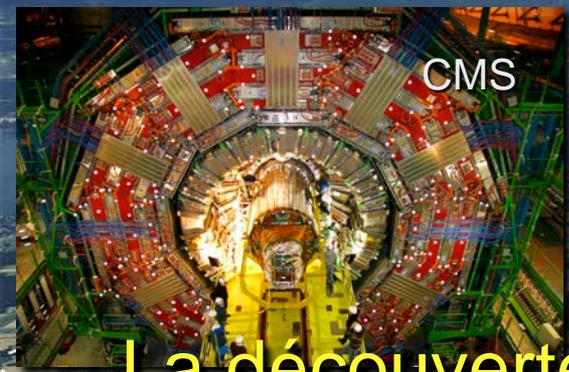
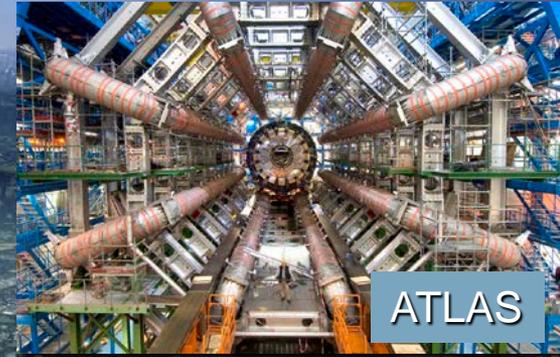


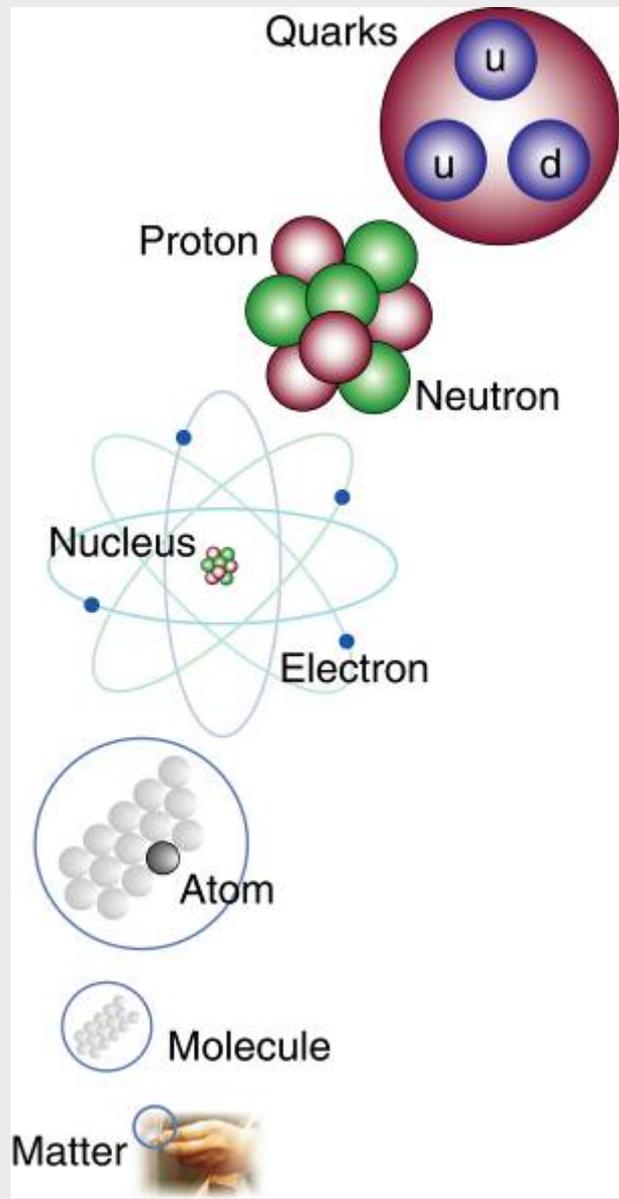
Un nouveau palier de la connaissance



La découverte du boson de Brout, Englert et Higgs
et les deux infinis
Une aventure scientifique hors normes



Les particules élémentaires et leurs interactions



	matter particles			gauge	particles
	1st gen.	2nd gen.	3rd gen.		
Q U A R K	<i>u</i> up	<i>c</i> charm	<i>t</i> top	Strong Force <i>g</i> x8 <i>Gluon</i>	
	<i>d</i> down	<i>s</i> strange	<i>b</i> bottom		Electro-Magnetic Force <i>γ</i> <i>photon</i>
L E P T O N	<i>ν_e</i> <i>e neutrino</i>	<i>ν_μ</i> <i>μ neutrino</i>	<i>ν_τ</i> <i>τ neutrino</i>		Weak Force <i>W⁺</i> <i>W⁻</i> <i>Z</i> <i>W bosons</i> <i>Z boson</i>
scalar particle(s)				<i>H</i> <i>Higgs</i>	

Elements of the Standard Model



4 Juillet 2012: “Les expériences du CERN

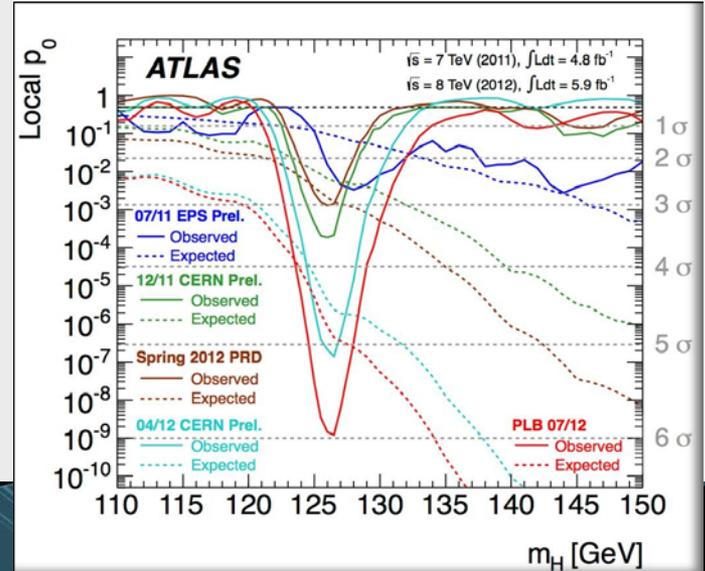
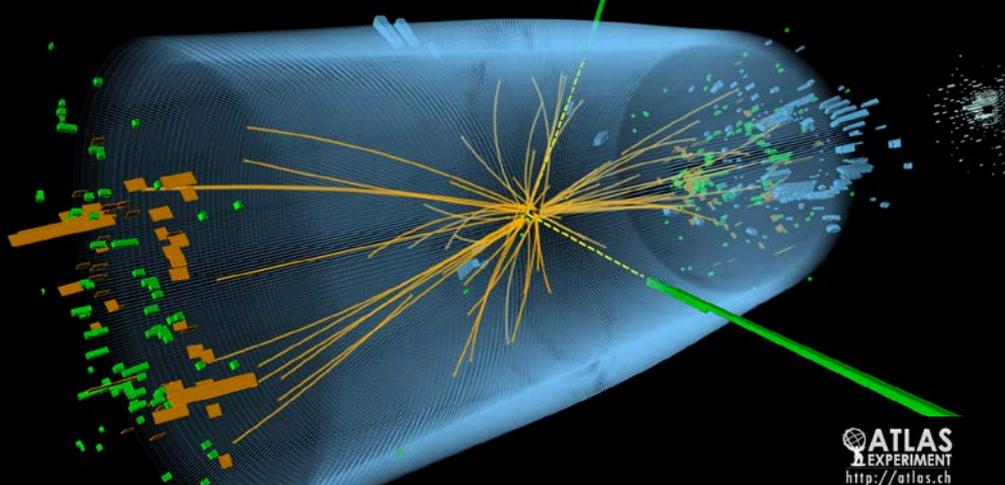
observent une particule dont les caractéristiques sont compatibles avec celles du boson de Higgs”



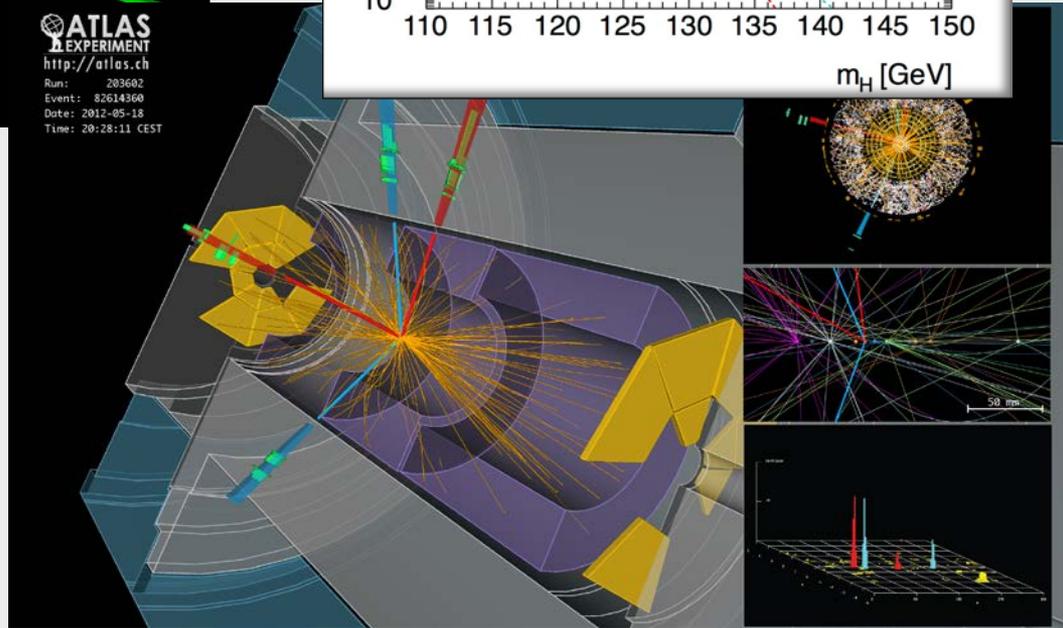
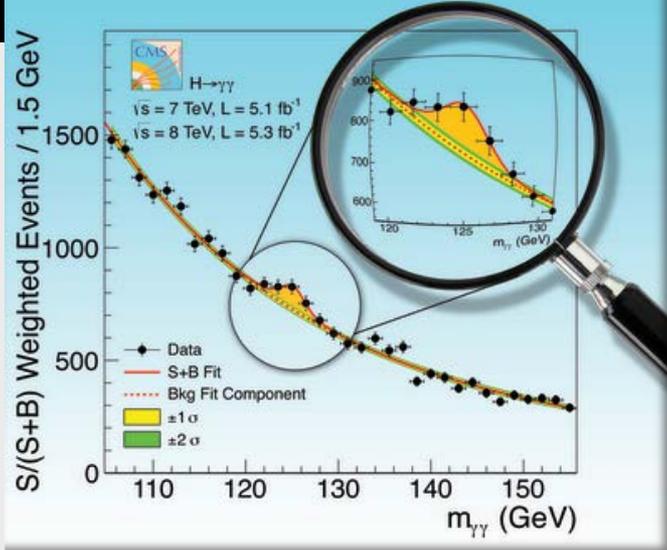
4 Juillet 2012: "Les expériences du CERN

observent une particule dont les caractéristiques sont compatibles avec celles du boson de Higgs"

CMS Experiment at the LHC, CERN
 Data recorded: 2012-May-13 20:08:14 621490 GMT
 Run/Event: 194108 / 564224000



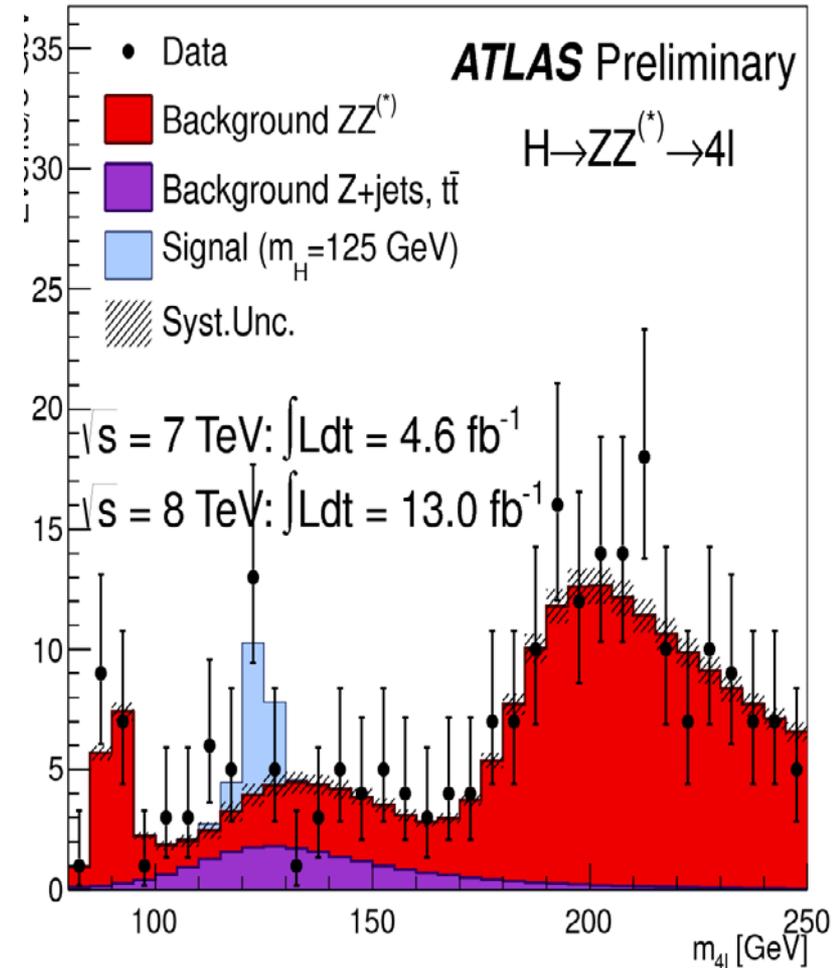
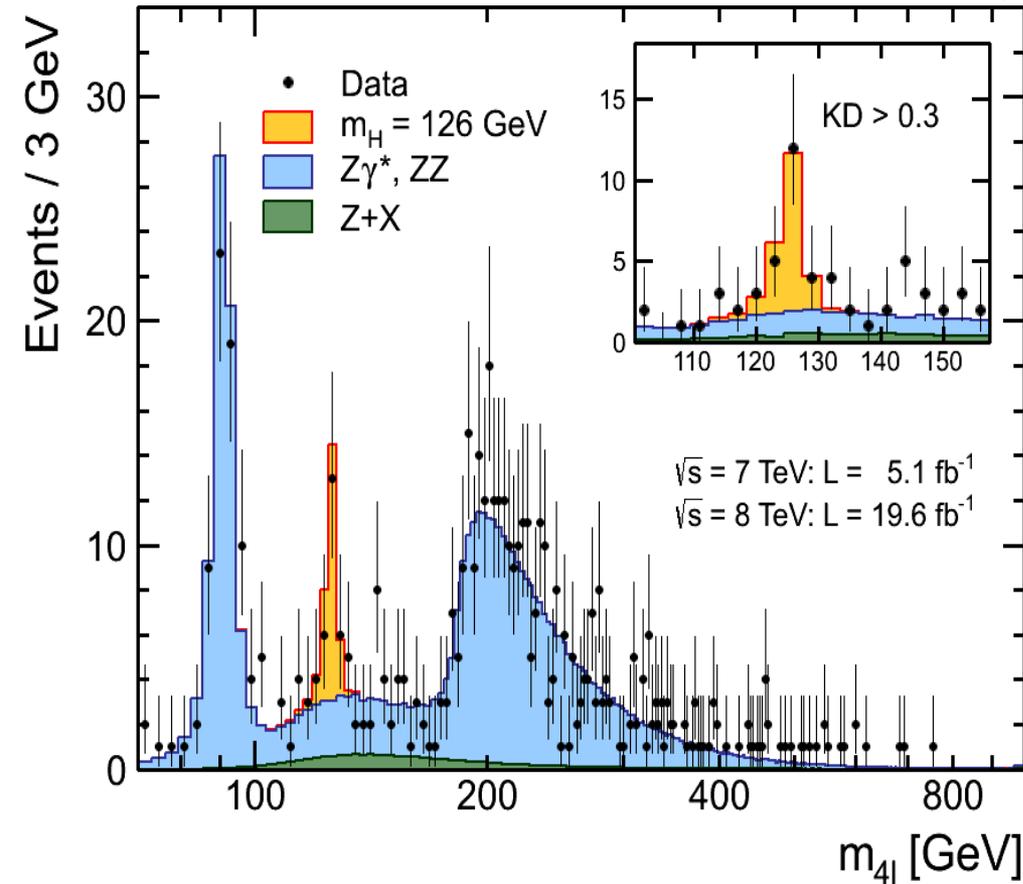
ATLAS
 EXPERIMENT
<http://atlas.ch>
 Run: 203602
 Event: 82614360
 Date: 2012-05-18
 Time: 20:28:11 CEST



Last LHC results: 2011 + 2012 (20 fb⁻¹)

SCALAR BOSON OF SPIN 0 STRONGLY INDICATED!

CMS preliminary



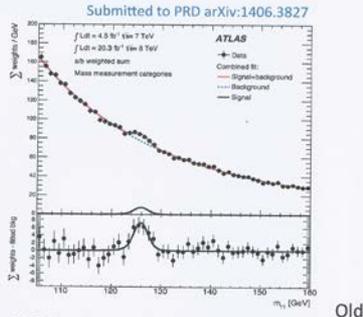
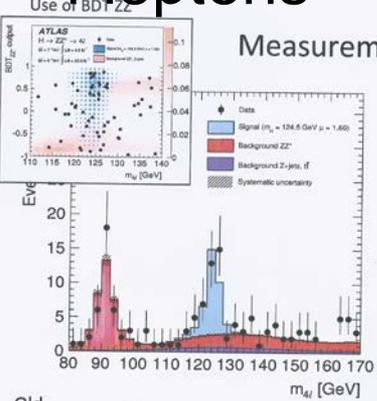
JUILLET 2014

ATLAS

4 leptons

2 γαμασ

Measurement of the Higgs boson mass



126.8 ± 0.2 (stat) ± 0.7 (syst) GeV

Expected mass shift -450 +/- 350 MeV

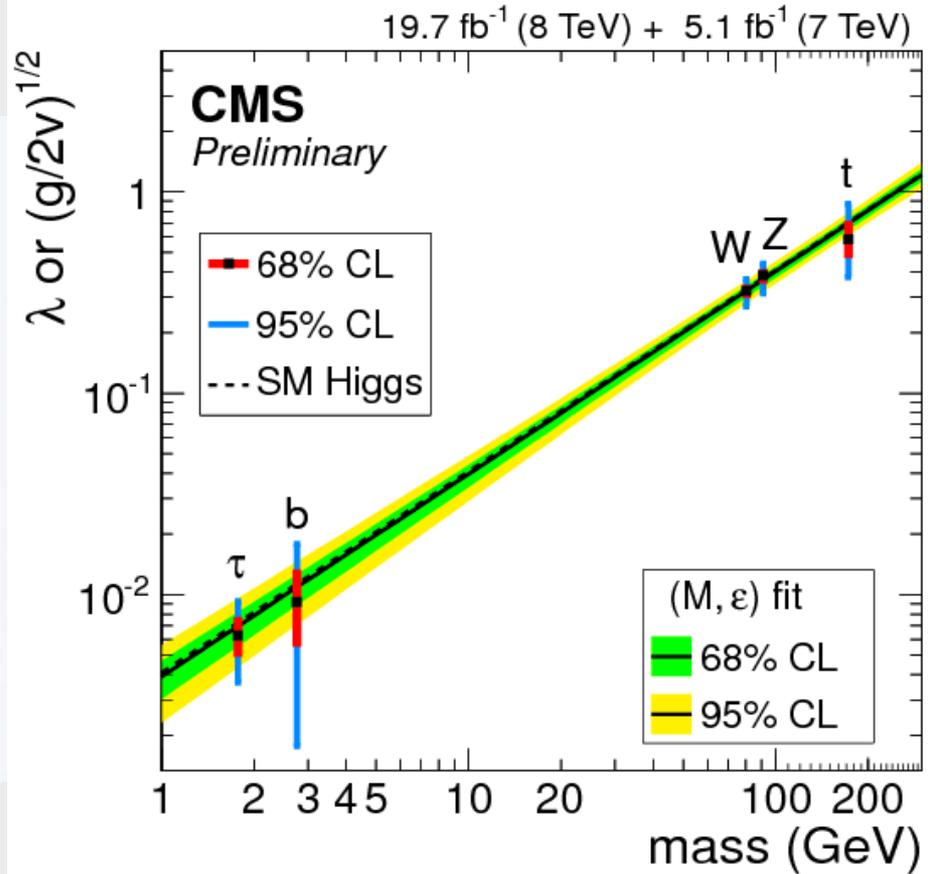
125.98 ± 0.42 (stat) ± 0.28 (syst) GeV

- Large improvement on systematics
- Increase in stat uncertainty in diphoton:
 - Lower signal rate
 - Fluctuation of the error (exp. 0.35 GeV)

Old 124.3^{+0.6}_{-0.5} (stat) ± 0.5_{-0.3} (syst) GeV

124.51 ± 0.52 (stat) ± 0.06 (syst) GeV

- Analyses improvements
 - Categories for mass in the diphoton
 - BDT-ZZ, for FSR corrections

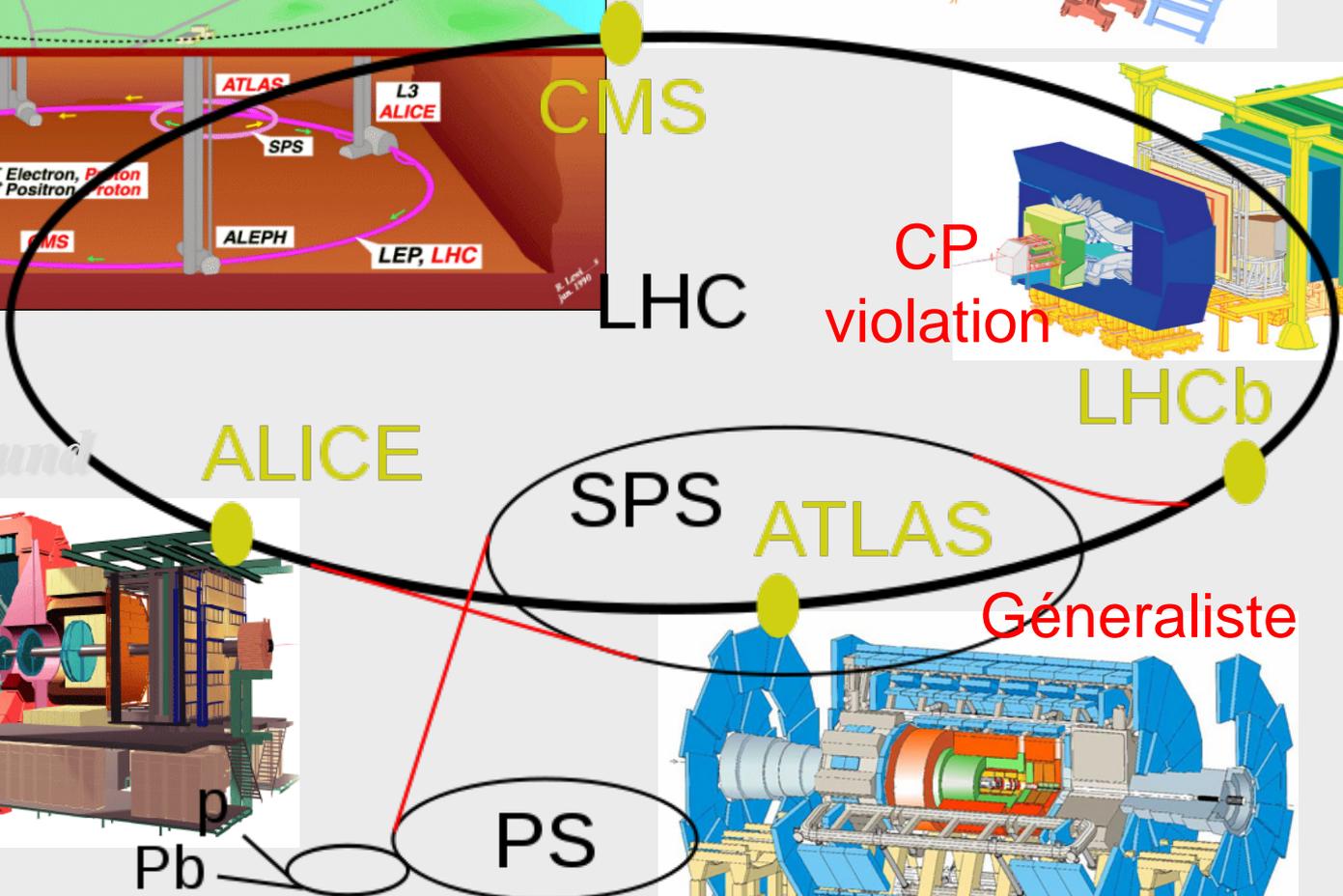
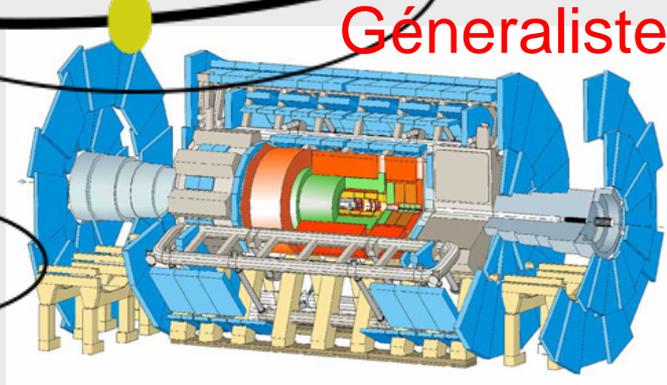
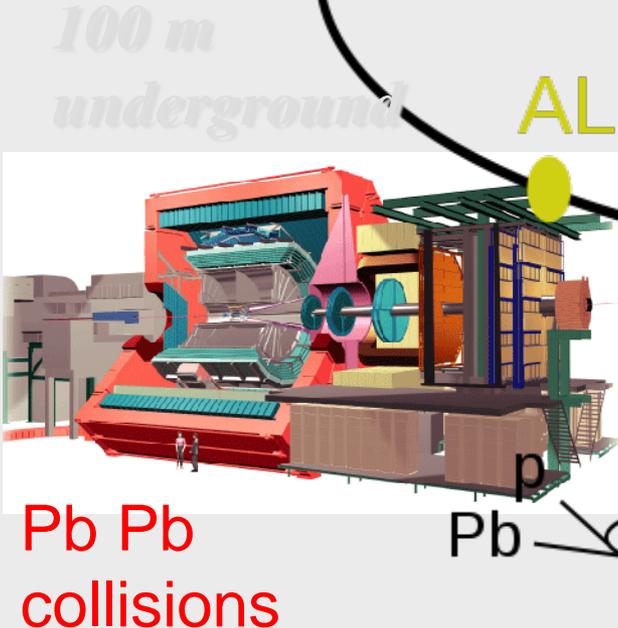
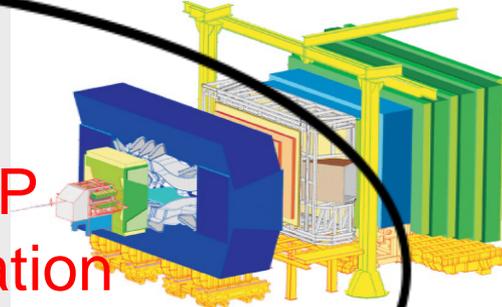
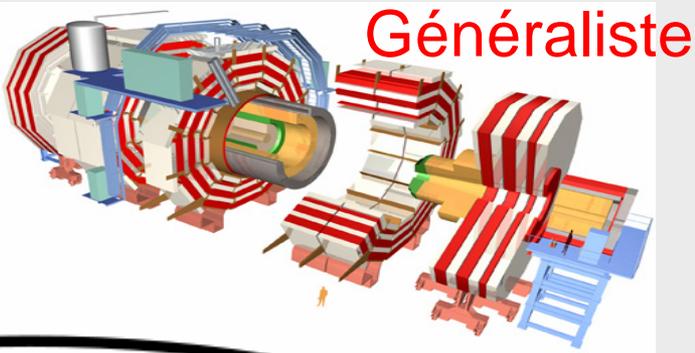
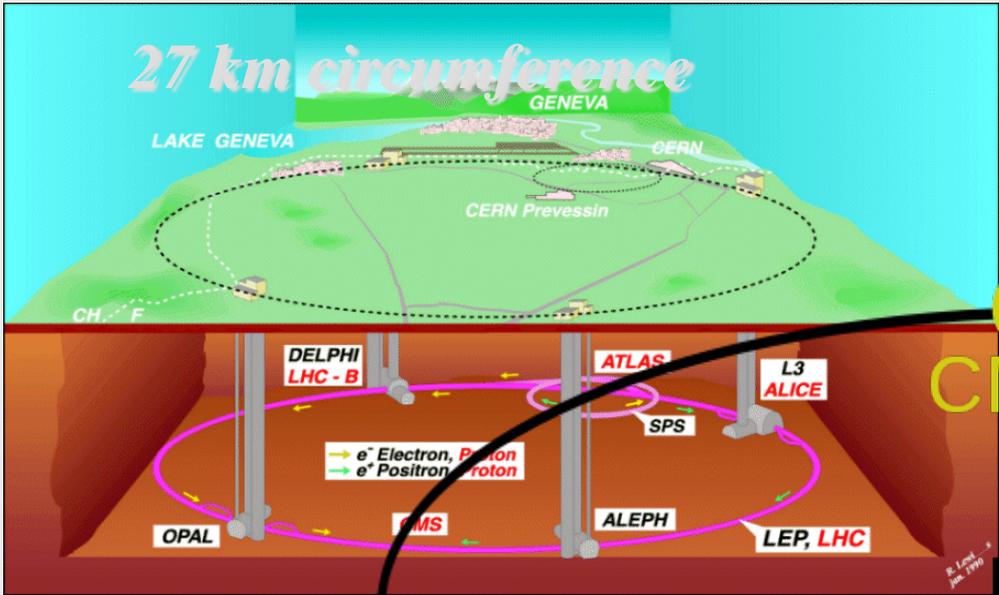


**A total of 15 physics papers and 100 conference notes!
A fantastic year for ATLAS!**



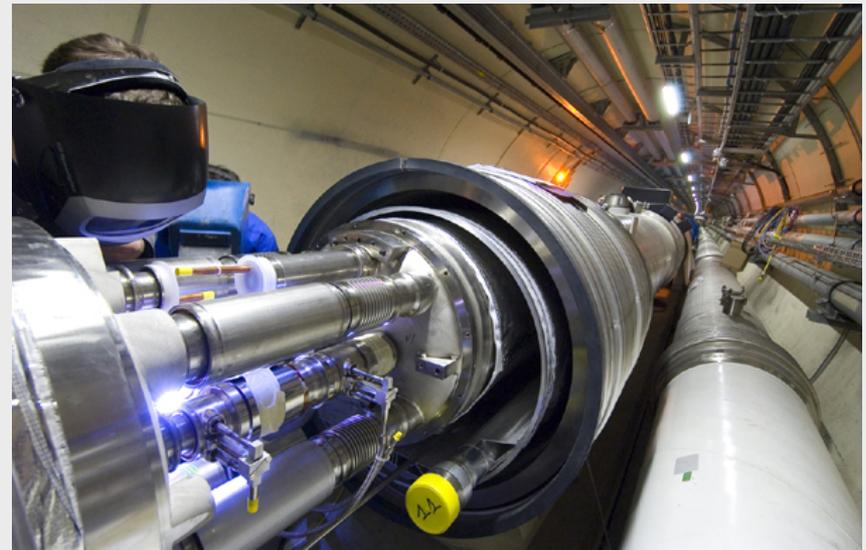
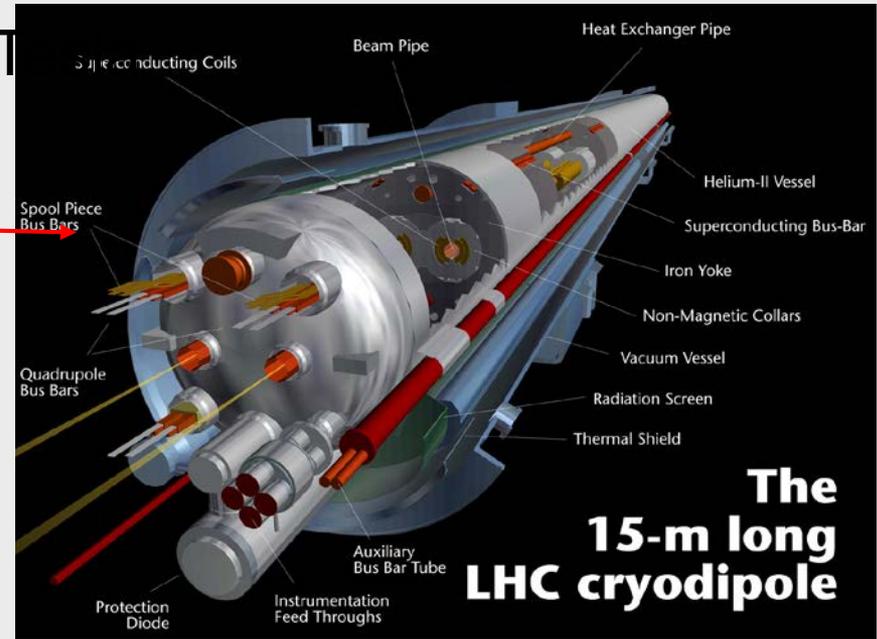
**huge thanks to the LHC team for delivering such beautiful
data to the experiments!**

huge thanks to the collaborating institutes and funding



Le “ Large Hadron Collider “

Champ magnétique à 7 TeV: 8.33 T
T bain Hélium superfluide: 1.9 K
Nb. D'aimants: ~9300
Nb. dipôles: 1232
Nb. quadrupoles: ~858
Nb. aimants de correction: ~6208
Nb. de cavités RF: 8 / faisceau;
Puissance électrique: 120 MW



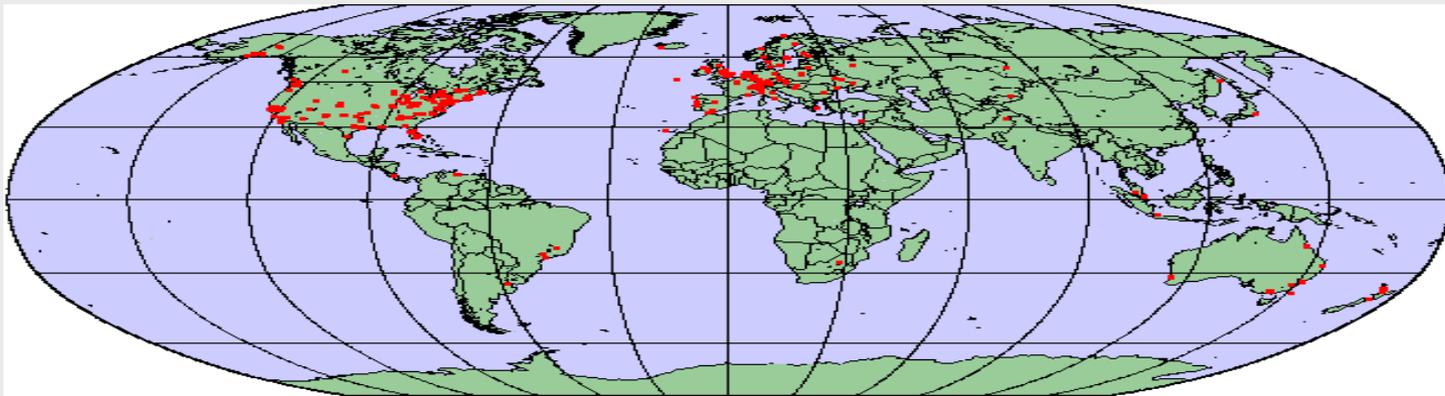
Computing pour LHC

- **Problème:** même le centre de calcul du CERN ne peut fournir qu'une partie des ressources nécessaires (1 milliard de collisions par seconde)

Europe:
267 instituts
4603 utilisateurs

Ailleurs:
208 instituts
1632 utilisateurs

- **Solution:** Les centres de traitement qui étaient isolés dans le passé, ont été connectée, **en interconnectant ainsi toutes les ressources auxquelles ont accès les utilisateurs du monde entier (la Grille de calcul qui a donné depuis le Cloud Computing)**

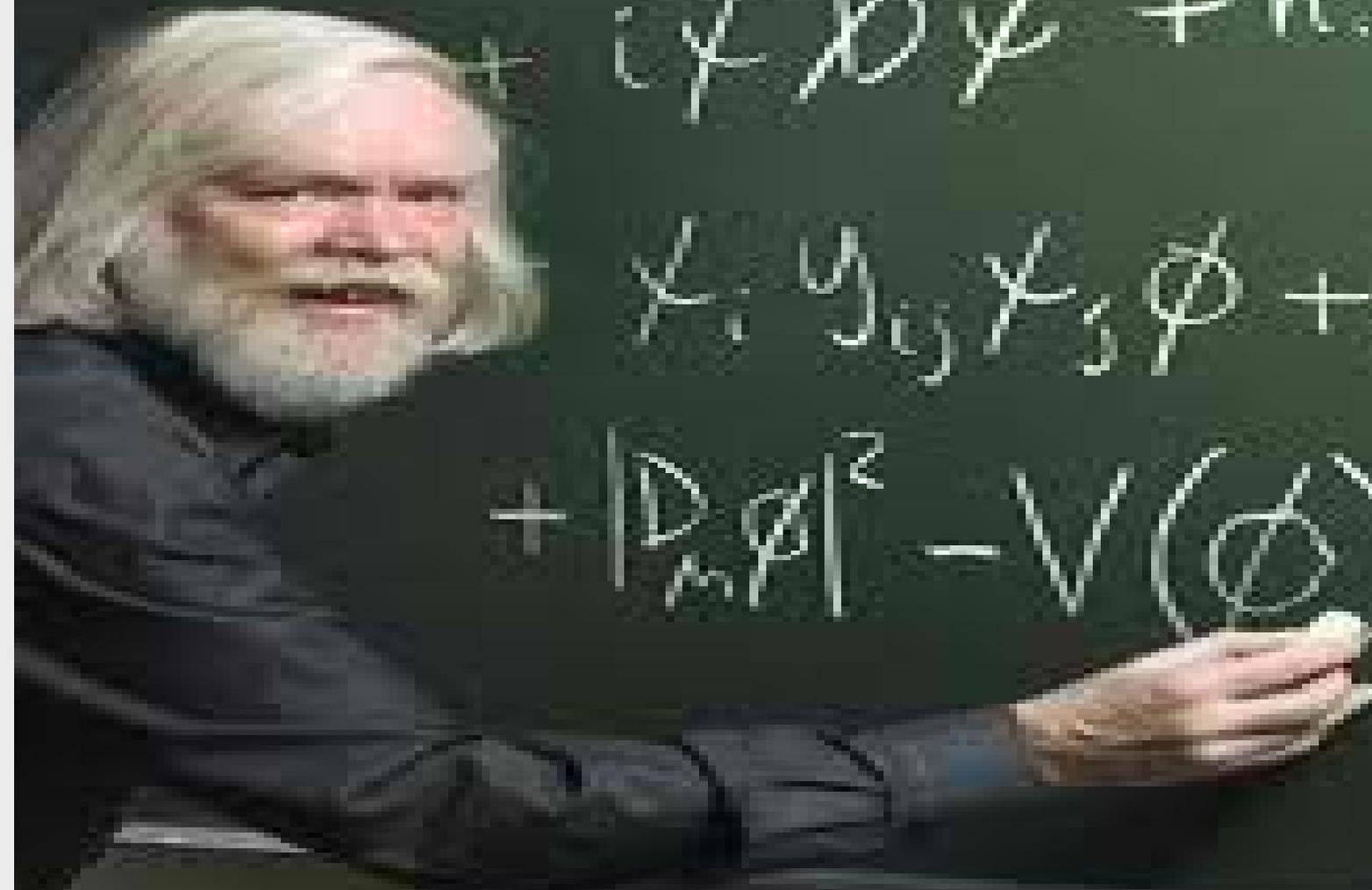


$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$$

$$+ \bar{\psi} \not{D} \psi + h.c.$$

$$\mathcal{L}_f = \bar{\psi}_f \not{D} \psi_f + h.c.$$

$$+ \frac{1}{2} D_\mu \phi^2 - V(\phi)$$



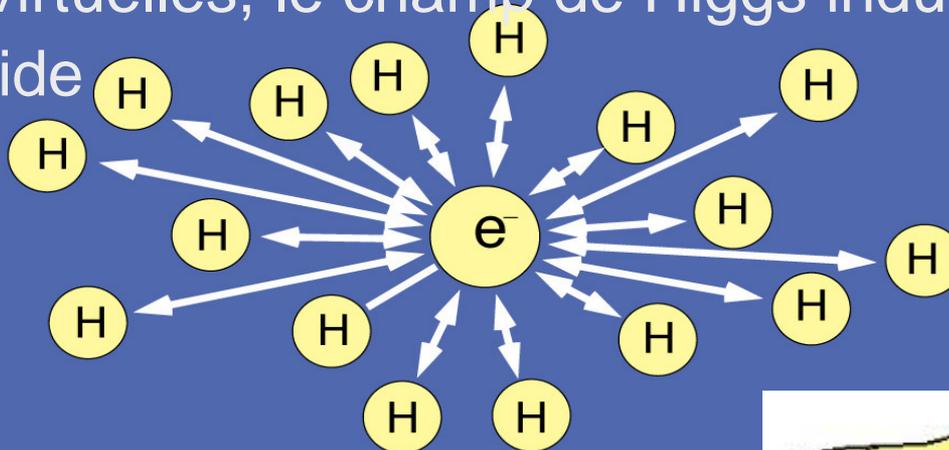
Mécanisme de Brout, Englert et Higgs

Qu'est-ce que le vide ?

❑ Plein de particules virtuelles non détectables: les fluctuations quantiques

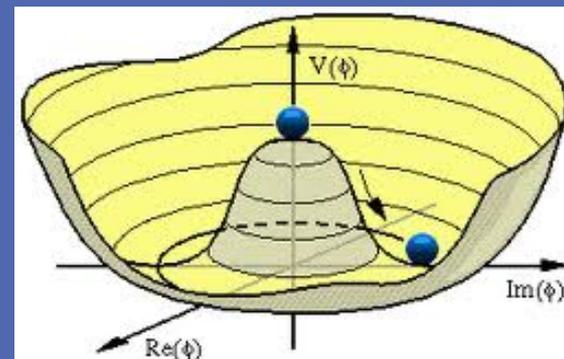


❑ Les particules virtuelles, le champ de Higgs induisent une "viscosité" du vide



Le chapeau mexicain

**Mais encore fallait-il découvrir une
particule de Brout, Englert et Higgs ...**

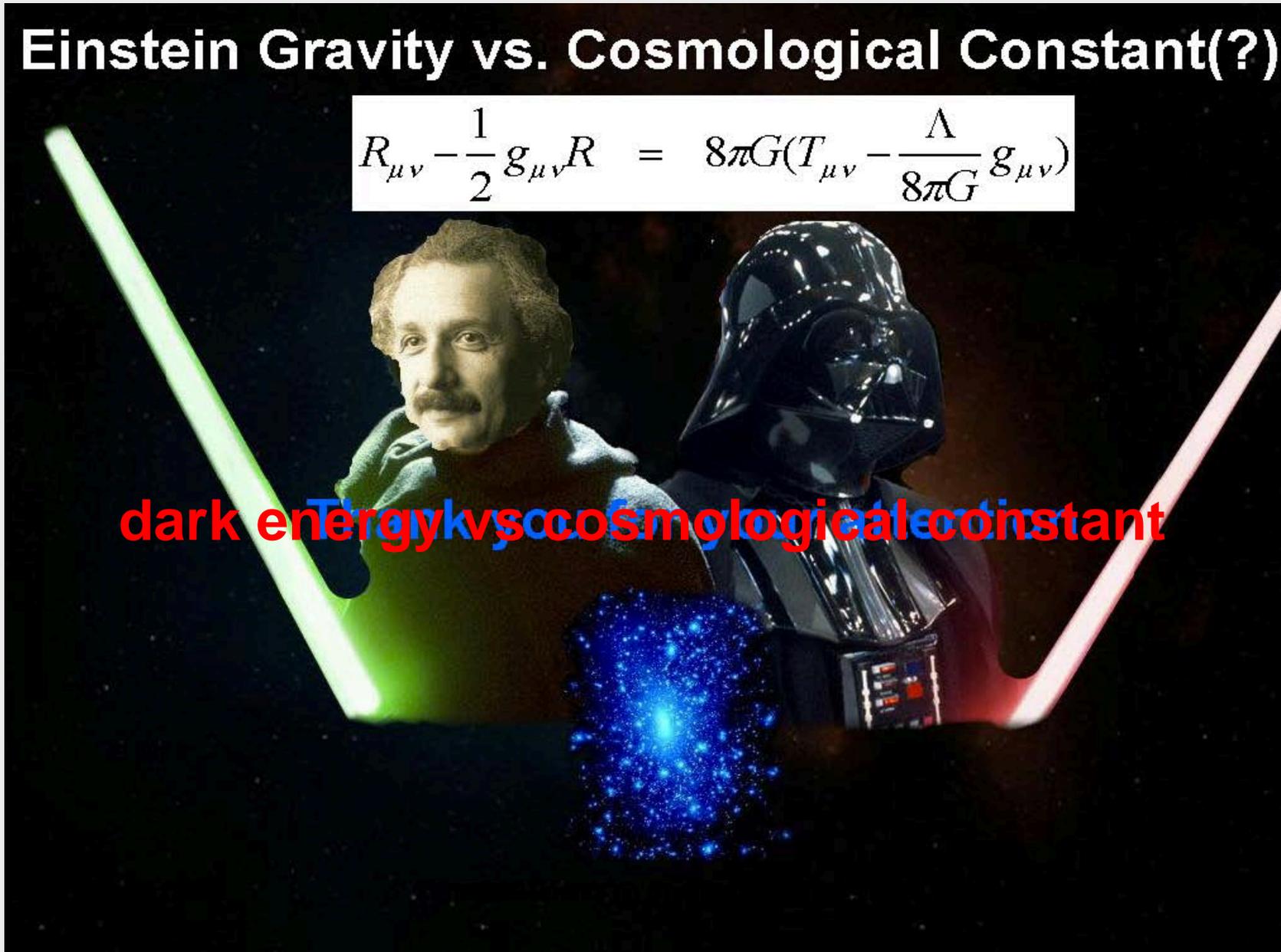


Einstein Gravity vs. Cosmological Constant(?)

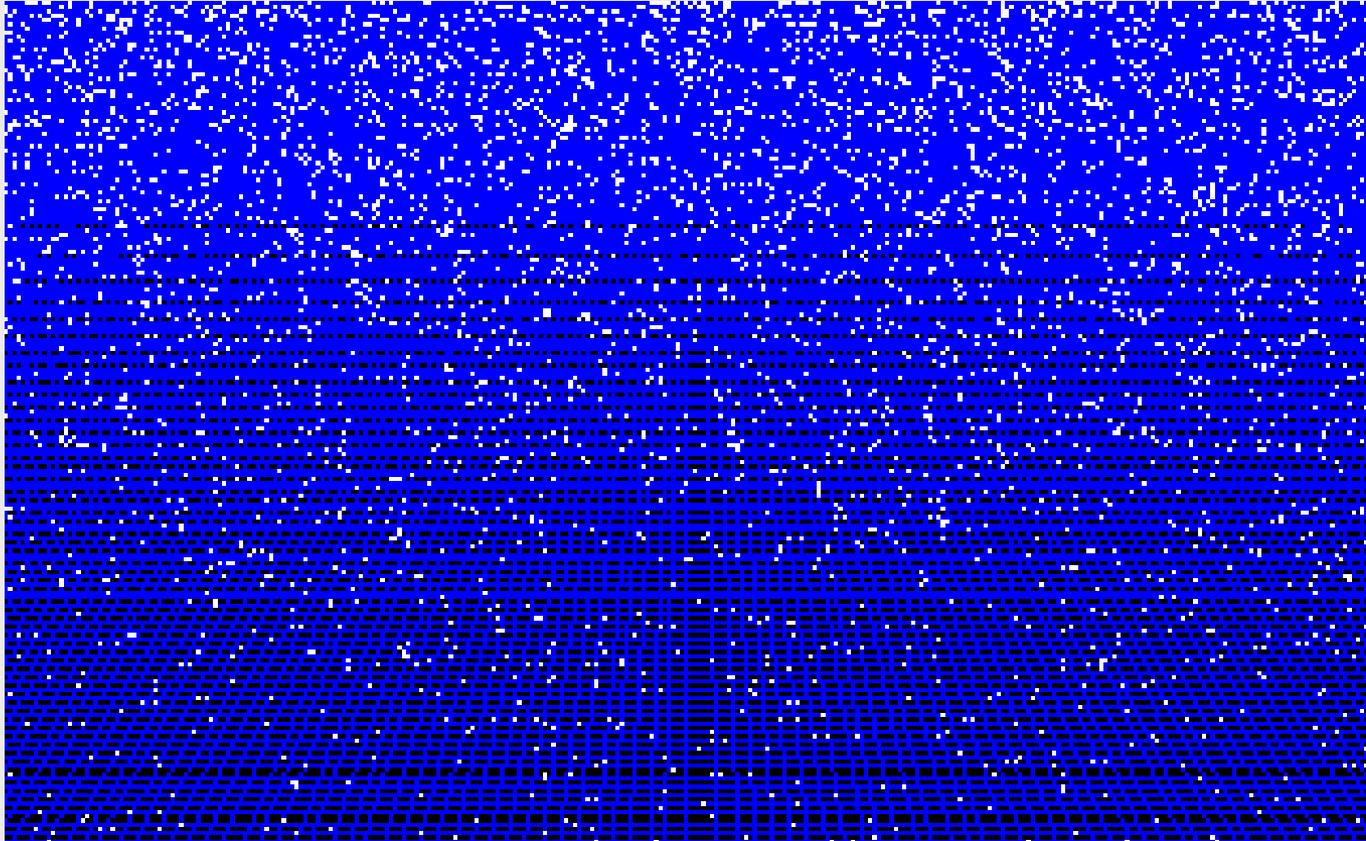
$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = 8\pi G(T_{\mu\nu} - \frac{\Lambda}{8\pi G}g_{\mu\nu})$$

dark energy vs cosmological constant

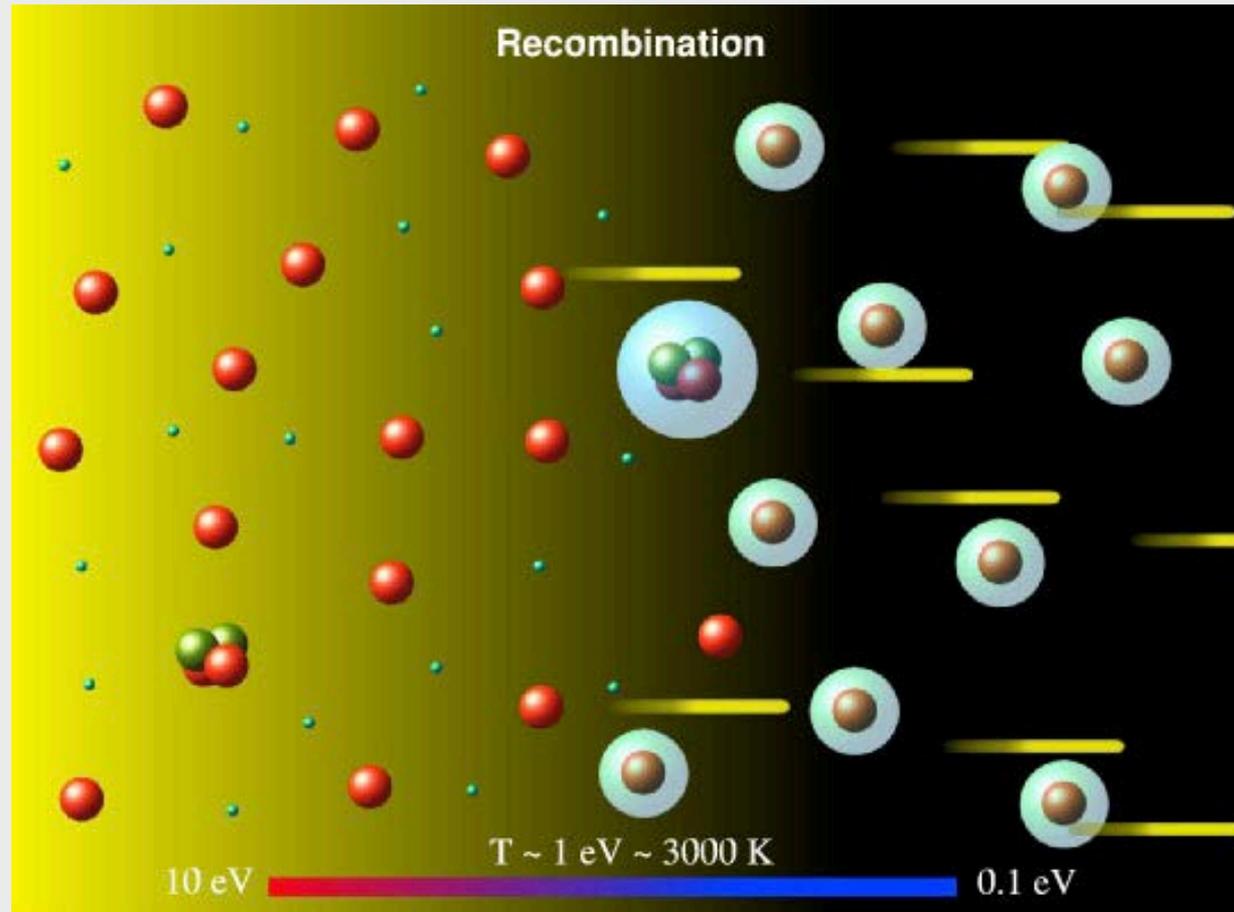
Thank you for your attention



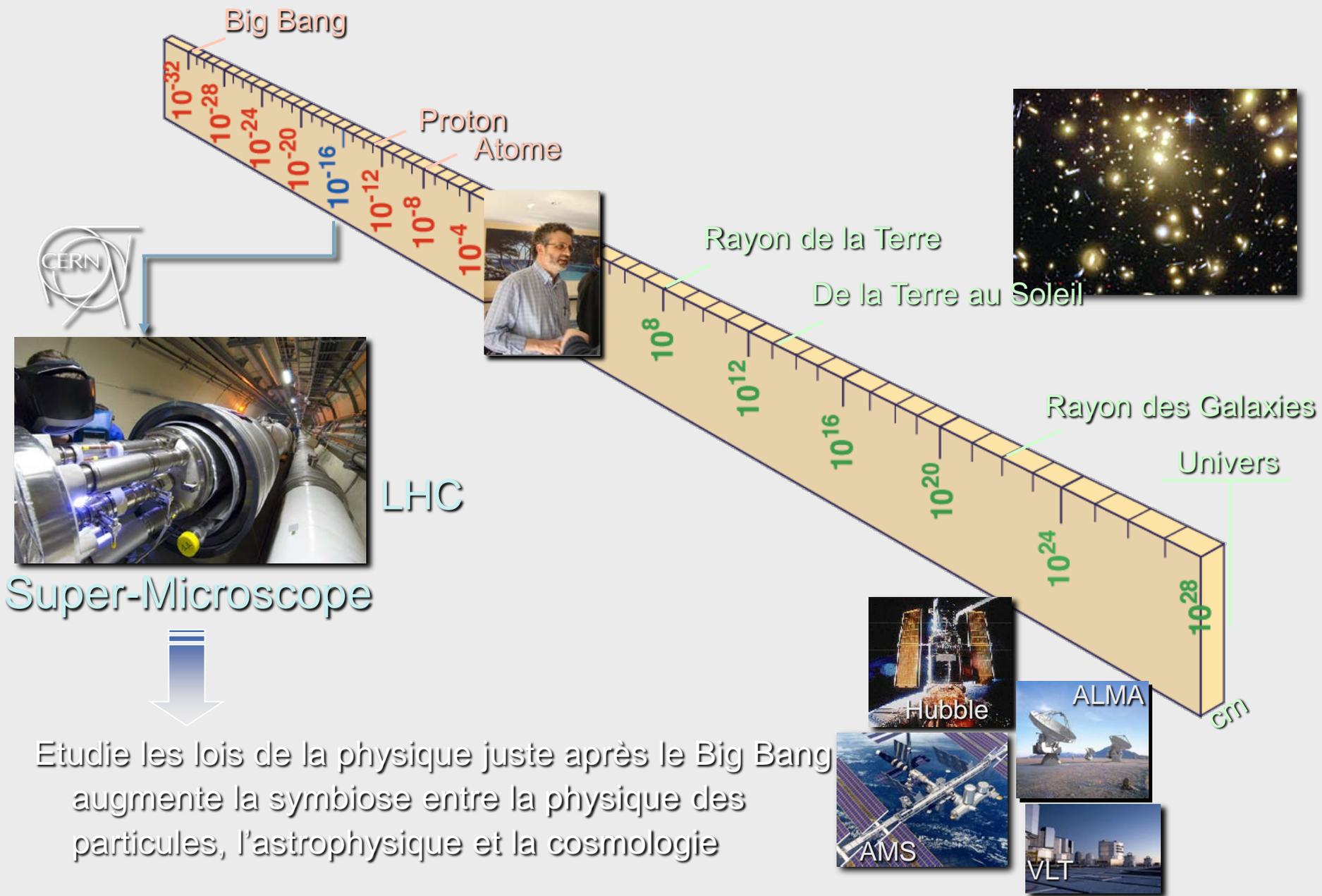
L'espace de l'univers s'étend!



Quand on voit loin, on voit l'univers tel qu'il était il ya longtemps.
Dans le passé l'univers était plus dense et plus chaud

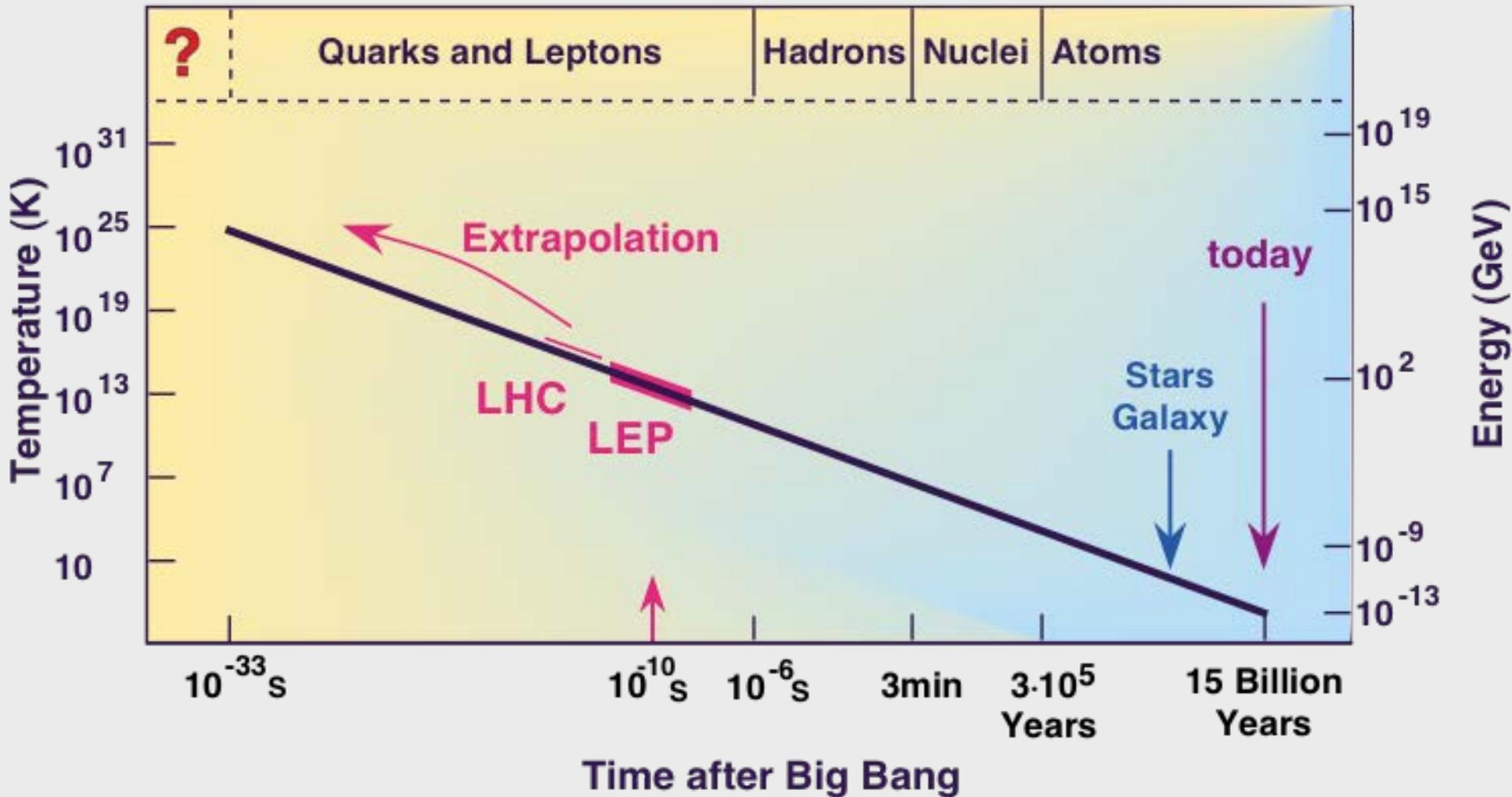


Les structures étaient décomposées, l'univers était une soupe de particules en collision

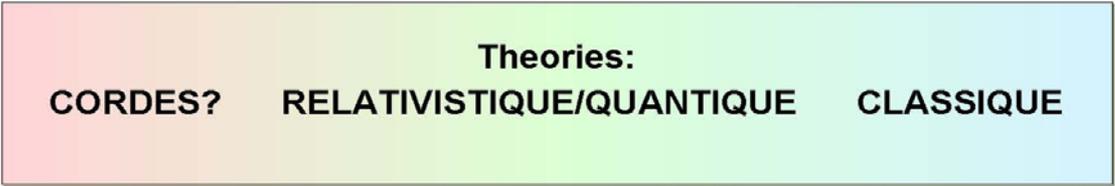
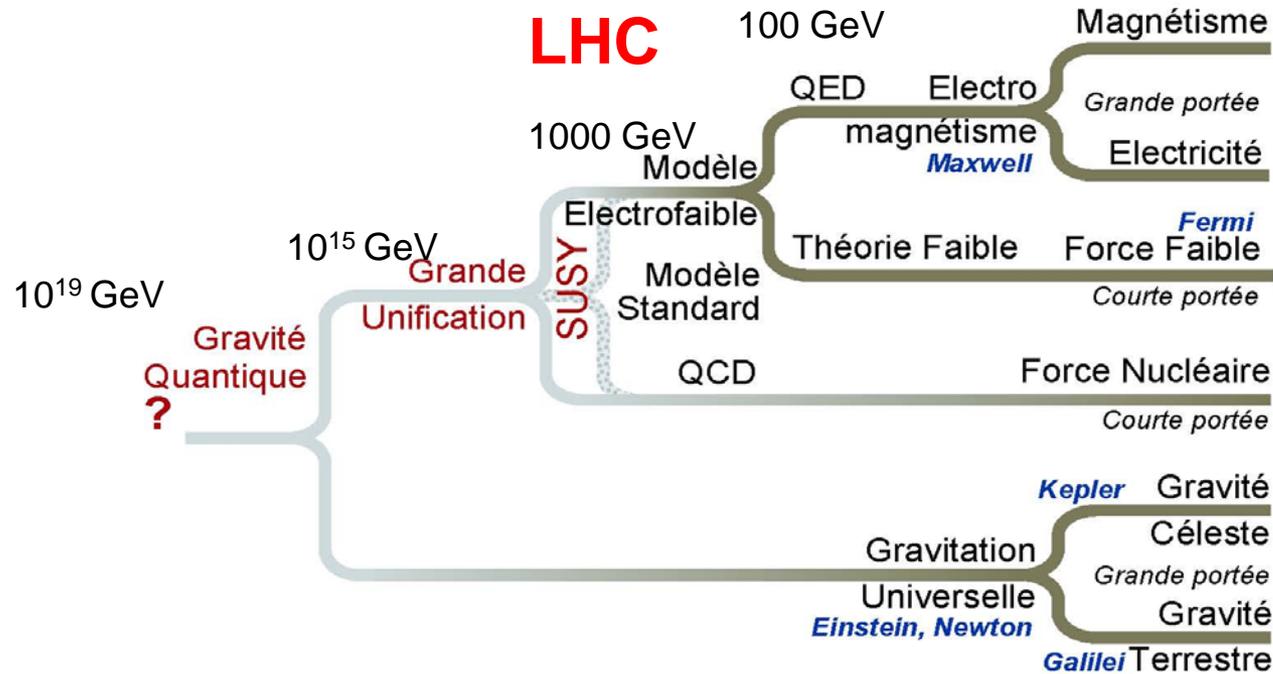


Etudie les lois de la physique juste après le Big Bang
 augmente la symbiose entre la physique des
 particules, l'astrophysique et la cosmologie

Evolution of the Universe



Résumé

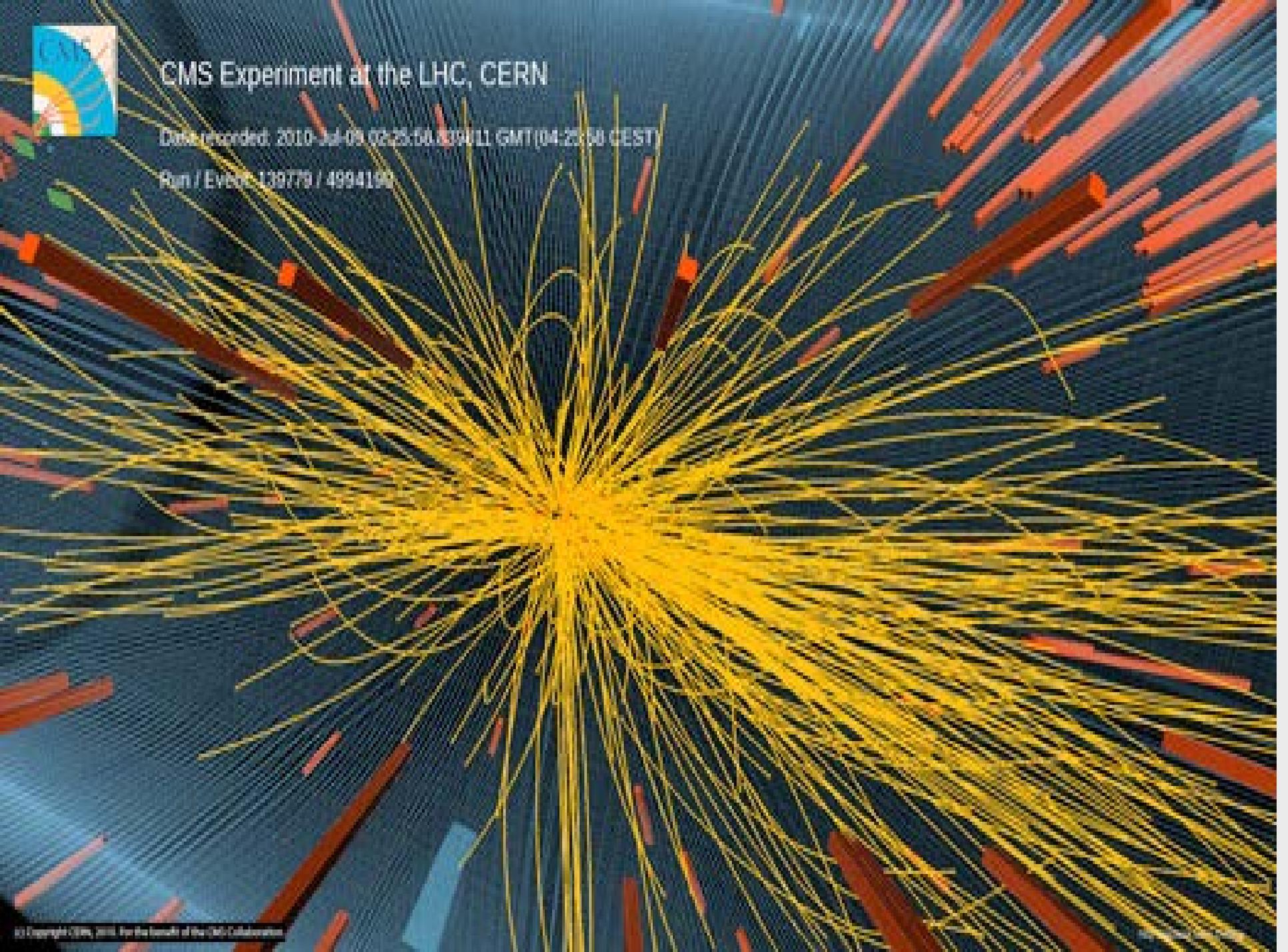


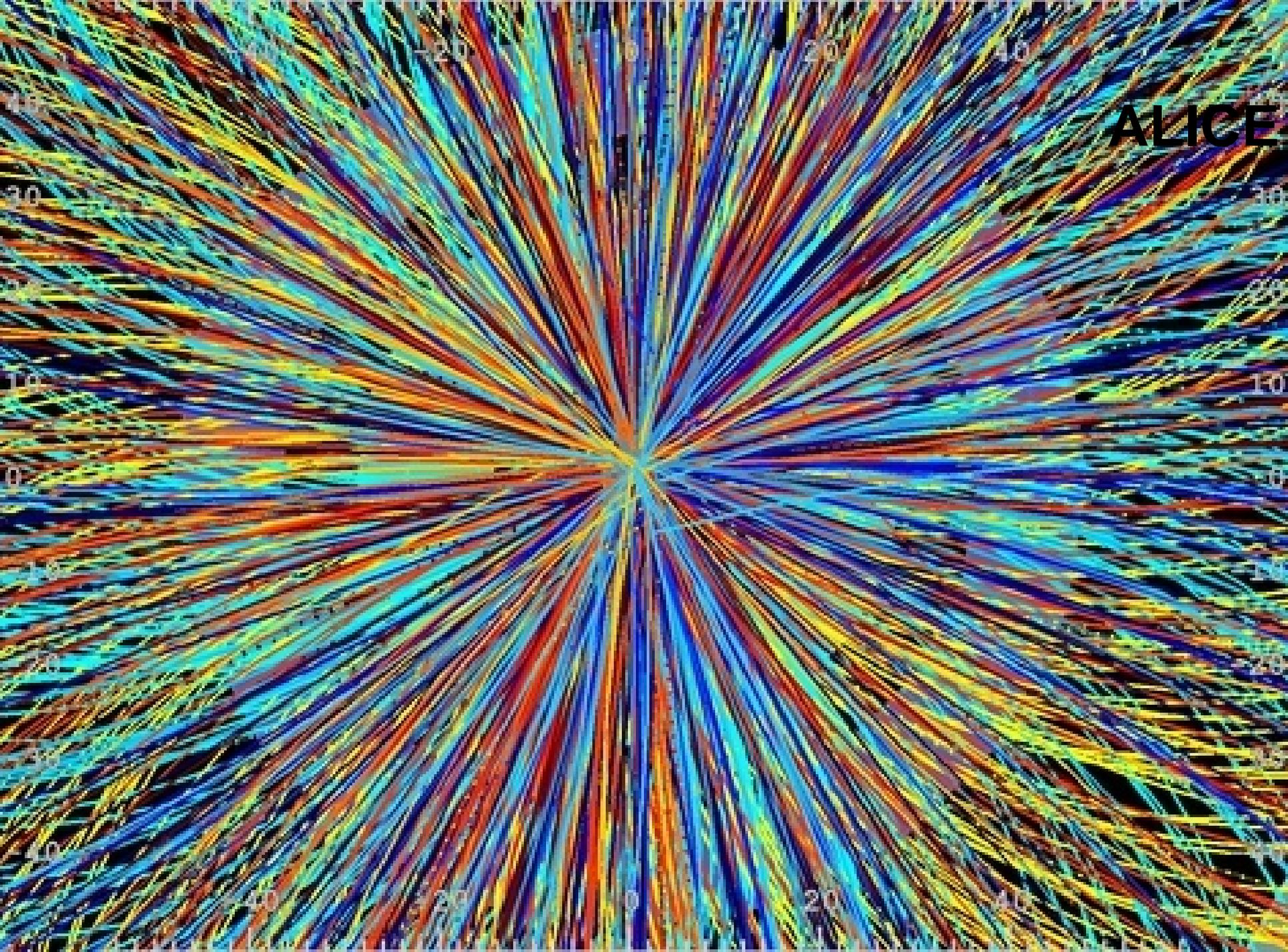


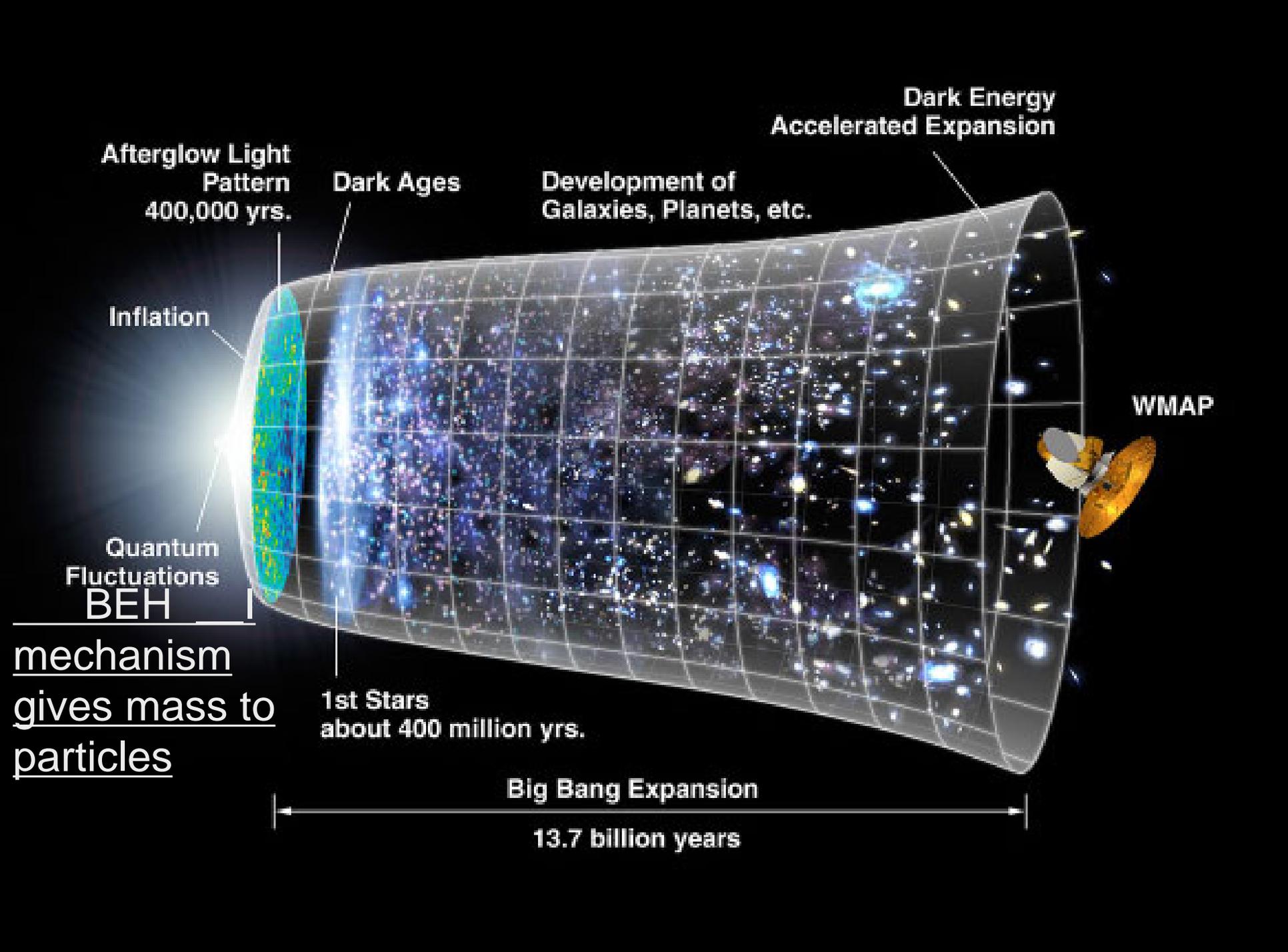
CMS Experiment at the LHC, CERN

Date recorded: 2010-Jul-09 03:25:50.839411 GMT (04:25:50 CEST)

Run / Event: 139779 / 4994190







Afterglow Light
Pattern
400,000 yrs.

Dark Ages

Development of
Galaxies, Planets, etc.

Dark Energy
Accelerated Expansion

Inflation

WMAP

Quantum
Fluctuations
BEH

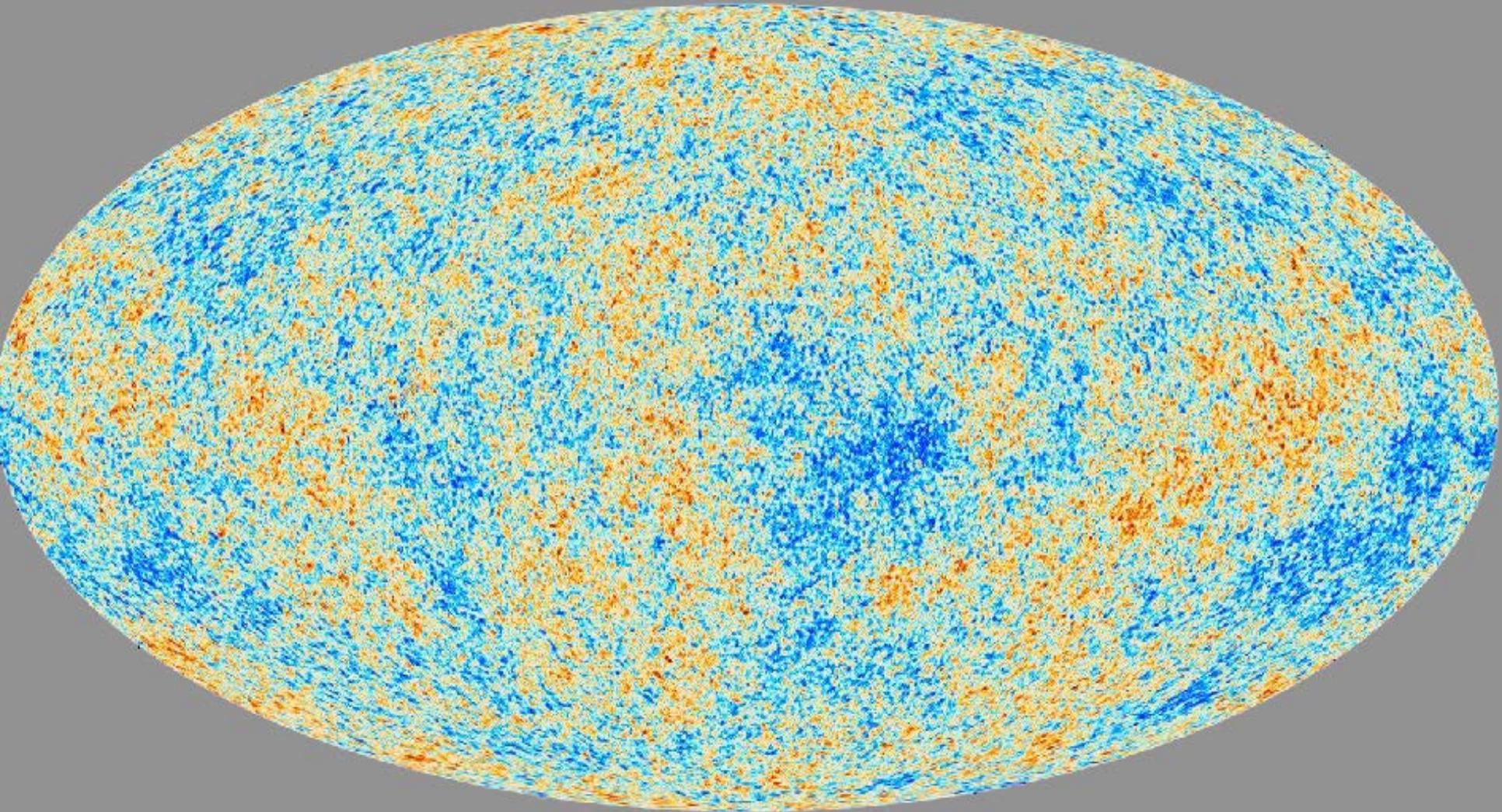
1st Stars
about 400 million yrs.

Big Bang Expansion

13.7 billion years

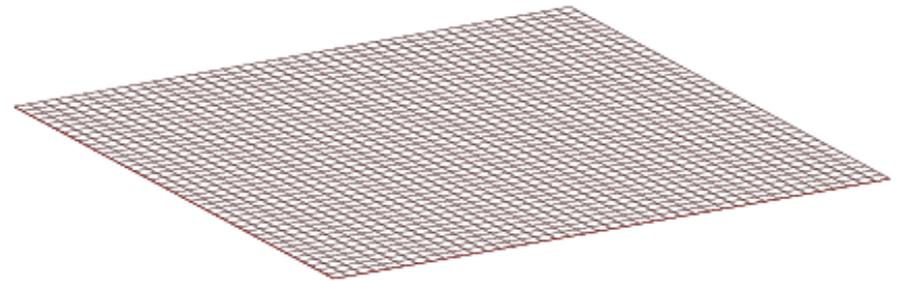
mechanism
gives mass to
particles

Image du fond du ciel vue par le satellite PLANCK

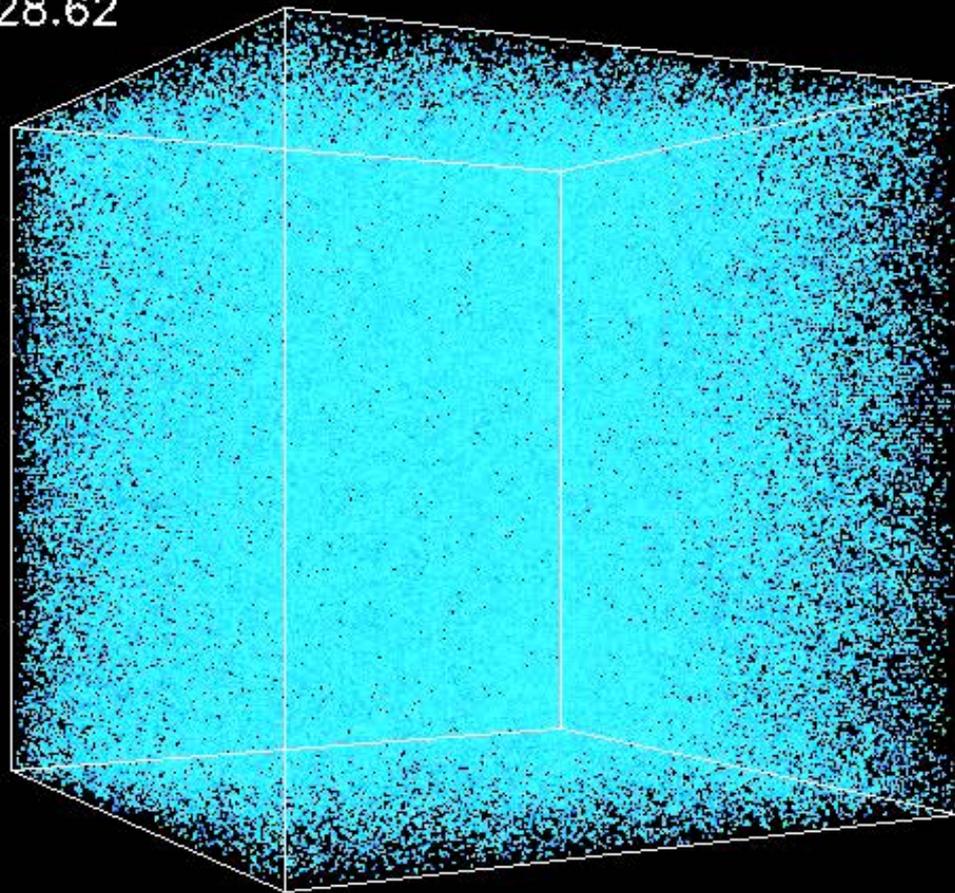


Inflation

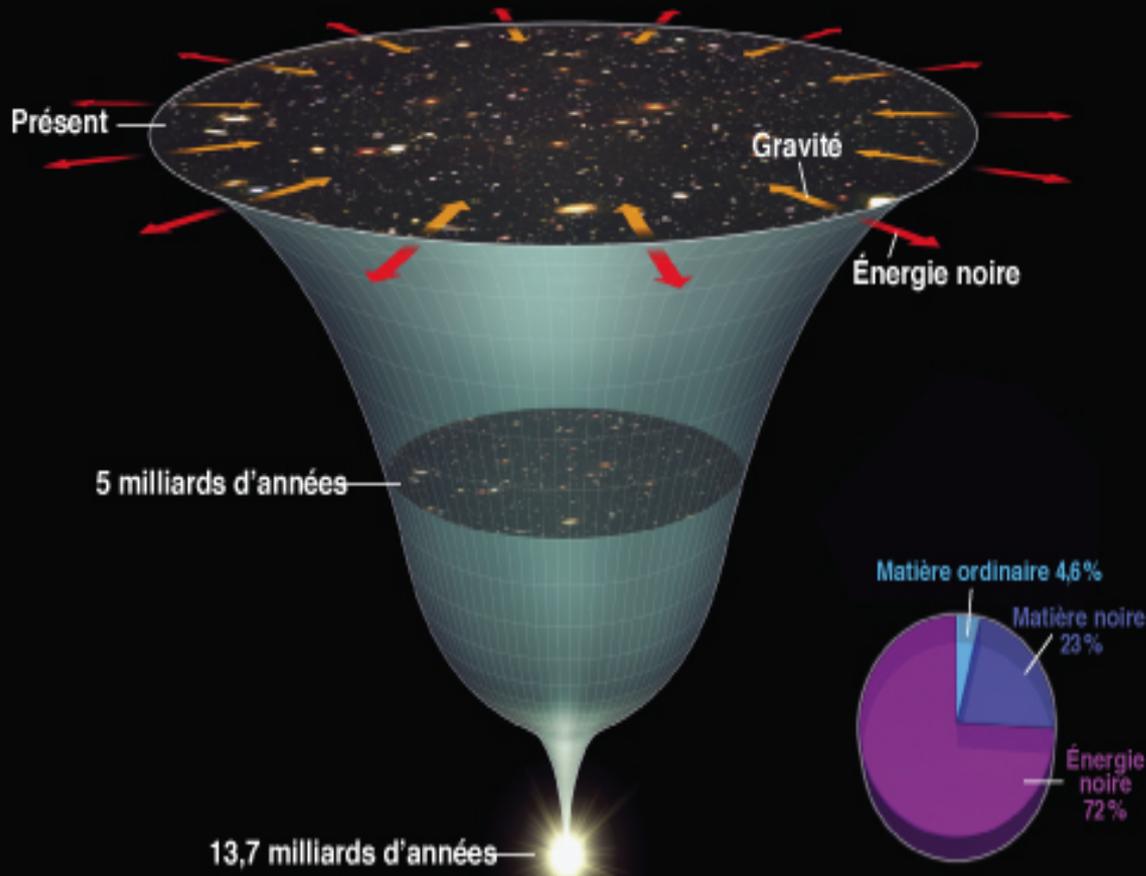
- Fluctuations quantiques primordiales!
- Il y eut une époque où ces fluctuations (énergie du vide?) ont induit une expansion accélérée avant que les interactions se différencient, que les particules deviennent massives et que la lumière fut!



$Z=28.62$



L'expansion de l'Univers



Pourquoi 126 GeV pour la masse du boson de Higgs?

Qu'est ce que la matière sombre?

Qu'est-ce que l'énergie sombre?

Où est passée l'antimatière?

Les énigmatiques neutrinos

Gravité quantique

Hasard, nécessité, émergence?

L'UNIVERS est en expansion depuis le Big Bang – il a 13,7 milliards d'années. L'observation d'étoiles très lointaines suggère que cette expansion a décéléré pendant les 9 milliards d'années qui ont suivi, où l'influence de la matière dominait. Puis la densité de matière n'a plus été assez importante pour contrebalancer la force répulsive exercée par l'énergie noire. Depuis, celle-ci dilate l'Univers à un rythme de plus en plus important.

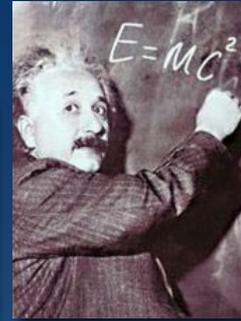
L'ÉNERGIE NOIRE emplirait 72% de l'Univers actuel; la matière « ordinaire », qui constitue les planètes et les étoiles, ne représenterait que 4,6%; enfin la « matière noire », qui ne peut être observée, mais dont l'existence se manifeste par ses effets gravitationnels, 23%.



Les missions du CERN

Repousser les frontières des connaissances

Les secrets du Big Bang ... à quoi ressemble la matière dans les tout premiers instants de l'existence de l'univers



Développer de nouvelles technologies

Technologies de l'information
Médecine – diagnostic et traitement



Recherche

Former les scientifiques et les ingénieurs de demain



Rassembler des personnes de différentes nations et cultures

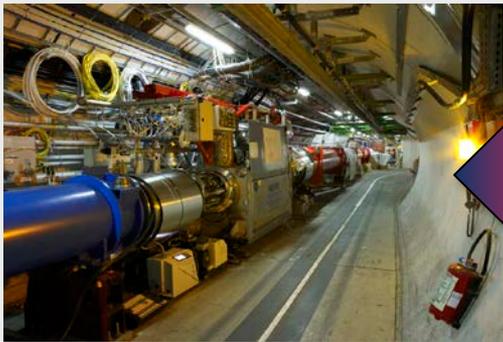


CERN Technologies - Innovation

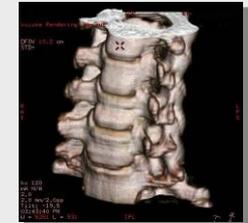
Imagerie médicale

Exemple: applications médicales

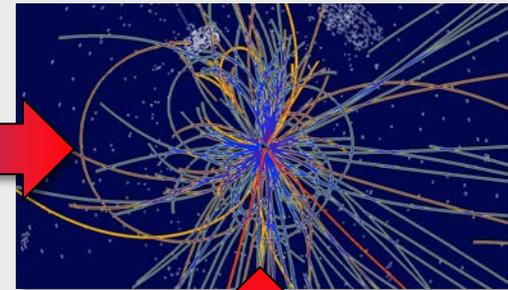
Accélération de particules



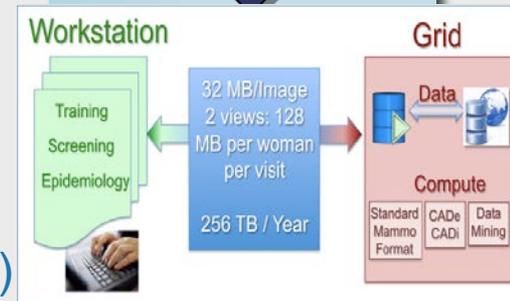
Faisceau de hadrons chargés qui perd de l'énergie dans la matière



Détection



Traitement de données à grande échelle (Grille de calcul)



Innovations stimulées par le CERN

- Ecrans tactiles dans les années 70
- WEB (<http://>) en 1990
- Logiciels libres
- simulation rayonnement matière détecteurs
- PET camera, IRM
- Innovation ouverte (hardware libre)
- Publications gratuites
- Accès aux données
- Outils collaboratifs mondiaux (gestion de projets, agenda, doc...)

Rapport OECD en cours

CERN was founded 1954: 12 European States

“Science for Peace”

Today: 21 Member States

~ 2300 staff

~ 1600 other paid personnel

~ 10500 users

Budget (2014) ~1000 MCHF

Member States: Austria, Belgium, Bulgaria, the Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Israel, Italy, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom

Candidate for Accession: Romania

Associate Member in Pre-Stage to Membership: Serbia

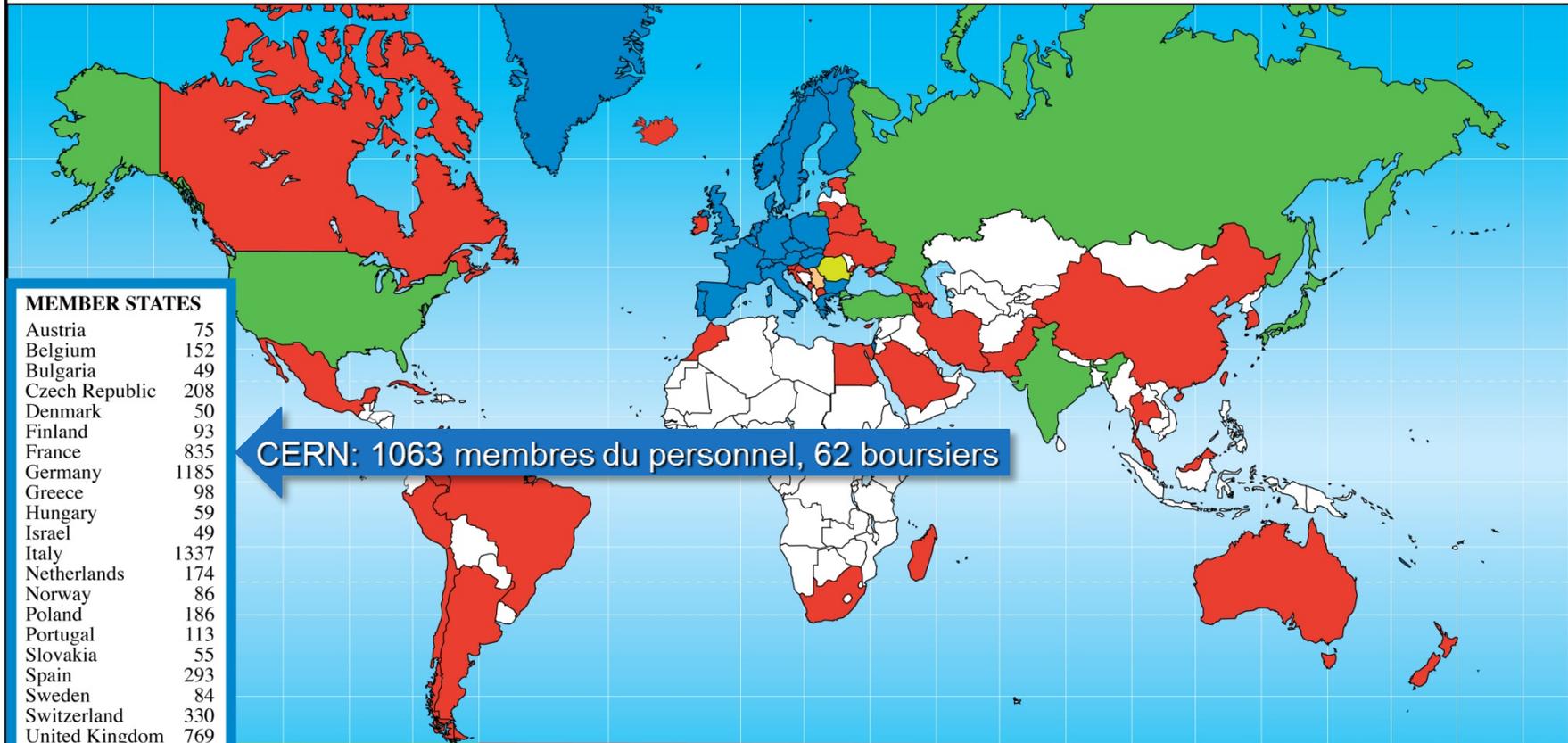
Applicant States for Membership or Associate Membership:

Brazil, Cyprus, Pakistan, Russia, Slovenia, Turkey, Ukraine

Observers to Council: India, Japan, Russia, Turkey, United States of America, European Commission and UNESCO

La communauté de l'anneau!

Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 14 January 2014



MEMBER STATES

Austria	75
Belgium	152
Bulgaria	49
Czech Republic	208
Denmark	50
Finland	93
France	835
Germany	1185
Greece	98
Hungary	59
Israel	49
Italy	1337
Netherlands	174
Norway	86
Poland	186
Portugal	113
Slovakia	55
Spain	293
Sweden	84
Switzerland	330
United Kingdom	769

6280

OBSERVERS

India	153
Japan	217
Russia	890
Turkey	110
USA	1724

3094

CERN: 1063 membres du personnel, 62 boursiers

CANDIDATE FOR ACCESSION

Romania	86
---------	----

ASSOCIATE MEMBER IN THE PRE-STAGE TO MEMBERSHIP

Serbia	30
--------	----

OTHERS

Argentina	13	China	122	Iran	20	Pakistan	18
Armenia	16	China (Taipei)	71	Ireland	5	Peru	2
Australia	39	Colombia	10	Korea	105	Saudi Arabia	3
Azerbaijan	2	Croatia	23	Lithuania	13	Slovenia	25
Belarus	24	Cuba	3	Madagascar	3	South Africa	32
Brazil	116	Cyprus	13	Malaysia	8	Thailand	8
Canada	147	Egypt	18	Mexico	46	T.F.Y.R.O.M.	1
Chile	8	Estonia	17	Montenegro	1	Ukraine	24
		Georgia	11	Morocco	6		
		Iceland	4	New Zealand	5		

982

CERN : Activités de formation

Scientifiques au CERN
Academic Training Programme



Latin American School
of High Energy Physics
Chile, 2007

Jeunes Chercheurs

CERN School of High Energy Physics
CERN School of Computing
CERN Accelerator School



Accelerator School
France, 2008

en collaboration avec SOLEIL,
Gif-sur-Yvette

Etudiants

Programme des
étudiants d'été



Professeurs de Physique
Programmes nationaux et
internationaux

100 000 visiteurs par an!

QUESTIONS pour le futur:

Quelle est la masse? 125-126 GeV, comment expliquer cette masse? Comment expliquer cette échelle d'énergie (le TeV), qui dans l'histoire de l'univers, a donné une masse aux particules et les a différencié? Nouvelle physique?

Est-ce le boson de higgs du Modèle Standard ou est-ce plus compliqué? Y a t-il une ouverture au delà du Modèle Standard? On aura besoin de plus de données



? 2040-2100

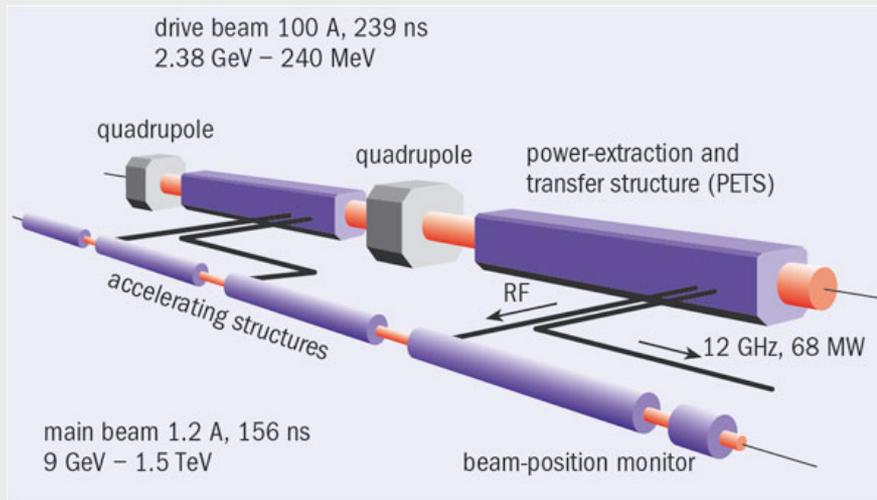
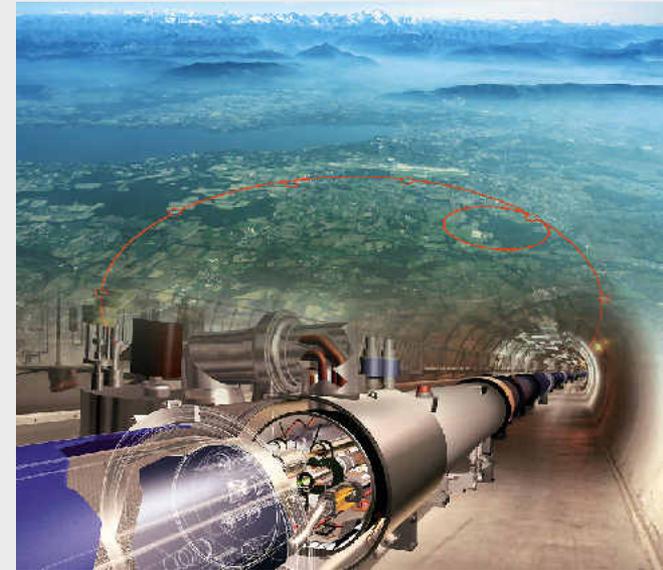
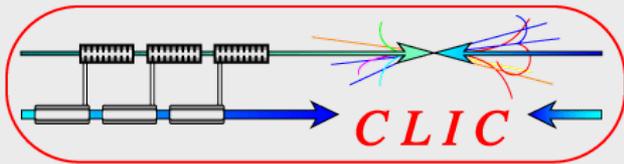
HL-LHC (3000 fb^{-1}) 2022-2035

LHC 13-14 TeV (300 fb^{-1}) 2015-2022

LHC 7-8 TeV (30 fb^{-1}) 2010-2012

Vision for next machine at CERN, after LHC to be decided around 2020?

e^+e^- 3 TeV or more, Feasibility Study →
Klystrons (Higgs),
2 beam acceleration (max 1.5 TeV)
→ plasma acceleration 3 TeV or more?



High Energy LHC (Nb₃Sn
+? high T_c magnets)

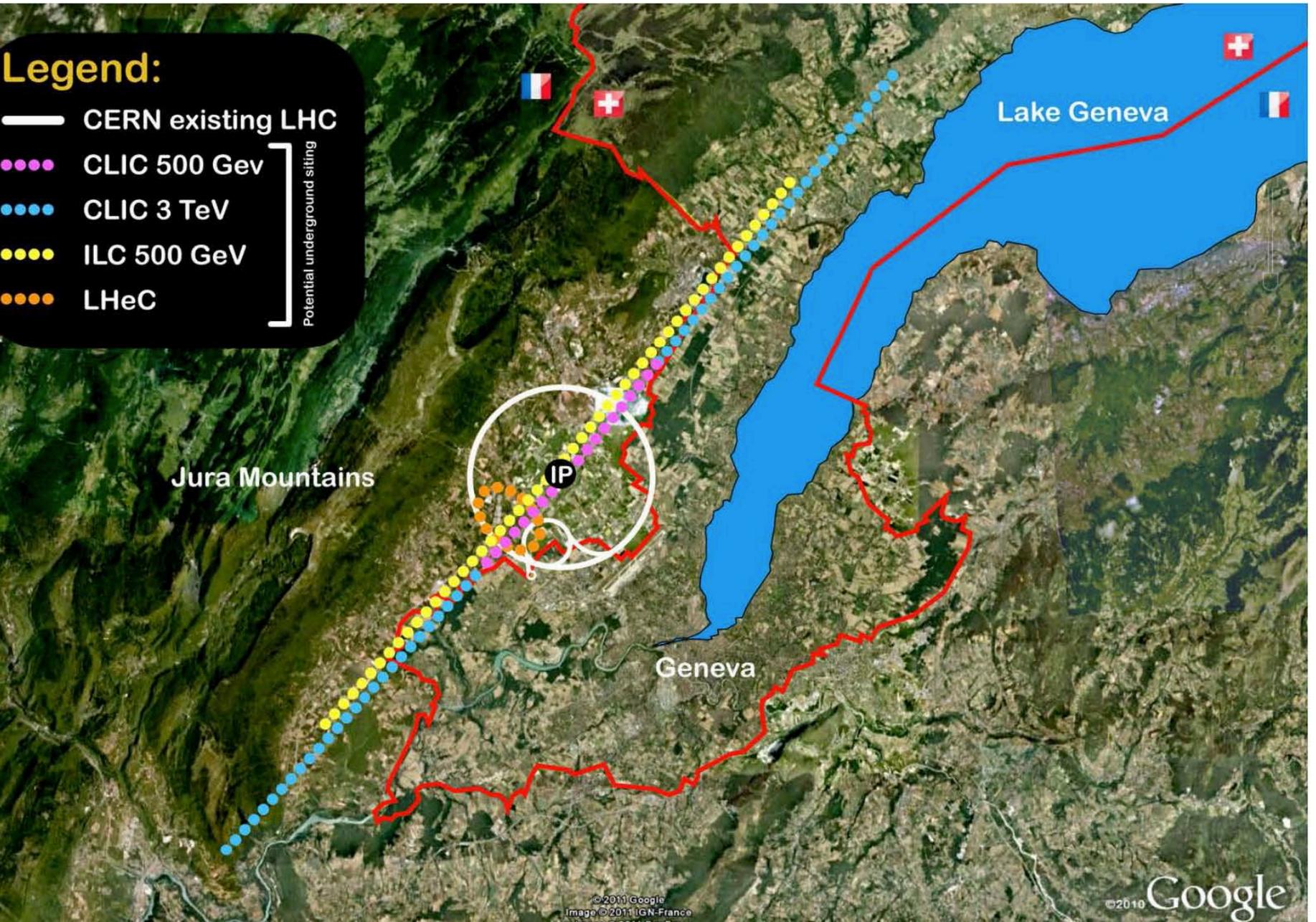
≥ 30 TeV

Or even 100 TeV 100 km
new tunnel VHE-LHC,
starting

with TLEP, e^+e^- , 340 GeV

Indicating the Scale for Liner Colliders

(Taken from C. Biscari, 'High Energy Accelerators', Krakow ES Symposium)



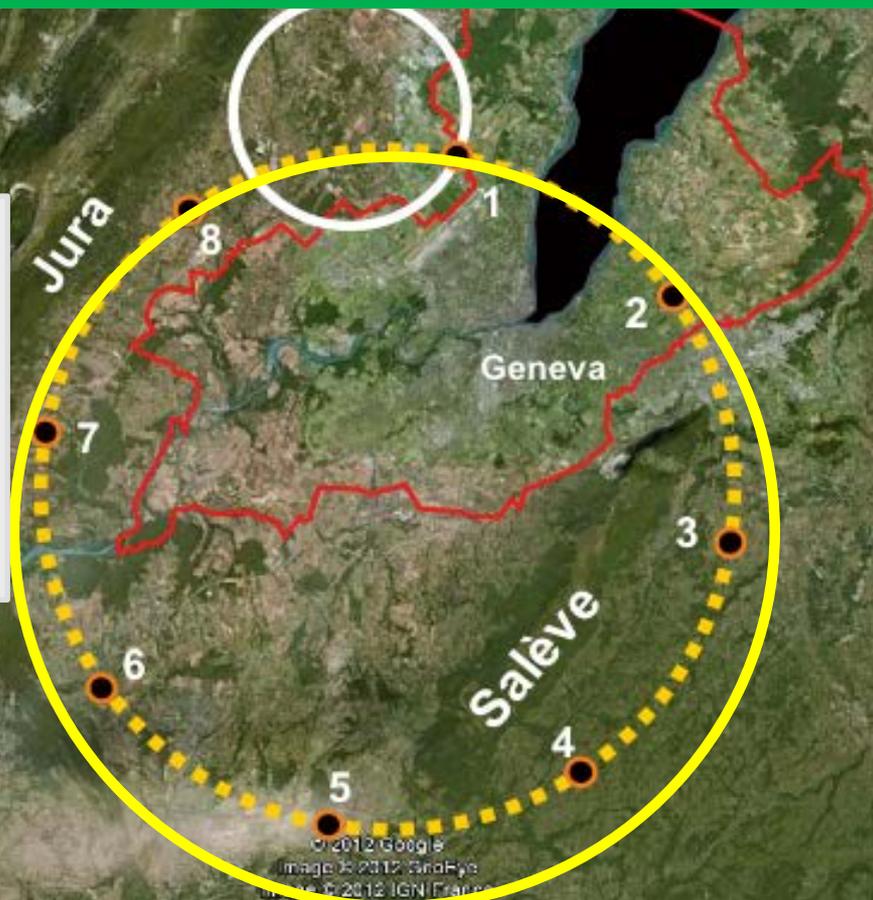
FCC Study (Future Circular Colliders)

CDR and cost review for the next ES (2018)

- 80-100 km tunnel infrastructure in Geneva area: a 50 year long program
- design driven by pp-collider requirements
- with possibility of e^+e^- (TLEP) and p-e (VLHeC)
- CERN-hosted study performed in international collaboration

-TLEP: 90, 250, 340 to 500 GeV
ultrahigh precision e^+e^-
machine

-15 T Nb₃Sn \Rightarrow 100 TeV pp new
frontier machine in 100 km or
20T HTS \Rightarrow 100 TeV in 80 km



LEGEND

— LHC tunnel

⋯ HE_LHC 80km option

● potential shaft location



Dessine-moi un physicien



Un physicien cherche le pourquoi du pourquoi.

Clément

www.cern.ch/dessine-moi-un-physicien

UN NOUVEAU GRAND RECIT DE L'UNIVERS

Quête de l'humanité

Basée sur un rationalisme collectif et des valeurs communes: rassemble par delà les différences (religieuses ou citoyenneté..). Le LHC, la plus grande aventure scientifique mondialisée.

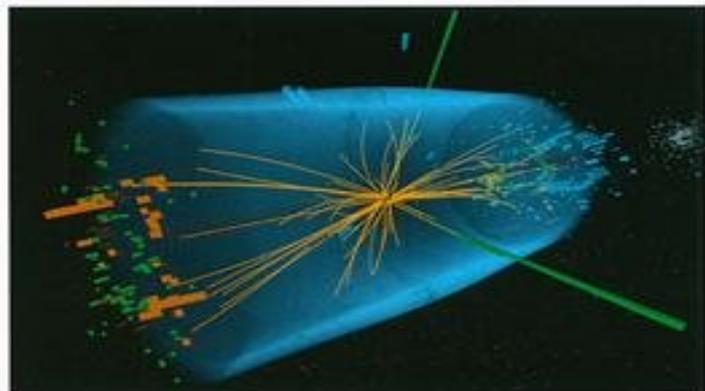
Des interférences subtiles entre hasard (fluctuations quantiques, brisures de symétries ...) et nécessité (lois, théories effectives): émergence d'un emboîtement de structures et de lois

Un nouveau paradigme dans le grand récit de la matière et de l'Univers: le boson et le chapeau mexicain!

Encore du chemin, mais de nombreux rendez-vous ...

Gilles Cohen-
Tannoudji
Michel Spiro

Le boson et le chapeau mexicain



folio **essais**
INÉDIT

<http://www.originslespectacle.eu/>
(Marie-Odile Monchicourt)

La physique des infinis, coll. La
ville brûle (avec F. Bernardeau,
E. Klein, S. Laplace)

La fièvre des particules au
cinéma

Le grand collisionneur LHC,
exposition du 17 oct. au 19 juil.
2015 au Palais de la découverte



Merci Beaucoup!

SUISSE
FRANCE

CMS

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

CERN Prévessin

SPS 7 km

ALICE

LHC 27 km