

Lois Physiques

Chapitre 1 Les grandeurs physiques

G. MALEJACQ

LES GRANDEURS PHYSIQUES

I- Natures

Une grandeur est une caractéristique physique, chimique ou biologique qui est mesurée ou repérée. Celle-ci peut être de nature scalaire ou vectorielle.

Exemples de grandeurs scalaires

→ longueur l , masse m , température T

Exemple de grandeurs vectorielles

→ Vecteurs polaires : Vitesse linéaire \vec{v} , force \vec{F} , champ électrique \vec{E}

→ Vecteurs axiaux : Vitesse angulaire $\vec{\omega}$, champ magnétique \vec{B}

II- Notations

Il sera utilisé de grandes lettres pour les grandeurs continues physiquement mesurables. Exemple : $U_{max} = 10 \text{ V}$, $I_{moyen} = 2 \text{ A}$, $R_{mini} = 0,1 \Omega$

Il sera utilisé de petites lettres pour la notation des grandeurs instantanées d'un signal variable : Exemple : $u(t) = -1 \text{ V}$ à $t=0$, $u(t)=+2 \text{ V}$ à $t=2\text{s}$

III- Unités et grandeurs du Système International

3.1 Tableau des sept grandeurs de base

Parmi l'ensemble des grandeurs données, certaines d'entre elles peuvent être considérées comme indépendantes et former ainsi un sous-ensemble de grandeurs de base. Les autres grandeurs sont les grandeurs dérivées. Le Système International (S.I.) admet sept grandeurs de base. Le symbole d'une grandeur est constitué, en général, d'une seule lettre des alphabets latin ou grec et est représenté en caractère italique.

Grandeur		Unité		Dimension
Nom	Symbole	Nom	Symbole	
Longueur	l	mètre	m	L
Masse	m	kilogramme	kg	M
Temps - durée	t	seconde	s	T
Intensité du courant électrique	I	ampère	A	I
Température thermodynamique	T	kelvin	K	q
Quantité de matière	n	mole	mol	N
Intensité lumineuse	I	candela	cd	J

3.2 Les unités dérivées

Grandeurs dérivée		Unités dérivée		Dimension
Nom	Symbole	Nom	Symbole	
Fréquence	f, n	hertz	Hz	T^{-1}
Force - Poids	F, G	newton	N	LMT^{-2}
Pression - Contrainte	p, t, s	pascal	Pa	$L^{-1}MT^{-2}$
Travail - Energie Quantité de chaleur	W, E, Q	joule	J	L^2MT^{-2}
Puissance	P	watt	W	L^2MT^{-3}
Quantité d'électricité Charge électrique	Q	coulomb	C	TI
Différence de potentiel électrique	E, V, U	volt	V	$L^2MT^{-3}I^{-1}$
Capacité électrique	C	farad	F	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$
Résistance électrique (Réactance, Impédance)	R	ohm	Ω	$L^2MT^{-3}I^{-2}$
Conductance électrique	G	siemens	S	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$
Flux d'induction magnétique	F	weber	Wb	$L^2MT^{-2}I^{-1}$
Induction magnétique	B	tesla	T	$MT^{-2}I^{-1}$
Induction électrique	L, M	henry	H	$L^2MT^{-2}I^{-2}$
Température Celsius	t, q	degré Celsius	$^{\circ}C$	Q
Flux lumineux	F, F	lumen	lm	JW
Eclairement lumineux	E	lux	lx	$L^{-2}JW$
Activité radioactive	A	becquerel	Bq	T^{-1}
Dose absorbée	D	gray	Gy	L^2T^{-2}
Equivalent de dose	H	sievert	Sv	L^2T^{-2}

Unités supplémentaires

Angle plan	a	radian	rad	
Angle solide	W	stéradian	sr	

Tableau des caractères de l'alphabet grec

Caractères d'imprimerie		Nom	Caractères d'imprimerie		Nom
Majuscule	Minuscule		Majuscule	Minuscule	
A	α	alpha	N	ν	nu
B	β	bêta	Ξ	ξ	xi
Γ	γ	gamma	O	o	omicron
Δ	δ	delta	Π	π	pi
E	ε	epsilon	P	ρ	rhô
Z	ζ	zêta	Σ	σ	sigma
H	η	êta	T	τ	tau
θ	θ	thêta	Y	υ	upsilon
I	ι	iota	Φ	φ, ϕ	phi
K	κ	kappa	X	χ	khi
Λ	λ	lambda	Ψ	ψ	psi
M	μ	mu	ω	Ω	oméga

IV- Les règles d'écriture des nombres

4.1 Format.

Les nombres s'écrivent avec des chiffres arabes en caractères romains droits. Pour les nombres à partie décimale, la virgule (et non le point) sépare la partie entière de la partie décimale. Exemples : 0,034 1,95 879,3

Chaque groupe de trois chiffres, doit être séparé par un espace.

Exemples : 7 585 ; 82 640 ; 2 469 361

4.2 Notation scientifique et notation ingénieur.

Les grands et les petits nombres peuvent s'exprimer à l'aide des puissances de 10. En notation "scientifique", un chiffre différent de zéro se trouve devant la virgule.

Exemples : $12\,400 = 1,24 \times 10^4$; $0,000\,034\,27 = 3,427 \times 10^{-5}$

En notation "ingénieur", l'exposant est un multiple de 3.

Exemples : $12\,400 = 12,4 \times 10^3$; $0,000\,034\,27 = 34,27 \times 10^{-6}$

Ces unités peuvent correspondre à des phénomènes de très faibles ou de très fortes intensités. Il est alors préférable d'utiliser des préfixes permettant d'écrire leurs valeurs avec plus de pertinence.

Par exemple, un courant électrique est parfois mesuré en millièmes ou en millionièmes d'ampères ($1/1\,000\,A = 1\,mA$ (milliampère))

Ainsi on écrira $20\,mA$ (ou encore $20 \cdot 10^{-3}\,A$ en notation ingénieur) plutôt que $0,020\,A$.

Préfixes	Symboles	Facteur multiplicateur de l'unité	Notation
téra	T	1 000 000 000 000	10^{12}
giga	G	1 000 000 000	10^9
méga	M	1 000 000	10^6
kilo	k	1 000	10^3
unité	1	1	10^0
milli	m	0,001	10^{-3}
micro	μ	0,000 001	10^{-6}
nano	n	0,000 000 001	10^{-9}
pico	p	0,000 000 000 001	10^{-12}
femto	f	0,000 000 000 000 001	10^{-15}

V - Exercices

5.1 Expression des grandeurs usuelles.

Une calculatrice donne sans format particulier les applications numériques suivantes. Exprimer comme il se doit ces différentes grandeurs.

a) Pour une résistance	72354056,154	156548,00	0,015
b) Pour une énergie	12356,45	0,0002546	
c) Pour fréquence	10216000000		
d) Pour une capacité	0,0000000245		

5.2 Justification du dimensionnement des unités dérivées.

A l'aide des expressions disponibles ci-dessous, tentez de justifier la dimension donnée aux 10 premières lignes du tableau des unités dérivées.

Rappel des formules fondamentales :

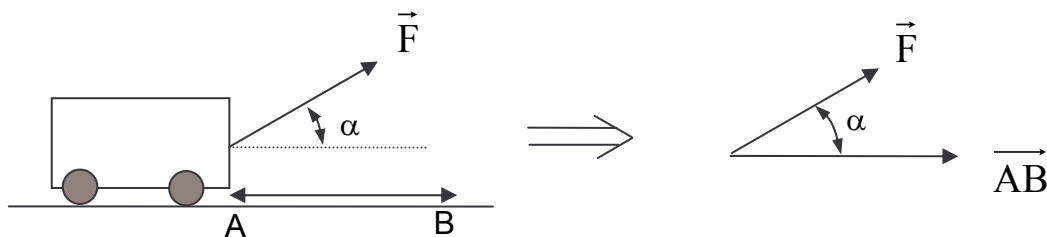
Mécanique.

- La relation entre la masse m (kg) d'un corps et son poids P (N) est donnée par la formule $P=m \times g$ où g est l'accélération de la pesanteur. En France $g=9,81$ N/kg.

- Une vitesse est donnée par le rapport $v = \frac{l}{t}$, une accélération par le rapport $a = \frac{v}{t}$

- Une pression est le rapport entre une force et une surface : $pression = \frac{F}{m^2}$

- Travail d'une force.



Le travail W (J) d'une force constante \vec{F} au cours du déplacement rectiligne \vec{AB} est égal au produit scalaire de la force \vec{F} par le vecteur déplacement \vec{AB} .

On pose $W = \vec{F} \cdot \vec{AB} = |\vec{F}| \cdot |\vec{AB}| \cos \alpha$ (W est un scalaire)

Electricité.

$$U = R \times I \quad P = U \times I \quad W = P \times t \quad I = \frac{Q}{t} \quad Q = C \times U = I \times t \quad G = \frac{1}{R}$$

5.3 Recherche de dimension.

Parmi les formules suivantes où l est une longueur, g l'accélération de la pesanteur, donner celle qui exprime une période :

$$T_1 = \pi l g \quad T_2 = \frac{l}{2\pi g} \quad T_3 = \sqrt{\frac{l}{g}} \quad T_4 = 2\pi \sqrt{\frac{g}{l}} \quad T_5 = \frac{2\pi}{lg}$$

5.4 Vérification d'homogénéité.

Dans les formules suivantes, précisez la dimension de chacun des termes et concluez sur leur l'homogénéité.

On suppose que t est un temps, m une masse, x une position, L une longueur, v une vitesse, g l'accélération de la pesanteur, F une force, f une fréquence, θ un angle, E une énergie, W un travail.

a) $x = -\frac{1}{2} g t^2 + v t \sin(\theta)$

b) $E = m g x + g t^2$

c) $E = m c^2$ où c est la vitesse de la lumière dans le vide.

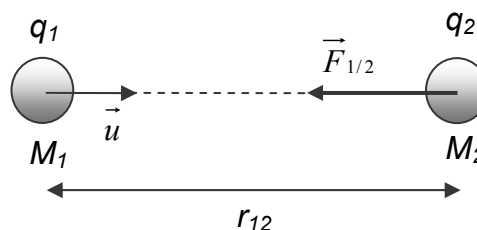
d) $W = F L \cos(\theta)$

e) $W = F \frac{v}{t}$

5.5 Recherche d'une dimension sur la formule de la loi de Coulomb.

La loi de Coulomb décrit l'interaction entre deux charges électriques ponctuelles immobiles dans le vide. Nous verrons que la force $\vec{F}_{1/2}$ exercée par la charge ponctuelle q_1 sur la charge ponctuelle q_2 est :

$$\vec{F}_{1/2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{u}$$



Dans cette formule :

$\vec{F}_{1/2}$ est une force (N)

q_1 et q_2 sont exprimées en Coulomb (C)

$r_{12} = M_1 M_2$ est la distance séparant les deux charges (m)

\vec{u} est le vecteur unitaire (sans dimension)

ϵ_0 est la permittivité du vide.

Montrer que l'unité de la permittivité du vide est en $F.m^{-1}$ (Farad/mètre).