



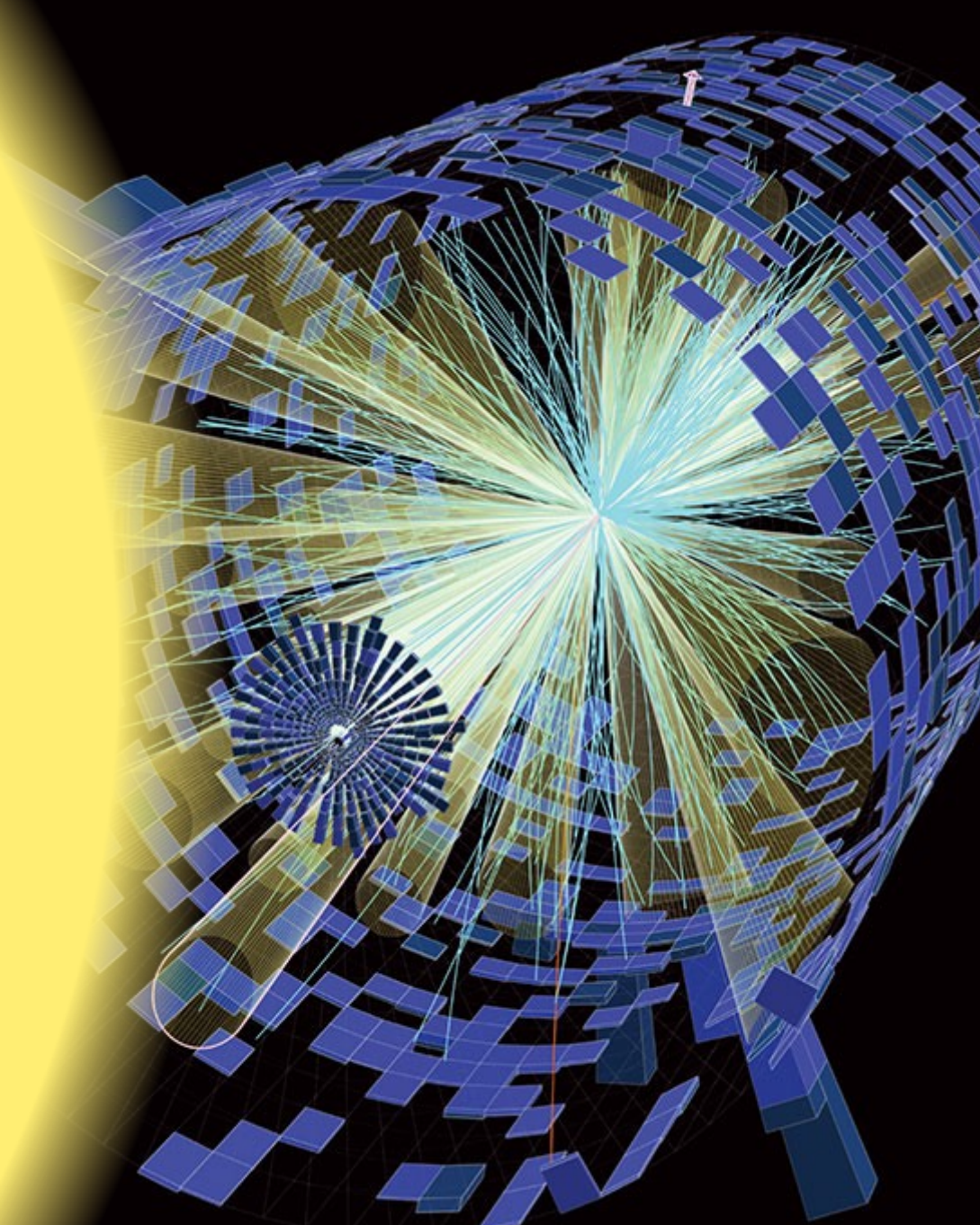
— IN2P3 —



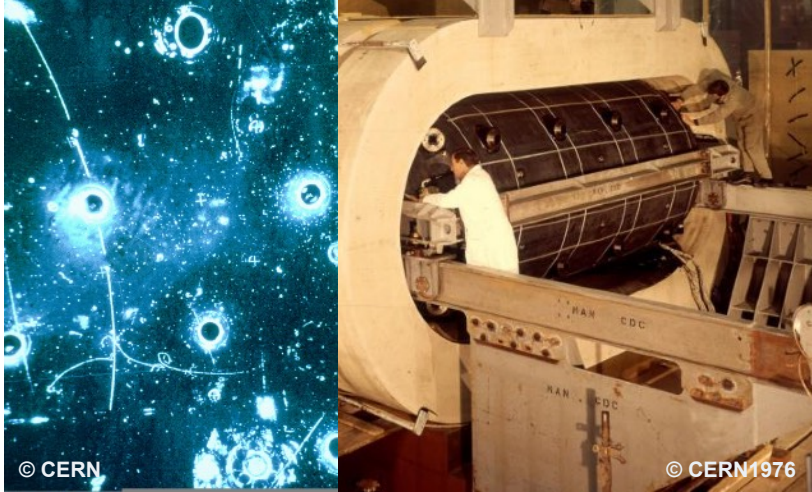
Le CC-IN2P3 pour la science des 2 infinis

Les besoins en calcul et données de l'IN2P3

Sabine Crépe-Renaudin



L'IN2P3 et son centre de calcul : un long compagnonnage



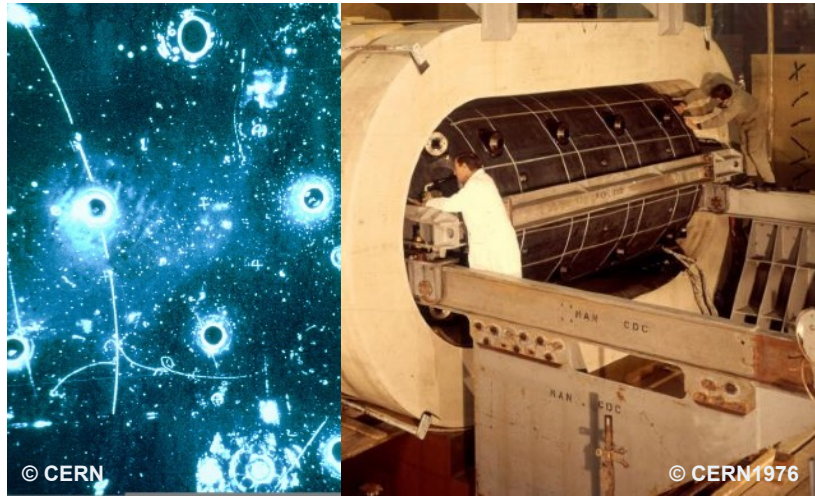
Gargamelle et les courants neutres

Années 1970

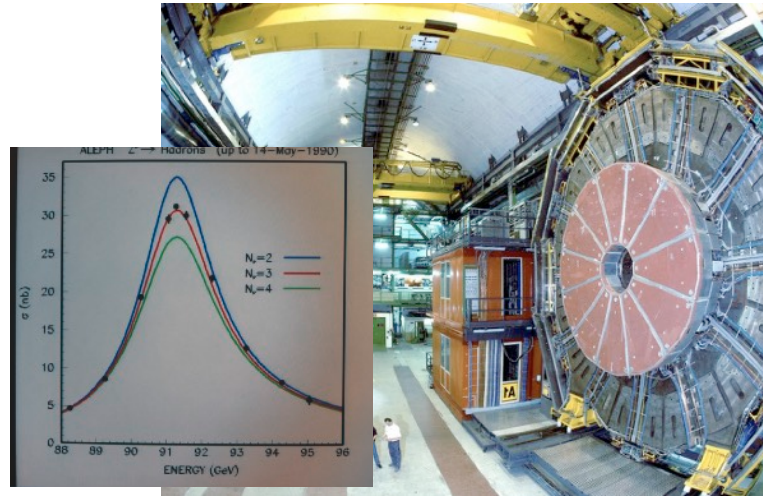
Mainframe ControlData



L'IN2P3 et son centre de calcul : un long compagnonnage



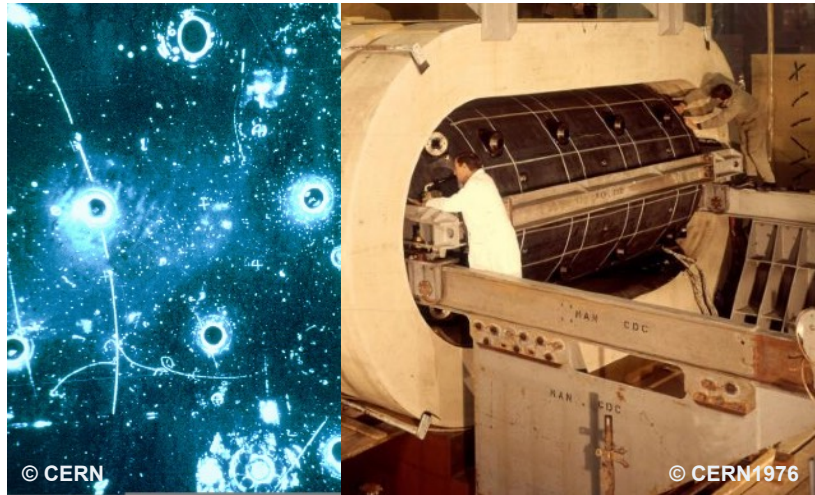
Gargamelle et les courants neutres
Années 1970
Mainframe ControlData



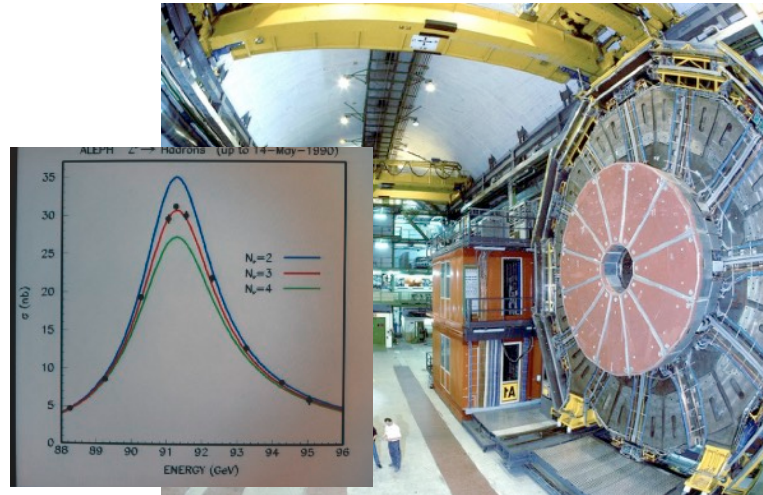
Le LEP et les 3 familles de particules
Années 1990
StorageTek



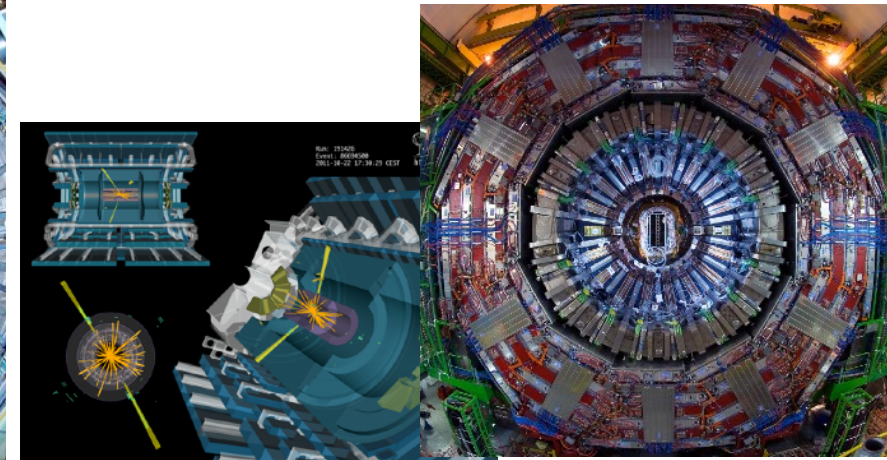
L'IN2P3 et son centre de calcul : un long compagnonnage



Gargamelle et les courants neutres
Années 1970
Mainframe ControlData



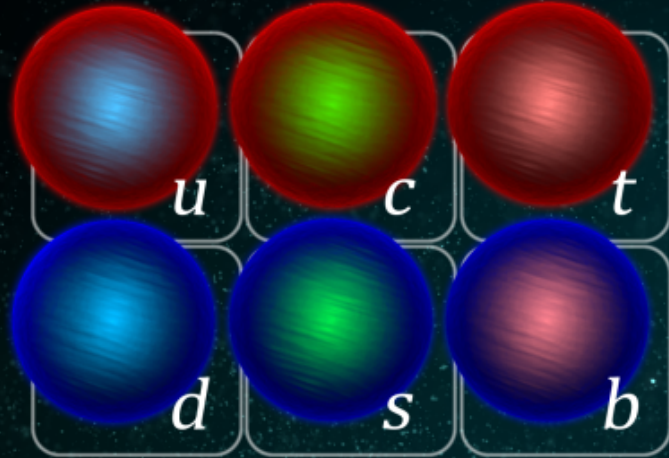
Le LEP et les 3 familles de particules
Années 1990
StorageTek



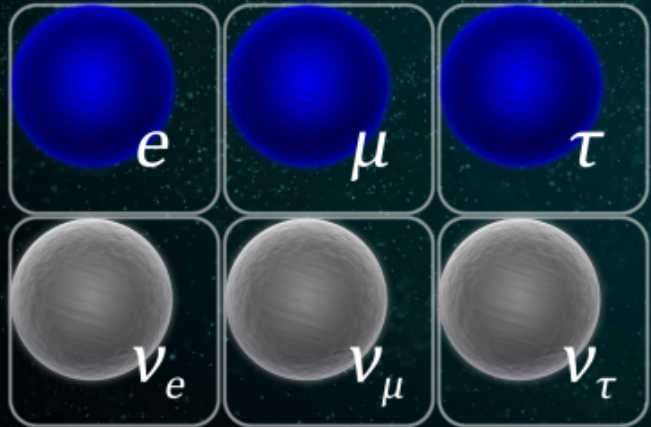
Le LHC et le boson de Higgs
Aujourd'hui
Vil2 et la bibliothèque



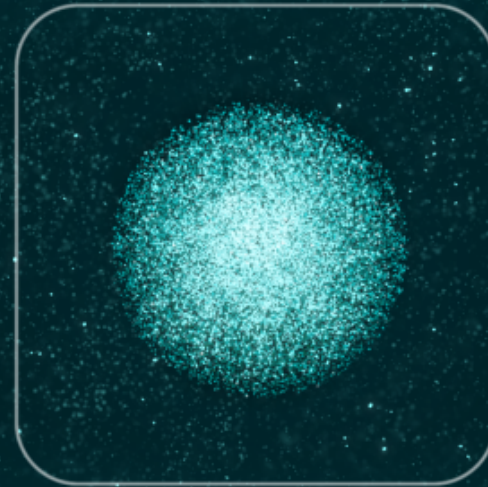
Du côté de l' « infiniment petit » : la physique des particules



Quarks



Leptons



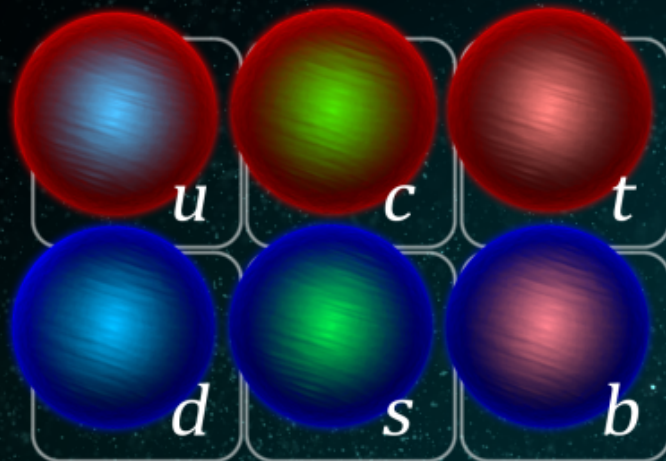
Higgs boson



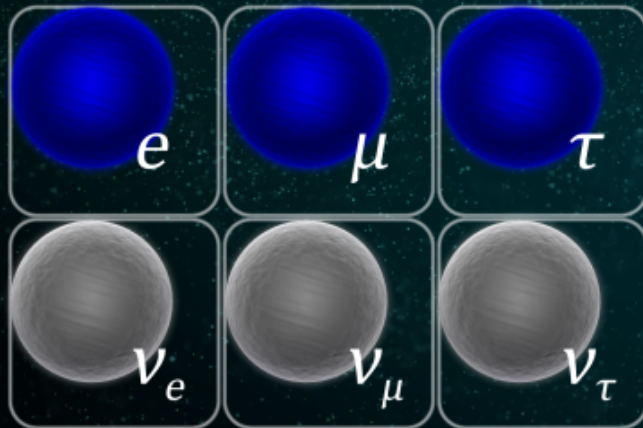
Forces

Du côté de l' « infiniment petit » : la physique des particules

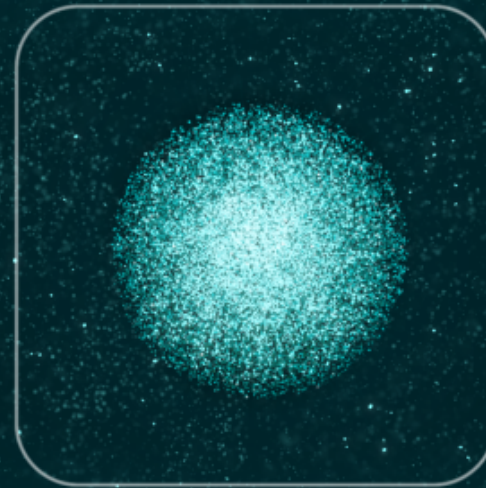
- comprendre, découvrir et étudier les composants fondamentaux de l'univers
- les particules élémentaires et leurs interactions



Quarks



Leptons



Higgs boson

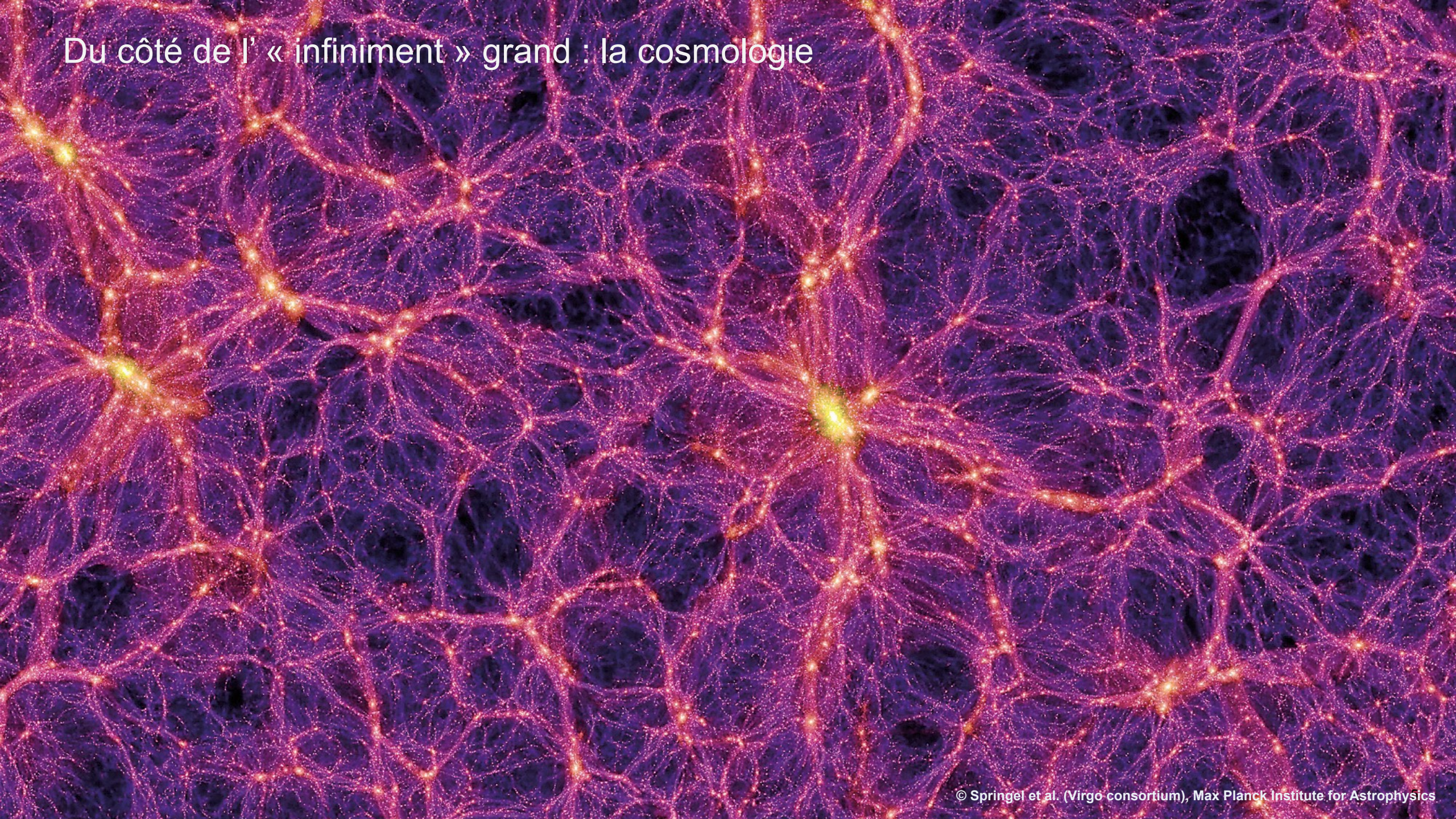


Forces

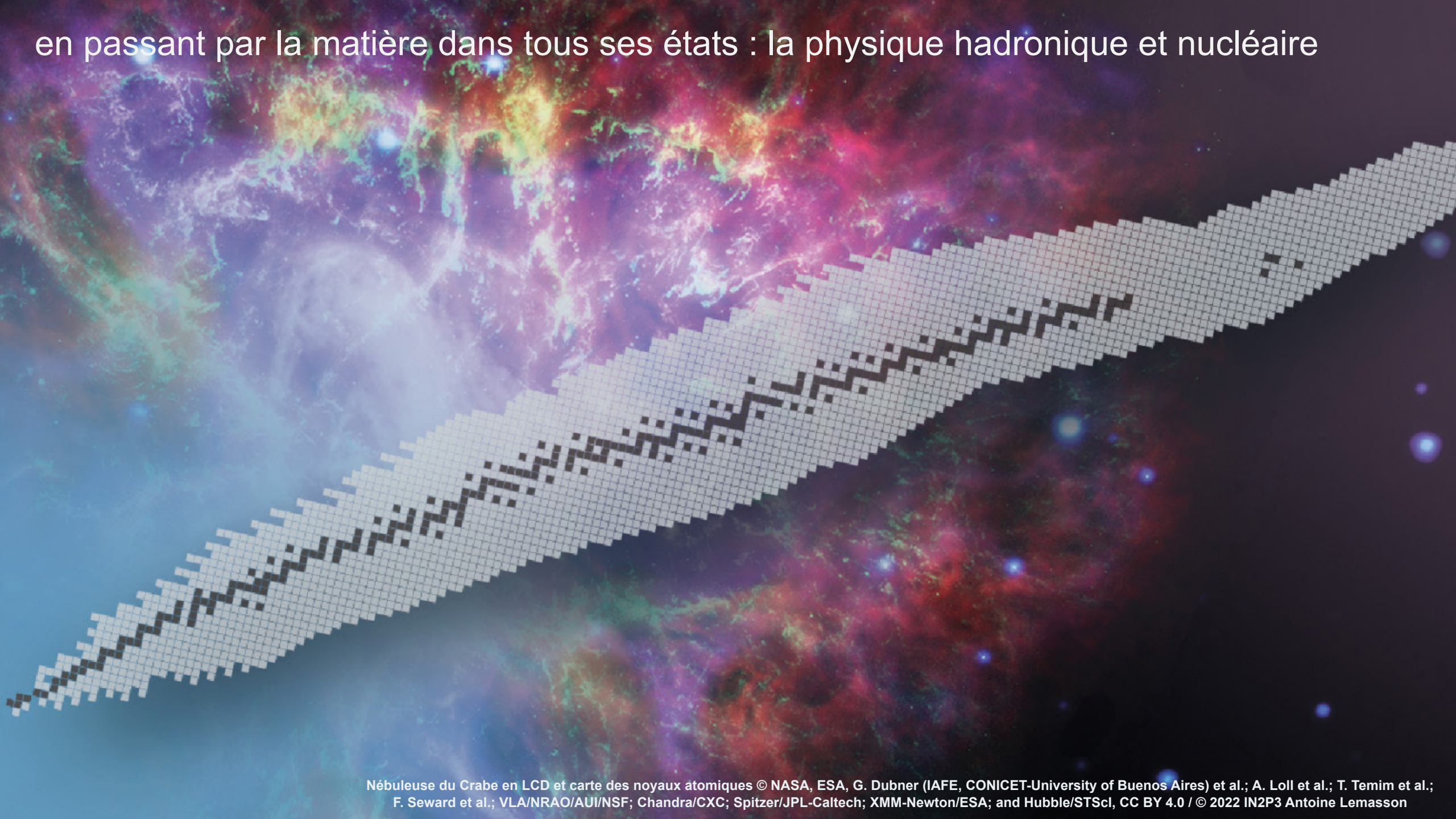
L' « infiniment » grand via les particules : la physique des astroparticules



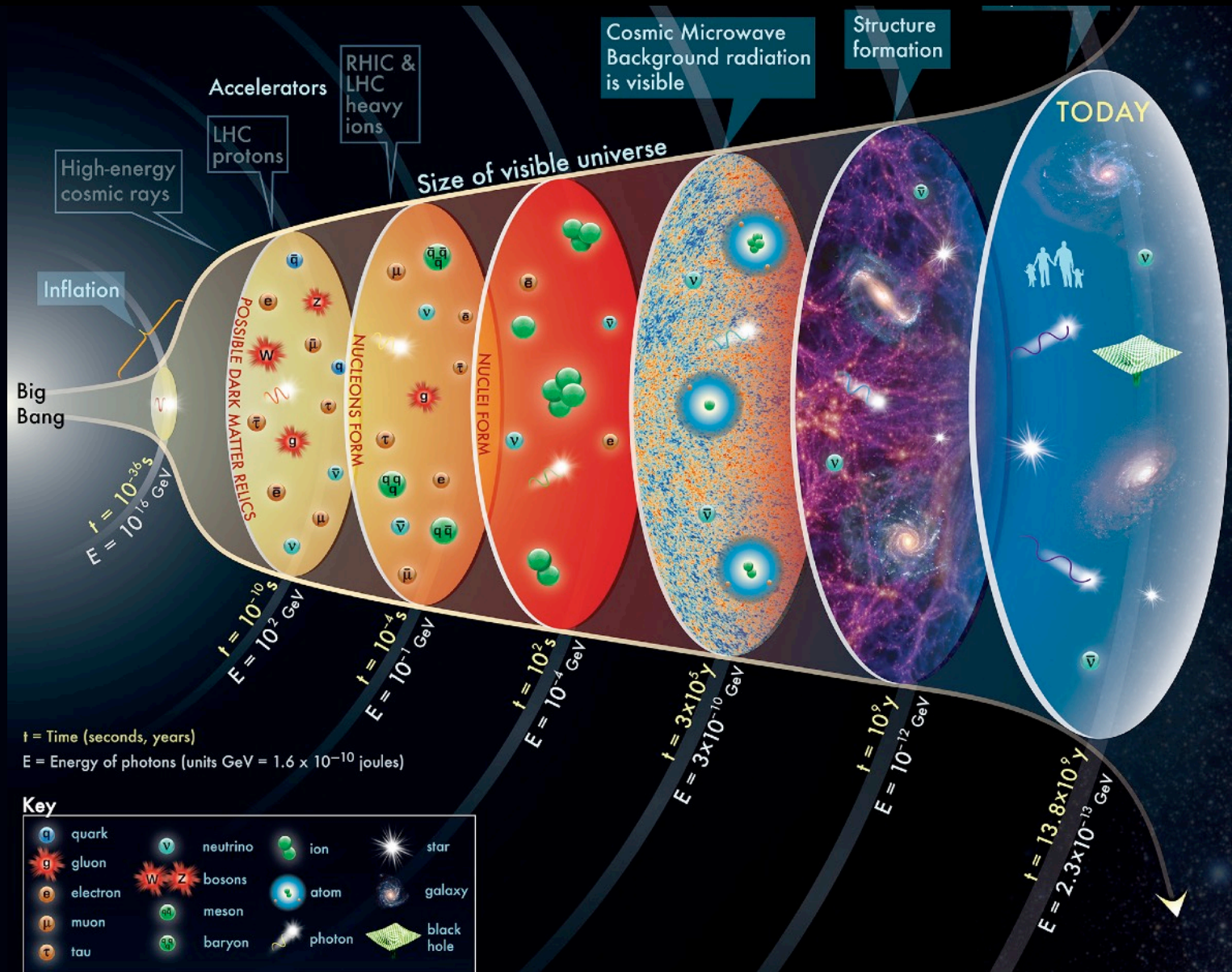
Du côté de l' « infiniment » grand : la cosmologie



en passant par la matière dans tous ses états : la physique hadronique et nucléaire



Un institut pour comprendre l'univers et son histoire



The concept for the above figure originated in a 1986 paper by Michael Turner.

Particle Data Group, LBNL © 2015

Supported by DOE

et répondre à ses grandes énigmes !

et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

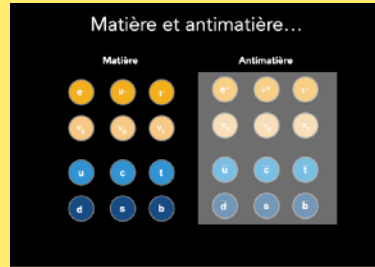
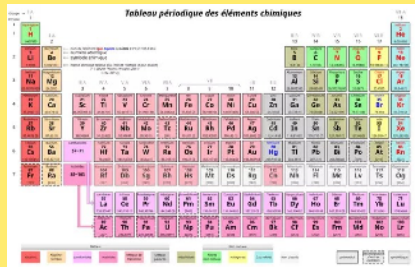


Tableau périodique des éléments chimiques



et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

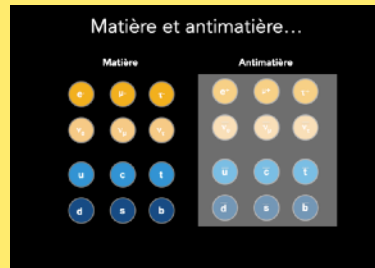
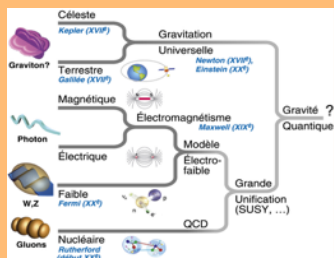


Tableau périodique des éléments chimiques

Vers une interaction unique ?

Comment réconcilier la gravitation avec les autres forces ?



et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

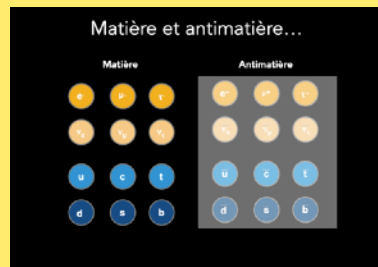
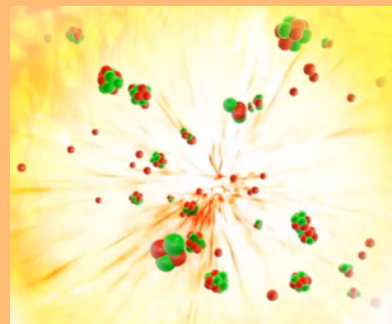


Tableau périodique des éléments chimiques



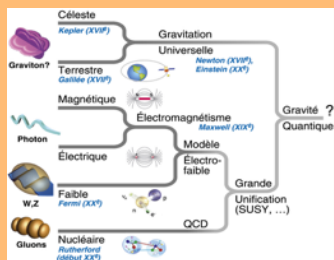
Quelles sont les états extrêmes de la matière ?

Quelle est l'origine des éléments dans l'univers ?



Vers une interaction unique ?

Comment réconcilier la gravitation avec les autres forces ?



et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

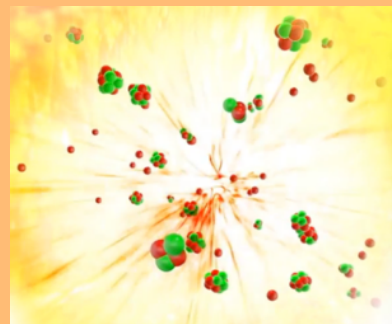


Tableau périodique des éléments chimiques

Où est passé l'antimatière ?



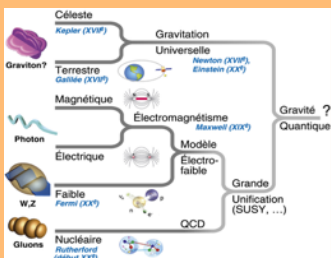
Quelles sont les états extrêmes de la matière ?



Quelle est l'origine des éléments dans l'univers ?

Vers une interaction unique ?

Comment réconcilier la gravitation avec les autres forces ?



et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

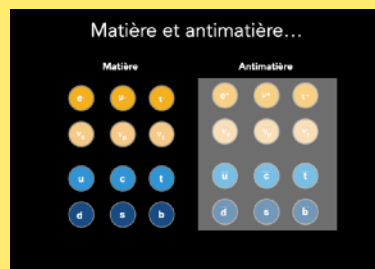


Tableau périodique des éléments chimiques

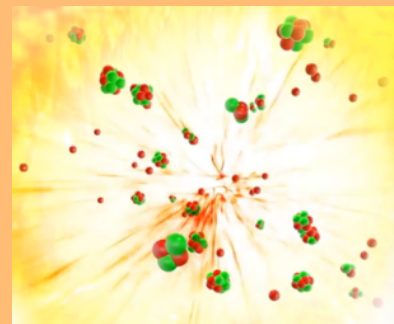


*Où est passé
l'antimatière ?*



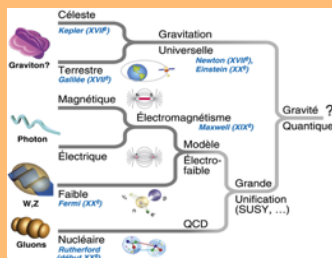
*Quelles sont les états
extrêmes de la matière ?*

*Quelle est
l'origine des
éléments
dans
l'univers ?*



Vers une interaction unique ?

*Comment réconcilier la gravitation
avec les autres forces ?*



**Masses ???
 m_ν ? m_H ?**

*Comment mieux comprendre la masse
des particules, des neutrinos et celle du
boson de Higgs ?*

et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

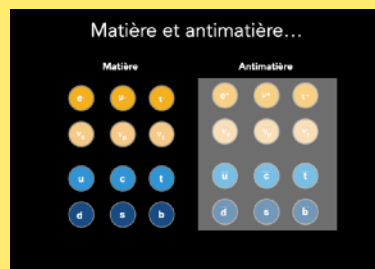


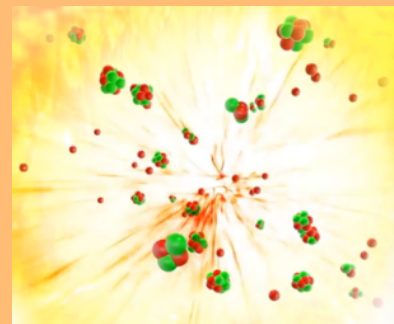
Tableau périodique des éléments chimiques

Où est passé l'antimatière ?



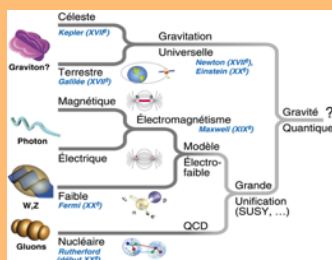
Quelles sont les états extrêmes de la matière ?

Quelle est l'origine des éléments dans l'univers ?



Vers une interaction unique ?

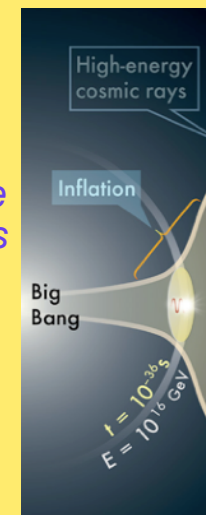
Comment réconcilier la gravitation avec les autres forces ?



Masses ???
 m_ν ? m_H ?

Comment mieux comprendre la masse des particules, des neutrinos et celle du boson de Higgs ?

Quel rôle joue le champ de Higgs au tout début de l'univers ?



et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

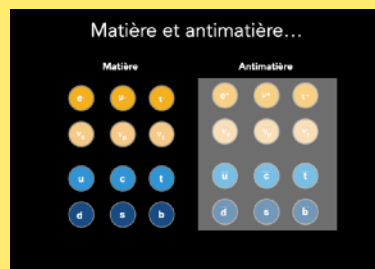
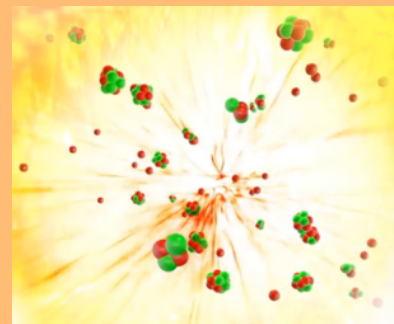


Tableau périodique des éléments chimiques

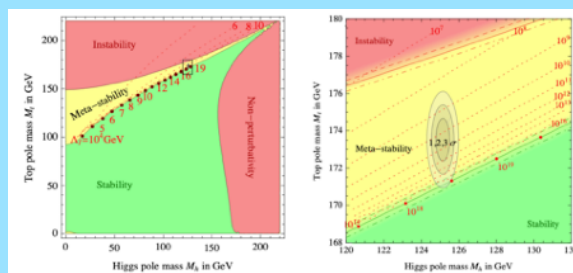
Où est passé l'antimatière ?



Quelles sont les états extrêmes de la matière ?



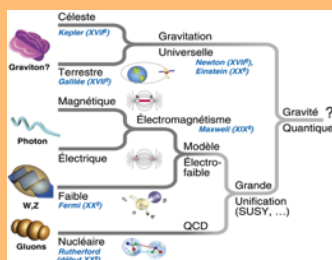
Quelle est l'origine des éléments dans l'univers ?



Notre univers est-il stable ?

Vers une interaction unique ?

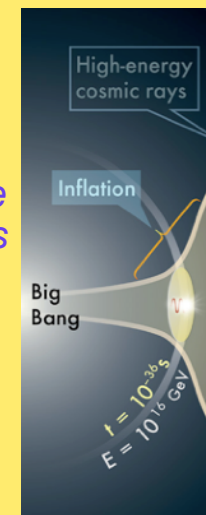
Comment réconcilier la gravitation avec les autres forces ?



Masses ???
 m_ν ? m_H ?

Comment mieux comprendre la masse des particules, des neutrinos et celle du boson de Higgs ?

Quel rôle joue le champ de Higgs au tout début de l'univers ?



et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

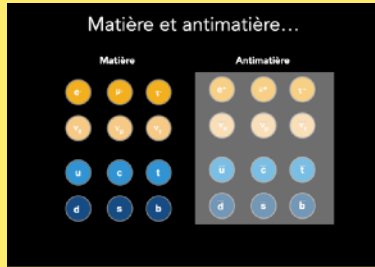


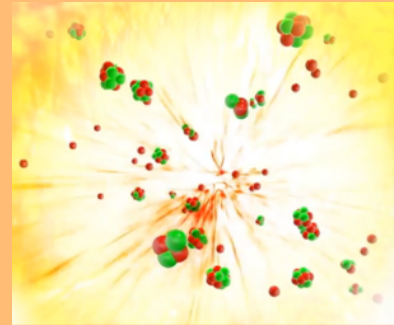
Tableau périodique des éléments chimiques

1	2																	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20											21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36											37	38	39	40											41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86											87	88	89	90											91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	----	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Où est passé l'antimatière ?

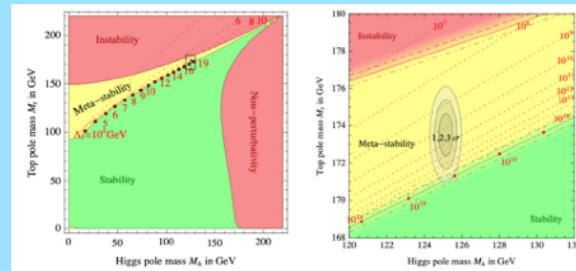
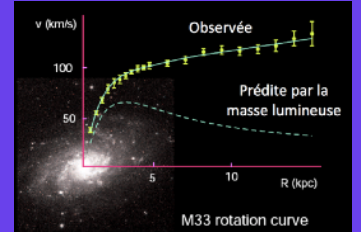
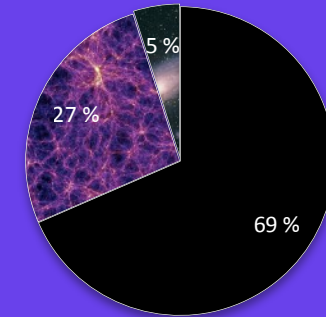


Quelles sont les états extrêmes de la matière ?



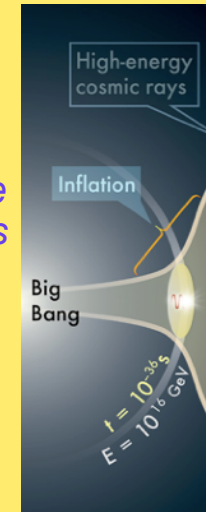
Quelle est l'origine des éléments dans l'univers ?

Quelle est cette matière noire inconnue qui représente 85% de la matière de l'univers et qui l'a façonné ?



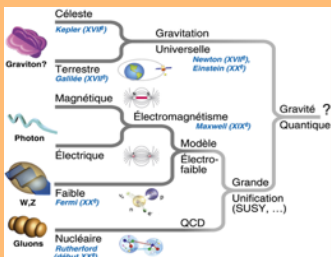
Notre univers est-il stable ?

Quel rôle joue le champ de Higgs au tout début de l'univers ?



Vers une interaction unique ?

Comment réconcilier la gravitation avec les autres forces ?



Masses ???
 m_ν ? m_H ?

Comment mieux comprendre la masse des particules, des neutrinos et celle du boson de Higgs ?

et répondre à ses grandes énigmes !

Pourquoi trois familles ?

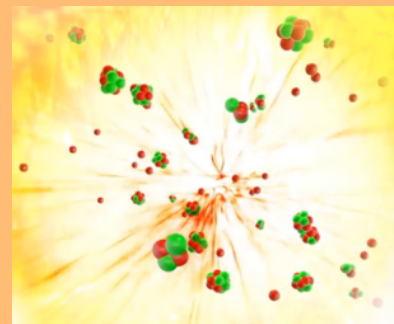


Tableau périodique des éléments chimiques

Où est passé l'antimatière ?

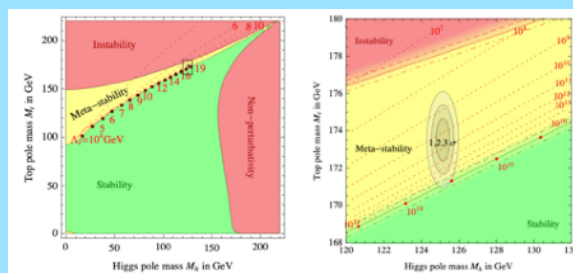
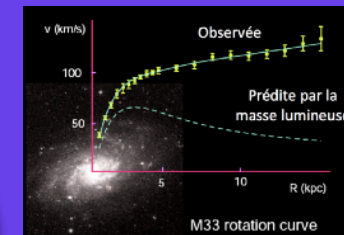
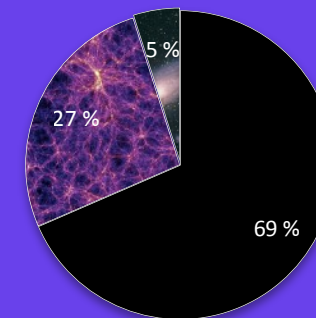


Quelles sont les états extrêmes de la matière ?



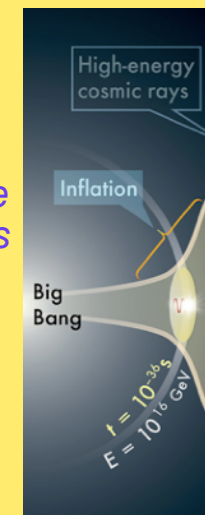
Quelle est l'origine des éléments dans l'univers ?

Quelle est cette matière noire inconnue qui représente 85% de la matière de l'univers et qui l'a façonné ?



Notre univers est-il stable ?

Quel rôle joue le champ de Higgs au tout début de l'univers ?



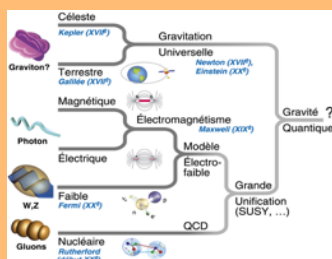
Qu'est-ce qui accélère l'expansion de l'univers ?

Qu'est-ce que l'énergie noire ?



Vers une interaction unique ?

Comment réconcilier la gravitation avec les autres forces ?



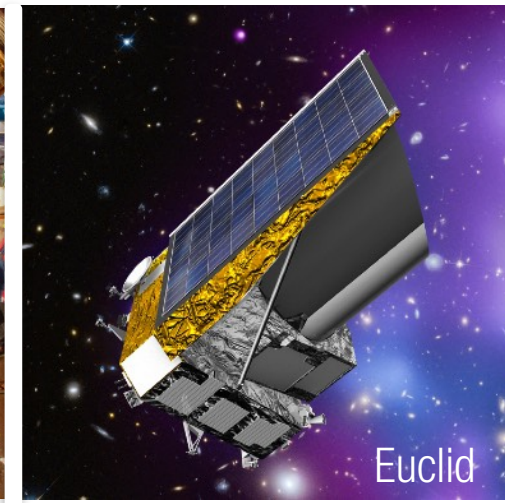
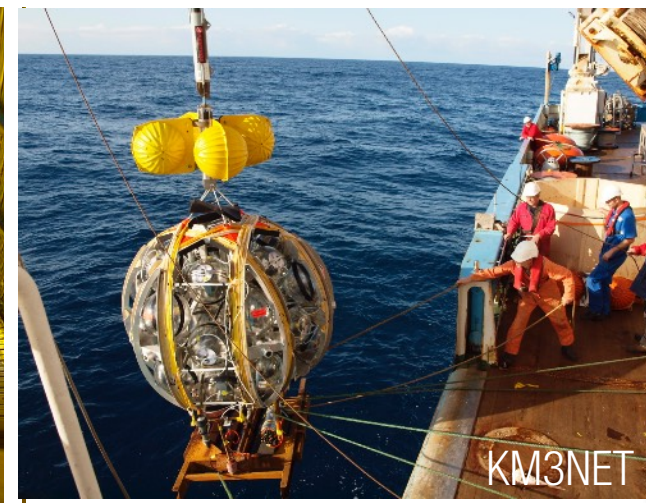
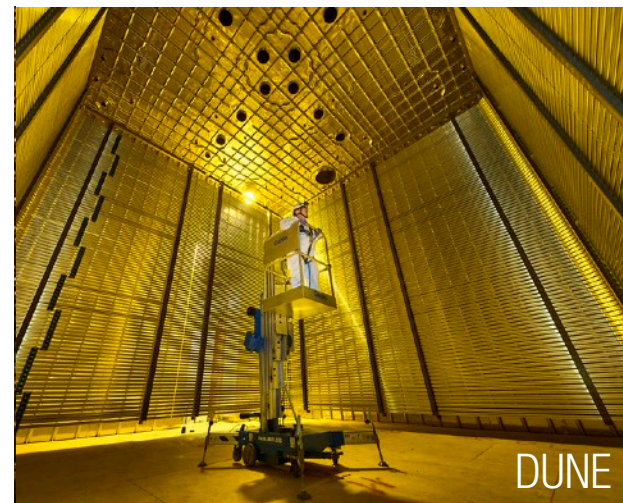
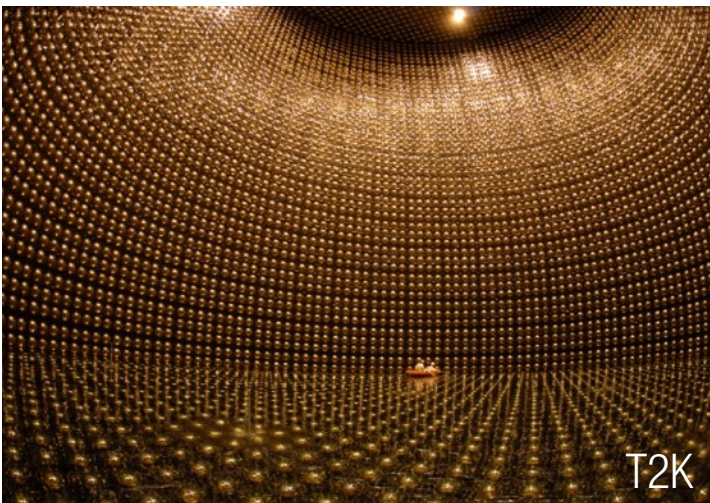
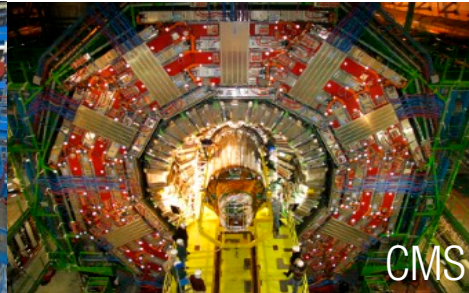
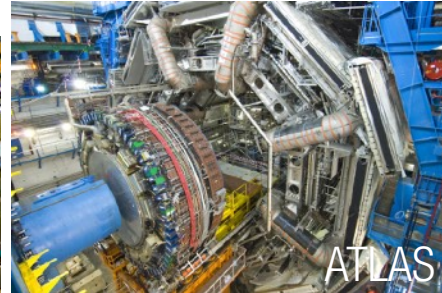
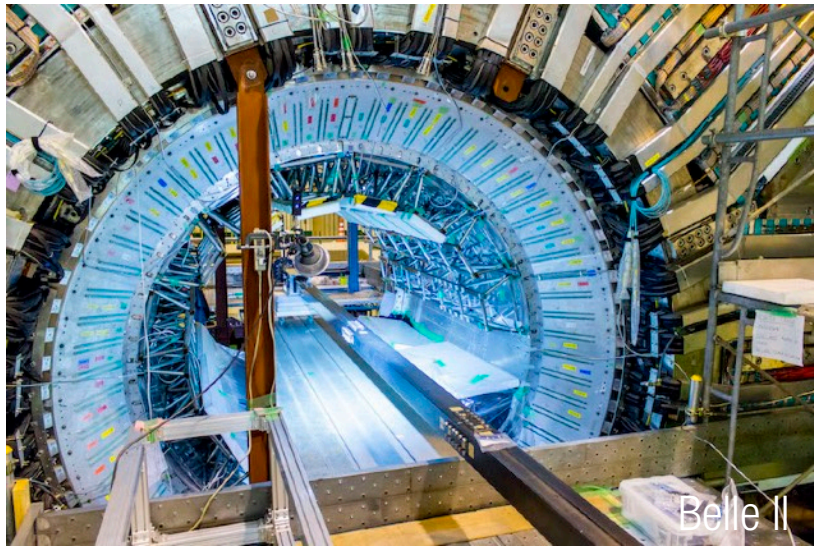
Masses ???
 m_ν ? m_H ?

Comment mieux comprendre la masse des particules, des neutrinos et celle du boson de Higgs ?

Pour répondre à ces questions, de magnifiques projets scientifiques

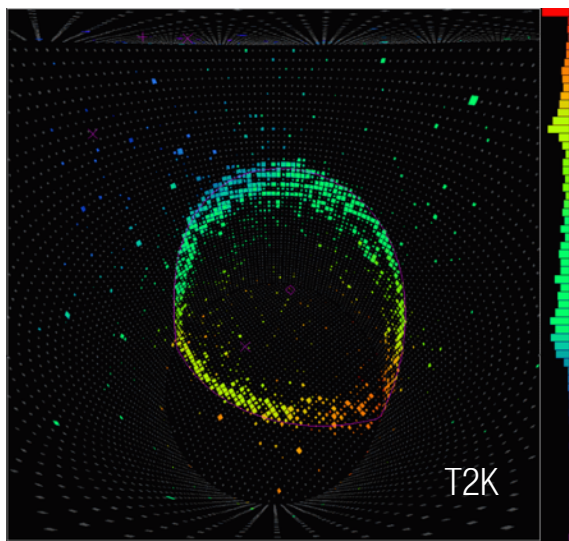
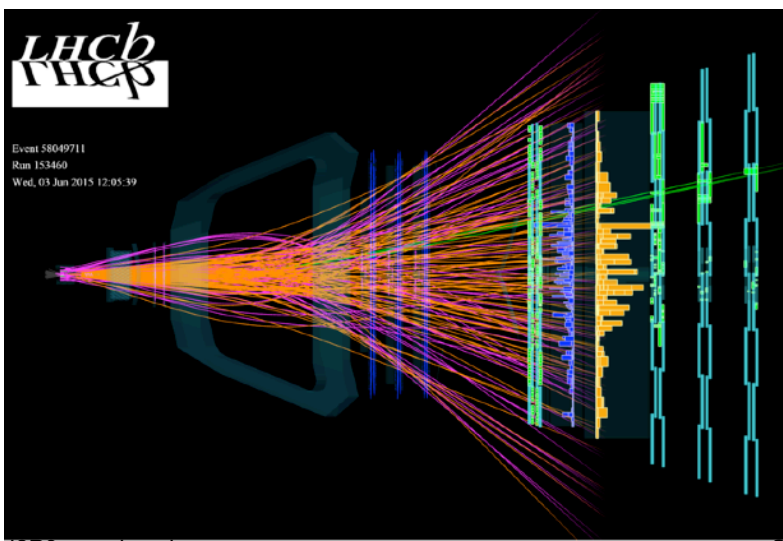
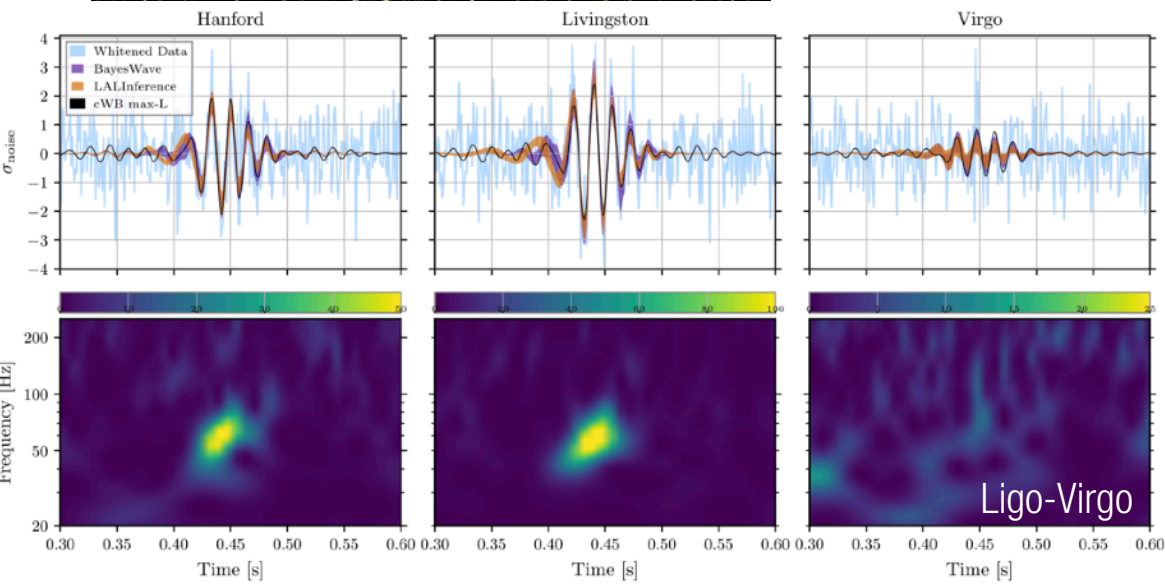
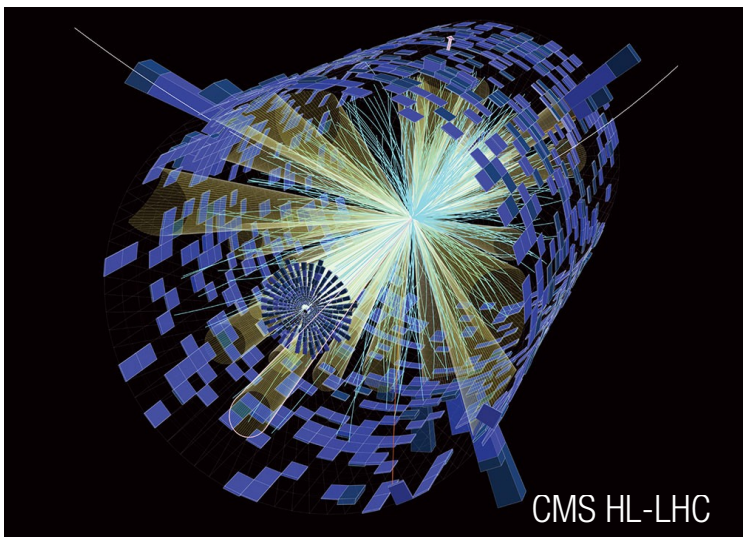
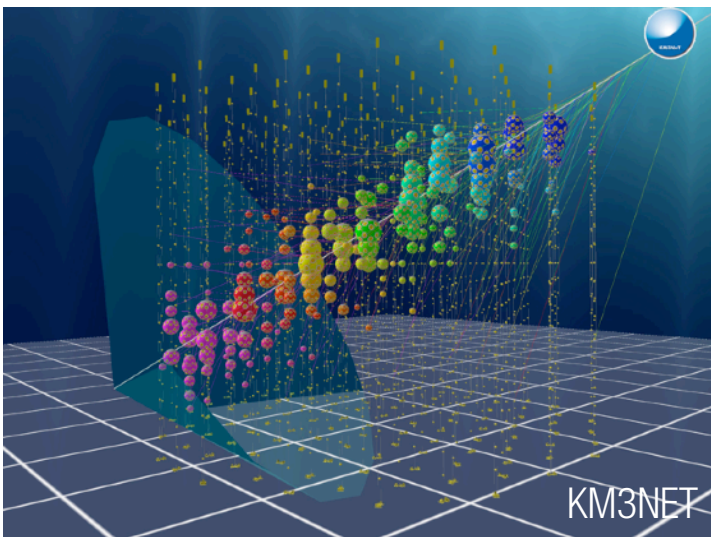


Pour répondre à ces questions, de magnifiques projets scientifiques



qui produisent des données complexes et très différentes

→ à traiter, stocker, déplacer, analyser



Le CC-IN2P3 et les expériences



Le CC-IN2P3 répond à l'ensemble de ces besoins !

+ les applications

- physique médicale
- énergie nucléaire
- ...

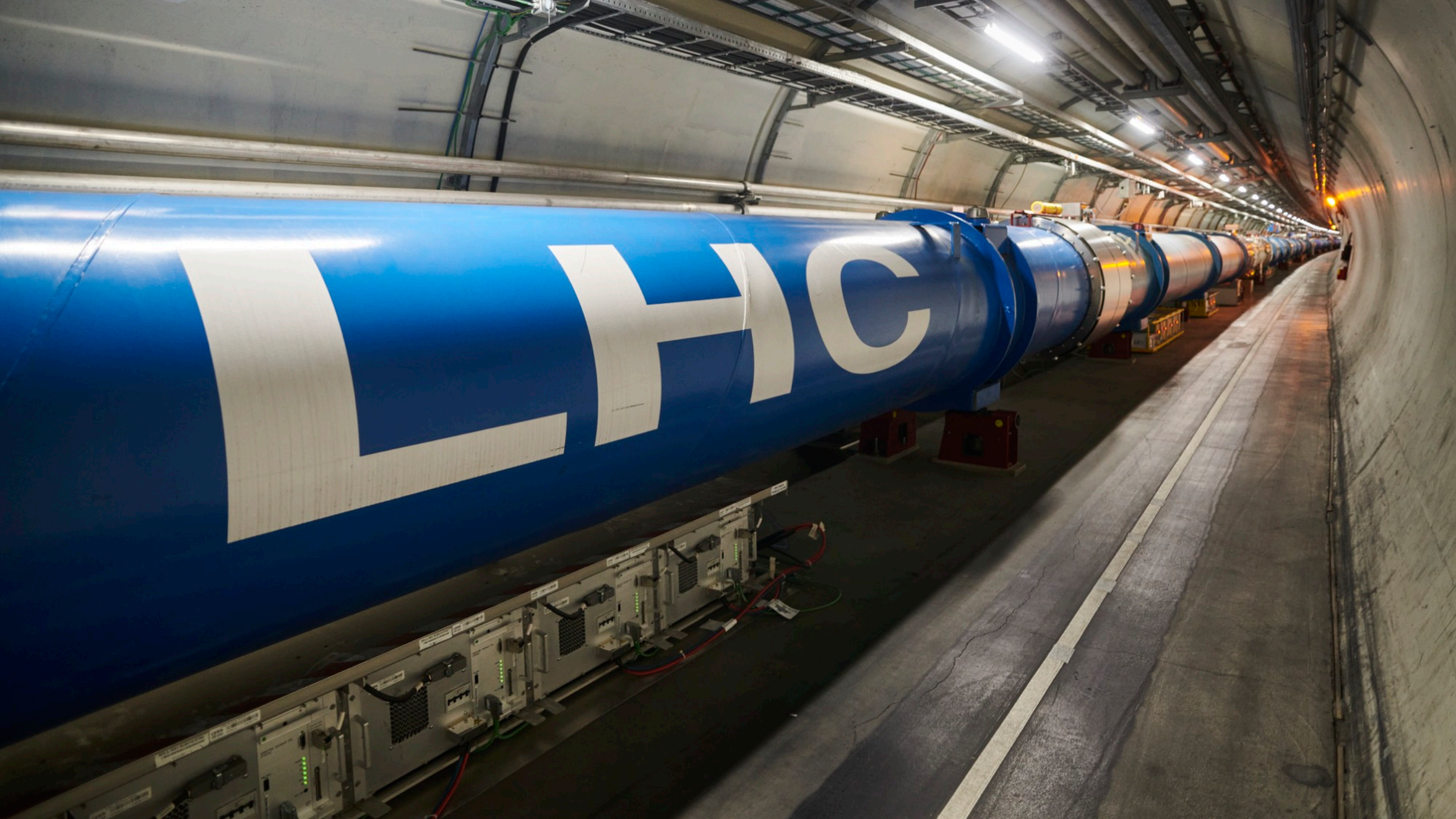
+ les développements techniques

- accélérateurs
- détecteurs
- services techniques

→ Impossible de tout couvrir

→ Focus sur les 2 instruments les plus gourmands en ressources informatiques pour les années qui arrivent :

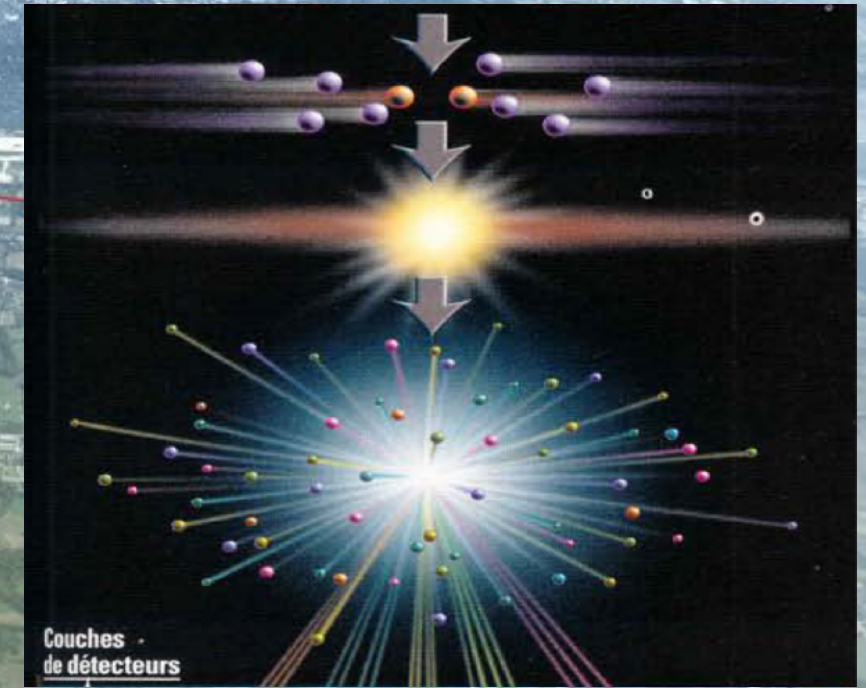
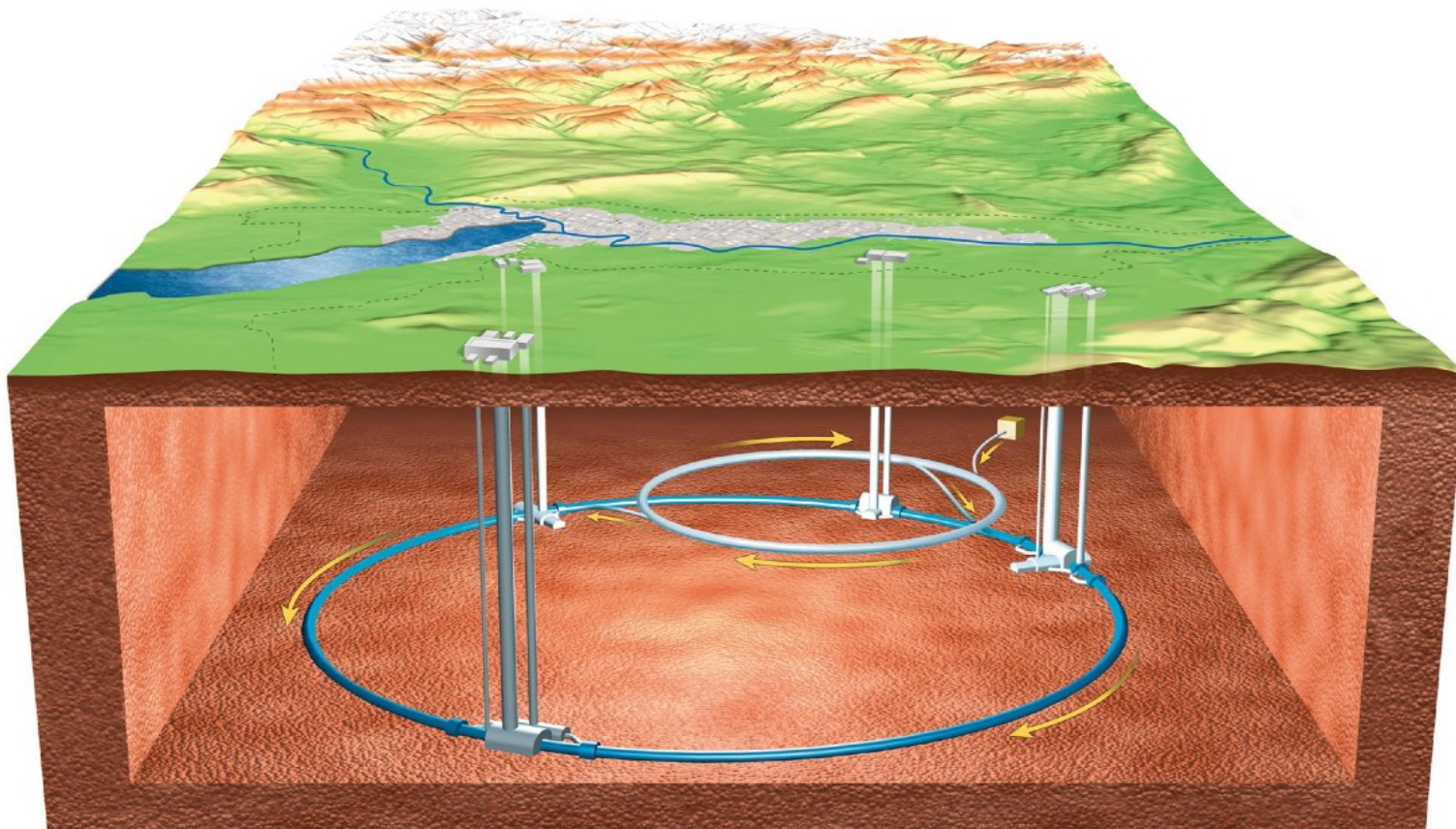
- les expériences du Large Hadron Collider (LHC) au CERN
- l'observatoire Vera Rubin et son Legacy Survey of Space and Time (LSST)



Le LHC : le projet hors norme et dimensionnant

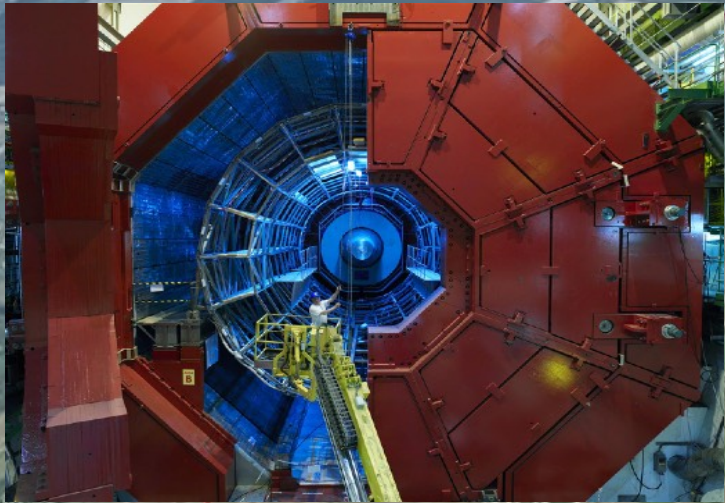


Le LHC : le projet hors norme et dimensionnant

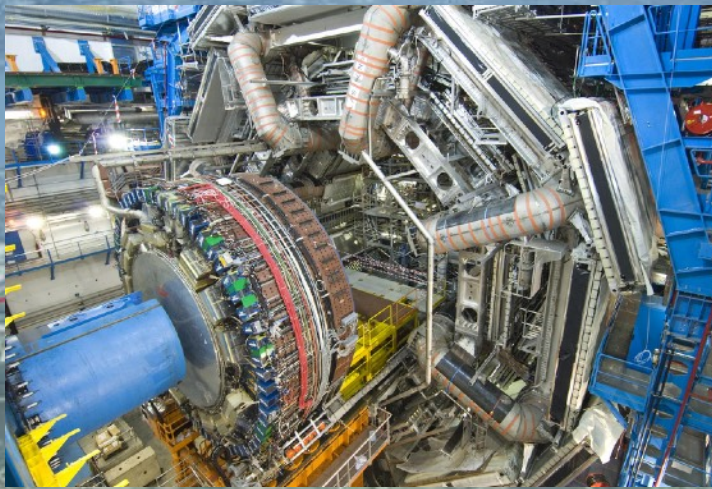


- 2 faisceaux composés de milliers de paquets de 100 milliards de protons accélérés quasiment à la vitesse de la lumière
- 40 millions de collisions par seconde

Les détecteurs



ALICE
16x26 m, 10000 t



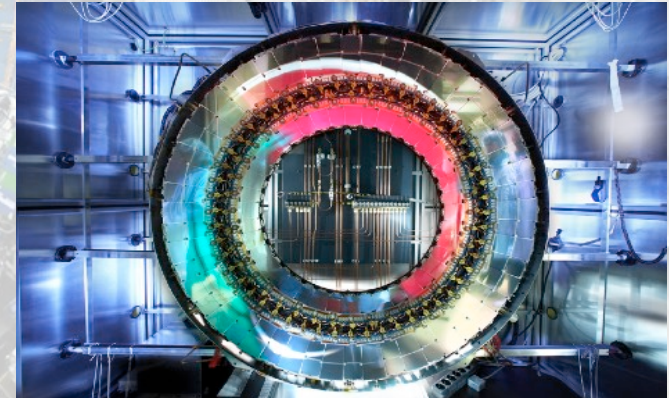
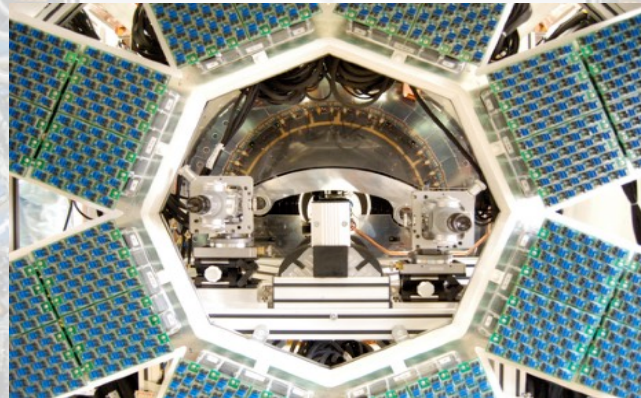
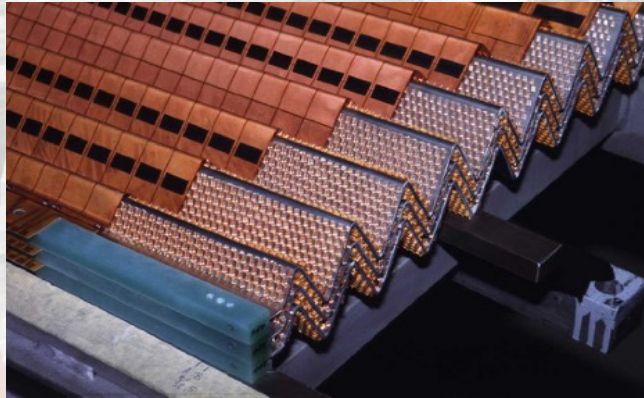
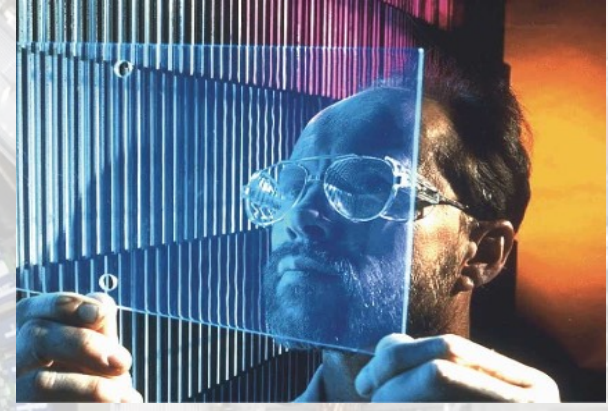
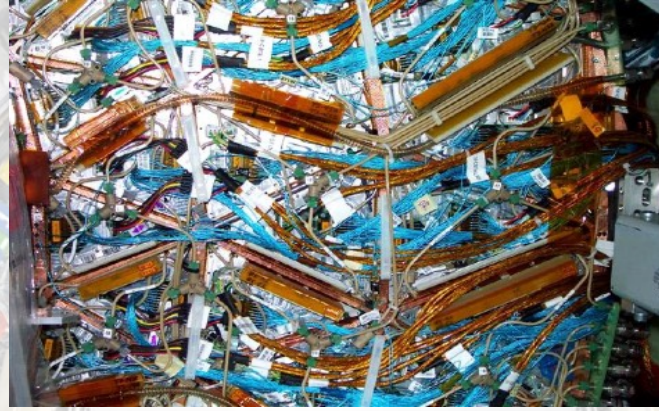
ATLAS
25x45 m, 7000 t



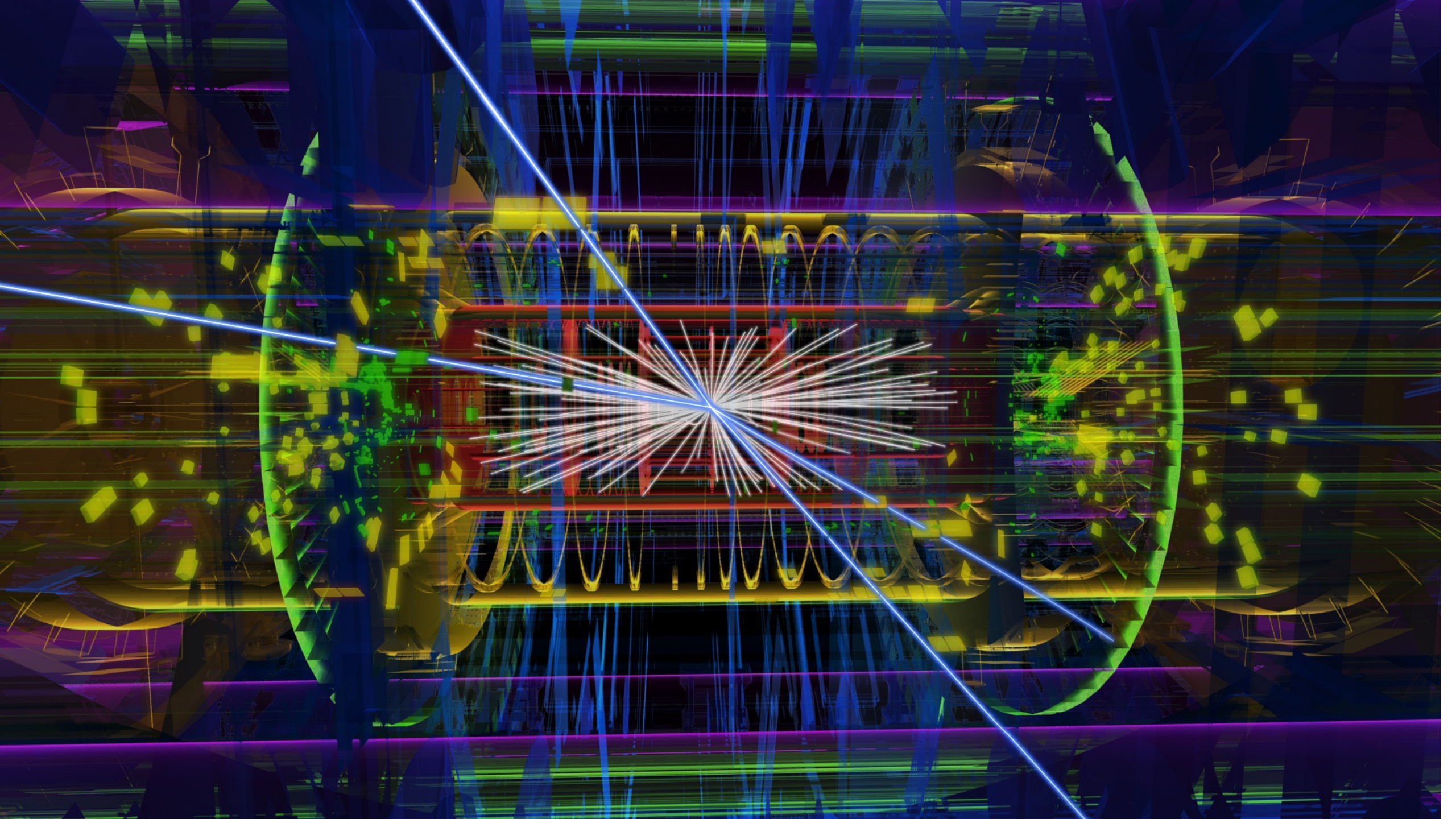
LHCb
10x21 m, 5600 t



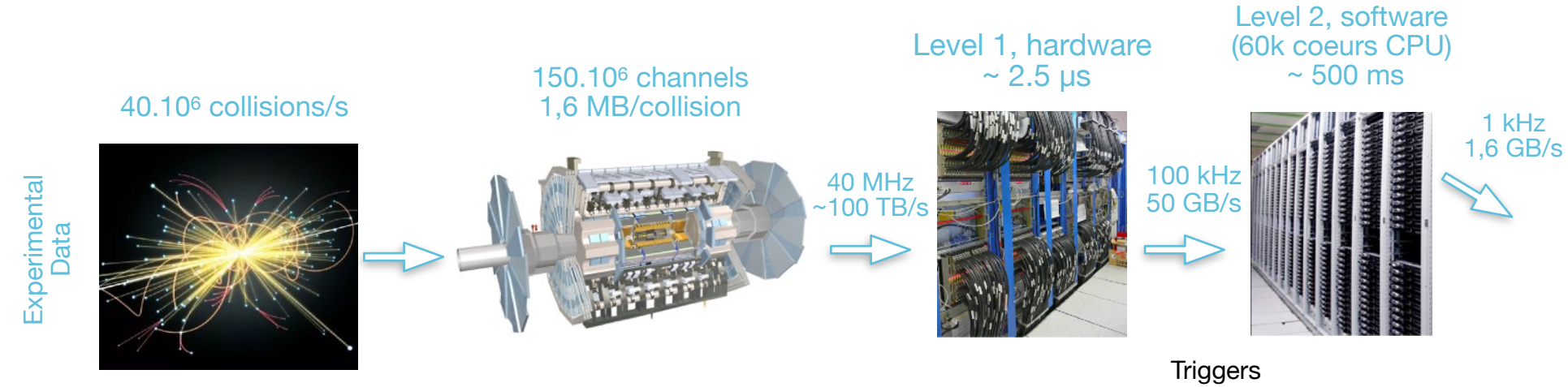
CMS
15x21 m, 10000 t



~150 millions de voies de lectures

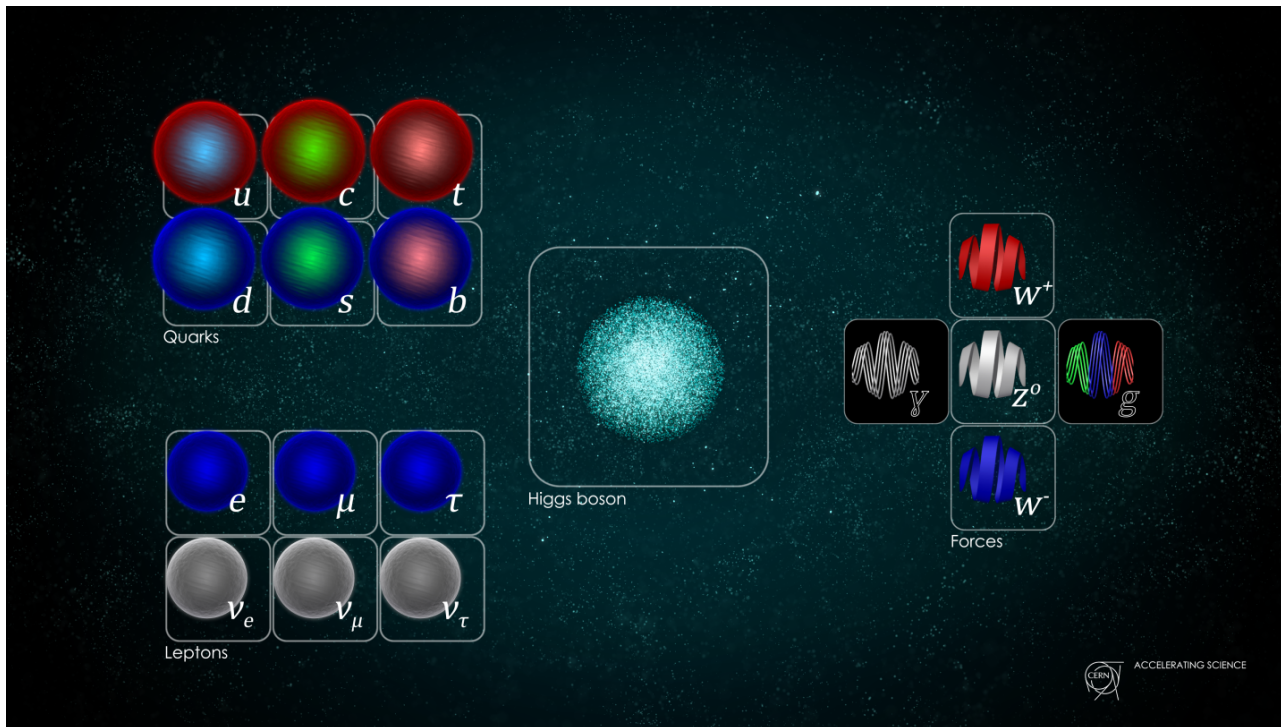


Une avalanche de données à traiter



Un modèle théorique

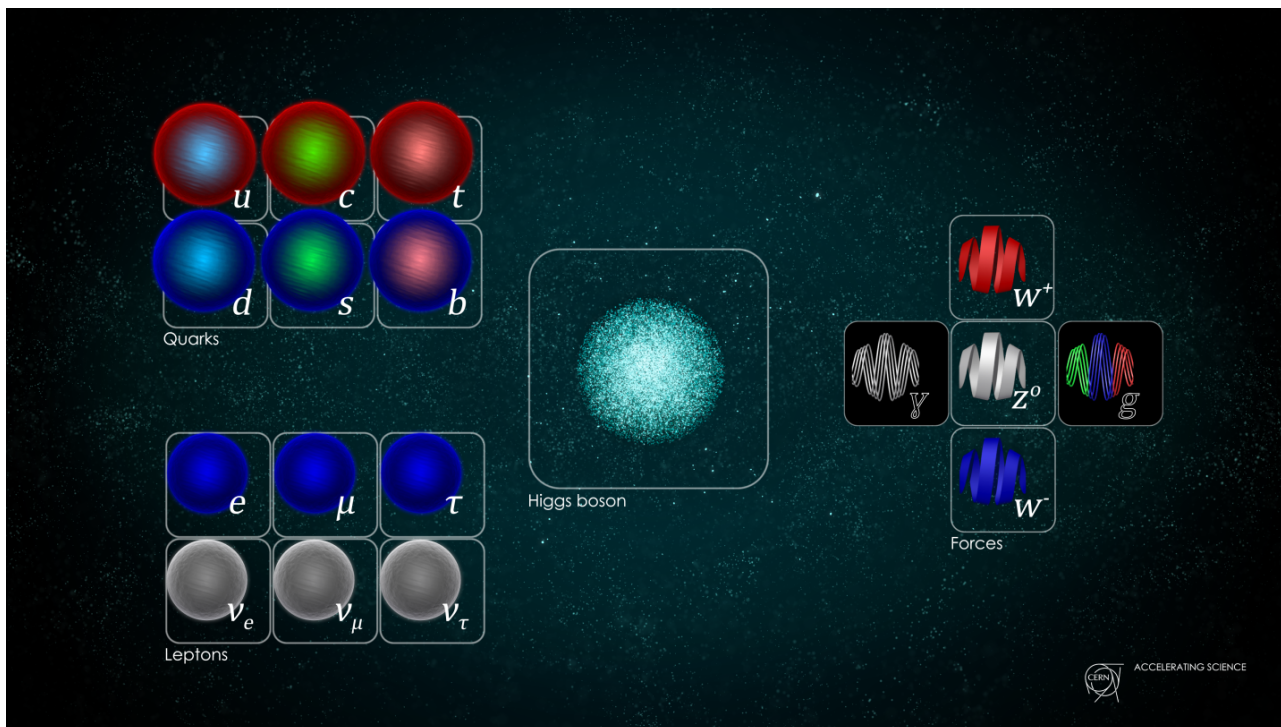
Le modèle standard



Un modèle théorique

en équation

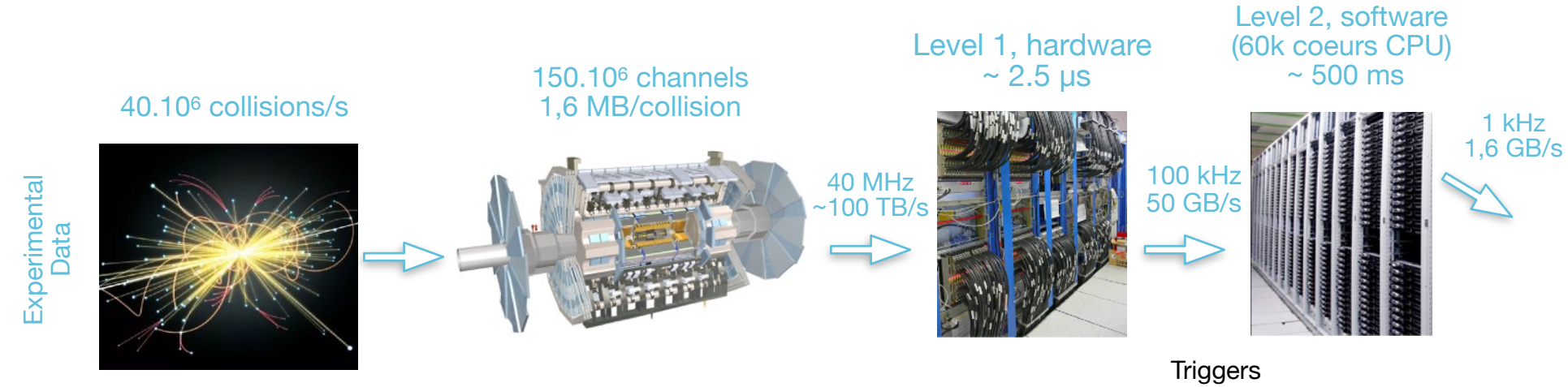
Le modèle standard



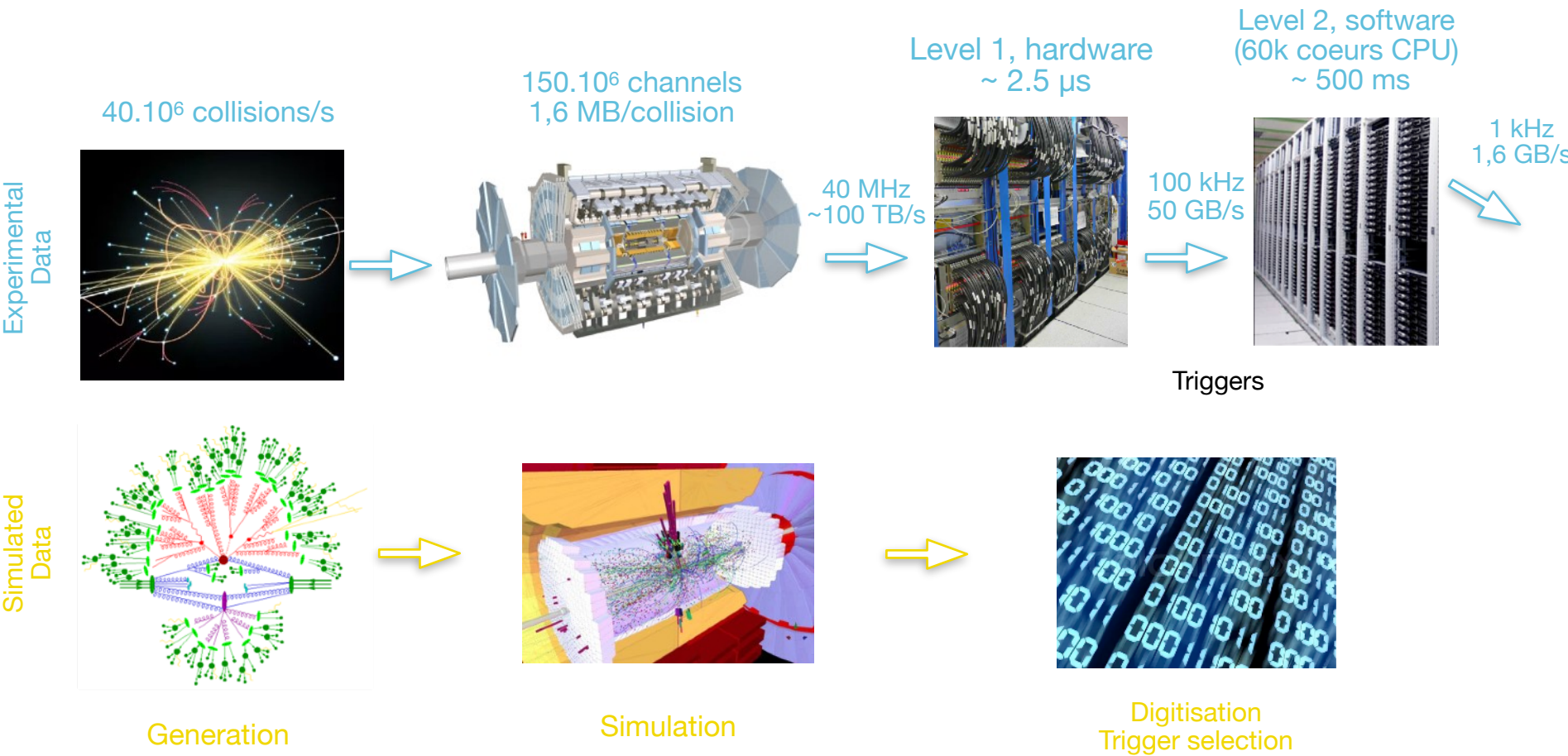
$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{SM} = & -\frac{1}{2}\partial_\nu g_\mu^a \partial_\nu g_\mu^a - g_s f^{abc} \partial_\mu g_\nu^a g_\mu^b g_\nu^c - \frac{1}{4}g_s^2 f^{abc} f^{ade} g_\mu^b g_\nu^c g_\mu^d g_\nu^e - \partial_\nu W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - M^2 W_\mu^+ W_\mu^- - \\ & \frac{1}{2}\partial_\nu Z_\mu^0 \partial_\nu Z_\mu^0 - \frac{1}{2c_w^2} M^2 Z_\mu^0 Z_\mu^0 - \frac{1}{2}\partial_\mu A_\nu \partial_\mu A_\nu - igc_w (\partial_\nu Z_\mu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - W_\mu^- W_\nu^+) - Z_\nu^0 (W_\mu^+ \partial_\mu W_\mu^- - \\ & W_\mu^- \partial_\mu W_\mu^+) + Z_\mu^0 (W_\nu^+ \partial_\nu W_\mu^- - W_\nu^- \partial_\nu W_\mu^+)) - ig s_w (\partial_\nu A_\mu (W_\mu^+ W_\nu^- - W_\mu^- W_\nu^+) - A_\nu (W_\mu^+ \partial_\mu W_\mu^- - \\ & W_\mu^- \partial_\mu W_\mu^+) + A_\mu (W_\nu^+ \partial_\nu W_\mu^- - W_\nu^- \partial_\nu W_\mu^+)) - \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- W_\nu^+ W_\nu^- + \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\nu^- W_\mu^- W_\nu^+ + \\ & g^2 c_w^2 (Z_\mu^0 W_\mu^+ Z_\nu^0 W_\nu^- - Z_\mu^0 Z_\nu^0 W_\mu^+ W_\nu^-) + g^2 s_w^2 (A_\mu W_\mu^+ A_\nu W_\nu^- - A_\mu A_\nu W_\mu^+ W_\nu^-) + g^2 s_w c_w (A_\mu Z_\nu^0 (W_\mu^+ W_\nu^- - \\ & W_\nu^+ W_\mu^-) - 2A_\mu Z_\mu^0 W_\nu^+ W_\nu^-) - \frac{1}{2}\partial_\mu H \partial_\mu H - 2M^2 \alpha_h H^2 - \partial_\mu \phi^+ \partial_\mu \phi^- - \frac{1}{2}\partial_\mu \phi^0 \partial_\mu \phi^0 - \\ & \beta_h \left(\frac{2M^2}{g^2} + \frac{2M}{g} H + \frac{1}{2}(H^2 + \phi^0 \phi^0 + 2\phi^+ \phi^-) \right) + \frac{2M^4}{g^2} \alpha_h - g \alpha_h M (H^3 + H \phi^0 \phi^0 + 2H \phi^+ \phi^-) - \\ & \frac{1}{8}g^2 \alpha_h (H^4 + (\phi^0)^4 + 4(\phi^+ \phi^-)^2 + 4(\phi^0)^2 \phi^+ \phi^- + 4H^2 \phi^+ \phi^- + 2(\phi^0)^2 H^2) - g M W_\mu^+ W_\mu^- H - \\ & \frac{1}{2}g \frac{M}{c_w} Z_\mu^0 Z_\mu^0 H - \frac{1}{2}ig (W_\mu^+ (\phi^0 \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^0) - W_\mu^- (\phi^0 \partial_\mu \phi^+ - \phi^+ \partial_\mu \phi^0)) + \\ & \frac{1}{2}g (W_\mu^+ (H \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu H) + W_\mu^- (H \partial_\mu \phi^+ - \phi^+ \partial_\mu H)) + \frac{1}{2}g \frac{1}{c_w} (Z_\mu^0 (H \partial_\mu \phi^0 - \phi^0 \partial_\mu H) + \\ & M (\frac{1}{c_w} Z_\mu^0 \partial_\mu \phi^0 + W_\mu^+ \partial_\mu \phi^- + W_\mu^- \partial_\mu \phi^+) - ig \frac{g^2}{c_w} M Z_\mu^0 (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + ig s_w M A_\mu (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - \\ & ig \frac{1-2c_w^2}{2c_w} Z_\mu^0 (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) + ig s_w A_\mu (\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) - \frac{1}{4}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- (H^2 + (\phi^0)^2 + 2\phi^+ \phi^-) - \\ & \frac{1}{8}g^2 \frac{1}{c_w} Z_\mu^0 Z_\mu^0 (H^2 + (\phi^0)^2 + 2(2s_w^2 - 1)^2 \phi^+ \phi^-) - \frac{1}{2}g^2 \frac{s_w^2}{c_w} Z_\mu^0 \phi^0 (W_\mu^+ \phi^- + W_\mu^- \phi^+) - \\ & \frac{1}{2}ig^2 \frac{s_w^2}{c_w} Z_\mu^0 H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}g^2 s_w A_\mu \phi^0 (W_\mu^+ \phi^- + W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}ig^2 s_w A_\mu H (W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - \\ & g^2 \frac{s_w}{c_w} (2c_w^2 - 1) Z_\mu^0 A_\mu \phi^+ \phi^- - g^2 s_w^2 A_\mu A_\mu \phi^+ \phi^- + \frac{1}{2}ig s_w \lambda_{ij}^a (\bar{q}_i^\alpha \gamma^\mu q_j^\alpha) g_\mu^a - \bar{e}^\lambda (\gamma \partial + m_e^\lambda) e^\lambda - \bar{\nu}^\lambda (\gamma \partial + \\ & m_\nu^\lambda) \nu^\lambda - \bar{u}_j^\lambda (\gamma \partial + m_u^\lambda) u_j^\lambda - \bar{d}_j^\lambda (\gamma \partial + m_d^\lambda) d_j^\lambda + ig s_w A_\mu (-\bar{e}^\lambda \gamma^\mu e^\lambda + \frac{2}{3}(\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu u_j^\lambda) - \frac{1}{3}(\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu d_j^\lambda)) + \\ & \frac{ig}{4c_w} Z_\mu^0 \{ (\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{e}^\lambda \gamma^\mu (4s_w^2 - 1 - \gamma^5) e^\lambda) + (\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu (\frac{4}{3}s_w^2 - 1 - \gamma^5) d_j^\lambda) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (1 - \frac{8}{3}s_w^2 + \\ & \gamma^5) u_j^\lambda) \} + \frac{ig}{2\sqrt{2}} W_\mu^+ ((\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) U^{lep}_{\lambda\kappa} e^\kappa) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu (1 + \gamma^5) C_{\lambda\kappa} d_j^\kappa)) + \\ & \frac{ig}{2\sqrt{2}} W_\mu^- ((\bar{e}^\lambda U^{lep\dagger}_{\kappa\lambda} \gamma^\mu (1 + \gamma^5) \nu^\lambda) + (\bar{d}_j^\kappa C_{\kappa\lambda}^\dagger \gamma^\mu (1 + \gamma^5) u_j^\lambda)) + \\ & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^+ (-m_e^\kappa (\bar{\nu}^\lambda U^{lep}_{\lambda\kappa} (1 - \gamma^5) e^\kappa) + m_\nu^\lambda (\bar{\nu}^\lambda U^{lep}_{\lambda\kappa} (1 + \gamma^5) e^\kappa) + \\ & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^- (m_e^\lambda (\bar{e}^\lambda U^{lep\dagger}_{\lambda\kappa} (1 + \gamma^5) \nu^\kappa) - m_\nu^\kappa (\bar{e}^\lambda U^{lep\dagger}_{\lambda\kappa} (1 - \gamma^5) \nu^\kappa) - \frac{g}{2} \frac{m_\lambda^\lambda}{M} H (\bar{\nu}^\lambda \nu^\lambda) - \frac{g}{2} \frac{m_\lambda^\lambda}{M} H (\bar{e}^\lambda e^\lambda) + \\ & \frac{ig}{2} \frac{m_\lambda^\lambda}{M} \phi^0 (\bar{\nu}^\lambda \gamma^5 \nu^\lambda) - \frac{ig}{2} \frac{m_\lambda^\lambda}{M} \phi^0 (\bar{e}^\lambda \gamma^5 e^\lambda) - \frac{1}{4} \bar{\nu}_\lambda M_{\lambda\kappa}^R (1 - \gamma_5) \bar{\nu}_\kappa - \frac{1}{4} \bar{\nu}_\lambda M_{\lambda\kappa}^R (1 - \gamma_5) \bar{\nu}_\kappa + \\ & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^+ (-m_u^\kappa (\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda\kappa} (1 - \gamma^5) d_j^\kappa) + m_d^\lambda (\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda\kappa} (1 + \gamma^5) d_j^\kappa) + \\ & \frac{ig}{2M\sqrt{2}} \phi^- (m_d^\lambda (\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}^\dagger (1 + \gamma^5) u_j^\kappa) - m_u^\kappa (\bar{d}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}^\dagger (1 - \gamma^5) u_j^\kappa) - \frac{g}{2} \frac{m_\lambda^\lambda}{M} H (\bar{u}_j^\lambda u_j^\lambda) - \frac{g}{2} \frac{m_\lambda^\lambda}{M} H (\bar{d}_j^\lambda d_j^\lambda) + \\ & \frac{ig}{2} \frac{m_\lambda^\lambda}{M} \phi^0 (\bar{u}_j^\lambda \gamma^5 u_j^\lambda) - \frac{ig}{2} \frac{m_\lambda^\lambda}{M} \phi^0 (\bar{d}_j^\lambda \gamma^5 d_j^\lambda) \end{aligned}$$

→ la possibilité de simuler complètement les expériences

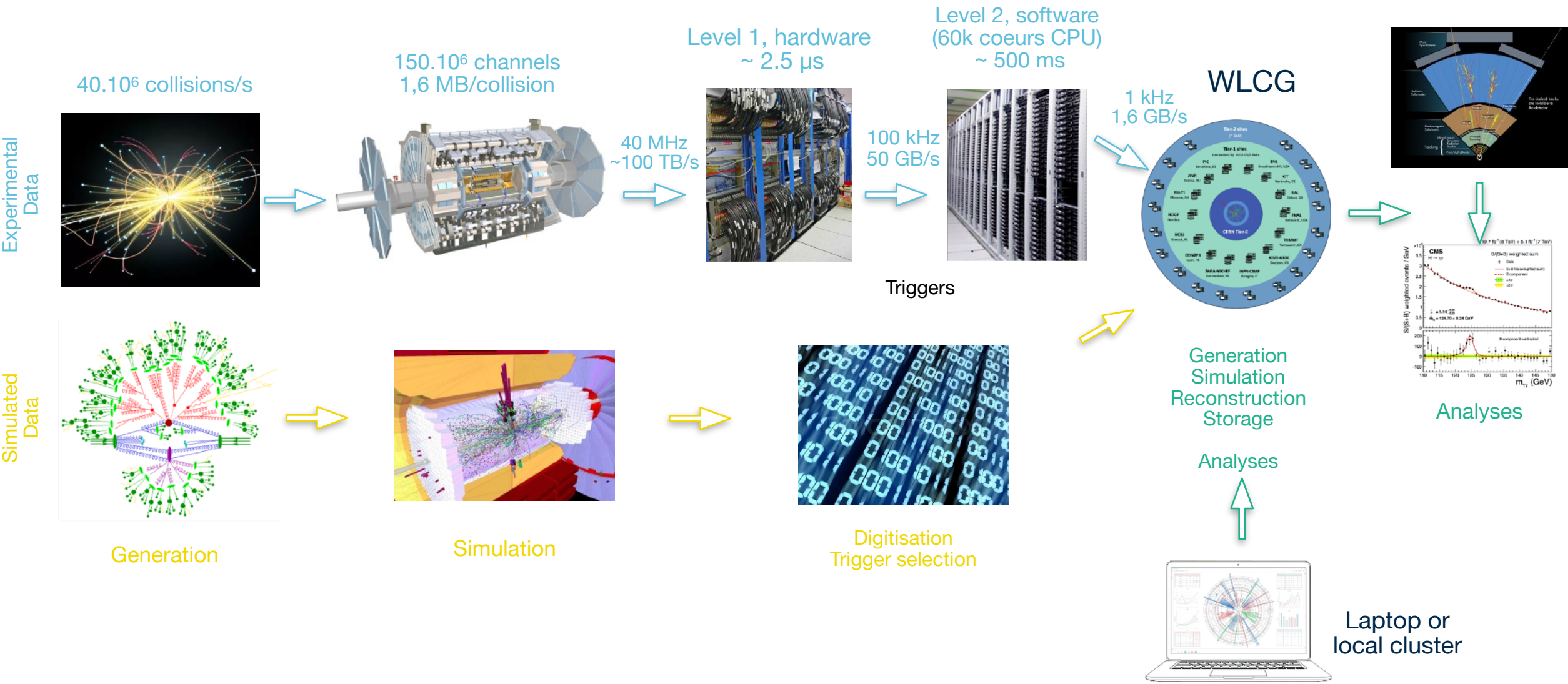
Une avalanche de données à traiter



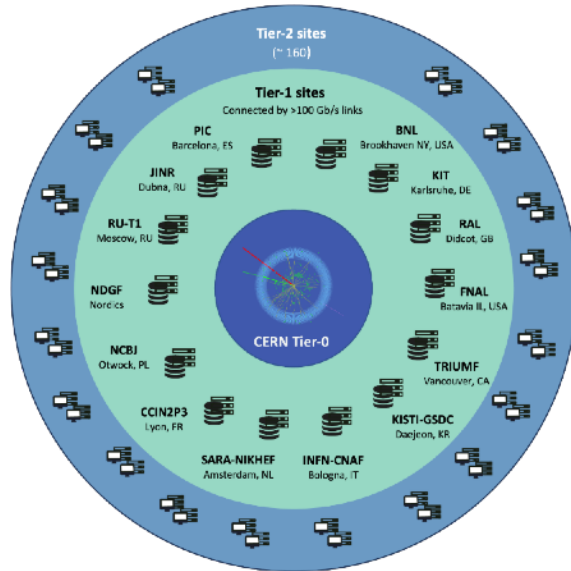
Une avalanche de données à traiter



Une avalanche de données à traiter et à analyser



Une infrastructure distribuée

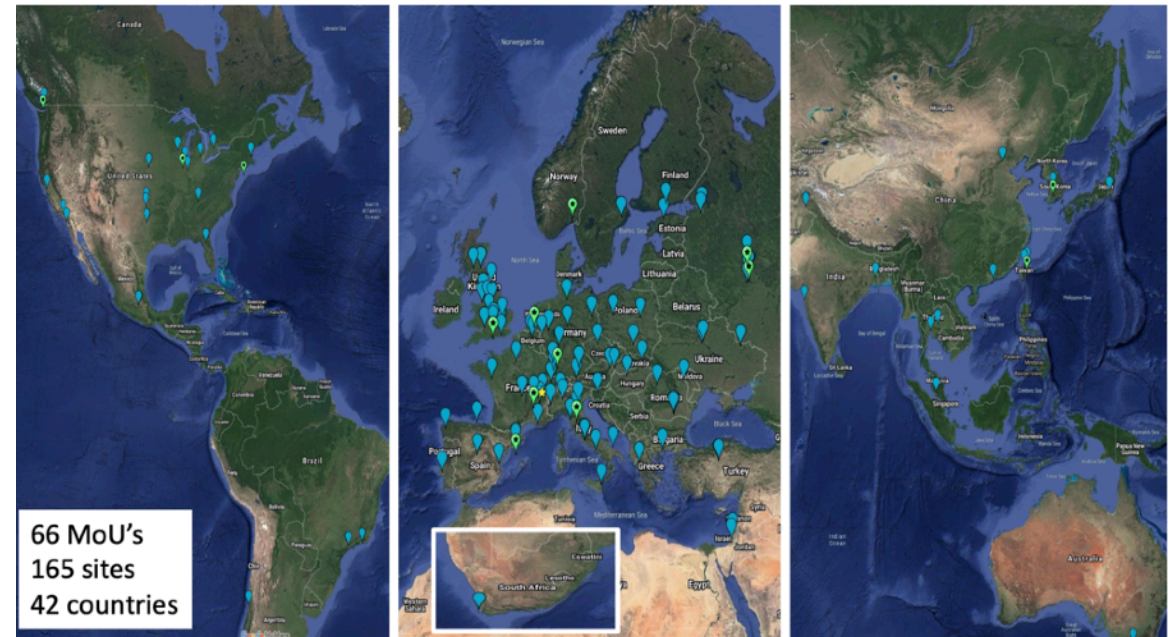


La grille de calcul WLCG

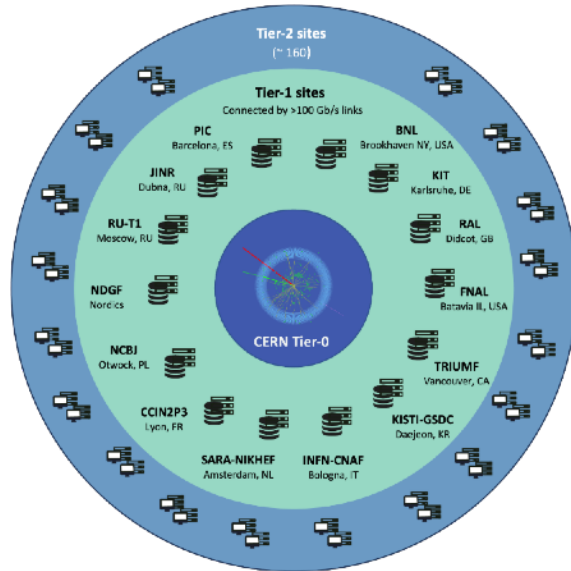
- 165 sites de calcul et de stockage dans 42 pays
 - niveaux : Tier 0 CERN, Tier 1 duplication des données brutes, Tier 2, Tier 3 uniquement analyse

La grille de calcul WLCG

- fonctionne 24/24 7/7
- processeurs (x86 majoritairement), disque et bande
- un réseau performant (10-400 Gb/s)
- un accès transparent (mais sécurisé) pour les milliers de physiciens dans le monde qui analysent ces données
- des services permettant de gérer les données, leur traitement, leur référencement, le suivi de l'ensemble (monitoring)



Une infrastructure distribuée



La grille de calcul WLCG

- 165 sites de calcul et de stockage dans 42 pays
 - niveaux : Tier 0 CERN, Tier 1 duplication des données brutes, Tier 2, Tier 3 uniquement analyse

La grille de calcul WLCG

- fonctionne 24/24 7/7
- processeurs (x86 majoritairement), disque et bande
- un réseau performant (10-400 Gb/s)
- un accès transparent (mais sécurisé) pour les milliers de physiciens dans le monde qui analysent ces données
- des services permettant de gérer les données, leur traitement, leur référencement, le suivi de l'ensemble (monitoring)

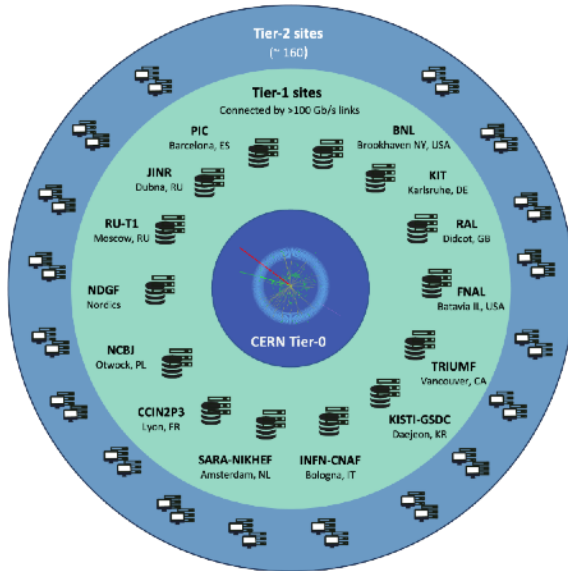
CC-IN2P3



Fournit ~12% des ressources des T1 de WLCG



Une infrastructure distribuée

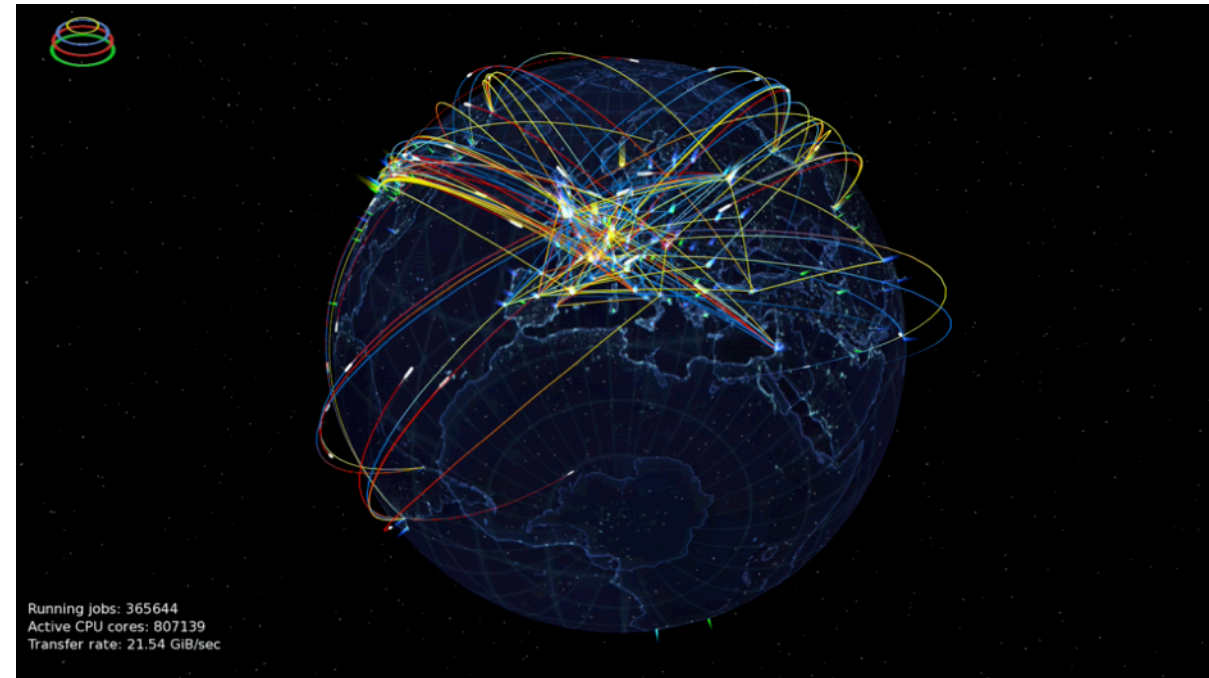


La grille de calcul WLCG

- 165 sites de calcul et de stockage dans 42 pays
 - niveaux : Tier 0 CERN, Tier 1 duplication des données brutes, Tier 2, Tier 3 uniquement analyse

La grille de calcul WLCG

- fonctionne 24/24 7/7
- processeurs (x86 majoritairement), disque et bande
- un réseau performant (10-400 Gb/s)
- un accès transparent (mais sécurisé) pour les milliers de physiciens dans le monde qui analysent ces données
- des services permettant de gérer les données, leur traitement, leur référencement, le suivi de l'ensemble (monitoring)



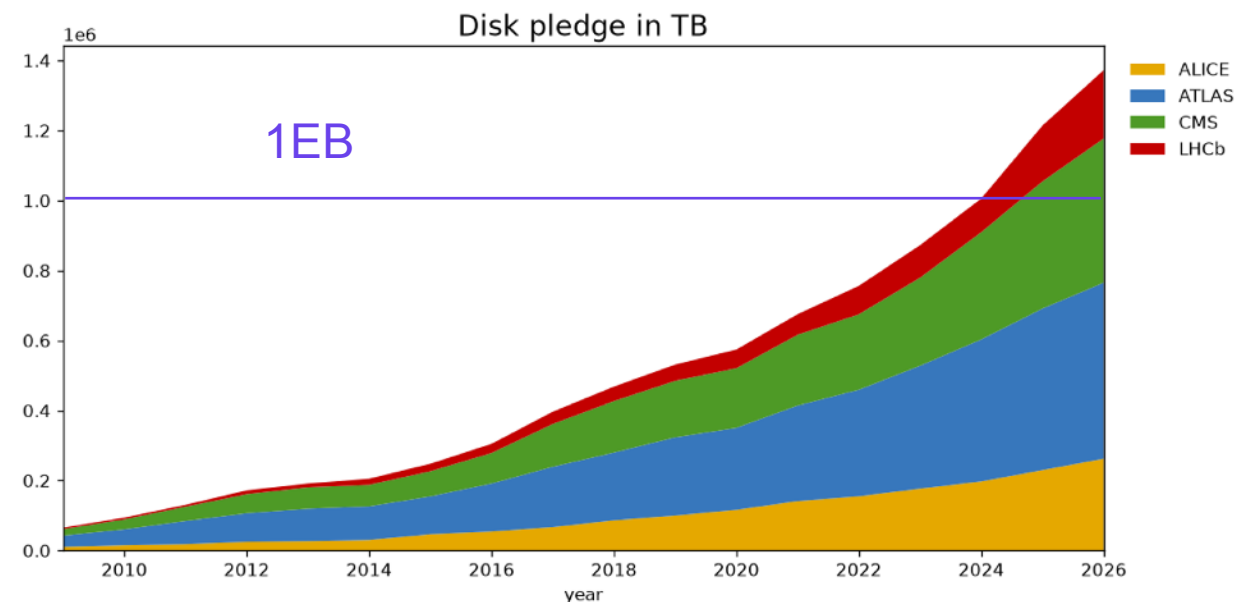
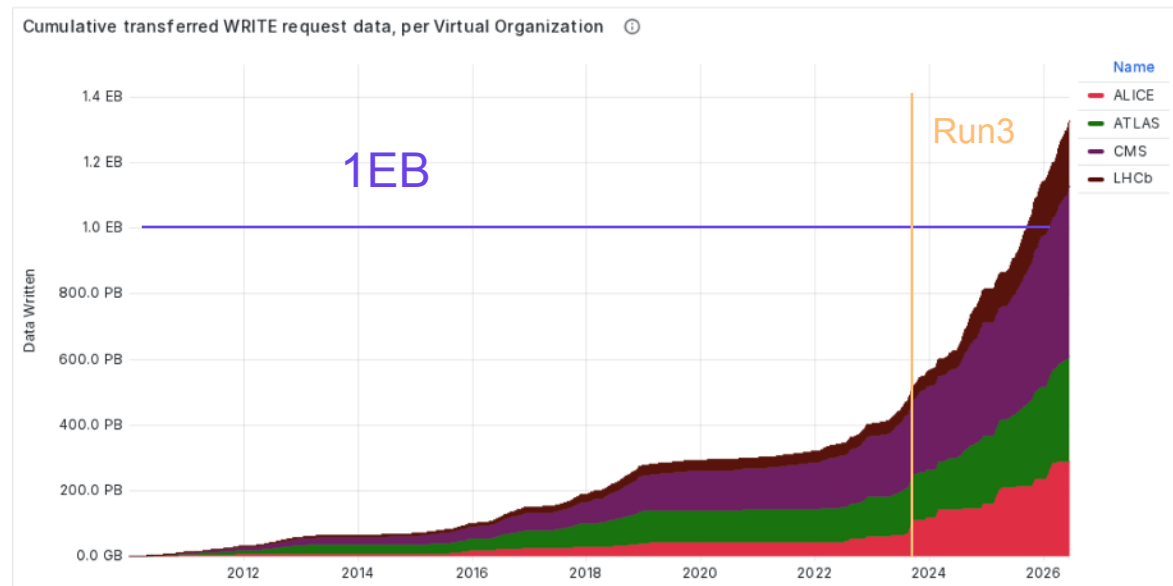
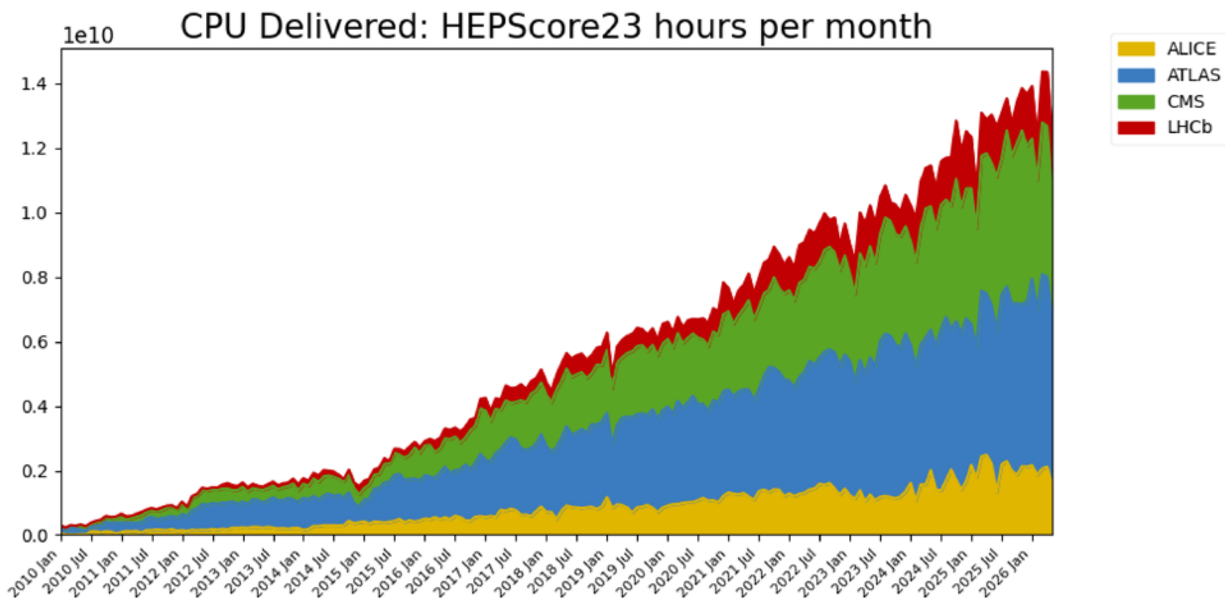
Une évolution continue

La grille de calcul WLCG aujourd'hui

- 1,5 millions de coeurs CPU utilisés 24/24 7/7 (x86 majoritairement)
- ~3 Eo de données stockées

LCG-France

- fournit ~10% de ces ressources



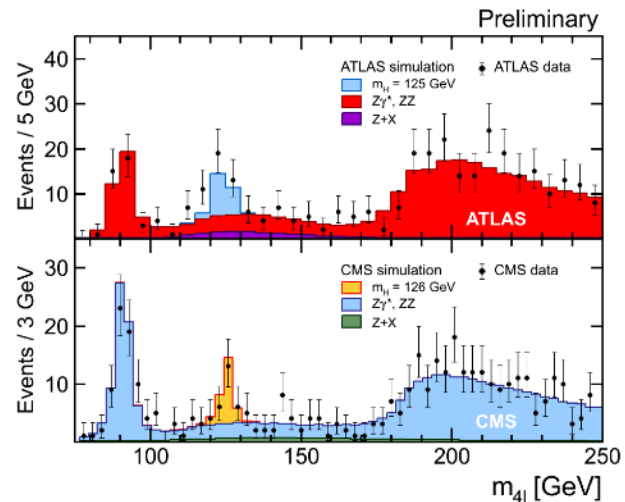
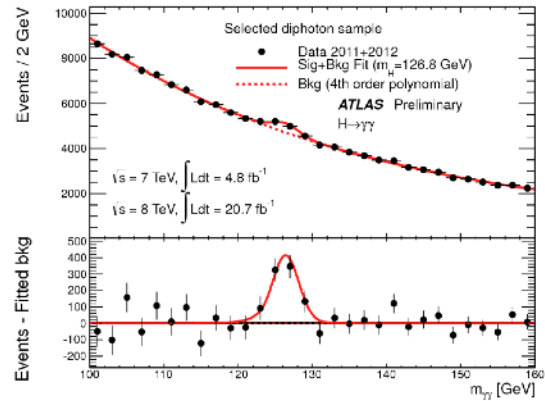
WLCG et LCG-France : 20 ans de bons et loyaux services !



et une moisson de résultats

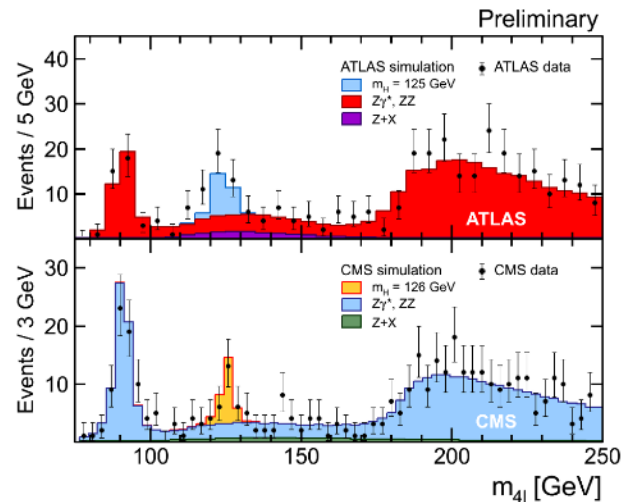
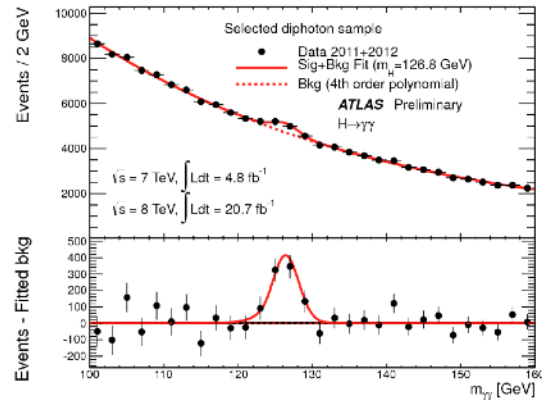
et une moisson de résultats

2012 Découverte d'une nouvelle particule

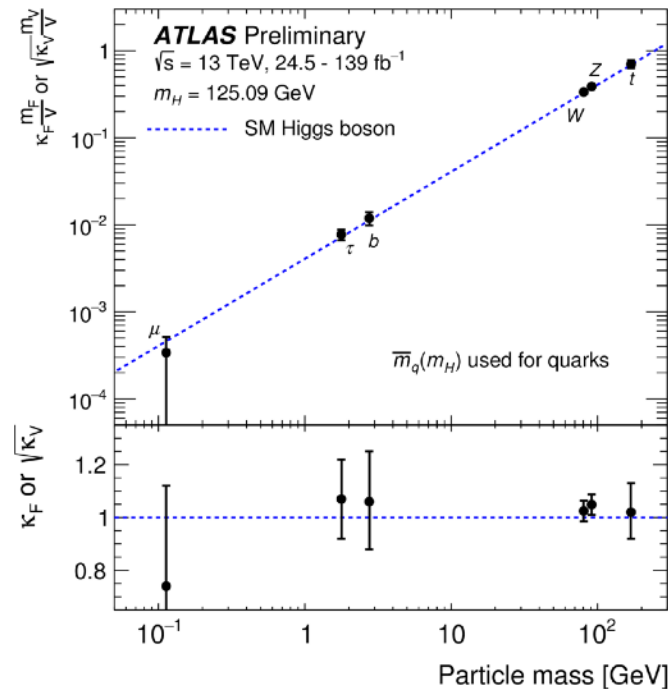
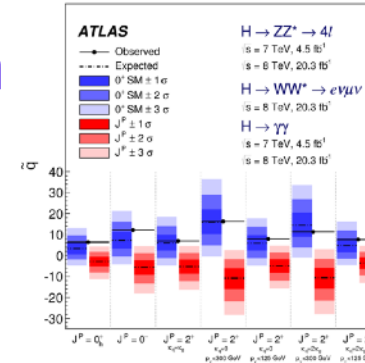


et une moisson de résultats

2012 Découverte d'une nouvelle particule

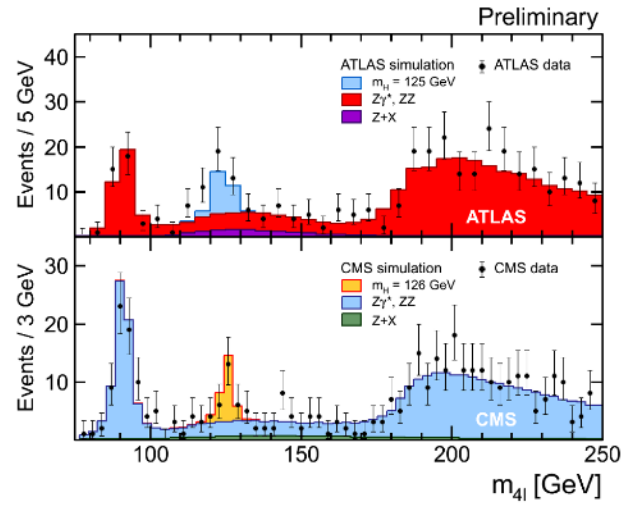
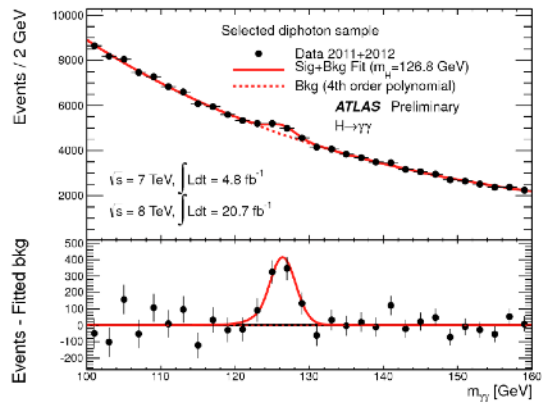


Qui est bien le boson de Higgs

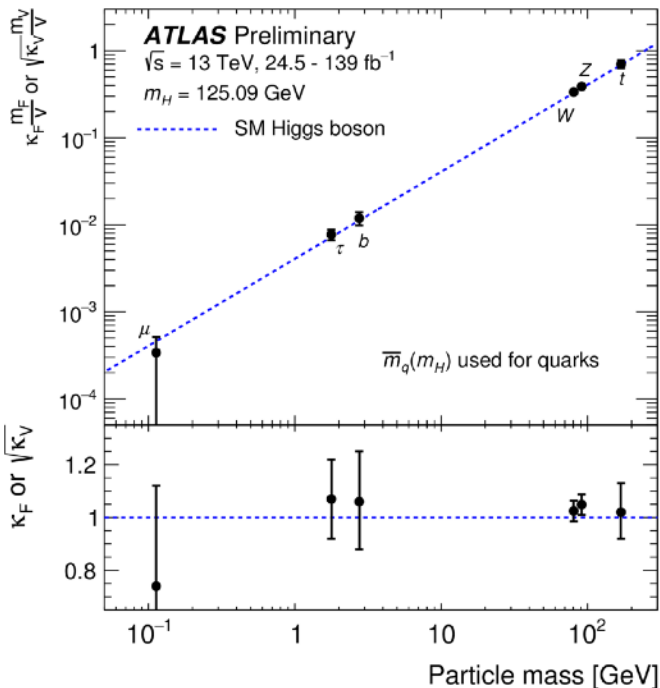
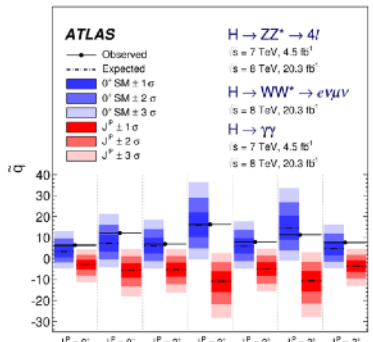


et une moisson de résultats

2012 Découverte d'une nouvelle particule

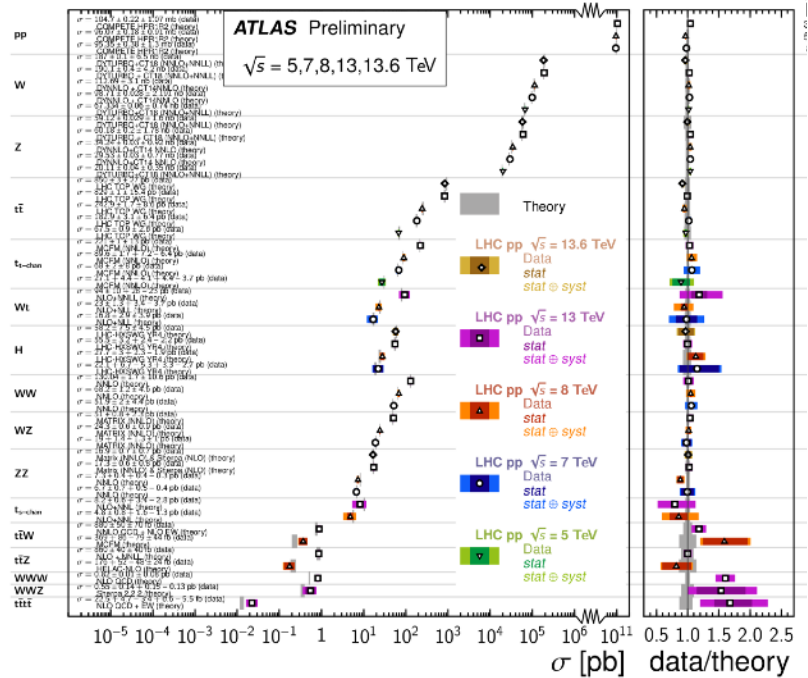


Qui est bien le boson de Higgs

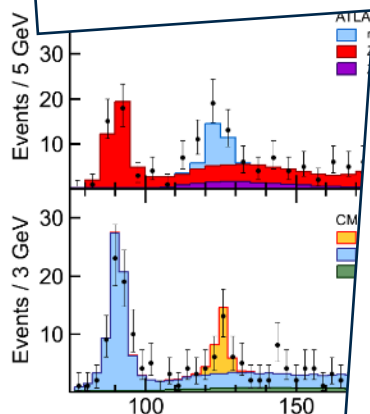
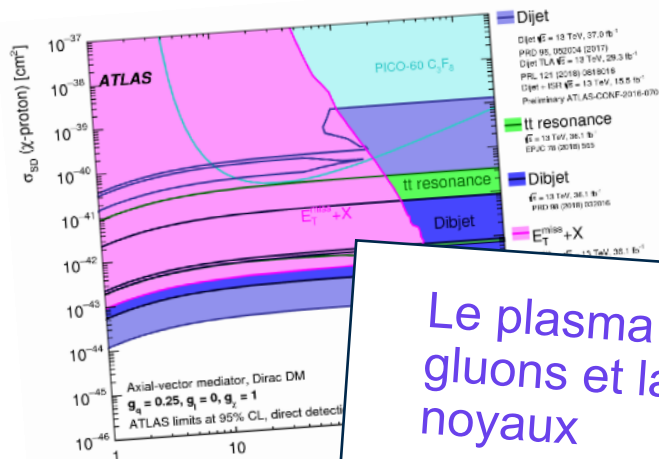


Mesures de précision du modèle standard

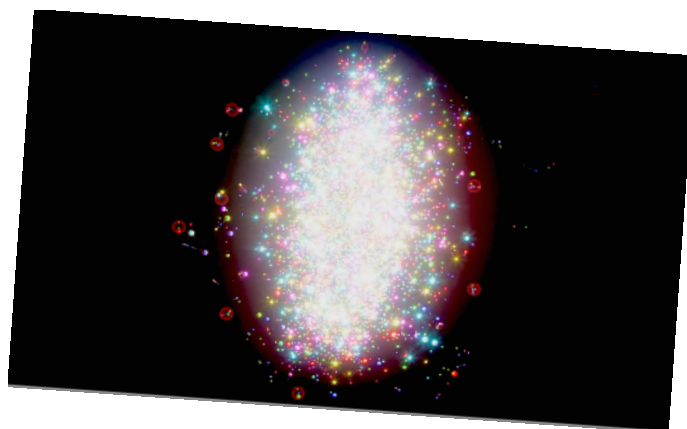
Standard Model Total Production Cross Section Measurements



Recherche de matière noire



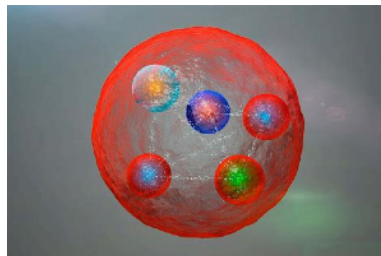
Le plasma de quark gluons et la forme de noyaux



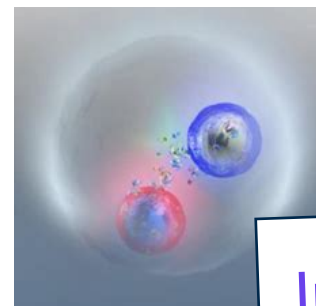
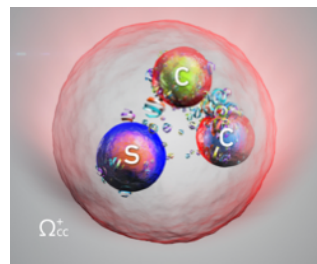
résu

Qui e
le bos
Higgs

De nouvelles particules assemblages de quarks



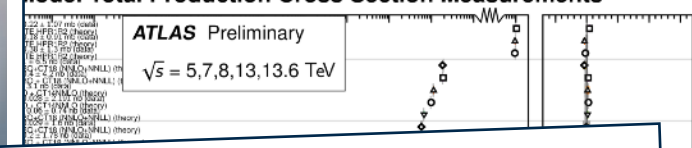
Pentaquark



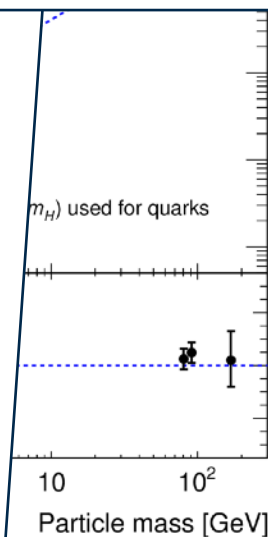
Toponium

Mesures de précision du modèle standard

Model Total Production Cross Section Measurements



Intrication quantique à haute énergie entre un top et un anti-top



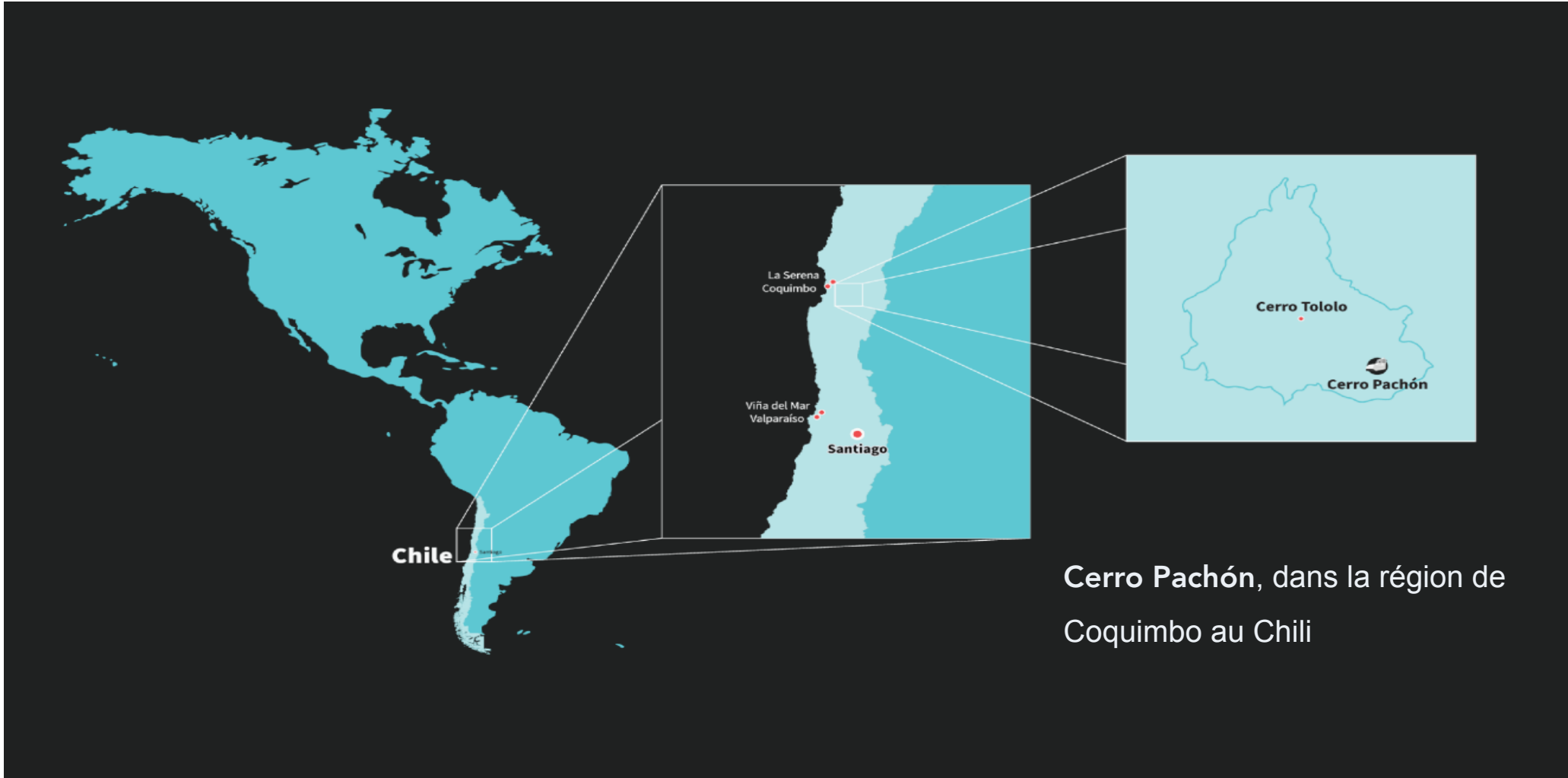
pour la science

Observatoire Vera Rubin et LSST

Merci à Johan Bregeon et Fabio Hernandez
pour les diapos qui suivent !

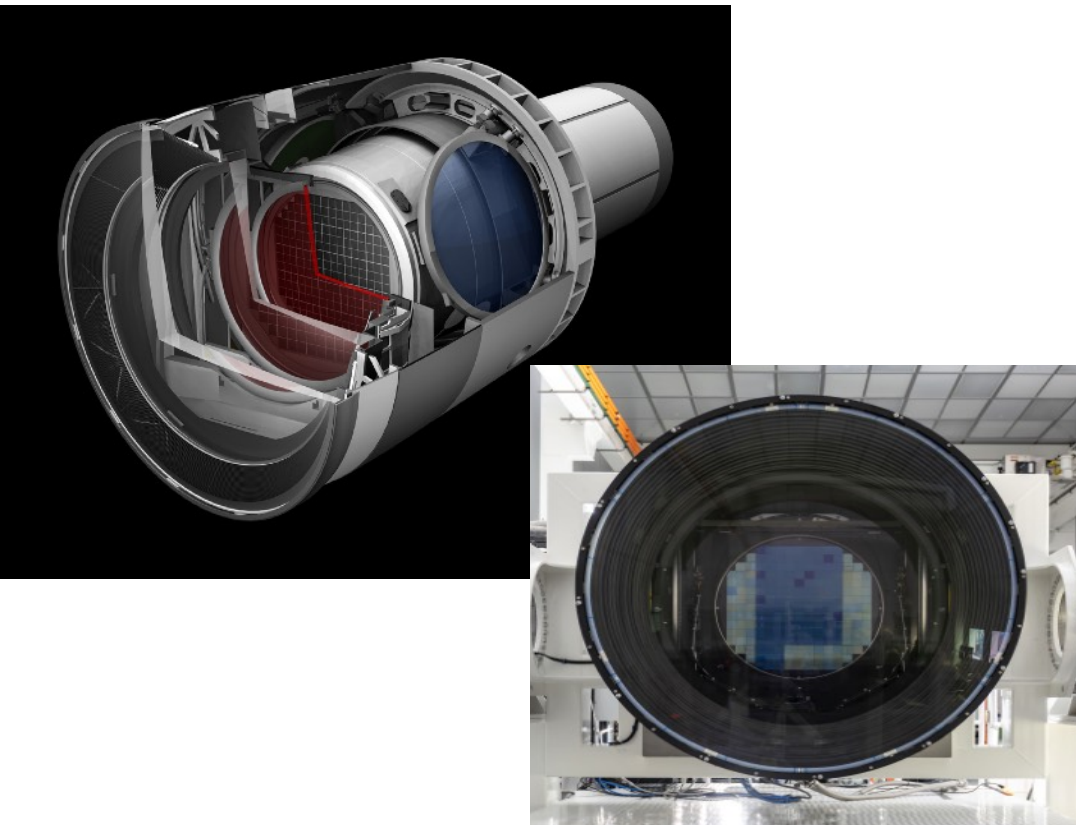


Un observatoire au Chili



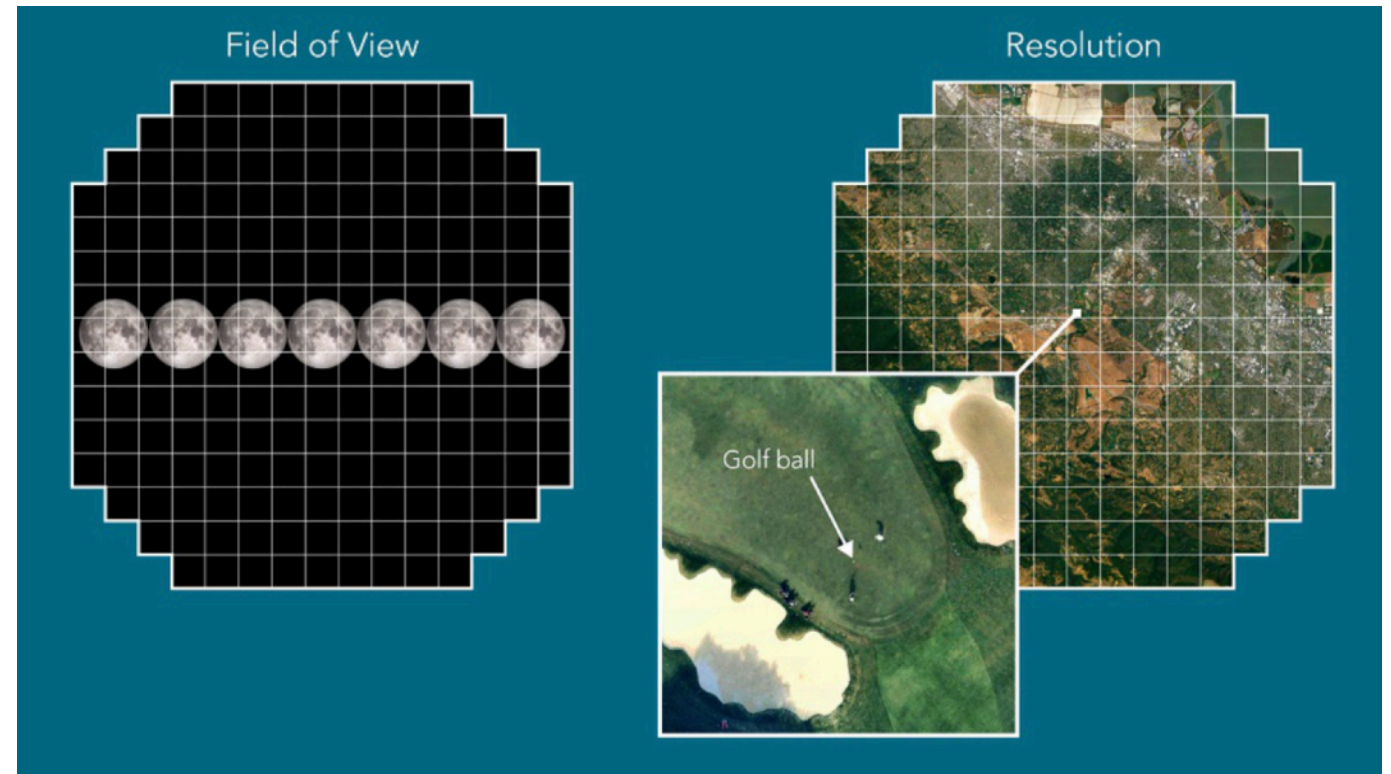


La Caméra

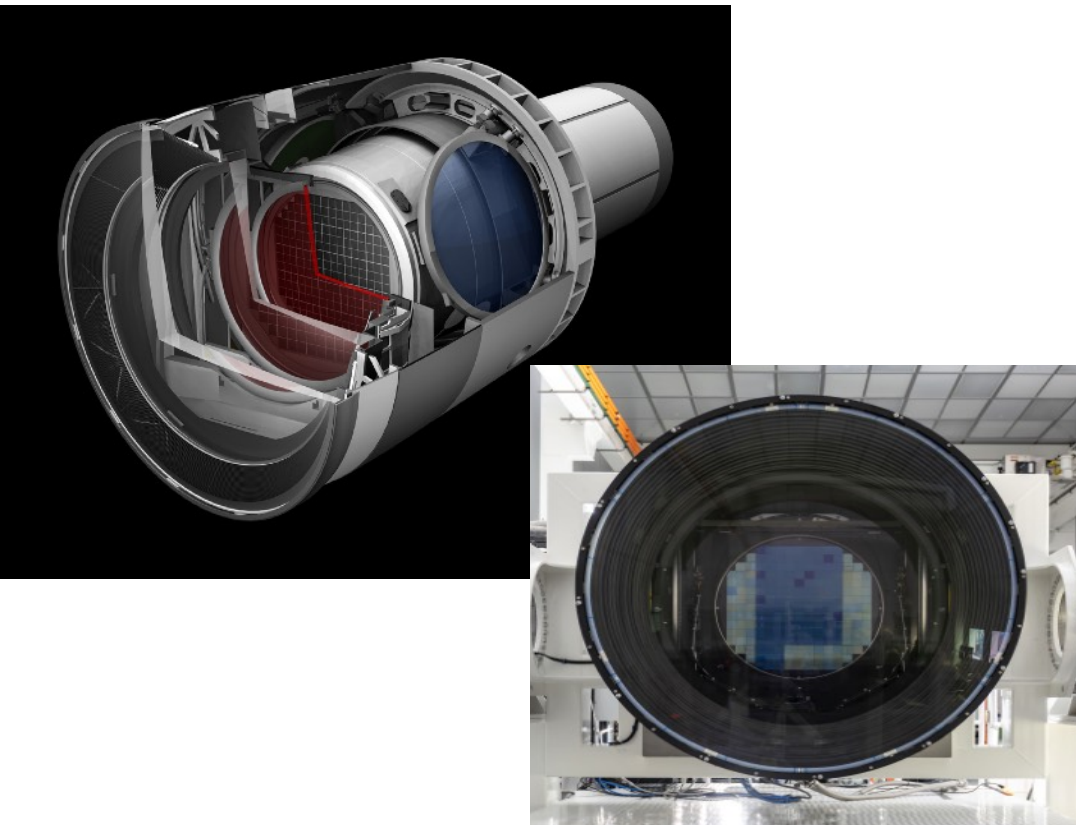


- 189 CCD "de science" individuels
- Refroidissement : -100°C
- Poids : 3,5 tonnes
- montée sur un miroir de 8,4m de diamètre

- Champ de vue : 9.6 deg^2 (38 pleines Lunes)
- 3.2 milliards de pixels, lecture en 3 s
- Résolution : 0.2 arcsec / pixel

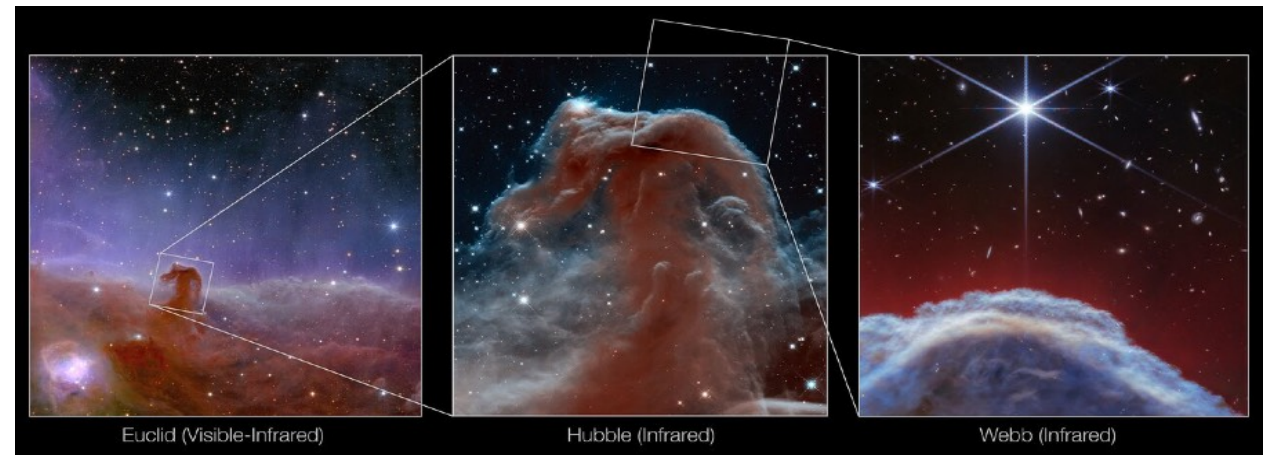


La Caméra



- 189 CCD "de science" individuels
- Refroidissement : -100°C
- Poids : 3,5 tonnes
- montée sur un miroir de 8,4m de diamètre

- Champ de vue : 9.6 deg^2 (38 pleines Lunes)
- 3.2 milliards de pixels, lecture en 3 s
- Résolution : 0.2 arcsec / pixel





Installation de la caméra sur le télescope en mars 2025



VERA C. RUBIN
OBSERVATORY



U.S. National
Science Foundation



Office of
Science



Rubin's Legacy Survey of Space and Time (LSST)

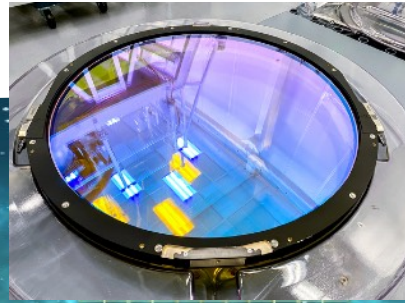
Balayage répété du ciel austral
toutes les ~3 nuits pendant 10
ans

Étude à grand champ réalisée
avec une cadence rapide dans
6 filtres de couleur

Le LSST permettra d'obtenir la
vue «timelapse» la plus
détaillée du ciel jamais
produite.

Jusqu'à 1000 images par nuit
Nouvelle image de 3200
mégapixels toutes les ~40
secondes

Au bout de 10 ans > 800 images
de chaque partie du ciel



Voyage des données

via des réseaux à haut débit

US Data Facility

SLAC

HQ Site

UK Data Facility

France Data Facility

2

SLAC traite les données, identifie les changements et émet une alerte pour chacun d'entre eux - **jusqu'à 10 millions par nuit !**

3

Les données sont envoyées en Europe après la période d'embargo de 80 heures, pour être traitées dans les centres de données en France et au Royaume-Uni.

1

Les données voyagent de l'observatoire vers Santiago du Chili puis vers le laboratoire SLAC en Californie.

Brazil

Cerro Pachón

Santiago

CHILE

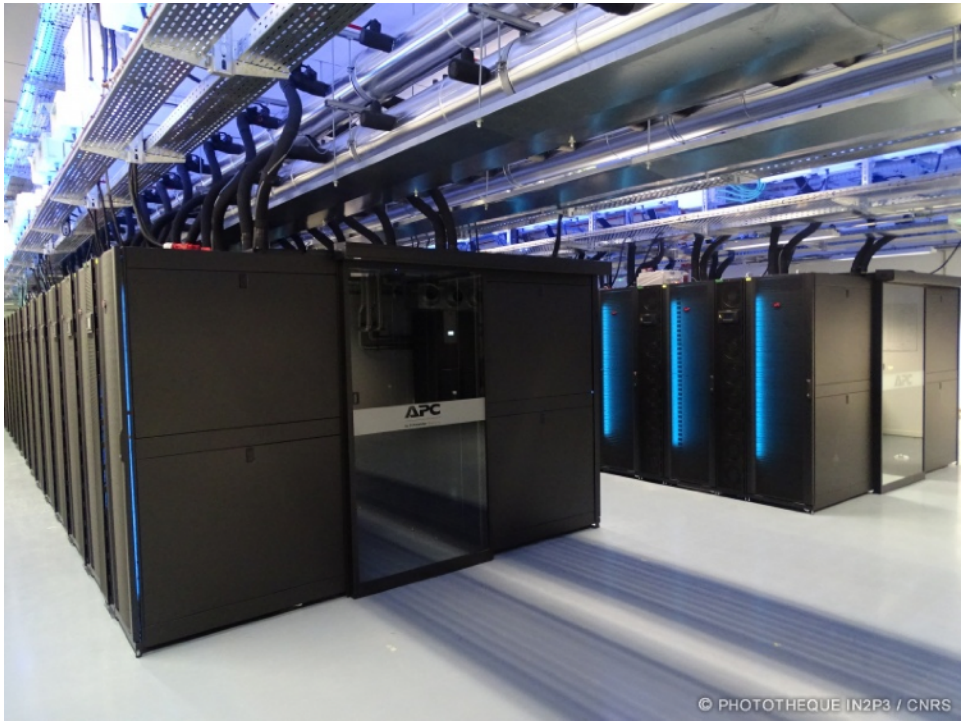
Le traitement des données

Les données

- ~ 20 teraoctets par nuit
- 60 Peta-octets de données en 10 ans
- 40% des données seront traitées en France à Villeurbanne (CC IN2P3)

Le calcul

- 1er processing ~ 20 000 coeurs CPU
- après 10 ans ~ 120 000 coeurs CPU



© PHOTOTHEQUE IN2P3 / CNRS

Rubin Operations Survey and Data Release Timeline						
Nominal LSST Start Date: October 2025						
Event	Date Range	2025	2026	2027	2028	
Data Preview 0.1/2/3 (DP0)	30 Jun 2023					
Rubin First Light (RFL)	23 June 2025					
Data Preview 1 (DP1)	30 Jun 2025					
Start of Operations (OPS)	25 Oct 2025					
Rubin First Alerts (RFA)	Nov 2025 – Jan 2026					
Start of LSST (SVY)	Not before Jan 2026					
Start of Nightly PVIs & Catalogs (NPC)	Not before April 2026					
Data Preview 2 (DP2)	Jun 2026 – Sep 2026					
PPDB Release (PPDB)	Not before July 2026					
Data Release 1 (DR1)	Jan 2028 – June 2028					
		J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D	J F M A M J J A S O N D

Les premières données

- les premières données de test ont été traitée
- la première publication des données traitées est attendue en 2028



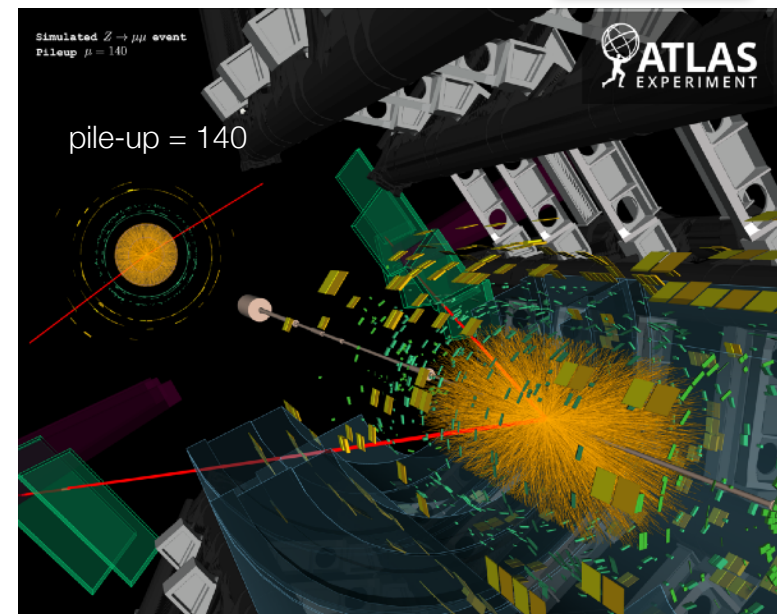
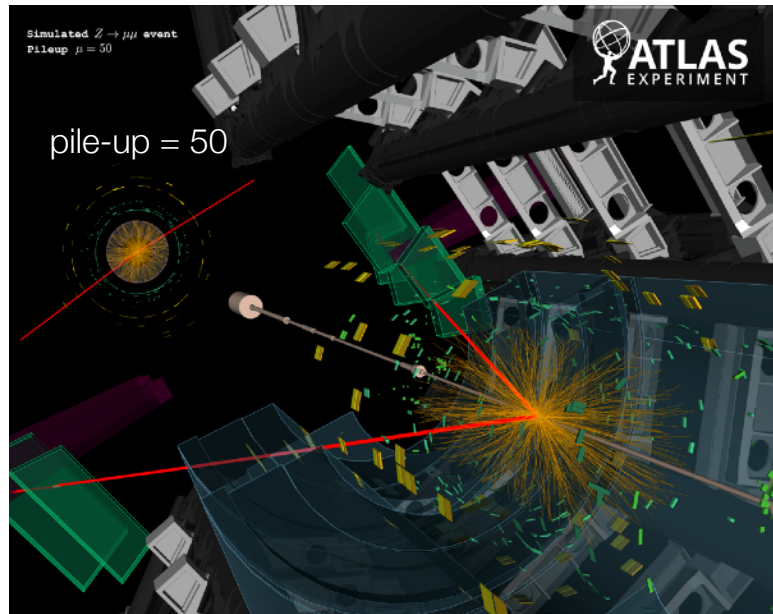
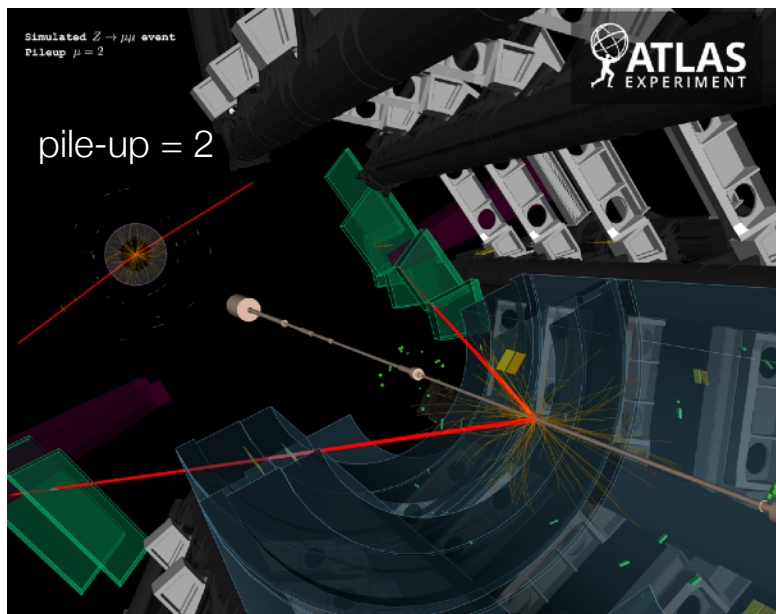
Les défis

Les défis futurs : le HL-LHC

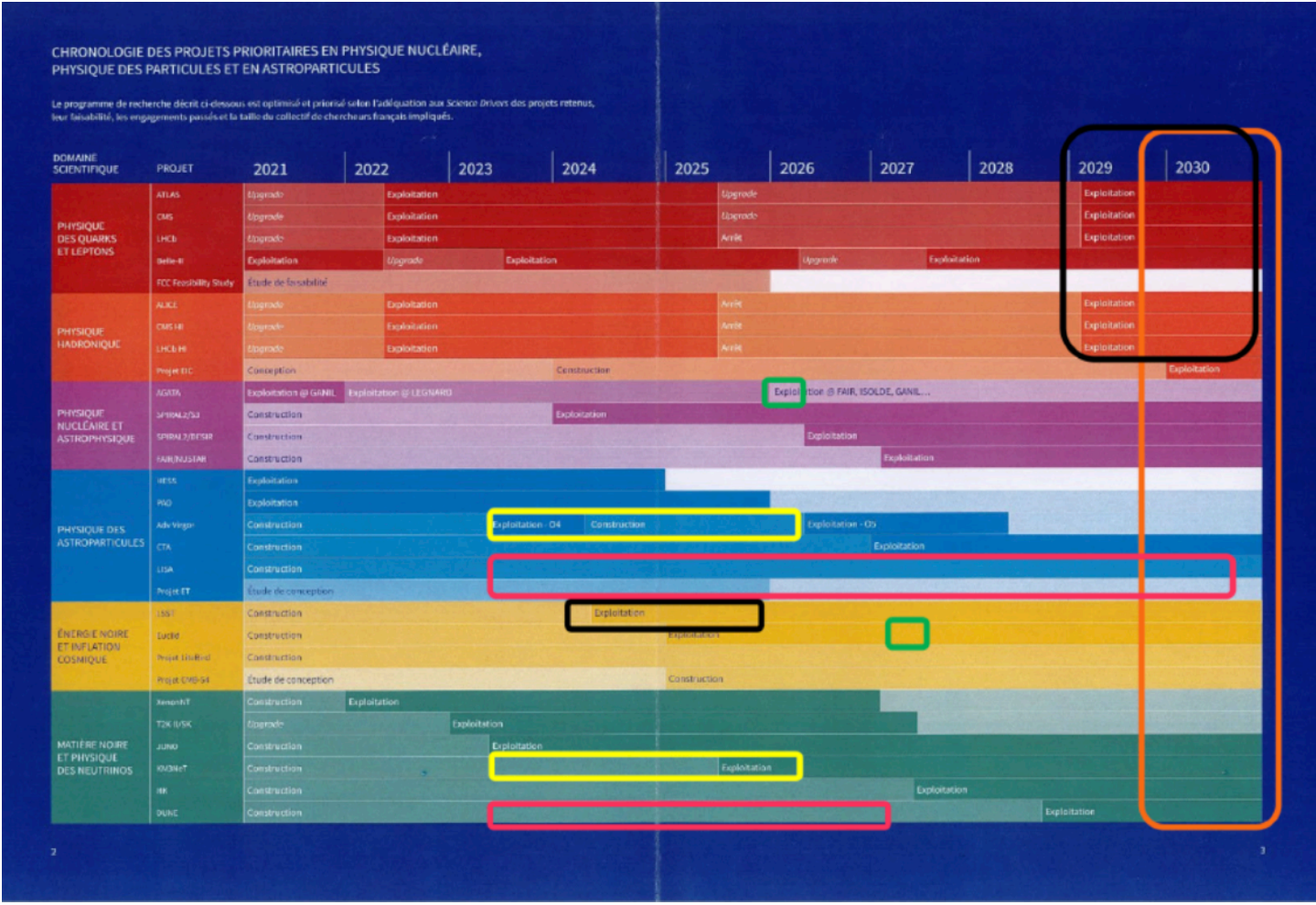
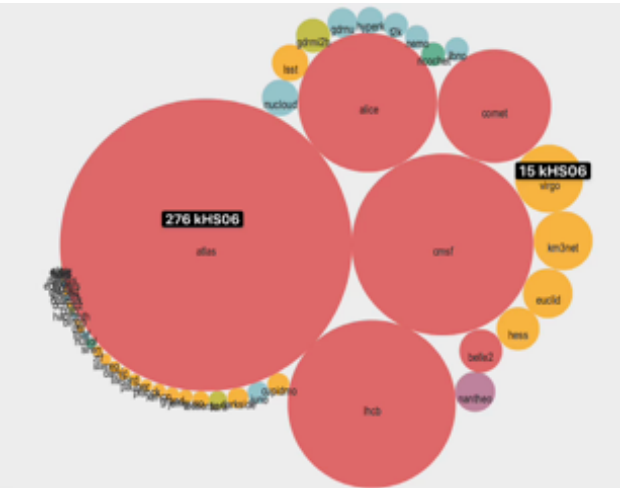
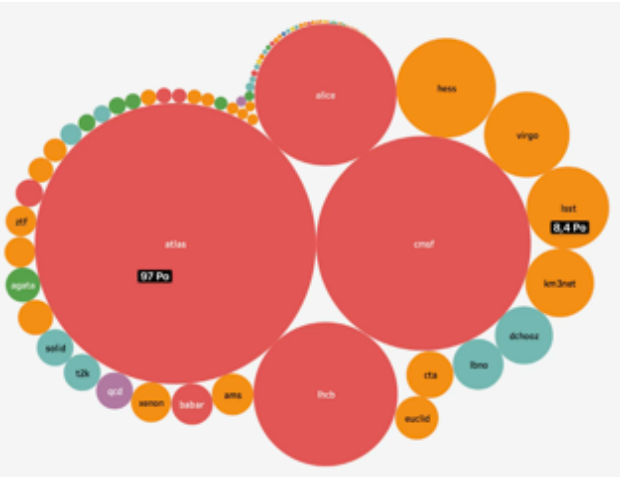
HL-LHC : une nouvelle phase de données

- amélioration des accélérateurs et des détecteurs
- un nombre de collisions augmenté d'un facteur 10
- plus grande concentration de protons => un empilement « pile-up de collisions beaucoup plus grand
- des données plus nombreuses et plus complexes

Vous êtes ici !



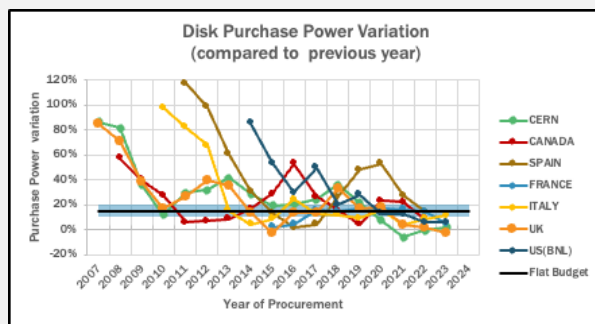
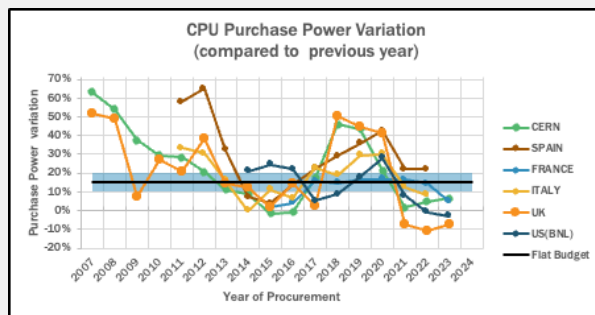
Les défis futurs : le HL-LHC... tout en assurant le traitement des données de toutes les autres expériences



Le contexte : défis et opportunités

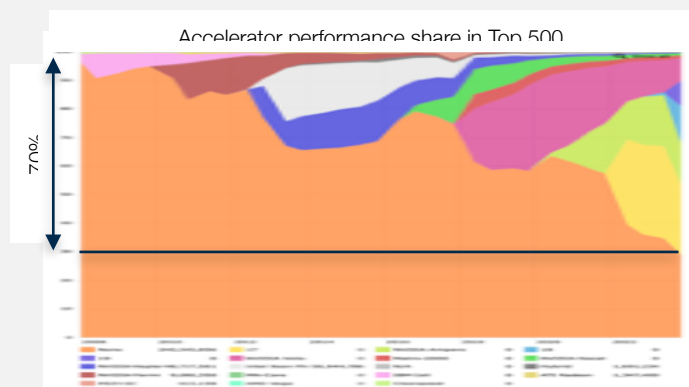
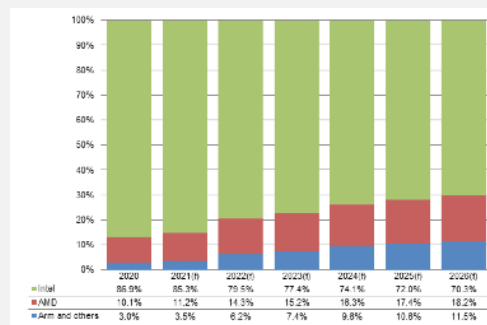
Augmentation des ressources de WLCG dans budget constant

- nécessite la décroissance des coûts CPU, disque et bande => besoin de ~15% de diminution des prix/an
- depuis 2 ans stagnation puis augmentation des prix, marché plus volatile

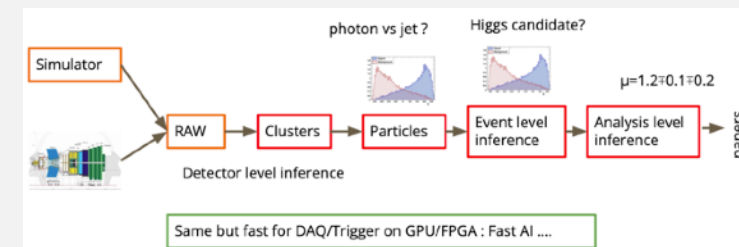


Évolution du hardware

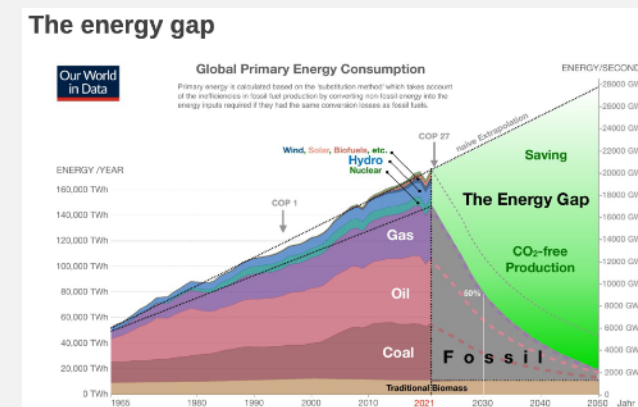
- vers plus de parallélisme
- vers plus d'hétérogénéité
- développement de nouvelles technos (quantum computing)



Utilisation de l'IA en forte augmentation à tous les niveaux



Nécessité de décroître notre empreinte environnementale

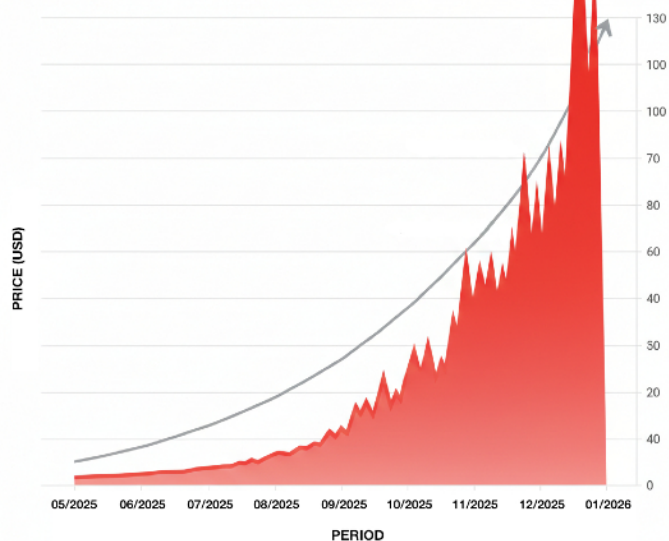


Le contexte : défis et opportunités

Augmentation des ressources de WLCG dans budget constant

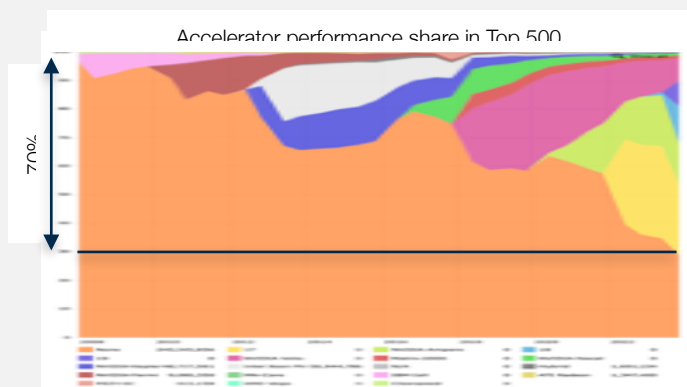
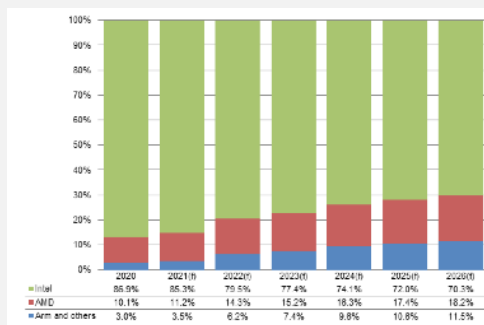
- nécessite la décroissance des coûts CPU, disque et bande => besoin de ~15% de diminution des prix/an
- depuis 2 ans stagnation puis augmentation des prix, marché plus volatile

SSD price development

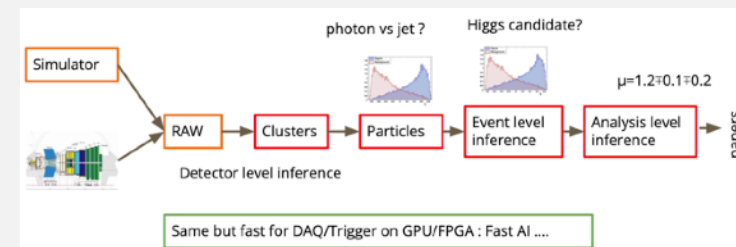


Évolution du hardware

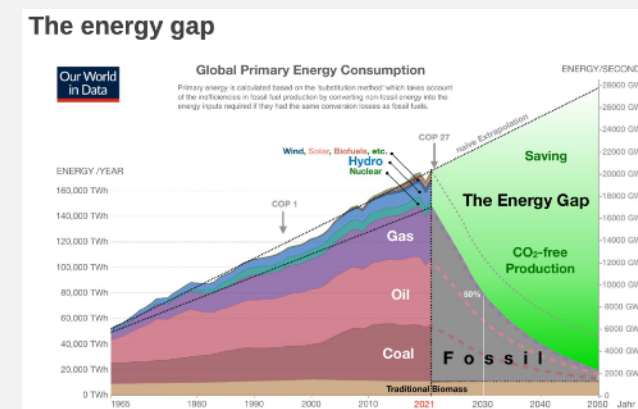
- vers plus de parallélisme
- vers plus d'hétérogénéité
- développement de nouvelles technos (quantum computing)



Utilisation de l'IA en forte augmentation à tous les niveaux



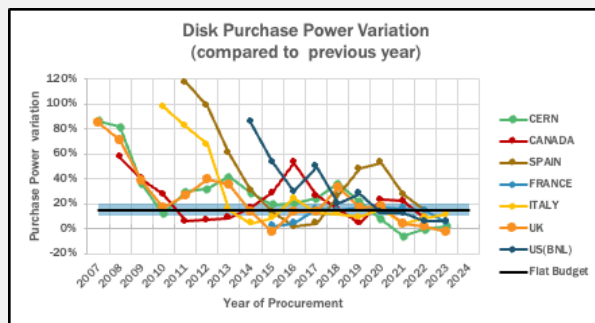
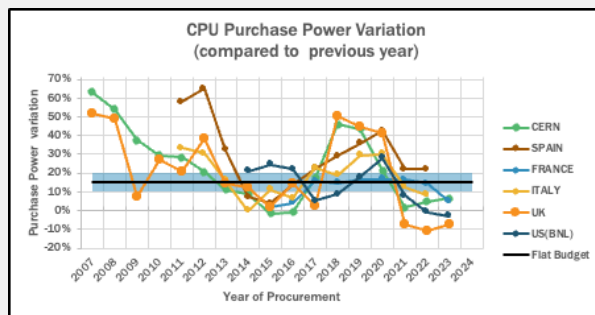
Nécessité de décroître notre empreinte environnementale



Le contexte : défis et opportunités

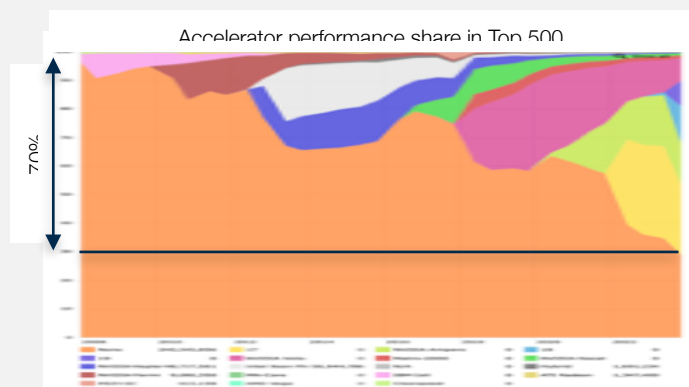
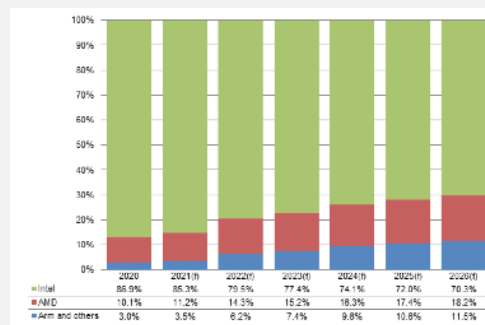
Augmentation des ressources de WLCG dans budget constant

- nécessite la décroissance des coûts CPU, disque et bande => besoin de ~15% de diminution des prix/an
- depuis 2 ans stagnation puis augmentation des prix, marché plus volatile

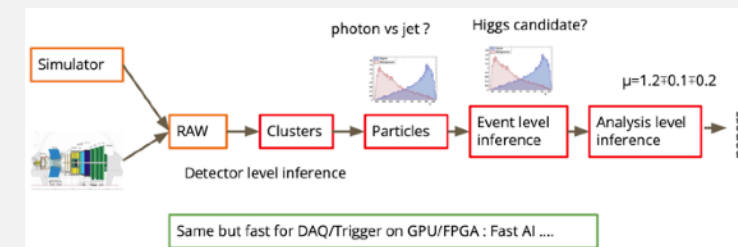


Évolution du hardware

- vers plus de parallélisme
- vers plus d'hétérogénéité
- développement de nouvelles technos (quantum computing)



Utilisation de l'IA en forte augmentation à tous les niveaux



Nécessité de décroître notre empreinte environnementale



La clef de la réussite



PHOTOTHEQUE IN2P3 / CNRS



cnrs

