Chapitre II-Les grandeurs physiques

I-Définition

On appelle grandeur physique toute propriété de la nature qui peut être quantifiée par la mesure ou le calcul et dont les différentes valeurs possibles s'expriment à l'aide d'un nombre généralement accompagné d'une unité de mesure.

Exemple : la masse, la longueur, l'indice de réfraction, la densité

Il existe deux types de grandeurs physiques : les grandeurs fondamentales ou de base et les grandeurs dérivées.

Exemples.

Grandeurs physiques fondamentale : longueur, temps, masse, température

Grandeurs dérivées : volume, superficie, masse volumique, vitesse

Unités, représentations, dimensions

Grandeur physiques	Symboles	Unités (SI)	Dimensions
Grandeurs fondamentales			
Distance et longueur	l	m	[L]
Durée et temps	t	s	[T]
masse	m	kg	[M]
température		°K	[θ]
Quantité de matière	n	mol	[n]
Intensité du courant électrique	I	A	[I]
tension	U	V	$[M]\cdot[L]^{2}\cdot[T]^{-3}\cdot[I]^{-1}$
Intensité lumineuse, flux lumineux		lm	[J]
Eclairement lumineux	E	lx	$[J]\,[L]^{-2}$
Grandeurs dérivées			
superficie	s	M2	$[L]^{2}$

volume	V	m3	$[L]^3$
angle	θ, α, β	rad	-
fréquence	f	Hz	$[T]^{-1}$
vitesse	v	m s-1	$[L]\ [T]^{-1}$
accélération	a	m s-2	$[L]\ [T]^{-2}$
Vitesse angulaire	w	rad s-1	$[T]^{-1}$
Energie, travail	E	J	$[M]\ [T]^{2}\ [L]^{-2}$
Masse volumique	ρ , μ	Kg m3	$[M]\ [L]^{-3}$
pression	P	Pa	$[M]\ [L]^{-1}\ [T]^{-2}$
force	F	N	$[M]\ [L]\ [T]^{-2}$
Quantité de mouvement	p	N s	$[M]\ [L]\ [T]^{-1}$
puissance	P	w	$[M]\ [L]^{2}\ [T]^{-3}$

Les dimensions des grandeurs dérivées sont déterminées à partir des équations contenant les grandeurs dont on connaît déjà les dimensions suivant l'exemple ci-dessous :

Exemple :

$$E_C = \frac{MV^2}{2} \qquad \textit{énergie cinétique}$$

$$E_C = M \; L \; T^{-2}$$

$$K = \frac{F}{x} \qquad \textit{constante de raideur d'un resso}$$

$$K = F \; L^{-1}$$

II-Mesures et incertitudes de mesures

II-1 Précision des mesures :

Les sciences physiques sont avant tout des sciences expérimentales. Toute théorie doit impérativement être validée par l'expérience et toute expérience doit être expliquée par la théorie. Ce va et vient impose au physicien de mesurer les grandeurs physiques qu'il invente. Il se sert pour cela d'appareil de mesure qu'il fabrique. De ce fait toute valeur de grandeur physique se verra entaché d'erreurs dues à la méthode et à l'appareillage utilisé pour obtenir cette valeur.

Notion d'erreur et d'incertitude

Lorsqu'on mesure une grandeur quelconque (intensité du courant ou longueur d'une table par exemple), on ne peut jamais obtenir la valeur exacte. En effet, la valeur mesurée l'est toujours par l'intermédiaire d'un appareil de mesure, construit par l'homme et, de ce fait, possédant des défauts. Le physicien, travaillant sur des mesures lors de ses expériences doit toujours être conscient de ce fait : la mesure est entachée d'erreur ou d'incertitudes. La bonne connaissance de l'instrument de mesure et de la méthode mise en œuvre permet d'évaluer l'écart entre la mesure et la valeur exacte.

Lorsque le physicien dispose d'une valeur expérimentale ou théorique que l'on considère comme vrai (valeur de référence), il peut comparer la valeur qu'il mesure à cette valeur de référence. On parle alors d'erreur.

Par contre dans la plupart des mesures physiques, on ne dispose pas de valeurs de référence. Par une critique objective des moyens utilisés pour faire la mesure, on peut se faire une idée de l' « erreur » maximale qu'on peut avoir commise. Cette « erreur » est appelée de façon plus appropriée incertitude.

Les trois causes d'incertitudes sont :

l'imperfection de l'appareil de mesure.

le défaut de la méthode de mesure.

les limites de l'homme (lecture des appareils analogiques).

Ces incertitudes proviennent de deux types d'erreurs que sont : les erreurs fortuites et les erreurs systématiques.

Les erreurs fortuites (ou accidentelles) peuvent provenir de l'opérateur qui se trompe d'échelle de lecture, ou qui ne positionne pas son œil en face de l'aiguille, pour un appareil à aiguille (erreur de parallaxe). Pour éviter les erreurs de parallaxe, un miroir est placé sous l'aiguille. La position de l'œil est correcte lorsque l'aiguille est superposée à son reflet dans ce miroir.

Les erreurs fortuites peuvent aussi provenir d'un défaut de l'appareil de mesure ou d'un défaut sur le montage (mauvais contact, défaut d'isolement etc.).

Les erreurs systématiques: ont pour cause le choix de la méthode de mesure (la présence d'un appareil de mesure peut perturber le fonctionnement d'un montage), le manque de précision de l'œil de l'opérateur (pour les appareils à aiguille), le manque de précision des appareils de mesure (classe de précision, mauvais étalonnage, mauvais réglage des zéros).

Erreurs et Incertitude absolue

On appelle erreur absolue, le plus grand écart entre la valeur mesurée et la valeur considéré comme exacte (valeur de référence). L'erreur absolue a la même unité que la grandeur mesurée.

On appelle incertitude absolue, le plus grand écart qui existe entre la valeur mesurée et la valeur la plus probable que l'on considère comme vrai. Cette valeur probable peut être la moyenne de plusieurs mesures que l'on effectue sur la grandeur.

L'incertitude absolue a la même unité que la grandeur mesurée. Elle sera déterminée à l'aide des indications fournies par le constructeur au sujet des appareils de mesure. Il est noté ΔX

Pour les appareils analogiques: (à aiguille) l'incertitude absolue ΔX liée à la classe de l'appareil est donnée par la relation :

$$\boxed{\Delta X = \frac{Classe \times Calibre}{100}}$$

La classe de l'appareil se lit sur l'appareil.

Cette incertitude ne dépend pas de la déviation de l'aiguille, c'est pour cela qu'il faut utiliser, si possible, avec les appareils analogiques le calibre qui permet une lecture dans le dernier tiers de la graduation.

Pour les appareils numériques: l'incertitude dépend d'un terme constant plus un terme proportionnel qui est un pourcentage de la ***valeur absolue*** de la lecture.

Par exemple :

$\boxed{\Delta X = 1\% \times |lecture| + 1 digit}$ (1 digit = 1 unité sur le dernier chiffre)

Les valeurs du terme constant et du terme proportionnel sont donnés sur la documentation du constructeur et dépendent du calibre. Attention, pour calculer l'incertitude absolue il faut utiliser la ***valeur absolue*** de la lecture.

Remarque : Si un instrument de mesure n'indique pas l'incertitude absolue d'une mesure, on considère qu'elle correspond à la moitié de la plus petite unité qu'affiche l'instrument.

Erreur et incertitude relative

L'erreur relative est le quotient de l'erreur absolue à la valeur de référence. C'est une grandeur qui n'a pas d'unité. On l'exprime généralement en %.

L'incertitude relative est le quotient de l'incertitude absolue par la valeur absolue de la valeur mesurée. Elle n'a pas d'unité et peut être exprimée en pourcentage.

$$\boxed{Incertitude\_relative = \frac{Incertitude\_absolue}{|Valeur\_mesurée|}}$$

ou encore : $$\boxed{Incertitude\_relative\_\% = \frac{Incertitude\_absolue}{|Valeur\_mesurée|} \times 100}$$

Ecriture d'une valeur numérique : le nombre de chiffres significatifs

Les chiffres significatifs

Puisque les valeurs correspondant aux grandeurs étudiées en physique ne sont jamais exactes, il convient de prêter attention au nombre de chiffres qui les expriment.

Toute valeur numérique provenant d'une mesure ou d'un calcul (sur des grandeurs mesurées) doit être exprimée avec un nombre de chiffres dits significatifs tenant compte des incertitudes.

Un chiffre significatif est un chiffre nécessaire pour exprimer la valeur d'une grandeur physique mais aussi sa précision.

Exemple :

Tous les chiffres non nuls sont significatifs : 1542,3 a 5 chiffres significatifs ; **15,423** a 5 chiffres significatifs (la virgule n'intervient pas).

Les zéros placés à l'intérieur d'un nombre ou à la fin d'un nombre après la virgule, sont toujours significatifs : 2005 a 4 chiffres significatifs ; **187,50** a 5 chiffres significatifs ; **187,5** a 4 chiffres significatifs. Donc **187,50** et **187,5** ne sont pas identiques, le premier est plus précis.

Les zéros placés au début d'un nombre ne sont jamais significatifs : 0,52 a 2 chiffres significatifs ; **0532** a 3 chiffres significatifs

Les zéros placés à la fin d'un nombre sans virgule peuvent être ou ne pas être significatifs :

200 mA a 1 ou 2 ou 3 chiffres significatifs

Pour sortir de l'ambiguïté on peut changer d'unité et faire apparaître ainsi une virgule :

0,20 A a 2 chiffres significatifs

0,200 A a 3 chiffres significatifs

Le nombre de chiffre significatif indique la précision avec laquelle la valeur est connue.

Ecriture d'une valeur numérique en notation scientifique

En mathématiques, écrire X = 11 597 g, signifie que seul le dernier chiffre, 7, est incertain.
On a donc :

$11\,596{,}5 \text{ g} \leq X \leq 11\,597{,}5 \text{ g}$.

En physique, en l'absence d'indication explicite sur l'incertitude attachée à X, on admet souvent que celle-ci est égale à une demie unité du dernier chiffre exprimé
(P. Fleury et J.-P. Mathieu, Mécanique physique, 4ème édition, 1965, page 42).

Les écritures : X = 11 597 g ou X = (11 597 ± 0,5) g sont donc équivalentes

En revanche, si l'on désire indiquer que l'incertitude ΔX sur X est de 1 g, par exemple, au sens où l'intervalle (11 596 g, 11 598 g) a de fortes chances de contenir la vraie valeur de X, alors il faut écrire X = (11 597 ± 1) g.

En notation scientifique, le résultat d'une mesure s'écrit sous la forme suivante :

$$a = \hat{a} \pm \Delta a,$$

où $\hat{a}$ est l'estimateur et Δa l'incertitude absolue

Dans cette écriture, l'incertitude Δa s'exprime avec deux chiffres significatifs (au maximum) ; les derniers chiffres significatifs conservés pour l'estimateur $\hat{a}$ sont ceux sur lesquels porte Δa.

Exemples : m = (98,5 ± 1,6) g.

R = 46,8 Ω ± 0,3 Ω

P = (3,420 ± 0,026) kW.

Opérations avec les valeurs numériques et précision des résultats

Le résultat d'une multiplication (ou d'une division) de deux valeurs numériques ne peut avoir plus de chiffres significatifs que la valeur numérique qui en comporte le moins.

Exemple : 2,37 x 1,2 = 2,8

Donc on écrit 2,8 et non 2,844

0,625 : 0,5 = 1,2

Donc on écrit 1,2 et non 1,25

Le résultat d'une addition (ou d'une soustraction) de deux valeurs numériques ne peut être plus précis que la valeur numérique la moins précise.

Exemple : soient deux longueur 94 m et 8,7 m

94 m + 107 m = 103 m

0n n'écrit pas 102,7 m car la précision de la première longueur est le mètre et qu'une meilleure précision n'est pas possible pour le résultat.

Soient les surfaces 54,3 cm2 et 12,17 cm2

(54,3 - 12,17) cm2 = 42,1

On écrit n'écrit pas 42,13 cm2 mais bien 42,1 cm2

III-DIMENSION D'UNE GRANDEURS PHYSIQUE

III-1 GRANDEURS PHYSIQUES

Une grandeur physique est une quantité qui se rapporte à une propriété et qui peut se mesurer. Or, mesurer, c'est comparer. C'est comparer à l'aide d'un instrument, une grandeur physique inconnue avec une grandeur de même nature — on dira de même dimension — prise comme référence que l'on appelle étalon.

Par exemple, le poids de Miss Univers peut être comparé à celui d'un étalon (1 kg par exemple) à l'aide d'une balance : le poids de Miss Univers est une grandeur physique. En revanche, sa beauté est une propriété subjective qui ne peut être mesurée compte tenu qu'il n'existe pas d'étalon de beauté. En d'autres termes, la beauté se rapporte à l'aspect physique mais ne relève pas de la Physique ; il ne s'agit pas d'une grandeur physique.

Lors du processus de mesure (mesurage) on effectue donc une comparaison entre un étalon (l'unité) et la grandeur à mesurer puis l'on traduit le résultat par un chiffre (la mesure) assortie d'un intervalle définissant un certain niveau de confiance (l'incertitude) ainsi que l'unité :

$$X = x_m \pm \Delta x \quad \text{unité}$$

La détermination de la mesure et de l'incertitude fait l'objet d'un autre chapitre. Ici on s'intéresse au contenu dimensionnel des grandeurs physiques et du choix de l'unité.

III-2 NOTION DE DIMENSION

En général, le résultat d'une mesure dépend de l'étalon utilisé. Par exemple, si l'on compare la longueur $\ell\ell$ d'une règle de 1 m avec un décimètre, on obtient $\ell=10\ell=10$ dm.

Par définition,

Une grandeur physique G a une dimension si sa mesure dépend du choix de l'étalon de mesure. Sa dimension est notée [G].

Il ne faut pas confondre cette notion avec l'unité qui est purement conventionnelle alors que la dimension est une propriété indépendante de tout système d'unités.
Deux grandeurs ont même dimension si on peut les comparer. C'est pourquoi le rayon d'un cercle et son périmètre ont même dimension, car je peux en faire la mesure avec le même étalon (par exemple un fil souple d'une certaine longueur). Ici il s'agit de la dimension [longueur].

Il existe également des grandeurs physiques sans dimension (on dit aussi adimensionnées). Dans ce cas la dimension est noté $[G]=1$.

Enfin, par commodité, on a donné un nom spécifique à certaines dimensions

Dimension	Symbole
Longueur	L
Masse	M
Temps	T
Intensité électrique	I
Température	Θ
Quantité de matière	N
Intensité lumineuse	J

Dimensions de base

III-3 ÉQUATION AUX DIMENSIONS

Une loi physique affirme l'égalité de deux grandeurs qui sont nécessairement de même nature. Une loi physique est donc aussi une relation entre différentes dimensions : on parle d'équation aux dimensions. Voyons comment obtenir ces équations aux dimensions sur quelques exemples.

La vitesse

D'après la définition :

$$v_x \equiv dx/dt ,$$

on déduit :

$$[v]=LT^{-1}$$

L'accélération

La définition :

$$a_x \equiv dv_x/dt$$

donne :

$$[a]=[v]/T=LT^{-2}$$

La force

En vertu de la deuxième loi de Newton

$$F=ma$$

on a

$$[F]=MLT^{-2}$$

La Pression :

La pression est définie comme rapport entre force et surface :

$$P = \frac{F}{S}$$

On a pour sa dimension :

$$[P] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{MLT^{-2}}{L^2}$$

D'où

$$[P] = ML^{-1}T^{-2}$$

IV- LE SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS

Comme on l'a déjà dit, mesurer c'est comparer une grandeur physique avec un étalon qui définit l'unité de mesure. Celle-ci relevant d'un choix arbitraire il faut bien convenir d'un système d'unités pour pouvoir communiquer (transactions commerciales, rapports scientifiques, etc.). La bonne idée consiste alors à choisir des étalons dont la définition est indépendante du lieu et du temps et avec lesquels on peut construire toutes les unités. C'est l'ambition du Système international d'unités (SI) adopté par quasiment tous les pays. Né officiellement en 1960, il s'agit d'une extension de l'ancien système MKSA.

LES UNITÉS DE BASE

Le (SI) forme un système cohérent reposant sur **sept unités** de base indépendants du point de vue dimensionnel.

Dimension	Symbole	Unité SI	Symbole
Longueur	L	mètre	m
Masse	M	kilogramme	kg
Temps	T	seconde	s
Intensité électrique	I	ampère	A
Température	Θ	kelvin	K
Quantité de matière	N	mole	mol
Intensité lumineuse	J	candela	cd

Les sept unités de base du Système international d'unités.

Depuis le 20 mai 2019, les unités du SI sont définies à partir de sept constantes de la nature auxquelles on donne une valeur fixe. Les sept constantes sur lesquelles repose le Système international d'unités sont :

la fréquence de la transition hyperfine du césium 133

$$\Delta\nu_{Cs}=9192631770Hz$$

qui permet de définir la seconde ;

la vitesse de la lumière dans le vide

$$c=299\ 792\ 458 m.s^{-1}$$

qui permet de relier le mètre à la seconde ;

La constante de Planck

$$h=6,626\ 070\ 15\cdot10^{-34} kg.m^{2}.s^{-1}$$

qui définit indirectement le kilogramme ;

la charge élémentaire

$$e=1,602\ 176\ 634\cdot10^{-19}C$$

qui fixe l'ampère puisque 1C=1A.s1C=1A.s ;

la constante de Boltzmann

$$k_B=1,380\ 649\cdot10^{-23}J.K^{-1}$$

qui relie le kelvin aux unités mécaniques ;

la constante d'Avogadro

$$N_A=6,022\ 140\ 76\cdot10^{23}mol^{-1}$$

qui donne le nombre exact d'entités élémentaires (atomes, molécules, ions, etc.) formant une mole ;

Enfin, l'efficacité lumineuse

$$K_{cd}=683 lumen.W^{-1}$$

pour un rayonnement monochromatique de longueur d'onde

$\lambda=555nm$.

Cette constante relie les grandeurs sensorielles (intensité en candela, éclairement en lux, flux lumineux en lumen) aux grandeurs énergétiques de la lumière (intensité en watt par stéradian, éclairement en watt par mètre carré, flux en watt).

Notez que ces constantes sont des grandeurs physiques sans incertitude. En revanche, certaines grandeurs auparavant fixées (avant mai 2019) retrouvent leur statut de grandeur expérimentale. Par exemple, une mole de carbone 12 pesait auparavant 12 g par définition ; dorénavant sa valeur n'est plus connue exactement. Elle présente donc une incertitude.

LES UNITÉS DÉRIVÉES

Les sept unités de base du système international sont les unités fondamentales à partir desquelles sont obtenues par combinaison toutes les autres unités, dites unités dérivées. Certaines d'entre-elles se sont vues attribuer un nom qui rappelle une personnalité scientifique : newton, pascal, joule, volt, tesla, henry etc.

Grandeur	Unité SI	Grandeur	Unité SI
aire	m^2	énergies	J (joule)
volume	m^3	pression	Pa (pascal)
masse molaire	$kg.mol^{-1}$	tension	V (volt)
masse volumique	$kg.m^{-3}$	charge électrique	C (coulomb)
fréquence	Hz (hertz)	résistance électrique	Ω (ohm)
vitesse (scalaire)	$m.s^{-1}$	champ électrique	$V.m^{-1}$
vitesse angulaire, pulsation	$rad.s^{-1}$	conductance électrique	S (siemens)
accélération (scalaire)	$m.s^{-2}$	capacité électrique	F (farad)
force d'interaction	N (newton)	inductance	H (henry)
puissance mécanique	W (watt)	champ magnétique	T (tesla)

Il peut donc y avoir différentes façons d'exprimer la même unité.

Exemple

La pression s'exprime en pascal (Pa) dans le système international. Etant donné que la pression représente une force par unité de surface on peut aussi l'exprimer en N/m^2. Par ailleurs, on sait d'après l'équation aux dimensions $F = MLT^{-2}$, que 1 N = 1 $kg.m.s^{-2}$ d'où l'on déduit$1Pa=1N.m^{-2}=1kg.m^{-1}.s^{-2}$$1Pa=1N.m−2=1kg.m−1.s−2$

Remarque

Il existe une dernière classe d'unités qu'on appelle unités supplémentaires. Cette classe contient deux unités sans dimension : le radian (rad), unité de l'angle plan, et le stéradian (sr), unité d'angle solide.

PRÉFIXES SI

Enfin, on utilise parfois des préfixes multiplicateurs pour remplacer les puissances de 10 :

Valeur	10^{-18}	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
Préfixe	atto	femto	pico	nano	micro	milli	centi	déci
Symbole	a	f	p	n	µ	m	c	d

Valeur	10^{1}	10^{2}	10^{3}	10^{6}	10^{9}	10^{12}	10^{15}	10^{18}
Préfixe	déca	hecto	kilo	Mega	Giga	Tera	Peta	Exa
Symbole	da	h	k	M	G	T	P	E

ANALYSE DIMENSIONNELLE

Analyser le contenu dimensionnel d'une relation permet de rendre bien des services. En voici un petit tour d'horizon ...

VÉRIFIER UNE FORMULE

Une loi physique impose une contrainte qui n'existe pas en mathématique ; elle doit être homogène, c'est-à-dire constituée de termes de même dimension. Sommer deux grandeurs de dimension différente n'a aucun sens en physique. Ainsi pour vérifier une loi physique, la première chose à faire est de vérifier l'homogénéité !

Toute formule non-homogène est nécessairement fausse.

On retiendra quelques règles :

dans $\sin x$, $\cos x$, e^x, $\ln x$ et $\log x$ la grandeur x doit être sans dimension ;

dans $1+x$, la grandeur x doit être sans dimension ;

dans $1+x/y$, les grandeurs x et y sont de même dimension.

Exercice

La période d'oscillation d'un pendule simple dépend de sa longueur ℓ, du champ de pesanteur g .

On propose deux formules ; préciser celles qui ne sont pas homogènes :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{l}} \quad \text{............(1)}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l.}{g}} \quad \text{.............(2)}$$

Rép. —

T est la période sa dimension donnée par :

$$[T] = T$$

G la pesanteur :

$$[g] = LT^{-2}$$

Et l une longueur :

$$[l] = L$$

La dernière est homogène

Bien entendu, cela ne signifie pas qu'une formule homogène soit forcément exacte, mais cela permet déjà de trier ce qui n'a aucun sens physique de ce qui peut en avoir. De manière générale, l'analyse dimensionnelle est un outil de réfutation, pas de validation.

CONVERSION D'UNITÉS

L'équation aux dimensions étant indépendante du système d'unités, elle est très utile quand il faut convertir une unité d'un système vers celle d'un autre système.

Exemple

Dans le Système international, la force s'exprime en newton alors qu'elle s'exprime en dyne dans le Système CGS (cm, gramme, seconde). Combien de newton vaut 1 dyne ?

L'équation aux dimensions [Force] = MLT^{-2}

doit être vérifiée dans tout système d'unités. On a donc

$$1 \text{ newton} = 1 \text{kg.m.s}^{-2} \quad \text{et}$$

$$1 \text{ dyne} = 1 \text{g.cm.s}^{-2}$$

Ainsi on en déduit la conversion :1newton=10^5dynes.

Applications : voir série d'exercice N°2 :

TD N°2

Exercice N°1: La force d'attraction qui s'exerce entre deux points matériels, de masse m et m' séparés par une distance r est donné en module par la loi de Newton: $F=G.mm'/r^2$

1) donner les dimensions de la constante de gravitation G.

Exercice N°2: Le rayon d'un cylindre en Fer est mesuré à l'aide d'une pied à coulisse au 1/40, on lit r=5.01mm.

1- Avec quelle incertitude relative connaît on le volume v du cylindre, on donne la longueur du cylindre h=30±0.1mm
2- Entre quelles limites la valeur de ce volume est elle comprise?

Exercice N°3:

Calculer la masse volumique ρ d'une lame métallique de masse m= 39±1g et de volume v=5.0±0.1cm^3. Donner le résultat de mesure de ρ?

Exercice N°4:

La masse d'une sphère de Fer est égale à 150±2g.

Trouver le rayon r de cette sphère et son erreur absolue. On donne ρ_{fer}= 1850Kg/m^3

Exercice N°5:

L'expérience a montré que la force subie par une sphère immergée dans un fluide en mouvement dépend :

- Du coefficient de viscosité η du fluide .
- Du rayon de la sphère.
- De leur vitesse relative v.

Trouver l'expression de cette force en la supposant de la forme $F=k\eta^x r^y v^z$ (k est un coefficient numérique sans dimension).

On rappelle que $[\eta]=L^{-1}MT^{-1}$.

Solution :

Exercice N°1: La force d'attraction qui s'exerce entre deux points matériels, de masse m et m' séparés par une distance r est donné en module par la loi de Newton: $F=G.mm'/r^2$

1) donner les dimensions de la constante de gravitation G.

Réponse :

La dimension d'une force est donnée par $[F] = MLT^{-2}$

Par remplacement dans sa formule on aura :

$$[F] = \frac{[G]M.M}{L^2} = MLT^{-2}$$

D'où

$$[G] = M^{-1}T^{-2}L^3$$

Exercice N°2:

$\frac{\Delta r}{r} = 1/40$

r=5.01mm= 5.01 . 10^{-3}m.

h=30±0.1mm =30±0.1 10^{-3}m

1- incertitude relative :

le volume v d'un cylindre est égale a :

$$V = \pi r^2 . h$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 2. \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta h}{h}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 2. \frac{1}{40} + \frac{0.1. 10^{-3}}{30. 10^{-3}}$$

$\frac{\Delta V}{V} = 0.05333.$

2-Entre quelles limites la valeur de ce volume est elle comprise?

On calcule le volume du cylindre :

V=2364.43 mm^3.

$\Delta V = 2364.43 * 0.05333 = 126.024 mm^3$.

Le résultat de mesure du volume est :

V=2364.43$\pm 126.024 mm^3$.

Exercice N°3:

Calculer la masse volumique ρ d'une lame métallique de masse m= 39±1g et de volume v=5.0±0.1cm^3. Donner le résultat de mesure de ρ?

A partir de la formule de la masse volumique :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

On tire l'erreur relative :

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} - \frac{\Delta V}{V}$$

A.N : $\rho = \frac{m}{V} = 0.78 g/cm^3$

$$\Delta \rho = 7.8. (0.025 - 0.020) = 0.039$$

Et en écrit :

$$\rho = \rho \pm \Delta \rho$$

$$\rho = 7.8 \pm 0.039 g/cm^3$$

Exercice N°4 :

Le volume d'une sphère est donnée par :

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}}$

D'où $\frac{\Delta r}{r} = \ 3.\frac{\Delta m}{m} - \frac{\Delta\rho}{\rho}$=

Et

$$\Delta r = r.\left(3.\frac{\Delta m}{m} - \frac{\Delta\rho}{\rho}\right)$$