PRINCIPALES UNITES DES GRANDEURS PHYSIQUES DU SI (M.K.S.A RATIONALISE)

1- ***GRANDEURS ET UNITES FONDAMONTALES*** :

GRANDEUR FONDAMENTALE	SYMBOLE	UNITE FONDAMENTALE	SYMBOLE
LONGUEUR	**L**	METRE	**M**
MASSE	**M**	KILOGRAMME	**Kg**
TEMPS	**T**	SECONDE	**S**
INTENSITE DU COURANT	**I**	AMPERE	**A**
INTENSITE LUMINEUSE	**J**	CANDELA	**Cd**
TEMPERATURE THERMODYNAMIQUE	**T**	DEGRE KELVIN	**°K**

UNITES SUPPLIMETAIRES

ANGLE PLAN	**ω**	RADIAN	**RAD**
ANGLE SOLIDE	**Ω**	STERADIAN	**STR**

2- ***MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES DECIMAUX DES UNITES S.I.***

FACTEUR	*PREFIXE*	*SYMBOLE*	*FACTEUR*	*PREFIXE*	*SYMBOLE*
10^{1}	DECA	**DA**	10^{-1}	DECI	**D**
10^{2}	HECTO	**H**	10^{-2}	CENTI	**C**
10^{3}	KILO	**K**	10^{-3}	MILI	**M**
10^{6}	MEGA	**M**	10^{-6}	MICRO	**μ**
10^{9}	GIGA	**G**	10^{-9}	NANO	**N**
10^{12}	TERA	**T**	10^{-12}	PICO	**p**
1DEGRE=0.0174 RAD		1 RAD= 57°20		1TOUR= 2π RAD=360°	

3- ***UNITES DERIVES :***

GRANDEUR DERIVE	SYMBOLE	UNITES DERIVES		
		DENOMINATION	SYMBOLE	DIMENSION
VITESSE	**V**	METRE PAR SECONDE	**m/s**	LT^{-1}
ACCELERATION	**γ**	METRE PAR SECONDE^{2}	**m/s^{2}**	LT^{-2}
FORCE	**F**	NEWTON	**N**	MLT^{-2}
ENERGIE	**W**	JOULE	**J**	$ML^{2}T^{-2}$
PRESSION	**P**	NEWTON PAR METRE^{2}	**N/m^{2}**	$ML^{-1}T^{-2}$
PUISSACE	**P**	WATT	**W**	$ML^{2}T^{-3}$
QUANTITE ELECTRIQUE	**Q**	COULOMB	**Cb**	TI
TENSION ELECTRIQUE	**U ; E**	VOLT	**V**	$ML^{2}T^{-3} I^{-1}$
INTENSITE DU CHAMP ELECTRIQUE	**E**	VOLT PAR METRE	**V/m**	$MLT^{-3} I^{-1}$
RESISTANCE	**R**	OHM	**Ω**	$ML^{2}T^{-3} I^{-2}$
CAPACITE	**C**	FARAD	**F**	$M^{-1}L^{-2}T^{4} I^{2}$
FLUX MAGNETIQUE	**Φ**	WEBER	**Wb**	$ML^{2}T^{-2} I^{-1}$
INDUCTION	**L**	HENRY	**H**	$ML^{2}T^{-2} I^{-2}$
INDUCTION MAGNETIQUE	**B**	TESLA	**T**	$MT^{-2} I^{-1}$
INTENSITE DU CHAMP MAGNETIQUE	**H**	AMPERE PAR METRE	**A/m**	$L^{-1} I$
PERMITIVITE	**ε**	FARAD PAR METRE	**F/m**	$M^{-1}L^{-3}T^{4} I^{2}$
CONDUCTIVITE	**σ**	SIEMES PAR SECOND	**S/m**	MLT^{-3}
RESISTIVITE	**ρ**	OHM.METRE	**Ω.m**	$ML^{3}T^{-3} I^{-2}$
PERMIABILITE	**μ**	HENRY PAR METRE	**H/m**	$MLT^{-2} I^{-2}$
FORCE MAGNETOMOTRICE	**F**	AMPERE. TOUR	**A.TR**	I

Préambule

Pour certains étudiants, malheureusement, faire un TP c'est juste appuyer sur quelques boutons, remplir à la va-vite des tableaux, tracer des graphes et le tour est joué.

C'est loin d'être ce que nous attendons d'eux durant les séances de travail pratique.

1- Se **familiariser** posément et le mieux possible avec l'emploi de certains appareils et de bien assimiler leur mode de fonctionnement.

2- Apprendre à e**ntreprendre** une vraie démarche d'expérimentation :

- Qu'est-ce que je cherche ?
- De quoi je dispose pour cela ?
- Qu'est-ce que j'ai comme connaissances théoriques qui peuvent m'éclairer ?
- Comment je peux exploiter au maximum mon matériel ?

3- Apprendre à **confronter** les résultats expérimentaux avec ce que prédit la théorie.

Ce n'est pas évident, dans beaucoup de cas le résultat expérimental est loin du résultat théorique

- Manque de précision sur la mesure de tel ou tel paramètre.
- Négligence de certains facteurs.

4- S'initier à **la rédaction** claire et concise d'un rapport de travail (Compte rendu du TP)

- Malheureusement c'est souvent du « copier-coller »
- Manque de rigueur dans les réponses aux questions posées.

5- Faire l'apprentissage au **travail de groupe**. Celui-ci doit d'abord se baser sur un très sérieux travail individuel, et c'est la synthèse des diverses contributions des éléments du groupe qui donnera une véritable valeur au travail fini.

Toutes ces « **exigence** » n'ont d'autres fins que d'initier l'étudiant au travail productif.

- Mener soi-même une expérience du début jusqu'à la fin.
- Obtenir un résultat relativement précis ayant un sens.
- Savoir interpréter ce résultat.

Dans les **TP** les étudiants ont donc la possibilité de faire eux-mêmes de vrais expériences, de manipuler directement le matériel nécessaire pour vérifier telle ou telle loi physique, ou pour trouver tel ou tel paramètre physique.

La **conclusion** a pour but de faire la synthèse de façon concise des principaux résultats obtenus au cours de **TP**, en évoquant ses perspectives ou ses applications générales.

INCERTITUDE

- On appelle **grandeur physique** toute « caractéristique » ou paramètre qui parent de décrire l'état et l'évolution d'un système physique/ masse, charge électrique, vitesse, concentration, température d'un corps, résistance électrique, masse volumique d'un gaze, etc.…
- Toutes les grandeurs physiques s'expriment en fonction des unités de base **S.I. (M.K.S.A)** : (**M**ètre, **K**ilogramme, **S**econde, **A**mpère).
- Lorsqu'on fait la mesure d'une grandeur physique il est impossible d'obtenir une valeur parfaitement exacte.

Ainsi, la valeur numérique issue est donc toujours une **approximation**.

- Une **mesure expérimentale** n'a donc de valeur que si lui associe une estimation de **l'erreur**. Elle permet d'exprimer une grandeur par une **valeur numérique** et une **unité**.
- Quand nous effectuons une mesure, deux types d'erreurs entrent en jeu :
  - ***Les erreurs systématiques*** : elles sont dues le plus souvent à une imperfection de l'appareillage ou de la technique de mesure.

Elles agissant toujours dans le même sens et leur amplitude est constante.

  - ***Les erreurs aléatoires*** : généralement elles proviennent des caractéristiques de l'appareillage, la technique de mesure, et de l'intervention du manipulateur.

Deux méthodes sont donc utilisées pour évaluer les **erreurs aléatoires** :

- ***Méthode statistique*** : elle est la méthode la plus rigoureuse d'évaluation des erreurs aléatoires, mais elle exige de répéter un grand nombre de fois la manipulation.
- ***Méthode par calcul d'incertitudes*** : Une manière simple d'estimer l'incertitude sur la valeur d'une grandeur physique est d'utiliser ce qu'on appelle un **calcul d'incertitude**.
- Le **calcul d'erreur**, ou **calcul d'incertitudes** est un ensemble de techniques permettant d'estimer l'erreur faite sur un résultat numérique, à partir des **incertitudes** ou des **erreurs** faites sur les mesure qui ont conduit à ce résultat.

Ceci permet donc d'estimer la propagation des erreurs

METHODE DU CALCUL D'INCERTITUDE PAR LA DERIVEE LGARITHMIQUE

Soit la fonction suivante $\boldsymbol{g = f(x, y, z)}$

1- Déterminer quelles sont les grandeurs (x,y) entachées d'erreurs.
2- Calculer $\frac{dg}{g}$ en fonction de **dx** et **dy**
3- Grouper les termes qui ont le même facteur différentiel.
4- Prendre les valeurs absolues de termes.
5- Majorer $|dx|$ et $|dy|$ par Δx et Δy

6- Opérer une mise en facteur l'orque les incertitudes Δx et Δy sont égales.

7- Effectuer le calcul numérique.

- En physique, **l'incertitude** désigne la marge d'imprécision sur la valeur de la mesure d'une grandeur.

  Le concept est relié à celui **d'erreur**, qui est l'écart être la **valeur mesurée** et la **vraie valeur**.

- Lors d'une mesure, il impose de tenir compte de **la précision** des instruments utilisés et de l'influence de cette précision sur les résultats calculés.

  Soit une mesure de longueur **X= (25.1±0.5) cm**

  La valeur centrale de la mesure **X=25.1cm**

- **L'incertitude absolue** de cette mesure est désignée par **ΔX=0.5cm**.
- **L'incertitude relative** de la mesure est le rapport de l'incertitude absolue sur la valeur centrale et s'exprime par **ΔX/X**.

  Dans notre exemple **ΔX/X=0.5÷25.1=0.02**. L'incertitude relative est donc **0.02** ou **2%**. Ceci signifie que la mesure est précise à **2%** près.

  On peut écrire aussi bien **(25.1±0.5) cm** ou **(25.1±2%**).

- L'incertitude absolue d'une somme ou d'une différence est égale à la somme des incertitudes absolues : **Z=X+Y → ΔZ=ΔX+ΔY** de même si **Z=X-Y → ΔZ=ΔX+ΔY**.
- L'incertitude relative d'un produit ou d'un quotient est égale à la somme des incertitudes relatives de mesures : **Z=XY → ΔZ/Z=ΔX/X+ΔY/Y** et **Z=X/Y → ΔZ/Z=ΔX/X+ΔY/Y.**
- Dans le cas où nous avons une quantité Z qui est fonction de mesure **X : Z= F(X)**, l'incertitude absolue de **Z** est égale à la dérivée de la fonction multiplier par l'incertitude absolu de la mesure : **Z= F(X) → ΔZ=F'(x)ΔX** où **F'(X)** est la dérivée par rapport à **X**.

Les incertitudes absolues s'ajoutent pour l'adition et la soustraction.

Les incertitudes relatives s'ajoutant pour la multiplication et la division.

- La valeur d'une grandeur g doit toujours être accompagnée d'une incertitude **Δg** : **g =[g±Δg]**.
- Cette écriture signifie que la vraie valeur de g est comprise dans l'intervalle **: [g-Δg ; g+Δg]**
- Dans le cas où l'incertitude sur une grandeur n'est pas explicitement donnée, on admet le niveau du dernier chiffre significatif comme ordre de grandeur de l'incertitude.

Ex : si on écrit **8.32N** cela signifie que l'incertitude est de l'ordre de **0.01N**.

x=23.0 cm ceci signifie que **x** est connu à **±0.1cm** (on dira que la distance est connue à **0.2m** près).

L=1.37 cm ceci signifie que **L= (1.37±0.01)cm**

M=350 Kg ceci signifie que **M=(350±1)Kg**.

CHIFFRES SIGNIFICATIFS

Les résultats d'un calcul ne comporter plus de **chiffres significatifs** que le facteur qui en a le moins. Dans une **mesure physique**, le nombre de chiffres significatifs détermine la **précision** de la mesure. Il s'agit des chiffres connus avec certitude plus le premier chiffre incertain.

Ex : **1234** à quatre **(4)** chiffres significatifs. Le premier chiffre incertain est le 5.

- Le nombre de chiffres significatifs d'un résultat dépend d'abord de la précision et de la qualité des instruments de mesures disponibles : **La précision coute chère**.
- Les appareils utilisés donnent une précision de l'ordre de **0.1%** à **0.2%** : il est donc illusoire, dans les exercices expériences, d'espérer plus de **03** chiffre significatifs.
- L'incertitude absolue d'un résultat doit être **arrondie** à un **seul** chiffre significatif.
- Dans la pratique l'incertitude influe en général sur le dernier chiffre d'un résultat.
- Il est indispensable que la mesure et l'incertitude aient le **même nombre de chiffres** après la virgule.
- Les **0** placés à **gauche** du nombre ne comptent pas : **0.06** est exprimé avec **un** seul chiffre significatif.
- Les **0** placés à **droit** du nombre comptent : **2.800** est exprimé avec **4** chiffre significatifs.
- La position de la **virgule** n'intervient pas : **1.25** et **12.8** sont exprimés avec **3** chiffres significatifs.

L'arrondi d'un nombre :

C'est une valeur approchée de ce nombre, obtenu à partir de son développement décimal, en réduisant le nombre de chiffres significatifs.

En pratique, la méthode consiste à séparer les dix chiffres décimaux **(0, 1,…,9)** en deux partir :

- Les cinq premiers : **0,1, 2, 3** et **4** pour les quels on passe à la valeur inférieure.
- Les cinq derniers : **5,6, 7, 8** et **9** pour les quels on passe à la valeur supérieur.

Cette méthode limite l'accumulation d'erreurs lors de calculs successifs.

La notation scientifique :

C'est une présentation d'un nombre décimal sous la forme d'un produit de deux facteurs.

Le premier facteur, appelé **mantisse**, est un nombre décimale dont la valeur absolue de la partie entière et comprise entre **1** et **9** c-à-dire qu'il y a un seul chiffre (**entier non nul**) à gauche de la virgule, puis un nombre variable de décimales, qui dépend de la précision.

Le second facteur, appelé **exposant**, est une puissance entière de **10**.

Ex : La calculatrice affiche **378.33333**. On écrit $\mathbf{3.7833\square 10^2}$ grâce à la notation scientifique. On garde deux chiffres significatifs en arrondissant aux dixième le **3** et le **8** : $\mathbf{3.8\square 10^2}$**.**

Le recours à la notation scientifique est une façon d'éviter toute ambiguïté.

Cette notation est très utile pour les quantités physiques dont les valeurs sont souvent encadrées avec une marge d'erreur. La notation scientifique (**□10ⁿ**) est souvent utilisée.

- Effectuer toujours les **calculs** en gardant tous les chiffres présents, et arrondir la **réponse** à la fin des calculs seulement, selon le nombre qui a le moins de chiffres significatifs.
- Les appareils ne sont pas parfaits et compte tenu de leurs imperfections, un résultat doit être plus correctement donné par un « encadrement » qui tient compte de l'incertitude de la mesure.
- L'incertitude absolu doit impérativement être arrondie, presque toujours pas valeur supérieur, et on ne garde qu'un chiffre significatif.
- Il est indispensable que la mesure et l'incertitude absolue aient le même nombre de chiffres significatifs après la virgule.
- Lors de la présentation finale d'un résultat numérique il est important d'accorder le nombre de chiffres significatifs adéquat. C'est simple question de clarté d'expression :

AU LIEU DE [**125.66±0.0878**] ON AURA [**125.7±0.9]**

AU LIEU DE **[0.05295±0.002369]** ON AURA **[0.053±0.003]**

AU LIEU DE **[246.462±2.754]** ON AURA **[246±3]**

AU LIEU DE **[134.753±2]** ON AURA **[135±2]**

Pour **12.0cm** le résultat est exprimé à **0.1 cm** près, avec **3** chiffres significatifs.

Pour **0.65m** le résultat est exprimé à **0.01 m** près, avec **2** chiffres significatifs.

Pour **6mm** le résultat est exprimé à **1 mm** près, avec **1** chiffre significatif.

Pour $\mathbf{2.4 \square 10^5}$ le résultat est exprimé à $\mathbf{0.1 \square 10^5}$ près, avec **2** chiffres significatifs.

LA MECANIQUE DE NEWTON

Système mécanique **:** Objet ou ensemble d'objets considérés du point de vue de leur mouvement ou des forces qu'ils subissent.

Forces extérieure : Force exerçant ente deux partie d'un même système.

Référentiel : Solide de référentiel par rapport auquel on va décrire le mouvement du système

Centre d'inertie : Point particulier du système pour lequel le mouvement est plus facile à décrire car le plus simple.

1ère loi de Newton : Dans référentiel galiléen tout les corps demeure au repos ou en mouvement rectiligne uniforme si les forces qu'il subit se compensent (et réciproquement).

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \quad \rightarrow \quad \vec{V}_G = \overrightarrow{Cst}$$

Un référentiel est galiléen si dans celui-ci le principe d'inertie est vérifié.

2ème loi de Newton : Théorème de centre d'inertie, principe fondamental de la dynamique. Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures s'appliquant à un système à un instant **t** est proportionnelle à l'accélération du centre d'inertie **G** du système, le coefficient de proportionnalité étant la masse du système :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

3

3eme loi de Newton : Principe d'action et de réaction

Si A et B sont deux objet en interaction alors, la force exercée par **A** sur **B** se note $\vec{F}_{A/B}$ et est l'opposée de la force exercée par **B** sur **A** : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$.

REPRESENTATION GRAPHIQUE

Un résultat de mesures se traduisant par un tableau qui se sert à tracer le **graphique (courbe)** point par point. En réalité, chaque point est un rectangle de côté **2Δx** et **2Δy**.

La courbe doit être **continue** (et **non brisée**), à moins qu'il y ait une discontinuité du phénomène physique.

Le phénomène étudié obéit, en général, à une loi régulière et la courbe qui la représente doit être régulière.

TRACE PRATIQUE D'UNE COURBE :

1- Utiliser une feuille millimétrée non transparente (20□**30).**
2- Choisir l'origine et l'échelle des axes de manière que la courbe occupe toute la feuille.
3- Marquer sur les axes des repères simples et régulièrement espacés.

Ne jamais inscrire les valeurs expérimentales souvent compliquées.

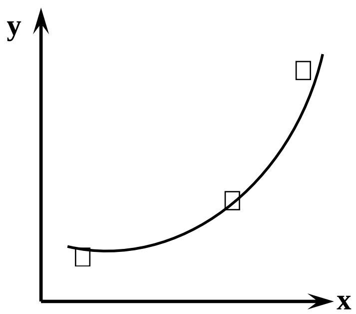
Indiquer l'unité sur chaque axe.

4- Inscrire sur le graphique les résultats expérimentaux au crayon par une petite croix ou un rectangle dont les dimensions sont égales aux erreurs commises.

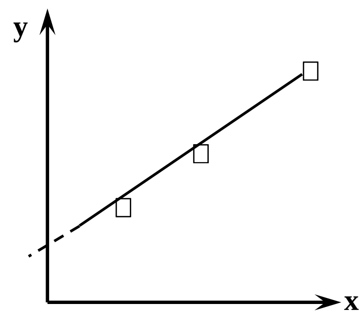
Faire une croix à l'origine si elle correspond à une mesure.

5- Joindre au mieux les points expérimentaux par une courbe continue au crayon.

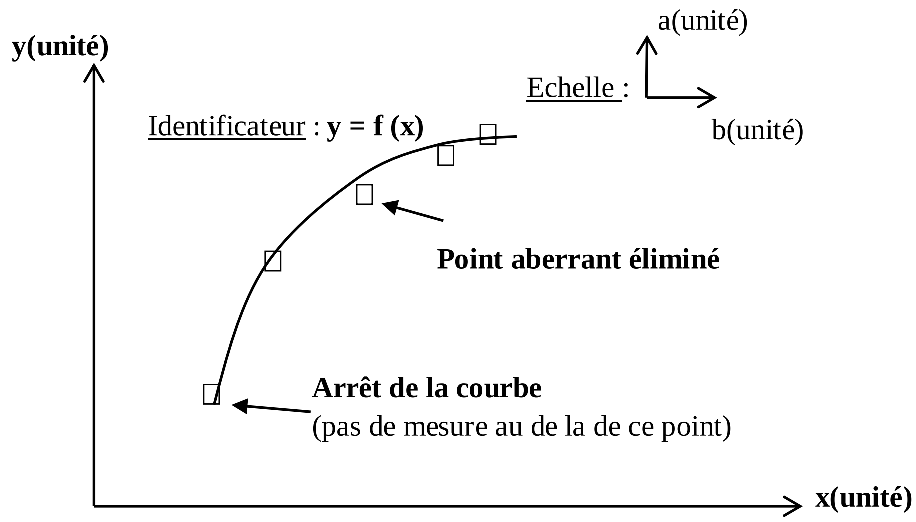
Ainsi, dans le cas d'un phénomène linéaire, le coefficient de proportionnalité sera mieux déterminé à partir de la courbe qu'à partir de valeurs expérimentales.



Extrapolation interdite : au voisinage de l'origine le phénomène n'est pas linéaire



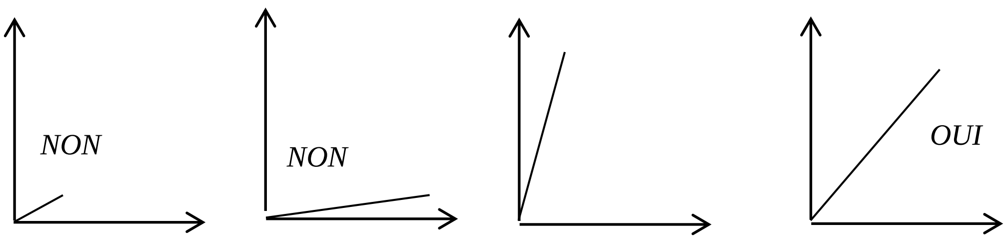
Extrapolation permise : Le phénomène étudié semble être linéaire.



Coefficient directeur (pente) :

- On porte les points sur un graph (represente par des **croix**), on trace la courbe qui semble passer au mieux par les **points experimentaux** (voir ci-dessus).
- L'ordonnee a l'origine se lit directement.
- Le **coefficient directeur** se calcule a l'aide de **deux points de la droite** (et non pas deux points du tableau de mesure) convenablement choisis (suffisament eloignes et facilement reperables).

Remarque : quelques exemples des representations graphiques correctes ou erronees.



Equation aux dimensions:

Il est commode pour une grandeur physique **X** d'introduire sa dimension qui sera notée **[X].**

Longueur : **L** Masse : **M** Temps : **T**Intensite : **I**$[X]= M^aL^bT^C$

Ex : Vitesse : LT^{-1} ; Viscosité dynamique :$ML^{-1}T^{-1}$

TP N 1 : CHUTE LIBRE

I- BUT

- Détermination de la relation fonctionnelle entre la **hauteur** de la chute et le **temps** de la chute.
- Détermination de l'accélération de la pesanteur.

II- Préparation de la manipulation

1- On laisse tomber un corps d'une hauteur de **320 m**.

Combien dure la chute et à quelle vitesse arrive-t-il au sol si on néglige la résistance de l'aire ?

2- Prendre **g = 10m/s²**.Choisir l'axe (sens) et les origines (abscisses et temps).

3- On lance un corps vers le bas avec une vitesse initiale verticale de **10m/s**, une hauteur de 400m. Choisir l'axe (sens) et les origines (abscisses et temps).

Combien de temps dura la chute ? Quelle est la vitesse en arrivant au sol ?

III- PRINCIPE

- La trajectoire de la chute libre est la **verticale**.
- Un objet en mouvement de chute libre lorsqu'il n'est pas soumis qu'a son poids.
- Une bille tombe en chute libre sur un parcours défini.

On mesure le temps de chute que l'on met sous forme de diagramme. Ceci permet de déterminer **l'accélération terrestre**.

- Dans tout le **TP**, nous conserverons le même système et le même référentiel.
  - Système : une bille de masse **m** et de centre d'inertie **G**.
  - Référentiel : terrestre supposé galiléen.
  - Bilan des forces : le poids du solide, les autres forces étant négligées.
- La nature de l'objet utilisé (**bille**) pour la chute est très **dense** et de profil aérodynamique.

IV- MANIPULATION:

A- Chute libre sans vitesse initiale:

- On fixe dans le **déclencheur** une bille conductrice d'acticité qui ferme le circuit du courant de démarrage.
- Pour déterminer de la hauteur de chute **effective** avec le repérage du dispositif de déclenchement, il faut tenir compte du rayon de la bille **(θ≈13mm**).
- Compteur électronique : FUNCTION/TIMER ; TRIGGER
  DIGITS/ms
- Libérer la bille pour déclencher **simultanément** le mouvement et le compteur électronique.
- La bille tombe dans le plateau de **l'interrupteur à bascule**, qui arrête le compteur.

- Noter le temps t_1 que met la bille pour parcourir la distance **h**. Noter les temps $\mathbf{t_2}$ et $\mathbf{t_3}$.

h(cm)	$\mathbf{t_1}$	$\mathbf{t_2}$	$\mathbf{t_3}$	$\mathbf{t_m}$	$\mathbf{t_m^2}$	$\mathbf{\Delta t_m}$	$\mathbf{h/t_m}$

1- Tracer la courbe $\mathbf{h= f(t_m^2)}$ sur la feuille millimétrée, puis commenter.

2- Déduire **graphiquement** l'accélération de la pesanteur g_{gr}.
Prendre pour calcul de la pente les deux points sur la courbe tel que : $\mathbf{h_1 = 5cm}$ et $\mathbf{h_2=40cm}$. Indiquer ces deux points sur la courbe par des **croix**.

3- Quel est le type de mouvement dans la chute libre.

4- Apres une chute libre de hauteur h, la vitesse de la bille est-elle proportionnelle à h.

B- Chute libre avec vitesse initiale:

- Fixer la barrière lumineuse à une hauteur h=…cm.
- Compteur électronique : FUNCTION/TIMER ; DIGITS/ms TRIGGER
- Dans les mêmes conditions que précédemment, noter le temps affiche par le compteur électronique pour une distance h séparant la barrière lumineuse de l'interrupteur à bascule.

h(cm)	$\mathbf{t_1}$	$\mathbf{t_2}$	$\mathbf{t_3}$	$\mathbf{t_m}$	$\mathbf{h/t_m}$	$\mathbf{\Delta t_m}$	$\mathbf{\Delta h/t_m}$

1- Calculer la vitesse **V** pour une hauteur de chute de ….cm (prendre $g = g_{gr}$).

2- Tracer $\mathbf{h/t_m= f(t_m)}$ sur une feuille millimétrée.

3- Déduire **graphiquement** la vitesse initiale V_0 du mouvement.

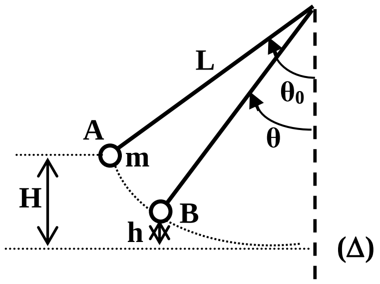
4- Comparer les vitesses **V** et $\mathbf{V_0}$. Justifier les écarts éventuels.

$$t_m=\frac{(t_1+t_2+t_3)}{3}\ ; \qquad \Delta t_m=\frac{\sum_{i=1}^{3}|t_m-t_i|}{3}\ ; \qquad \Delta h=1mm$$

TP N°02: PENDULE SIMPLE

I- BUT :

Etude de la variation de la **période T** du pendule simple en fonction de **la longueur du fil L** et du **déplacement angulaire θ**.



Détermination de **l'accélération de la pesanteur g**.

II- PREPARATION DE LA MANIPULATION:

On considère le schéma ci-contre:

1- En utilisant la loi de conservation d'énergie entre A et B, donner l'équation différentielle qui régit ce système.
2- En considérant l'angle θ petit tel que sin θ~ θ, déduire la période d'oscillation T de ce pendule simple.

Rappels :

L'énergie potentiel d'un corps de masse m placée à une hauteur **H** est $\mathbf{E_p=mgH}$.

L'énergie cinétique d'un corps de masse m qui se déplace à la vitesse **V** est : $\mathbf{E_c=\frac{1}{2}mV^2}$.

Soit $\frac{d\theta}{dt}$ la vitesse angulaire du pendule. La vitesse de la masse est alors $\mathbf{V=L\frac{d\theta}{dt}}$.

Soit $\frac{d^2\theta}{dt^2}$ l'accélération angulaire du pendule.

L'énergie mécanique du pendule, est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentiel de pesanteur : $\boldsymbol{E_{mec} = E_C + E_P}$.

Si un corps subit que des forces conservatives (forces de frottement négligées), son énergie mécanique le long de son chemin AB est conservée : $\boldsymbol{E_{mec}(A) = E_{mec}(B)}$.

III- PRINCIPE :

- Un pendule pesant : c'est un point matériel de masse m qui est à l'origine du mouvement.
- Un pendule est constitué :
  - D'un solide de masse **m** de petite dimension
  - D'un fil inextensible de longueur **L** et de masse négligeable devant **m**.
- Le pendule pesant est assimilable à un pendule simple si **L≥ D (D** étant le diamètre du solide).
- Une oscillation corresponde à un aller-retour de la bille depuis la position d'où on la lâche. L'unité de cette période **T** est **seconde**.
- Un phénomène qui se reproduit identiquement à lui-même à l'intervalle de temps régulier est appelé phénomène périodique.

- Sous l'effet de son poids, lorsque le pendule est écarté de sa position d'équilibre (la verticale), le point matériel se déplace sur un arc de cercle : l'effet du poids tendant constamment à ramener le pendule vers sa position d'équilibre stable, celui-ci se met à osciller.
- Les paramètres susceptibles d'influer sur la période du pendule simple sont:
  - La longueur **L** du fil du pendule.
  - L'angle **θ** de déviation.
  - Le poids du pendule : la masse **m** et accélération de la gravitation **g**.

VI- MANUPULATION:

- Pour une longueur **L** du pendule et un angle **θ** fixé, on mesure la période **T** des oscillations.
- La période **T** des oscillations du pendule est la durée qui sépare deux passages consécutifs du pendule, dans le même sens, par la position de repos.
- La longueur **L** du pendule simple est prise entre le centre de la masse et le point d'attache.
- L'angle **θ** sera ajusté par le rapporteur d'angle (la position de repos étant définie par **θ=0°**).
- Régler le file pour qu'il passe par l'angle **θ=0°** du rapporteur lorsque le pendule est au repos.
- L'angle **θ** étant pris entre la verticale (position de repos) et l'électroaimant.
- **L** et **θ** étant fixés, mettre à **zéro** le compteur sur la barrière optique et la bille dans l'électroaimant.
- Ecarté de sa position de repos d'un angle **θ** et lâché sans vitesse initiale, le pendule simple effectue des oscillations périodiques libres autour de sa position d'équilibre définie par **θ=0°**.
- Relâcher le pendule en ouvrant l'interrupteur et laisser osciller.
- Noter la période **T** affichée sur le compteur de temps sur la barrière lumineuse.

Attention ! Il faut impérativement **desserrer la vis centrale** avant toute modification du plan d'oscillation du pendule.

A- *Etude de la variation de la période **T** en fonction de la longueur **L**:*

On fixera l'angle d'écartement **θ=20°** et on relèvera les périodes des oscillations du pendule pour différentes valeurs de sa longueur **L**.

L (cm)	$\sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)$	**T_t (s)**	**T(s)**	**T_m(s)**	**$T_m^2(s^2)$**	**ΔT_m(s)**

Avec : $\mathbf{T_t=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}$; $\mathbf{T=T_t\left(1+\frac{1}{4}\sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)}$, $\mathbf{T_m=\frac{T_1+T_2+T_3}{3}}$

1- Comparer $\mathbf{T_m}$, $\mathbf{T_t}$ et **T**. Justifier les écarts éventuels.

2- La période dépend-elle de la masse et de la longueur du pendule ?

3- Tracer $\mathbf{T_m^2 = f(L)}$ sur feuille millimétrée, puis commenter.

4- Déduire graphiquement la valeur de l'accélération de la pesanteur g.
Prendre pour le calcul de la pente les deux points sur la courbe tel que : **L_1=10cm** et **L_2=50cm**.
Indiquer ces deux points sur la courbe par des croix.

5- **« Battre la seconde »** signifie pour un pendule, faire un aller simple en une seconde. Quelle doit être la longueur d'un pendule qui bat la seconde?

B- *Etude de la variation de la période **T** en fonction de l'angle **θ***

La longueur **L** du pendule simple étant fixée à **L=…cm**, relever les périodes des oscillations du pendule pour différentes valeur de l'angle d'écartement **θ**

θ (°)	**θ (rad)**	$\boldsymbol{\sin\theta}$	$\boldsymbol{sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)}$	**T_t (s)**	**T(s)**	**T_m(s)**	**ΔT_m(s)**

1- La période dépend-elle de l'angle initial de balancement **θ**?

2- Tracer les courbes **T_m, T_t** et **T** en fonction de $sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)$, puis commenté. Prendre l'échelle (sur une même feuille millimétrée) : axe des ordonnées 1cm→0.055s^2 ; axe des abscisses 1cm→0.005

3- Discuter le domaine angulaire de validité de l'expression de la période $\mathbf{T_t=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}$ à partir des résultats obtenus.

4- Comment changera la période des oscillations si on la mesure sur la Lune ?

$\mathbf{T_m=\frac{T_1+T_2+T_3}{3}}$; $\mathbf{\Delta T_m=\sum_{i=1}^{3}|T_m-T_i|/3}$; **g=9.81m/s^2.**

TP N° 03 : FORCE CENTRIFUGE

I- BUT :

Etude d'un mouvement circulaire uniforme

II- PREPARATION DE LA MANIPULATION :

Soit un chariot de masse **M** qui se déplacer sans frottement sur des rails horizontaux reliés à un axe de rotation (Δ) par l'intermédiaire d'un ressort de raideur **K**.

Initialement, le chariot étant à une distance $\mathbf{r_0}$ de l'axe de rotation ($\boldsymbol{\omega}$**=0** : ressort au repos), on fait tourner le système avec une vitesse angulaire $\boldsymbol{\omega}$ constante).

Déterminer l'expression :

1- De la force centrifuge $\left|\vec{\mathbf{F}}_c\right|=\mathbf{f(M, \omega, r)}$.
2- Du déplacement du chariot $\mathbf{\Delta r=r-r_0=f(M, \omega, r_0, K)}$

III- Dispositif :

- Une plate-forme horizontale tourne autour d'un axe vertical.
- Cet axe est entrainé, à traverse une courroie, par un **moteur** à vitesse réglable.
- Sur la plate-forme, un **chariot** est susceptible de se déplacer.
- Lorsque la plate-forme tourne à vitesse constante, le centre de masse du chariot décrit une trajectoire circulaire uniforme avec une vitesse angulaire ω.
- Le temps mis par le chariot pour effectuer un tour complet est constant, il est défini comme étant la période du mouvement circulaire uniforme : $T=\frac{2\pi}{\omega}$
- La rotation de la plate-forme génère une force sur le chariot.

- Celle-ci est compensée par la tension exercée par le fil et mesurer par un dynamomètre qui donne le module de FD de cette force qui agisse sur le chariot durant la rotation.
- Le moteur possède un potentiomètre permettant de faire varier la vitesse de rotation, ainsi que deux boutons pour démarrer la rotation dans un sens ou dans l'autre.

Attention ! Ce dispositif expérimental est très fragile.
Augmenter très progressivement la vitesse de rotation de la plate-forme, pour éviter de détériorer le dynamomètre (force maximale 2N). Vérifier toujours que le fil qui retient le mobile reste bien dans le col de la poulie.

- Citons deux cas, ou on peut considérer qu'il s'agit d'un mouvement circulaire uniforme.
  - La terre en mouvement circulaire uniforme au tour du soleil (dû à la gravitation)
  - La terre en rotation sur elle-même (dû à la conservation du moment cinétique)

IV- MANIPULATION

- Le but de la manipulation est d'étudier les facteurs qui influent sur l'intensité de la force centripète responsable du mouvement circulaire uniforme du mobile.
- Noter que la masse du chariot à vide est m0=50g.
- Mettre une masse m (surcharge) sur le chariot.
- Noter que la distance (axe de rotation-centre de gravitation du chariot) indiquer par la flèche rouge est : r0 = 9.3cm.
- Un dynamomètre gradué de 0 à 2N permet de mesurer la tension du fil qui agit sur le mobil.
- Noter pour chaque essai le déplacement Δr sur la règle graduée du dynamomètre.

NB : $\mathbf{F_D}$ étant la force centripète exercée sur le chariot (indiquée par le dynamomètre). **M** étant la messe du mobile (chariot+surcharge).

A- Influence de la masse du mobile M sur la force centrifuge F_C

Pour une vitesse angulaire $\omega=2\pi/0.9$ rad/s (constante), remplir le tableau ci-dessous :

m(g)	**Δr (cm)**	**ω^2 (rad^2/s^2)**	**F_D(N)**	**F_D(N)**

1- Comparer $\mathbf{F_C}$ et $\mathbf{F_D}$. Justifier les écarts éventuels

2- Tracer $\mathbf{F_C = f(M)}$ sur feuille millimétrée.
3- Donner son expression théorique en fonction des paramètres suivant **: M, ω, r_0, K.**
4- Déduire la nature de cette courbe.

B- Influence de la vitesse angulaire ω sur la force centrifuge F_C

Pour une masse donnée m= …g (constante), remplir le tableau ci-dessous :

T(s)	**Δr (cm)**	**ω^2 (rad^2/s^2)**	**F_D(N)**	**F_D(N)**

1- Comparer $\mathbf{F_C}$ et $\mathbf{F_D}$. Justifier les écarts éventuels
2- Tracer $\mathbf{F_C = f(\omega^2)}$ sur feuille millimétrée.
3- Donner son expression théorique en fonction des paramètres suivant **: M, ω, r_0, K.**
4- Déduire la nature de cette courbe.

C- Influence du déplacement de la trajectoire Δr sur la force centrifuge F_C

Pour une masse donnée m= …g (constante), remplir le tableau ci-dessous :

r_0(cm)	**Δr (cm)**	**ω^2 (rad^2/s^2)**	**F_D(N)**	**F_D(N)**

1- Comparer $\mathbf{F_C}$ et $\mathbf{F_D}$. Justifier les écarts éventuels
2- Tracer $\mathbf{F_C = f(\Delta r)}$ sur feuille millimétrée.
3- Donner la nature de cette courbe
4- Déduire graphiquement la constante de proportionnalité. Prendre pour le calcul de la pente les deux points sur la courbe tel que : $\mathbf{\Delta r_1 = 2cm}$; $\mathbf{\Delta r_2 = 6cm}$. Indiquer ces deux points sur la courbe par des ***croix***.

5- Donner la signification physique de cette constante.

TP N° 04 : PENDULE ELASTIQUE

I- BUT :

Détermination de **la constante de raideur K** d'un ressort et d'un système de ressorts ; par la méthode **statique** et **dynamique**.

II- PREPARATION DE LA MANIPULATION :

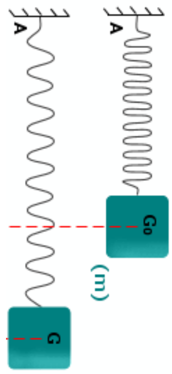
1- Dans le cas de la méthode statique, calculer l'expression de la constante de raideur qu'aurais un seul ressort remplaçant les deux ressort de raideur $\mathbf{K_1}$ et $\mathbf{K_2}$ associés :

a- En série $\mathbf{K_S = f(K_1, K_2)}$.

b- En parallèle $\mathbf{K_p = f(K_1, K_2)}$; prendre l'allongement $x_m=(x_1+x_2)/2$.

c- Si $\mathbf{K_1 = K_2}$; Calculer $\mathbf{K_S}$ et $\mathbf{K_P}$.

2- Dans le ces de la méthode dynamique, démonter la relation qui donne la raideur **K** du ressort en fonction de la période **T** mesurable et de la masse **m** connue.



III- *PRINCIPE* :

- Un pendule élastique est constitué
  - D'un solide **de masse m (kg).**
  - D'un ressort de constante de raideur **K**, de longueur à vide $\mathbf{L_0}$ et de masse négligeable.
- On appelle **x l'allongement** du ressort définie par $\mathbf{x = L- L_0}$.
- **La force de rappel** sera proportionnelle à cet allongement : $\vec{F}=-K.x.\vec{i}$

Le signe négatif de la relation traduit le fait que cette force s'oppose à l'allongement.

- La force de rappel est également proportionnelle à une constante, liée à la nature du ressort, appelée constante de raideur du ressort. Elle est notée **K** et s'exprime en **N/m**.
- Placer verticalement, le pendule élastique adopte une position d'équilibre stable pour une longueur de ressort égale à $\mathbf{L_0}$. On repère cette position d'équilibre par **x= 0**.
- En méthode dynamique, le pendule élastique est **mis en oscillation** en écartant la masse de sa position d'équilibre stable et en lâchant sans vitesse initiale. (le pendule oscille autour de **x=0**).

- Les paramètres susceptibles donc d'influer sur la période du pendule élastique sont :
  - La constante de raideur K du ressort.
  - L'amplitude des oscillations
  - Le poids du système solide-ressort.

IV- *MANIPULATION* :

A- *METHOD STATIQUE* :

L'étude est statique car les mesure seront faites sur un ressort **immobile**.

1- *Un seul ressort* :

- Accrocher l'une des extrémités du ressort à un support.
- Mesurer la longueur L_0 du ressort à vite.
- Suspendre une masse **m** à l'extrémité libre du ressort.
- Mesurer la longueur **L** de ce ressort et déduire son allongement **x**.
- En faisant varier la masse **m**, porter les résultats dans le tableau suivant.

m(g)	**x(cm)**	**K (N/m)**	**F(N)**	**Δx(cm)**	**ΔK(N/m)**	**ΔK/K(%)**

a- Tracer la courbe **F= f(x)** sur feuille millimétrée, puis commenter.

b- Déduire graphiquement la valeur de la raideur du ressort K_{gr}.

Prendre pour le calcul de la pente les deux points sur la courbe tel que : $x_1 = 2cm$ et $x_2 = 7cm$.

Indiquer ces deux points sur la courbe par des **croix**.

c- Après avoir rappelé l'unité de cette constante de raideur dans le système international, versifier l'homogénéité de l'expression par une analyse dimensionnelle.

2- *Deux ressorts en série :*

- Prendre deux ressorts identiques et les associer en série ($K_1=K_2=K_{gr}$).
- Accrocher l'une des extrémités du système de ressort à un support.
- Refaire les mêmes mesures comme dans le cas **(1).**
- Porter les résultats dans le tableau suivant.

m(g)	x(cm)	Ks (N/m)	Kst (N/m)	Δx(cm)	ΔKs(N/m)	ΔKs/Ks(%)

- Comparer Ks et Kst.

3- *Deux ressorts en parallèle :*

- Prendre deux ressorts identiques et les associer en série (**K_1=K_2=K_{gr}**)
- Accrocher l'une des extrémités du système de ressort à un support.
- Refaire les mêmes mesures comme dans le cas **(1).**
- Porter les résultats dans le tableau suivant.

m(g)	x(cm)	Kp (N/m)	Kpt (N/m)	Δx(cm)	ΔKp(N/m)	ΔKp/Kp(%)

- Comparer **Kp** et **Kpt**

NB : Kst : constante de raideur théorique de deux ressorts en série identique.

Kpt : constante de raideur théorique de deux ressorts en parallèle identique.

B- METHODE DYNAMIQUE :

L'étude est dynamique car il y a un mouvement. Le temps est un des paramètres de l'expérience

1- Un seul ressort

- Accrocher l'une des extrémités du système de ressort à un support.
- Suspendre une masse **m** à l'extrémité libre du ressort.
- **Ecarter faiblement** le pendule élastique (masse+ressort) de sa position d'équilibre et le relâcher, le pendule est alors animé d'un mouvement oscillatoire.
- Pour avoir une bonne précision sur la mesure de la période **T** des oscillations, il convient d'en mesure le temps d'un nombre suffisant d'oscillations. Relever les temps **t_1, t_2, t_3** de **10 oscillations**.
- En faisant varier m, porter les résultats dans le tableau suivant :

m(g)	t_m (s)	T(s)	T^2 (s^2)	K (N/m)	ΔT (s)	ΔK(N/m)	ΔK/K(%)

a- Tracer T^2 =f(m) sur une feuille millimétrée, puis commenter

b- Déduire graphiquement la constante de raideur K_{gr}.

c- Prendre pour le calcul de la pente les deux points sur la courbe tel que : $\mathbf{m_1 = 40g}$ et $\mathbf{m_2 = 150g}$. Indiquer ces deux points sur la courbe par des **croix**.

2- *Deux ressorts en série*

Opérer de la même manière que dans la partie **(1)**

m(g)	t_m (s)	T(s)	T^2 (s^2)	Ks (N/m)	ΔT (s)	ΔKs(N/m)	ΔKs/Ks(%)

3- *Deux ressorts en parallèle :*

Opérer de la même manière que dans la partie **(1)**

m(g)	t_m (s)	T(s)	T^2 (s^2)	Kp (N/m)	ΔT (s)	ΔKp(N/m)	ΔKp/Kp(%)

- Comparer les résultats obtenus avec les deux méthodes statique et dynamique.

Pour cela faite une évaluation des incertitudes pour les deux expériences.

$$T_m=\frac{T_1+T_2+T_3}{3}\ ;\ \Delta T_m=\sum_{i=1}^{3}|T_m\text{-}T_i|/3\quad ;\ g=9.81m/s^2.\ \Delta L=\Delta L_0=1mm$$