

Introduction à la physique des particules et à leur détection

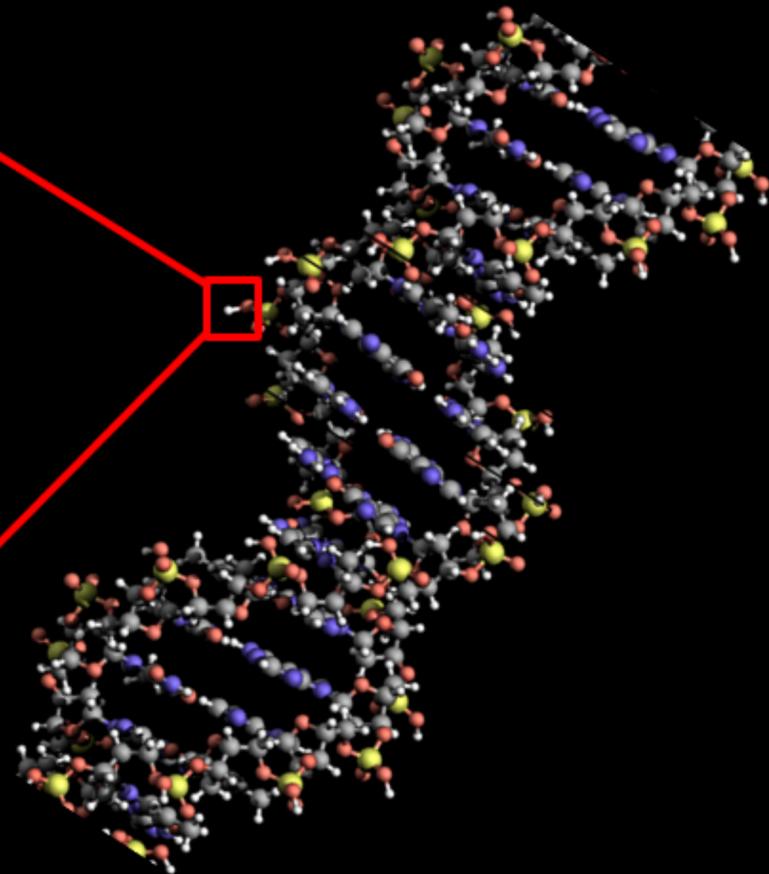
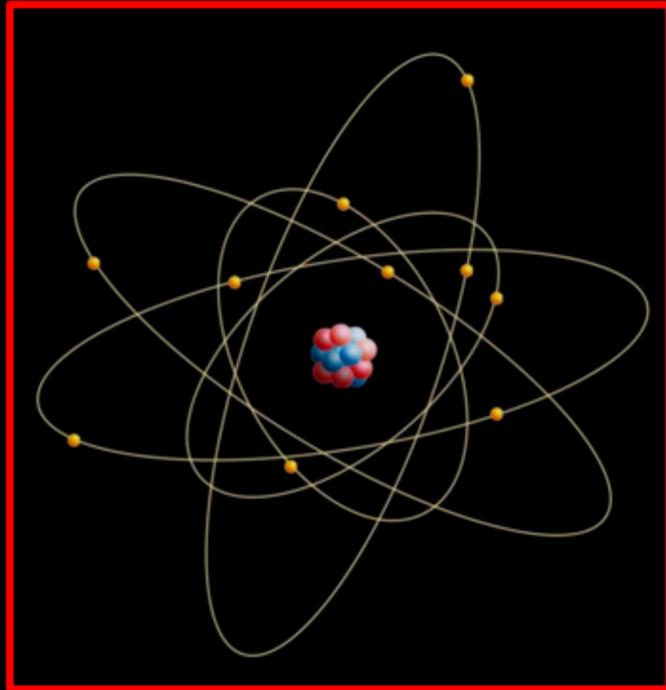
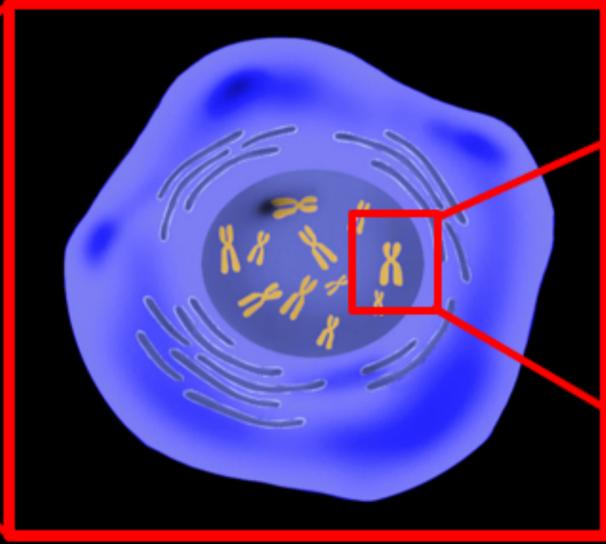
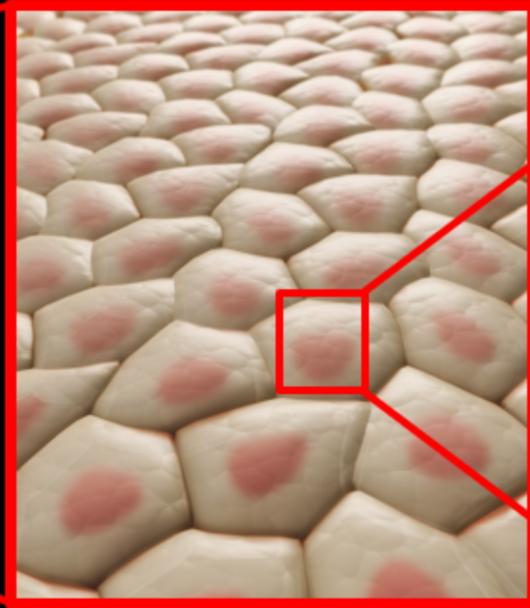
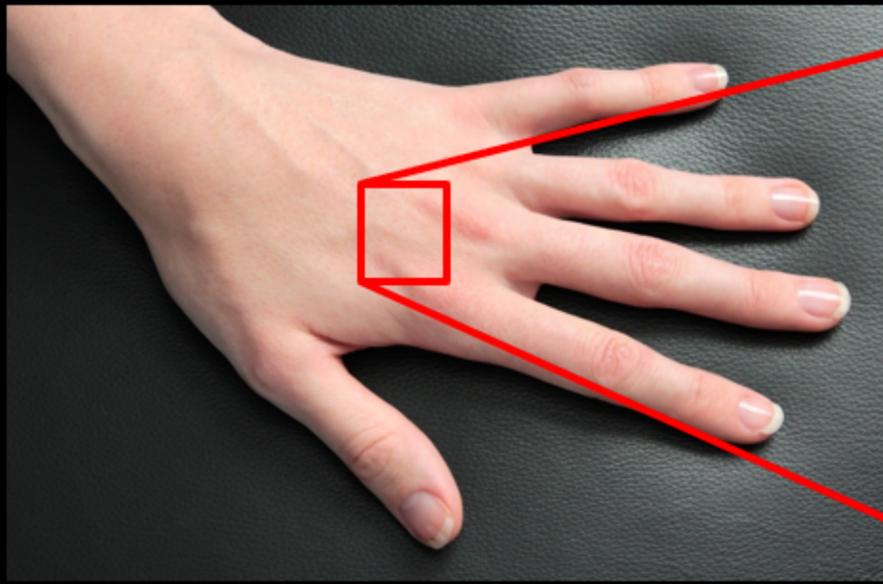
Narei Lorenzo Martinez
LAPP-CNRS

Les briques et le ciment ...

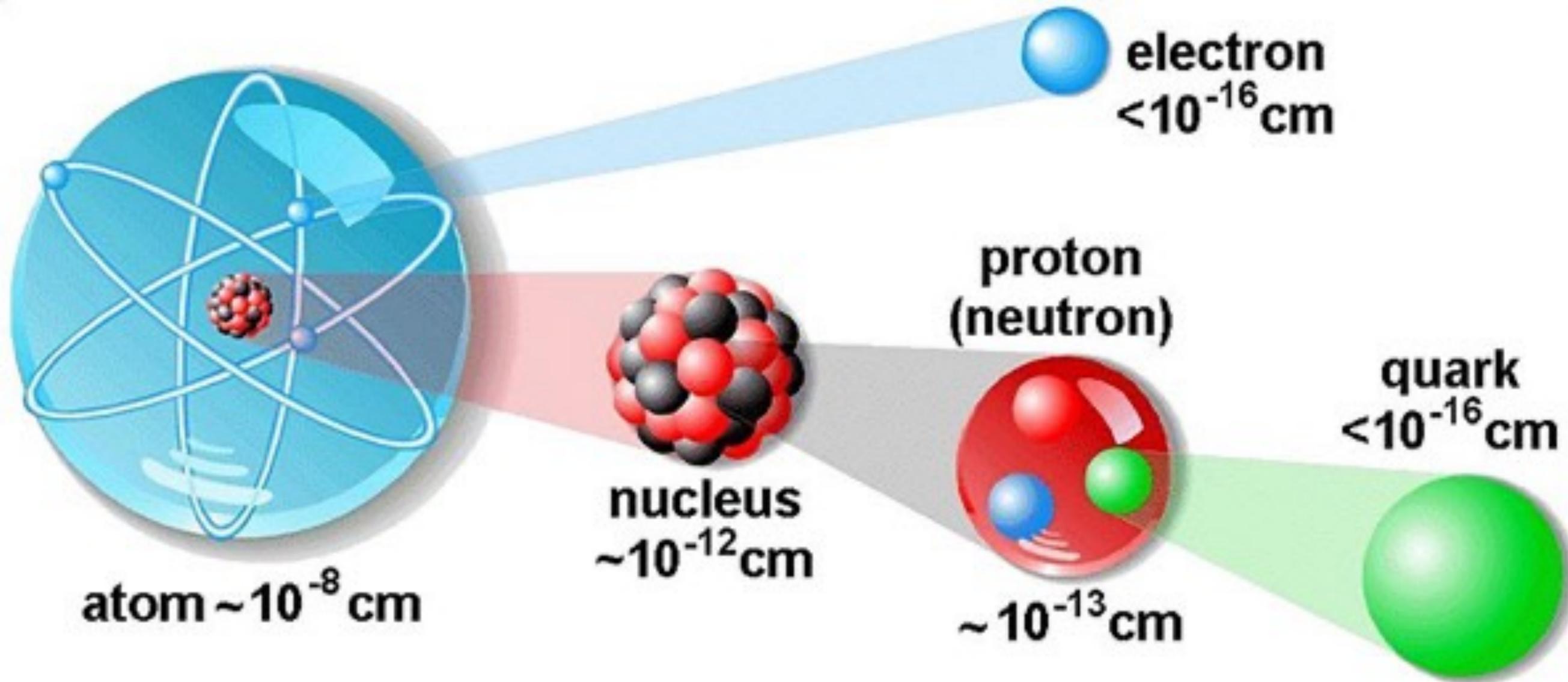


du monde et de l'univers...





Particules

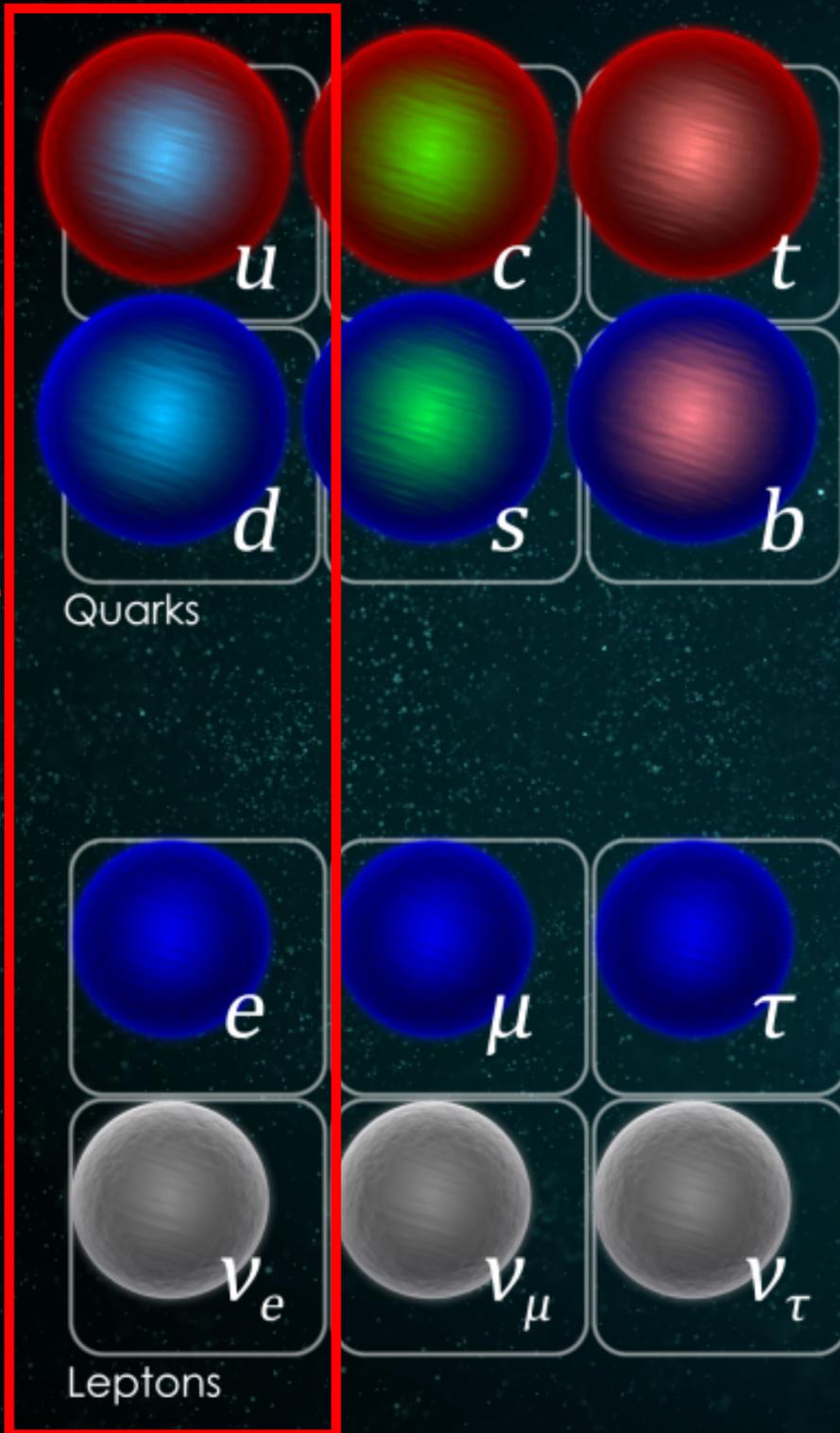


Physique atomique

Physique nucléaire

Physique des particules

Briques



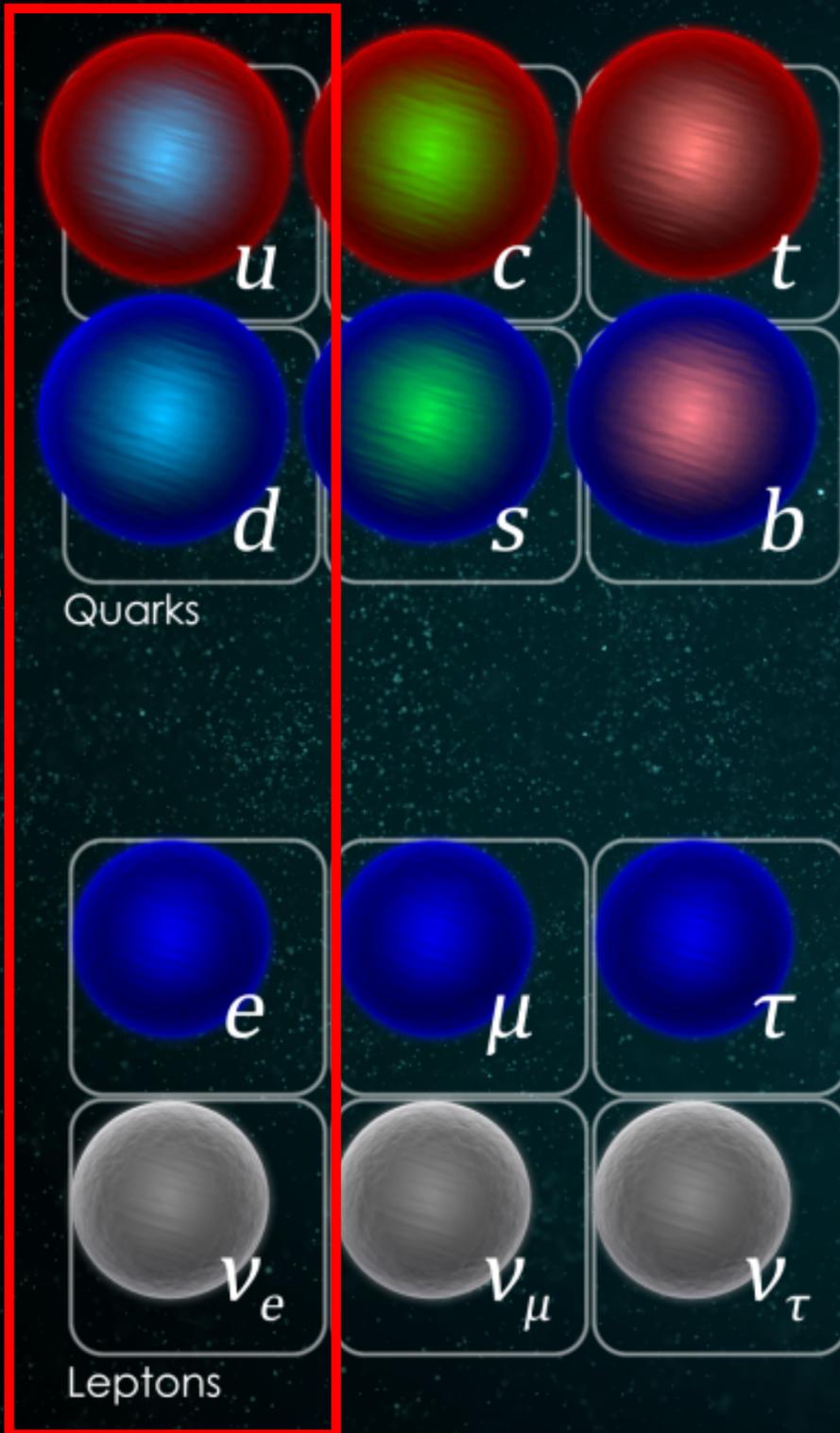
Matière
ordinaire

Ciment

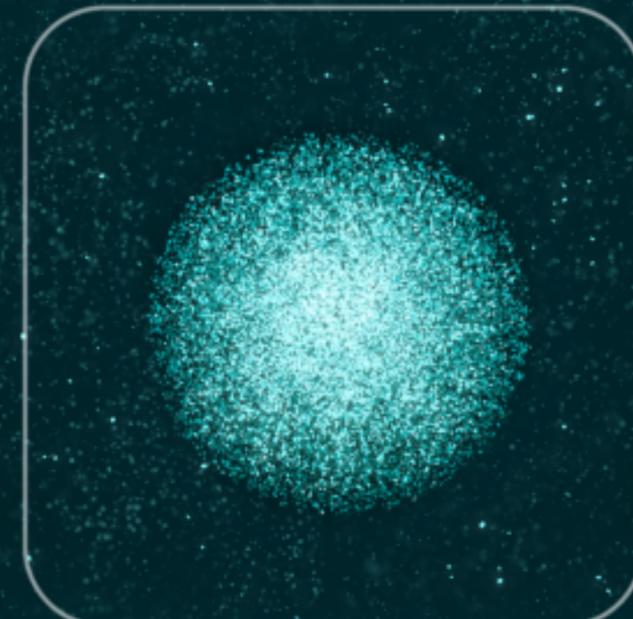


Modèle finalisé il y a 50 ans !

Briques

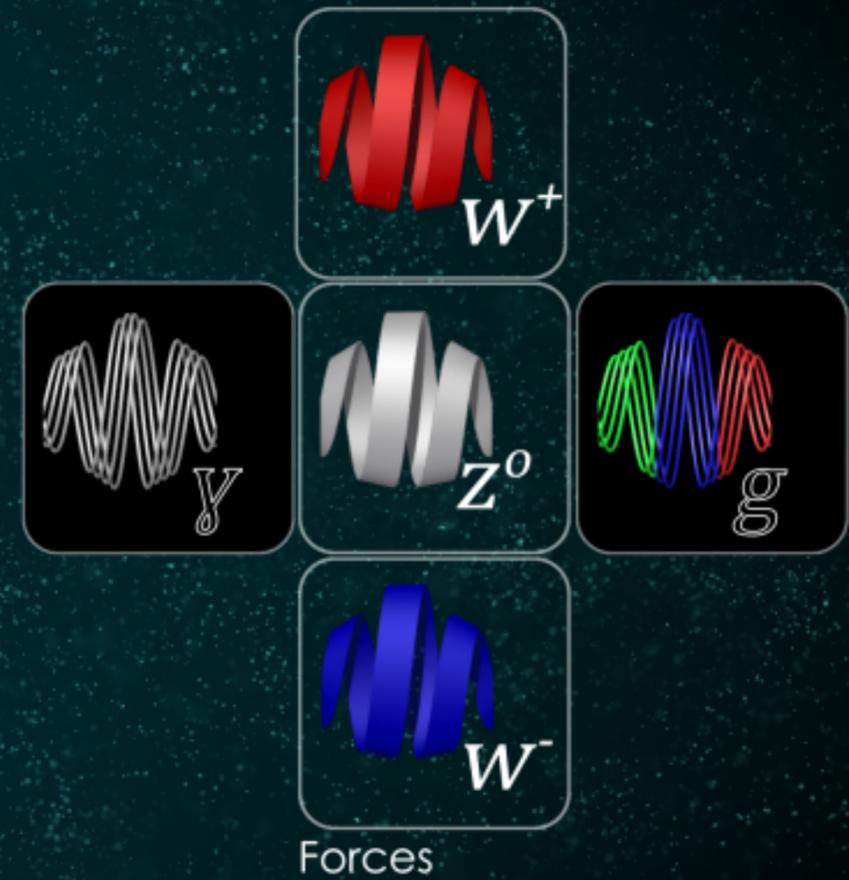


Matière ordinaire



Higgs boson

Ciment



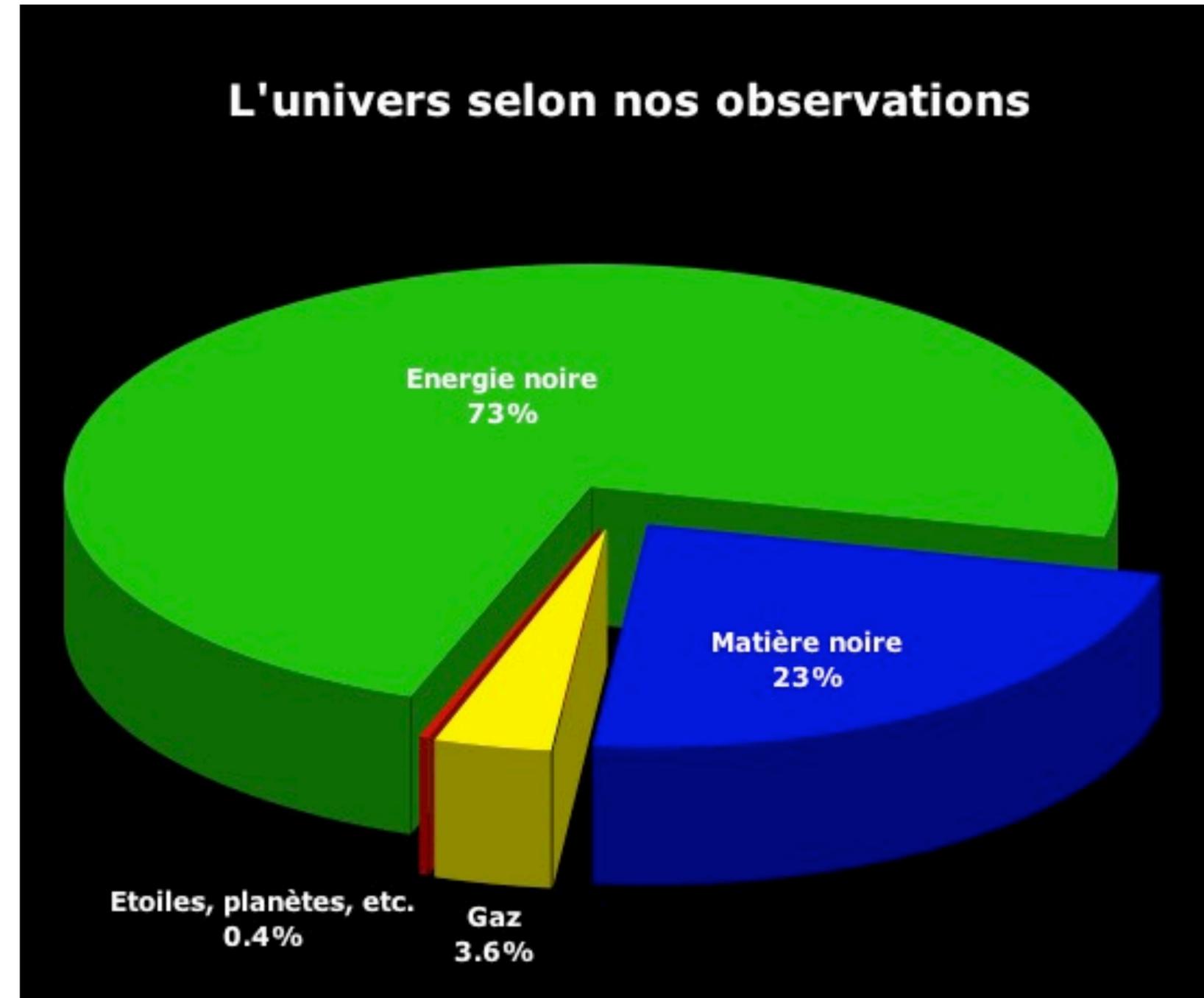
Découvert en 2012 !



ACCELERATING SCIENCE

Encore beaucoup de questions !

- ❑ Qu'est-ce que la matière noire
- ❑ Existe-t-il des briques **inconnues** ?
- ❑ Peut-on **casser** les briques?
- ❑ Y'a t'il un graviton ?



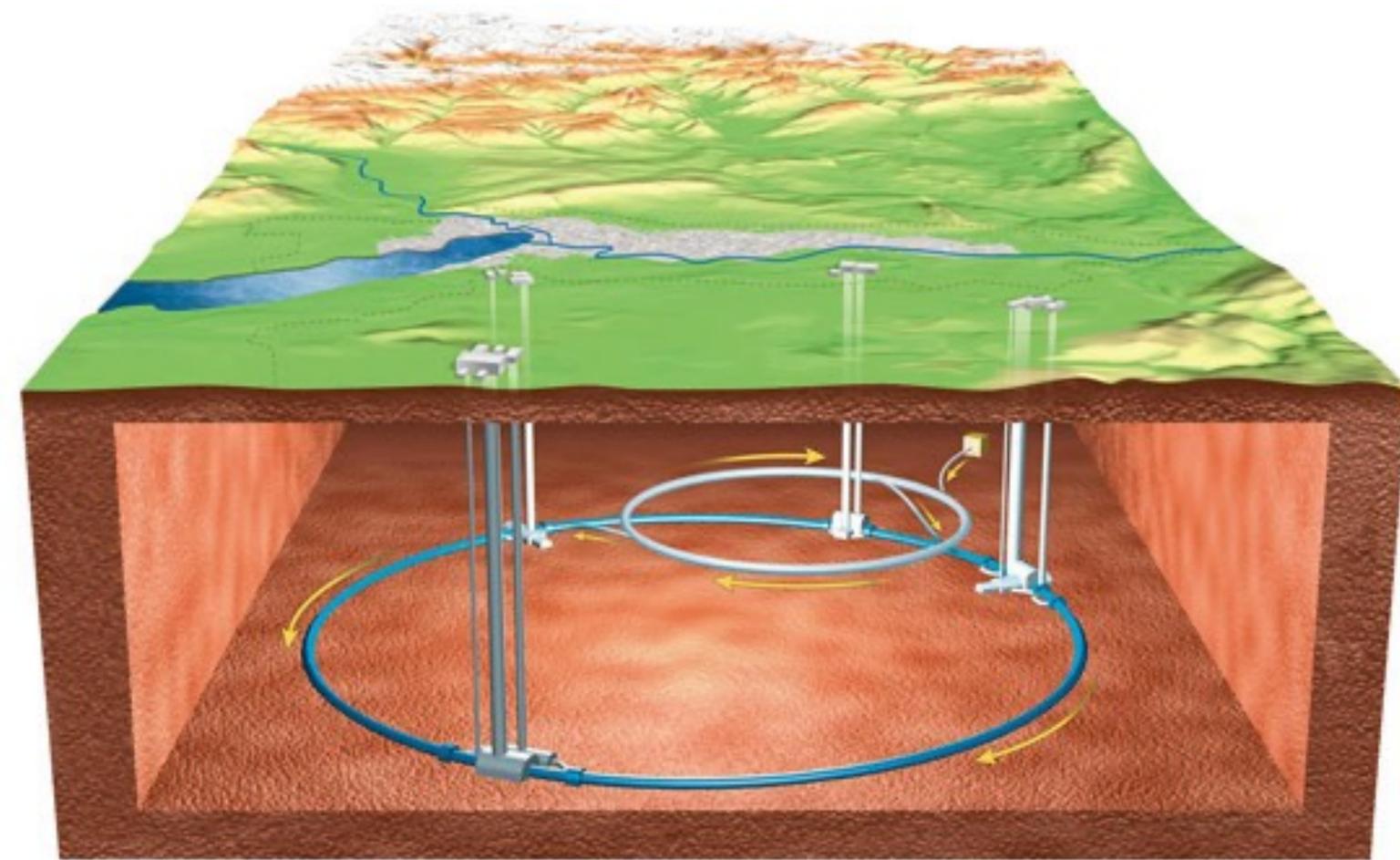
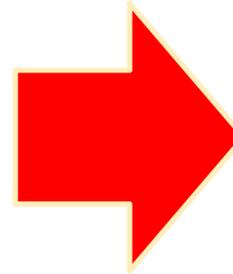
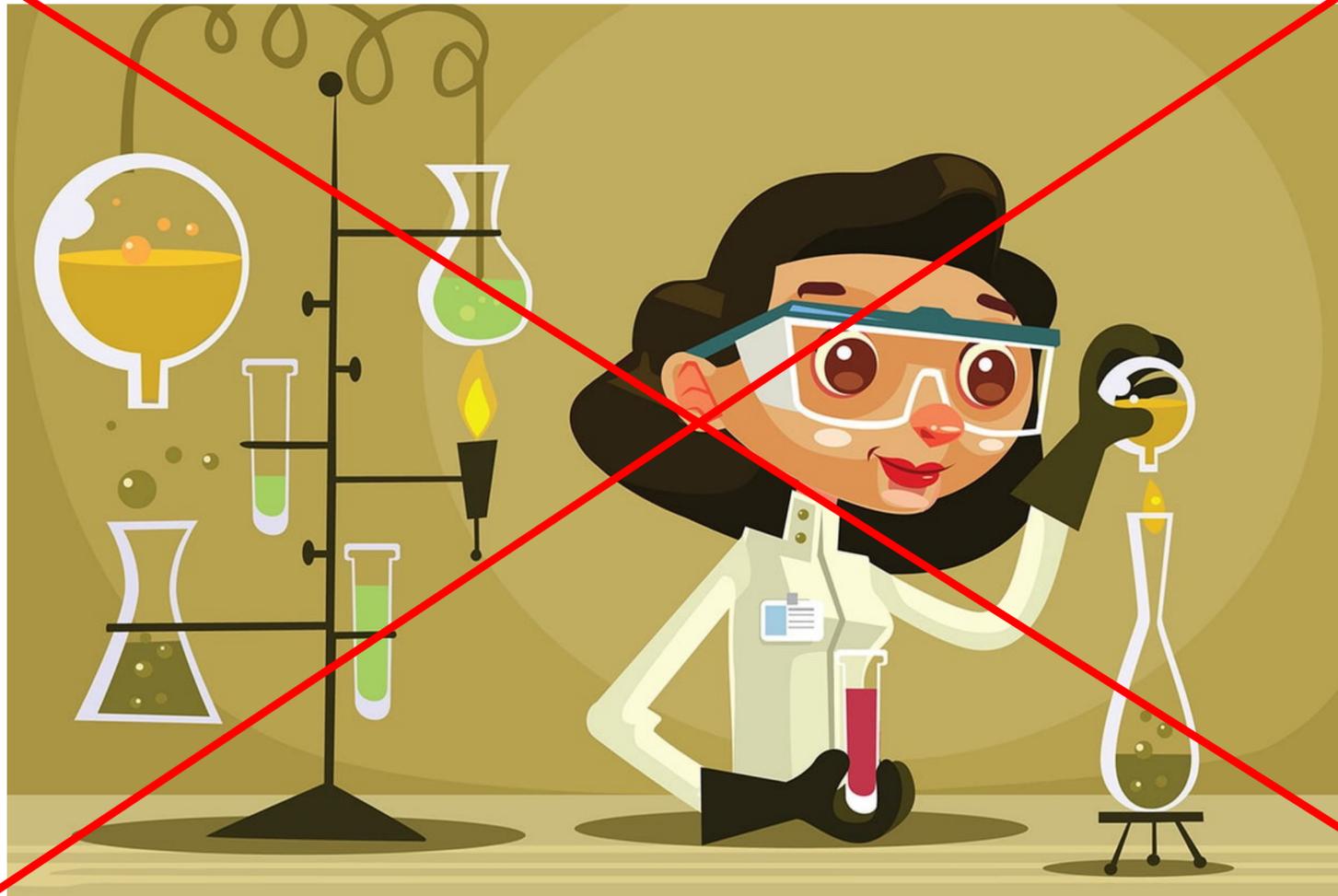
Et les réponses ?

- On fait des **expériences** pour répondre à ces questions



Et les réponses ?

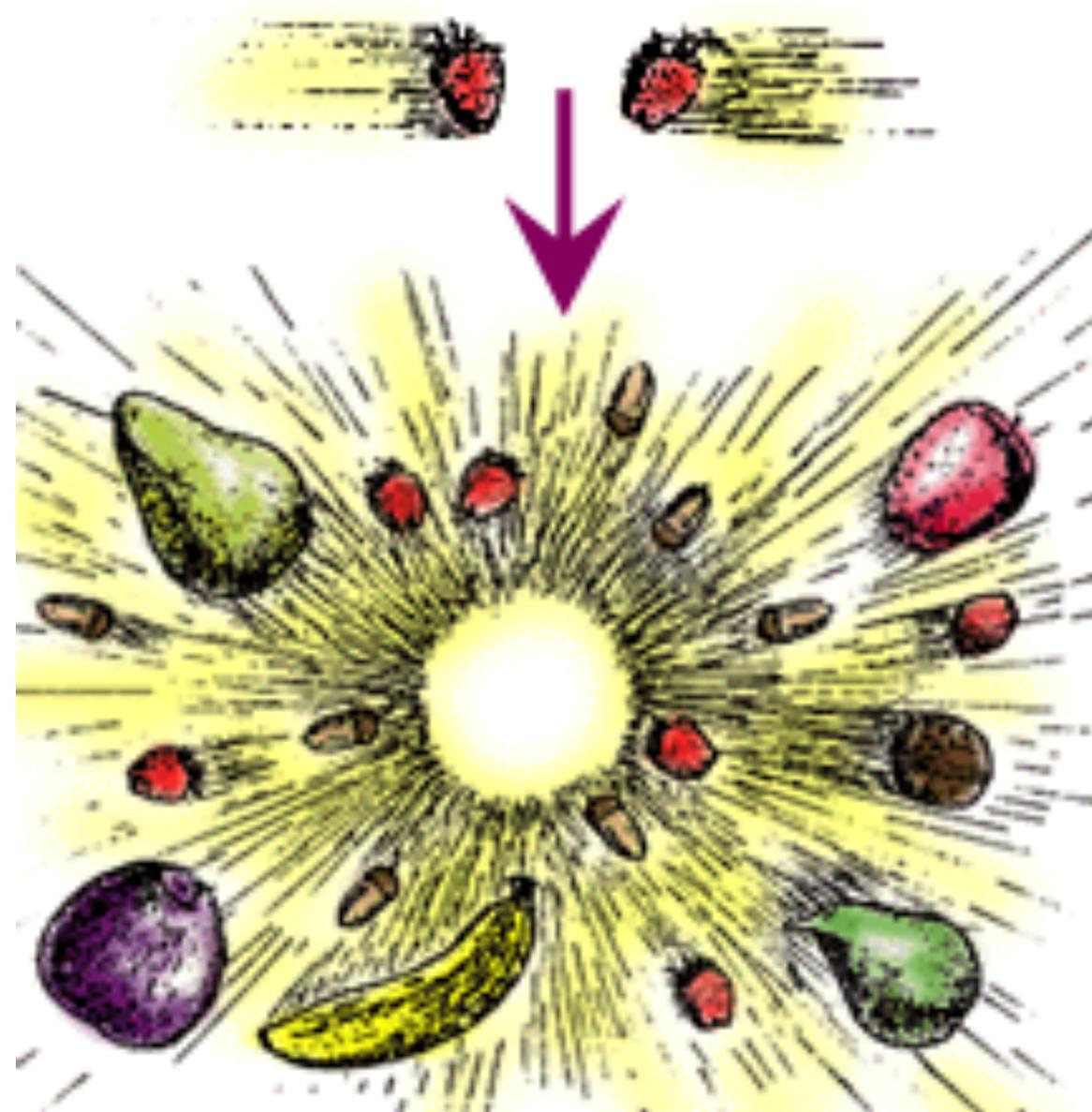
- On fait des **expériences** pour répondre à ces questions



LHC

LHC = Large Hadron **Collider**

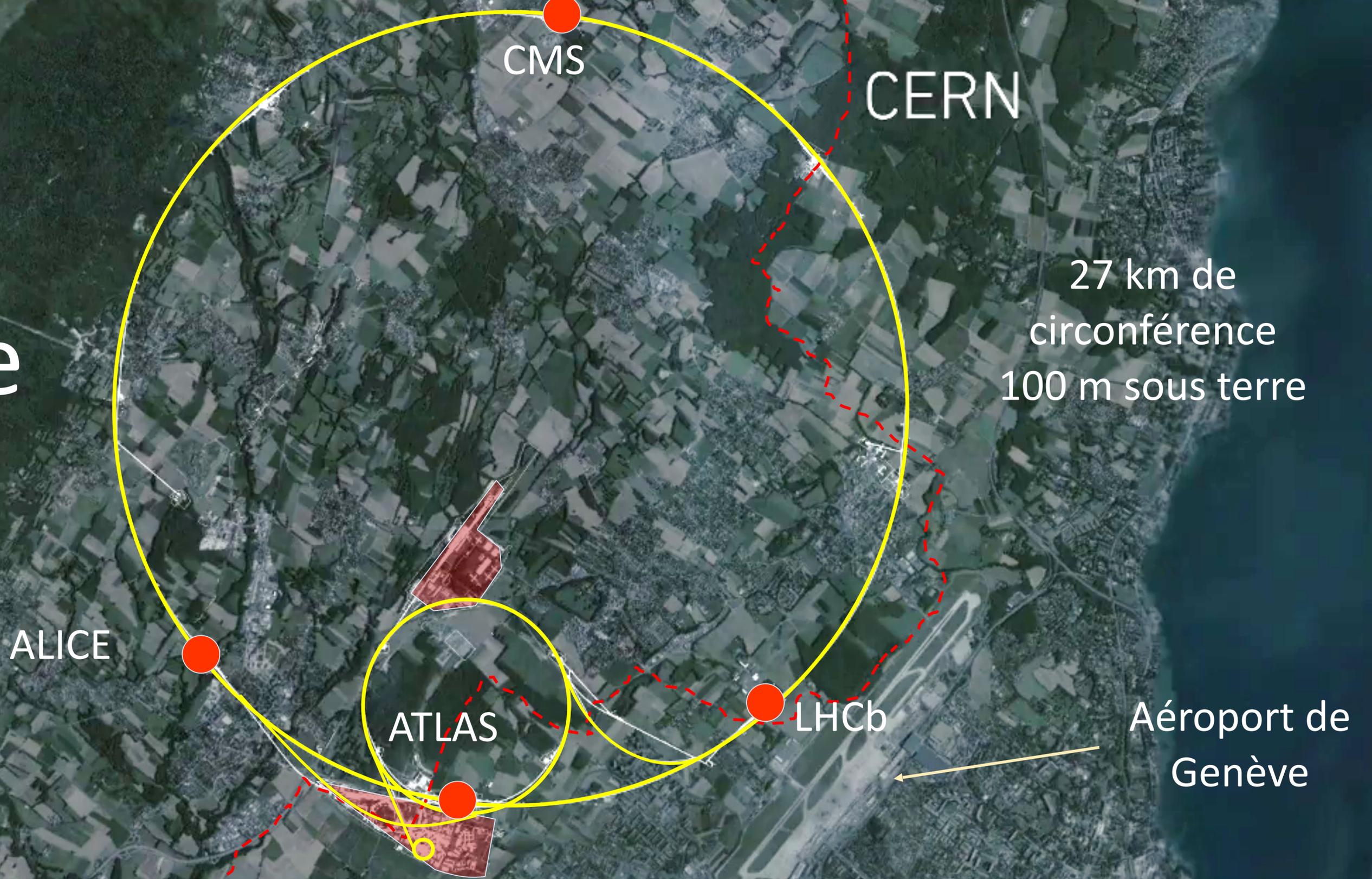
Accélérer, faire entrer en collision



$$E = mc^2$$

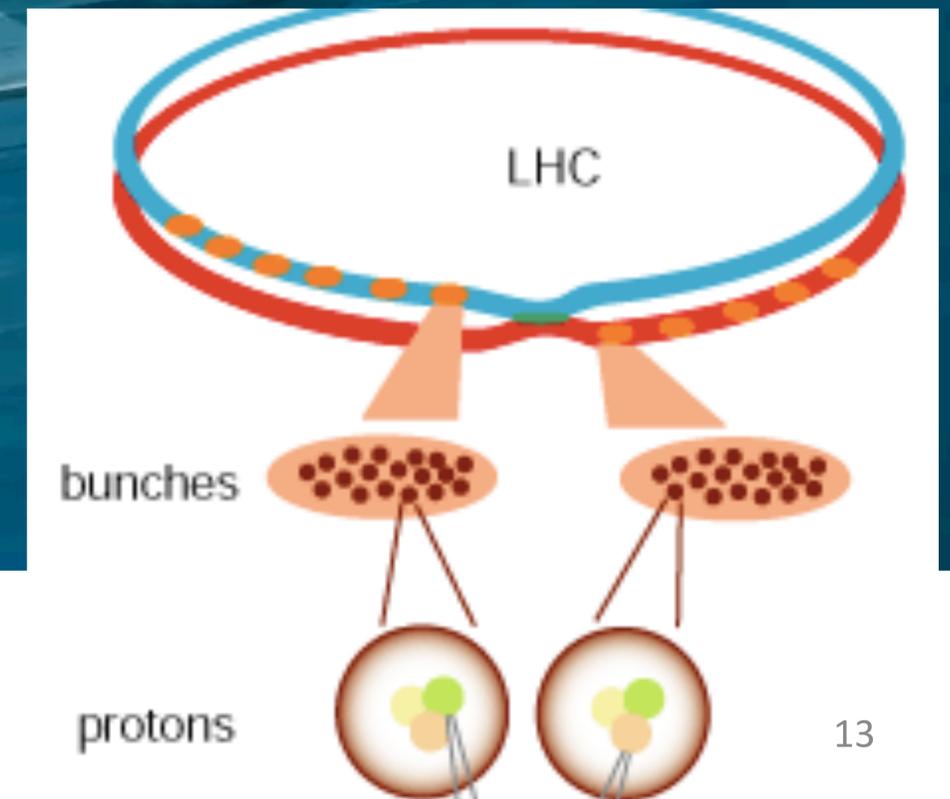
Pour créer de la masse, il faut de l'énergie

La plus grande machine sur Terre



Des millions de collisions

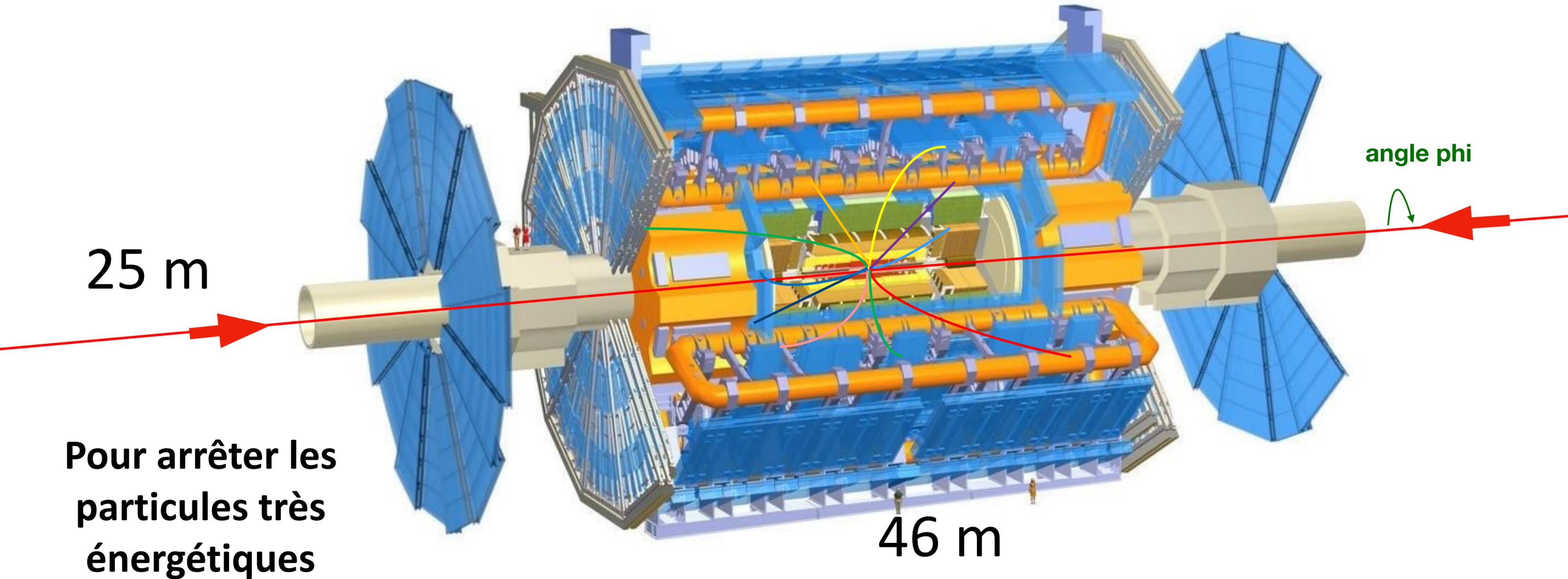
Paquets de 100 milliards de protons
Croisement de paquets toutes les
25 ns \rightarrow 40 millions / s





Détecter les particules
et les identifier

Le plus grand détecteur : ATLAS



7000 tonnes, 3000 km de câbles, 100 millions de canaux

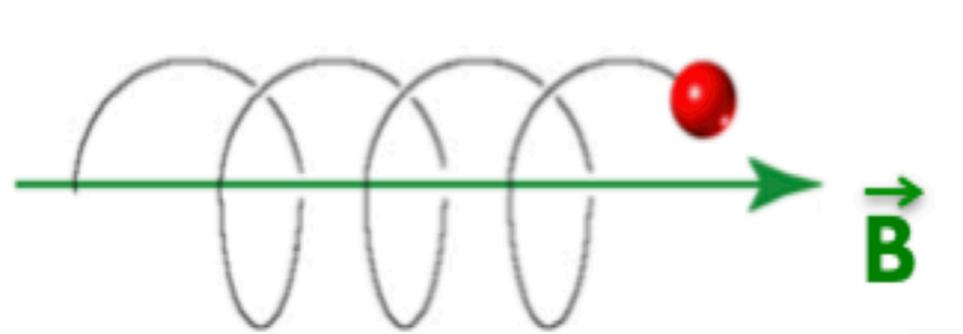
Carte d'identité d'une particule

	fermions (3 générations de la matière)			bosons (forces)	
	I	II	III		
masse →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0	électromagnétisme
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
nom →	u up	c charm	t top	γ photon	
Quarks	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0	interaction forte
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	d down	s strange	b bottom	g gluon	
Leptons	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV	interaction faible
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	ν_e neutrino électronique	ν_μ neutrino muonique	ν_τ neutrino tauique	Z^0 boson Z^0	
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV	interaction faible
	-1	-1	-1	± 1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	e électron	μ muon	τ tau	W^\pm boson W	

- Masse
- Charge électrique
- Energie
- Interaction subie

Les particules chargées

- Sont déviées dans un champs magnétique
 - courbure dépend de sa vitesse et sa masse



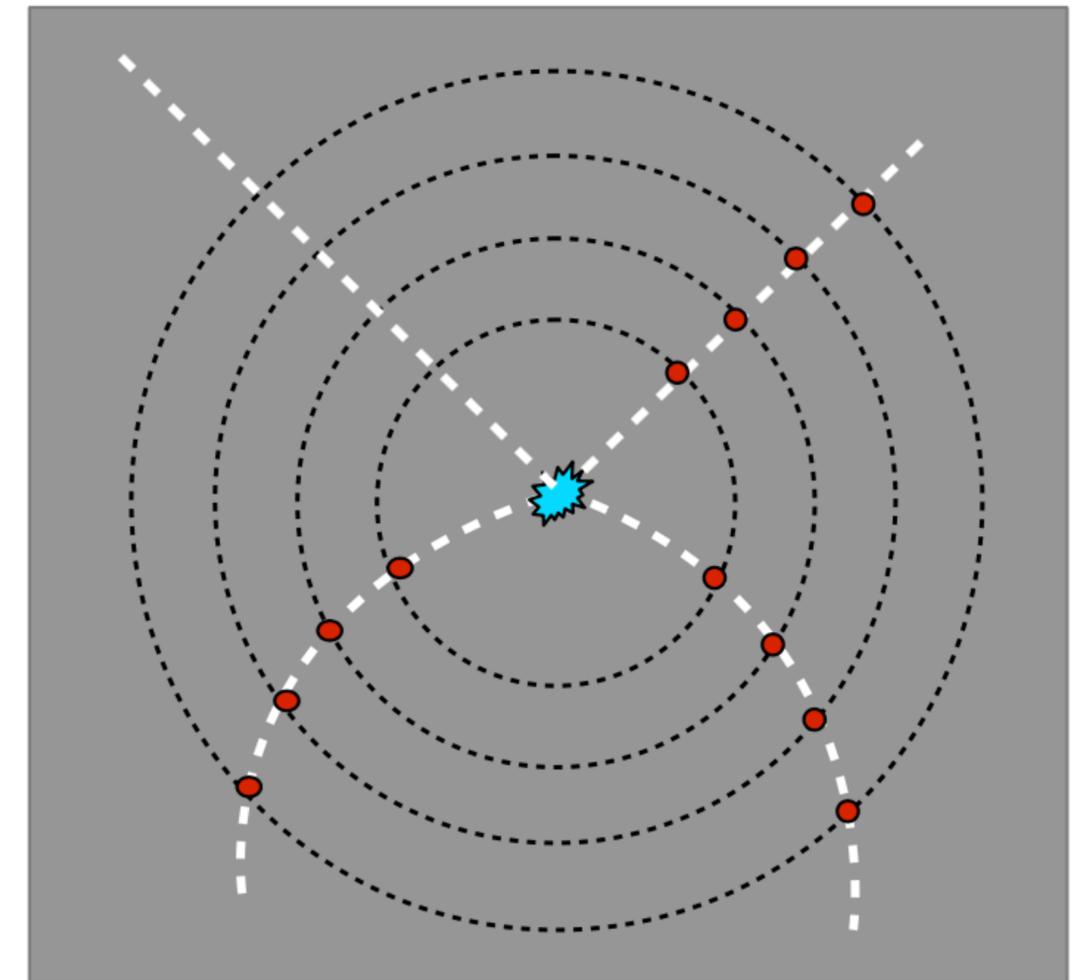
$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Quantité de mouvement

- Arrachent électrons sur leur passage
 - champ électrique -> signal dans le détecteur

Particule neutre :
pas de points
de mesure !

Particule chargée
très énergétique :
pas de courbure !

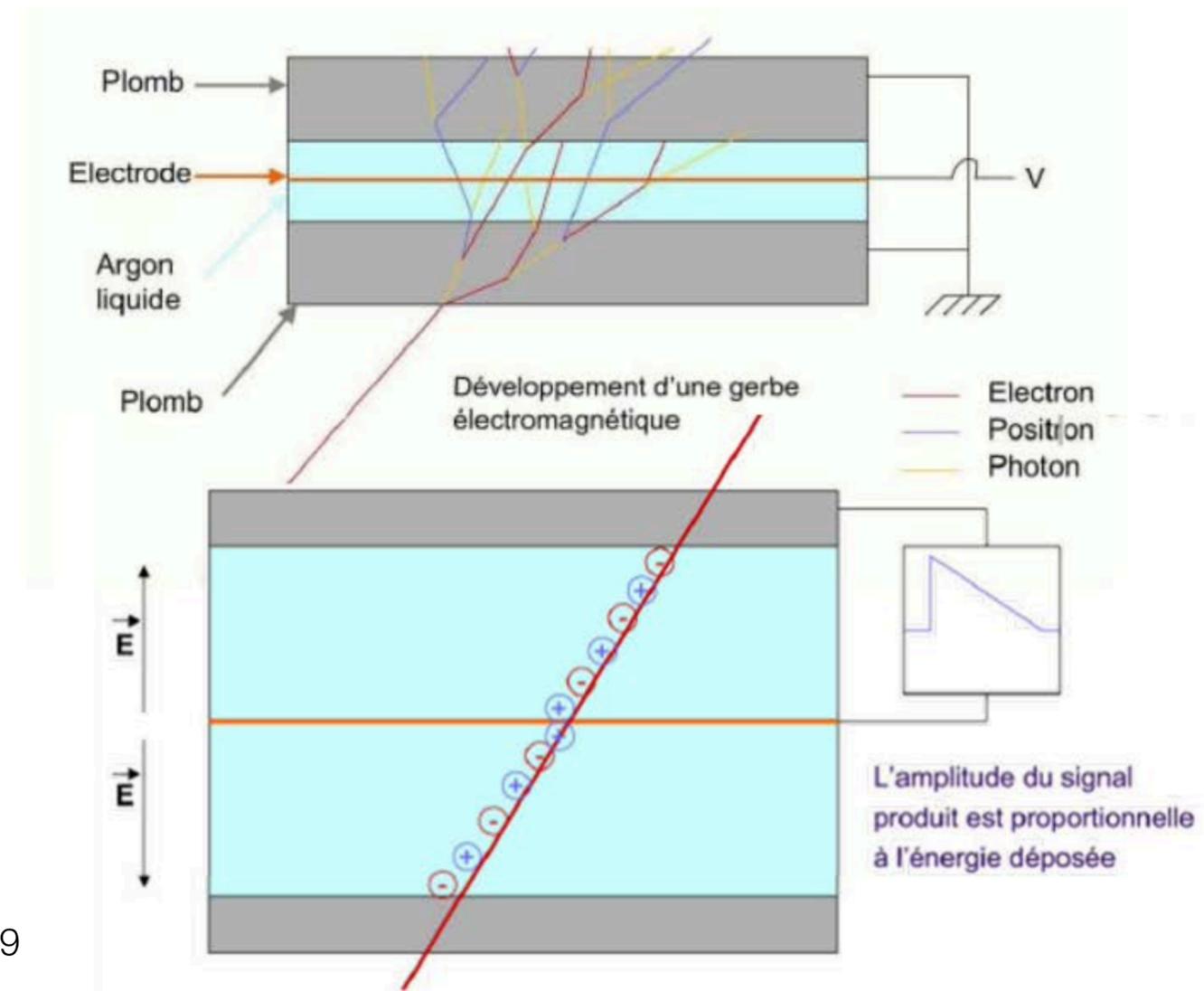
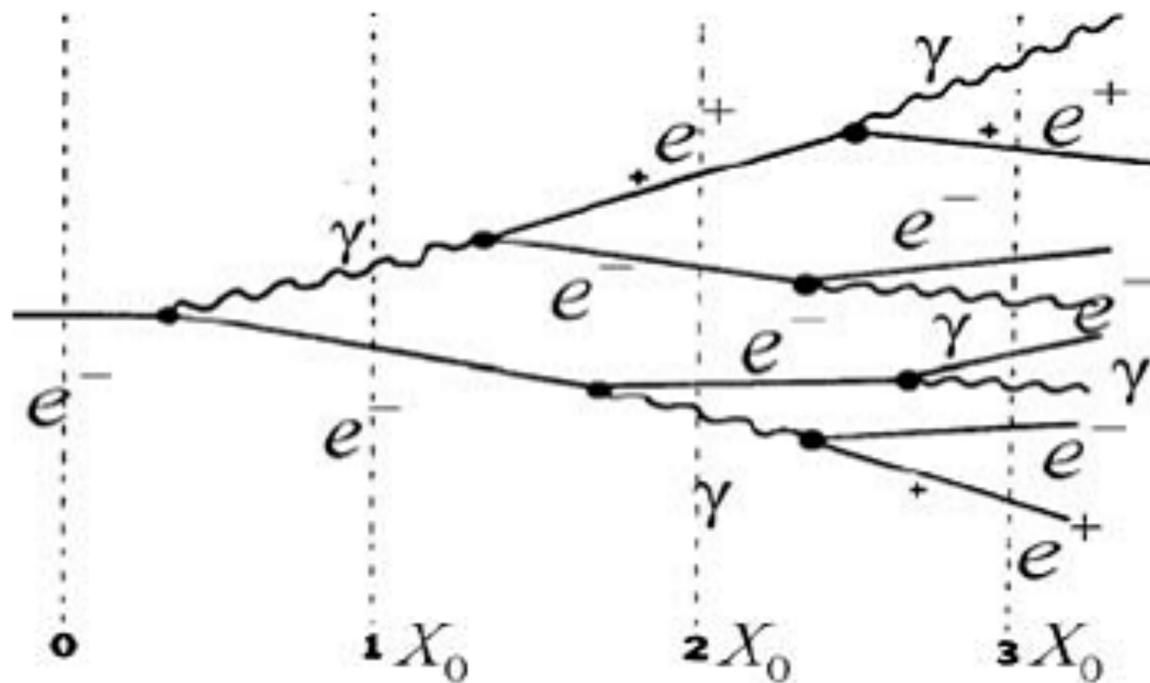


Particule chargée
négativement

Particule chargée
positivement

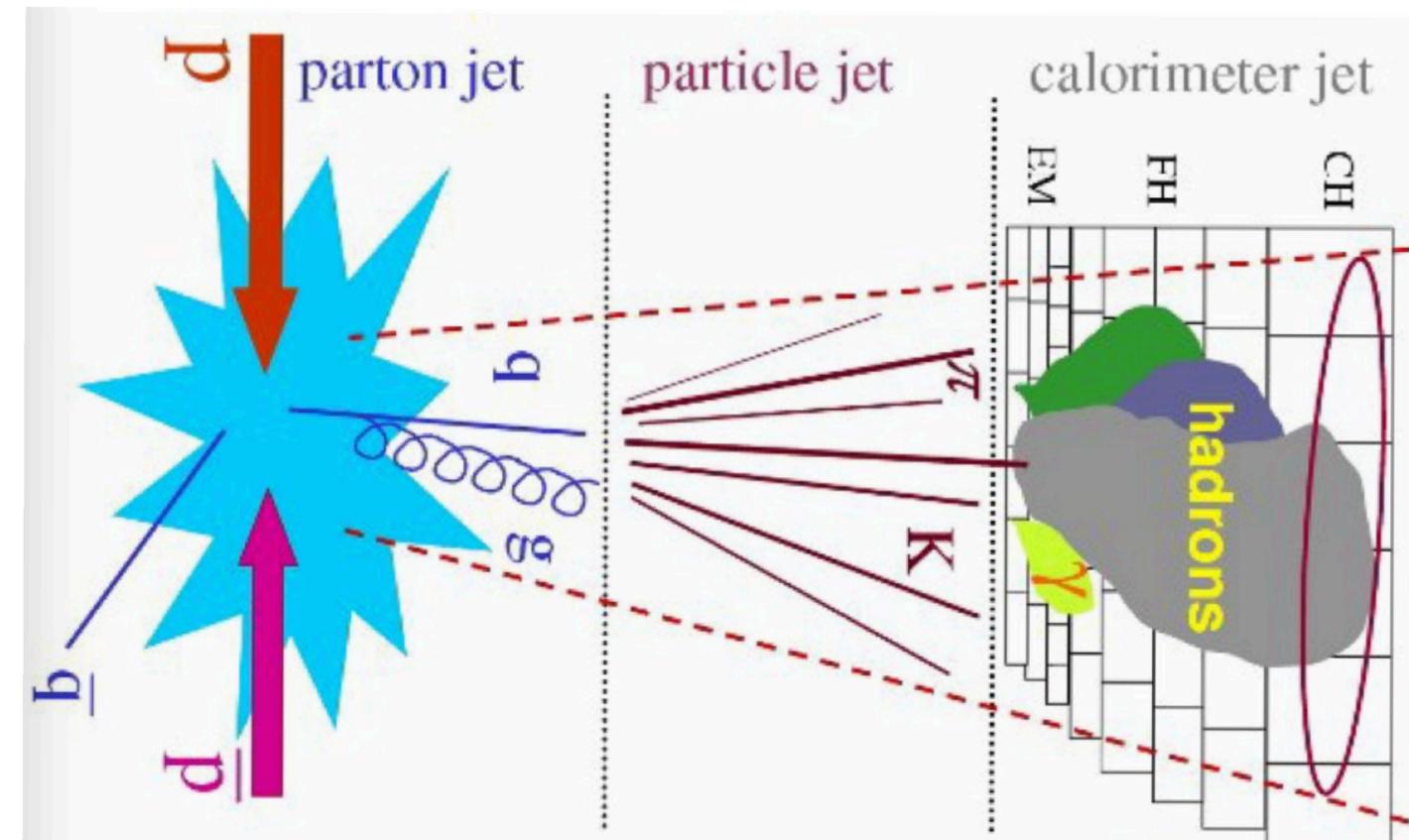
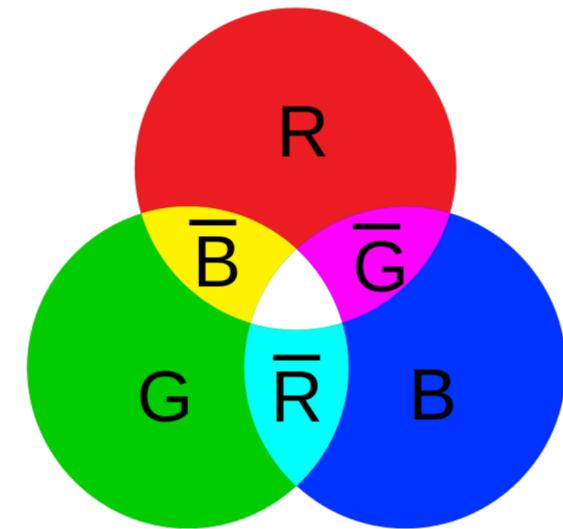
L'énergie d'une particule

- Les particules déposent de l'énergie dans la matière du détecteur en se désintégrant. L'énergie des particules filles est transformée en courant électrique
 - il faut qu'il y ait beaucoup de matière, pour pouvoir arrêter la particule et mesurer toute son énergie

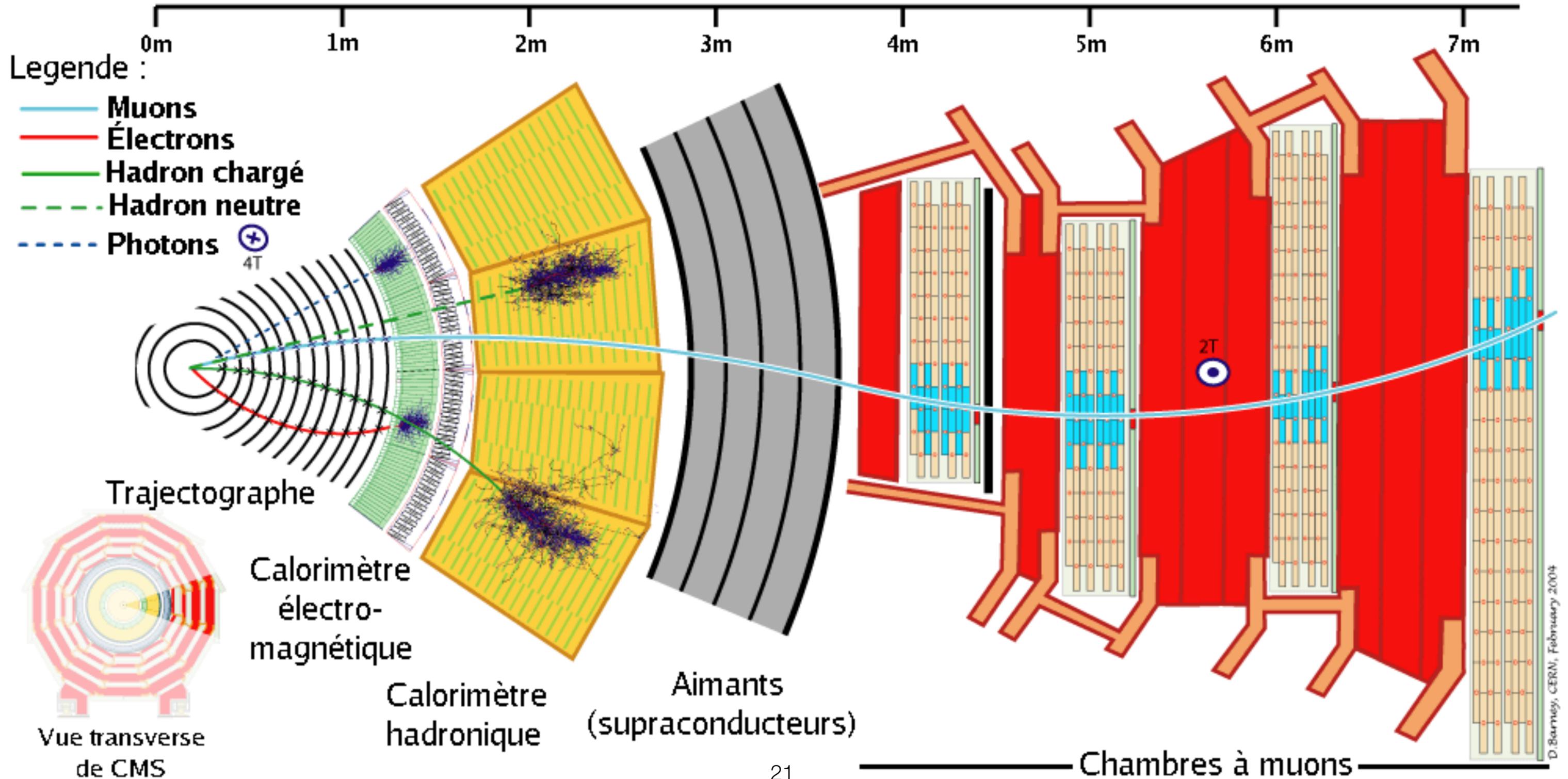


Les particules hadroniques

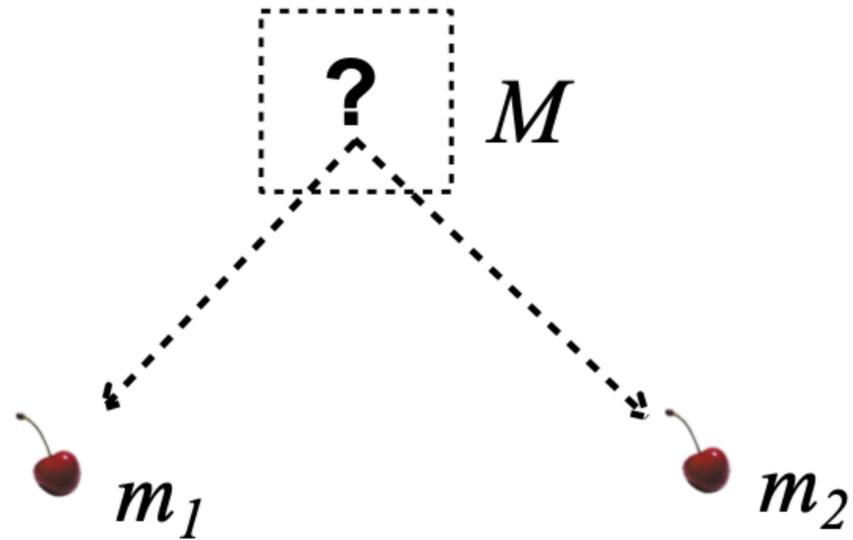
- Contiennent des quarks (ex: proton, neutron, pion, ...)
- Subissent l'interaction forte
- Plus lourdes que les particules électromagnétiques (electron, photon)
- Un quark ou un gluon ne peut pas « exister » tout seul, s'il est produit seul, il « s'habille » avec d'autres quarks
 - cela produit des « jets » dans le détecteur



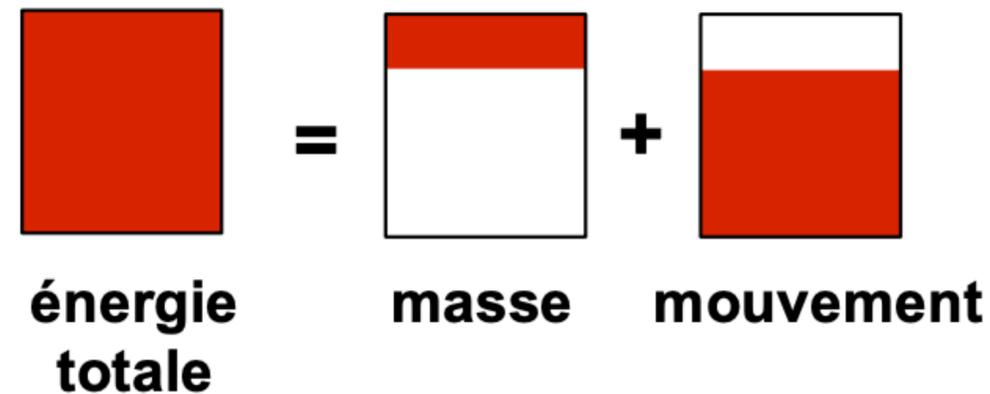
Résumé



Comment retrouver la particule de départ ?



$$M > m_1 + m_2$$

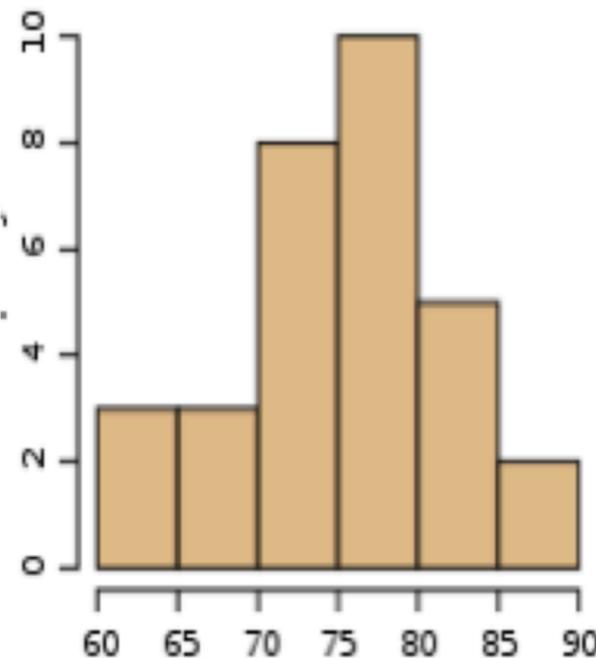


Pour reconstruire la masse des particules désintégrées, il faut mesurer l'énergie et la masse de toutes les particules produites lors de la collision

Histogrammes et mesures

- Une mesure est **toujours** entachée d'incertitude :

- **Précision** de l'instrument de mesure
- **Calibration** de l'instrument
- **Erreur de manipulation**
- **Fluctuations statistiques**



Masse [GeV]

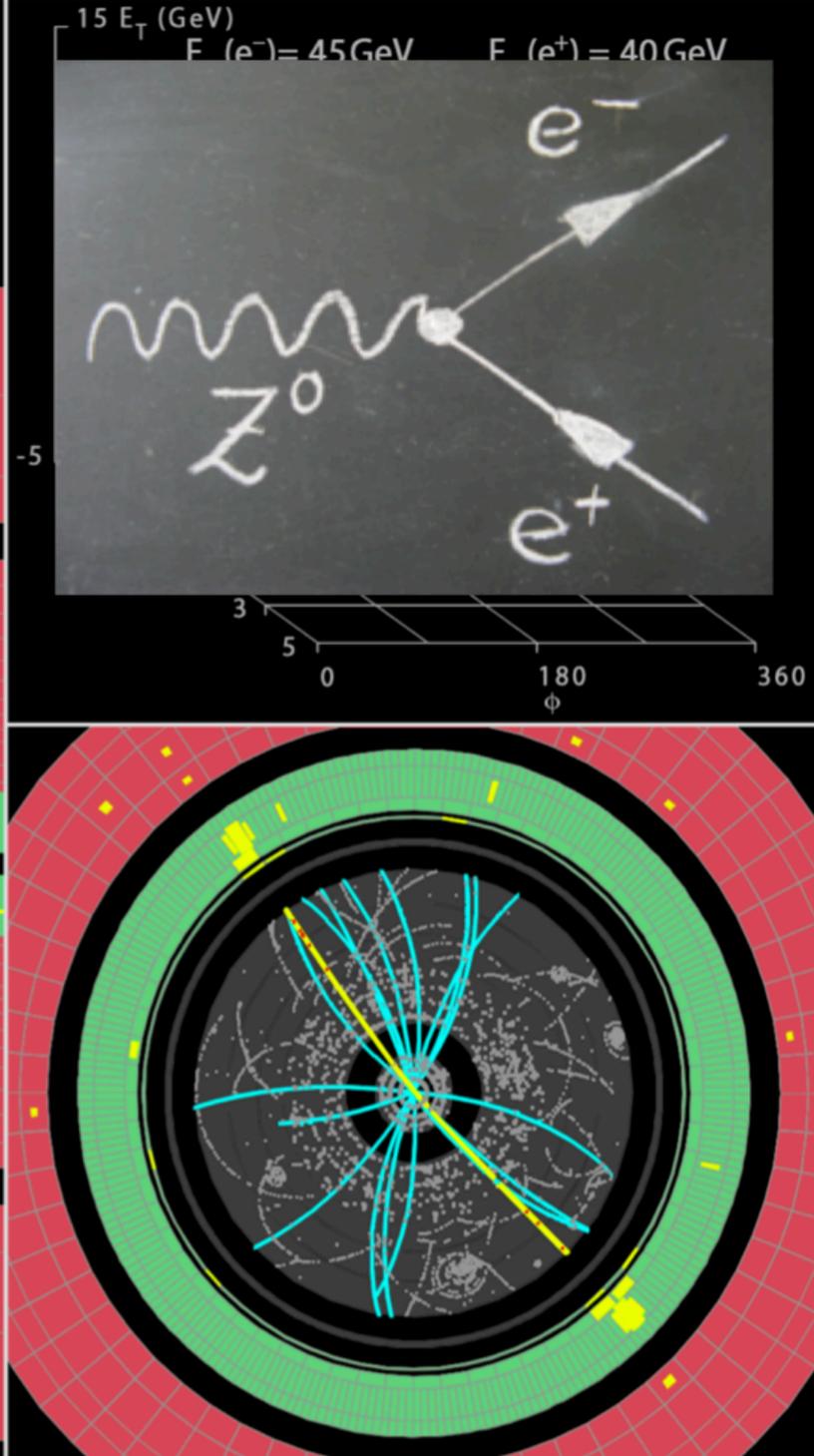
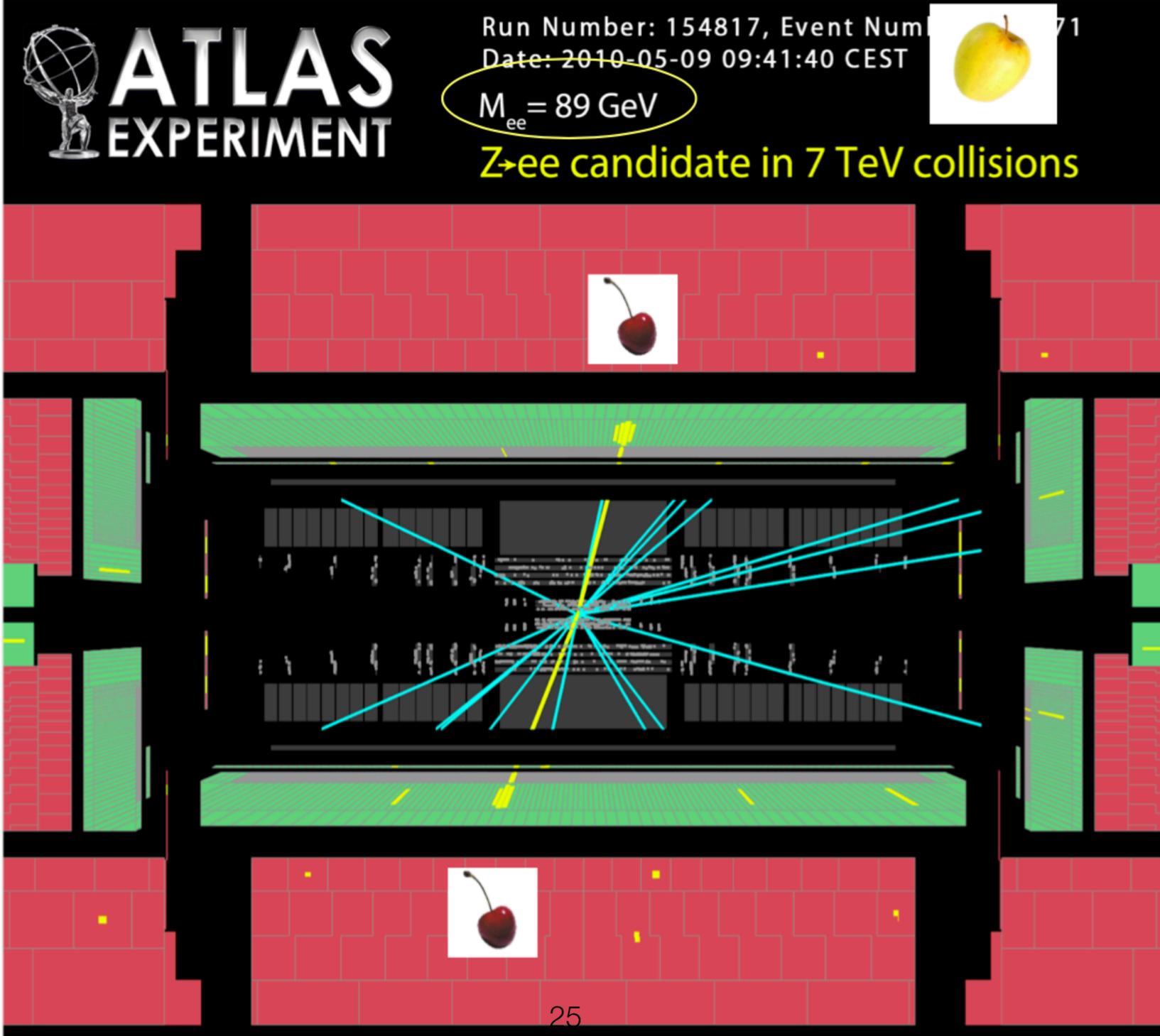
- Pour **limiter** ces erreurs, il faut :

- **Faire un grand nombre de mesures**
- Utiliser des **objets connus** pour calibrer notre instrument
- Si possible, réaliser la même mesure plusieurs fois avec des **instruments différents**

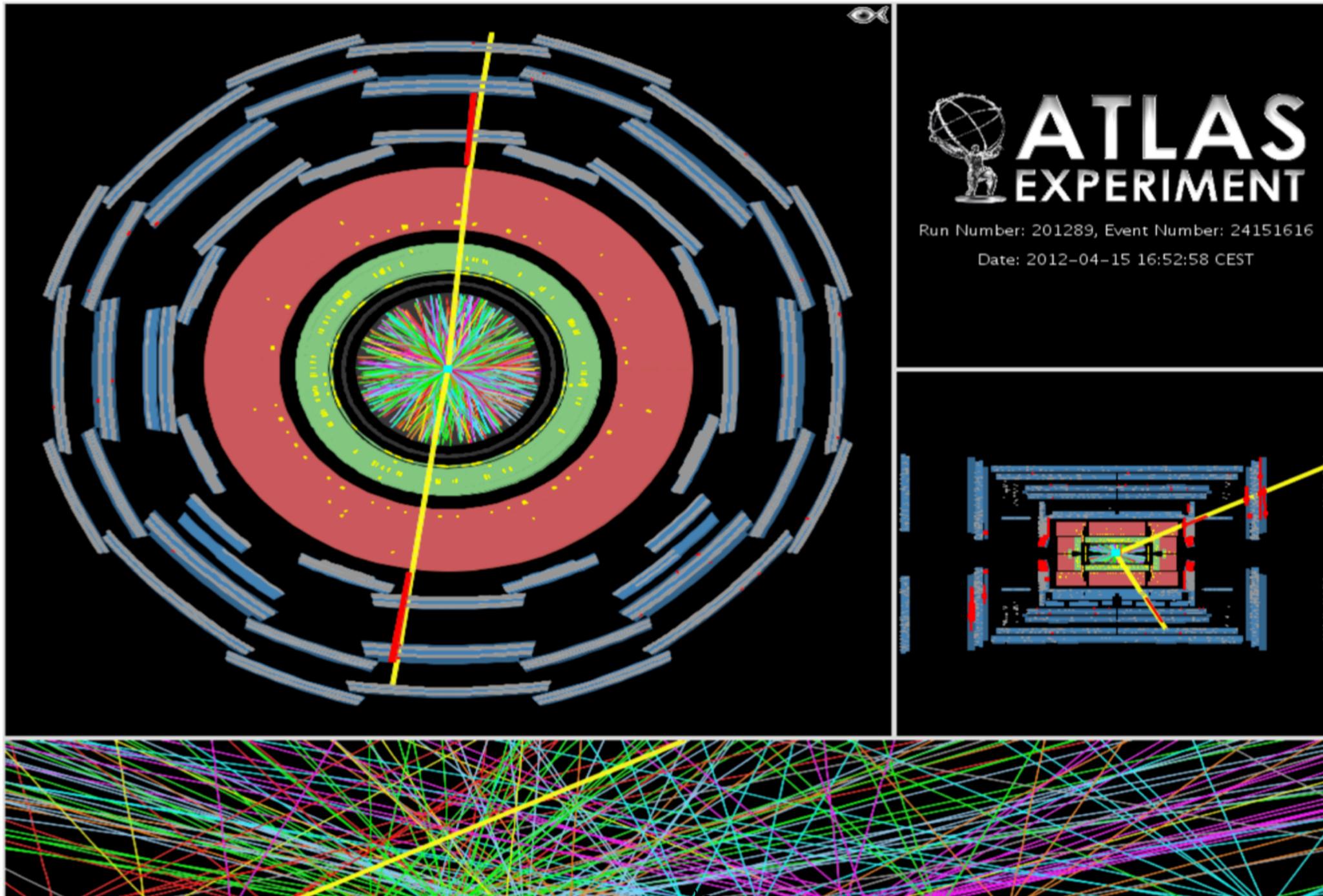
A vous de jouer !

Electrons

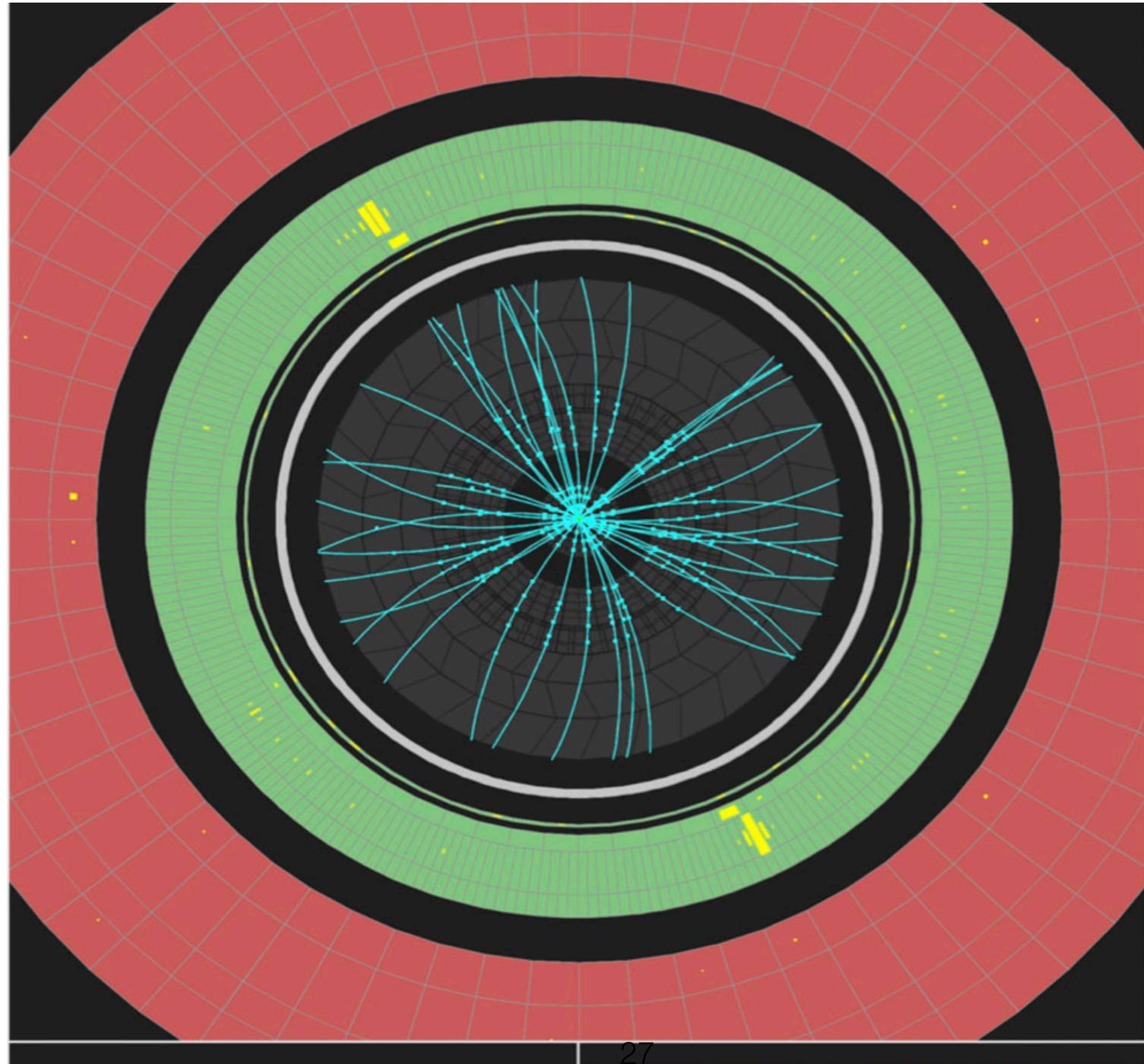
- Le boson Z (comme beaucoup d'autres particules), est très instable et se désintègre très rapidement.
- Seuls les produits de sa désintégration seront visibles dans notre détecteur



Muons



Photons



Jets

