



Physique des particules: Comment savon-nous?

Et comment mesuron-nous les particules?

K. Cecire, University of Notre Dame kcecire@nd.edu



Le modèle standard de la physique des particules

Toute matière est constituée de particules fondamentales

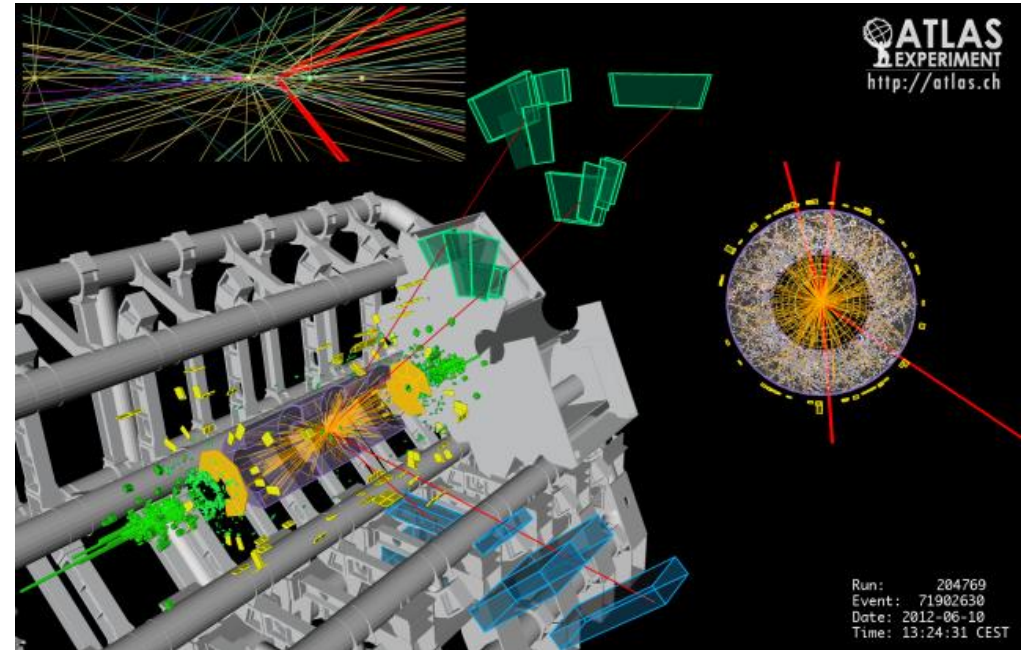
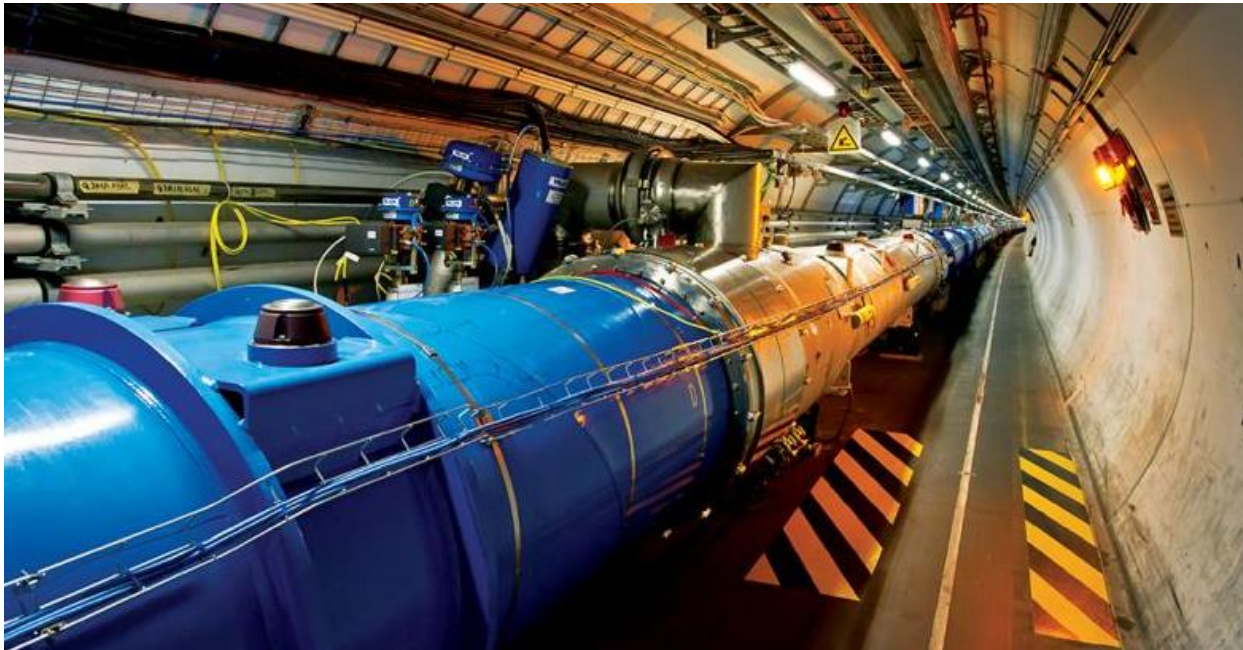
- Aucune particule « à l'intérieur »
- « Particules ponctuelles »
- Le modèle n'est pas complet!

Standard Model of Elementary Particles

		three generations of matter (elementary fermions)			three generations of antimatter (elementary antifermions)			interactions / force carriers (elementary bosons)	
		I	II	III	I	II	III		
LEPTONS	mass	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
	charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	0	0
	spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
		u up	c charm	t top	ū antiup	c̄ anticharm	t̄ antitop	g gluon	H higgs
QUARKS	mass	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	
	charge	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	
	spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
		d down	s strange	b bottom	d̄ antidown	s̄ antistrange	b̄ antibottom	γ photon	
GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS	mass	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	
	charge	-1	-1	-1	1	1	1	0	
	spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
		e electron	μ muon	τ tau	e⁺ positron	μ̄ antimuon	τ̄ antitau	Z⁰ Z ⁰ boson	
SCALAR BOSONS	mass	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$
	charge	0	0	0	0	0	0	1	-1
	spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1
		ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	ν̄_e electron antineutrino	ν̄_μ muon antineutrino	ν̄_τ tau antineutrino	W⁺ W ⁺ boson	W⁻ W ⁻ boson

Mais...

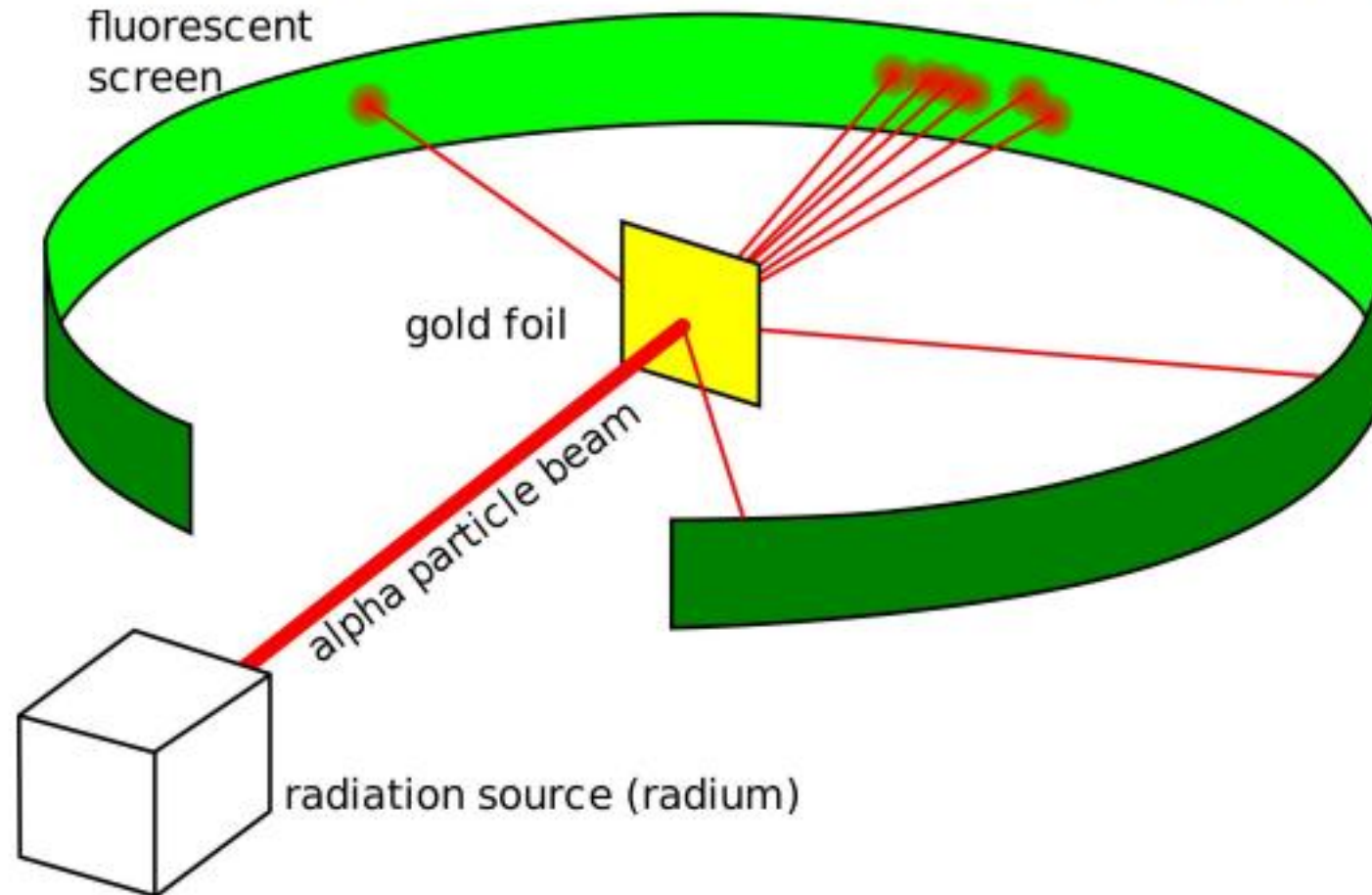
- Comment savon-nous?
- Comment mesuron-nous les particules?



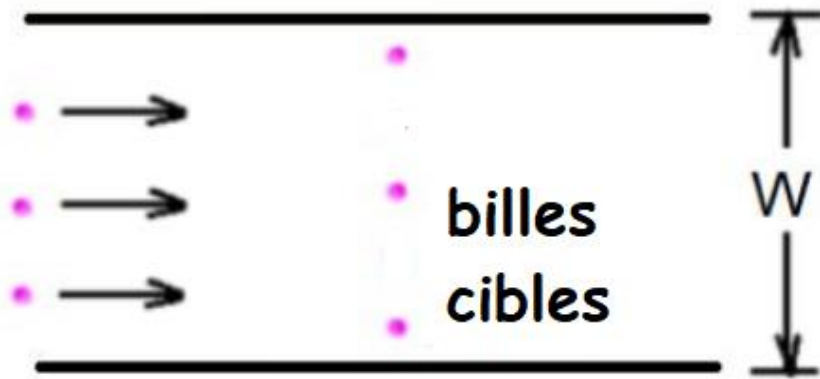
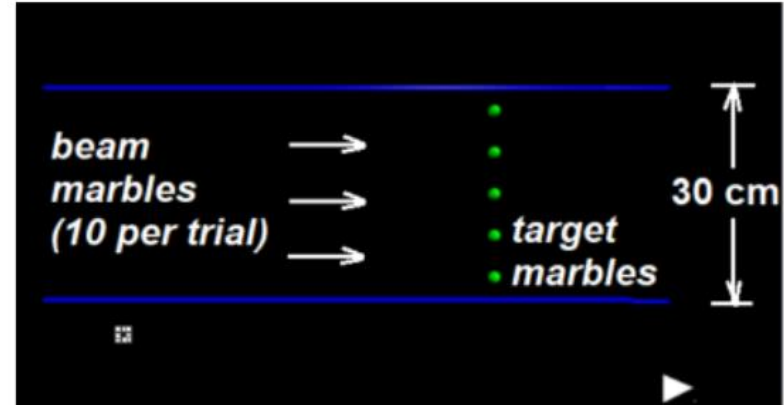
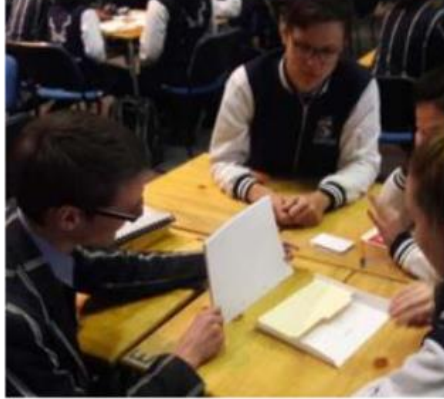
L'expérience de physique des particules la plus élémentaire

L'expérience Rutherford c'est l'expérience prototype de physique des particules.

- Le faisceau
- La cible (fixe)
- Detecteur



Rouler avec Rutherford



P = probabilité d'un coup sûr

n = nombre de billes cibles

W = largeur

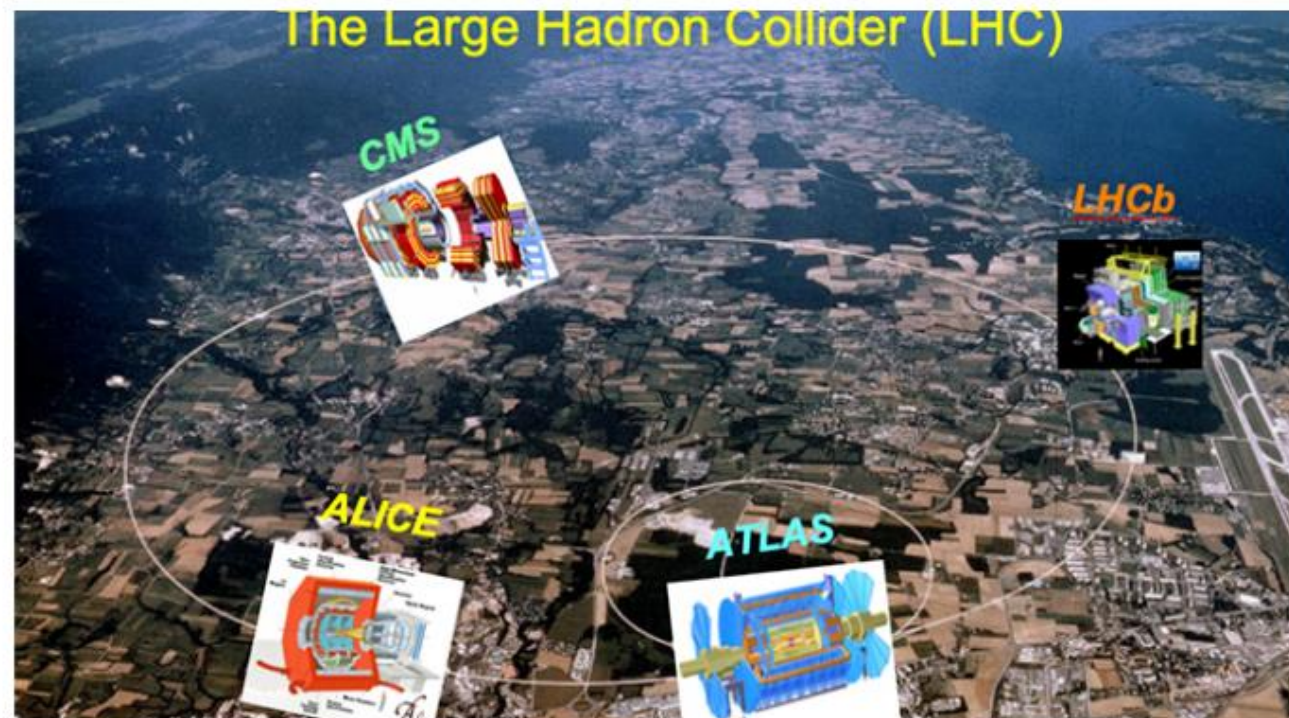
D = diamètre d'une bille

Qu'est que c'est le Grand Collisionneur des Hadrons ou "Large Hadron Collider - LHC"?

Grand - 27 km circonférence, ~100 m souterrain

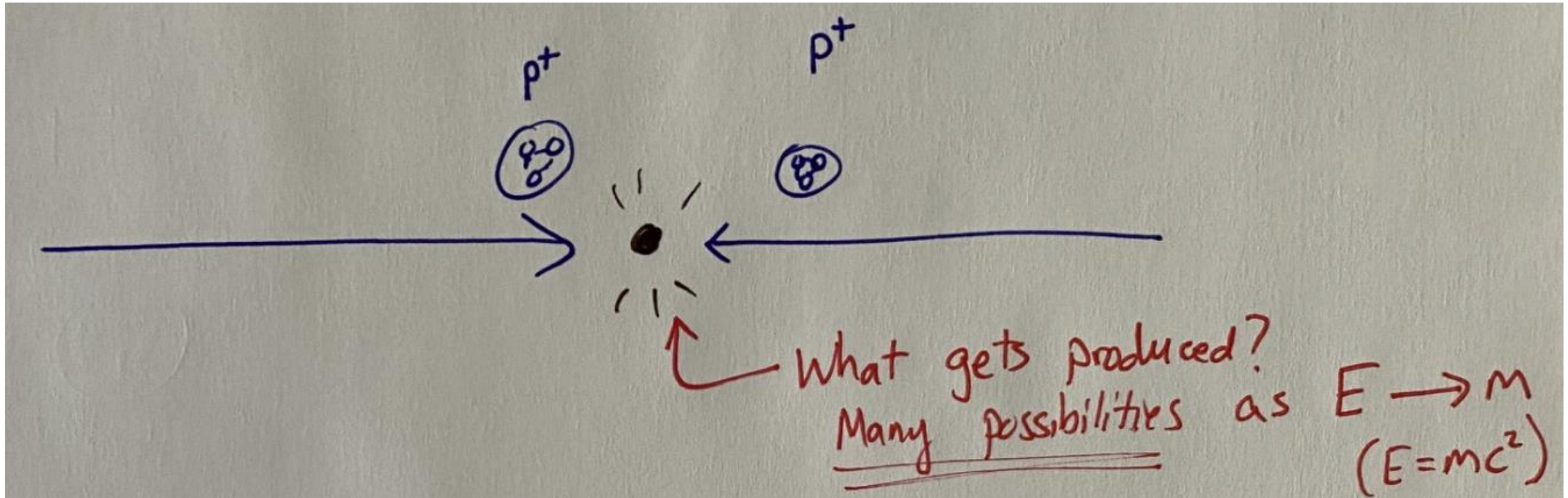
Collisionneur - 2 faisceaux entrent en collision en 4 points autour de l'anneau

Hadrons - Entre en collision des hadrons comme des protons (généralement) et des ions (parfois)

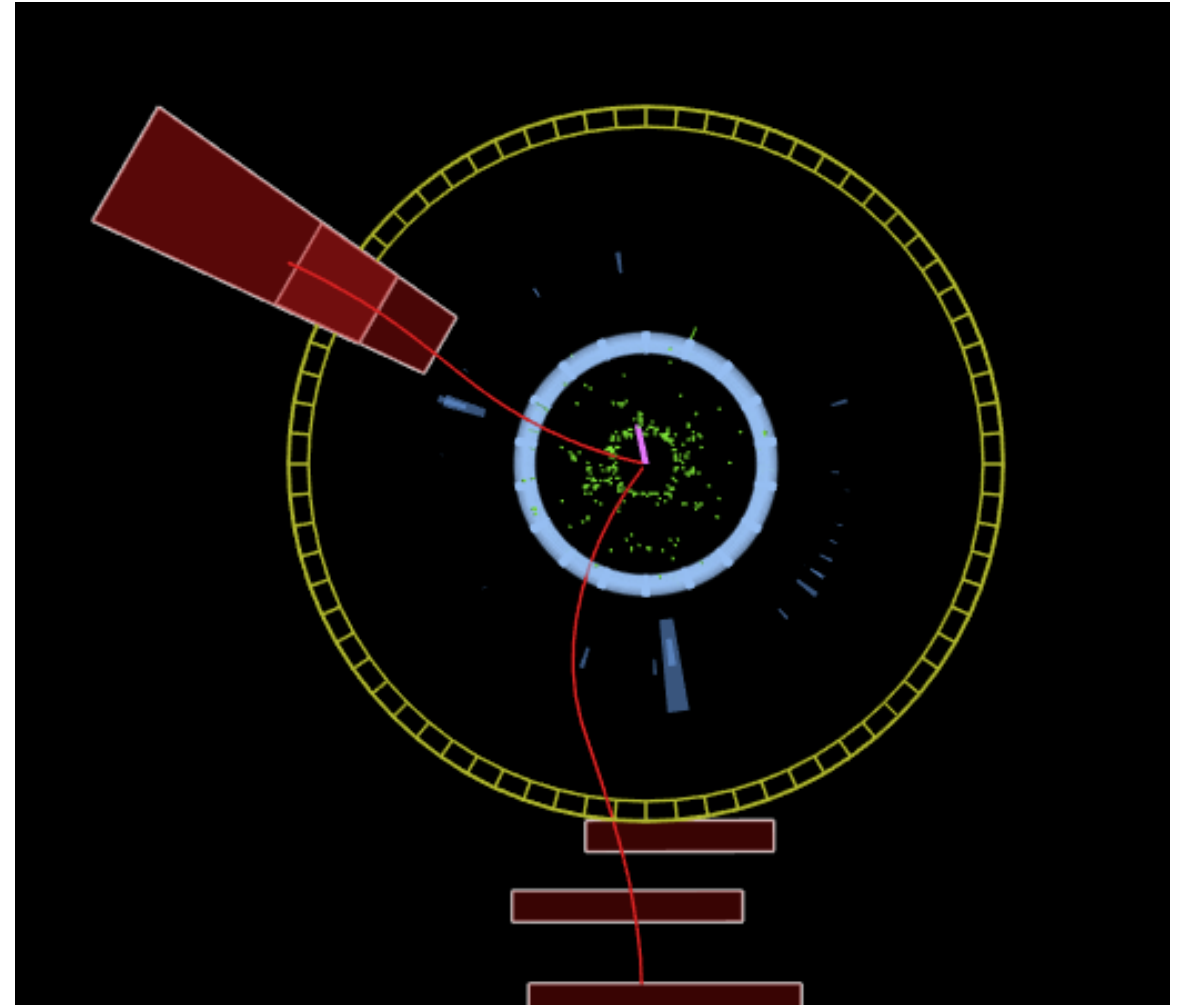
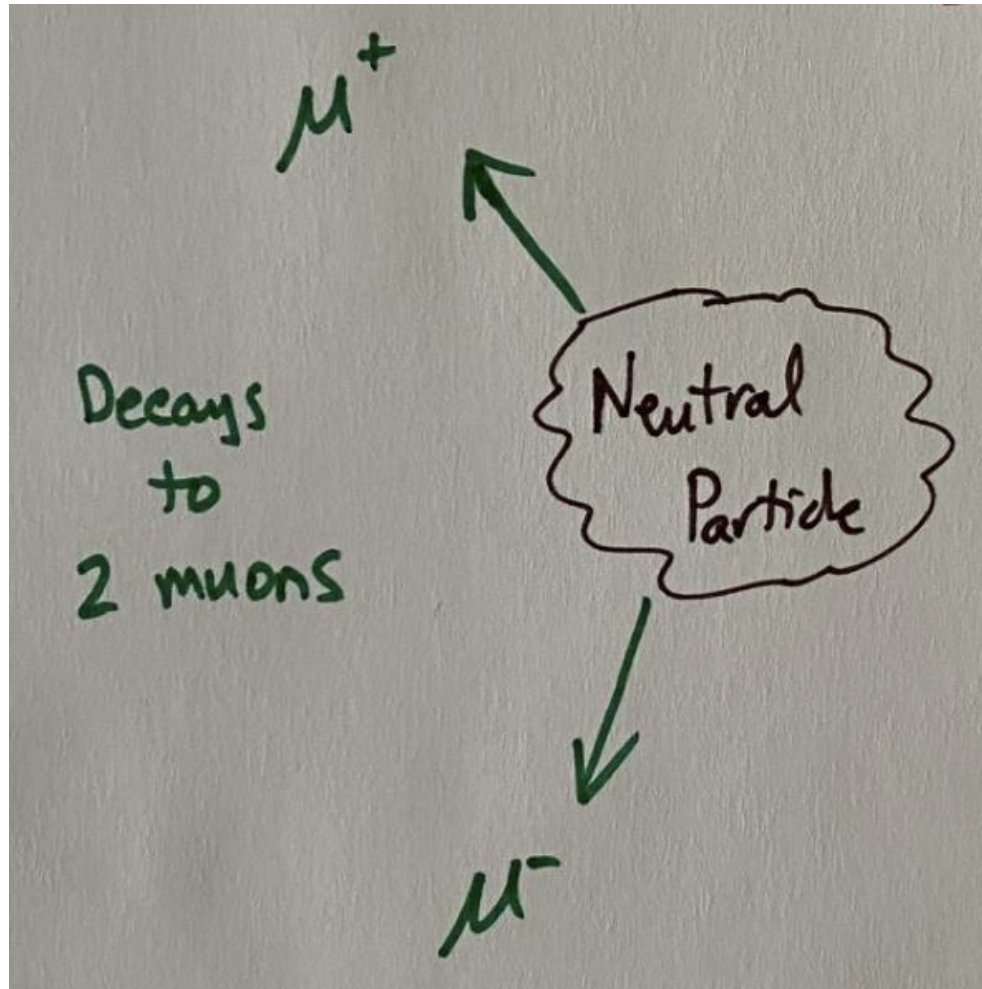


<https://www.innovationinewsnetwork.com/technology-in-relativistic-heavy-ion-collider-physics-research/6466/>

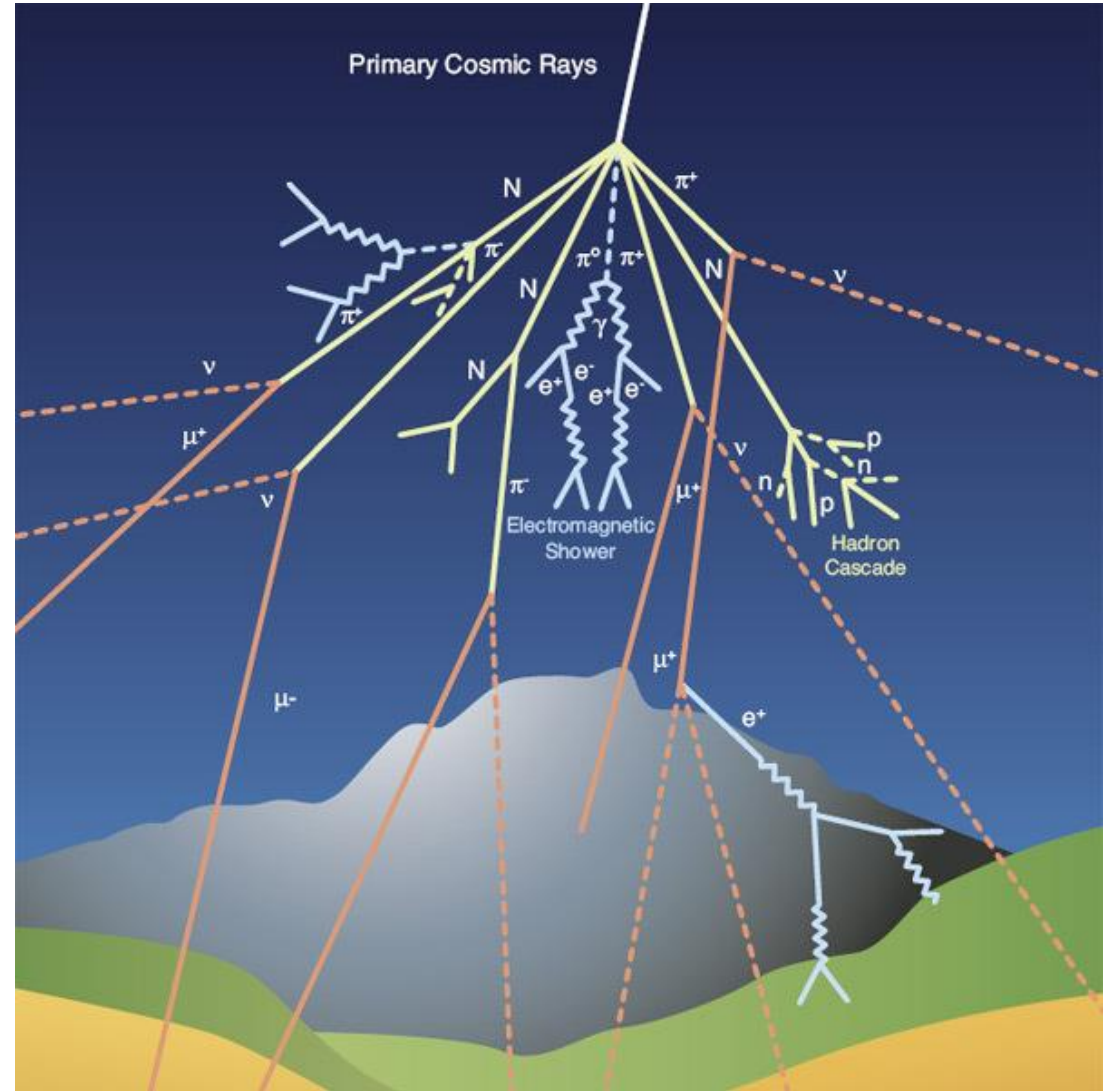
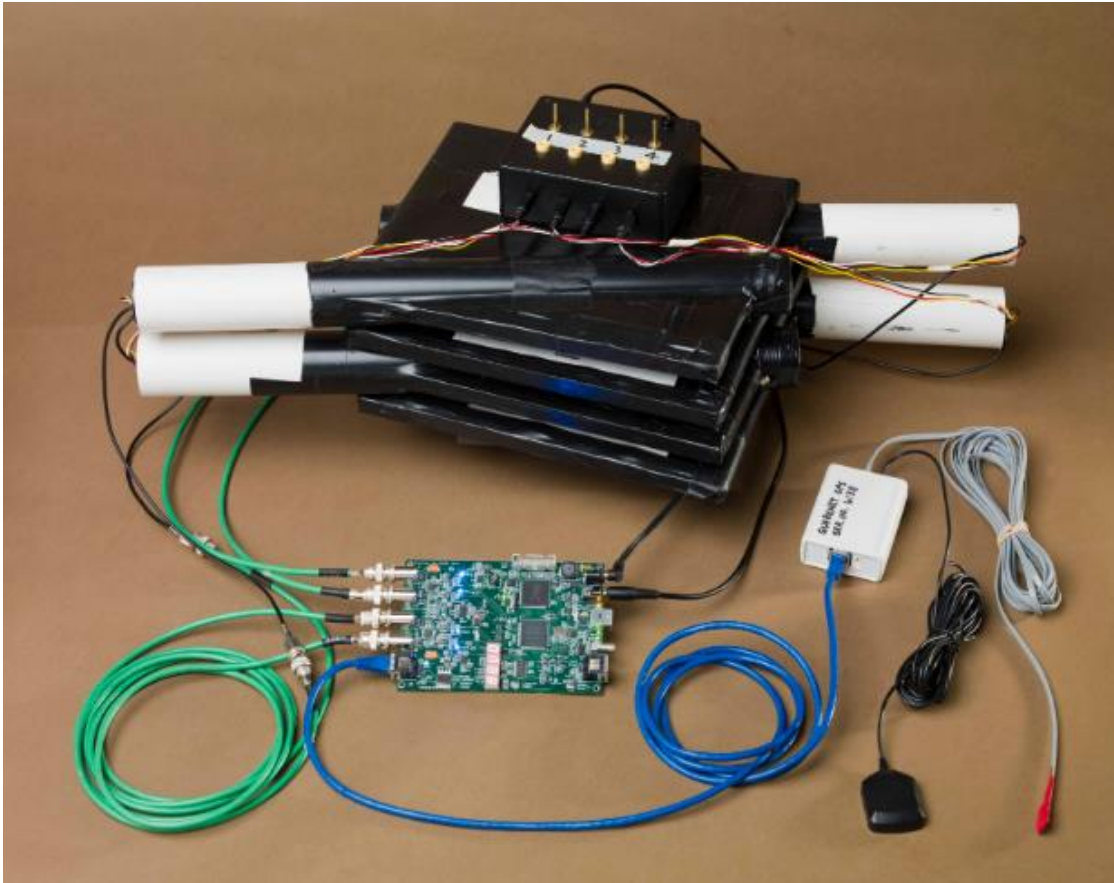
Expérience collisionneur : le faisceau est la cible !



Une possibilité: Une particule neutre (Z boson, par exemple) est produit - se désintègre en 2 muons



En parlant de muons...



Nous pouvons collecter des muons!

La plupart des muons traversent le détecteur.

Ils laissent un signal lors de leur passage.

Mais quelques muons ont une faible énergie. Ils s'arrêtent dans le détecteur.

