

Cours de Physique : Grandeurs, Unités, Analyse dimensionnelle

A. Arciniegas
N. Wilkie-Chancellier

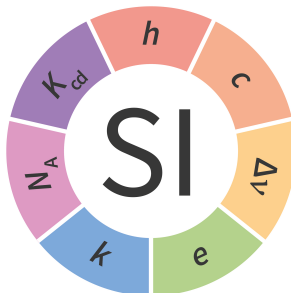
IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



Les unités de mesure : le SI

Depuis 2019, toutes les unités du SI sont définies à partir de sept constantes de la nature :

Constante	Symbole	Valeur numérique	Unité
fréquence de la transition hyperfine du césium	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9 192 631 770	Hz
vitesse de la lumière dans le vide	c	299 792 458	m.s^{-1}
charge élémentaire	e	$1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$	C
constante d'Avogadro	N_{A}	$6,022\,140\,76 \times 10^{23}$	mol^{-1}
constante de Boltzmann	k	$1,380\,649 \times 10^{-23}$	J.K^{-1}
constante de Planck	h	$6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$	J.s
efficacité lumineuse	K_{cd}	683	lm.W^{-1}



Constantes du SI d'après le BIPM

Le Système international d'unités, le SI, est le système d'unités selon lequel :

- la *fréquence* $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ en Hz,

Le Système international d'unités, le SI, est le système d'unités selon lequel :

- la *fréquence* $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ en Hz,
- la *vitesse* c en m.s^{-1} ,

Le Système international d'unités, le SI, est le système d'unités selon lequel :

- la *fréquence* $\Delta\nu_{Cs}$ en Hz,
- la *vitesse* c en m.s^{-1} ,
- la *charge* élémentaire e en C,

Le Système international d'unités, le SI, est le système d'unités selon lequel :

- la *fréquence* $\Delta\nu_{Cs}$ en Hz,
- la *vitesse* c en m.s^{-1} ,
- la *charge* élémentaire e en C,
- etc,

Les sept constantes définissant le SI

Le Système international d'unités, le SI, est le système d'unités selon lequel :

- la *fréquence* $\Delta\nu_{Cs}$ en Hz,
- la *vitesse* c en m.s^{-1} ,
- la *charge* élémentaire e en C,
- etc,

où les unités hertz (Hz), joule (J), coulomb (C) et watt (W), sont reliées aux unités seconde (s), mètre (m), kilogramme (kg), ampère (A), selon les relations :

- $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$
- $\text{J} = \text{kg.m}^2.\text{s}^{-2}$
- $\text{C} = \text{A.s}$
- $\text{W} = \text{kg.m}^2.\text{s}^{-3}$

Nous y reviendrons...

Pour la mécanique on s'intéressera aux grandeurs et unités suivantes :

Grandeur de base		Unité de base	
Nom	Symbole caractéristique	Nom	Symbole
temps	t	seconde	s
longueur	$l, x, r, \text{etc.}$	mètre	m
masse	m	kilogramme	kg

Pour en savoir plus : <https://www.bipm.org/fr/measurement-units/>

Préfixes utilisés couramment :

Facteur	Nom	Symbole
10^{12}	téra	T
10^9	giga	G
10^6	méga	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	déca	da
10^{-1}	déci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f

Pour en savoir plus : <https://www.bipm.org/fr/measurement-units/>

Puissances de 10 : <https://www.youtube.com/watch?v=0fKBhvDjuy0>

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

¹Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

D'après la définition, il vient :

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

D'après la définition, il vient :

$$D_m = \frac{\text{masse}}{\text{temps}}$$

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

D'après la définition, il vient :

$$D_m = \frac{\text{masse}}{\text{volume}} \frac{\text{volume}}{\text{temps}}$$

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

D'après la définition, il vient :

$$D_m = \frac{\text{masse}}{\text{volume}} \frac{\text{surface} \times \text{distance}}{\text{temps}}$$

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

D'après la définition, il vient :

$$D_m = \rho \frac{S \cdot l}{t} = \rho S v$$

avec v la vitesse d'écoulement

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

Analyse dimensionnelle :

$$[D_m] = [\rho] \frac{[S] \cdot [l]}{[t]}$$

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

Analyse dimensionnelle :

$$[D_m] = \frac{M}{L^3} \frac{L^2 \cdot L}{T}$$

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

Analyse dimensionnelle :

$$[D_m] = \frac{M}{T}, \text{ l'unité s'exprime en kg.s}^{-1}$$

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

Application numérique :

On considère un tuyau cylindrique de section circulaire de rayon $a = 5400 \mu\text{m}$ dans lequel circule de l'eau à une vitesse de $v_{\text{eau}} = 0,008 \text{ dm.s}^{-1}$.

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

Application numérique :

$$\alpha = 5400 \mu\text{m} = 5,4.10^3.10^{-6} \text{ m} = 5,4.10^{-3} \text{ m} ;$$

$$S = \pi\alpha^2 \approx 9,2.10^{-5} \text{ m}^2 ;$$

$$v_{\text{eau}} = 0,008 \text{ dm.s}^{-1} = 8.10^{-4} \text{ m.s}^{-1} ;$$

$$\text{si le liquide c'est de l'eau : } \rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3} ;$$

$$D_m = \rho S v = 7,4.10^{-5} \text{ kg.s}^{-1} = 74.10^{-6} \text{ kg.s}^{-1} ;$$

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

L'analyse dimensionnelle consiste à vérifier l'homogénéité dimensionnelle des expressions algébriques que l'on établit ¹.

Exemple : Problème du débit massique



Mario. Source : Nintendo

Le débit massique dans une conduite est défini par la quantité de liquide qui passe à travers la section du tuyau pendant un certain temps.

Et si le liquide c'était de l'huile ?

¹ Cela ne garantit pas que l'équation soit juste.

Exercices d'application