

# Détecteurs en Vrac

11 Mars au 13 Mars, Fréjus

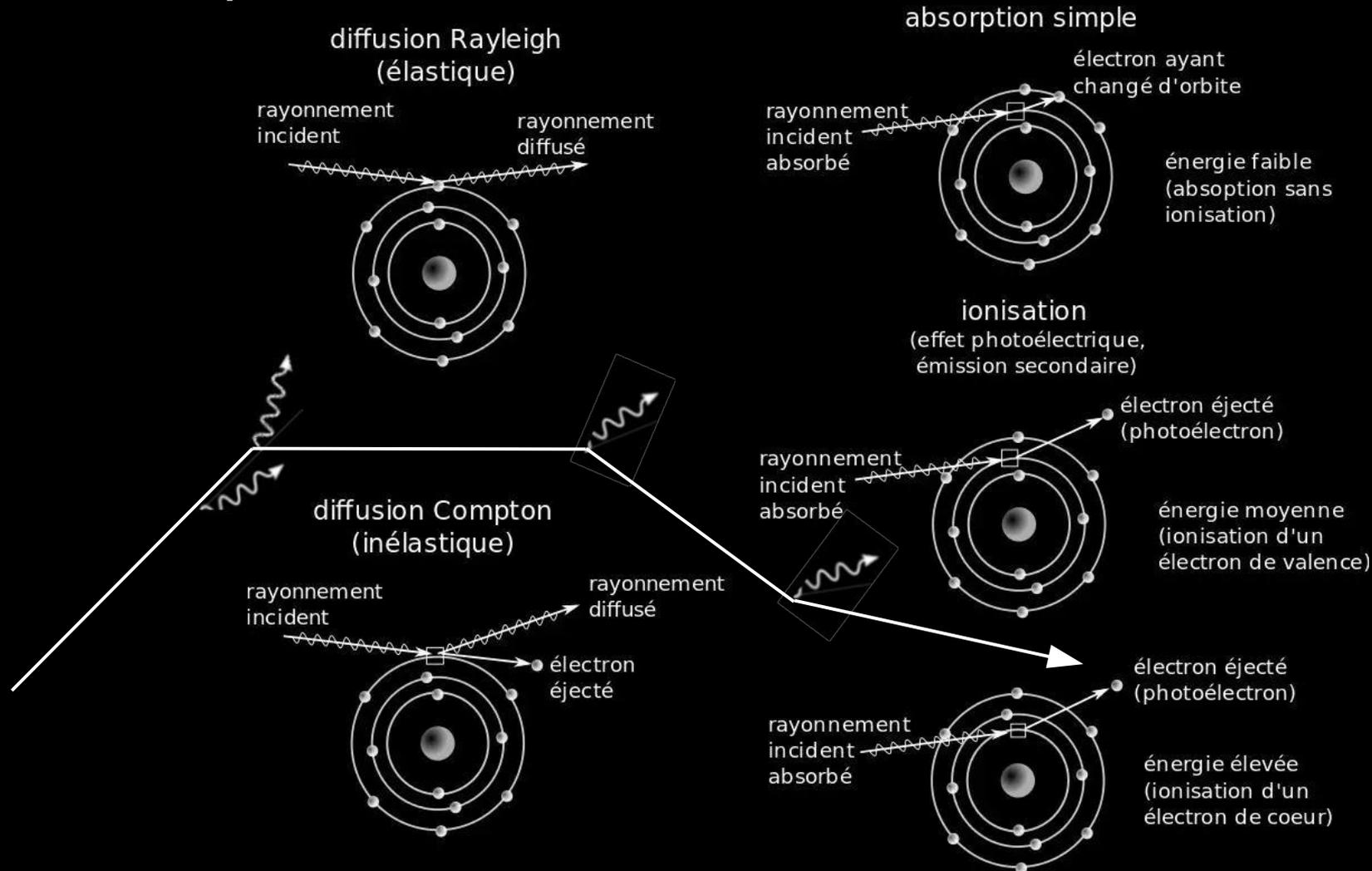
- 1/ Détecter quoi  $\leftrightarrow$  pourquoi (1h)
- 2/ Interaction particules matière (1h)
- 3/ Généralités sur les détecteurs (1h)
- 4/ Application sociétales (1h)
- 5/ Exemple avec D0/ATLAS (Fermilab/CERN) (1h)



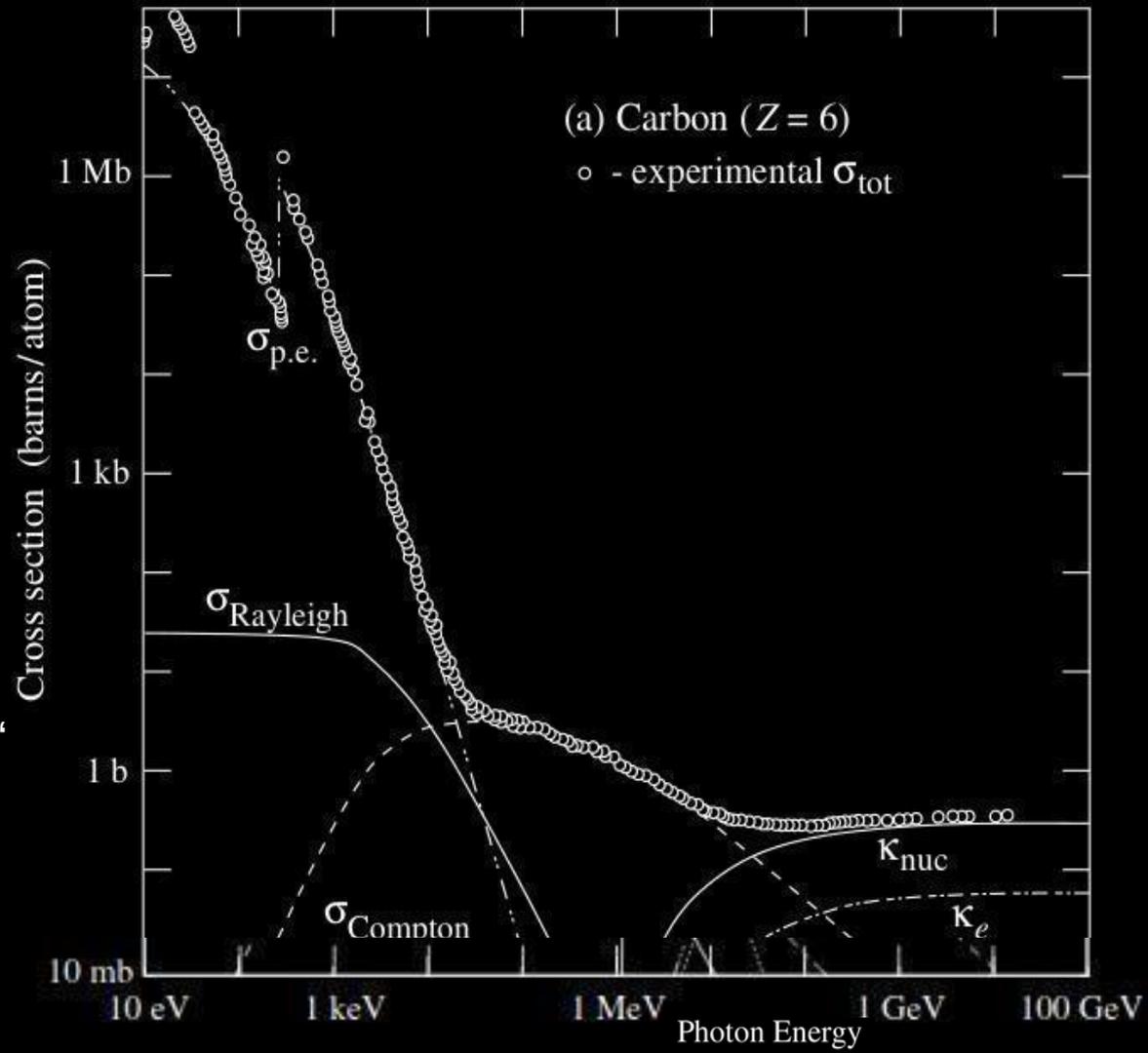
laurent chevalier

# Interaction particules / matière

Pas très réaliste !!!

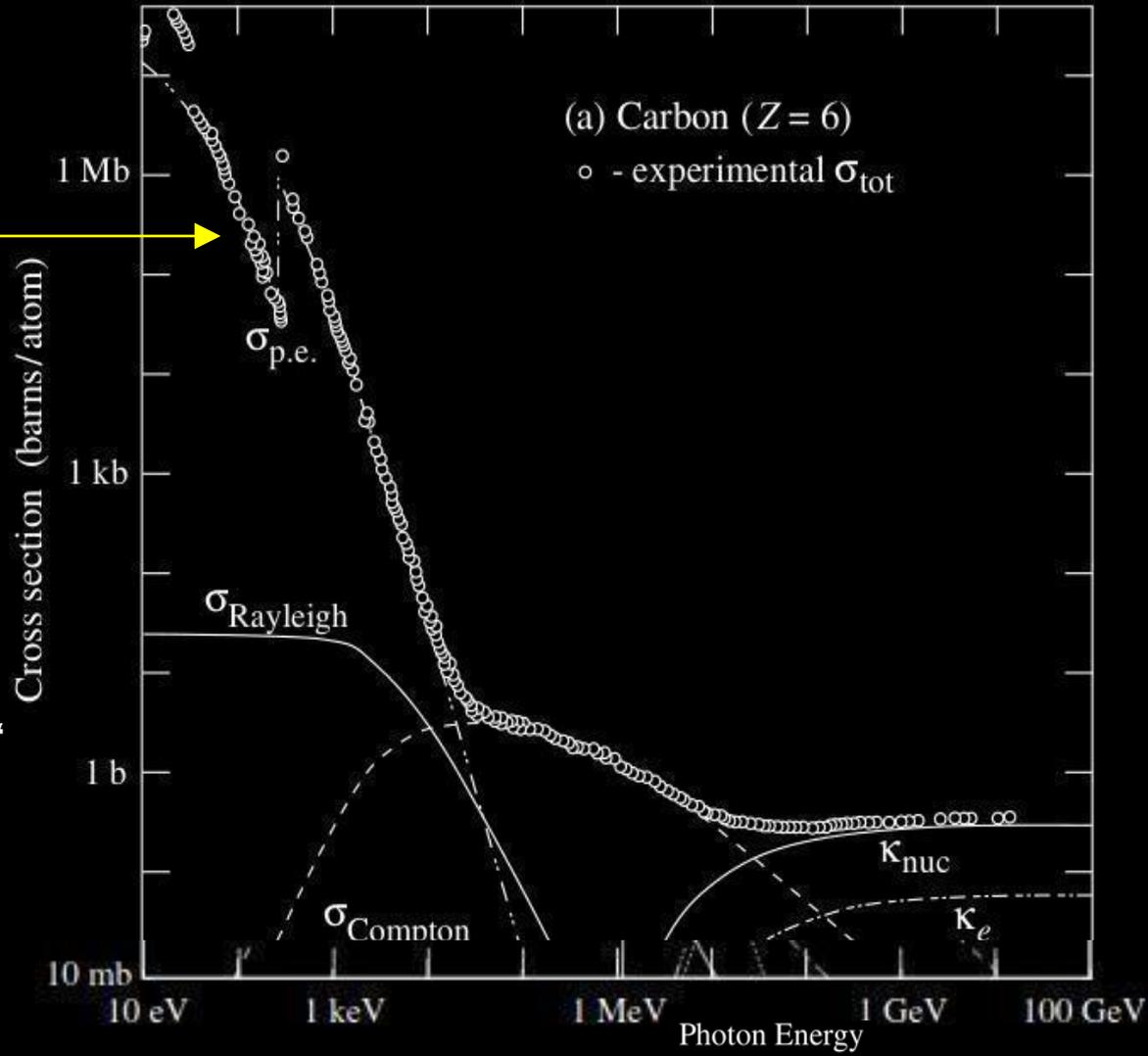
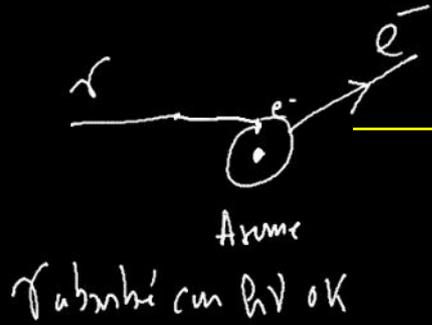


# Interaction particules / matière

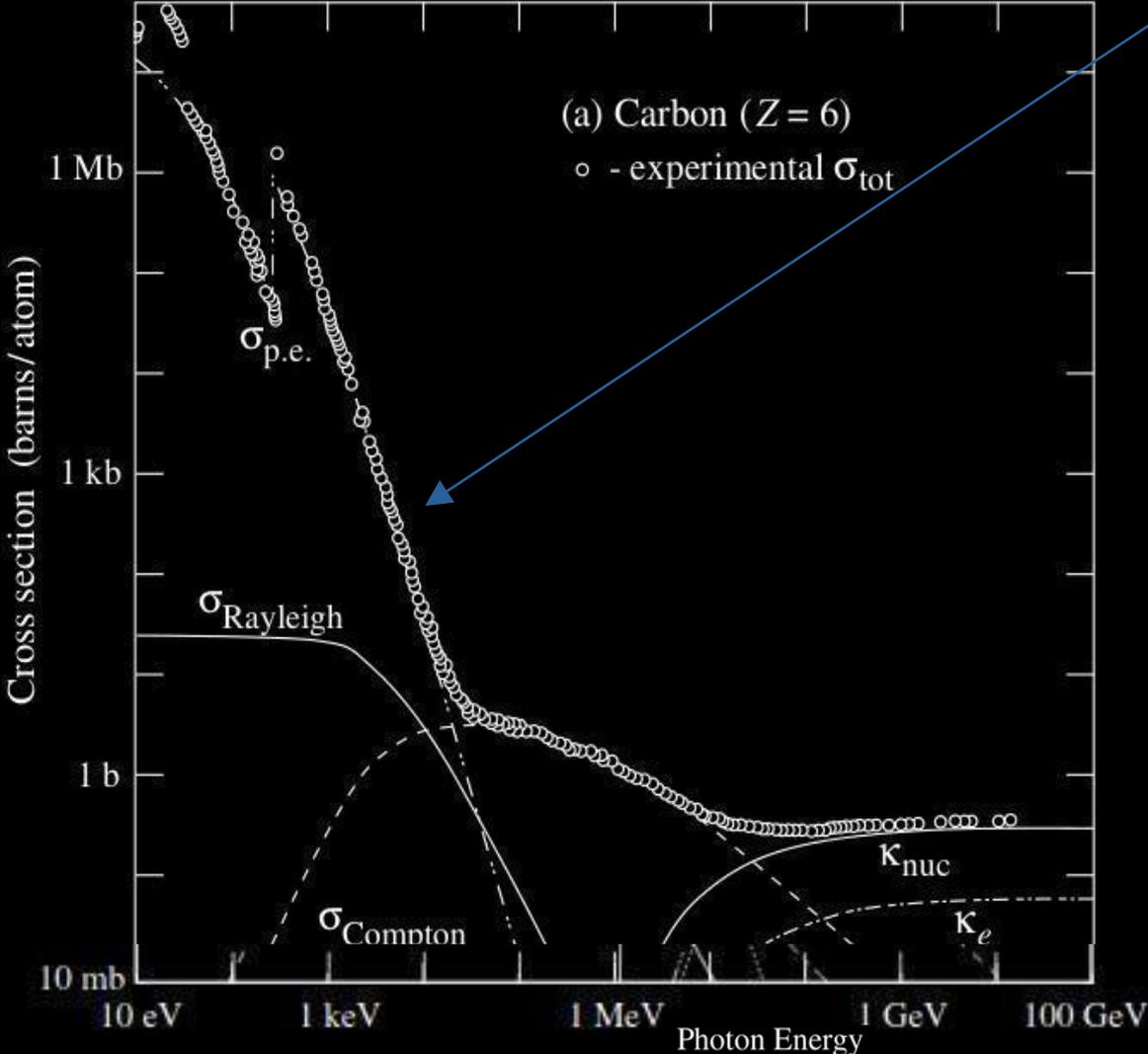


# Interaction particules / matière

Photoélectrique



# Interaction particules / matière

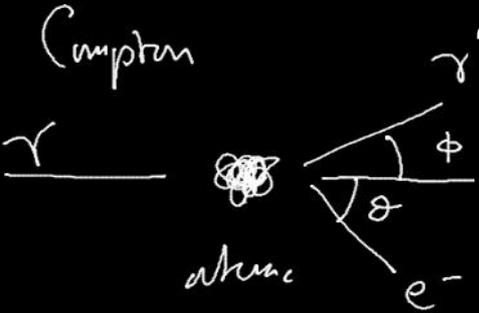
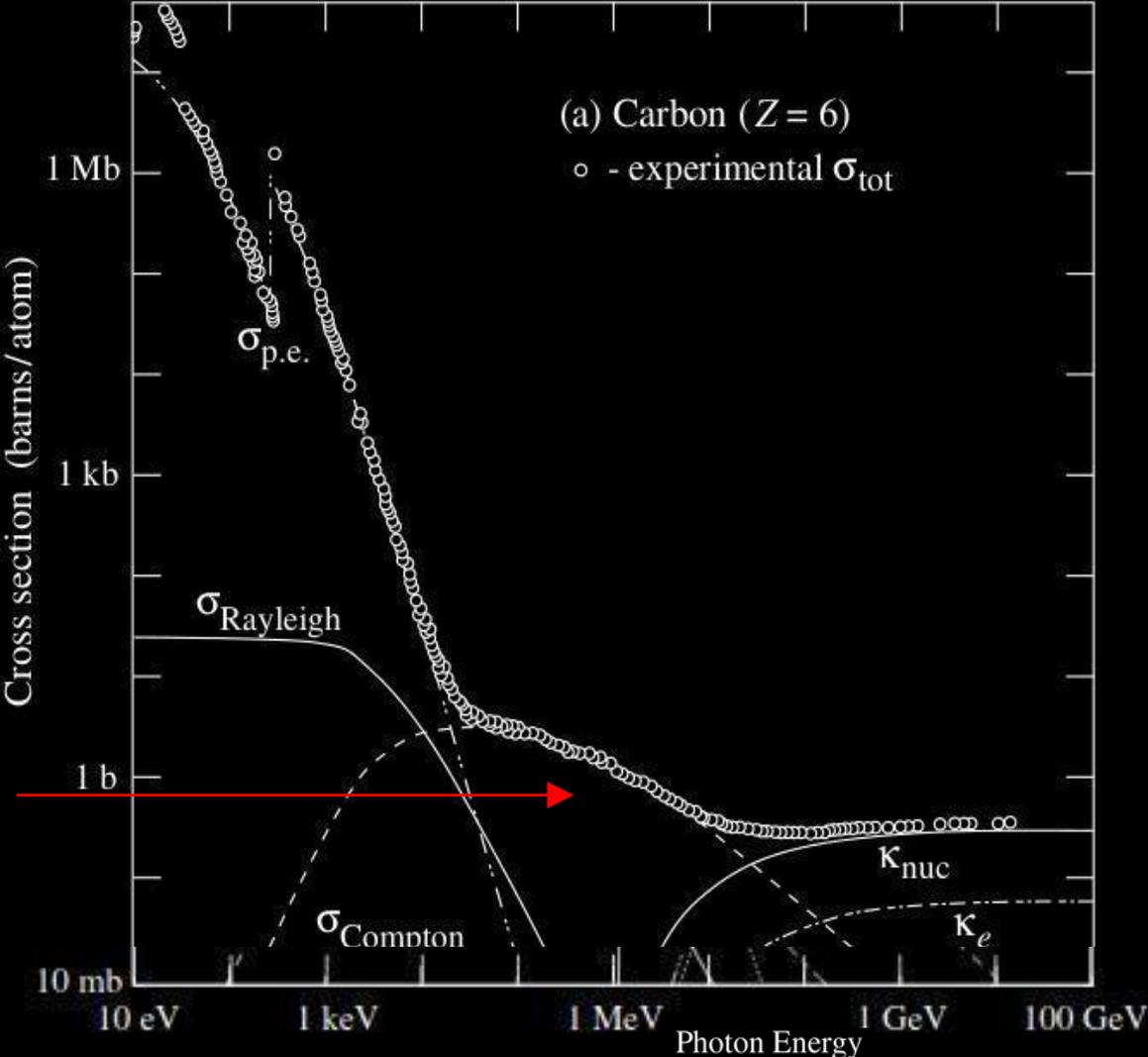


Rayleigh  $\gamma$

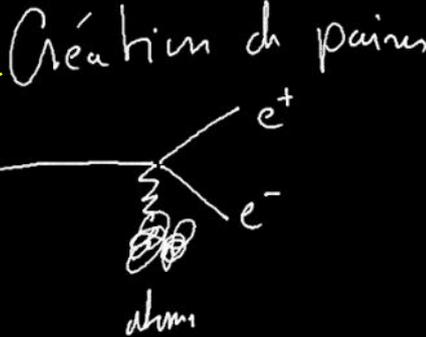
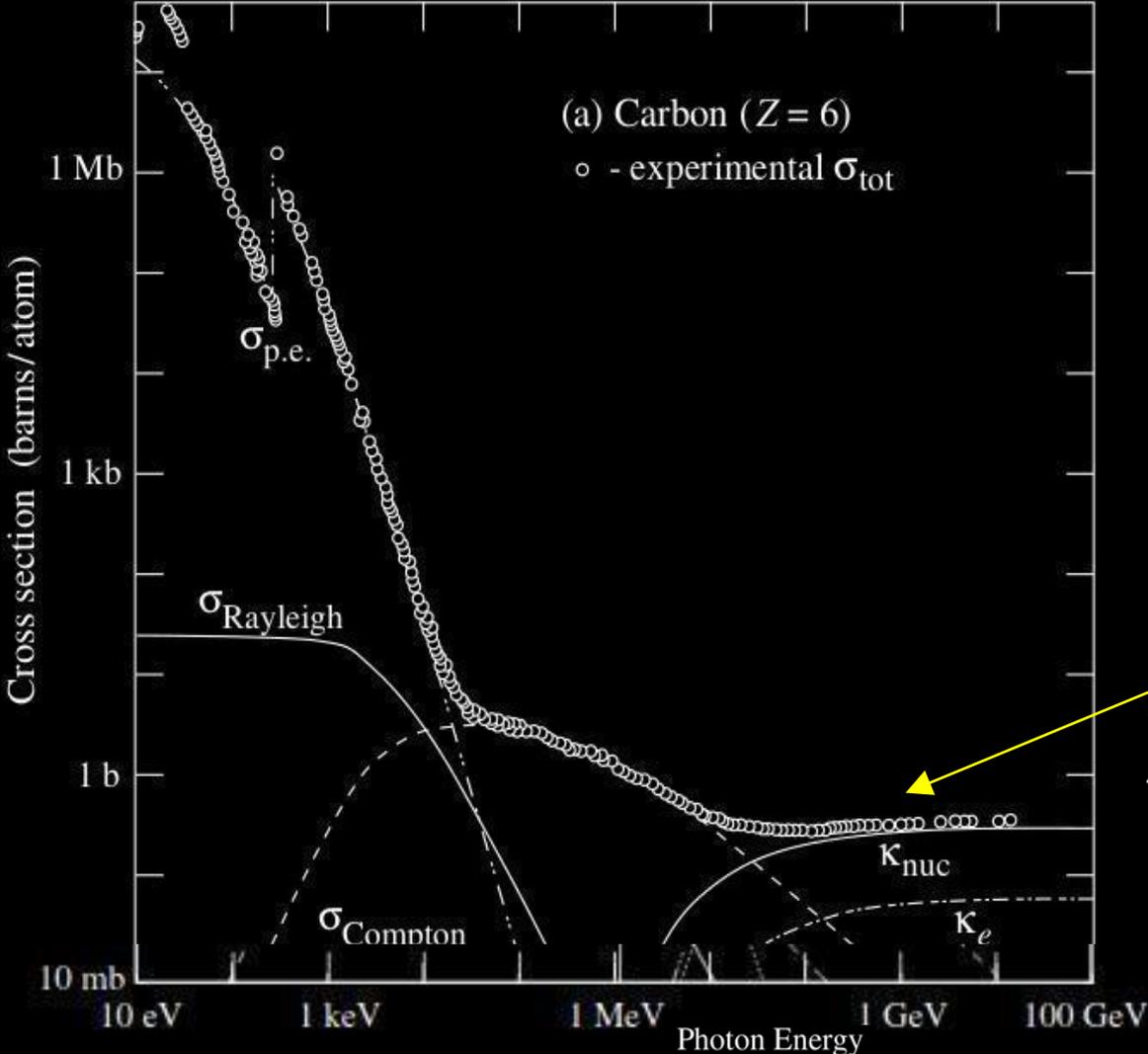
$\gamma'$

atome

# Interaction particules / matière

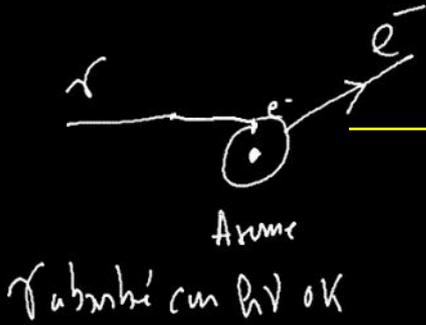


# Interaction particules / matière

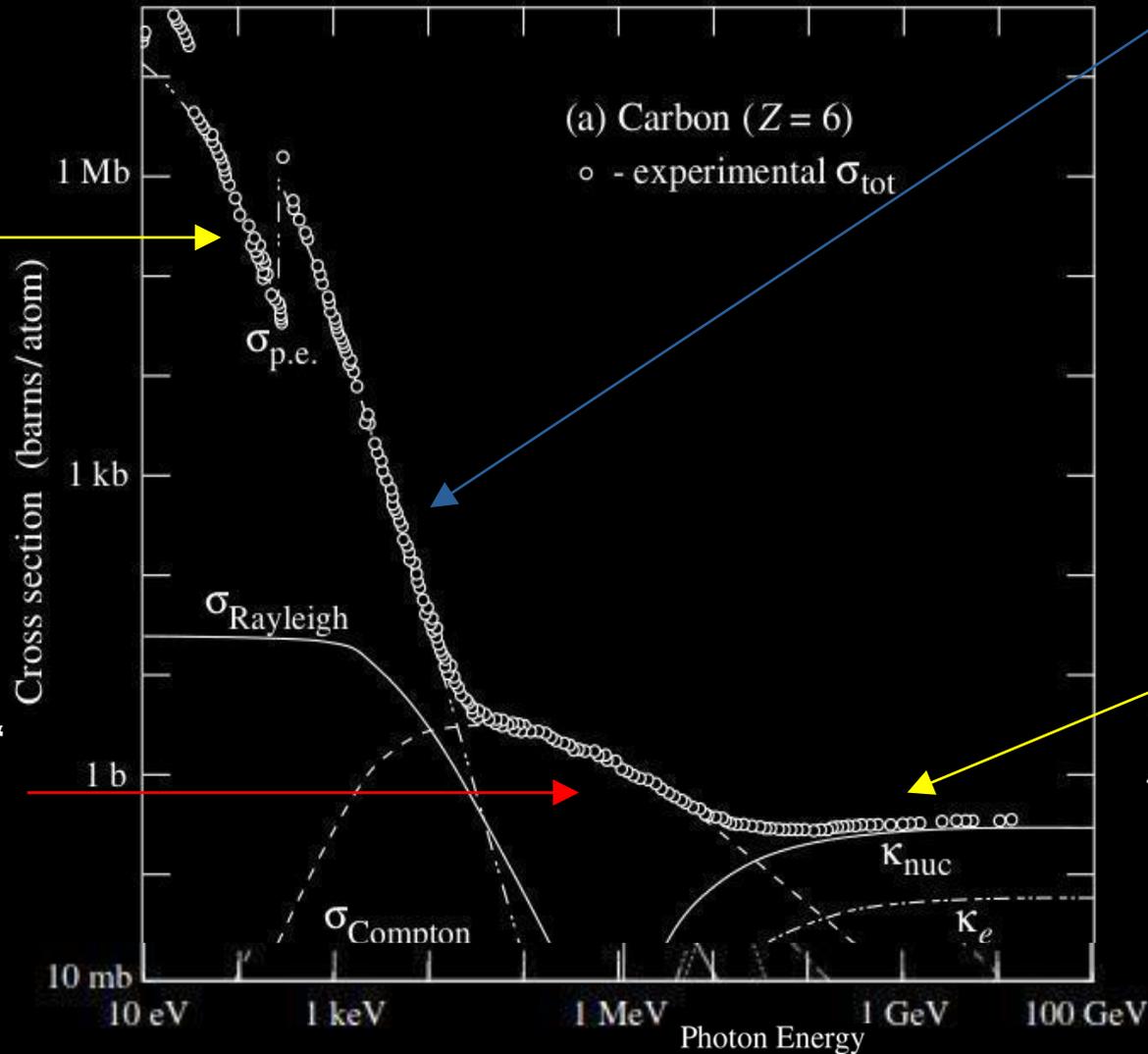


# Interaction particules / matière

Photoélectrique



Compton



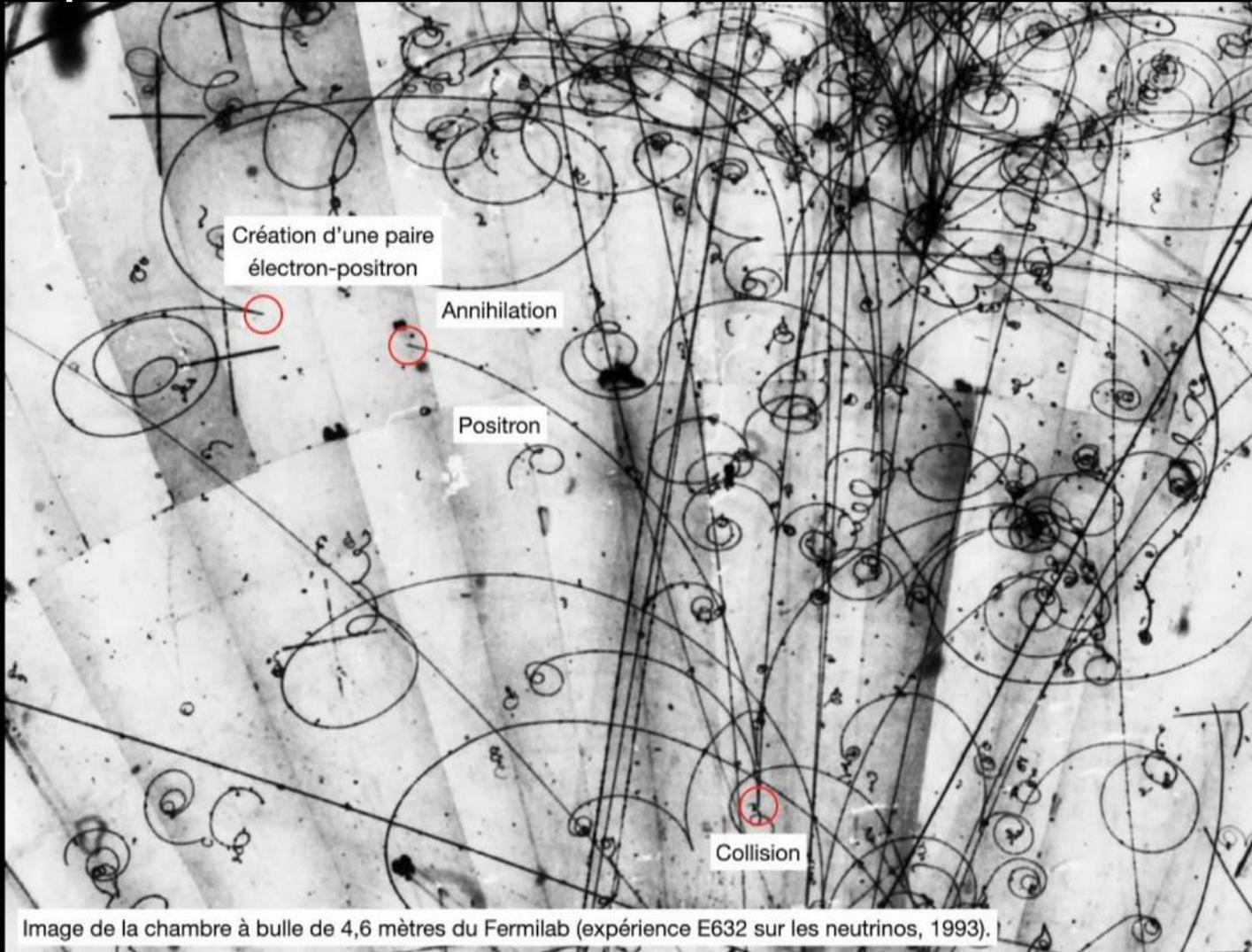
Rayleigh  
 $\gamma$   
 $\gamma'$



Création de paires



# Interaction particules / matière



# Interaction particules / matière

## Particules détectées par leur interaction avec la matière

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

# Interaction particules / matière

## Particules détectées par leur interaction avec la matière

- électromagnétique →  $> \text{keV}$  → interaction avec le cortège électronique de l'atome
- forte →  $> \text{GeV}$  → interaction avec le noyau atomique
- faible →  $> \text{MeV}$  → 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 →  $> \text{keV}$  → interaction avec le cortège électronique de l'atome
- forte →  $> \text{GeV}$  → interaction avec le noyau atomique
- faible →  $> \text{MeV}$  → 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

## 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 →  $> \text{KeV}$  → interaction avec le cortège électronique de l'atome
- forte →  $> \text{GeV}$  → interaction avec le noyau atomique
- faible →  $> \text{MeV}$  → W,Z

## Principalement par des mécanismes électromagnétiques

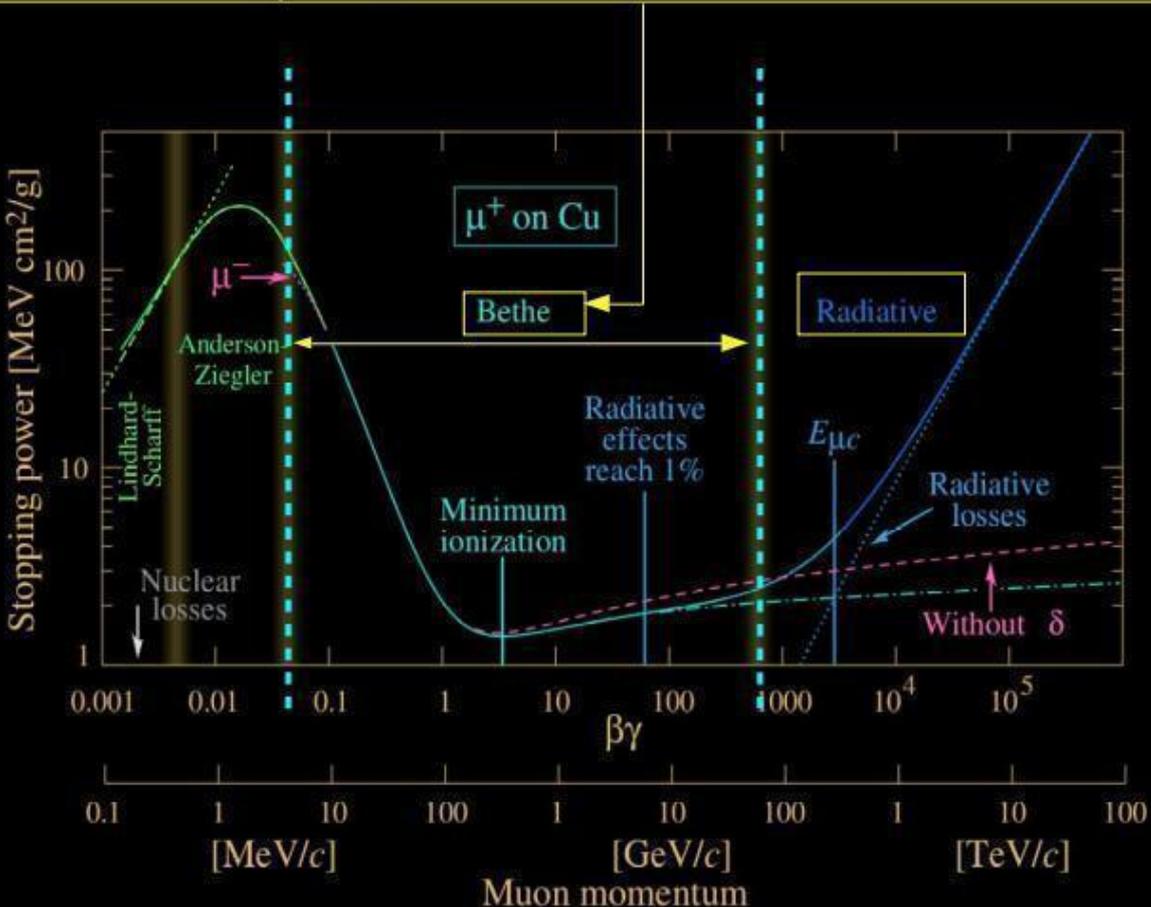
- Ionisation, excitation
- rayonnement
  - Transition
  - Cherenkov
  - Bremsstrahlung (synchrotron)

## 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** calcul (non- et relativiste) LO  
**Félix Bloch** corrections d'ordre supérieur  
**Enrico Fermi** écrantage

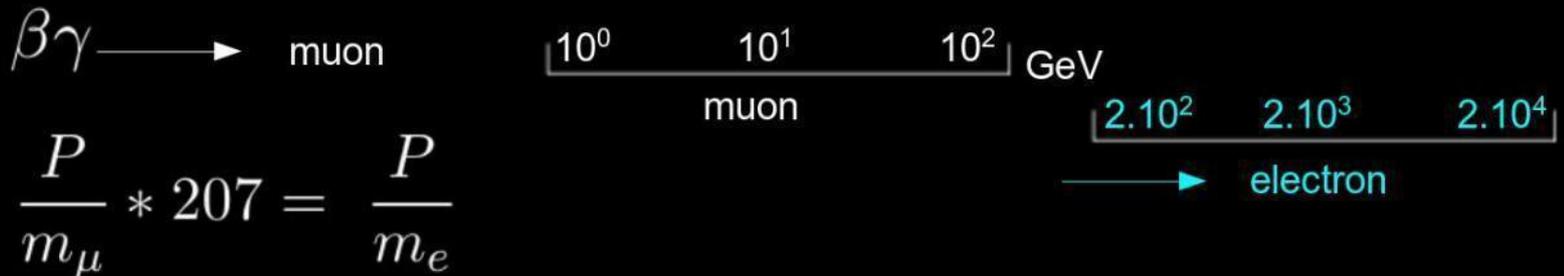
Formule ok  $\sim$ MeV  $\rightarrow$   $\sim$ TeV, [entre crochet] légèrement différente pour les  $e^+/e^-$

# Interaction particules / matière

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

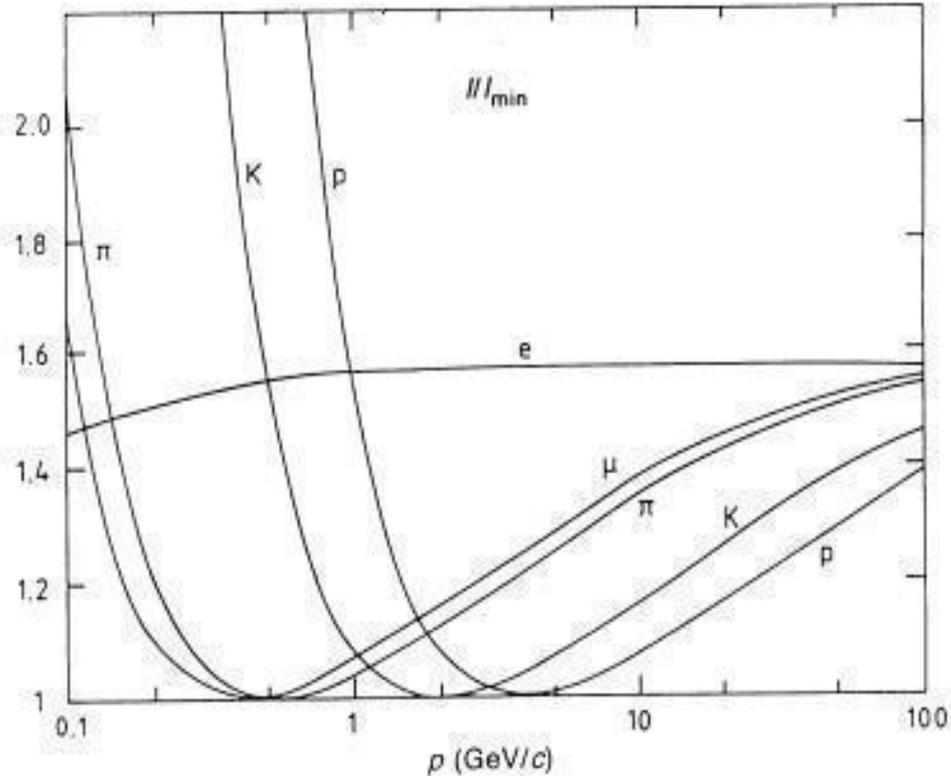
Remarks:

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



# Interaction particules / matière

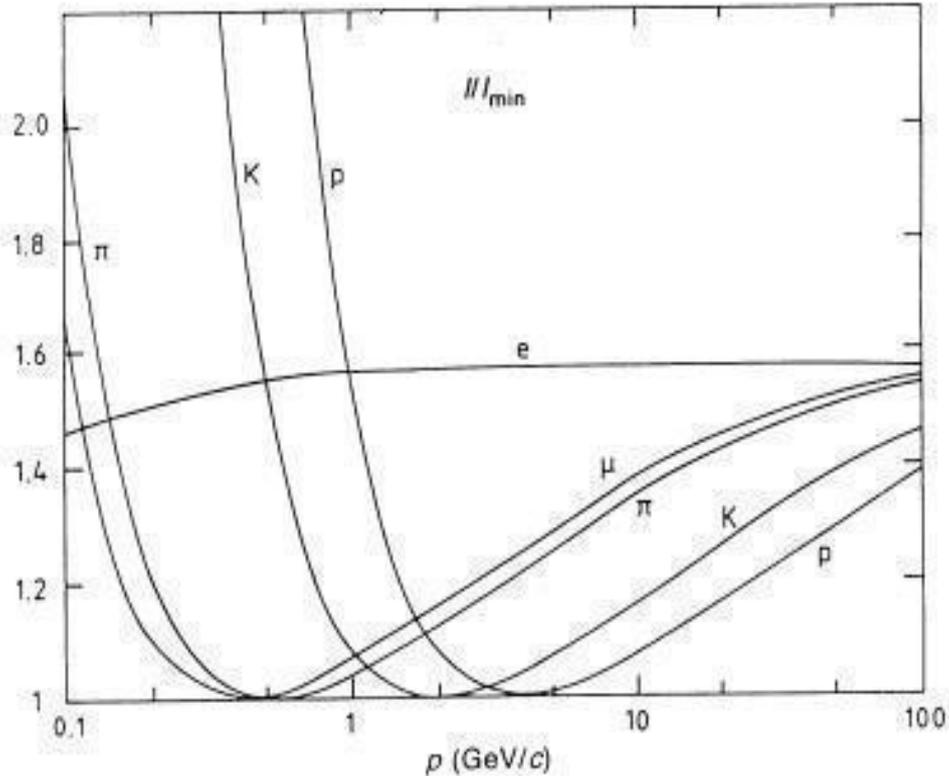
## Calcul



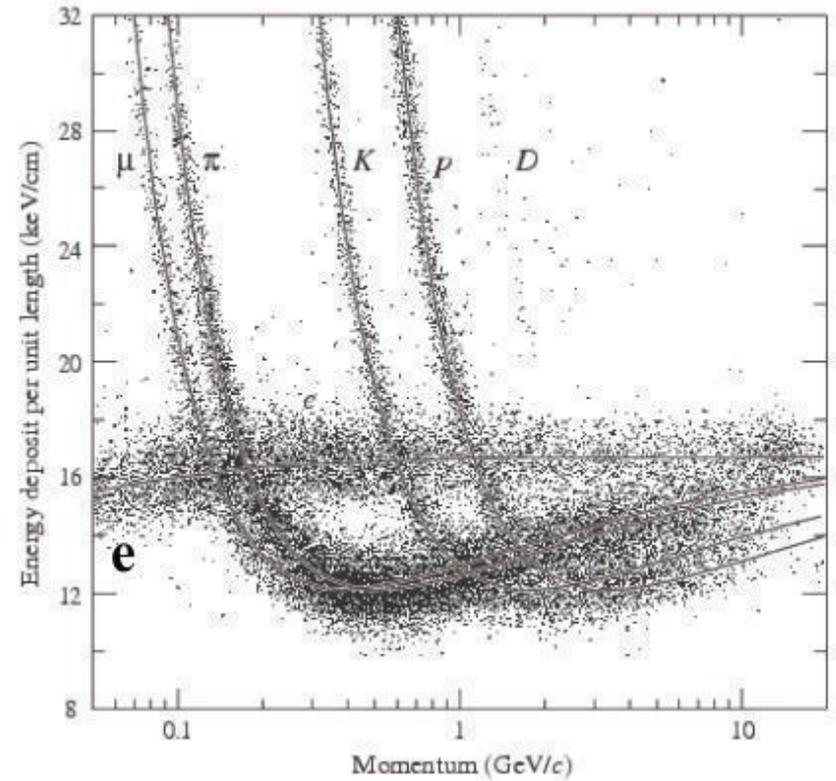
laurent chevalier

# Interaction particules / matière

## Calcul



## Mesures



laurent chevalier

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

# Interaction particules / matière

## Particules détectées par leur interaction avec la matière

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

## Principalement par des mécanismes électromagnétiques

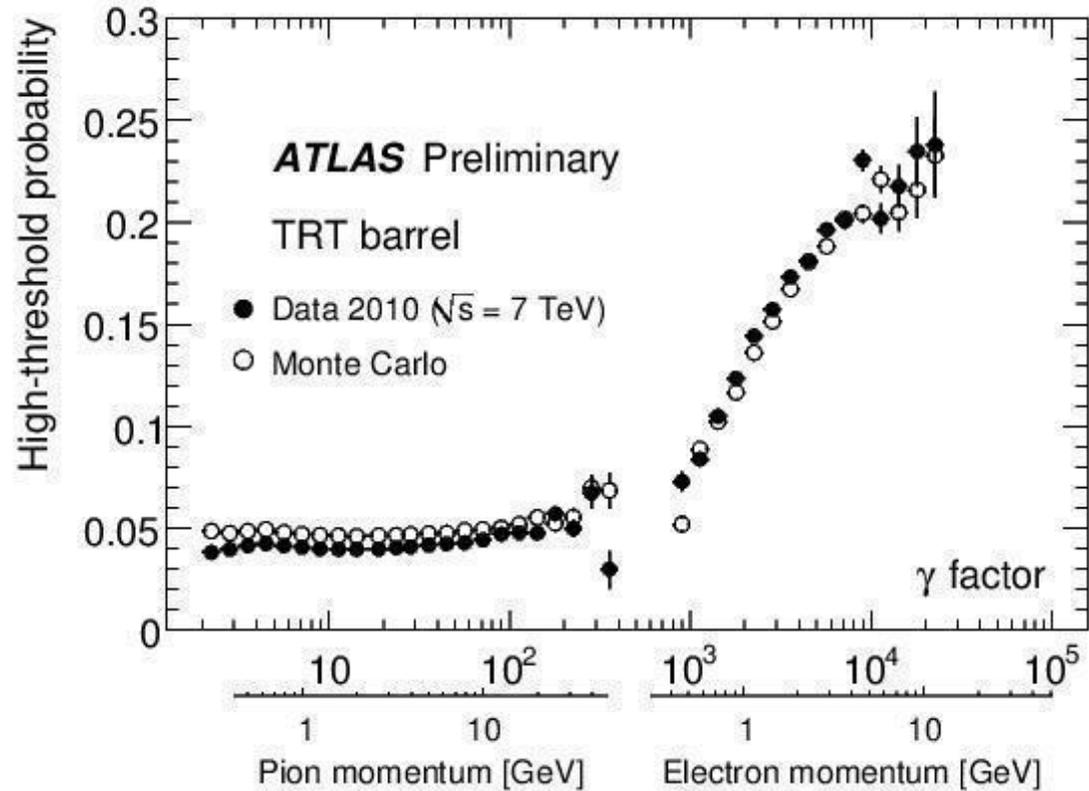
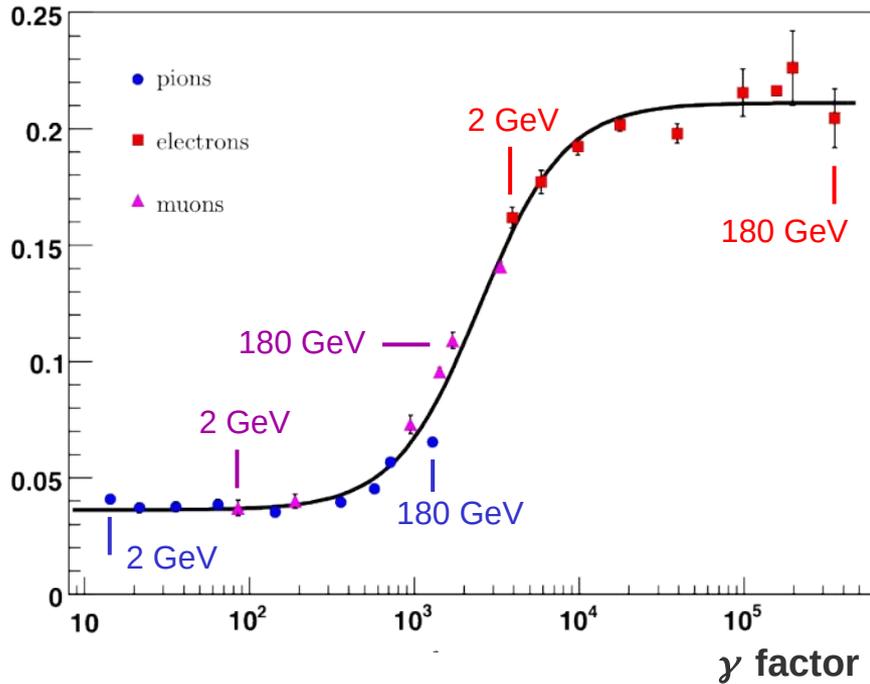
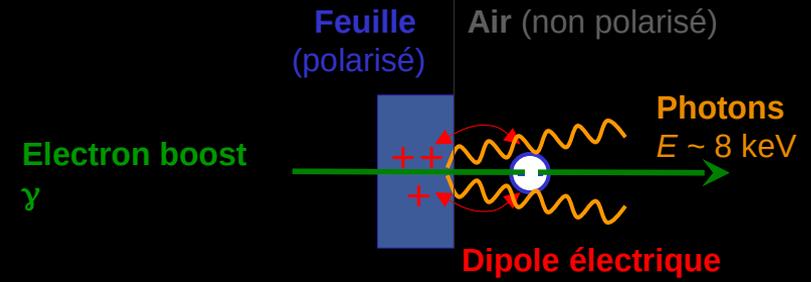
- Ionisation, excitation
- rayonnement
  - Transition
  - Cherenkov
  - Bremsstrahlung (synchrotron)

## Perturbations

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

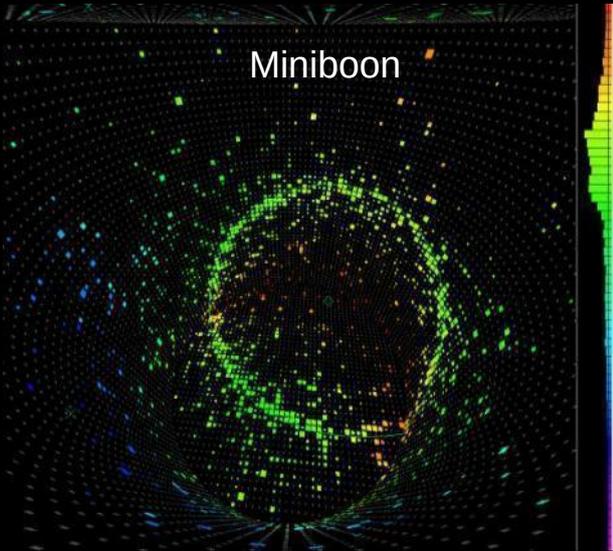
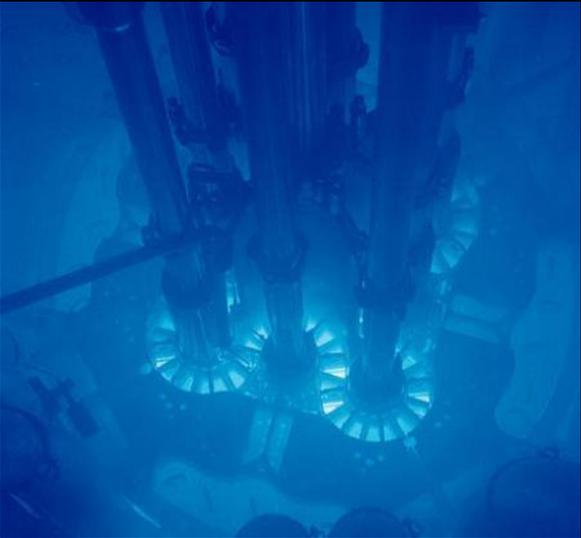
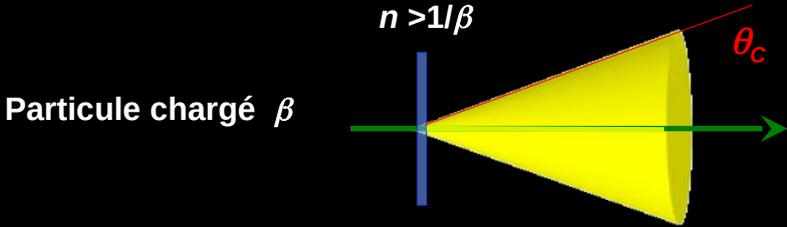
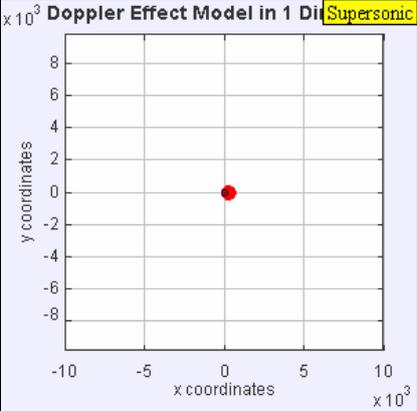
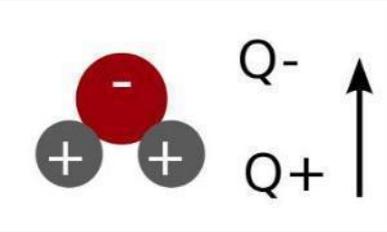
# Interaction particules / matière

## Rayonnement de transition



# Interaction particules / matière

## Cherenkov



laurent chevalier

# Interaction particules / matière

## Particules détectées par leur interaction avec la matière

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

## Principalement par des mécanismes électromagnétiques

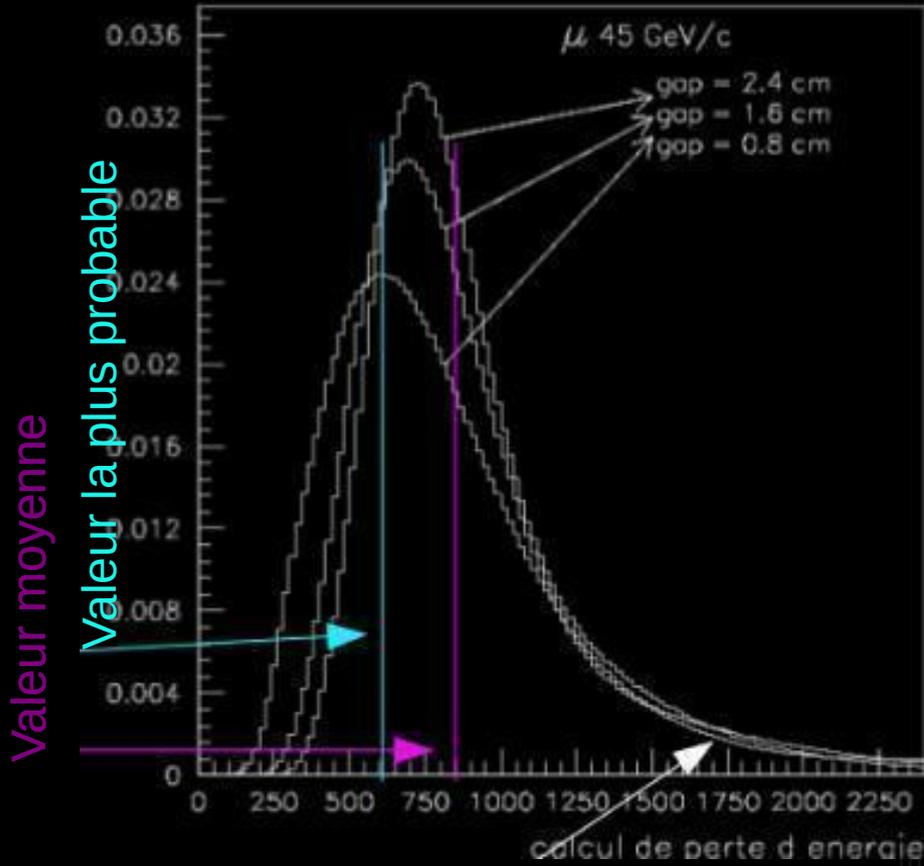
- Ionisation, excitation
- rayonnement
  - Transition
  - Cherenkov
  - Bremsstrahlung (synchrotron)

## Perturbations

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

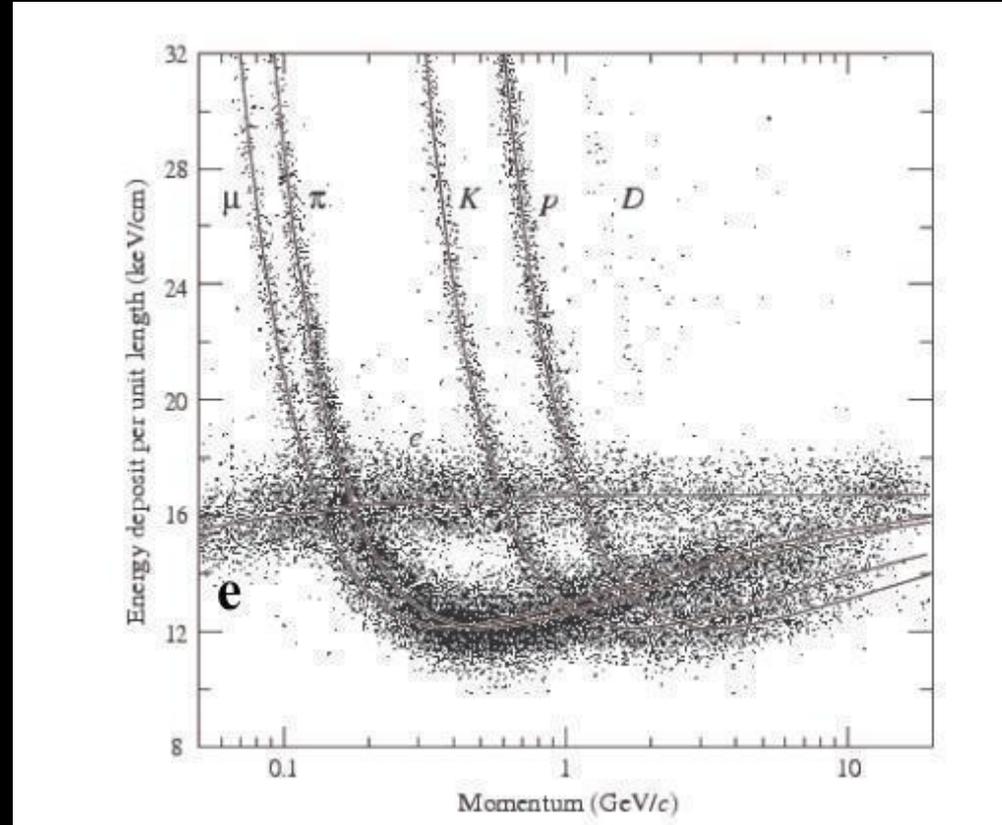
# Interaction particules / matière

## Fluctuations de Landau



$\delta$  ray grandes fluctuations

## Mesures



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



# Interaction particules / matière

## Création de paires

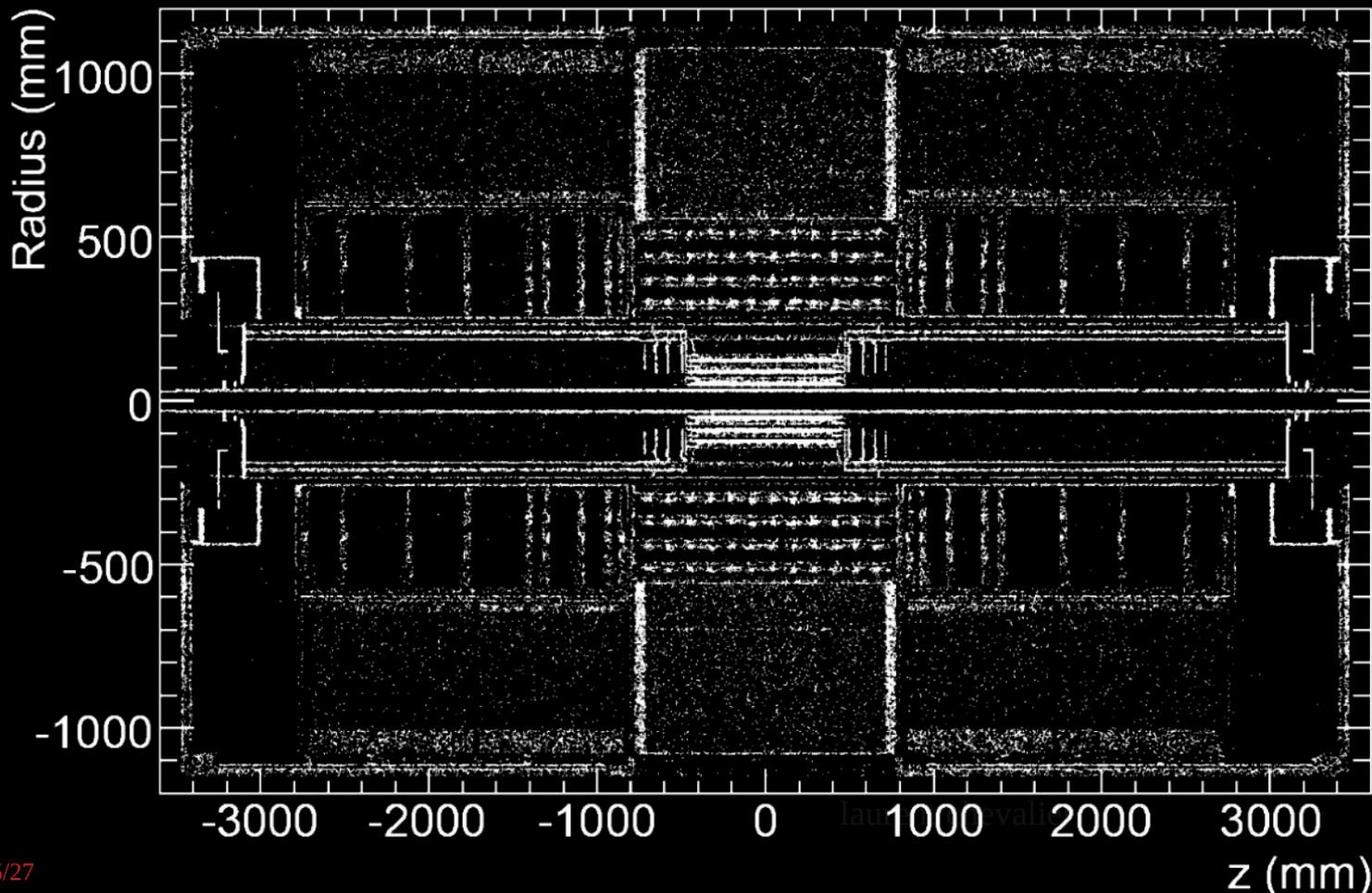
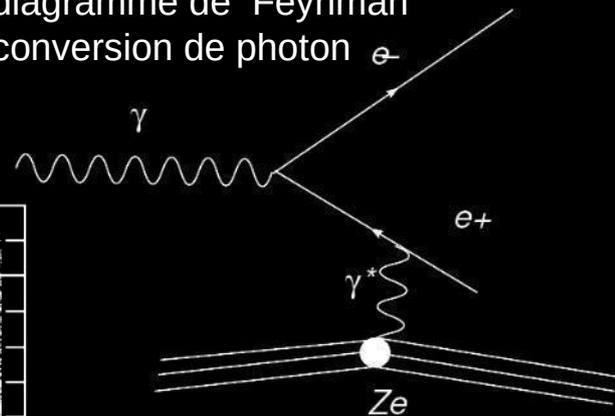


diagramme de Feynman  
conversion de photon  $e^-$



# Détecteurs en Vrac

11 Mars au 13 Mars, Fréjus

- 1/ Détecter quoi  $\leftrightarrow$  pourquoi (1h)
- 2/ Interaction particules matière (1h)
- 3/ Généralités sur les détecteurs (1h)
- 4/ Application sociétales (1h)
- 5/ Exemple avec D0/ATLAS (Fermilab/CERN) (1h)



laurent chevalier