

Conception d'un détecteur

23-25 Novembre 2025, Roscoff

laurent chevalier

Local de l'étape

CEA Saclay DRF/irfu/DPhP
laurent.chevalier@cea.fr



1/ Introduction

- références, vocabulaire, unités

2/ Déetecter quoi ↔ pourquoi

- remarques liminaires
- modélisation
- détecteur : ckoï ?

3/ Interaction particules matière

- rapide aperçu

4/ Généralités sur les détecteurs

5/ Exemples

- D0 (Fermilab)
- ATLAS (CERN)

1/ Introduction

 <http://pdg.lbl.gov>

The Review of Particle Physics (2018)
M. Tanabashi *et al.* (Particle Data Group), Phys. Rev. D **98**, 030001 (2018).



pdgLive - Interactive Listings

- Summary Tables
- Reviews, Tables, Plots
- Particle Listings
- Search

ORDER: Book & Booklet

DOWNLOAD: Book, Booklet, more

Previous Editions (& Errata) 1957-2017	Physical Constants
Errata in current edition	Astrophysical Constants
Figures in reviews	Atomic & Nuclear Properties
Mirror Sites	Astrophysics & Cosmology

Références



WIKIPÉDIA
L'encyclopédie libre

1/ Introduction

CERN (CH) LEP DELPHI 1988-1992

Mesures paramètres modèle standard

FERMILAB (USA) TeVatron D0 1991-1995

première observation du quark top

CERN (CH) LHC ATLAS 1994-2025

première observation du boson de Higgs

Saclay (FR) G-LEAD 2017-2025

recherche matière sombre (DM) sous forme d'Axion_{QCD}

Mainz (DE) P2 2023-2025

mesure de $\sin^2(\theta) \sim 100$ MeV

1/ Introduction

CERN (CH) LEP DELPHI 1988-1992

identification des particules avec une TPC

FERMILAB (USA) TeVatron D0 1991-1995

identification des électrons/positons avec un TRD

CERN (CH) LHC ATLAS 1994-2025

dessin, simulation, construction et analyse du Spectro à Muons

Saclay (FR) G-LEAD 2017-2025

développement et construction d'un radiomètre

Mainz (DE) P2 2023-2025

développement d'un MicroMegas « transparent »

1/ Introduction

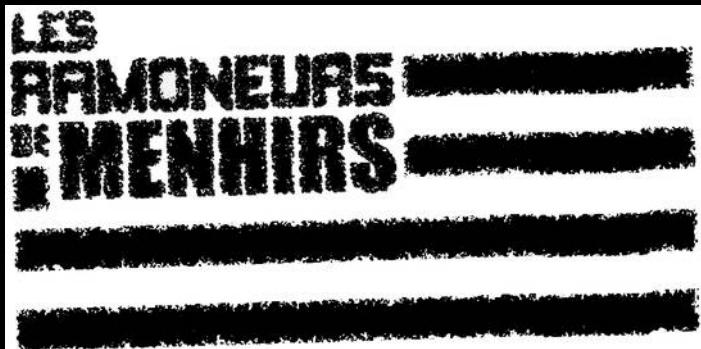
Biais

détecteurs

- physique des particules
- collisionneurs / cible fixe

pas abordé

- radar d'autoroute
- détecteur de métaux
- et autres milliers d'autres type de détecteurs.



1/ Introduction

Vocabulaires

Équivalence entre Énergie

Fréquence (longueur d'onde) $\rightarrow E = h\nu = hc / \lambda$

Température $\rightarrow E = k_B T$ (x1/2 par degré de liberté)

Masse $\rightarrow E = mc^2$

Énergies sont exprimées en électron-volts : MeV, GeV, TeV...

$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{J}$

$\hbar \sim 4 \cdot 10^{-24} \text{ GeV.s}$ constante de Planck

Les masses sont en MeV/c^2 , GeV/c^2 ... (*souvent on oublie le c^2 !*)

proton $= 0,938 \dots \text{GeV}/c^2 = 1,67 \dots 10^{-27} \text{ kg}$

électron $= 511 \dots \text{keV}/c^2 = 1,11 \dots 10^{-31} \text{ kg}$

Les températures sont exprimées en énergie...

$1 \text{ eV} = 11627 \text{ K}$

$k_B = 1,380 \, 649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ constante de Boltzman

1/ Introduction

Vocabulaires

Équivalence entre Énergie

Fréquence (longueur d'onde) $\rightarrow E = h\nu = hc / \lambda$

Température $\rightarrow E = k_B T$ (x1/2 par degré de liberté)

Masse $\rightarrow E = mc^2$

Énergies sont exprimées en électron-volts : MeV, GeV, TeV...

$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{J}$

$\hbar \sim 4 \cdot 10^{-24} \text{ GeV.s}$ constante de Planck

Les masses sont en MeV/c^2 , GeV/c^2 ... (*souvent on oublie le c^2 !*)

proton $= 0,938 \dots \text{GeV}/c^2 = 1,67 \dots 10^{-27} \text{ kg}$

électron $= 511 \dots \text{keV}/c^2 = 1,11 \dots 10^{-31} \text{ kg}$

Les températures sont exprimées en énergie...

$1 \text{ eV} = 11627 \text{ K}$

$k_B = 1,380 \, 649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ constante de Boltzman

1/ Introduction

Vocabulaires

Équivalence entre Énergie

Fréquence (longueur d'onde) $\rightarrow E = h\nu = hc / \lambda$

Température $\rightarrow E = k_B T$ (x1/2 par degré de liberté)

Masse $\rightarrow E = mc^2$

Énergies sont exprimées en électron-volts : MeV, GeV, TeV...

$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{J}$

$\hbar \sim 4 \cdot 10^{-24} \text{ GeV.s}$ constante de Planck

Les masses sont en MeV/c^2 , GeV/c^2 ... (*souvent on oublie le c^2 !*)

proton $= 0,938 \dots \text{GeV}/c^2 = 1,67 \dots 10^{-27} \text{ kg}$

électron $= 511 \dots \text{keV}/c^2 = 1,11 \dots 10^{-31} \text{ kg}$

Les températures sont exprimées en énergie...

$1 \text{ eV} = 11627 \text{ K}$

$k_B = 1,380 \, 649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ constante de Boltzman

1/ Introduction

Vocabulaires

Équivalence entre Énergie

Fréquence (longueur d'onde) $\rightarrow E = h\nu = hc / \lambda$

Température $\rightarrow E = k_B T$ (x1/2 par degré de liberté)

Masse $\rightarrow E = mc^2$

Énergies sont exprimées en électron-volts : MeV, GeV, TeV...

$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{J}$

$\hbar \sim 4 \cdot 10^{-24} \text{ GeV.s}$ constante de Planck

Les masses sont en MeV/c^2 , GeV/c^2 ... (*souvent on oublie le c^2 !*)

proton $= 0,938 \dots \text{GeV}/c^2 = 1,67 \dots 10^{-27} \text{ kg}$

électron $= 511 \dots \text{keV}/c^2 = 1,11 \dots 10^{-31} \text{ kg}$

Les températures sont exprimées en énergie...

$1 \text{ eV} = 11627 \text{ K}$

$k_B = 1,380 \, 649 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ constante de Boltzman

1/ Introduction

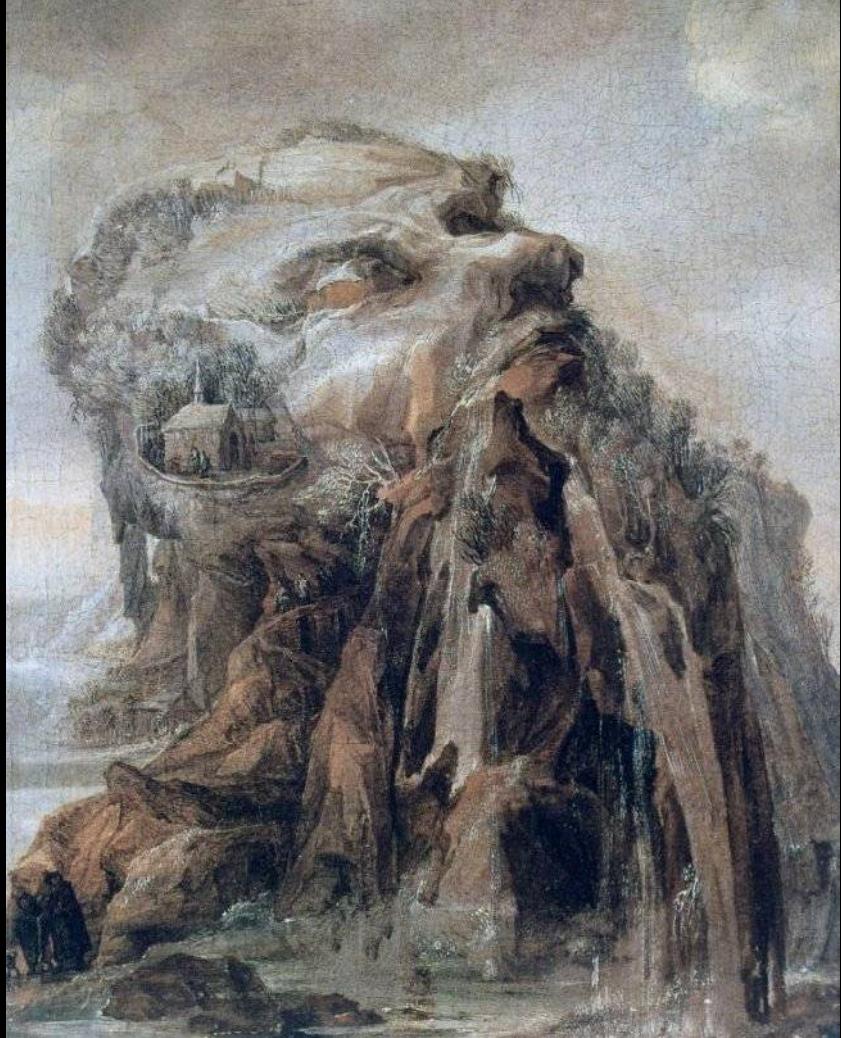
Unités

Anthropomorphisme

$C=299\ 792\ 458\ m/s$



unités naturelles



1/ Introduction

Unités

Anthropomorphisme

$C=299\ 792\ 458\ \text{m/s}$



unités naturelles



$c = \hbar = k_B = \varepsilon_0 = 1$

$[E] = [P] = [M] = [\Theta] = [L]^{-1} = [T]^{-1}$



Conception d'un détecteur

23-25 Novembre 2025, Roscoff

1/ Introduction

- références, vocabulaire, unités

2/ Déetecter quoi ↔ pourquoi

- remarques liminaires
- modélisation
- détecteur : ckoï ?

3/ Interaction particules matière

- rapide aperçu

4/ Généralités sur les détecteurs

5/ Exemples

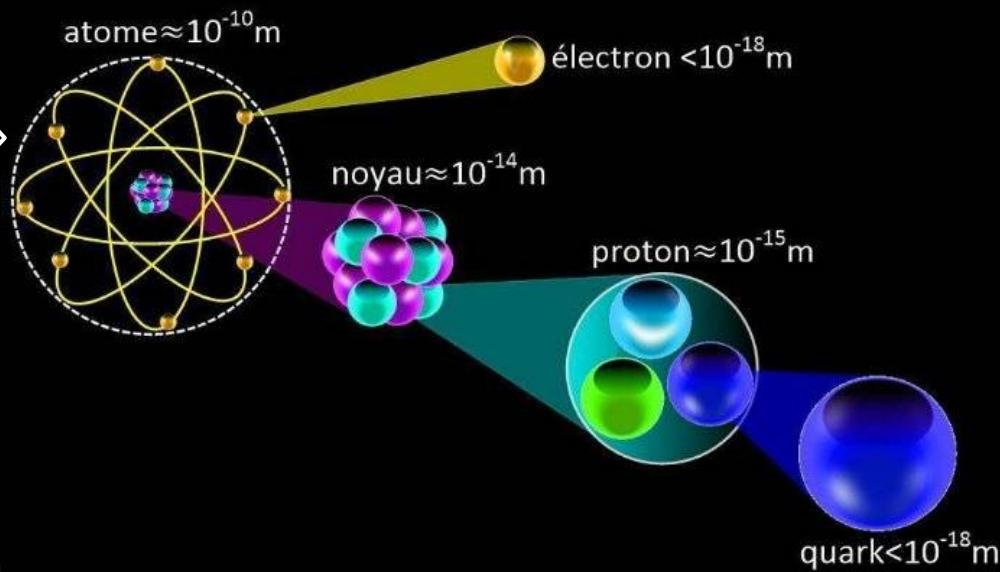
- D0 (Fermilab)
- ATLAS (CERN)

Remarques liminaires

- Quoi
 - ce qui est détectable ;-)
 - avec quoi ?
 - dépend de l'échelle d'énergie

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} E=hc/\lambda$$

- Pourquoi
 - comprendre
 - d'autres « Pourquoi »
 - connaissances



Remarques liminaires

étude de la nature & mesures

1. Observation (mesures: construction d'un détecteur)

1. Chute d'une Pomme d'un arbre
2. matière + forces

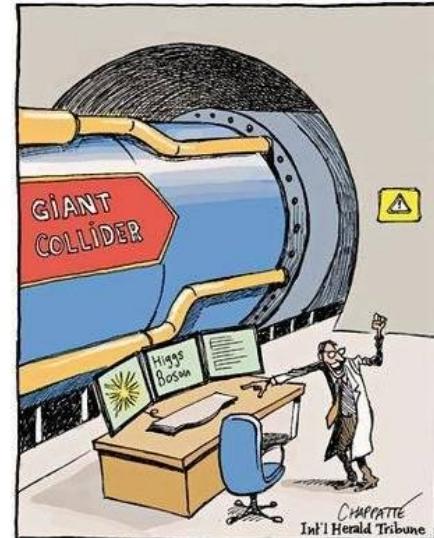
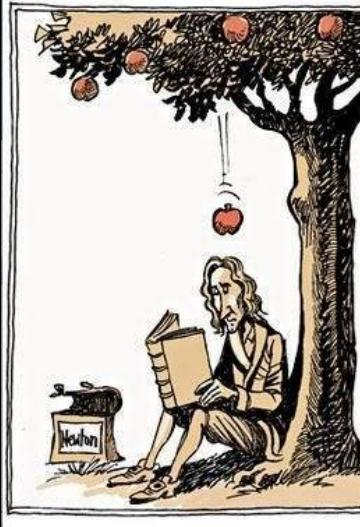
2. Modélisation (simulations)

1. $P=GmM/R^2$
2. Modèle standard

3. Prédiction

1. La position des planètes dans le ciel d'été
2. Observation du boson de Higgs

Collisions That Changed The World



CHAPPATTE

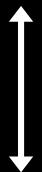
Int'l Herald Tribune

étude de la nature & mesures

- outils
 - mathématique
 - champ: particules ↔ ondes
- mesures & erreurs de mesures
 - échelle d'observation
 - dimension → extension spatiale
- détection

Remarques liminaires

Particules

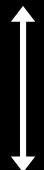


élémentaires

pas de structure interne **détectable**

Remarques liminaires

Particules



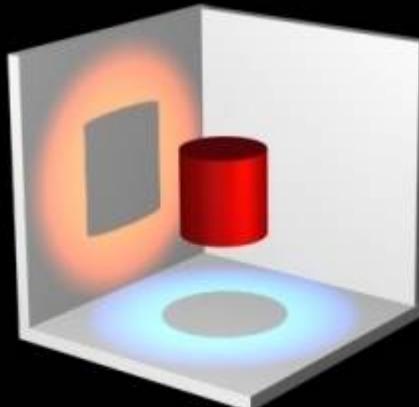
Dualité ondes/particules

Ondes



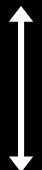
Description mathématique

Champs



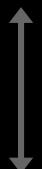
Remarques liminaires

Particules



Dualité ondes/particules → fentes de Young

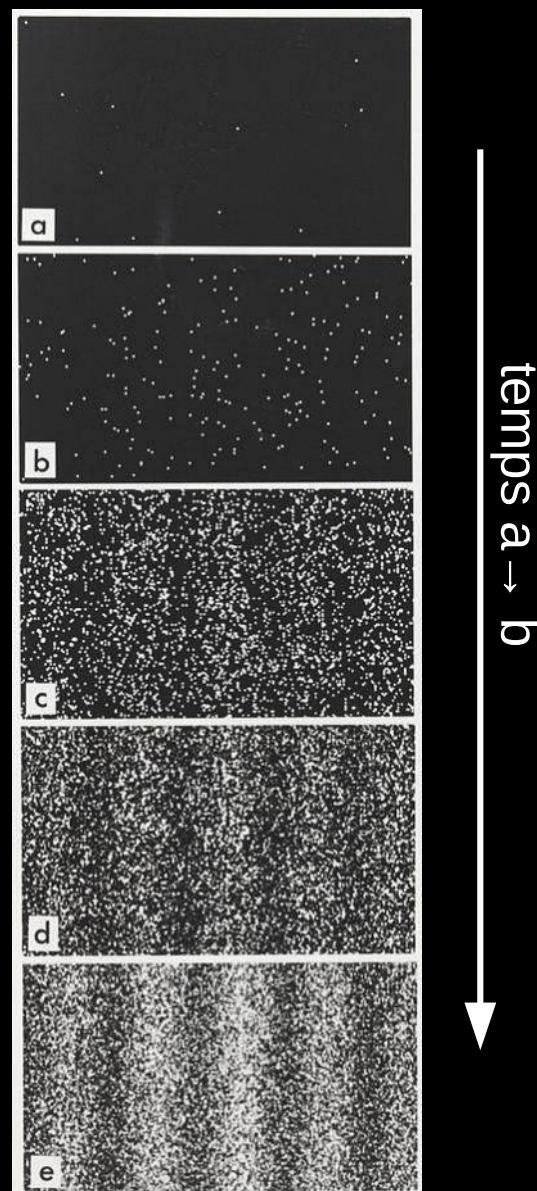
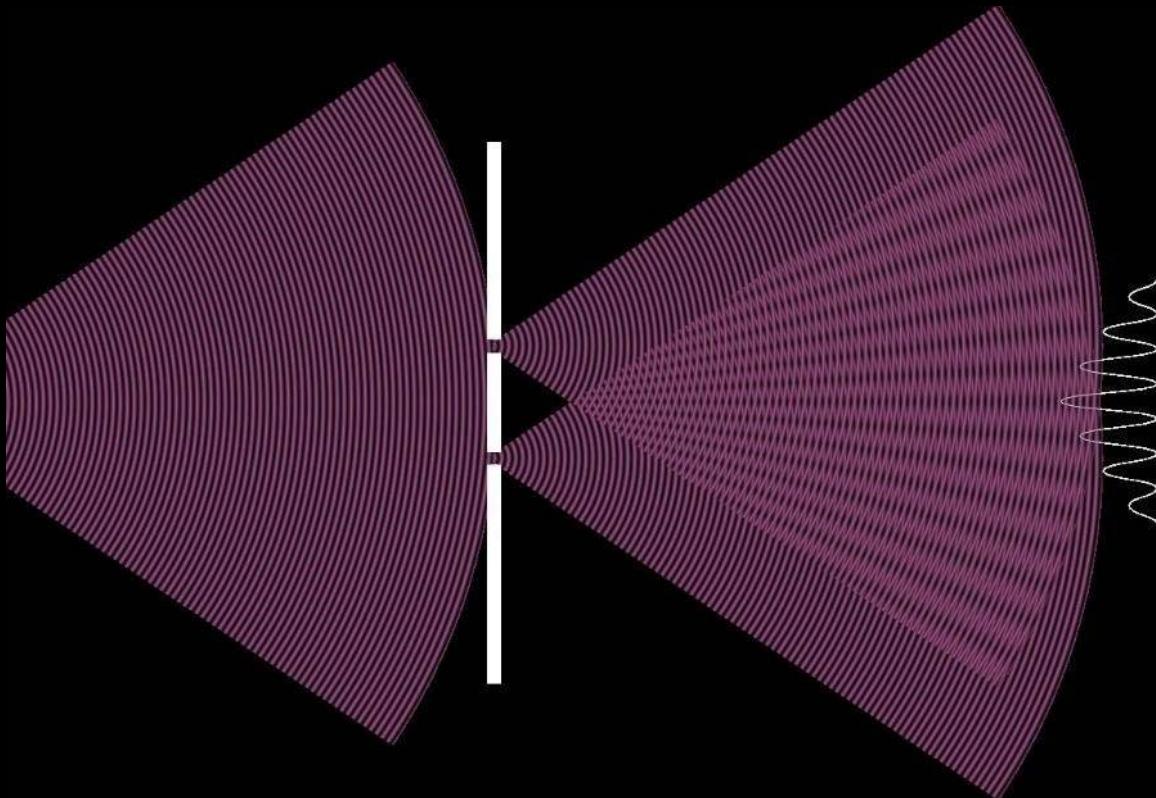
Ondes



Description mathématique

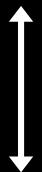
Champs

Fentes de Young



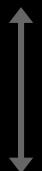
Remarques liminaires

Particules



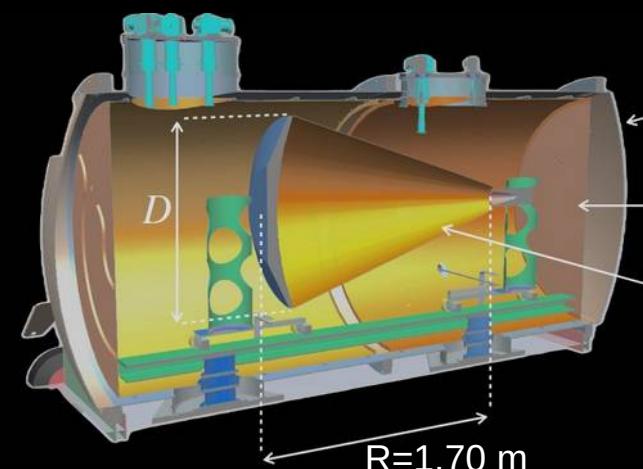
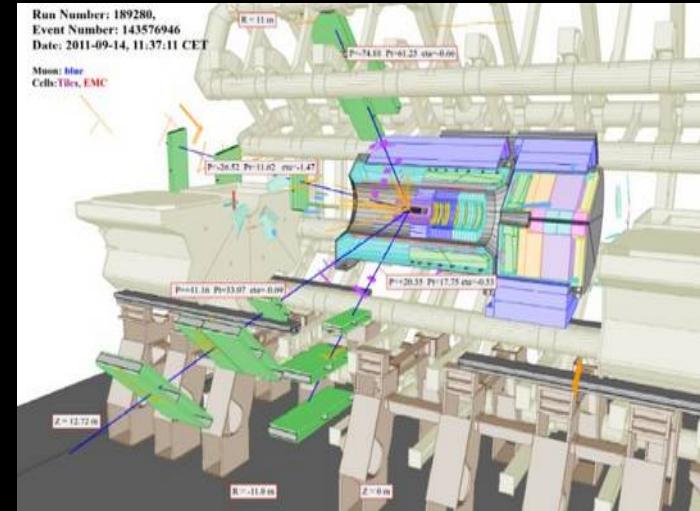
Delphi, D0, ATLAS...

Ondes



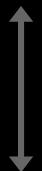
G-LEAD DAWA
(Dark matter Axion Wide-band Approach)

Champs



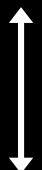
Remarques liminaires

Particules



Dualité ondes/particules → fentes de Young

Ondes



Description mathématique

Champs

Remarques liminaires

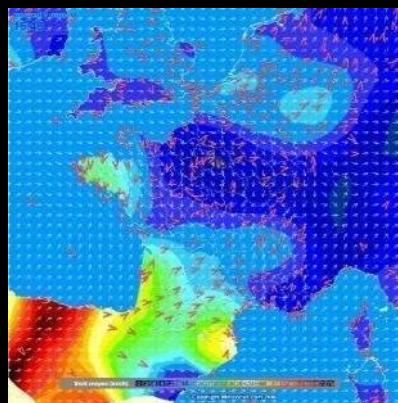
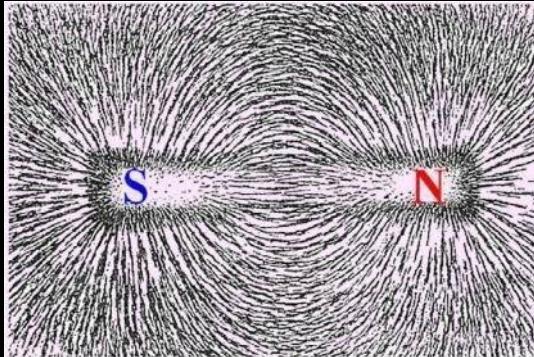
notion de champ

Champ électrique
Champ magnétique
Champ de gravitation
Champ de température
Champ de vitesse de vent
...

scalaire (spin 0)

vecteur (spin 1)

Le **champ** est un objet mathématique
qui associe aux points de l'espace des valeurs
(température, direction et sens du vent,...)
→ champ électromagnétique



Remarques liminaires

étude de la nature & mesures

- outils
 - mathématique
 - champ: particules ↔ ondes
- mesures & erreurs de mesures
 - échelle d'observation
 - dimension → extension spatiale
- détection

Remarques liminaires mesures

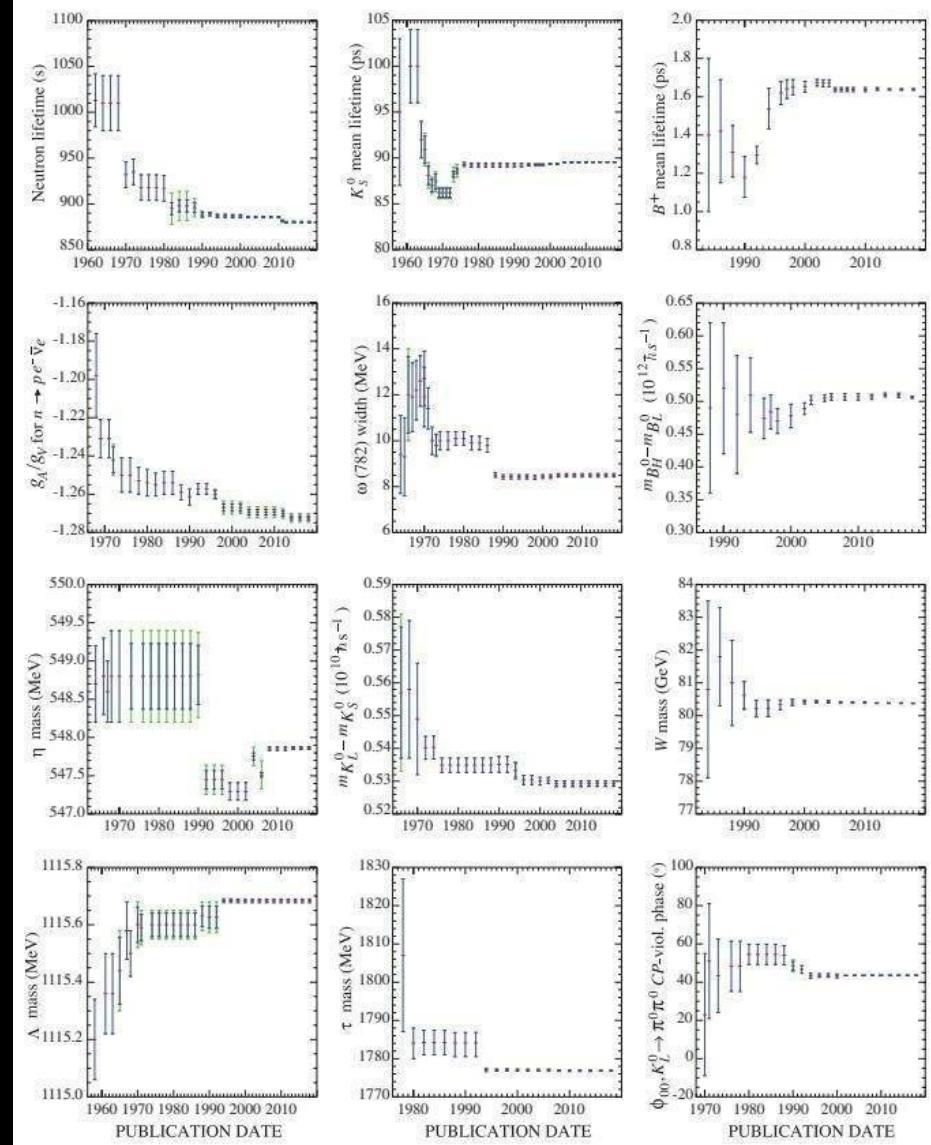


erreurs de mesures



incertitudes de mesures

remarque :
relation d'incertitude d'Heisenberg
relation d'indétermination d'Heisenberg

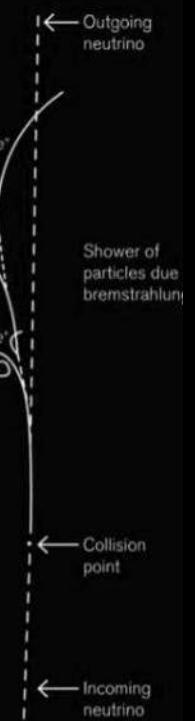
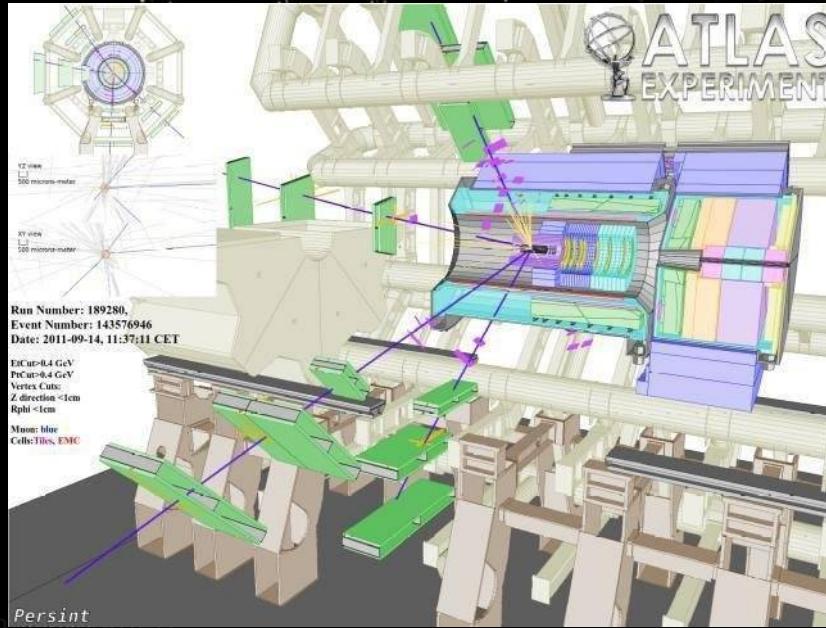


Remarques liminaires

étude de la nature & mesures

- outils
 - mathématique
 - champ: particules ↔ ondes
- mesures & erreurs de mesures
 - échelle d'observation
 - dimension → extension spatiale
- détection

Remarques liminaires



Conception d'un détecteur

23-25 Novembre 2025, Roscoff

1/ Introduction

- références, vocabulaire, unités

2/ Déetecter quoi ↔ pourquoi

- remarques liminaires
- modélisation
- détecteur : ckoï ?

3/ Interaction particules matière

- rapide aperçu

4/ Généralités sur les détecteurs

5/ Exemples

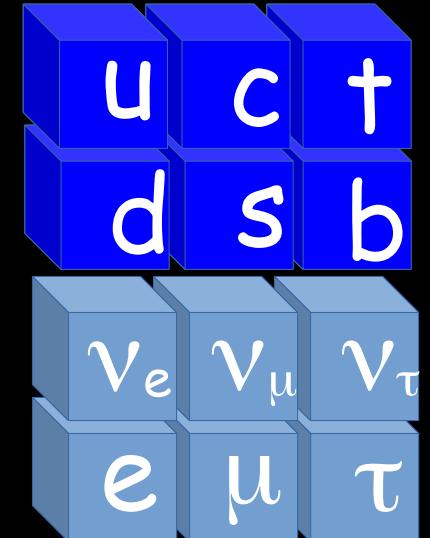
- D0 (Fermilab)
- ATLAS (CERN)

modélisation

Matière



fermions spin 1/2



Quarks

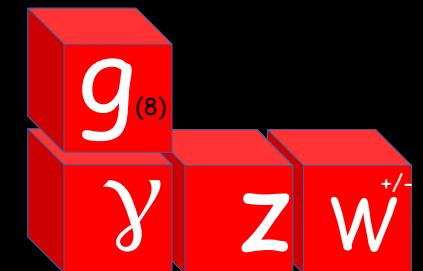
Leptons

modélisation

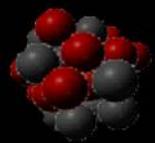
Interaction
(force)



bosons Spin 1



modélisation



Interaction Forte



messager
Gluons (8)



Électromagnétisme

Électricité, magnétisme, optique



Photon
lumière



Interaction Faible

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$



W^+ , W^- , Z



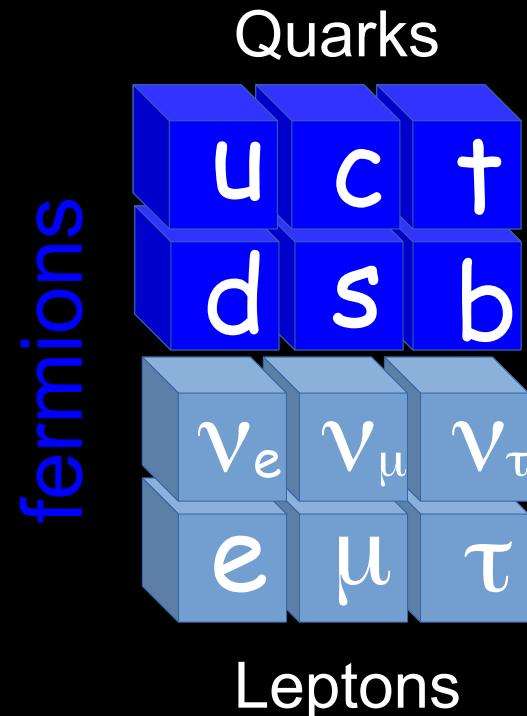
Gravitation

Graviton (?)

modélisation

Modèle Standard

boson
h



Spin 0

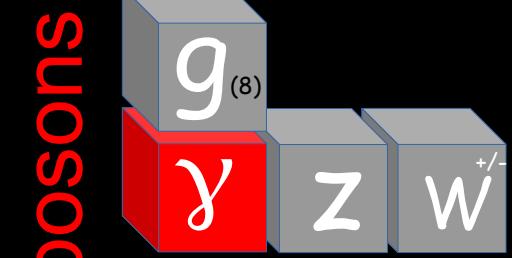
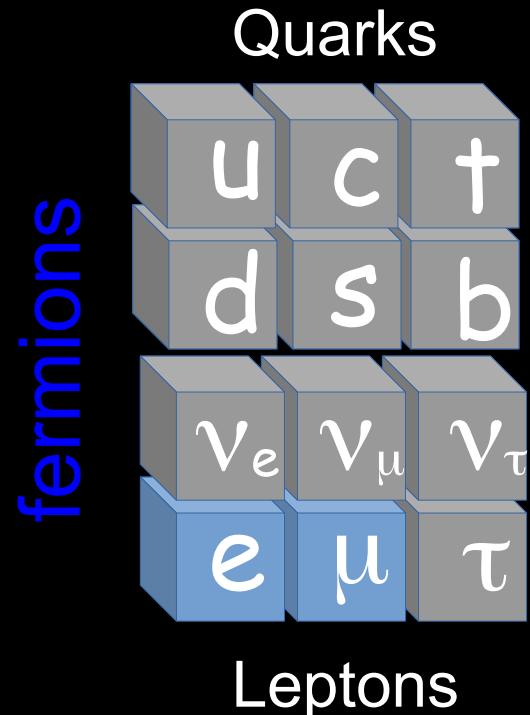
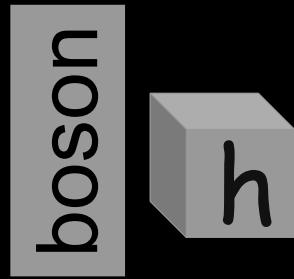
spin 1/2

spin 1

bosons
g₍₈₎
γ Z w^{+/−}

Détecter quoi ?

directement



Spin 0

Spin 1/2

Spin 1

Conception d'un détecteur

23-25 Novembre 2025, Roscoff

1/ Introduction

- références, vocabulaire, unités

2/ Déetecter quoi ↔ pourquoi

- remarques liminaires
- modélisation
- détecteur : ckoï ?

3/ Interaction particules matière

- rapide aperçu

4/ Généralités sur les détecteurs

5/ Exemples

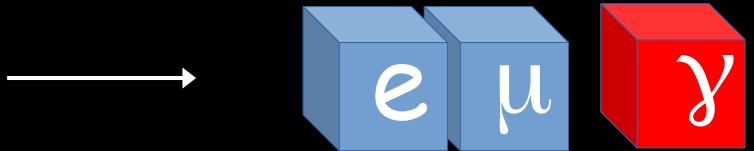
- D0 (Fermilab)
- ATLAS (CERN)

détecteur : ckoi ?



Détecter quoi ?

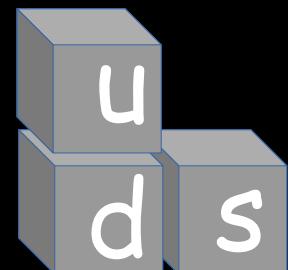
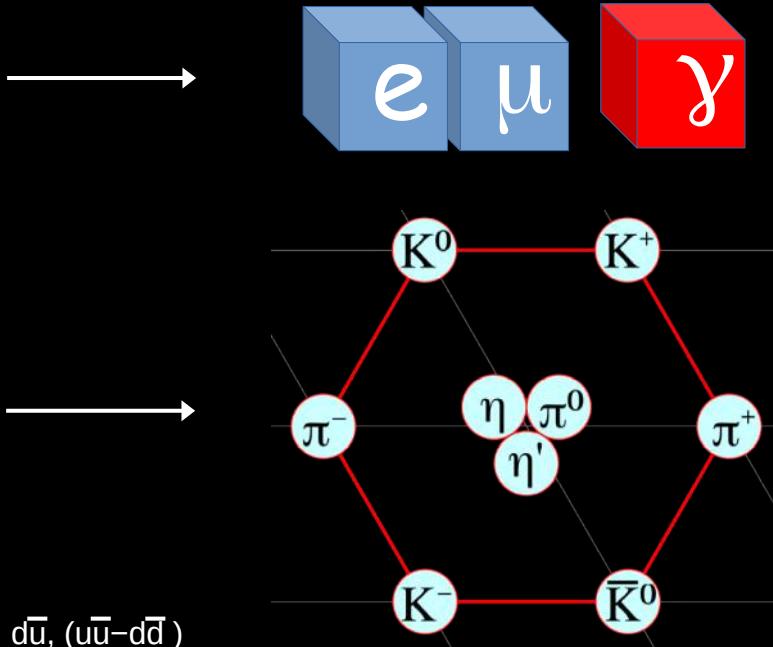
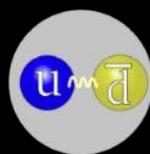
Particules élémentaires



Particules pas élémentaires
hadrons (mésons & baryons)

J/ψ	$c\bar{c}$
Υ	$b\bar{b}$
π	$u\bar{d}, d\bar{u}, \frac{u\bar{u}-d\bar{d}}{\sqrt{2}}$
K	$u\bar{s}, d\bar{s}, s\bar{u}, s\bar{d}$
D	$c\bar{d}, c\bar{u}, d\bar{c}, u\bar{c}$
B	$u\bar{b}, d\bar{b}, s\bar{b}, b\bar{u}, b\bar{d}$

États liés Pions : $u\bar{d}$, $d\bar{u}$, $(u\bar{u}-d\bar{d})/\sqrt{2}$
 $p, \pi^\pm, K^\pm...$
 $\eta, \pi^0, \lambda...$



Détecter quoi ?

Durée de vie

élémentaires	électron	e	$\tau > 10^{36} \text{ s}$	$c\tau \sim 660 \text{ m}$
	muon	μ	$\tau \sim 2.2 \cdot 10^{-6} \text{ s}$	
hadrons	pion	π^\pm	$\tau \sim 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$	
		π^0	$\tau \sim 8.5 \cdot 10^{-17} \text{ s}$	
	neutron	n	$\tau \sim 880 \text{ s}$	
	proton	p	$\tau > 10^{41} \text{ s}$	

Détecer quoi avec quoi ?

détecteur

1.00794 H Hydrogen	1.008 He Helium
6.941 Li Lithium	9.012182 Be Beryllium
22.98976 Na Sodium	24.3050 Mg Magnesium
39.0983 K Potassium	40.078 Ca Calcium
85.4678 Rb Rubidium	86.90585 Sr Strontium
132.9554 Cs Cesium	174.9668 Ba Barium
(223) Fr Francium	(226) Ra Radium
87 Lr Lanthanum	103 Rf Rutherfordium
100.9115 Be Boron	104 Db Dubnium
100.9115 B Boron	105 Sg Seaborgium
100.9115 C Carbon	106 Bh Bholtium
100.9115 N Nitrogen	107 Hs Hassium
100.9115 O Oxygen	108 Mt Methmerium
100.9115 F Fluorine	109 Ds Darmassium
100.9115 Ne Neon	110 Rg Roentgenium
100.9115 B Boron	111 Cn Copernicium
100.9115 Uut Uununperium	112 Lv Livermorium
100.9115 Uuo Uunuseptium	116 Uup Uununperium
100.9115 He Helium	117 Lv Livermorium
100.9115 He Helium	118 Rn Radium

Trackers :

Si, O, C, Al, Au/Cu, N...

Ar,Xe,CO...

Calorimeters

Pb, C, H, O, Fe, Ar, W, Ur...

Gazeous detectors

Al, Ar, CO₂, Cu, Fe, C...

138.9054	57	140.116	58	149.9076	59	144.242	60	(145)	61	150.36	62	151.944	63	157.25	64	158.9253	65	162.560	66	164.9303	67	167.259	68	169.9342	69	173.054	70
La		Ce		Pr		Nd		Pm		Sm		Eu		Gd		Tb		Dy		Ho		Er		Tm		Yb	
Lanthanide		Cerium		Praseodymium		Neodymium		Promethium		Samarium		Euroopium		Galmium		Terbium		Dysprosium		Holmium		Erbium		Thulium		Ytterbium	
(227)	89	232.0390	90	231.0358	91	238.0389	92	(237)	93	(244)	94	(243)	95	(247)	96	(251)	97	(252)	98	(253)	99	(257)	100	(258)	101	(259)	102
Ac		Th		Pa		Np		U		Am		Cm		Bk		Cf		Es		Fm		Md		No			
Actinide		Thorium		Protactinium		Neptunium		Uranium		Americium		Curium		Bcurium		Cfesimium		Einsteinium		Fermium		Mendelevium		Nothrium			

Détecteur

Vous mesurez cela



Détecteur

Vous mesurez cela



Mais la réalité est comme cela !!!

Conception d'un détecteur

23-25 Novembre 2025, Roscoff

1/ Introduction

- références, vocabulaire, unités

2/ Déetecter quoi ↔ pourquoi

- remarques liminaires
- modélisation
- détecteur : ckoï ?

3/ Interaction particules matière

- rapide aperçu

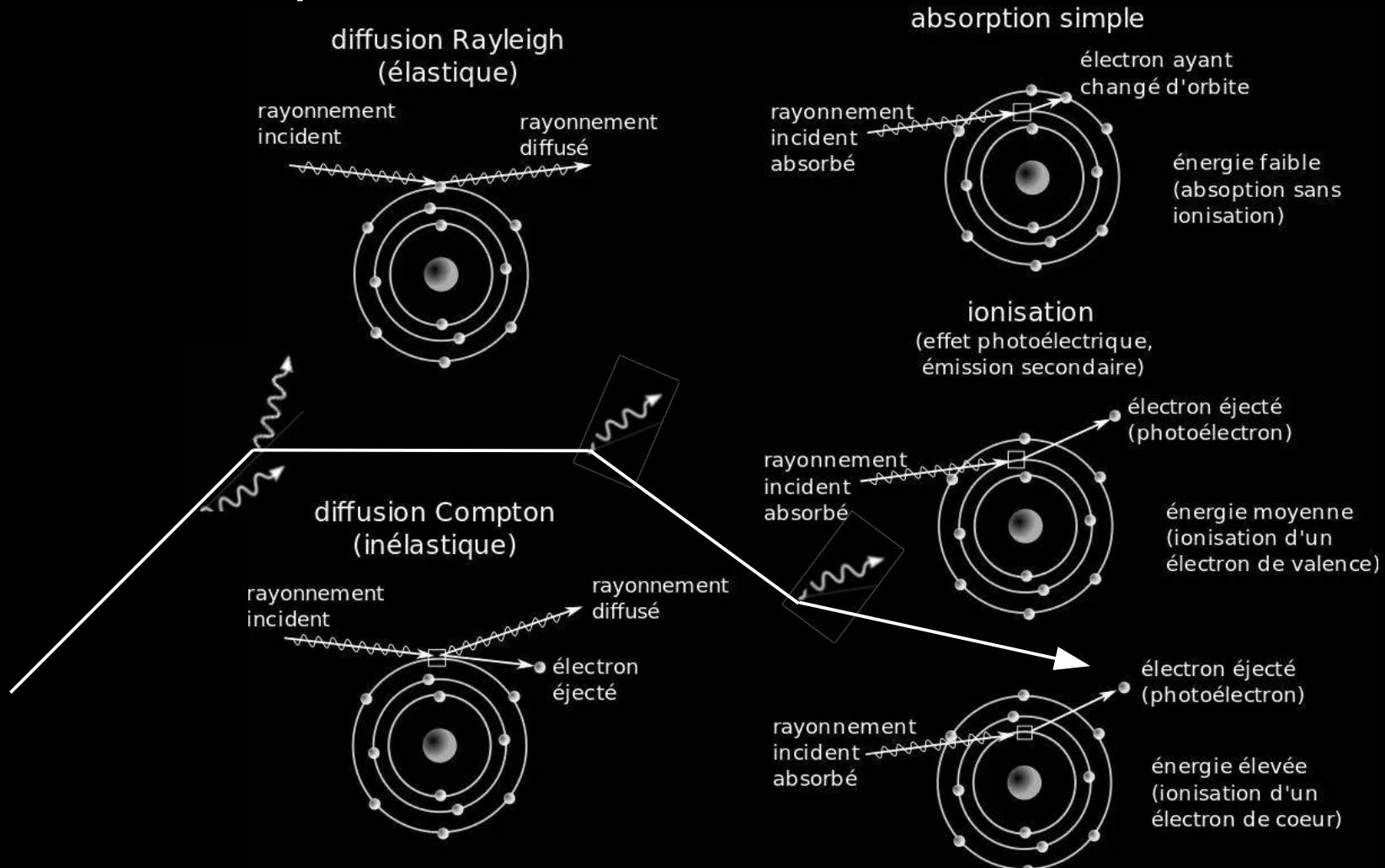
4/ Généralités sur les détecteurs

5/ Exemples

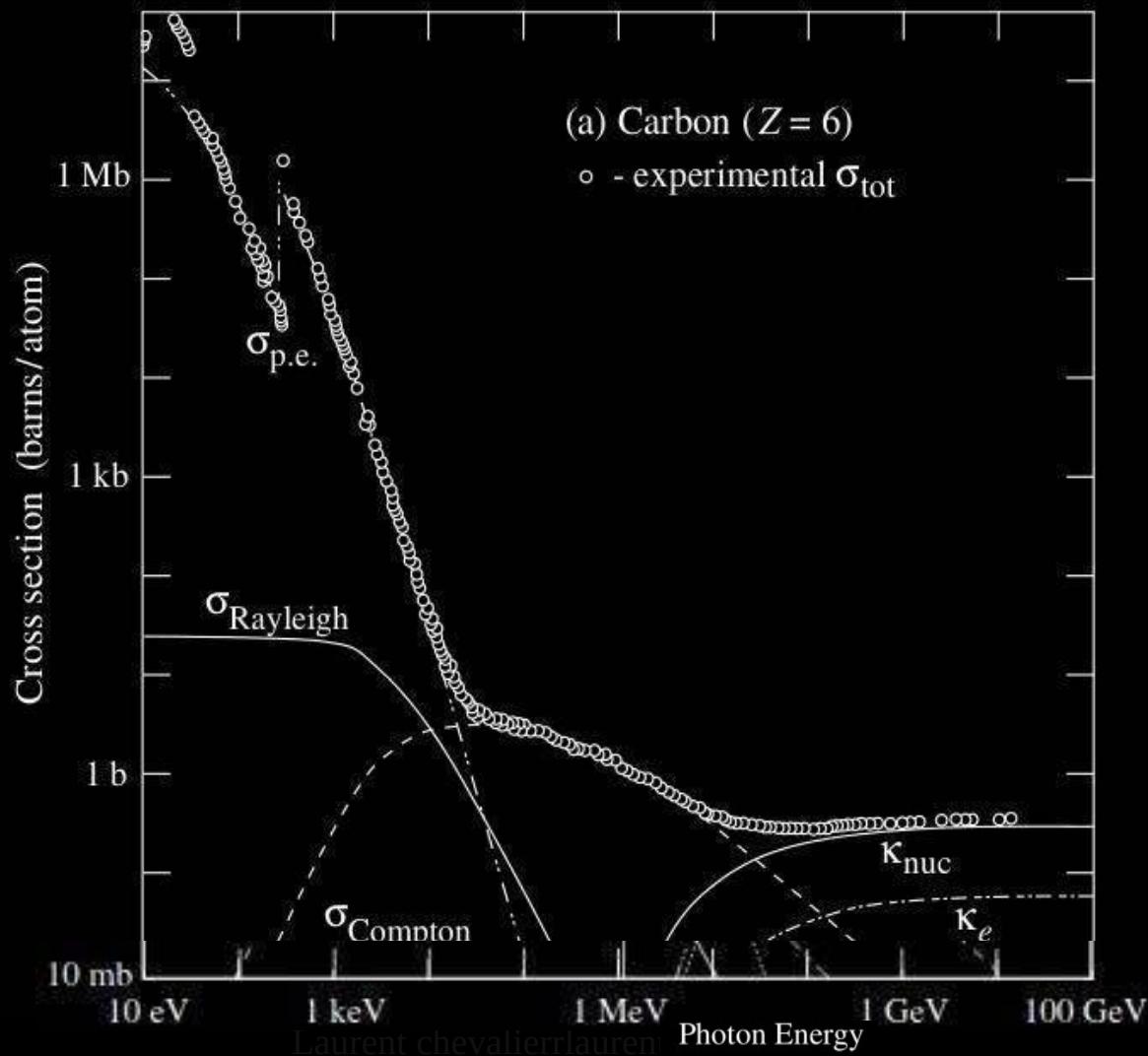
- D0 (Fermilab)
- ATLAS (CERN)

3/ Interaction particules / matière

Pas très réaliste !!!

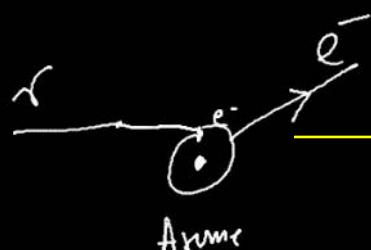


Interaction particules / matière



Interaction particules / matière

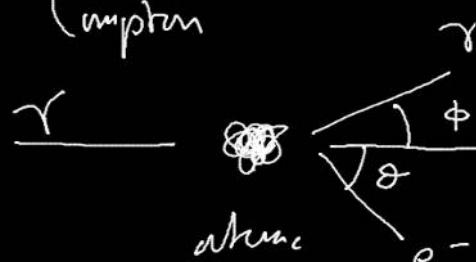
photodéchirage



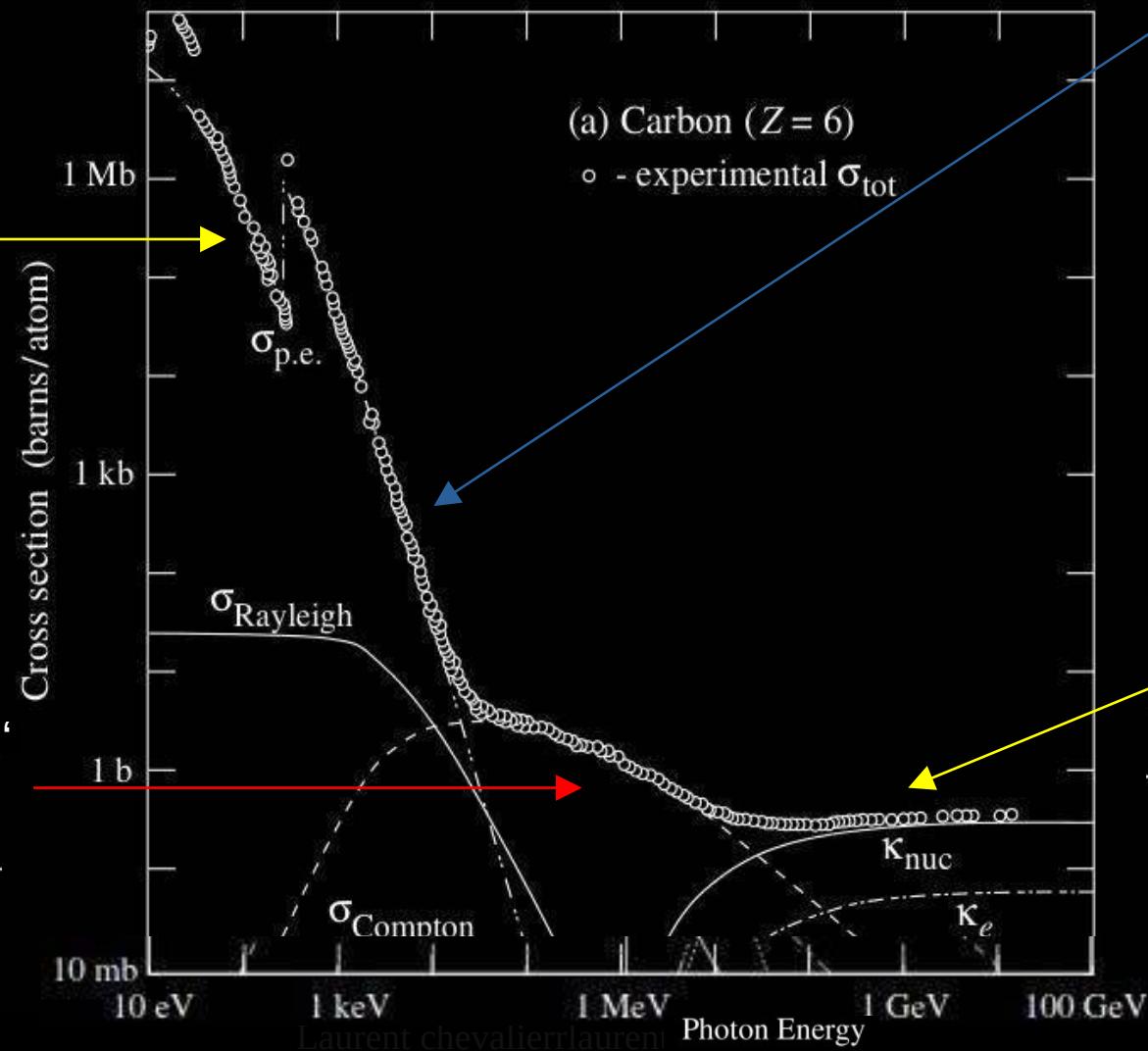
atome

photodéchirage en photon

Compton



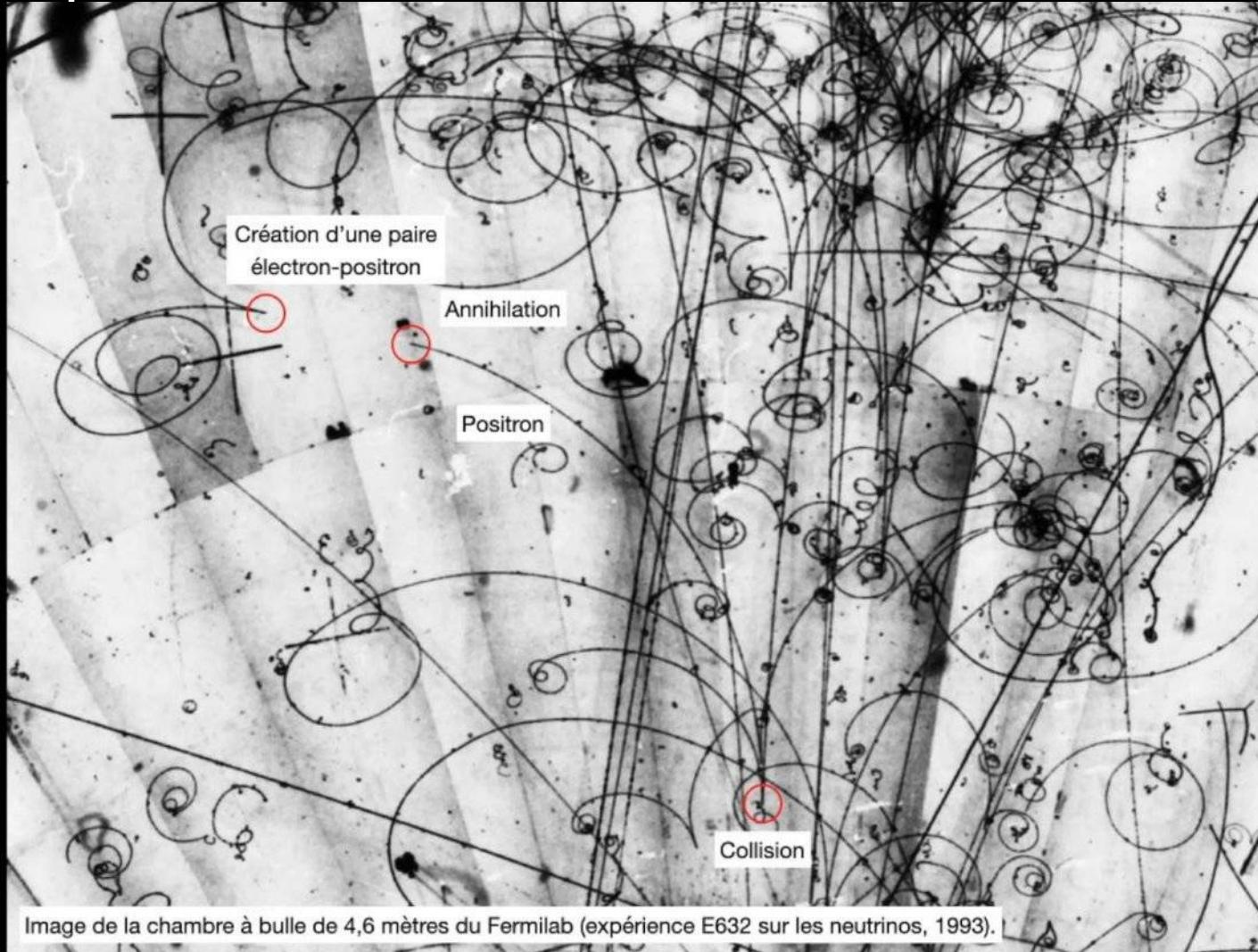
44/100



Création de paires



Interaction particules / matière



Interaction particules / matière

Particules détectables directement

- Photon, électron, muon
- Hadrons (quarks) → jets

Matière du détecteur

- Atome → noyau & électron

Interaction fonction de

- Charge, masse, énergie, impulsion de la particule
- A, Z des noyaux de la matière

Interaction particules / matière

Particules détectées par leur interaction avec la matière

- électromagnétique $\rightarrow >$ keV \rightarrow interaction avec le cortège électronique de l'atome
- forte $\rightarrow >$ GeV \rightarrow interaction avec le noyau atomique
- faible $\rightarrow >$ MeV \rightarrow W,Z

Interaction particules / matière

Particules détectées par leur interaction avec la matière

- électromagnétique → > keV → interaction avec le cortège électronique de l'atome
- forte → > GeV → interaction avec le noyau atomique
- faible → > MeV → W,Z

Principalement par des mécanismes électromagnétiques

- Ionisation, excitation
- rayonnement
 - Transition
 - Cherenkov
 - Bremsstrahlung (synchrotron)

Interaction particules / matière

Particules détectées par leur interaction avec la matière

- électromagnétique → > keV → interaction avec le cortège électronique de l'atome
- forte → > GeV → interaction avec le noyau atomique
- faible → > MeV → W,Z

Principalement par des mécanismes électromagnétiques

- Ionisation, excitation
- rayonnement
 - Transition
 - Cherenkov
 - Bremsstrahlung (synchrotron)

Perturbations

- fluctuations de Landau
- diffusion multiple → due aux diffusions élastiques et inélastiques
- création de paires (e+/e-)

Interaction particules / matière

Particules détectées par leur interaction avec la matière

- électromagnétique
 - forte → > KeV → interaction avec le cortège électronique de l'atome
 - faible → > GeV → interaction avec le noyau atomique
 - → > MeV → W,Z

Principalement par des mécanismes électromagnétiques

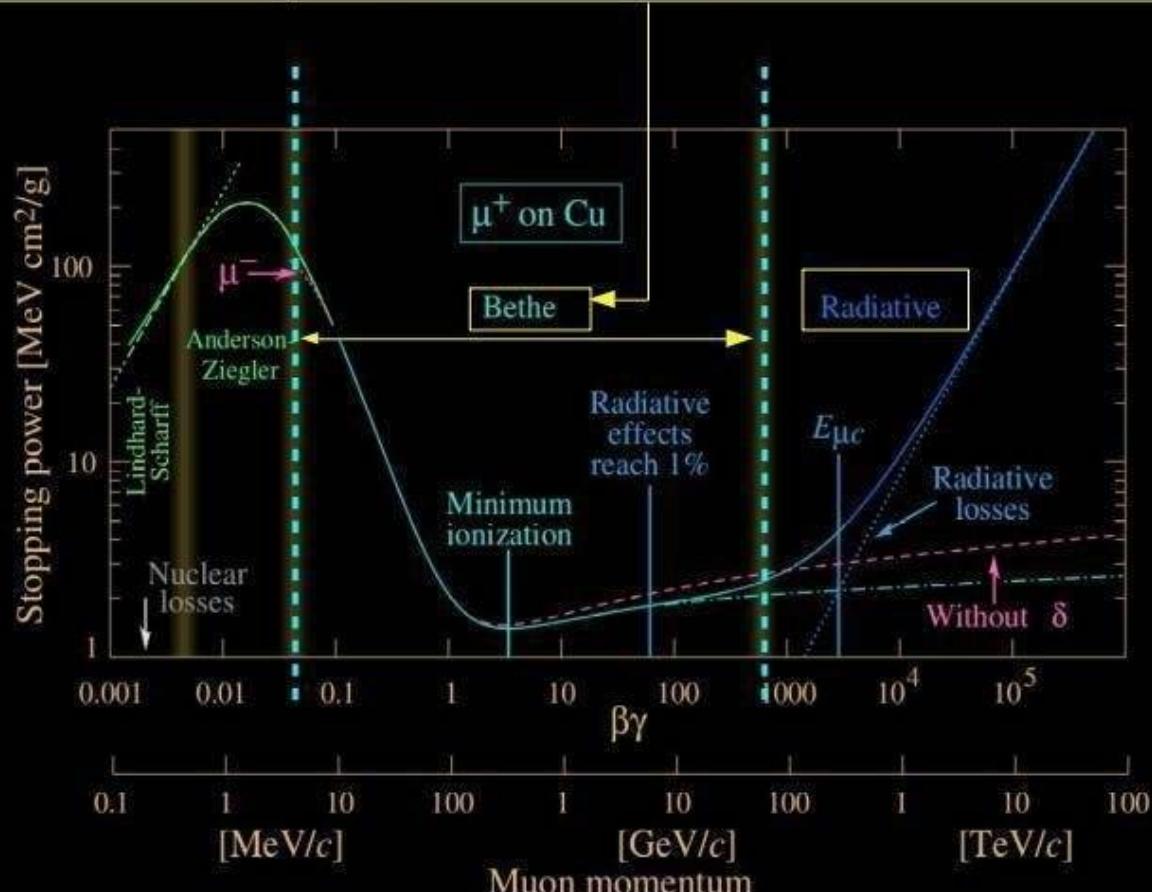
- Ionisation, excitation
- rayonnement
 - Transition
 - Cherenkov
 - Bremsstrahlung (synchrotron)

Perturbations

- fluctuations de Landau
- diffusion multiple → dû aux diffusions élastiques et inélastiques
- création de paires (e+/e-)

Interaction particules / matière

$$-\frac{dE}{dx} = K z^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2 T_{max}}{I^2} - \beta^2 - \frac{\delta(\beta\gamma)}{2} \right]$$



Interaction particules / matière

$$-\frac{dE}{dx} = K z^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2 T_{max}}{I^2} - \beta^2 - \frac{\delta(\beta\gamma)}{2} \right]$$

Remarques: **Hans Bethe**
Félix Bloch
Enrico Fermi

calcul (non- et relativiste) LO
corrections d'ordre supérieur
écrantage

Formule ok \sim MeV \rightarrow \sim TeV, [entre crochet] légèrement différente pour les e^+e^-

Interaction particules / matière

$$-\frac{dE}{dx} = K z^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2 T_{max}}{I^2} - \beta^2 - \frac{\delta(\beta\gamma)}{2} \right]$$

Remarks:

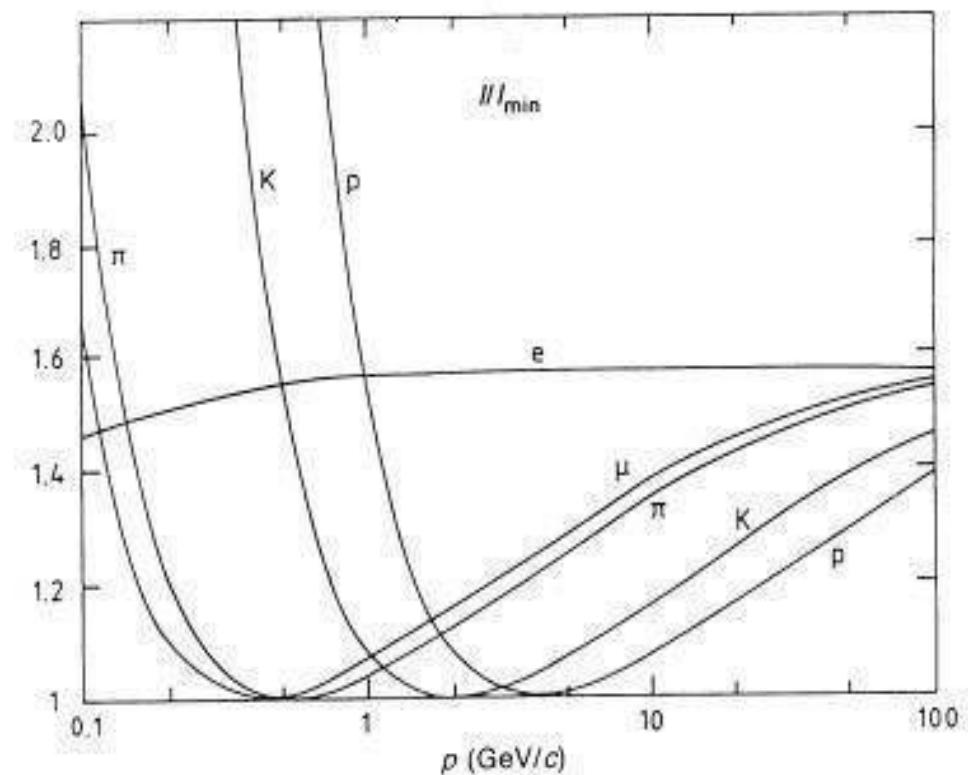
$$\frac{dE}{dx} \propto \frac{1}{\beta^2} \ln(\beta^2 \gamma^2)$$

$$\beta\gamma = \frac{P}{m}$$


$$\frac{P}{m_\mu} * 207 = \frac{P}{m_e}$$


Interaction particules / matière

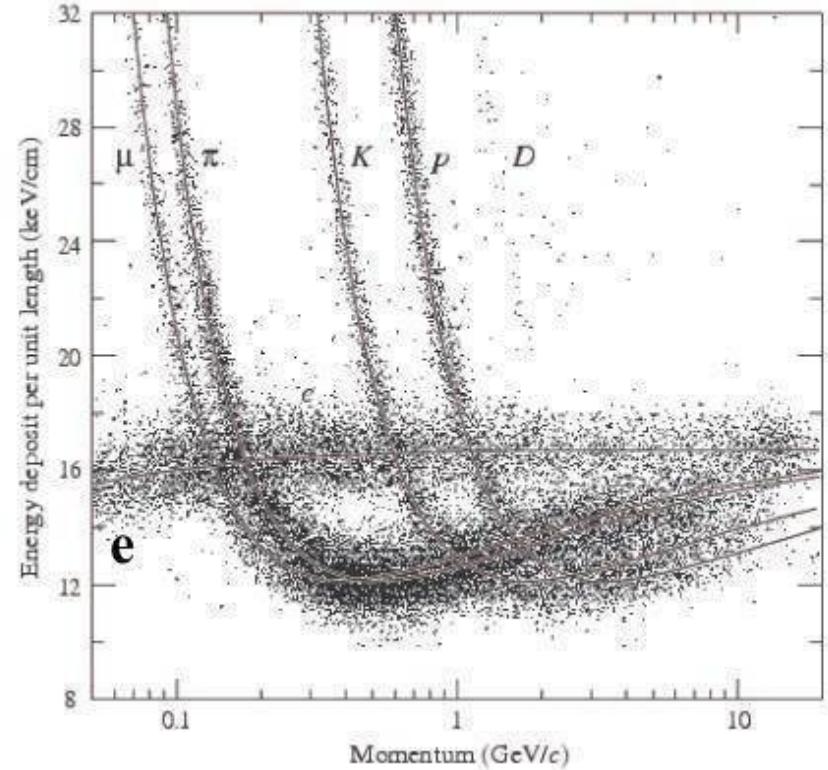
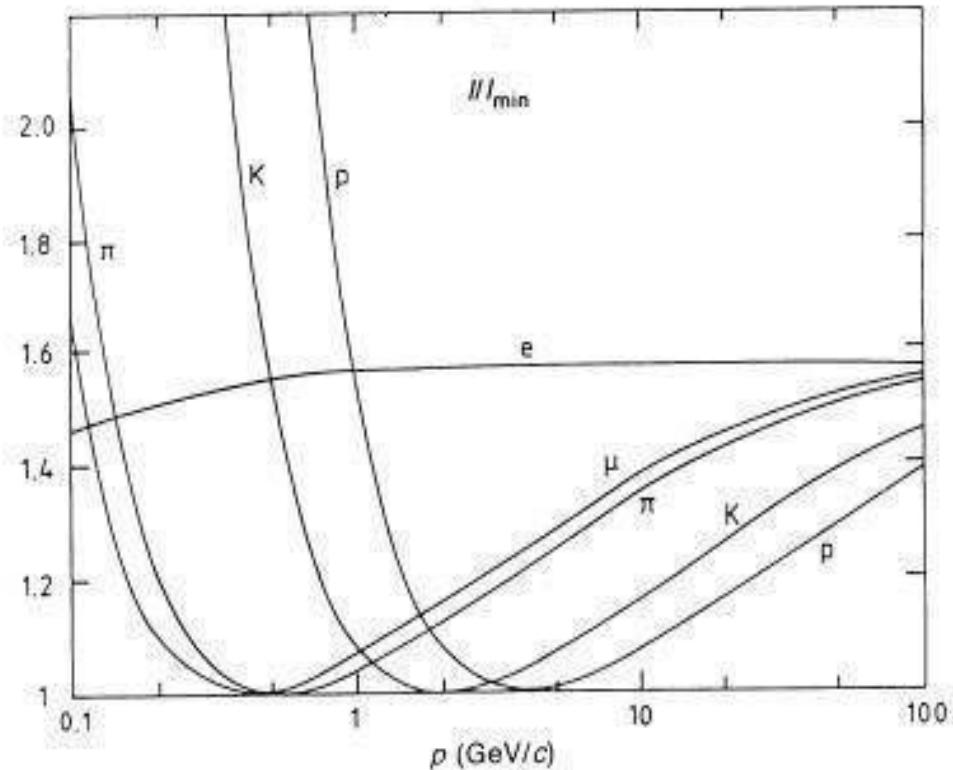
Calcul



Interaction particules / matière

Calcul

Mesures



échelle d'énergie : $\sim 0.1 \rightarrow \sim 10 \text{ GeV}$

Interaction particules / matière

Particules détectées par leur interaction avec la matière

- électromagnétique → > KeV → interaction avec le cortège électronique de l'atome
- forte → > GeV → interaction avec le noyau atomique
- faible → > MeV → W,Z

Principalement par des mécanismes électromagnétiques

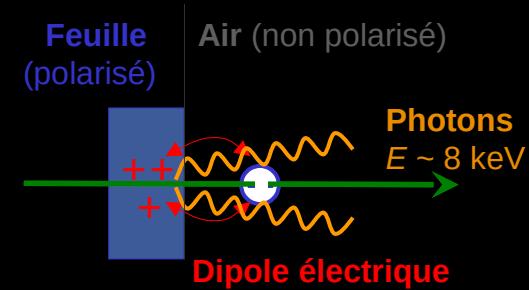
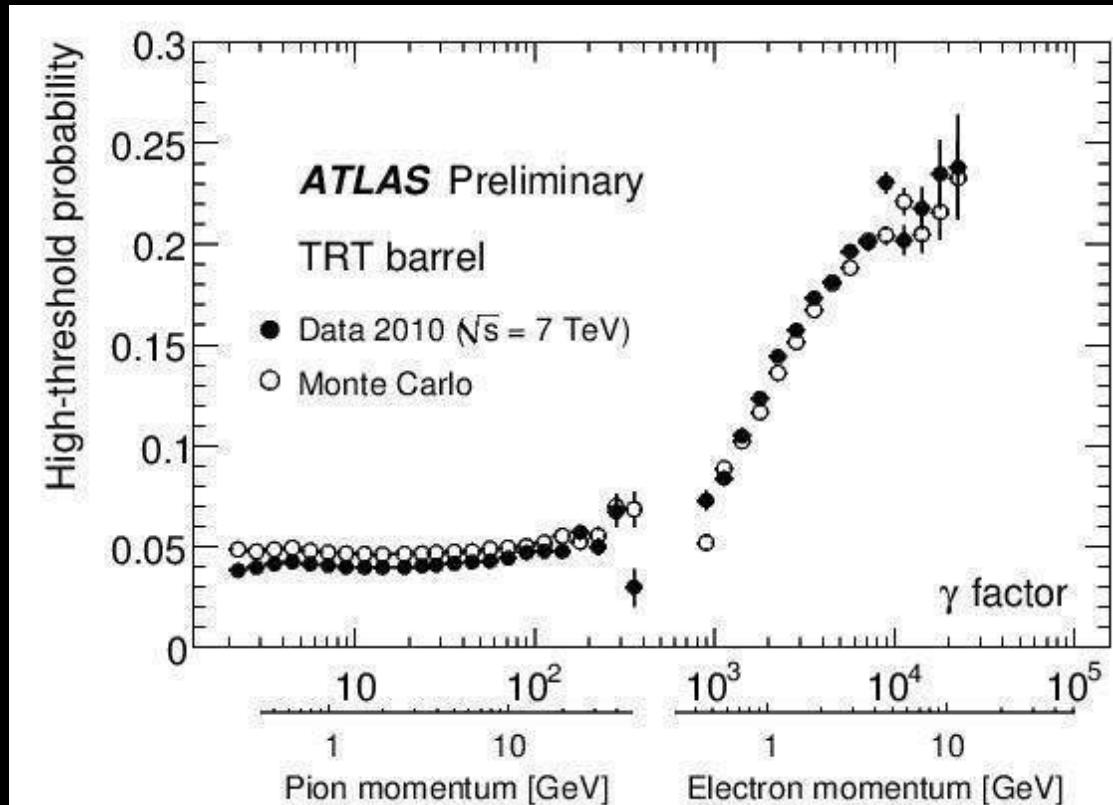
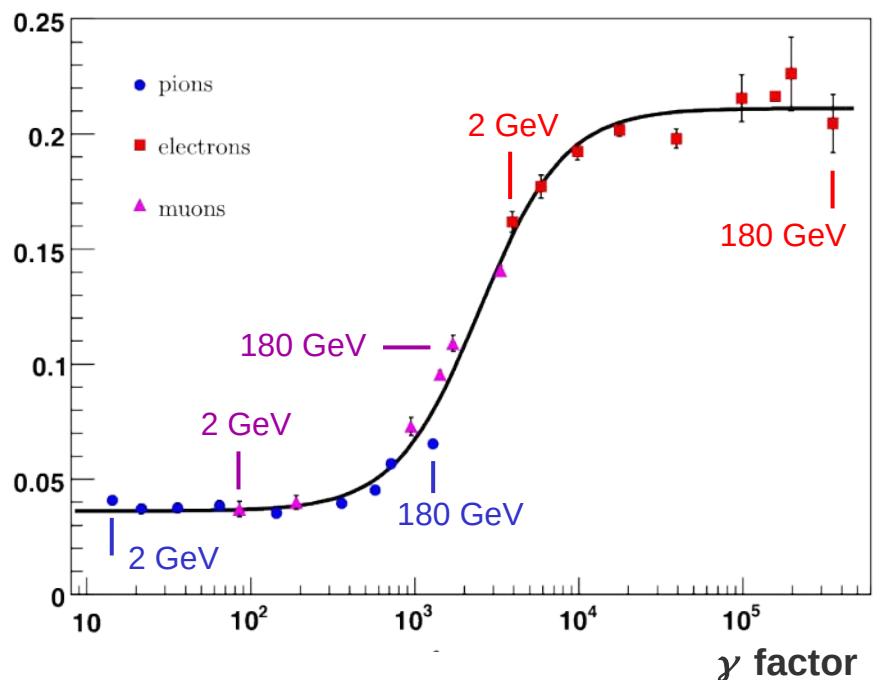
- Ionisation, excitation
- rayonnement
 - Transition
 - Cherenkov
 - Bremsstrahlung (synchrotron)

Perturbations

- fluctuations de Landau
- diffusion multiple → dû aux diffusions élastiques et inélastiques
- création de paires (e+/e-)

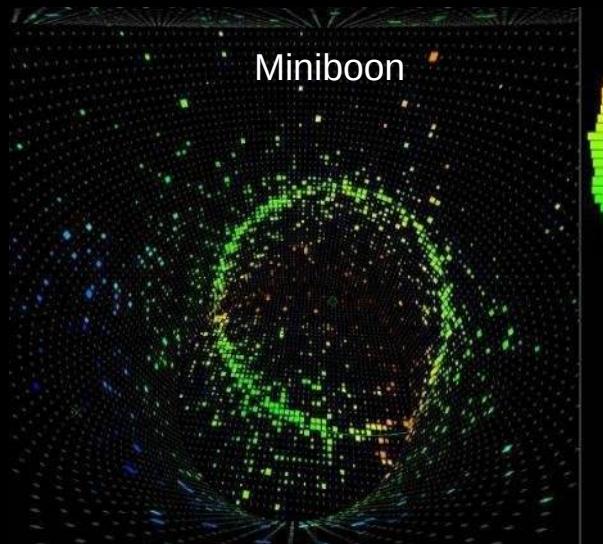
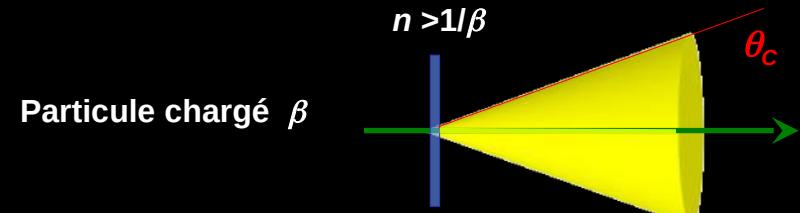
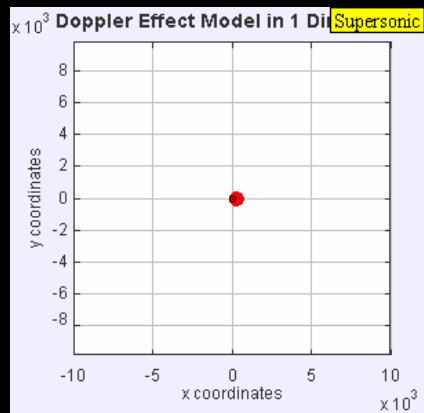
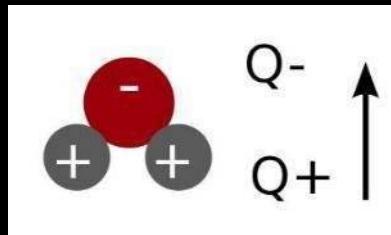
Interaction particules / matière

Rayonnement de transition



Interaction particules / matière

Cherenkov



Interaction particules / matière

Particules détectées par leur interaction avec la matière

- électromagnétique → > KeV → interaction avec le cortège électronique de l'atome
- forte → > GeV → interaction avec le noyau atomique
- Faible → > MeV → W,Z

Principalement par des mécanismes électromagnétiques

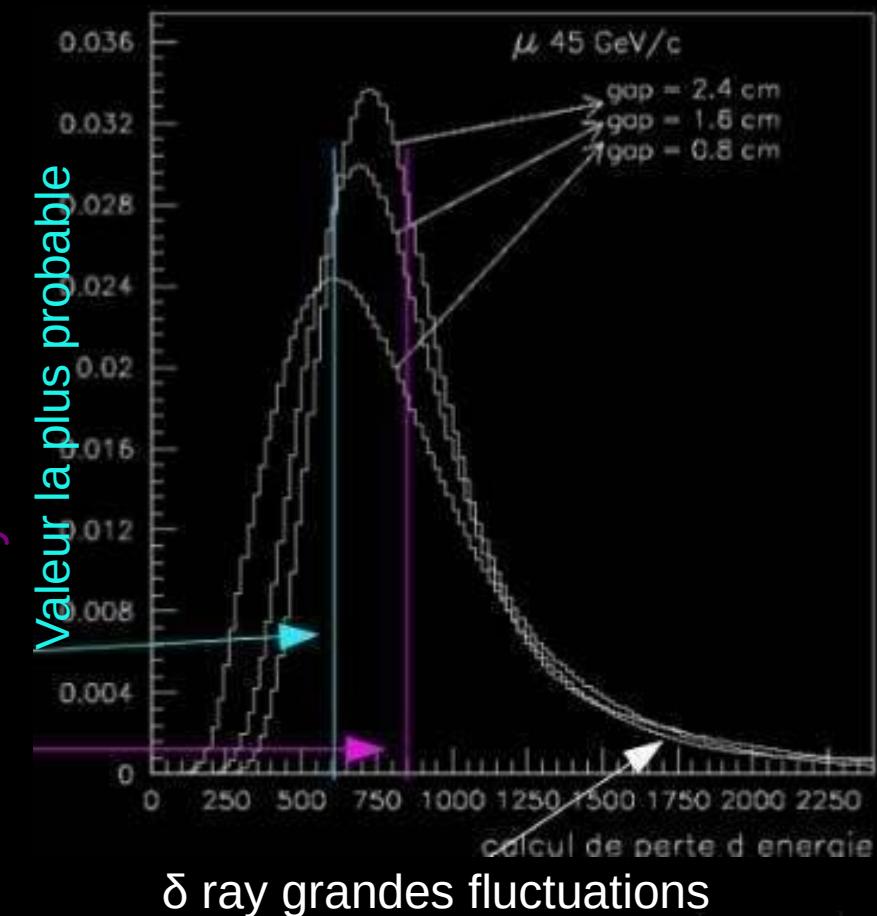
- Ionisation, excitation
- rayonnement
 - Transition
 - Cherenkov
 - Bremsstrahlung (synchrotron)

Perturbations

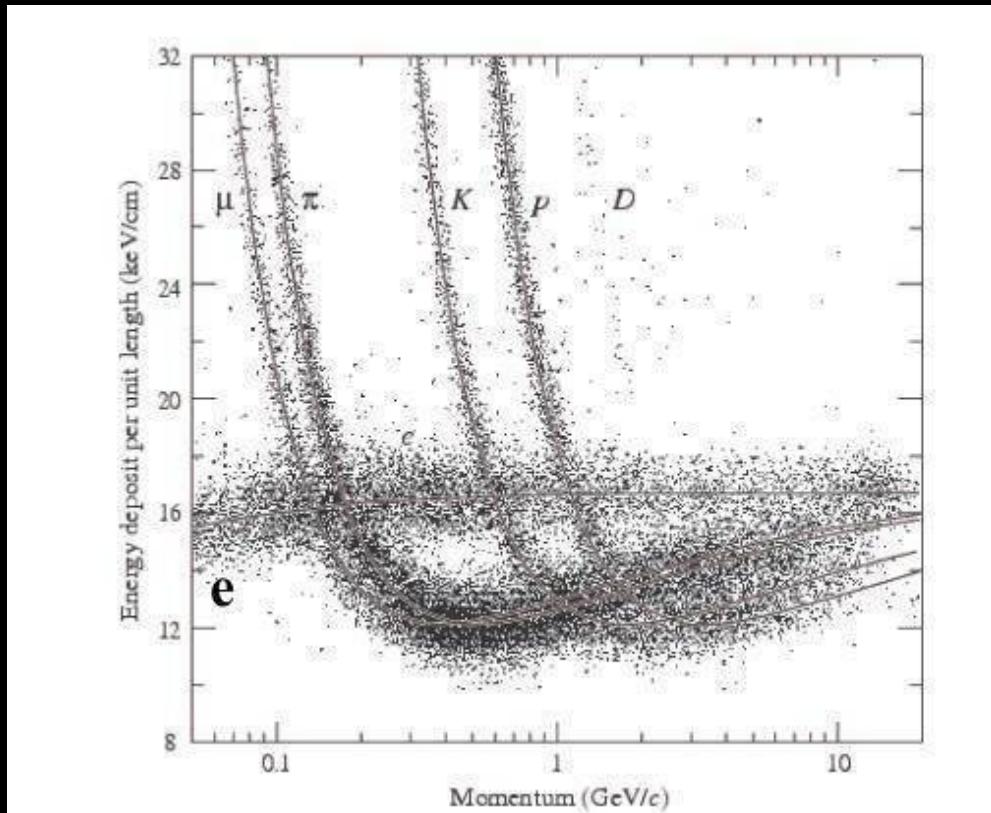
- fluctuations de Landau
- diffusion multiple → dû aux diffusions élastiques et inélastiques
- création de paires (e+/e-)

Interaction particules / matière

Fluctuations de Landau



Mesures



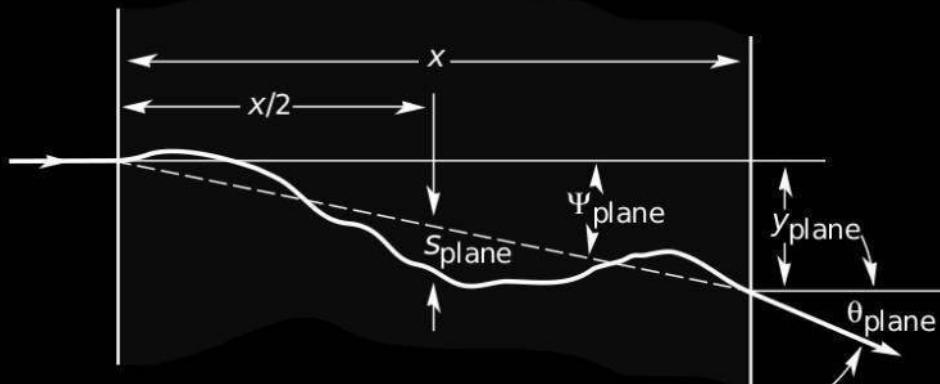
Gamme d'énergie : ~0.1-->~10 GeV

Interaction particules / matière

Diffusion multiple : perturbation de la détection

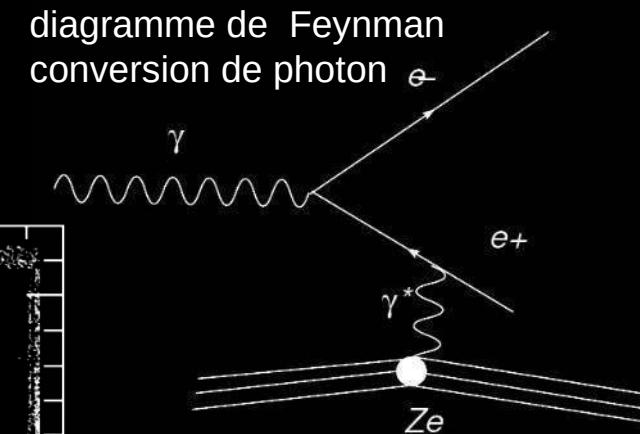
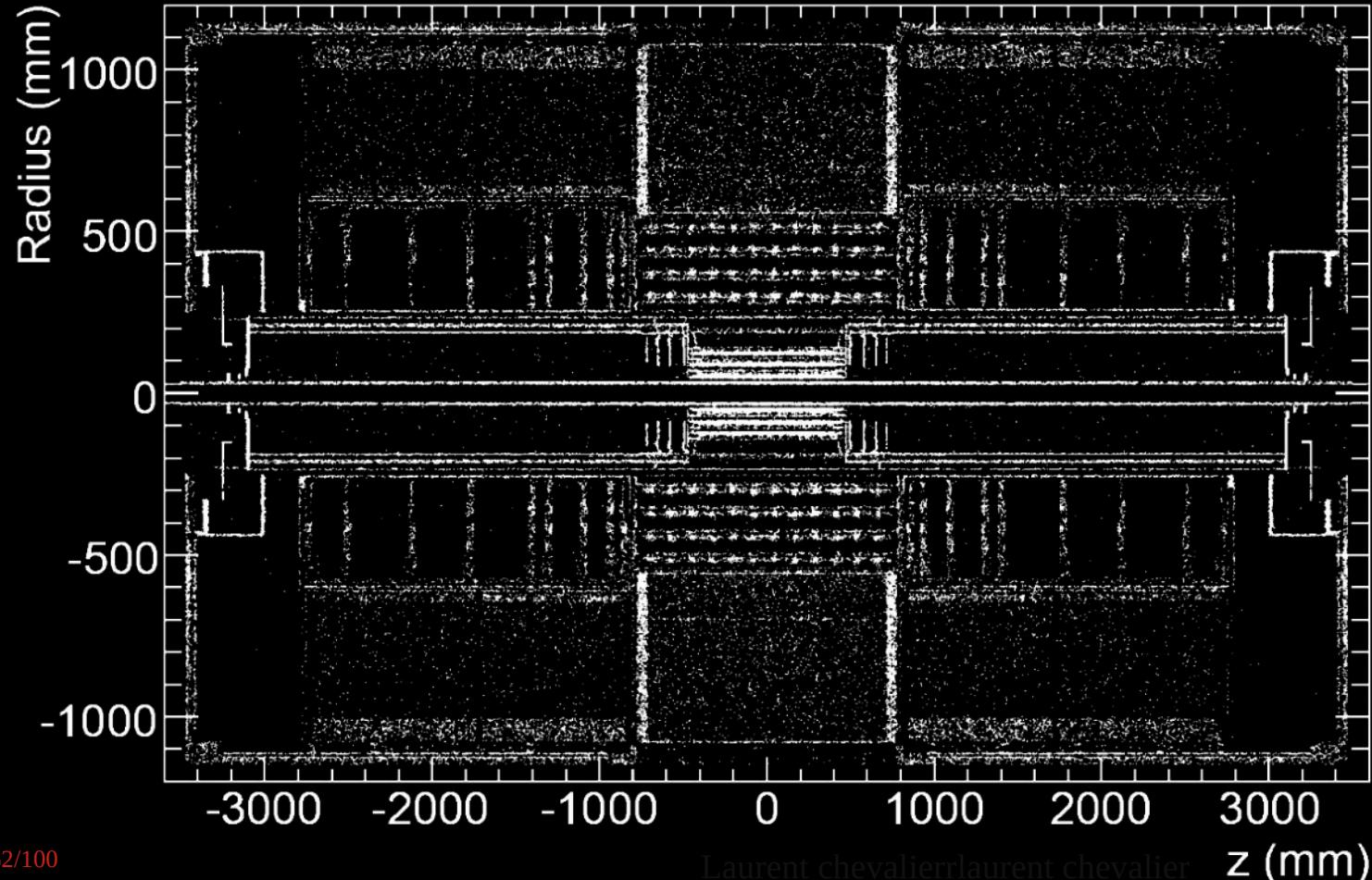
- diffusion Coulombienne
- Déflexion de la trajectoire de la particule par le milieu
- Minimiser la matière pour le trajectographe

$$\theta_0 = \frac{13.6 \text{ MeV}}{\beta cp} z \sqrt{x/X_0} \left[1 + 0.038 \ln(x/X_0) \right]$$



Interaction particules / matière

Création de paires



Conception d'un détecteur

23-25 Novembre 2025, Roscoff

1/ Introduction

- références, vocabulaire, unités

2/ Déetecter quoi ↔ pourquoi

- remarques liminaires
- modélisation
- détecteur : ckoï ?

3/ Interaction particules matière

- rapide aperçu

4/ Généralités sur les détecteurs

5/ Exemples

- D0 (Fermilab)
- ATLAS (CERN)

4/ Généralités sur les détecteurs

Réponse schématique d'un détecteur
mesures partielles & destructives (collisionneur/cible fixe)

Mesure impulsion muons :
« transparent » ex : Aluminium/gaz

Mesure énergie hadrons :
« dense » ex : plomb

Mesure énergie électron/photon :
« dense » ex : plomb

Traces chargées :
« transparent » ex : gaz

Chambres à muons

Calorimètre hadronique

Calorimètre électromagnétique

Chambre à traces

4/ Généralités sur les détecteurs

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

4/ Généralités sur les détecteurs

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Mesures partielles et/ou destructives (pour parties)

- Spécifiques à certaines particules (sous-détecteurs)

4/ Généralités sur les détecteurs

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Mesures partielles et/ou destructives (pour parties)

- Spécifiques à certaines particules (sous-détecteurs)

Séparation de charge : champ magnétique

- Mesure de l'impulsion pour les particules chargées
- +/- séparation / focalisation / nettoyage

4/ Généralités sur les détecteurs

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Mesures partielles et/ou destructives (pour parties)

- Spécifiques à certaines particules (sous-détecteurs)

Séparation de charge : champ magnétique

- Mesure de l'impulsion pour les particules chargées
- +/- séparation / focalisation / nettoyage

Herméticité

- $W \rightarrow \mu\nu$: ν (neutrino), contrôle énergie manquante (Et_miss)
- Moins vrai pour SK (mesure spécifique aux neutrinos)

4/ Généralités sur les détecteurs

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Mesures partielles et/ou destructives (pour parties)

- Spécifiques à certaines particules (sous-détecteurs)

Séparation de charge : **champ magnétique**

- Mesure de l'impulsion pour les particules chargées
- +/- séparation / focalisation / nettoyage

Herméticité

- $W \rightarrow \mu\nu$: ν (neutrino), contrôle énergie manquante (Et_miss)
- Moins vrai pour SK (mesure spécifique aux neutrinos)