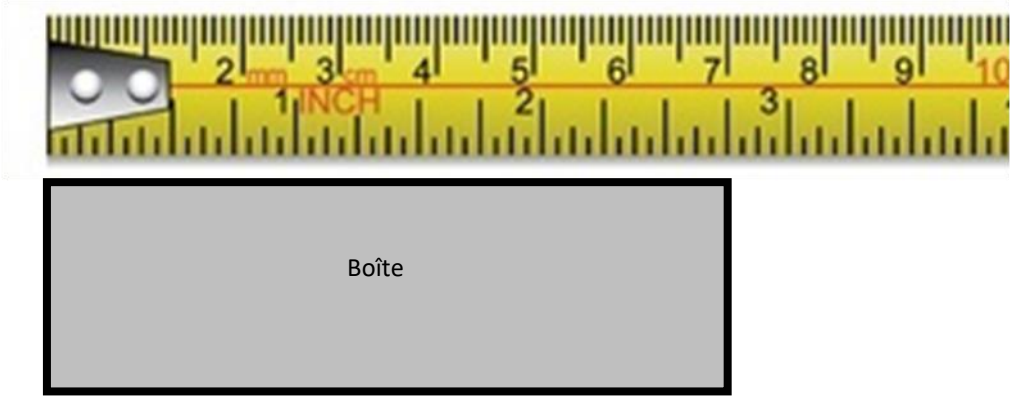
Exercices de la séquence 1
Mesure et incertitudes

EXERCICE 1 : Mesure de longueur

Cédric et Pauline mesurent la longueur d'une boite avec le même mètre ruban.
Pauline dit : « la longueur de la boîte vaut 7 ».
Cédric lui répond : « non la longueur vaut 2,75 ».



1. Expliquer pourquoi les résultats sont différents.
   Les résultats sont différents car les mesures sont réalisées dans des systèmes de mesure différents : système métrique (7 cm) et système anglo-saxon (2,75 pouces)
2. Quelle(s) est(sont) la(les) bonne(s) réponse(s) ?
   Aucune des deux réponses n'est juste car Pauline et Cédric n'ont pas précisé l'unité de la mesure.
3. Quelles sont les corrections à apporter aux deux affirmations ?
   L = 7 cm ou L = 2,75 pouce

EXERCICE 2 : Mesure de température

Celia en vacances aux Etats Unis ne se sent pas très bien et décide d'aller consulter le médecin.
Ce dernier contrôle sa température et tente de la rassurer en lui disant : « all is allright ! Your body temperature is 99°».
Explique à Célia que le médecin n'est pas un farceur et que sa température corporelle est conforme.

Données : Aux Etats Unis, l'unité de mesure de température est le Fahrenheit.

$$T(°C) = \frac{T(°F) - 32}{1{,}8}$$

La température en °C vaut donc T(°C) = (99-32)/1,8 = 37,2°C

EXERCICE 3 : Le GPS et la mesure du temps

DOCUMENT 1 : le sytème GPS

Le système de positionnement GPS fonctionne grâce à une vingtaine de satellites situés sur une orbite à 20183 km d'altitude, car il est nécessaire qu'au moins quatre satellites soient toujours « visibles » depuis n'importe quel point du globe.
Des horloges atomiques sont embarquées sur ces satellites GPS. La précision de ces horloge attient 1 nanoseconde. Autrement dit l'heure est précise à 1 nanoseconde près (autrement dit l'horloge atomique dérive d'une seconde au bout de 300 millions d'années !). Ces satellites GPS émettent des ondes électromagnétiques vers le récepteur GPS terrestre. Chaque satellite envoie des informations contenant entre autre la date d'émission de l'onde électromagnétique. Autrement dit un récepteur GPS reçoit à un instant t les dates d'émission d'au moins 4 satellites GPS ainsi que l'heure d'une horloge atomique terrestre (dont la distance par rapport au récepteur GPS est négligeable devant la distance satellite/récepteur).

Pour chaque satellite, le récepteur peut ainsi calculer la durée de parcours entre le satellite et le récepteur (avec une précision de 1 nanoseconde) ainsi que la distance correspondante. Le positionnement des satellites étant connu précisément, la position du récepteur GPS est déterminée par triangulation.

Des phénomènes relativistes désynchronisent les horloges atomiques. Deux horloges atomiques donnant initialement la même heure à un instant donné donnent des heures différentes si les deux horloges « voyagent » à des vitesses différentes et à des altitudes différentes.
Une horloge embarquée sur un satellite GPS se déplace à une vitesse de 14000 $km.h^{-1}$ par rapport à la terre.
L'altitude du satellite est de 20183 km. Les deux effets conjugués liés à la vitesse et à la différence d'altitude décalent l'horloge atomique du satellite et l'horloge atomique terrestre de 38 µs en un jour !
Les horloges atomiques sont toutes synchronisées chaque jour au même instant et le récepteur GPS effectue les corrections relativistes pour déterminer le positionnement.

1. Quelle grandeur faut-il mesurer précisément pour déterminer une position sur la terre ?
   Il faut mesurer précisément la durée de propagation des ondes.
2. Calculer la distance parcourue par la lumière pour une incertitude sur la durée de parcours de 1 ns.

On donne la valeur de la célérité de la lumière : $c = 2{,}9979.10^8\ m.s^{-1}$ (c'est une constante fondamentale donc il n'y a pas d'incertitude sur c).

$d = c \times \Delta t = 2{,}9979.10^8 \times 10^{-9} = 0{,}3\ m$

3. En déduire l'ordre de grandeur de la précision du GPS.
   L'ordre de grandeur de précision du GPS est 1 mètre.
4. Quelle est la distance parcourue par la lumière en 38µs ?
   $d = c \times \Delta t = 2{,}9979.10^8 \times 38.10^{-6} = 11\ km$
5. Pourquoi faut-il prendre en compte les phénomènes relativistes dans le calcul de la position par GPS ?
   Si les effets relativistes n'étaient pas corrigés, la précision d'un GPS pourrait être dégradée à une valeur de l'ordre de 10 km !
   Autant dire qu'un tel instrument serait parfaitement inutile.

EXERCICE 4 : Fidélité et justesse d'instruments de mesure

On réalise la mesure de l'intensité du courant électrique dans un circuit en série.
On utilise 3 multimètres identiques d'une même famille (MX22) et 3 autres d'une seconde famille (MX53).
Tous les multimètres sont connectés en série (voir dispositif expérimental de l'activité 2).
Les demi-étendues sont données par les fabricants des deux familles de multimètre.

	MX22	MX53
Demi-	**1% de la lecture + 3 q**	**0,2% de la lecture + 2 q**

Les mesures réalisées sont reportées dans le tableau ci-dessous :

Instrument	Intensité (mA)
MX22-1	3,497
MX22-2	3,494
MX22-3	3,502
MX53-1	3,4892
MX53-2	3,4893
MX53-3	3,4899

Un instrument de mesure étalon permet d'obtenir une valeur de référence (ce n'est pas la valeur vraie mais on garantit que l'étalon fournit une étendue des valeurs possibles de la valeur vraie ; la valeur de référence étant la valeur centrale de cette étendue) :

$$\mathbf{I_{ref} = 3{,}490706\ mA}$$

1. Pour chaque famille de multimètres calculer la moyenne des mesures et l'écart-type correspondant.

	MX22	MX53
Moyenne (mA)	3,498	3,4895
Ecart-type (mA)	0,004	0,0004

2. Pour chaque famille de multimètres calculer la demi-étendue à l'aide des formules d'évaluation données par les constructeurs ainsi que l'incertitude-type correspondante à l'aide de la relation donnée dans le cours.

	MX22	MX53
Demi-étendue (mA)	0,038	0,0090
Incertitude-type	0,022	0,0052

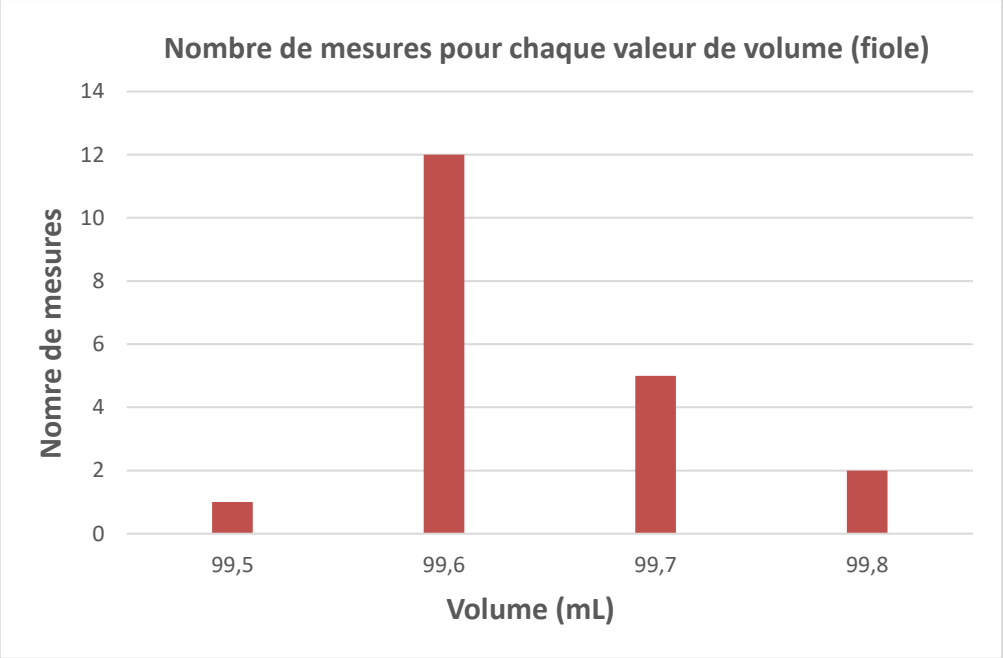
3. Comparer la justesse et la fidélité des mesures d'intensité réalisées.
Les mesures réalisées avec les multimètres MX53 sont plus fidèles (écart-type plus faible).
Pour chaque famille d'instrument on calcule l'écart entre la valeur moyenne et la valeur de référence.

	MX22	MX53
Ecart (mA)	0,007	0,0012

Pour chaque famille d'instrument, l'écart est inférieur à l'incertitude-type. Le critère de justesse des mesures est validé.

EXERCICE 5 : Analyse d'une série de mesures de volume

Une série de mesure de volume est réalisée à l'aide d'une fiole de jaugée de volume nominal 100 mL. Pour cela un groupe d'élèves a mesuré la masse d'eau introduite dans la fiole jaugée puis a déterminé le volume correspondant à l'aide de la valeur de la masse volumique. Une fois la fiole partiellement vidée, les élèves ont renouvelé l'opération 19 fois. Ils ont construit l'histogramme représentatif de la série des 20 mesures de volume suivant.



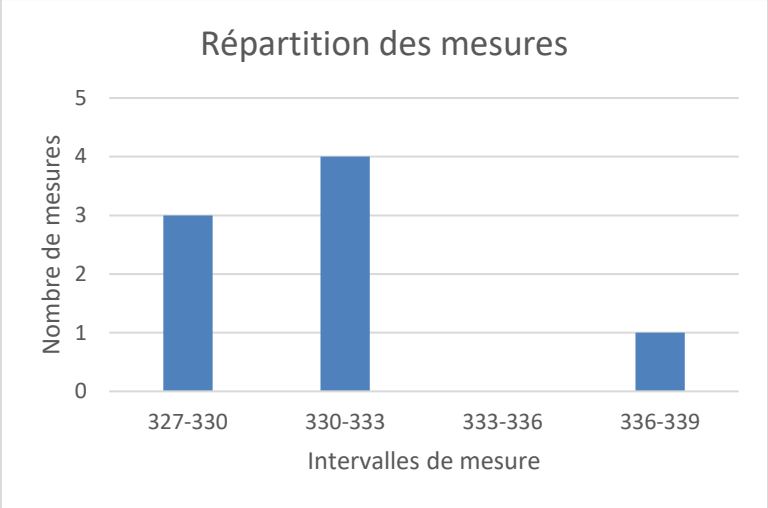
1. Calculer la valeur moyenne du volume.
   V_{moyen} = 99,64 mL
2. Calculer l'écart-type de la série de valeurs.
   s(V) = 0,07 mL
3. Calculer l'écart entre la valeur nominale de la fiole et la valeur moyenne.
   $V_{référence} - V_{moyen}$ = 0,36 mL
4. Comparer l'écart précédent avec l'écart-type. Que pouvez-vous dire de la justesse de la fiole jaugée ?
   L'écart est grand devant l'écart-type de la série de mesure. Le critère de justesse de mesure de volume avec la fiole jaugée n'est pas respecté.

EXERCICE 6 : Mesure de la vitesse du son

En TP, 8 groupes d'une même classe de première STL déterminent la vitesse du son dans l'air. Cette vitesse est notée c. Les 8 résultats sont regroupés dans le tableau suivant:

numéro du groupe	1	2	3	4	5	6	7	8
Valeur de la vitesse en $m.s^{-1}$	332,0	328,0	329,5	331,0	339,0	332,0	327,0	331,5

L'histogramme de répartition des mesures est le suivant :



1. Existe-t-il une ou des mesures aberrantes ? Justifier votre raisonnement.
   Toutes les mesures se trouvent dans l'intervalle [337 ;333] $m.s^{-1}$ sauf celle à 339 $m.s^{-1}$ qui est éloignée de cet intervalle. La mesure à 339 $m.s^{-1}$ est sans doute une mesure aberrante.
2. Eliminer la ou les valeurs aberrantes et calculer la valeur moyenne ainsi que l'écart-type de la série de mesures.
   La valeur moyenne est égale à 330 $m.s^{-1}$ et l'écart-type est s = 2 $m.s^{-1}$.
3. La valeur de référence est $c_{référence}$ = 330,5 $m.s^{-1}$.
   Le protocole de mesure de célérité est-il validé ?
   L'écart est inférieur à l'écart-type. Le protocole est donc validé.

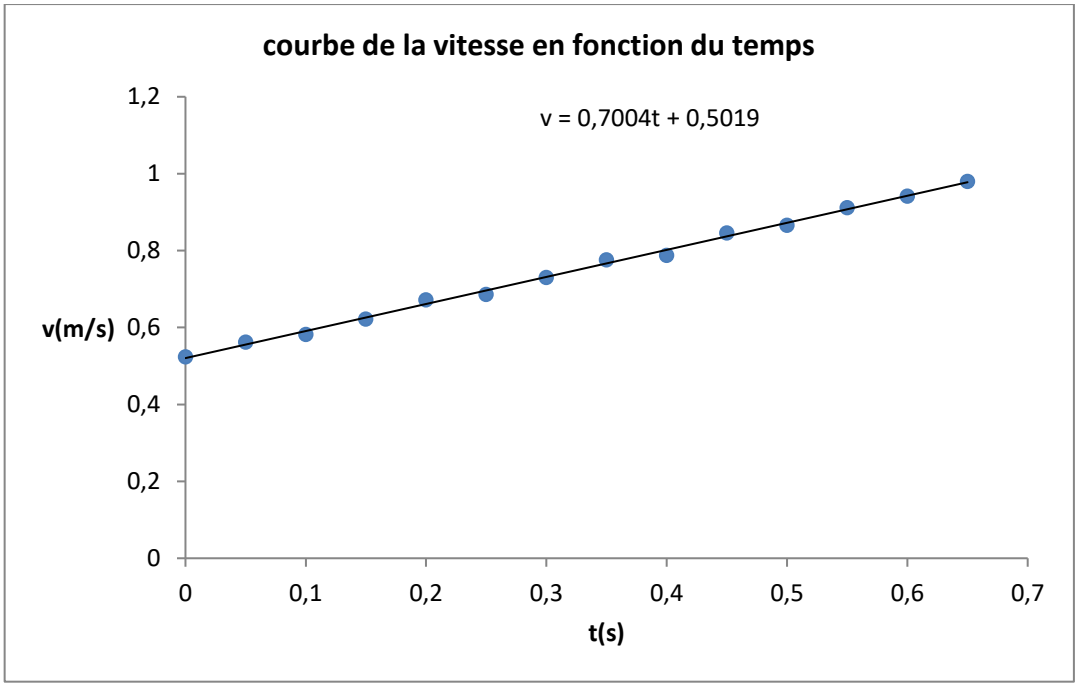
Donnée : critère de validité du protocole : $u(M) \leq |m - m_{référence}|$

EXERCICE 7 : Vitesse et accélération d'une voiture miniature

Une voiture miniature est lâchée en haut d'une rampe avec une vitesse initiale.
Sa vitesse et son accélération sont mesurées simultanément.
Les mesures de l'accélération sont disponibles dans le tableau suivant :

Temps (s)	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Accélération (m/s^2)	0,6587	0,6974	0,6926	0,6587	0,6587	0,7701	0,6538	0,6974	0,7459	0,6829	0,6442

La courbe représentative de la vitesse en fonction du temps est tracée ci-dessous.



1. Calculer la moyenne de l'accélération puis l'écart-type correspondant.
   a_{moyen} = 0,69 $m.s^{-2}$ et s(a) = 0,04 $m.s^{-2}$
2. Comparer le coefficient directeur de la droite qui modélise l'évolution de la vitesse en fonction du temps avec la valeur moyenne de l'accélération.
   Le coefficient directeur est égal à 0,70 $m.s^{-2}$. L'écart entre le coefficient directeur et l'accélération est inférieur à l'écart-type. On peut donc conclure que l'accélération moyenne s'identifie au coefficient directeur de la droite représentative de la vitesse.
3. En déduire une expression littérale de v(t).
   $v(t) = a_{moyen}t+v_0$