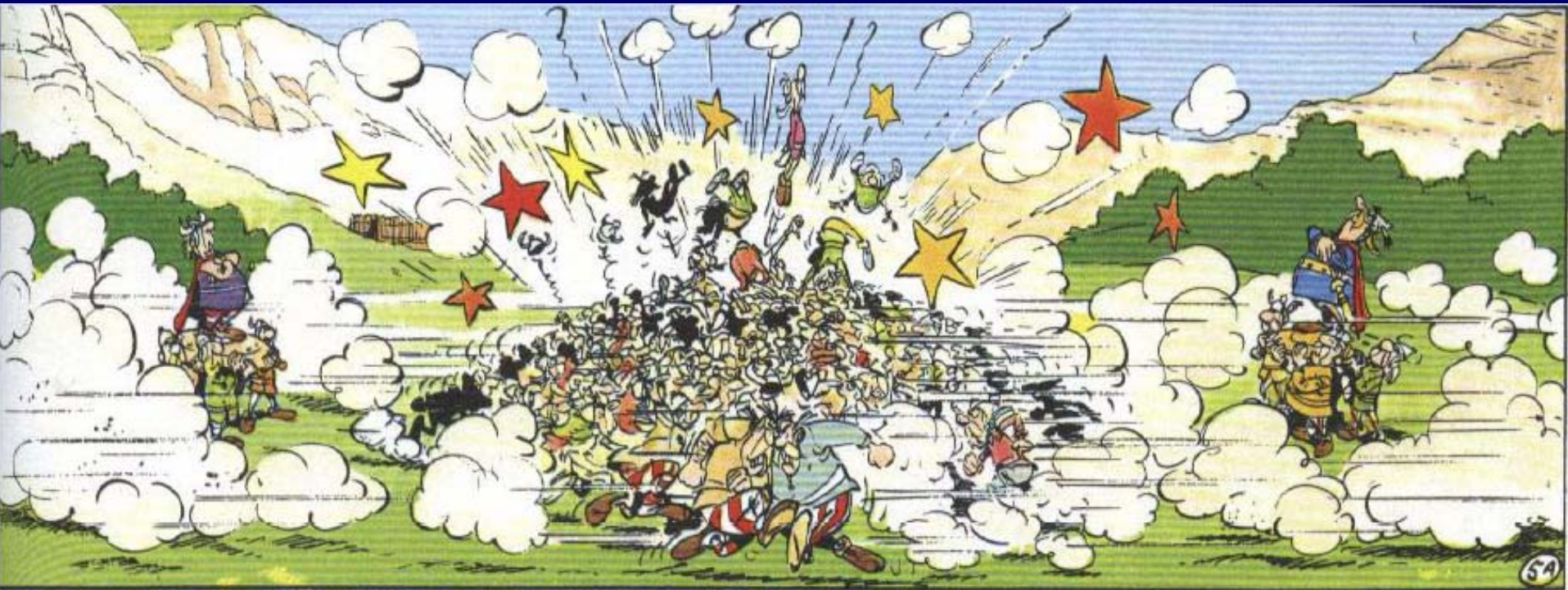


Physique auprès des collisionneurs

- ▶ Collisionneurs
- ▶ Le Modèle Standard et au-delà
- ▶ Détecteurs
- ▶ Nos implications
 - ILC/CMOS
 - STAR/ALICE
 - DØ/CMS

Collisionneurs

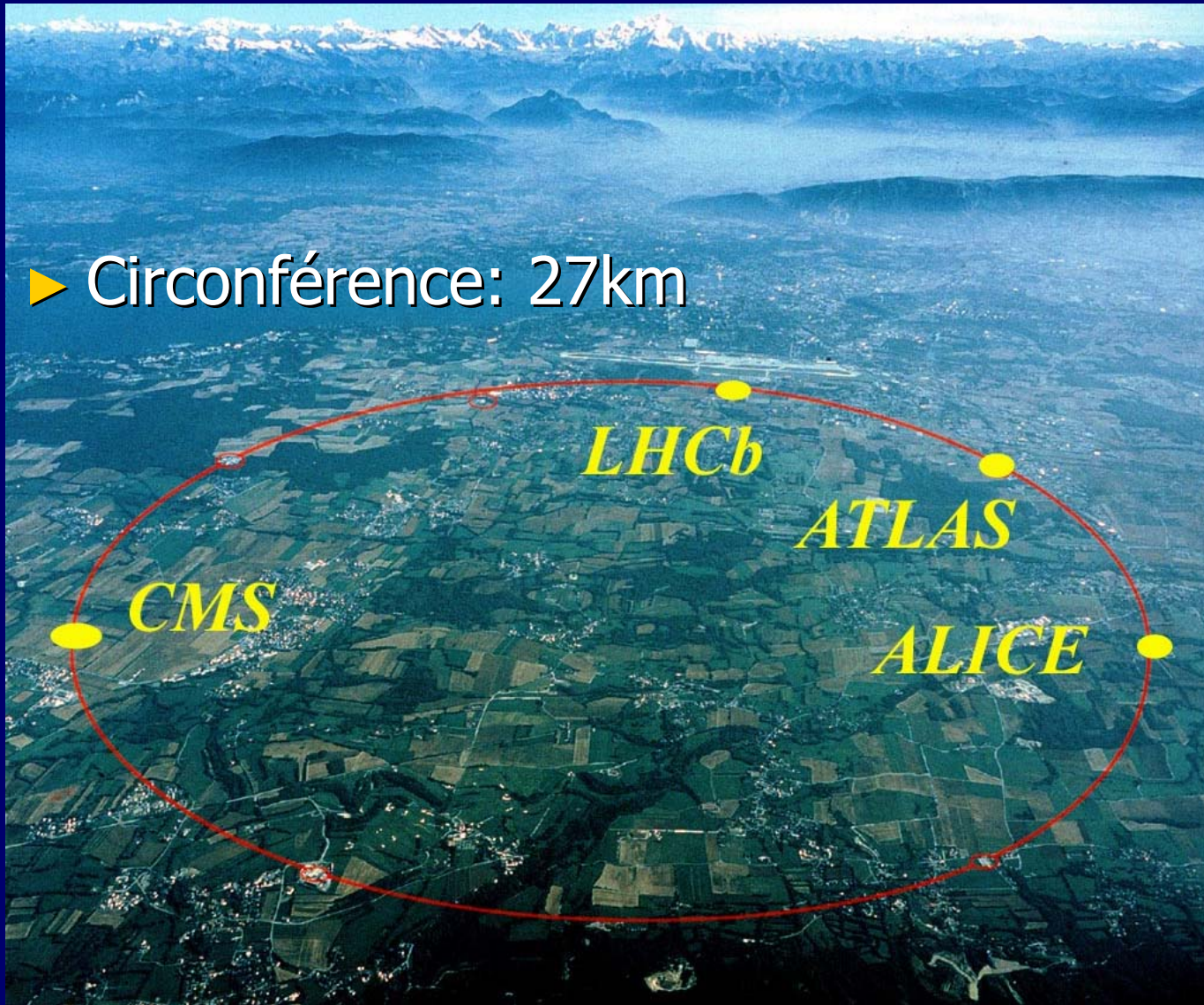
...LEP,..., Tevatron,..., LHC,..., ILC, ...



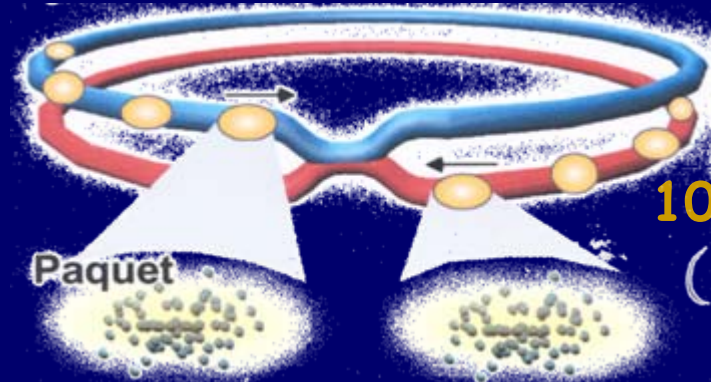
On augmente progressivement l'énergie de collision en fonction de ce que l'on connaît...

Collisionneurs : le cas du LHC

► Circonférence: 27km



Collisionneurs : le cas du LHC



L'accélération est obtenue par des cavités supraconductrices

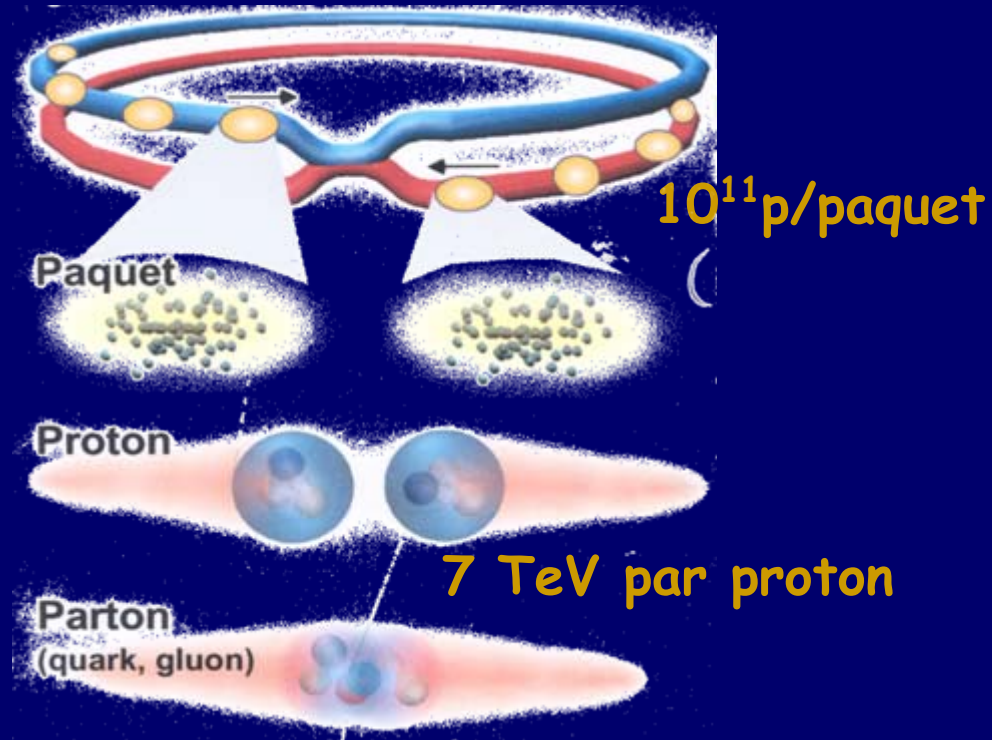
Les 27km sont maintenus en dessous de 5 Kelvin

Le vide « faisceau » doit être inférieur à 10^{-9} Pa (10^{-11} mbar)

Au point d'interaction:
 10^{-11} Pa (10^{-13} mbar)

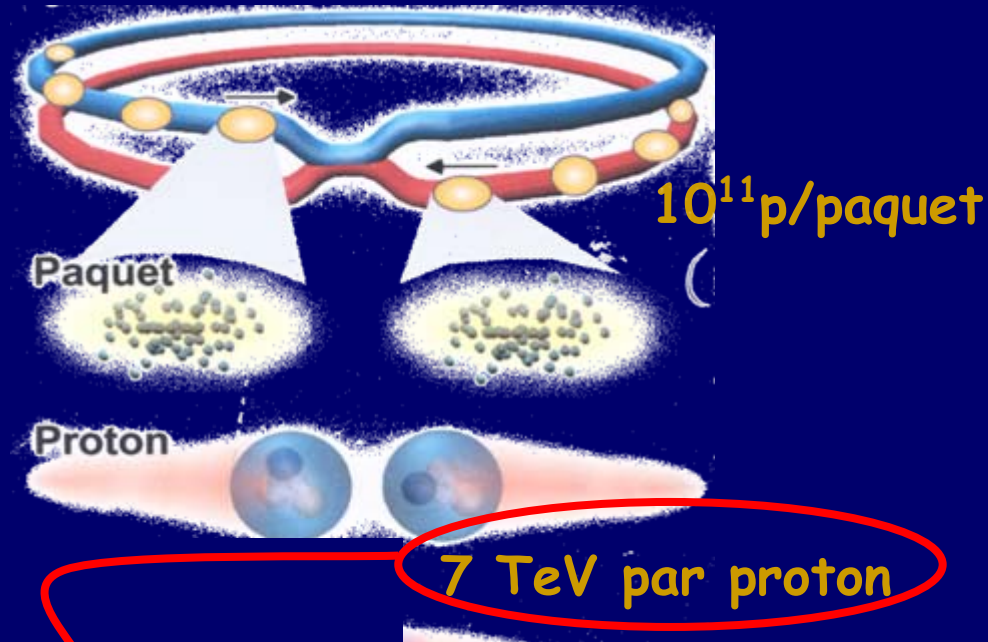


Collisionneurs : le cas du LHC



- $L \sim 10^{34} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
- Fréquence de croisements : 40MHz
- $\sim 10^9$ collisions p-p/seconde

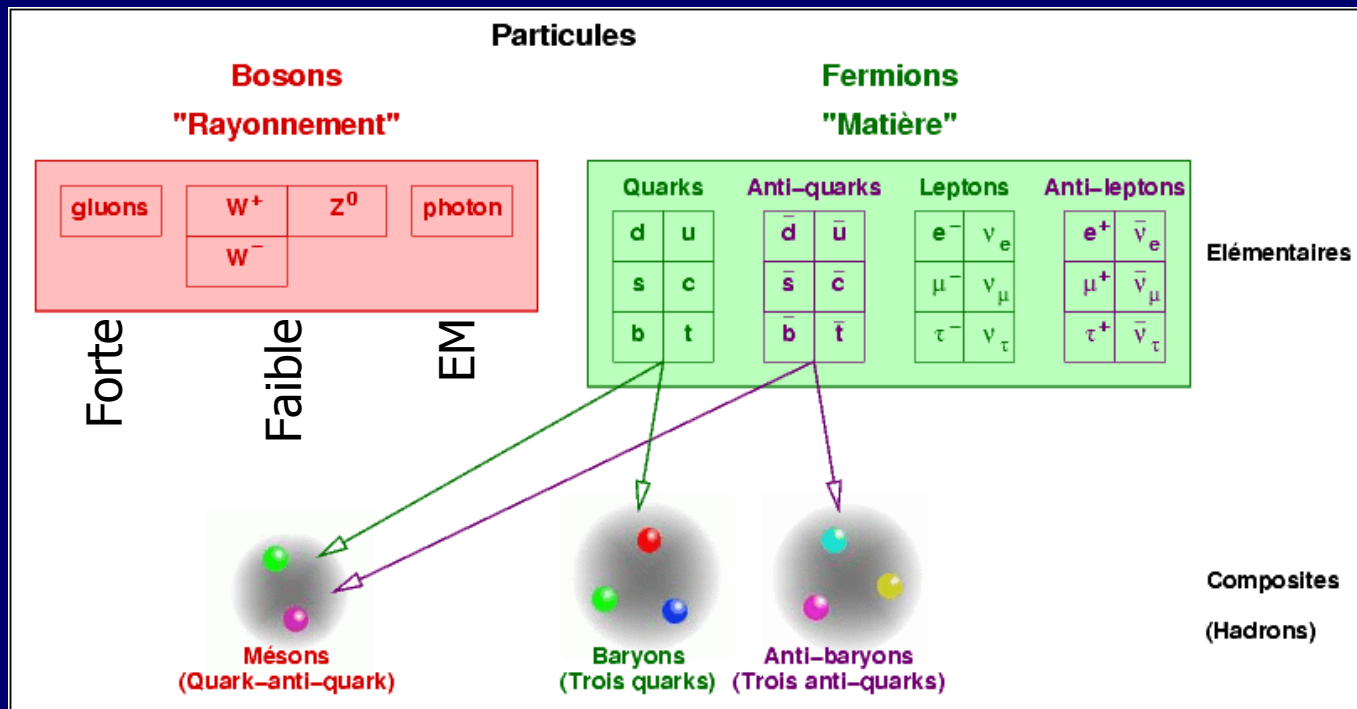
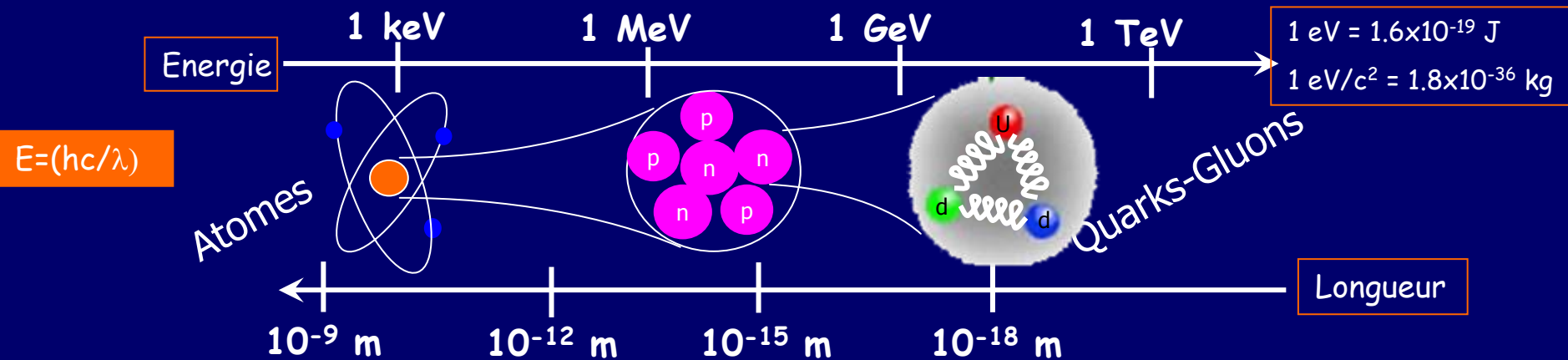
Collisionneurs : le cas du LHC



- 7 TeV ~7000 masse proton
~Énergie d'un grain de sucre (~1mg)
après une chute de 10cm.
- un « paquet » = 10^{11} grains de sucres (~100 tonnes qui « tombent » de 10 cm)
- 40 000 000 de « paquets » par seconde



Le Modèle Standard: particules

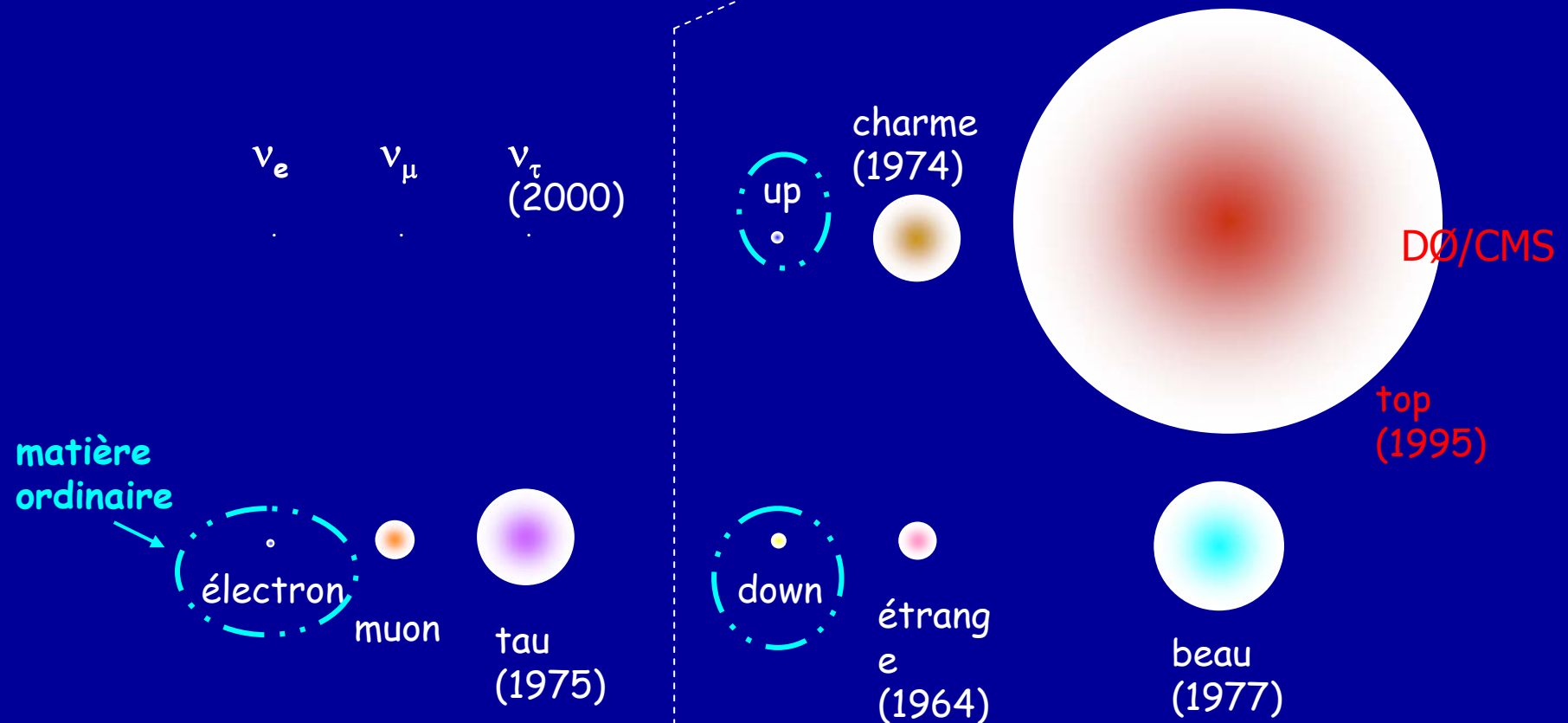


Le Modèle Standard: Théorie

Masses (MeV/c²)

STAR/ALICE

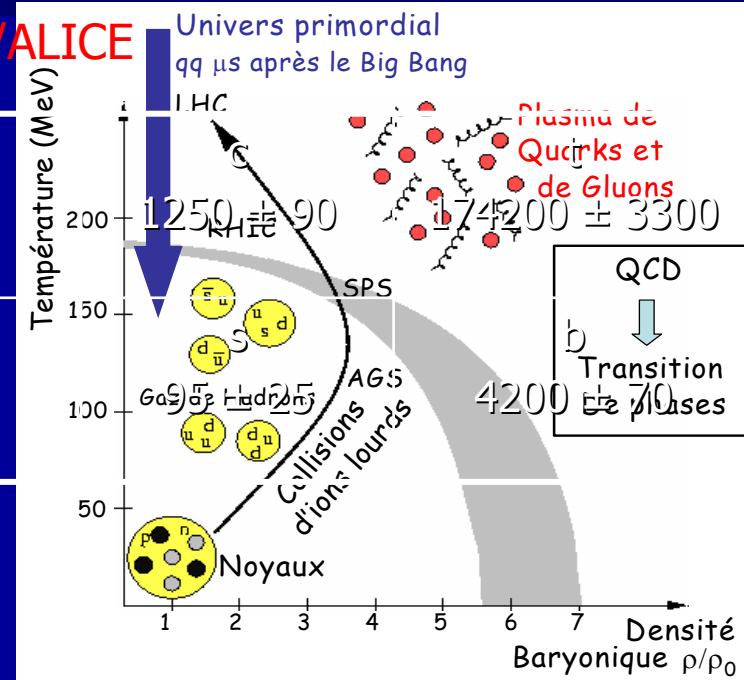
ν_e ~ 0	ν_μ ~ 0	ν_τ ~ 0	u 1.5-3	c 1250 ± 90	t 174200 ± 3300
e 0.511	μ 105.66	τ 1776.99 ± 0.28	d 3-7	s 95 ± 25	b 4200 ± 70



Le Modèle Standard: Théorie

Masses (MeV/c²)

ν_e ~ 0	ν_μ ~ 0	ν_τ ~ 0	u 1.5-3
e 0.511	μ 105.66	τ 1776.99 ± 0.28	d 3-7



ν_e ν_μ ν_τ
(2000)

up

charme
(1974)



DØ/CMS

top
(1995)

matière
ordinaire

électron

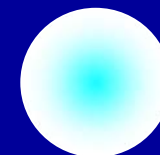
muon



tau
(1975)

down

étrang
e
(1964)



beau
(1977)

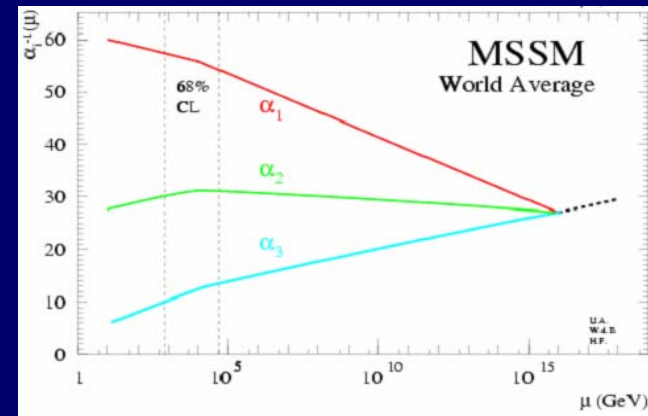
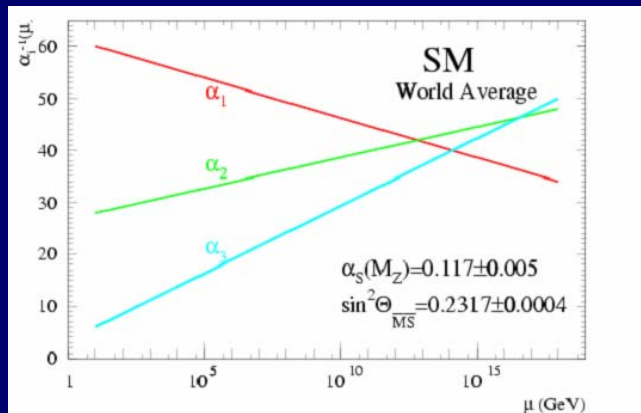
Supersymétrie (DØ/CMS)

- Problème d'instabilité de calcul dans le MS est résolu par une nouvelle symétrie qui associe fermions et bosons:

SM Particles	SUSY Particles	
quarks: q	q	squarks: $\tilde{q}$
leptons: l	l	sleptons: $\tilde{l}$
gluons: g	g	gluino: $\tilde{g}$
charged weak boson: $W^\pm$	$W^\pm$	Wino: $\tilde{W}^\pm$
Higgs: H^0	$H^\pm$	charged higgsino: $\tilde{H}^\pm$
	h^0, A^0, H^0	neutral higgsino: $\tilde{h}^0, \tilde{A}^0$
neutral weak boson: Z^0	Z^0	Zino: $\tilde{Z}^0$
photon: γ	γ	photino: $\tilde{\gamma}$
		$\left. \begin{array}{l} \tilde{W}^\pm \\ \tilde{H}^\pm \\ \tilde{h}^0, \tilde{A}^0 \\ \tilde{Z}^0 \\ \tilde{\gamma} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \tilde{\chi}_{1,2}^\pm \text{ chargino} \\ \tilde{H}^0 \\ \tilde{\chi}_{1,2,3,4}^0 \text{ higgsino} \\ \tilde{\chi}_{1,2,3,4}^0 \text{ neutralino} \end{array}$

Supersymétrie (DØ/CMS)

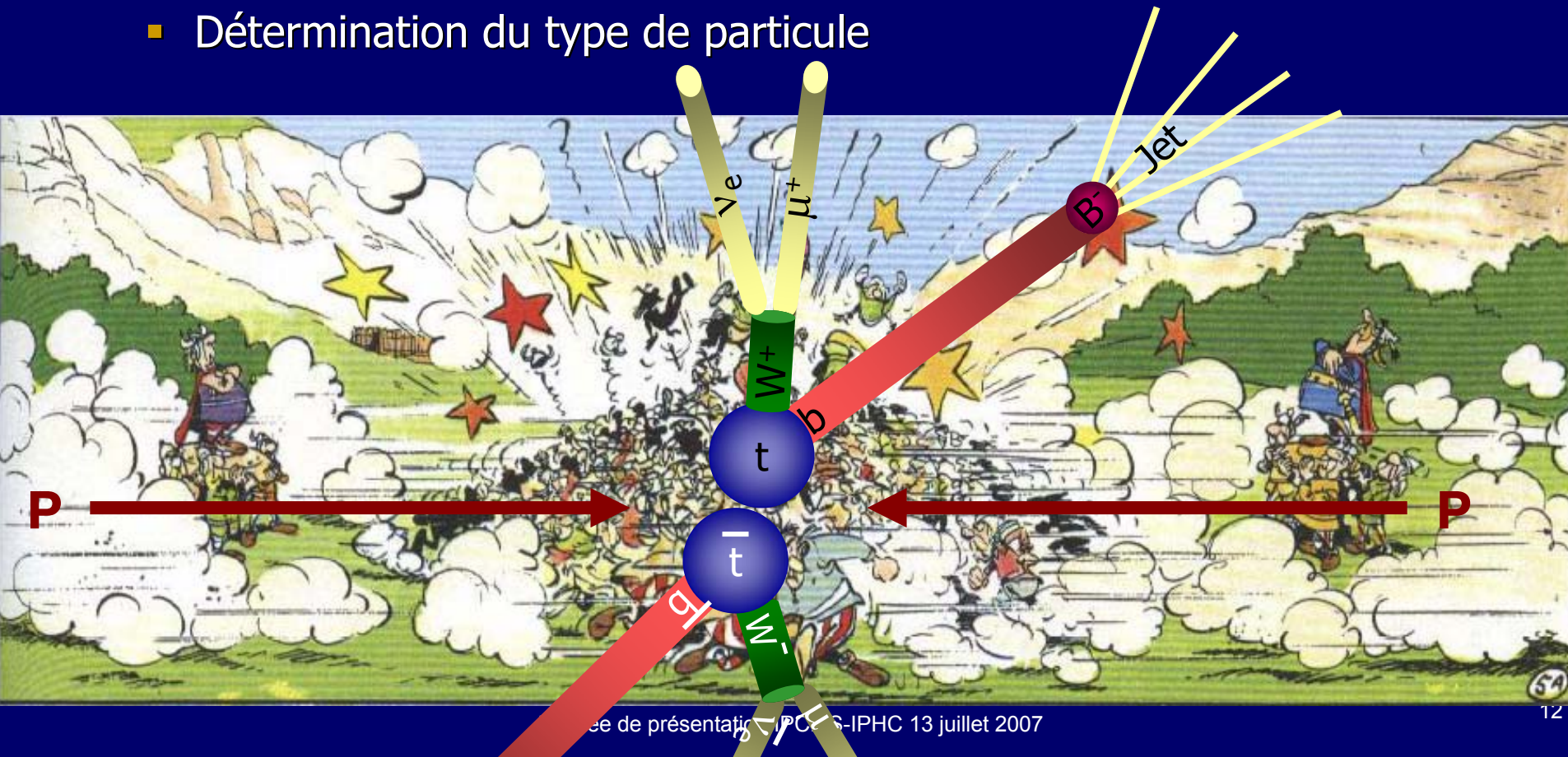
- Peut amener l'unification des couplages



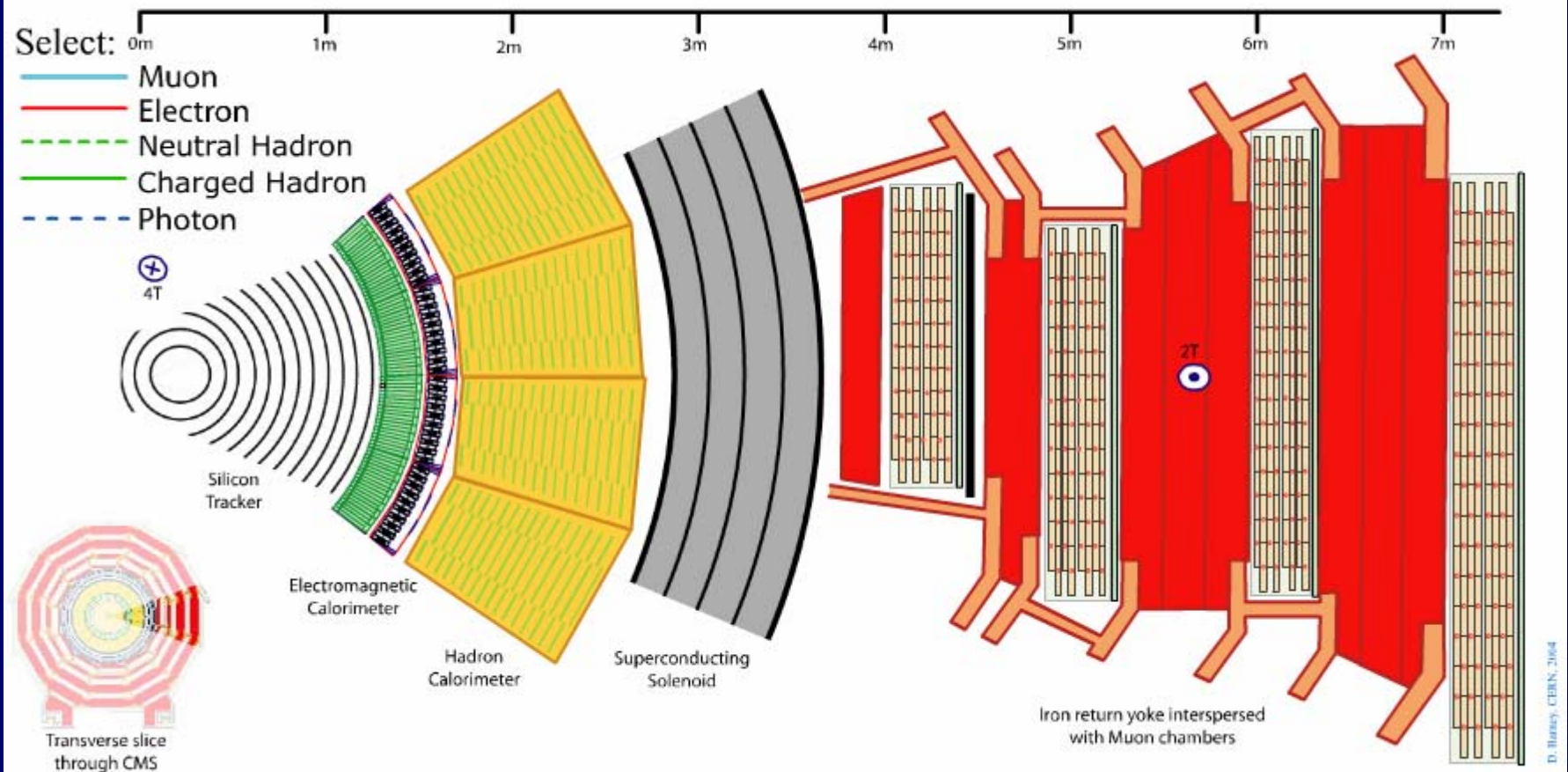
- Offre des candidats pour la matière noire (neutralino)
- Forme un lien avec la gravitation

Détecteurs: Principe général

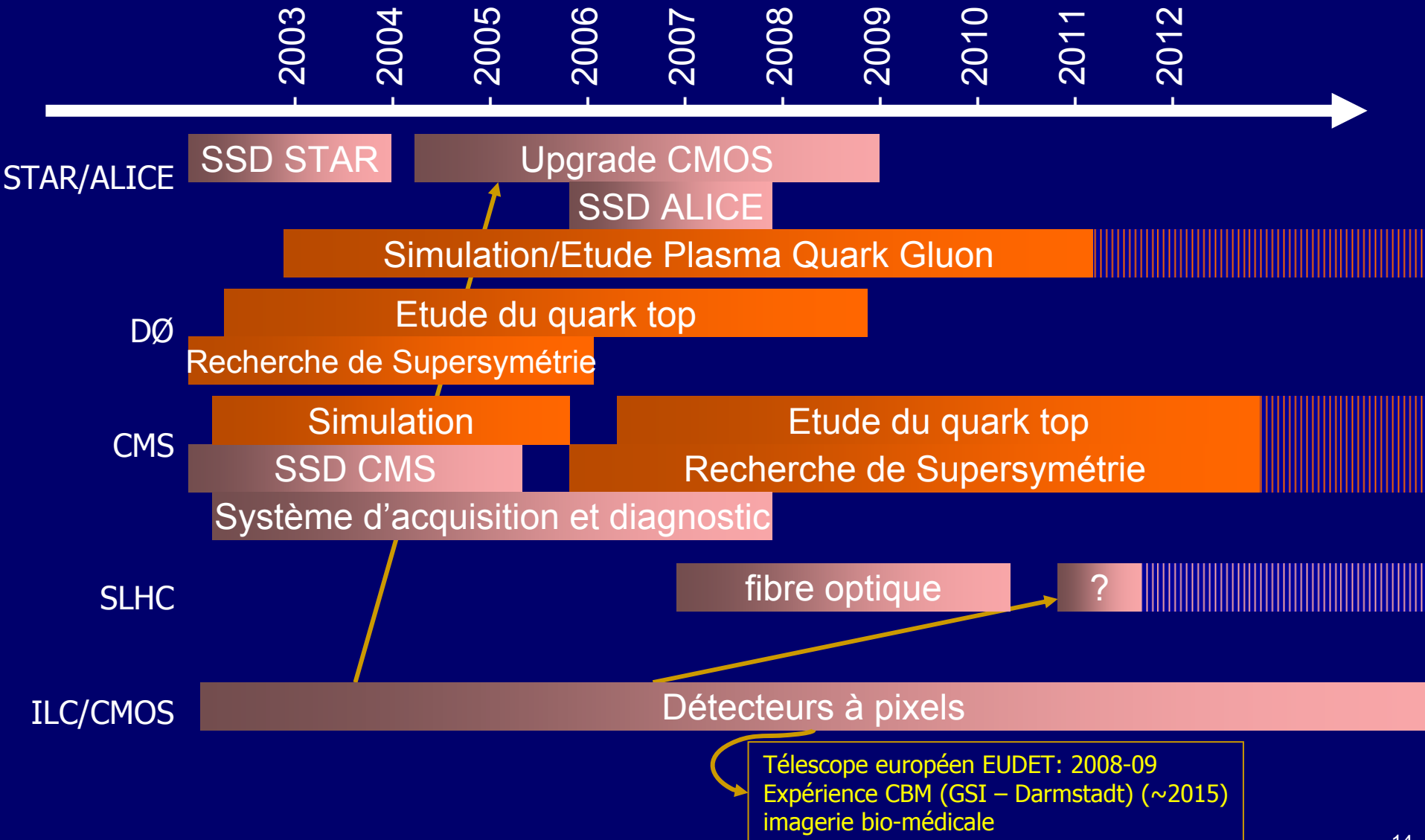
- ▶ Géométrie cylindrique la plus hermétique possible
- ▶ Reconstruction par la cinématique à partir de ce qui sort...
 - Résolution en position et en énergie
 - Détermination du type de particule



Détecteurs: le cas de CMS

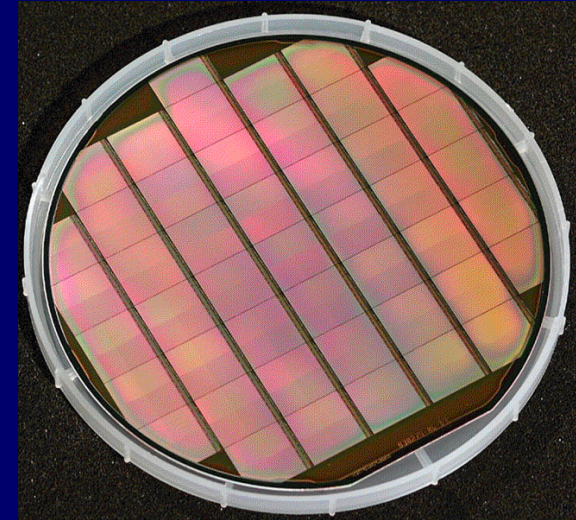


Implications IPHC



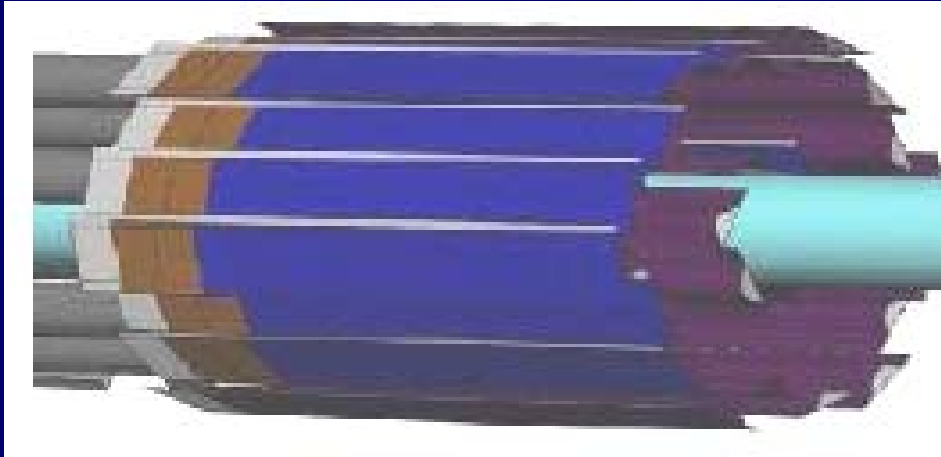
ILC/CMOS

- ▶ Objectifs du développement des capteurs CMOS
 - équiper des détecteurs de position de nouvelle génération de très haute résolution
 - équiper des imageurs (cf. présentation David Brasse)
- ▶ Contraintes et défis:
 - précision: petits pixels et capteurs minces
 - Tolérance aux rayonnements
 - Rapidité
- ▶ 2 grandes étapes
 - **2008-09**: expériences à moyen terme au cahier des charges moins exigeant:
 - ▶ Expérience STAR (RHIC – Brookhaven): 2008-09 (puis 2011-12)
 - ▶ Télescope européen EUDET: 2008-09
 - ▶ retombées demandes sociétales (imagerie)
 - **~2015**: expériences à plus long terme au cahier des charges plus sévère:
 - ▶ Expérience CBM (GSI – Darmstadt) (~2015)
 - ▶ Collisionneur linéaire (**ILC**) (~2018)

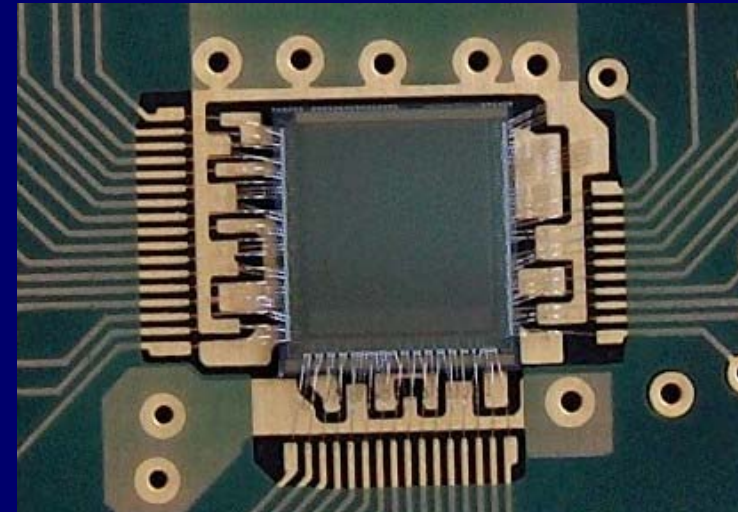


ILC/CMOS: détecteur de vertex de STAR

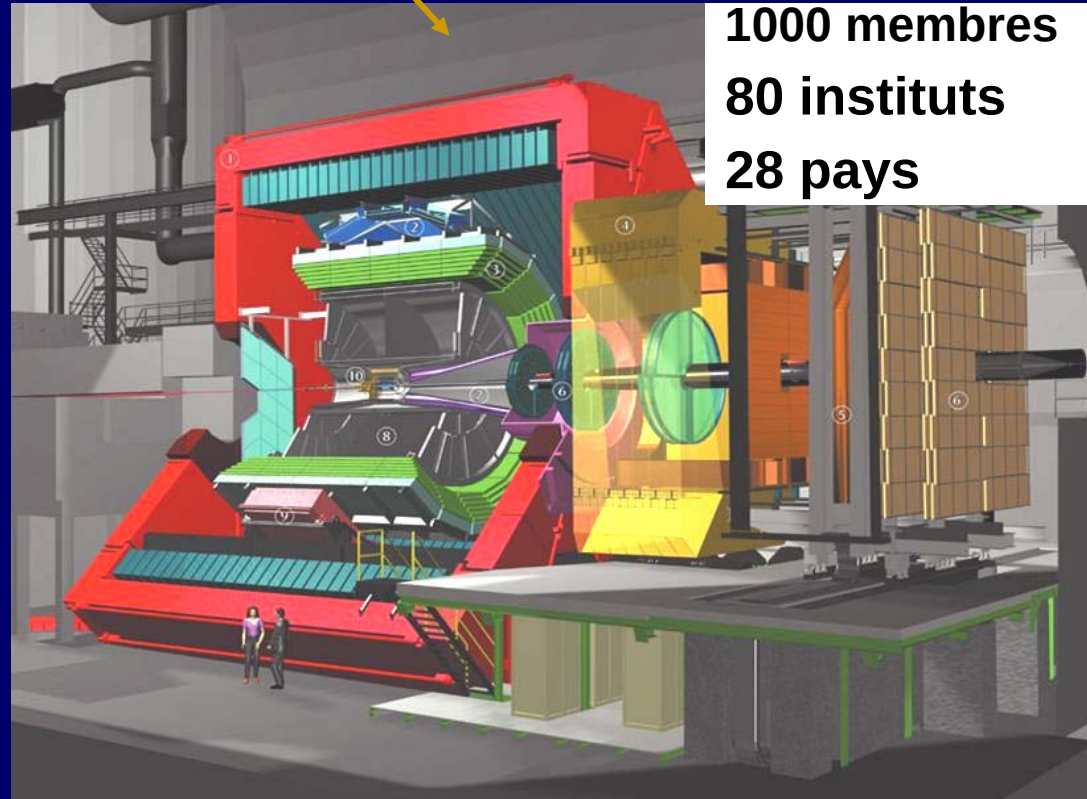
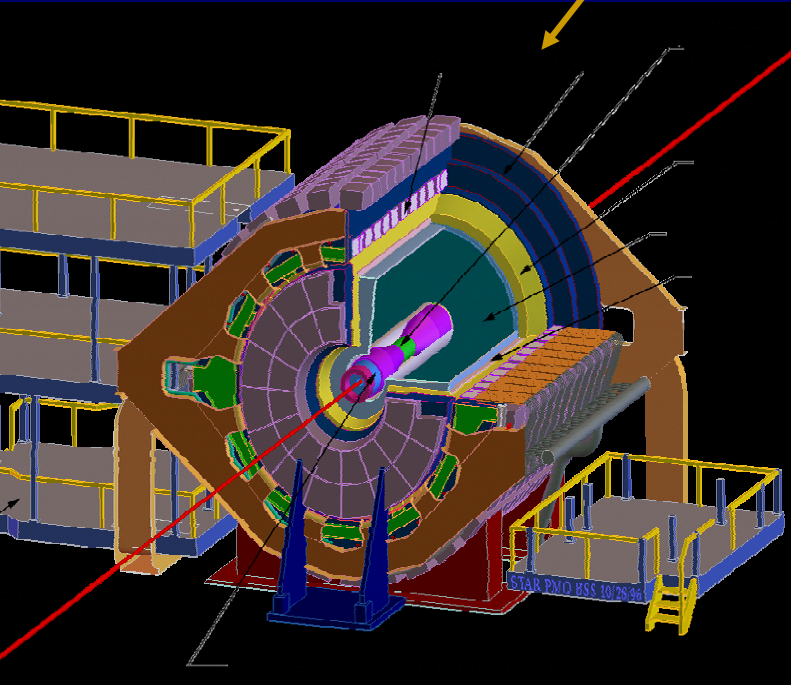
- ▶ Quelques chiffres:
 - $\sim 3000 \text{ cm}^2$; ~ 500 millions de pixels CMOS de $30 \mu\text{m}$ de côté lus à $10\,000 \text{ Hz}$



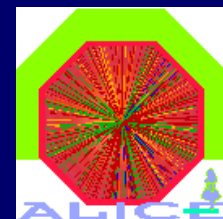
- ▶ Le cahier des charges pour 2008 est rempli
 - efficacité de détection $\geq 99.9 \%$
 - résolution spatiale $\sim 1.5 \mu\text{m}$
 - capteurs amincis à $\leq 50 \mu\text{m}$
 - tolérance aux rayonnements $> 10 \text{ kGray}$
- ▶ Objectif pour les prochaines années:
 - intégrer des micro-circuits de traitement du signal dans le capteur
 - ▶ sélectionner les pixels touchés
 - ▶ retombées très intéressantes pour l'imagerie bio-médicale



STAR/ALICE (PQG)



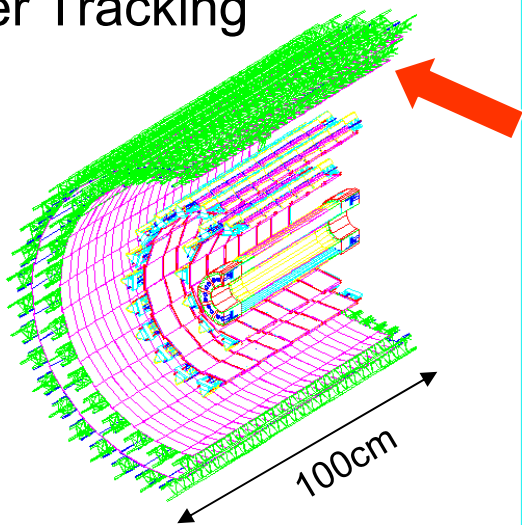
Collision de noyaux lourd (Pb, Au)



ALICE: technique

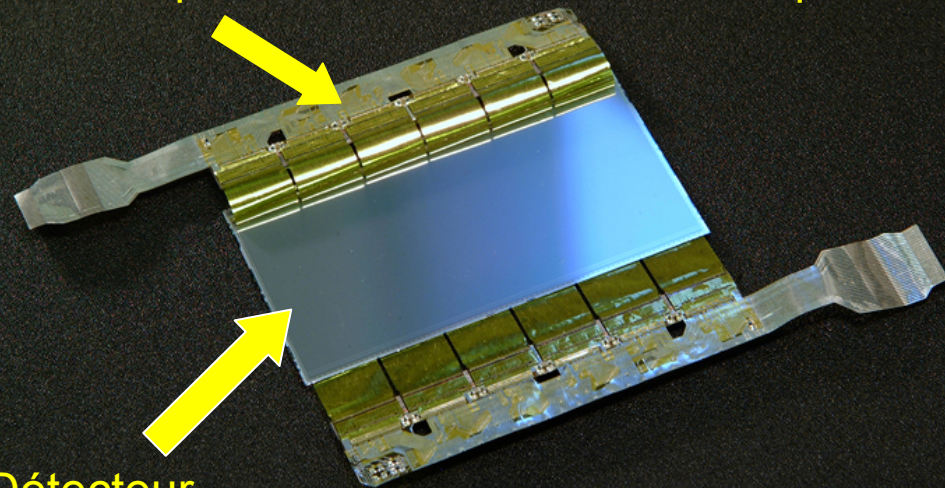
SSD: 2 couches externes
de l' ITS: 1698 modules (2.7 M canaux)

Inner Tracking



Des choix technologiques innovants

Electronique frontale + micro-connectique



Détecteur

Détecteur Si double-face ($7.5 \times 4.2 \text{ cm}^2$)

2 x 768 μ pistes (pitch = 95 μm , a.s. = 35 mrad)

Electronique frontale:

12 circuits intégrés (HAL25) de 128 voies analogiques, en technologie RadTol

Dynamique élevée: ± 14 Mips

Consommation et bruit faibles

Tape Automated Bonding

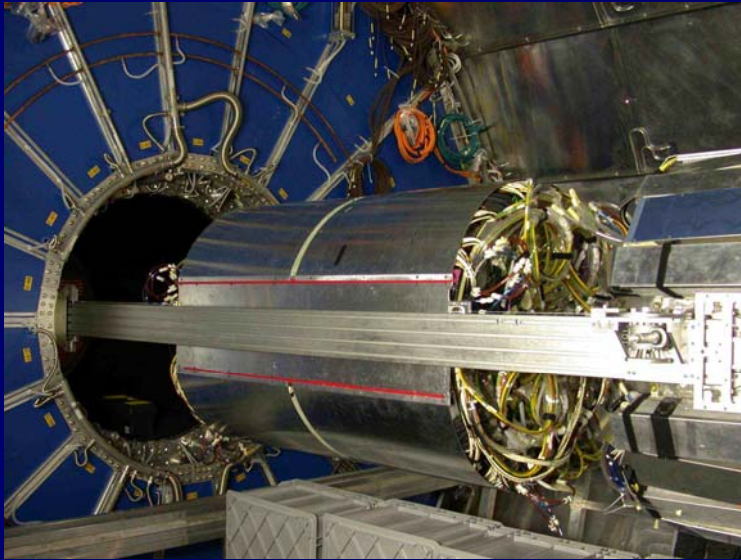
Pas de fils rigides

Connexion capteur - puces - hybrides avec des micro-câbles kapton / aluminium

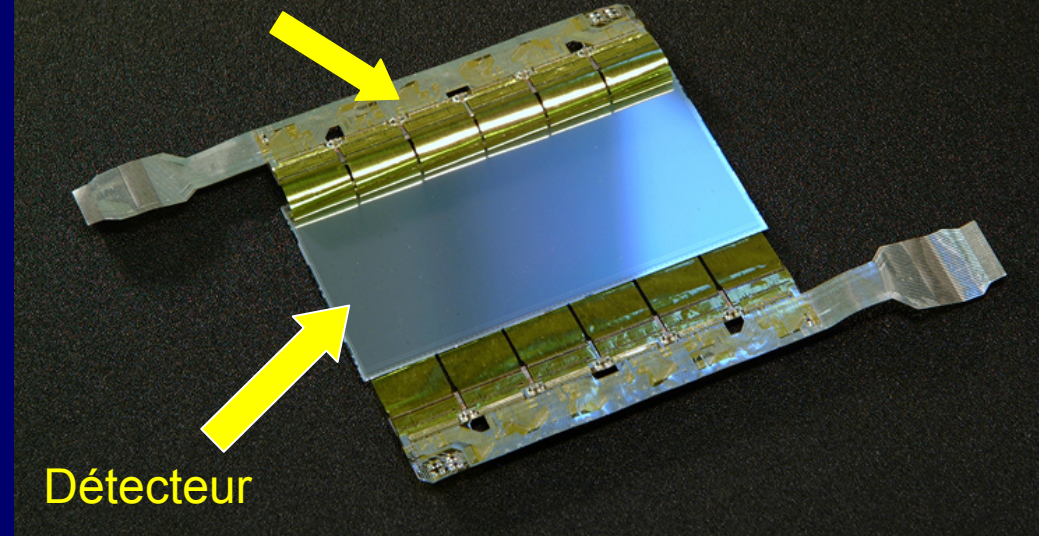
↳ Electronique frontale repliée par dessus le capteur

↳ Module compact adapté aux contraintes d'intégration

ALICE: technique



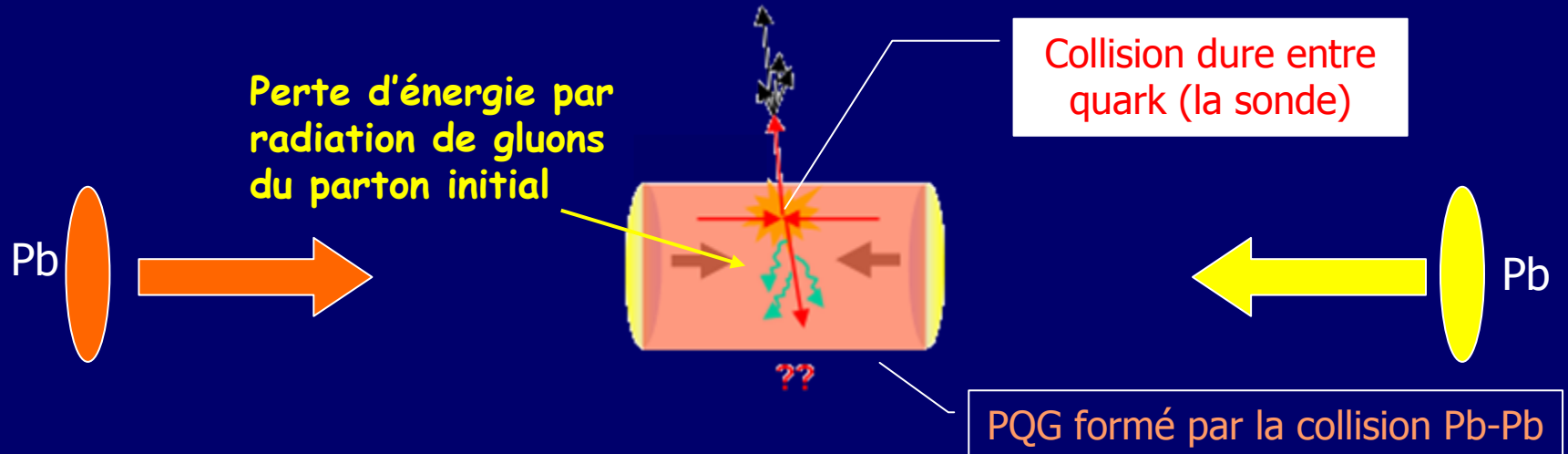
Electronique frontale + micro-connectique



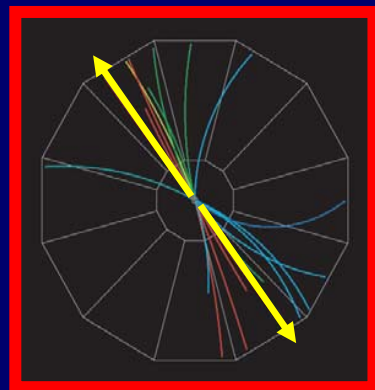
Détecteur

**1700 modules de détection
dont 500 produits à l'IPHC Strasbourg**

STAR/ALICE: Physique

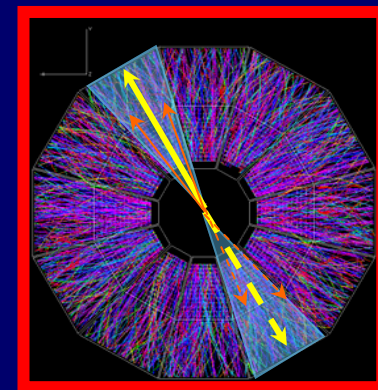


● Reconstruction des jets dans un environnement de grande multiplicité => un défi pour ALICE !



$p+p \rightarrow \text{Jet} + \text{Jet}$

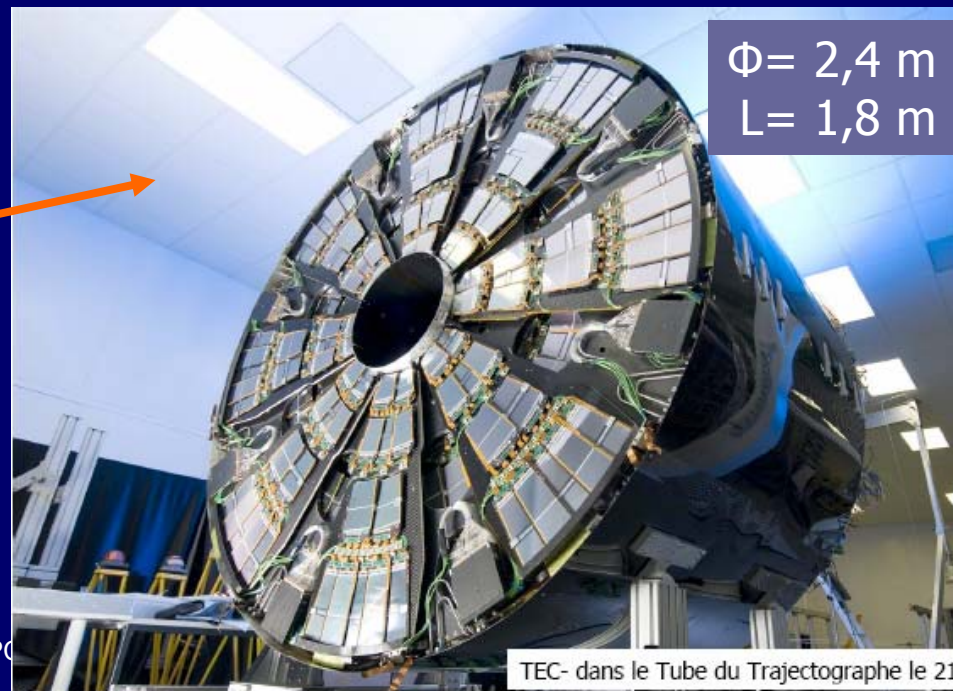
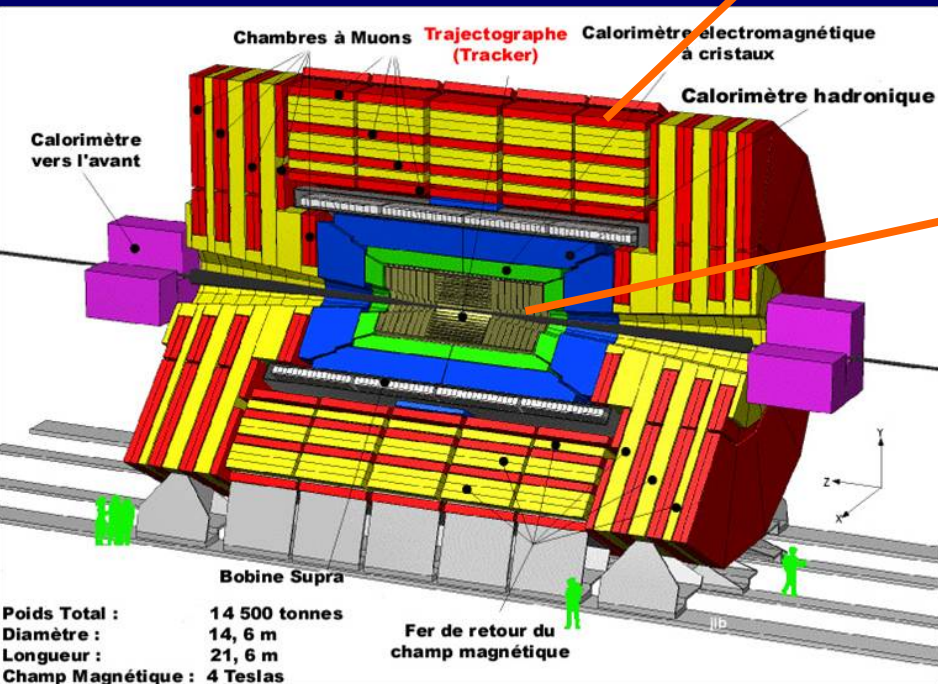
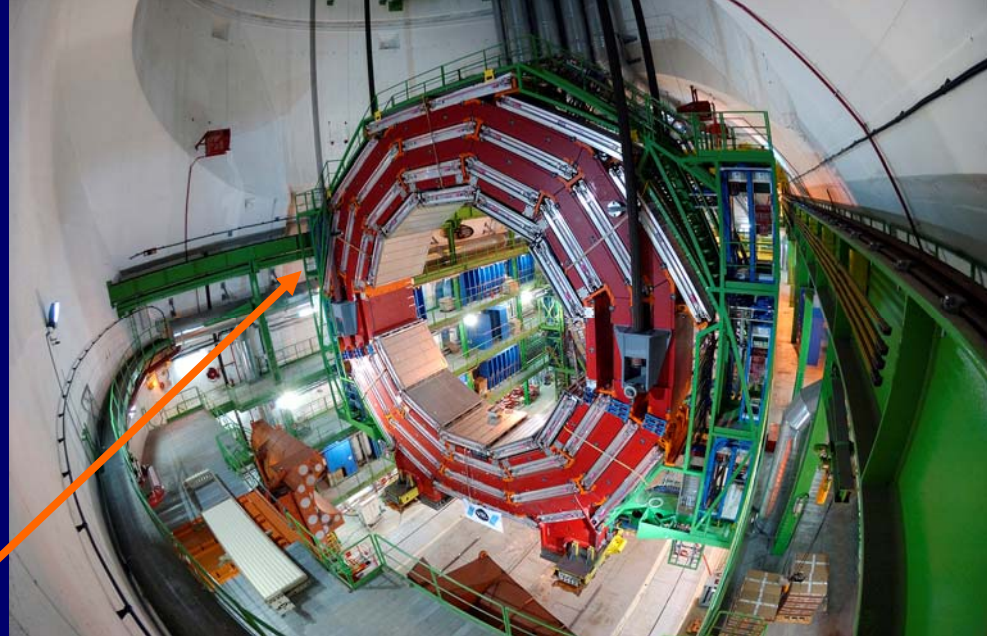
Comparaisons



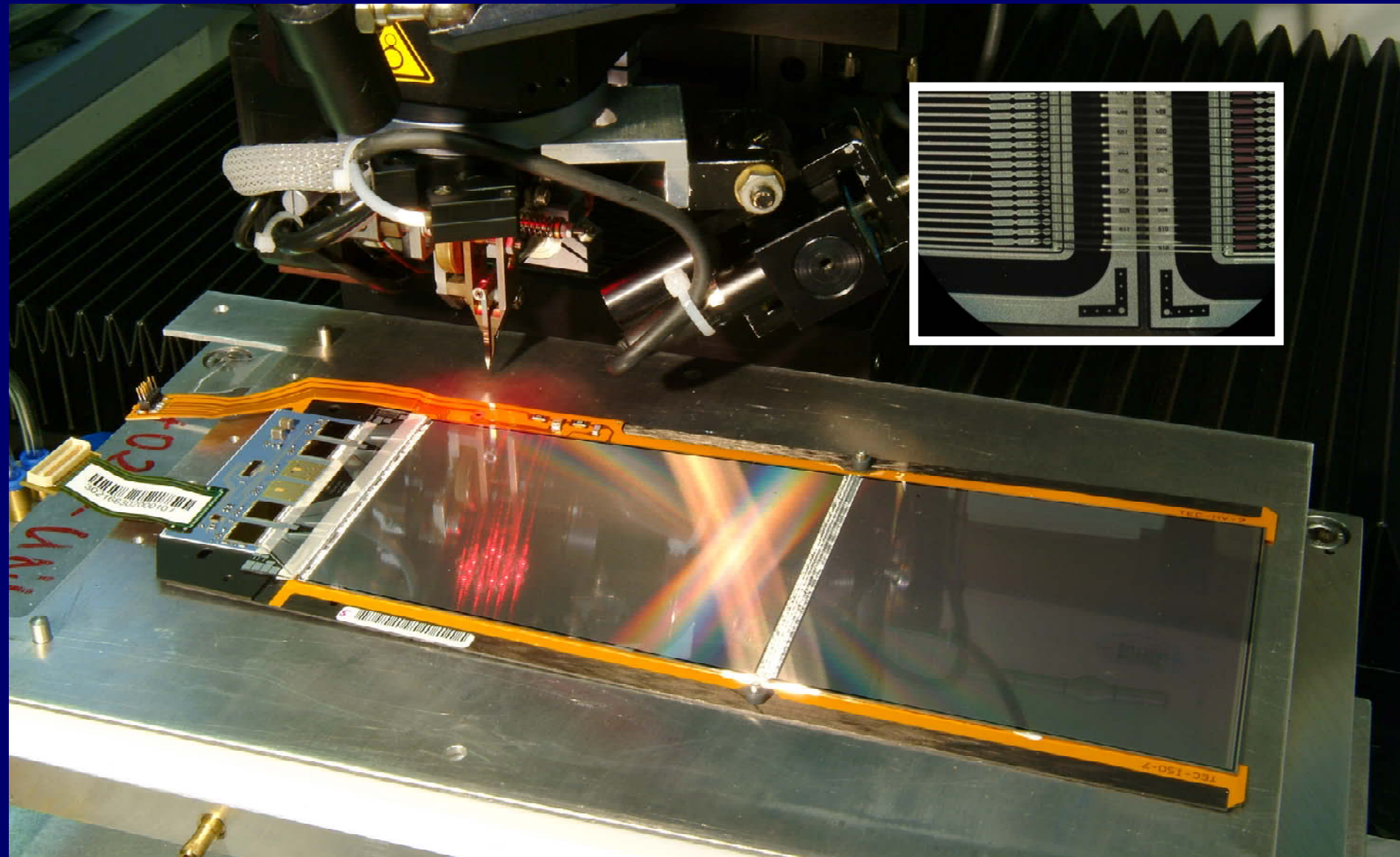
$\text{Pb}+\text{Pb} \rightarrow \text{Jet} + \text{Jet} + \text{bruit}$

CMS

- 2000 membres
- 155 instituts
- 37 pays

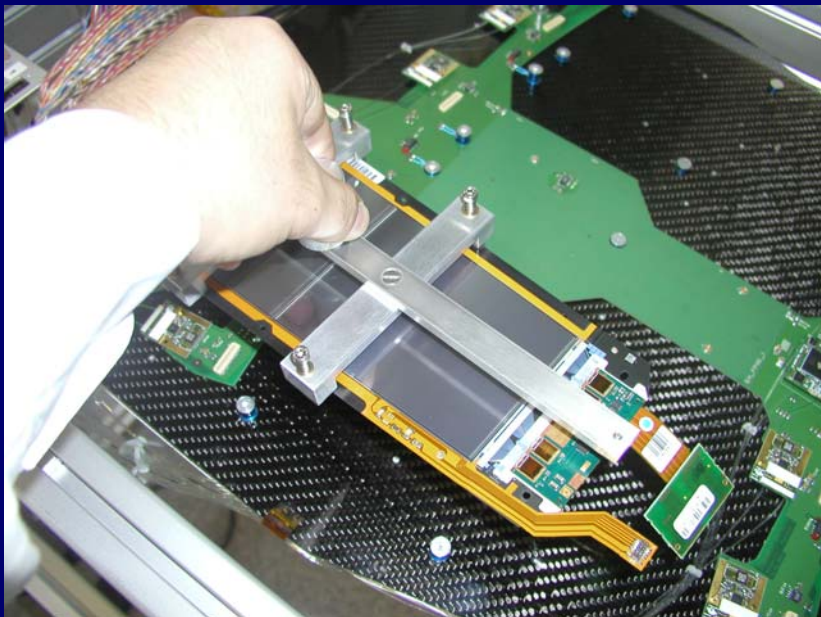


CMS: Technique



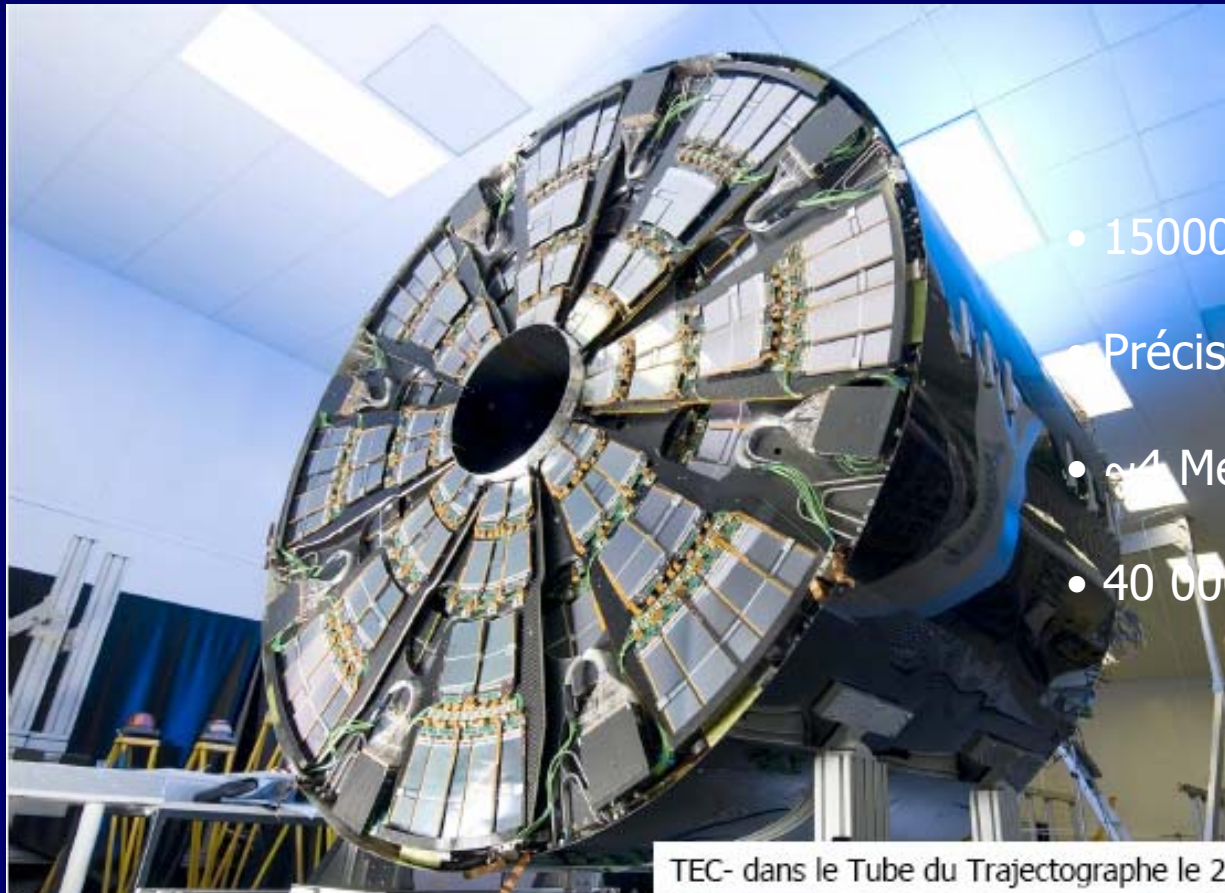
CMS: Technique

Montage et tests de ~ 100 pétales



CMS: Technique

Contrôle et diagnostic du trajectographe



- 15000 modules
- Précision de $100\mu\text{m}$
- ≈ 4 Méga Pixels
- 40 000 000 photos par seconde

DØ/CMS: Physique du top

Spin

Charge

Masse

Largeur

Hélicité du W

Violation de CP

Couplages anormaux

Section efficace de production

Cinématique

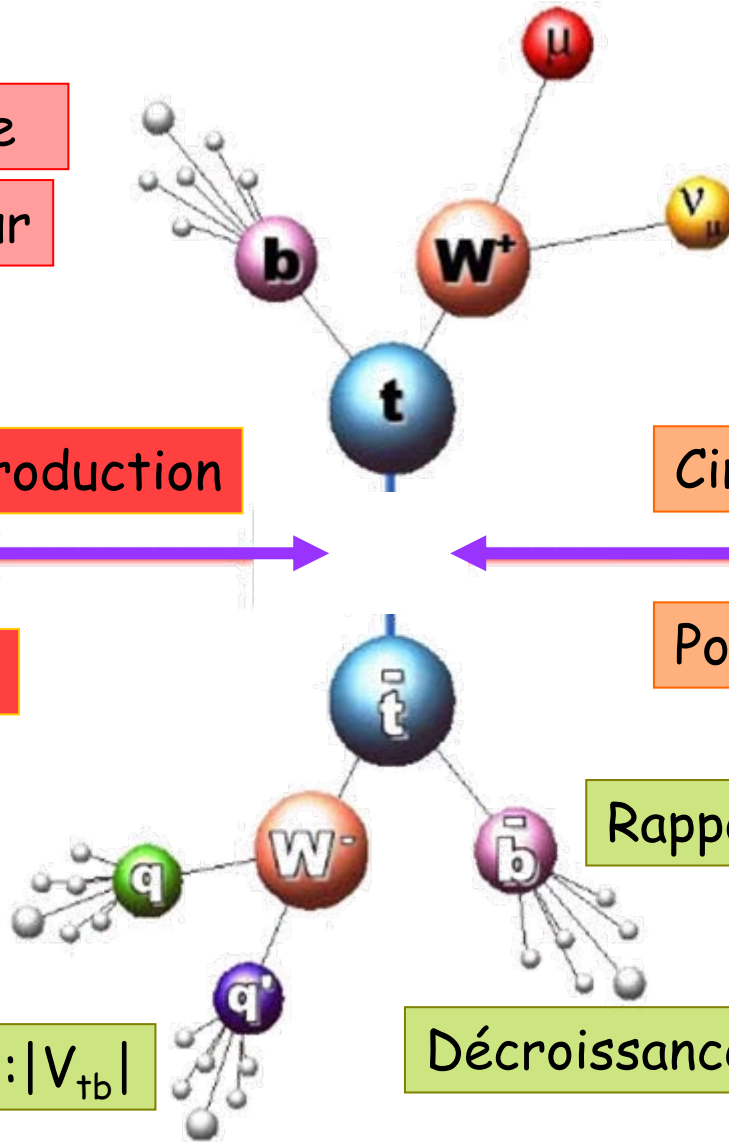
Production résonante

Polarisation du top

Rapports d'embranchement

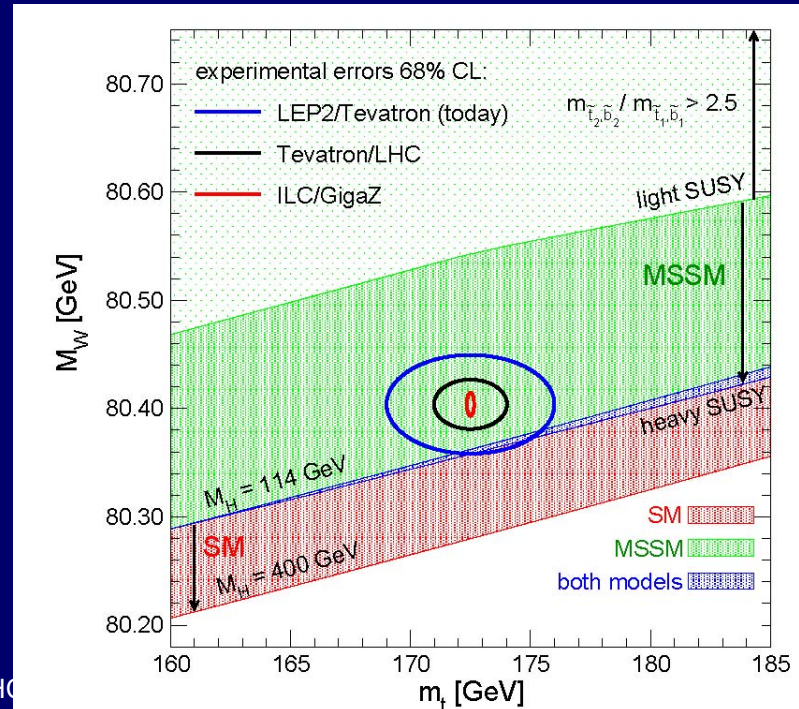
CKM : $|V_{tb}|$

Décroissances rares/non SM



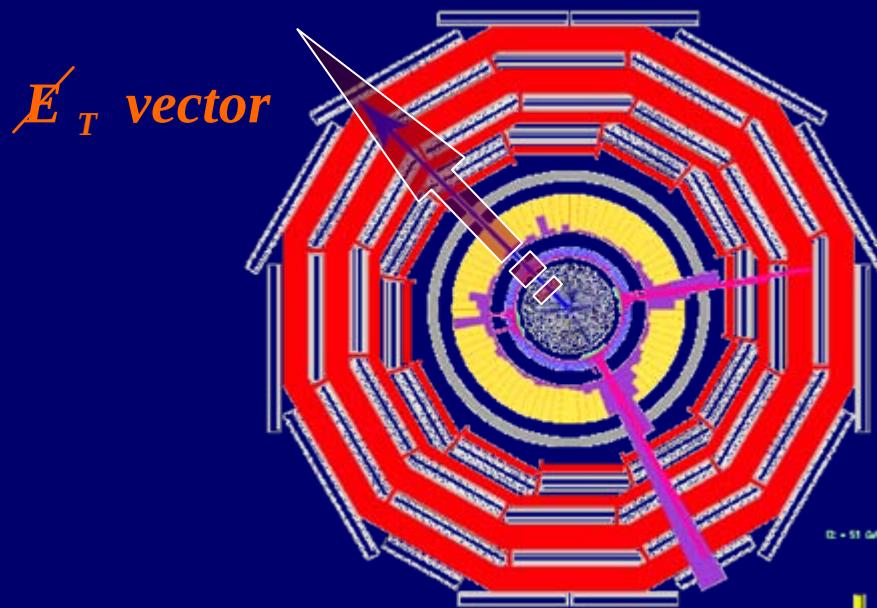
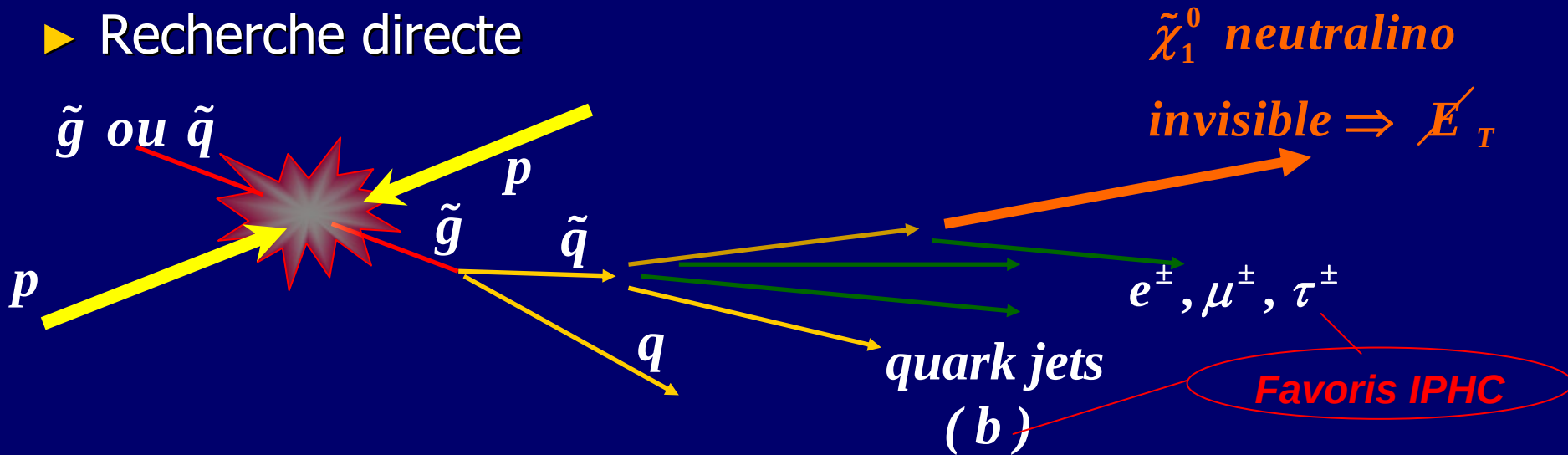
DØ/CMS: Physique du top

- ▶ Signature très claire, production abondante au LHC
 - ~ 100 paires $t\bar{t}$ détectées au tévatron
 - 10^6 prévue dès la première année du LHC
- ▶ Masse du top très grande
- ▶ Durée de vie très courte ($t \sim 4 \cdot 10^{-25}\text{s}$)
 - Pas d'hadronisation ($t \sim 28 \cdot 10^{-25}\text{s}$)
 - ▶ Mesure de précision possible
 - Sensibilité importante sur
 - ▶ La masse du boson de Higgs
 - ▶ les nouveaux modèles



DØ/CMS: Supersymétrie

► Recherche directe



Les équipes

	Physiciens	Thèses & Postdocs	Ingénieurs & Techniciens
ILC/CMOS	4	5	15
STAR/ALICE	4 (+1)	3 (+1)	5 (+4)
CMS/DØ	12 (+4)	4 (+5)	5 (+26)

Conclusion

- ▶ Grandes expériences qui s'appuient sur des technologies de pointe que nous devons souvent développer nous même
- ▶ La physique des particules est en voie d'être bouleversée au LHC (Higgs, Susy ?)
- ▶ Prochains progrès dépendront des nouvelles technologies que nous seront capables de mettre en place

