

En physique, la dimension est une caractéristique intrinsèque d'une grandeur physique, due à sa nature. Une grandeur physique peut être exprimée dans différentes unités, mais sa dimension est unique. Il existe aussi des grandeurs sans dimension, comme les angles. Sept dimensions seulement, dites « dimensions de base », sont indépendantes les unes des autres. Les autres dimensions, dites « dimensions dérivées », peuvent s'exprimer par des rapports ou produits des dimensions de base.

Le Bureau international des poids et mesures a choisi comme dimensions de base :

Dimension de base	Symbole	Unité de base dans le système international
Masse	M	kilogramme (kg)
Longueur	L	mètre (m)
Temps	T	seconde (s)
Température	$\Theta$	kelvin (K)
Intensité électrique	I	ampère (A)
Quantité de matière	N	mole (mol)
Intensité lumineuse	J	candela (cd)

## 1 Système masse-ressort

On considère une masse  $m$  accrochée à un ressort de raideur  $k$  et de longueur à vide  $\ell_0$ .

- Déterminer l'expression de la période des oscillations  $T_0$  à un facteur près, par analyse dimensionnelle.
- Établir l'expression complète de  $T_0$ . Comparer.

## 2 Pendule simple

On considère une masse  $m$  suspendue à un fil de longueur  $\ell$  dans le champ de pesanteur  $g$ .

- Déterminer l'expression de la période des oscillations  $T_0$  à un facteur près, par analyse dimensionnelle.
- Établir l'expression complète de  $T_0$ . Comparer.

## 3 Grande unification

Un des principaux défis de la physique théorique actuelle est d'unifier les quatre interactions fondamentales en une seule théorie. En effet, l'interaction électromagnétique, l'interaction forte et l'interaction faible peuvent être décrites, de manière unifiée, dans le cadre de la physique quantique (plus précisément de la théorie quantique des champs), mais l'interaction gravitationnelle doit être décrite dans le cadre d'une autre théorie : la relativité générale. Une théorie de grande unification pourrait permettre de décrire les premiers instants du Big Bang ou ce qui se passe dans un trou noir...

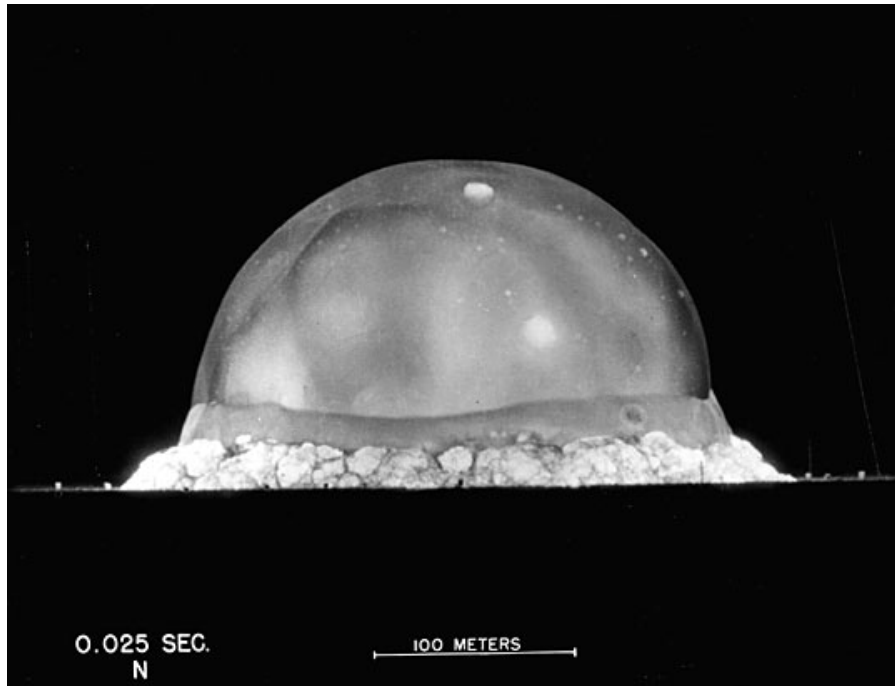
Les constantes fondamentales de la physique quantique et de la relativité générale sont :

- la constante de Planck réduite  $\hbar = h/2\pi \simeq 10^{-34}$  S.I. (dans les unités du système international)
- la vitesse de la lumière dans le vide  $c$
- la constante gravitationnelle  $\mathcal{G} = 6,67 \times 10^{-11}$  S.I., qui intervient notamment dans l'expression de la force de gravitation.

- Retrouver les unités de la constante de Planck réduite  $\hbar$  et de la constante de gravitation  $\mathcal{G}$ .
- Construire une longueur, à partir des constantes fondamentales,  $\hbar$ ,  $c$  et  $\mathcal{G}$ . Cette longueur est appelée longueur de Planck. Que représente cette longueur ?
- Comparer la longueur de Planck à la taille d'un nucléon. Commenter.
- Construire une énergie, à partir des constantes fondamentales,  $\hbar$ ,  $c$  et  $\mathcal{G}$ . Cette énergie est appelée énergie de Planck. Que représente cette énergie ?
- Comparer l'énergie de Planck avec l'énergie de collision atteinte par le plus puissant accélérateur de particules du monde (le LHC du CERN, à Genève), de l'ordre de 10 TeV. Commenter.

## 4 Trinity

Le 16 juillet 1945, l'armée américaine réalisa, sous le nom de code Trinity, le premier essai de bombe atomique, dans le désert du Nouveau-Mexique. Quelques années après la fin de la guerre, les militaires américains décidèrent de déclassifier les photos du test Trinity. A part les photos, très peu de détails avaient été donnés sur la bombe, l'énergie libérée par l'explosion notamment restait classée secret défense.



Tout cela était sans compter sur un physicien britannique, Geoffrey Taylor, qui publia un article dans lequel il réussit à estimer l'énergie de la bombe simplement à partir des photos.

1. En supposant que le rayon  $r$  de la boule de feu provoquée par l'explosion ne dépend que de l'énergie  $E$  de la bombe, de la masse volumique de l'air  $\rho$  et du temps  $t$ , déterminer l'expression de  $r$ , à un facteur près.
2. En supposant que le préfacteur dans l'expression de  $r$  est de l'ordre de 1, estimer l'énergie de la bombe.