

Nous allons voir ici les 12 grandeurs physiques principales utilisées en mécanique, liées entre elles par 5 relations produit fondamentales. Chaque relation produit peut donner lieu à deux relations quotient, à transposer selon les besoins. On donne ici soit la relation produit, soit une des deux relations quotient.

I - Poids, masse et pesanteur

Le poids **P** est la force exercée par la terre [attraction terrestre] sur tous les corps : il se mesure en **newton** et varie selon l'endroit où on se trouve [Terre, la lune, Mars, etc.]. La masse **m** est la quantité de matière du corps : elle se mesure en **kilogramme** et reste constante quelque soit l'endroit où se trouve le corps.

Définition du poids : Force verticale exercée vers le bas par un corps physique soumis à la gravitation

Le rapport du poids **P** et de la masse **m** d'un objet est égale à l'intensité de la pesanteur **g** :

Relation entre les grandeurs physiques	Unité de mesure de chaque grandeur physique	Relation entre les unités de mesure
P = m.g	le poids P en newton [N]	1 N = 1 kg x 1 N.kg⁻¹
	la masse m en kilogramme [kg]	
	l' intensité de la pesanteur g en newton par kilogramme [N.kg⁻¹]	

La valeur de **g** dépend de la planète sur laquelle on se trouve selon la loi de la gravitation universelle :

- sur la planète Terre **g = 9.81 N.kg⁻¹**
- sur la lune **g = 1.6 N.kg⁻¹**
- sur la planète Mars **g = 3.9 N.kg⁻¹**
- sur la planète Jupiter **g = 26 N.kg⁻¹**

Par exemple un objet de masse 1 kg posé sur le sol exerce une force de 9.81 N sur Terre, 1.6 N sur la lune, 3.9 N sur la planète Mars, et 26 N sur Jupiter.

APPLICATION : Complétez le tableau suivant en indiquant pour chaque objet son poids lorsqu'on le pose sur le sol d'un des quatre astres [valeur numérique **ET** unité de mesure avec éventuellement les préfixes appropriés] :

Objet	Poids de l'objet sur chacun des astres			
	sur Terre	sur la lune	sur Mars	sur Jupiter
un vase de 420 g	4.12 N	672 mN	1.64 N	10.92 N
une bouteille de 1 l d'eau	9.81 N	1.6 N	3.9 N	26 N
une personne de 71 kg	696.5 N	113.6 N	276.9 N	1.846 kN
un gros rocher de 3.2 t	31.39 kN	5.12 kN	12.48 kN	83.2 kN

II - Force, pression et surface

Définition de la pression : Rapport de l'intensité de la force s'exerçant uniformément sur une surface et perpendiculairement à celle-ci, à l'aire de cette surface

Définition du pascal : Pression uniforme qui, agissant sur une surface plane de 1 mètre carré, exerce perpendiculairement à cette surface une force totale de 1 newton

Relation entre les grandeurs physiques	Unité de mesure de chaque grandeur physique	Relation entre les unités de mesure
p = F / s	la force F en newton [N]	1 Pa = 1 N / 1 m²
	la pression p en pascal [Pa]	
	la surface s en mètre carré [m²]	

APPLICATION 1 : Un immeuble de plusieurs étages de masse totale **m** exerce sur le sol une pression **p** uniformément répartie sur l'ensemble de sa base. On note **s** la surface de la base de l'immeuble en contact avec le sol. Complétez le tableau suivant en indiquant les grandeurs manquantes [valeur numérique **ET** unité de mesure avec éventuellement les préfixes appropriés] :

masse m	force F (poids)	surface s	pression p
6200 t	60.8 MN	72 m ²	844.8 kPa
6200 t	60.8 MN	160 m ²	380.1 kPa
6200 t	60.8 MN	210 m ²	289.6 kPa
9300 t	91.2 MN	160 m ²	570.2 kPa
9300 t	91.2 MN	210 m ²	434.4 kPa
9300 t	91.2 MN	320 m ²	285.1 kPa

APPLICATION 2 : Une jeune fille de masse **m** marche avec des talons hauts. On appelle **s** la surface d'un talon en contact avec le sol et **p** la pression exercée lorsque la jeune fille est en équilibre sur un seul talon. Complétez le tableau suivant en indiquant les grandeurs manquantes [valeur numérique **ET** unité de mesure] :

masse m	force F (poids)	surface s	pression p
42 kg	412 N	1 cm ²	4.12 MPa
42 kg	412 N	80 mm ²	5.15 MPa
55 kg	540 N	60.10 ⁻⁶ m ²	9 MPa
55 kg	540 N	100.10 ⁻⁶ m ²	5.4 MPa
63 kg	618 N	60 mm ²	10.3 MPa
63 kg	618 N	100 mm ²	6.18 MPa

Qui exerce la plus grande pression sur le sol : l'immeuble de plusieurs tonnes ou la jeune fille de quelques kilogrammes sur ses talons hauts ? *La pression exercée par la jeune fille est bien supérieure à celle de l'immeuble.*

III - Couple, force et distance

Le couple s'obtient par le produit de la force et de la distance.

Relation entre les grandeurs physiques	Unité de mesure de chaque grandeur physique	Relation entre les unités de mesure
C = F.d	le couple C en newton mètre [N.m]	1 N.m = 1 N x 1 m
	la force F en newton [N]	
	la distance d en mètre [m]	

APPLICATION : Paul tient à la main l'extrémité d'un bâton horizontal de longueur **L** au bout duquel un objet de masse **m** est suspendu : un tel système mécanique est appelé un bras de levier. Il s'amuse à tester différents objets suspendus au bout de plusieurs bâtons de différentes longueurs, tout en maintenant à chaque fois le bâton horizontal. On note **F** la force verticale exercée par l'objet suspendu et **C** la valeur du couple caractérisant l'effort nécessaire à l'extrémité du bras de levier que doit fournir Paul pour maintenir le bâton horizontal. Complétez le tableau suivant en indiquant les grandeurs manquantes [valeur numérique arrondie à 3 chiffres significatifs **ET** unité de mesure] :

longueur L du bâton	masse m de l'objet	force verticale F (poids de l'objet)	couple C à l'extrémité du bas de levier
60 cm	400 g	3.92 N	2.35 N.m
60 cm	1 kg	9.81 N	5.89 N.m
1 m	1 kg	9.81 N	9.81 N.m
1 m	3 kg	29.4 N	29.4 N.m
1 m	5.17 kg	50.7 N	50.7 N.m
3 m	630 g	6.18 N	18.5 N.m
3 m	1 kg	9.81 N	29.4 N.m
3 m	3 kg	29.4 N	88.3 N.m
4.8 m	1.3 kg	12.8 N	61.2 N.m
4.8 m	7.9 kg	77.5 N	372 N.m

L'objet suspendu au bout du bras de levier produit une force qui a pour conséquence de faire baisser le bâton. Paul s'y oppose en fournissant une seconde force permettant de maintenir le bâton horizontal. Lorsque le bras de levier est parfaitement horizontal et immobile il y a alors 2 forces mises en jeu : elles ont la même valeur mais sont de direction opposée. Ceci explique le terme « couple » qui désigne en fait *un ensemble de 2 forces*.

Définition du couple : Système de deux forces de somme nulle [même valeur mais direction opposée], caractérisé par son moment

IV - Distance, vitesse et temps

La vitesse s'obtient par le rapport de la distance par le temps.

Relation entre les grandeurs physiques	Unité de mesure de chaque grandeur physique	Relation entre les unités de mesure
$v = d / t$	la distance d en mètre [m]	$1 \text{ m.s}^{-1} = 1 \text{ m} / 1 \text{ s}$
	la vitesse v en mètre par seconde [m.s ⁻¹]	
	le temps t en seconde [s]	

APPLICATION : Un train parti depuis un certain temps de sa gare de départ circule en ligne droite, en se déplaçant avec une vitesse constante **v**, et en passant par les points **A** et **B** situés sur sa trajectoire. A l'instant **t_A** le train passe par le point A distant de **x_A** de la gare de départ. Plus tard, à l'instant **t_B**, le train passe par le point B situé à une distance **x_B** de la gare de départ. On appelle **d_{total}** la distance parcourue par le train entre les points A et B et **t_{total}** le temps qu'a mis le train pour aller du point A au point B. Complétez le tableau suivant en indiquant les grandeurs manquantes [valeur numérique **ET** unité de mesure] :

x_A	x_B	d_{total}	t_A	t_B	t_{total}	v en km.h⁻¹	v en m.s⁻¹
2 km	3 km	1 km	13h00mn00s	13h01mn30s	90 s	40 km.h⁻¹	11.1 m.s⁻¹
1 km	20 km	19 km	12h31mn30s	13h00mn00s	1710 s	40 km.h⁻¹	11.1 m.s⁻¹
10 km	13.2 km	3.2 km	9h05mn00s	9h07mn19s	139 s	83 km.h⁻¹	23.1 m.s⁻¹
8 km	35 km	27 km	10h47mn41s	11h07mn10s	1169 s	83 km.h ⁻¹	23.1 m.s⁻¹
7 km	12 km	5 km	16h21mn30s	16h24mn00s	150 s	120 km.h⁻¹	33.3 m.s⁻¹
17 km	64 km	47 km	17h56mn30s	18h20mn00s	1410 s	120 km.h⁻¹	33.3 m.s⁻¹
36 km	47 km	11 km	21h17mn43s	21h21mn55s	252 s	157 km.h ⁻¹	43.6 m.s⁻¹
50 km	139 km	89 km	14h17mn19s	14h51mn20s	2041 s	157 km.h⁻¹	43.6 m.s⁻¹
23 km	120 km	97 km	7h58mn49s	8h28mn39s	1790 s	195 km.h⁻¹	54.2 m.s ⁻¹
41 km	381 km	340 km	13h16mn30s	15h01mn03s	6273 s	195 km.h⁻¹	54.2 m.s⁻¹

Relation entre **x_A** **x_B** et **d_{total}** : **d_{total} = x_B - x_A**

Relation entre **t_A** **t_B** et **t_{total}** : **t_{total} = t_B - t_A**

Relation entre un kilomètre par heure et un mètre par seconde :

$$1 \text{ km.h}^{-1} = 1/3.6 \text{ m.s}^{-1} = 0.28 \text{ m.s}^{-1}$$

$$1 \text{ m.s}^{-1} = 3.6 \text{ km.h}^{-1}$$

V - Volume, débit et temps

Le débit volumique s'obtient par le rapport du volume par le temps.

Relation entre les grandeurs physiques	Unité de mesure de chaque grandeur physique	Relation entre les unités de mesure
$D = V / t$	le volume V en mètre cube [m ³]	$1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} = 1 \text{ m}^3 / 1 \text{ s}$
	le débit D en mètre cube par seconde [m ³ .s ⁻¹]	
	le temps t en seconde [s]	

APPLICATION 1 : Un bassin rectangulaire de longueur **L** et de largeur **I**, vide à l'instant t = 0 s, se remplit d'eau avec un débit constant **D**. On appelle **t_{fin}** l'instant où le bassin est complètement plein. Complétez le premier tableau page 4 en indiquant les grandeurs manquantes [valeur numérique **ET** unité de mesure].

longueur L	largeur l	hauteur d'eau H	volume d'eau V	débit d'eau D	instant t_{fin}
1 m	2 m	1 m	2 m³	400 ml.s ⁻¹	1h23mn20s
3.2 m	1.8 m	1.2 m	6.912 m³	30 l.mn ⁻¹	3h50mn24s
4 m	4 m	2 m	32 m ³	7.11 m³.h⁻¹	4h30mn00s
6 m	6 m	6 m	216 m ³	3.2 m ³ .h ⁻¹	67h30mn00s
12 m	4.5 m	5 m	270 m ³	13.5 m³.h⁻¹	20h00mn00s
16.7 m	5.8 m	7.3 m	707.1 m³	5 m ³ .h ⁻¹	141h25mn12s

APPLICATION 2 : Un réservoir d'eau de forme cylindrique a un rayon **R** et une hauteur **H**. Il est totalement plein à l'instant $t = 0$ s et se vide à partir de cet instant avec un débit constant **D**. On appelle t_{fin} l'instant où le réservoir est complètement vide. Complétez le tableau suivant en indiquant les grandeurs manquantes :

rayon R	hauteur H	volume d'eau V	débit d'eau D	instant t_{fin}
60 cm	90 cm	1.02 m³	200 ml.s ⁻¹	1h24mn49s
1 m	3 m	9.42 m³	2 m ³ .h ⁻¹	4h42mn45s
1.5 m	1.13 m	8 m ³	3 m ³ .h ⁻¹	2h40mn00s
1.78 m	1 m	10 m ³	10 m³.h⁻¹	1h00mn00s
2.4 m	940 mm	17 m ³	5 m³.h⁻¹	3h22mn11s
1.20 m	4.7 m	21.3 m ³	1.7 m³.h⁻¹	12h34mn51s

VI - Tableau récapitulatif des grandeurs mécaniques

Voici les 12 grandeurs physiques utilisées dans les 5 relations vues précédemment :

Grandeur physique	Unité de mesure	Symbole de l'unité de mesure
le temps	la seconde	s
la distance	le mètre	m
la surface	le mètre carré	m²
le volume	le mètre cube	m³
la vitesse	le mètre par seconde	m.s⁻¹
le débit	le mètre cube par seconde	m³.s⁻¹
la force	le newton	N
le poids	le newton	N
la masse	le kilogramme	kg
l'intensité de la pesanteur	le newton par kilogramme	N.kg⁻¹
la pression	le pascal	Pa
le couple	le newton mètre	N.m

Rappel de quelques unités de mesure dérivées des unités de base :

Grandeur physique	Autre unité de mesure	Valeur et relation à connaître
la distance	le kilomètre	1 kilomètre = 1 000 mètres
le temps	la minute	1 minute = 60 secondes
	l'heure	1 heure = 60 minutes = 3 600 secondes
	le jour	1 jour = 24 heures = 1 440 minutes
la surface	le millimètre carré	1 mètre carré = 1 000 000 millimètres carrés
	l'are	1 are = 100 mètres carrés
	l'hectare	1 hectare = 100 ares = 10 000 mètres carrés
le volume	le litre	1 mètre cube = 1 000 litres [= 1 « kilo litre »]
la vitesse	le kilomètre par heure	1 mètre par seconde = 3.6 kilomètres par heure
la masse	le gramme	1 kilogramme = 1 000 grammes
	la tonne	1 tonne = 1 000 kilogrammes [= 1 « méga gramme »]