

Cours de Physique : Grandeurs, Unités, Analyse dimensionnelle

A. Arciniegas
N. Wilkie-Chancellier
G. Sauderais

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville



1 Cours

2 Exercices d'application

Cours

« À moins qu'une chose ne puisse être définie par la mesure, elle n'a pas sa place dans une théorie.»
Richard Feynman

« À moins qu'une chose ne puisse être définie par la mesure, elle n'a pas sa place dans une théorie.»
Richard Feynman

La Physique est basée sur la **mesure** qui consiste à comparer une grandeur physique à une référence (étalon) de cette grandeur.

« À moins qu'une chose ne puisse être définie par la mesure, elle n'a pas sa place dans une théorie. »
Richard Feynman

La Physique est basée sur la **mesure** qui consiste à comparer une grandeur physique à une référence (étalon) de cette grandeur.

Lorsque on effectue une observation/mesure d'un phénomène, il faut garantir sa comparabilité !

« À moins qu'une chose ne puisse être définie par la mesure, elle n'a pas sa place dans une théorie. »
Richard Feynman

La Physique est basée sur la **mesure** qui consiste à comparer une grandeur physique à une référence (étalon) de cette grandeur.

Lorsque on effectue une observation/mesure d'un phénomène, il faut garantir sa comparabilité !



Bureau international des poids et
mesures

<https://www.bipm.org/fr/about-us/>

« À moins qu'une chose ne puisse être définie par la mesure, elle n'a pas sa place dans une théorie. »
Richard Feynman

La Physique est basée sur la **mesure** qui consiste à comparer une grandeur physique à une référence (étalon) de cette grandeur.

Lorsque on effectue une observation/mesure d'un phénomène, il faut garantir sa comparabilité !

Définition d'un **système international** d'unités :



Bureau international des poids et
mesures

<https://www.bipm.org/fr/about-us/>



Brochure sur le SI publiée par le BIPM

<https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9.pdf>

« À moins qu'une chose ne puisse être définie par la mesure, elle n'a pas sa place dans une théorie. »
Richard Feynman

La Physique est basée sur la **mesure** qui consiste à comparer une grandeur physique à une référence (étalon) de cette grandeur.

Lorsque on effectue une observation/mesure d'un phénomène, il faut garantir sa comparabilité !

Définition d'un **système international** d'unités :



Bureau international des poids et
mesures

<https://www.bipm.org/fr/about-us/>



Brochure sur le SI publiée par le BIPM

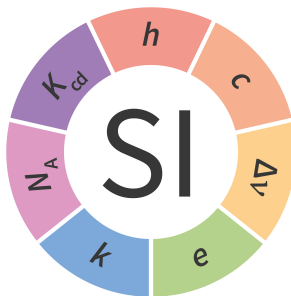
[https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/
SI-Brochure-9.pdf](https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9.pdf)

Depuis 2019, toutes les unités du SI sont définies à partir de constantes de la nature, dans le but d'assurer la stabilité du SI dans le futur et d'ouvrir la voie à l'utilisation de nouvelles technologies, y compris celles quantiques, pour mettre en pratique les définitions.

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* $\Delta\nu_{Cs}$ en Hz,

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} ,

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 et la thermique 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
température	T	kelvin	K

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 permet de :

L'analyse dimensionnelle permet de :

Vérifier une formule

Une loi physique impose une contrainte qui n'existe pas en mathématique ; elle doit être **homogène**, c'est-à-dire constituée de termes de même dimension.

L'analyse dimensionnelle permet de :

Vérifier une formule

Une loi physique impose une contrainte qui n'existe pas en mathématique ; elle doit être **homogène**, c'est-à-dire constituée de termes de même dimension.

Toute formule non-homogène est nécessairement fausse.

L'analyse dimensionnelle permet de :

Vérifier une formule

Une loi physique impose une contrainte qui n'existe pas en mathématique ; elle doit être **homogène**, c'est-à-dire constituée de termes de même dimension.

Toute formule non-homogène est nécessairement fausse.

On retiendra quelques règles :

- dans $\sin x$, $\cos x$, e^x , $\ln x$ et $\log x$ la grandeur x doit être sans dimension ;

L'analyse dimensionnelle permet de :

Vérifier une formule

Une loi physique impose une contrainte qui n'existe pas en mathématique ; elle doit être **homogène**, c'est-à-dire constituée de termes de même dimension.

Toute formule non-homogène est nécessairement fausse.

On retiendra quelques règles :

- dans $\sin x$, $\cos x$, e^x , $\ln x$ et $\log x$ la grandeur x doit être sans dimension ;
- dans $1 + x$, la grandeur x doit être sans dimension ;

L'analyse dimensionnelle permet de :

Vérifier une formule

Une loi physique impose une contrainte qui n'existe pas en mathématique ; elle doit être **homogène**, c'est-à-dire constituée de termes de même dimension.

Toute formule non-homogène est nécessairement fausse.

On retiendra quelques règles :

- dans $\sin x$, $\cos x$, e^x , $\ln x$ et $\log x$ la grandeur x doit être sans dimension ;
- dans $1 + x$, la grandeur x doit être sans dimension ;
- dans $1 + x/y$, les grandeurs x et y sont de même dimension.

L'analyse dimensionnelle permet de :

Vérifier une formule

Une loi physique impose une contrainte qui n'existe pas en mathématique ; elle doit être **homogène**, c'est-à-dire constituée de termes de même dimension.

Toute formule non-homogène est nécessairement fausse.

On retiendra quelques règles :

- dans $\sin x$, $\cos x$, e^x , $\ln x$ et $\log x$ la grandeur x doit être sans dimension ;
- dans $1 + x$, la grandeur x doit être sans dimension ;
- dans $1 + x/y$, les grandeurs x et y sont de même dimension.

Effectuer une conversion d'unités

Convertir une unité d'un système vers celle d'un autre système.

L'analyse dimensionnelle permet de :

Vérifier une formule

Une loi physique impose une contrainte qui n'existe pas en mathématique ; elle doit être **homogène**, c'est-à-dire constituée de termes de même dimension.

Toute formule non-homogène est nécessairement fausse.

On retiendra quelques règles :

- dans $\sin x$, $\cos x$, e^x , $\ln x$ et $\log x$ la grandeur x doit être sans dimension ;
- dans $1 + x$, la grandeur x doit être sans dimension ;
- dans $1 + x/y$, les grandeurs x et y sont de même dimension.

Effectuer une conversion d'unités

Convertir une unité d'un système vers celle d'un autre système.

Modéliser

Prévoir la forme d'une loi si l'on sait quels sont les paramètres pertinents du problème.

Exercices d'application