- RTD à 4 fils



Mesure RTD à 3 fils

- RTD à 3 fils

