

GRANDEURS PHYSIQUES et EQUATIONS AUX DIMENSIONS

Par Silicium 628

La physique décrit la matière et l'espace, leurs propriétés et leurs comportements. Les propriétés mesurables sont nommées GRANDEURS PHYSIQUES. Lorsque leur mesure s'exprime par un simple nombre on parle de grandeur scalaire. Lorsqu'un ensemble de plusieurs nombre (vecteur) est nécessaire pour les représenter on parle de grandeur vectorielle. On peut aussi avoir recours à des tenseurs ou matrices de nombres. Bref à des êtres mathématiques. Les mathématiques constituent un outil extraordinaire pour décrire, comprendre et prévoir le comportement de la matière.

Seules les grandeurs mesurables ont un véritable sens physique. Certaines notions comme la fonction d'onde utilisée en physique quantique ou même le champ électrique bien que plus subtiles et abstraites, se révèlent très utiles pour simplifier nombre d'équations.

La plupart des grandeurs physiques découlent les une des autres ainsi que de quelques grandeurs de base.

En fait les grandeurs dites de base sont choisies parmi celles qui se prêtent aux mesures les plus précises. Ce sont (dans le Système International S.I) la **longueur**, la **masse**, le **temps** et l'**intensité électrique** (Ampère) et aussi la température (Kelvin), l'intensité lumineuse (Candela) et quelques autres (en chimie par exemple).

Vous entendrez aussi parler de valeurs de QI et de ces choses qui n'ont pas de définition précise et qui n'ont rien de scientifique ! Ca n'a rien à voir avec la physique.

Voyons les liens qui les unissent :

PRINCIPALES GRANDEURS DE BASE :

- **LA LONGUEUR** : Mesure la distance séparant 2 points.
Unité : le mètre (m)
Grandeur : [**longueur**] = L
- **LE TEMPS** t : Demandez la définition à Einstein ou à Stephen Hawking ! C'est une des notions les plus intuitives et familières et pourtant une des plus délicate à définir.
En plus ça varie tout le temps !
Grandeur: [**temps**] = T
Unité : la seconde.
- **LA MASSE** : Quantité de matière.
Attention : ne pas confondre l'abréviation de masse (m) avec l'unité de longueur le mètre (m aussi).
Grandeur : [**masse**] = M
Unité : le kilogramme (kg) (oui, et pas le gramme)

- **L'INTENSITE ELECTRIQUE** i : celle-là même qui fait pêter les plombs ! dite aussi 'le courant'. Provoque un échauffement des conducteurs et un champ magnétique autour. (utilisé dans les galvanomètres pour la mesurer, mais aussi dans les moteurs électriques). Ce qui est dangereux pour les êtres vivants n'est pas vraiment la tension électrique mais l'intensité du courant électrique qui dépend de la tension, mais aussi de la résistance électrique.

Grandeur: [**intensité**] = [**I**]

Unité : l'Ampère (A).

GRANDEURS DERIVEES :

- **SURFACE :**

La surface étant le produit de 2 longueurs sa grandeur physique S est égale à $L \times L = L^2$

Vous voyez je suppose ou je veux en venir...

Unité le mètre carré. (m^2)

- **VOLUME :**

Produit d'une surface par une longueur. $Vol = S L = L^3$

Unité le mètre cube (m^3)

- **ANGLE PLAN :**

Unité le radian.

Angle qui sous-tend un arc de cercle de longueur égale au rayon.

(1 tour complet = 2π radian)

- **FREQUENCE :**

Nombre d'évènements (de périodes pour un signal périodique) par seconde.

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

$F = T^{-1}$

rappel : $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$

- **VITESSE**

Distance parcourue par unité de temps (vitesse moyenne), ou limite de la distance parcourue dans un petit intervalle de temps lorsque ce dernier tend vers zéro.

$$v = \frac{dx}{dt} \text{ d'où le grandeur : } V = L T^{-1}$$

Unité : le **m/s** (mètre par seconde) **et pas** le mètre seconde, **il faut diviser !**

Unité dérivée : le **km/h** (kilomètre par heure ou à la rigueur kilomètre à l'heure) **mais pas** le kilomètre heure, **il faut diviser !**

- **ACCELERATION (γ)**

Accroissement (ou diminution) de la vitesse par unité de temps (accélération moyenne), ou limite de la variation de la vitesse dans un petit intervalle de temps lorsque ce dernier tend vers zéro.

$$\gamma = \frac{dv}{dt} \quad [\gamma] = V T^{-1} = L T^{-2}$$

Unité : le (m/s) /s = **m/s²** (mètre par seconde-au-carré)

- **FORCE**

C'est ce qui sert à allonger les ressorts, à casser les noix, à pousser les voitures en panne et à tenir les chiens en laisse.

Une force appliquée à une masse la fait accélérer. C'est l'équation fondamentale de la dynamique.

On peut dessiner une petite flèche au dessus de la lettre F pour indiquer que c'est une grandeur orientée dans l'espace qui s'exprime par un vecteur formé de composantes suivant x,y,z.

$$\boxed{\gamma = \frac{F}{m}} \text{ donc } F = m \gamma \text{ . grandeur : } F = M [\gamma] = \mathbf{M L T^{-2}}$$

Attention : ne pas confondre l'abréviation de masse (m) avec l'unité de longueur le mètre (m aussi).

Unité : le Newton (N) force qui accélère une masse de 1kg de 1m/s^2 .

Je suppose que ceux d'entre vous qui n'ont jamais entendu parler de ces relations doivent être étonnés de voir qu'une force se déduit de la masse de la longueur et du temps. C'est aussi en cela que la physique est belle.

- **PRESSION**

Force appliquée par unité de surface (par exemple par un fluide, ou apparenté, champ, radiation, mais aussi par la matière comme les semelles de mes chaussures sur le sol).

$$\boxed{p = \frac{F}{S}} \text{ grandeur : } [P] = M L T^{-2} / L^2 = \mathbf{M L^{-1} T^{-2}}$$

Unité : le Pascal. (Pa). $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$

Remarque : $1 \text{ bar} = 1\text{kg/cm}^2 = 10^5 \text{ Pa} = 10 \text{ tonnes} / \text{m}^2$. (c'est ce que nous respirons ! le double à 10m de profondeur sous l'eau, 10 fois plus à 100m de profondeur soit 100T/m^2 au pied d'un grand barrage).

- **ENERGIE** (ou 'Travail')

Ce qui est facturé par l'EDF.

Une force qui déplace à grand-peine son point d'application dans sa direction d'une longueur L produit une énergie :

$$\boxed{E = F \cdot L} \text{ grandeur : } E = F L = \mathbf{M L^2 T^{-2}}$$

Ainsi il faut de l'énergie pour monter une masse à une certaine hauteur. La masse est attirée par la terre par une force qu'on appelle le poids ($p = mg$ avec $g = 9,81 \text{ m/s}^2$) Le déplacement du point d'application de ce poids dans la direction de celui-ci (la verticale) demande de fournir « un travail » autrement dit de l'énergie.

Unité: le Joule. Energie produite par une force (constante) de 1N qui déplace son point d'application de 1m.

Outre que les équations aux dimensions permettent d'avoir une vue d'ensemble sur des domaines a priori différents de la physique, elles permettent de vérifier la cohérence des équations lors de calculs de physique.

../..

Prenons un exemple : comme chacun sait, Einstein a trouvé que $E=mc^2$.

E est une énergie, m une masse et c une vitesse (la vitesse de la lumière dans le vide = 3.10^8 m/s).

Voyons si cette équation est homogène (ce qui ne prouve pas sa justesse) mais est indispensable.

$[mc^2] = [m] \times [c]^2 = M \times V^2 = M (L T^{-1})^2 = M L^2 T^{-2}$ ce qui est bien la grandeur de l'ENERGIE que nous venions de calculer.

Donc l'équation $E=mc^2$ est homogène. Si elle ne l'était pas, elle serait à coup sûr fautive. Mais attention l'homogénéité ne prouve pas qu'elle soit juste. En effet $E=mc^3$ ou $E=m^2c^5$ qui ne sont pas homogènes sont fautes, mais $E=3mc^2$ est homogène **bien que fautive**.

En conclusion la vérification de l'homogénéité d'une équation évite les erreurs grossières.

- **PUISSANCE (Pu)**

Lorsque de l'énergie est produite ou échangée entre deux systèmes, la puissance indique avec quelle intensité, à quel débit se fait cet échange. L'énergie, la puissance et le temps sont liés par la relation suivante :

$$E=Pu.T$$

L'énergie produite ou échangée est d'autant plus grande que la puissance est importante et que l'échange dure longtemps. En particulier un phénomène très puissant peut mettre en œuvre une énergie relativement modérée pour peu qu'il soit très bref. C'est le cas de la foudre ou d'un flash photo ou encore d'un flash de laser. On peut également écrire :

$$Pu=\frac{E}{T} \text{ grandeur : [puissance] = } M L^2 T^{-2} / T = M L^2 T^{-3}$$

Une voiture puissante est capable d'accélération importantes parce que son moteur peut libérer une quantité d'énergie importante dans un temps très bref.

Prenons le cas d'un chauffage au fioul. L'énergie disponible dépend de la quantité de fioul dans le réservoir. La puissance dépend du débit du fioul dans le tuyau d'alimentation.

L'unité de puissance est le Watt (W) qui vaut 1 Joule/seconde. (On verra que c'est aussi 1 volt x 1 ampère).

L'unité d'énergie, le joule, vaut donc 1W x 1s. Un multiple est donc le kWh *et pas le kWh/h, il faut multiplier la puissance par le temps, pas diviser.*

- **LA QUANTITE D'ELECTRICITE ou CHARGE ELECTRIQUE :**

$Q = I.T$ grandeur : $[Q] = [I] T$, pour une fois c'est simple !

Elle est proportionnelle au courant I (en Ampères) et au temps T.

Lorsque l'intensité (i) du courant n'est pas constante, on considère la petite quantité d'électricité qui passe dans le circuit pendant le temps dt : On écrira :

$$dq = i.dt$$

C'est sous cette forme qu'on la trouvera le plus souvent en électronique.

- **CHAMPS ELECTRIQUE $[\vec{E}]$**

Voir mon article consacré au champ électrique sur ce site.

Nous avons vu que $\vec{F} = q\vec{E}$

Donc $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ Grandeur : $[\vec{E}] = \text{M L T}^{-2} / \text{I T} = \text{M L T}^{-3} \text{I}^{-1}$

Quant je vous disais que c'est un truc biscornu !

Unité le V/m on verra plus loin pourquoi.

- **LA DIFFERENCE DE POTENTIEL ou TENSION ELECTRIQUE.**

Un peu de théorie est nécessaire :

Travail des forces électriques dans un champ électrique UNIFORME (entre deux plaques conductrices parallèles par exemple) :

Considérons une charge ponctuelle positive q dans un champ électrique uniforme \vec{E} : elle y est soumise à une force $\vec{F} = q\vec{E}$. Le travail (l'énergie) fourni par cette charge au cours d'un déplacement L entre les points A et B dans le sens de la force est $W = F.L = q.E.L$

Le produit $\vec{E}.L$ du champ électrique par la distance L est appelé différence de potentiel (U) entre les points A et B. On démontre que le travail fourni par la particule est indépendant du chemin suivi pour aller de A en B. Il ne dépend que de cette différence de potentiel et de la valeur de la charge. ($W=q.U$) formule très générale qui ne fait plus appel à la notion de champ électrique.

On écrira $U = \vec{E}.L$ grandeur $[U] = \text{M L T}^{-3} \text{I}^{-1} \times L = \text{M L}^2 \text{T}^{-3} \text{I}^{-1}$

(de pire en pire !)

Unité le volt (V)

Ce qui peut s'écrire $\vec{E} = \frac{U}{L}$ ce qui justifie l'appellation de l'unité de champ électrique

V/m (Volt par mètre).

Dans la pratique on crée des champs électriques à partir de (sources de) tensions (voltage) appliquées entre des conducteurs électriques telles les plaques conductrices parallèles de l'exemple ci-dessus. Les orages savent faire ça très bien également.

Arrivés à ce point de l'exposé, vous vous rappelez sans doute que je vous avais dit que l'unité de puissance, le Watt, était égale à 1 Volt x 1A... Est-ce cohérent ?

$$[P] = \mathbf{M L^2 T^{-3}}$$

$$[U] = \mathbf{M L^2 T^{-3} I^{-1}}$$

$[U] \times [I] = \mathbf{M L^2 T^{-3} I^{-1}} \times \mathbf{I} = \mathbf{M L^2 T^{-3}}$ ce qui est bien une puissance, je ne le crois pas ! je ne me suis pas planté !!!

Et dire qu'il y a des gens qui pensent que la science c'est de la c.. ! et que la vérité est ailleurs !

Silicium 628.