

# Le bozon $Z^0$

Consigne : élaborer les questions et y répondre.

On entendit parler des bosons Z et W la première fois au cours des années 1960 avec la théorie électrofaible de Sheldon Glashow, Abdus Salam et Steven Weinberg. La découverte de ces bosons fut attribuée en majeure partie au CERN, avec un premier aperçu en 1973 sous forme de particule virtuelle, puis une découverte formelle en 1983. Carlo Rubbia et Simon van der Meer obtiennent tous les deux le prix Nobel de physique pour cette découverte en 1984. Par la suite, le LEP du CERN et le SLC du SLAC produiront entre 1989 et 1998 plus de 15 millions de Z, permettant ainsi l'estimation de sa masse avec une grande précision.

Masse en équivalent énergie :  $91,1876 \pm 0,0021 \text{ GeV}$  ( $1 \text{ GeV} = 1,6 \times 10^{-10} \text{ J}$ )

Charge : 0 ; durée de vie :  $3 \times 10^{-25} \text{ s}$

D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Boson\\_Z](https://fr.wikipedia.org/wiki/Boson_Z)

Le grand collisionneur électron-positron, ou LEP (de l'anglais Large Electron Positron collider) était un accélérateur de particules circulaire de 27 km de circonférence, passant sous le site du CERN entre la France et la Suisse. Les positrons et électrons tournaient en sens opposé à une vitesse proche de celle de la lumière dans l'anneau, enfoui 100 mètres sous terre. Ils entraient en collision au niveau des quatre détecteurs du LEP : ALEPH, OPAL, L3 et DELPHI. Les collisions entre les paquets de positrons et d'électrons libéraient une énergie pouvant atteindre jusqu'à 209 GeV. Le LEP a été démantelé en automne 2000. Il a été remplacé en 2008 par le LHC (Large Hadron Collider) dont les performances ont permis de confirmer l'existence du boson de Higgs et de particules encore plus massives. Contrairement à son prédécesseur, le LHC est un collisionneur de protons, ce qui lui permettra d'atteindre des échelles d'énergie largement supérieures au LEP.

D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Grand\\_collisionneur\\_%C3%A9lectron-positron](https://fr.wikipedia.org/wiki/Grand_collisionneur_%C3%A9lectron-positron)

On peut effectivement vérifier que la collision d'un électron et d'un positron (antiélectron) ultra-relativistes, permet de générer un bozon  $Z^0$ . En effet leurs vitesses sont très proches de celle de la lumière, par exemple  $0,999\,999\,999\,983 \times c$ , dans les expériences de production des bozons  $Z^0$  au LEP.

Masse de l'électron et du positron :  $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$  ; célérité de la lumière  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Energie totale d'un objet de masse m au repos :

$$E_0 = mc^2$$

Energie totale d'un objet de masse m à la vitesse V :

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-(V/c)^2}} = \gamma mc^2$$

Si m n'est pas nulle :  $V \rightarrow c \Rightarrow E \rightarrow \infty$

Si  $V = c \Rightarrow m = 0$

Energie cinétique :

$$E_c = E - E_0$$

$$E_c = \frac{mc^2}{\sqrt{1-(V/c)^2}} - mc^2 = mc^2(\gamma - 1)$$

Si  $V \ll c$  :

$$\frac{1}{\sqrt{1-(V/c)^2}} \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{V^2}{c^2}$$

$$\text{Alors : } E_c \approx \frac{1}{2} m \frac{V^2}{c^2} c^2 = \frac{1}{2} m V^2$$

Le bozon  $Z^0$  a une durée de vie extrêmement courte et se désintègre selon différents scénarios :

- $Z^0 \rightarrow e^- + e^+$  électron et positron (ou bien muon et antimuon ou thau et antithau)
- $Z^0 \rightarrow \nu + \bar{\nu}$  neutrino et antineutrino
- $Z^0 \rightarrow q + \bar{q}$  quark et antiquark

Pour le modèle standard des particules élémentaires voir notamment :

<http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/particules-elementaires-llle-2.xml>