Cours de Physique Générale

1^{ere} Année LMD TCSN

Année universitaire
2018/2019

Cours présenté par Mr El Mahfoud ADNANE,
Département TCSN , Faculté Sciences de la
Nature et de la Vie (université de Béjaïa)

Description de la matière de Physique

Physique M 2.1.1:

Est l'une des matière de l'unité d'enseignement méthodologie, enseignée en 1ère année tronc commun sciences de la nature et de la vie durant le 2eme semestre.

L'objectif de cette matière est de permettre aux étudiants d'acquérir des connaissances en relation avec les notions de bases de la physique qui peuvent être exploitées dans le domaine SNV

Matière physique M 2.1.1	**Unité d'enseignement**	**Unité d'Enseignement Méthodologie**
	Crédit	**5**
	Coefficient	**3**

Contenu de la matière de physique M 2.1.1

1. Rappels mathématiques

- 1.1 Grandeurs, analyse dimensionnelle
- 1.2 Calcul d'erreurs (Différents types d'erreurs, calcul d'incertitudes et chiffres significatifs)

3. mécanique des fluides.

- 3.1. Définition et caractéristiques d'un fluide.
- 3.2. Hydrostatique (Relation fondamentale de l'hydrostatique, poussée d'Archimède, flotteur)
- 3.3. Hydrodynamique (dédit, équation de continuité, théorème de Bernoulli)

2. Optique

2.1.1. Introduction (objectif de l'optique)
2.1.2. Nature de la lumière (spectre des ondes électromagnétiques, photons, ondes…)
2.2. Optique géométrique
2.2.1. Principes de l'optique géométriques et propagation de la lumière.
2.2.2. Réfraction (lois de Snell-Descarte, angle limite et réflexion totale)
2.2.2.1. Dioptres plans, formule de conjugaison, Lame à faces parallèles et Prisme.
2.2.2.2. Dioptres sphériques (convergent, divergent), formule de conjugaison et construction géométrique (construction d'image).
2.2.2.3. Lentilles minces (convergentes, divergentes), formule de conjugaison, grandissement, association de deux lentilles minces et construction géométrique (construction d'image).
2.2.3. Réflexion
2.2.3.1. Miroir plan (construction d'image)
2.2.3.2 Miroir sphérique (construction d'image, formule de conjugaison)
2.2.4. Instruments optiques
2.2.4.1. L'Œil
2.2.4.1. La loupe et le microscope optique

4. Notions d'analyse spectrale

5. Notion de cristallographie

Définition de la Physique

Une définition plus simple peut être attribuée à la physique, en disant que la physique est la science qui étudie la nature (objets naturels), qui traite les lois et les propriétés de la matière de l'échelle atomique (ordre de nano) jusqu'à l'échelle planétaire (univers et galaxies). Alors, la physique est une branche des sciences de la nature, elle s'intéresse à l'étude de tout ce qui est lié à la matière, à ses mouvements, à ses transformations (changement d'Etat (gaz, liquide et solide)) et à son énergie, cette énergie peut se trouver sous plusieurs formes tels que : mouvement, lumière, électricité, rayonnement, gravité, …etc.

Objectifs de la Physique

Le but des physiciens est de trouver des lois physiques quantifiées (vient du mot quantité) pour expliquer les divers phénomènes qui se produisent dans notre monde (environnement) en se basant sur l'expérimentation (production du phénomène physique), l'observation, mesure et analyse (modélisation) mathématique. La formulation mathématique permet aux physiciens d'expliquer, de prévoir et de prédire le comportement des phénomènes physiques (naturels) et de tenter de les maîtriser [1], [2], [3].

[1] https://www.britannica.com/science/physics-science
[2]https://mawdoo3.com/معنى_الفيزياء#cite-note_G7xMxMwI6v-1
[3] https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-physique-15839/

Chapitre 1. Rappels mathématiques

Chap1. Rappels mathématiques

1.1 Grandeurs, analyse dimensionnelle

1.1.1 Grandeurs physiques

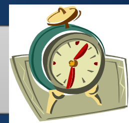
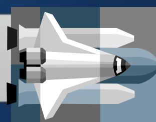
A) Notion de grandeur physique :

On appelle «grandeur physique» les propriétés quantitatives et mesurables qui caractérisent les objets et les phénomènes physiques.

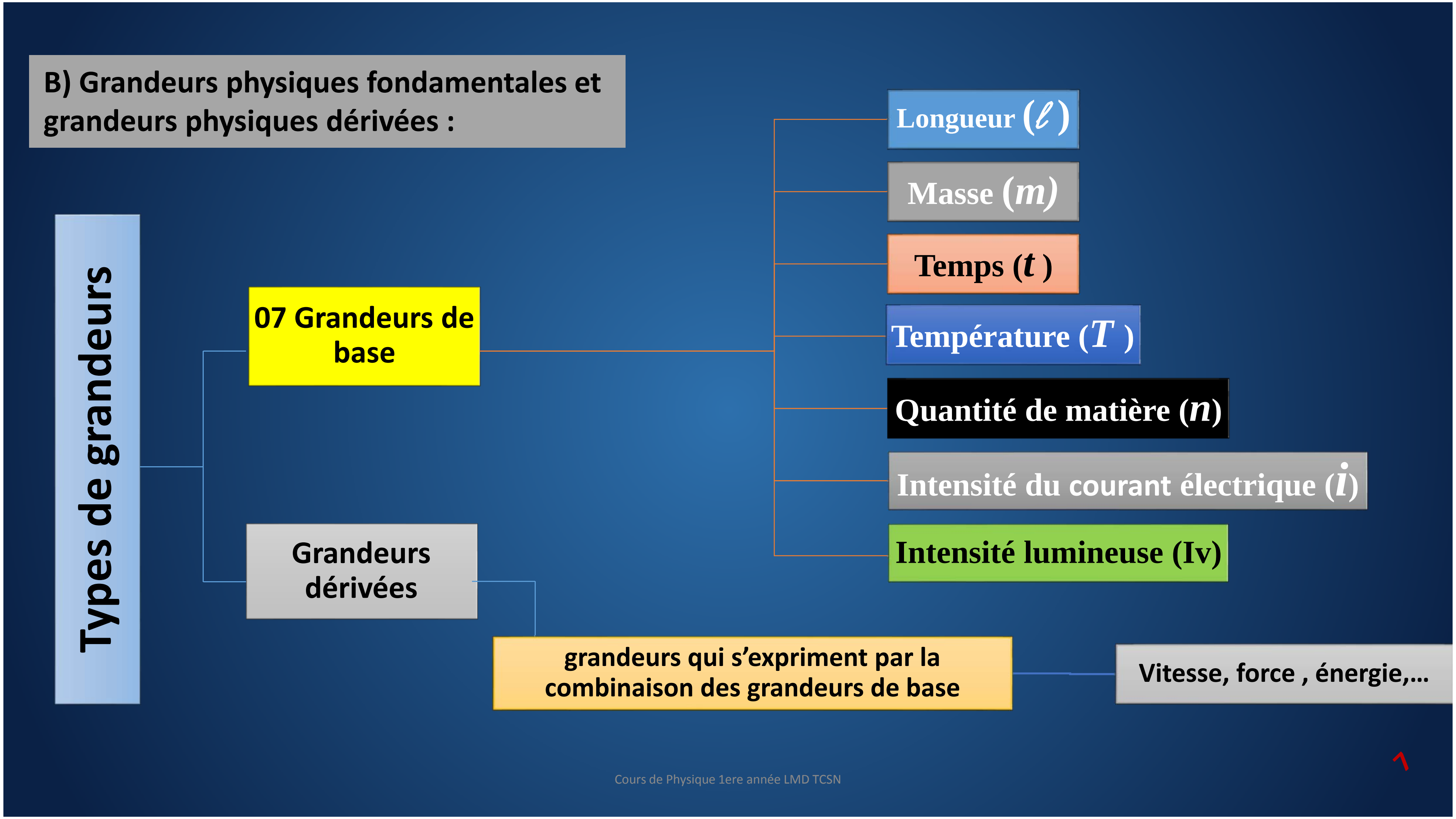
Définition donnée par www.bipm.org: Une grandeur est une propriété d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance, que l'on peut exprimer quantitativement sous forme d'un nombre et d'une référence.

Bipm (BIPM) Bureau International des Poids & Mesures

Exemple de grandeurs

- **Grandeurs scalaires**
  - **Longueur** 
  - **Temps** 
  - **Température** 
  - **Potentiel électrique** 
- **Grandeurs vectorielles**
  - **Vitesse** 
  - **Force** 
  - **Accélération** 

Cours de Physique 1ere année LMD TCSN


B) Grandeurs physiques fondamentales et grandeurs physiques dérivées :
Types de grandeurs
07 Grandeurs de base
Longueur (ℓ)
Masse (m)
Temps (t)
Température (T)
Quantité de matière (n)
Intensité du courant électrique (i)
Intensité lumineuse (Iv)
Grandeurs dérivées
grandeurs qui s'expriment par la combinaison des grandeurs de base
Vitesse, force , énergie,…
Cours de Physique 1ere année LMD TCSN

Les grandeurs physiques s'écrivent comme un produit d'un nombre multiplié par une référence. Cette référence correspond à l'unité.

Grandeur	notation	Unité	symbole
Longueur	ℓ	mètre	m
Masse	m	kilogramme	kg
Temps	t	seconde	s
Courant électrique	i	ampère	A
Quantité de matière	n	mole	mol
Température thermodynamique	T	kelvin	K
Intensité lumineuse	I_v	candela	cd

Les sept grandeurs de base dans le (S.I) avec leurs unités.

C) Système international (SI) des unités de mesure des grandeurs physiques :

Les 7 unités fondamentales ou de base de mesure adoptées par le BIPM sont :

- **Le mètre (m)** : est l'unité fondamentale de mesure de la longueur. Par convention, cette unité est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde.
- **La seconde (s)** : unité fondamentale de mesure du temps. Elle est définie comme la durée de 9192631770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133.
- **Le kilogramme (Kg)** : unité fondamentale de mesure de la masse. Il est égal à la masse du prototype international du kilogramme, définit comme suit : C'est la masse qui compose un cylindre de diamètre de 39 mm et de hauteur de 39 mm constitué d'un mélange massique de 90 % de platine et de 10 % d'Iridium conservé au Musée de Louvre (Paris).

- **L'ampère (A):** intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à 2 x 10–7 newton par mètre de longueur.
- **Le kelvin (K)** : unité de mesure de la température thermodynamique. Cette unité est la fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau.
- **La mole (mol):** unité fondamentale de mesure de la quantité de matière. Cette unité de mesure de la matière est définie comme suit : C'est la quantité de matière contenant autant d'entités (atomes, molécules ou ions) qu'il y a d'atomes dans 12 grammes de Carbone 12. La mole contient toujours le nombre d'Avogadro N= 6.023 x 10 23

Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules.

- **La candela** (cd) : unité de l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540 x 1012 hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian.

Remarque 1 : Il existe des unités dans le SI dérivées fréquemment utilisées en physique prend des appellations spécifiques, en général ces appellations sont des nom des savants comme le montre le tableau suivant :

Unités dérivées du SI	Symbole	Grandeur	Savant
hertz	Hz	Fréquence	Heinrich Hertz, Allemagne (1857-1894)
newton	N	Force	Issac Newton, Angleterre (1642-1727)
pascal	Pa	Pression, contrainte	Blaise Pascal, France (1623-1662)
joule	J	Energie, travail	James Joule, Angleterre (1818-1889)
watt	W	Puissance	James Watt, Ecosse (1736-1819)
coulomb	C	Quantité d'électricité, charge électrique	Charles de Coulomb, France (1736-1806)
volt	V	Potentiel électrique, tension électrique, force électromotrice	Alexandro Volta, Italie (1745-1827)
farad	F	Capacité électrique	Michael Faraday, Angleterre (1791-1867)
ohm	W	Résistance électrique	Georges Ohm, Allemagne (1789-1854)
siemens	S	Conductance électrique	Werner Von Siemens Allemagne (1816-1892)
weber	Wb	Flux d'induction magnétique	Wilhelm Weber, Allemagne (1816-1892)
tesla	T	Induction (champ) magnétique	Nicola Tesla, Yougoslavie (1857-1943)
henry	H	Inductance	Joseph Henry, Etats Unis (1797-1878)
lumen	lm	Flux lumineux	Le **lumen** (du latin, lumière)
lux	lx	Eclairement lumineux	
becquerel	Bq	Activité d'un radionucleide	Henry Becquerel, France (1852-1908)
gray	Gy	Dose absorbée, énergie communiquée massique, kerma, indice de dose absorbée	L.A Gray, Angleterre (1905-1965)
sievert	Sv	Equivalent de dose	Rolf Sievert, Suède (1896-1966)
Degré Celsius	°C		Andres Celsius, suède (1701-1744)

Remarque 1 : Il existe d'autres unités dérivées dans le SI fréquemment utilisées en physique sont des fonctions des unités fondamentales :

Unité SI dérivée		
Nom	Symbole	Grandeur dérivée
mètre carré	m^2	superficie
mètre cube	m^3	volume
mètre par seconde	m/s	vitesse
mètre par seconde carrée	m/s^2	accélération
mètre à la puissance moins un	m^{-1}	nombre d'ondes
kilogramme par mètre cube	kg/m^3	masse volumique
mètre cube par kilogramme	m^3/kg	volume massique
ampère par mètre carré	A/m^2	densité de courant
ampère par mètre	A/m	champ magnétique
mole par mètre cube	mol/m^3	concentration (de quantité de matière)
candela par mètre carré	cd/m^2	luminance lumineuse

Remarque 2: Les unités légales sont celles du « Système International » (S.I.). On utilise encore des unités « hors-système » ; il faut savoir les convertir en utilisant les Multiples et les sous-multiples des unités .

Facteur	Nom	Symbole	Facteur	Nom	Symbole
10^{1}	déca	da	10^{-1}	Déci	d
10^{2}	hecto	h	10^{-2}	Centi	c
10^{3}	kilo	k	10^{-3}	Milli	m
10^{6}	méga	M	10^{-6}	micro	µ
10^{9}	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	téra	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	péta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

1.1.2 Analyse dimensionnelle : (Équation aux dimensions)

a) Définition

Equation aux dimensions est l'expression qui relie la dimension d'une grandeur dérivée à celles des sept grandeurs de base. Dans une **équation aux dimensions**, la dimension de la grandeur dérivée G est couramment notée **[G]**

Expression mathématique de cette définition
: $[G] = L^a M^b T^c \Theta^d N^e I^f J^g$

- **L, M, T, Θ, N, I, J:** les sept dimensions de base dans le système international (S.I).

- ***a, b, c, d, e, f, g***: sont appelés exposants dimensionnels, sont des nombre réels qui peuvent être positifs, négatifs ou nuls.

Equations aux dimensions des grandeurs physiques fondamentales (de base)

Grandeur	Symbole	Dimension
Longueur	ℓ	$[\ell]$=L
Masse	m	$[m]$ =M
Temps	t	$[t]$=T
Courant électrique	i	$[i]$= I
Quantité de matière	n	$[n]$=N
Température thermodynamique	$T(\theta)$	$[\theta]$=Θ
Intensité lumineuse	I_v	$[I_v]$ = J

https://www.bipm.org/fr/publications/si-brochure/section1-3.html

Les sept grandeurs de base avec leurs équations aux dimensions

Remarques :

- **Certaines** grandeurs n'ont pas de dimension comme **certaines** constantes.

  Exemples :

  – **Angle (soit plan ou solide)** n'a pas de dimension mais il a une unité dans le système international : le radian (rd) pour l'angle plan et stéradian (sr) pour l'angle solide.

  – **l'indice de réfraction** (n), **la densité des substances** (d), n'ont ni dimensions ni unités.

  – **Nombres adimensionnels** utilisés en différents domaine de physique comme : (**Nombre de Reynolds**, **Nombre d'Archimède**…) en MDF**,** (**Nombre d'Abbe**) en Optique…

  Veuillez consultez le lien suivant :

  https://fr.wikipedia.org/wiki/Grandeur_sans_dimension

- **Les fonctions mathématiques** comme par exemple **sin, cos, tan, exp, log** n'ont pas de dimension : $[\sin] = 1$; $[\cos] = 1$…. ; . Leurs arguments x non plus : sin(x), cos(x), tan(x), exp(x), log(x) etc donc : $[x] = 1$.

b) Opérations sur les relation physique avec les dimensions

1) Addition (+) et soustraction (-)

$$A=B-C+D \Rightarrow [A]=[B]=[C]=[D]$$

2) Multiplication (×) et Division (÷)

$$A=\frac{B\times C}{D} \Rightarrow [A]=\frac{[B]\times[C]}{[D]}$$

c) Homogénéité des équations aux dimensions

Homogénéité d'une loi physique à travers ses équations aux dimensions est une méthode pratique qui permis de savoir est ce que une relation (loi) physiques est correcte ou pas .

C'est l'équation qui relie, de part et d'autre d'une égalité, des dimensions de grandeurs

Si l'égalité est vraie, on dit que l'équation aux dimensions est homogène

Sinon, l'équation aux dimensions est non-homogène

Exemples:

On a les lois physiques suivantes:

• Vitesse (v) est la distance parcourue (d) par un point matériel mobile dans une intervalle de temps (t), cette vitesse est égale à l'accélération (a)de ce point matériel multiplie par le temps(t)

Est-ce que cette définition (loi) est correcte ?

$$\underbrace{\frac{d}{t}}_{1^{er}\ terme(I)} = \underbrace{a.t}_{2ème\ terme(II)}$$

$$\left.\begin{array}{l} [I] = \left[\frac{d}{t}\right] = [d][t]^{-1} = L.T^{-1} \\ [II] = [a.t] = [a][t] = LT^{-2}.T = LT^{-1} \end{array}\right\} \Leftrightarrow [I] = [II] \Rightarrow$$

loi homogène, on peut dire que : cette expression est correcte du point de vue d'analyse dimensionnel

• L'énergie potentielle de pesanteur

$$\underbrace{E_{pp}}_{1^{er}\ terme(A)} = \underbrace{\rho gh}_{2ème\ terme(B)}$$

$$\left.\begin{array}{l} [A] = [E_{pp}] = [W] = [Fd] = [F][d] = [m][a][d] = [m]\left[\frac{v}{t}\right][d] = [m]\left[\frac{\frac{d}{t}}{t}\right][d] = ML^2T^{-2} \\ [B] = [\rho gh] = [\rho][g][h] = \frac{[m]}{[V]}[g][h] = ML^{-3}.LT^{-2}.L = ML^{-1}T^{-2} \end{array}\right\} \Rightarrow [A] \neq [B] \Rightarrow$$

loi non homogène, on peut dire que : cette expression est une loi physique incorrecte

Attention, une expression homogène n'est pas nécessairement juste : $E_c = mv^2$...

1.2 Calcul d’incertitudes

Toute mesure est entachée d’erreur. Il est impossible d’effectuer des mesures rigoureusement exactes. Pour rendre compte du degré d’approximation auquel nous travaillerons, nous devrons estimer les erreurs commises dans les diverses mesures et nous devrons calculer leurs conséquences dans les résultats obtenus

Beaucoup de scientifiques confondent ces deux termes et parlent de calculs d'erreurs au lieu de calculs d'incertitudes.

1. Definition de l'erreur

Lors de la mesure d'une grandeur physique x, l'erreur est la différence entre la valeur mesurée $\mathbf{V_m}$ et la valeur vraie $\mathbf{V_v}$. La valeur vraie $\mathbf{V_v}$ est en générale inconnue (puisqu'on la cherche par le calcul des incertitudes).

2. Notion d'incertitudes

L'incertitude est une estimation d'une erreur de mesure à une valeur maximale. Il s'agit, donc, d'une majoration de l'erreur en supposant une mauvaise situation dans laquelle l'opération de mesure a été effectuée. Ainsi, la notion d'incertitude nous permet de définir un intervalle (et non une valeur précise) dans lequel la valeur vraie ($\mathbf{V_v}$) de la grandeur mesurée se situe.

A-Différents Types d'erreurs

a) Erreur systématique

L'erreur systématique peut être considérée comme une erreur « constante » qui affecte chacune des observations (mesures).

Il existe de nombreuse sources d'erreurs « systématiques »:

- effet des grandeurs d'influences (température, pression, ...),
- erreur de justesse de l'instrument de mesure (instrument décalibré),
- perturbation due à la présence d'instrument d'observation,
- - ...

b) Erreurs aléatoires & accidentelles

Lorsqu'un même opérateur répète N fois la même mesure dans les mêmes conditions (condition de répétabilité), les valeurs obtenues peuvent être différentes (ne sont pas constantes).

Cette dispersion des valeurs mesurées, autour d'une valeur moyenne $\overline{V}$, est liée aux conditions opératoires; elles proviennent de deux sources:

- Expérimentateur, c'est- à – dire la personne qui a réalisé la mesure
- Appareils de mesure (manque de fiabilité).

Donc, il n'y a pas de mesures parfaites : les appareils, les méthodes de mesures, les expérimentateurs ne sont pas parfaits. De plus, le phénomène mesuré peut parfois fluctuer au hasard.

Alors, pour réduire les valeurs des erreurs , il est important d'utiliser des appareils dont la fiabilité est confirmée et de faire plusieurs mesures de la grandeurs physique étudié .

B-Calcul d'Incertitudes

Le résultat des mesures donne seulement une valeur approchée de la « vraie valeur ». Celle-ci reste inconnue au terme des mesures, qui en donnent une estimation plus ou moins précise, d'où la nécessité de définir un intervalle de valeurs dans lequel la valeur vraie (V_v) de la grandeur mesurée se situe $\Rightarrow$ Notion d'incertitude

a-Incertitude absolue

C'est la valeur ***maximale estimée*** de l'écart -en valeur absolue- entre **la vraie valeur V_v** ***(inconnue)*** et **la valeur mesurée** V_m (moyenne des valeurs obtenues expérimentalement). **l'incertitude absolue, notée ΔV** :

$$\Delta V = |V_m - V_V| = |V_V - V_m|$$

Ou bien

$$\Delta V = |\bar{V} - V| = |V - \bar{V}|$$

unité de mesure de ΔV est la même que V.

A partir du calcul de (ΔV), nous pouvons déduire ***l'intervalle de confiance*** dans lequel la valeur vraie recherchée se trouve certainement : $V = \bar{V} \pm \Delta V$ *Unité*

$$V \in \left[\bar{V} - \Delta V , \bar{V} + \Delta V\right]$$

b-Incertitude relative (taux d'incertitude) ou précision

$$\text{incertitude relative } (\varepsilon) = \frac{\text{incertitude absolue}}{\text{valeur mesurée (moyenne)}}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{\bar{V}}$$

L'incertitude relative est un nombre sans unité. On peut ainsi comparer la précision de 2 résultats différents, même pour 2 grandeurs de natures différentes. Et Sa valeur appartient à l'intervalle] 0, 1[c'est- à- dire $0 < \varepsilon < 1$

Plus que *(ΔV/V)* est très petite, la précision de la mesure meilleure

c- Méthodes de calcul des incertitudes :

I. **Méthode statistique** des mesures réitérées (répétées) : la valeur de la grandeur physique est donnée **directement** par l'instrument (appareil) de mesure.

Prenant une série de mesures obtenues par un appareil de mesure

Mesure	1	2	3	……..	k	………	………	(n-1)	n
Valeur (unité)	V_1	V_2	V_3	…….	V_k	……..	………	V_{n-1}	V_n

1- calcul de la valeur moyenne de la grandeur mesurée

$$V_m = \bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n}$$

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2 + \ldots\ldots + V_k + \ldots. + V_n}{n} \quad \text{unité}$$

2- Estimer l'erreur absolue de chaque mesure (ΔV_i) unité

$$\Delta V_i = \left|\bar{V} - V_i\right| = \left|V_i - \bar{V}\right|$$

$$\Delta V_1 = \left|\bar{V} - V_1\right|,\ \Delta V_2 = \left|V_2 - \bar{V}\right|, \ldots\ldots, \Delta V_n = \left|V_n - \bar{V}\right|$$

3- Calculer l'incertitude absolue totale (moyenne) (ΔV) unité

$$\Delta V = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta V_i}{n} = \frac{\underbrace{\left|\bar{V} - V_1\right|}_{\Delta V_1} + \underbrace{\left|\bar{V} - V_2\right|}_{\Delta V_2} + \ldots\ldots + \underbrace{\left|\bar{V} - V_n\right|}_{\Delta V_n}}{n}$$

4- Ecrire la vraie valeur de la grandeur mesurée estimée à

$$V_V = \bar{V} \pm \Delta V$$

déduire *l'intervalle de confiance* de la mesure

$$V \in \left[\bar{V} - \Delta V, \bar{V} + \Delta V\right]$$

5- Donner l'erreur relative de la mesure $\left(\frac{\Delta V}{\bar{V}}\right)$ (précision de la mesure (ou de l'appareil))

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{V}$$ **sans unité**

II. Méthodes appliquées sur une équation (loi) physique : : la valeur de la grandeur physique est trouvée **indirectement** par l'utilisation d'une loi (équation) physique.

II.1) Méthode de la différentielle (dérivée) totale de la fonction (grandeur)

Soit une grandeur physique (*F*) est une fonction à plusieurs paramètres (variables)

$$F = F\left(x_1, x_2, x_3 \ldots\ldots, x_n\right)$$

1- calculer la valeur de la grandeur (fonction) à partir de son expression

Les valeurs des paramètres (variables) x_1, x_2, ……x_n sont données ainsi que leurs erreurs absolue Δx_1, Δx_2, …… Δx_n sont connues.

x_i (unité)	x_1	x_2	……..	………	………	x_{n-1}	x_n
Δx_i (unité)	Δx_1	Δx_2	……..	………	………	Δx_{n-1}	Δx_n
$\Delta x_i / x_i$ à calculer							

2-Ecrire la différentielle totale de la grandeur (F) :

$$dF = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial F}{\partial x_i} dx_i$$

$$dF = \left(\left.\frac{\partial F}{\partial x_1}\right|_{x_2, x_3 \ldots x_n = cst} \right) dx_1 + \left(\left.\frac{\partial F}{\partial x_2}\right|_{x_1, x_3 \ldots x_n = cst} \right) dx_2 + \ldots\ldots + \left(\left.\frac{\partial F}{\partial x_n}\right|_{x_1, x_2, \ldots x_{(n-1)} = cst} \right) dx_n$$

3-Ecrire et calculer les différentielles (Dérivées) partielles de la grandeur (F) puis trouver la valeur de chaque dérivée partielle :

$$F_1 = \left.\frac{\partial F}{\partial x_1}\right|_{x_2, x_3, \ldots, x_n = cst}$$

Dérivée partielles de la fonction (grandeur) (F) par rapport à la variable (au paramètre) x_1. Le reste des paramètres (x_2, x_3……., x_n) sont des constantes,

.

.

.

$$F_n = \left.\frac{\partial F}{\partial x_n}\right|_{x_1, x_2, \ldots, x_{n-1} = cst}$$

Dérivée partielles de la fonction (grandeur) (F) par rapport à la variable (au paramètre) x_n. Le reste des paramètres (x_1, x_2……., x_{n-1}) sont des constantes

4- Réécrire l'expression de (dF)

$$dF = F_1.dx_1 + F_2.dx_2 + \ldots\ldots + F_n.dx_n$$

$F_1, F_2, \ldots, F_n$ sont des valeurs algébriques à déterminer à partir des expressions des dérivées partielles et les valeurs des paramètres $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

5- Expression et valeur de l'incertitude absolue (ΔF) unité

Passons à l'incertitude absolue (de d vers Δ) et on met les valeurs absolues aux $|F_1|, |F_2| \ldots$ et $|F_3|$

$$\Delta F = |F_1|\,\Delta x_1 + |F_2|\,\Delta x_2 + \ldots + |F_n|\,\Delta x_n$$

6- La vraie valeur

$$F_V = F \pm \Delta F$$

7- Incertitude relative

Se déduit directement de l'incertitude absolue ΔF et la valeur de la grandeur F.

$$\varepsilon = \frac{\Delta F}{F}$$

II.2) Méthode de la différentielle (dérivée) totale de la fonction logarithmique

1- Mettre le logarithme népérien à la fonction (grandeur) F *ln (F)*

2- Ecrire l'expression de *ln (F)* sous la forme la plus simple possible, en utilisant les caractéristiques de la fonction *ln* (ni produits, ni fractions, ni exposants et ni racines….)

$$ln(x_1 \cdot x_2) = ln\, x_1 + ln\, x_2$$

$$ln\left(\frac{x_1}{x_2}\right) = ln\, x_1 - ln\, x_2$$

$$ln(x^a) = a\, ln\, x$$

$$ln\left(\sqrt[n]{x}\right) = \frac{1}{n}\, ln\, x$$

$$ln(F) = a_1\, ln\, x_1 + a_2\, ln\, x_2 + \ldots\ldots + a_n\, ln\, x_n$$

avec $a_1, a_2, \ldots\ldots a_n$ sont des Ctes $\in \mathbb{R}$

3-On dérive la fonction (grandeur) *ln(F)*

$$\big(ln(F)\big)' = a_1\big(ln\, x_1\big)' + a_2\big(ln\, x_2\big)' + \ldots\ldots + a_n\big(ln\, x_n\big)'$$

$$\frac{dF}{F} = a_1\frac{dx_1}{x_1} + a_2\frac{dx_2}{x_2} + \ldots\ldots + a_n\frac{dx_n}{x_n}$$

4-Incertitude relative

Passons à l'incertitude relative, de $\frac{dF}{F}$ vers $\frac{\Delta F}{F}$ et $\frac{dx_i}{x_i}$ vers $\frac{\Delta x_i}{x_i}$ et on met les valeurs absolues pour les coefficients a_1, a_2.......et a_n.

$$\varepsilon = \frac{\Delta F}{F} = |a_1|\frac{\Delta x_1}{x_1} + |a_2|\frac{\Delta x_2}{x_2} + \ldots\ldots + |a_n|\frac{\Delta x_n}{x_n}$$

Avec $\frac{\Delta x_1}{x_1}, \frac{\Delta x_2}{x_2}, \ldots\ldots, \frac{\Delta x_n}{x_n}$ **sont des quantités positives**

5-Incertitude absolue ΔF (unité)

Se déduit directement l'incertitude relative $\frac{\Delta F}{F}$

$$\Delta F = \varepsilon . F$$

6-Ecrire la valeur vraie F_V (unité)

$$F_V = F \pm \Delta F$$

Remarque 1

Par la méthode de la différentielle totale de la fonction

On calcule ΔF et on déduit $\frac{\Delta F}{F}$

Par la méthode de la différentielle totale de la fonction de la fonction logarithmique

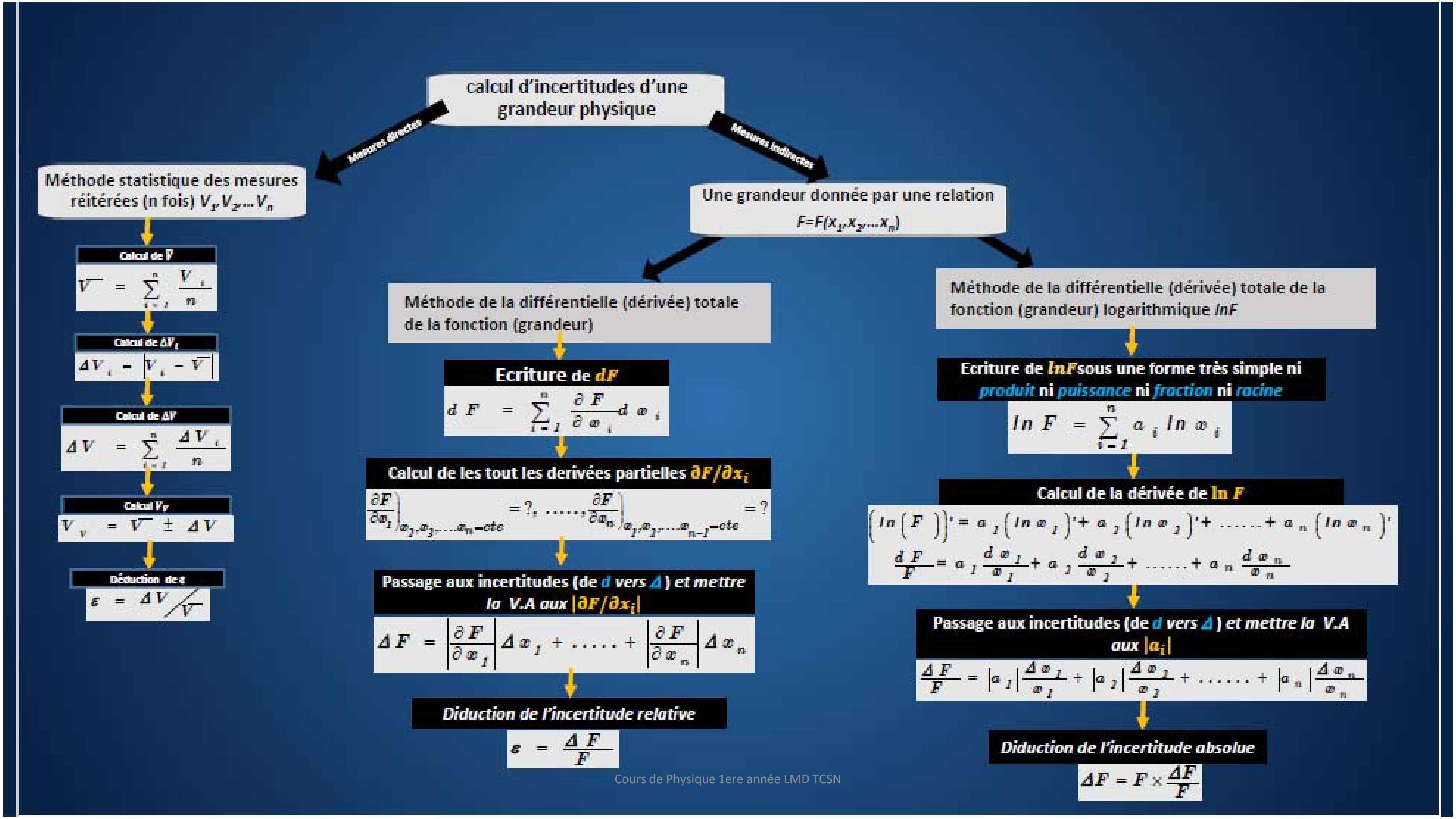
On calcule $\frac{\Delta F}{F}$ et on déduit ΔF

Remarque 2

Remarque : **Les deux méthodes précédentes du calcul des incertitudes, nous donne les mêmes résultats. Le choix de l'une de ces méthodes est déterminé par la complexité ou la simplicité de l'expression de la loi physique.**

Généralement, il est préférable d'utiliser la méthode de *la différentielle totale de la fonction logarithmique* dans le cas des relations physiques qui sont caractérisées par des *produits*, des *fractions* de leurs variables ou des variables avec *puissances* (exposants).

Si l'expression de la loi physique (fonction) ne contient que *l'adition* et la *soustraction* des variables (paramètres), il est fortement conseillé d'utiliser la méthode de *la différentielle totale de la fonction (grandeur)*



calcul d'incertitudes d'une grandeur physique
Mesures directes
Mesures indirectes
Méthode statistique des mesures réitérées (n fois) $V_1, V_2, ... V_n$
Calcul de $\bar{V}$
$\bar{V} = \sum_{i=1}^{n} \frac{V_i}{n}$
Calcul de ΔV_i
$\Delta V_i = |V_i - \bar{V}|$
Calcul de ΔV
$\Delta V = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta V_i}{n}$
Calcul V_V
$V_V = \bar{V} \pm \Delta V$
Déduction de ε
$\varepsilon = \Delta V / \bar{V}$
Une grandeur donnée par une relation
$F=F(x_1,x_2,...x_n)$
Méthode de la différentielle (dérivée) totale de la fonction (grandeur)
Ecriture de dF
$dF = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial F}{\partial x_i} dx_i$
Calcul de les tout les derivées partielles $\partial F/\partial x_i$
$\frac{\partial F}{\partial x_1}\Big)_{x_2,x_3,...x_n-cte} = ?, ..., \frac{\partial F}{\partial x_n}\Big)_{x_1,x_2,...x_{n-1}-cte} = ?$
Passage aux incertitudes (de d vers Δ) et mettre la V.A aux $|\partial F/\partial x_i|$
$\Delta F = \left|\frac{\partial F}{\partial x_1}\right| \Delta x_1 + ... + \left|\frac{\partial F}{\partial x_n}\right| \Delta x_n$
Diduction de l'incertitude relative
$\varepsilon = \frac{\Delta F}{F}$
Méthode de la différentielle (dérivée) totale de la fonction (grandeur) logarithmique lnF
Ecriture de lnF sous une forme très simple ni produit ni puissance ni fraction ni racine
$\ln F = \sum_{i=1}^{n} a_i \ln x_i$
Calcul de la dérivée de $\ln F$
$(\ln(F))' = a_1(\ln x_1)' + a_2(\ln x_2)' + ...+ a_n(\ln x_n)'$
$\frac{dF}{F} = a_1 \frac{dx_1}{x_1} + a_2 \frac{dx_2}{x_2} + ...+ a_n \frac{dx_n}{x_n}$
Passage aux incertitudes (de d vers Δ) et mettre la V.A aux $|a_i|$
$\frac{\Delta F}{F} = |a_1| \frac{\Delta x_1}{x_1} + |a_2| \frac{\Delta x_2}{x_2} + ...+ |a_n| \frac{\Delta x_n}{x_n}$
Diduction de l'incertitude absolue
$\Delta F = F \times \frac{\Delta F}{F}$
Cours de Physique 1ere année LMD TCSN

Remarque 2

Remarque : **Les deux méthodes précédentes du calcul des incertitudes, nous donne les mêmes résultats. Le choix de l'une de ces méthodes est déterminé par la complexité ou la simplicité de l'expression de la loi physique.**

Généralement, il est préférable d'utiliser la méthode de *la différentielle totale de la fonction logarithmique* dans le cas des relations physiques qui sont caractérisées par des *produits*, des *fractions* de leurs variables ou des variables avec *puissances* (exposants).

Si l'expression de la loi physique (fonction) ne contient que *l'adition* et la *soustraction* des variables (paramètres), il est fortement conseillé d'utiliser la méthode de *la différentielle totale de la fonction (grandeur)*

B-Chiffres significatifs

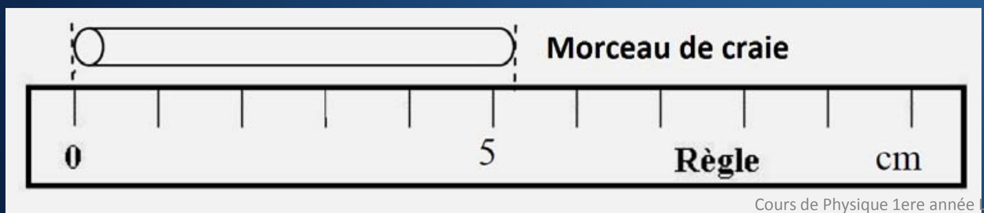
a-Chiffres significatifs du résultat de mesures

Les chiffres significatifs du résultat d'une mesure sont les chiffres réellement accessibles par la mesure. **Leur nombre dépend donc de *la précision* de l'instrument du mesure.**

Le résultat expérimental devrait être donnée sous la forme **«$V = V_m \pm \Delta V$»**

Mais on omet (ignore)souvent de donner la marge d'erreur ΔV . Il est alors important de **garder seulement** les chiffres significatifs (chiffres **certains**+1 **seul** chiffre **incertain**) ***du résultat*** V_m . Pour pouvoir se faire une idée sur le nombre de chiffres significatifs et leurs dépendance à la précision des mesures, on donne l'exemple suivant:

Mesurons la longueur du morceau de craie avec une règle *graduée au cm*



L'extrémité du morceau de craie *arrive entre* la 5ième et la 6ième graduation. Mais il est plus près de la 5ième donc :

$$L_{m\text{-}craie} = 5 \text{ cm}$$

Le résultat expérimental devrait être donnée sous la forme **«$L = L_m \pm \Delta L$»**

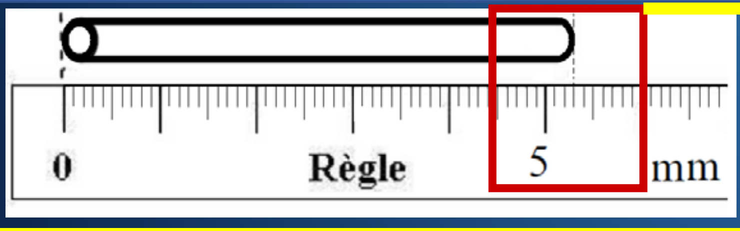
Remarque : ***Si, sur un instrument de mesure, rien n'est indiqué sur l'incertitude absolue d'une mesure (ΔV inconnue), on considère qu'elle correspond à la plus petite unité qu'affiche l'instrument (ΔV =1 unité (1 graduation))***

On peut écrire :

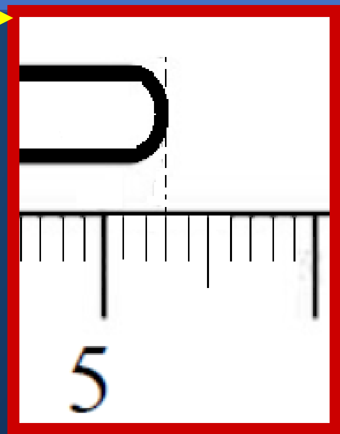
$L_{craie} = 5 \pm 1$ cm **ou** 4 cm $< L_{craie} <$ 6 cm

on donne L = 5 cm : **un chiffre significatif**, 5 est un chiffre **incertain** puisqu'il peut varier entre 4 et 6.

On remesure la longueur du morceau de craie une autre fois mais avec une règle *graduée au mm*



$L_{m\text{-}craie}$ = 5,3 cm



$L_{craie} = 5{,}3 \pm 0{,}1$ cm **ou** 5,2 cm $< L_{craie} <$ 5,4 cm

on donne L = 5,3 cm : **deux chiffres significatifs**, le 5 est un **chiffre certain** alors que le 3 est le premier **chiffre incertain** (varie entre 2 et 4).

Alors, les ***chiffres significatifs (C.S)*** *d'une mesure sont* ***les chiffres certains*** *et le* ***premier chiffre incertain****.*

Exemple 2:
Mesure d'un volume d'un liquide avec un bécher gradué en *ml*, on trouve V = 11,5 *ml* : **trois chiffres significatifs**, les deux 1 sont des chiffres certains alors que le 5 est le premier chiffre incertain, à cause de la précision de la verrerie (5 varie entre 4 et 6).

Leur nombre de chiffres significatifs de résultat d'une mesure **dépend** de ***la précision*** **de la mesure.**

Propriétés des chiffres significatifs

Le cas des zéros :

Par exemple, on dit que :

- 2,000 a 4 chiffres significatifs,
- 5,06 a 3 chiffres significatifs
- 0,002 n'a qu'un chiffre significatif.
- 1,0002 a 5 chiffres significatifs

En effet, la position des 0 nous indique s'ils sont significatifs ou pas

*Les zéros à **gauche** du premier chiffre non nul(inferieur à 1) **ne sont pas** significatifs.*

Cas particulier des conversions.

Lorsque l'on passe d'une unité à un multiple ou à un sous-multiple, **il faut veiller** à conserver le **même nombre de chiffres significatifs**. Par exemple,

- $V=1{,}03\ m^3 = 1{,}03.10^6\ mL$ (3 cs) et non 1030000 mL (7 cs)
- $m=1{,}37\ kg = 1{,}37\ 10^3\ g$ (3 cs) et non 1370 g (4 cs)

Exercice : *donner le nombre de chiffres significatifs de chacun des nombres dans le tableau et les surligner.*

Nombre	0,23	0,0590	252,51	501	22,05	$2{,}52.10^{-3}$	$3{,}80.10^{5}$	$1{,}58.10^{-8}$	0,0580	0,0005
Nombre de Chiffres significatifs	2	3	5	3	4	3	3	3	3	1

b-Chiffres significatifs du résultat d'un calcul à partir de résultats de mesures

1ère règle : le résultat d'une multiplication ne peut pas avoir plus de chiffres significatifs que le facteur le moins précis (celui qui a le moins de c. s.)

2ème règle : le résultat d'une addition-soustraction ne peut pas avoir plus de décimales que le terme qui a le moins de décimales

$$\underbrace{4{,}2}_{2cs} \times \underbrace{5{,}67}_{3cs} = \cancel{28{,}814} \approx \underbrace{29}_{2cs}$$

$$\underbrace{4{,}2}_{2cs} \times \underbrace{56{,}7}_{3cs} = \cancel{288{,}14} \approx \underbrace{29}_{2cs} \times 10$$

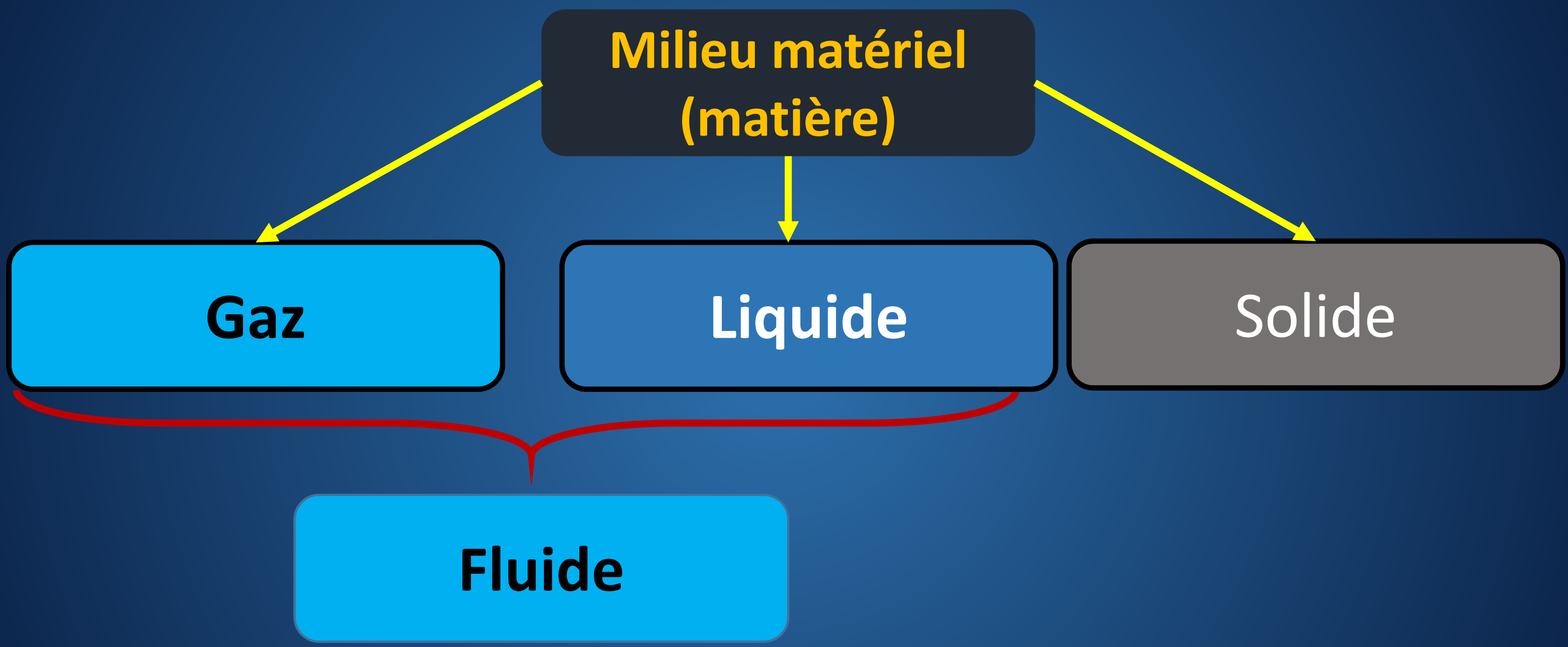
$$\underbrace{2{,}34}_{3cs} \times \underbrace{16{,}5}_{3cs} = 18{,}84 \approx \underbrace{18{,}8}_{3cs}$$

$$\underbrace{230{,}4}_{4cs} \times \underbrace{16{,}5}_{3cs} = 3801{,}6 \approx \underbrace{38{,}0}_{3cs} \times 10^2$$

Chapitre 2. Mécanique Des Fluides.

Sommaire

2.1. Définition et caractéristiques d’un fluide.



L’état fluide englobe deux états de la matière : le liquide et le gaz.

A. Qu’est-ce qu’un fluide ?

Un fluide est un milieu matériel *Continu* , *Déformable* et *Mou*

Un fluide peut être considéré comme étant une substance formé d'un grand nombre de particules matérielles, très petites et libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. C’est donc **un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler**.

- **Continu** : les particules d'un fluides sont considérées compactée (l'une très proche de l'autre (pas de vide)). L'association des molécules forme la **les particule fluide** (**élément fluide**). L'élément fluide est caractérisé par un **volume infinitésimal** (dV) à notre échelle (**ce n'est pas un pts)**, mais il contient un très grand nombre de molécules.

Par exemple, une gouttelette de brouillard, aussi petite soit-elle à notre échelle, est toujours immense à l'échelle moléculaire. Elle sera toujours considérée comme un milieu continu.

Un élément fluide est caractérisé par son propre volume, sa propre masse, sa propre température, sa propre pression….

- **Déformable**: prend la forme du récipient (***forme indéfinie***)

- **Mou (N'est pas rigide)**: s'écoule (bouge) si on lui applique une force.

Fluide

- **Fluide parfait** — Absence de frottement visqueux
  - **Fluide incompressible** — Volume constant sous l'effet de la pression
  - **Fluide compressible** — Volume varie sous l'effet de la pression
- **Fluide réel** — Existence de frottement visqueux
  - **Fluide Newtonien** — Viscosité constante, ne varie qu'en fct de T
  - **Fluide Non-Newtonien (complexe)** — Viscosité varie lors de l'écoulement

Dans notre cours on se limite à l'étude de comportement des fluides parfaits et incompressibles à l'état liquide. Si le fluide (liquide) est au repos et en équilibre (Hydrostatique), si le liquide en mouvement (Hydrodynamique)

2.2. Hydrostatique (Relation fondamentale de l'hydrostatique, poussée d'Archimède, flotteur)

Comme on l'a dit précédemment « *Un élément fluide est caractérisé par son propre volume, sa propre masse, sa propre pression… ».*

Alors, l'élément fluide même s'il est au repos (équilibre) est soumis aux forces de volume (poids) et force de surface (pression, tension superficielle).

Dans ce cours on néglige les forces de tension superficielle.

2.1.1Notion de pression

Considérons $d\vec{F}$ la force d'interaction au niveau de la surface élémentaire dS de normale $\vec{n}$ entre le fluide et le milieu adjacent (voisin).

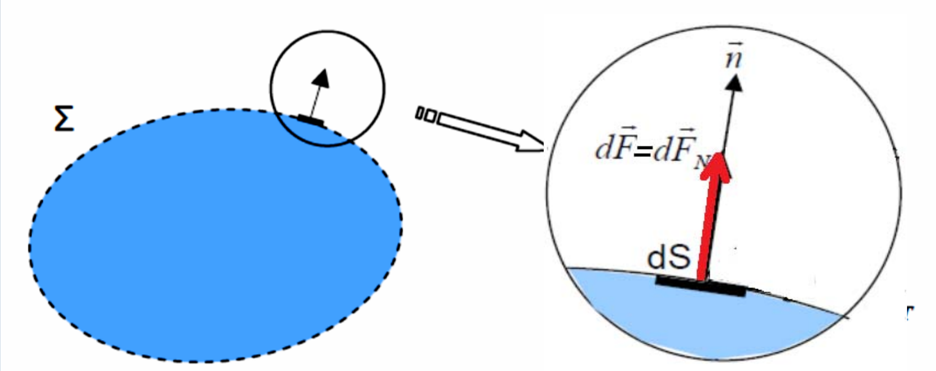
On peut toujours décomposer $d\vec{F}$ en deux composantes:

- une composante $d\overrightarrow{F_T}$ tangentielle à dS.

- une composante $d\overrightarrow{F_N}$ normale à dS.

Le fluide en question est parfait d'où les effets de frottement ne sont pas pris en compte. C'est à dire que la composante $d\overrightarrow{F_T}$ est nulle.

Autrement dit, la force $d\vec{F}$ est normale à l'élément surface dS ($d\vec{F}$=$d\overrightarrow{F_N}$)



un volume délimité par une surface fermée **Σ**
(fictive ou matérielle).

La pression est une grandeur scalaire. C'est l'intensité de la composante normale de la force $d\overrightarrow{F_N}$ qu'exerce le fluide sur l'unité de surface ***dS***.

Elle est définie en un point A d'un fluide par l'expression suivante :

$$P = \frac{\|d\vec{F}\|}{dS} = \frac{\|d\overrightarrow{F_N}\|}{dS} \rightarrow unité\ \frac{N}{m^2} = 1\ Pascal\ (Pa)$$

Dans le SI l'unité de la pression est le Pascal (Pa) = $\frac{N\text{:}Newton}{m^2\text{:}mètre\ carré} = kg.m^{-1}s^{-2}$ **en fonction des unités de base (KMSA)**

Il existe d'autres unités de la pression hors le Système international (SI) comme:

- ✓ **Le bar :**

1 bar **est la pression exercée par une force de 1** ***daN*** **(1** Kg_f**) sur une surface de** ***1*** cm^2

$$1\ bar = 10^5\ Pa$$

- ✓ **L'atmosphère :**

1 ***atm*** **la pression atmosphérique normale (h=0m (niveau de mer) et T=273°K (0°C)).**

$$1\ atm = 1{,}01325 \times 10^5\ Pa$$

- ✓ **La hauteur de mercure :**

760 mm Hg = 76 cm Hg = *1 atm* (valeur de la pression atmosphérique normale).

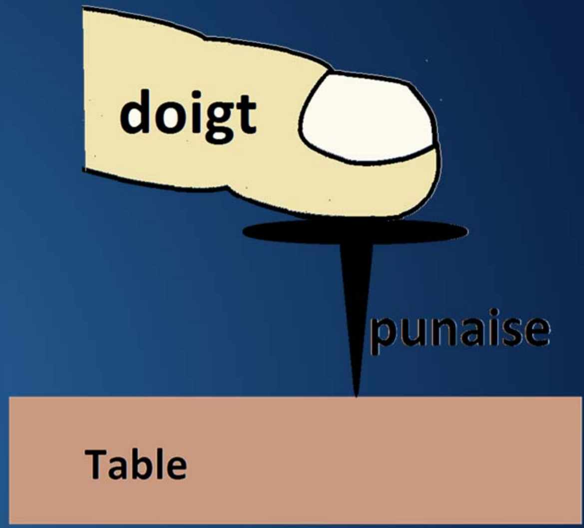
$$1\ mm\ Hg\ (0{,}1\ cm\ Hg) = 133.322\ Pa$$

- ✓ **Le torr**

$$1\ Torr = 133.322\ Pa = 1\ mm\ Hg$$

EXEMPLE

Le doigt exerce sur la punaise une **force de *12 N***.
L'aire de la tête de la punaise est ***240 mm ^{2}***, celle de la pointe ***0,5 mm^2***.

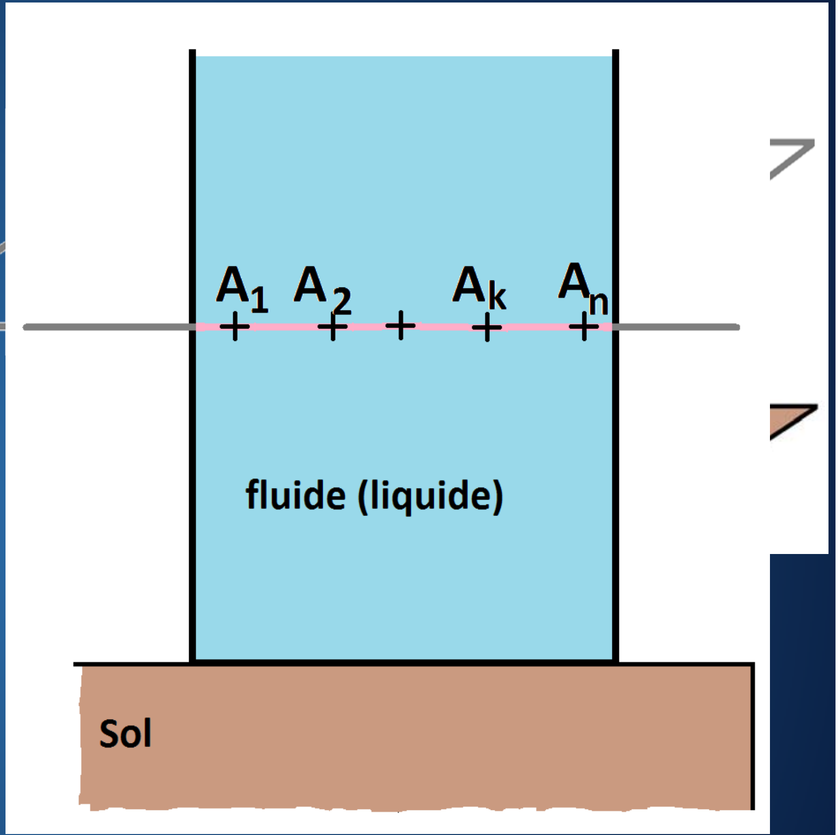


1. Calculer la pression exercée par le doigt sur la tête de la punaise
2. Quelle est la pression de la pointe de la punaise sur la table ?

(Donner les résultats en Pa, en bar, en atm et Torr (mm Hg))

2.1.2 Lois de l'Hydrostatique :

1^ere^ loi: **Dans un liquide en équilibre et au repos, la pression est constante (équitable) en tout point de ce liquide, appartenant au même plan horizontal.**

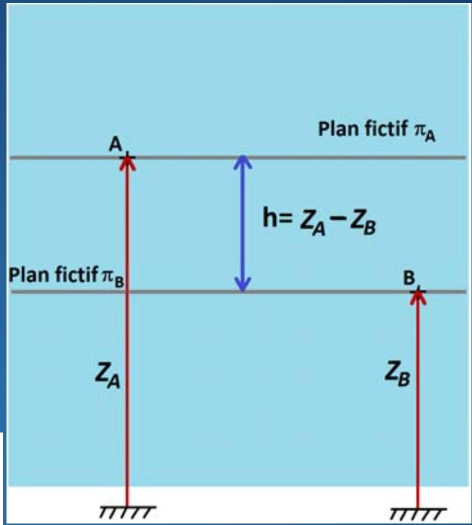


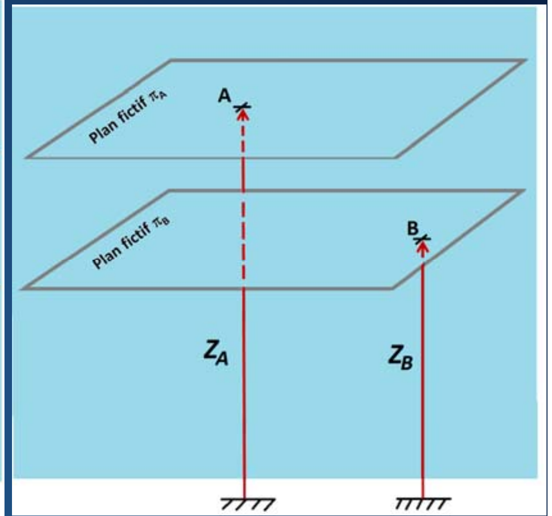
$$P_{A_1} = P_{A_2} = \cdots = P_{A_k} = \cdots = P_{A_n}$$

$\underline{2^{ème}\ loi}$: Loi Fondamentale de Hydrostatique (LFH)

Dans un liquide en équilibre et au repos, la différence de pression ΔP entre deux points A et B situés respectivement au niveau des plans horizontaux π_A et π_B est donnée par l'expression suivante :

$$\Delta P = P_B - P_A = \rho g (Z_A - Z_B)$$





Avec

P_A : Pression au plan horizontal π_A
P_B : Pression au plan horizontal π_B
ρ : Masse volumique du liquide
g : accélération de la pesanteur
Z_A : Altitude (position verticale) du pt A
Z_B : Altitude (position verticale) du pt A

$$\Delta P = P_B - P_A = \rho g (Z_A - Z_B)$$

Un changement de la pression en n'importe point quelconque dans un fluide enfermé est transmise intacte (non diminué), également à tous les points dans le fluide.