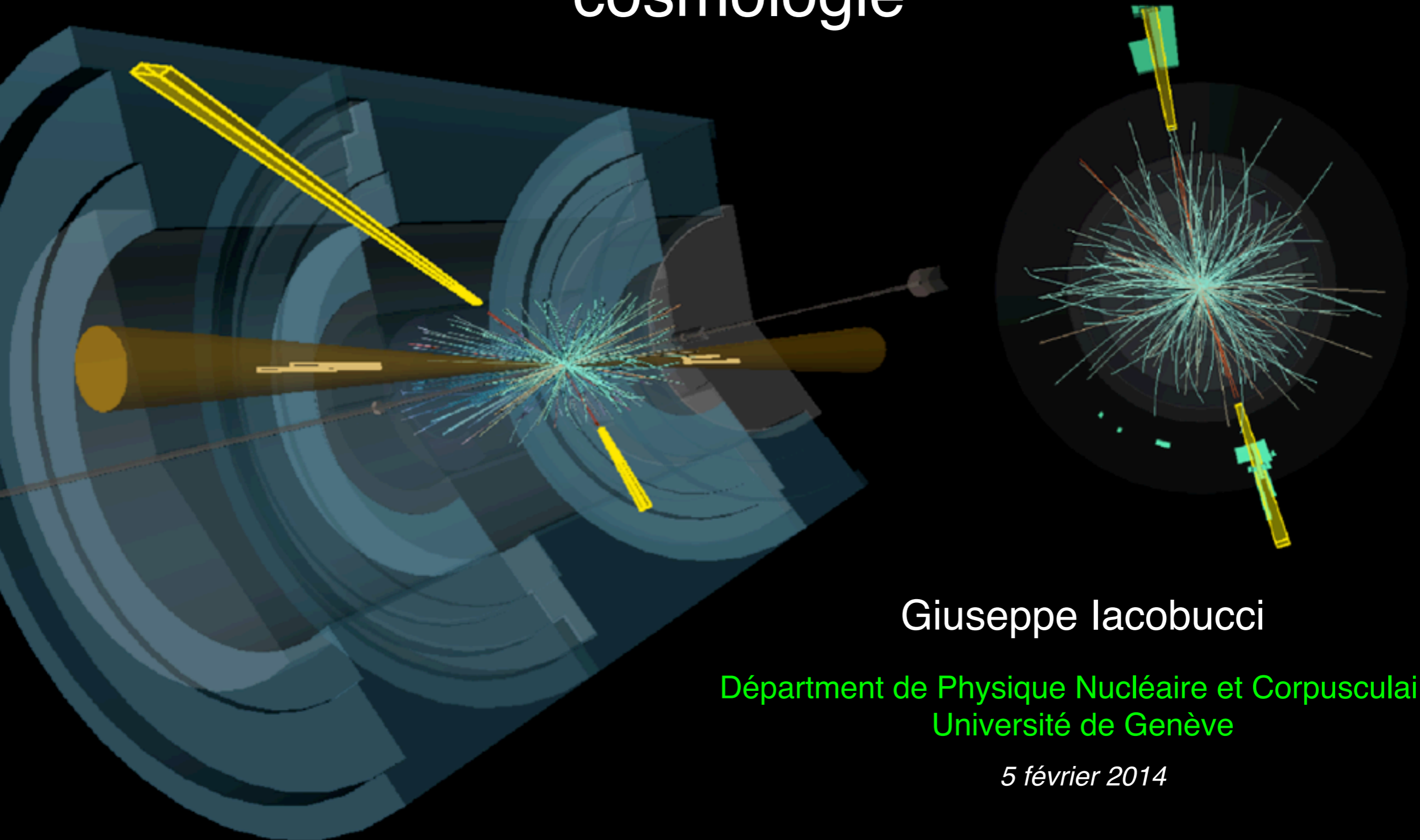


Au-delà du boson de Higgs: les expériences du CERN rejoignent la cosmologie



Giuseppe Iacobucci

Département de Physique Nucléaire et Corpusculaire
Université de Genève

5 février 2014

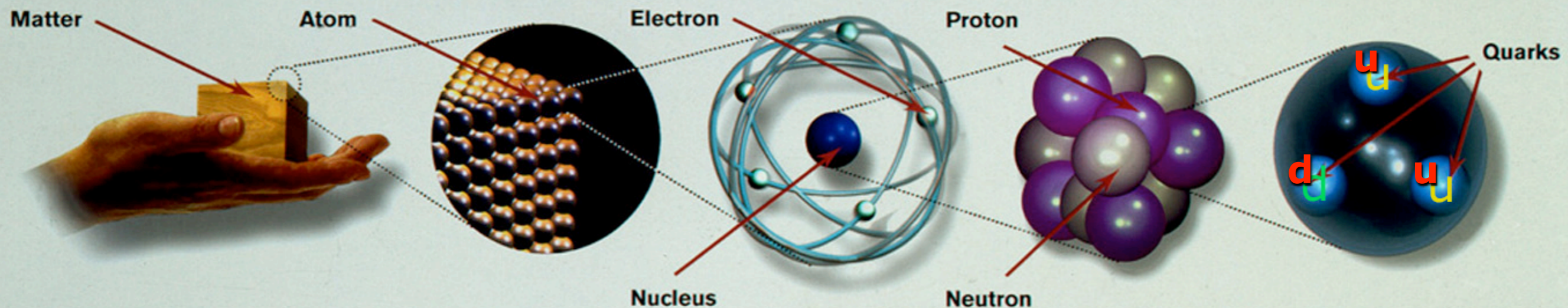
$$E = mc^2$$

$$m = m_0 \gamma$$


masse
au repos

Le réductionnisme en science

Conception épistémologique visant à réduire la nature complexe des choses à une somme de **principes fondamentaux**.



**Les seules particules fondamentales
ici sont les électrons et les quarks**

Tableau périodique des éléments chimiques

The image shows a standard periodic table of elements. A legend in the upper left corner provides details for Carbon (C):

- SYMBOLE : C
- NOM DE L'ÉLÉMENT : CARBONE
- NUMÉRO ATOMIQUE : 6
- MASSE ATOMIQUE : 12,0107
- GROUPE : 14 (IUPAC) - IVA (CAS)
- PÉRIODE : 2

Below this, it lists mass rules:

- MASSES ATOMIQUES DES ISOTOPES LES PLUS STABLES ENTRE ACCOLADES
- MASSES ATOMIQUES DONNÉES À 6 CHIFFRES SIGNIFICATIFS

The legend also categorizes elements by color:

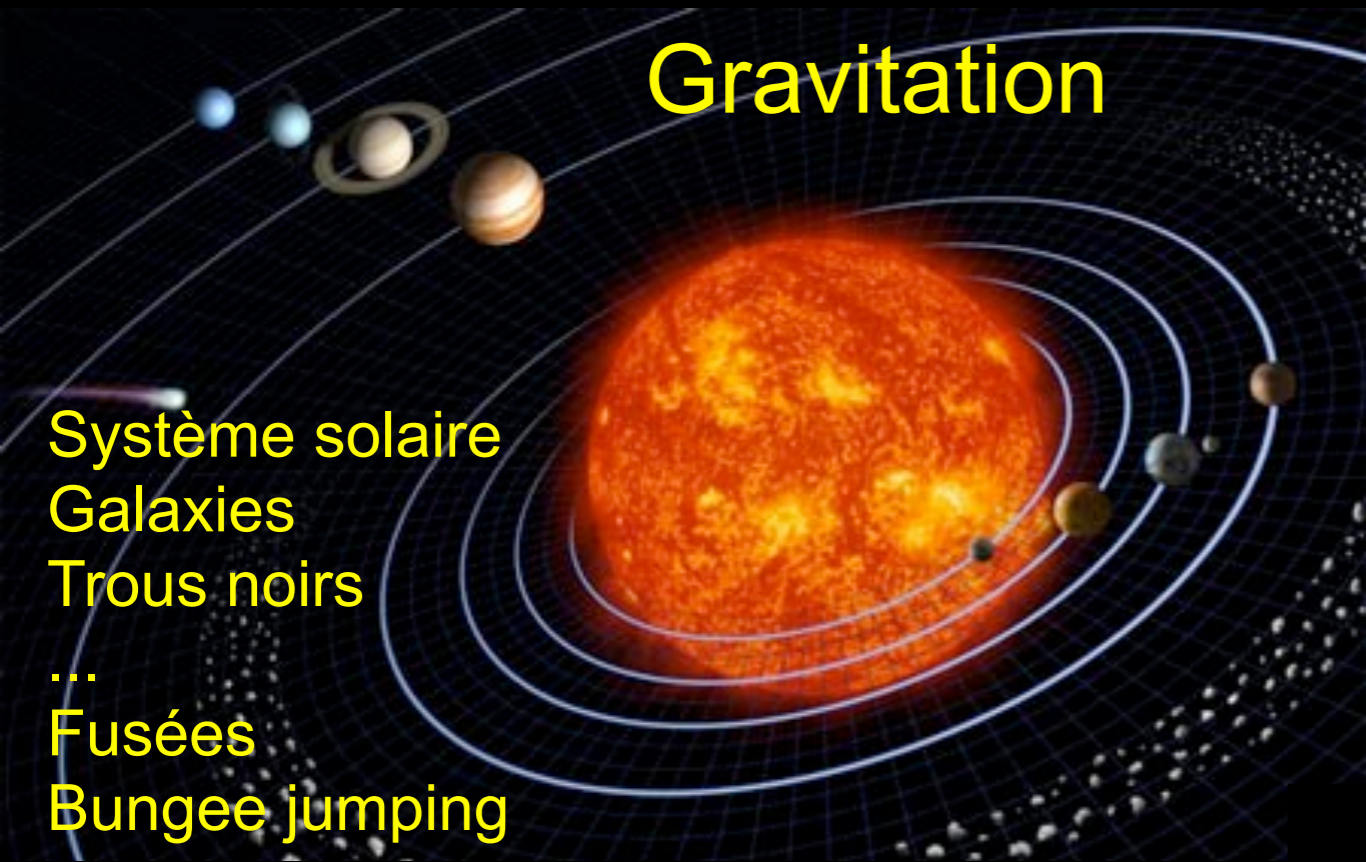
- NON MÉTAUX (Green)
- MÉTALLOÏDES (Red)
- MÉTAUX ALCALINS (Blue)
- HALOGÈNES (Yellow)
- MÉTAUX ALCALINO-TERREUX (Orange)
- GAZ NOBLES (Light Blue)
- MÉTAUX DE TRANSITION (Purple)
- LANTHANOÏDES (Dark Purple)
- MÉTAUX PAUVRES (Light Green)

A large, bold, black text overlay with a yellow glow reads: **trop d'éléments de base pour que la chimie puisse être une théorie fondamentale**

Les quatre forces fondamentales de la nature

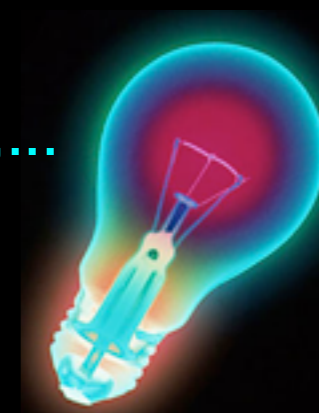
Gravitation

Système solaire
Galaxies
Trous noirs
...
Fusées
Bungee jumping



Électromagnétisme

Appareils électriques
Aimants
Lumière !
Rayons-X, radio, ...
Téléphones
Atome
...
Tout



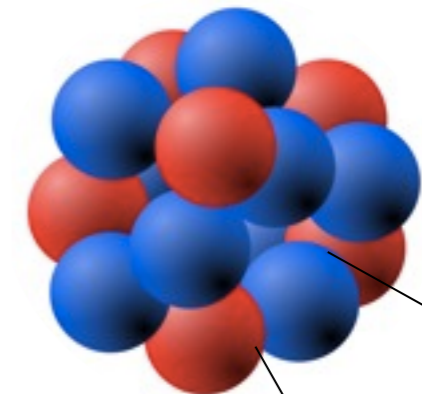
Force nucléaire Faible

Radioactivité
Énergie nucléaire

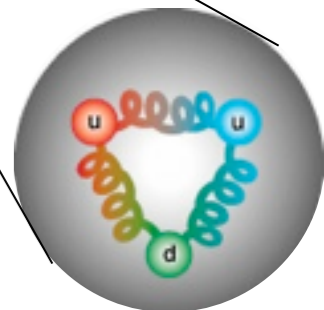


Force nucléaire Forte

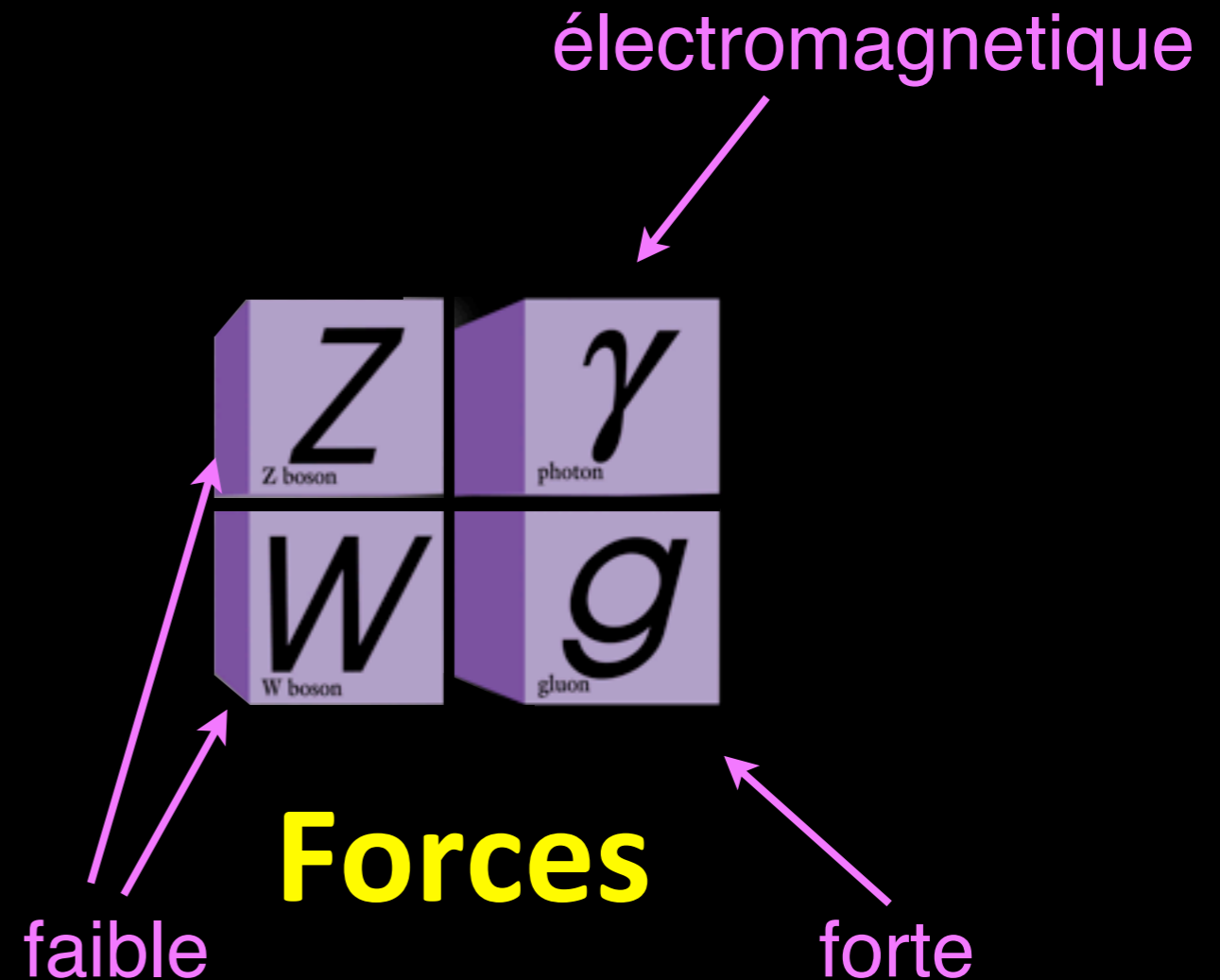
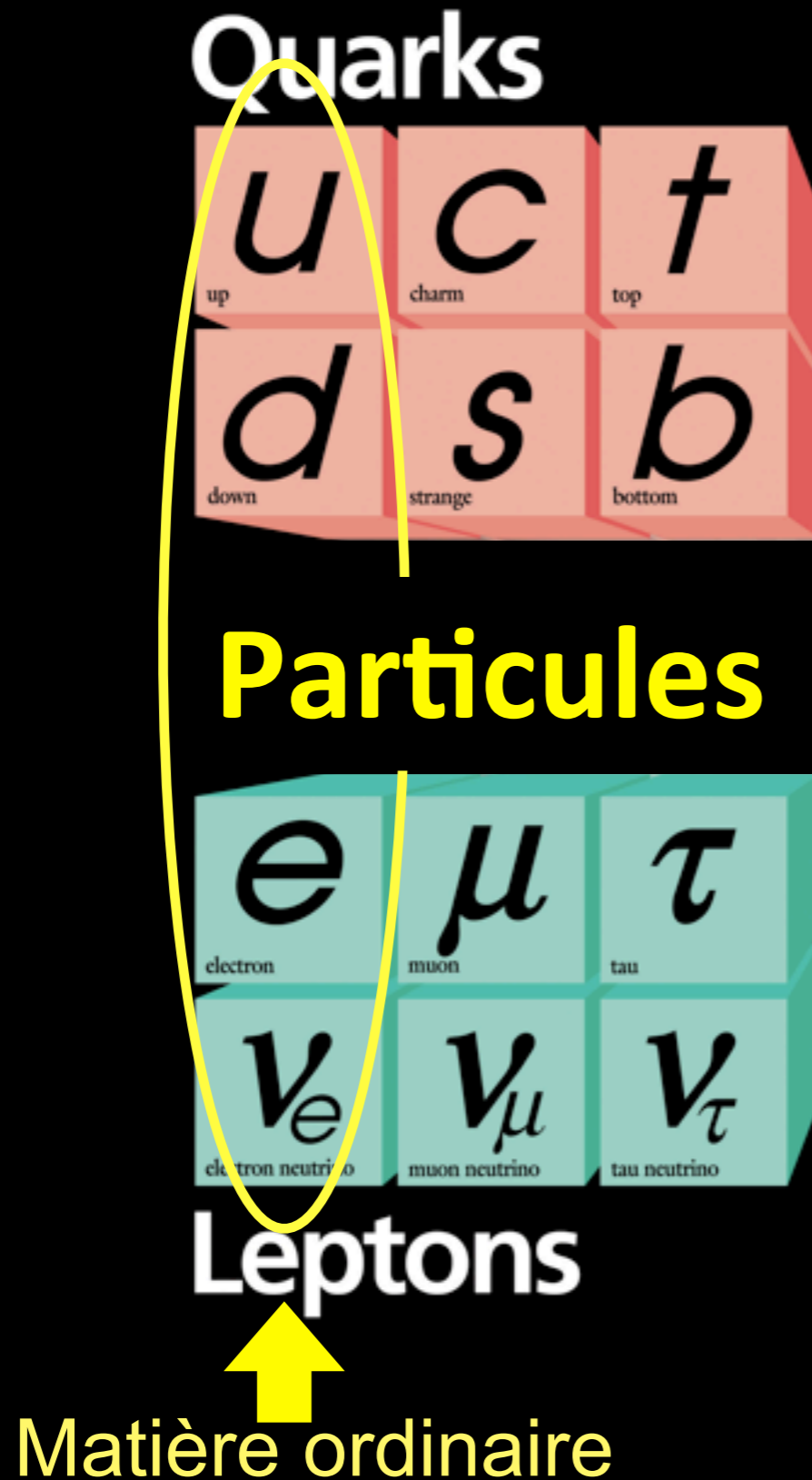
Tient ensemble
les protons et
les neutrons
dans les noyaux
et



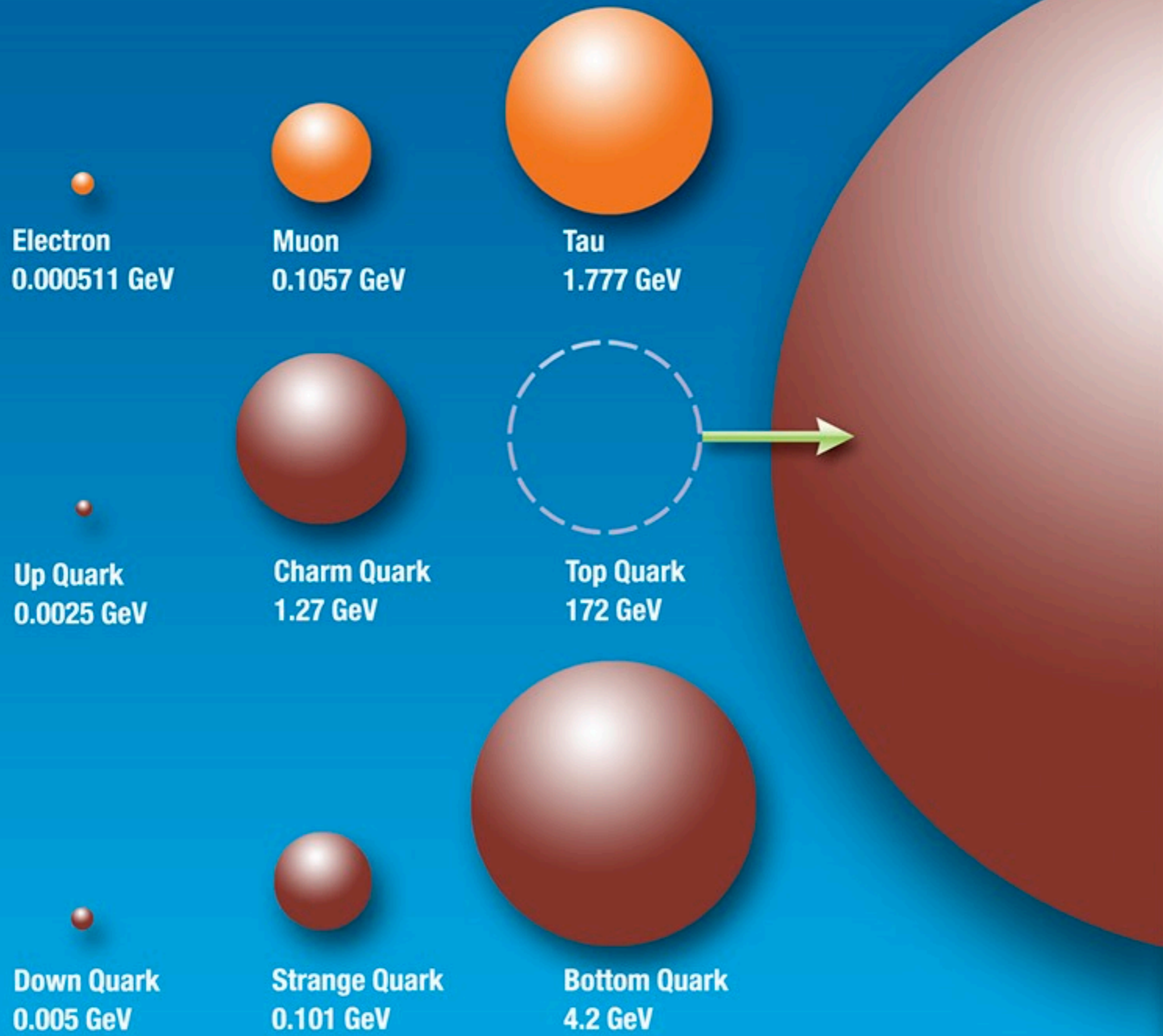
les quarks à
l'intérieur des
protons et neutrons



Le **Modèle Standard** de la physique des particules: le nouveau "tableau périodique" des éléments fondamentaux



dans le Modèle Standard
ils sont tous sans masse



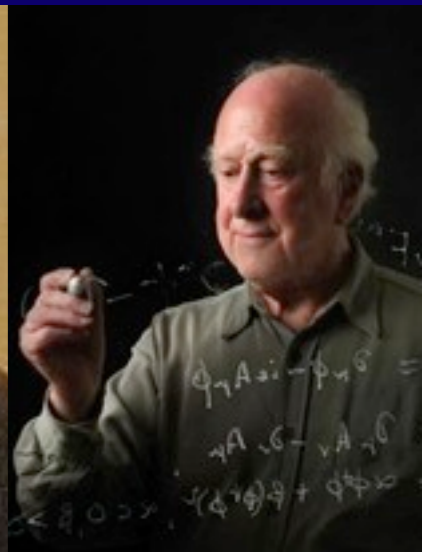
Masse? Quelle masse?

Le Modèle Standard ne prédit que des particules sans masse:

- ▶ Quelle est l'origine des **masses des quarks et leptons** ???
 - ▶ En outre, la théorie quantique des champs ne semble pas vouloir des **porteurs de force avec masse**.
- ➔ On a besoin d'un **mécanisme** pour produire les masses.

Modifier le Modèle Standard

En 1964, plusieurs théoriciens proposèrent un mécanisme pour expliquer comment les particules élémentaires peuvent acquérir une masse.



Tom Kibble, Gerald Guralnik, Carl Hagen, François Englert, Robert Brout et Peter Higgs

Imaginez:

que l'Univers est rempli d'un champ qui ralentit les particules;
ce serait le «champ de Higgs»

Pour générer la masse il faut:

1. Un outil mathématique

Le mécanisme de Brout-Englert-Higgs:

→ W^\pm et Z acquièrent une masse, mais pas le photon

2. Une entité physique réelle, correspondante à ce mécanisme

Le champ de Higgs

→ qui **remplit tout l'espace** et apparaît quelques instants après le Big Bang

3. La matérialisation de tout cela

Le Boson de Higgs

→ Une "excitation" du champ de Higgs

Le champ de Higgs: une analogie

Courir sur une plage;

- léger et libre comme l'air

Ou

courir les pieds dans l'eau:

- impression de lourdeur, d'être massif



Le vide est rempli par une “condensat” de bosons de Higgs.

Avec le champ de Higgs

c'est comme si l'espace devenait visqueux

... sans perdre d'énergie (contrairement à un milieu visqueux)

A

espace vide, sans champ de Higgs

B



espace avec champ de Higgs



© Pauline Gagnon

A

B

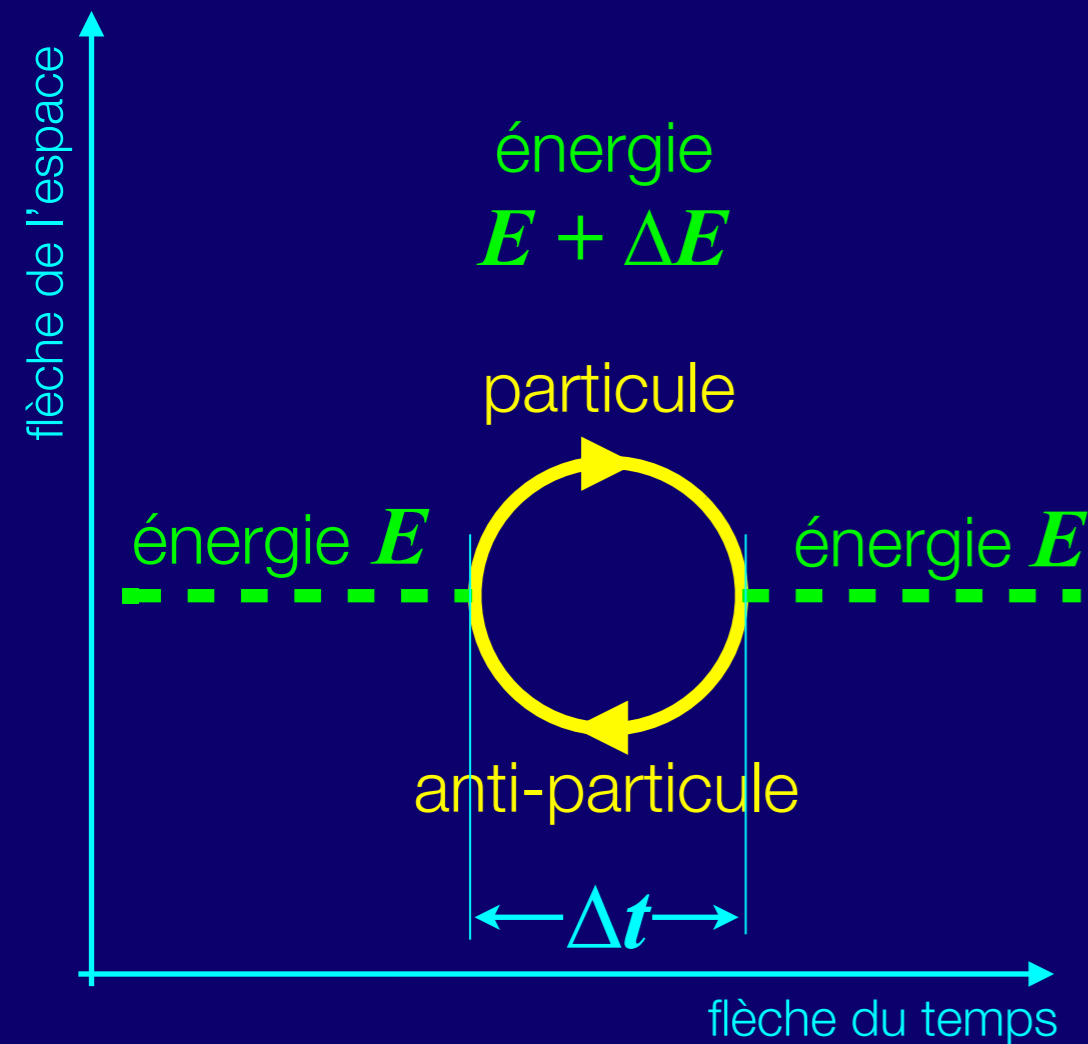
Le vide est rempli par “la substance” de Higgs et les particules élémentaires, tout en voyageant à travers ce «vide», sont constamment en collision avec les bosons de Higgs ⇒ elles sont ralenties
⇒ acquièrent une masse

Mais: qu'est qu'il dit ce Monsieur ??

1. **Le vide** est rempli par “**la substance**” de Higgs ??
2. **La masse** des particules élémentaires est donnée par les interactions du champ de Higgs avec les particules elles mêmes ??

Rappelons-nous ce qu'est:

le vide dans la théorie quantique



Des paires virtuelles particule-antiparticule sont produites à partir du néant, à condition qu'elles respectent

l'inégalité de Heisenberg:

$$\Delta E \cdot \Delta t < \hbar$$

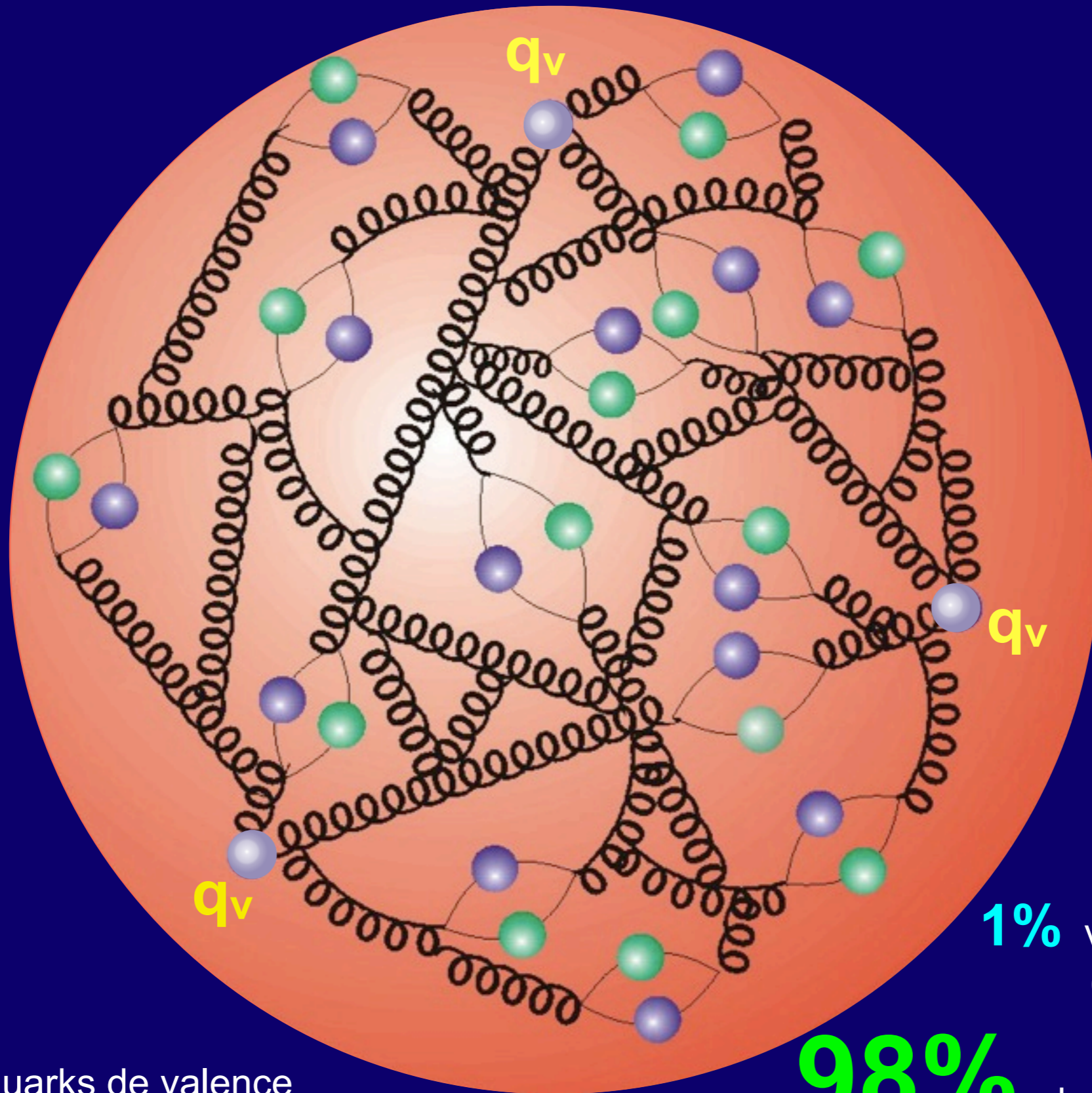
“fluctuation du vide”
d'énergie ΔE et
pour un temps Δt

... le vide est tout sauf vide!

Mais: qu'est qu'il dit ce Monsieur ??

1. Le vide est rempli par "la substance" de Higgs ??
2. **La masse** des particules élémentaires est donnée par les interactions du champ de Higgs avec les particules elles mêmes ??

D'où vient **la masse du proton**?

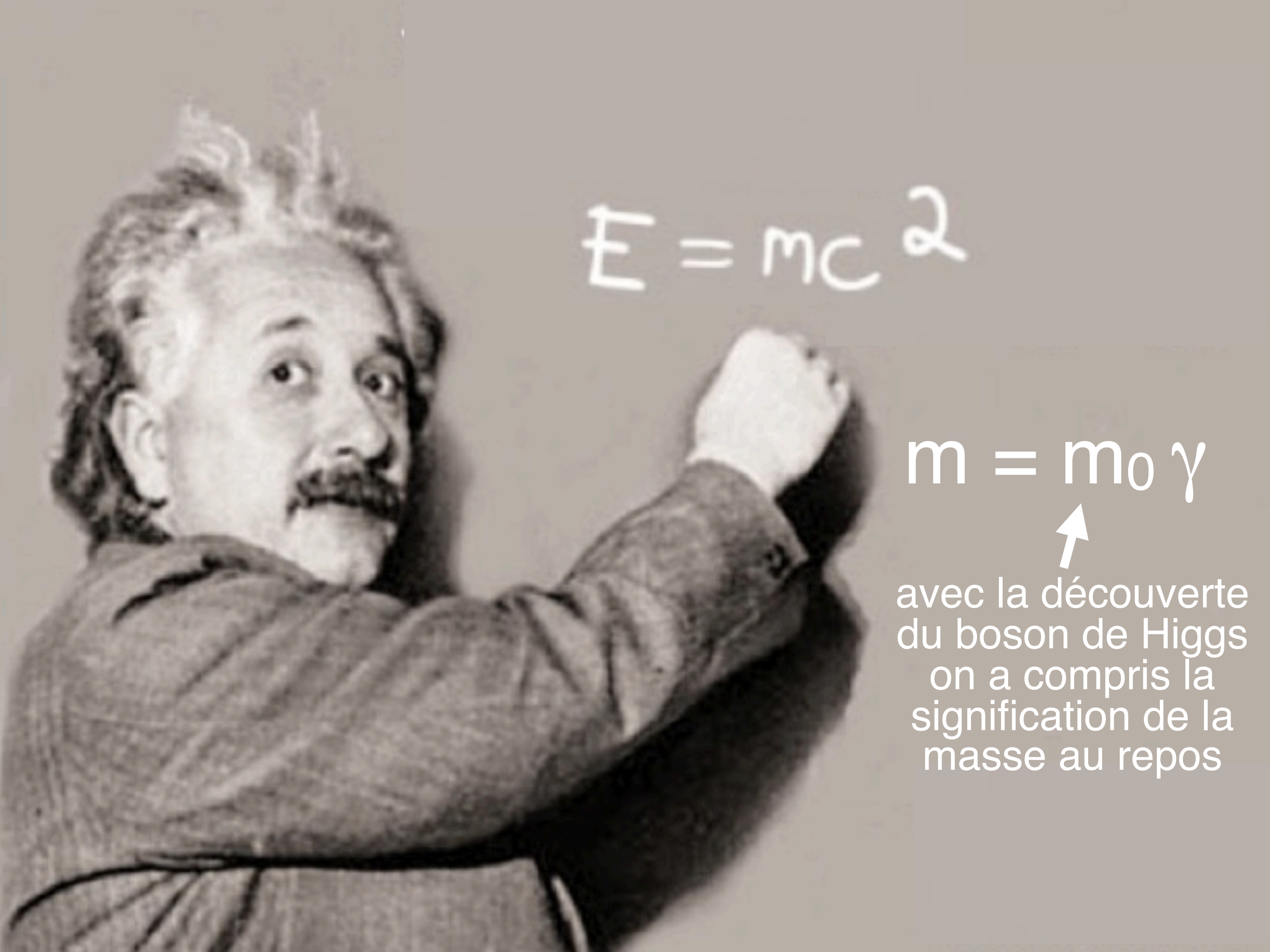


Attention !!!

la masse des 3 quarks de valence est seulement **1%** de la masse du proton

1% viens des interactions électromagnétiques

98% des interactions fortes


$$E = mc^2$$

$$m = m_0 \gamma$$



avec la découverte
du boson de Higgs
on a compris la
signification de la
masse au repos

Pour générer la masse il faut:

1. Un outil mathématique

Le mécanisme de Brout-Englert-Higgs:

→ W^\pm et Z acquièrent une masse, mais pas le photons

2. Une entité physique réelle, correspondant à ce mécanisme

Le champ de Higgs

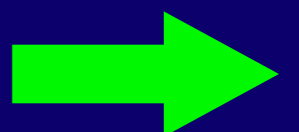
→ qui remplit tout l'espace et apparait quelques instants après le Big Bang

3. La matérialisation de tout cela

Le Boson de Higgs

→ Une "excitation" du champ de Higgs

Pour continuer notre analogie avec la mer



le champ de Higgs



la mer

le boson de Higgs



une vague

Les vagues sont des excitations de la surface de l'océan.

On peut créer des bosons de Higgs en excitant le champ de Higgs

Comment exciter le champ de Higgs?

Il faut concentrer énormément d'énergie en un tout petit point de l'espace – rôle de l'accélérateur





Le LHC
Large Hadron Collider:

anneau de 27 km
dans un tunnel ~ 100 m sous terre
près de Genève

Le LHC: la machine des records



Taille et complexité des expériences et de l'accélérateur:

- l'endroit le plus vide dans le système solaire:
vide très poussé, 10^{-13} atm,
- plus froid que l'espace intersidéral:
le plus grand système cryogénique du monde,
avec 1232 aimants dipôlares supraconducteurs à 1.9°K
- l'endroit le plus chaud de la galaxie: les faisceaux de 7 TeV
génèrent des températures plus élevées que dans le cœur du soleil

Ressources humaines:

- plus de 10'000 physiciens impliqués

Coût:

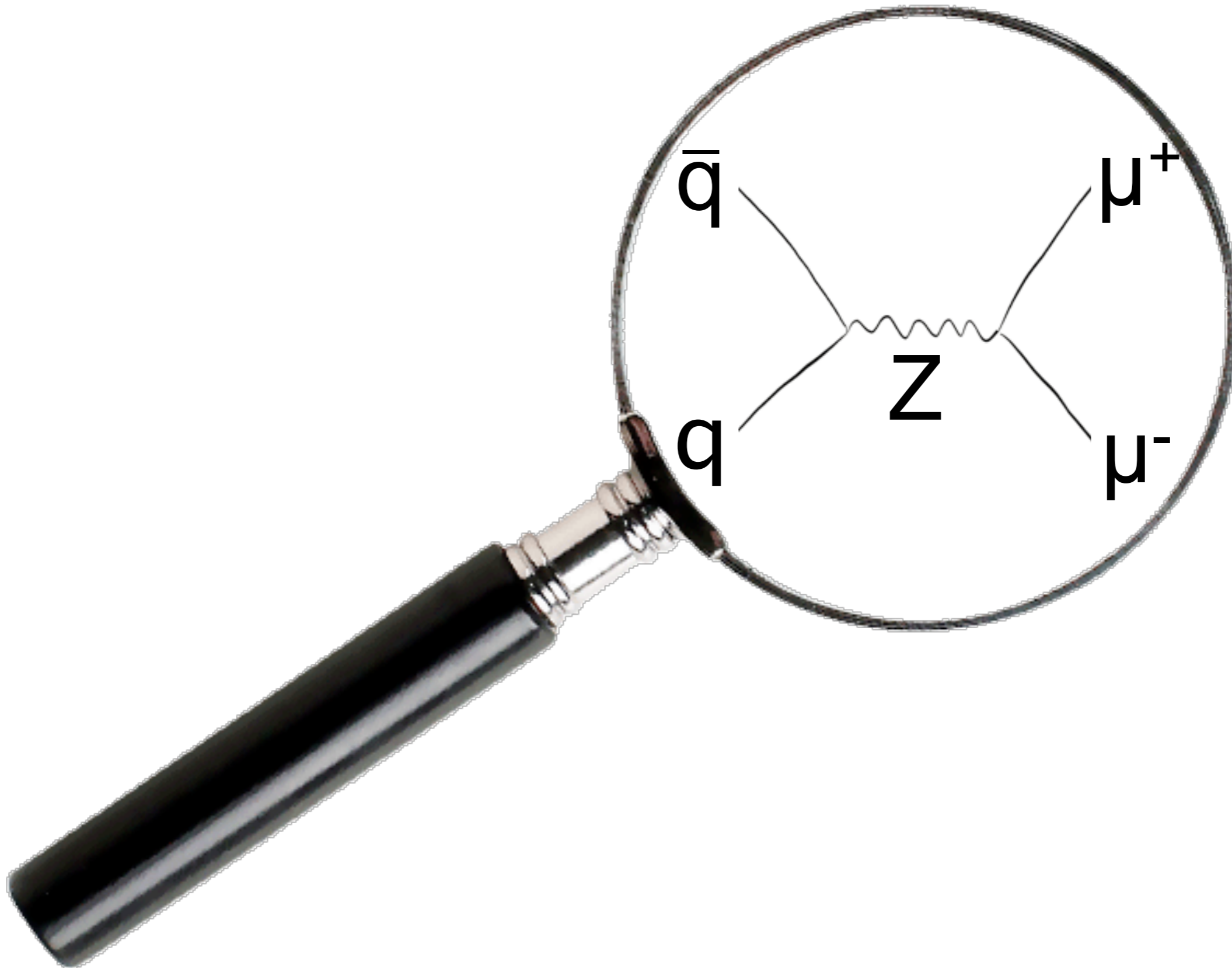
- 6 milliards € (accélérateur + expériences)

Coûts (en milliards d'Euro)

LHC: **6**

- Coûts publicitaires dans le monde (1 semaine): 6
- Jeux Olympiques de Londres 2012: 11
- Chiffre d'affaires annuel de la mafia italienne: 50
- Guerre en Irak: 500
- Sauvetage des banques américaines: 600

Le LHC: une loupe



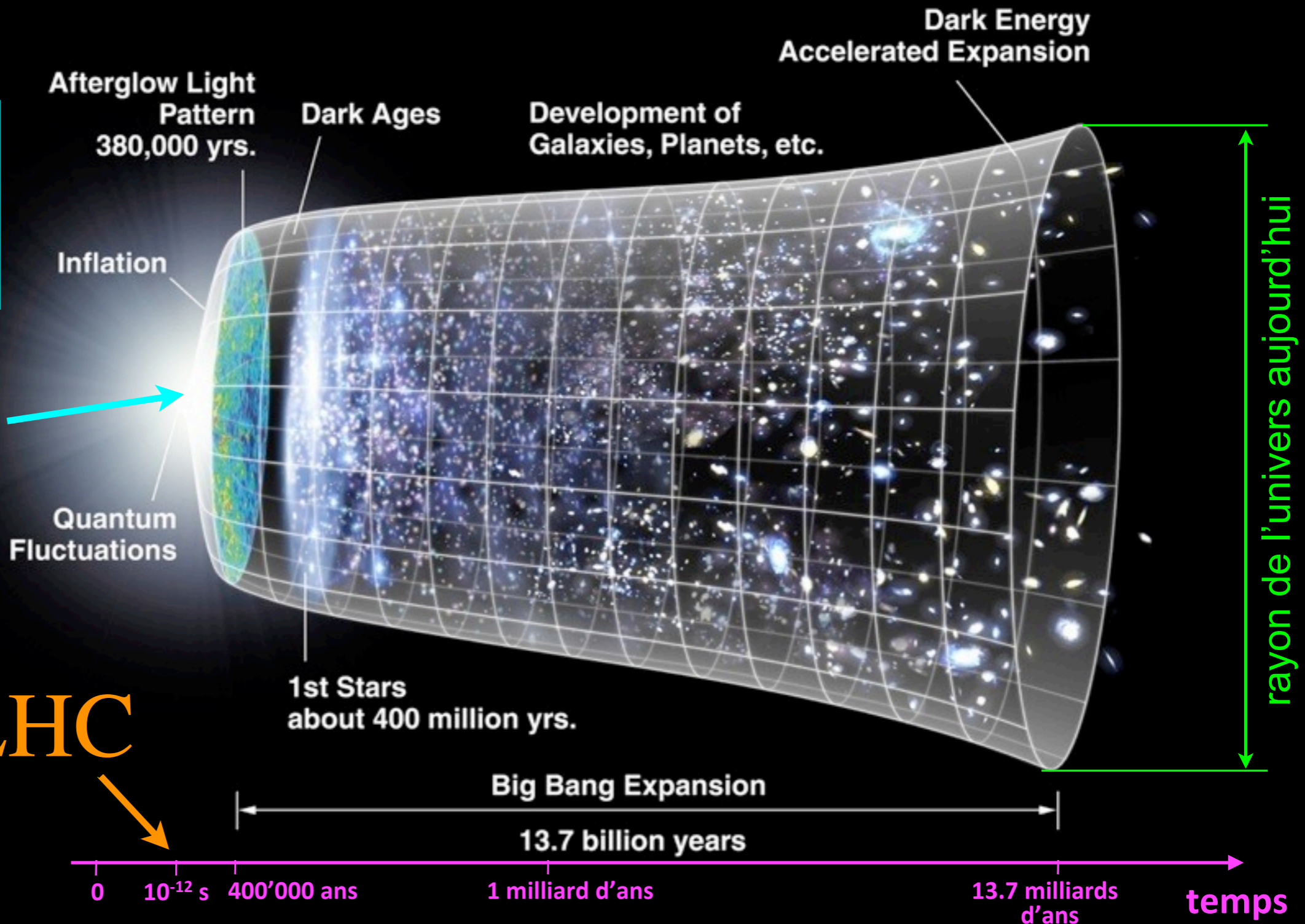
LHC: une machine à voyager dans le temps

plus d'énergie \Rightarrow plus en arrière dans le temps vers le Big Bang

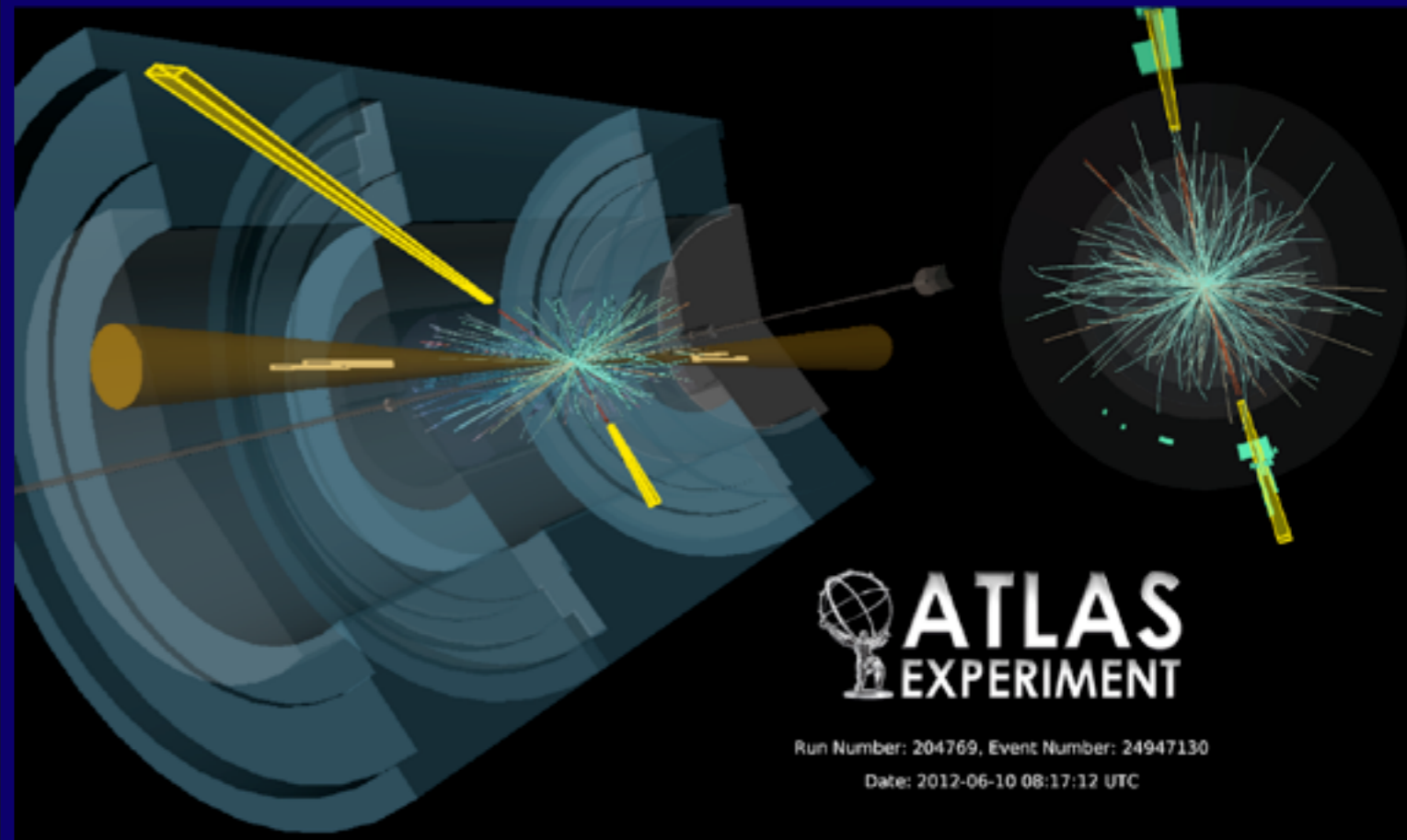
Augmenter l'énergie permet de remonter dans le temps

The Big Bang

LHC



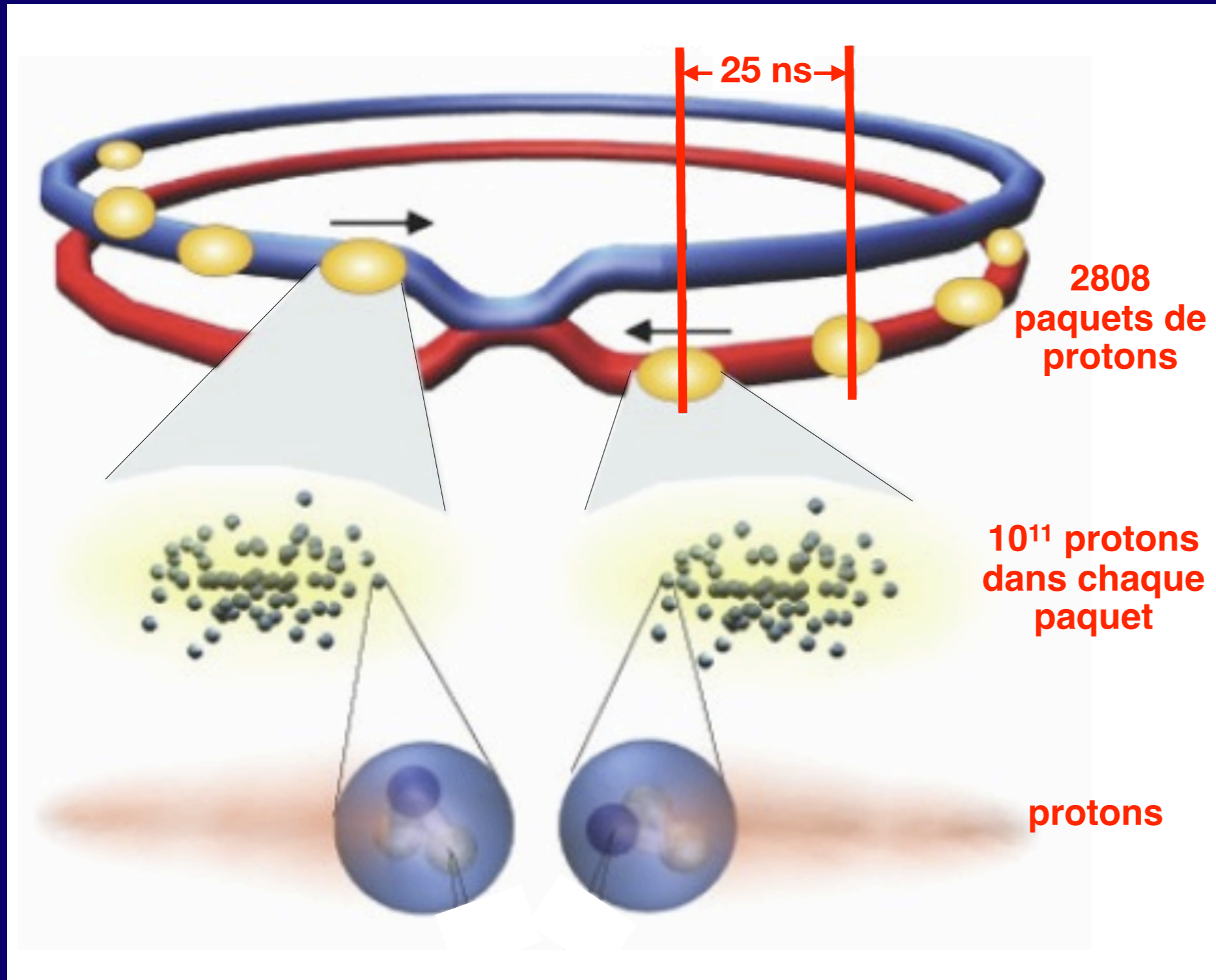
Le «Big Bang» dans le laboratoire



Une fraction de seconde
après le **Big Bang**:
Toutes les particules ont
une grande énergie
(température) et entrent
en collision incontrôlée

Au **LHC**:
nous contrôlons et sélectionnons
les collisions individuelles
(que nous appelons “événements”)
et les enregistrons

Le LHC doit produire **1 milliard** de collisions **par seconde**:



100 événement
par seconde
sont sélectionnés
en ligne et écrits

1 Higgs produit
toutes les mille
milliards de
collisions

chaque proton:
énergie = 7 TeV

7 TeV: un proton de 7 trillion de Volts ?

$7 \times 10^{12} = 7'000'000'000'000'$ Volts



La frontière de l'énergie

Un faisceau de protons de l'LHC: énergie **E = 7 TeV**

- ▶ **1 TeV** correspond à l'énergie cinétique d'**un moustique en vol**
... petite chose, mais:
- ▶ dans l'LHC on a **2808 paquets**, chacun avec **10^{11} protons**:
c'est-à-dire que le faisceau de l'LHC correspond à:
 $7 \times 2808 \times 10^{11} = \mathbf{2'100'000'000'000'000}$ **moustiques en vol**

Le résultat est une **énergie par faisceau de 300 MJ**

300 MJ c'est l'énergie de:

- une moto qui roule à la vitesse de 100 km/h ?
- un camion qui roule à la vitesse de 100 km/h ?
- un porte-avions qui navigue à une vitesse de 10 noeuds ?

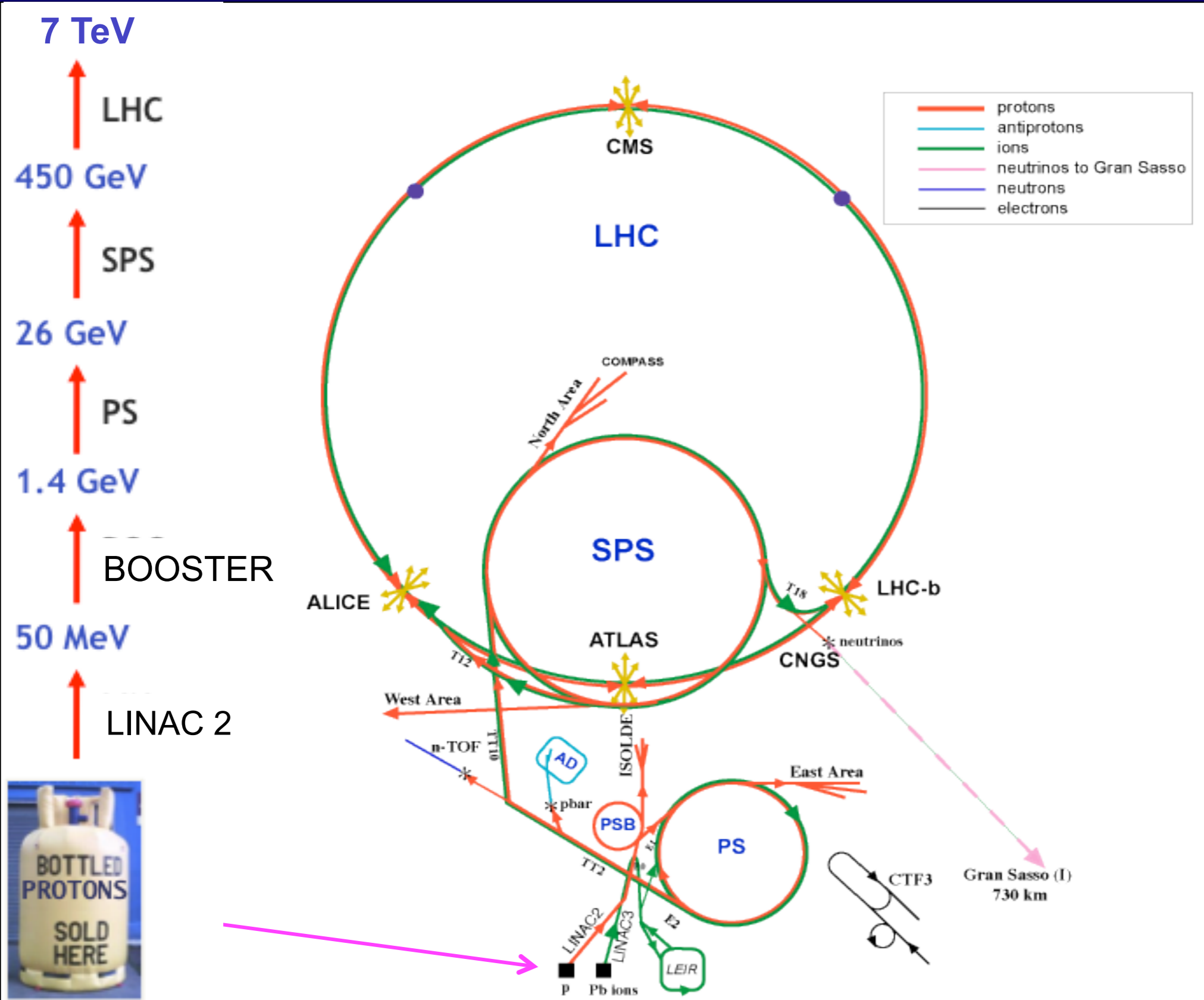
L'énergie cinétique d'un faisceau du LHC:
un porte-avions qui navigue à une vitesse de 10 noeuds

comprimé en une fraction de mm



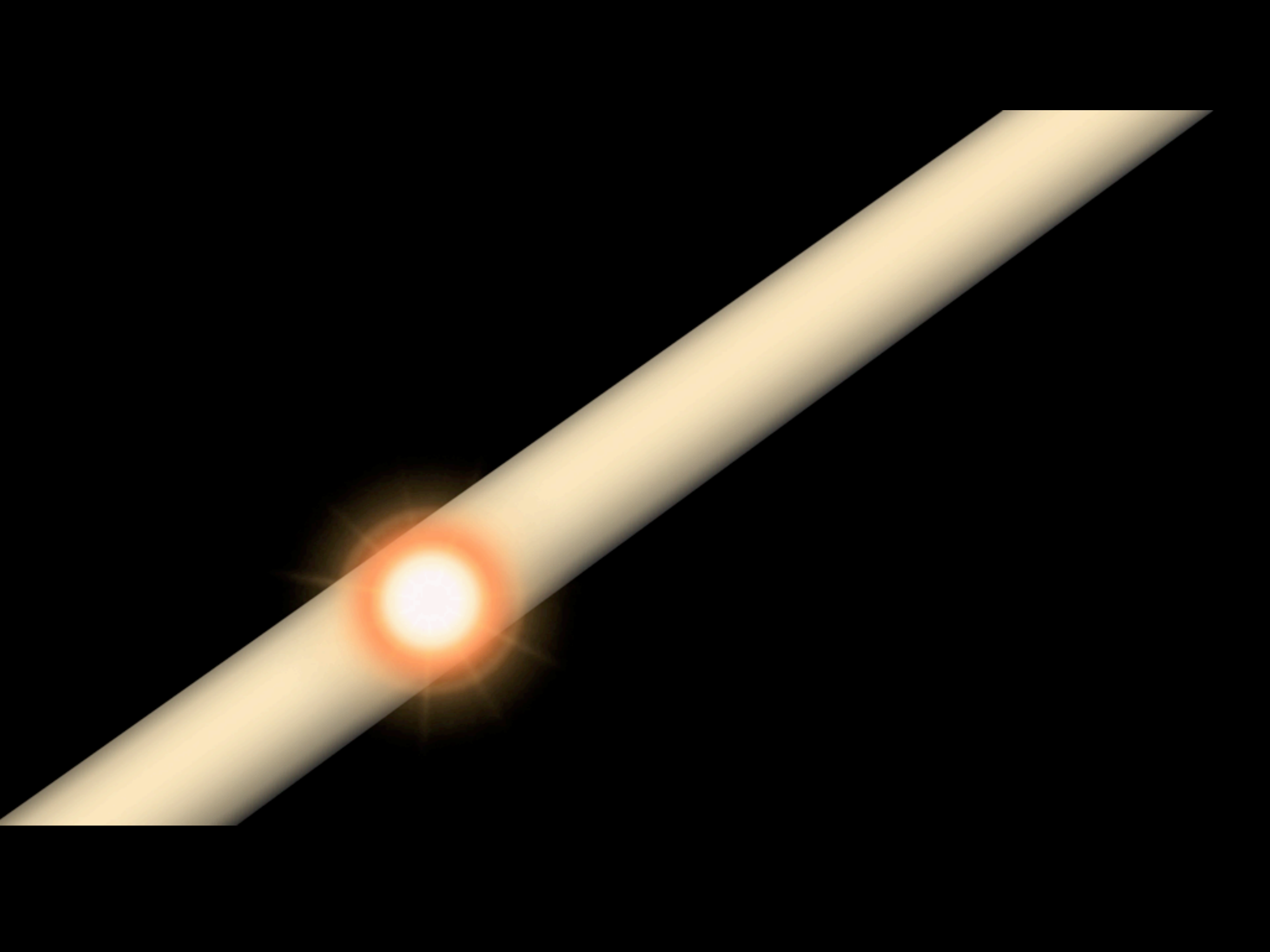
- assez pour faire fondre 500 kg de cuivre, ou
- L'énergie de l'explosion de 60 kg de dynamite

D'une bouteille à un porte-avions



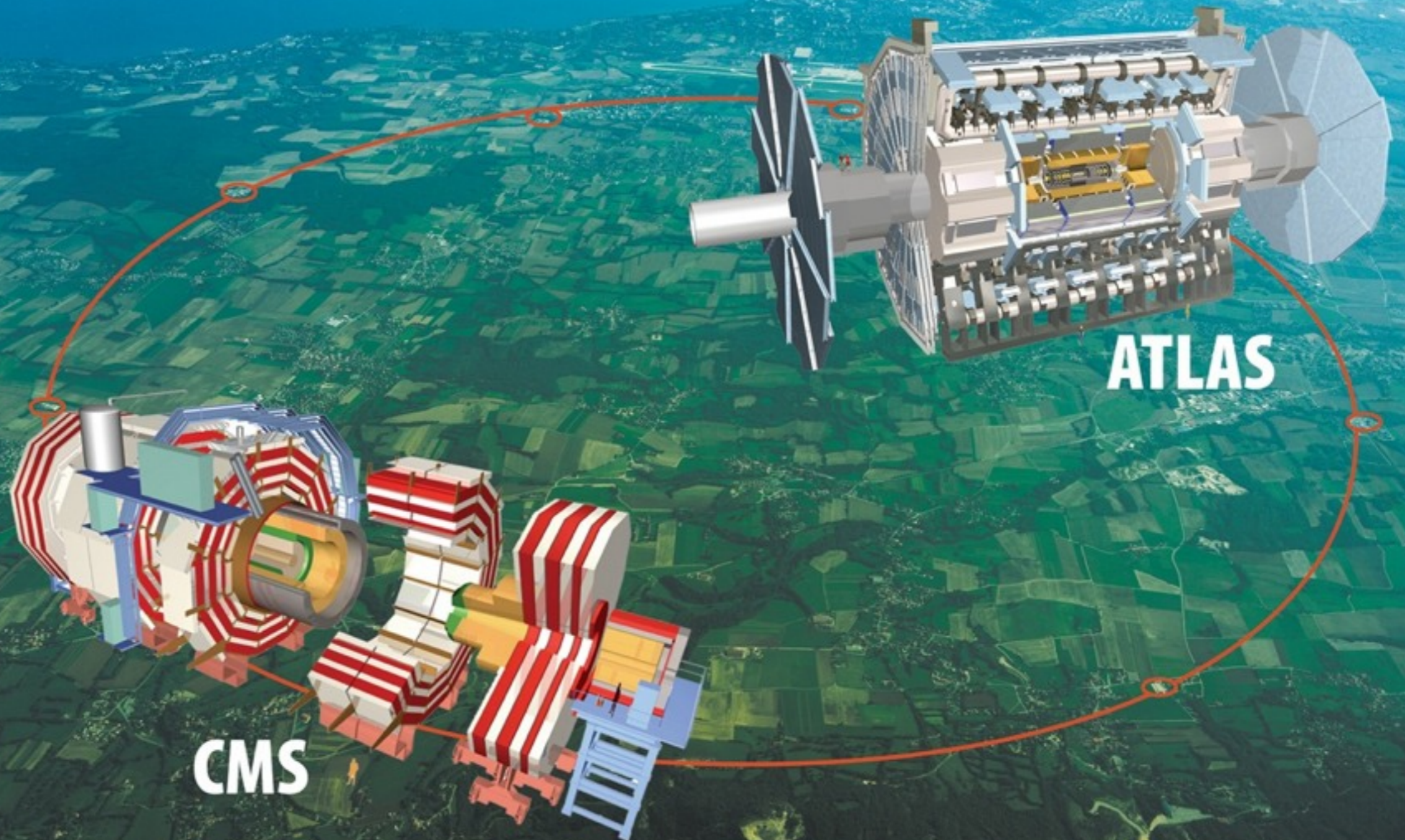
LHC:
une série
d'accélérateurs
linéaires et
circulaires

toute l'histoire du
CERN est utilisée,
à partir des
années '50





Le détecteur ATLAS

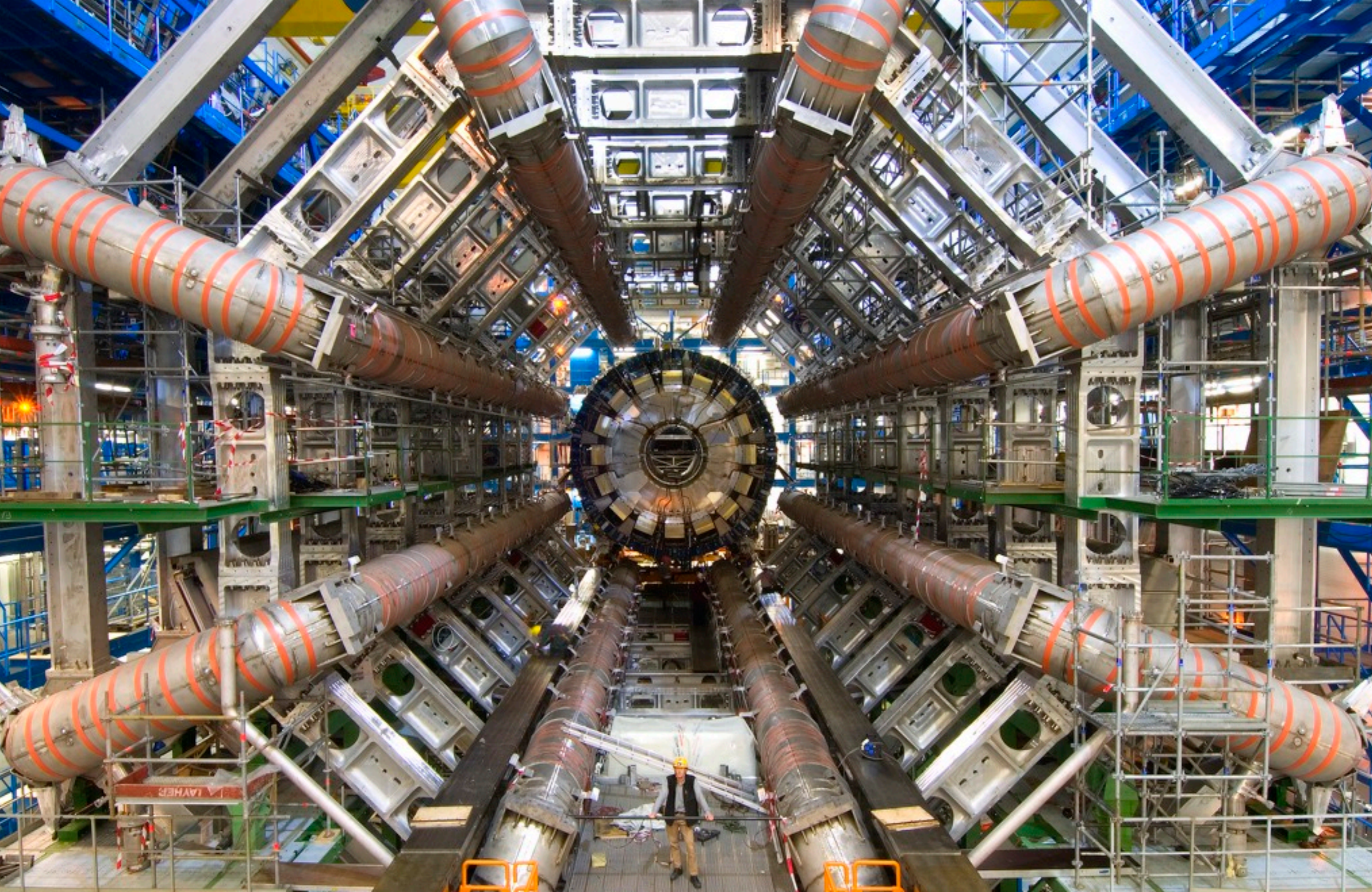


ATLAS

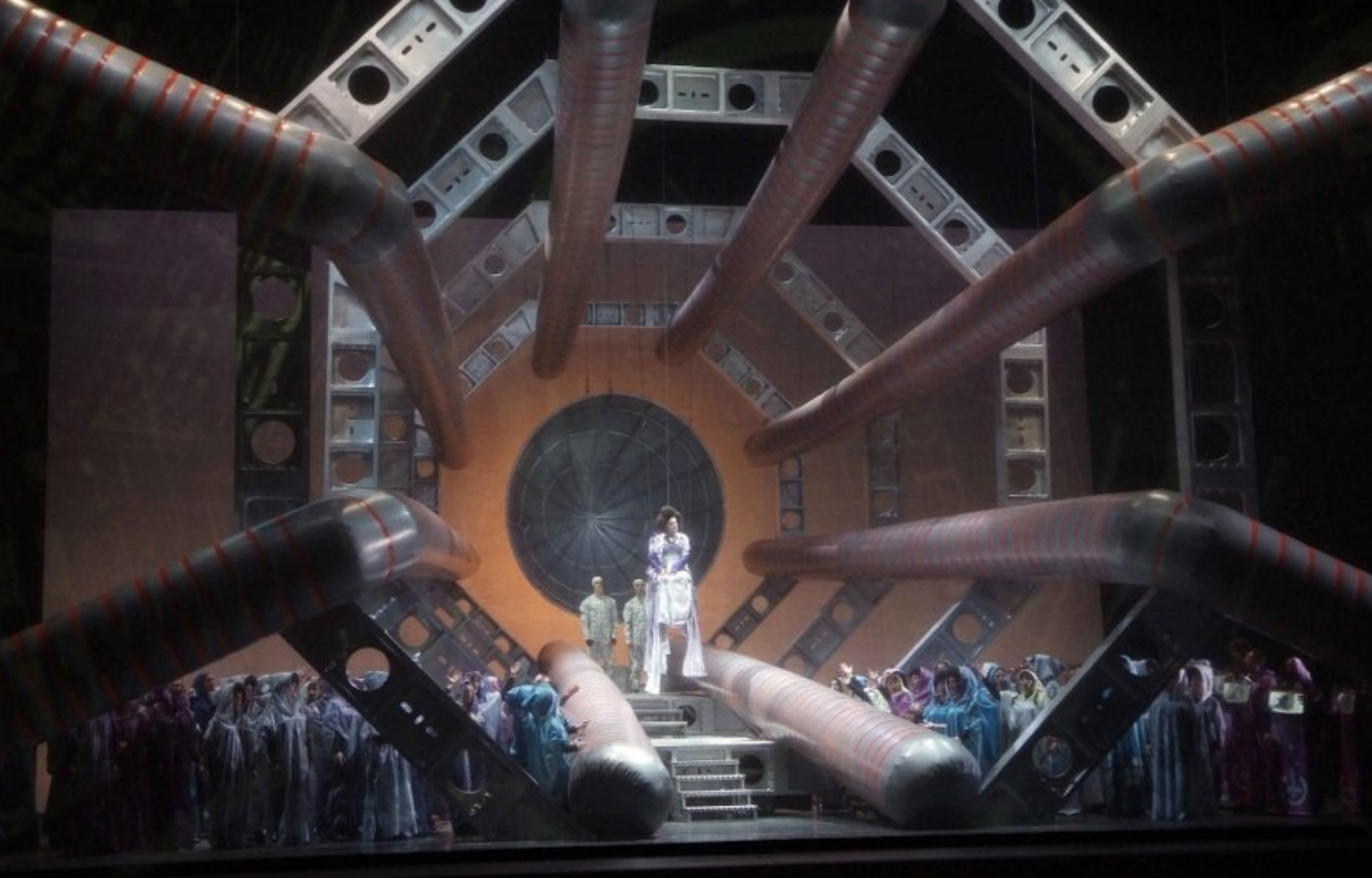
CMS

La caverne d'ATLAS (2002)





ATLAS muon-spectrometer toroids
an inspiring view



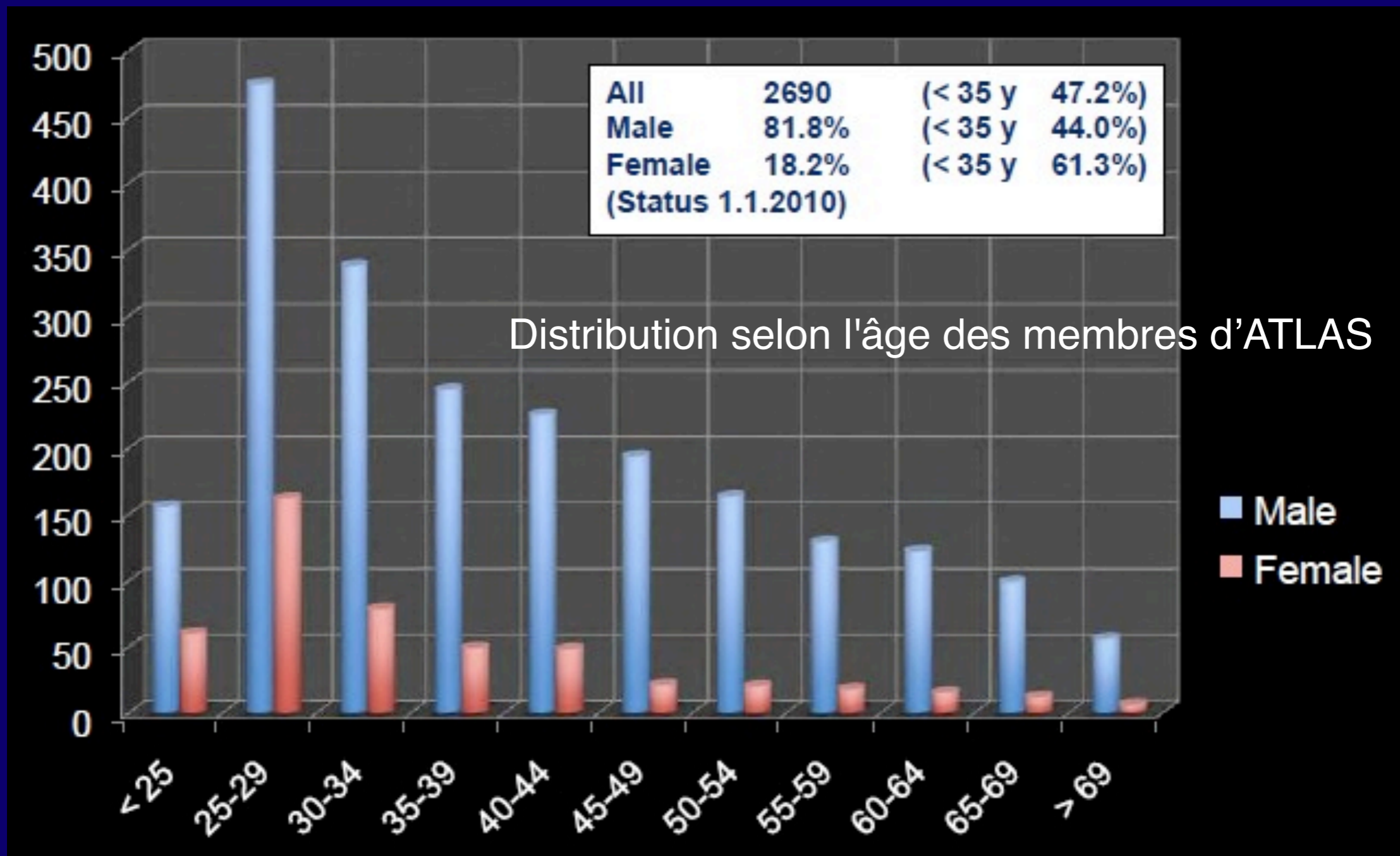
Hector Berlioz, "Les Troyens"
Valencia, Spain, Palau de les Arts Reina Sofia, 2009



Raphael's fresco *School Of Athens*
Sistine Chapel, Vatican, Italy, 1511

ATLAS: une collaboration très jeune

ATLAS: ~3100 physiciens venant de 174 universités/laboratoires de 38 pays



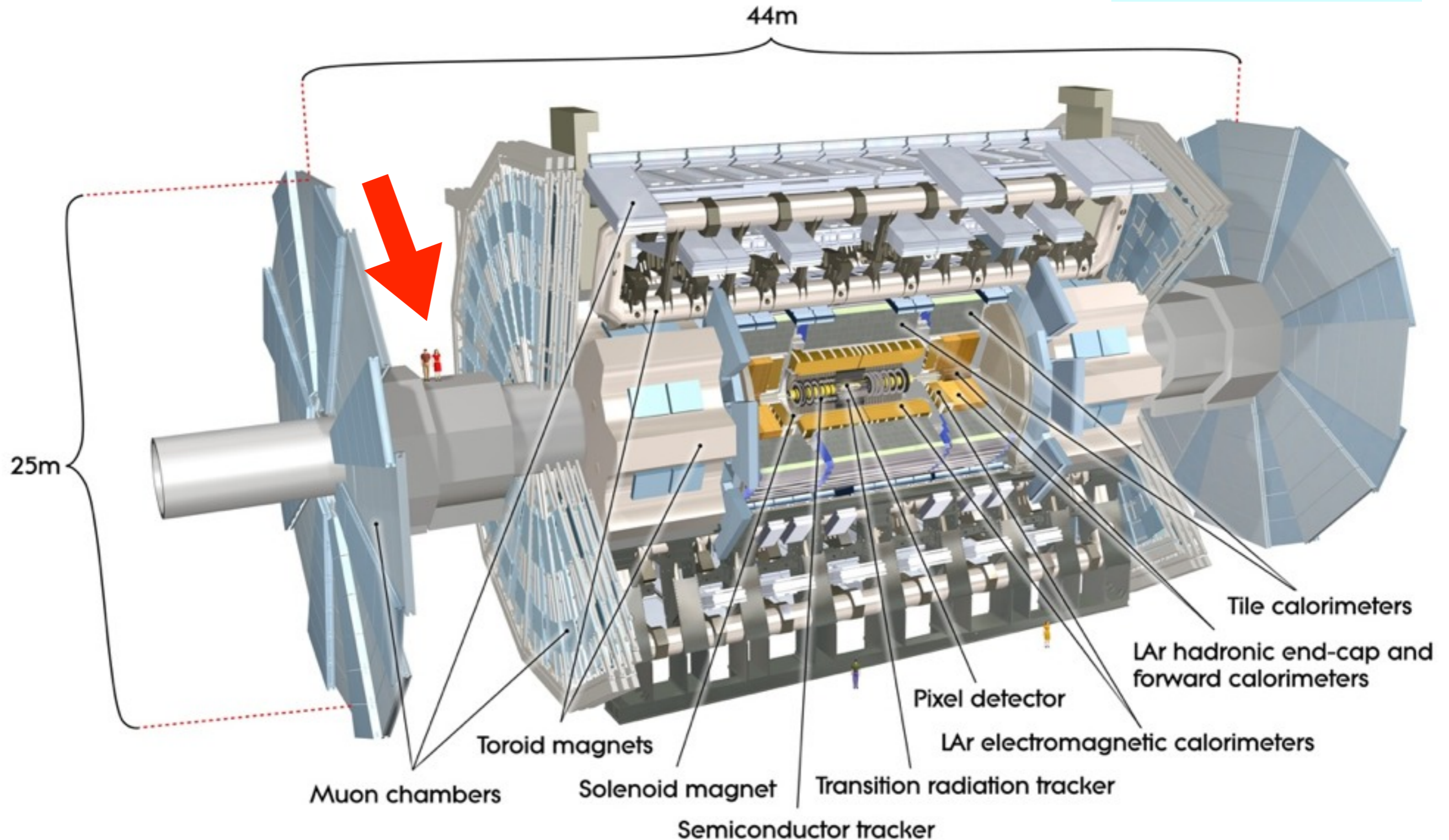
Presque 1000 étudiants doctorants



Un des 2 grands détecteurs de l'LHC

- En développement et construction depuis 1992
- En fonction depuis 2008,
- Jusqu'à 2023 (peut être 2035)

Longueur : 46 m
Diamètre : 25 m
Poids : 7000 tonnes
Canaux : $>10^8$
Câbles : >3000 km



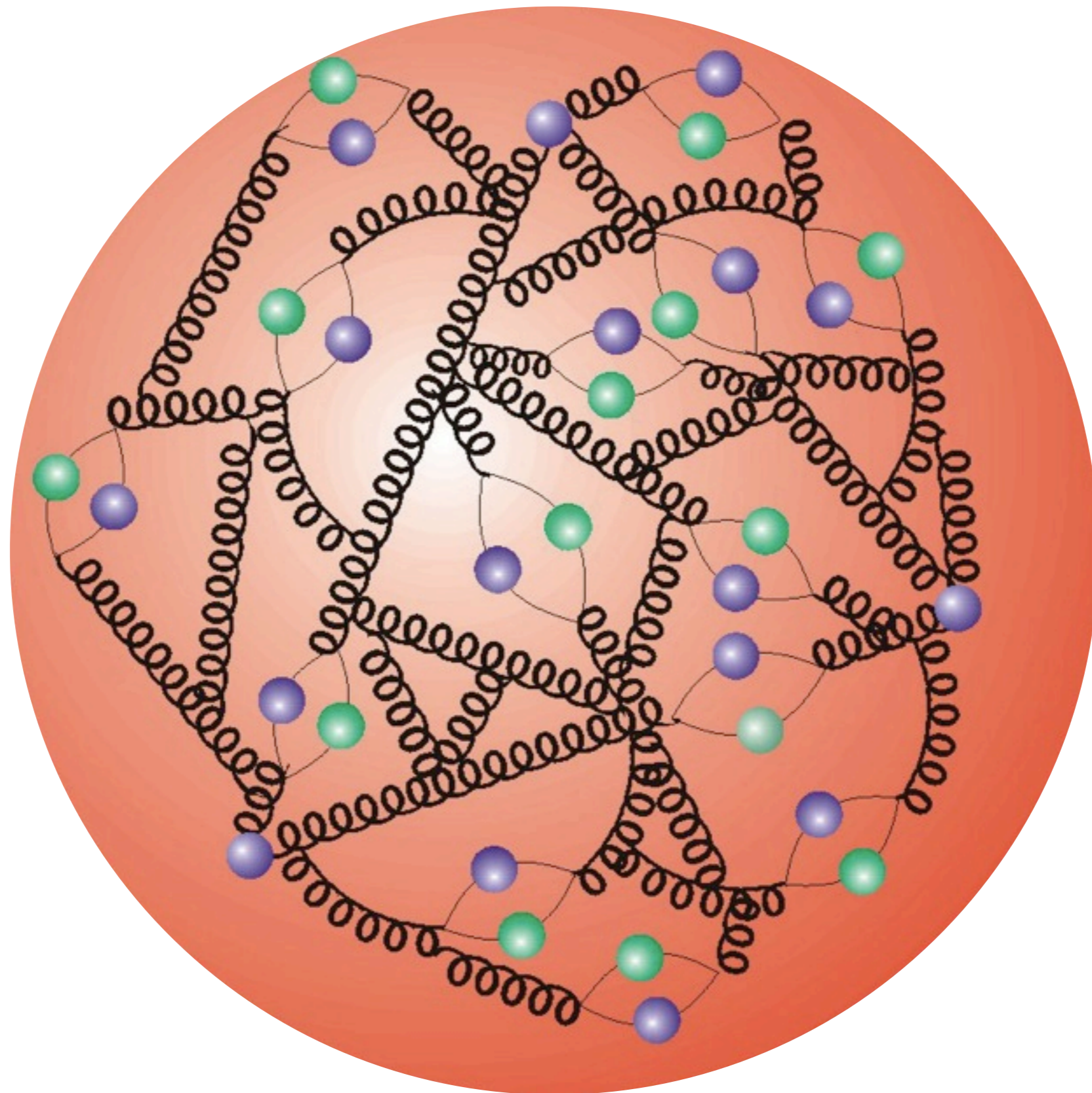
Pour donner une
idée de la taille

à ceux d'entre vous
qui ne participeront pas à
la visite d'ATLAS
vendredi après midi:



La recherche du boson de Higgs au LHC

L'horrible vérité sur le proton



Comment imaginer une collision pp

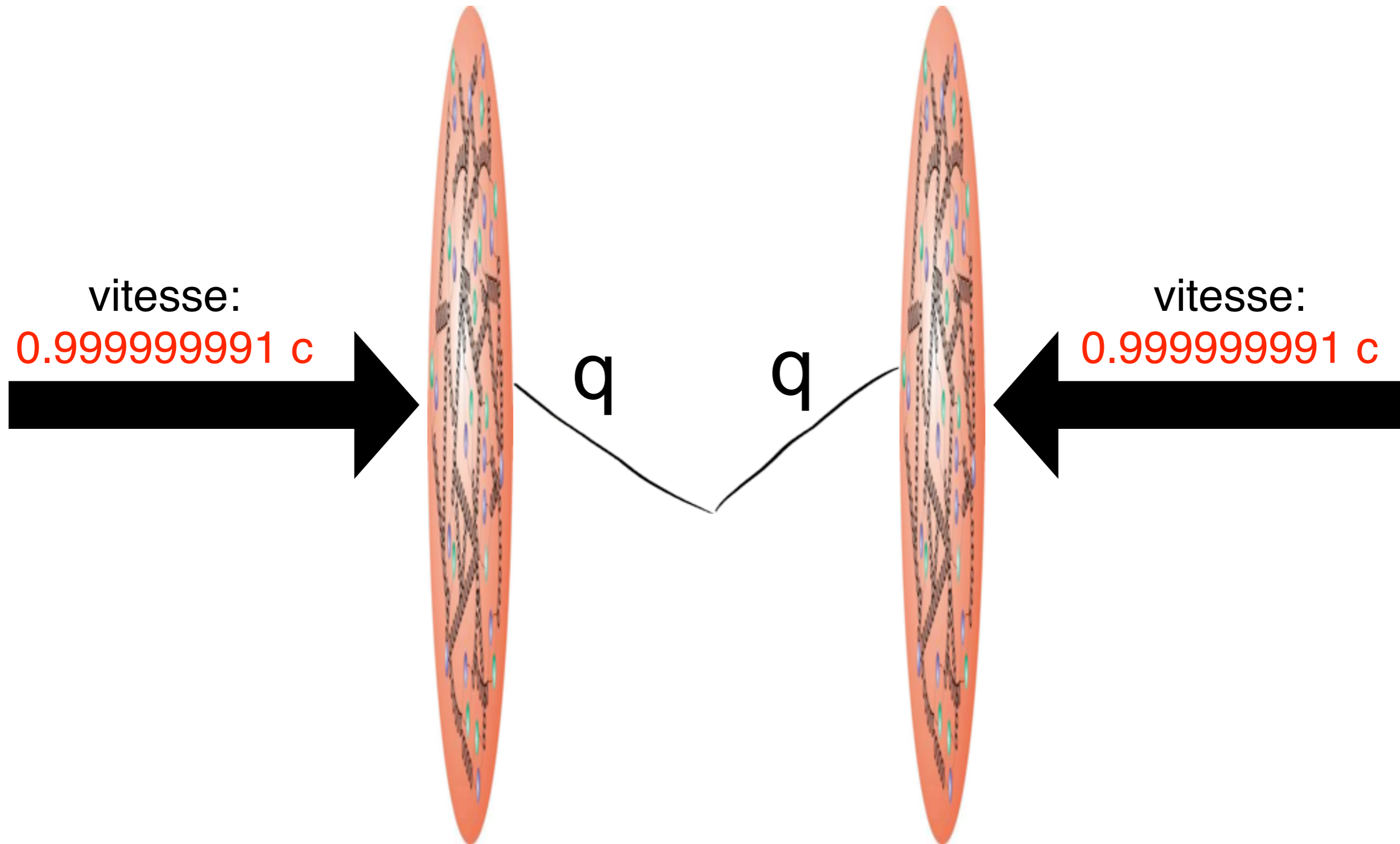
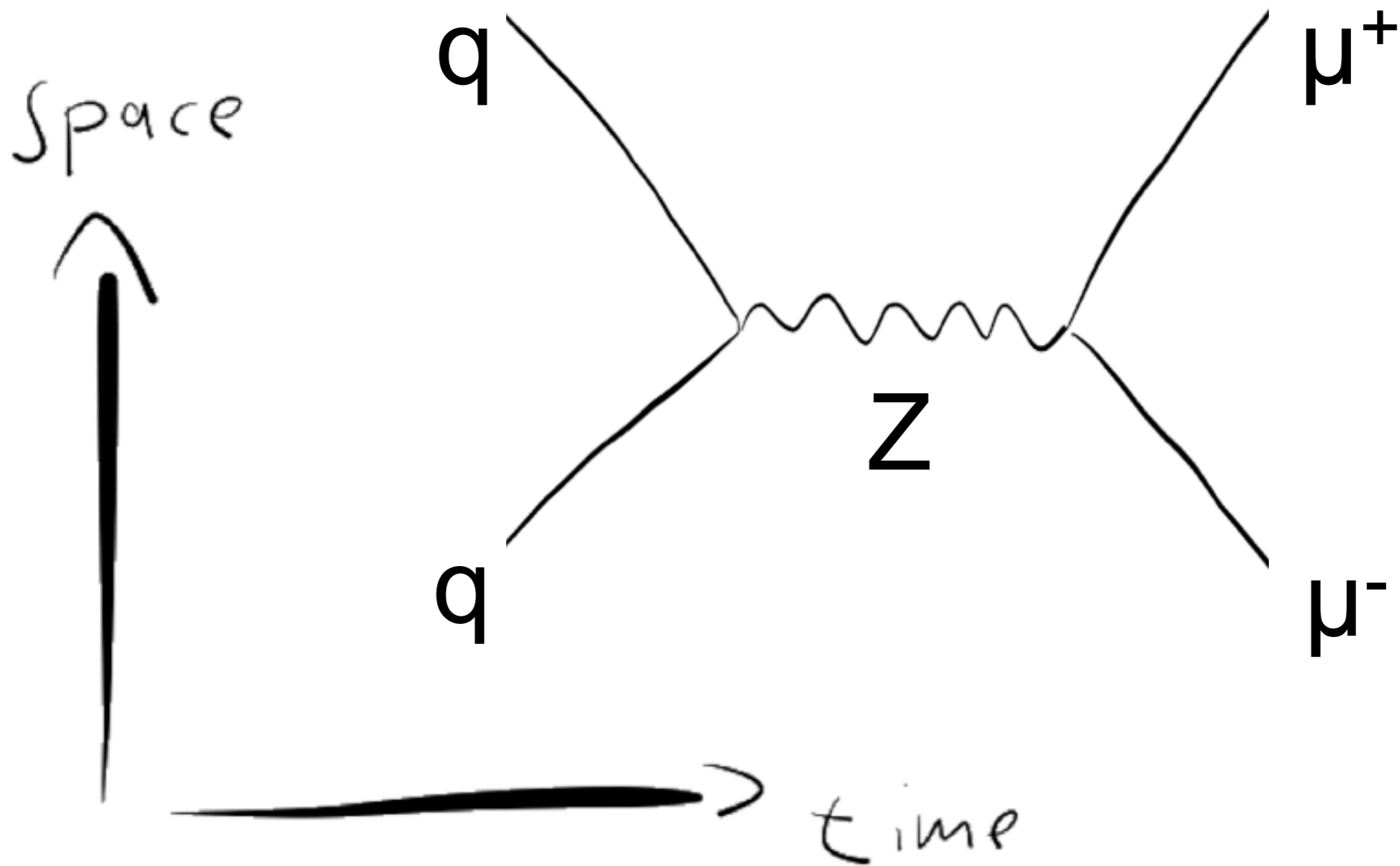


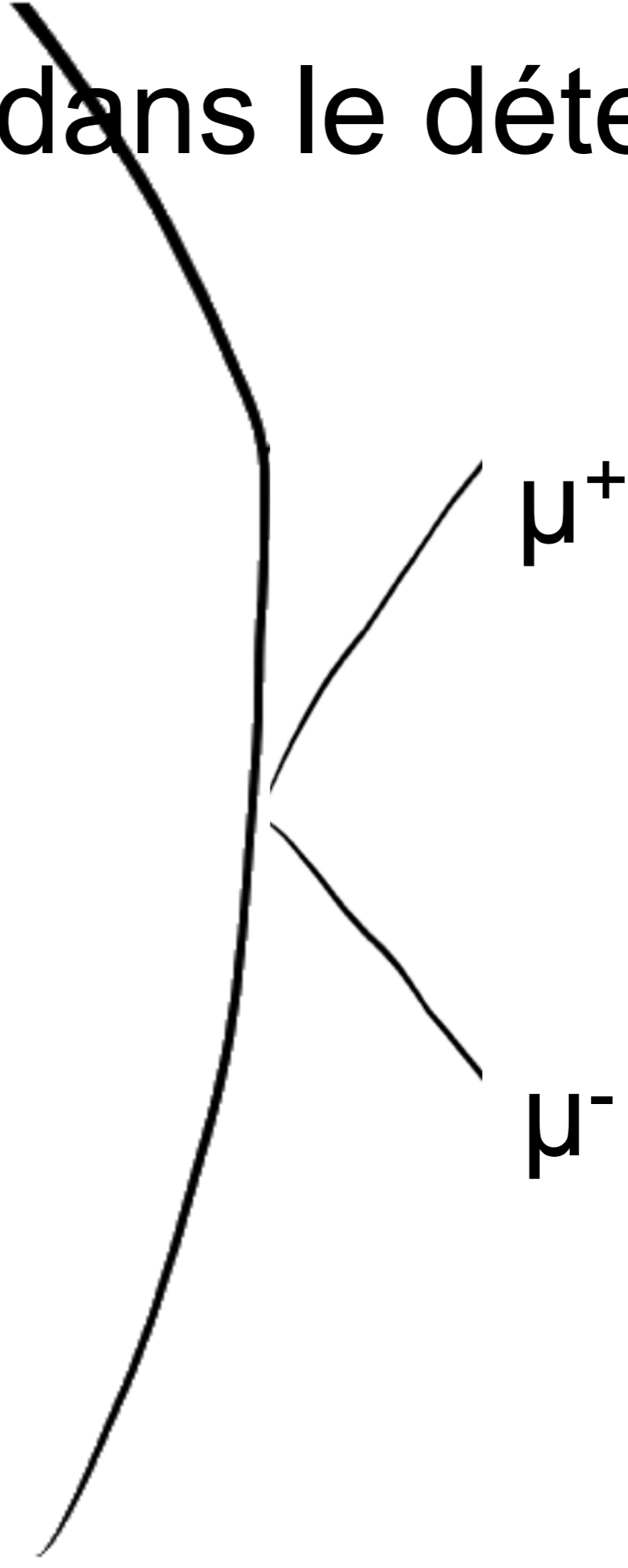
Diagramme de Feynman d'un "événement" de collision

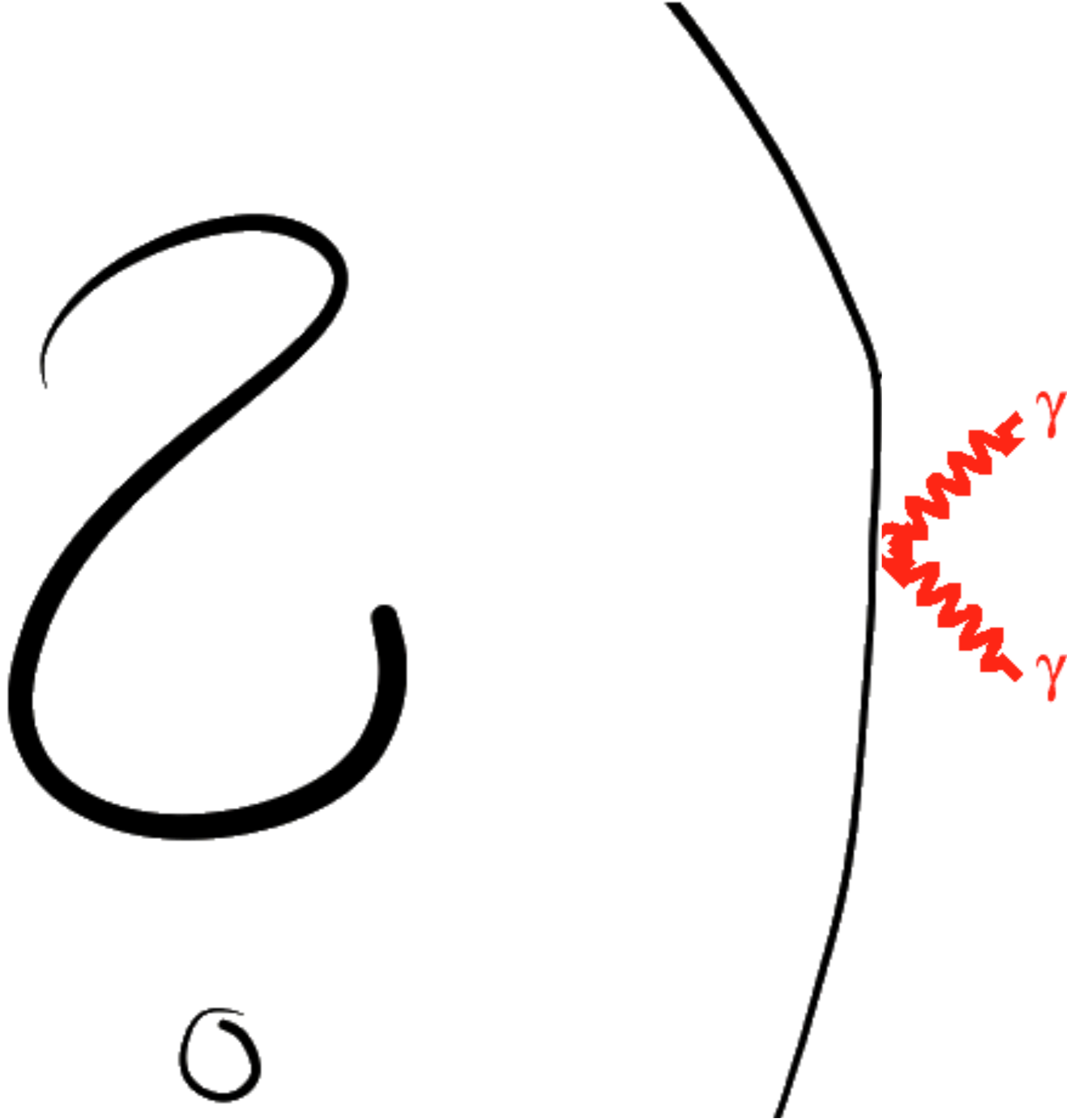


Que voyons-nous dans le détecteur?



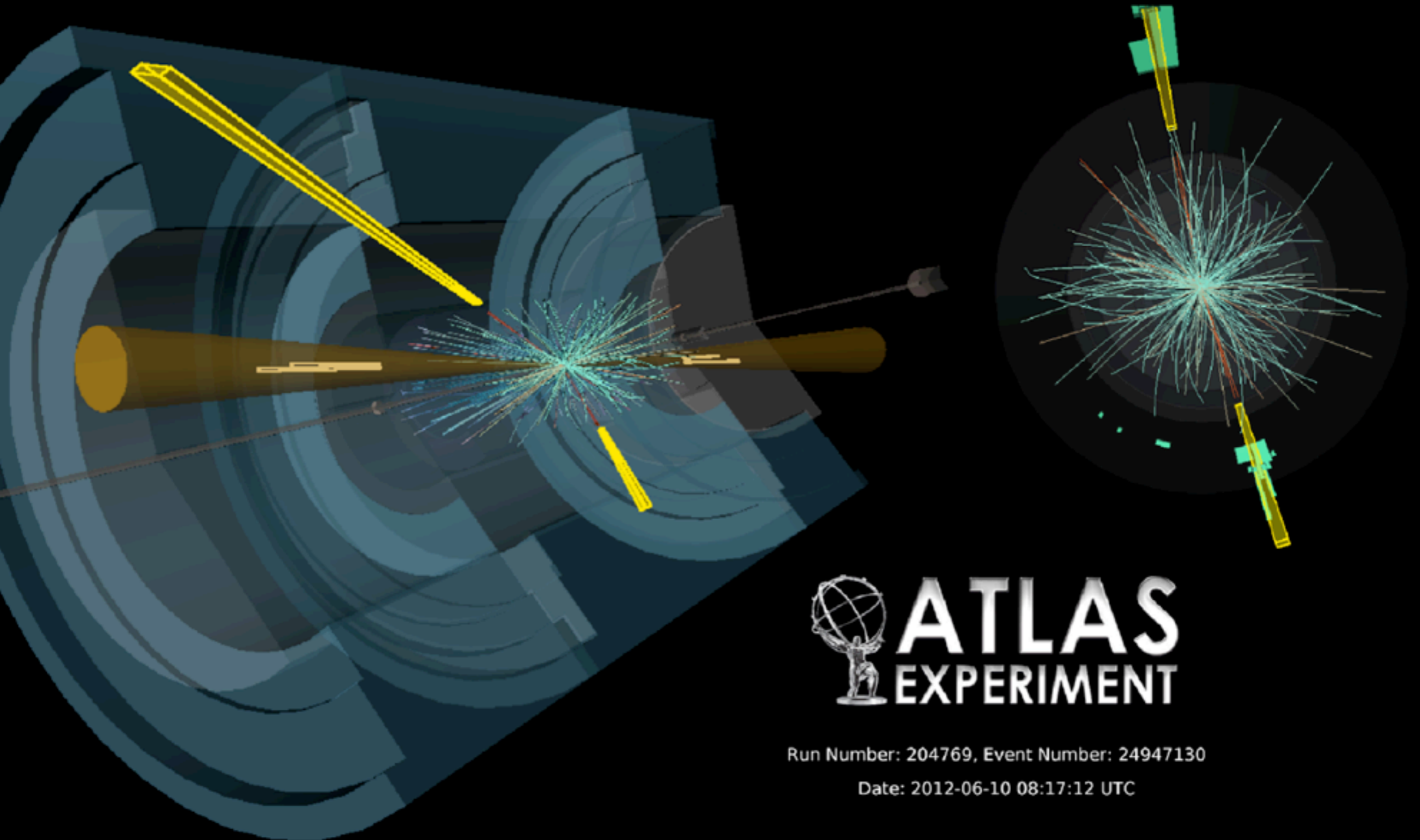
0





cet événement provient-il de la désintégration
d'un boson de Higgs?

Événement candidat Higgs $\rightarrow \gamma\gamma$



 **ATLAS**
EXPERIMENT

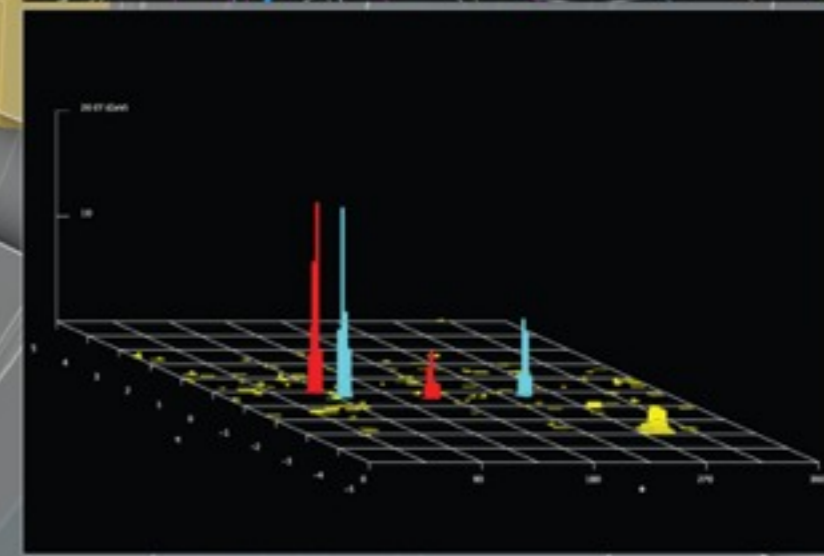
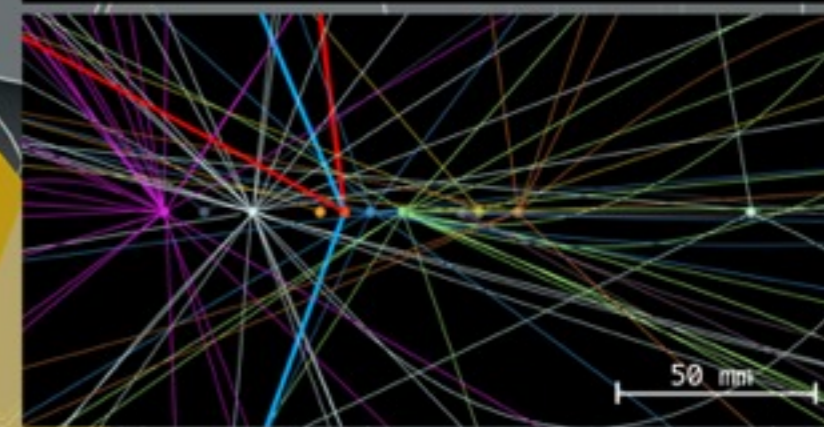
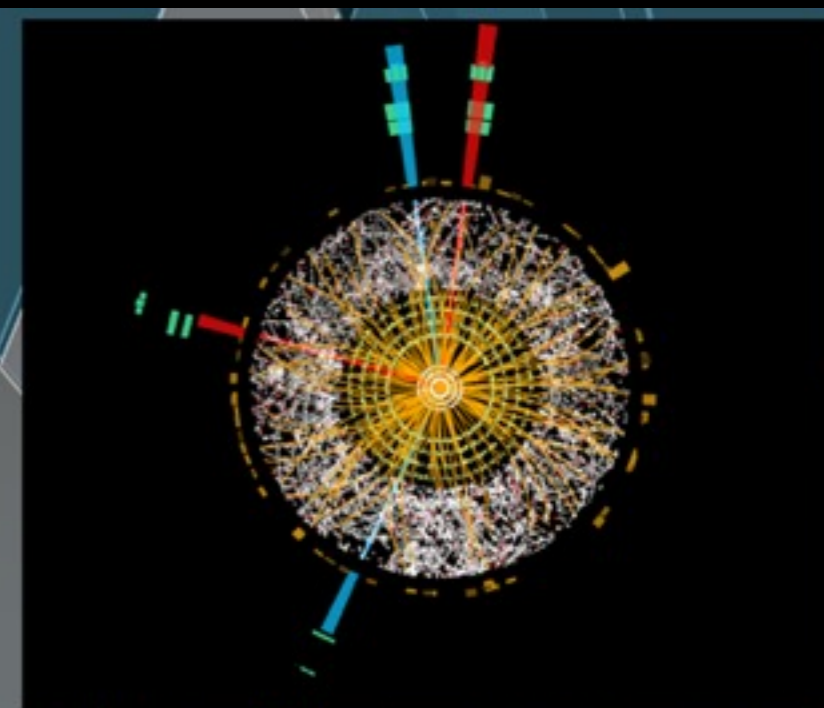
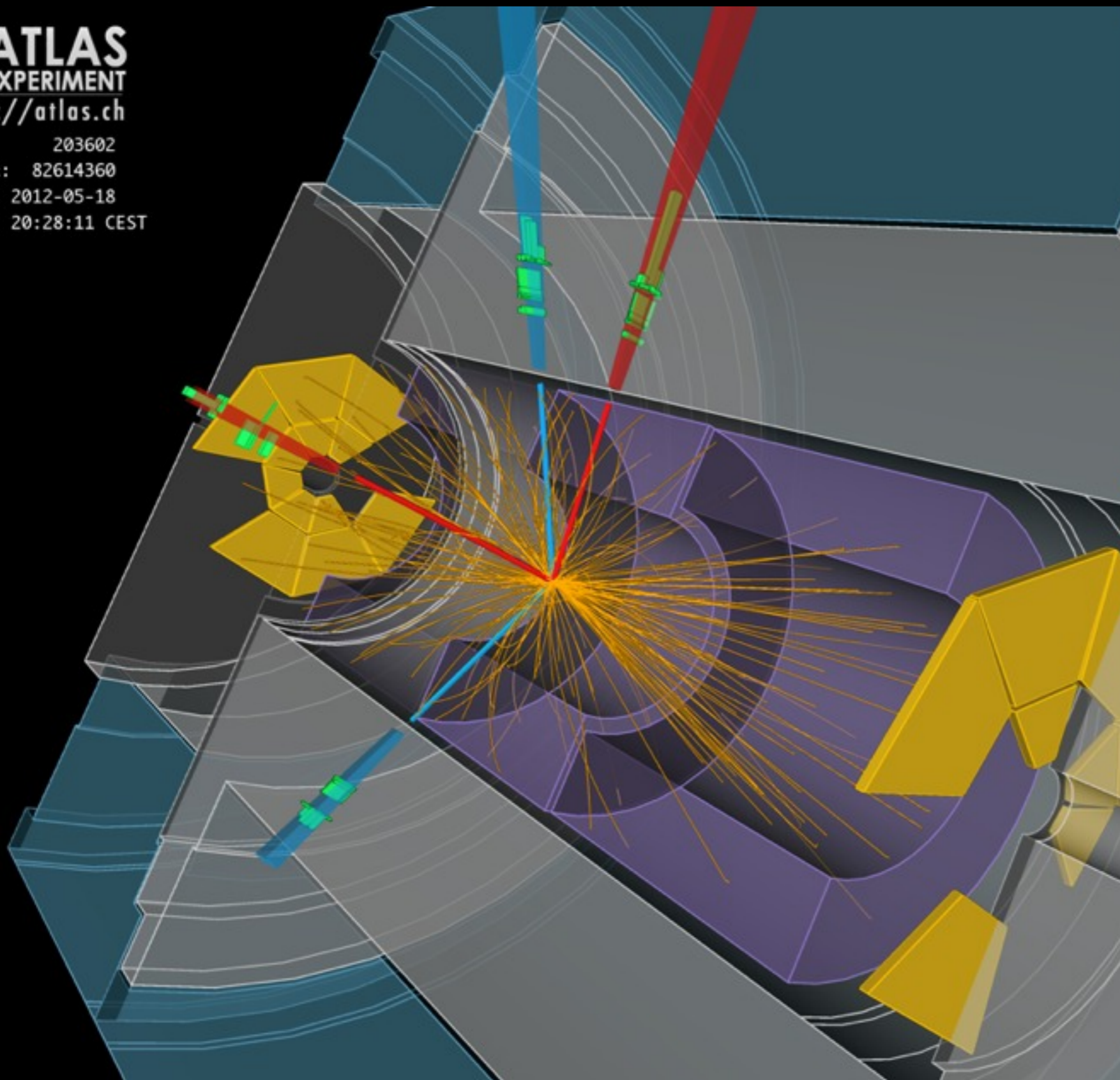
Run Number: 204769, Event Number: 24947130

Date: 2012-06-10 08:17:12 UTC

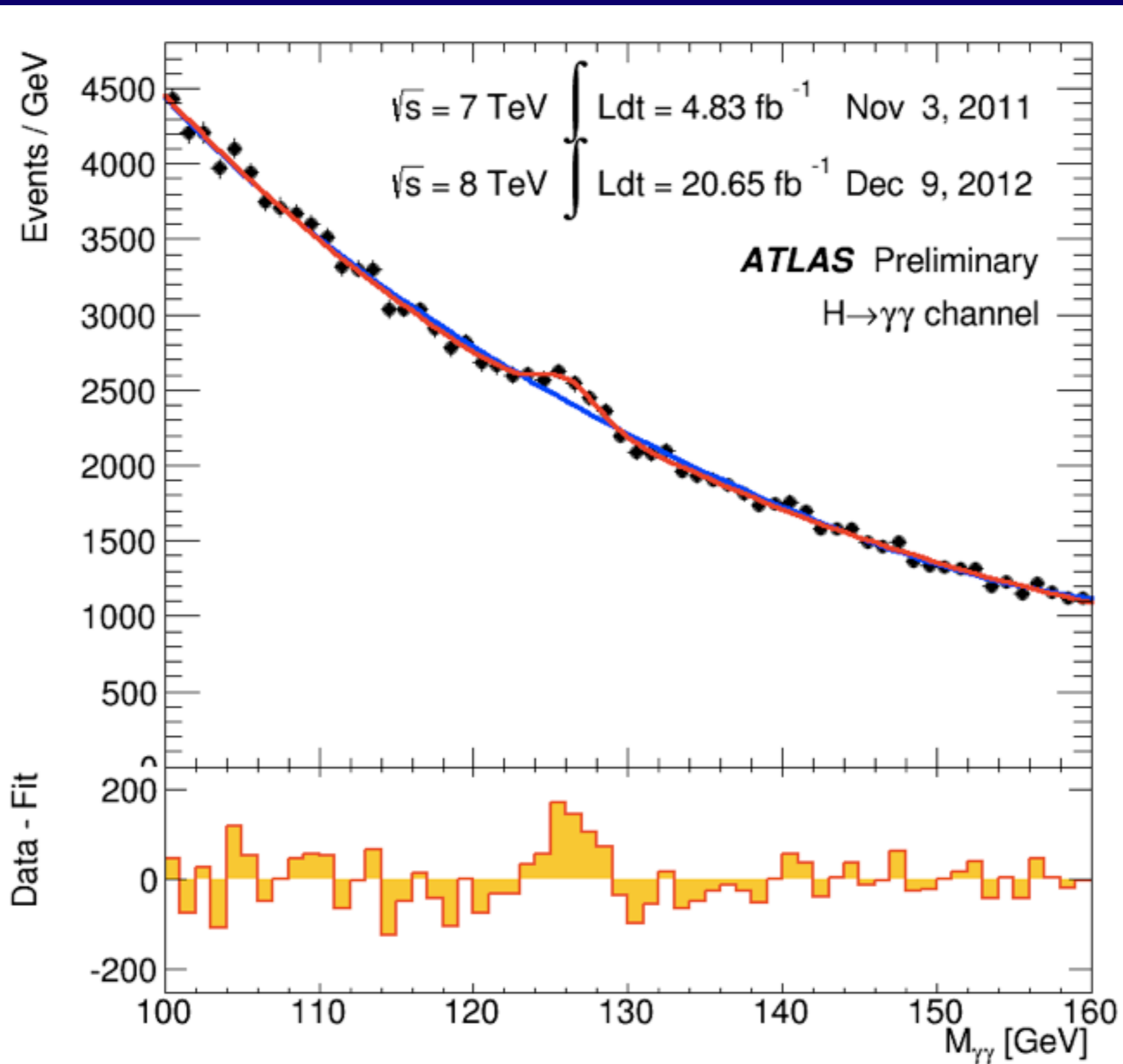
Événement candidat Higgs \rightarrow ZZ \rightarrow 4e

 **ATLAS**
EXPERIMENT
<http://atlas.ch>

Run: 203602
Event: 82614360
Date: 2012-05-18
Time: 20:28:11 CEST

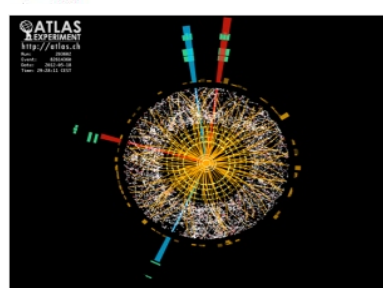


La naissance d'une particule



Physicists declare victory in Higgs hunt
 Researchers must now pin down the precise identity of their new particle.
 Geoff Brumfiel
 04 July 2012

Physicists announced today that they have seen a clear signal of a Higgs boson — a key part of the mechanism that gives all particles their masses.
 Two independent experiments reported their results this morning at CERN, Europe's high-energy physics laboratory near Geneva in Switzerland. Both show convincing evidence of a new boson particle weighing around 125 gigaelectronvolts, which so far fits predictions of the Higgs previously made by theoretical



The ATLAS experiment has seen a new type of

Radio Hamburg
 STARTSEITE | ON AIR | UNSER
 HAMBURG AKTUELL | DEUTSC
 Sie sind hier: Startseite -> Deutschland und die Welt -> Weltbewegend

Higgs-Boson
Forscher entdecken neues Elementarteilchen
 Genf, 04.07.2012

Das jahrzehntelang gesuchte Higgs-Teilchen ist gefunden. Foto: CERN / Atlas

BOSON DE HIGGS: LES PHYSICIENS ONT DÉCOUVERT UNE NOUVELLE PARTICULE !
 TAGS A LA UNE | RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Tom Chivers
 Tom Chivers is the Telegraph's assistant comment editor. He writes on science, culture and anything that crosses his mind. Read older posts by Tom here.
 Follow @tomchivers (6,574 followers)

The Large Hadron Collider has (almost definitely) found the Higgs boson: where next from here?
 By Tom Chivers Science Last updated: July 4th, 2012
 123 Comments Comment on this article

A glimpse of the Higgs?

The Higgs boson: CERN's quest to discover the elusive God particle
 By Vlad Savov on July 4, 2012 06:53 am Email @vladsavov



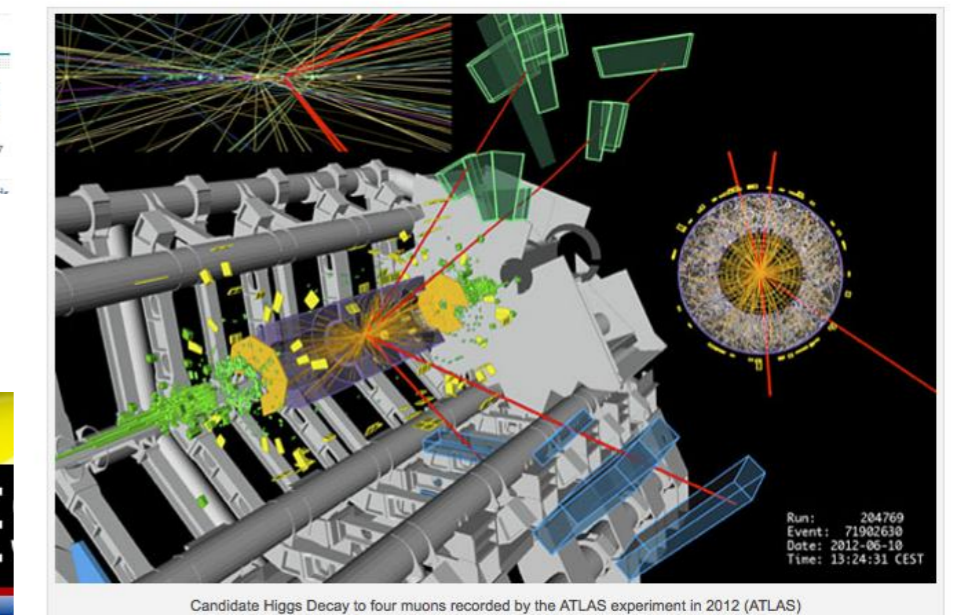
colombia.com Tecnología
 Inicio | Noticias | Especiales | Visionarios
 Colombia.com / Tecnología / Noticias / Detalle de noticia
 ★★★★★ | ★★★★★ +A -A f t w r
La importancia del hallazgo de la "partícula de Dios"
 Comprender la organización del cosmos es uno de los retos más importantes de los científicos. Todas las respuestas sobre la creación del universo podrían estar aquí.
 - 05/Jul/2012

Il Sole 24 ORE Accedi Milano 16° CAMBIA
 Notizie | Impresa & Territori | Norme e Tributi | Finanza | Commenti & Inchieste | Tecnologie | Cultura e Domestici
 Cellulari | Computing | Digital entertainment | Social Network | Media | Green | Energia | ICT
 Tecnologie > Scienza
Nato il 4 luglio, il bosone di Higgs si presenta al mondo. Ecco come è stata scoperta la "particella di Dio"
 di Leopoldo Benacchio 4 luglio 2012 Cronologia articolo
 Tweet 34 Consiglia 833 Invia 10 Accedi a My24

E' nato il 4 luglio, giorno dell'indipendenza americana e titolo di un famoso film, ma il bosone di Higgs è nato ufficialmente in Europa, al CERN di Ginevra, il più grande centro di ricerca di fisica nucleare al mondo, dove lavorano centinaia di italiani sia come dipendenti del Centro in Svizzera che del nostro Istituto Nazionale di Fisica nucleare, INFN. Clima da liquidazione da Harrods a Ginevra, code infinite per accaparrarsi un posto in una delle sale in cui veniva trasmessa la conferenza scientifica e poi la conferenza stampa con gli annunci, parterre des rois in prima fila in cui si inciampava in premi Nobel e altri nomi scolpiti da tempo nel libro mastro della storia della fisica.
 L'annuncio, con tutte le precauzioni, è quello che tutti si

New Particle Consistent with Higgs Boson Discovered at CERN

The Compact Muon Solenoid (CMS) and the ATLAS experiments at CERN presented their latest preliminary results in the search for the long sought Higgs boson at a seminar held today. Both experiments observe a new particle in the mass region around 125-126 GeV.



the guardian
 News | Sport | Comment | Culture | Business | Money | Life & style | Travel | Environment
 News | Science | Higgs boson
NEWS BLOG

Previous Blog home Next
Higgs boson announcement: Cern scientists discover subatomic particle
 Scientists gather for a major announcement in Cern, home of the Large Hadron Collider
 Share 3749 Tweet 625 +1 100 Email
 Posted by Lizzy Davies Wednesday 4 July 2012 14:43 BST guardian.co.uk Jump to comments (390)
 Article history
 Science | Higgs boson | Particle physics | Physics | Cern
 World news | Switzerland | Europe
 7.17am: Good morning all.

What happens inside the Large Hadron Collider. Scientists at Cern, near Geneva, have this morning announced the likely discovery of the Higgs boson particle. Photograph: Cern

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert Peter W. Higgs



© The Nobel Foundation. Photo: Lovisa Engblom.

The Nobel Prize in Physics 2013 was awarded jointly to François Englert and Peter W. Higgs



Photo: A. Mahmoud
François Englert



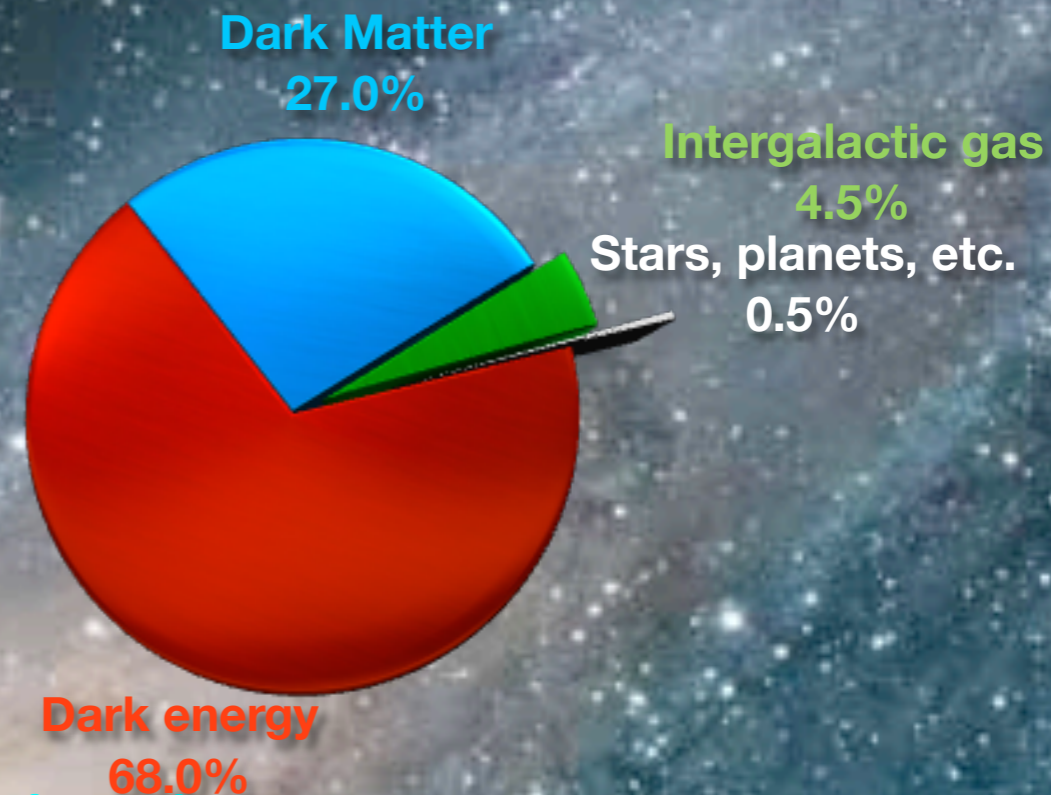
Photo: A. Mahmoud
Peter W. Higgs

"for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"

On ne peut pas expliquer:

**La matière noire,
L'énergie sombre**

En fait les particules du modèle standard
ne constituent que 5% de l'énergie de l'Univers!



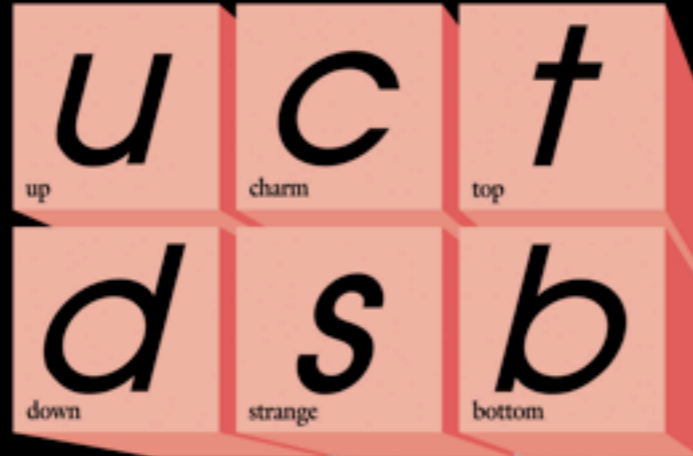
Où est passée l'antimatière?

En physique on produit toujours une paire de particule et d'antiparticule...
L'univers ne contient que des particules. Que s'est-il passé?

La masse des neutrinos

Et leur transformation d'une famille à l'autre...

Quarks



Forces

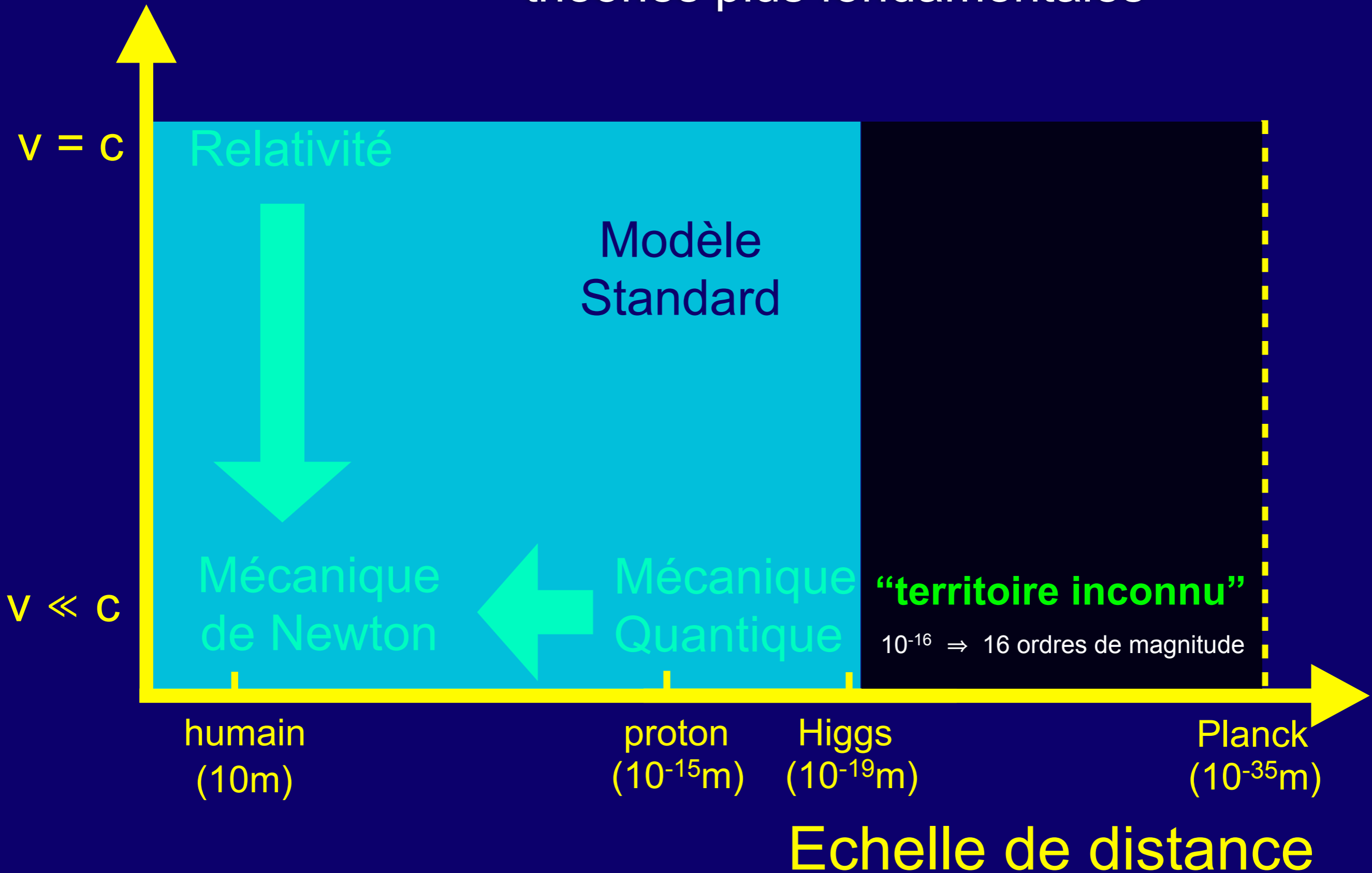


Leptons

Le Modèle Standard comme une approximation à basse énergie d'une théorie plus fondamentale ?

Echelle de vitesse

approximations à basse énergie de théories plus fondamentales



Le problème de la “hiérarchie”

Pourquoi la force faible est
 $(10^{16})^2 = 10^{32}$ fois plus intense
que la force gravitationnelle?

qui est encore
encore plus faible...

Force Faible

Force
Gravitationnelle



Echelle d'énergie

(1 GeV)

(10^3 GeV)

(10^{19} GeV)

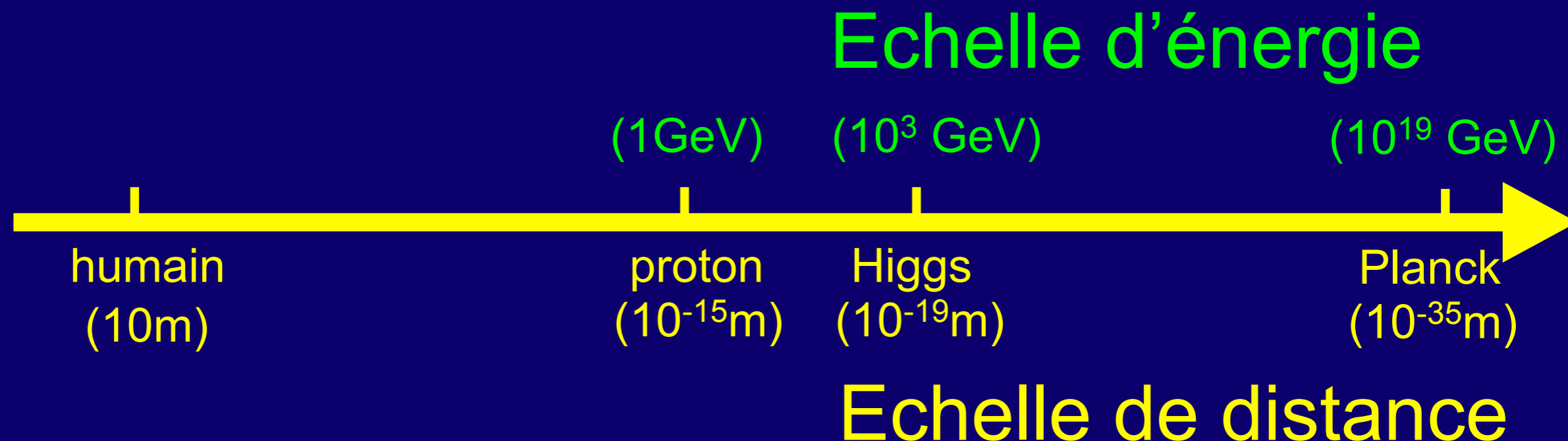


Echelle de distance

Le problème de la “hiérarchie”

pourquoi le boson de Higgs est beaucoup plus léger que la masse de Planck ?

$$\frac{m_{\text{Planck}}^2}{m_{\text{Higgs}}^2} = 10^{32}$$



Le problème de la “hiérarchie”

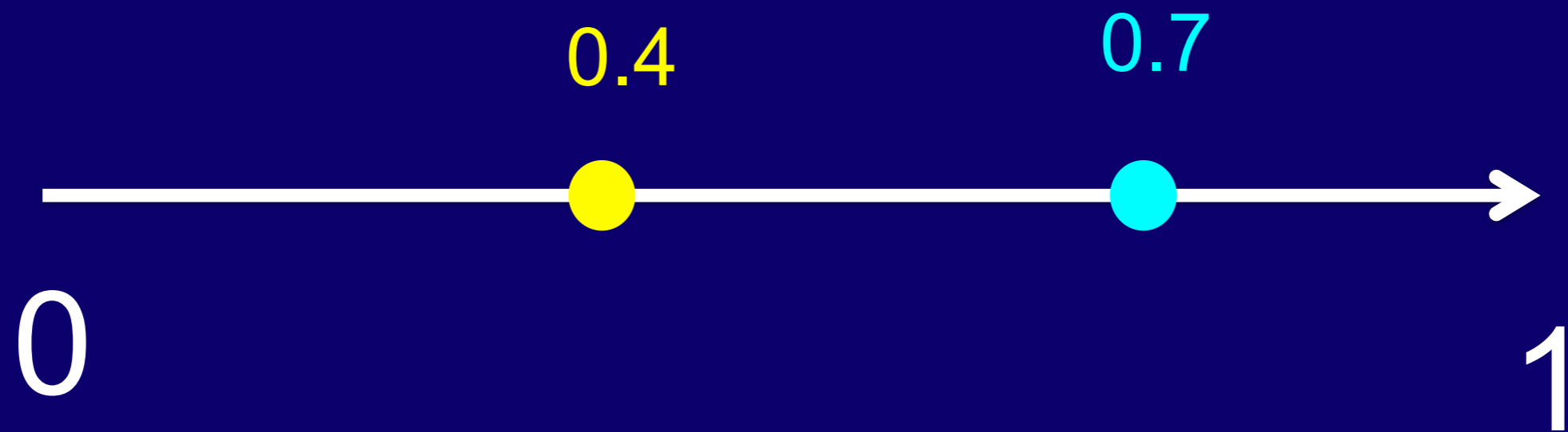
pourquoi le boson de Higgs est beaucoup plus léger que la masse de Planck ?

$$\frac{m_{\text{Planck}}^2}{m_{\text{Higgs}}^2} = 10^{32}$$

Notez que c'est **bien pire en cosmologie:**
constante cosmologique observée **10^{120}** fois plus petite que prévue

Le problème de la “hiérarchie”

on peut considérer la masse mesurée du boson de Higgs
comme la **différence entre deux nombres**



$$0.7 - 0.4 = 0.3 = O(1)$$

Le problème de la “hiérarchie”

Mais, dans le cas de l’Higgs:

$$\begin{aligned} &36127890984789307394520932878928933023 - \\ &36127890984789307394520932878928917398 = \\ &15625 = 125^2 = m^2_{\text{H}} \quad [\text{GeV}^2] \end{aligned}$$

une incroyable annulation par réglage fin:

$$O(10^{32}) - O(10^{32}) = O(1)$$

Fine-Tuning

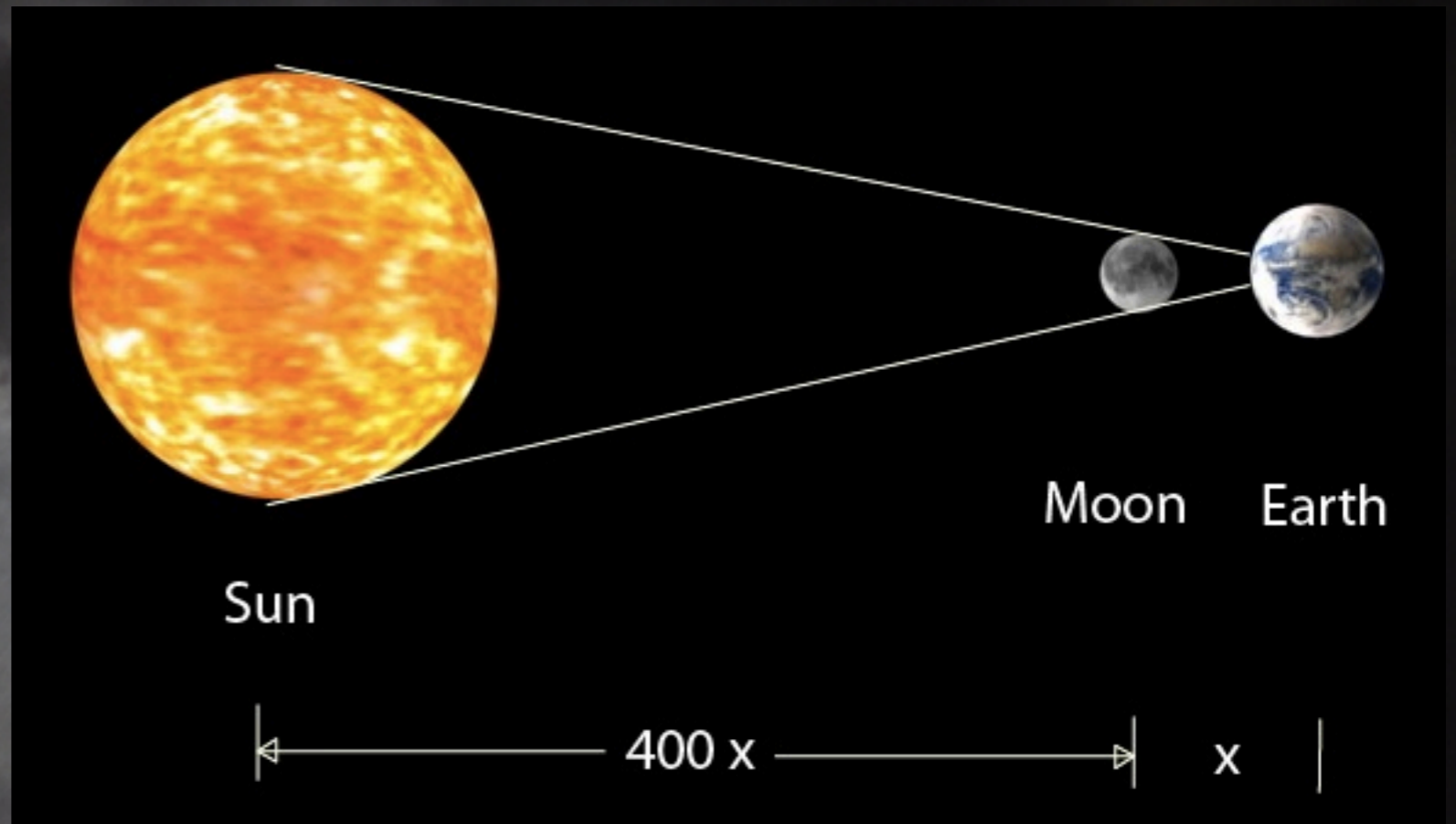


Imaginez de devoir syntoniser une radio avec une précision d'une partie en 10^{32} afin de trouver votre canal préféré

Réglage-fin pas observé en nature

L'angle dans le ciel de la lune et du soleil coïncident à $1:10^2$

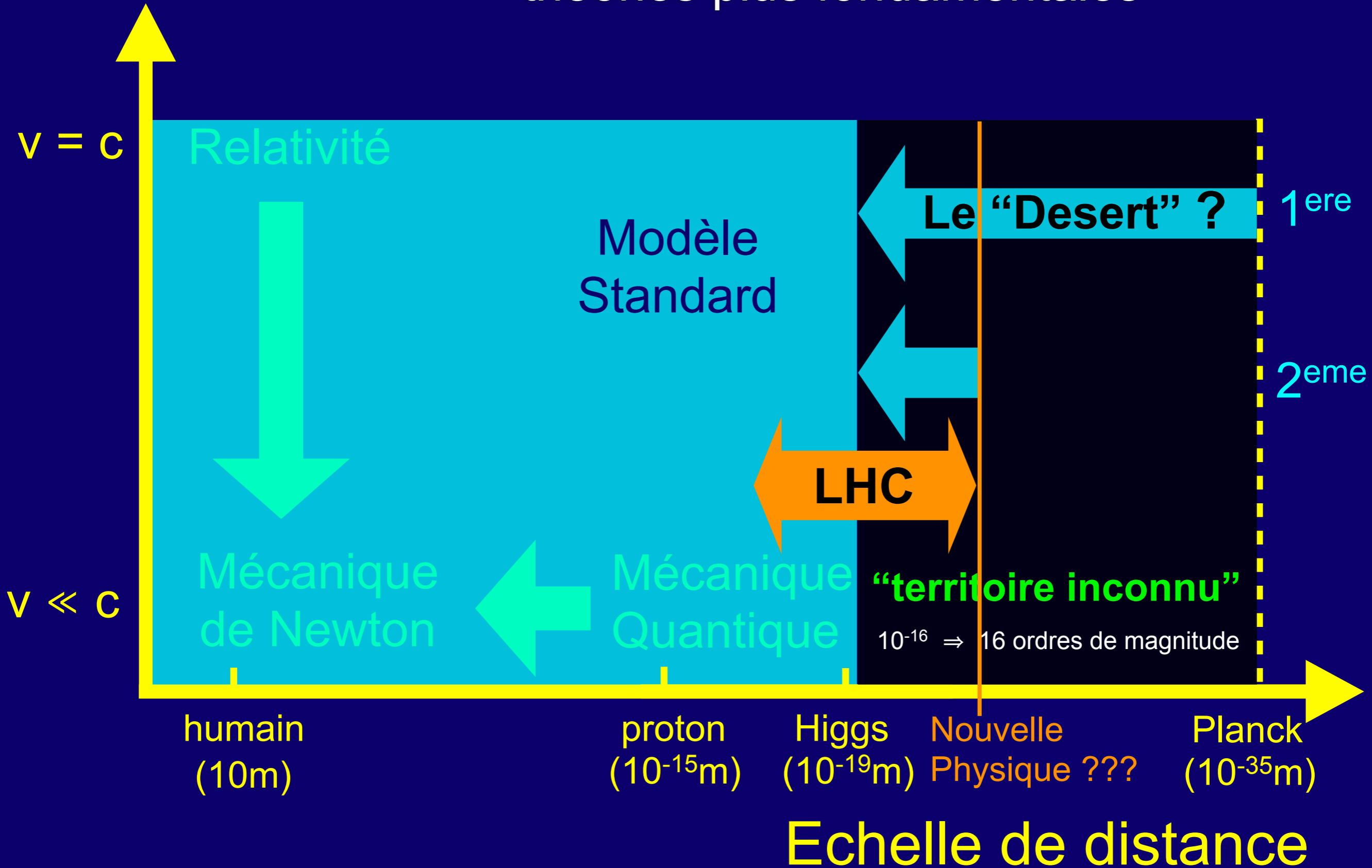
→ 1% “réglage fin” : OK



- Imaginez qu'ils étaient égaux à $1:10^{32}$
- Ce n'est pas naturel. Il doit y avoir une raison pour que cela se produise avec une telle précision
- **Question évidente:** quel mécanisme définit leur distance avec une telle précision ?

Echelle de vitesse

approximations à basse énergie de théories plus fondamentales



première hypothèse

(le “desert”)

Le principe anthropique

l'univers, et donc ses paramètres fondamentaux, doit être tel qu'il permette la naissance d'observateurs en son sein à un certain stade de son développement

← notre univers

mais, puisque les paramètres de notre univers semblent être très très peu probables

le principe anthropique implique le **Multiverse**

deuxième hypothèse

Naturalness

comme principe directeur

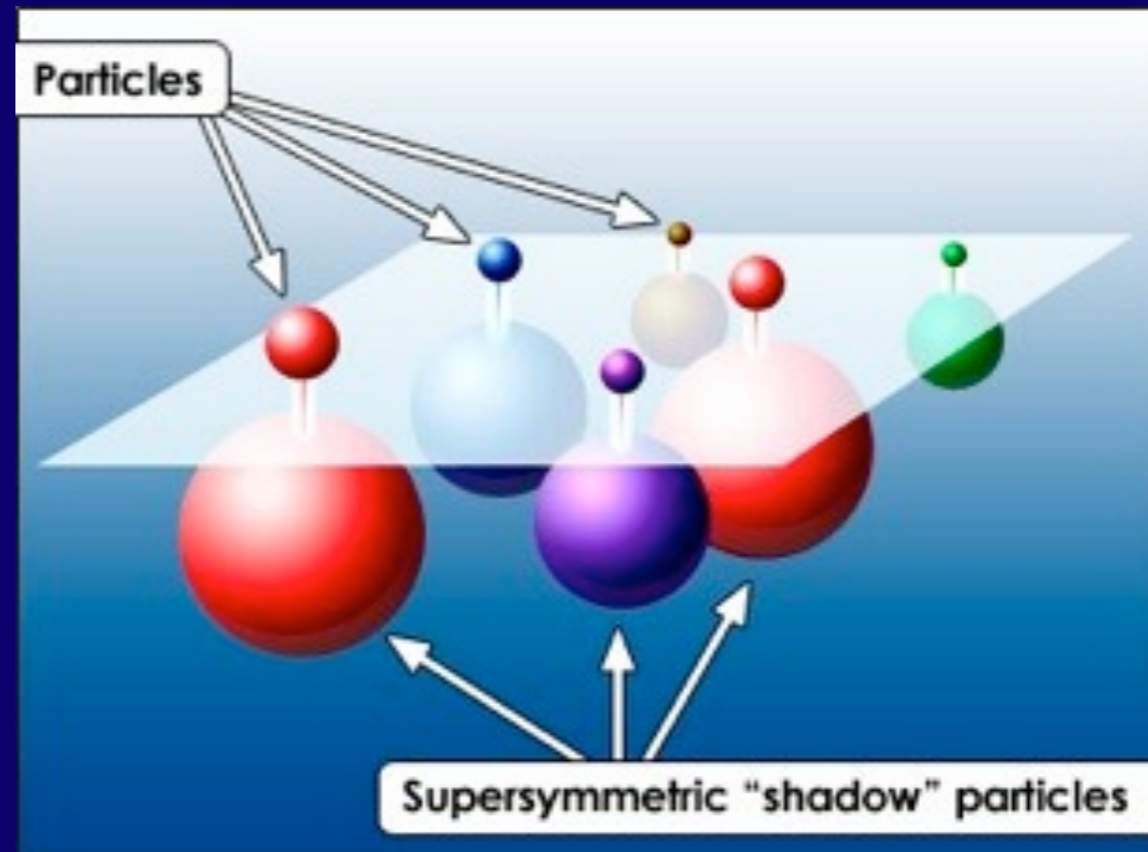
Des théories satisfaisantes devraient être
«naturelles»



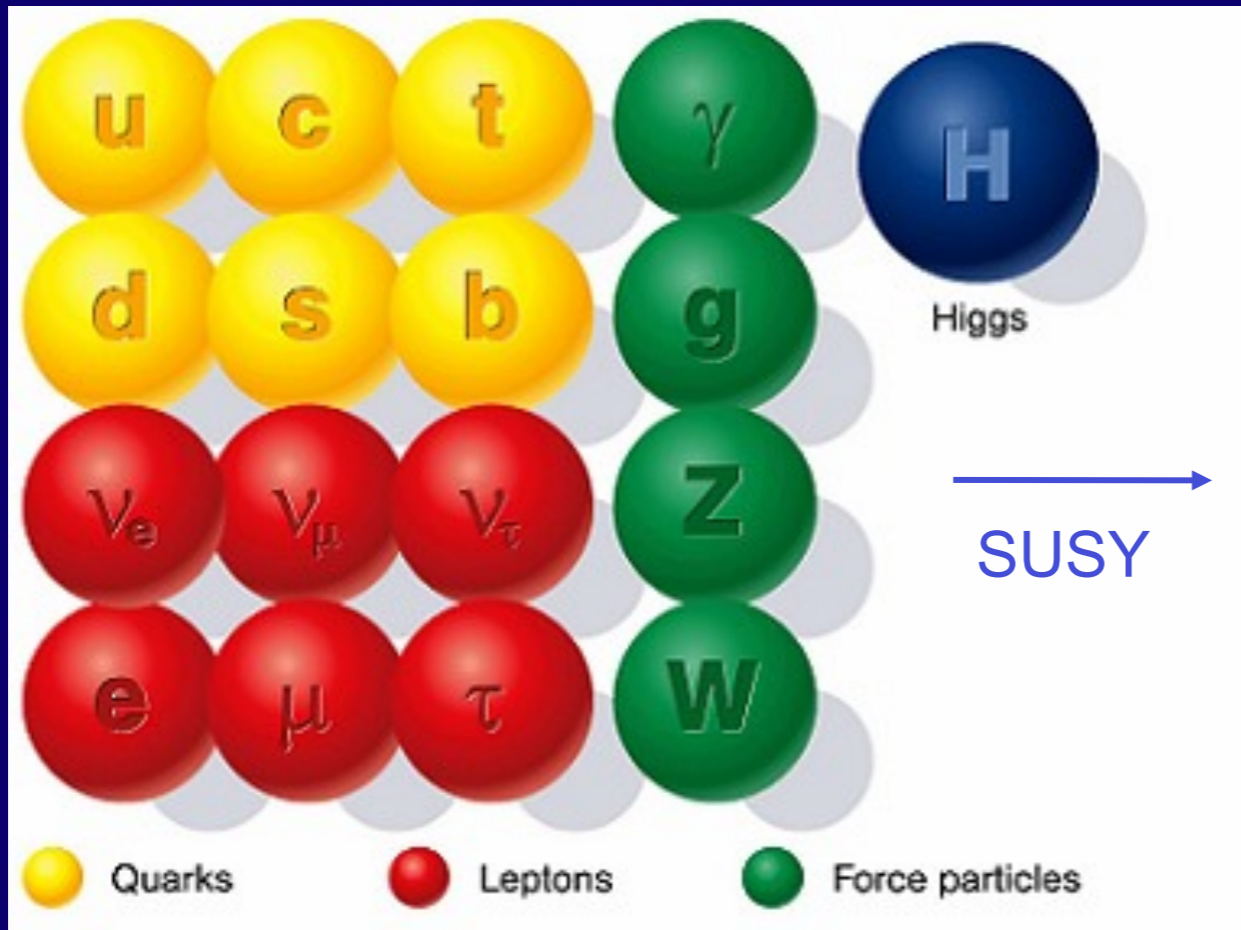
Deux mécanismes visant à re-établir la Naturalité



1. La symétrie



Supersymétrie?

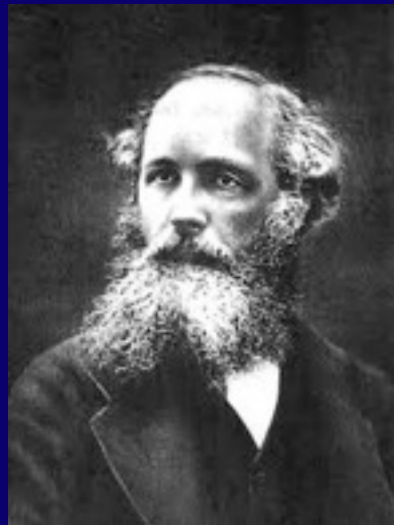


- La **supersymétrie (SUSY)** fournit:
- “Copie” supersymétrique pour chaque particule
 - **plus lourdes** et avec un spin différent de $\frac{1}{2}$ unité

Unification: un des principes guide de la science



- **Newton (~1700):** tous les phénomènes Mécaniques sont décrits par un petit ensemble de lois
 - nouvelle mathématique: prévisions détaillées possible



- **Maxwell (~1850):** tous les phénomènes électriques et magnétiques (+lumière) sont décrit par 4 équations

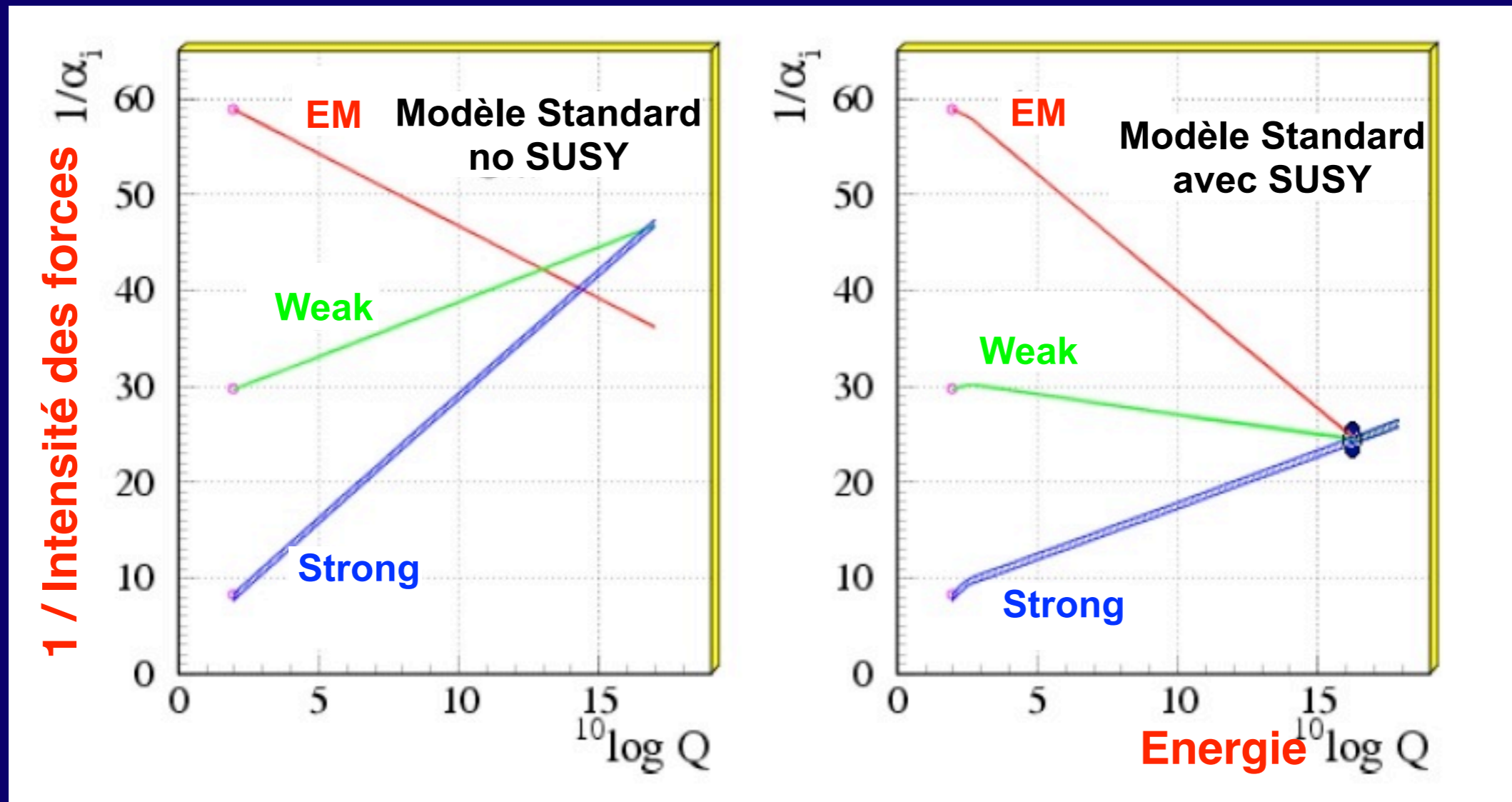
- **Glashow, Weinberg, Salam (1970):** unification Electro-faible

- relativité, mécanique quantique et théorie relativiste des champs quantiques (théories de jauge)

- naissance du **modèle standard de la physique des particules**



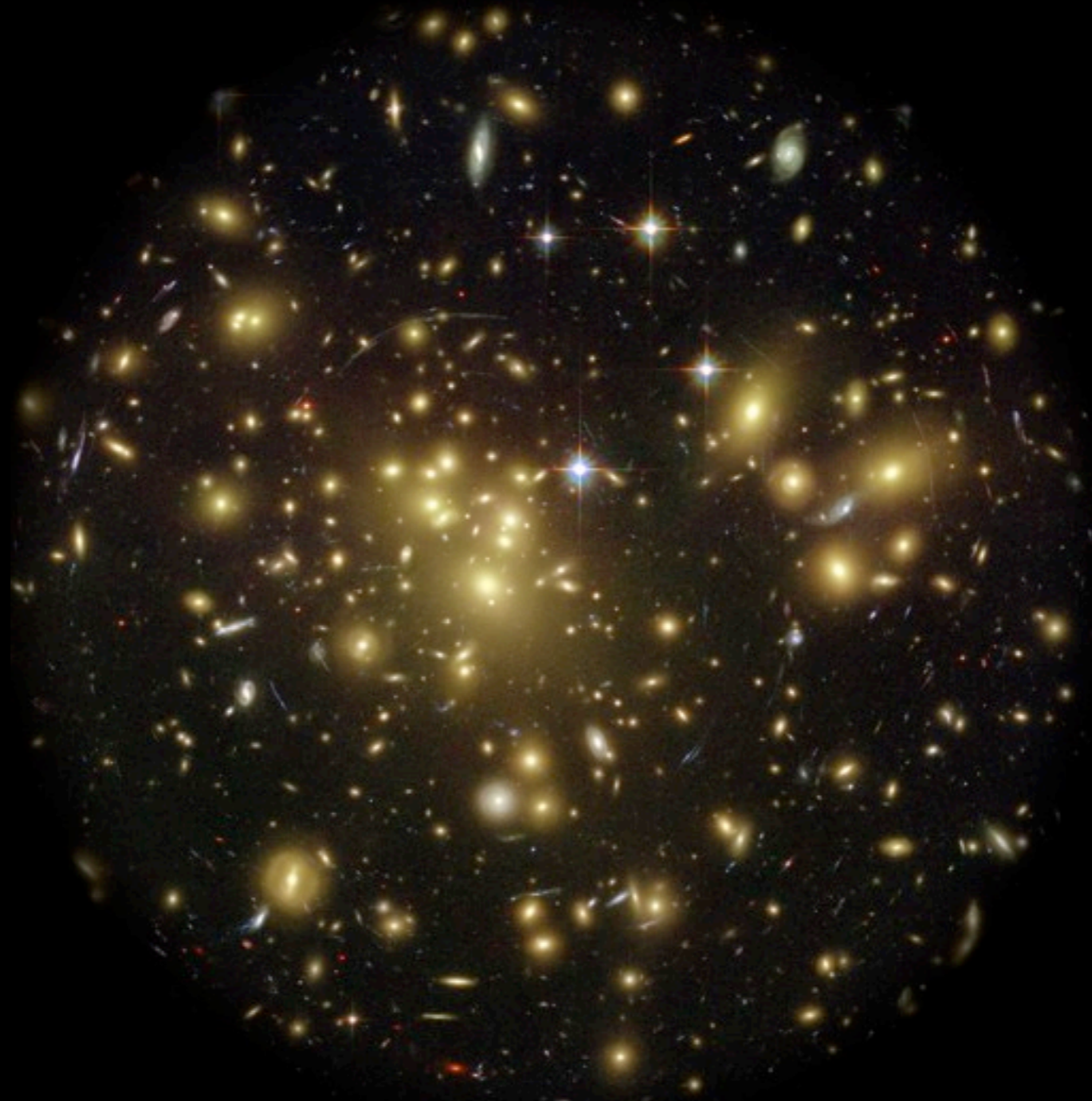
Unification des forces avec SUSY



vers le Big Bang →

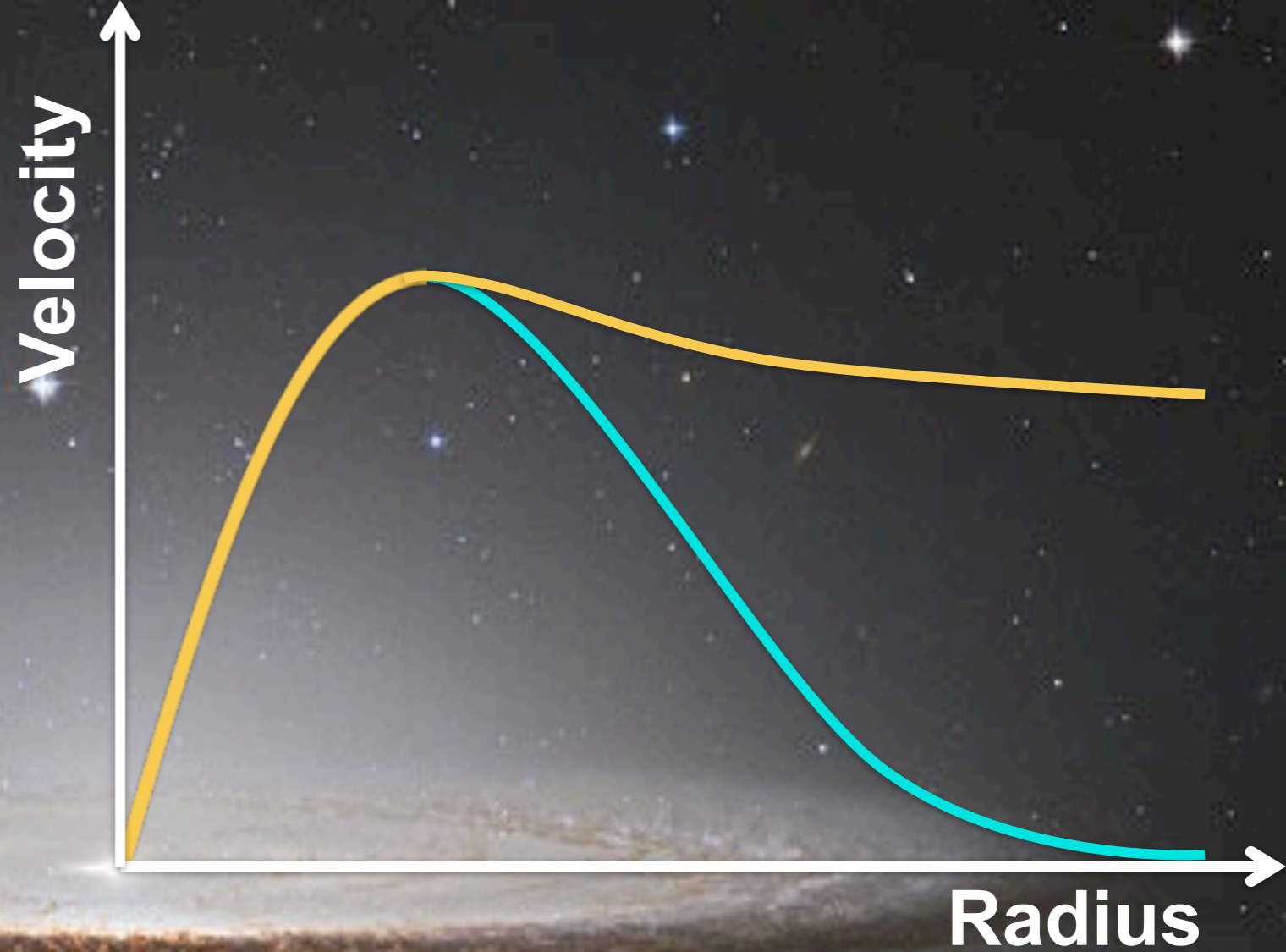
- à très haute énergie, **SUSY unifie** l'intensité des trois forces du MS
- Elle prédit également une particule stable, neutre et lourd: χ^0
 - qui n'interagit pas beaucoup avec les autres particules et est produite en abondance dans les premiers stades de l'Univers ⇒ **dark matter candidate**

La matière sombre



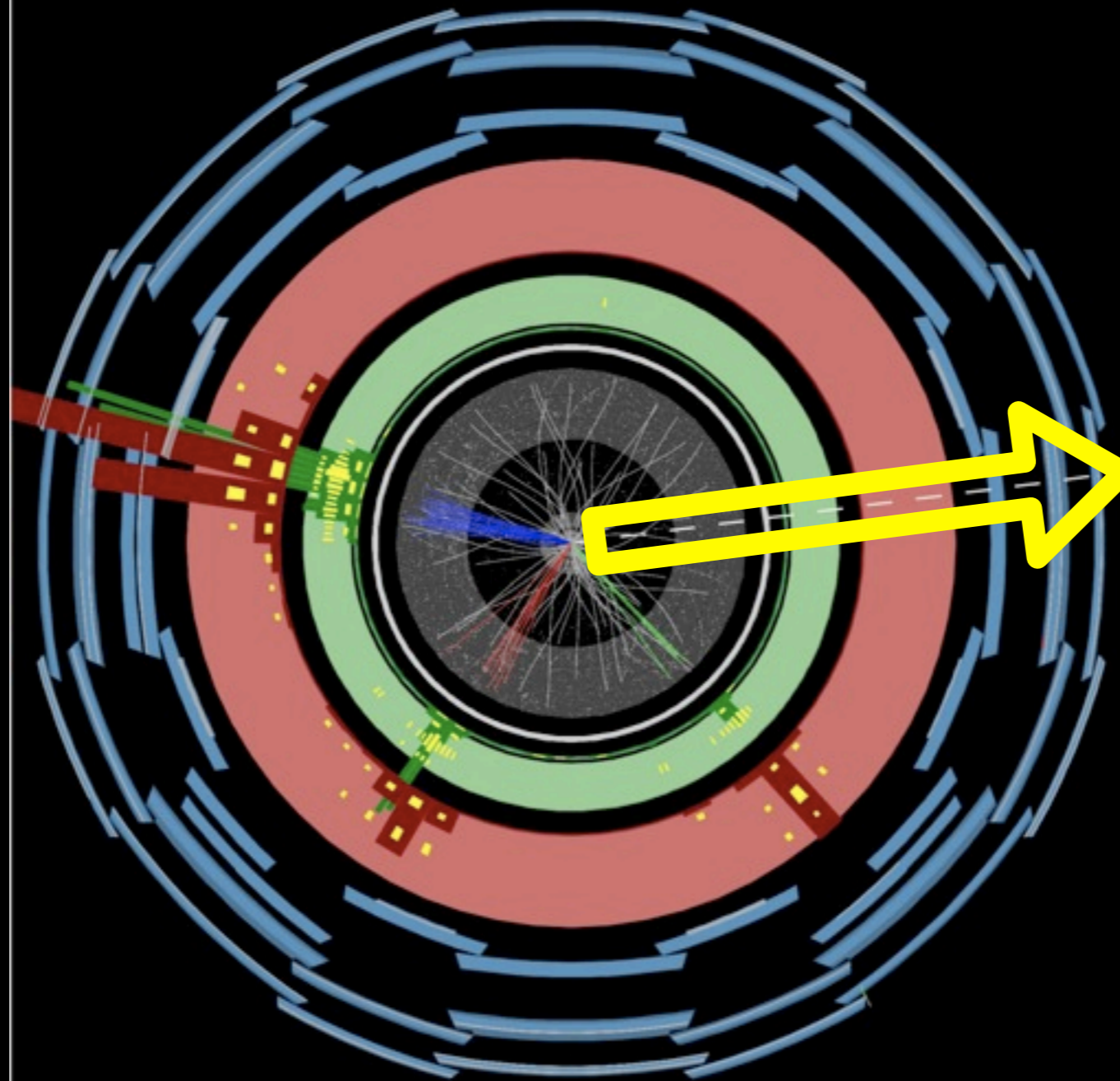
- Elle prédit également une particule stable, neutre et lourd: χ^0
 - qui n'interagit pas beaucoup avec les autres particules et est produite en abondance dans les premiers stades de l'Univers \Rightarrow **dark matter candidate**

Observed
Predicted



- Elle prédit également une particule stable, neutre et lourd: χ^0
 - qui n'interagit pas beaucoup avec les autres particules et est produite en abondance dans les premiers stades de l'Univers \Rightarrow **dark matter candidate**

Recherche de
SUper**SY**métrie
(SUSY)

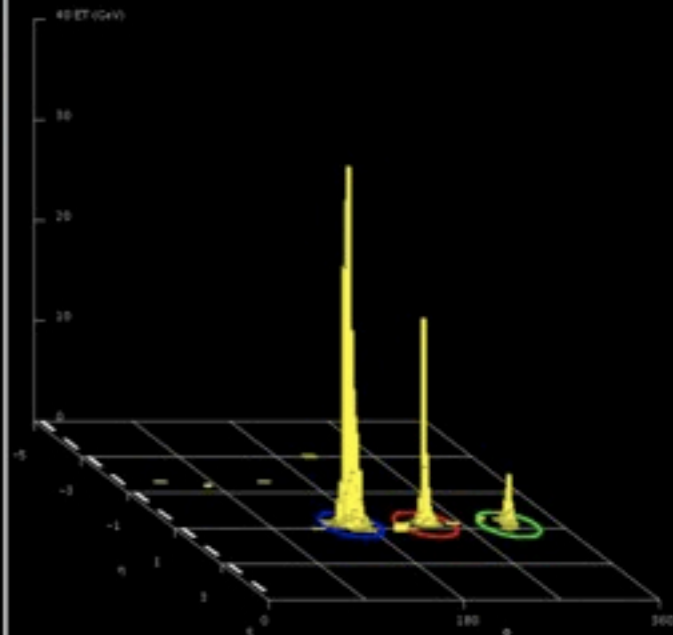


 **ATLAS**
EXPERIMENT

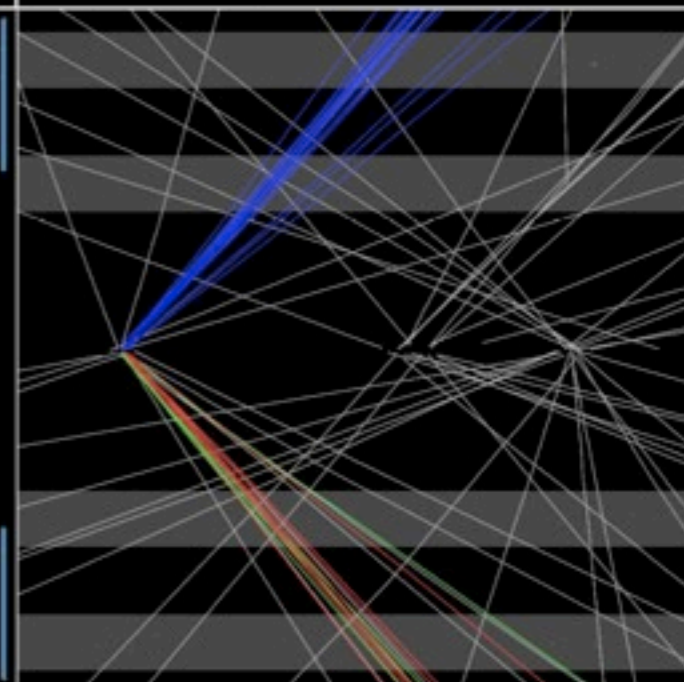
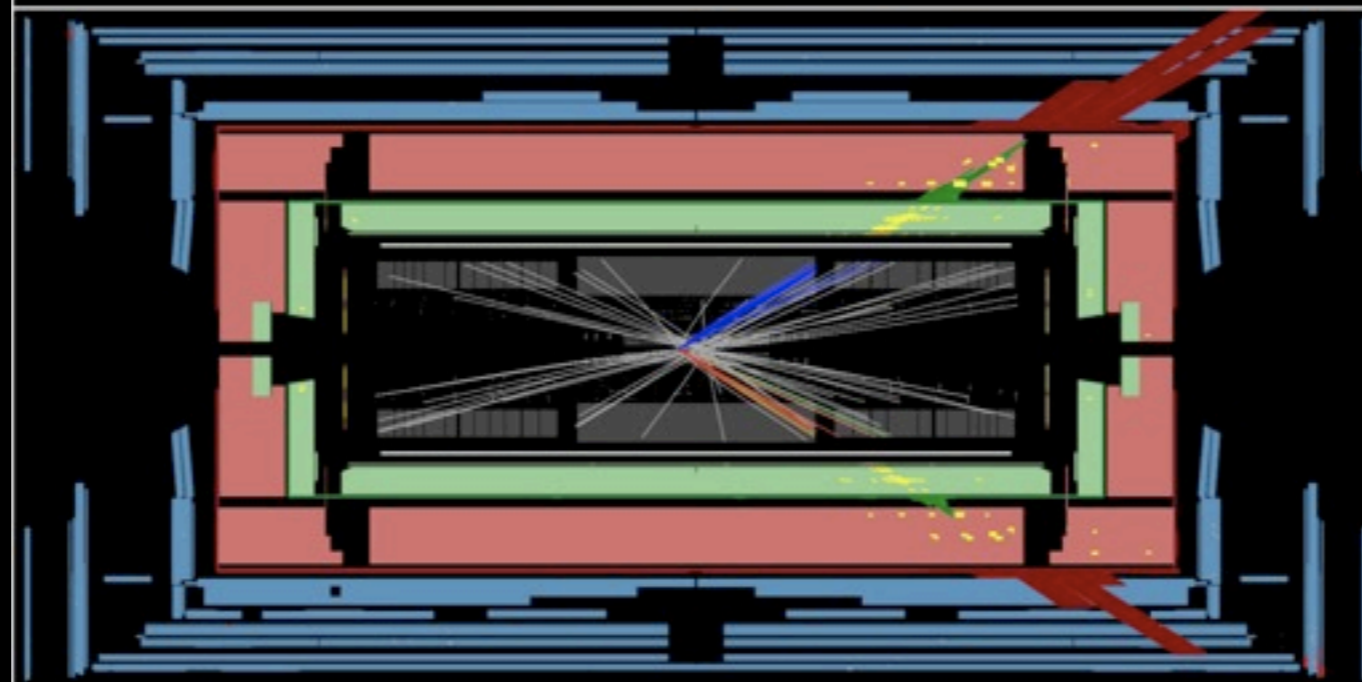
Run Number: 167607, Event Number: 104148673

Date: 2010-10-25 11:44:55 CEST

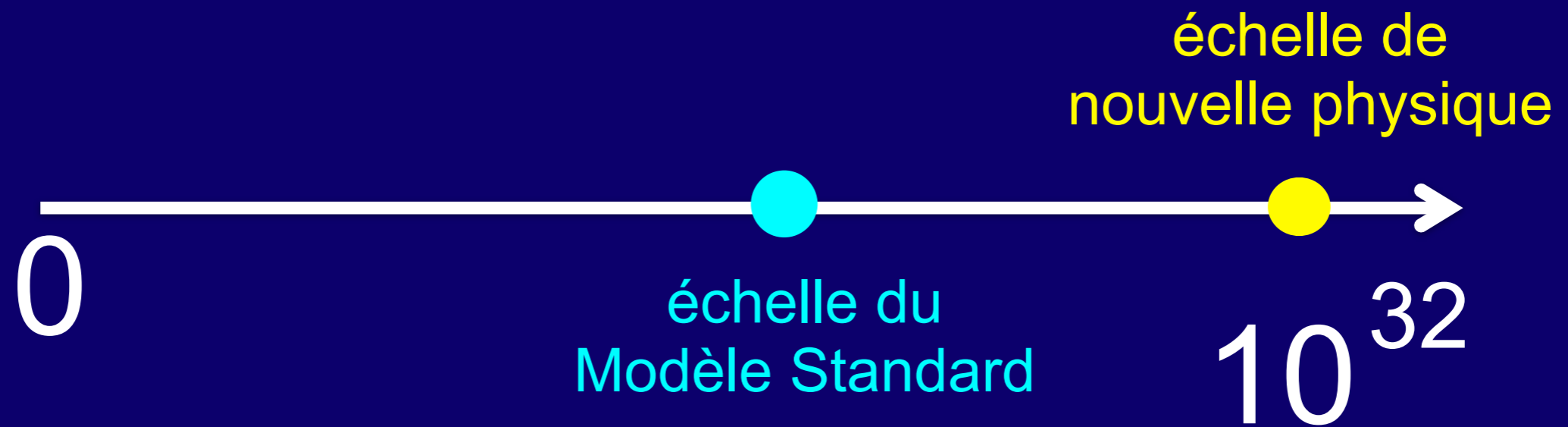
χ^0



Un des événements
candidats trouvés par
l'analyse de SUSY dans
la région du signal de
jet + missing ET



Deuxième mécanisme visant à re-établir la Naturalité



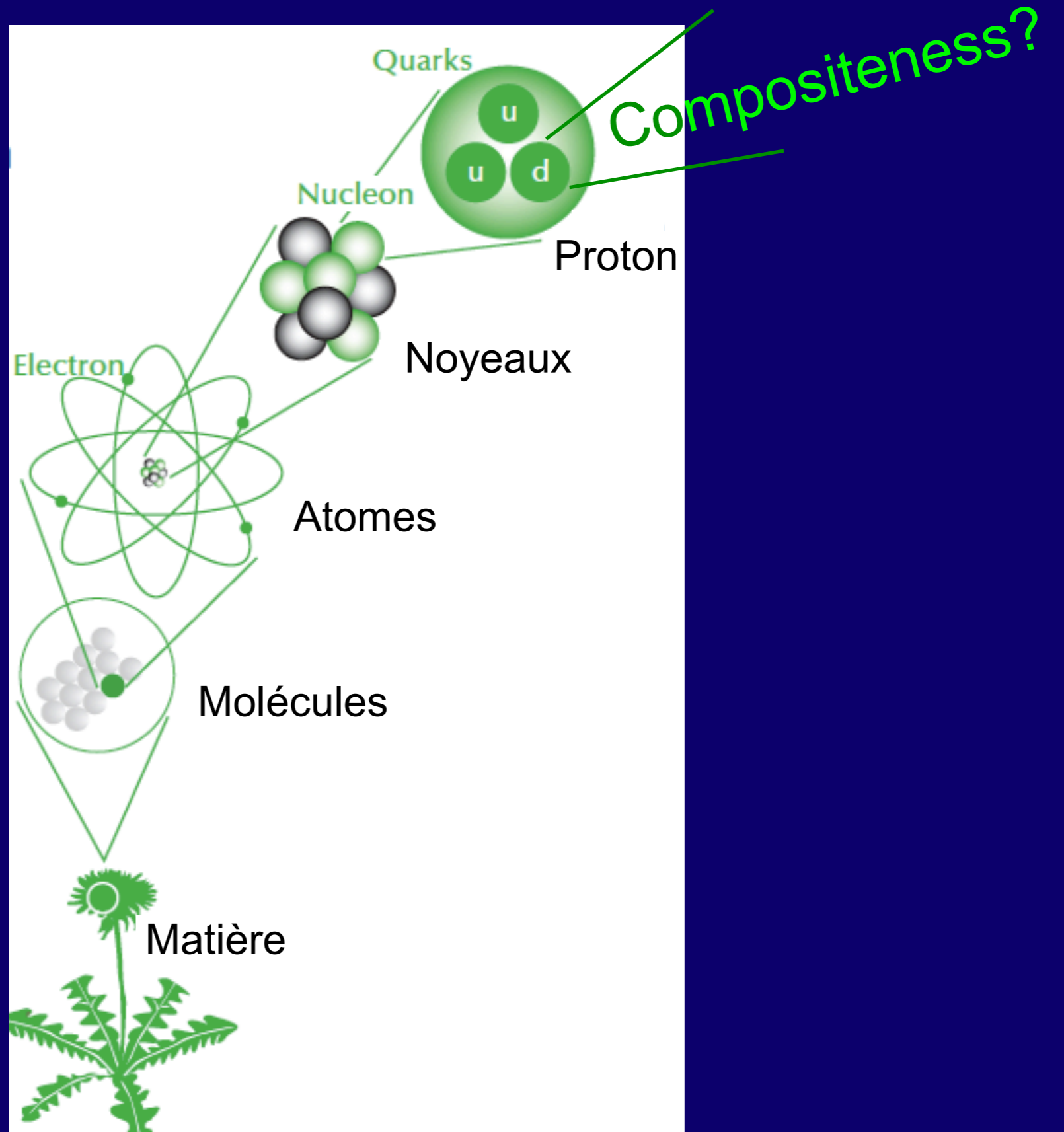
2. Modifier l'échelle des phénomènes

Plusieurs hypothèses:

“Compositeness”

le réductionnisme
scientifique:

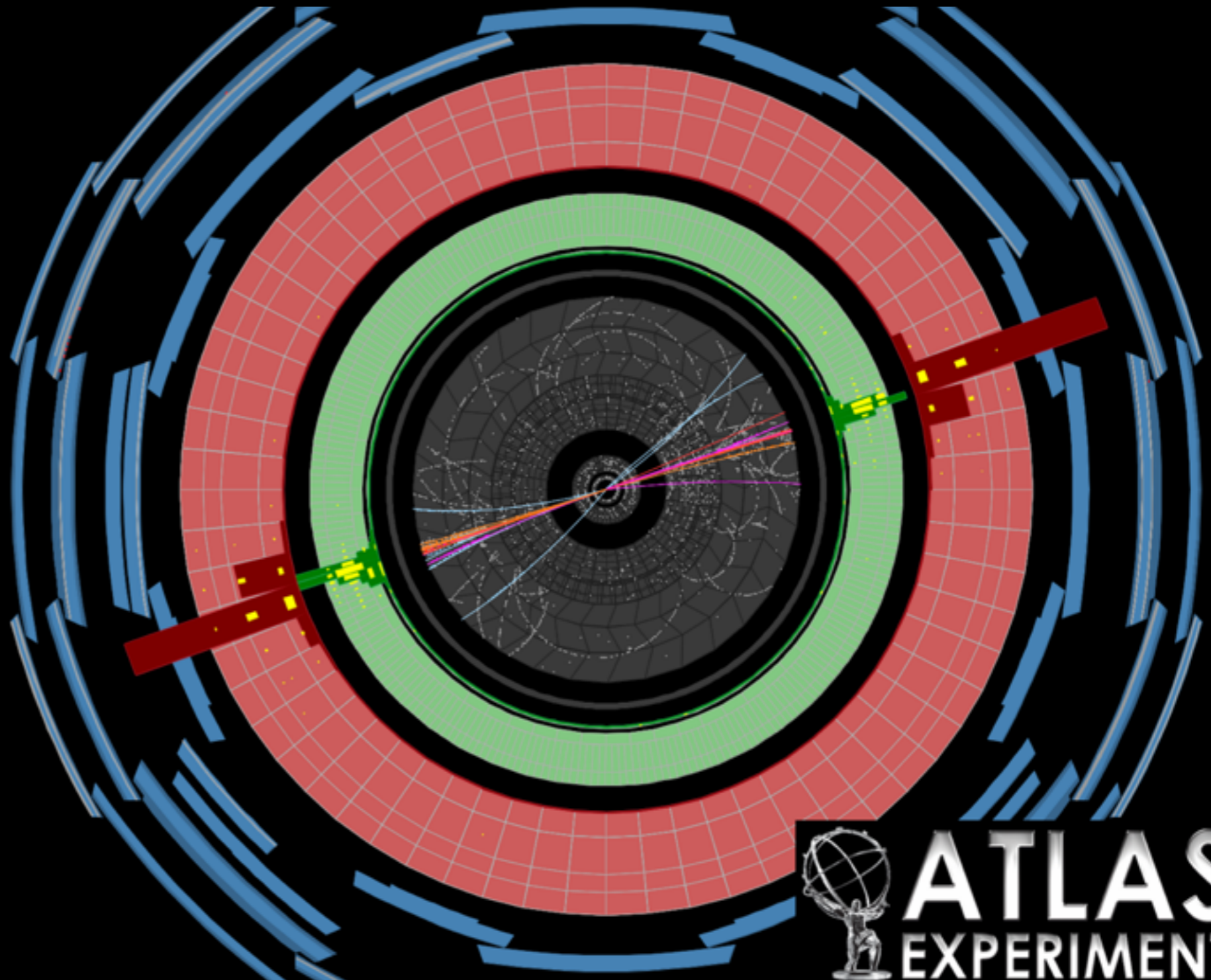
est-il toujours en marche ?



“Compositeness”

Recherche de
Compositeness

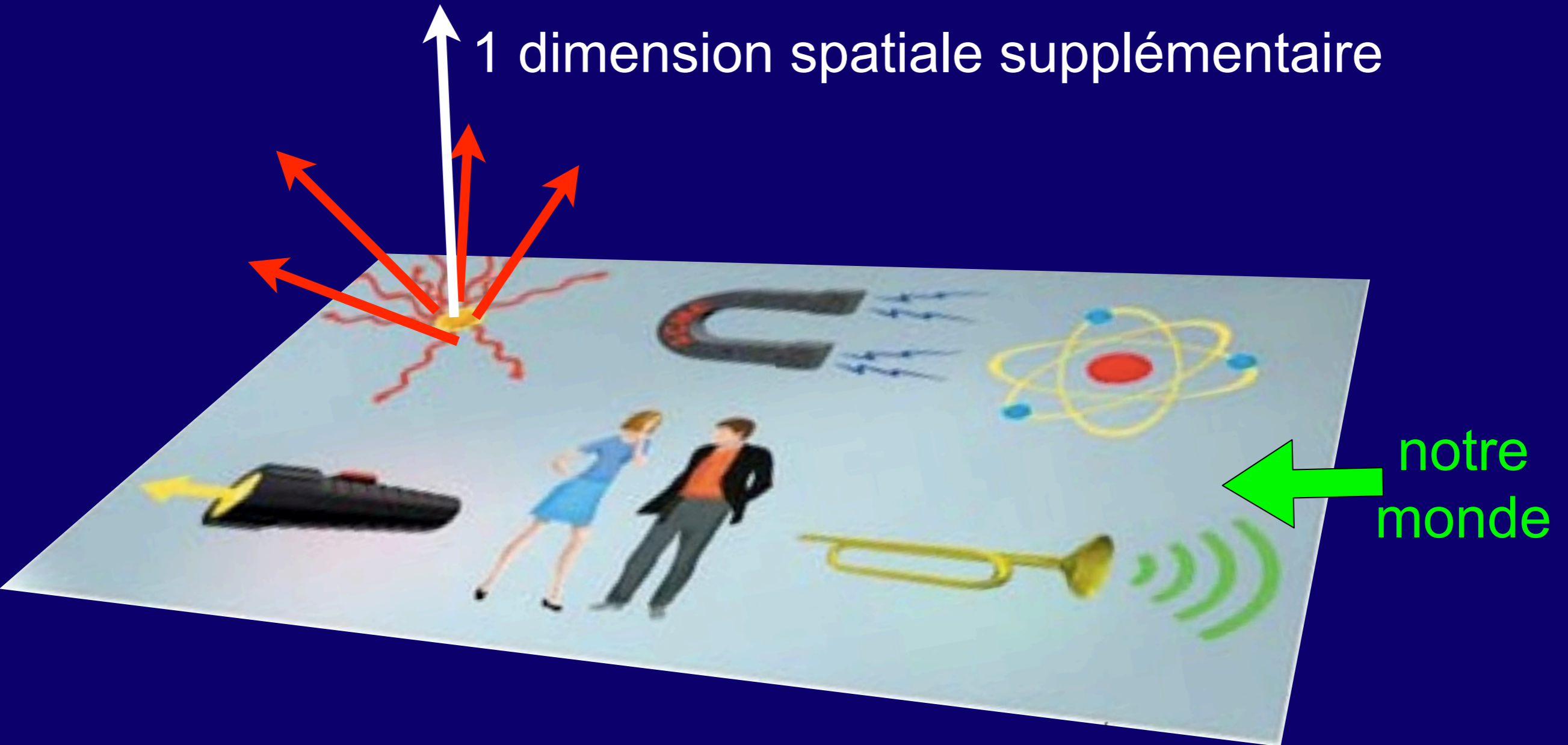
Un des événements candidats trouvés par l’analyse de compositeness dans la région du signal de **deux gerbes avec très haute énergie**



ATLAS
EXPERIMENT

“Extra-Dimensions”

↑ 1 dimension spatiale supplémentaire

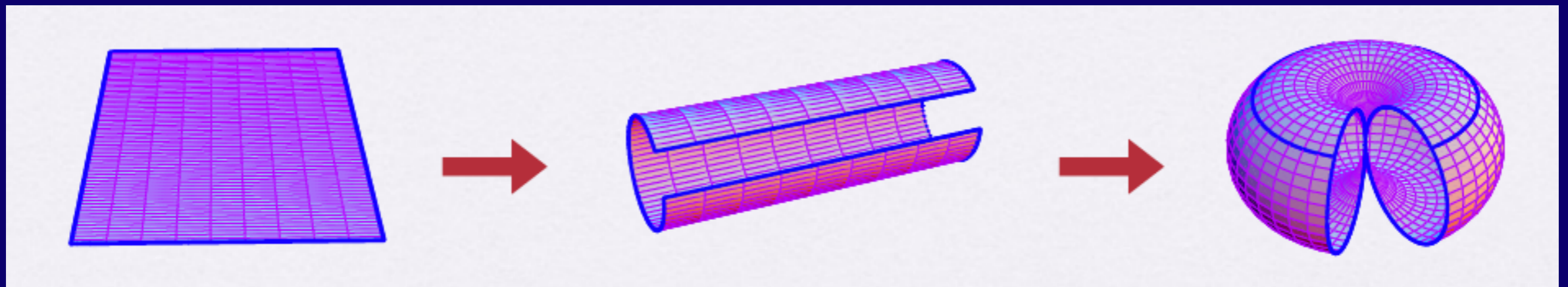


la plupart de la gravité pourrait se propager dans des dimensions supplémentaires, et on mesure seulement la partie qui reste “piégée” dans notre dimensions.

Résultat: **la gravité n'est pas si faible qu'il semble**

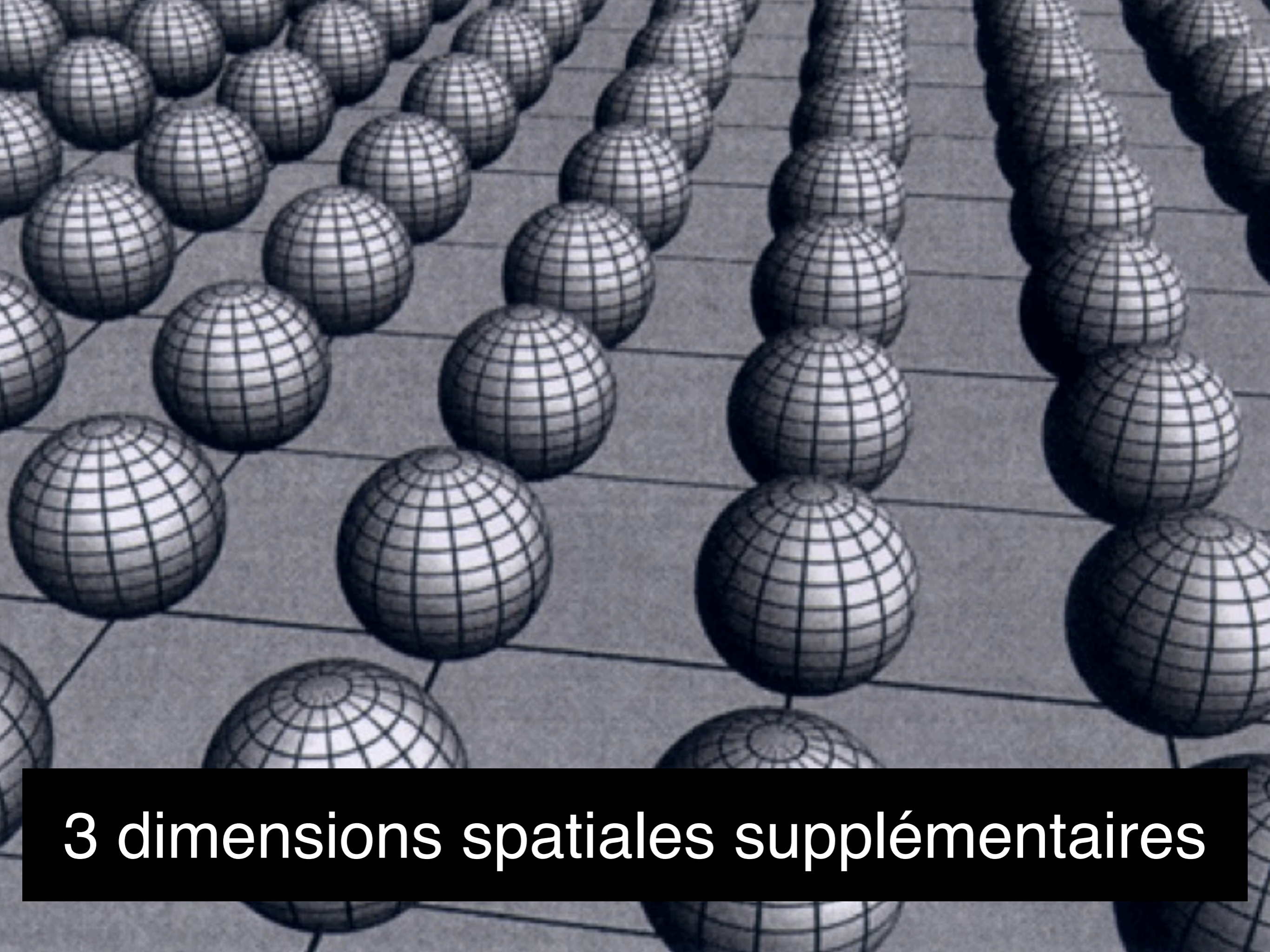
2 dimensions spatiales supplémentaires

compactes



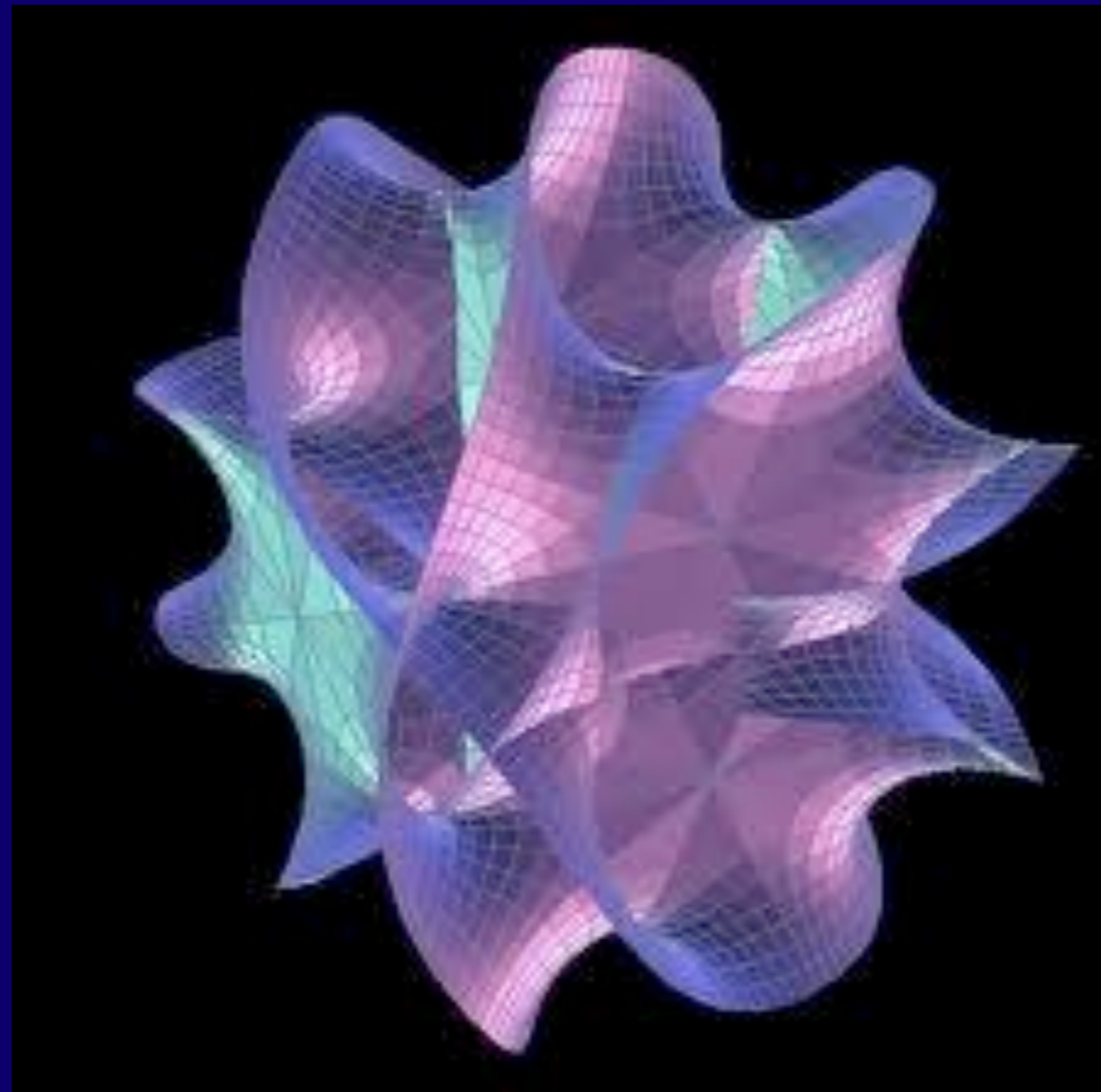


2 dimensions spatiales supplémentaires

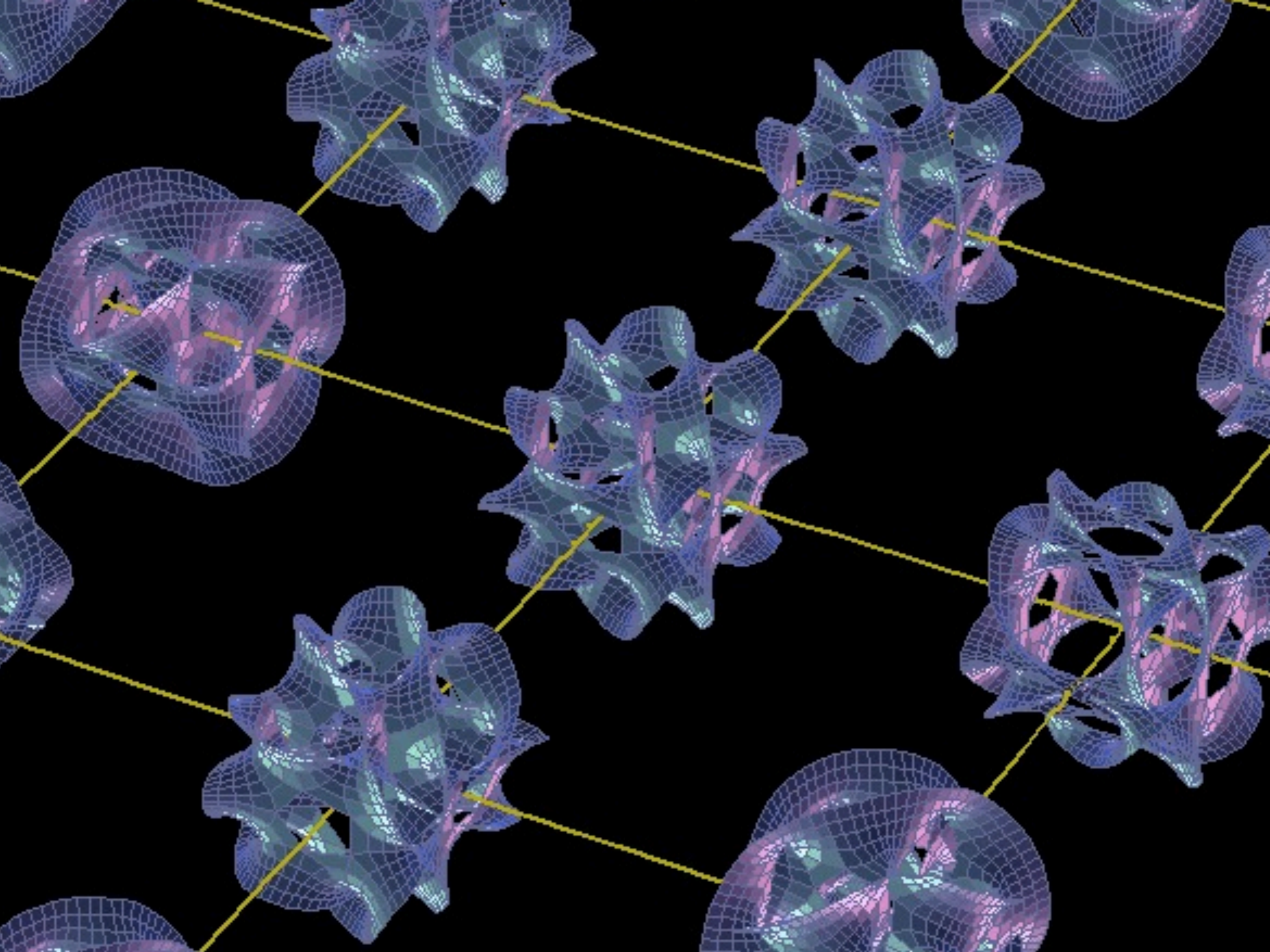


3 dimensions spatiales supplémentaires

Dans la **théorie des cordes**:
“manifold de Calabi-Yau”



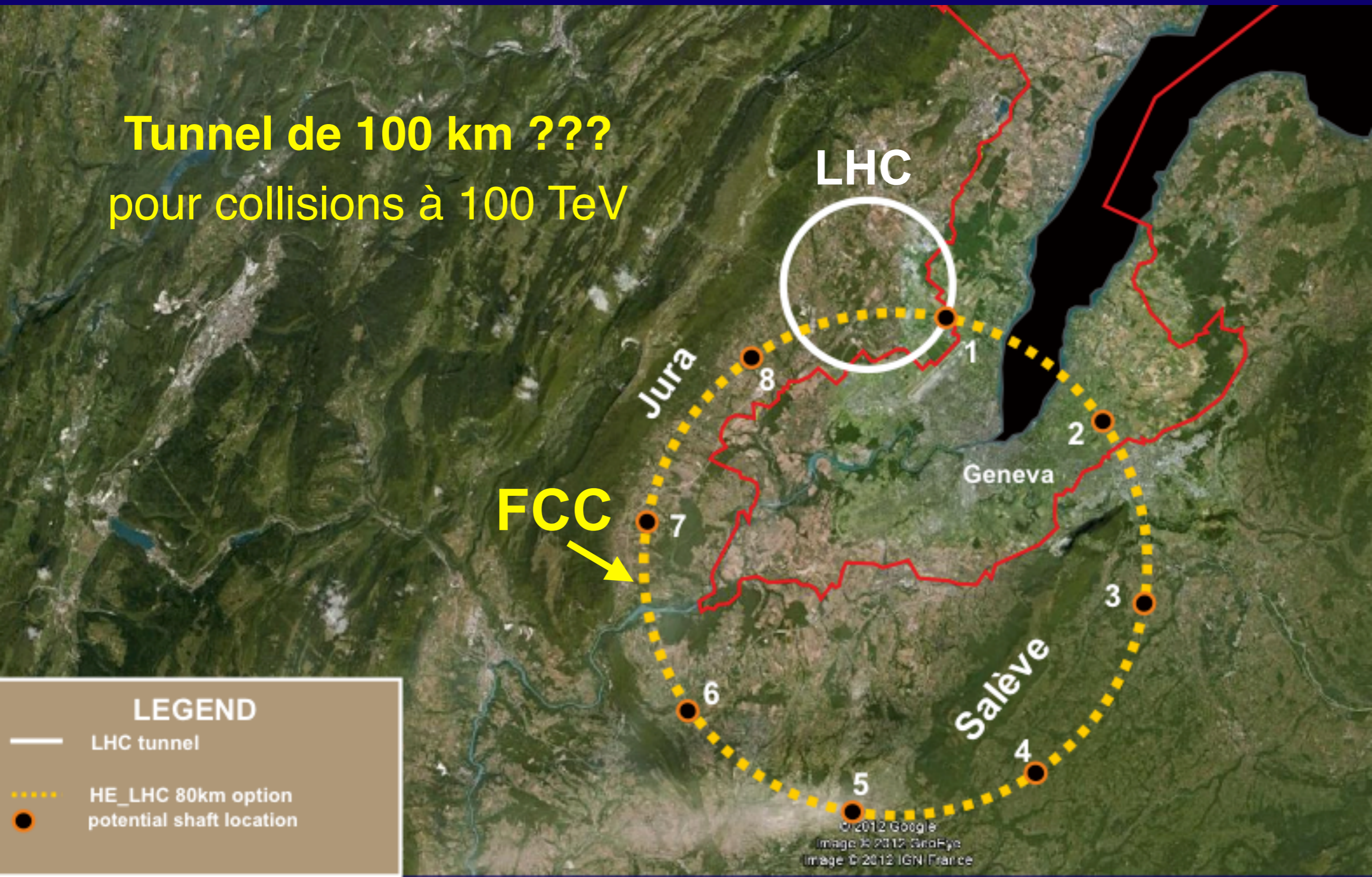
6 dimensions compactes supplémentaires



Le futur, après le LHC

FCC: Future Circular Collider

Tunnel de 100 km ???
pour collisions à 100 TeV



LEGEND

— LHC tunnel

--- HE_LHC 80km option

● potential shaft location

Future Circular Collider Study Kick-off Meeting

12-15 February 2014,
University of Geneva,
Switzerland

LOCAL ORGANIZING COMMITTEE

University of Geneva

C. Blanchard, A. Blondel,
C. Doglioni, G. Iacobucci,
M. Koratzinos

CERN

M. Benedikt, E. Delucinge,
J. Gutleber, D. Hudson,
C. Potter, F. Zimmermann

SCIENTIFIC ORGANIZING COMMITTEE

FCC Coordination Group

A. Ball, M. Benedikt, A. Blondel,
F. Bordry, L. Bottura, O. Brüning,
P. Collier, J. Ellis, F. Gianotti,
B. Goddard, P. Janot, E. Jensen,
J. M. Jimenez, M. Klein, P. Lebrun,
M. Mangano, D. Schulte,
F. Sonnemann, L. Taviani,
J. Wenninger, F. Zimmermann

FCC Kick-off meeting
12-15 fevrier 2014
à l'Université de Genève
UNI-MAIL

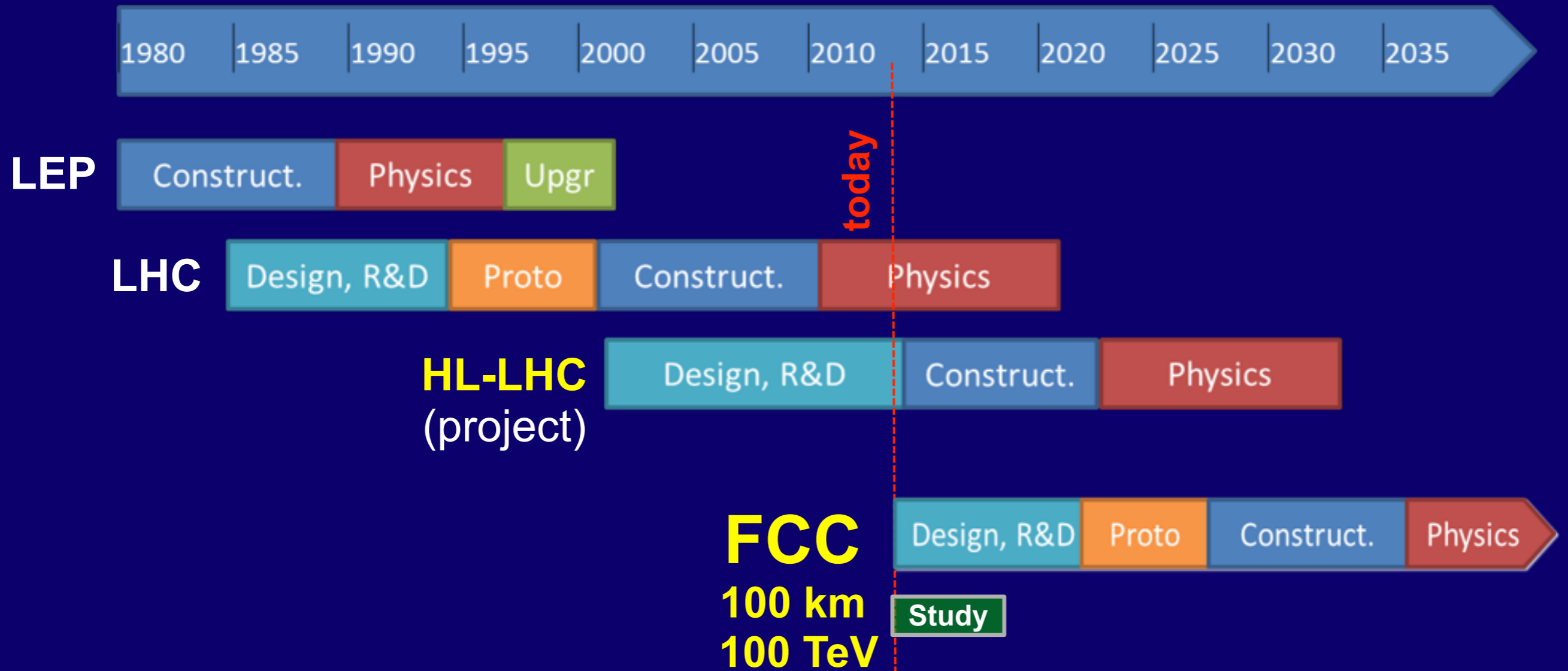


UNIVERSITÉ
DE GENÈVE



[http://indico.cern.ch/
e/fcc-kickoff](http://indico.cern.ch/e/fcc-kickoff)

FCC: Future Circular Collider



En conclusion

- Avec **la découverte du Higgs** on a complètement dévoilé $E = mc^2$, bien au-delà de ce que Einstein avait imaginé
- On est au carrefour entre un **Multivers avec réglage très fin** et un **Univers “naturel”**:
supersymétrique ? extra-dimensions ? compositeness ? ...
- La recherche à l’LHC est juste au début:
 - nous avons pris seulement 5% des données prévues et
 - à moitié de l’énergie maximale de l’accélérateur. On redémarre en 2015.
- La “naturalité” et la matière sombre suggèrent que la nouvelle physique devrait être à la portée du LHC