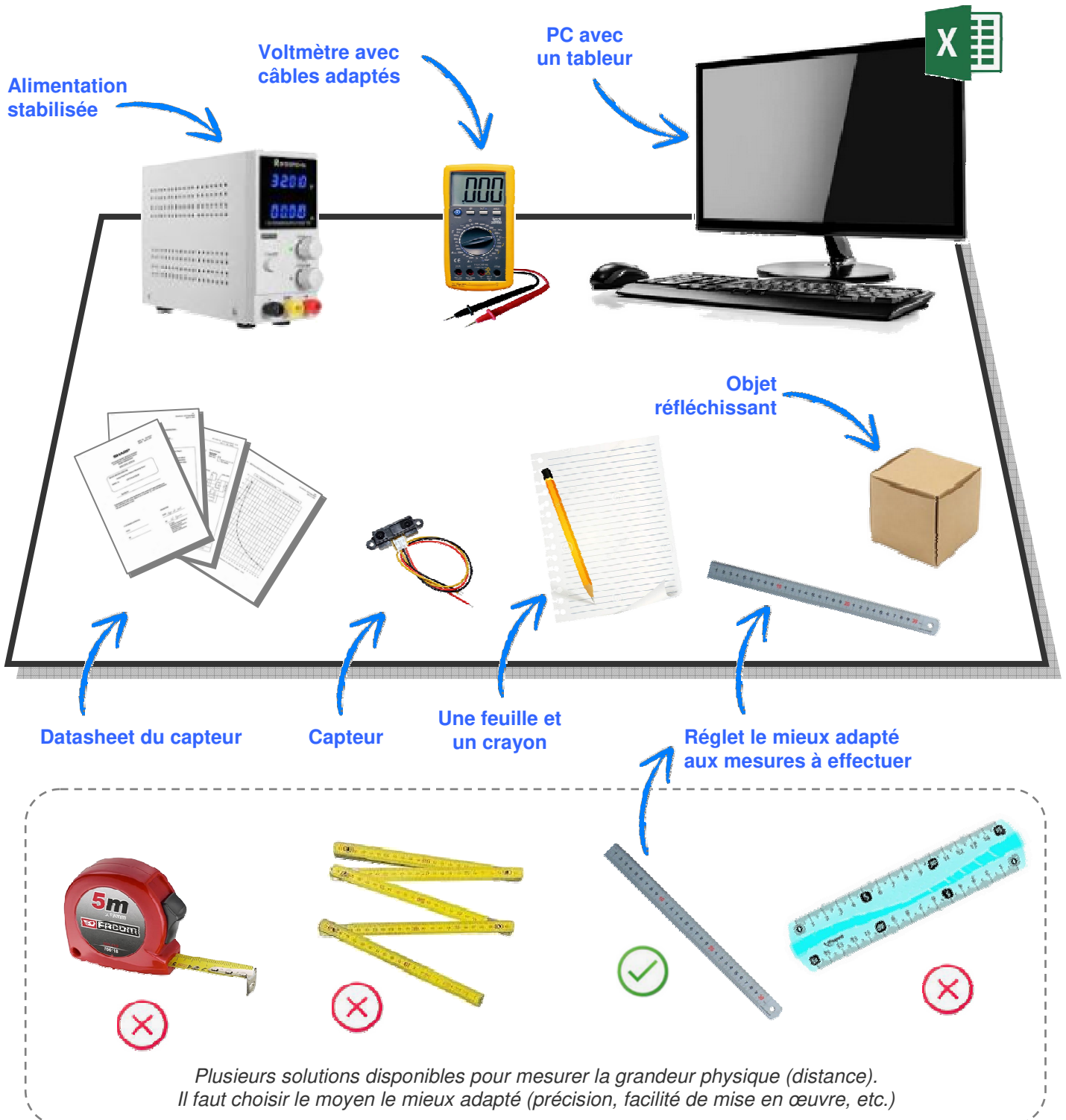


Capteurs analogiques

Exemple d'étalonnage

Capteur de Distance Sharp GP2Y0A21YK0F

ÉTAPE 1 : réunir le matériel nécessaire

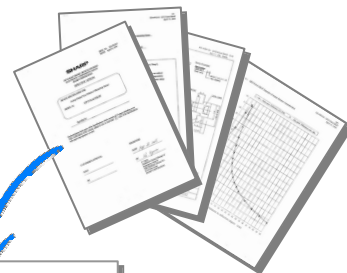


ÉTAPE 2 : préparer le tableau de relevé

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.

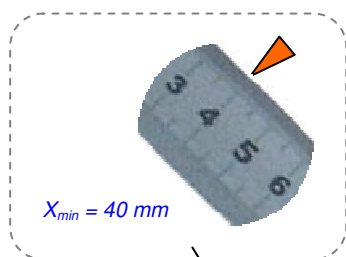


La plage de distance utilisée pour l'étalonnage doit être à l'intérieur de celle spécifiée (4 à 30 cm ici).

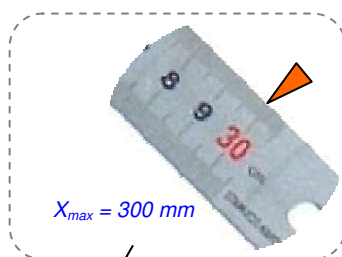
Comme indiqué page précédente, on aura choisi un régllet allant de 0 à 30 cm (précision de lecture < 1 mm)

Parameter	Symbol	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Measuring distance range	ΔL	4	-	30	cm
Output terminal voltage	V_0	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage difference	ΔV_0	1.95	2.25	2.55	V
Average supply current	I_{cc}	-	12	22	mA

On l'utilisera sur la plage $40 \text{ mm} < X < 300 \text{ mm}$.



$X_{\min} = 40 \text{ mm}$



$X_{\max} = 300 \text{ mm}$

Operating supply voltage

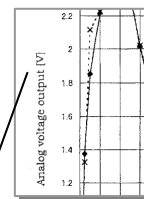
Symbol	Rating	Unit
V_{cc}	4.5 to 5.5	V

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

Tension d'alimentation du capteur (si actif) :

$U_{\text{alim}} = 5$

Unité : V (V, mV, etc.)



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

Unité de mesure de X : mm

Nombre de points de mesure prévu : N = 12

Limite inférieure de la grandeur : $X_{\min} = 40 \text{ mm}$

Limite supérieure de la grandeur : $X_{\max} = 300 \text{ mm}$

Étendue de mesure : $E = X_{\max} - X_{\min} = 260 \text{ mm}$

Pas de variation : $P = E / N = 21.67 \text{ mm}$

$P_{\text{pratique}} = 22.000 \text{ mm}$ 0

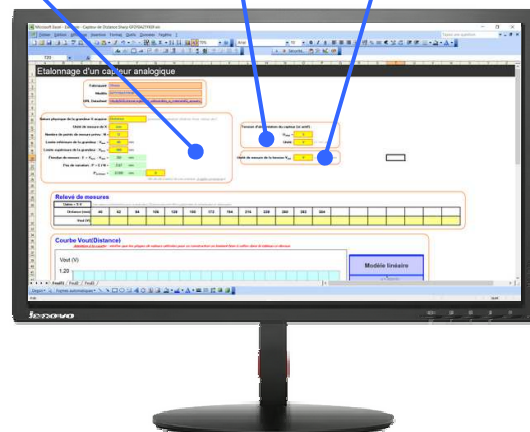
Nbr de décimale(s) du pas pratique : à régler correctement

On se fixe a priori 12 points de mesure répartis sur l'étendue $E = 260 \text{ mm}$, soit un pas de 22 mm.

Les conditions de mesure devraient permettre de tenir ce pas assez facilement.

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

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 21,67 mm est arrondi à 22 mm ; les valeurs du tableau semblent raisonnablement atteignables pendant les mesures.

Étendue de mesure : $E = X_{\max} - X_{\min} =$	260	mm
Pas de variation : $P = E / N =$	21,67	mm
P _{pratique} =	22,000	mm

0 décimale

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

Relevé de mesures

U _{alim} = 5 V	Les valeurs préremplies pour le grandeur Distance peuvent être supprimées et remplacées si nécessaire.												
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282	304
Vout (V)													

Valeurs raisonnables



1 décimale

Le pas de 21,67 mm est arrondi à 21,7 ; 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 : $E = X_{\max} - X_{\min} =$	260	mm
Pas de variation : $P = E / N =$	21,67	mm
P _{pratique} =	21,700	mm

1 décimale

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

Relevé de mesures

U _{alim} = 5 V	Les valeurs préremplies pour le grandeur Distance peuvent être supprimées et remplacées si nécessaire.												
Distance (mm)	40	61,7	83,4	105,1	126,8	148,5	170,2	191,9	213,6	235,3	257	278,7	300,4
Vout (V)													

Valeurs difficilement atteignables



2 décimales

Le pas de 21,67 mm est arrondi à 21,67 mm ; les valeurs du tableau ne seront pas atteignables pendant les mesures.

Étendue de mesure : $E = X_{\max} - X_{\min} =$	260	mm
Pas de variation : $P = E / N =$	21,67	mm
P _{pratique} =	21,670	mm

2 décimales

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

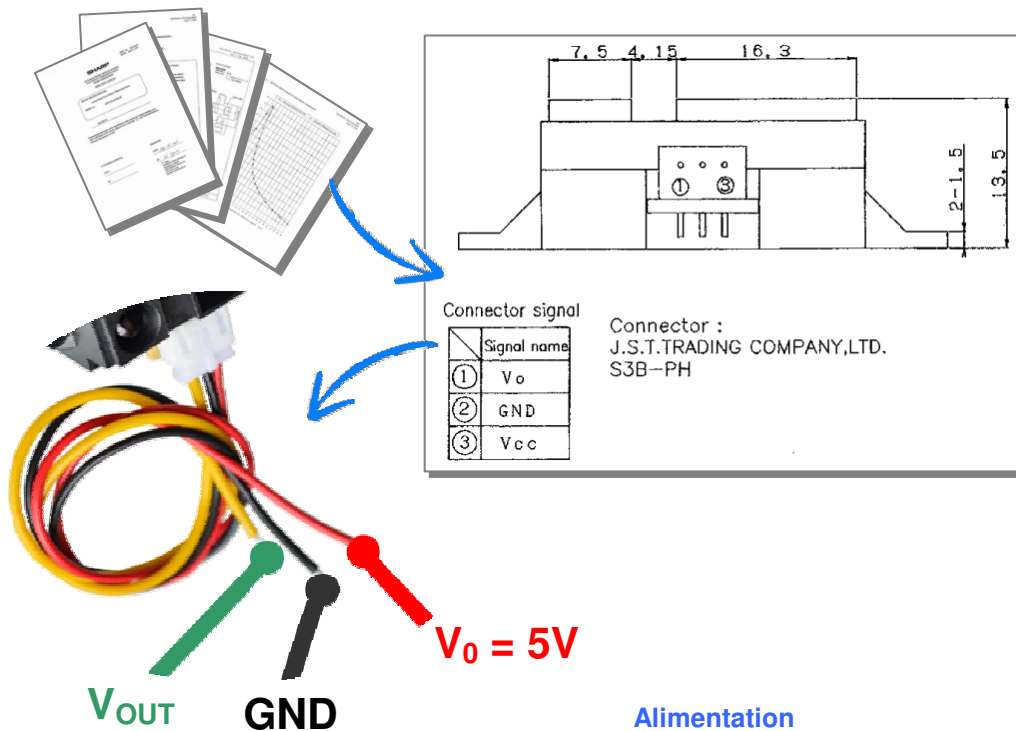
Relevé de mesures

U _{alim} = 5 V	Les valeurs préremplies pour le grandeur Distance peuvent être supprimées et remplacées si nécessaire.												
Distance (mm)	40	61,67	83,34	105,01	126,68	148,35	170,02	191,69	213,36	235,03	256,7	278,37	300,04
Vout (V)													

Valeurs trop précises pour être atteignables avec un réglét



ÉTAPE 3 : installer le matériel



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

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

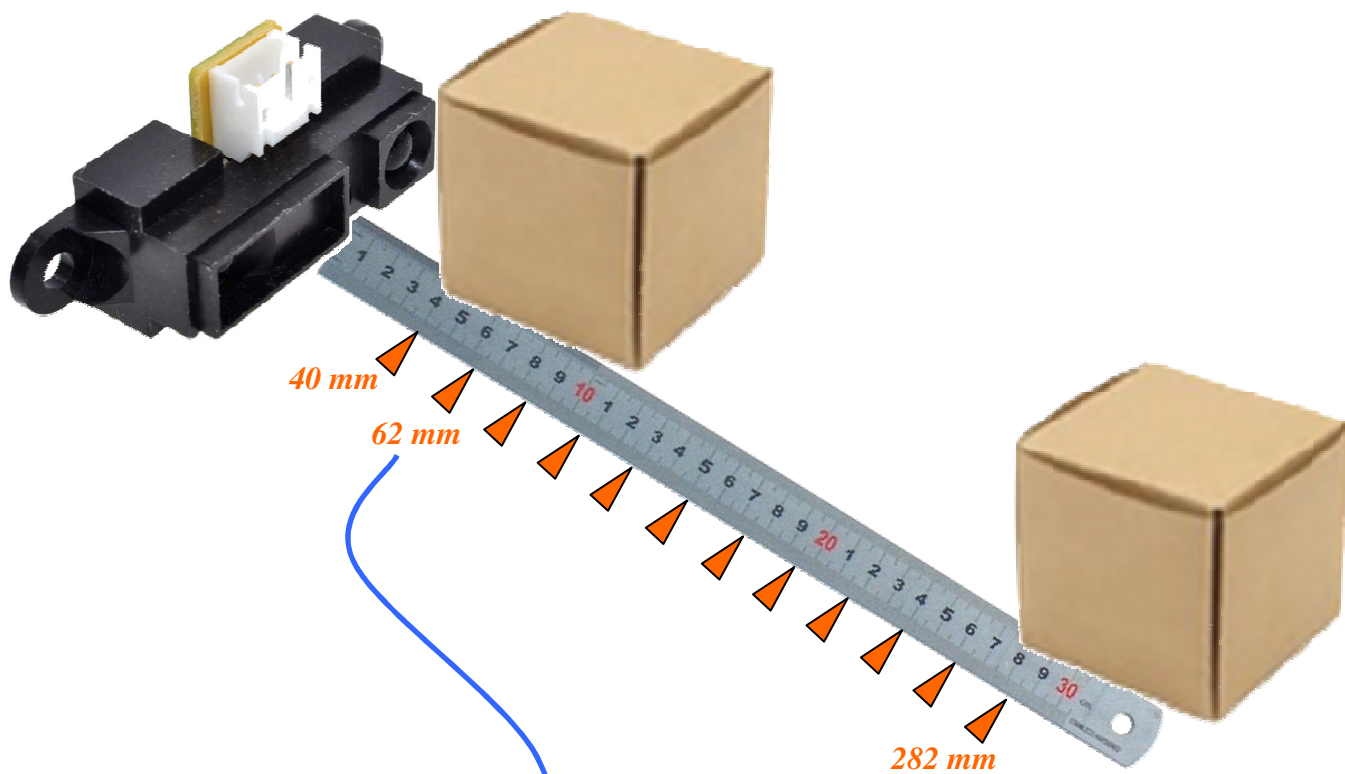
Capteur à fixer avec le réglet (face avant du capteur sur le 0 du réglet)

Réglet

Voltmètre sur calibre V

Objet réfléchissant mobile par rapport au réglet

ÉTAPE 4 : relever les points de mesure



Relevé de mesures

Ualim = 5 V			
Distance (mm)	40	62	84
Vout (V)	2,75	1,95	



Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95										
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95										
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51									
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10								
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97							
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,86						
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,86	0,77					
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,86	0,77	0,69				
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,86	0,77	0,69	0,72			
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,86	0,77	0,69	0,72	0,58		
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,86	0,77	0,69	0,72	0,58	0,57	
Relevé de mesures												
U _{alim} = 5 V		Les valeurs préenregistrées pour la grandeur U _{out} sont les suivantes (à compléter) :										
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282
V _{out} (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,86	0,77	0,69	0,72	0,58	0,57	0,45

ÉTAPE 5 : traiter les données dans un tableur

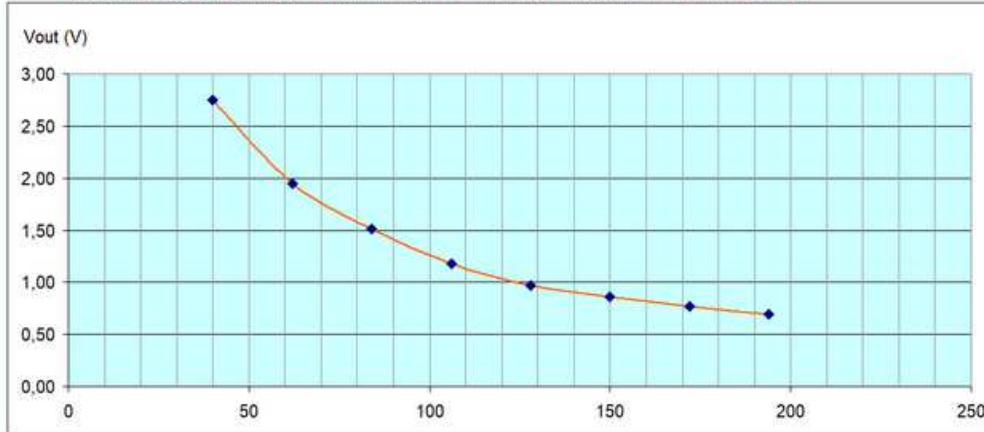
Le tableau est complété avec les mesures et les courbes $V_{out}(x)$ et $x(V_{out})$ sont tracées.

Relevé de mesures

U _{alim} = 5 V	Les valeurs préremplies pour la grandeur Distance peuvent être supprimées et remplacées si nécessaire																	
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282	304					
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,18	0,97	0,86	0,77	0,69	0,72	0,58	0,57	0,46						

Courbe Vout(Distance)

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



Modèle linéaire

$$a = -0,0075$$

$$b = 2,2958$$

$$r^2 = 0,7728$$

$$V_{out} = -0,0075.X + 2,2958$$

Mise en bonne forme des graphiques

On a 12 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, ce qui nuit à leur lecture.

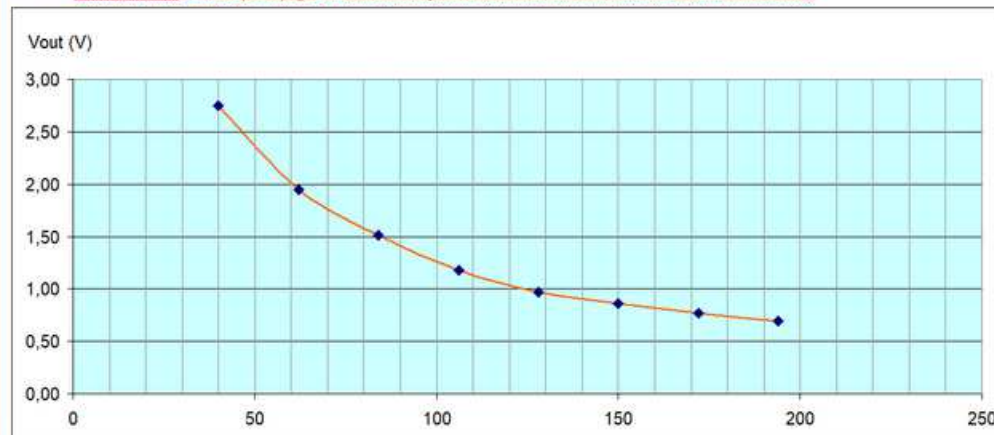
Remédier à cela est simple : il suffit de **supprimer la fin du tableau**.

Relevé de mesures

U _{alim} = 5 V	Les valeurs préremplies pour la grandeur Distance peuvent être supprimées et remplacées si nécessaire																	
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282						
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,18	0,97	0,86	0,77	0,69	0,72	0,58	0,57	0,46						

Courbe Vout(Distance)

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



Modèle linéaire

$$a = -0,0075$$

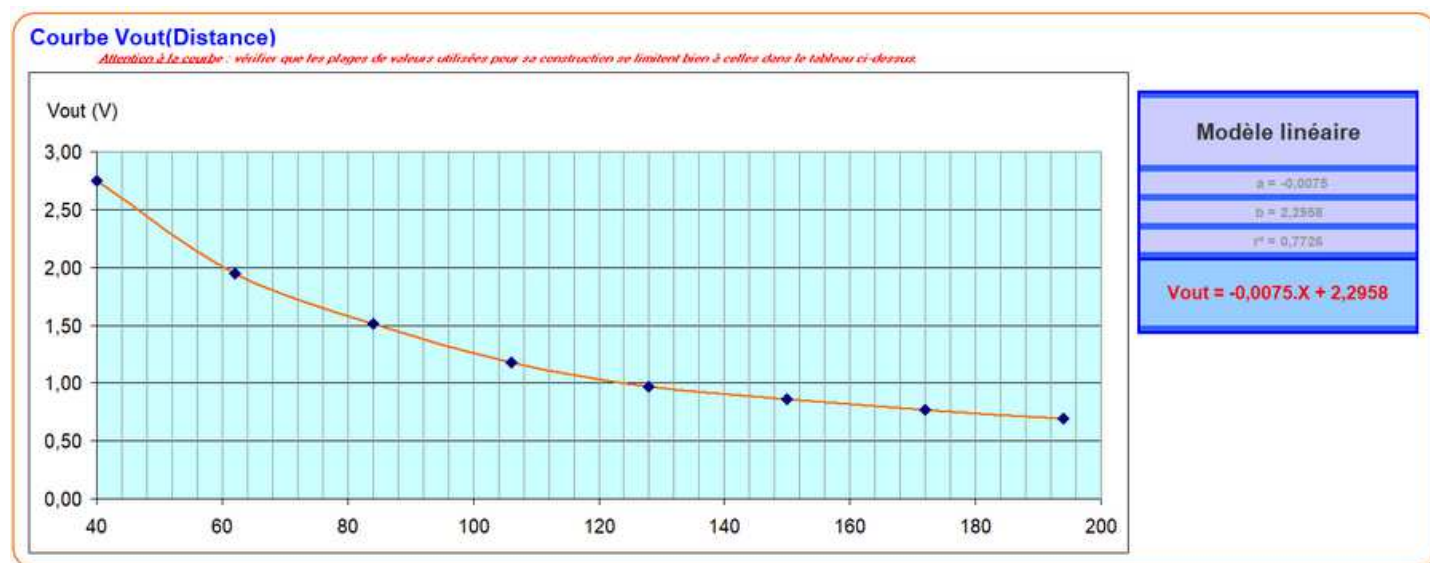
$$b = 2,2958$$

$$r^2 = 0,7728$$

$$V_{out} = -0,0075.X + 2,2958$$

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 250 mais le limiter de 40 à 200 est intéressant.



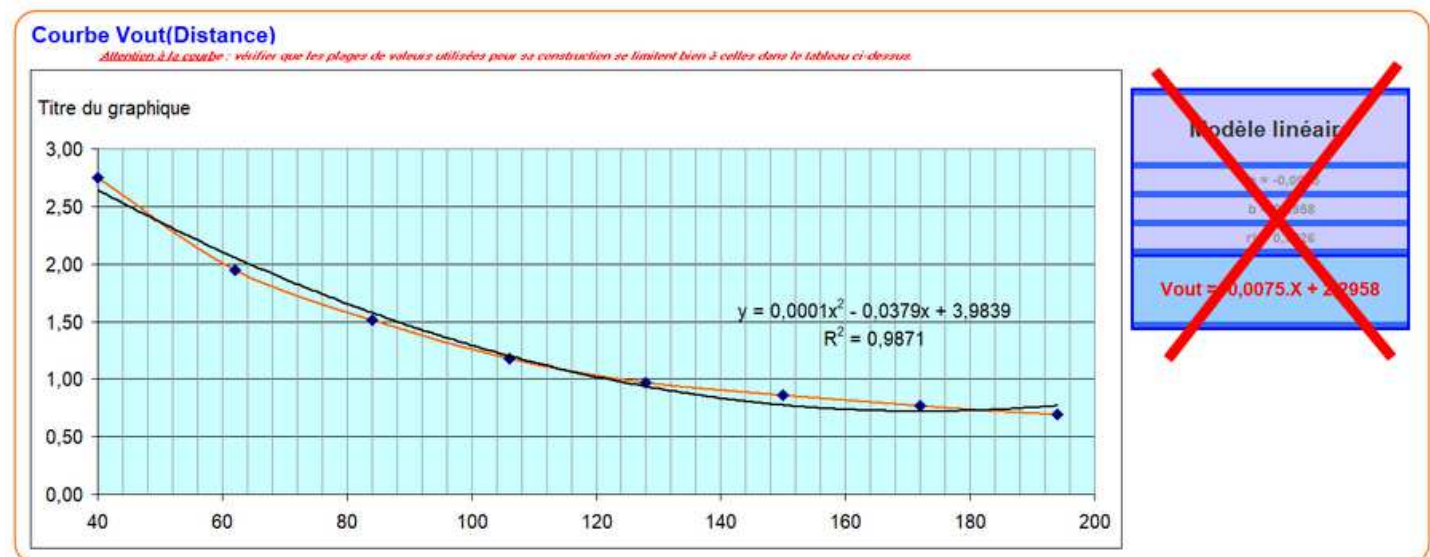
Ce qui est fait avec le graphique $V_{out}(x)$ peut être à faire aussi pour le second, $x(V_{out})$.

🔪 Courbe d'étalonnage (enfin !)

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

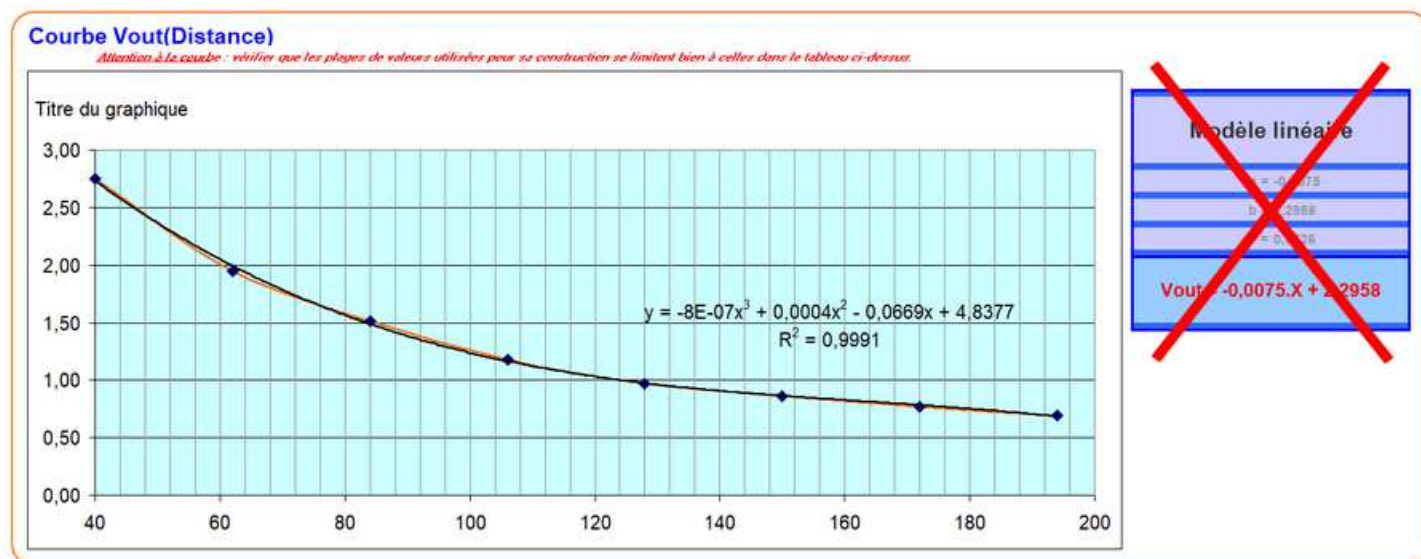
Une tendance linéaire ne se dégage pas ($R^2 < 0,85$) ; **le modèle linéaire ne peut pas être retenu.**

On cherche donc un autre modèle ; essai avec un polynôme de degré 2 :



On a $R^2 > 0,85$ mais la courbe de tendance (en noir) s'écarte notablement de la courbe lissée autour des abscisses $x = 70 \text{ mm}$ et $x = 150 \text{ mm}$.

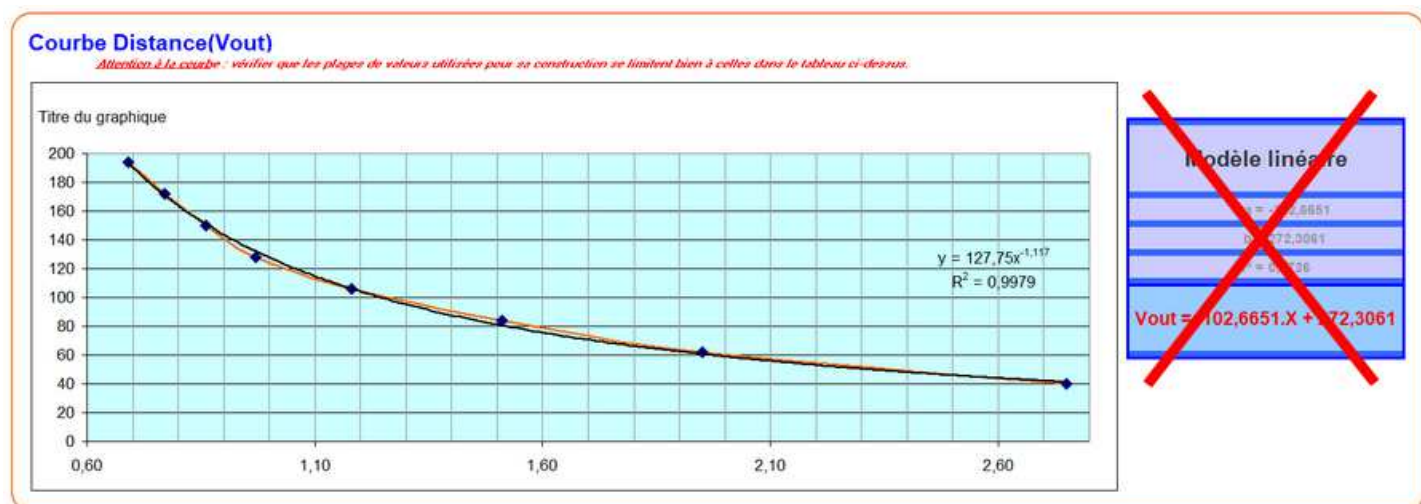
On cherche donc un autre modèle ; essai avec un polynôme de degré 3 :



On a $R^2 > 0,991$ (excellent) et la courbe de tendance (en noir) s'écarte très peu de la courbe lissée. On garde donc cette modélisation polynomiale de degré 3 :

$$V_{out}(x) = -8 \cdot 10^{-7} \cdot x^3 + 4 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 - 6,7 \cdot 10^{-3} \cdot x + 4,8377$$

Pour $x(V_{out})$, un polynôme de degré 1, 2, 3 ou 4 ne convient pas ; on lui préférera un modèle avec une fonction puissance :



$$x(V_{out}) = 127,75 \cdot V_{out}^{-1,117}$$