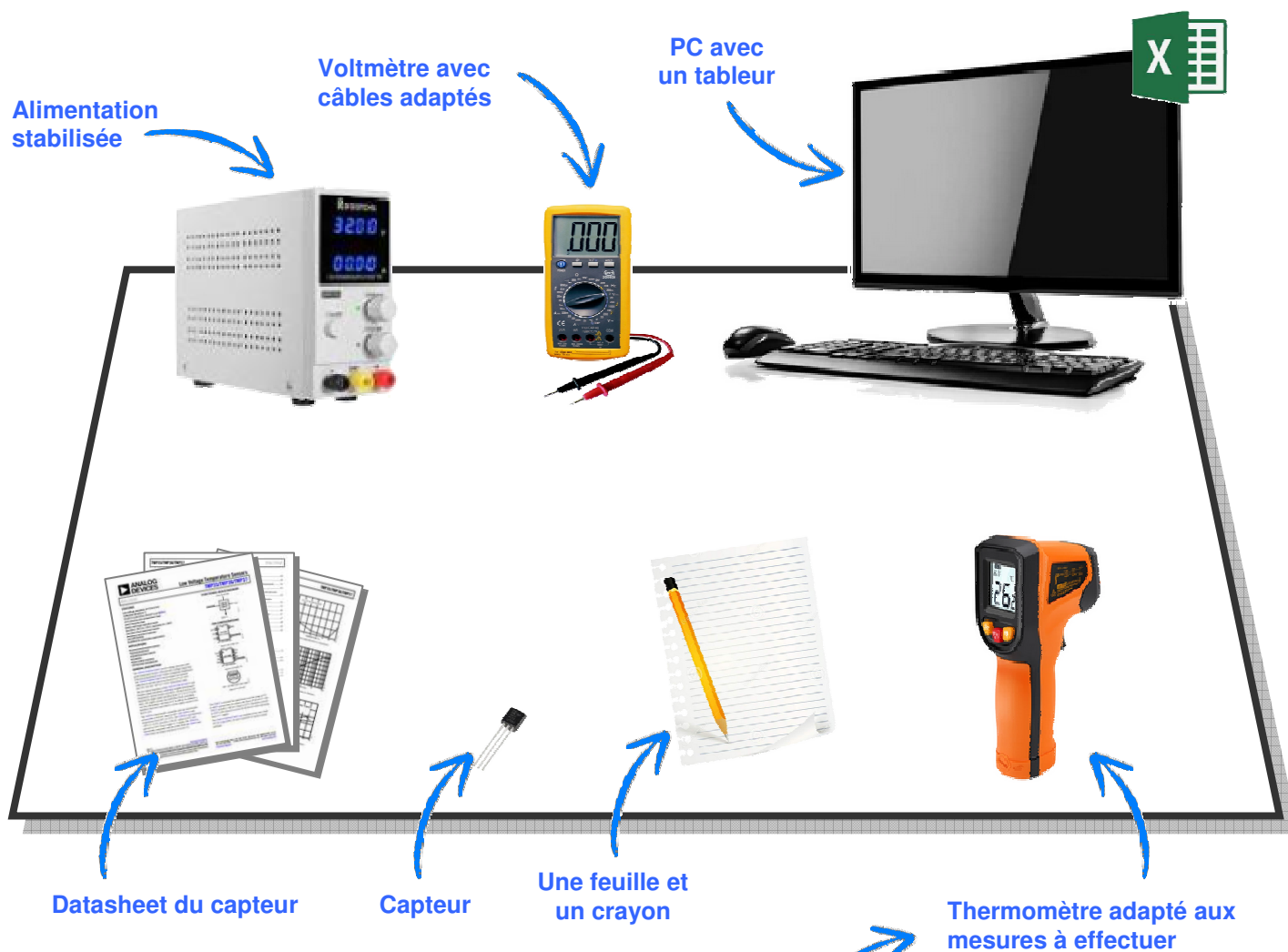


Capteurs analogiques

Exemple d'étalonnage

Capteur de température TMP36

ÉTAPE 1 : réunir le matériel nécessaire

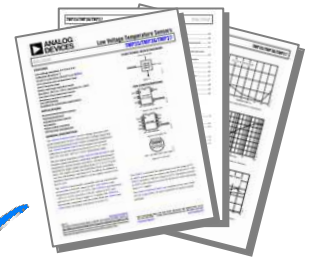


ÉTAPE 2 : préparer le tableau de relevé

On fait le choix d'utiliser le classeur Excel déjà préformaté. Il est disponible en ligne.

On le télécharge et on l'enregistre à un endroit adéquat.

La datasheet du capteur est dès à présent nécessaire pour nombre d'informations.



10 mV/°C scale factor

Selon le constructeur, le capteur est linéaire et on aurait $V_{out} = 10 \times \theta$ ou encore $\theta = 0,1 \times V_{out}$.

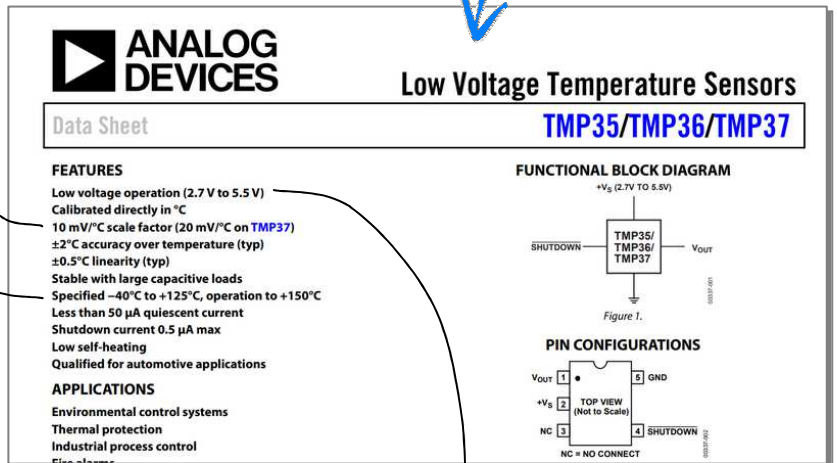
On pourrait s'arrêter à cela mais, par soucis de précision, on mène quand même la procédure d'étalonnage...

Specified -40°C to +125°C,

La plage de température utilisée pour l'étalonnage doit être à l'intérieur de celle spécifiée.

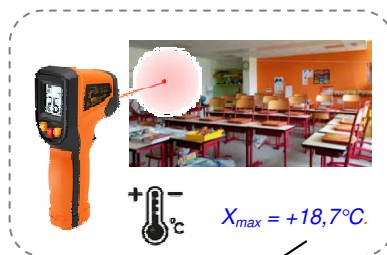
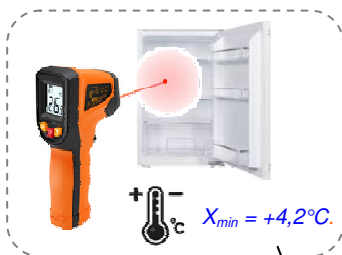
La température la plus basse dont on dispose est celle d'un frigo. La mesure donne +4,2°C.

La température la plus chaude est celle, ambiante, de la pièce où se trouve. La mesure donne +18,7°C.



Low voltage operation (2.7 V to 5.5 V)

Le capteur est actif. Il doit donc être alimenté.
On choisit $U_{alim} = 5 \text{ V}$



Nature physique de la grandeur X acquise : **Température** (pression, température, distance, force, vitesse, etc.)

Unité de mesure de X : **°C**

Nombre de points de mesure prévu : N = **8** 20 max

Limite inférieure de la grandeur : $X_{min} =$ **4,2** °C

Limite supérieure de la grandeur : $X_{max} =$ **18,7** °C

Étendue de mesure : $E = X_{max} - X_{min} =$ **14,5** °C

Pas de variation : $P = E / N =$ **1,81** °C

P pratique = **2,000** °C

Nbr de décimale(s) du pas pratique ; à régler correctement.

Tension d'alimentation du capteur (si actif) :

$U_{alim} =$ **5**

Unité : **V** (V, mV, etc.)

10 mV/°C scale factor

Unité de mesure de la tension V_{out} : **mV** voir le multimètre

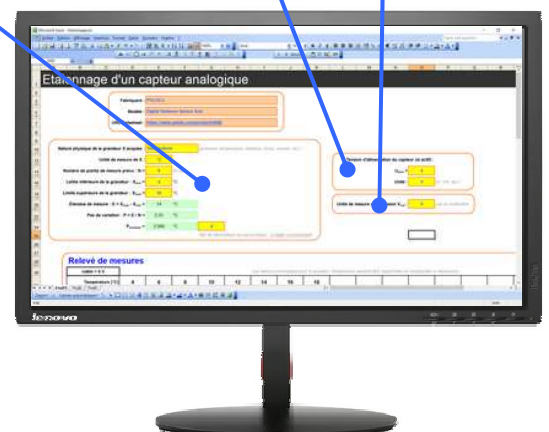
On se fixe a priori 8 points de mesure répartis sur l'étendue $E = 14,5^\circ\text{C}$, soit un pas de $\sim 2^\circ\text{C}$.

Si les conditions de mesure permettent de tenir ce pas, c'est bien.

Si ce n'est pas le cas (trop de fluctuations, variation trop rapide, etc.), on abaissera le nombre de points de mesure.

A voir plus tard...

Voir page suivante...



Le classeur Excel préformaté construit automatiquement le tableau qu'il faudra ensuite compléter avec les mesures.

Pour que tout soit au mieux, il est nécessaire de bien régler le nombre de décimales du pas pratique.

Le nombre de décimales à prendre en compte dépend de l'étendue de mesure (elle est large ou réduite) et aussi de ce qu'on pense être capable de mesurer en terme de précision lors des relevés à venir.

0 décimale

Le pas de 1,81°C est arrondi à 2°C ; les valeurs du tableau semblent raisonnablement atteignables pendant les mesures.

Étendue de mesure : $E = X_{\max} - X_{\min} = 14,5$ °C

Pas de variation : $P = E / N = 1,81$ °C

P_{pratique} = 2,000 °C

Nbr de décimale(s) du pas pratique ; à régler correctement.

0 décimale

Relevé de mesures

U_{alim} = 5 V

Température (°C)

Vout (mV)

Les valeurs préremplies pour la grandeur Température peuvent être modifiées.

4,2	6	8	10	12	14	16	18	20

Valeurs raisonnables



1 décimale

Le pas de 1,81°C est arrondi à 1,8°C ; les valeurs du tableau sont peut être atteignables pendant les mesures mais ce n'est pas garanti (il faudra voir à l'usage si on retient ce choix).

Étendue de mesure : $E = X_{\max} - X_{\min} = 14,5$ °C

Pas de variation : $P = E / N = 1,81$ °C

P_{pratique} = 1,800 °C

Nbr de décimale(s) du pas pratique ; à régler correctement.

1 décimale

Relevé de mesures

U_{alim} = 5 V

Température (°C)

Vout (mV)

Les valeurs préremplies pour la grandeur Température peuvent être modifiées.

4,2	6	7,8	9,6	11,4	13,2	15	16,8	18,6	20,4

Valeurs difficilement atteignables



2 décimales

Le pas de 1,81°C est arrondi à 1,81°C ; les valeurs du tableau ne seront pas atteignables pendant les mesures.

Étendue de mesure : $E = X_{\max} - X_{\min} = 14,5$ °C

Pas de variation : $P = E / N = 1,81$ °C

P_{pratique} = 1,810 °C

Nbr de décimale(s) du pas pratique ; à régler correctement.

2 décimales

Relevé de mesures

U_{alim} = 5 V

Température (°C)

Vout (mV)

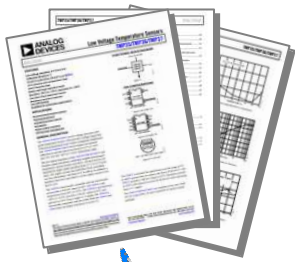
Les valeurs préremplies pour la grandeur Température peuvent être modifiées.

4,2	6,01	7,82	9,63	11,44	13,25	15,06	16,87	18,68	20,49

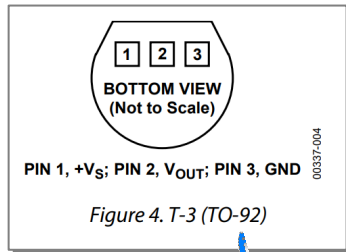
Valeurs trop précises pour être atteignables



ÉTAPE 3 : installer le matériel



La datasheet précise la fonction de chacune des trois broches du capteur.



Sortir le capteur du point froid **au dernier moment**, le câbler et commencer immédiatement les mesures (étape 4).

Alimentation stabilisée réglée sur $U_{\text{alim}} = 5 \text{ V}$



Capteur



Voltmètre sur calibre **mV**

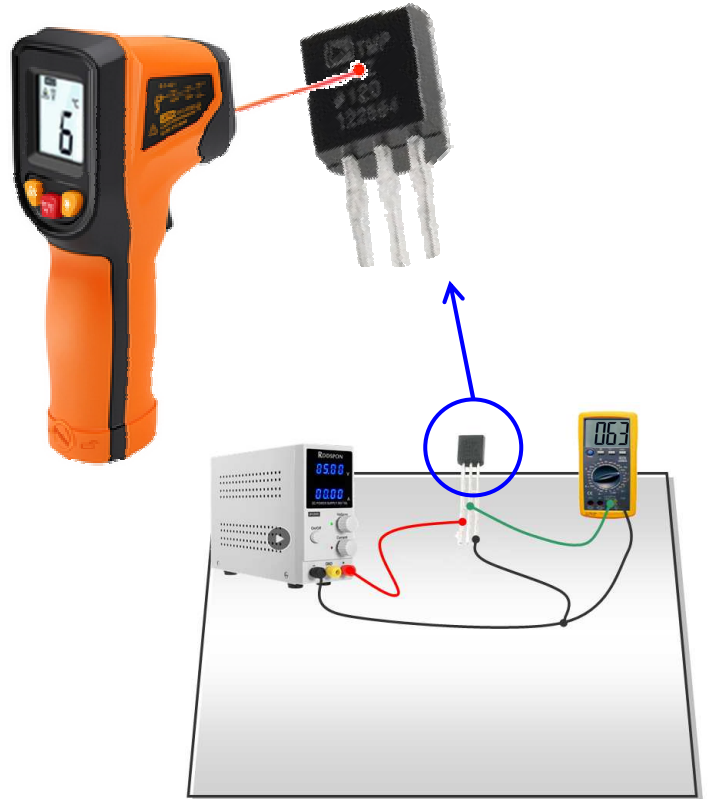


Thermomètre réglé sur $^{\circ}\text{C}$



ÉTAPE 4 : relever les points de mesure

Attention : dès que le capteur est sorti du point froid (le frigo si c'est le choix qui a été fait), sa température commence immédiatement à changer. Il faut donc le câbler sans trainer (finaliser l'étape 3) et commencer sans délai les mesures (étape 4).



Relevé de mesures

Ualim = 5 V			
Température (°C)	4,2	6	8
Vout (mV)	41,00	63,00	



Relevé de mesures

Ualim = 5 V									
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20
Vout (mV)	41,00								

Relevé de mesures

Ualim = 5 V									
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20
Vout (mV)	41,00	63,00							

Relevé de mesures

Ualim = 5 V									
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20
Vout (mV)	41,00	63,00	79,00						

Relevé de mesures

Ualim = 5 V									
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20
Vout (mV)	41,00	63,00	79,00	104,00					

Relevé de mesures

Ualim = 5 V									
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20
Vout (mV)	41,00	63,00	79,00	104,00	121,00				

Relevé de mesures

Ualim = 5 V									
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20
Vout (mV)	41,00	63,00	79,00	104,00	121,00	143,00			

Relevé de mesures

Ualim = 5 V									
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20
Vout (mV)	41,00	63,00	79,00	104,00	121,00	143,00	163,00		

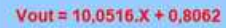
Relevé de mesures

Ualim = 5 V									
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20
Vout (mV)	41,00	63,00	79,00	104,00	121,00	143,00	163,00	179,00	

ÉTAPE 5 : traiter les données dans un tableur

Le tableau est complété avec les mesures et les courbes $V_{out}(\theta)$ et $\theta(V_{out})$ sont tracées.

U_{dim} = 5 V	<i>Les valeurs attendues pour la grandeur Température peuvent être supérieures et complétées si nécessaire</i>															
Température [°C]	4,2	6	8	10	12	14	16	18	20							
Vout [mV]	41,00	63,00	79,00	104,00	121,00	143,00	163,00	179,00								



📌 Mise en bonne forme des graphiques

On a 8 points de mesure mais, le tableau en autorisant 20, on a des cellules vides et les courbes n'exploitent pas toute la largeur disponible de la zone graphique.

Remédier à cela est simple : il suffit de supprimer la fin du tableau.

U _{alum} = 5 V	Les valeurs principales pour la grandeur Température peuvent être approximées et interpolées							
Température (°C)	4,2	6	8	10	12	14	16	18
Vout (mV)	41,00	63,00	79,00	104,00	121,00	140,00	163,00	179,00

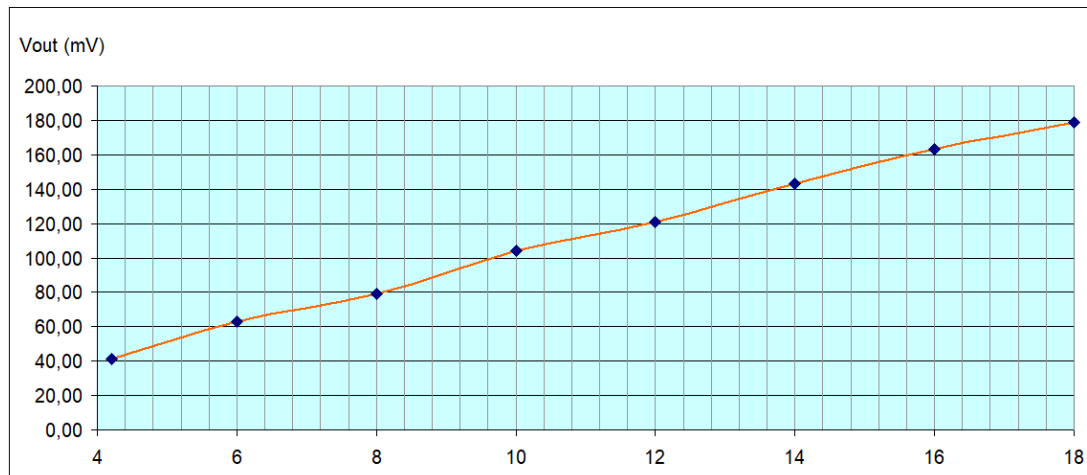


On peut aussi revoir les valeurs de démarrage des axes des abscisses et des ordonnées pour que la courbe exploite encore mieux la zone graphique.

Dans le cas présent, l'axe des abscisses va par défaut de 0 à 20 mais le limiter de 4 à 18 est intéressant.

Courbe Vout(Température)

Attention à la courbe : vérifier que les plages de valeurs utilisées pour sa construction se limitent bien à celles dans le tableau ci-dessus.



Modèle linéaire

$$a = 10,0516$$

$$b = 0,8062$$

$$r^2 = 0,9981$$

$$V_{out} = 10,0516 \cdot X + 0,8062$$

Ce qui est fait avec le graphique $V_{out}(\theta)$ peut être à faire aussi pour le second, $\theta(V_{out})$.

🔍 Courbe d'étalonnage (enfin !)

Observer de visu l'allure de la première courbe, $V_{out}(\theta)$.

Une tendance linéaire semble adéquat (un $R^2 > 0,85$ en est un bon indicateur) ; le modèle linéaire est retenu.

Pour $V_{out}(\theta)$, on a :


$$V_{out}(\theta) = 10,0516 \cdot \theta + 0,8062$$

mV →
→ $^{\circ}C$

Si la tendance linéaire est bonne pour $V_{out}(\theta)$, alors elle l'est fatalement aussi pour $\theta(V_{out})$ et on a :

$$\theta(V_{out}) = 0,0993 \cdot V_{out} - 0,0593$$

← $^{\circ}C$
 mV ←

 On notera que les résultats trouvés sont proches mais quand même différents de ce que le constructeur annonce dans la fiche technique ($V_{out} = 10 \times \theta$ ou encore $\theta = 0,1 \times V_{out}$).