



---

# Métrologie

---

# SOMMAIRE

## Mesure de grandeurs mécanique (distance)

Micromètre

Pied à coulisse

Réglet

Ultrason

## Mesure de grandeurs électriques

Multimètre FLUKE 117 TRUE RMS

Multimètre FLUKE 189

Oscilloscope TDS1002B



# METROLOGIE

## Micromètre

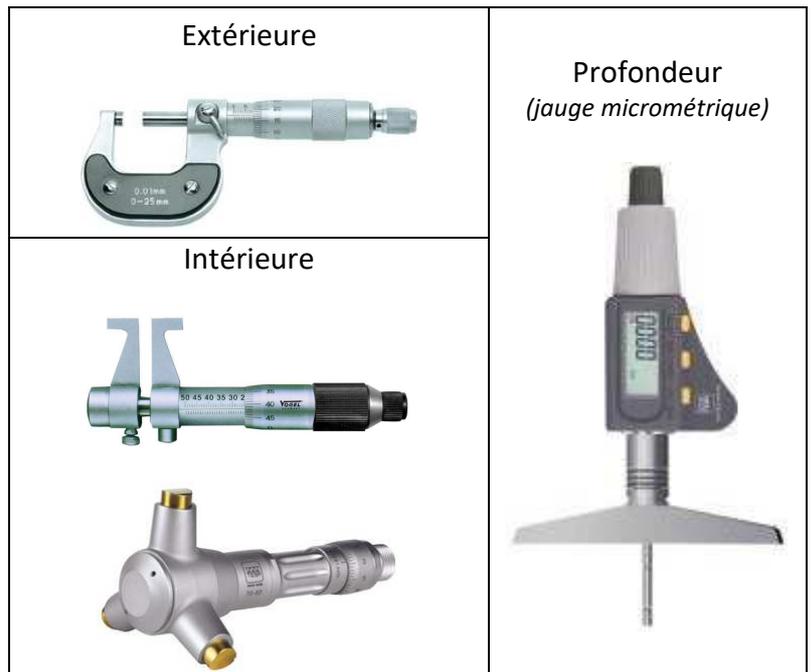
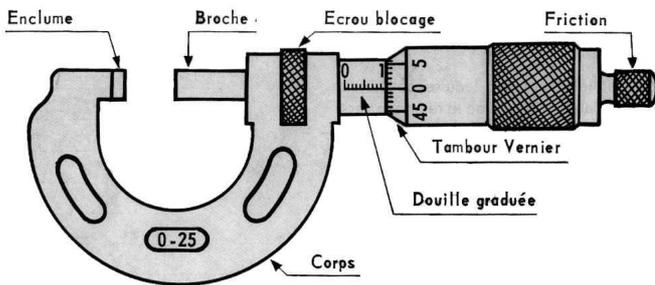


### 1 – Grandeur et unité

Grandeur physique mesurée : **longueur**.

Grandeur	Rappel des unités	
	Légale	Secondaires
Longueur	mètre (m)	mm, cm, km

### 2 – Constitution - Types de mesure



### 3 – Etendue de mesure – Précision

⇒ Etendue : 0 – 25 | 25 – 50 | 50 – 75 | ...

⇒ Résolution : 0,01 mm.

### 4 - Utilisation

Quel que soit le type de mesure (extérieure, intérieure, profondeur) :

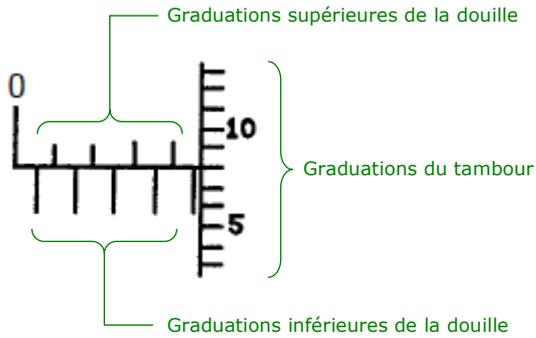
1. Nettoyer les surfaces de mesure (passer le doigt dessus)
2. Fermer le micromètre et vérifier le « 0 » (si la mesure démarre à 25 ou plus, une pige rectifiée est normalement fournie sinon, utiliser une cale étalon)
3. Ecarter la broche et prendre la mesure (exercer une légère pression avec la molette de friction et bloquer la broche avec l'écrou de blocage)
4. Lire la mesure

> Lecture d'une mesure

Cas des micromètres numériques : aucune difficulté, la valeur est directement donnée sur l'afficheur.

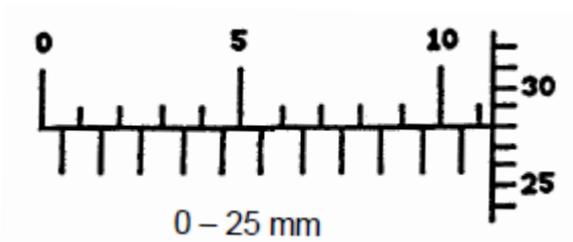
Cas des micromètres analogiques :

Exemple 1



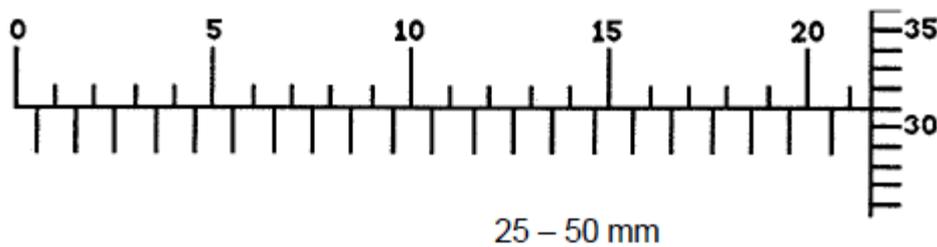
1. Graduation supérieure de la douille  $> 4$  mm et  $< 5$  mm  $\Rightarrow 4 \leq x \leq 5$
2. Graduation inférieure de la douille  $> 4,5$  mm  $\Rightarrow 4,5 \leq x \leq 5$
3. Graduation du tambour = 8 (0,08 mm)  $\Rightarrow x = 4,5 + 0,08 = 4,58$  mm

Exemple 2



1. Graduation supérieure de la douille  $> 11$  mm et  $< 12$  mm  $\Rightarrow 11 \leq x \leq 12$
2. Graduation inférieure de la douille  $< 11,5$  mm  $\Rightarrow 11,0 \leq x \leq 11,5$
3. Graduation du tambour = 28 (0,28 mm)  $\Rightarrow x = 11 + 0,28 = 11,28$  mm

Exemple 3



1. Graduation supérieure de la douille  $> 21$  mm et  $< 22$  mm  $\Rightarrow 25 + 21 \leq x \leq 25 + 22 \Rightarrow 46 \leq x \leq 47$
2. Graduation inférieure de la douille  $< 21,5$  mm  $\Rightarrow 46,0 \leq x \leq 46,5$
3. Graduation du tambour = 31 (0,31 mm)  $\Rightarrow x = 46 + 0,31 = 46,31$  mm



# METROLOGIE

## Pied à coulisse

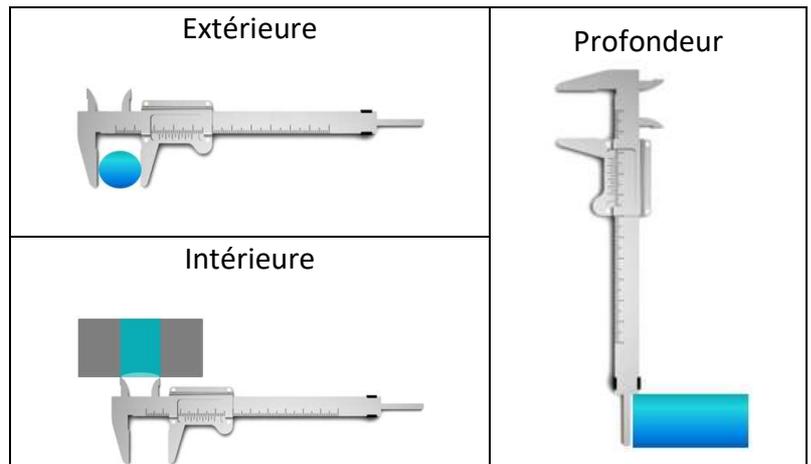
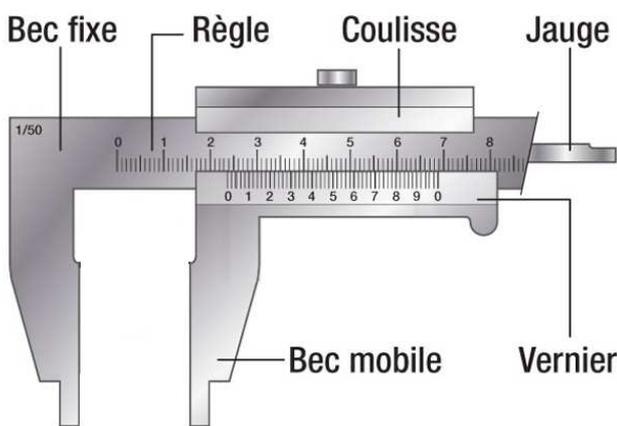


### 1 – Grandeur et unité

Grandeur physique mesurée : **longueur**.

Grandeur	Rappel des unités	
	Légale	Secondaires
Longueur	mètre (m)	mm, cm, km

### 2 – Constitution - Types de mesure



### 3 – Etendue de mesure – Précision

- ⇒ Distance minimale : 0
- ⇒ Distance maximale : elle dépend de la longueur de la règle (200 à 300 mm en général)
- ⇒ Résolution : 0,1, 0,05, 0,02 pour les calibres à coulisse analogiques et 0,01 pour les calibres numériques.



Pied à coulisse numérique

### 4 - Utilisation

Quel que soit le type de mesure (extérieure, intérieure, profondeur) :

1. Nettoyer les surfaces de mesure (passer le doigt dessus)
2. Fermer le pied et vérifier le « 0 »
3. Ecarter les becs et prendre la mesure (exercer une légère pression avec le doigt sur la touche de poussée et bloquer la coulisse avec la vis de pression)
4. Lire la mesure



Touche de poussée

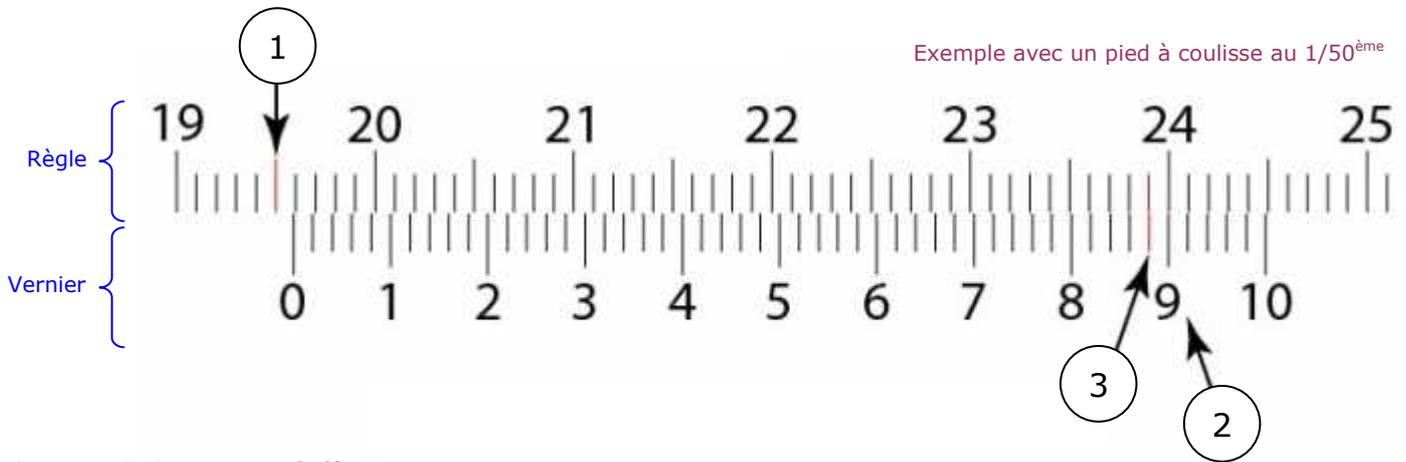
Vis de pression



## > Lecture d'une mesure

Cas des calibres à coulisse numériques : aucune difficulté, la valeur est directement donnée sur l'afficheur.

Cas des calibres à coulisse analogiques :



La lecture de la cote  $x$  s'effectue :

- en **deux temps** pour une précision au 1/10<sup>ème</sup> de mm (à 0,1 mm)
- en **trois temps** pour une précision de 1/50<sup>ème</sup> de mm (à 0,02 mm)

① Rechercher sur la règle les valeurs qui encadrent le repère 0 du vernier.

⇒ Dans l'exemple, 195 mm et 196 mm. On en déduit l'encadrement suivant :  $195 \leq x \leq 196$

② Rechercher sur le vernier la *meilleure coïncidence* entre une graduation *principale* du vernier (de 0 à 10) et une de la règle.

⇒ Dans l'exemple, c'est la graduation « 9 ».

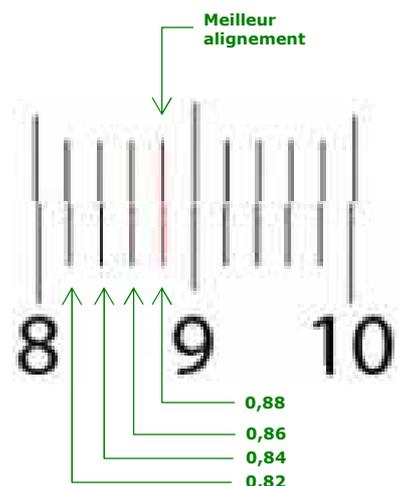
⇒ Pour une précision au 1/10<sup>ème</sup>, on a donc :  $x = 195,9 \text{ mm}$

⇒ Pour une précision au 1/50<sup>ème</sup>, on en déduit l'encadrement suivant :  $195,8 \leq x \leq 196,0$

③ Rechercher sur le vernier la *meilleure coïncidence* entre une graduation *secondaire* du vernier et une de la règle.

⇒ Dans notre cas, c'est la dernière graduation secondaire avant le « 9 » : 0,88.

⇒ Pour une précision au 1/50<sup>ème</sup>, on a donc :  $x = 195,88 \text{ mm}$





# METROLOGIE

## Réglet



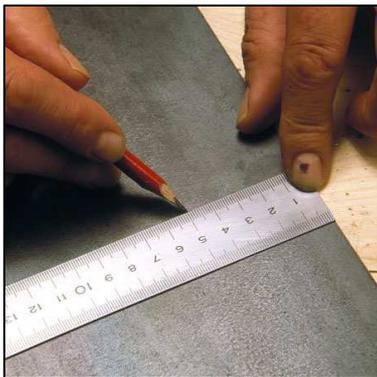
### 1 – Grandeur et unité

Grandeur physique mesurée : **longueur**.

Grandeur	Rappel des unités	
	Légale	Secondaires
Longueur	mètre (m)	mm, cm, km

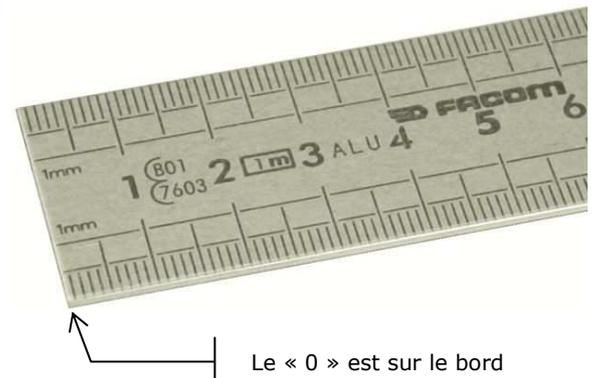
### 2 – Constitution - Types de mesure

- ⇒ Une seule pièce, en acier dur ou en alliage d'aluminium.
- ⇒ Sa faible épaisseur lui confère une relative souplesse.
- ⇒ Différence avec la règle : le « 0 » est confondu avec un bord (pas de décalage du « 0 »).



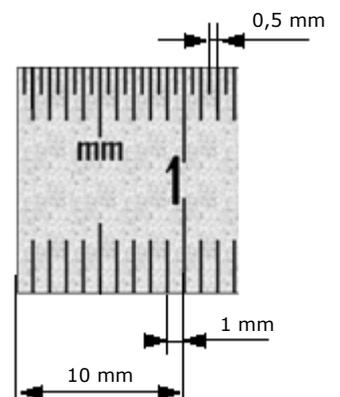
Le réglet peut permettre de guider un crayon, une pointe à tracer (pour écrire sur les métaux), un cutter.

*C'est donc aussi un matériel de traçage.*



### 3 – Etendue de mesure – Précision

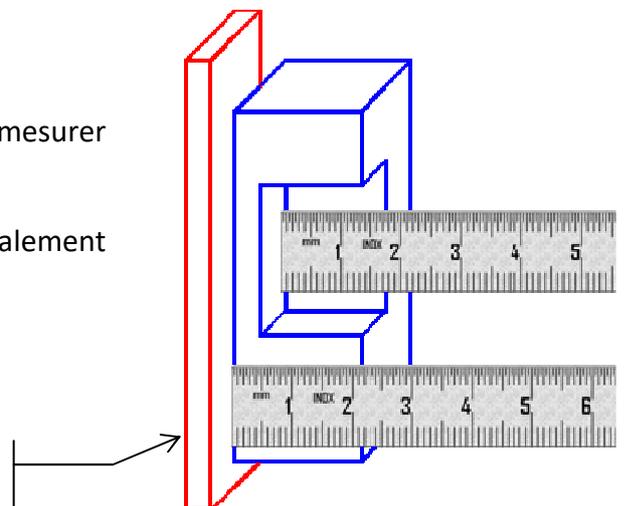
- ⇒ Etendue : variable selon la longueur du réglet (100 mm, 150 mm, etc.)
- ⇒ Résolution : 1 mm à 0,5 mm si gradué en  $\frac{1}{2}$  mm.



### 4 - Utilisation

1. S'assurer de la propreté des surfaces de mesure et à mesurer (passer le doigt dessus)
2. Positionner le réglet entre les points de mesure (idéalement avec une butée physique)
3. Lire la mesure (attention à l'erreur de parallaxe)

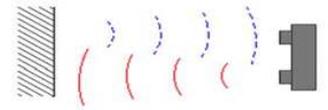
La plaque sert de butée physique ; en faisant ainsi, on facilite la mesure et on gagne en précision.





# METROLOGIE

## Ultrason



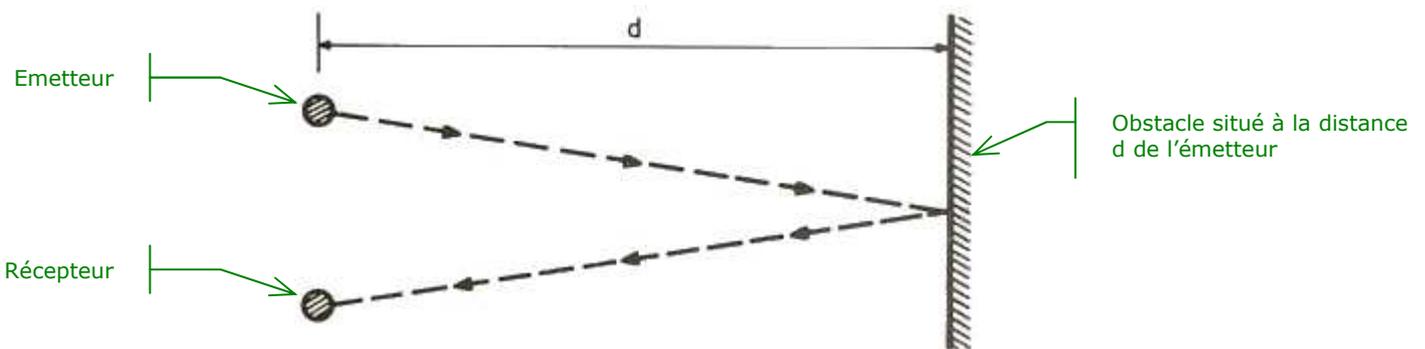
### 1 – Grandeur et unité

Grandeur physique mesurée : **longueur**.

Grandeur	Rappel des unités	
	Légale	Secondaires
Longueur	mètre (m)	mm, cm, km

### 2 – Principe de la mesure

Les ultrasons sont émis (par l'émetteur), rebondissent sur l'obstacle et sont reçus par le récepteur. Comme les ultrasons se déplacent à une vitesse  $v$  constante, le parcours total  $L = 2 \cdot d$  prend un certain temps  $t$ .



La vitesse étant donnée par  $v = \frac{L}{t}$ , on obtient la distance  $d$  par le calcul :  $d = \frac{v \cdot t}{2}$ .

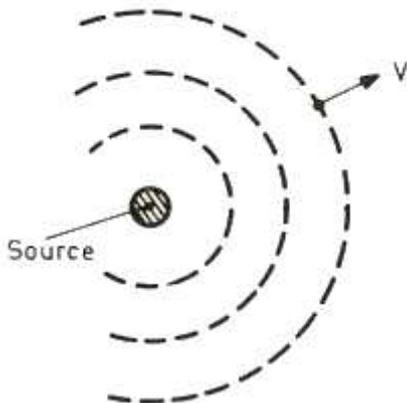
 Pour un milieu de propagation donné,  $v$  est constante. **La mesure de la distance se résume donc à la mesure d'un temps.** Il s'agit donc d'une **mesure indirecte**.

### ➤ Détermination de la vitesse des ultrasons

Elle dépend de certaines caractéristiques du milieu dans lequel les ultrasons se déplacent :

Remarque : On admet ici que le milieu est homogène et isotrope.

$$v = \sqrt{\rho \cdot R \cdot T} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} v : \text{vitesse de l'onde (m} \cdot \text{s}^{-1}) \\ \rho : \text{masse volumique du milieu (kg} \cdot \text{m}^{-3}) \\ R : \text{capacité thermique massique du milieu (J} \cdot \text{kg}^{-1}) \\ T : \text{température du milieu (K)} \end{cases}$$



Exemple dans l'air à 20°C :

$$\rho = 1,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$R = 281,8 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$T = 293,15 \text{ K}$$

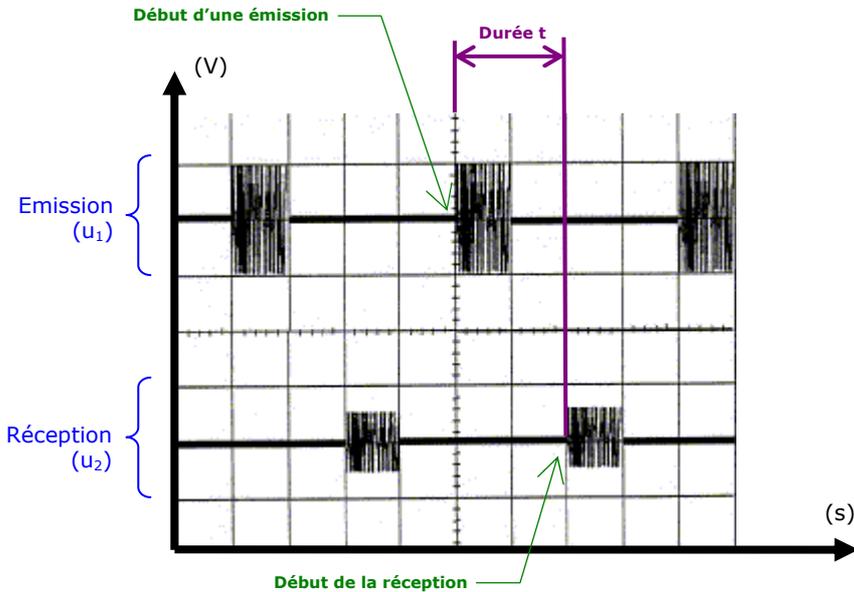
$$v \approx 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

## ➤ Détermination de la durée entre l'émission et la réception des ultrasons

Principe :

On peut imaginer une LED A qui s'allume à l'émission d'un ultrason et une LED B qui s'allume à la réception de ce même ultrason. Le décalage entre l'allumage des LED A et B correspond donc à la durée pour aller de A à B. Pour la mesurer, on peut imaginer un chronomètre qu'on déclenche à l'allumage de la LED A et qu'on arrête à l'allumage de la LED B.

Mise en œuvre :



On remplace les LED évoquées dans le principe par des détections de tensions électriques  $u_1$  et  $u_2$  qu'on visualise idéalement avec un oscilloscope.



Ce même oscilloscope remplace aussi le chronomètre puisqu'il permet de mesurer le décalage de temps entre le début de l'émission de l'ultrason et celui de sa réception.

### 3 – Etendue de mesure – Précision

⇒ Etendue : elle dépend essentiellement de la puissance des ondes sonores.

⇒ Résolution : idem étendue.

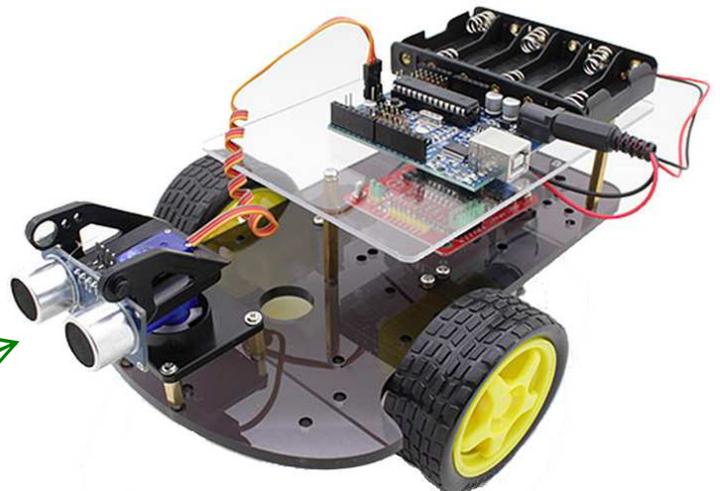
### 4 – Solution technique

De nombreux secteurs comme la robotique ou l'automobile utilisent les ultrasons pour déterminer des distances. Des capteurs à ultrason sont donc disponibles dans le commerce.

Platine d'extension pour Linker Kit SEN-US01 Ultraschall-Sensor



Supply voltage	5V
Global Current Consumption	15 mA
Ultrasonic Frequency	40k Hz
Maximal Range	400 cm
Minimal Range	3 cm
Resolution	1 cm
Trigger Pulse Width	10 μs
Outline Dimension	43x20x15 mm





# METROLOGIE

## Multimètre FLUKE 117 TRUE RMS



### 1 – Grandeur et unité

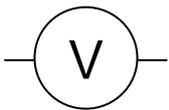
Grandeurs physiques mesurées :

**Tension, intensité et résistance.**

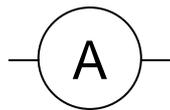
Grandeur	Rappel des unités	
	Légales	Secondaires
Tension	volt (V)	kV, mV
Intensité	ampère (A)	mA
Résistance	ohm ( $\Omega$ )	k $\Omega$

### 2 - Symboles de représentation

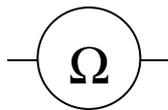
Le symbole dépend de ce qu'on mesure :



Voltmètre



Ampèremètre



Ohmmètre

**Rappel :**

Un courant électrique peut être continu ou alternatif.



Symbole du courant « alternatif »



Symbole du courant « continu »

⇒ Ces symboles sont présents sur le multimètre.

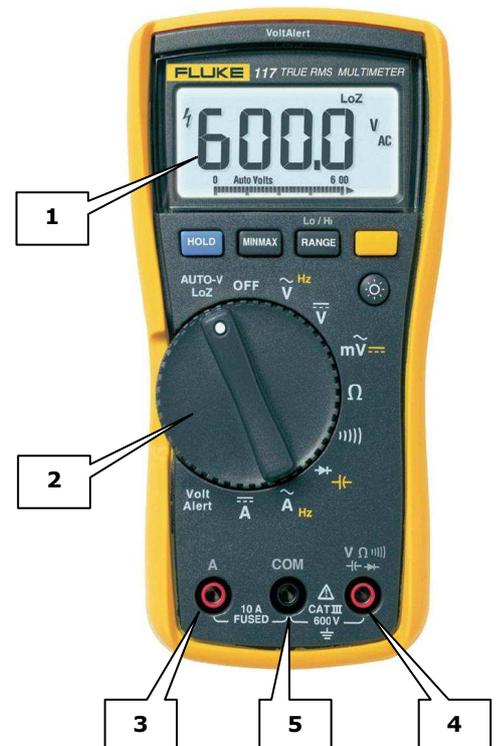
### 2 – Description simplifiée

- 1 : Afficheur
- 2 : Commutateur
- 3 : Borne pour la mesure d'une intensité
- 4 : Borne pour mesurer une tension ou une résistance
- 5 : Borne « Commun »

### 3 - Mise en service

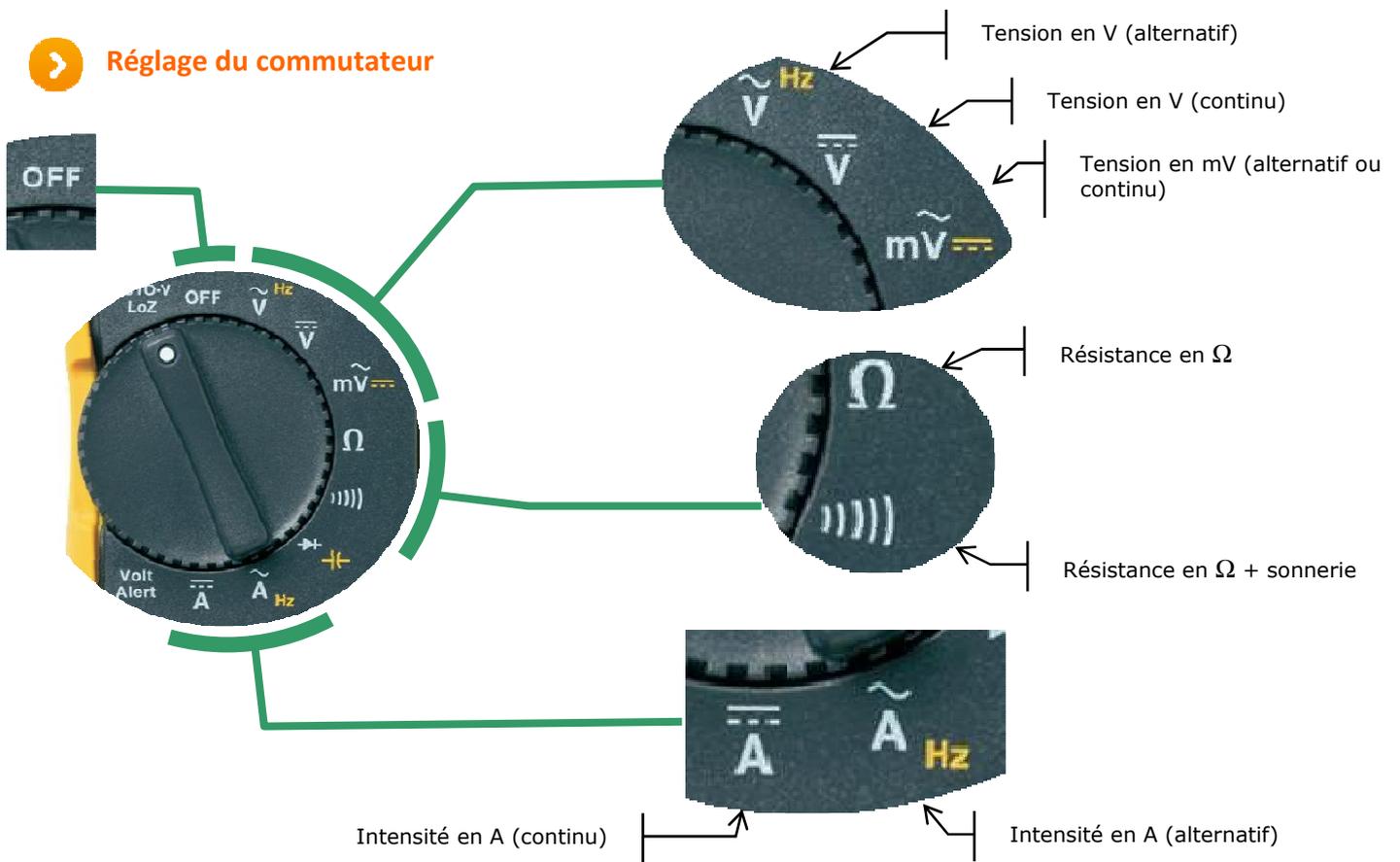
Quel que soit le mode d'utilisation du multimètre (voltmètre, ampèremètre ou ohmmètre), on fait toujours ceci :

1. Régler le commutateur
2. Brancher l'appareil dans le circuit
3. Lire la mesure
4. Débrancher l'appareil du circuit
5. Eteindre l'appareil (commutateur sur « OFF »)

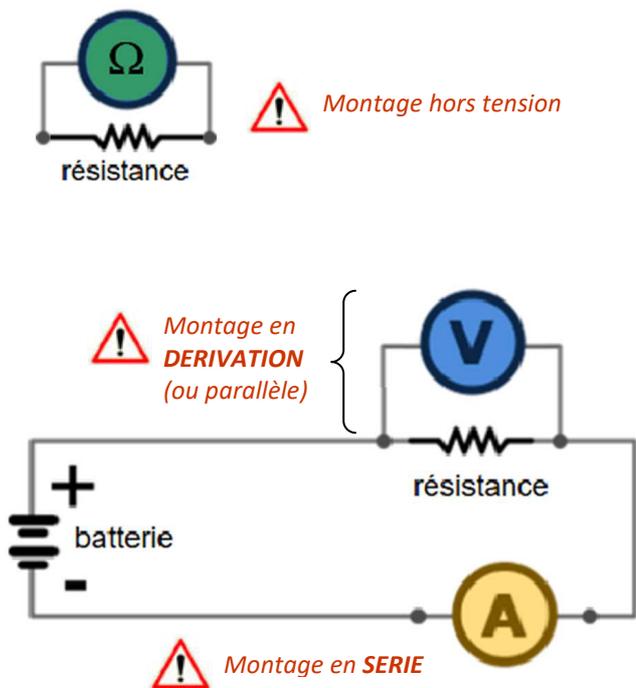


*Bien respecter l'ordre des étapes [1] et [2] sinon on peut endommager l'appareil.*

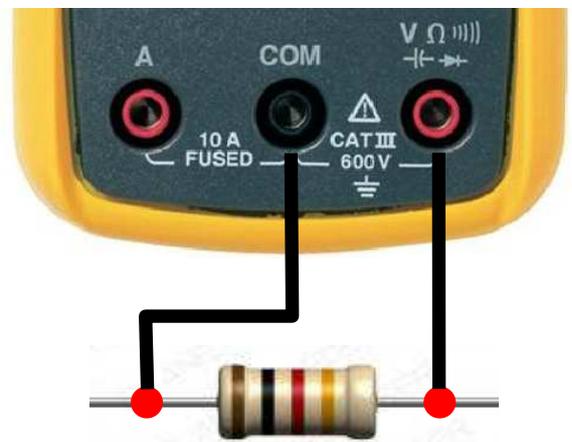
## ➤ Réglage du commutateur



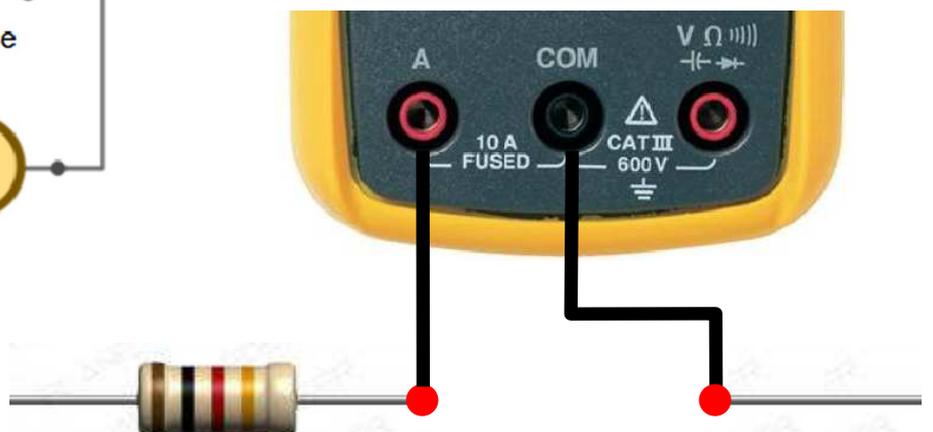
## ➤ Branchement de l'appareil dans le circuit



Mesure d'une **tension** ou d'une **résistance**



Mesure d'une **intensité**



Il faut « ouvrir » le circuit pour intercaler l'ampèremètre



# METROLOGIE

## Multimètre FLUKE 189 TRUE RMS



### 1 – Grandeur et unité

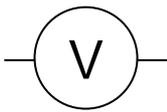
Grandeurs physiques mesurées :

**Tension, intensité et résistance.**

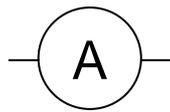
Grandeur	Rappel des unités	
	Légales	Secondaires
Tension	volt (V)	kV, mV
Intensité	ampère (A)	mA
Résistance	ohm ( $\Omega$ )	k $\Omega$

### 2 - Symboles de représentation

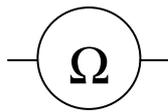
Le symbole dépend de ce qu'on mesure :



Voltmètre



Ampèremètre



Ohmmètre

**Rappel :**

Un courant électrique peut être continu ou alternatif.



Symbole du courant « alternatif »



Symbole du courant « continu »

⇒ Ces symboles sont présents sur le multimètre.

### 2 – Description simplifiée (figure 1)

- 1 : Afficheur
- 2 : Commutateur (A, V ou R)
- 3 : Borne pour la mesure d'une intensité (A, mA ou  $\mu$ A)
- 4 : Borne pour mesurer une tension ou une résistance
- 5 : Borne « Commun »

### 3 - Mise en service

Quel que soit le mode d'utilisation du multimètre (voltmètre, ampèremètre ou de ceci :

1. Régler le commutateur
2. Brancher l'appareil dans le circuit
3. Lire la mesure
4. Débrancher l'appareil du circuit
5. Eteindre l'appareil (commutateur sur « OFF »)

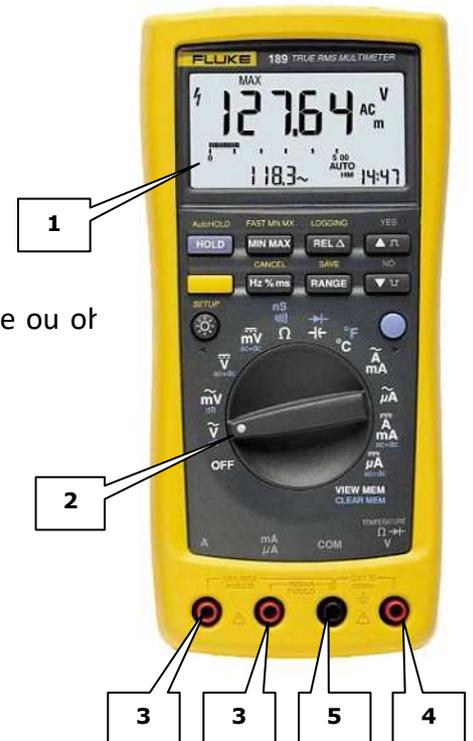


Fig 1 : multimètre



Bien respecter l'ordre des étapes [1] et [2] sinon on peut endommager l'appareil.

## ➤ Réglage du commutateur



Fig 2 : Mesure d'une **tension** ou d'une **résistance**

## ➤ Branchement de l'appareil dans le circuit



⚠ Montage hors tension (figure 2)

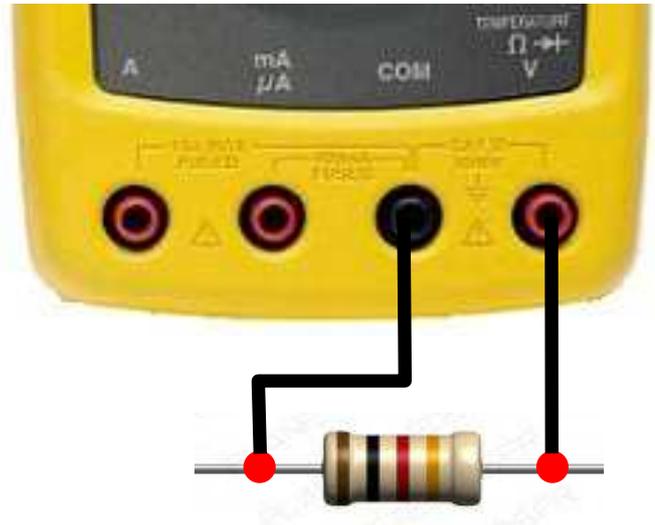
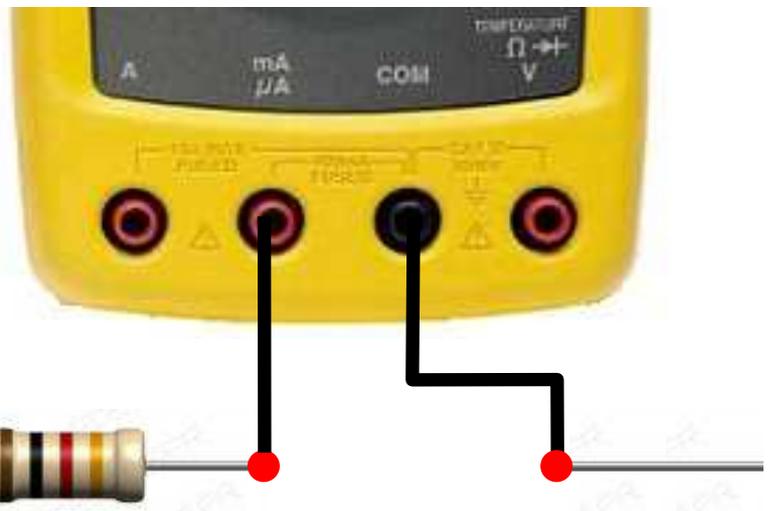
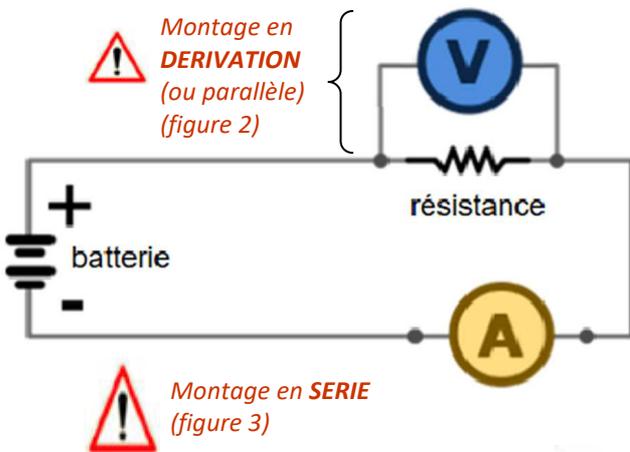


Fig 3 : Mesure d'une **intensité (ici mA)**



Il faut « ouvrir » le circuit pour intercaler l'ampèremètre



# METROLOGIE

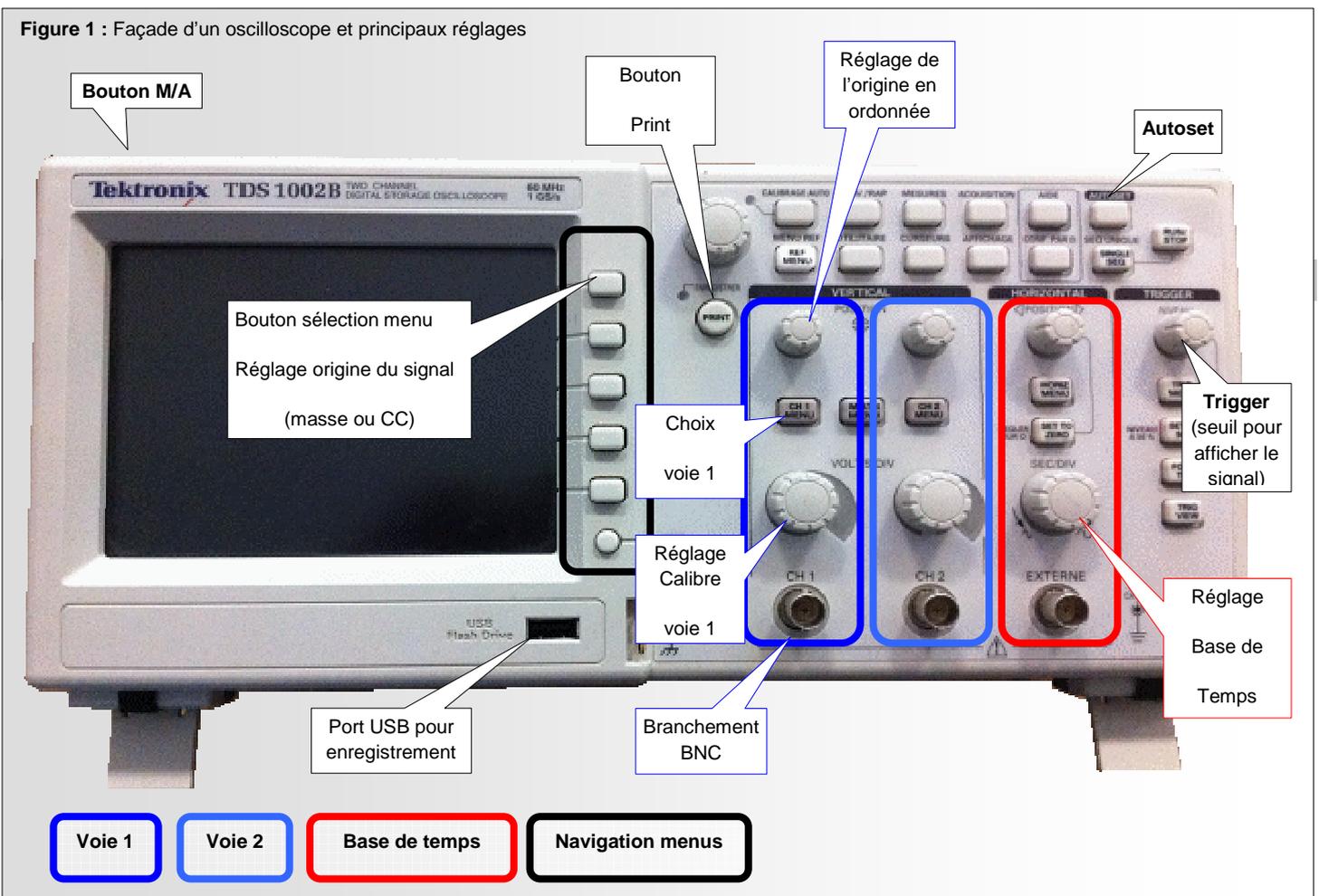
## Oscilloscope TDS 1002 B



### 1 – Grandeur mesurée

Grandeur physique mesurée : **tension (V) ou tension image d'une grandeur (intensité, température, etc) (V).**

### 2 – Description de l'oscilloscope TEKTRONIX TDS 1002B



### 3 – Câblage d'une voie pour la visualisation d'un signal

**Préalable** : savoir quelle grandeur est à acquérir (tension, tension image d'intensité,... en fonction du temps,). Avoir un schéma de câblage (au moins dans la tête).

**Objectif** : Visualiser le signal de ou des grandeurs.

**Protocole** :

- 1 - Choisir les appareils de mesure adaptés aux grandeurs mesurées.
- 2 - Relier selon le schéma, les appareils de mesure aux branchements BNC des voies 1 et / ou 2 si plusieurs signaux (voir figure 1).
- 3 - Mettre sous tension et régler les appareils de mesure (**qu'il ne faudra pas oublier d'éteindre !!**)

### 3 – Acquérir et visualiser un signal

**Préalable :** Nous disposons du câblage d'acquisition en ordre de marche (appareils branchés, mis sous tension, calibrés...).

**Objectif :** visualiser un signal périodique ou non dans sa totalité avec un maximum de précision (au moins à l'affichage).

**Protocole :**

- 1 - Allumer l'oscilloscope :  
=> **Bouton M / A** (voir figure 1).
- 2 - Si le signal attendu est périodique, calibrer en automatique les amplitudes optimales en abscisse et ordonnée :  
=> Bouton **Autoset** (voir figure 1).
- 3 - Choisir d'activer la ou les voies utilisées pour visualiser la mesure :  
=> Bouton CH1, CH2 (voir figure 1).
- 4 - Régler l'origine des ordonnées du signal (ou réglage du zéro) :  
=> Bouton « masse » dans les boutons de menus (voir figure 1).  
=> potentiomètre  pour le déplacement vertical de ce signal (voir figure 1).
- 5 - Choisir le bon calibre de manière visualiser la totalité du signal en ordonnée :  
=> Potentiomètre de calibre (voir figure 1),
- 6 - Choisir la base de temps de manière visualiser la période du signal voulue :  
=> Potentiomètre de base de temps (voir figure 1).
- 7 - Régler l'origine des abscisse du signal :  
=> Bouton « CC » sur le bouton de menus (voir figure 1).

### 4 – Enregistrer un signal

**Préalable :** disposer d'un signal correctement paramétré (0, ordonnée, base de temps, voies...).

**Objectif :** sauvegarder un signal pour pouvoir le traiter avec un tableur.

**Protocole :**

*L'oscilloscope TDS 1002B est muni d'un connecteur USB (voir figure 1) qui permet de faire des sauvegardes des traces (allure) acquises. Pour pouvoir stocker en mémoire sur une clé USB et retravailler les allures acquises, il faut :*

- 1 - Vérifier la configuration l'enregistrement :  
=> Bouton SAUV./RAP  
=> Bouton menu écran "Action" => "saveg. tot."  
=> Bouton Touche PRINT menu écran => "sauvegarde tout"

Lorsque la / les trace(s) sont acquises :

- 2 - Insérer une clé USB dans le connecteur (voir figure 1).

**Attention certains oscilloscopes n'acceptent pas des clef de forte capacité.**

- 3 - Lancer la sauvegarde :  
=> Bouton « Print » de l'oscilloscope.

Vos fichiers dans un dossier de sauvegarde :

 F0000CH1 => contient la configuration et les points de mesure de la voie 1

 F0000CH2 => contient la configuration et les points de mesure de la voie 2

 F0000TEK

 F0000TEK.SET=> contient une image de l'écran.