

# Le Modèle Standard

## Définition (Modèle Standard de la Physique des particules)

- ▶ La Physique des Particules, c'est l'étude de la **matière** et des **forces**.
- ▶ Basé sur la Mécanique Quantique et les Symétries
- ▶ Validé expérimentalement jusqu'à un certain niveau d'énergie



Figure 17 – Emmy Noether, « monument de la pensée mathématique » selon Einstein pour Hilbert

## Matière

- ▶ constituants fondamentaux de l'Univers
- ▶ particules élémentaire

## Force

- ▶ interactions fondamentales entre les particules élémentaires
- ▶ échanges de particules appelé **boson médiateur**

# La Matière

## Leptons

- ▶ particule élémentaire
- ▶ insensible à l'interaction forte
- ▶ 6 saveurs
  - ▶ 3 chargés :  $e^-$ ,  $\mu^-$ ,  $\tau^-$
  - ▶ 3 neutres :  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\nu_\tau$

## Quarks

- ▶ particule élémentaire confiné dans des **hadrons**
- ▶ sensible à toutes les interactions
- ▶ 6 saveurs
  - ▶ de charge  $2/3$  :  $u$ ,  $c$ ,  $t$
  - ▶ de charge  $-1/3$  :  $d$ ,  $s$ ,  $b$
- ▶ porte une charge de couleur :  
Rouge, Vert, Bleu

# L'Anti-Matière

## Définition (Anti-Matière)

- ▶ Particule élémentaire
- ▶ Toutes les charges sont opposées
- ▶ Toutes les masses sont conservées

## Propriétés conservées

- ▶ Masse
- ▶ Spin

## Propriétés inversées

- ▶ Nombres Quantiques
  - ▶ Charge électrique
  - ▶ Charge de couleur

## Leptons

Génération	Particule $\longrightarrow$ Antiparticule
I	$e^- \longrightarrow e^+$ $\nu_e \longrightarrow \bar{\nu}_e$
II	$\mu^- \longrightarrow \mu^+$ $\nu_\mu \longrightarrow \bar{\nu}_\mu$
III	$\tau^- \longrightarrow \tau^+$ $\nu_\tau \longrightarrow \bar{\nu}_\tau$

## Quarks

Génération	Particule $\longrightarrow$ Antiparticule
I	$u \longrightarrow \bar{u}$ $d \longrightarrow \bar{d}$
II	$s \longrightarrow \bar{s}$ $c \longrightarrow \bar{c}$
III	$b \longrightarrow \bar{b}$ $t \longrightarrow \bar{t}$

- ▶ *Le photon et les gluons sont leurs propres antiparticules.*

# Les Hadrons

## Les Hadrons

- ▶ particule composé de quarks
- ▶ se comporte comme des particules ponctuelles

### Baryon

- ▶ 3 quarks

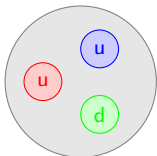


Figure 18 – Proton

### Méson

- ▶ quark + antiquark

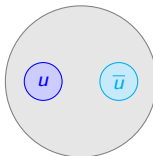


Figure 19 –  $\pi^+$

### Antibaryon

- ▶ 3 antiquarks

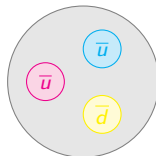


Figure 20 – Anti-Proton

# Les 4 interactions fondamentales

## Électromagnétique (QED)

- ▶ Portée :  $\infty$
- ▶ Charge électrique
- ▶ Acteurs : Leptons chargés, Quarks
- ▶ Médiateur : Photon  $\gamma$  ( $m_\gamma = 0$ )

## Gravitation

- ▶ Portée :  $\infty$
- ▶ Charge de Masse
- ▶ Acteurs : Particules massives
- ▶ Médiateur : Higgs  $H$   
( $m_H = 125$  GeV)  
Bonus : unification électrofaible

## Faible

- ▶ Portée :  $10^{-18}$  m
- ▶ Charge faible
- ▶ Acteurs : Leptons, Quarks
- ▶ Médiateurs :
  - ▶  $W^\pm$  ( $m_W = 80$  GeV)
  - ▶  $Z^0$  ( $m_Z = 91$  GeV)

## Forte (QCD)

- ▶ Portée :  $10^{-15}$  m
- ▶ Charge de Couleur
- ▶ Acteurs : Quarks
- ▶ Médiateurs : 8 Gluons  $g$  ( $m_g = 0$ )