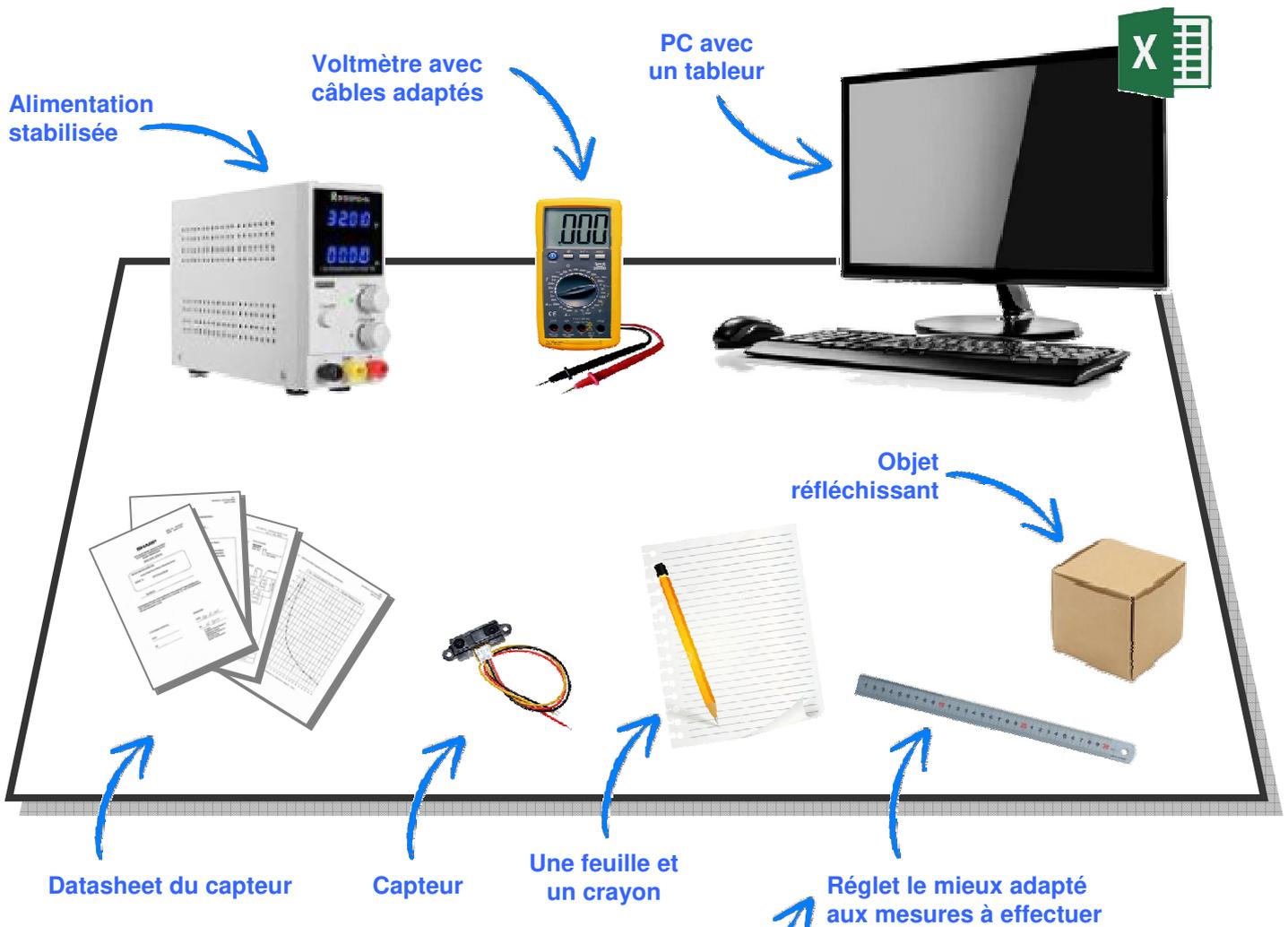


# Capteurs analogiques

## Exemple d'étalonnage

Capteur de Distance Sharp GP2Y0A21YK0F

### ÉTAPE 1 : réunir le matériel nécessaire



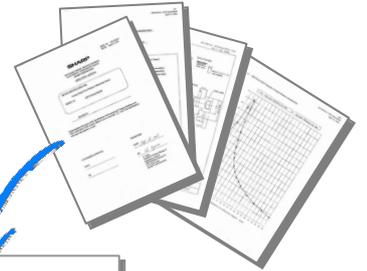
Plusieurs solutions disponibles pour mesurer la grandeur physique (distance).  
Il faut choisir le moyen le mieux adapté (précision, facilité de mise en œuvre, etc.)

# 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.



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

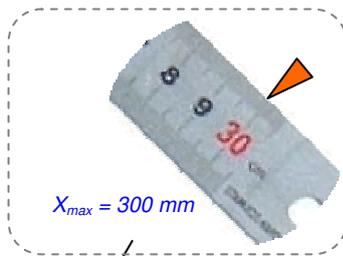
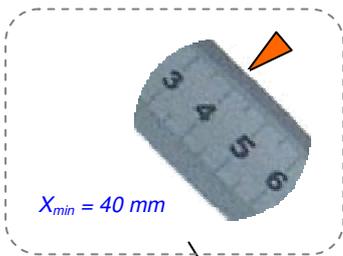
La plage de distance utilisée pour l'étalonnage doit être à l'intérieur de celle spécifiée (4 à 30 cm ici).

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

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

Symbol	Rating	Unit
$V_{cc}$	4.5 to 5.5	V

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



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

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

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

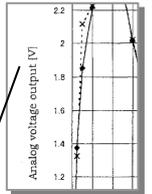
Pas de variation :  $P = E / N =$  **21,67** mm

$P_{\text{pratique}} =$  **22,000** mm (Nbr de décimale(s) du pas pratique ; à régler correctement)

Tension d'alimentation du capteur (si actif) :

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

Unité : **V** (V, mV, etc.)

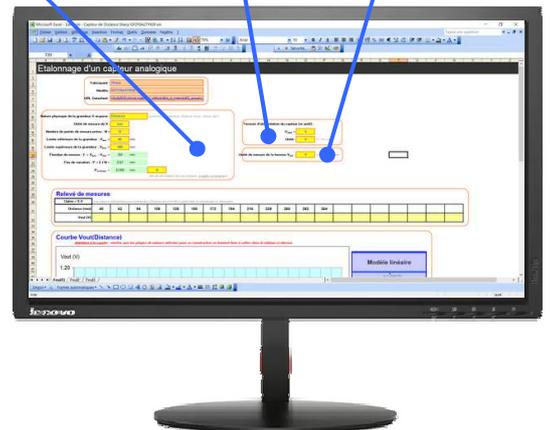


Unité de mesure de la tension  $V_{\text{out}}$  : **V** voir le multimètre

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.

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

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

0 décimale

#### Relevé de mesures

U <sub>alim</sub> = 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)													

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

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

1 décimale

#### Relevé de mesures

U <sub>alim</sub> = 5 V	Les valeurs préremplies pour la 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

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

2 décimales

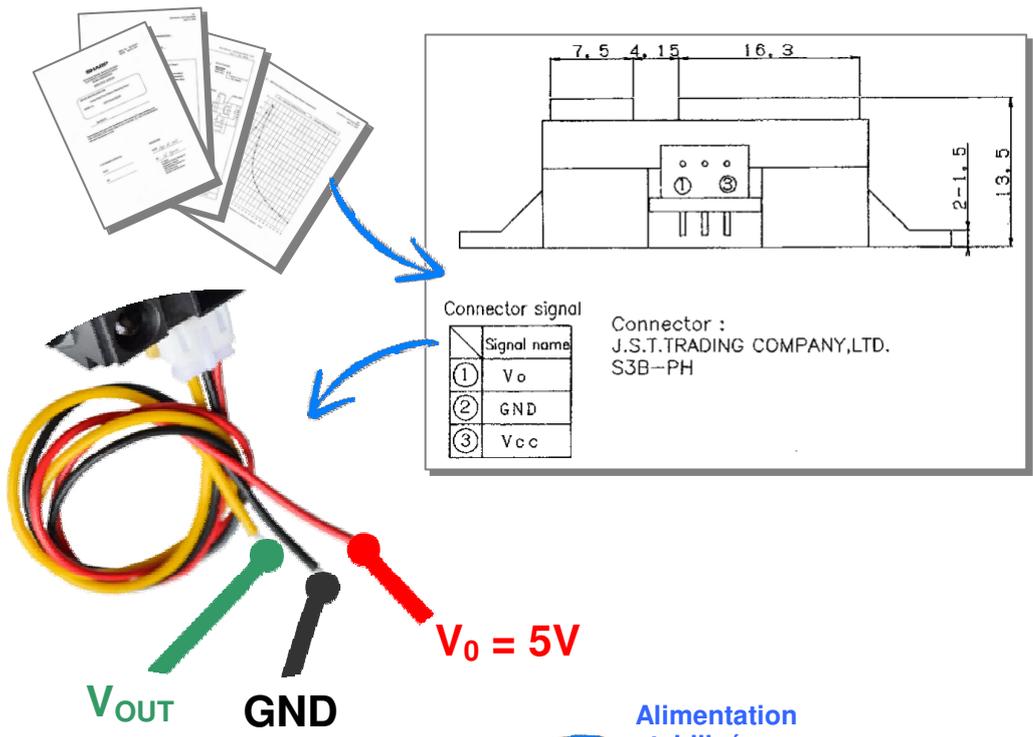
#### Relevé de mesures

U <sub>alim</sub> = 5 V	Les valeurs préremplies pour la 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)													

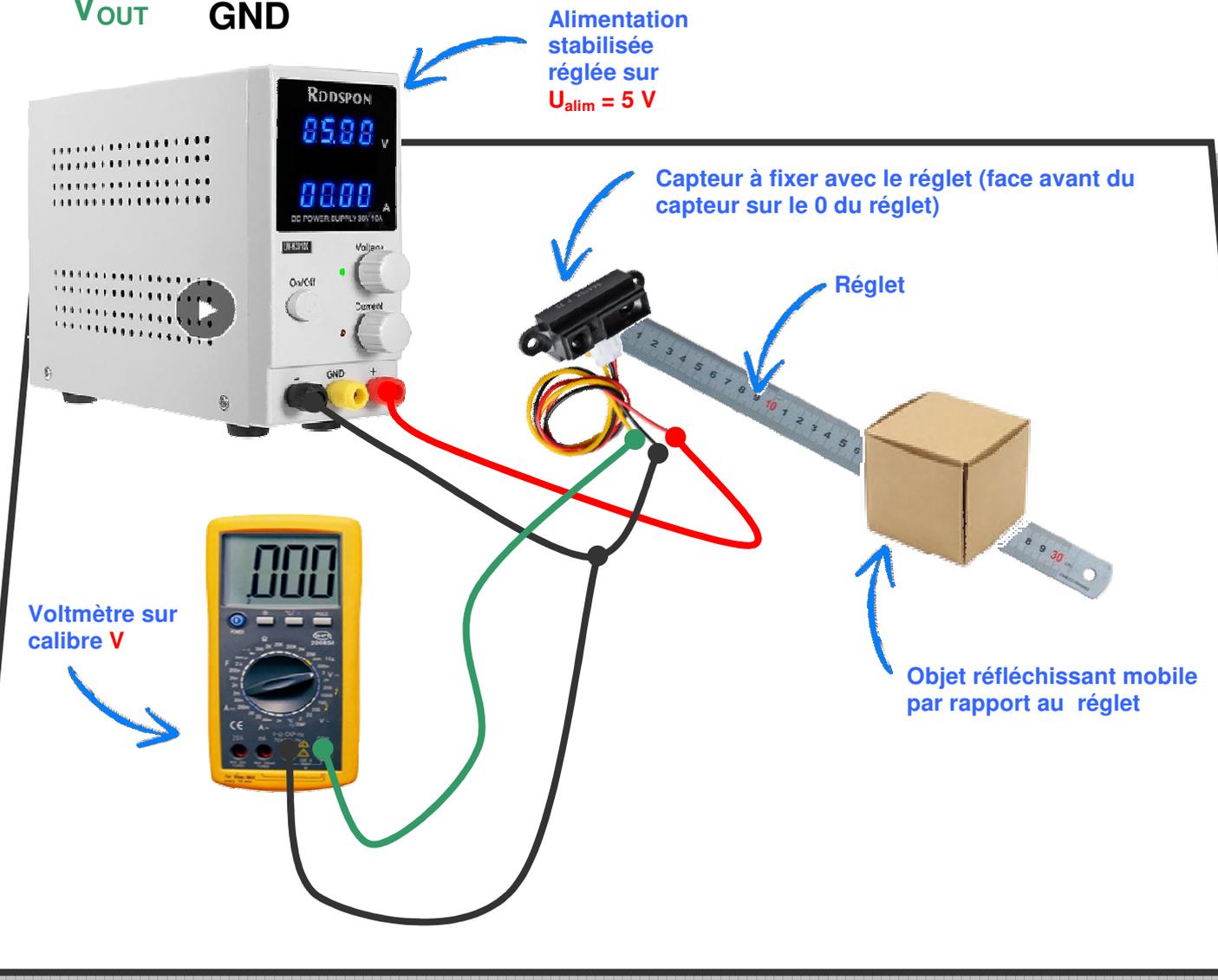
Valeurs trop précises pour être atteignables avec un réglét



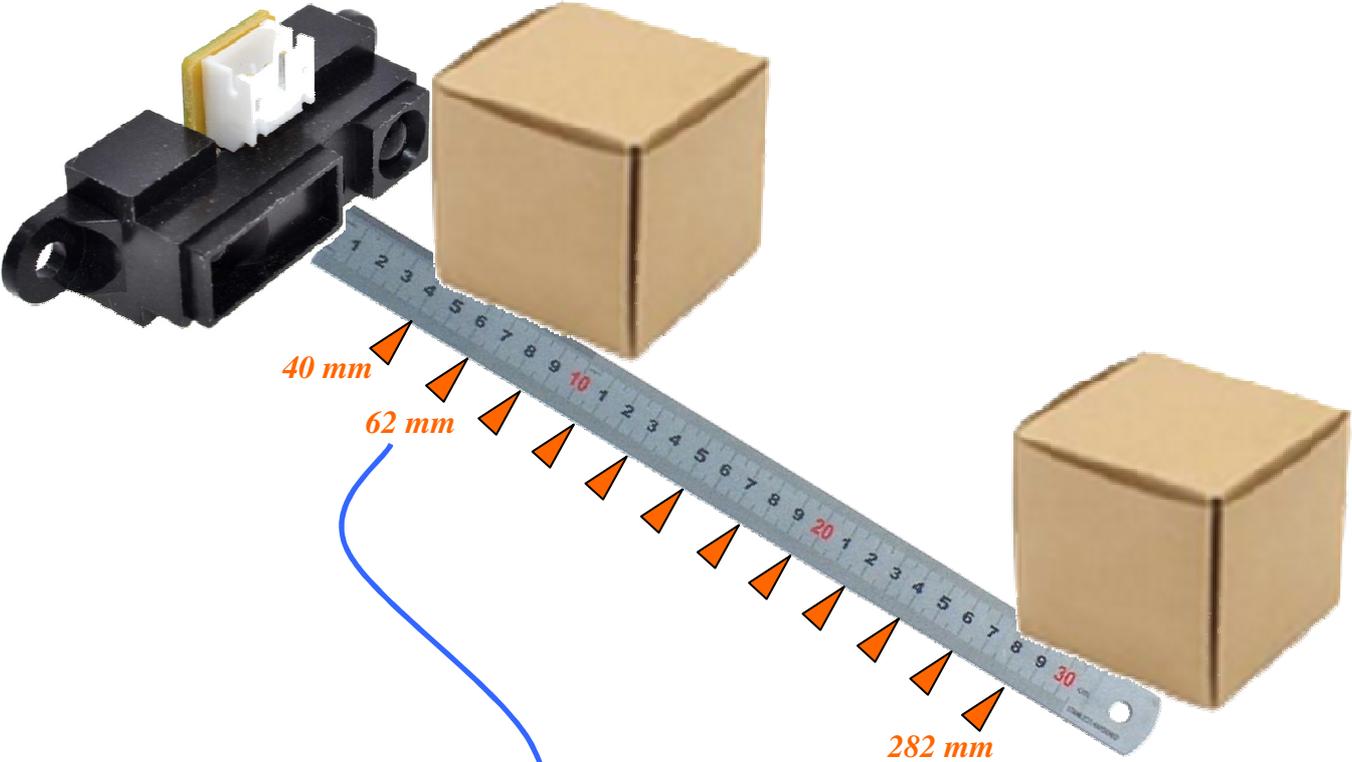
## ÉTAPE 3 : installer le matériel



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



# ÉTAPE 4 : relever les points de mesure



**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V Les valeurs préremplies pour la grandeur D

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



**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																					
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282									
Vout (V)	2,75	1,95																			

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																						
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282										
Vout (V)	2,75	1,95																				

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51																				

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10																			

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97																		

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,88																	

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,88	0,77																

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,88	0,77	0,69															

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,88	0,77	0,69	0,72														

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,88	0,77	0,69	0,72	0,58													

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,88	0,77	0,69	0,72	0,58	0,57												

**Relevé de mesures**

Ualim = 5 V																							
Distance (mm)	40	62	84	106	128	150	172	194	216	238	260	282											
Vout (V)	2,75	1,95	1,51	1,10	0,97	0,88	0,77	0,69	0,72	0,58	0,55	0,48											

## ÉTAPE 5 : traiter les données dans un tableur

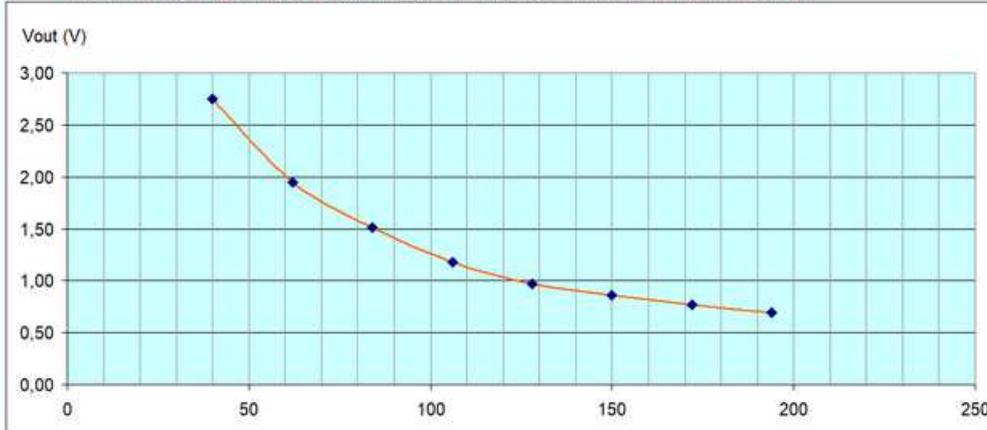
Le tableau est complété avec les mesures et les courbes  $V_{out}(x)$  et  $x(V_{out})$  sont tracées.

### Relevé de mesures

U <sub>alim</sub> = 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							
V <sub>out</sub> (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 V<sub>out</sub>(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

$$a = -0,0078$$

$$b = 2,2958$$

$$r^2 = 0,7728$$

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

### ➤ 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.

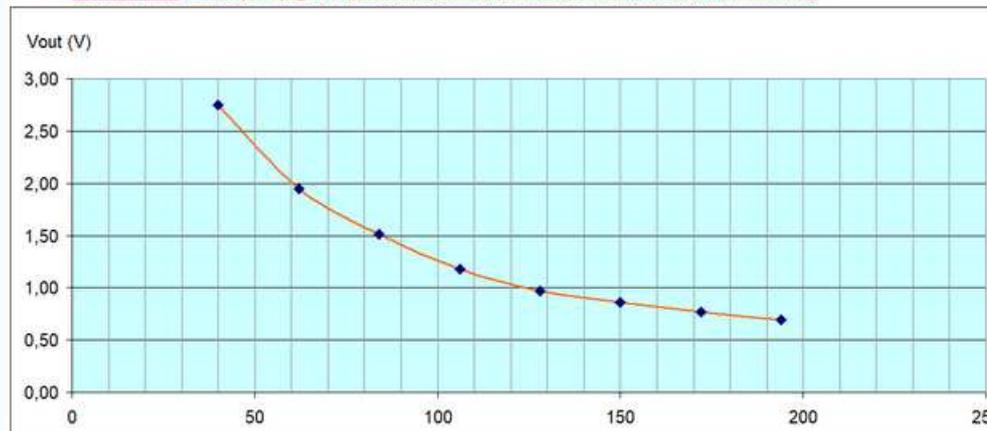
Remédier à cela est simple : il suffit de **supprimer la fin du tableau**.

### Relevé de mesures

U <sub>alim</sub> = 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
V <sub>out</sub> (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 V<sub>out</sub>(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

$$a = -0,0078$$

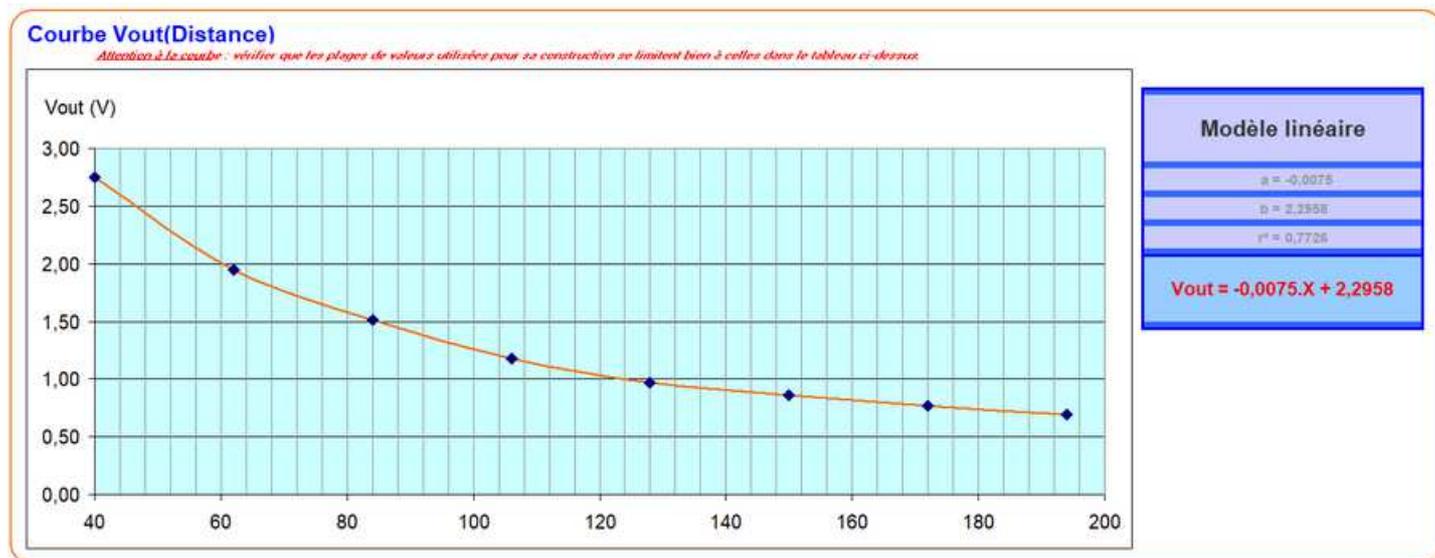
$$b = 2,2958$$

$$r^2 = 0,7728$$

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

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.



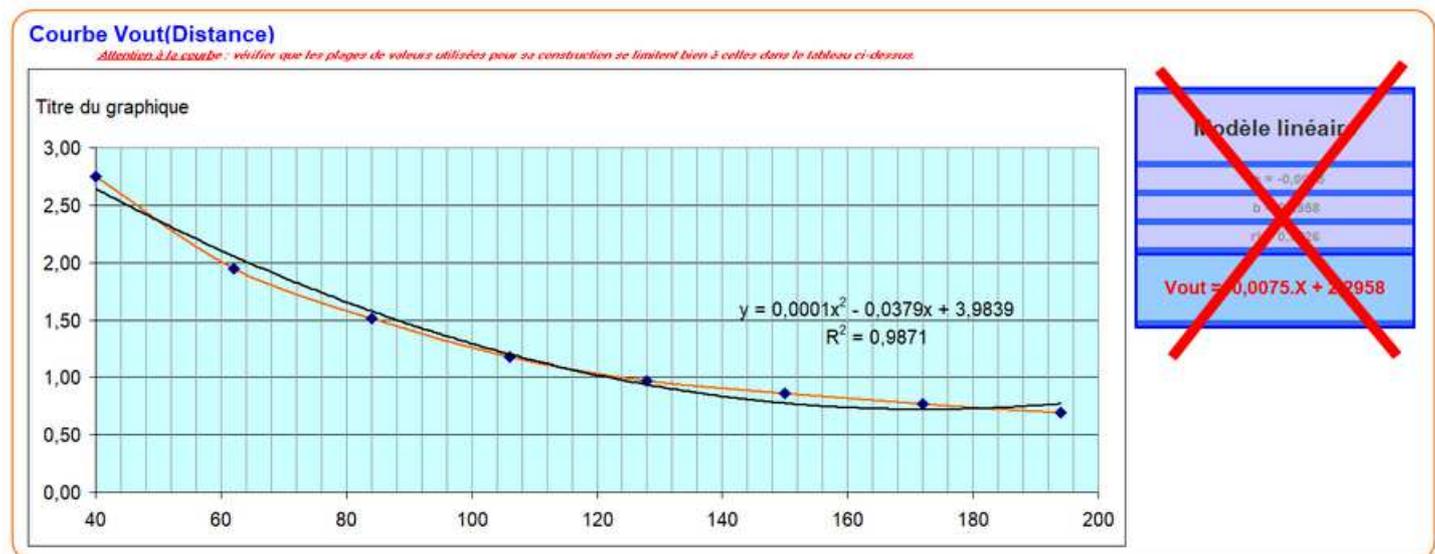
Ce qui est fait avec le graphique  $V_{out}(x)$  peut être à faire aussi pour le second,  $x(V_{out})$ .

### 👉 Courbe d'étalonnage (enfin !)

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

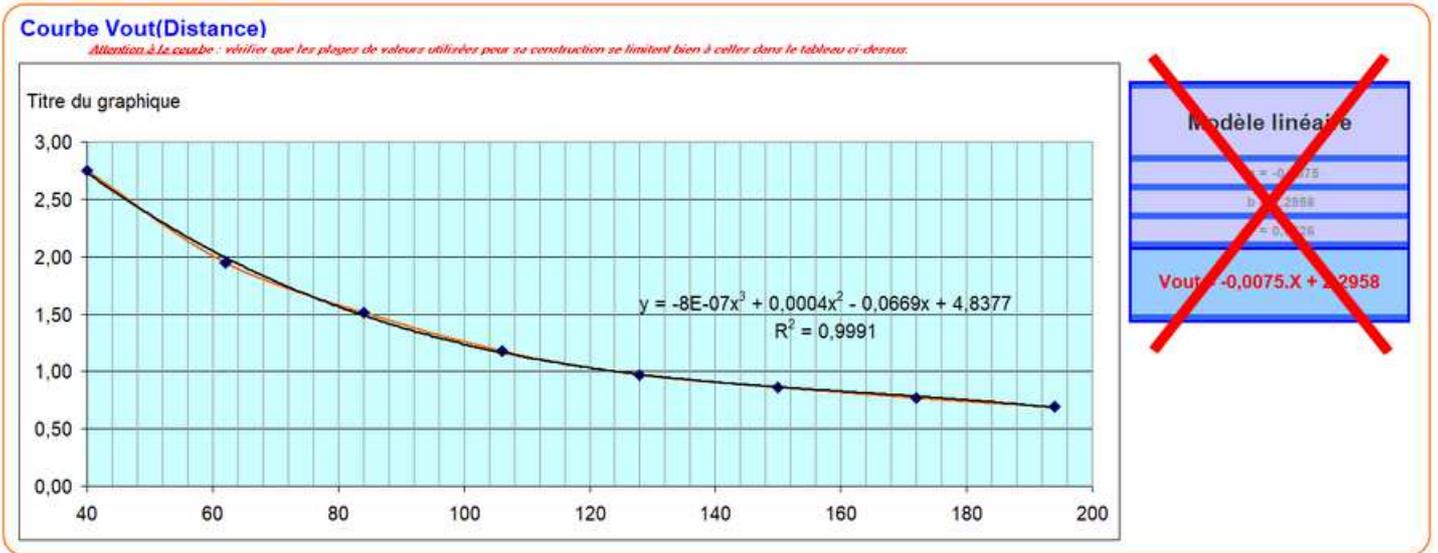
Une tendance linéaire ne se dégage pas ( $R^2 < 0,85$ ) ; **le modèle linéaire ne peut pas être retenu.**

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  $x = 70$  mm et  $x = 150$  mm.

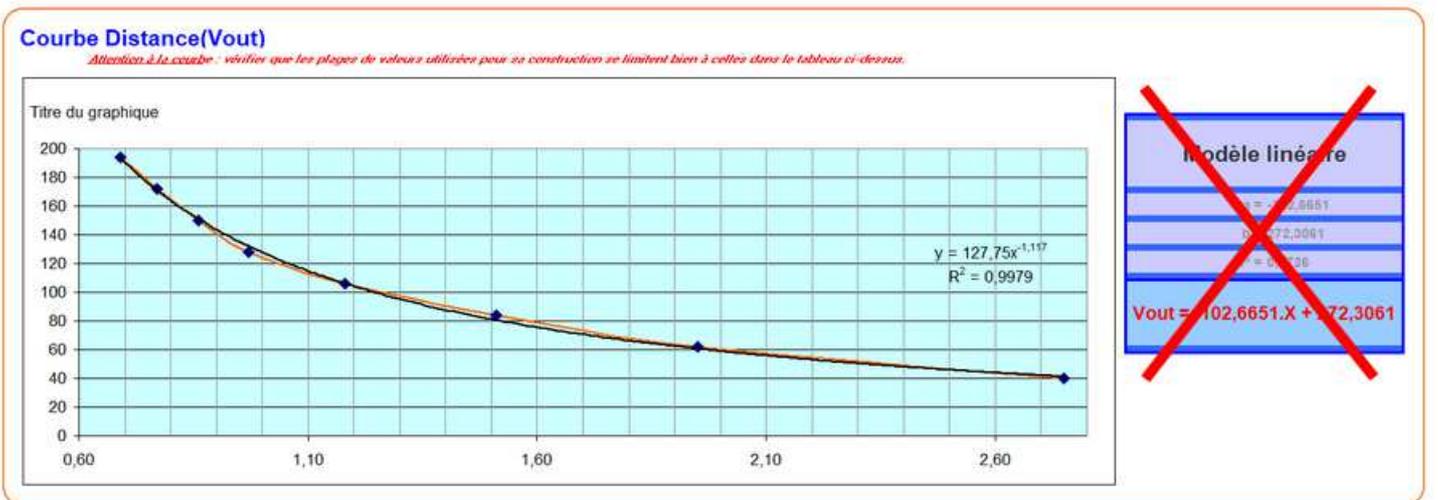
On cherche donc un autre modèle ; essai avec un polynôme de degré 3 :



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 préfèrera un modèle avec une fonction puissance :



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