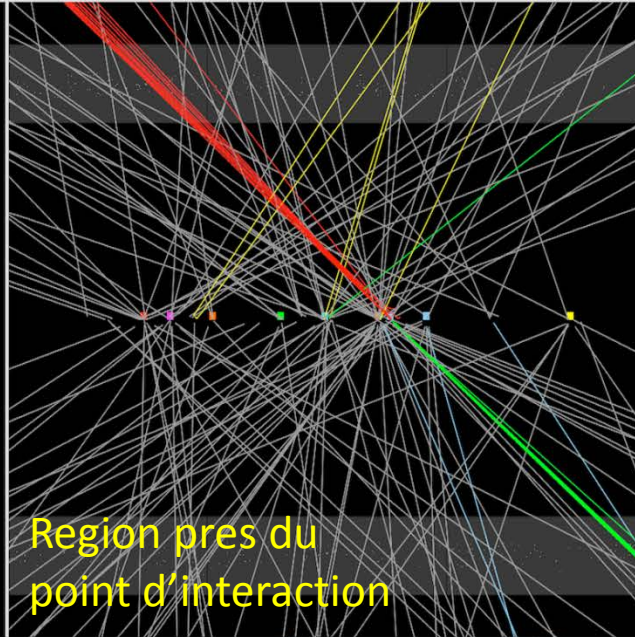


Visualisation d'un événement

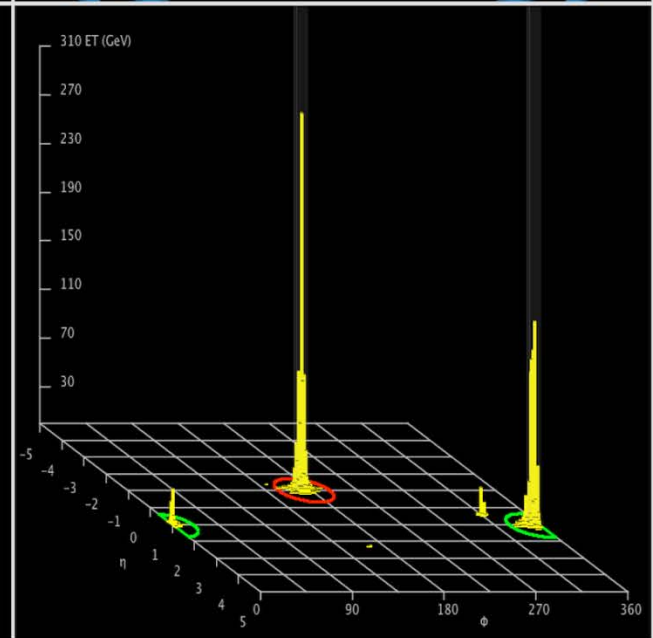
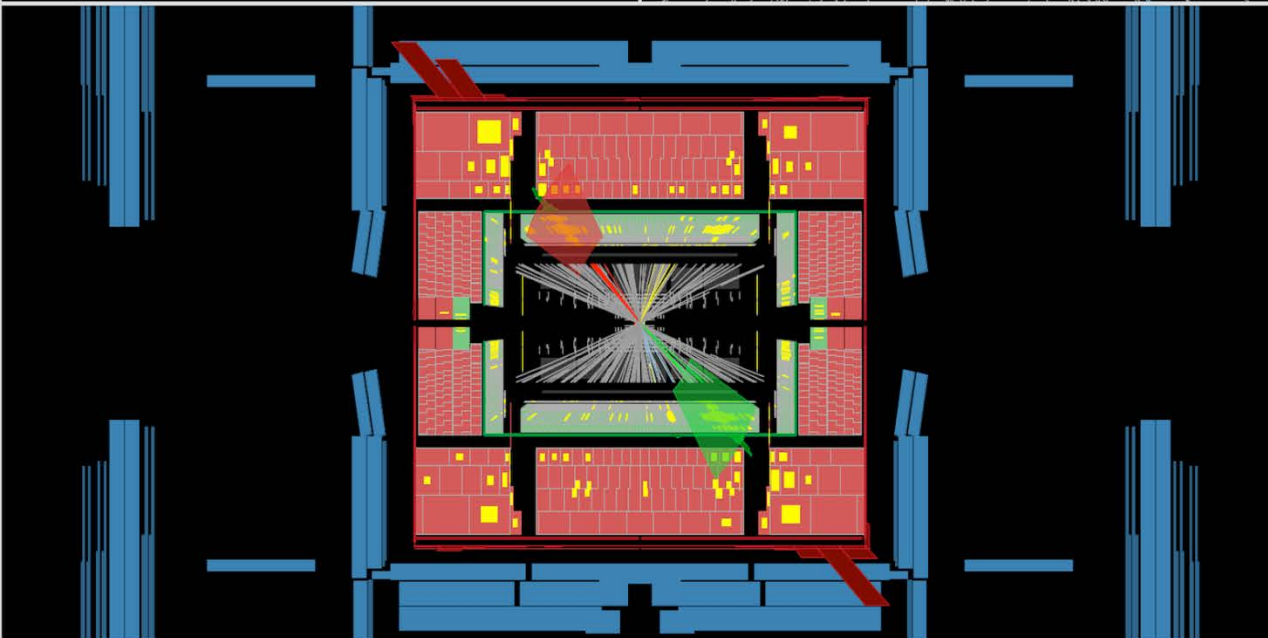
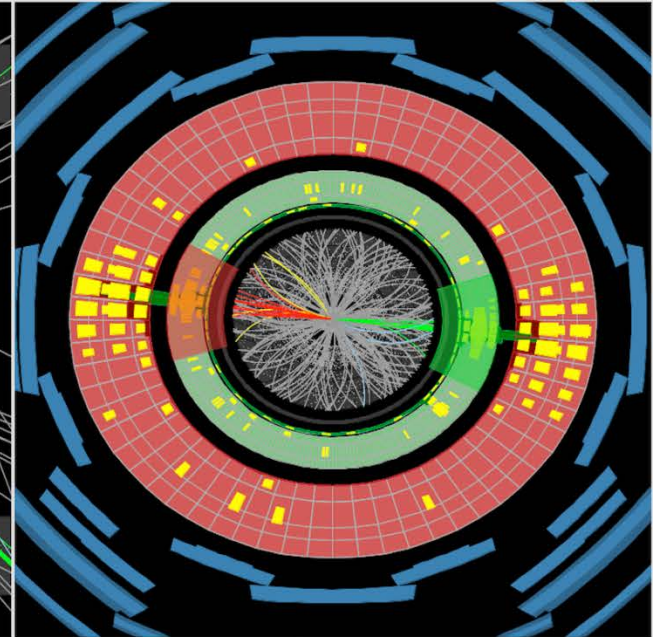


Run Number: 201269, Event Number: 80898559

Date: 2012-04-14 22:30:13 CEST

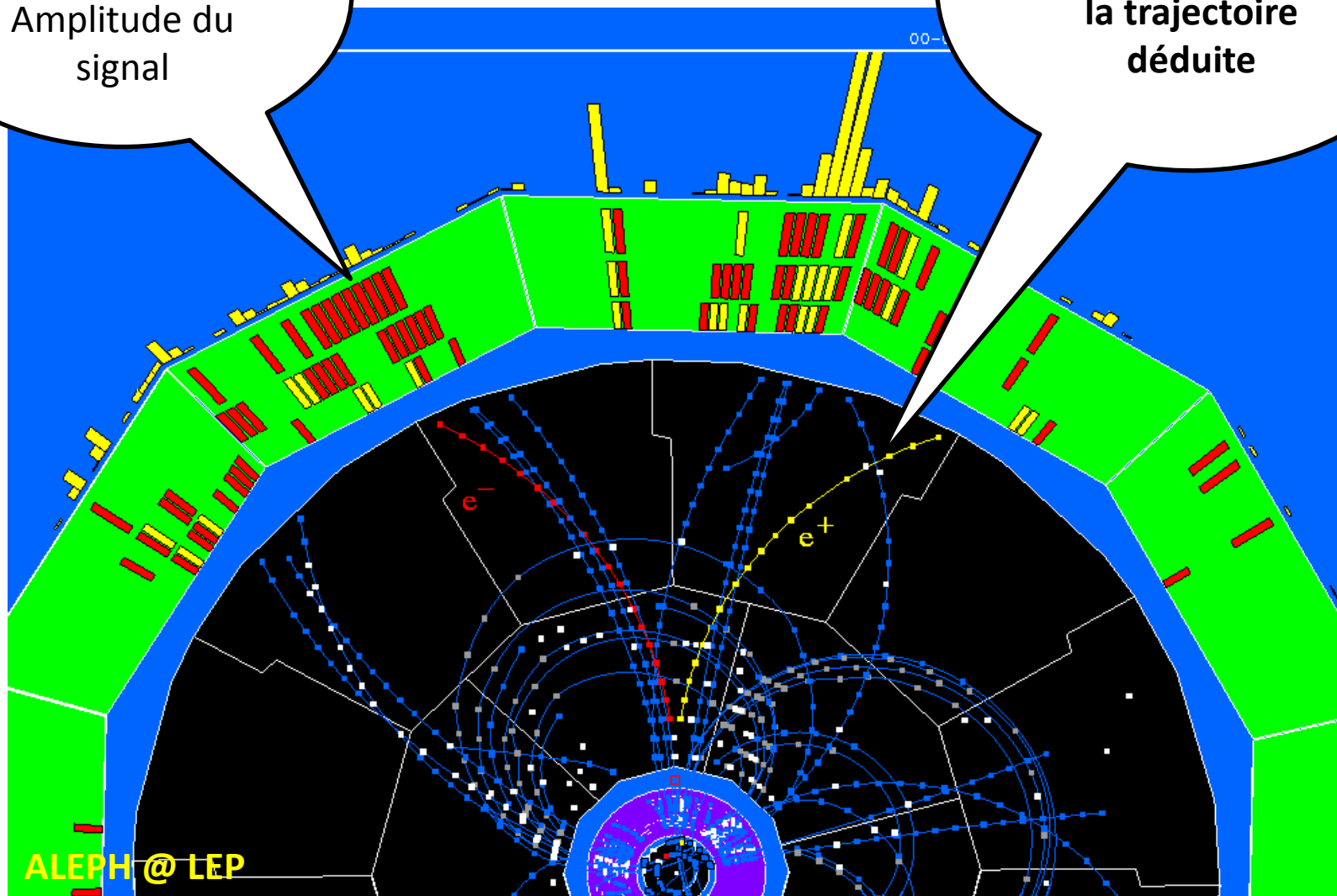


Region pres du point d'interaction



Segmentation du calorimètre ;
Amplitude du signal

Points de mesure ;
la ligne représente
la trajectoire
déduite



ALEPH @ LEP

Muon Spectrometer

Hadronic Calorimeter

Electromagnetic Calorimeter

Solenoid magnet

Tracking

Transition Radiation Tracker

Pixel/SCT detector

Proton

Neutron

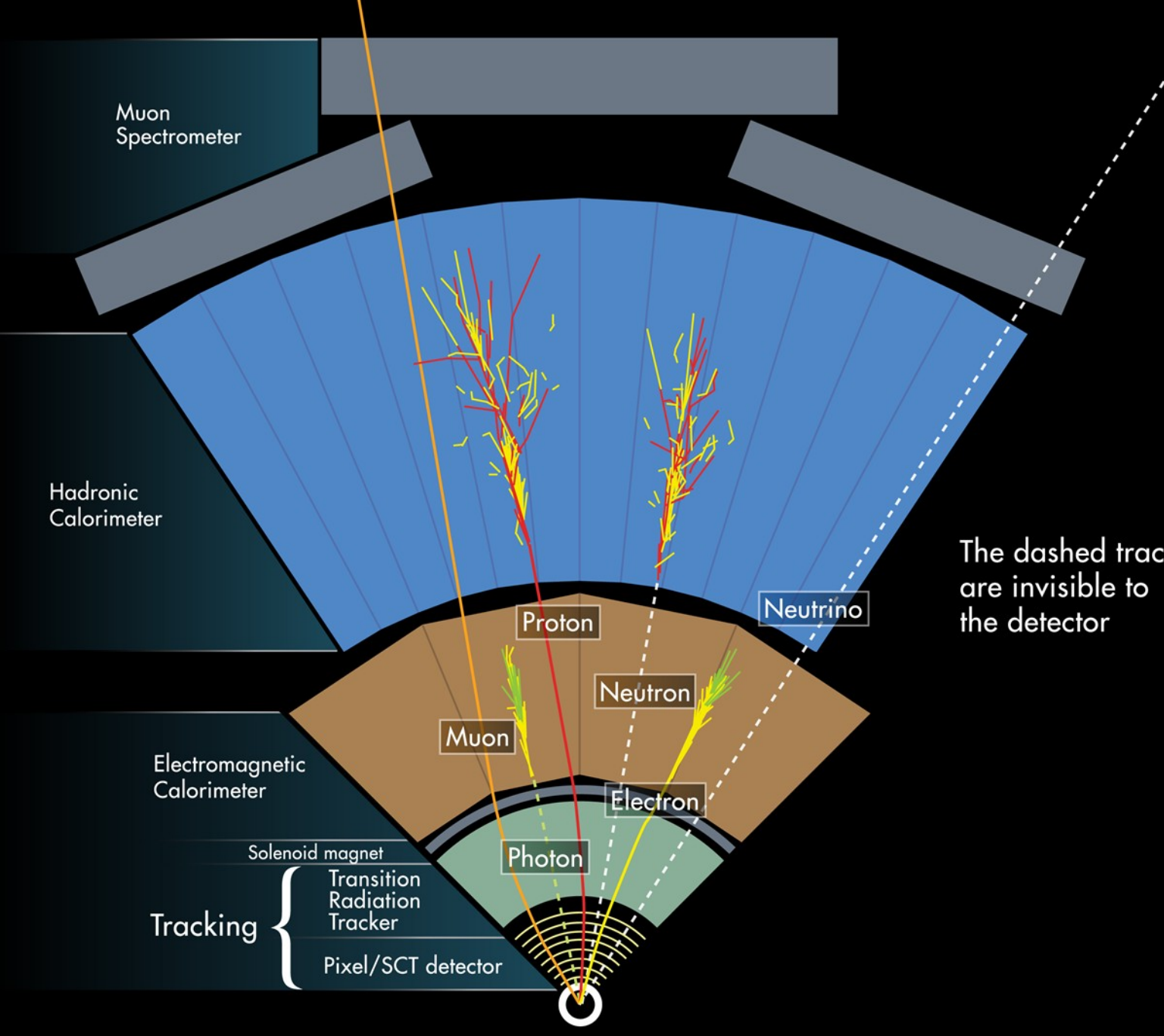
Muon

Electron

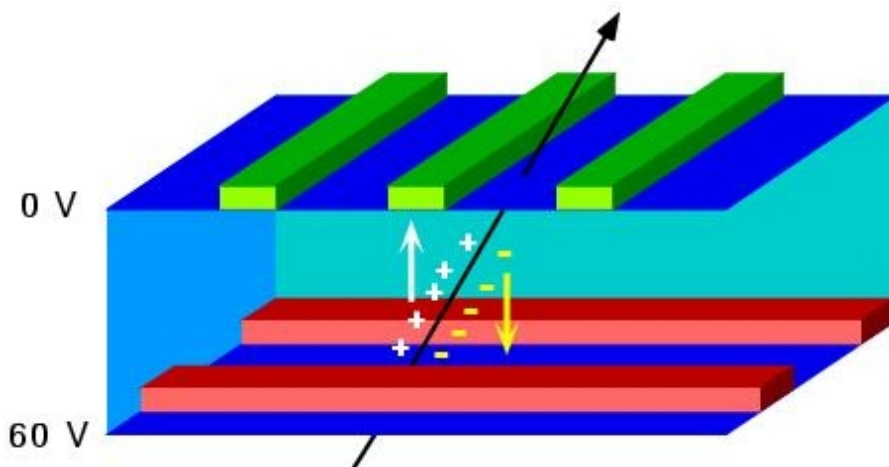
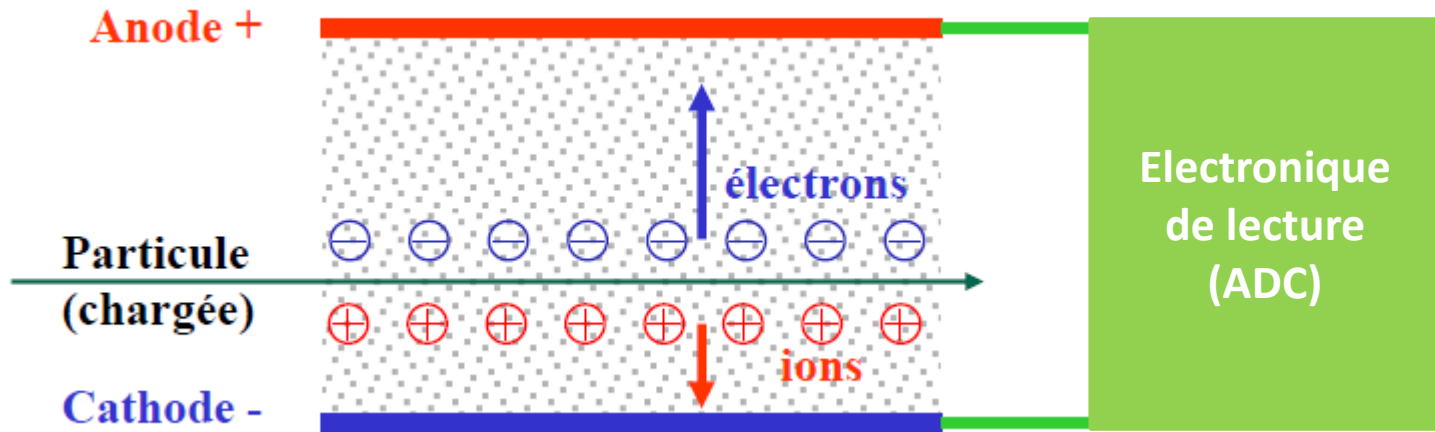
Photon

Neutrino

The dashed tracks are invisible to the detector



Principe de base de détection



Segmentation des détecteurs

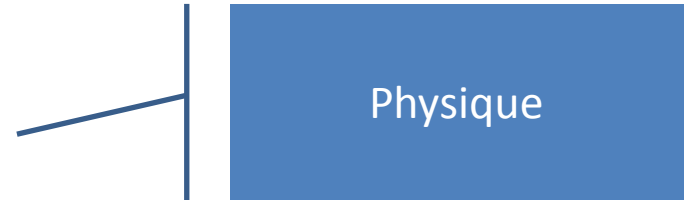
A quoi sert la simulation en physique des hautes energies

- **Recherche et developpement**
 - Etudier de nouveaux concepts instrumentaux
 - Optimisation des futurs détecteurs
- **Phase d'exploitation**
 - Prédire ce qui est connu (fond)
 - Optimisation des analyses
 - Comprendre les problèmes

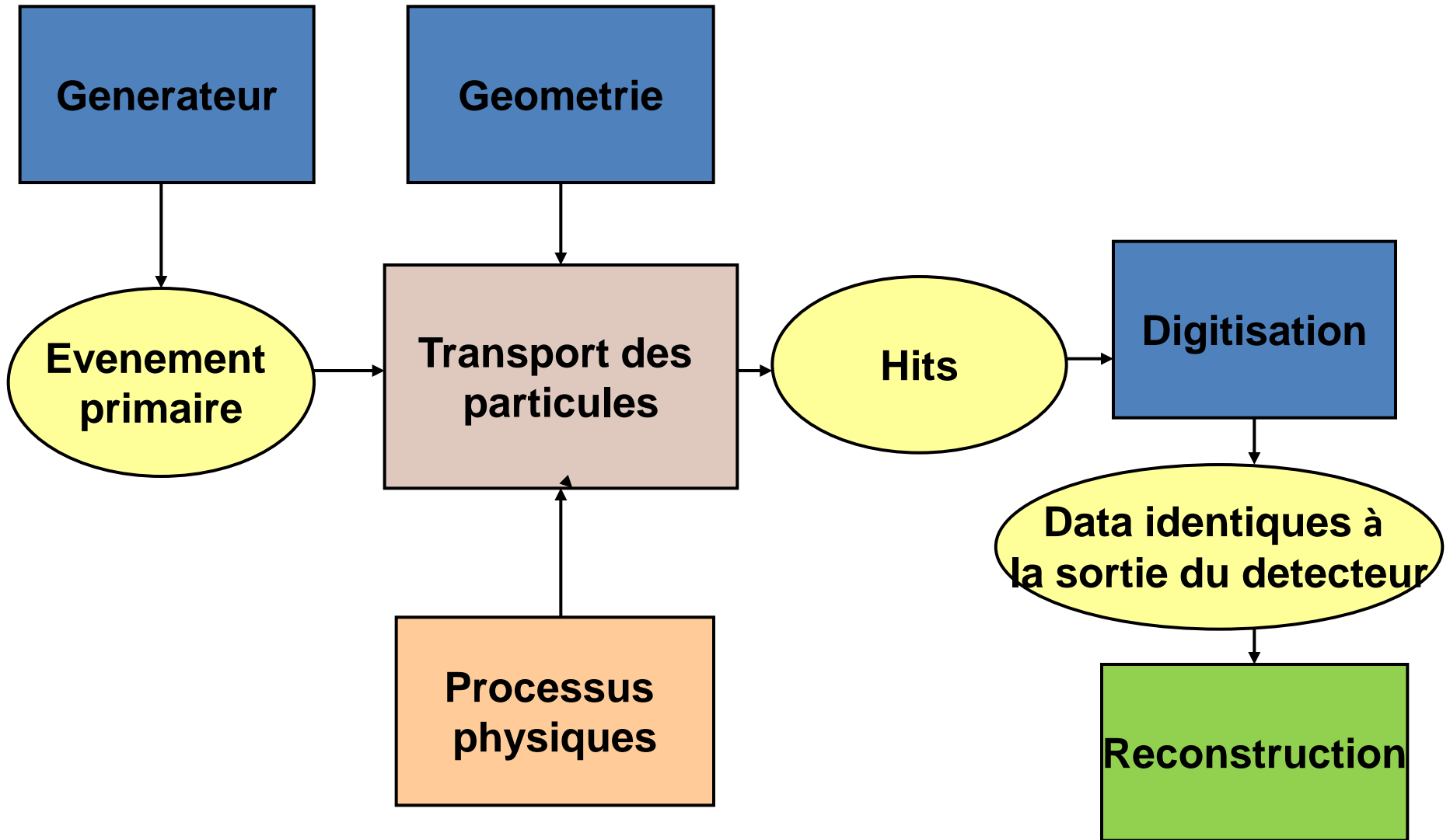
Les phases de simulation

- Générateurs d'événements (Interactions primaires):

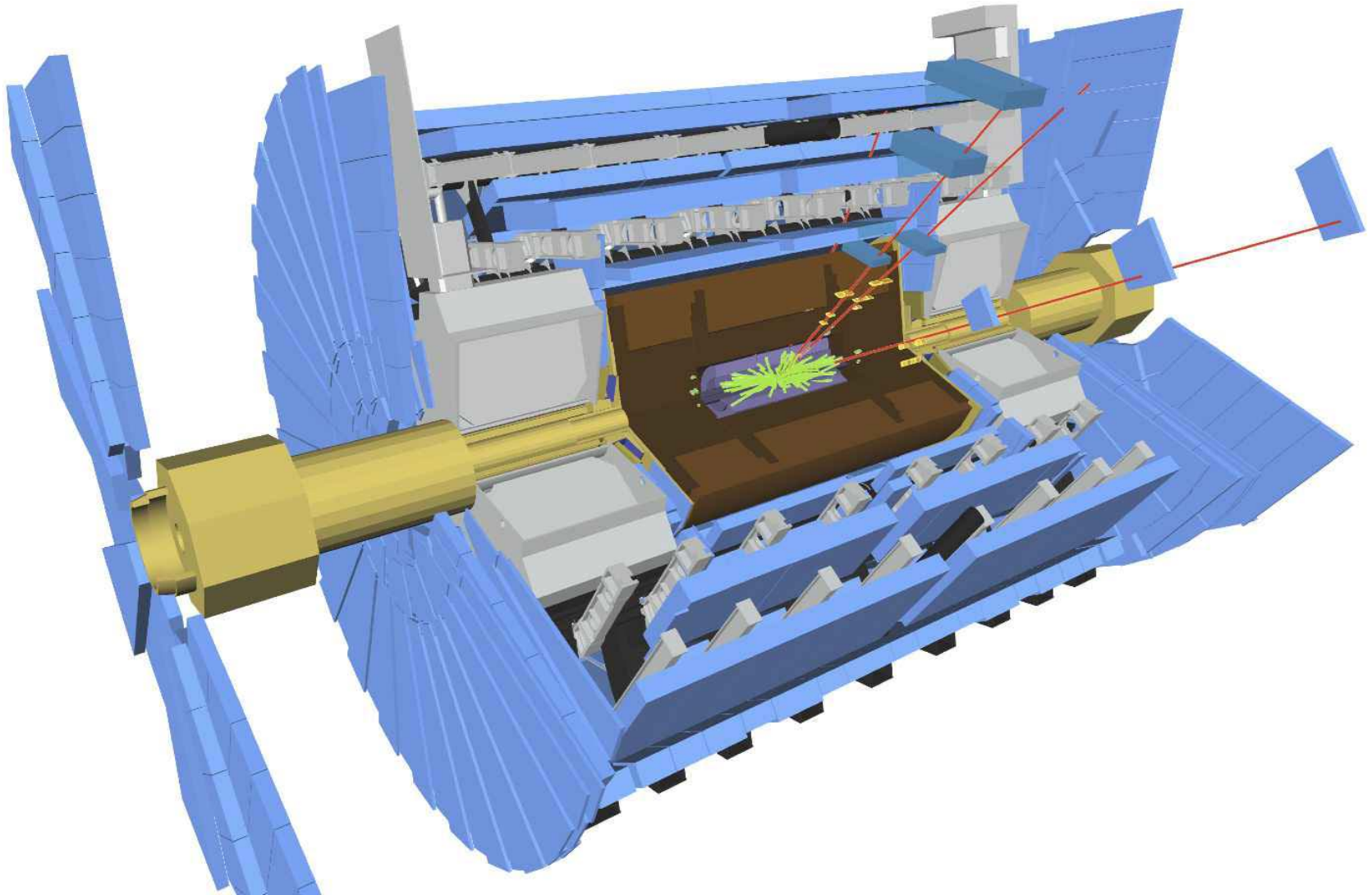
- LHC (Atlas) : $pp \rightarrow x y z \dots$
- LEP : $e^+e^- \rightarrow x y z \dots$



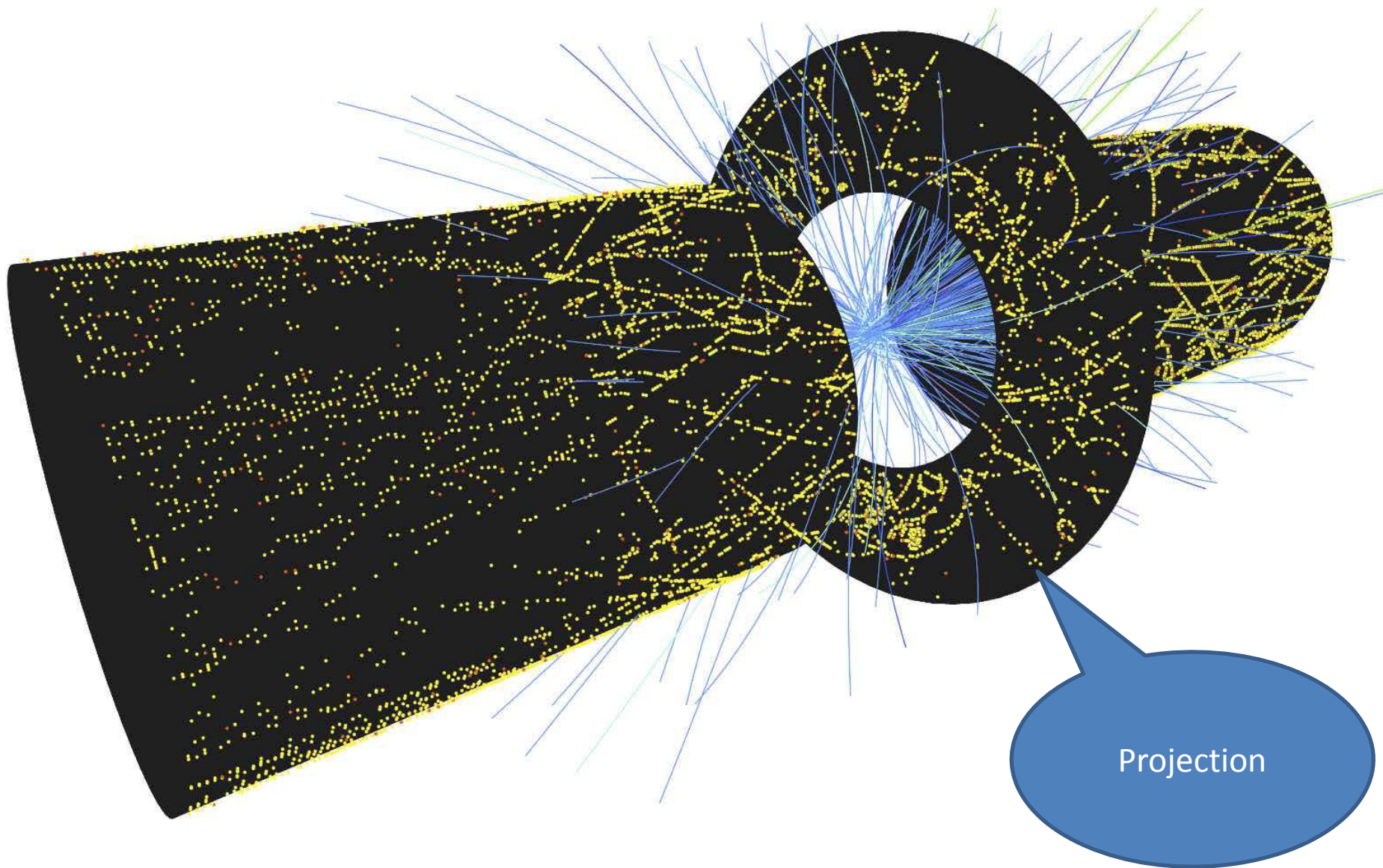
- Le détecteur
 - Géométrie
 - Matériaux
- Le transport des particules x, y, z dans le détecteur
 - → la réponse du détecteur simulée



$pp \rightarrow H + \dots$
 $et H \rightarrow ZZ \rightarrow \mu\mu\mu\mu$



Detecteur central



Simulation = Méthode Monte-Carlo



Le terme **méthode de Monte-Carlo**, ou **méthode Monte-Carlo**, désigne une famille de méthodes algorithmiques visant à calculer une valeur numérique approchée en utilisant des [procédés aléatoires](#), c'est-à-dire des techniques probabilistes. (Def Wikipedia)

Methode de Laplace

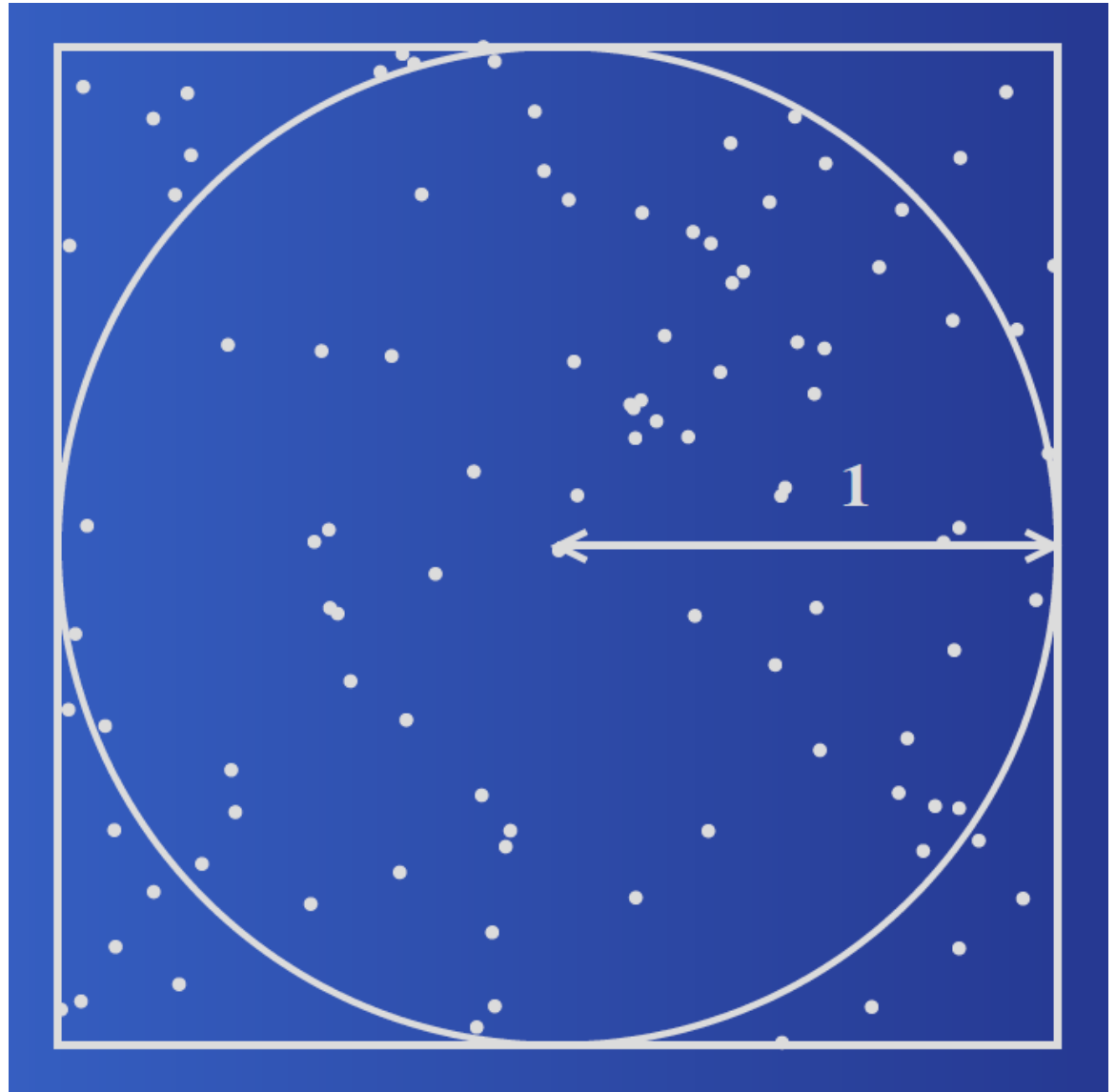
Surface du carré : 4

Surface du cercle :

π

Distribution
aléatoires de
points:

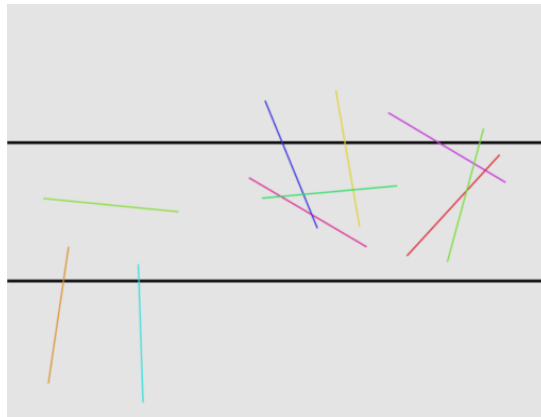
$N_c/N \rightarrow \pi/4$



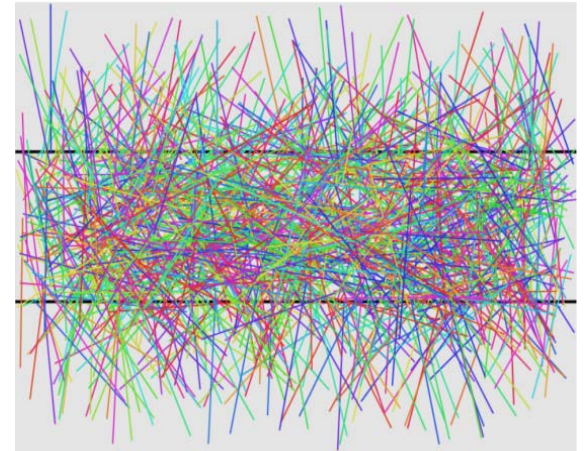
Aiguille de Buffon



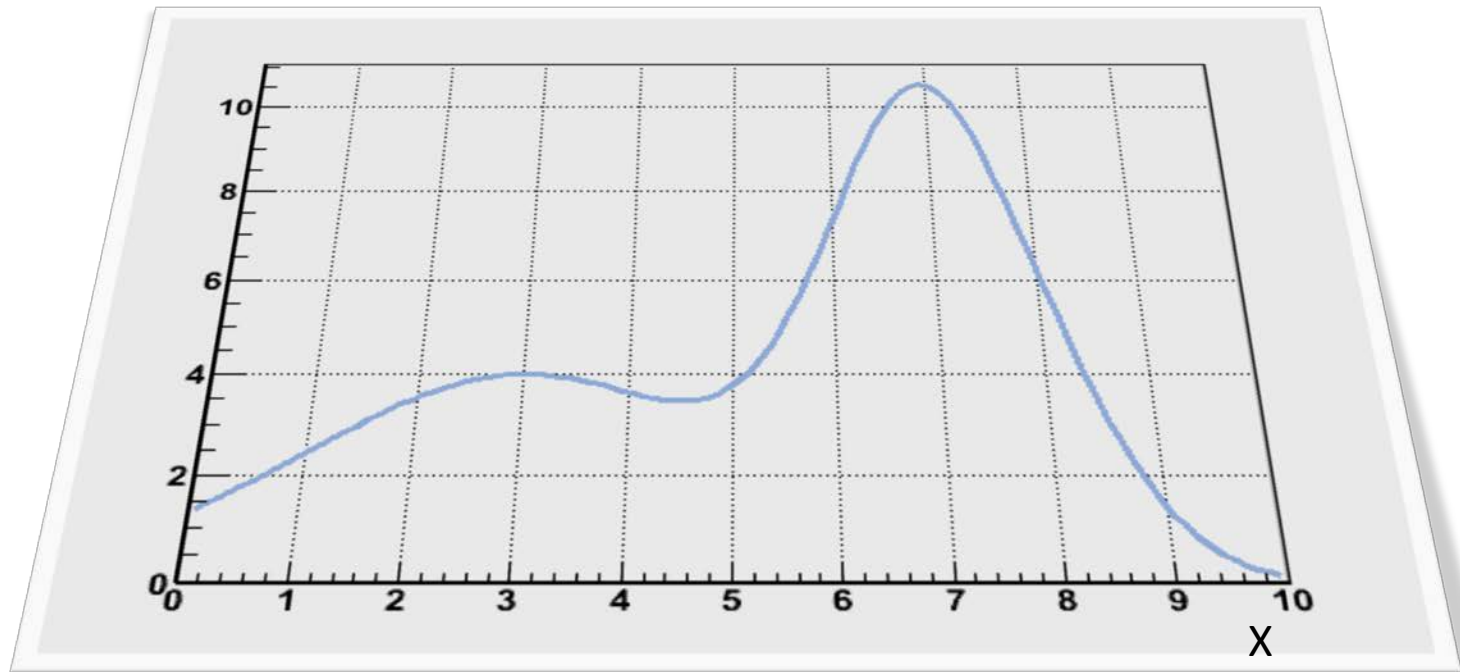
10 aiguilles
 $\pi = 3,33$ (30%)



1000 aiguilles
 $\pi = 3,125$ (3%)



Le B-A-BA de la simulation (1)



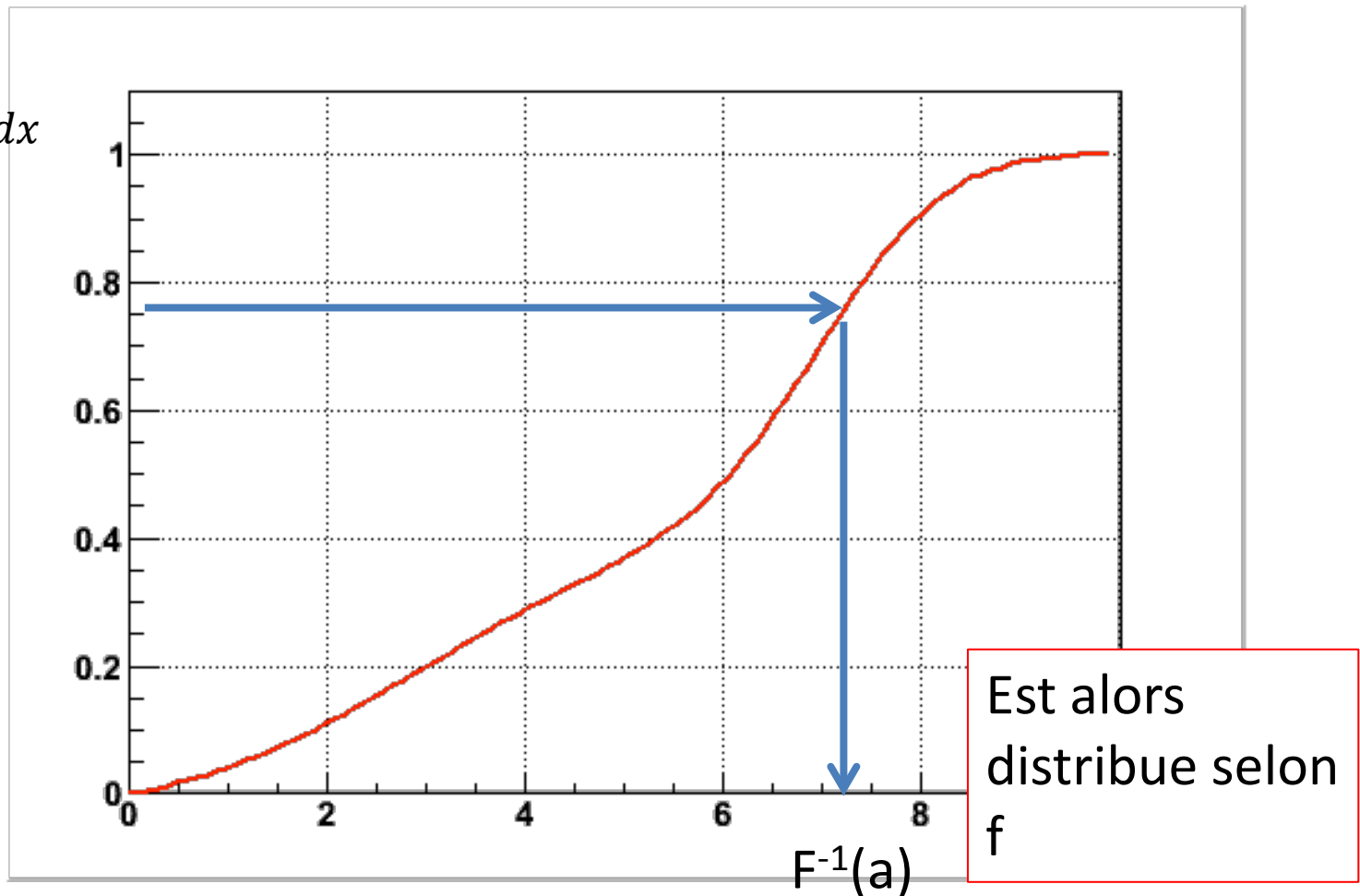
La variable x est distribuée aléatoirement x selon $f(x)$.
Comment obtenir cette distribution par simulation ?

Le B-A-BA (2)

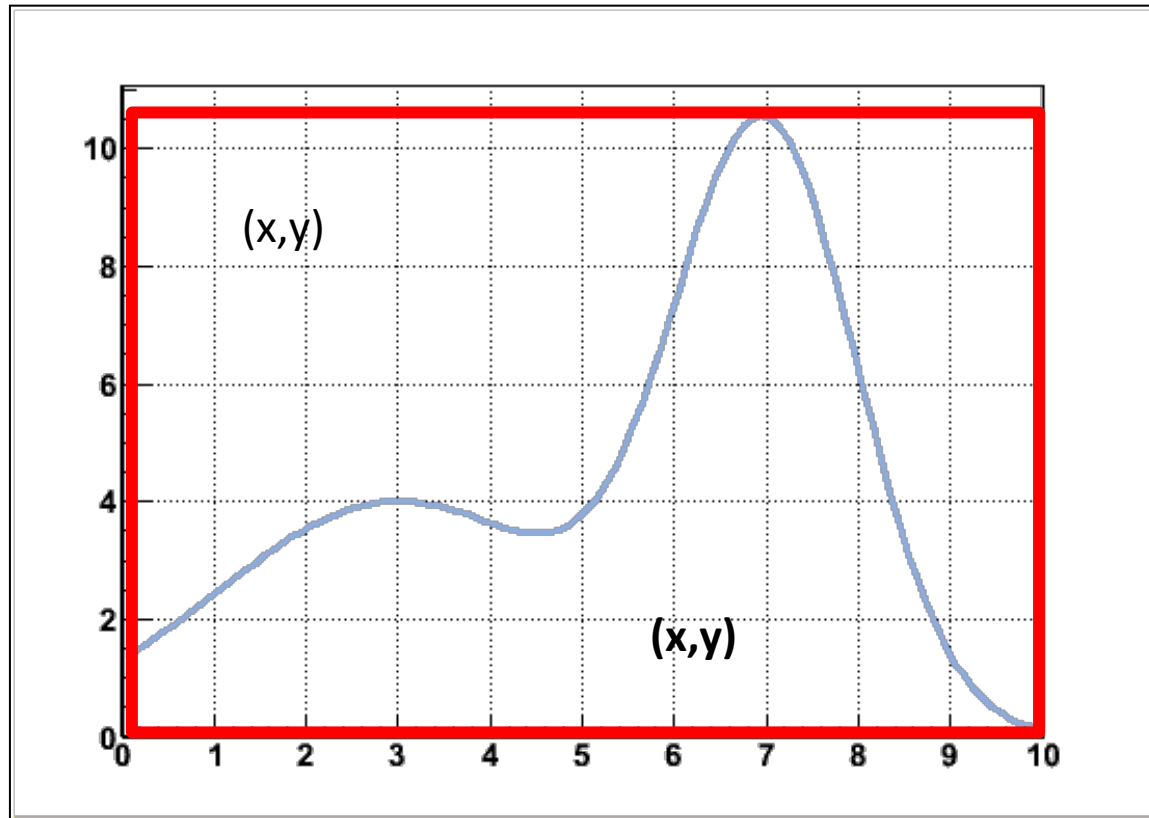
$F(a)$ représente la probabilité que $x < a$.

$F(a)$ est distribuée de façon **uniforme** entre 0 et 1 (théoreme)

$$F(a) = \int_{-\infty}^a f(x) dx$$



Le B-A-BA (3) : cas de forme plus complexes



Autre méthode : générer des couples de nombres dans le plan x,y .

Si $y > f(x)$: rejet

Si $y < f(x)$: acceptation

ALL ABOUT SIMULATION IS

Produire des nombres aléatoires entre 0 et 1

Et quelques lignes de code ...

- GEANT : GEometry And TRacking

Geant 4

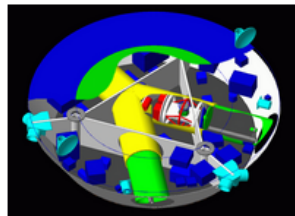
Geant4 is a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter. Its areas of application include high energy, nuclear and accelerator physics, as well as studies in medical and space science. The three main reference papers for Geant4 are: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* **506** (2003) 250-303, *IEEE Transactions on Nuclear Science* **53** No. 1 (2006) 270-278, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* **835** (2016) 186-225.

Applications



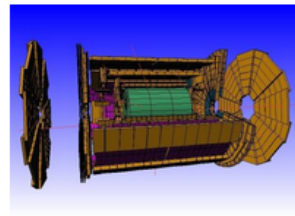
[A sampling of applications, technology transfer and other uses of Geant4](#)

User Support



[Getting started, guides and information for users and developers](#)

Publications



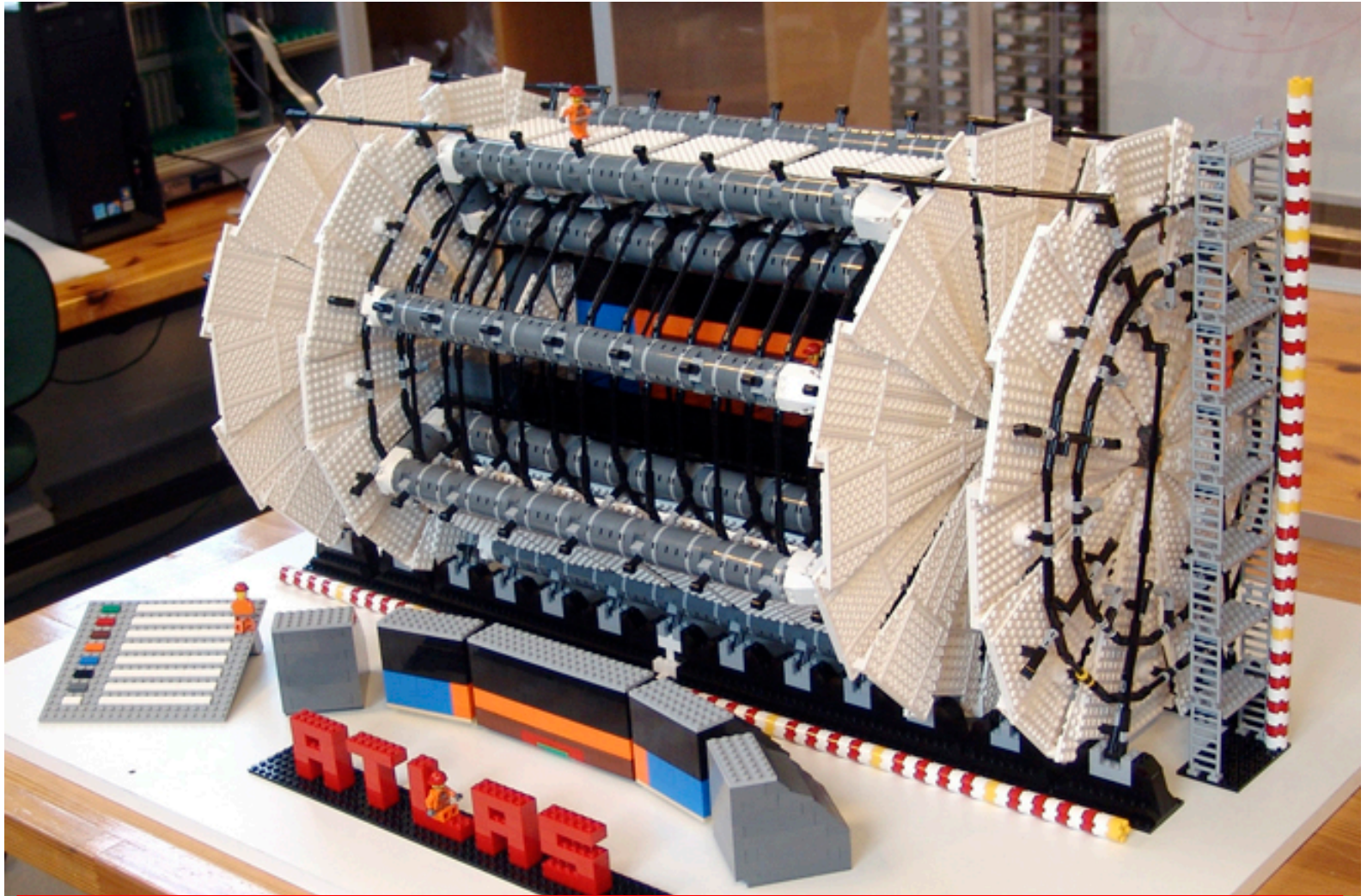
[Validation of Geant4, results from experiments and publications](#)

Collaboration



[Who we are: collaborating institutions, members, organization and legal information](#)

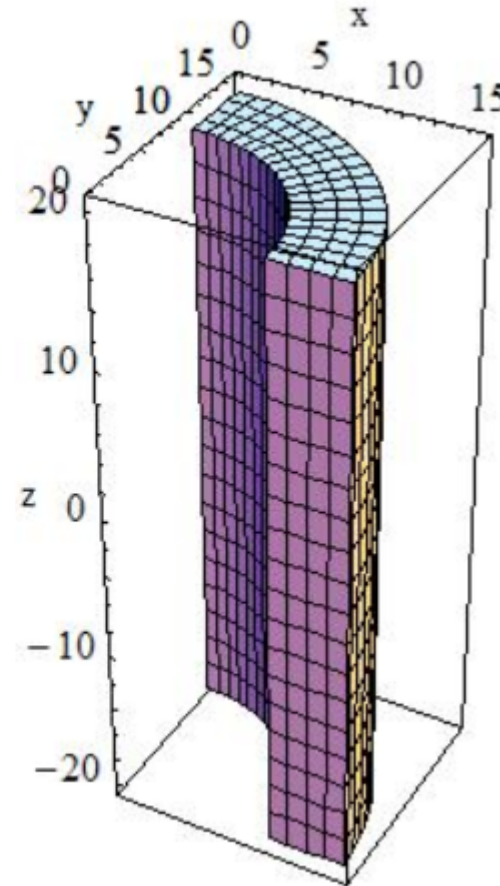
Le detecteur

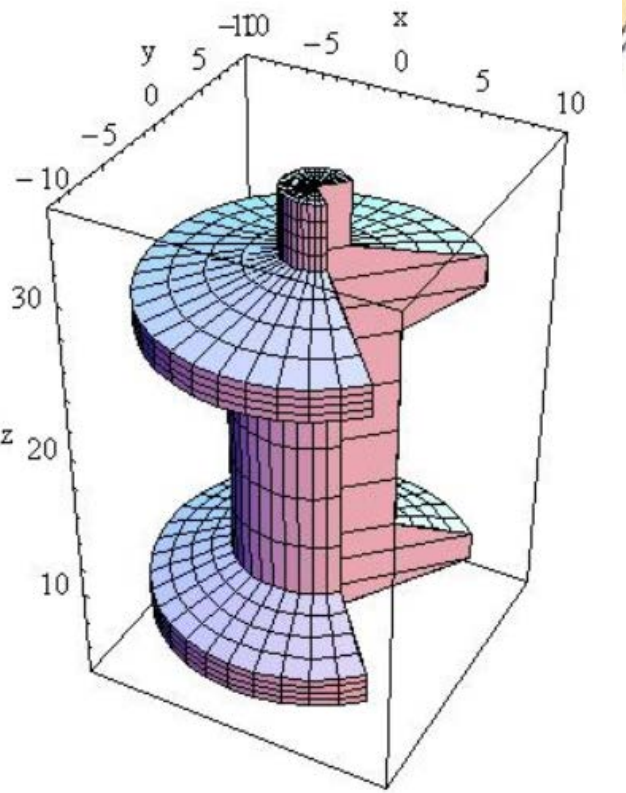
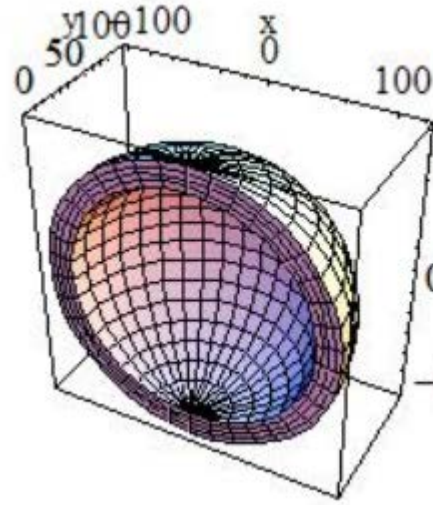
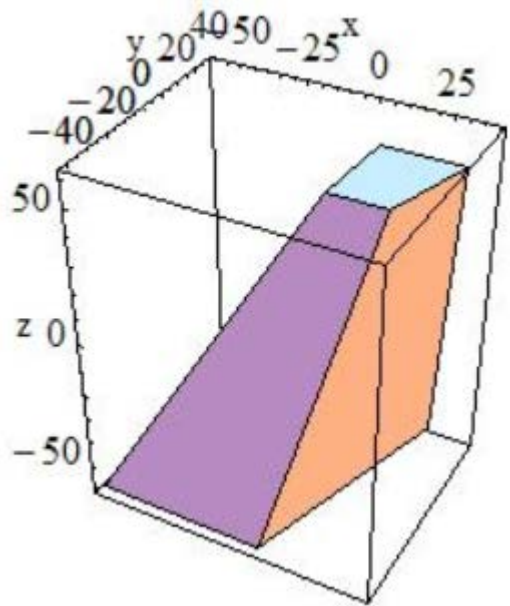
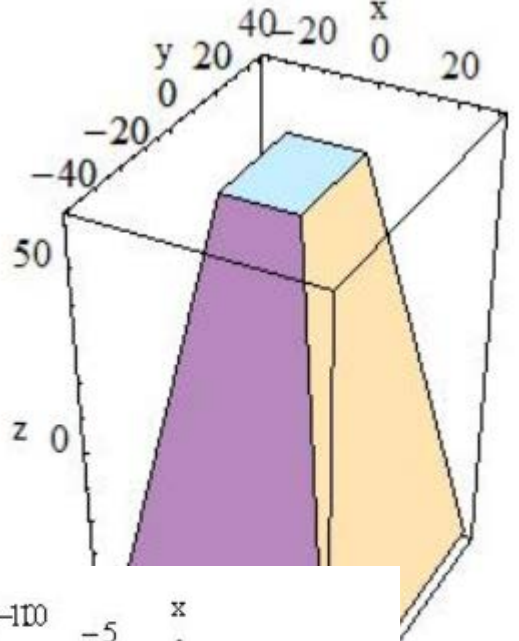
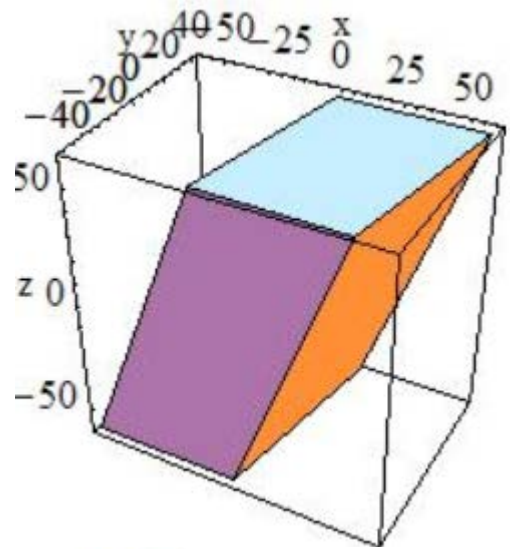
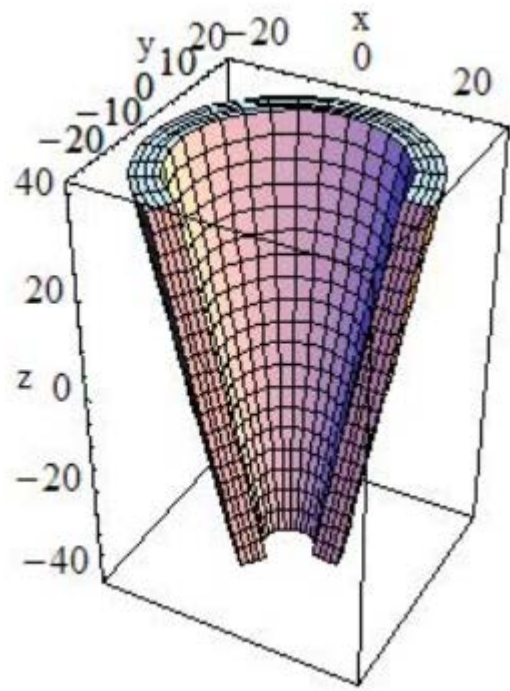


Est décrit comme un assemblage de volumes de matériaux différents le plus précisément possible

Chaque volume est décrit par une méthode

```
G4Tubs(const G4String& pName,  
        G4double pRMin,  
        G4double pRMax,  
        G4double pDz,  
        G4double pSPhi,  
        G4double pDPhi)
```





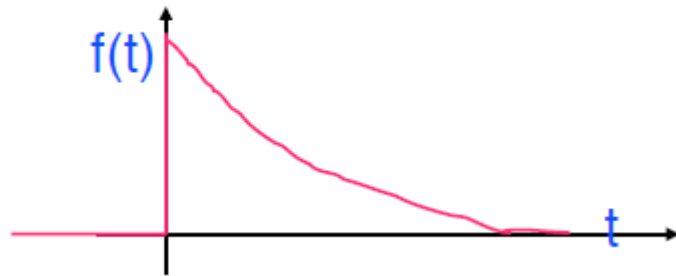
Exemple : cas d'une particule instable

ie qui se desintegre en d'autres particules

$\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$	(99.9877 %)
$\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \gamma$	(2.00×10^{-4} %)
$\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$	(1.23×10^{-4} %)
$\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e \gamma$	(7.39×10^{-7} %)
$\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e \pi^0$	(1.036×10^{-8} %)
$\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e e^+ e^-$	(3.2×10^{-9} %)

1 nombre aléatoire pour choisir le mode de désintégration

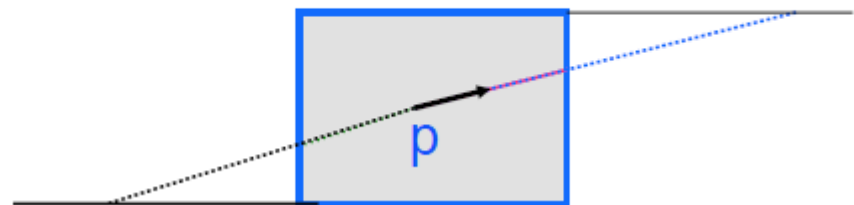
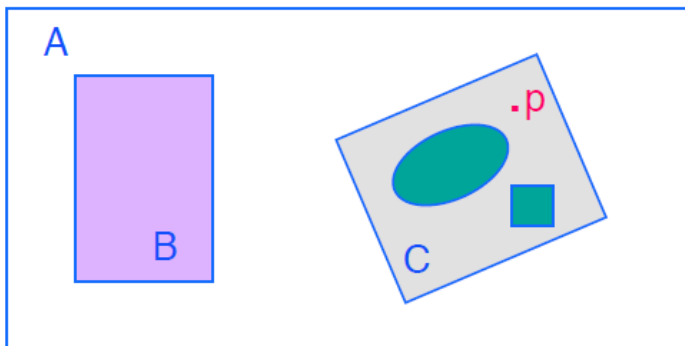
π se désintègre au bout d'un temps t distribué selon :



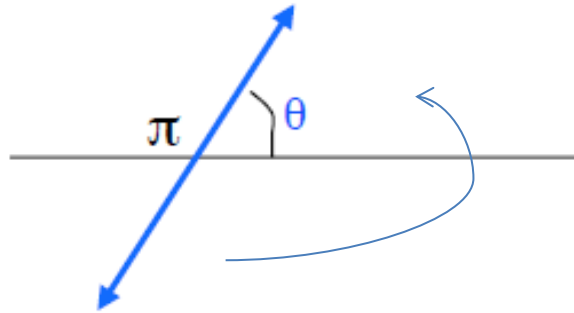
$$F(t) = \int_{-\infty}^t y dy$$

1 nombre aléatoire pour choisir le temps t

La particule va parcourir une distance $d = tV$. Dans quelle partie du détecteur se désintègre t'elle ? Partie sensible ou non



Et enfin



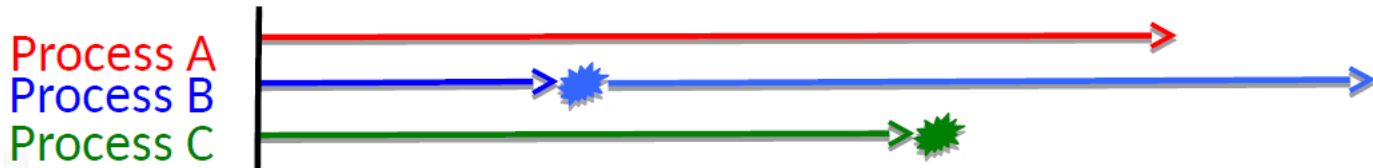
Choix des directions de désintégrations :

Au moins 2 nombres aléatoires

Au total : 4 nombres aléatoires pour le processus le + simple.

Et on a maintenant 2 à 4 particules à propager dans l'appareillage

Cas general



A chaque pas , il y a plusieurs processus en compétition :

- choisir le premier
- reevaluer les autres
- propager la particule

Geant 4

[Home](#) > [User Support](#) > [Process/model catalog](#) > [Particles](#)

Particles

- **bosons:** [charged geantino](#), [gamma](#), [geantino](#), [optical photon](#)
- **leptons:** [electron](#), [positron](#), [mu-](#), [mu+](#), [tau-](#), [tau+](#), [electron neutrino](#), [muon neutrino](#), [tau neutrino](#), [anti-electron neutrino](#), [anti-muon neutrino](#), [anti-tau neutrino](#)
- **mesons:** [pi+](#), [pi-](#), [pi0](#), [K+](#), [K-](#), [K0L](#), [K0S](#)
- **baryons:** [proton](#), [neutron](#), [lambda](#), [sigma+](#), [sigma-](#), [anti-proton](#), [anti-neutron](#), [anti-lambda](#), [anti-sigma+](#), [anti-sigma-](#)
- **ions:** [deuteron](#), [triton](#), [helium 3](#), [alpha](#), [generic ion](#)

general

- [G4Transportation](#)
- [G4Decay](#)

electromagnetic

- [G4MultipleScattering](#)
- [G4hIonisation](#)
- [G4hLowEnergyIonisation](#)
- [G4Cerenkov](#)
- [G4Scintillation](#)
- [G4ForwardXrayTR](#)
- [G4GammaXTRadiator](#)
- [G4RegularXTRadiator](#)
- [G4StrawTubeXTRadiator](#)
- [G4TransparentRegXTRadiator](#)

hadronic

- [G4HadronElasticProcess](#)
- [G4PionPlusInelasticProcess](#)

Geant 4

[Home](#) > [User Support](#) > [Process/model catalog](#) > [Particles](#)

Particles

- **bosons:** [charged geantino](#), [gamma](#), [geantino](#), [optical photon](#)
- **leptons:** [electron](#), [positron](#), [mu-](#), [mu+](#), [tau-](#), [tau+](#),
[electron neutrino](#), [muon neutrino](#), [tau neutrino](#), [anti electron neutrino](#)
- **mesons:** [pi+](#), [pi-](#), [pi0](#), [K+](#), [K-](#), [K0L](#), [K0S](#)
- **baryons:** [proton](#), [neutron](#), [lambda](#), [sigma+](#), [sigma-](#), [sigma0](#), [xi-](#), [xi0](#),
[anti-proton](#), [anti-neutron](#), [anti-lambda](#), [anti-sigma+](#), [anti-sigma-](#), [anti-sigma0](#), [anti-xi-](#), [anti-xi0](#)
- **ions:** [deuteron](#), [triton](#), [helium 3](#), [alpha](#), [generic ion](#)

general

- [G4Transportation](#)

electromagnetic

- [G4MultipleScattering](#)
- [G4eIonisation](#)
- [G4LowEnergyIonisation](#)
- [G4PenelopeIonisation](#)
- [G4eBremsstrahlung](#)
- [G4LowEnergyBremsstrahlung](#)
- [G4PenelopeBremsstrahlung](#)
- [G4SynchrotronRadiation](#)
- [G4Cerenkov](#)
- [G4Scintillation](#)
- [G4ForwardXrayTR](#)
- [G4GammaXTRadiator](#)
- [G4RegularXTRadiator](#)
- [G4StrawTubeXTRadiator](#)
- [G4TransparentRegXTRadiator](#)

hadronic

- [G4ElectronNuclearProcess](#)

Geant 4

[Home](#) > [User Support](#) > [Process/model catalog](#) > **Particles**

Particles

- **bosons:** [charged geantino](#), [gamma](#), [geantino](#), [optical photon](#)
- **leptons:** [electron](#), [positron](#), [mu-](#), [mu+](#), [tau-](#), [tau+](#),
[electron neutrino](#), [muon neutrino](#), [tau neutrino](#), [anti electron neutrino](#)
- **mesons:** [pi+](#), [pi-](#), [pi0](#), [K+](#), [K-](#), [K0L](#), [K0S](#)
- **baryons:** [proton](#), [neutron](#), [lambda](#), [sigma+](#), [sigma-](#), [sigma0](#), [xi-](#),
[anti-proton](#), [anti-neutron](#), [anti-lambda](#), [anti-sigma+](#), [anti-sigma-](#)
- **ions:** [deuteron](#), [triton](#), [helium 3](#), [alpha](#), [generic ion](#)

general

- [G4Transportation](#)

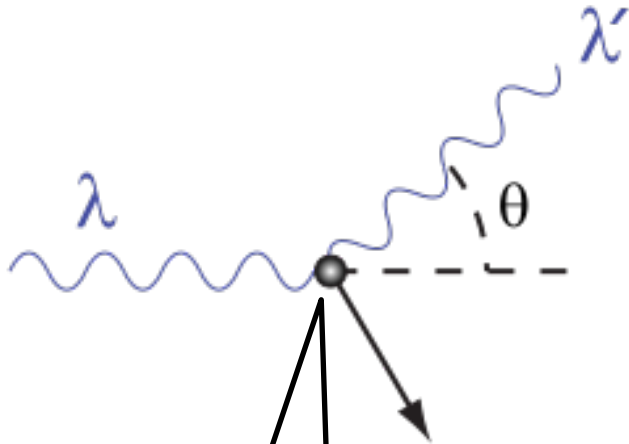
electromagnetic

- [G4GammaConversion](#)
- [G4GammaConversionToMuons](#)
- [G4LowEnergyGammaConversion](#)
- [G4PenelopeGammaConversion](#)
- [G4ComptonScattering](#)
- [G4PolarizedComptonScattering](#)
- [G4LowEnergyCompton](#)
- [G4LowEnergyPolarizedCompton](#)
- [G4PenelopeCompton](#)
- [G4PhotoElectricEffect](#)
- [G4LowEnergyPhotoElectric](#)
- [G4PenelopePhotoElectric](#)
- [G4LowEnergyRayleigh](#)
- [G4LowEnergyPolarizedRayleigh](#)
- [G4PenelopeRayleigh](#)
- [G4Scintillation](#)

hadronic

- [G4PhotoNuclearProcess](#)

Diffusion Compton : $\gamma + e^- \rightarrow \gamma + e^-$



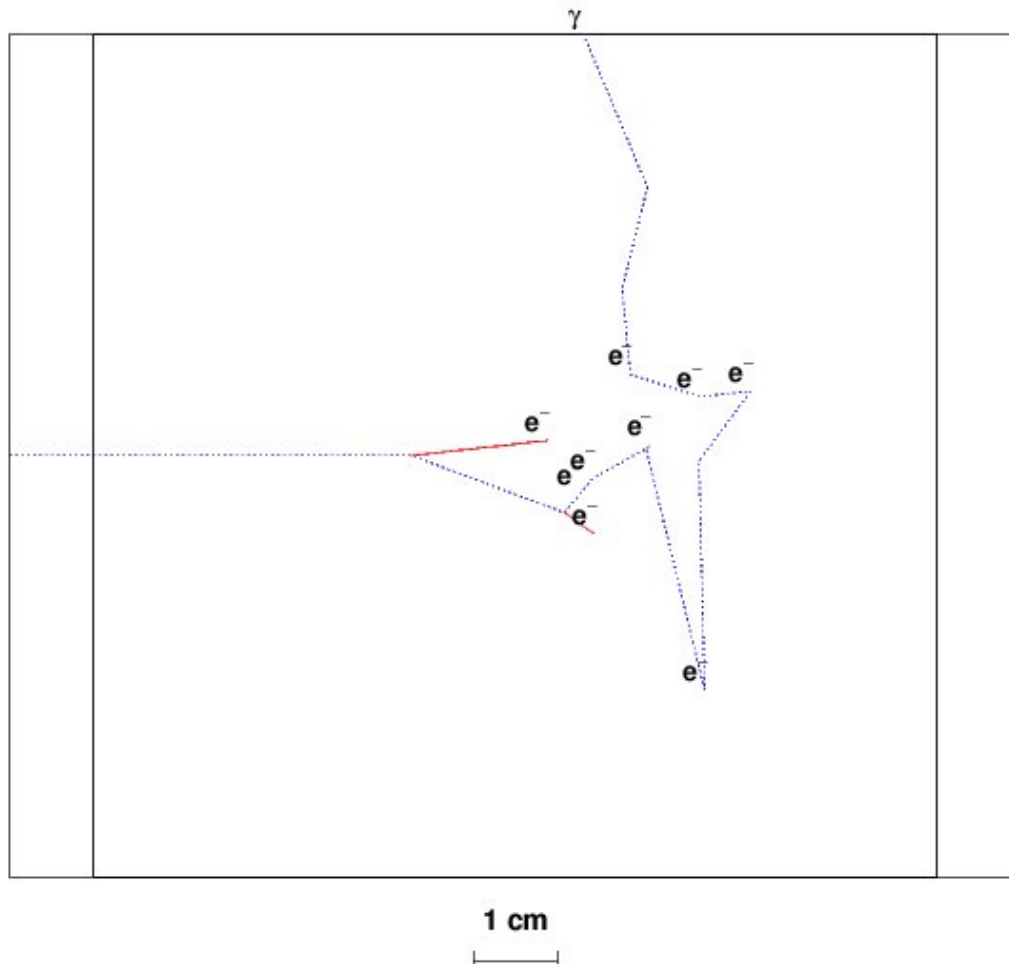
$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \frac{K}{E_0^2} \left[\frac{1}{\varepsilon} + \varepsilon \right] \left[1 - \frac{\varepsilon \sin^2(\theta/2)}{1 + \varepsilon^2} \right] = \frac{K}{E_0^2} d(\varepsilon)W(\varepsilon)$$

Materiau ,
densite,

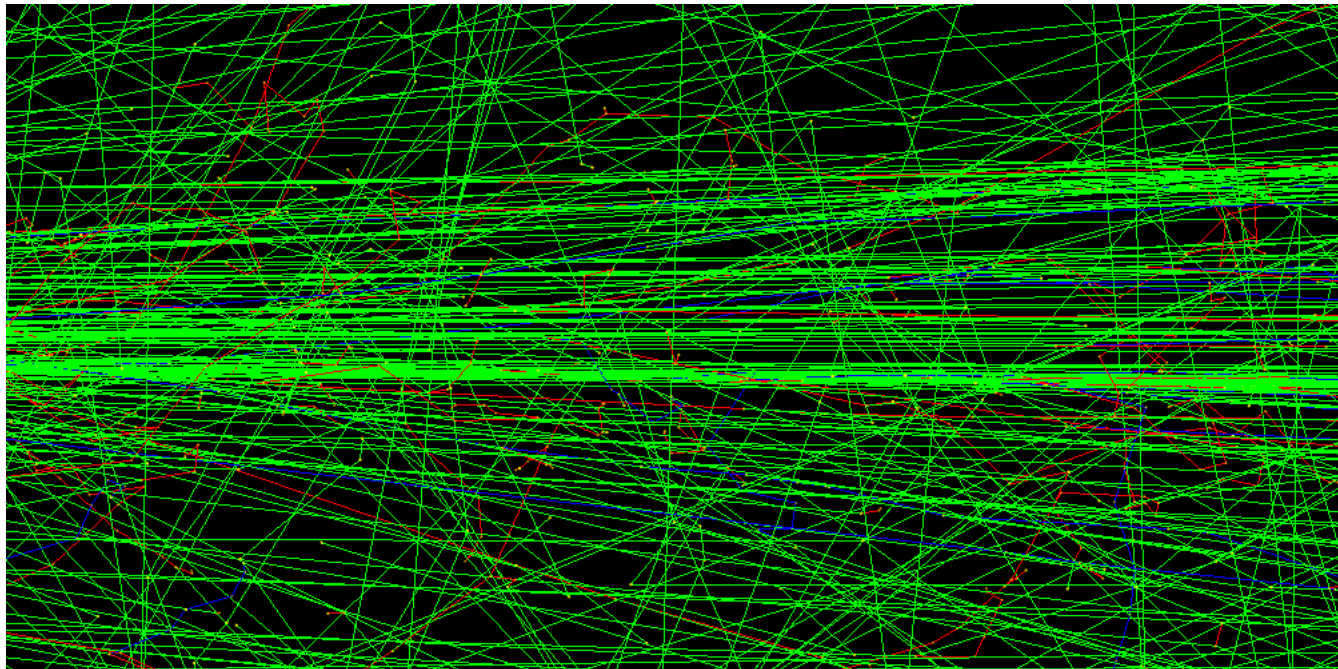
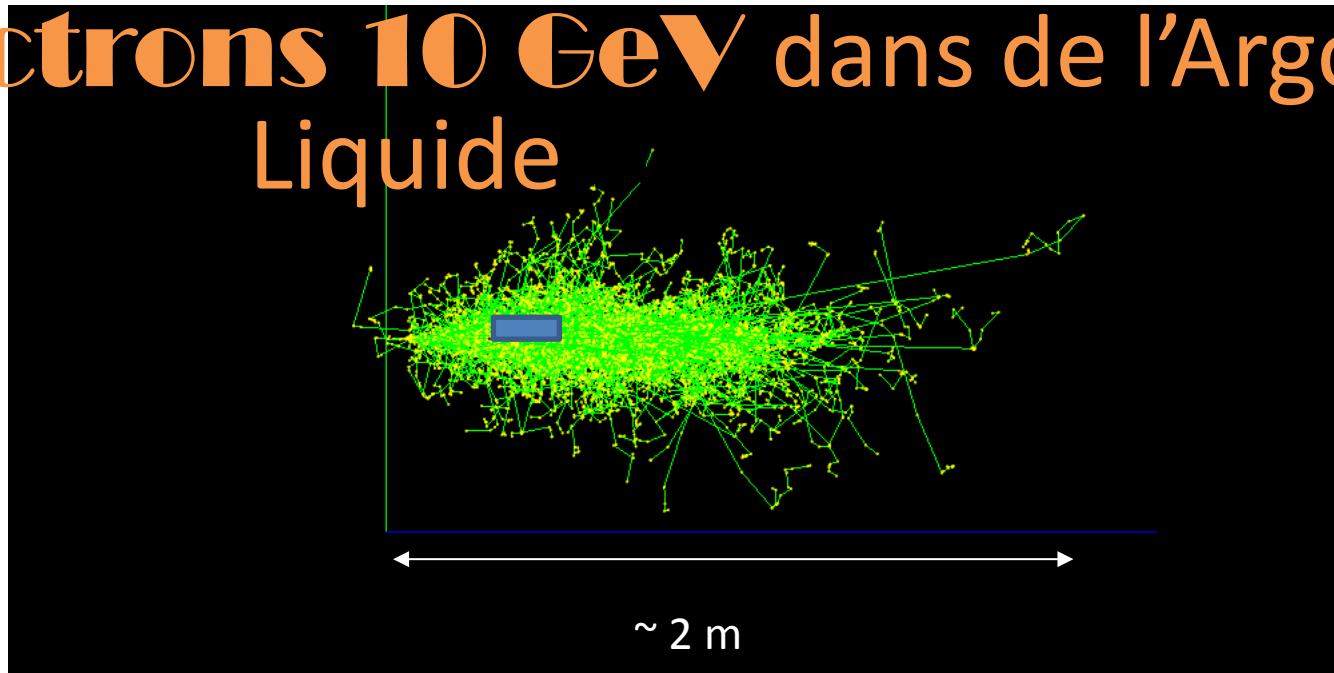
$s \leftarrow p(s) \propto \exp(-s/\lambda)$
 $W, \theta \leftarrow p(W, \theta)$

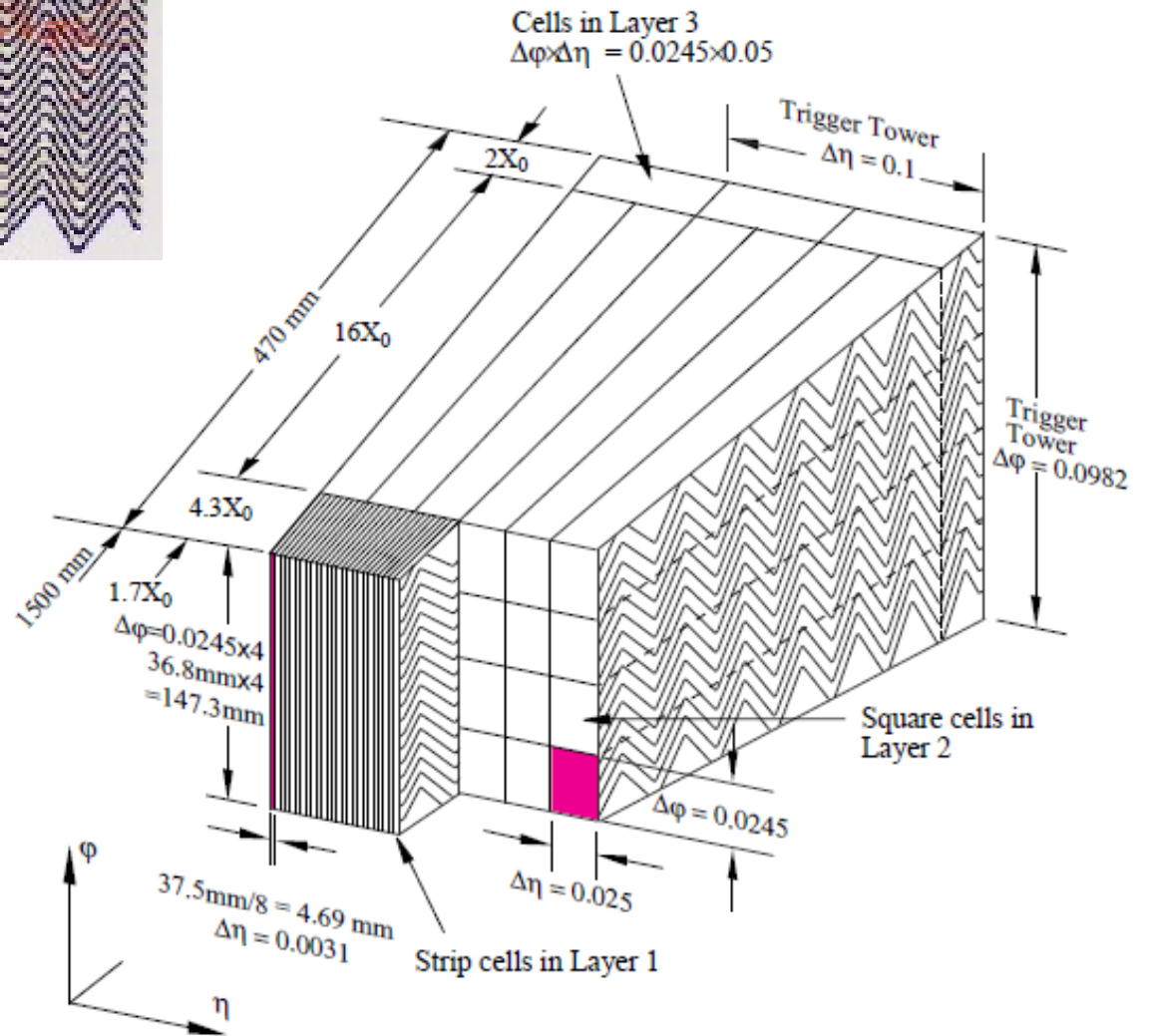
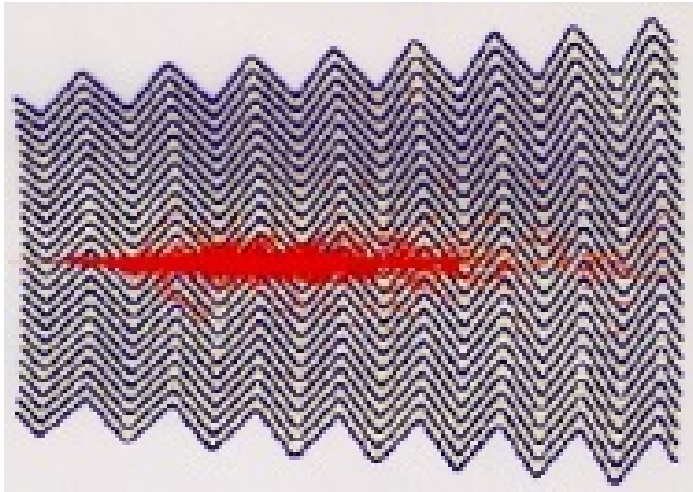
- The method is nominally exact (for energies higher than ~ 1 keV)
- Feasible only for **photons** and **low-energy electrons and positrons**
- High-energy electrons and positrons are more difficult...

Photon de 10 MeV ($16 \cdot 10^{-13}$ J) dans de l'aluminium



Electrons 10 GeV dans de l'Argon Liquide





Sample	Full Sim	Fast G4 Sim	ATLFAST-II	ATLFAST-IIIF	ATLFAST-I
Minimum Bias	551.	246.	31.2	2.13	0.029
$t\bar{t}$	1990	757.	101.	7.41	0.097
Jets	2640	832.	93.6	7.68	0.084
Photon and jets	2850	639.	71.4	5.67	0.063
$W^\pm \rightarrow e^\pm \nu_e$	1150	447.	57.0	4.09	0.050
$W^\pm \rightarrow \mu^\pm \nu_\mu$	1030	438.	55.1	4.13	0.047

En seconde kSI2K

Sample	Generation	Simulation	Digitization	Reconstruction
Minimum Bias	0.0267	551.	19.6	8.06
$t\bar{t}$ Production	0.226	1990	29.1	47.4
Jets	0.0457	2640	29.2	78.4
Photon and jets	0.0431	2850	25.3	44.7
$W^\pm \rightarrow e^\pm \nu_e$	0.0788	1150	23.5	8.07
$W^\pm \rightarrow \mu^\pm \nu_\mu$	0.0768	1030	23.1	13.6

