

## Série 7

### 1 Le LHC

Le LHC (Large Hadron Collider) est le collisionneur proton-proton du CERN dont les premières collisions ont eu lieu en novembre 2009. Ses paramètres de conception sont les suivants:

Circonférence	$L = 26.65883 \text{ km}$
Energie nominale des protons	$E = 7 \text{ TeV}$
Courant dans chaque faisceau	$i = 0.53 \text{ A}$
Fréquence de croisement des paquets	$\nu = 39.989 \text{ MHz}$
Longueur d'un paquet	$\sigma_z = 7.5 \text{ cm}$
Luminosité nominale	$\mathcal{L}_{\text{LHC}} = 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

On donne aussi la charge du proton  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , sa masse  $m_p = 938.272 \text{ MeV}/c^2$ , la vitesse de la lumière dans le vide  $c = 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$ . On définit le barn (b) comme  $10^{-24} \text{ cm}^2$ .

- Combien y a-t-il de paquets dans un faisceau ?
- Quelle est l'énergie totale des faisceaux ?

### 2 ATLAS et CMS

Les détecteurs ATLAS et CMS sont installés en deux points diamétralement opposés sur le LHC, où les faisceaux entrent en collision pour produire une luminosité moyenne  $\mathcal{L}$  égale à  $\mathcal{L}_{\text{LHC}}$ . Cette luminosité est définie comme le rapport entre le taux de collisions et la section efficace de collision.

- Quelle est la section  $A$  des faisceaux à ces points d'interaction ?
- Si la section efficace inélastique à  $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$  vaut  $\sigma_{\text{inel}} = 80 \text{ mb}$ , quel est le nombre moyen de collisions inélastiques (réactions) à chaque croisement de paquets ?
- Comment les points d'interaction se distribuent-ils dans l'espace ? On fera l'hypothèse que la densité du paquet suit une distribution gaussienne d'écart-type  $\sigma_x$  selon  $x$ ,  $\sigma_y$  selon  $y$  et  $\sigma_z$  selon  $z$ , où l'axe  $z$  est dans la direction d'un faisceau.

### 3 LHCb

Le détecteur LHCb est installé en un autre point de la circonférence et travaille simultanément à ATLAS et CMS à l'étude des hadrons contenant un quark  $b$  ou un antiquark  $\bar{b}$ . La section efficace de production de paires  $b\bar{b}$  est de  $\sigma_{b\bar{b}} = 500 \mu\text{b}$ .

- Pour la première période de prise de données (2011–2012), on chercherait à éviter que plusieurs réactions inélastiques aient lieu en même temps en réduisant la luminosité. Comment est-ce possible ?
- Le nombre de collisions inélastiques dans un croisement de paquets suit une distribution de Poisson. Quelle est la luminosité maximisant la probabilité d'avoir exactement une collision inélastique lors d'un croisement de paquets? Quelle est cette probabilité? Déterminer dans ce cas le taux de production des hadrons  $b$ .