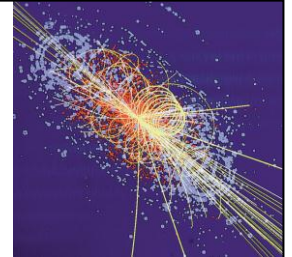


Après avoir lu le document ci-dessous sur le LHC, résoudre les exercices dans un ordre libre, à son rythme.  
En cas de problème calculatoire, l'identifier clairement, le noter en rouge.  
ex : je n'arrive pas à écrire en écriture scientifique / je ne maîtrise pas les puissances de 10...

### Le LHC ? Qu'est-ce que c'est ?

LHC signifie **Large Hadron Collider** ou **Grand Collisionneur de Hadrons** :

- Grand en raison de ses dimensions (environ 27 km de circonférence) ;
- Collisionneur car il permet à deux faisceaux de particules se déplaçant en sens inverse d'entrer en collision en quatre points de la circonférence de la machine ;
- Hadrons parce qu'il accélère des protons ou des ions, c'est-à-dire des hadrons.



C'est un accélérateur de particules c'est-à-dire un dispositif qui donne une très grande vitesse aux particules (hadrons) : grande vitesse est synonyme de très grande énergie.

Les particules accélérées sont « projetées » les unes sur les autres, créant dans un espace extrêmement restreint une concentration d'énergie recréant ainsi localement des conditions proches du Big-bang ; l'étude des particules émises et de leurs énergies permet et permettra de valider expérimentalement (ou pas !) des théories.

#### Pourquoi « grand » ?

Parce que l'énergie maximale que peut atteindre un collisionneur est liée à sa taille !  
Sa circonférence en dit ....long !

#### Pourquoi « collisionneur » ?

Parce que lorsque deux faisceaux de particules entrent en collision, l'énergie dégagée est égale à la somme de l'énergie de chaque faisceau !

#### Pourquoi « hadrons » ?

Parce que les particules utilisés sont des protons (de la famille des hadrons).



Caractéristique	Valeur
circonférence	26659 m
température d'exploitation des dipôles	1,9K= -271,3°C
nombre d'aimants	9593
nombre de dipôles principaux	1232
nombre de quadripôles principaux	392
nombre de cavités radiofréquence	8 par faisceau
énergie nominale mode proton	7 TeV
énergie nominale mode ion	2,76 TeV/u
champ magnétique dipolaire maximal	8,33 T
distance minimale entre les paquets	≈ 7 m
luminosité nominale	10,34 cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
nombre de paquets par faisceau de protons	2808
protons par paquet (au départ)	1,1.10 <sup>11</sup>
nombre de tours par seconde	11245
nombre de collisions par seconde	600 millions

célérité de la lumière dans le vide  $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$1\text{ eV} = 1,6\cdot 10^{-19}\text{ J}$

Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02\cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ .

#### COMPETENCES COMMUNES

- Extraire les informations utiles
- Confronter à ses connaissances
- Organiser l'information
- Identifier le problème
- Comparer à une situation connue
- Exploiter des résultats, justifier
- Interpréter des données, des résultats

### EXERCICE 1 *Compétences : Puissance de 10, précision, conversion d'unités.*

Donner la valeur de la célérité de la lumière (= vitesse de la lumière) en écriture scientifique avec 3 chiffres significatifs d'abord en m.s<sup>-1</sup> ensuite en km.h<sup>-1</sup>.

**EXERCICE 2 Compétences : Formule de la vitesse, conversion d'unités, retard/avance, chiffres significatifs.**

1. Quelle donnée permet d'affirmer que la trajectoire suivie par les paquets de protons est circulaire ?
2. Calculer le rayon moyen de l'accélérateur LHC.
3. Quelle est la distance parcourue par un paquet de protons en une seconde ?
4. En déduire la vitesse moyenne d'un paquet de protons.
5. Exprimer cette vitesse en % de la célérité de la lumière.
6. Quelle avance (en temps sur un tour et en distance) auraient les paquets de protons s'ils se déplaçaient à la célérité de la lumière dans le tunnel du LHC ?
7. Quelle est la durée minimale séparant deux paquets de protons sur leur trajectoire ?

**EXERCICE 3 Compétences : Conversion d'unités, formes d'énergie, transfert thermique.**

*7 TeV est l'énergie d'un proton au moment de l'impact.*

1. Dans la valeur 7 TeV, que signifie le préfixe T ? A quelle puissance de 10 correspond-t-il ?
2. Convertir cette énergie en joules (J) puis en mégajoules (MJ).

*L'énergie totale de chaque faisceau est d'environ 350 MJ, ce qui correspond à l'énergie d'un train de 400 tonnes, comme le TGV, lancé à 150 km/h. Une telle énergie suffit à faire fondre environ 500 kg de cuivre. L'énergie totale stockée dans les aimants du LHC est quelque 30 fois plus élevée.*

3. L'énergie totale de chaque faisceau est d'environ 350 MJ. Retrouver cette valeur.
4. A quelle forme d'énergie concernant le TGV fait allusion ce texte ?
5. La correspondance « énergie d'un faisceau-énergie du TGV » annoncée est-elle vraie ?
6. La température de fusion du métal cuivre vaut  $T_f = 1084^\circ\text{C}$ . Pour atteindre la température de fusion de ce métal, il faut fournir  $385 \text{ J}\cdot\text{C}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  puis, une fois cette température atteinte, il faut fournir 205 J/g de métal. Fera-t-on fondre les 500 kg de cuivre pris à  $20^\circ\text{C}$  avec environ 350 MJ ?

**EXERCICE 4 Compétences : Distinguer puissance et énergie.**

*Le fonctionnement du LHC est de 270 jours annuels, 24 heures sur 24 (il s'arrête l'hiver); sa puissance consommée est de 120 MW, ce qui correspond environ à celle consommée par l'ensemble du canton de Genève.*

1. Calculer l'énergie consommée par le LHC annuellement en kWh puis en joules.
2. Justifier la deuxième phrase.

*Données :* le canton de Genève compte environ 430 000 habitants qui consomment chacun, en moyenne et annuellement, 2 MWh.

**EXERCICE 5 Compétences : Quantité de matière. Durées.**

*Tous les protons accélérés au CERN sont obtenus à partir de dihydrogène standard. Bien que les faisceaux du LHC contiennent de très nombreux protons, seuls 2 ng de dihydrogène sont accélérés chaque jour. Il faudrait donc au moins 1 million d'années pour accélérer un gramme de dihydrogène avec le LHC.*

1. Calculer la quantité de matière correspond aux 2 ng de dihydrogène.
2. Calculer la quantité de protons que l'on peut obtenir à partir des 2 ng de dihydrogène.
3. Un million d'années pour accélérer un gramme de  $\text{H}_2$  est-elle une donnée exacte ?

**EXERCICE 6 Compétences : Conversion d'unités.**

*Les expériences LHC comptent environ 150 millions de capteurs qui enregistrent 40 millions de données par seconde. Le flux de données provenant des quatre expériences sera d'environ 700 mégaoctets par seconde, soit environ 16 000 000 Go par an (l'équivalent d'une pile de CD-ROM haute de 20 km).*

*Données :* hauteur d'un CD-ROM : 0,9 mm  
capacité de stockage d'un CD-ROM :  $700\cdot 10^6$  octets  
durée de fonctionnement des expériences : 270 jours par an.

1. Retrouver la quantité d'informations, exprimée en octets, qui est stockée chaque année.
2. Cela correspond-il bien à une pile de CD-ROM de 20 km de haut ?