

BEAM DUMPS

LES ABSORBEURS DE FAISCEAU

...behind the scenes
...dans les coulisses

Behind the amazing experiments done at the CERN accelerator complex there is a problem: what to do with all the accelerated particles that are no longer needed?

When travelling at a velocity close to the speed of light, particles cannot be simply thrown out into the environment. They are like shooting stars: their energy is so high that whatever they come into contact with reaches very high temperatures and also becomes radioactive...

Beam dumps are devices carefully designed to stop the particles in the safest and most efficient way possible. They have to withstand very high temperatures and stresses over a long time. The choice of the right materials able to "dilute" the incoming energy and minimize the activation effects is crucial.

Avec les incroyables expériences que mène le CERN, un problème surgit: que faire des particules une fois utilisées?

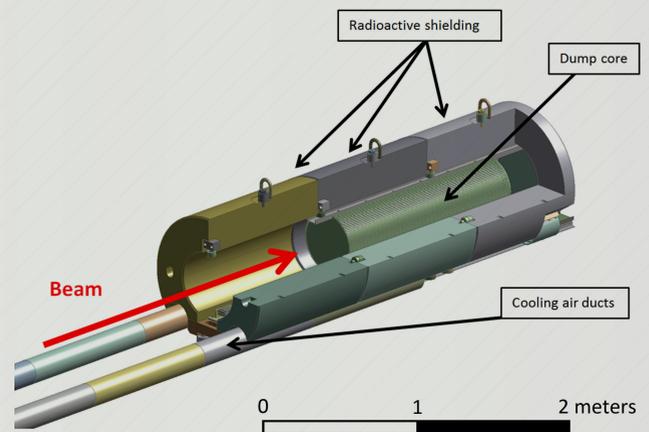
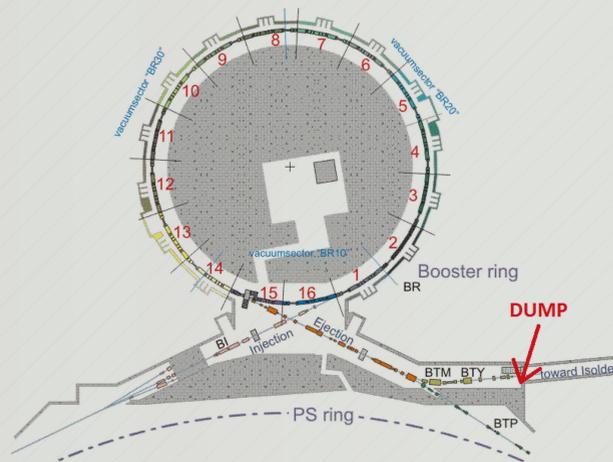
Des particules accélérées à des vitesses proche de la vitesse de la lumière ne peuvent tout simplement pas être envoyées aveuglément dans la nature. Elles sont comme des étoiles filantes, elle ont des énergies si élevées qu'elles feraient immédiatement chauffer à haute température la plupart des matériaux tout en les rendant radioactifs...

Les absorbeurs de faisceaux sont des dispositifs permettant d'arrêter ces particules de la façon la plus sûre et la plus efficace. Ils subissent de très hautes températures et d'énormes contraintes sur de longues durées. Le choix de matériaux capables de diluer l'énergie incidente ainsi que de minimiser les efforts de l'activation est fondamental.

NEW PS BOOSTER DUMP

The new PS BOOSTER dump is composed of a cylindrical core 1.5 m long and 0.47 m in diameter with five shielding rings each measuring 1 m. One hundred thousand billion protons hit the dump per bunch!

Le nouvel absorbeur du PS Booster est constitué d'un cœur cylindrique de 1,5 m de long et d'un diamètre de 47 cm, autour duquel cinq anneaux de 1 m font office de bouclier contre les radiations. A chaque impulsion, ce sont cent mille milliards de particules qui percutent l'absorbeur !

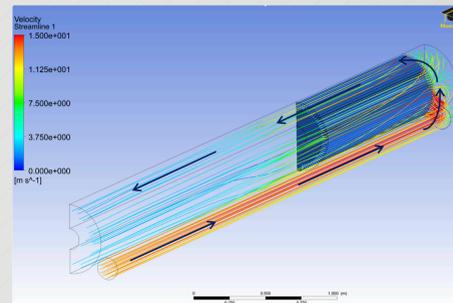


Materials:

- Core: CuCrZr copper alloy. Its high density and good heat conductivity allow energy dissipation.
- Shielding close to dump cavity: concrete (to reduce activation in the tunnel).

Materiaux

- cœur: alliage de cuivre, chrome et zirconium. Sa haute densité associée à sa bonne conductivité thermique permet de bien dissiper l'énergie
- blindage à proximité de la cavité de l'absorbeur : béton (pour réduire l'activation du tunnel)



Cooling system

Air is blown through 2 ducts to the back of the dump cavity and flows around the core to keep it at a low temperatures.

Système de refroidissement

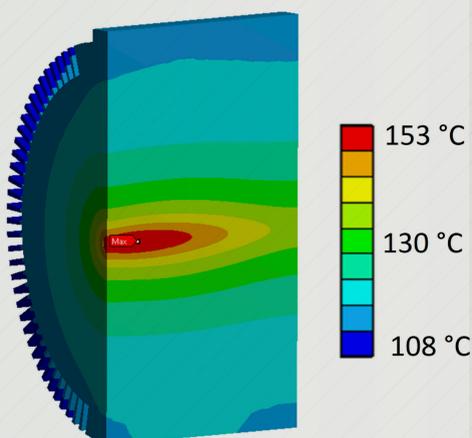
Deux conduits amènent de l'air au fond de la cavité où se trouve l'absorbeur. La circulation d'air autour du cœur permet de maintenir de basses températures.

Temperatures

The first part of the dump receiving the beam will reach a maximum temperature of: 153 °C

Températures

La première partie de l'absorbeur atteint une température maximale de 153 °C

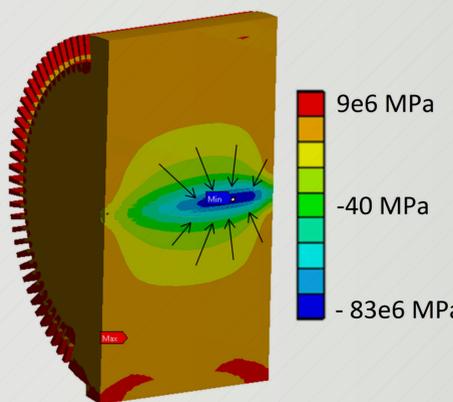


Stresses

The central part of the dump will reach high temperatures and undergoes a thermal expansion that is curtailed by the surrounding material which is at a lower temperatures. The result is a compressive force on the dump core. Highest compressive stress: 82 MPa (equivalent to 420 kgs applied on one square centimetre !)

Contraintes mécaniques

La partie centrale de l'absorbeur atteint de hautes températures et par conséquent se dilate (expansion thermique) bien plus que les parties environnantes qui restent à basses températures et qui empêchent le cœur de se dilater. Il en résulte une forte compression du cœur. Maximum de compression atteint : 82 Mpa (l'équivalent 420 kg appliqués sur une surface de 1 cm carré !)



TARGETS

LES CIBLES

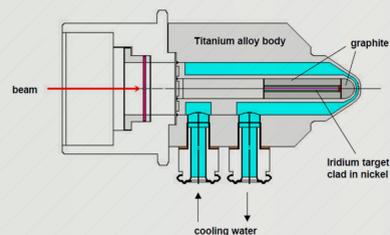
...the sources of secondary particles
 ...sources des particules secondaires

When a beam of accelerated protons or ions hits a fixed target a cascade of new – so called secondary – particles are produced due to nuclear interactions occurring in the material. According to the physics experiment that is going to use or detect the particles, production targets differ in shape, material and size: they could be thin carbon rods like the CNGS neutrino target or massive lead blocks as the n_TOF neutron producing target

Lorsqu'un faisceau de protons ou d'ions accélérés entre en collision avec une cible, une cascade de particules, que l'on appelle les particules secondaires, sont produites à cause des interactions nucléaires ayant lieu dans le matériau. Selon l'expérience qui va utiliser ou détecter les particules, les cibles varient en forme, matériau et taille : elles peuvent être de fines barres de graphite comme la cible à neutrino du CNGS ou de massifs blocs comme la cible à neutron de n_TOF.

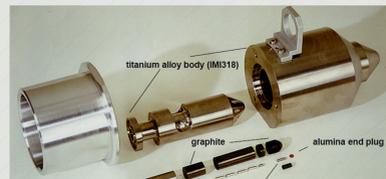
AD-target

A 55 mm, 3 mm diameter iridium rod is employed to produce antiprotons by means of an intense proton beam. Particles emitted by the interaction of the beam and the rod are then focused and directed toward the downstream antimatter experiments.



Cible AD

Une barre d'iridium longue de 55 mm et de 3 mm de diamètre est utilisée pour produire des antiprotons au moyen d'un intense faisceau de protons. Les particules émises par l'interaction du faisceau sont ensuite concentrées et dirigées vers l'expérience sur l'antimatière en aval.

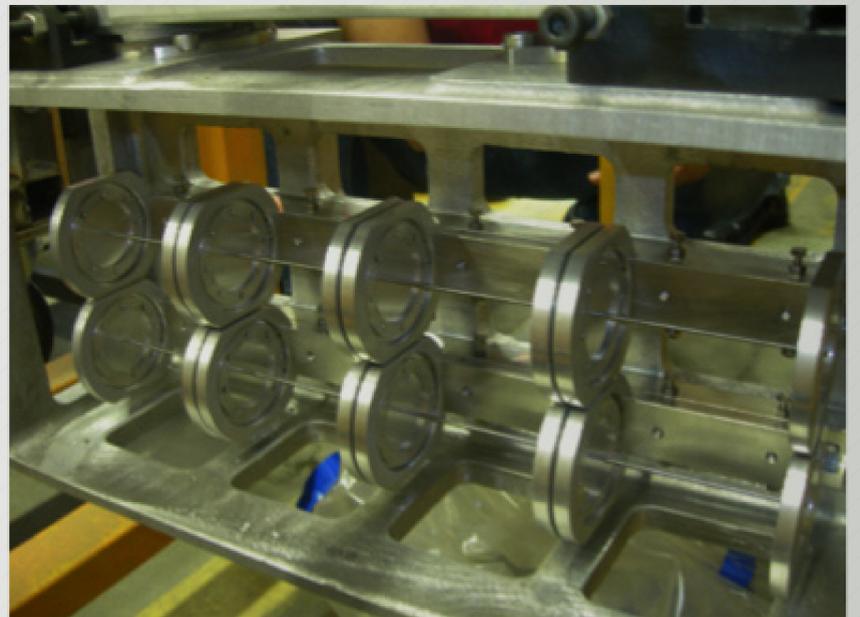


North Area targets

Beryllium plates are used to produce a variety of charged particles, like pions and muons, by means of nuclear interaction between the SPS proton beam and the target material.

Cibles zone Nord

Des plaques de béryllium sont utilisées pour produire toute une variété de particules chargées, comme des pions et des muons, par l'interaction du faisceau de proton du SPS et de la cible.

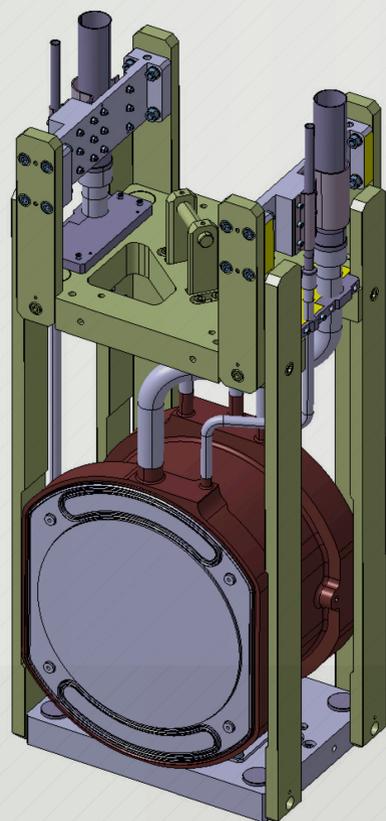
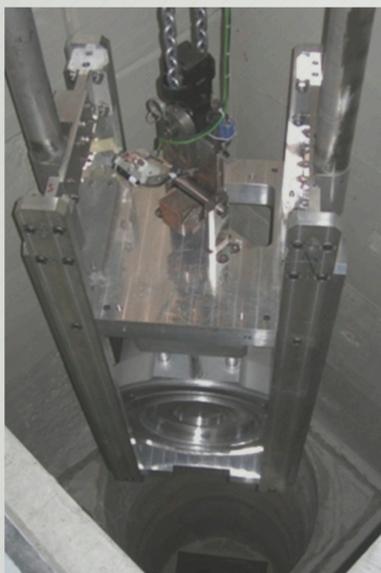


n_TOF

A massive lead cylinder is used to produce a neutron beam by means of the spallation process. The lead block is water cooled in a pressurized circuit, as the proton beam deposits almost 12 kW of power in the material (which is the equivalent of the power delivered by four electric ovens). In a typical experiment, a sample is placed in the neutron beam, and the reaction products allow the reconstruction of the reaction probability as a function of the incident neutron energy.

n_TOF

Un imposant cylindre de plomb est utilisé pour produire un faisceau de neutrons par le procédé de spallation. Le bloc de plomb est refroidi par de l'eau dans un circuit pressurisé tandis que le faisceau le chauffe avec une puissance de 12kW (soit l'équivalent de la puissance de quatre fours électriques). Un échantillon est placé dans le faisceau de neutrons et les produits de la réaction sont analysés afin de reconstruire la probabilité de la réaction en fonction de l'énergie des neutrons incidents.

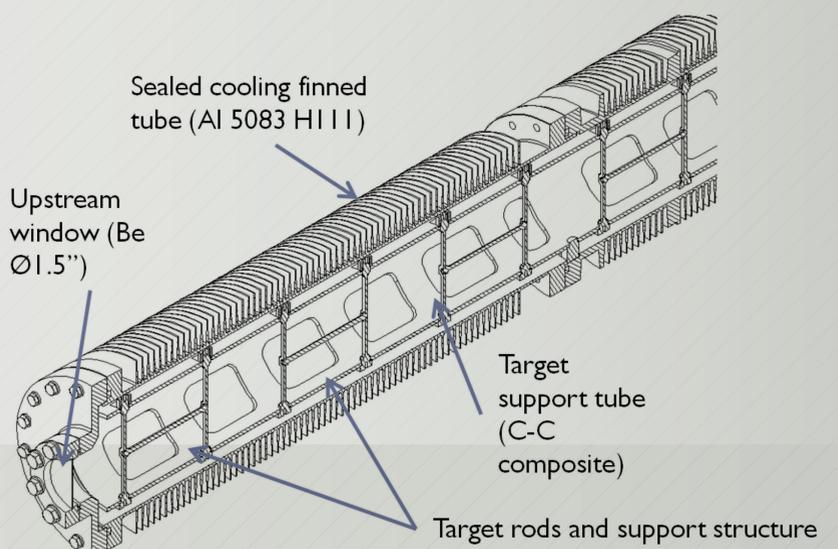


CNGS

The CERN Neutrino Gran Sasso facility produces a neutrino beam directed towards the LNGS laboratory in Italy. Neutrinos are produced by the decay of charged mesons such as pions and kaons, which are produced by the interaction of the SPS proton beam with a graphite target (see "target rods" on the figure). Due to the beam power of roughly 500 kW (which is the energy delivered by a 35 tons truck engine), the target material reaches 1000°C during operation.

CNGS

Le complexe CERN Neutrino Gran Sasso produit un faisceau de neutrinos à destination du laboratoire LNGS en Italie. Les neutrinos dérivent de la désintégration de mésons, comme pions et kaons, qui sont produits par l'interaction du faisceau de protons du SPS avec des barres en graphite (« target rods » sur la figure). L'énergie du faisceau est d'environ 500 kW (soit l'énergie fournie par le moteur d'un 35 tonnes) ce qui amène la cible à monter jusqu'à 1000°C pendant l'exploitation.

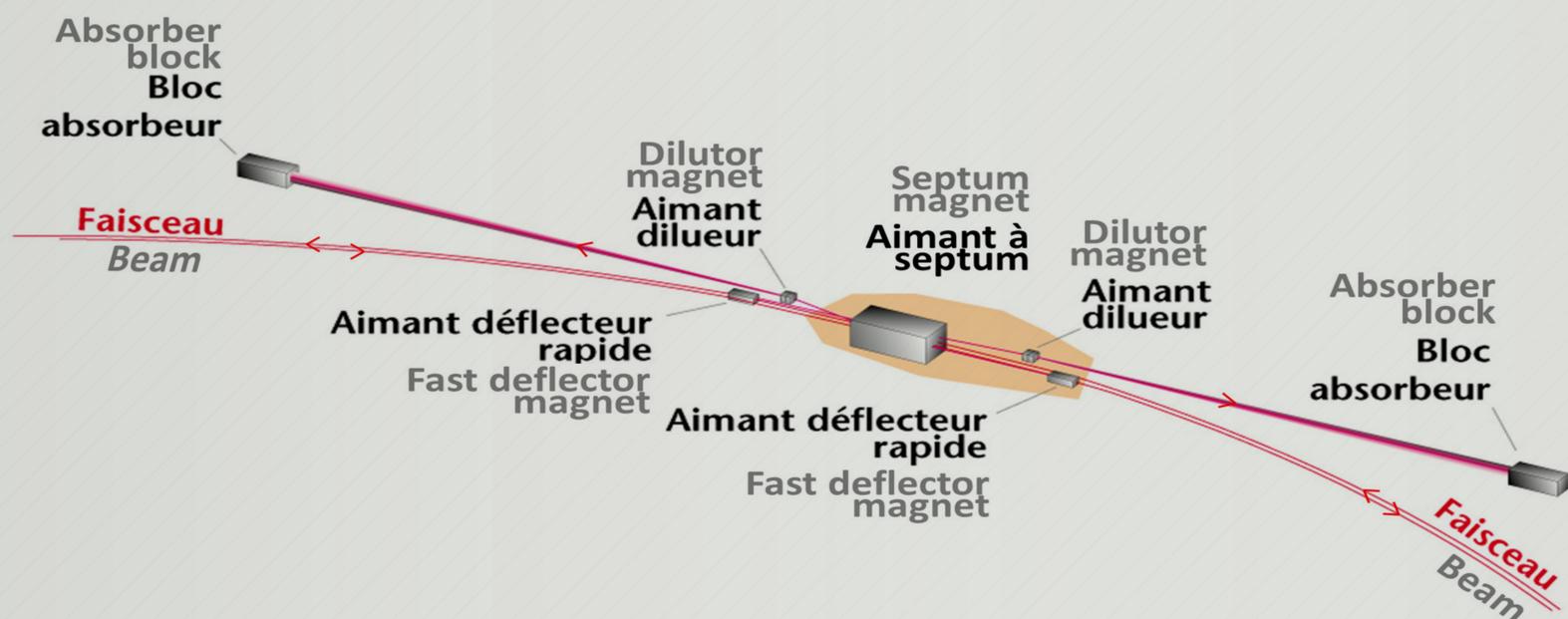


LHC BEAM DUMP

ABSORBEUR DE FAISCEAU DU LHC

Each of the two beams of protons circulating in the LHC contains as much as energy as a 400 tonne TGV train travelling at 150km per hour. A Machine Protection system continuously monitors the state of the LHC and in case of a fault triggers the Beam Dump system which safely dissipates this energy on a dedicated dump block, all within a period of 90 millionths of a second.

Chacun des deux faisceaux de protons circulant dans le LHC contient autant d'énergie qu'un TGV de 400 tonnes se déplaçant à 150 km/h. Un système de surveillance suit en permanence l'état de la machine. En cas d'anomalie, le système d'arrêt de faisceau est déclenché ; l'énergie est alors dissipée sur un absorbeur de faisceau prévu à cet effet. Tout cela se produit en l'espace de 90 millièmes de seconde.



1. The LHC beam has about 3,000 bunches of protons going round and round in each direction, like carriages in a train. At one point in this train of proton bunches is a gap, where there are no protons. These gaps are used during beam dumps. If the beam needs to be dumped a fast deflector magnet (kicker) is switched on at the moment the gap in the proton stream passes by. The following bunches are then deflected into an almost 1000 m extraction channel which leads to an absorber block in a separate cavern.

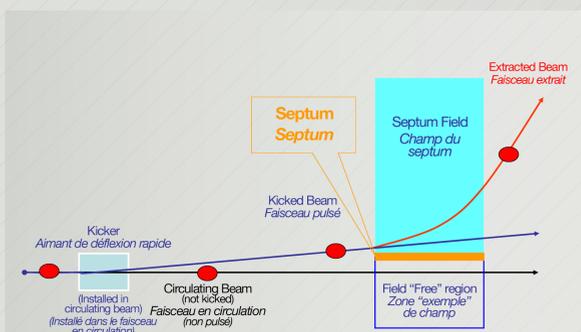
2. The 10 dilutor magnets spread the beam out, diluting its density by a factor of 100,000 to avoid overheating of the absorber block.

3. The diluted beam impinges on a cylinder of graphite composite eight meters long and one meter in diameter, which is encased in concrete. As it absorbs the beam energy, it becomes very hot, rising in temperature by 700°C, but does not melt.

1. Le faisceau du LHC contient environ 3 000 paquets de protons qui tournent dans la machine, un peu comme les wagons d'un train. En certains points du train, on a des wagons vides, c'est-à-dire qu'on trouve des intervalles dépourvus de paquets de protons. Ces intervalles vides permettent d'éjecter le faisceau en cas de besoin : un aimant déflecteur rapide déclenche au moment où le wagon vide passe dans le flot de protons. Les paquets suivants sont ensuite déviés dans une voie d'extraction de près de 1 000 m, qui conduit à un bloc absorbeur situé dans une caverne séparée.

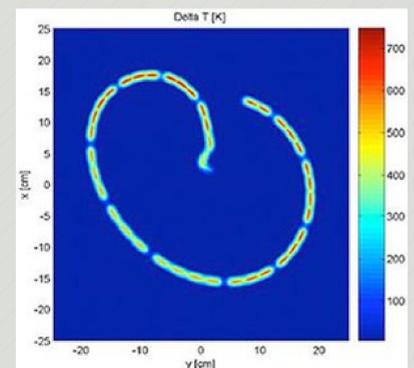
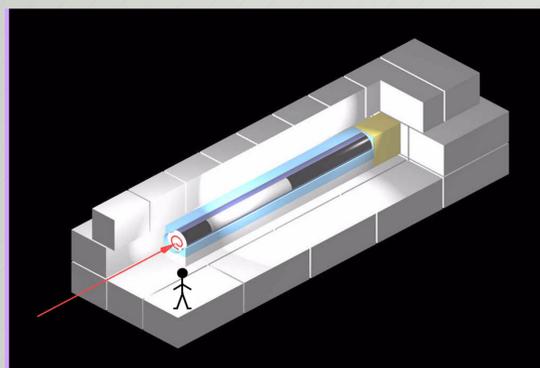
2. L'aimant dilueur étale le faisceau, ce qui permet de le rendre moins dense (d'un facteur 100 000), afin d'éviter la surchauffe du bloc absorbeur.

3. Le faisceau dilué vient frapper un cylindre d'un composite de graphite de 8 m de long et de 1 m de diamètre, qui est entouré de béton. Au fur et à mesure qu'il absorbe l'énergie du faisceau, le cylindre devient extrêmement chaud – sa température peut augmenter de 700 °C – mais il ne fond pas.



Extraction of the beam uses a combination of a pulsed kicker magnet and a septum magnet.

Pour l'extraction du faisceau, on utilise en association un aimant déflecteur rapide et un aimant à septum.

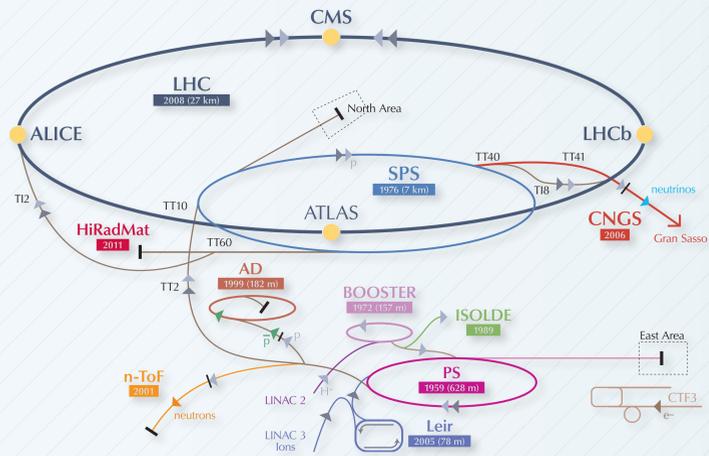


The extracted beams, spread out by the dilutor magnets and their passage along the tunnel, finally hit the dump blocks in a shape that resembles a cursive "e".

Les faisceaux extraits, étalés par les aimants dilueurs et leur passage dans le tunnel, finissent par frapper les blocs absorbeurs, dessinant la lettre « e ».



BEAM TRANSFER TRANSFERT DE FAISCEAU

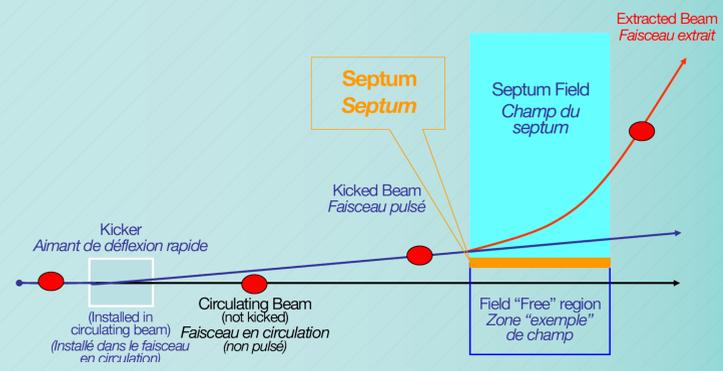


The LHC is the largest accelerator in a long chain of machines. Each accelerator can only accelerate particles within a certain range of energy. To transfer the particles from one accelerator to another requires special beam transfer systems.

Le LHC est l'accélérateur le plus grand d'une longue suite de machines reliées entre elles. Chaque accélérateur peut accélérer des particules à un certain niveau d'énergie, et un système spécial de transfert de faisceau permet de faire circuler les particules d'un accélérateur à un autre.

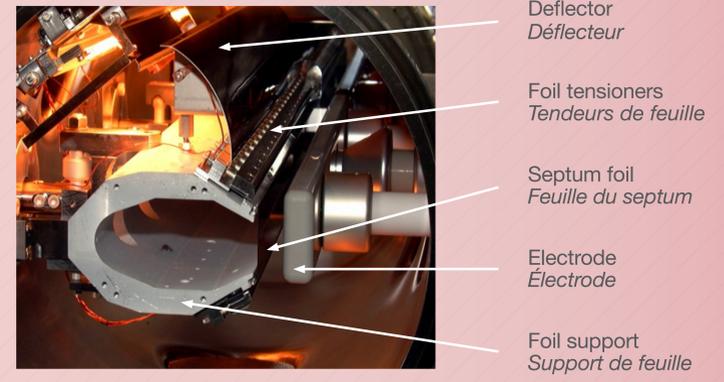
Beam Injection/Extraction uses a septum in conjunction with a "kicker".

Le système d'injection et d'extraction de faisceaux utilise un aimant à septum ainsi qu'un « aimant de déflection rapide ».



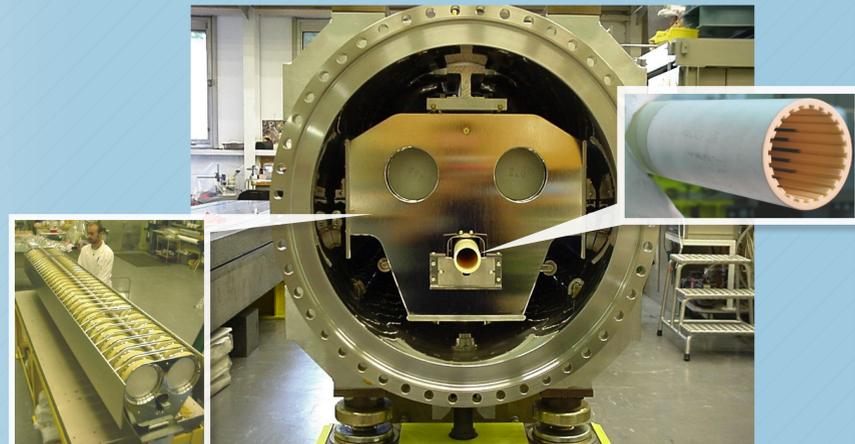
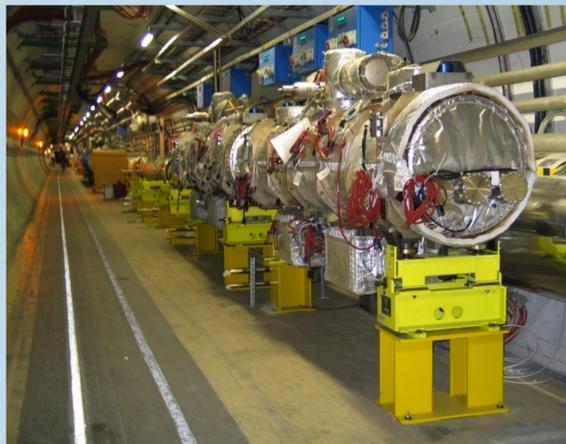
Septa can use either magnetic or electric fields. This electric field septum allows a very thin septum blade to be used.

Les septums fonctionnent grâce à des champs magnétiques ou des champs électriques. Ce septum à champs électriques utilise une feuille de septum extrêmement fine.



Kicker magnets can be pulsed very rapidly such that the magnetic field can rise from zero to full strength in the space between two bunches of particles.

Les aimants de déflection émettent des impulsions très rapides afin que les champs magnétiques puissent passer de zéro à leur puissance maximale dans l'espace qui sépare deux paquets de particules.



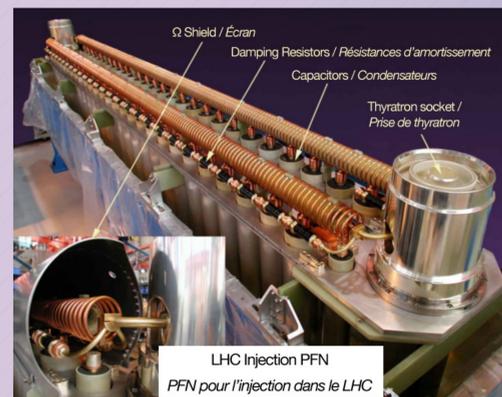
Magnet in the vacuum tank with ceramic beam pipe
Aimant installé dans son enceinte à vide, équipé de son tube de faisceau en céramique.

High-voltage thyristors are used to switch the electrical current.
Les thyristors haute tension servent de commutateurs de courant électrique.



Special pulsed power converters supply the energy – powerful enough to deliver energy to a 300,000 homes - but only for few millionths of a second.

Les convertisseurs de puissance pulsée fournissent l'énergie. Ils sont assez puissants pour alimenter 300 000 maisons, mais seulement pendant quelques millièmes de seconde.



LHC Injection PFN
PFN pour l'injection dans le LHC