

## FORMATION DE NOTRE UNIVERS EN LABORATOIRE



### Capacité(s) contextualisée(s) mise(s) en jeu durant l'activité :

- ✓ Extraire et exploiter des informations sur un dispositif de détection.

### But

- Découvrir quelques expériences permettant de comprendre la formation de notre univers.

### Documents

(s'approprier)



#### Doc 1 : Le CERN

Le complexe d'accélérateurs du CERN est une chaîne de machines qui accélèrent les particules à des énergies croissantes. Chaque machine augmente l'énergie d'un faisceau de particules avant de l'injecter dans la machine suivante. Dans le Grand collisionneur de hadrons (LHC) - le dernier maillon de la chaîne, les faisceaux de particules sont accélérés jusqu'à l'énergie record de 4 TeV par faisceau. La plupart des autres accélérateurs de la chaîne sont dotés de leur propre hall d'expérimentation, dans lequel les faisceaux sont utilisés pour des expériences réalisées à des énergies plus basses.

La source de protons est une simple bouteille d'hydrogène gazeux. Un champ électrique permet d'arracher à des atomes d'hydrogène leurs électrons et d'obtenir des protons. Le Linac2, premier maillon de la chaîne, accélère les protons jusqu'à une énergie de 50 MeV. Le faisceau est ensuite injecté dans le Synchrotron injecteur du PS (PS Booster - PSB), qui accélère les protons jusqu'à 1,4 GeV, puis dans le Synchrotron à protons (PS), qui porte le faisceau jusqu'à 25 GeV. Les protons sont ensuite envoyés au Supersynchrotron à protons (SPS), où ils sont accélérés à 450 GeV. Enfin, les protons sont envoyés dans les deux tubes de faisceau du LHC. Le faisceau circule dans le sens des aiguilles d'une montre dans le premier tube, et dans le sens inverse dans le deuxième. Il faut 4 minutes et 20 secondes pour remplir chacun des deux anneaux du LHC, et 20 minutes pour que les protons atteignent leur énergie maximale de 4 TeV. En conditions d'exploitation normales, les faisceaux circulent pendant plusieurs heures dans les tubes du LHC. Les deux faisceaux entrent en collision à l'intérieur de quatre détecteurs - ALICE, ATLAS, CMS et LHCb - ; au point de collision, l'énergie totale est de 8 TeV.

Le complexe d'accélérateurs, qui comprend également le Décélérateur d'antiprotons (AD) et le Séparateur d'isotopes en ligne ISOLDE, alimente aussi le projet Neutrinos du CERN vers le Gran Sasso (CNGS), la zone de test du Collisionneur linéaire compact (CLIC), ainsi que l'Installation de mesure du temps de vol des neutrons (nTOF).

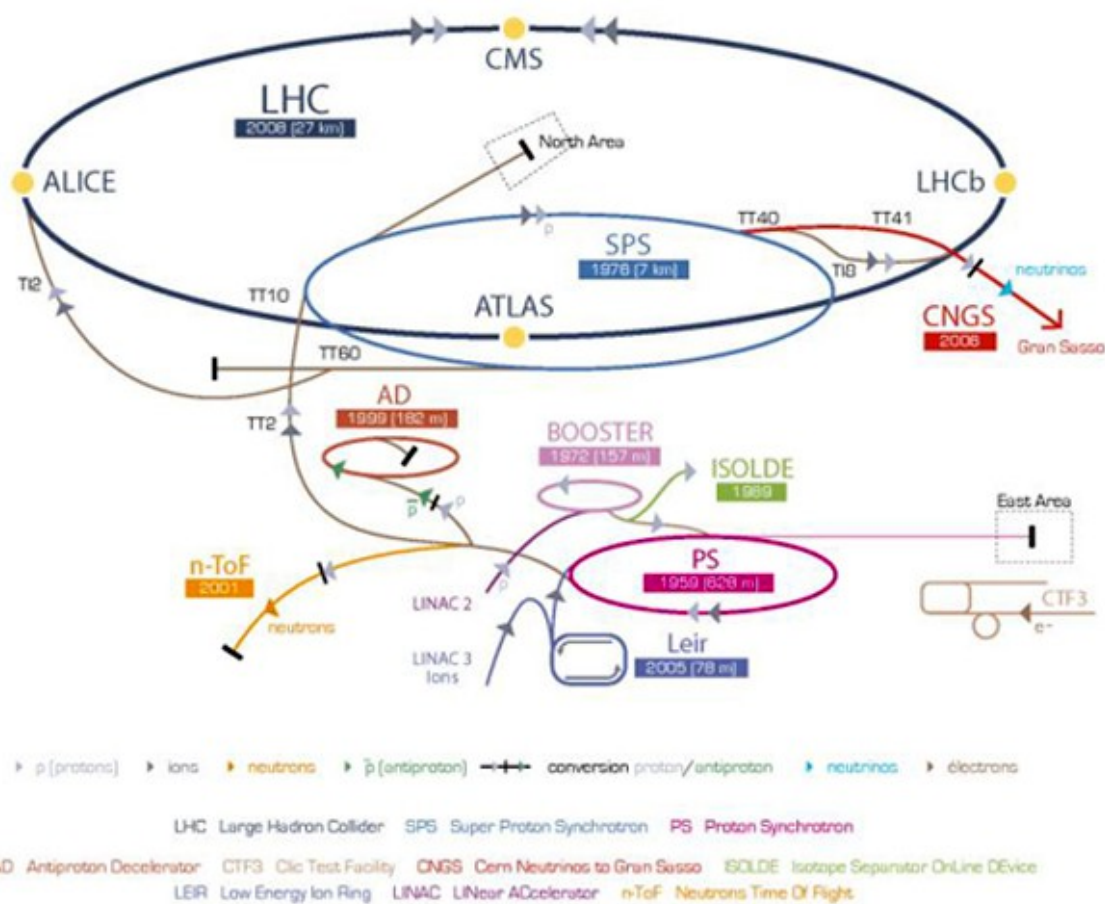
Le LHC n'accélère pas que des protons. Les ions plomb du LHC sont issus d'une source de plomb vaporisé et passent par le Linac3 avant d'être collectés et accélérés dans l'Anneau d'ions de basse énergie (LEIR). Ensuite, le parcours au bout duquel les ions atteignent leur énergie maximale est le même que celui des protons.

Source : <http://home.web.cern.ch/fr/about/accelerators>

## Vidéo :

[http://www.lhc-france.fr/?page=media&id\\_document=919](http://www.lhc-france.fr/?page=media&id_document=919)

### Complexe des accélérateurs du CERN



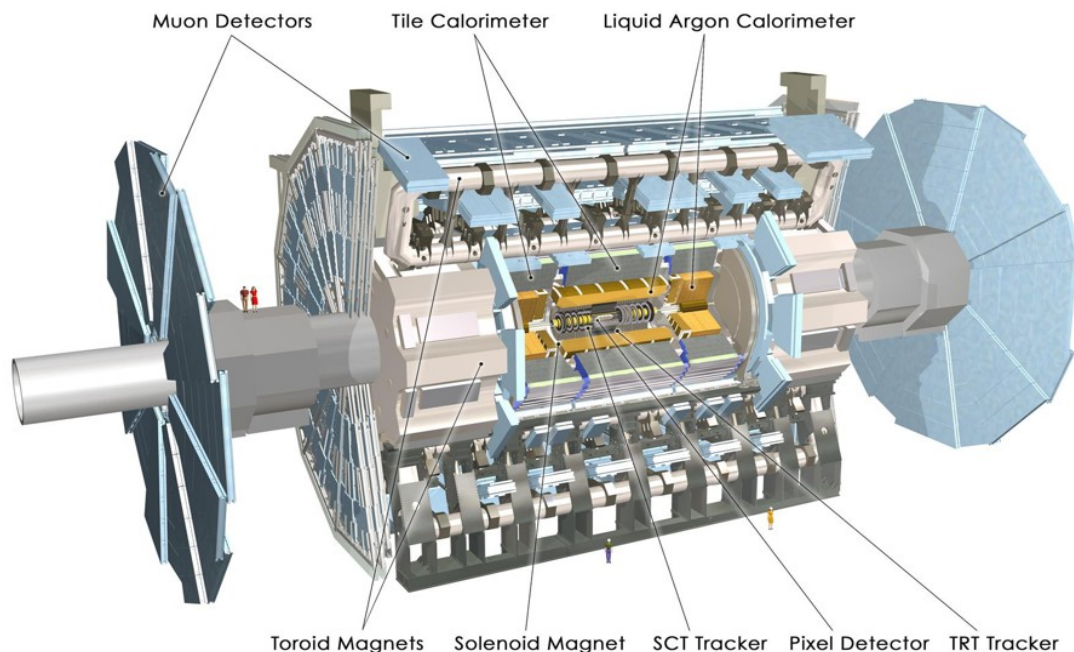
[Pour les plus curieux...](#)

**Guide du LHC**

<http://cds.cern.ch/record/1164451/files/CERN-Brochure-2009-003-Fre.pdf>

## Doc 2 : ATLAS

ATLAS est un détecteur multi-fonctions (**Fig.1**). Il est utilisé au Grand Collisionneur de Hadrons (le «Large Hadron Collider», LHC) pour chercher de nouveaux indices sur la formation de l'Univers et sur sa composition. A l'aide du détecteur ATLAS, les physiciens veulent détecter les particules formées lors des collisions proton-proton et déterminer leurs propriétés, par exemple leur quantité de mouvement (ou impulsion), leur charge électrique et leur énergie. Pour atteindre ces objectifs, un détecteur d'une taille à couper le souffle a été construit : 44 mètres de long pour 25 de diamètre. Il est composé de différents éléments qui ont chacun une fonction spécifique et qui sont arrangés en «pelure d'oignon» autour du tube à vide dans lequel circulent les protons.



*Fig.1 : L'ensemble des détecteurs d'ATLAS*

Les trajectographes détectent les particules chargées électriquement. Ils mesurent leurs positions à différents instants. Comme ces instruments sont plongés dans un champ magnétique homogène, les particules chargées sont déviées. Leur trajectoire donne accès à leur impulsion et à leur charge électrique. Les particules produites lors de la collision interagissent très peu avec les matériaux des trajectographes. Ainsi, elles y déposent seulement une faible quantité d'énergie.

Dans le calorimètre électromagnétique (basé, pour la partie tonneau, sur la technologie de l'argon liquide Lar), les particules et les antiparticules sensibles à l'interaction électromagnétique sont détectées, en particulier les électrons et les photons. L'ensemble de l'énergie d'une particule traversant le calorimètre électromagnétique est absorbé et transformé en signal électronique. L'amplitude de ce signal donne une mesure de l'énergie de la particule.

Dans le calorimètre hadronique (à tuiles pour la partie tonneau) sont détectées les particules sensibles à l'interaction forte et constituées de quarks et d'antiquarks – on les appelle les hadrons –, par exemple les protons ou les neutrons. La méthode de détection est similaire à celle utilisée pour le calorimètre électromagnétique. Mais des matériaux plus denses sont utilisés dans le calorimètre hadronique afin d'absorber suffisamment d'énergie.

Les muons déposent seulement une faible fraction de leur énergie dans les calorimètres et ce sont les seules particules (avec les "invisibles" neutrinos) qui traversent toutes les couches du détecteur ATLAS. C'est pourquoi des chambres à muons (**Fig.2**) sont installées dans la partie la plus externe d'ATLAS pour identifier ces muons. Elles sont plongées dans un champ magnétique supplémentaire afin de mesurer leur impulsion plus précisément que dans les trajectographes. Ce champ magnétique est produit par d'énormes aimants toroïdes (d'où le «T» de «ATLAS»). Les chambres à muons sont faites de milliers de longs tubes remplis de gaz et contenant chacun un fil au centre. Par ionisation, les muons incidents libèrent des porteurs de charge électrique dans le gaz. Ceux-ci dérivent vers les parois des tubes ou vers le fil central à cause de la grande différence de potentiel entre le tube et le fil, créant ainsi un signal lisible électroniquement.

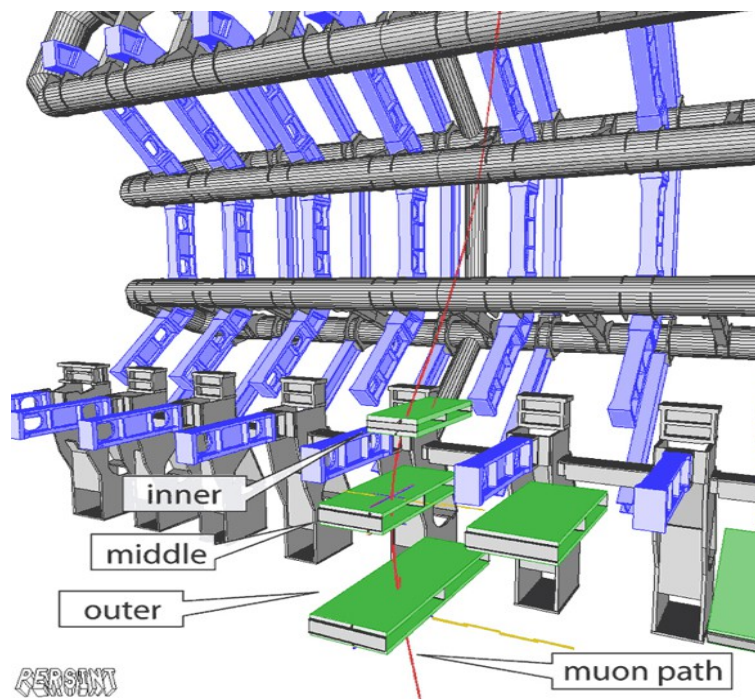


Fig.2 : Chambres à muons d'ATLAS

Source : <https://kjende.web.cern.ch/kjende/fr/atlas.htm>

## Vidéos :

<http://www.atlas.ch/multimedia/html-nc/feature-episode1-french.html>

<http://www.atlas.ch/multimedia/html-nc/feature-episode2-french.html>

## Questions :

1. Quelle force permet d'accélérer des protons ou des ions dans un accélérateur linéaire (LINAC) ?
2. Quelle force permet de dévier des particules chargées en mouvement sans les ralentir et donc de les conserver en mouvement dans des anneaux de stockages.
3. Pourquoi les détecteurs de muons sont-ils positionnés à l'extérieur d'ATLAS ?
4. Comment sont-ils détectés ?