

Quelques exemples...

Morgan PIEZEL

Lycée Camille Claudel

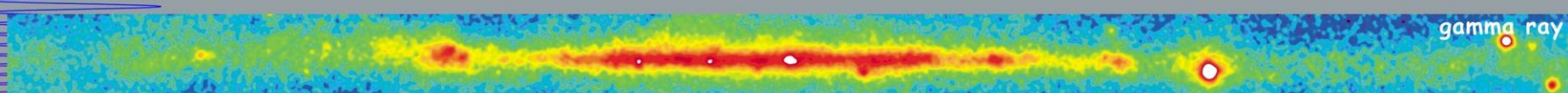
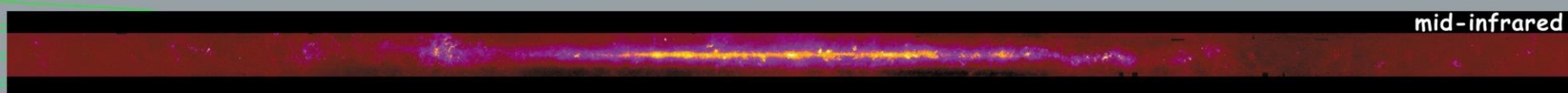
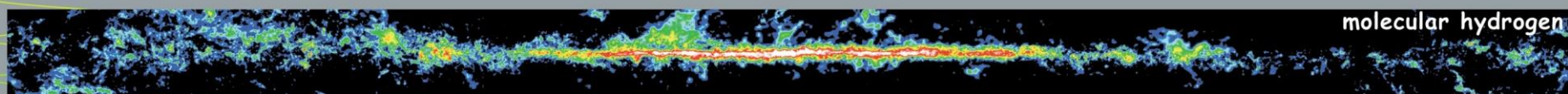
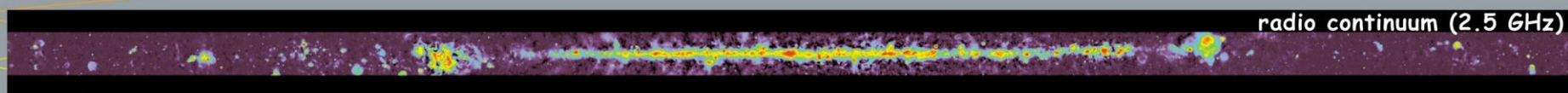
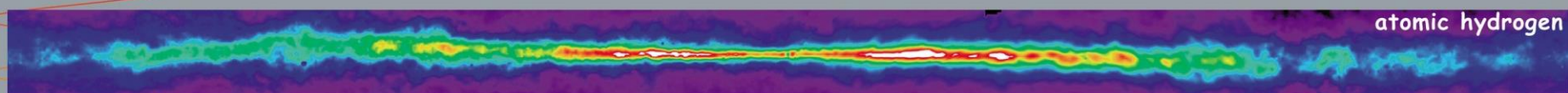
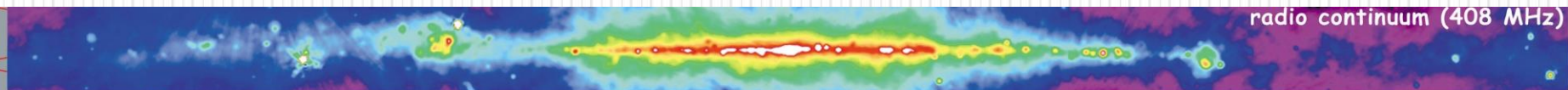
TROYES

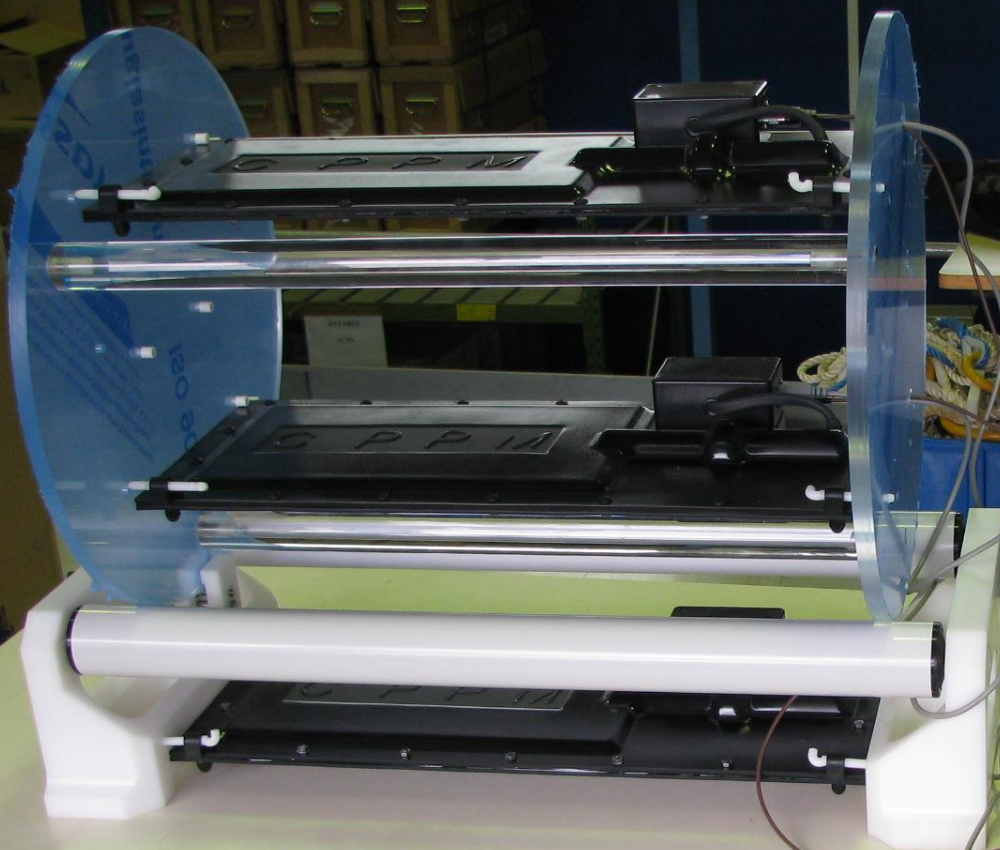
Université de Technologie de Troyes



Utilisation du cosmodétecteur en filières générales

Rayonnement dans l'Univers





La physique de Cosmos à l'Ecole

Etude de particules venant du cosmos : les rayons cosmiques

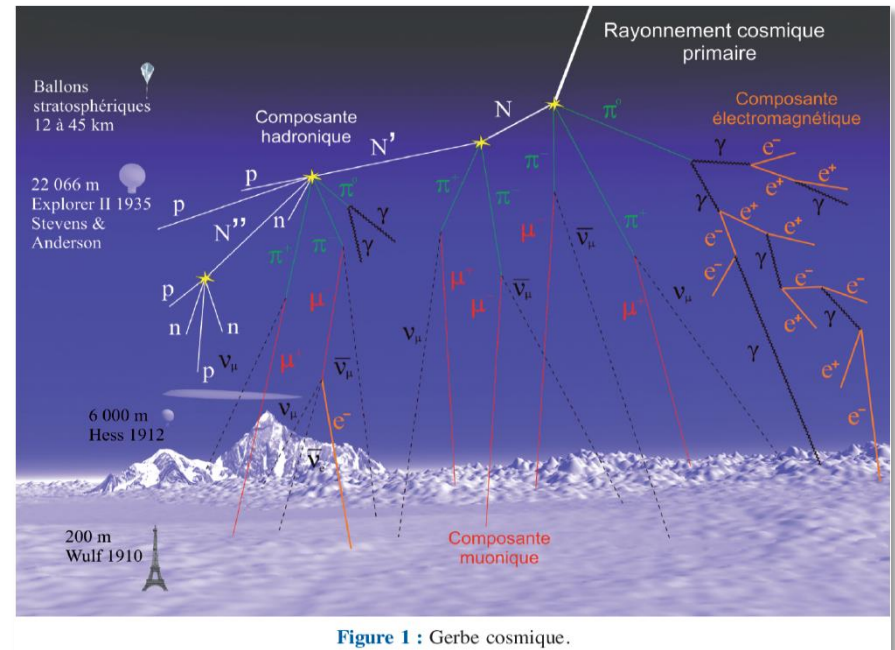


Figure 1 : Gerbe cosmique.

Pour en savoir plus : exposition le mystère des rayons cosmiques (IN2P3)

Réglage du cosmodétecteur:

Tension de seuil

Tension alimentation des P.M.

-
- Comment mesurer le flux de muons au sol ?

Puis en classe (TP) :Présentation du fonctionnement du détecteur avec les documents du cahier pédagogique .

Comment mesurer le flux de muons au sol ?

Principe de détection des muons arrivant au sol

Les muons détectés au sol résultent des désintégrations successives engendrées par les particules cosmiques du rayonnement primaire (essentiellement des protons). Ces muons se déplacent à une vitesse proche de celle de la lumière et peuvent arriver avec n'importe quelle direction.

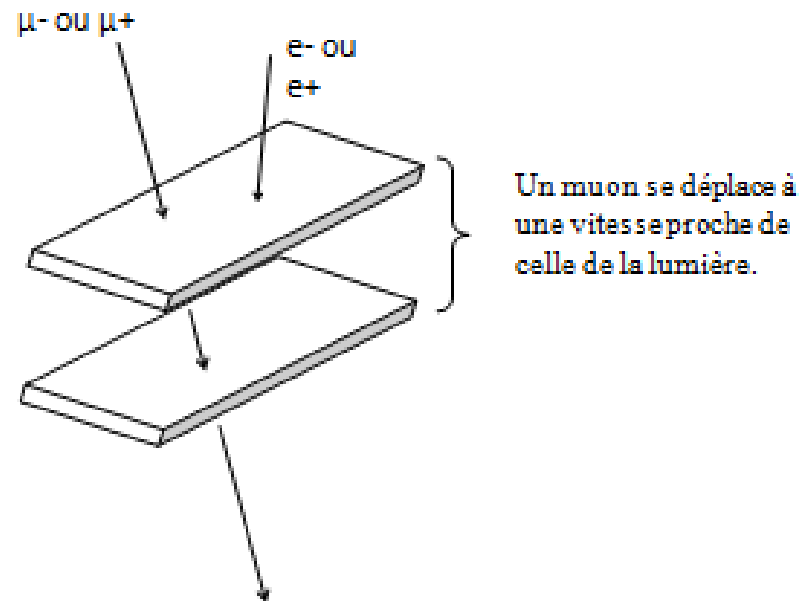
Le flux moyen de muons (noté Φ) reçu au sol en France est typiquement de $130 \text{ muons} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ au niveau de la mer, taux qui participe à environ 10% de la radioactivité naturelle.

Les muons sont des particules élémentaires portant une charge $\pm e$. Comme ils sont 207 fois plus lourds que les électrons, ils peuvent traverser plusieurs mètres voire kilomètres de matière. Les électrons et les positrons sont quant à eux arrêtés par quelques millimètres de matière.

Le détecteur de muons est constitué de deux scintillateurs connectés à des photomultiplicateurs (PM en abrégé). Lorsqu'une particule chargée traverse un scintillateur, elle excite les molécules de ce dernier. Les molécules se dés excitent ensuite en émettant de la lumière. Cette lumière est convertie en un signal électrique amplifié ensuite par des photomultiplicateurs. La lumière créée dans un bloc de scintillateur permet donc de détecter le passage d'une particule chargée à travers un scintillateur.

Pour être sûr de détecter des muons et non des électrons ou des positrons provenant de la radioactivité naturelle, le dispositif est constitué de 2 scintillateurs. Si le passage d'une particule est détectée sur deux scintillateurs pendant un intervalle de temps très court de l'ordre de la nanoseconde (=fenêtre de détection) on est sûr que la particule détectée est un muon.

Le logiciel associé au détecteur indique le nombre de muons détectés (N) pendant une durée de détection (Δt) choisie par l'utilisateur.



Le cosmodétecteur

Configuration du type « roue cosmique » développée par J. Busto (CPPM)

Il est composé de :

- 3 photomultiplicateurs,
- Un boîtier électronique
- Un programme d'acquisition des données calibrées
- Deux scintillateurs sont fournis : durée de vie du muon et effet Cerenkov

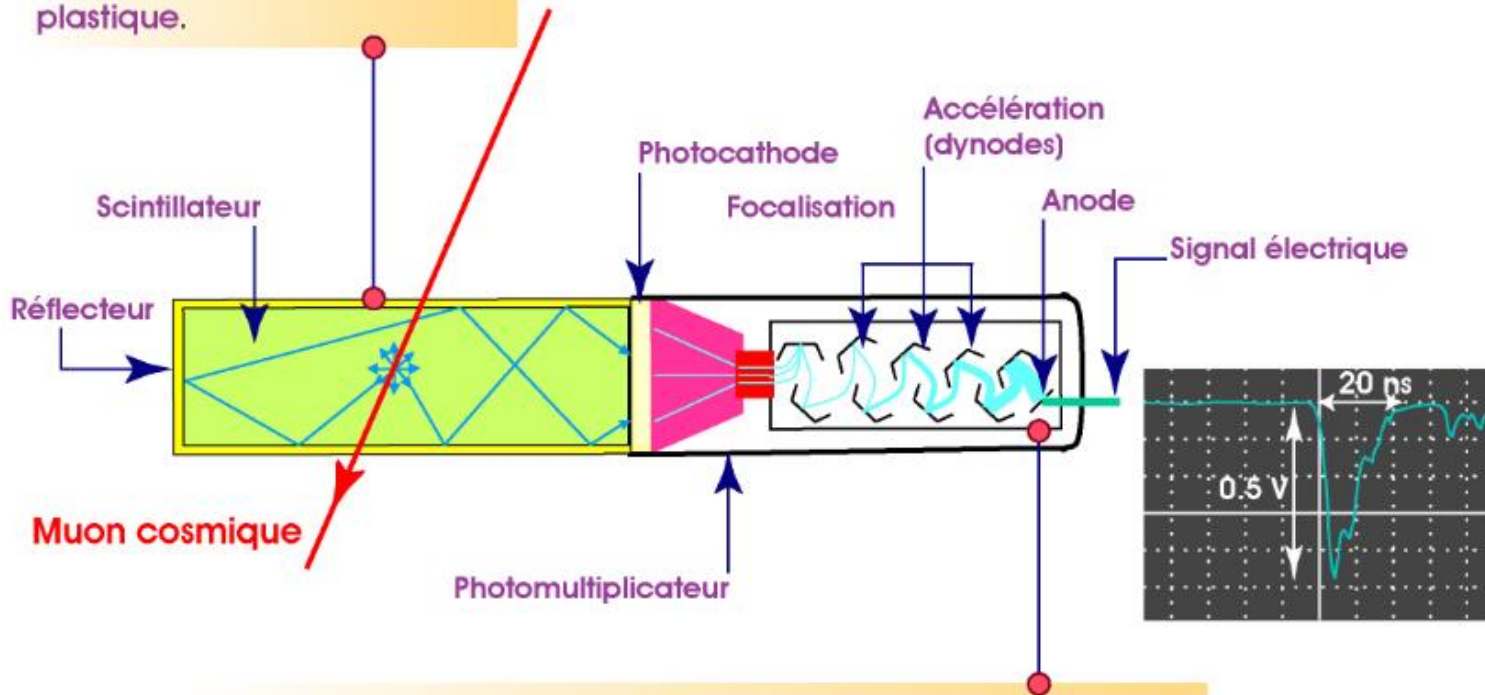


Le Cosmodécteur de Sciences à l'École



Comment détecter un muon ?

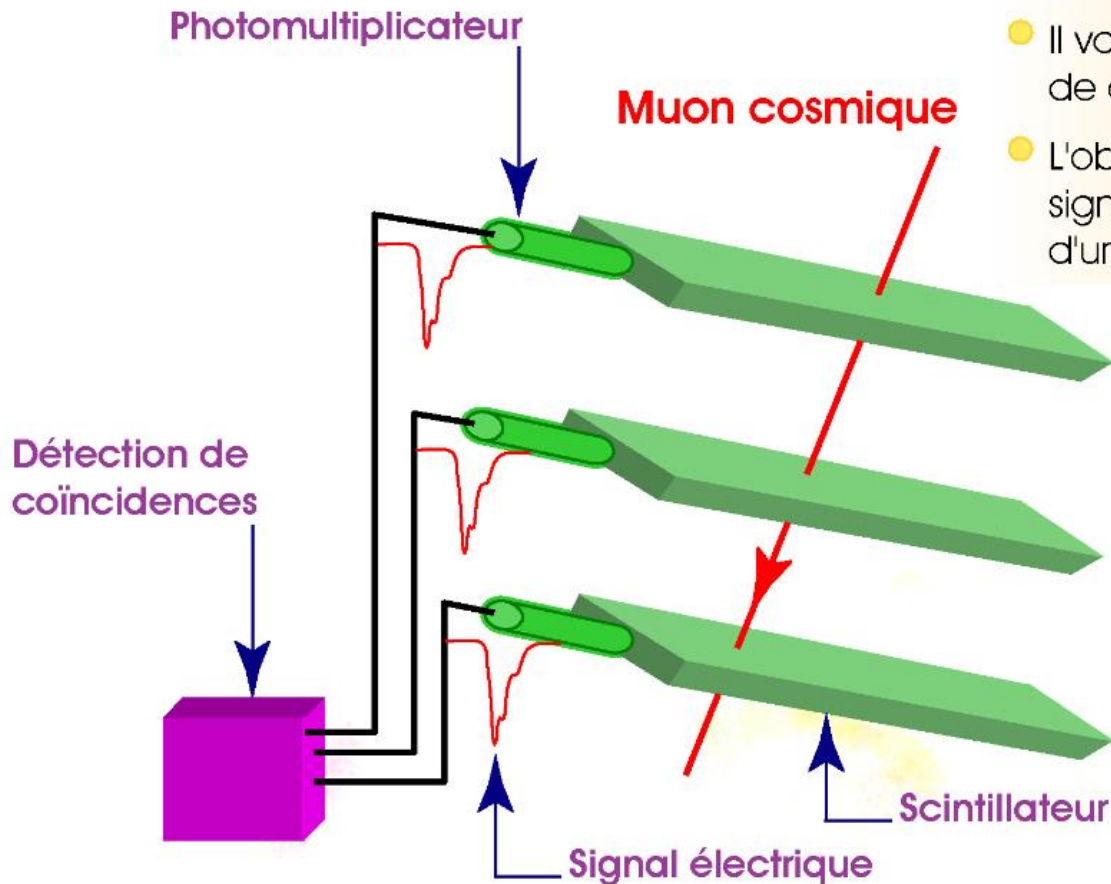
- Les muons sont détectés par la lumière qu'ils induisent dans des lattes de **scintillateur plastique**.



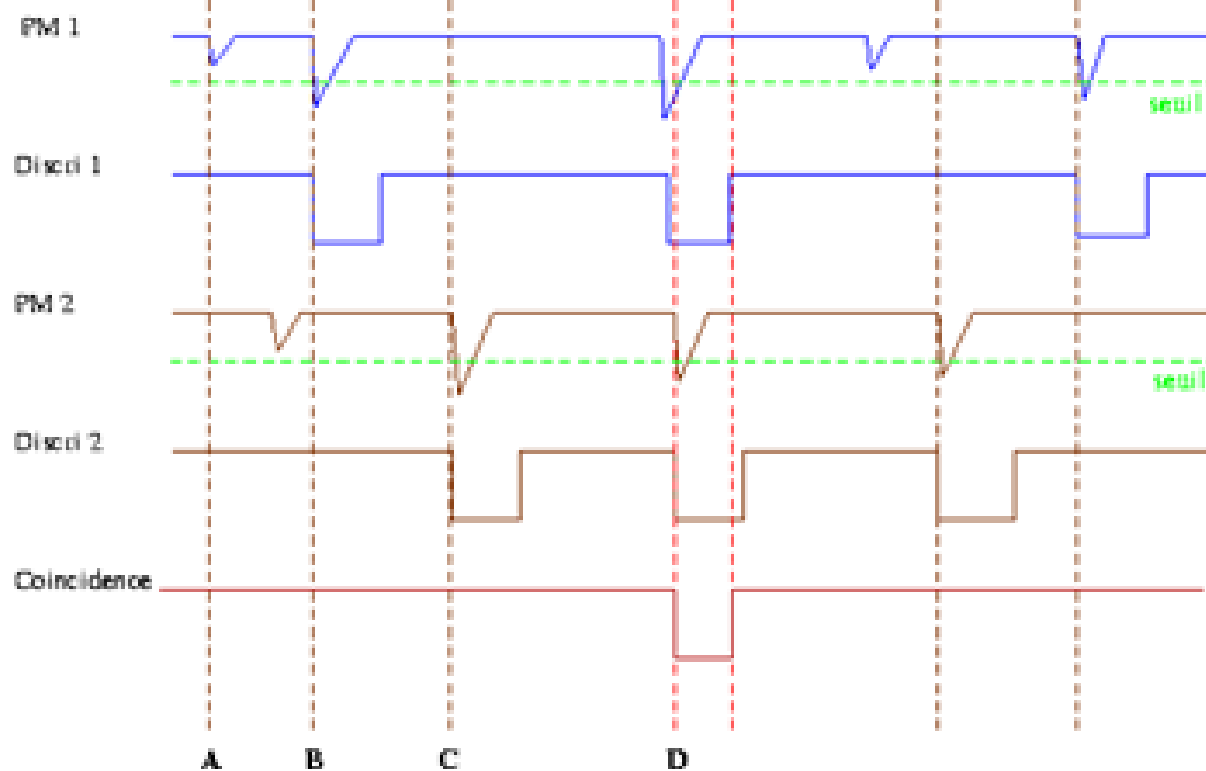
- Le **photomultiplicateur** permet de transformer la lumière en signal électrique et de l'amplifier.
- La **photocathode** réagit par effet photo-électrique à l'arrivée d'un photon et émet des électrons.
- Ces électrons sont accélérés et collectés grâce à une haute tension électrique (~ 2 kV) appliquée à la cathode, **aux dynodes** et à l'anode.
- Les électrons se multiplient à chaque dynode.
- Les électrons sont ensuite collectés sur **l'anode** et créent un **signal électrique**.

Détection en coïncidence :

- Selon sa direction, un muon cosmique va traverser les trois scintillateurs.
- Il va créer un signal électrique à la sortie de chaque photomultiplicateur.
- L'observation simultanée de ces trois signaux permet de signer le passage d'un muon cosmique.



Exemple des différentes configurations possibles



Cas A : bruit dans le PM1 en dessous du seuil de détection : le discriminateur ne répond pas.

Cas B : signal au-dessus du seuil dans le PM1, rien dans le PM2 : pas de coïncidence.

Cas C : signal au-dessus du seuil dans le PM2, rien dans le PM1 : pas de coïncidence.

Cas D : signaux au-dessus du seuil dans les 2 PM et compatibles en temps, c'est un muon.

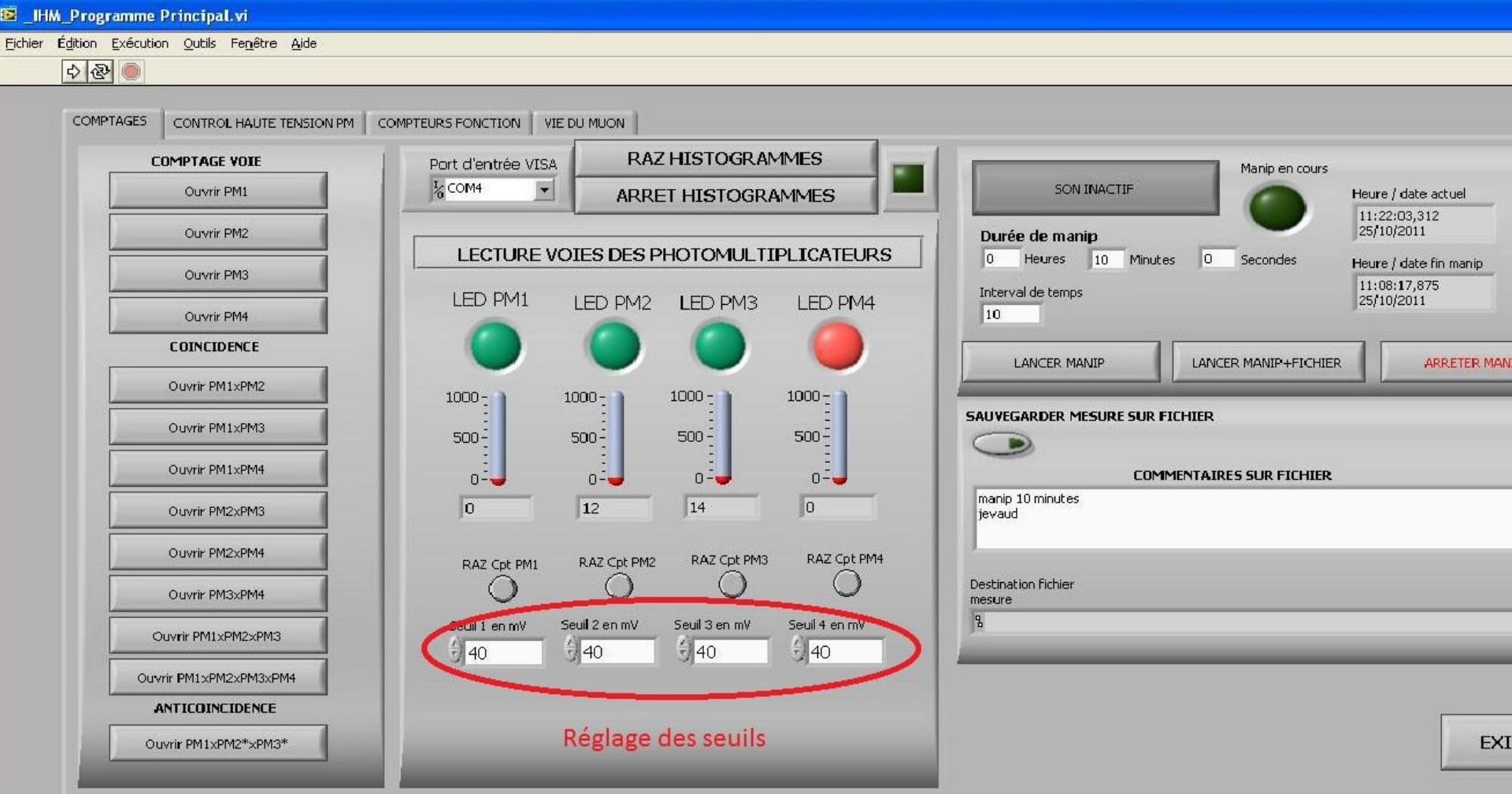
Réglage du cosmodétecteur:

Tension de seuil

Tension alimentation des P.M.

- Les élèves effectuent les mesures, chacun leur tour (tension seuil) et représentent la courbe N en fonction de U_{seuil} (sur tableur) et réfléchissent aux réglages de la tension de seuil optimale.

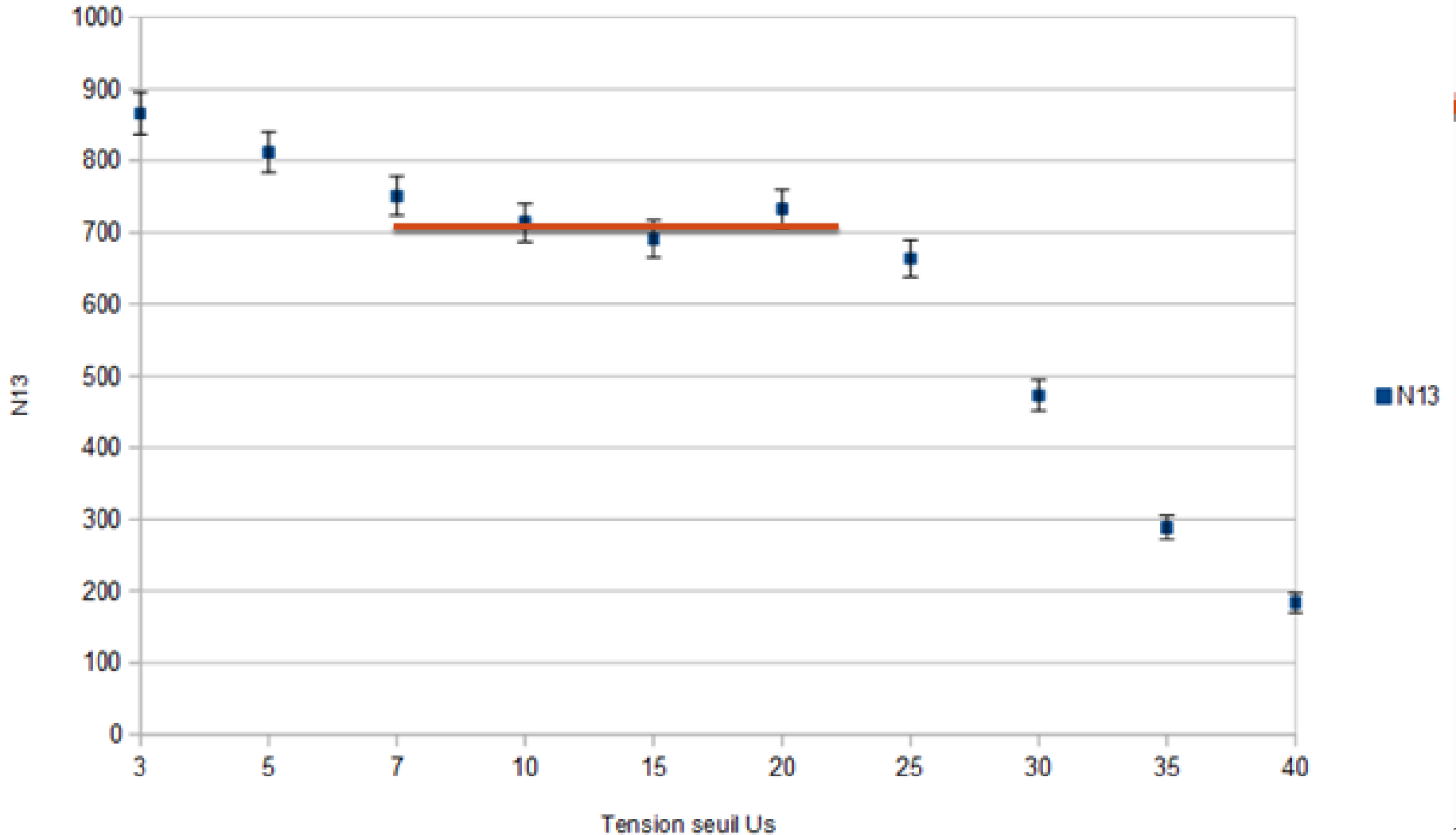
Représenter l'incertitude de mesure sur le nombre de muons détectés, on considèrera que cette incertitude est $u(N) = \sqrt{N}$



déTECTÉS , on considèrera que cette incertitude est $u(N) = \sqrt{N}$

Réglage du cosmodétecteur:

Tension de seuil



Réglage du cosmodétecteur:

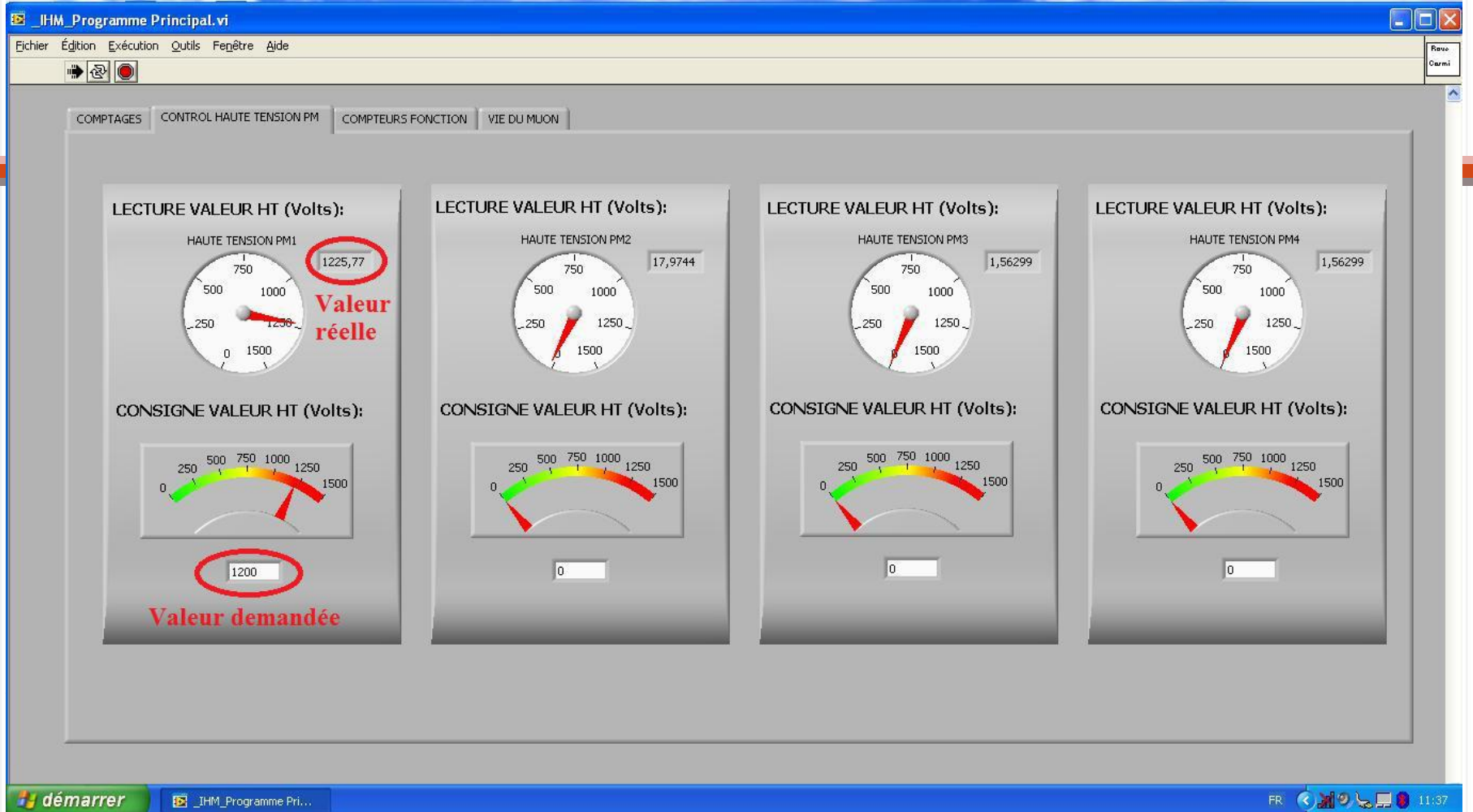
Tension de seuil

Tension alimentation des P.M.

- Puis , nous avons réglé le cosmodétecteur sur cette valeur et ils sont venus chacun leur tour effectuer 2 mesures de UPM1 pour déterminer la tension d'alimentation .
- En même temps (pendant les mesures) , je leur ai donné les mesures pour les PM2 et PM3 et ils devaient effectuer les courbes N en fonction UPM et e en fonction UPM pour justifier les tensions d'alimentation choisies pour UPM2 et UPM3 .

Réglage du cosmodécteur:

Tension de seuil

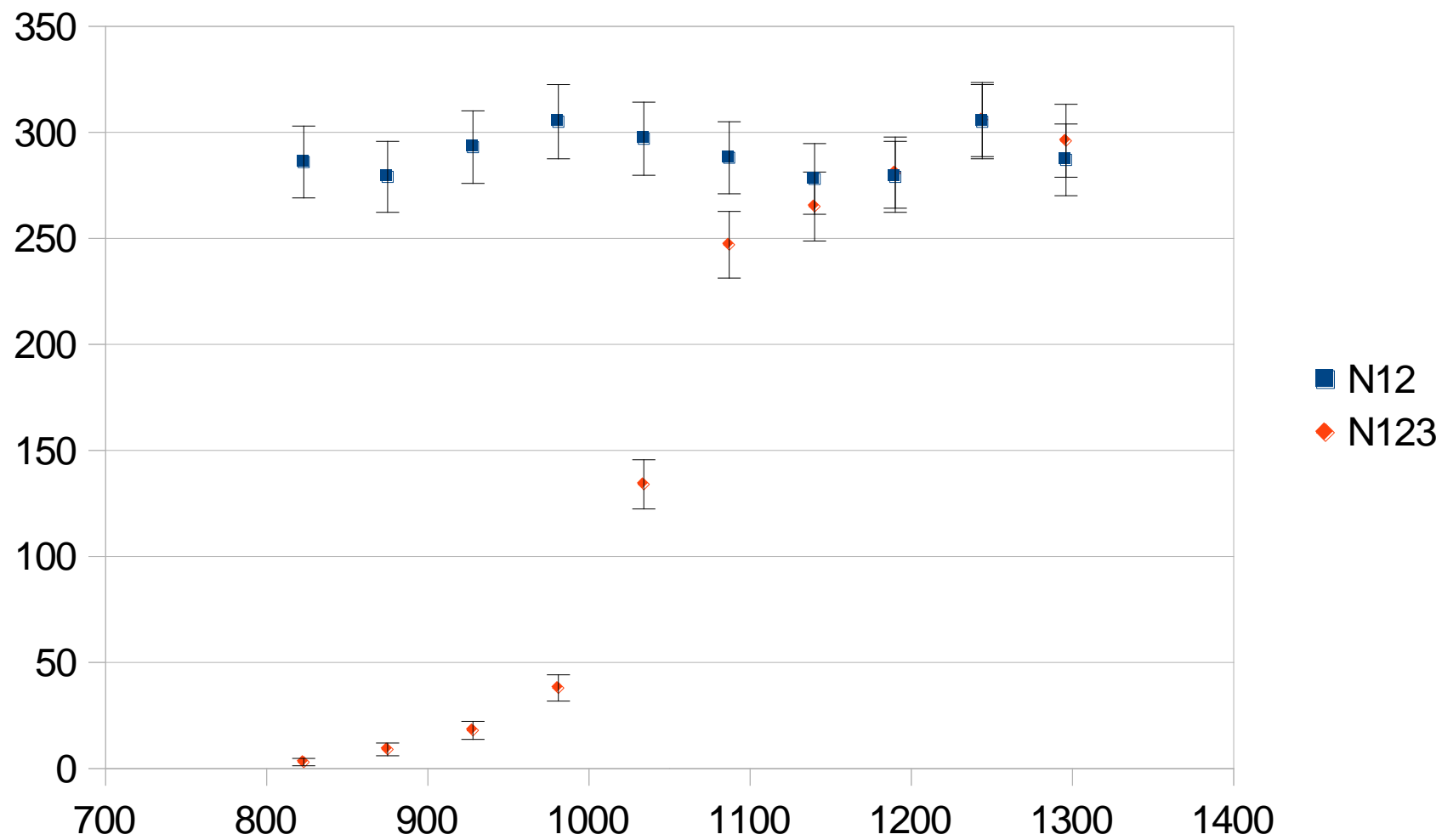


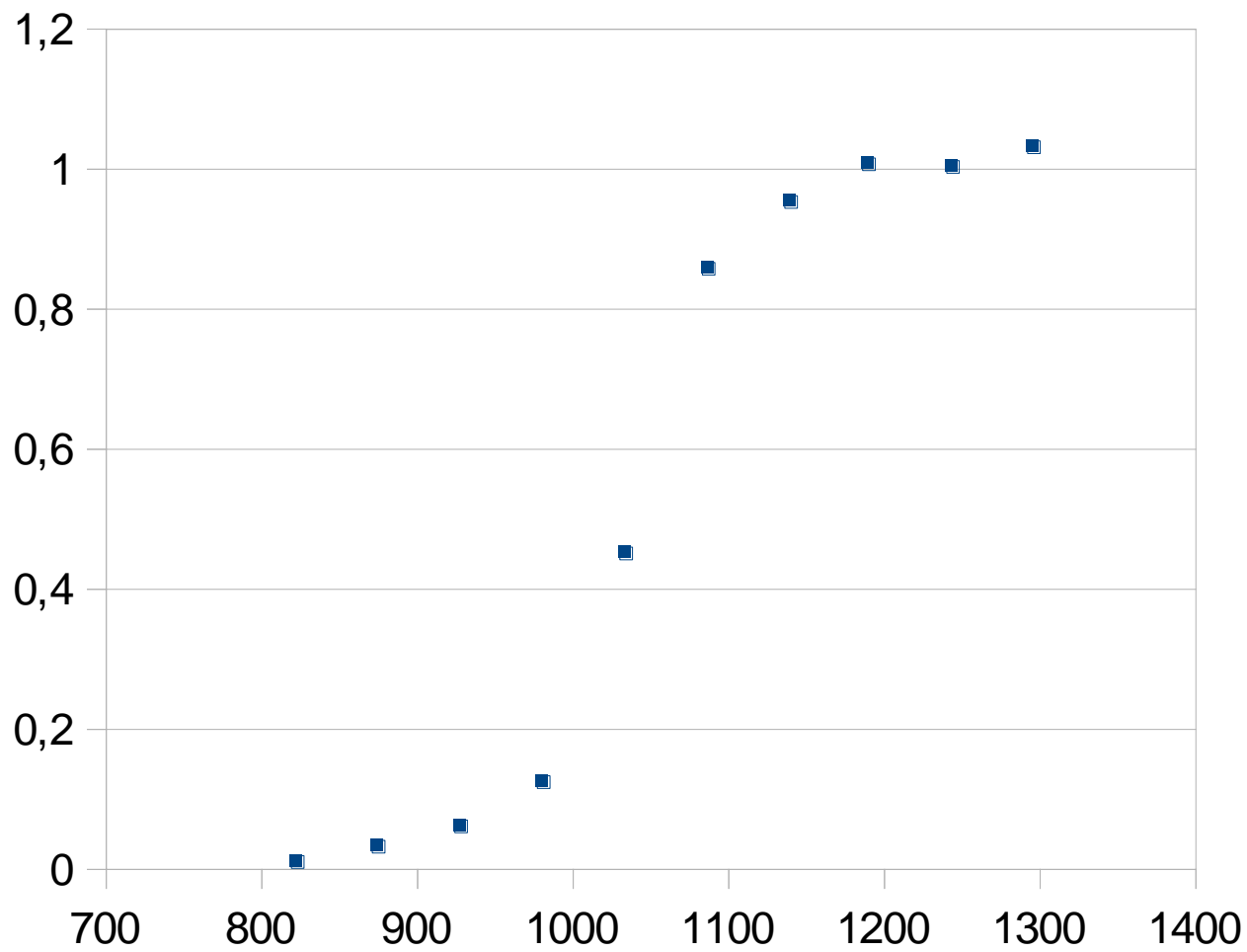
Réglage du cosmodétecteur:

Tension de seuil

Tension alimentation des P.M.

- Puis , nous avons réglé le cosmodétecteur sur cette valeur et ils sont venus chacun leur tour effectuer 2 mesures de UPM1 pour déterminer la tension d'alimentation .
- En même temps (pendant les mesures) , je leur ai donné les mesures pour les PM2 et PM3 et ils devaient effectuer les courbes N en fonction UPM et e en fonction UPM pour justifier les tensions d'alimentation choisies pour UPM2 et UPM3 .





■ $e = N_{123}/N_{12}$

Autre détecteur...

ATLAS

[CERN-MOVIE-Atlas.mpg](#)

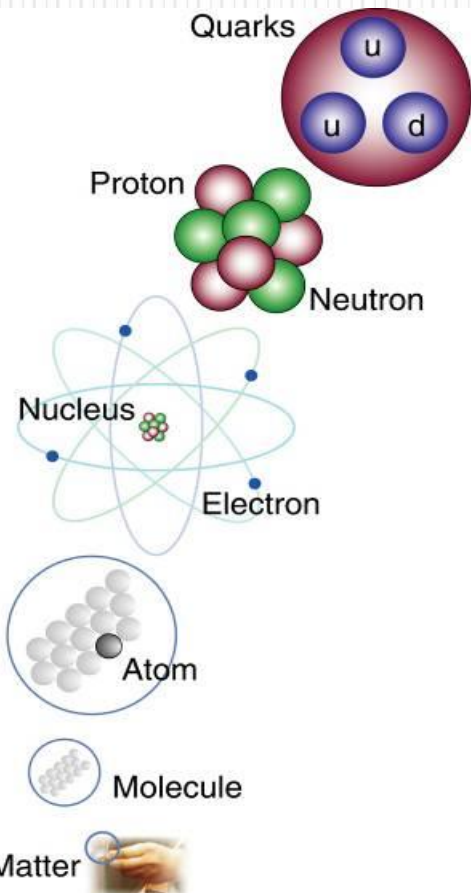
Exemple Masterclass

« Zoologie »

La matière à différentes échelles : du noyau à la galaxie.

Particules élémentaires : électrons, neutrons, protons.

Intérractions fondamentales



matter particles

	1st gen.	2nd gen.	3rd gen.
Q U A R K	<i>u</i> up	<i>s</i> strange	<i>c</i> charm
	<i>d</i> down	<i>s</i> strange	<i>b</i> bottom
L E P T O N	<i>e neutrino</i>	<i>μ neutrino</i>	<i>τ neutrino</i>
	<i>e</i> electron	<i>μ</i>	<i>τ</i>

“bosen vecteur”

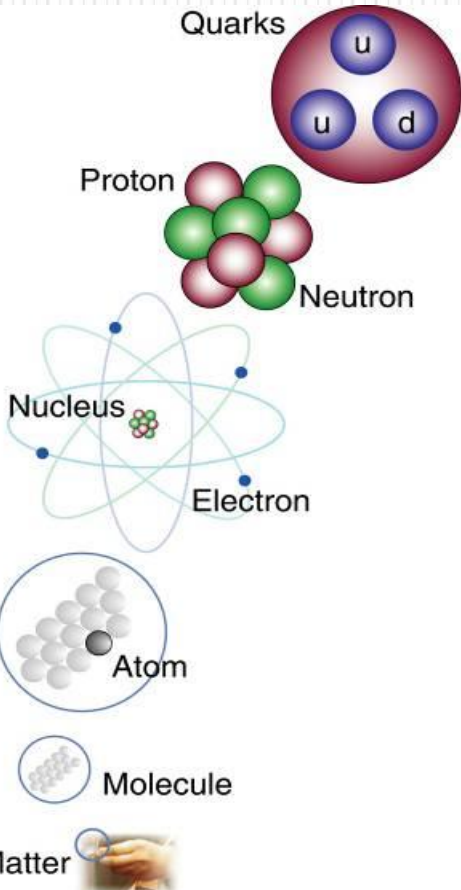
	1st gen.	2nd gen.	3rd gen.
V E C T O R	<i>γ</i> photon	<i>W</i>	<i>Z</i>
	<i>g</i> gluon	<i>W</i>	<i>Z</i>

scalar particles

	1st gen.	2nd gen.	3rd gen.
S C A L A R	<i>H</i> Higgs boson	<i>H</i>	<i>H</i>
	<i>H</i> Higgs boson	<i>H</i>	<i>H</i>

« Zoologie »

*Particules élémentaires : électrons, neutrons, protons????
 Intéractions fondamentales et bosons*



matter particles

	1st gen.	2nd gen.	3rd gen.
Q U A R K	<i>u</i> up	<i>c</i> charm	<i>t</i> top
	<i>d</i> down	<i>s</i> strange	<i>b</i> bottom
L E P T O N	<i>ν_e</i> <i>e neutrino</i>	<i>ν_μ</i> <i>μ neutrino</i>	<i>ν_τ</i> <i>τ neutrino</i>
	<i>e</i> electron	<i>μ</i> muon	<i>τ</i> tau

“boson vecteur”

Strong Force
g x8
Gluon

Electro-Magnetic Force
γ
photon

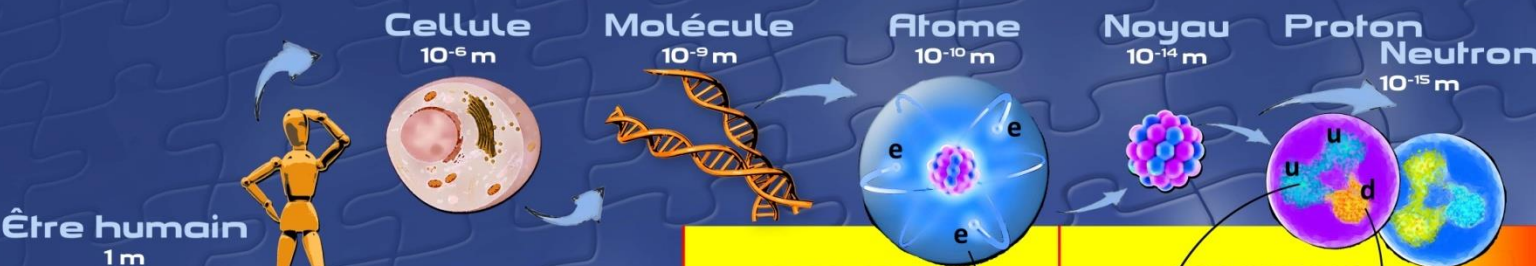
Weak Force
W⁺ *W⁻* *Z*
W bosons *Z boson*

scalar particle(s)

Higgs

Elements of the Standard Model

Composants élémentaires de la matière



	LEPTONS		QUARKS	
1^{ère} famille Constituants de la matière usuelle	ν_e neutrino e $m < 2 \cdot 10^{-36}$ GeV $Q=0$ $t=?$	e électron $m = 0,000511$ GeV $Q=-1$ $t=\infty$	u haut / up $m = 0,002$ GeV $Q=2/3$ $t=\infty$	d bas / down $m = 0,0005$ GeV $Q=-1/3$ $t=10$ min
2^{ème} famille Copie plus massive de la 1 ^{ère} famille	ν_μ neutrino mu $m < 2 \cdot 10^{-36}$ GeV $Q=0$ $t=?$	μ muon $m = 0,106$ GeV $Q=-1$ $t = 2,2 \cdot 10^{-6}$ s	c charme / charm $m = 1,3$ GeV $Q=2/3$ $t = 10^{-12}$ s	s étrange / strange $m = 0,1$ GeV $Q=-1/3$ $t = 10^{-10}$ s
3^{ème} famille Copie plus massive des 1 ^{ère} et 2 ^{ème} familles	ν_τ neutrino tau $m < 2 \cdot 10^{-36}$ GeV $Q=0$ $t=?$	τ tau $m = 1,78$ GeV $Q=-1$ $t = 2,9 \cdot 10^{-13}$ s	t top $m = 173$ GeV $Q=2/3$ $t = 4 \cdot 10^{-25}$ s	b beau / beauty / bottom $m = 4,2$ GeV $Q=-1/3$ $t = 1,5 \cdot 10^{-12}$ s

BOSON DE HIGGS H

$m = 126$ GeV $Q=0$ $t = 1,5 \cdot 10^{-22}$ s

Par son interaction avec les constituants élémentaires de la matière, il est responsable de leurs masses.

Il provoque la séparation entre interactions électromagnétique et faible.

Champ de Higgs

INTERACTIONS FONDAMENTALES

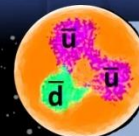


Bosons Z^0, W^+, W^-	Désintégrations radioactives β^+ et β^- de certains noyaux instables
Photon γ	Électricité, magnétisme, cohésion des atomes et des molécules, chimie
Gluons g	Cohésion des protons, des neutrons et des noyaux, énergie nucléaire
Graviton (?)	Gravité, pesanteur, système solaire, galaxies

Chaque interaction est transmise par des particules associées

Les quatre interactions fondamentales sont indispensables au fonctionnement du soleil et des étoiles

- formation des étoiles sous l'effet de la gravitation
- réactions de fusion nucléaire grâce aux interactions forte et faible
- production de lumière par interaction électromagnétique

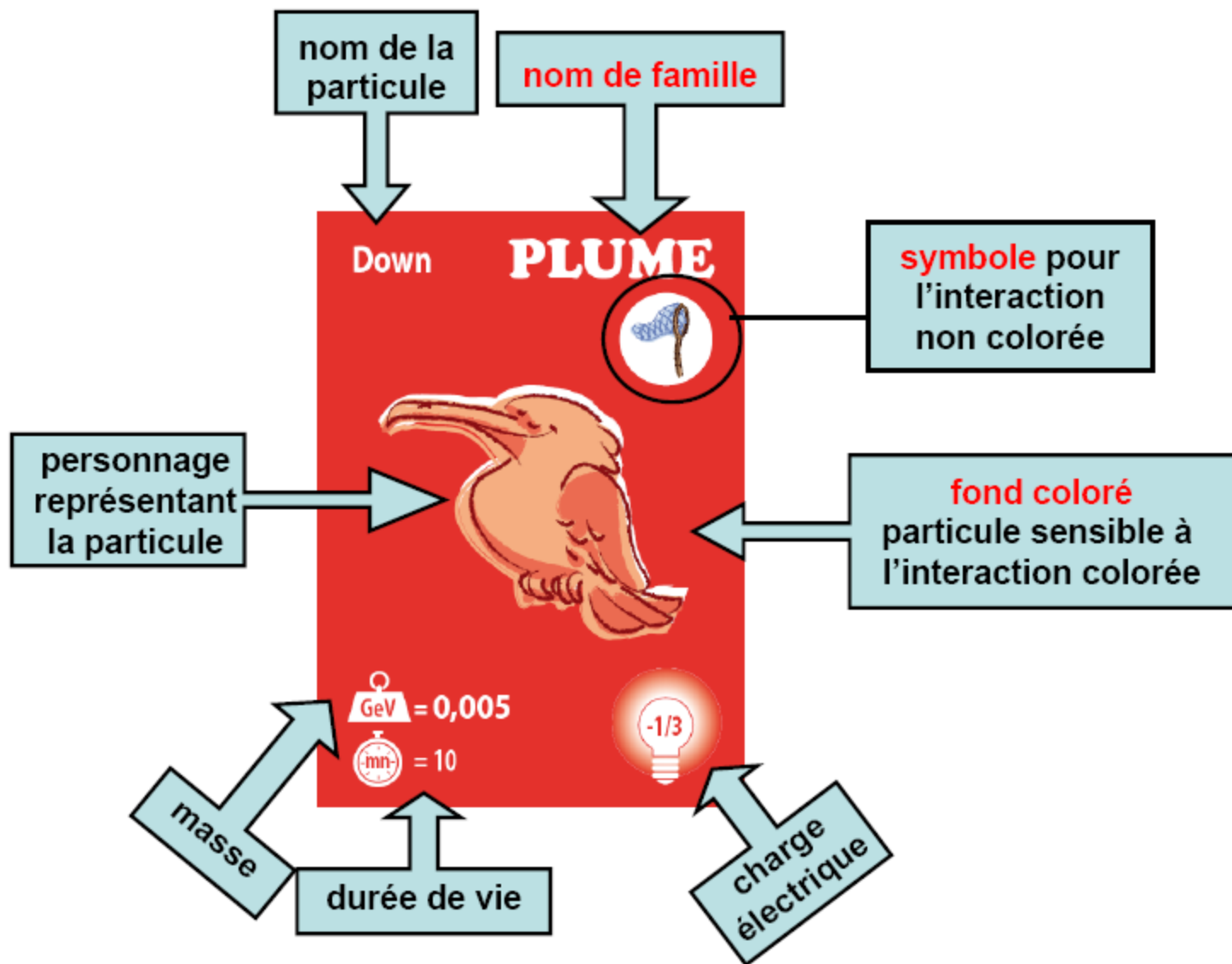


ANTIMATIÈRE

À chaque particule correspond une antiparticule aux propriétés quasi-identiques. Elles ont la même masse, mais des charges opposées.

QUARK POKER:

Jouer aux cartes avec des particules



QUARK POKER:

Jouer aux cartes avec des particules

Up **PLUME**



$\text{GeV} = 0,002$
= stable

+2/3

Down **PLUME**



$\text{GeV} = 0,005$
= 10

-1/3

Neutrino **PLUME**
Electron



$\text{GeV} < 2 \cdot 10^{-10}$
= inconnue

0

Électron **PLUME**



$\text{GeV} = 0,0005485799$
= stable

-1


Up **MEPLU**
Anti



$\text{GeV} = 0,002$
= stable

-2/3

Down **MEPLU**
Anti



$\text{GeV} = 0,005$
= 10

+1/3

Neutrino **MEPLU**
Electron
Anti



$\text{GeV} < 2 \cdot 10^{-10}$
= inconnue

0

Électron **MEPLU**
Anti



$\text{GeV} = 0,0005485799$
= stable

+1

QUARK POKER:

Jouer aux cartes avec des particules

Top SUMO GeV = 173 m = $3 \cdot 10^{-16}$ +2/3	Top SUMO GeV = 173 m = $3 \cdot 10^{-16}$ +2/3	Beauté SUMO GeV = 4,2 m = 0,0015 -1/3	Beauté SUMO GeV = 4,2 m = 0,0015 -1/3	Neutrino Tau SUMO GeV < $2 \cdot 10^{-10}$ m = inconnue 0	Tau SUMO GeV = 1,7768 m = 0,000291 -1
--	--	---	---	---	---

W+ BOSON GeV = 80,4 m = $3 \cdot 10^{-16}$ +1	W- BOSON GeV = 80,4 m = $3 \cdot 10^{-16}$ -1	Z0 BOSON GeV = 91,188 m = $3 \cdot 10^{-16}$ 0	Photon BOSON GeV = 0 = stable 0	Higgs BOSON GeV = 125 = instable 0	G_{RV} GLUON GeV = 0 0
---	---	--	---	--	---

QUARK POKER:

Jouer aux cartes avec des particules


Up **PLUME**



GeV = 0,002
= stable

+2/3


Down **PLUME**



GeV = 0,005
= 10

-1/3


W⁺ **BOSON**



GeV = 80,4
= 3 10⁻¹⁶ ns

+1

W⁺ **BOSON**



GeV = 80,4
= 3 10⁻¹⁶ ns

+1

$$W^+ \rightarrow e^+ + \nu_e$$

Neutrino **PLUME**
Électron



GeV < 2 10⁻¹⁰
= inconnue

Électron **MEPLU**
Anti

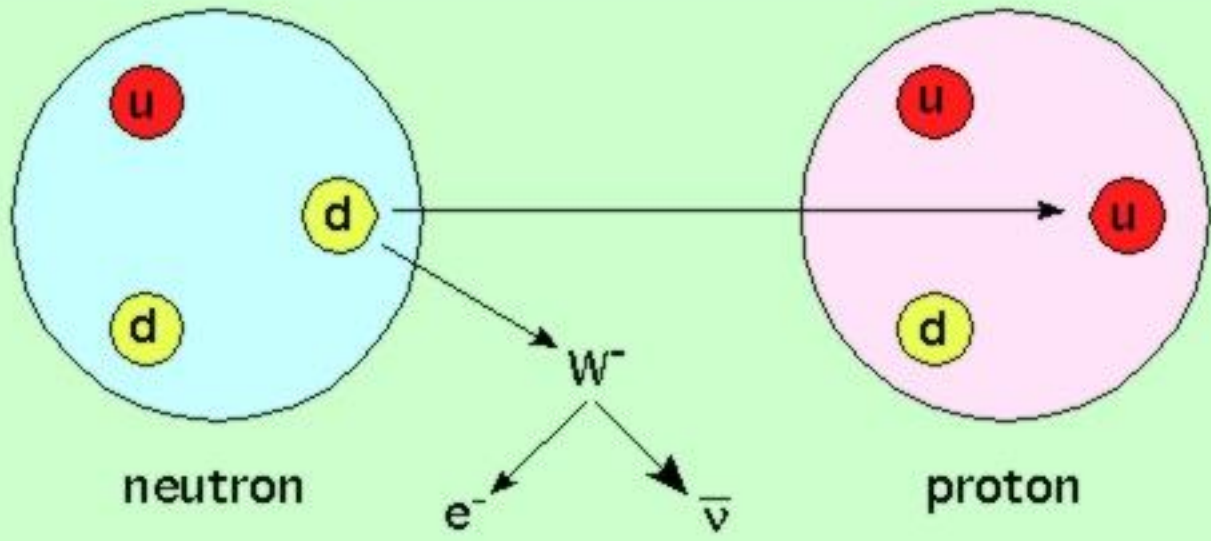


GeV = 0,0005485799
= stable

+1

$$\text{Up} \rightarrow \text{Down} + W^+$$

icules



Up

GeV = 0,002
= stable



GeV = 0,005
= 10



W^+ **BOSON**
F



GeV = 80,4
ns = $3 \cdot 10^{-16}$



W^+ **BOSON**
F



GeV = 80,4
ns = $3 \cdot 10^{-16}$



$$W^+ \rightarrow e^+ + \nu_e$$

$$\text{Up} \rightarrow \text{Down} + W^+$$

Neutrino **PLUME**
Électron



GeV < $2 \cdot 10^{-10}$
= inconnue



Électron **MEPLU**
Anti



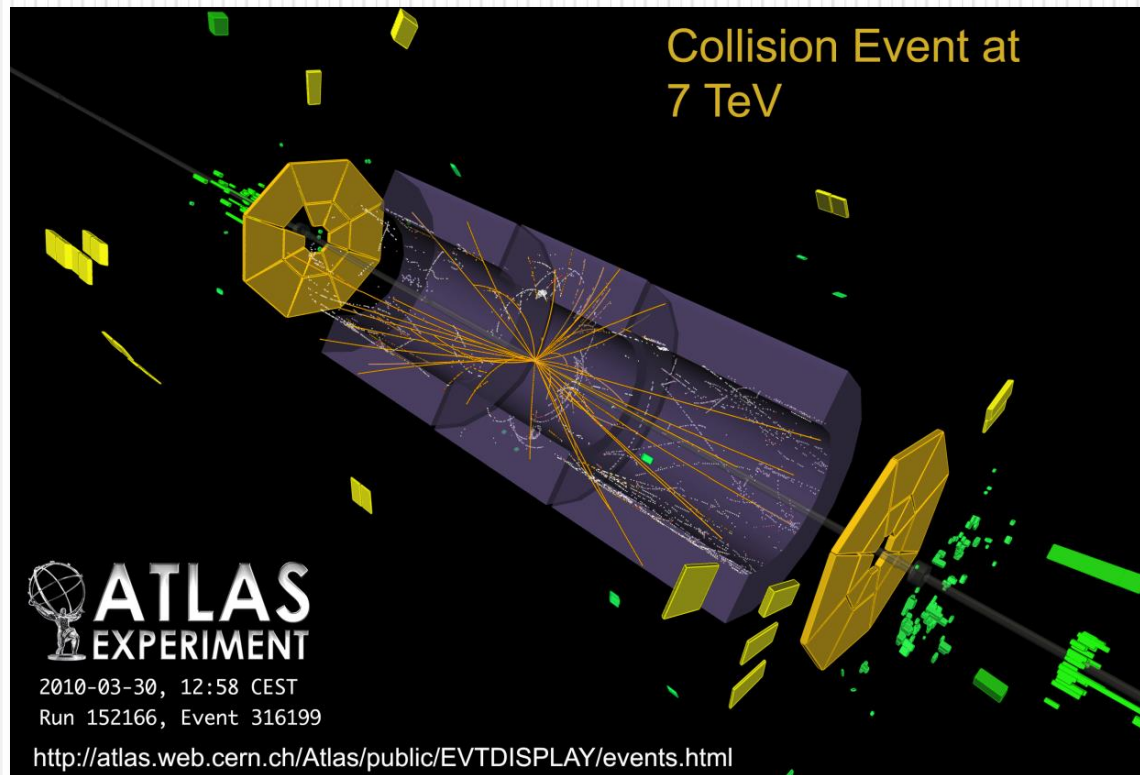
GeV = 0,0005485799
= stable



Relation Masse-Energie:

Défaut de masse, énergie libérée.

Applications Collisions LHC :



CERN et LHC



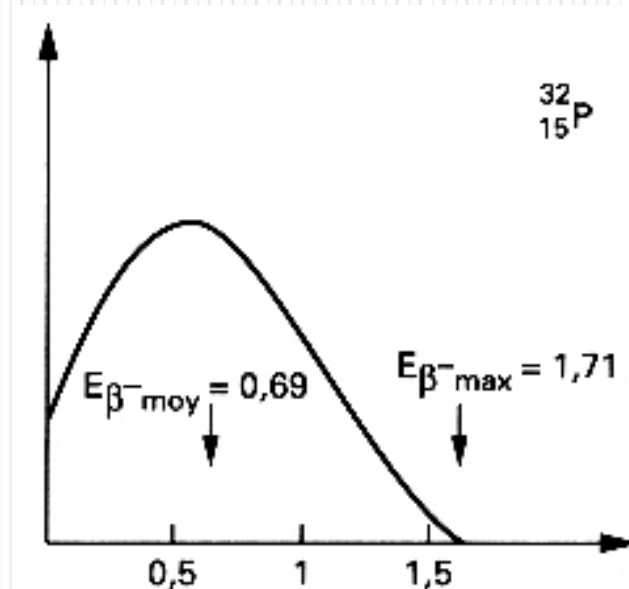
Principe de conservation de l'énergie.

Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire.

Application à la découverte du neutrino dans la désintégration, « énergie manquante ».

contradiction entre la loi de conservation de l'énergie et le spectre continu de la désintégration bêta

Le noyau de phosphore émetteur bêta moins.



Principe de conservation de l'énergie.

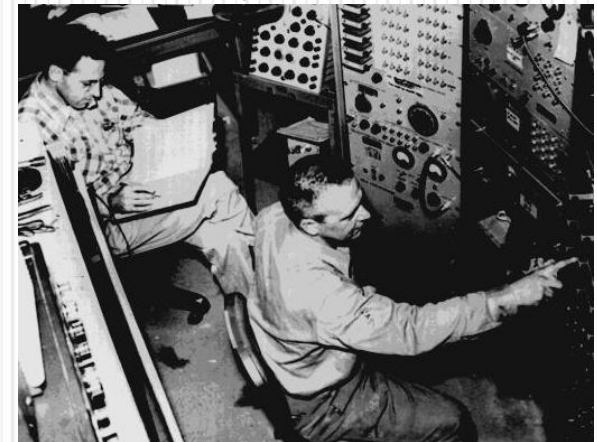
Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire.

Application à la découverte du neutrino dans la désintégration,
« énergie manquante ».

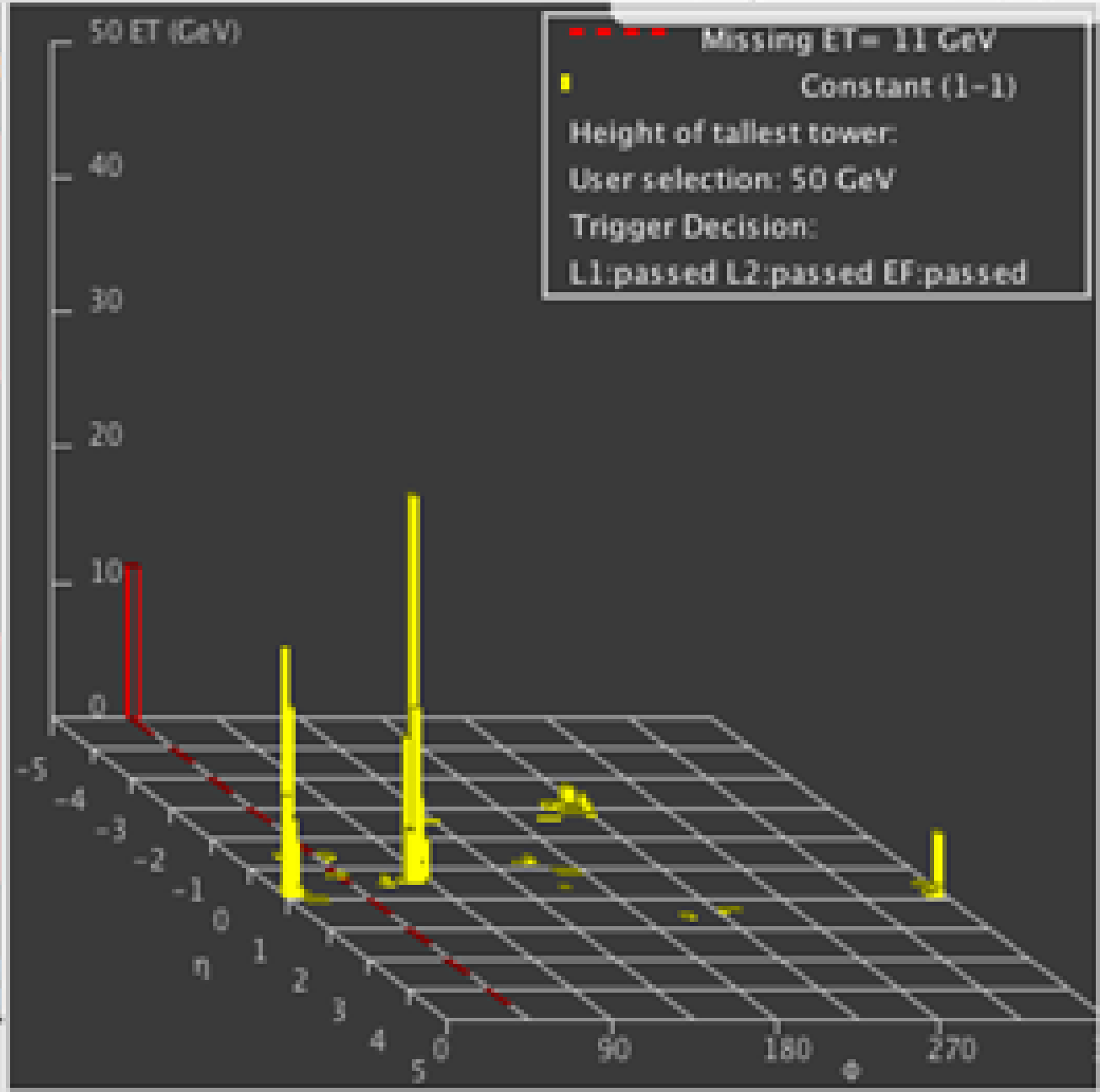
[Neutrino be bis.doc](#)



Fred Reines and Clyde Cowan (1956)

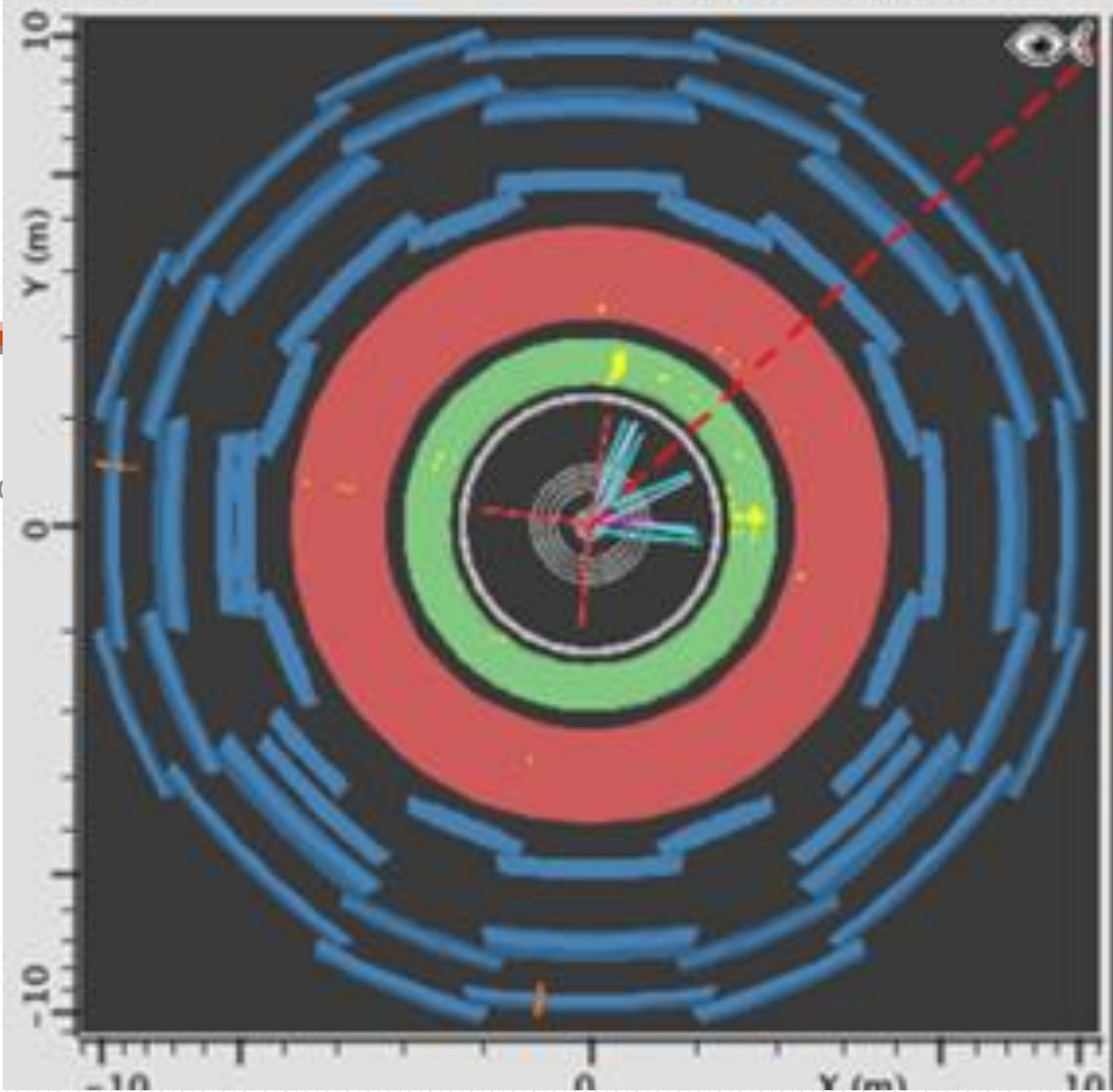


Neutri



ATLAS

source: JiveXML_10638



Neutrino

Muon OU
 Electron OU
 Boson de H

