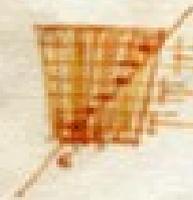


Handwritten text in Arabic script, likely describing the plant or the drawing process. The text is written in brown ink and is somewhat faint.

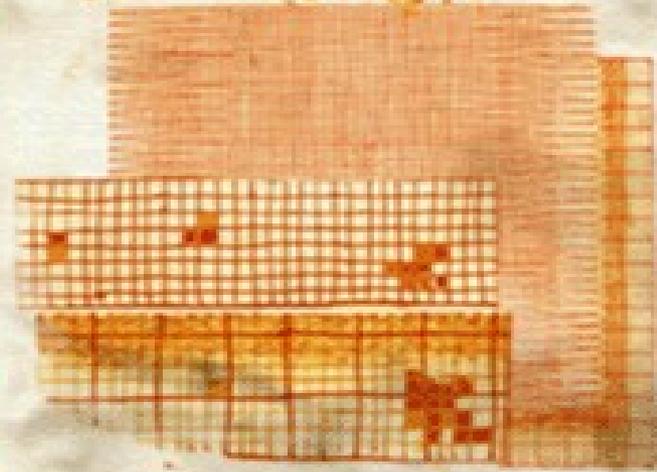
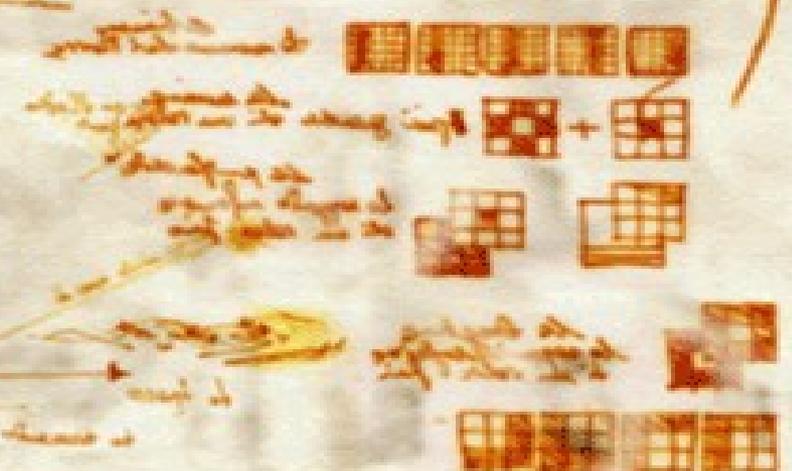
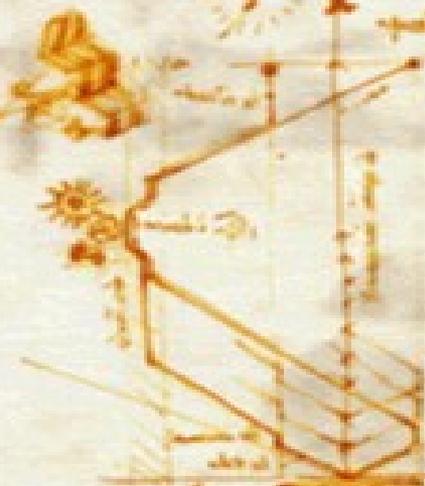


- ①
 - ②
 - ③
 - ④
- Handwritten text in Arabic script, likely describing the numbered diagrams.

Handwritten text in Arabic script, likely describing the drawing process or the plant's characteristics.



(24) x (24 (1111))



Handwritten text in Arabic script, likely describing the diagram or the drawing process.

LES MATHÉMATIQUES

POUR QUOI FAIRE ???

LES MATHÉMATIQUES ? C'EST QUOI ?

Le terme "mathématique" vient du Grec (controversé):

μαθημα (mathêma), science, connaissance, apprentissage

La mathématique (ou encore les mathématiques) est

Communément considérée comme

La science des nombres, des figures, et des structures

3 grands thèmes interconnectés :

- ❖ L'algèbre (théorie des nombres)
- ❖ La géométrie
- ❖ L'analyse (équations, probabilités)

LES MATHÉMATIQUES ? CA DATE DE QUAND ? CA VIENT D'OU ?

La mathématique naît des besoins pratiques des civilisations :

Commerce, mesure des surfaces, construction de grands édifices,
prédiction des événements astronomiques

↳ initialement tournée vers la mesure (géométrie)

et le comptage (arithmétique)

La naissance des mathématiques est souvent improprement
attribuée aux penseurs grecs (ex. Pythagore, 500 av. J.C.). Ils y

ont Contribué, comme les indiens (0), ou les arabes (algèbre)

Cependant les recherches archéologiques ont mis à jour des
preuves des connaissances mathématiques des civilisations

babylonienne et égyptienne, environ 3500 av. J.C.)

Mais des recherches plus récentes montrent...

LES MATHÉMATIQUES ? CA DATE DE QUAND ? CA VIENT D'OU ?

L'Afrique est le berceau des mathématiques

Entre les années 1950 et 1970, 2 découvertes:

"Os de Lebombo" (Afrique du sud:/Swaziland), 35 000 à 37 000 av.J.C.

Péroné de babouin présentant 29 encoches et servant de calendrier

"Os d'Ishango" (Congo), 20 000 av. J.C.

montre que l'homme maîtrisait les suites arithmétiques,

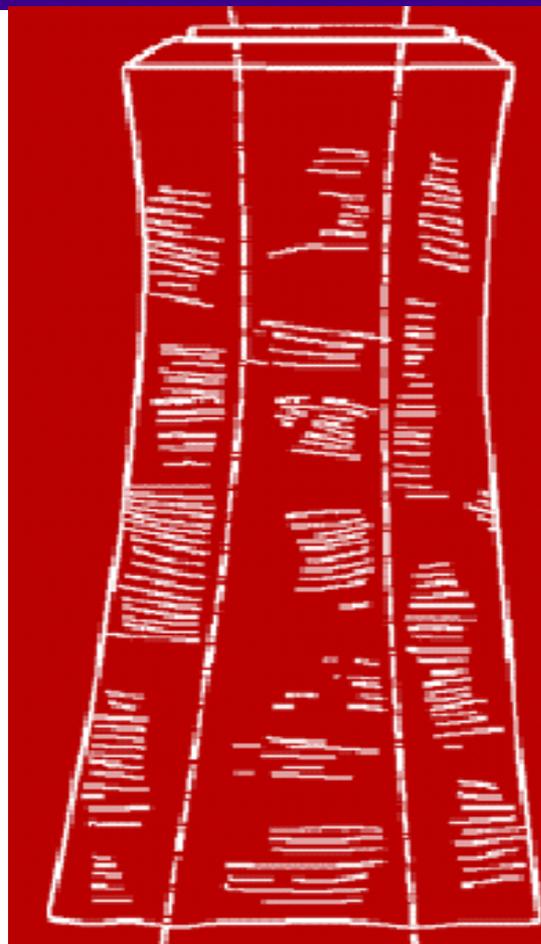
Les encoches sont une table des nombres premiers mais l'os servait

également à compter les phases lunaires

LES MATHÉMATIQUES ? CA DATE DE QUAND ? CA VIENT D'OU ?



OS ISHANGO



		3	11
11		6	
		4	
13		8	21
	17	10	19
		5	
		1	
	19	5	
		7	9
somme =		60	60

Les multiplications:

Sur le dessus du bâton, on trouve 3 traits gravés, puis 6.
Et 4 traits, puis 8 en-dessous.
Donc des multiplications par 2 !

La somme

Et si on fait la somme des traits dans chaque "colonne" ? On trouve : 60, 48 et encore 60. Tous des multiples de 12. Difficile de croire au hasard...

LA PHYSIQUE ? C'EST QUOI ?

La physique (du Grec φυσικη) est la science, de la matière
C'est une science qui développe des théories en utilisant l'outil
mathématique pour décrire et prévoir les comportements de la
matière. Elle n'accepte comme résultat que ce qui est mesurable
et reproductible.

LA PHYSIQUE ? C'EST QUOI UN PHYSICIEN ?

Avant le XXe siècle, un physicien était tout à la fois expérimentateur, théoricien, mathématicien, et philosophe. Il était en quelque sorte un philosophe qui étudiait les sciences naturelles.

Les penseurs grecs ont basé leurs travaux essentiellement sur l'observation et leur réflexion était plutôt de nature philosophique.

Parallèlement, les besoins militaires ou architecturaux ont développé certains principes physiques souvent de manière empirique (plan incliné, leviers, etc..)

A la renaissance (XVIe, XVIIe), la "physique" a pris une autre forme, et la notion d' "expérience" s'est développée (Galilée, Newton ...).

Le physicien était encore un philosophe (Descartes, Pascal ...)

Le XXe siècle a été marqué par un élargissement spectaculaire de nos connaissances et il n'est plus possible de maîtriser la totalité de ces connaissances. Le XXe siècle a vu naître la notion de spécialisation.

MAIS QUE FONT DONC LES PHYSICIENS ?

Les physiciens observent, mesurent et modélisent le comportement et les interactions de la matière à travers l'espace et le temps (phénomènes physiques)

Les théories contiennent des lois exprimées sous forme d'équations mathématiques et ces lois sont confrontées à l'expérience.

On définit des "observables", i.e. des quantités mesurables qui permettent d'analyser et comprendre un phénomène en explicitant les mécanismes et les lois sous-jacentes qui le régissent. Les physiciens conçoivent et mettent en oeuvre des expériences pour mesurer ces observables et tester ainsi les théories.

MAIS QUE FONT DONC LES PHYSICIENS ?

Le point de départ de la physique est une expérience du réel, qui conduit à une analyse théorique du fait expérimental observé.

Les mathématiques sont le langage rationnel dans lequel s'expriment de façon concise et élégante les modèles des phénomènes observés.

MAIS QUE FONT DONC LES PHYSICIENS ?

La théorie peut être:

➤ descriptive

l'observation ou l'expérience a précédé la théorie, et les théoriciens développent des théories expliquant les résultats expérimentaux existants.

➤ prédictive

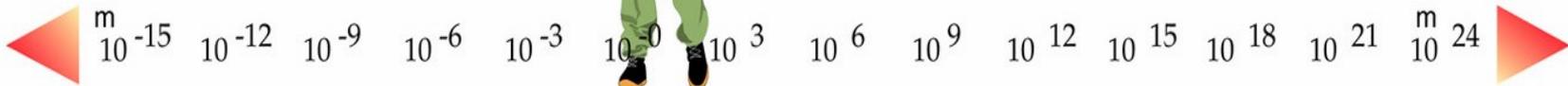
les expérimentateurs conçoivent et exécutent des expériences pour tester les prédictions théoriques

CHAMP D'INVESTIGATION



Particle physics looks at matter in its smallest dimensions.

Astrophysics looks at matter in its largest dimensions.



Microscopes
Microscopes

Jumelles
Binoculars

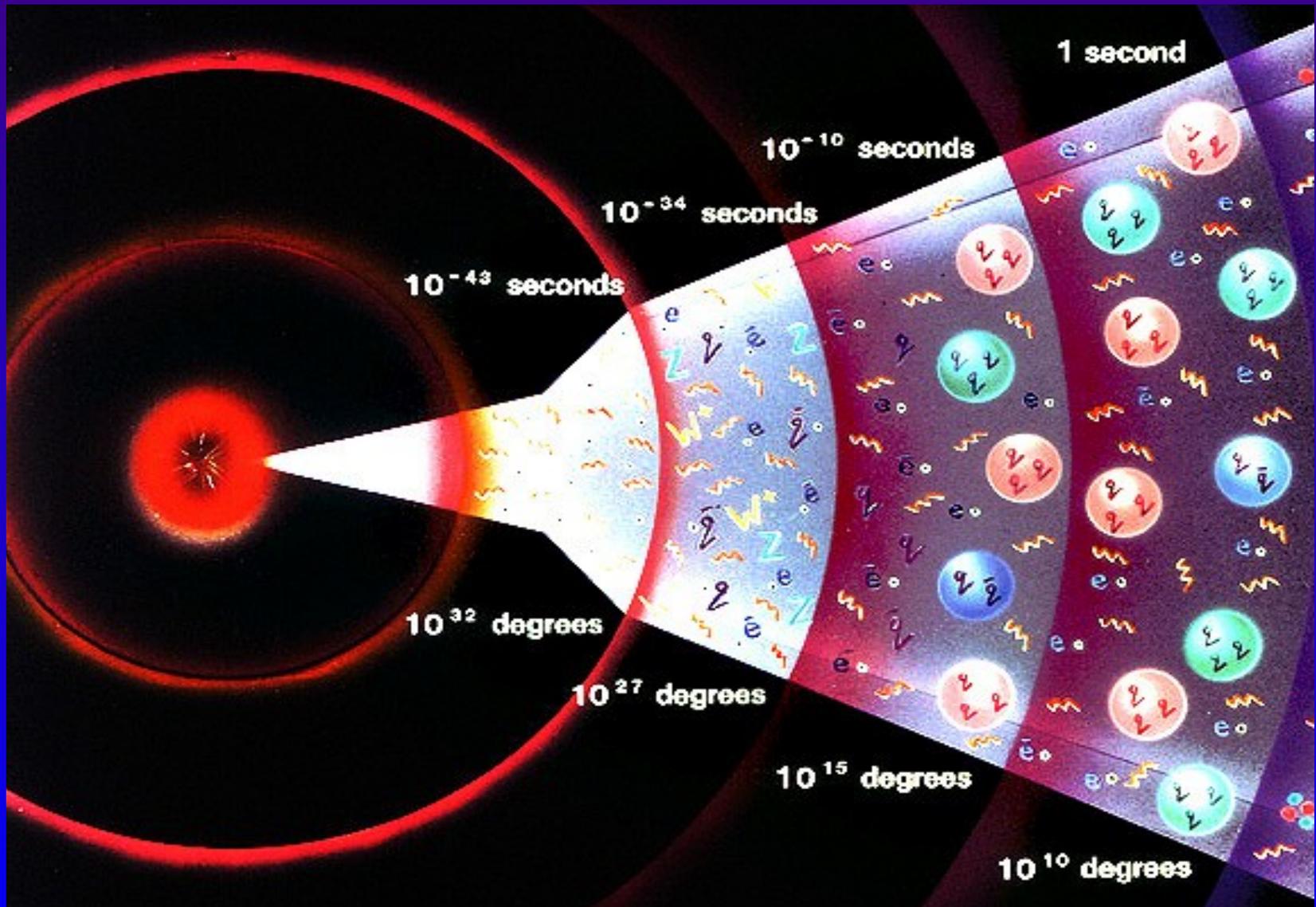
Telescopes optiques & radio
Optical & radio telescopes

Accélérateurs
et détecteurs
Accelerators
and detectors

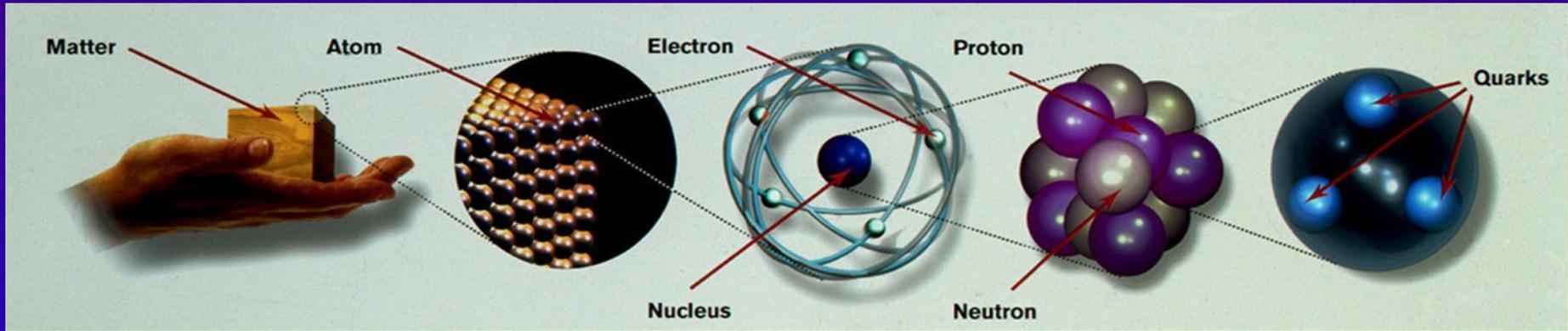
L'oeil nu.
Naked eye

THE TWO FRONTIERS OF PHYSICS

CHAMP D'INVESTIGATION : LE BIG BANG



PARTICULES



Les atomes sont constitués de leptons et de quarks

$$\Theta = +\frac{2}{3}$$

"up" quark



proton



$$Q = 1e$$

all quarks are trapped in nucleons

$$\Theta = -\frac{1}{3}$$

"down" quark



neutron



$$Q = 0$$

$$\Theta = -1$$

Leptons $\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}$

$$\Theta = 0$$

Quarks $\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$

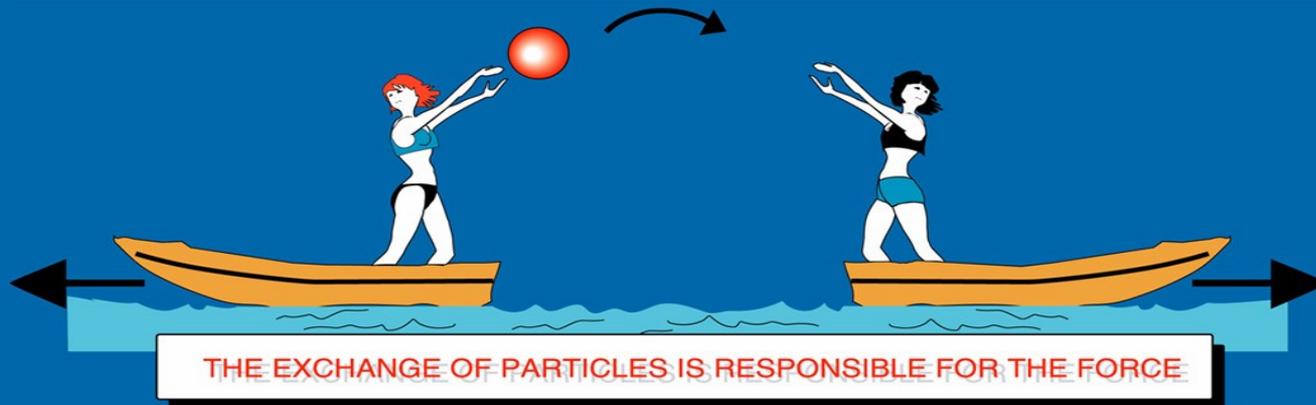
LES BRIQUES ELEMENTAIRES DE NOTRE MONDE

Particule	Masse [MeV]	Charges				Spin
		Forte	El.mag.	Faible	Grav.	
up	~ 2	Oui	+ 2/3	Oui	Oui	1/2
down	~ 3	Oui	- 1/3	Oui	Oui	1/2
neutrino	$< 10^{-9}$	Non	0	Oui	Oui	1/2
electron	0.511	Non	- 1	Oui	Oui	1/2

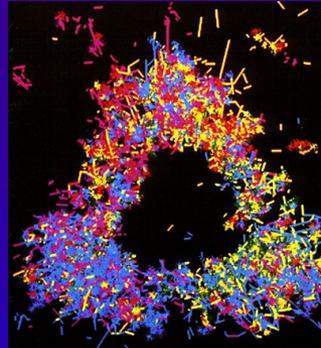
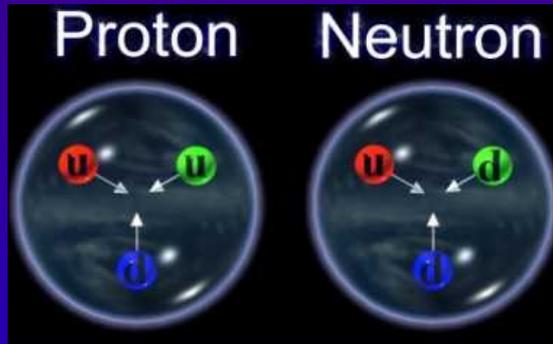
HIERARCHIE DANS L'INTENSITE DES FORCES

The forces in Nature

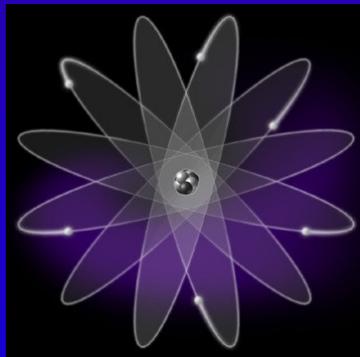
TYPE	INTENSITY OF FORCES (DECREASING ORDER)	BINDING PARTICLE (FIELD QUANTUM)	OCCURS IN :
STRONG NUCLEAR FORCE	~ 1	GLUONS (NO MASS)	ATOMIC NUCLEUS
ELECTRO -MAGNETIC FORCE	$\sim 10^{-3}$	PHOTONS (NO MASS)	ATOMIC SHELL ELECTROTECHNIQUE
WEAK NUCLEAR FORCE	$\sim 10^{-5}$	BOSONS Z^0, W^+, W^- (HEAVY)	RADIOACTIVE BETA DESINTEGRATION
GRAVITATION	$\sim 10^{-38}$	GRAVITONS (?)	HEAVENLY BODIES



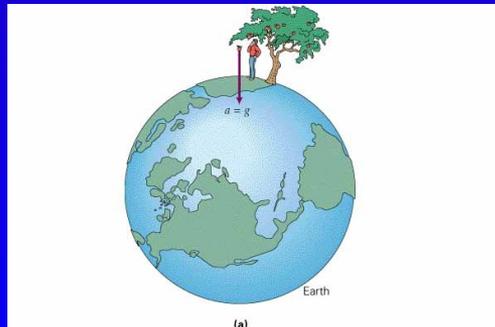
HIERARCHIE DANS LA PORTEE DES FORCES



$R \sim 10^{-15}$ m (forte)



$R \sim 10^{-10}$ m (électromagnétique)



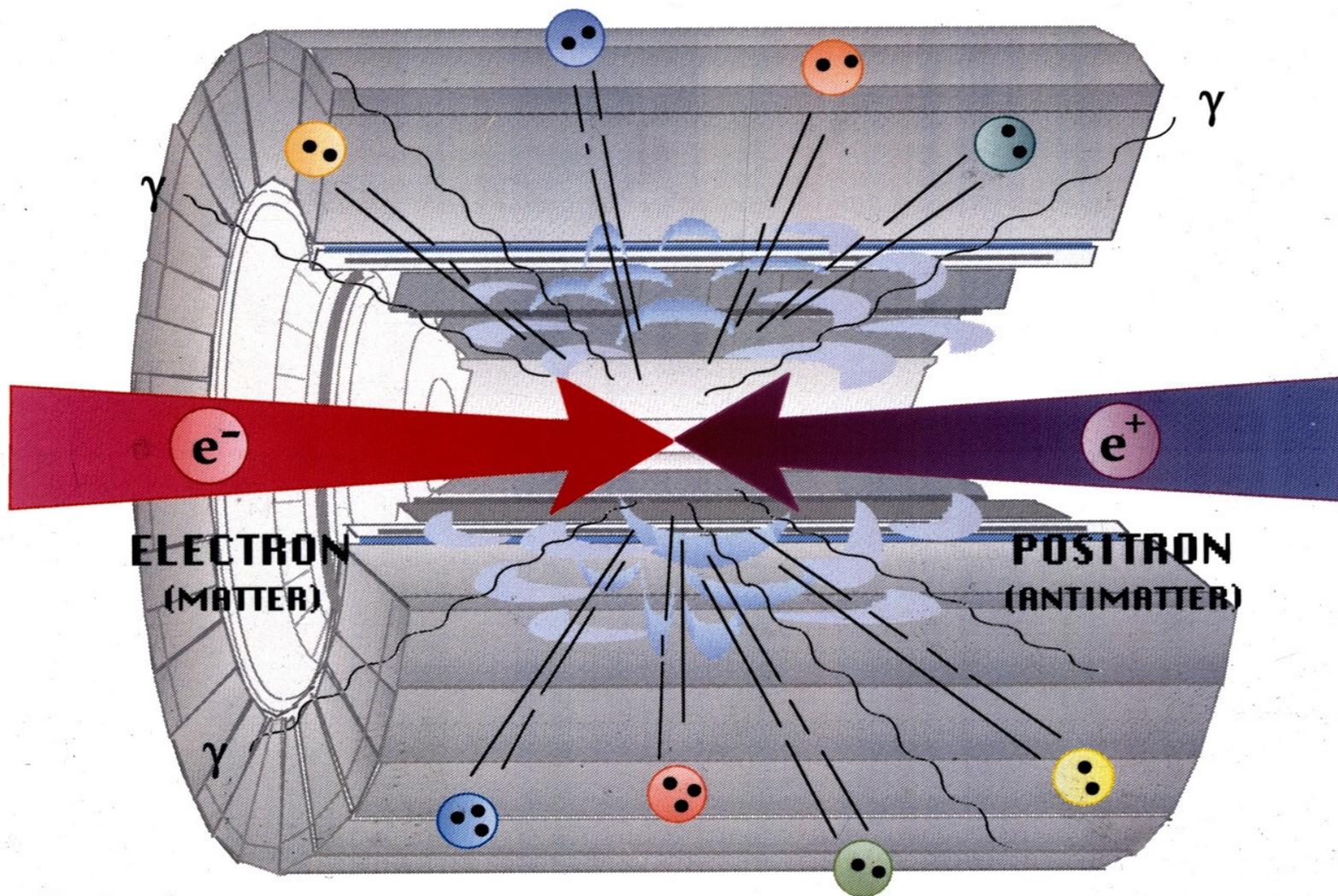
$R > 10^6$ m (gravitationnelle)

3 FAMILLES DE PARTICULES

	Leptons	Quarks
Famille 1 (légère)	$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$
Famille 2 (lourde)	$\begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}$
Famille 3 (très lourde)	$\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$

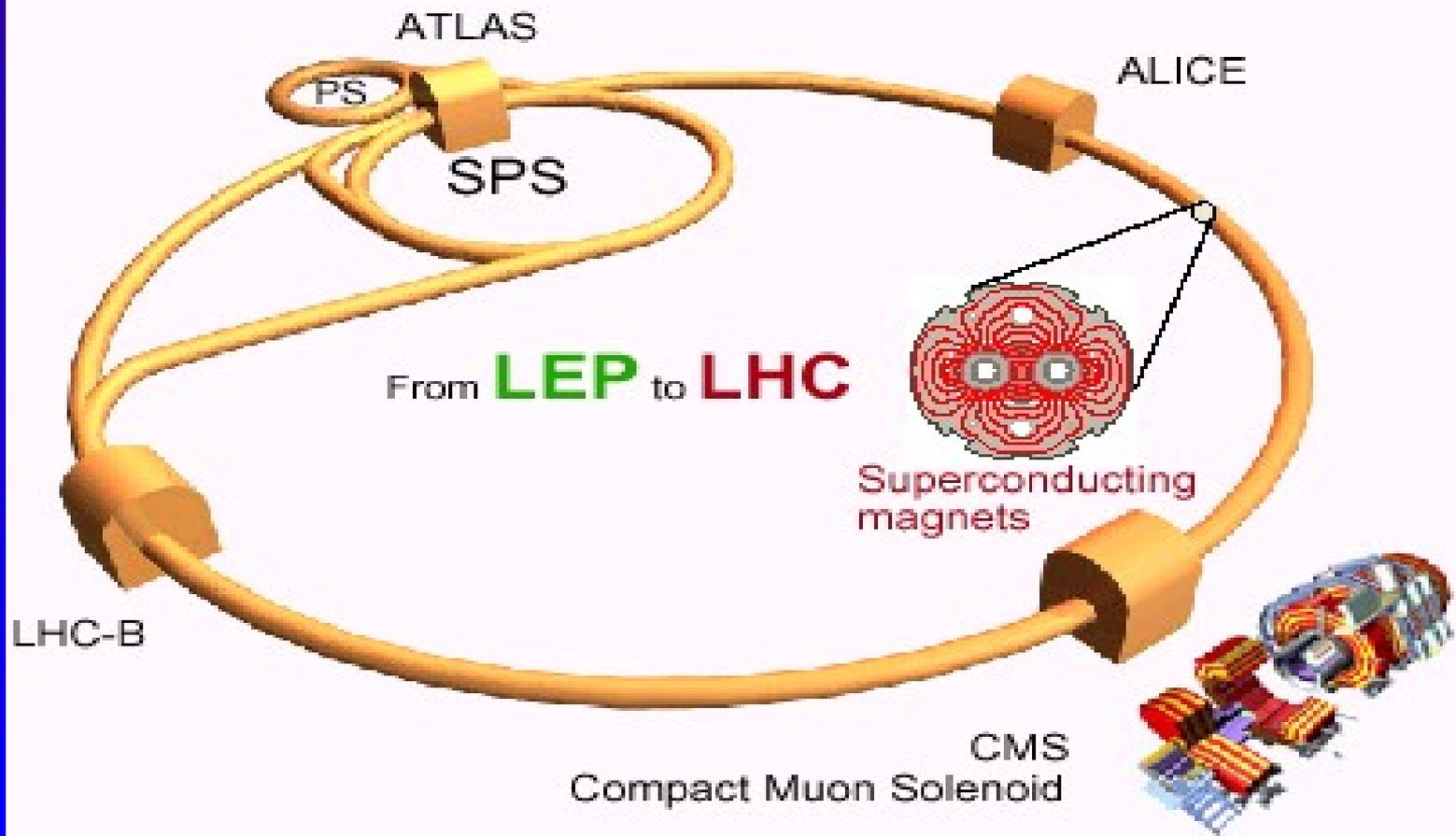
↪ utilisation des symmétries, vecteurs, matrices, rotations

COLLISIONS DE PARTICULES



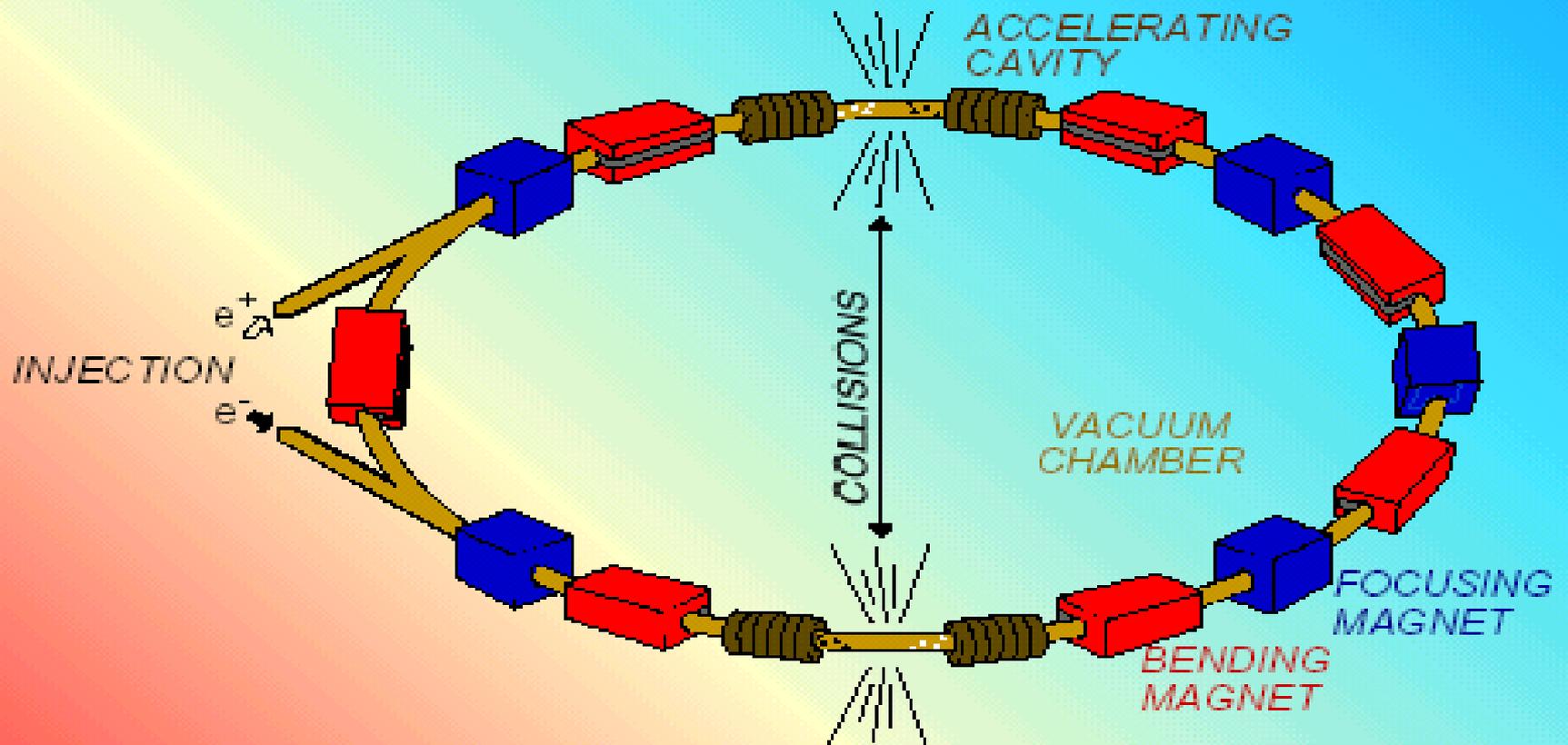
COLLISIONS DE PARTICULES

The Large Hadron Collider (LHC)



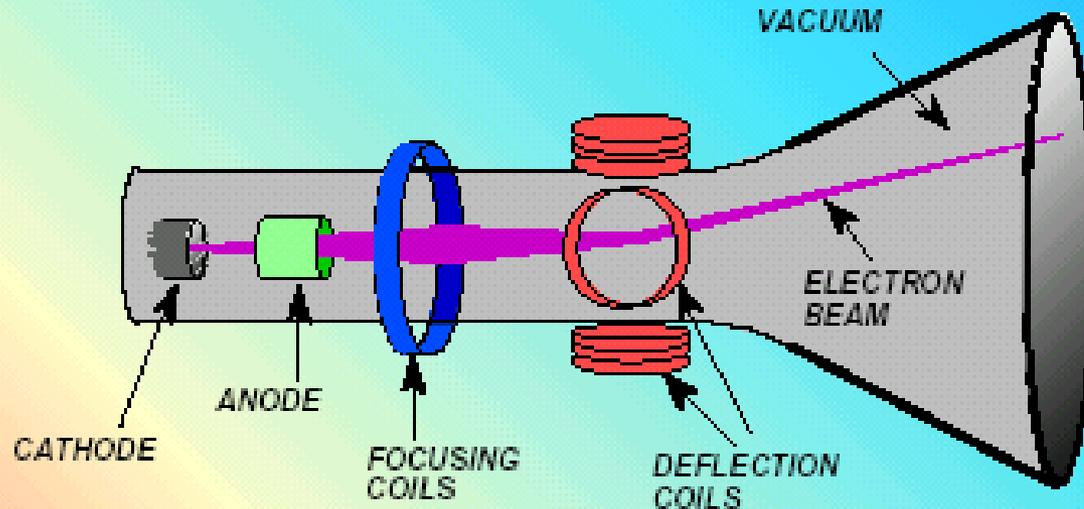
COLLISIONS DE PARTICULES

Accelerator Ring



COLLISIONS DE PARTICULES

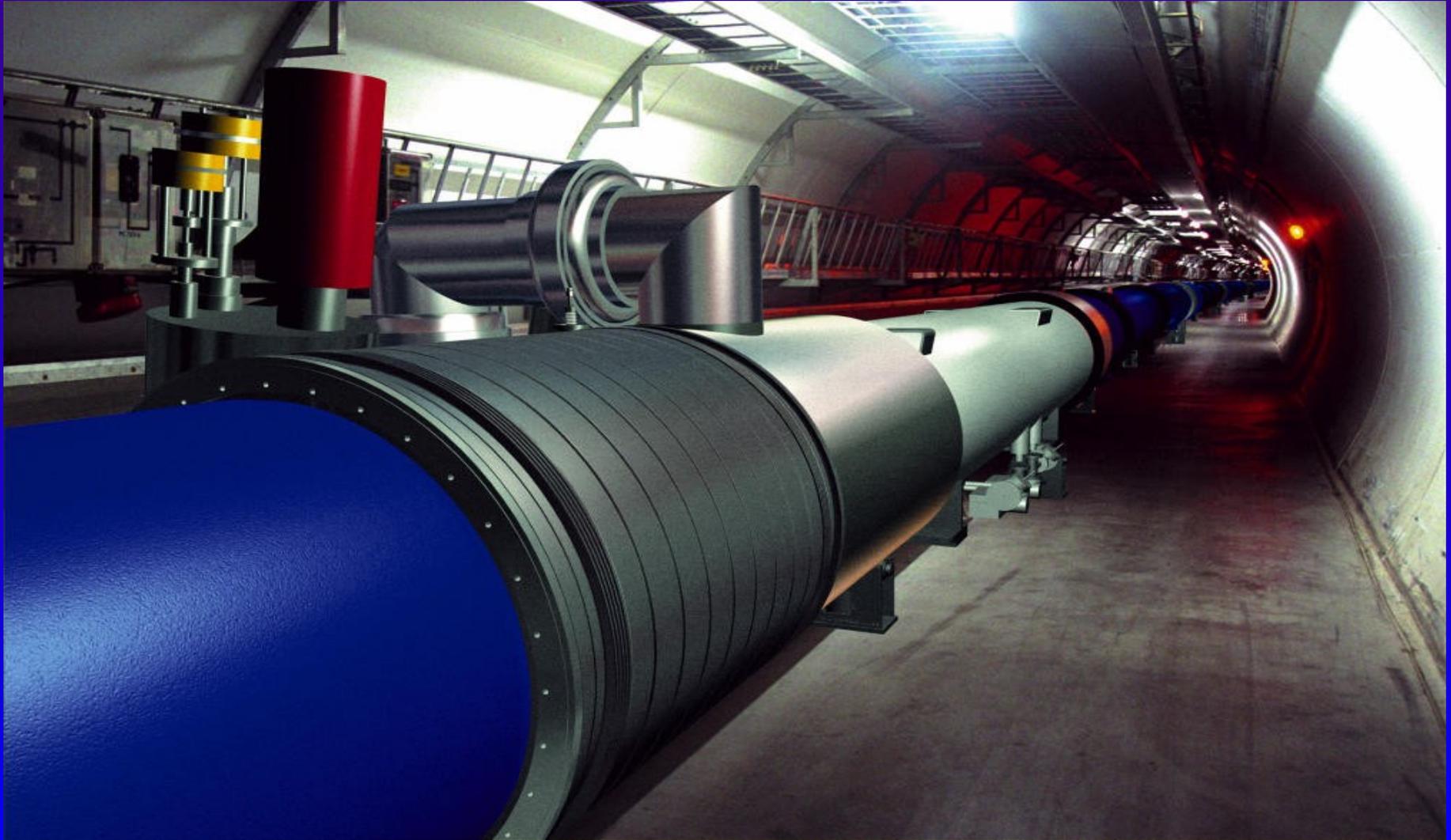
A Particle Accelerator



- the voltage in a T.V. is typically 20kV
- i.e. the energy of each electron is 20keV
- LEP electrons are 50 billion eV (50 GeV)
- 50 Gigavolts --> circular machine

Protons LHC 7 000 GeV (7 TeV)

TUNNEL LHC : AIMANTS



27 km d'aimants de 8 T

IMPORTANTANCE DE L'ALIGNEMENT DES AIMANTS

Dans les expériences LEP, on a mesuré la masse du boson Z, produit dans les collisions electron-positon.

On a alors observé que l'on mesurait une masse plus élevée à certains moments de la journée, et on a constaté que les variations de la mesure étaient corrélées aux marées. Les mêmes effets gravitationnels responsables des marées produisaient une très légère déformation de la croûte terrestre qui changeait la forme du collisionneur.

Après avoir corrigé les résultats de cet effet, on a trouvé que le Z semblait plus lourd au printemps qu'en automne. Cela était dû au voisinage du lac Lemman qui était vidé en automne pour laisser place aux fontes des neiges de l'hiver. Le lac se remplissait au printemps et déformait le collisionneur.

Après avoir corrigé les résultats de cet effet supplémentaire, on a encore observé une variation de la masse mesurée du Z à certains moments de la journée et cela était dû au passage du TGV dont les champs électromagnétiques interféraient avec ceux du collisionneur.

IMPORTANCE DE L'ALIGNEMENT DES AIMANTS

La variation maximale de la circonférence du collisionneur causée par le cycle de la lune est de 1 mm, ce qui est peu pour une circonférence de 27 km, mais est bien loin d'être négligeable, car une variation de 1 mm dans la circonférence de l'anneau, et par conséquent dans la trajectoire des faisceaux, induit une variation de 10 MeV sur la masse du boson Z. La variation résultant de l'effet du niveau du lac est de 15 MeV.

L'ensemble des 3 effets induit une incertitude de 0.03% sur la mesure de la masse du Z, qui est loin d'être négligeable en regard de la précision de 0.002% requise.

L'ALIGNEMENT

L'alignement des différents éléments sur la circonférence de l'anneau fait appel à des géomètres, qui par différentes techniques (théodolites, géodésie, photogrammétrie) mesurent la géométrie de l'installation, en mesurant des distances et des angles.

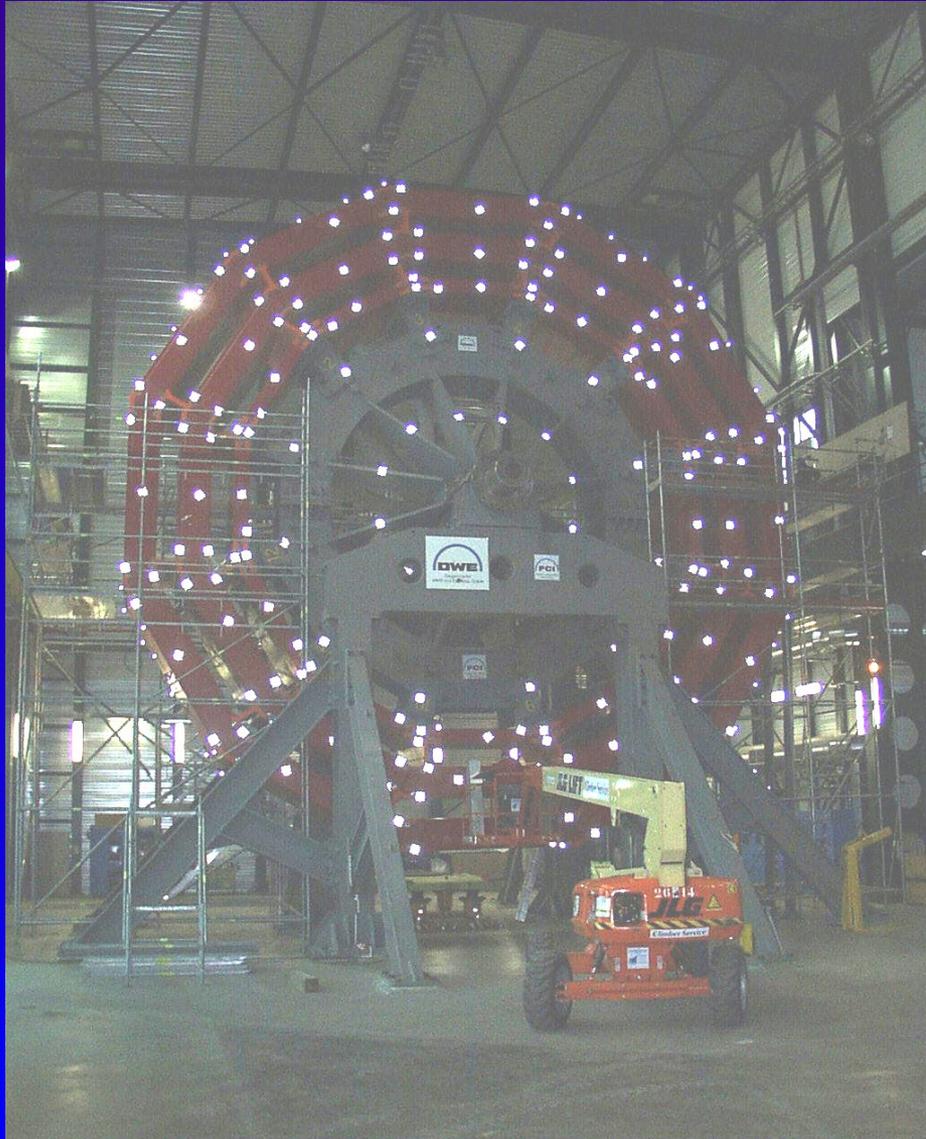
Un théodolite est un télescope monté sur les deux axes vertical et horizontal qui est l'instrument de la mesure d'une triangulation, des angles d'un triangle formé par trois points, servant en astronomie à déterminer l'azimut et la grandeur apparente d'un corps céleste et pour la géodésie.

La géodésie est une discipline, qui décrit la géométrie de la surface de terre et les objets sur la terre comme une base de la cartographie.

La photogrammétrie est une technique de mesure pour laquelle les coordonnées en trois dimensions des points d'un objet sont déterminé par des mesures faites en deux images photographiques (ou plus) prises à partir de positions différentes.

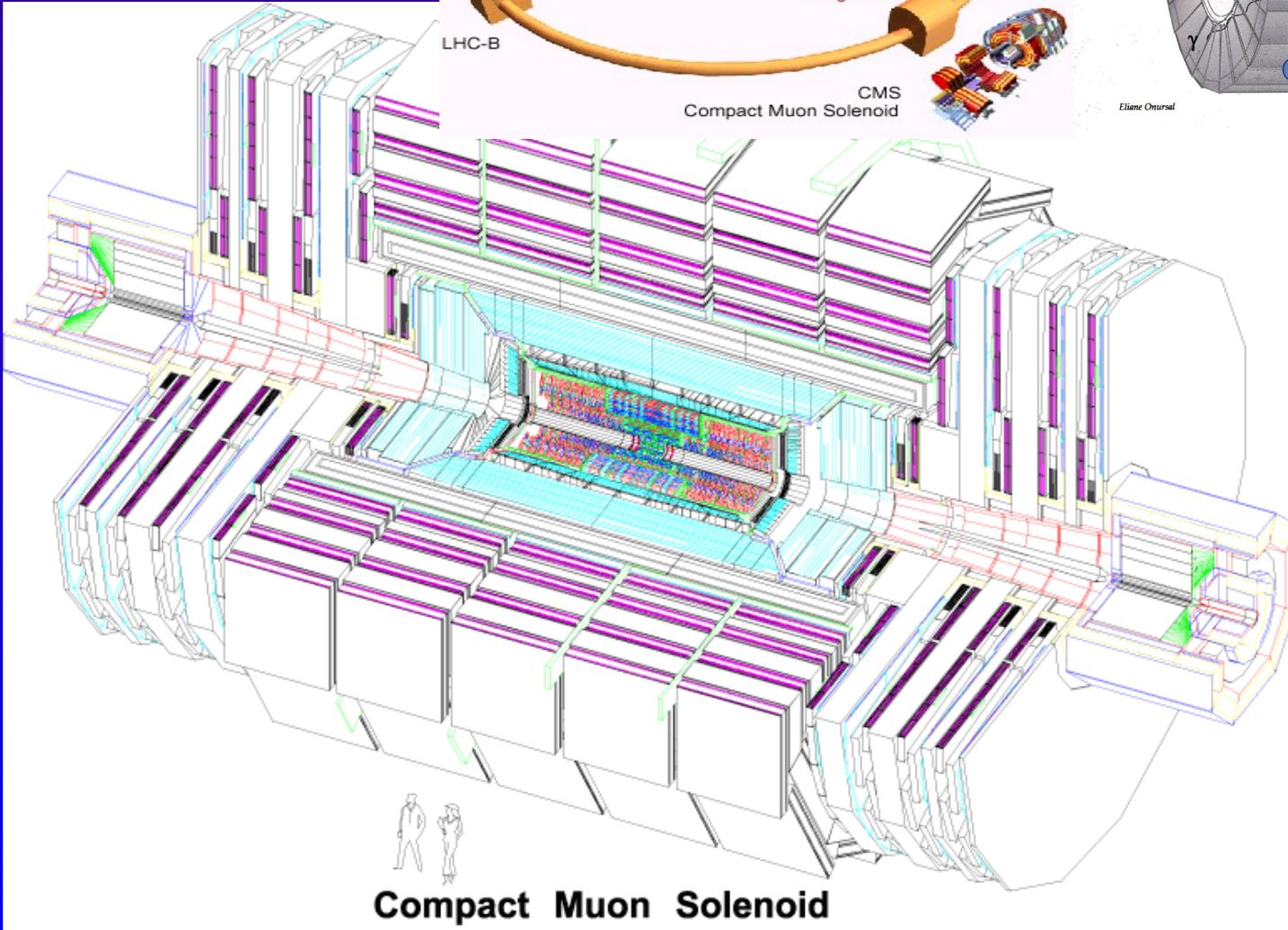
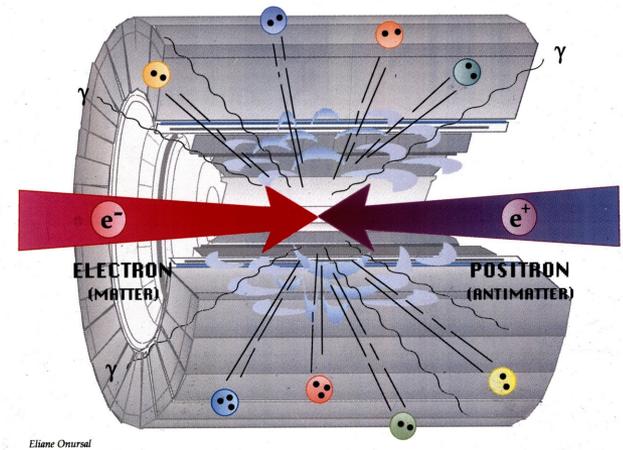
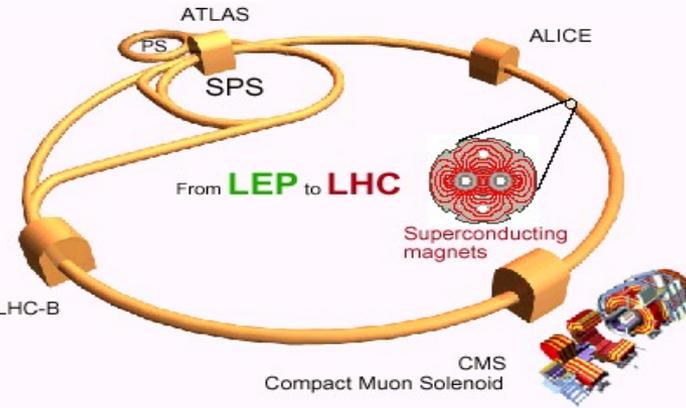
L'ALIGNEMENT

photogrammétrie

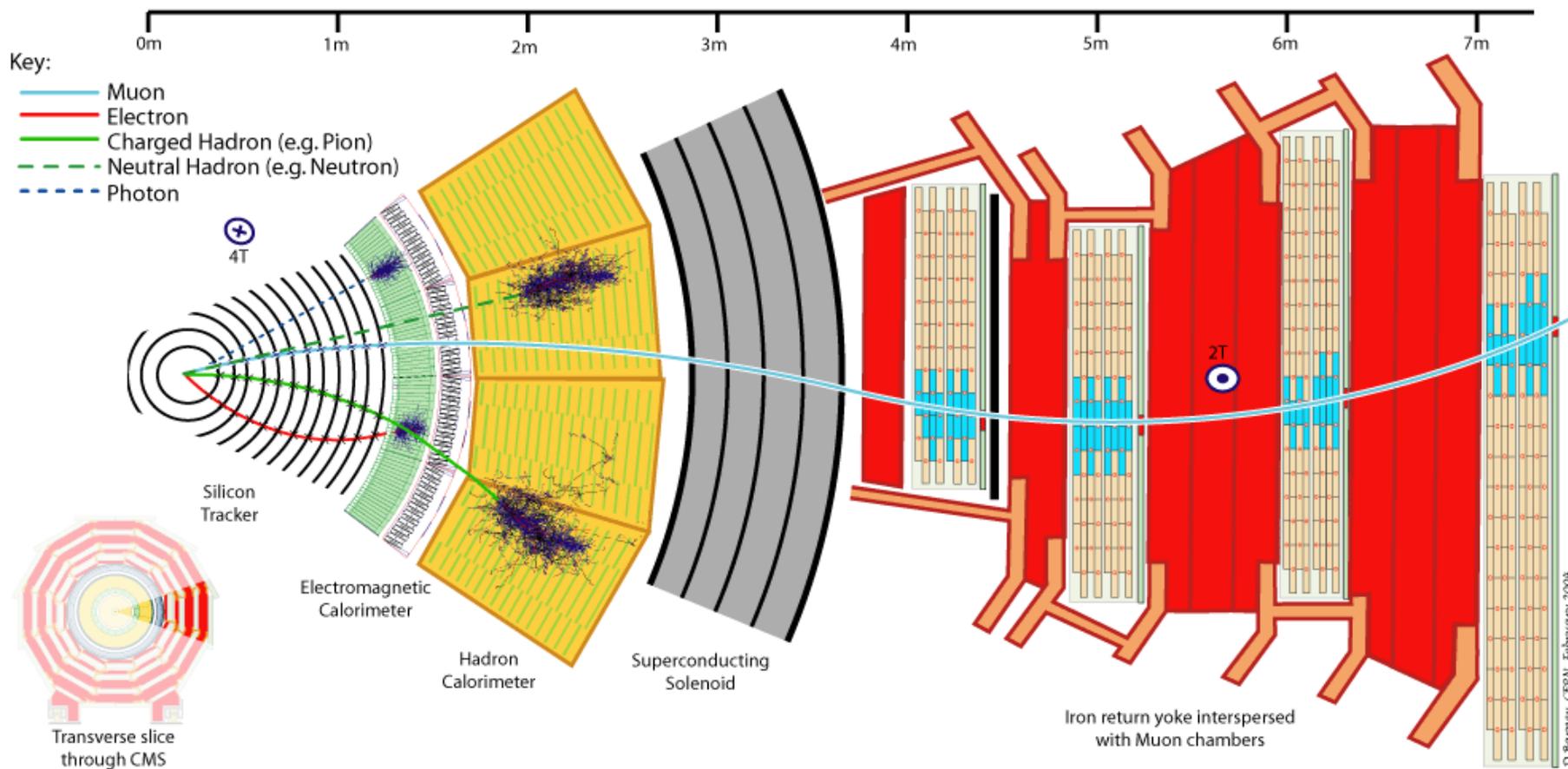
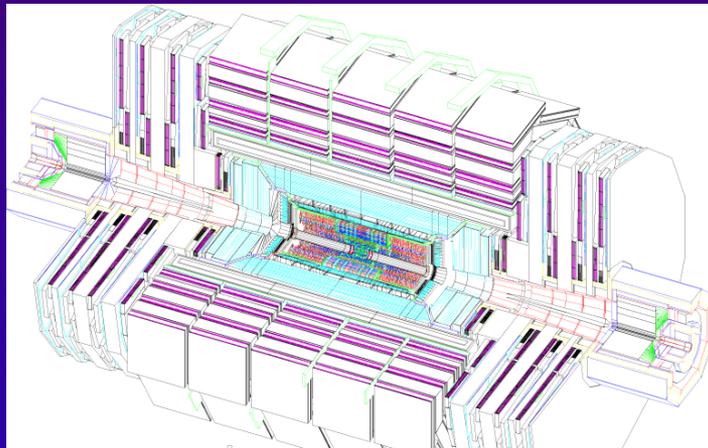


LE DETECTEUR

The Large Hadron Collider (LHC)



LE DETECTEUR



LE DETECTEUR

Le détecteur est un ensemble d'appareils qui permet d'interpréter l'"empreinte" laissée par les particules qui le traversent. Par cette "empreinte", on peut identifier les différentes sortes de particules et mesurer leurs caractéristiques.

Les détecteurs font essentiellement 2 choses:

- mesure de la position ➡ trajectoire, vitesse, quantité de mouvement
- mesure de l'énergie
- ↳ mesure de la masse

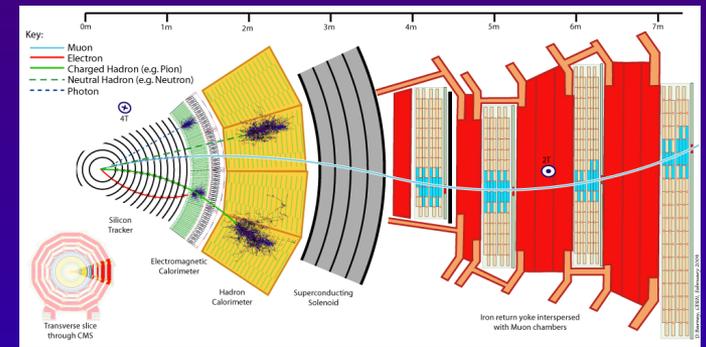
Vitesse: distance parcourue par unité de temps

Energie: l'électron-volt est l'énergie d'un électron accéléré par une différence de potentiel de 1 Volt, soit $1.6021173 \times 10^{-19}$ Joules. Le Joule est le travail produit par 1 force don't le point d'application se déplace d'1 m dans la direction de la force.

Masse: la masse d'un objet mesure la quantité de matière qui constitue cet objet. La masse est une constante qui ne dépend pas du lieu de l'univers où elle se trouve. Elle diffère du poids qui mesure l'interaction de la masse et du champ de gravitation (le poids est une force).

On exprime la masse des particules en eV ($E = mc^2$ ➡ $1\text{eV}/c^2 = 1.8 \times 10^{-36}$ kg)

LE DETECTEUR



Position

Energie

Energie

Energie

Tracking chamber

Electromagnetic calorimeter

Hadronic calorimeter

Muon chambers

electrons
positons

OUI

OUI

photons

OUI

pions

OUI

OUI

OUI

neutrons

OUI

OUI

muons

OUI

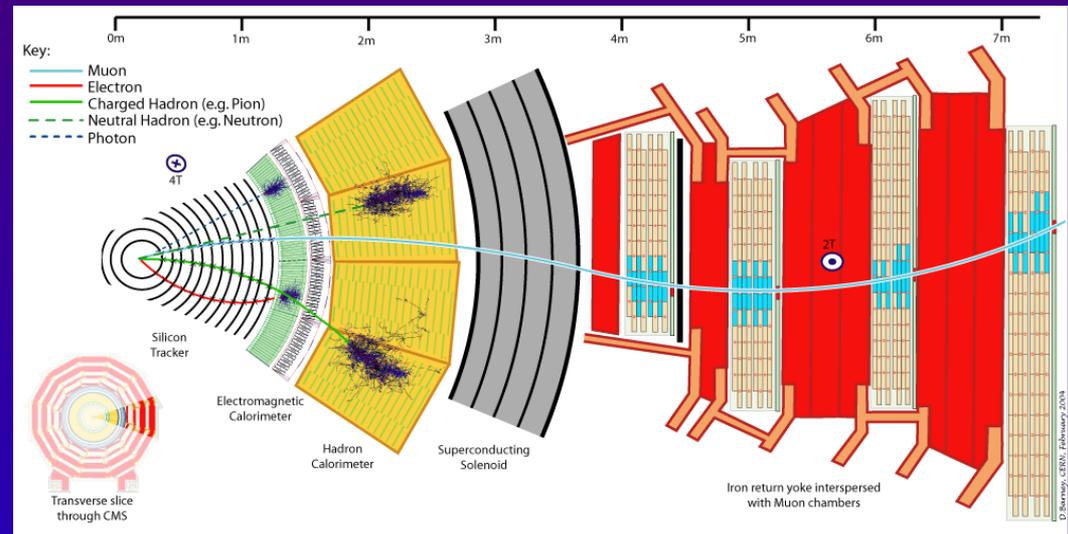
OUI

OUI

OUI

neutrinos

UTILISATION DE LA MESURE DE LA POSITION



Le champ magnétique courbe la trajectoire des particules chargées. En traversant le détecteur, la particule laisse une "empreinte", et si l'on mesure la position de "l'empreinte" dans plusieurs plans le long de la trajectoire, on peut reconstituer la trajectoire en 3-D, et son rayon de courbure, R .

La force requise pour garder la particule sur une trajectoire circulaire s'écrit:

$$F = mv^2 / R$$

Et la force que subit la particule s'écrit: $F = q v B$

Ces 2 forces sont égales est par conséquent: $mv^2 / R = q v B$, soit $p = mv = q R B$

UTILISATION DE LA MESURE DE LA POSITION

On a fait appel aux notions de **mesure, géométrie, trigonométrie, vecteurs, valeur approchée,** pour la mesure de la trajectoire dans l'espace avec une certaine précision. Au lieu de parler de précision, on préfère parler d'incertitude.

Cette incertitude est la **racine carrée** de la somme des incertitudes systématiques et statistiques.

Dans l'incertitude systématique entre par exemple l'incertitude sur la mesure de la position des points le long de la trajectoire, qui pourrait résulter d'un défaut dans l'alignement des différents plans de mesure. Comme il est important d'aligner les différents éléments de l'accélérateur, il est important d'aligner les différents éléments du détecteur. Ceci fait encore appel à la notion **de géométrie, trigonométrie.**

Dans l'incertitude **statistique** entre par exemple le fait qu'on dispose d'un nombre limité de points de mesure le long de la trajectoire.

UTILISATION DE LA MESURE DE LA POSITION

En écrivant

$$F = mv^2 / R ,$$

$$F = q v B ,$$

$$mv^2 / R = q v B ,$$

$$p = mv = q R B$$

Nous avons écrit des **équations**, mettant en oeuvre des **puissances positives et négatives**, des **vecteurs** (en réalité nous travaillons dans l'espace, et non dans un plan), **des fonctions**.

En écrivant $p = q R B$, nous avons écrit une **équation du premier degré à une inconnue**, p , dont la **résolution** nous donne la **valeur numérique** de p .

UTILISATION DE LA MESURE DE LA POSITION

L'incertitude statistique avec laquelle, p , appelé quantité de mouvement ou encore impulsion est mesurée, dépend de p elle-même et de la région du détecteur considérée.

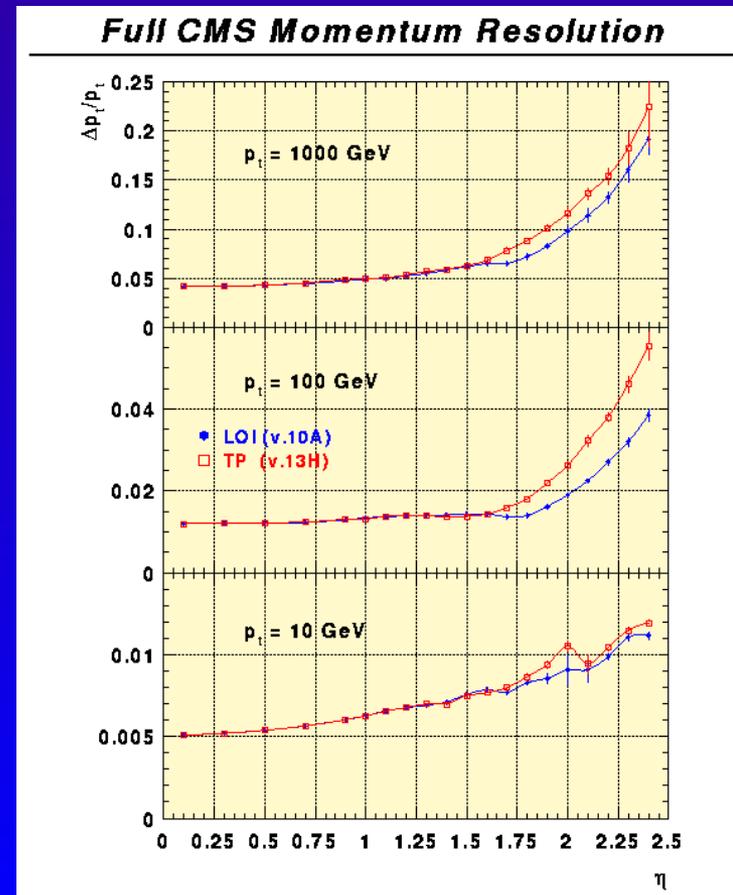
On peut donner une **représentation graphique** de cette dépendance

La résolution est le rapport :

$$\Delta p / p$$

où Δp est l'incertitude sur la

mesure de p



UTILISATION DE LA MESURE DE LA POSITION

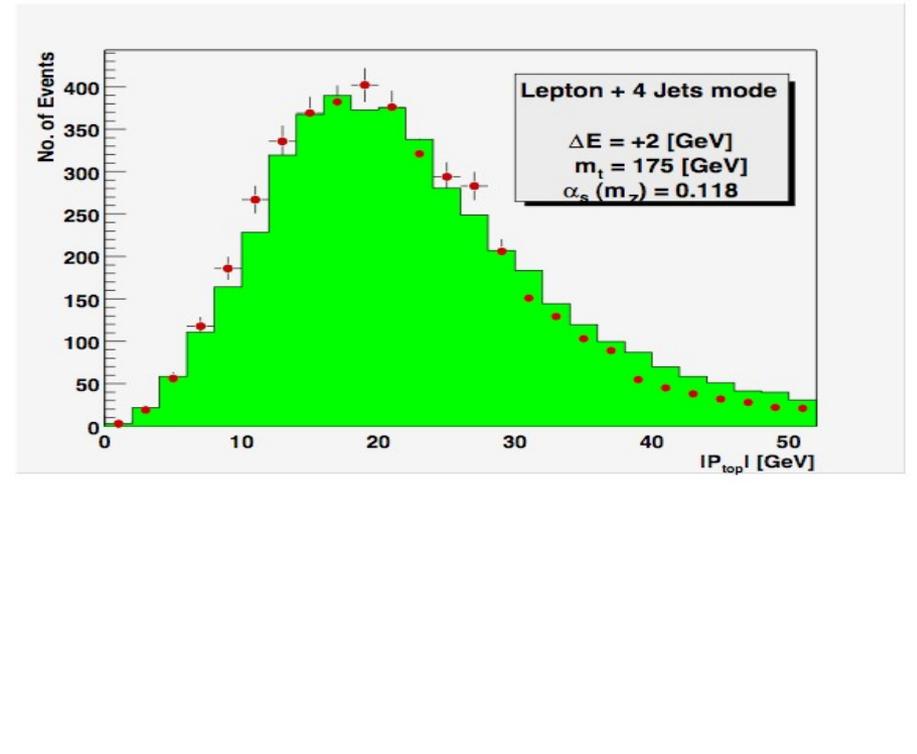
Quand nous avons la valeur numérique de ρ , nous en faisons l'**histogramme**

L'histogramme de la valeur expérimentale mesurée est alors comparée à la prédiction donnée par la théorie

Les valeurs de ρ prédites par la théorie sont obtenues par des **méthodes statistiques**

La comparaison entre les 2 histogrammes se fait en utilisant des techniques de minimisation, en calculant des **dérivées**

Aucun résultat expérimental n'est délivré sans que des incertitudes systématiques et statistiques soient attachées à la quantité mesurée.



LES MATHÉMATIQUES

POUR QUOI FAIRE ???

POUR TOUT FAIRE EN PHYSIQUE !

Pour exprimer les échelles de distances, de temps, de masses, etc...

Pour formuler une théorie et prédire les caractéristiques des objets étudiés

Pour réaliser et mettre en oeuvre un accélérateur (ou collisionneur) et un détecteur

Pour extraire les informations données par le détecteur sur les quantités que l'on désire mesurer.

Pour exprimer et visualiser les résultats

On utilise: les puissances avec exposants positifs et négatifs, les symétries, les rotations, la géométrie, la trigonométrie, La proportionnalité, les fonctions,

la résolution d'équations, la racine carrée, les vecteurs, les valeurs approchées,

la statistique, la représentation graphique, les histogrammes ...

Et encore de nombreux autres outils mathématiques !

LES MATHÉMATIQUES

POUR TOUT FAIRE EN PHYSIQUE !

MAIS ENCORE ?

Les outils qui sont utilisés depuis de nombreuses années en physique, ont trouvé un champ d'application extrêmement vaste et notamment

- ❖ *sciences économiques, analyses financières*
- ❖ *sciences sociales, étude des comportements (consommation, votes...)*
- ❖ *industrie (construction de grands ouvrages, aéronautique ...)*
- ❖ *météorologie*

Ce ne sont que quelques exemples, car aujourd'hui même les domaines qui, jusqu'à il y a encore quelques années, fonctionnaient sur une connaissance empirique, fruit de l'expérience, du savoir-faire, utilisent des outils mathématiques à fins prédictives.

LES MATHÉMATIQUES

ON NE PEUT PLUS S'EN PASSER !

CONVAINCUS ?