

TP1 – VITESSE DE PROPAGATION D'UN SON

Les ondes ultrasonores (US) sont des ondes progressives sinusoïdales longitudinales à trois dimensions. Elles peuvent être caractérisées par leur période temporelle T , leur période spatiale ou longueur d'onde λ et leur célérité v .

Comment ces trois grandeurs caractéristiques sont-elles reliées ?

Document1 :

Un oscilloscope est un instrument qui mesure la tension et permet de visualiser ses variations au cours du temps. Elle donne la possibilité d'observer les variations de tension et de voir si elle est continue ou alternative. Vous pouvez aussi analyser la forme d'onde d'un signal c'est-à-dire voir l'évolution d'un signal dans le temps ou en réponse à des stimuli. La forme de l'onde est représentée sur l'oscillogramme par des pics et des creux de signal. En visualisant la forme d'onde en temps réel, il est plus facile de calculer sa fréquence. De plus l'oscilloscope dispose de plusieurs fonctionnalités pour le contrôle avec précision de la taille de l'onde ou encore l'isolation de signaux interférant avec le circuit analysé. Avec l'oscilloscope effectuer des analyses en temps réels avec une précision très aboutie.



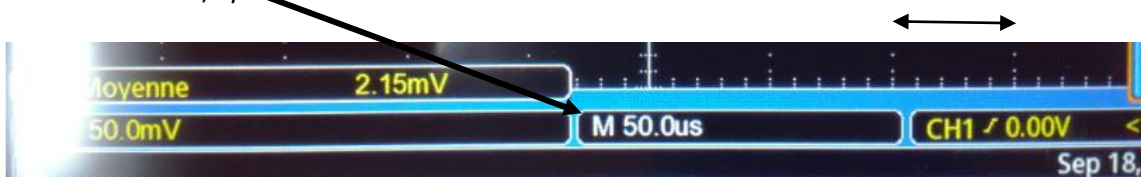
Document2 :

Pour mesurer la durée avec un oscilloscope, il faut utiliser la **sensibilité horizontale** indiquée sur l'oscilloscope (c'est-à-dire la durée correspondante à chaque carreau).

Par exemple, pour le signal ci-dessous :

1 carreau $\leftrightarrow$ 50,0 μ s

1 carreau



Document3 :

Si la calculatrice vous indique par exemple 7.2E-03 il faut comprendre $7,2 \times 10^{-3}$ soit 0,0072

Pour entrer dans la calculatrice la valeur $4,3 \times 10^{-2}$ il faut taper sur les touches suivantes

4
.
3
 $\times 10^x$
-
2



Document 4 :

Connaissant la distance d et la durée Δt d'un parcours, on peut calculer la vitesse v de déplacement suivant la formule suivante.

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

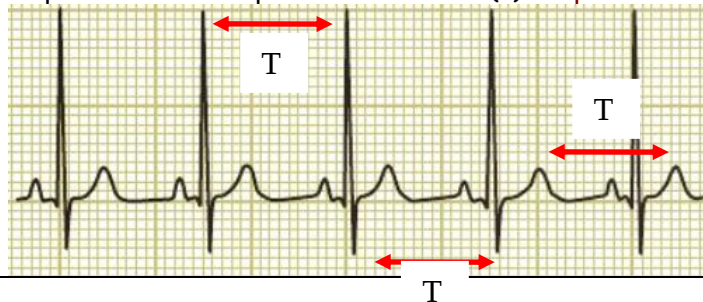
avec v en mètres par seconde (m/s) ; d en mètres (m)

Δt en secondes (s)

Document5 :

La période T d'un phénomène périodique est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se reproduit identique à lui-même.

La période T s'exprime en secondes (s). La période T correspond à la durée du motif



Document6 :

La fréquence f d'un phénomène périodique correspond au **nombre de fois que le phénomène se répète par seconde**. Elle s'exprime en **Hertz (Hz)**. Elle est égale à l'inverse de la période :

$$f = \frac{1}{T}$$

Exemple :

La période d'un pendule est $T = 2 \text{ ms} = 2 \times 10^{-3} \text{ s}$. Sa fréquence est égale à $f = 1/T$ soit $f = 1/(2 \times 10^{-3}) = 500 \text{ Hz}$

Document7 :

Une onde sonore est un phénomène périodique qui se propage par une suite de compressions et de dilatations du milieu de propagation.

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/onde_sonore_plane.swf

L'oreille humaine est sensible aux ondes sonores dont la fréquence est comprise entre **20 Hz et 20 000 Hz**

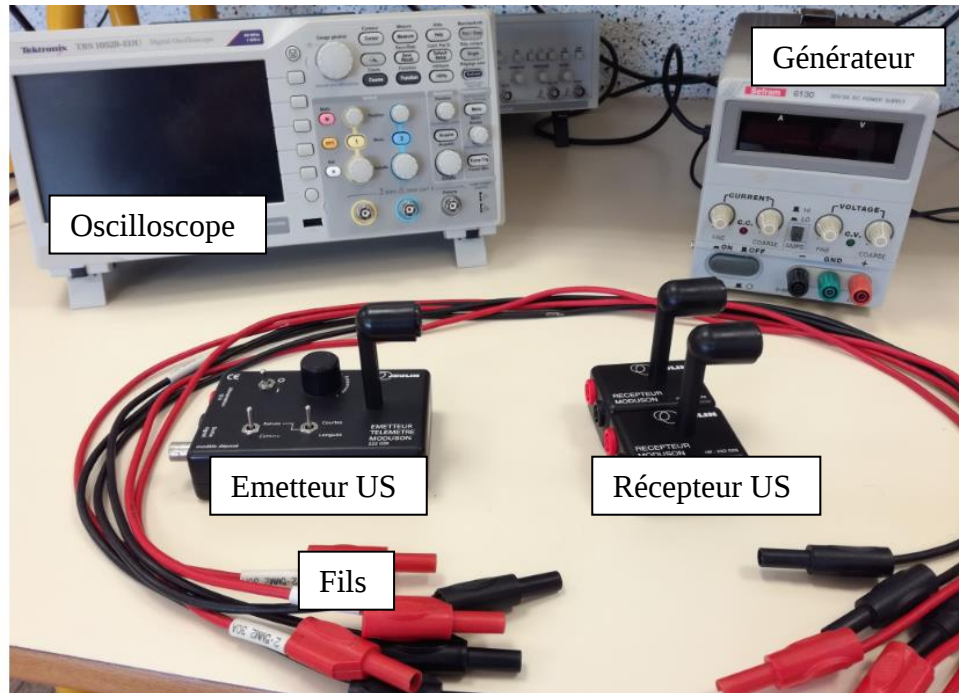


http://www.cea.fr/multimedia/Mediatheque/animation/physique-chimie/14_Son.swf

I- « VISUALISATION » DES ONDES ULTRASONORES :

Nous allons essayer de « visualiser » les ondes ultrasonores à l'aide d'un oscilloscope.

On dispose du matériel ci-dessous :

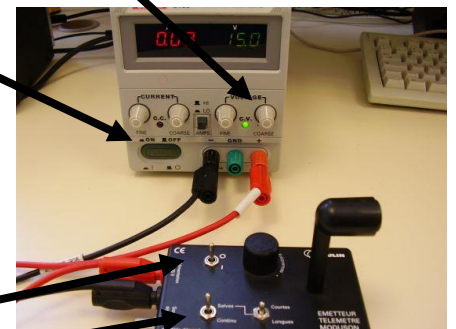


On utilise comme source sonore un émetteur d'ultrasons (US)

- Nous allons commencer par alimenter l'émetteur US :

Avec un fil rouge, relier la borne rouge du générateur SEFRAM 6130 et la borne rouge de l'émetteur US
Avec un fil noir, relier la borne noire du générateur SEFRAM 6130 et la borne noire de l'émetteur US (voir photo ci-dessous).

Allumer le générateur en appuyant sur le bouton ovale gris, puis à l'aide du bouton rond le plus à droite, régler la tension délivrée sur 15,0V



Régler l'émetteur US sur « I », « Continu »

L'émetteur va donc envoyer de façon permanente des ondes ultrasonores.

- Nous allons brancher le récepteur US à l'oscilloscope :

Relier un récepteur d'ultrasons à la voie jaune de l'oscilloscope (voie de gauche).
Pour cela, avec un fil rouge, relier la borne rouge de la voie de gauche de l'oscilloscope et la borne rouge du récepteur US avec un fil noir, relier la borne noire de la voie de gauche de l'oscilloscope et la borne noire du récepteur US
(voir photo ci-contre).

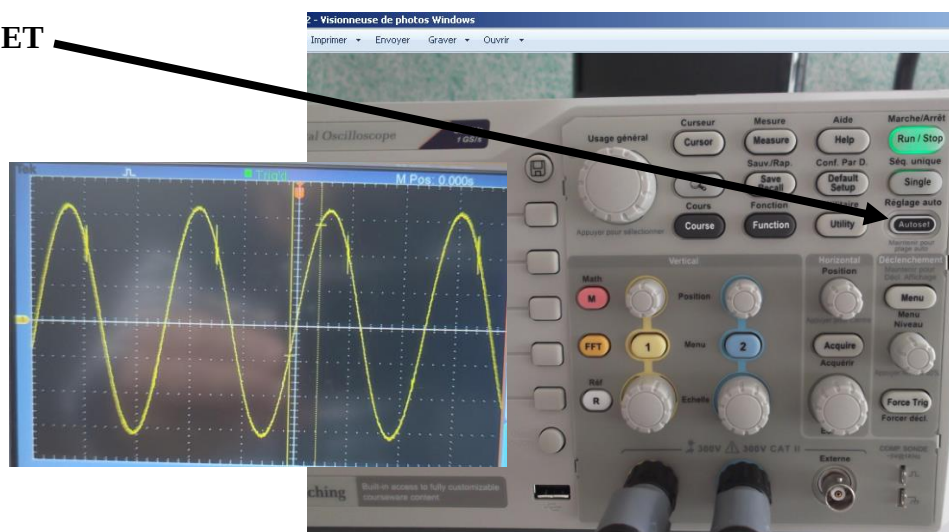
Placer le récepteur d'ultrasons R_1 en face de l'émetteur à environ 5 cm.



- Nous allons maintenant « visualiser » les ondes ultrasonores sur l'oscilloscope.

Mettre l'oscilloscope sous tension en appuyant sur l'interrupteur gris situé au-dessus de l'appareil.

Appuyer sur **AUTOSET**

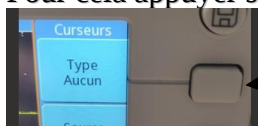


En tournant le bouton rond de l'émetteur, régler la fréquence de façon à avoir sur l'oscilloscope la courbe avec une **amplitude maximale**. (vous pouvez de nouveau appuyer sur la touche **AUTOSET** pour avoir une courbe sur tout l'écran).

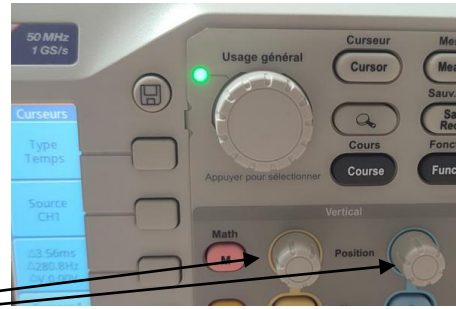
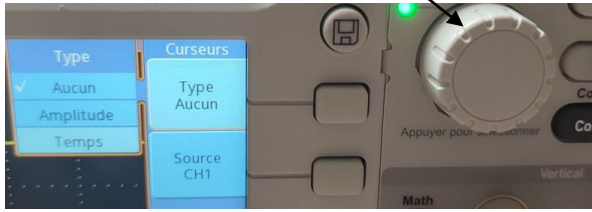
1) Représenter sur une feuille l'allure du signal observé. Avec une double flèche, indiquez la période temporelle **T** sur le signal. (Document 5)

2) Déterminer le **plus précisément** possible la période **T** du signal reçu par le récepteur R_1 .

Pour cela appuyer sur le bouton ovale « **Cursor** » puis sur le bouton carré à côté de l'écran « **type aucun** »

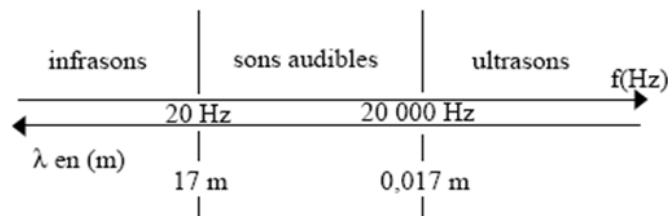


Tourner alors le bouton rond « **Usage général** » jusqu'à type « **Temps** » puis cliquer sur le bouton rond pour sélectionner ce mode.



A l'aide des deux boutons ronds « **Position** », placer sur l'écran les curseurs verticaux 1 et 2 pour déterminer la durée de la période T que l'on vous demande. Lire la valeur Δ à droite de l'écran correspondant à la durée T séparant les deux curseurs.

3) En vous aidant du document 6, en déduire la valeur de la **fréquence f** des ondes ultrasonores émises, puis vérifier que les ondes émises sont bien dans le domaine des **ultrasonores**, en utilisant le schéma ci-dessous.



II- DETERMINATION DE LA VITESSE DU SON DANS L'AIR

Régler maintenant l'émetteur US sur « **Salves** » et « **Courtes** »

L'émetteur va donc envoyer de façon périodique toutes les 5 ms des ultrasons pendant environ 1 ms, il y aura donc environ 4 ms de « silence » entre chaque salve.

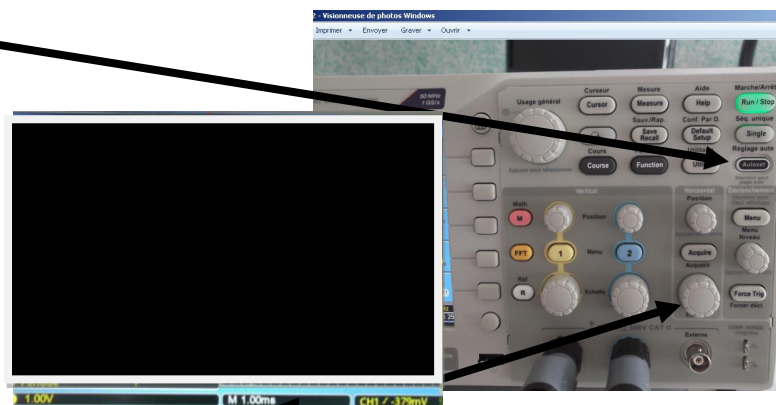
Relier le deuxième récepteur d'ultrasons à la voie bleue (voie de droite) de l'oscilloscope et placer le juste à côté du premier récepteur face à l'émetteur à environ 5 cm.



- Nous allons maintenant « **visualiser** » les différentes salves des ondes ultrasonores sur l'oscilloscope.

Mettre l'oscilloscope sous tension en appuyant sur l'interrupteur gris situé **au-dessus** de l'appareil.

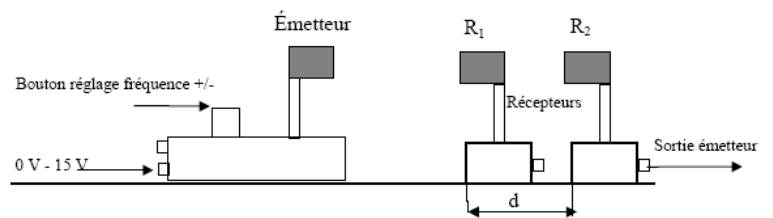
Appuyer sur **AUTOSET**



A l'aide du bouton rond « **Echelle** » Régler la sensibilité horizontale de l'oscilloscope sur **1,0 ms** de façon à visualiser plusieurs salves sur l'écran.

1) Représenter le signal obtenu sur votre copie.

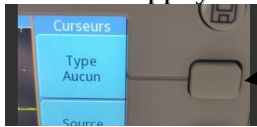
Eloigner maintenant le deuxième récepteur à une distance $d = 17,0$ cm du premier.



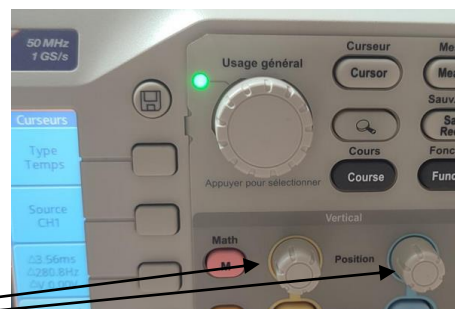
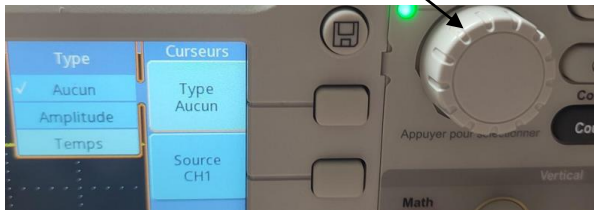
2) Représenter les signaux obtenus sur votre copie quand les 2 récepteurs sont séparés de $d = 17,0$ cm.

3) Grace à l'oscilloscope, déterminer PRECISEMENT la durée Δt que met le son pour aller d'un récepteur à l'autre.

Pour cela appuyer sur le bouton « **Cursor** » puis sur le bouton carré à côté de l'écran « **type aucun** »



Tourner alors le bouton rond « **Usage général** » jusqu'à type « **Temps** » puis cliquer sur le bouton rond pour sélectionner ce mode.

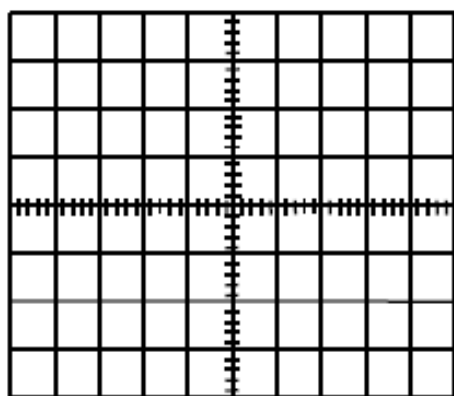


A l'aide des deux boutons ronds « **Position** », placer sur l'écran les curseurs verticaux 1 et 2 **au début de chaque signal** pour déterminer la durée Δt que l'on vous demande. Lire la valeur Δ à droite de l'écran correspondant à la durée Δt séparant les deux curseurs.

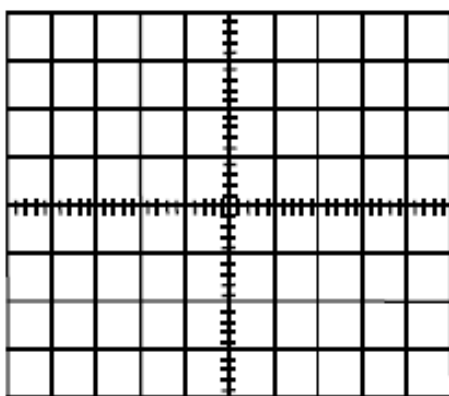
4) A partir de cette durée Δt et du document 4, déterminer la vitesse v des ultrasons dans l'air. Arrondir la valeur au dixième près. Noter votre valeur au tableau en face de votre numéro de table.

5) Calculer l'incertitude de mesure $U(v)$ puis notez votre résultat comme expliqué ci-dessous.

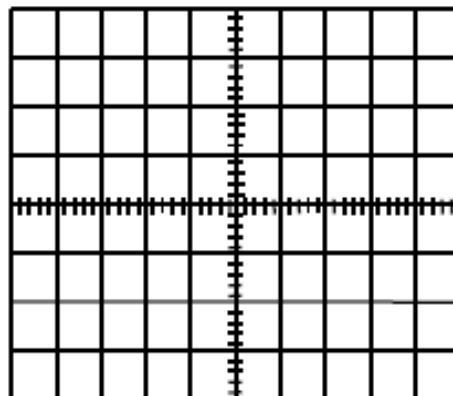
6) La vitesse des ultrasons dans l'air à 20°C est égale à $v = 340$ m/s.
Comparer cette valeur à celle déterminée à la question 4).



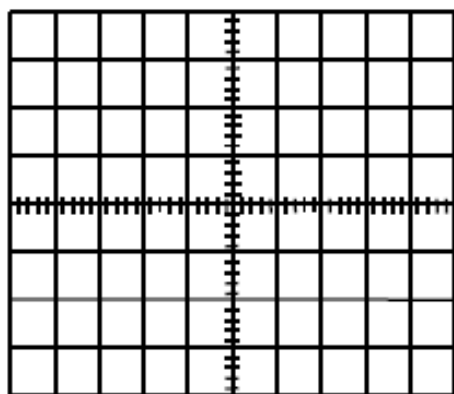
I 1)



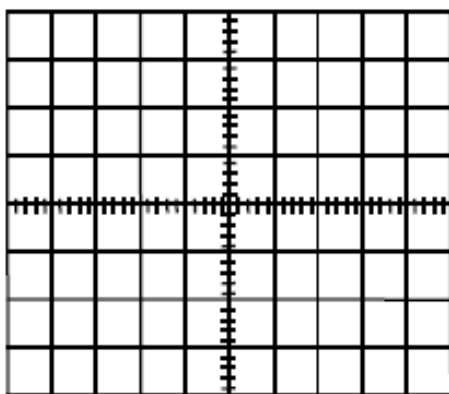
II 1)



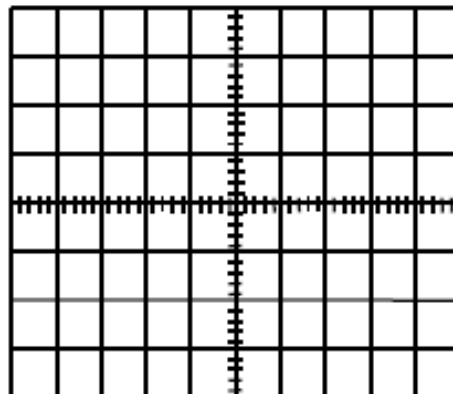
II 2)



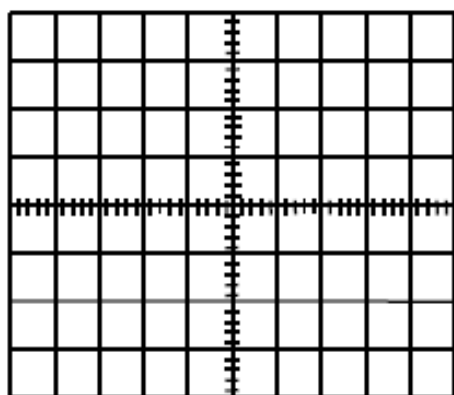
I 1)



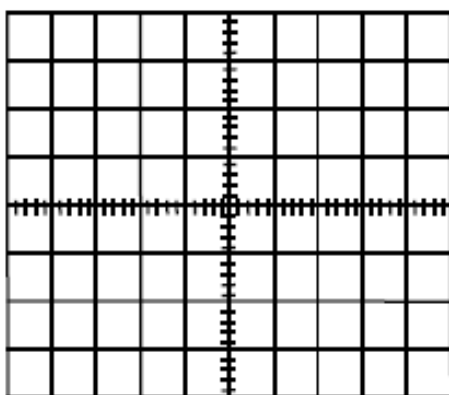
II 1)



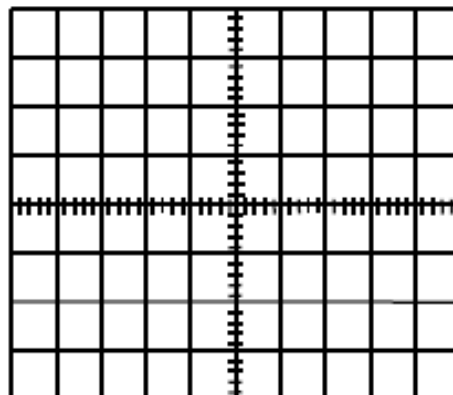
II 2)



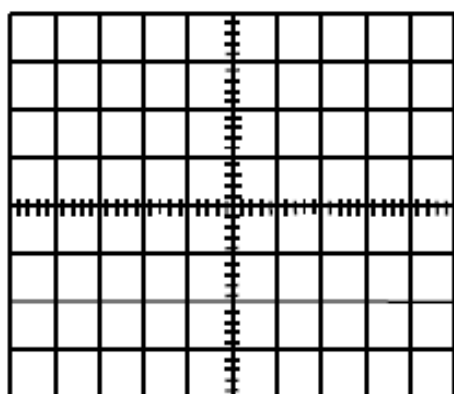
I 1)



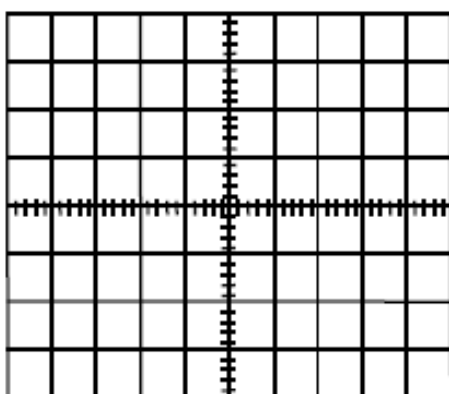
II 1)



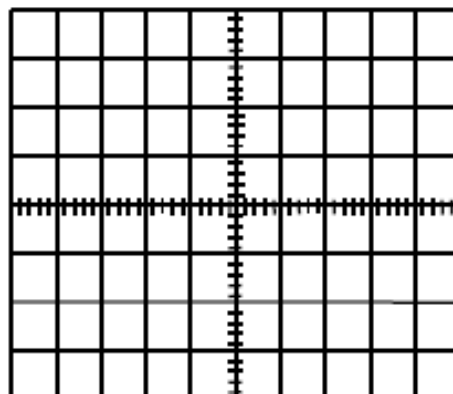
II 2)



I 1)



II 1)



II 2)

Présentation d'un résultat

- Présenter la mesure consiste à indiquer la valeur de la grandeur mesurée avec son unité, mais aussi à préciser l'incertitude de la mesure pour informer sur sa précision.

↳ Présentation du résultat d'une mesure : $M = m \pm U(m) \text{ unité}$

M : Mesurande, grandeur mesurée (*vitesse, température, masse . . .*)

m : mesure (*exprimée préférentiellement avec l'écriture scientifique*)

U(m) : incertitude de la mesure, appelée également **incertitude-élargie** (*arrondie à la valeur supérieure avec un seul chiffre significatif*)

- Le dernier chiffre significatif de m est incertain, il doit être situé à la même position décimale que celui de U(m)

EX : $V = 153 \pm 2 \text{ km.h}^{-1}$; $C = 0,15 \pm 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$; $m = 25,1 \pm 0,8 \text{ g}$

↳ ~~Présentation du résultat à l'aide d'un encadrement~~ : $m - U(m) \leq m \leq m + U(m)$

- En général, la largeur de l'intervalle de confiance est choisie pour avoir au moins 95% de chance de trouver la valeur vraie à l'intérieur.

Evaluer l'incertitude d'une mesure

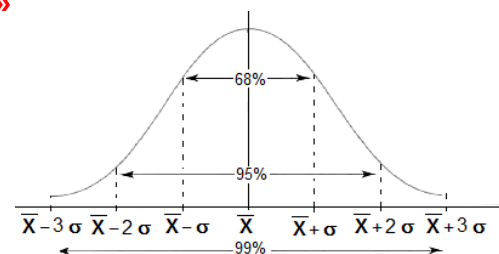
► Cas d'une mesure effectuée plusieurs fois *(incertitude de type A)*

▪ Lorsqu'un même opérateur répète plusieurs fois le mesurage de la même grandeur, dans les mêmes conditions expérimentales, on dit que les mesures sont effectuées dans **les conditions de répétabilité** ; l'opérateur peut trouver des résultats différents. Il en est de même pour des opérateurs différents réalisant simultanément le mesurage de la même grandeur avec du matériel similaire.

▪ Dans de tels cas, on utilise des notions de statistiques pour analyser les résultats. Par exemple, la meilleure valeur à retenir pour la grandeur mesurée est la **valeur moyenne des mesures effectuées**.

▪ **L'incertitude** (appelée dans ce cas « **incertitude de répétabilité** » ou **incertitude de type A**) dépend :

- de **l'écart-type** de la série de mesures,
- du **nombre de mesures N** indépendantes
- du **facteur d'élargissement K** (qui dépend du nombre de mesures réalisées et du niveau de confiance choisi).



▪ De manière générale, la répétition des mesures améliore la précision.

Moyenne de la série de mesure

$$\bar{m} = \frac{\sum m}{N}$$

Ecart-type :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (m - \bar{m})^2}{N - 1}}$$

L'écart-type est une mesure de dispersion des données autour de la valeur moyenne $\bar{m}$: la dispersion est d'autant plus grande que l'écart type est grand.

Incertitude sur la mesure :

$$U(m) = K \times \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Le facteur K dépend du nombre de mesures **N** réalisées et du niveau de confiance choisi. Sa valeur est donnée par un tableau issu d'une loi statistique dite « loi de Student » (extrait ci-dessous) :

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K _{95%}	12,7	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,20	2,18	2,16	2,15	2,13