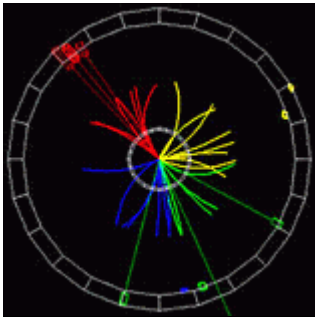


Einstein in the 21st Century

Hands on Particle Physics

International Masterclasses for High School Students

ACCELERATEURS & DETECTEURS

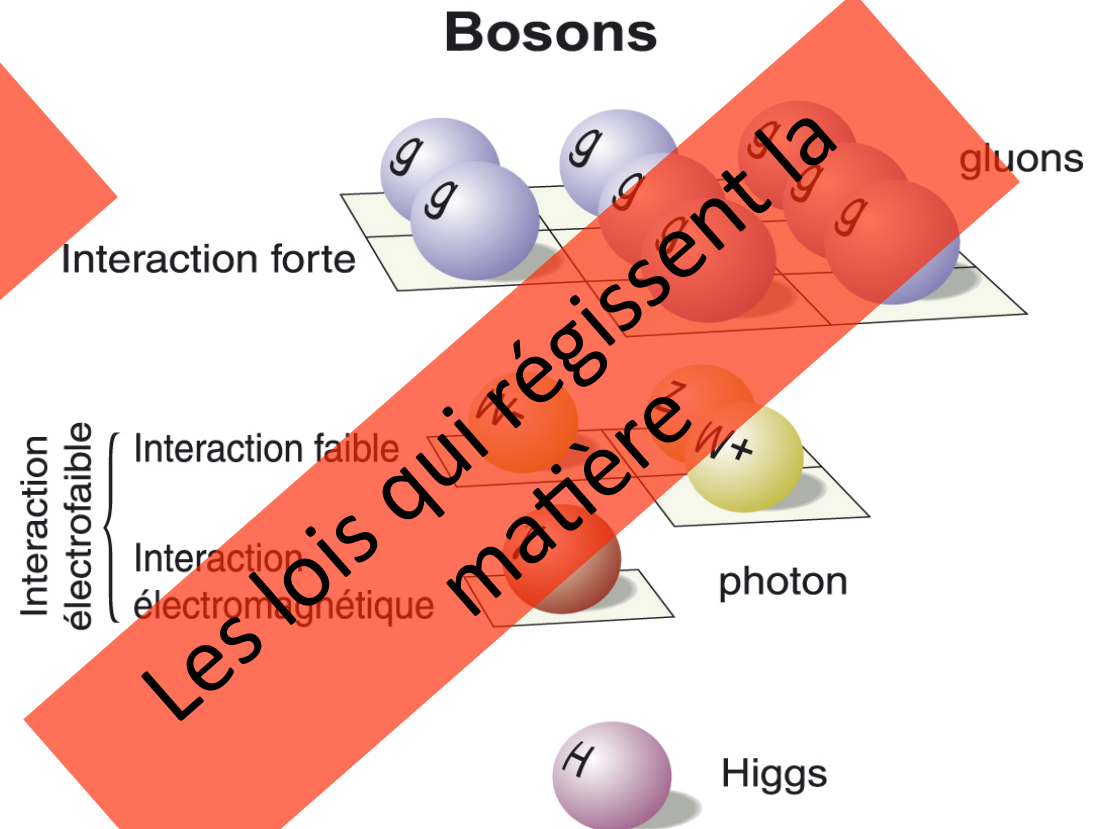
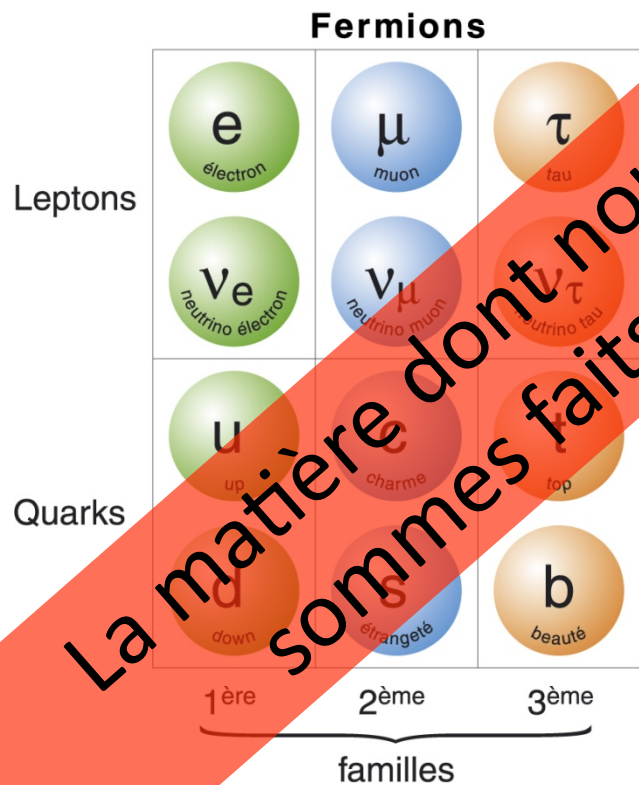
des outils gigantesques, pour des particules toutes petites

INTRODUCTION

- De quoi sommes nous fait ?
- Quelles sont les lois qui régissent le comportement de la matière ?
- Comment les découvrir ?

Cours de
physique des particules

Résumé (très résumé !) du cours précédent



Je n'oserai pas m'aventurer à vous expliquer plus loin en physique des particules !!

1. Principe Expérimental ...

...quelques exemples de plus en plus compliqués.

Quelle est la profondeur d'un puits ?

- 1) On jette un caillou
- 2) On compte & on écoute
- 3) Poc ! $T=3s$
- 4) On calcule ! je vous laisse le faire ;-)

On ne s'intéresse qu'à la méthode pour l'instant...



Qu'est ce qui est important dans cette expérience ?

Trouver les fenêtre d'un mur...

1) Placer « un truc »
derrière le mur.

2) Arroser le mur au M60 (si
possible uniquement le mur)

Qu'est ce qui est important dans
cette expérience ?

3) Analyser les impacts
sur « le truc »

...à la mitrailleuse !!!

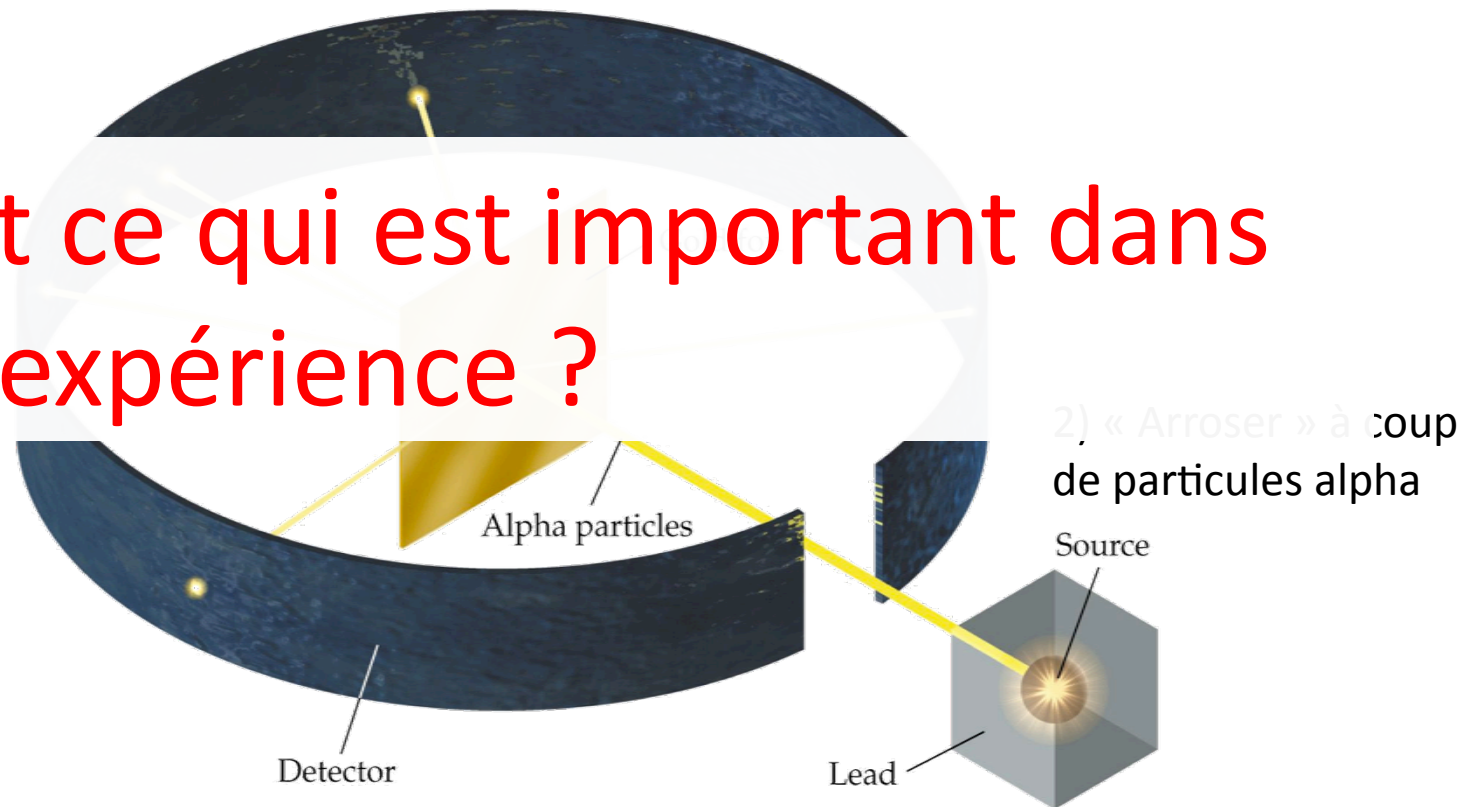


Enfin un truc sérieux !

1) Placer un écran détecteur.

Qu'est ce qui est important dans cette expérience ?

3) Analyser les impacts !



Qu'est ce qui était important dans ces expériences ?

- 1) **La sonde** ! Que ce serait-il passé si on avait lâché une balle en mousse dans le puit ? Lancé des particules alpha sur la maison ? Mitraillé la feuille d'or au M60 ?
- 2) **Le détecteur** ! Il faut garder une trace pour pouvoir ensuite analyser les résultats !
- 3) **La méthode d'analyse** ! En effet, il faut interpréter les résultats... Par exemple comprendre que la feuille d'or est en fait principalement constituée de vide, en dehors de quelque zone où les particules alpha rebondissent. La structure atomique est mise en évidence !

FIN ...



...de
l'introduction !!

2. Les sondes

Des balles

aux particules

Caractéristiques d'une sonde ?

1) La taille, en accord avec ce que l'on veut observer.

C'est la **Longueur d'onde** (ou l'énergie, c'est pareil) qui caractérise la sonde.

2) Le flux, la « fréquence de sondage » possible. Par exemple, si on ne peut envoyer qu'une particule alpha par minute, ça va prendre du temps !!*

On parle de **Luminosité** pour un accélérateur.

*d'autant que certains événements sont très rares !

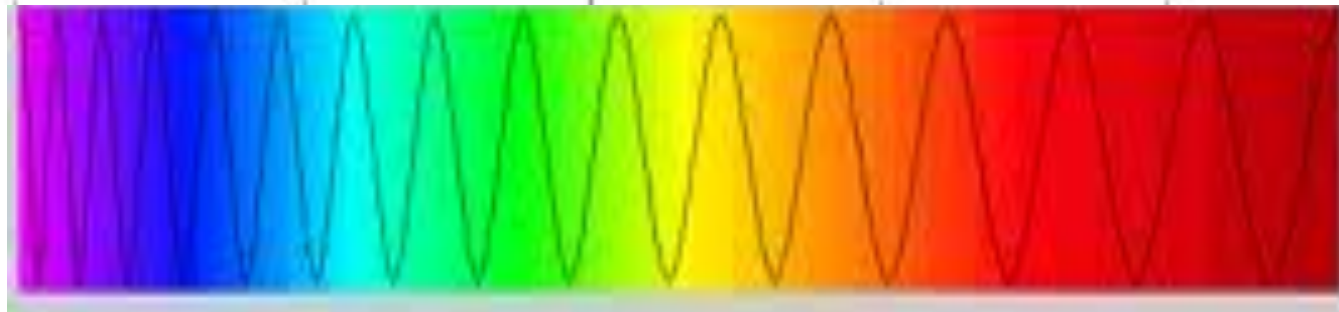
Mais un accélérateur, c'est quoi ?

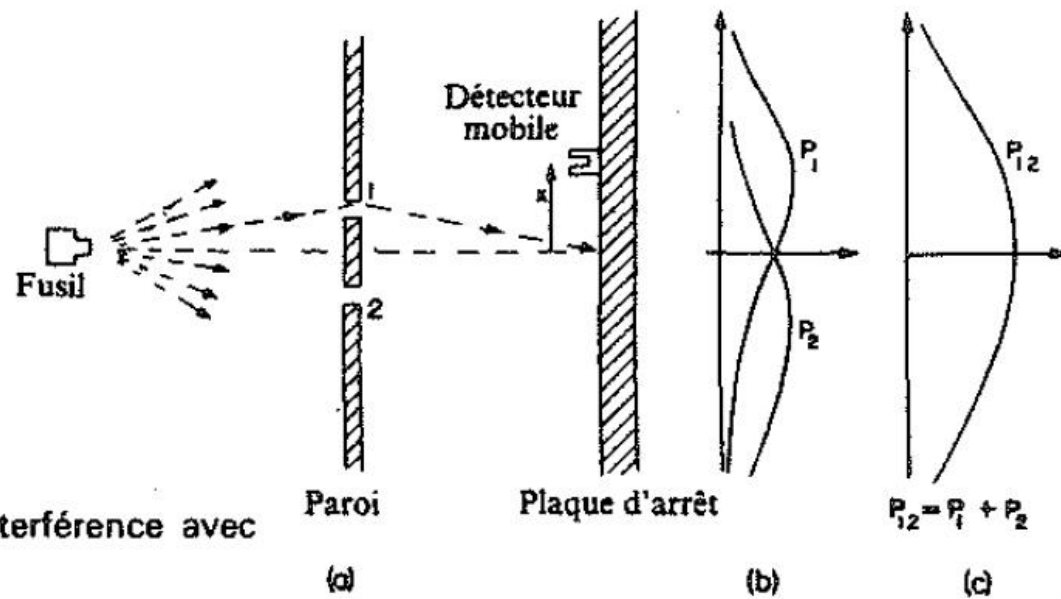
L'accélérateur est au noyau radioactif ce que le M60 est au lance-pierre !

Un accélérateur, c'est un assemblage complexe d'aimants et de cavités radiofréquences qui a pour but de transporter et accélérer un faisceau de particules chargées (électriquement).

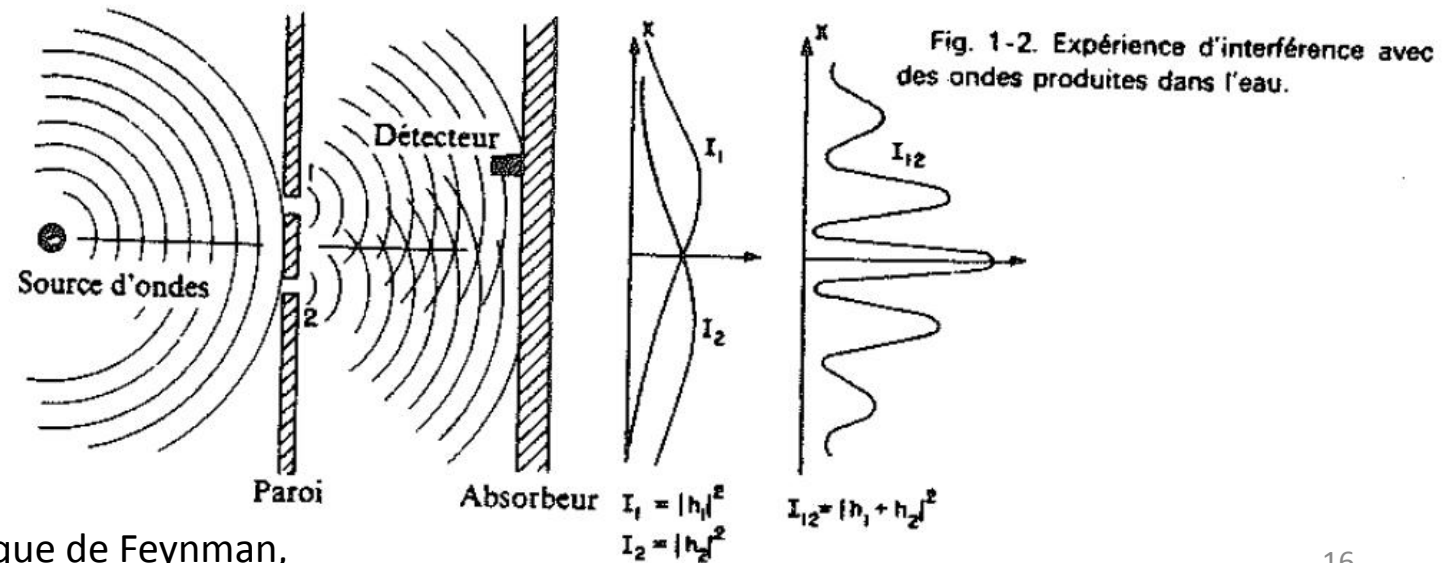


Mais d'abord ...



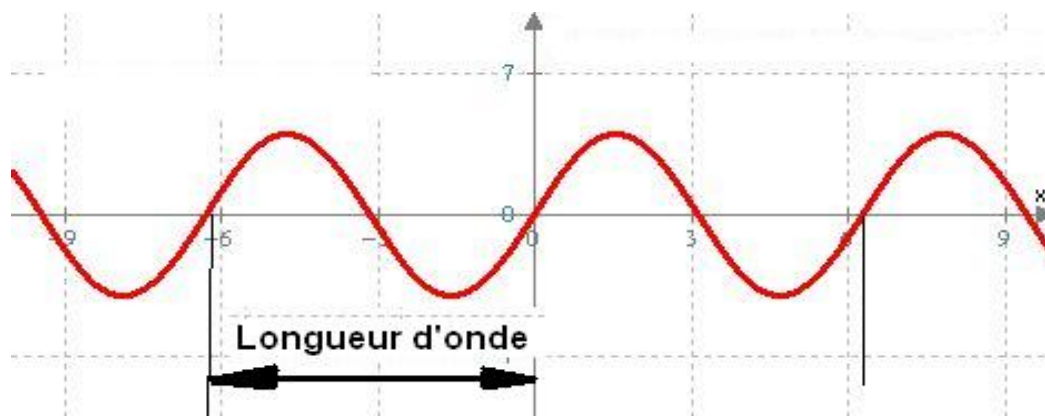


Dualité Onde-Particule

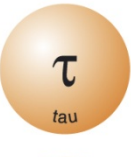
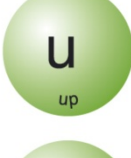
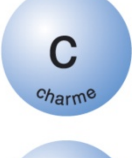
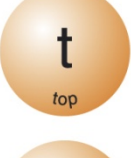
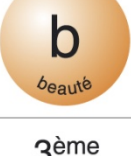


Qu'est ce que c'est la 'longueur d'onde' ?

On a dit que la sonde doit être plus petite que l'objet à étudier... oui, mais...



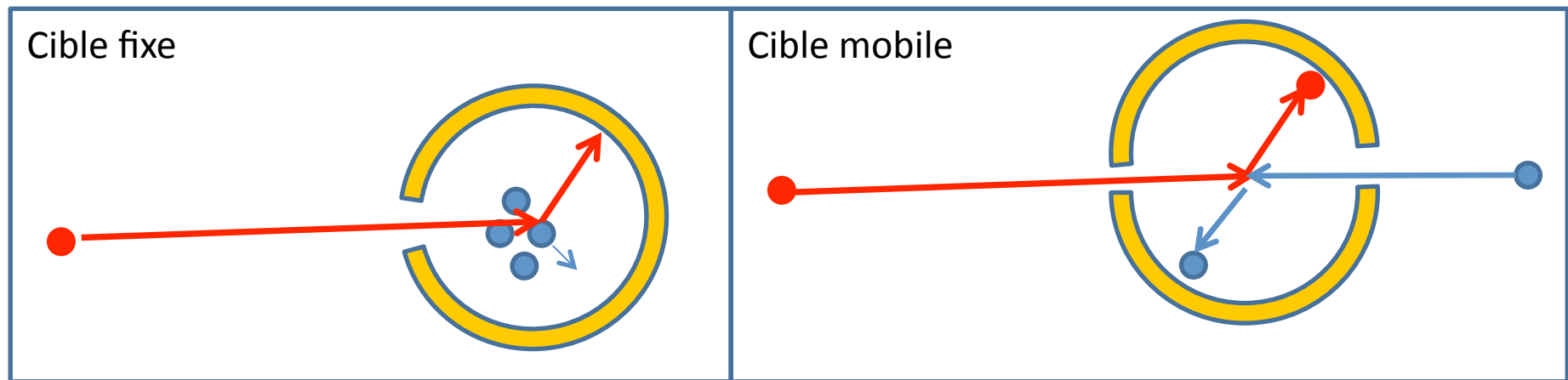
Equivalence Longueur d'onde/énergie

Fermions			
Leptons			
			
Quarks			
			
1^{ère} 2^{ème} 173^{ème} familles			

Sonder la sonde...

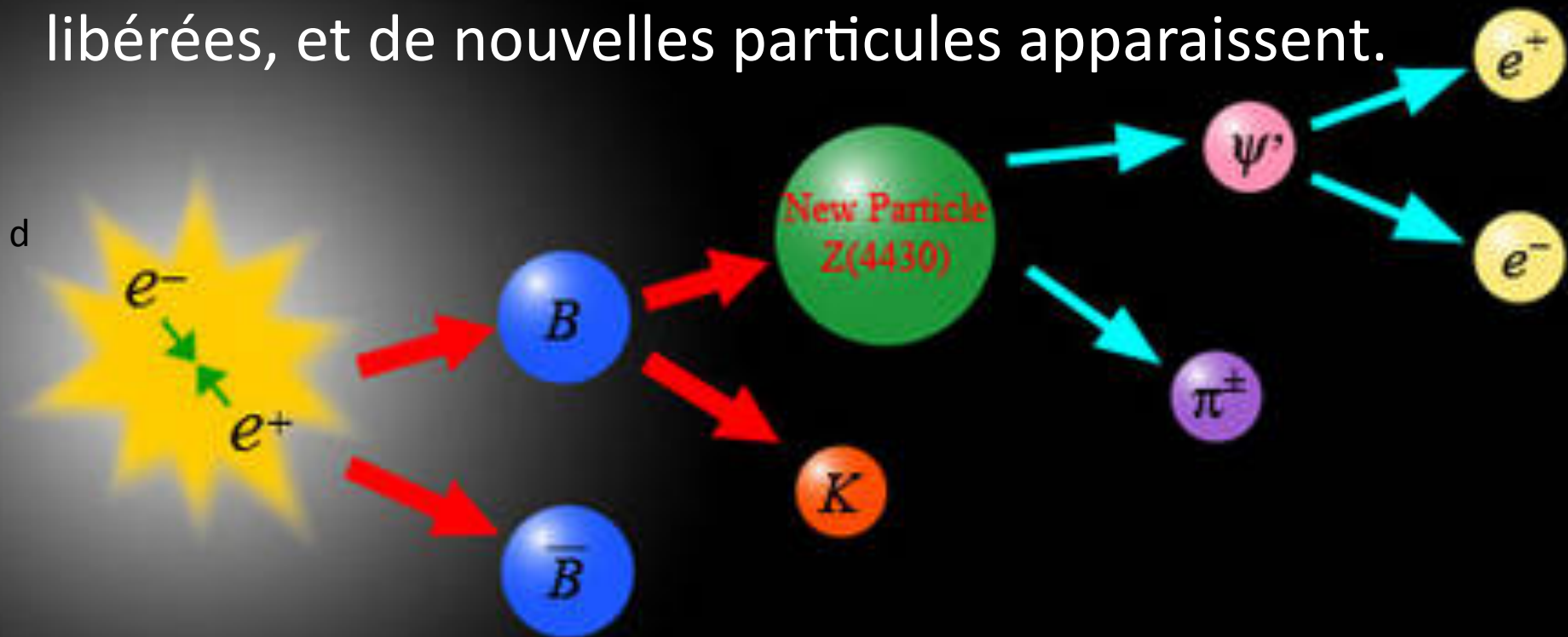
Accrochez vous, là c'est plus compliqué !

Auparavant, notre sonde restait intacte pendant l'expérience, et on la « récoltait » dans les détecteurs. On appelle ce genre de collision des collisions élastiques.



Or malheureusement, ça ne suffit pas. Pour comprendre certains phénomènes, on change un peu de principe d'expérience, on fait des collisions inélastiques entre une particule et son antiparticule

- Lors de l'annihilation particule-antiparticule, l'énergie de masse et l'énergie cinétique sont libérées, et de nouvelles particules apparaissent.



- Les produits de la collision n'ont pas des « sous-structure », et sont en général plus « gros ». Ce sont ces particules nouvelles qu'on veut « voir »

Comment ça marche ?

Qu'est-ce que l'énergie ?

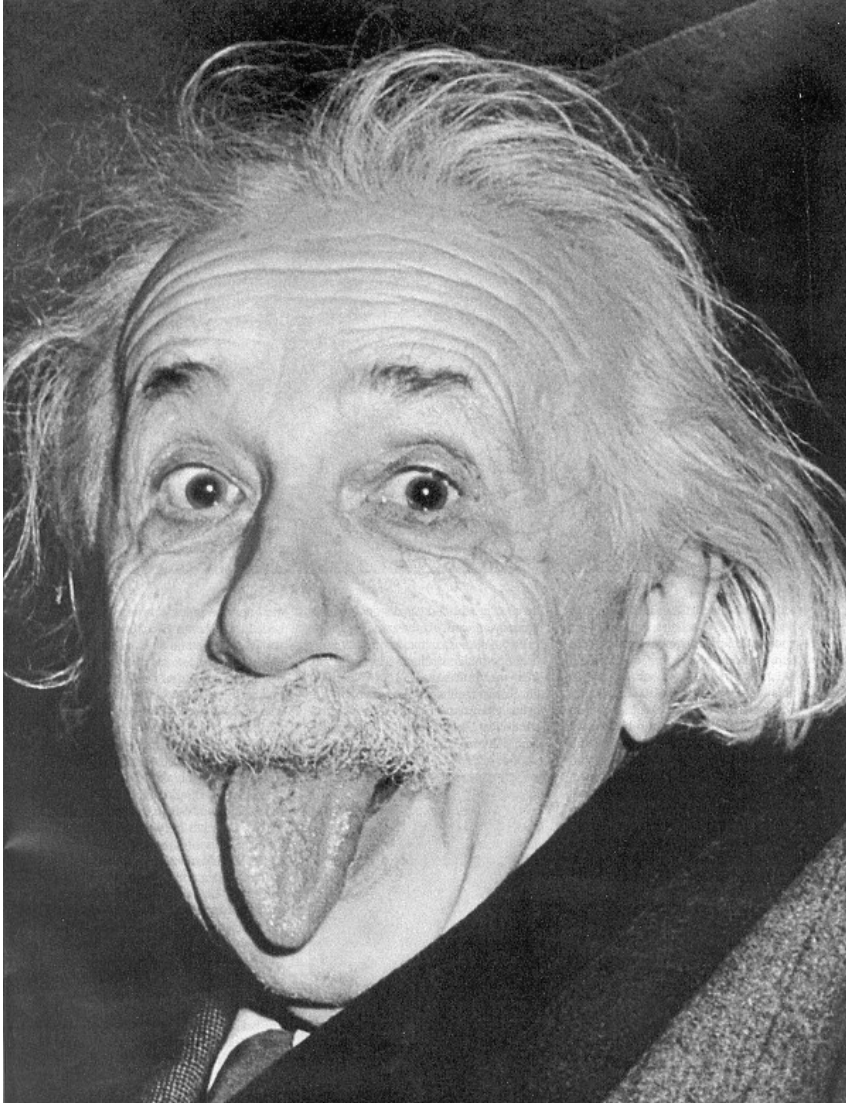
Comment passer de l'énergie à la masse ?

Et le rapport avec la longueur d'onde ?

Rappel : équivalence longueur d'onde/énergie

De bonnes questions, auxquelles il est très difficile de répondre en une heure...

La méthode traditionnelle :



$$E=MC^2$$

Oooh ! Comme c'est beau !

Aussi appelée « preuve par autorité scientifique »...

On veut voir des particules de plus en plus
« lourdes », notre but est donc d'augmenter
l'énergie de la sonde...

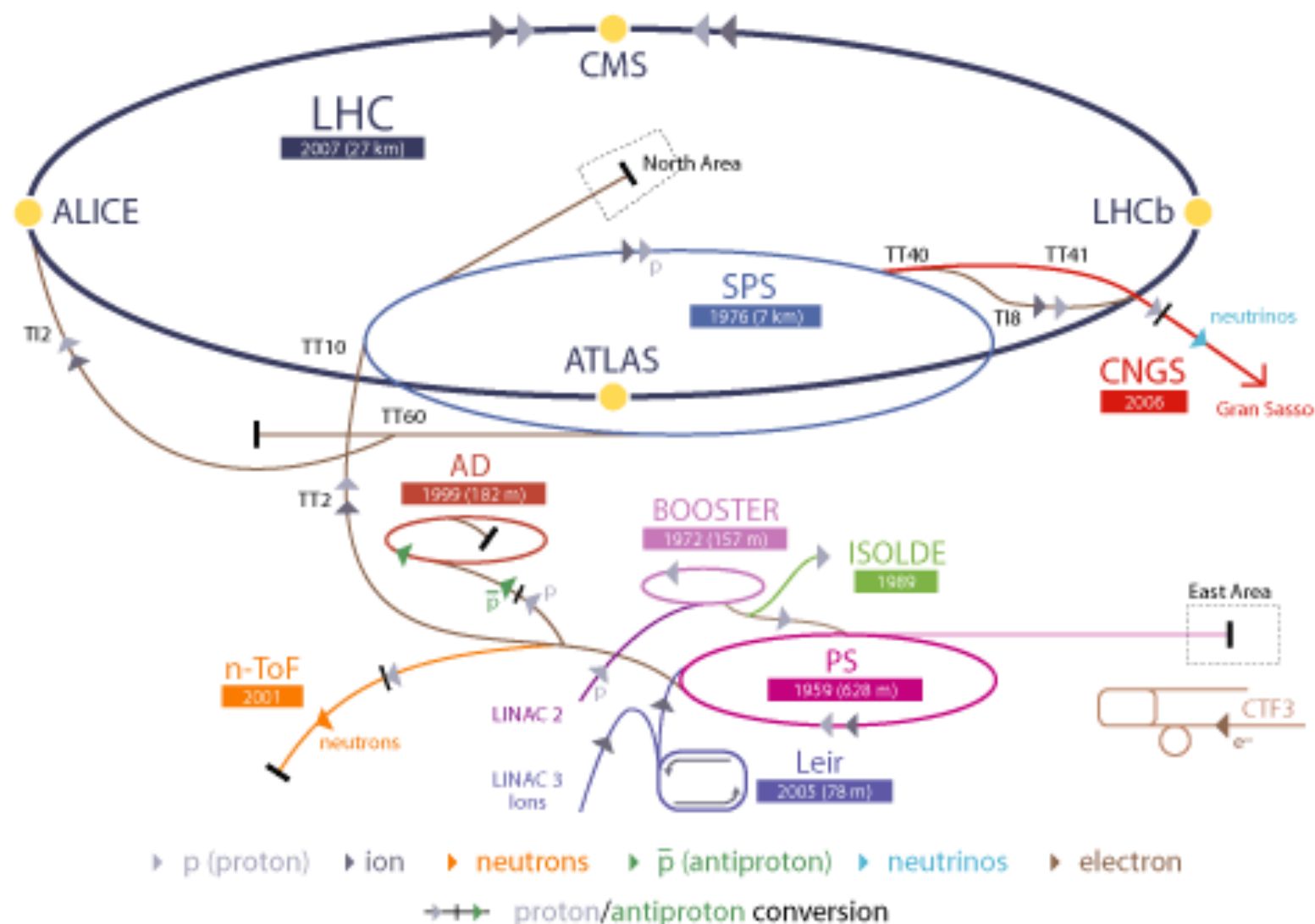
(Exactement comme si on voulait voir des
particules de plus en plus petites, on
diminuera la longueur d'onde)

Q : Comment donner de l'énergie à une
particule ?

3. Accélérer !

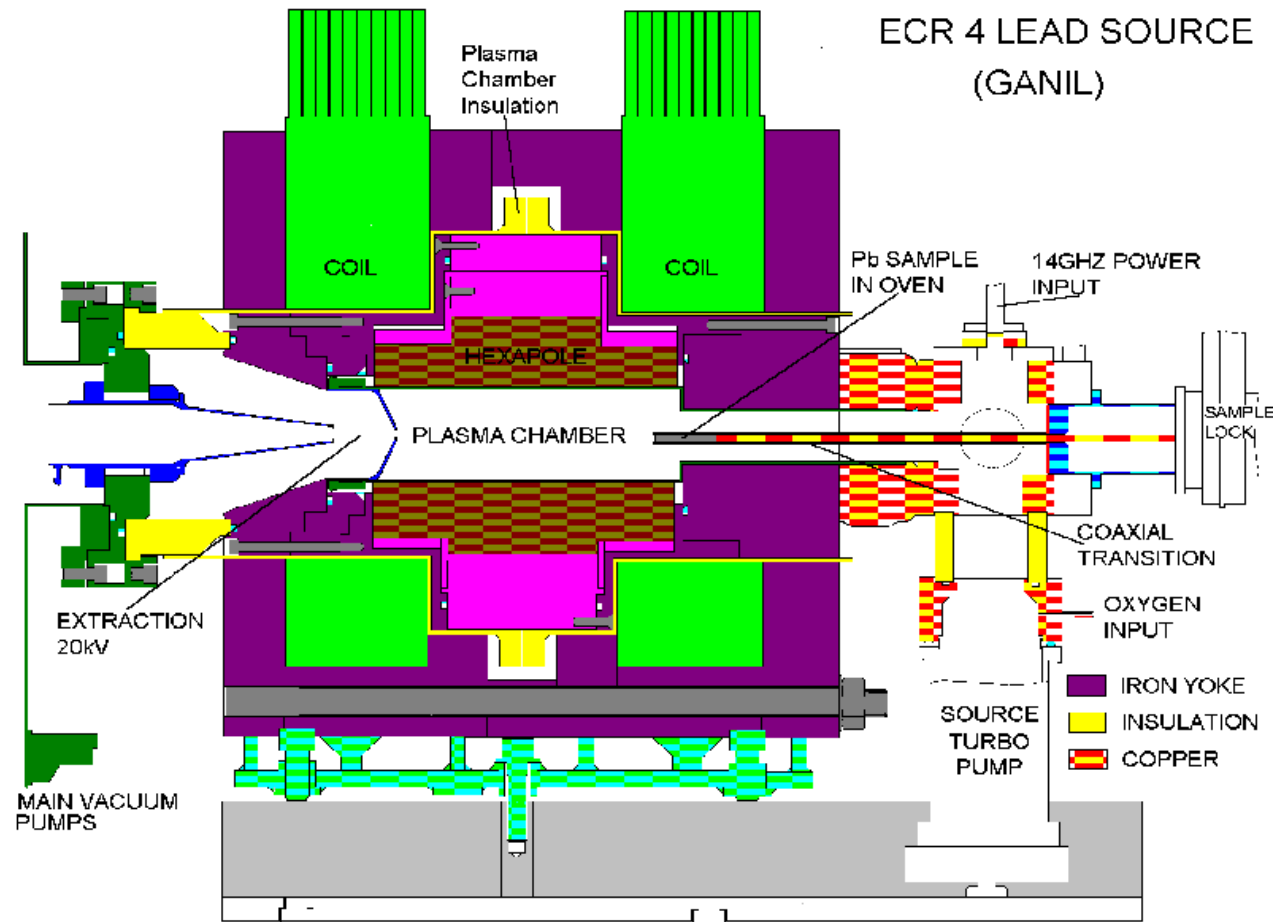


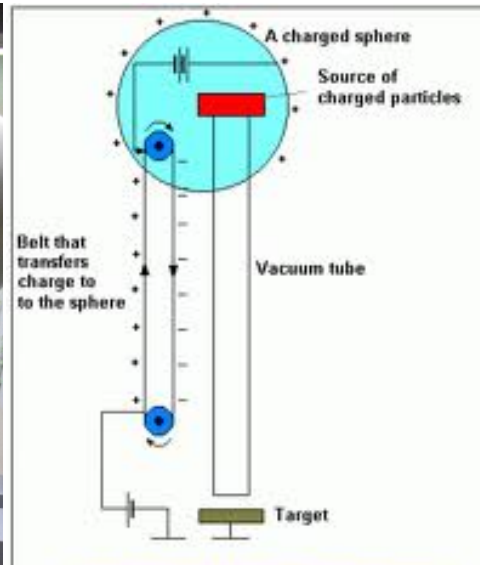
Le complexe d'accélérateurs du CERN



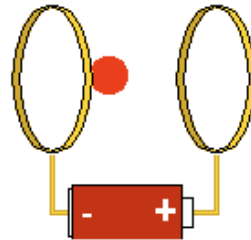
LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron
 AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility
 CNGS CERN Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
 LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINEar ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight

Source



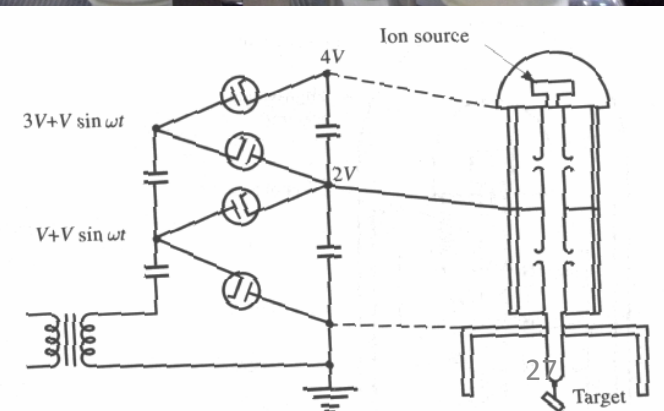


Section through the Van de Graaff generator.



Electrostatique :

Limite : tension limitée, utilisable une seule fois (un seul passage par particule).

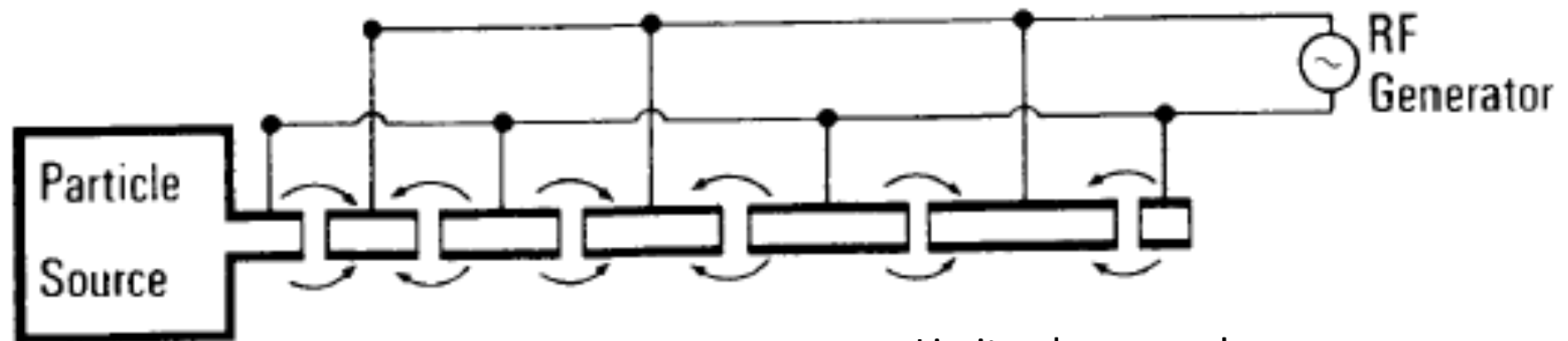


LINAC

1^{er} «Vrai» accélérateur, qui amène a des énergies supérieures au voltage maximum de l'installation.

Le champ accélérateur varie dans le temps.

La vitesse augmente beaucoup.



Limite : longueur !

Les synchrotrons

- Rond, pour réutiliser les « cavités »
 - La vitesse n'augmente presque plus...
Commentaires ? Une particule met
même de plus en plus de temps pour
faire un tour !
- « Problème » du « rayonnement
synchrotron »





Guider les particules

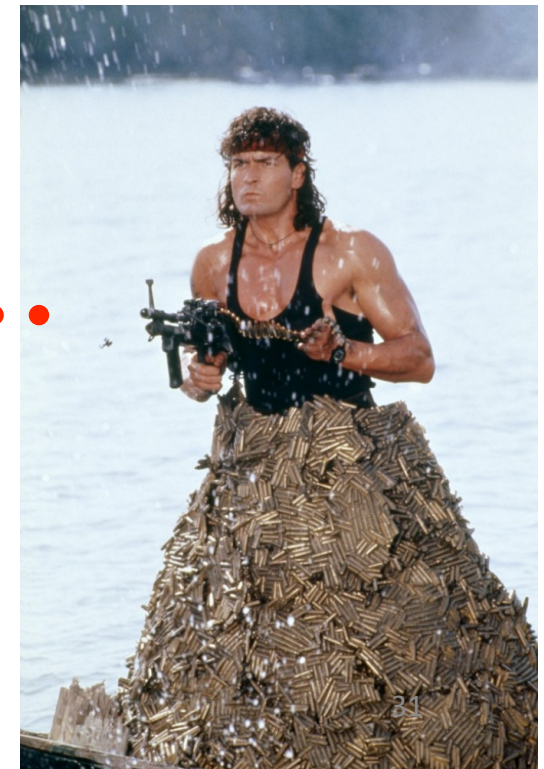


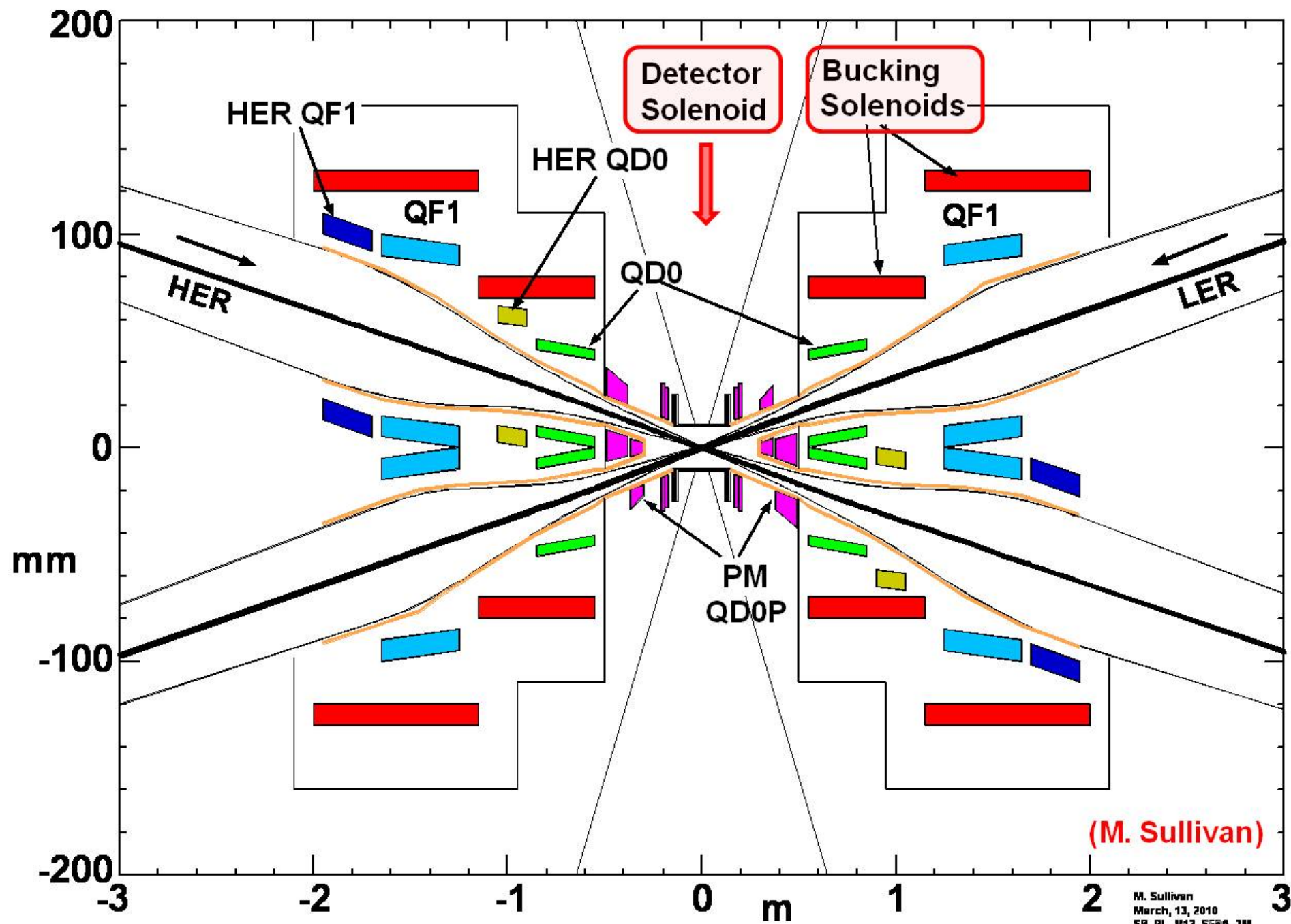
Collisionner !

- Guidage pour faire les tours... c'est presque facile.
- Guider pour la focalisation...



Probabilité que 2
balles se
touchent ??





Les points clés d'un collisionneur

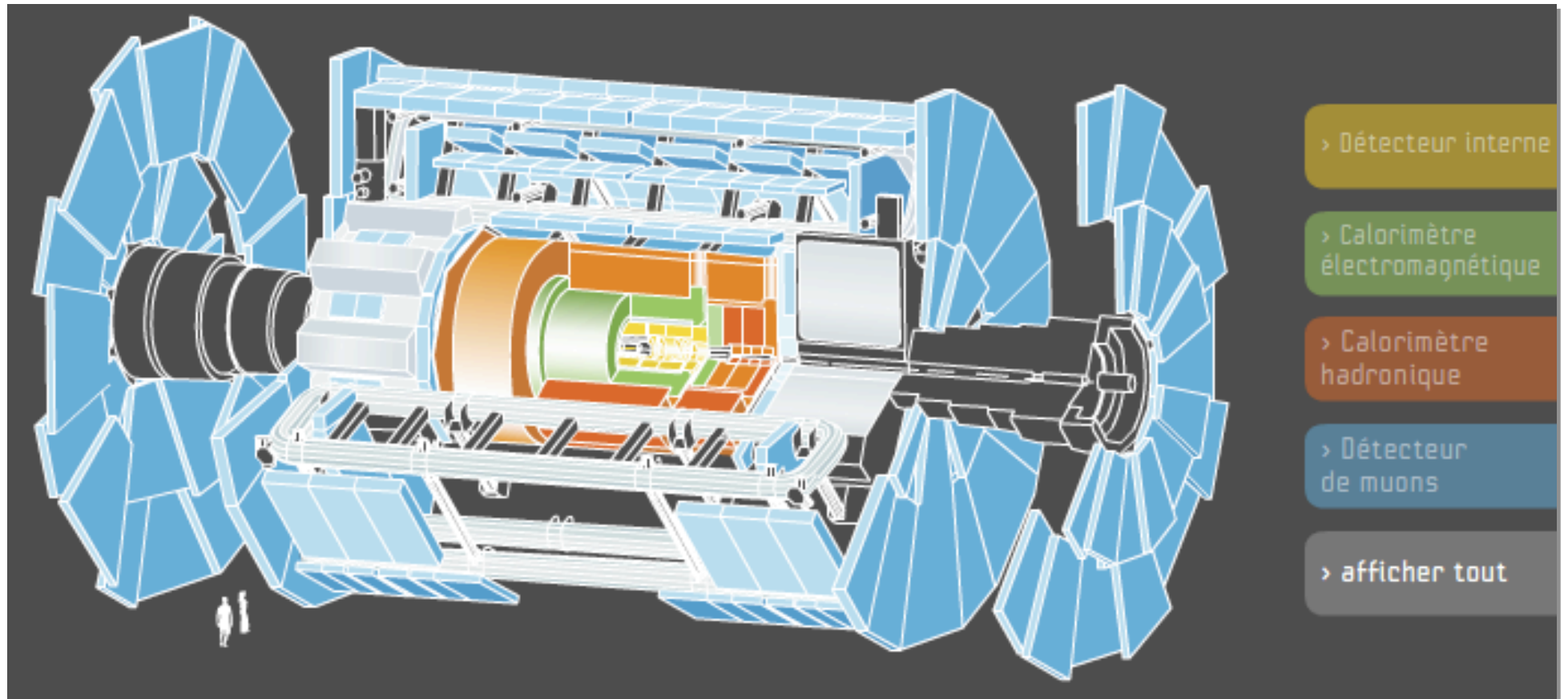
- Energie
- Luminosité

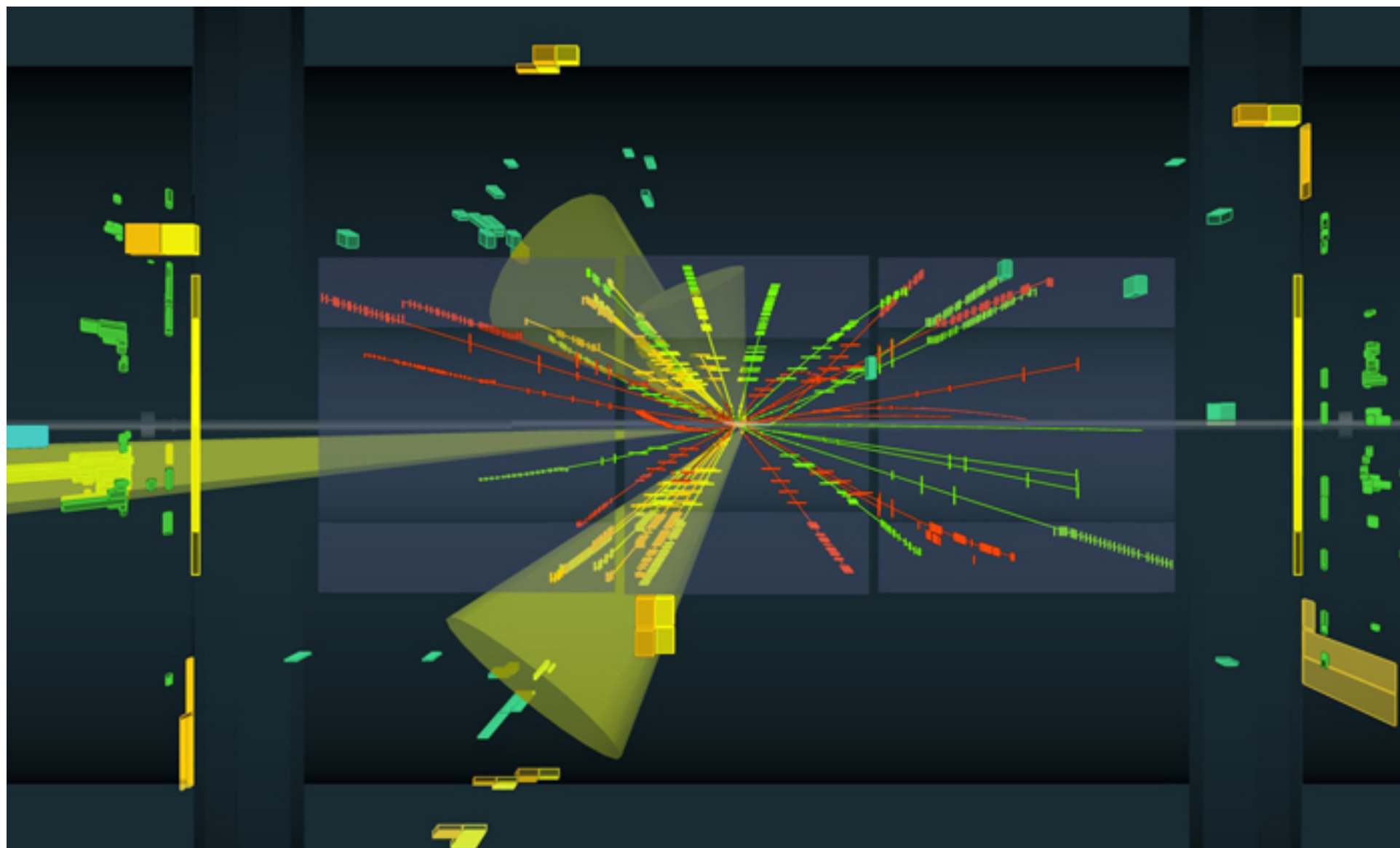
Centre de contrôle :

Fiabilité...



4. Détecteurs.





Jet Event at 2.36 TeV Collision Energy

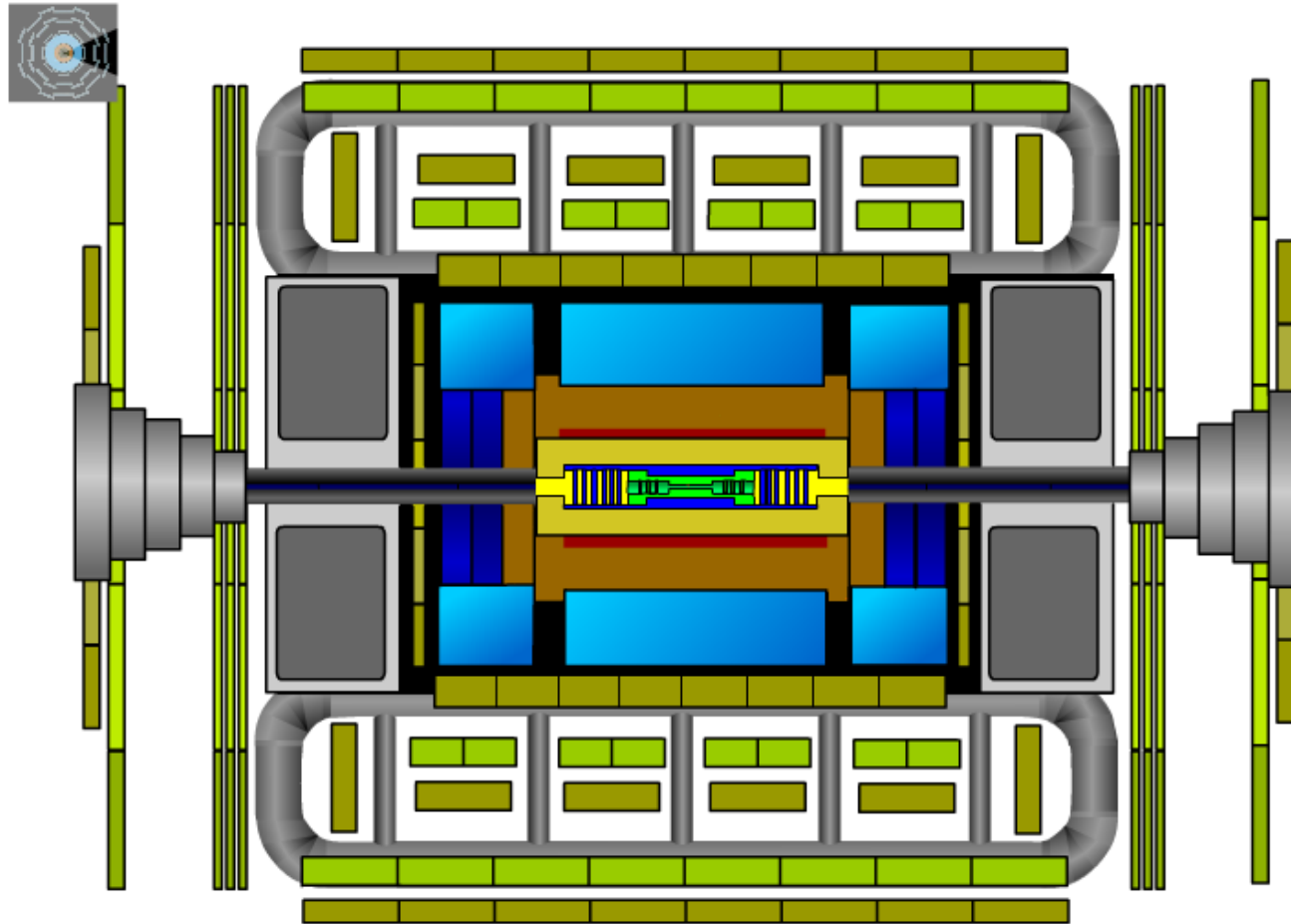
2009-12-14, 04:30 CET, Run 142308, Event 482137

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

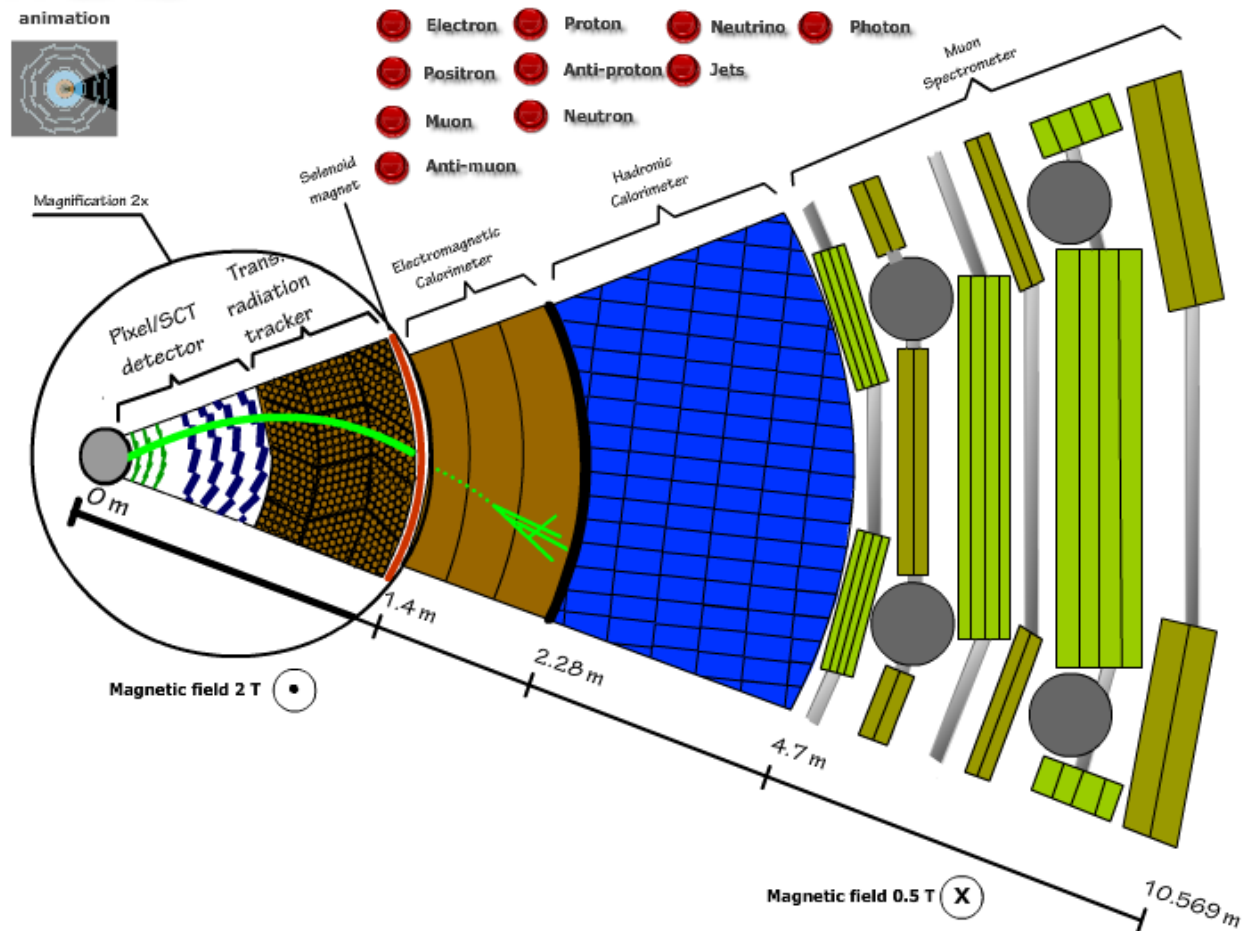
Détecteurs

- BUT : reconstruire la collision, à partir des « débris ».
- Position et énergie de toute les particules créées.
- Pb : toutes les particules n'interagissent pas de la même façon.

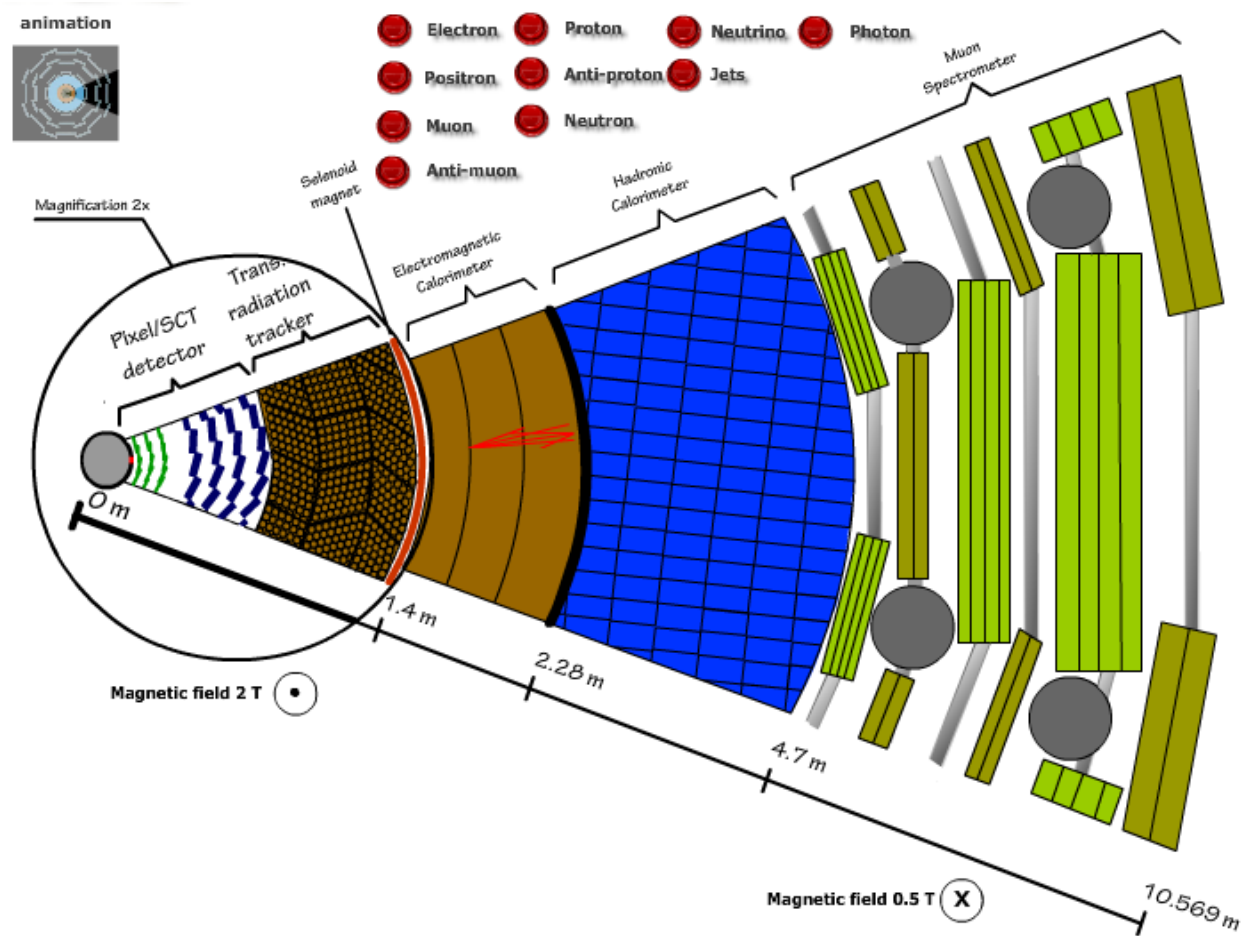
Un détecteur multicouche !



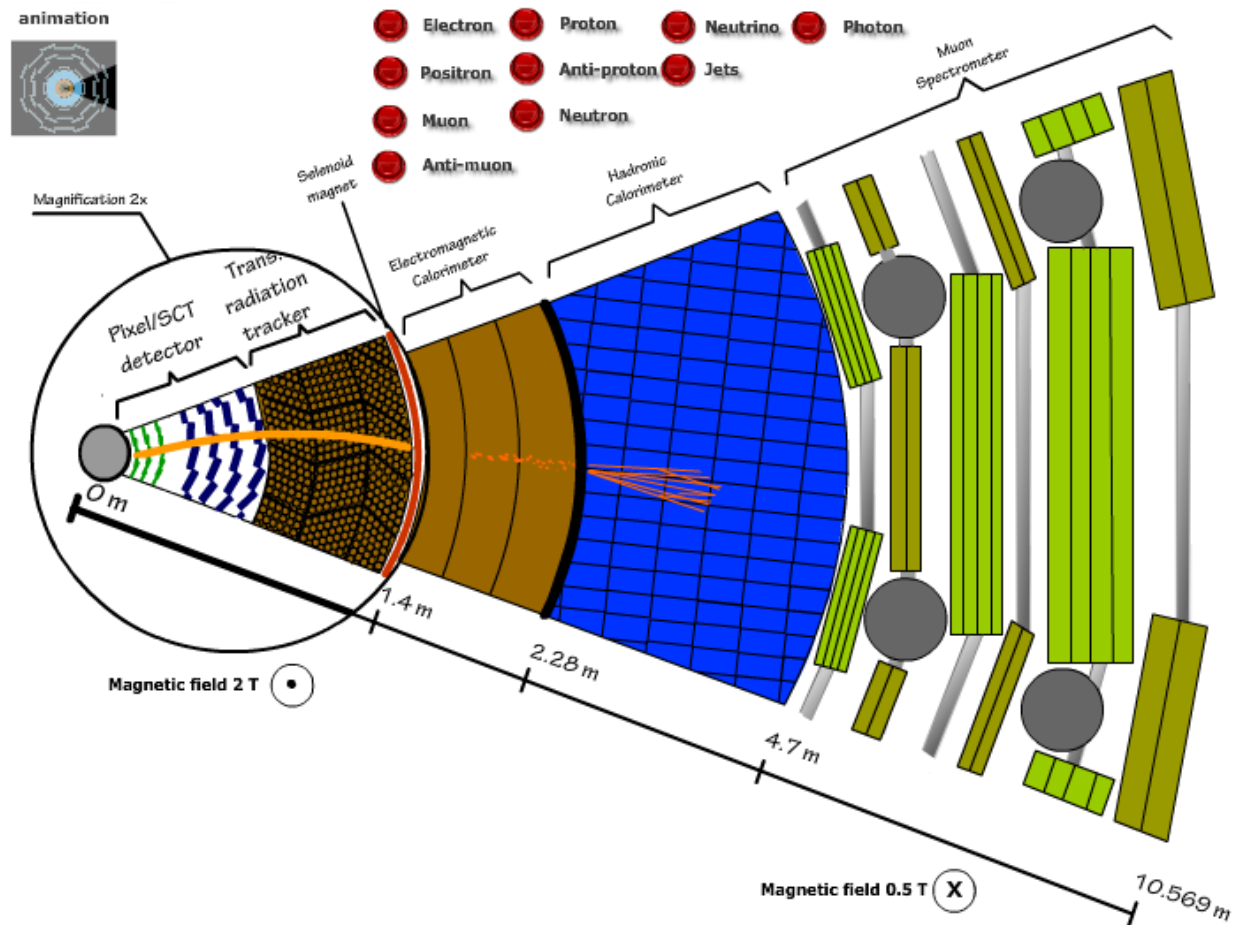
Détecter les électrons



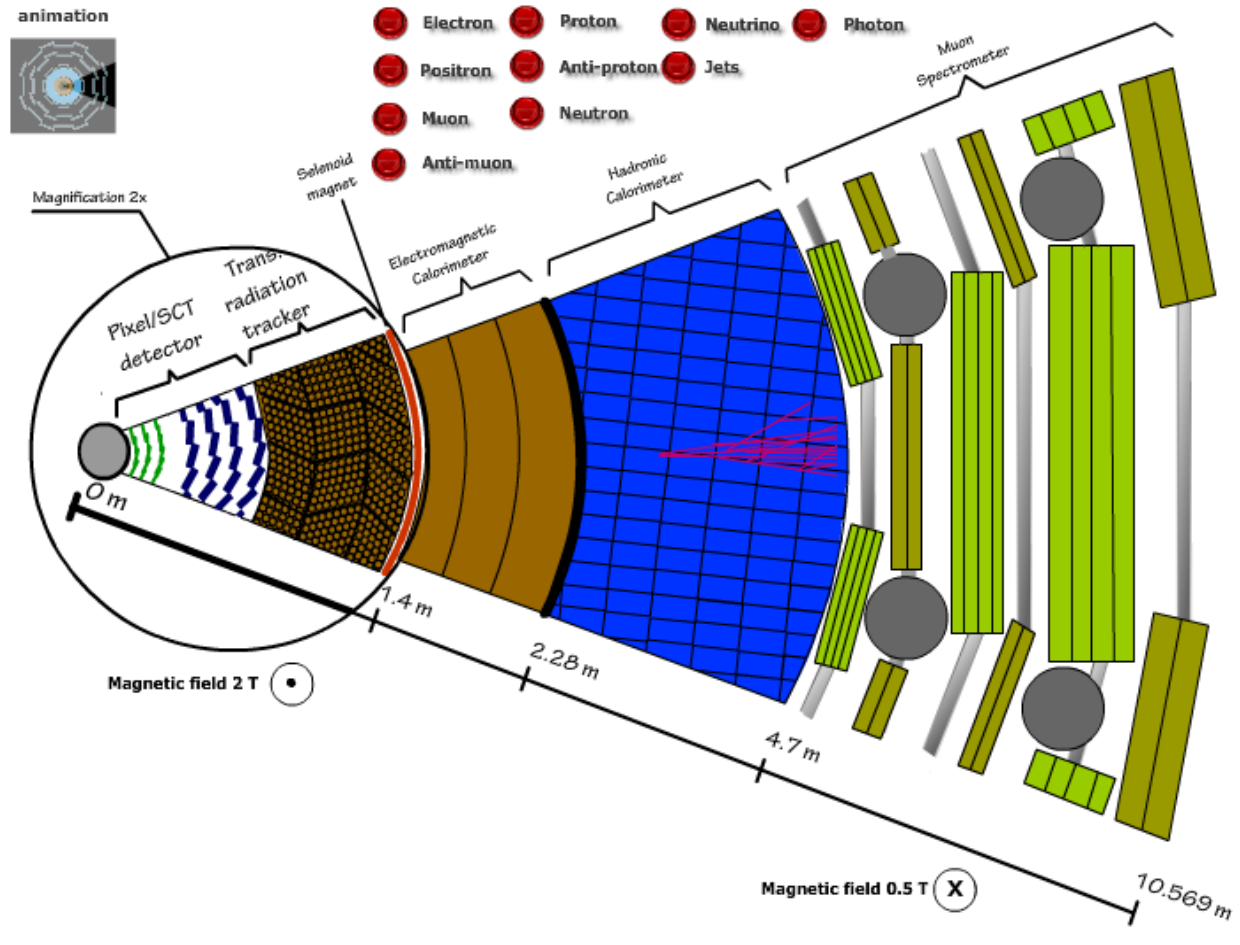
photons



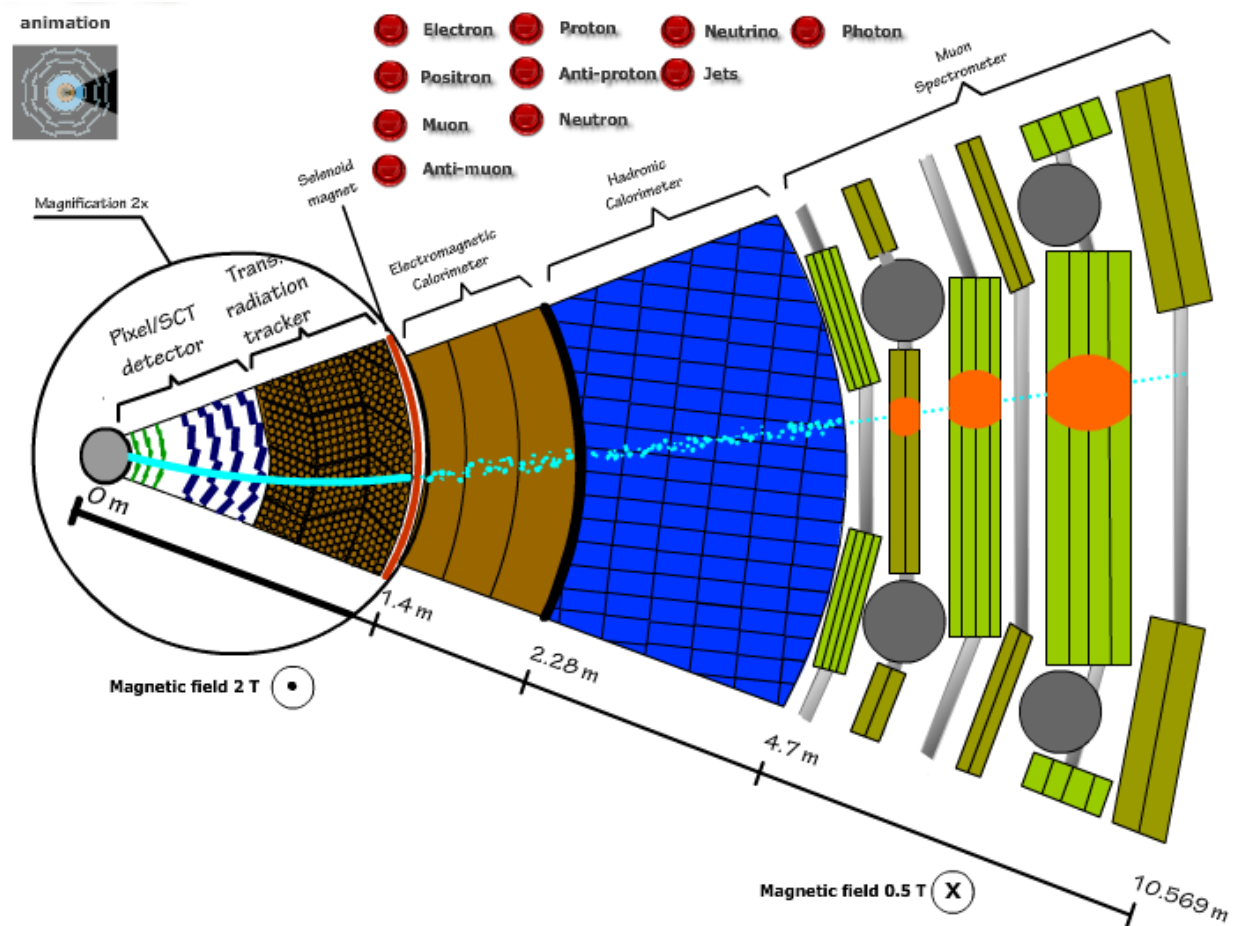
Protons



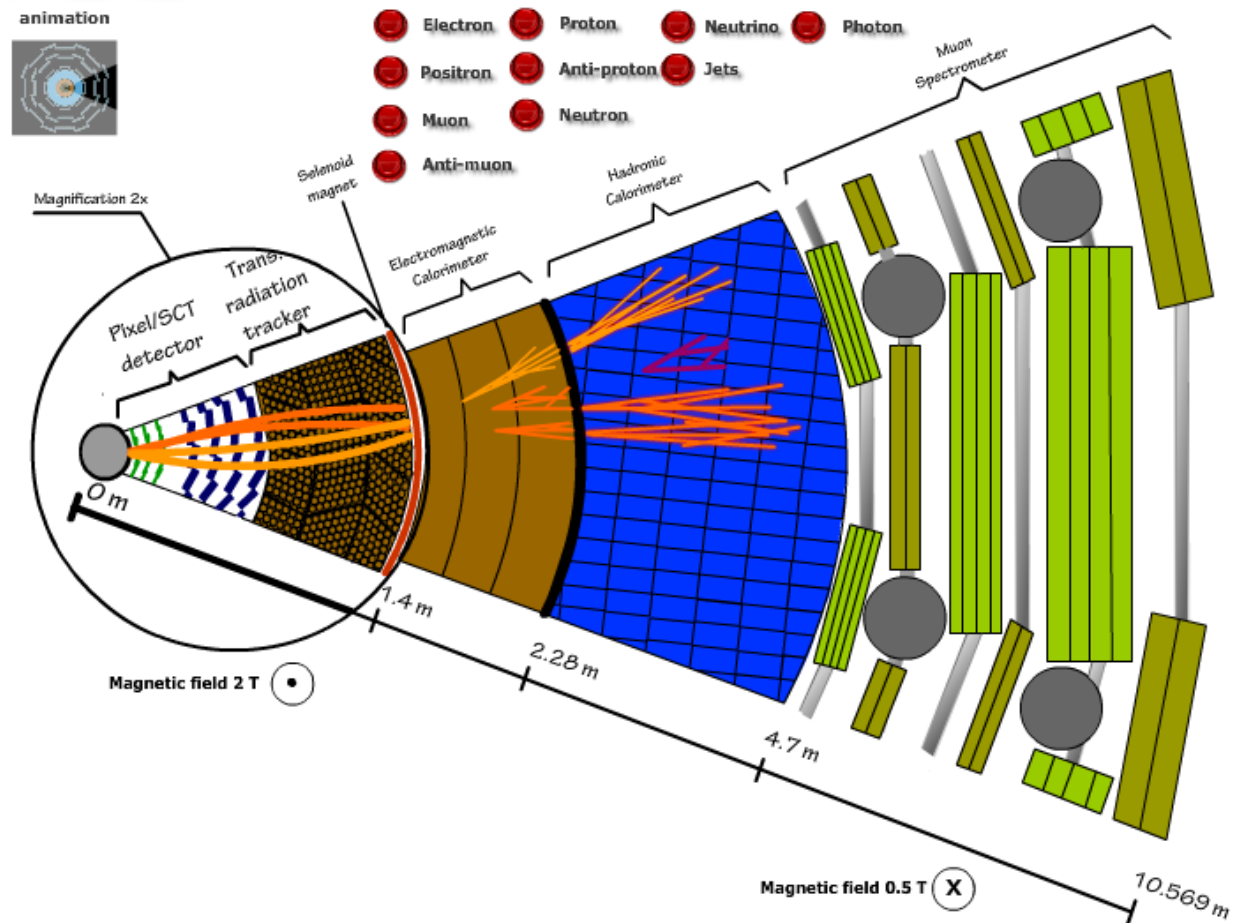
neutrons



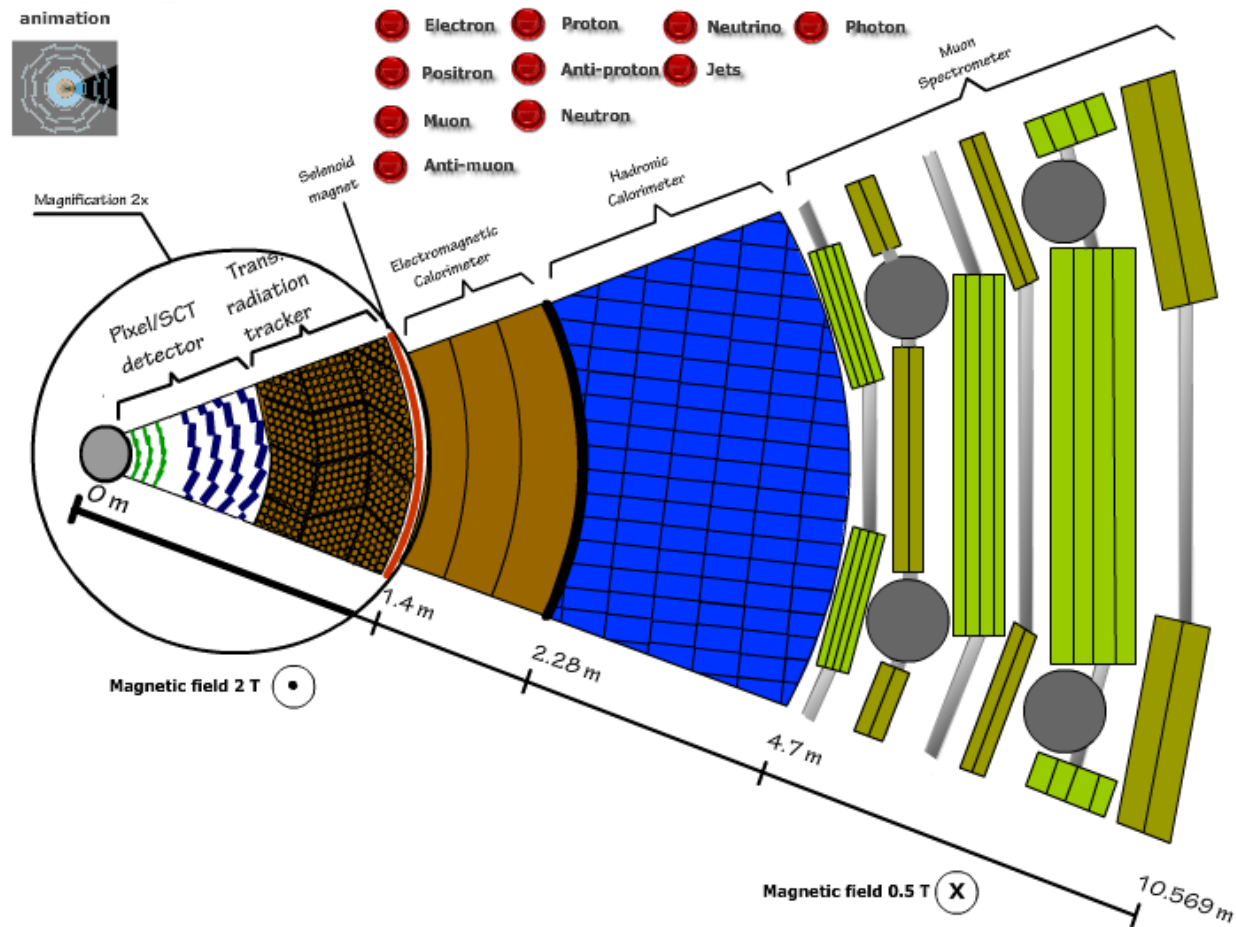
Muons



Jets



neutrinos



L'analyse de physique :

- Remonter des mesures d'énergie et de positions des particules aux particules qui vivent trop peu de temps pour qu'on les voit, et ainsi comprendre ce qui se passe...
- Compter les différents « événements », et comparer aux prédictions théoriques.

C'est le programme de cet après midi !