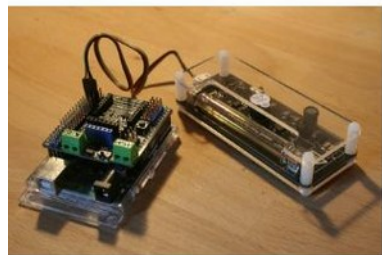


Profs au GANIL 2026

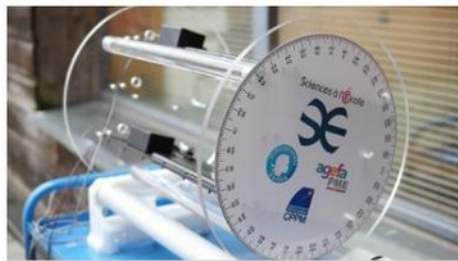
Retour d'expérience et propositions d'activités pédagogiques

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen



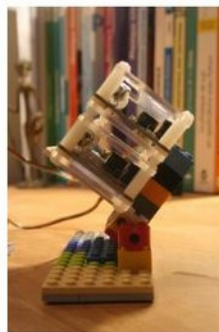
Micro(K)osmos

radioactivité, incertitudes

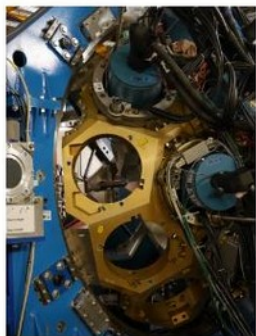


Le cosmodétecteur

rayons cosmiques, incertitudes



MicroCosmos



GANIL

visite, conférences



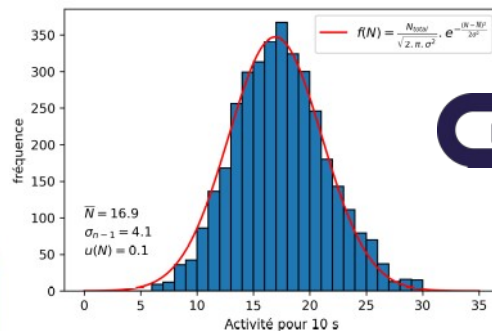
Millikan, Cloud chamber, Thomson

atome, mécanique

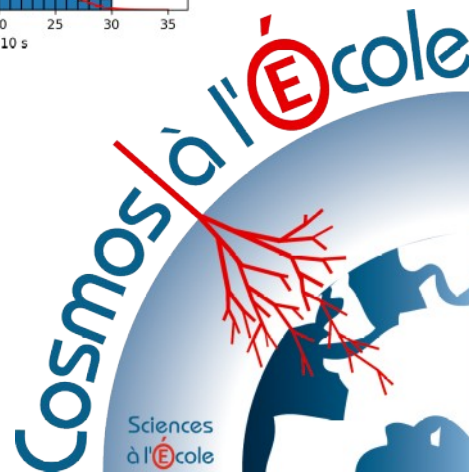


Masterclass

Orsay, W2D2

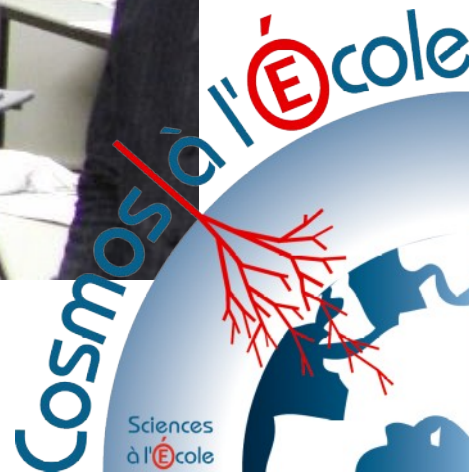


GANIL





GANIL



Suite au stage Profs au CERN/GANIL

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen

Mon parcours ...

- ✎ 1999 : DEA Physique de la matière condensée et des polymères
- ✎ 2001 - ... : Professeur de Physique-Chimie
- ✎ 2004 : DEA Épistémologie, Histoire des sciences et des Techniques
- ✎ 2010 : Stage « Profs au CERN » (LHC)
- ✎ 2013 : Stage au CPPM (Marseille) , utilisation du Cosmodétecteur
- ✎ fréquentation du GANIL, de Quarknet, Masterclass à Orsay au LAL, etc. . .
- ✎ 2017 : Stage au CPPM (Marseille) bis
- ✎ 2018, 2019 & 2022 Stage INSPYRE, LNF/INFN (Frascati - Rome)
- ✎ depuis 2024 : Stage « Profs au GANIL » & « Profs au CERN »



GANIL

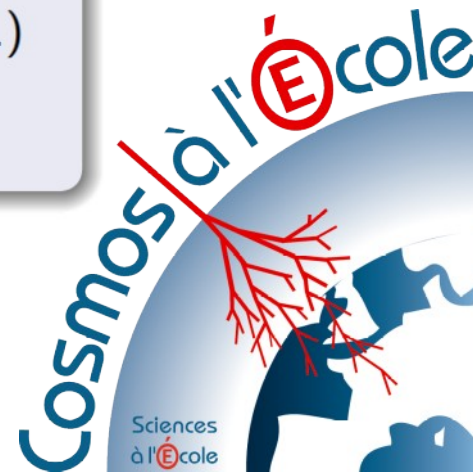


Progressivement

- ✎ dès le début : en parler en classe
 - exemples dans les cours
 - mini-conférences lors des derniers cours par exemple
- ✎ ensuite des projets atelier/club
- ✎ enfin réussir à l'utiliser en classe
 - sous forme projet en classe, fil conducteur (projet numérique, etc..)
 - MasterClass
 - activité classique [cours/TP] en lien avec le programme



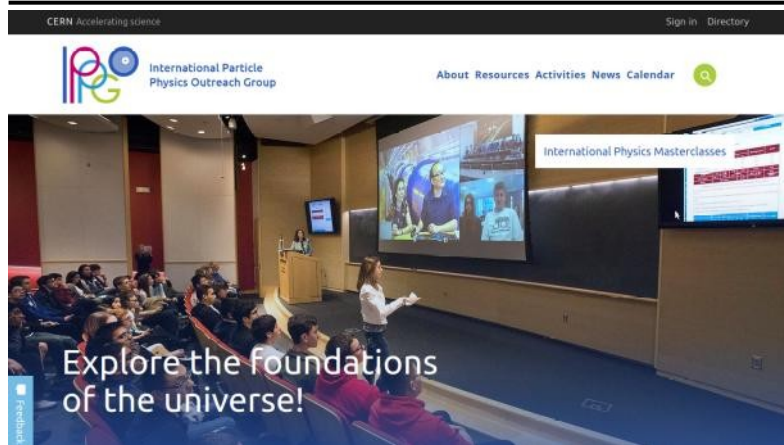
GANIL



Suite au stage Profs au CERN/GANIL

Des ressources ...

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen

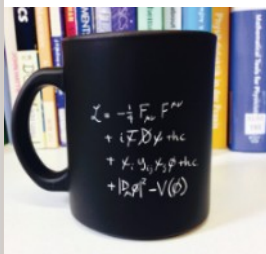


<https://ippog.org/>

<https://quarknet.org/>



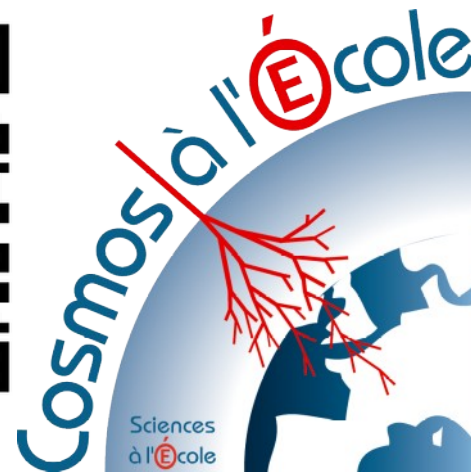
<https://educational-resources.web.cern.ch/>



- Ressources -



GANIL



World Wide Data Day – W2D2 – quarknet.org/

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen

Sans matériel ... juste un rapporteur

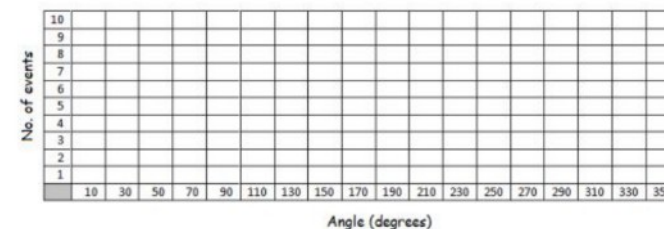


World Wide Data Day

Data Tally Sheet

Make histograms from your own data!

PHI (ϕ_1 and ϕ_2):



GANIL

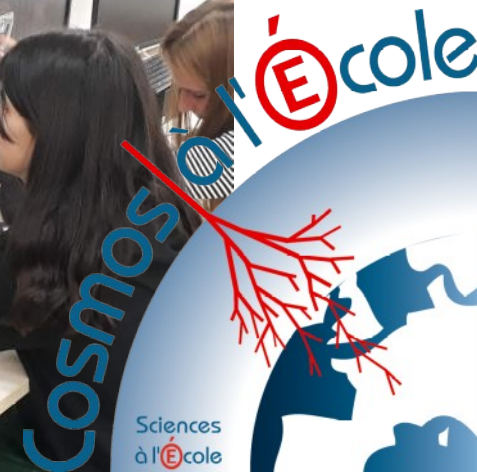


World Wide Data Day



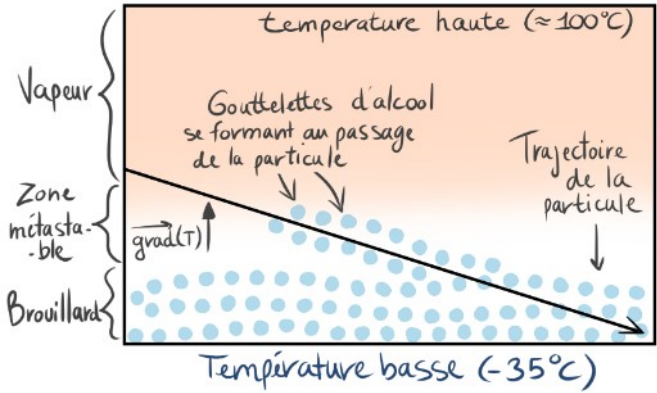
World Wide Data Day 2025: 20 November, 00:00-23:59 UTC

[interactions fondamentales 1ères Spés]

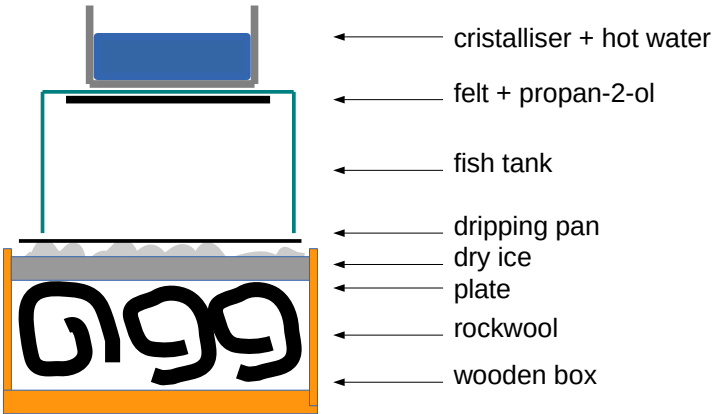




1. Le principe



2. Le plan



3. La construction



4. Identification des traces

MUONS ET ÉLECTRONS RAPIDES	PARTICULES ALPHA	ÉLECTRONS LENTS

5. Exemple : particule alpha



CLOUD.IS.(S)C(H)OOL

construction d'une chambre à brouillard

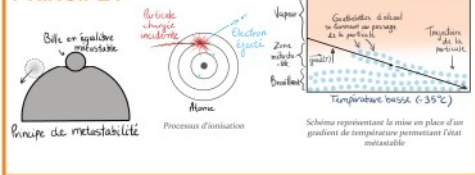
Nathan Rousseaux, Raphaël Quinchon, Guillaume Lecref, Anouk Hässler - Terminale S
Enseignants : Cédric Vanden Driessche, Antoine Marier
Collège Lycée Expérimental, Herouville St Clair - France

Résumé : Le projet que nous présentons est le résultat de près d'un an et demi de recherche et d'expériences. Notre objectif est de concevoir une chambre à brouillard en utilisant des cellules à effet peltier afin d'étudier les rayons cosmiques et la radioactivité.

Et contre :
Trajectoires de particules
provenant de nos
échantillons de thorite
dans notre chambre à
brouillard



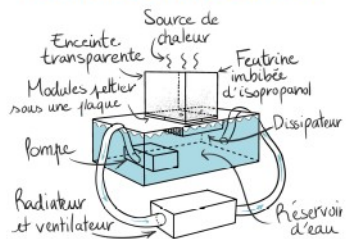
PRINCIPE :



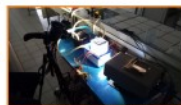
HISTOIRE :



LA CHAMBRE À BROUILLARD :

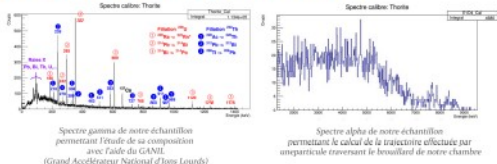
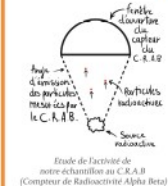


Prototypage Intermédiaire avec sel et glace 2018/2019



Dernier modèle avec circuit d'une pompe et modules peltier

ETUDE D'UN ÉCHANTILLON DE THORITE

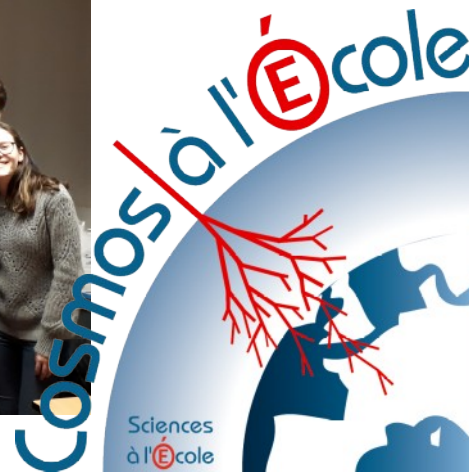


Réalisation d'une chambre à brouillard à effet Peltier

2 équipes, 2 générations [2014 → 2019]
Cloud Chamber → Cloud.is.(s)c(h)ool
Transmission d'un projet



GANIL



Sciences
à l'École

Les visites de laboratoire (GANIL, LPC, ENSICAEN, ORSAY, ...)

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen



GANIL

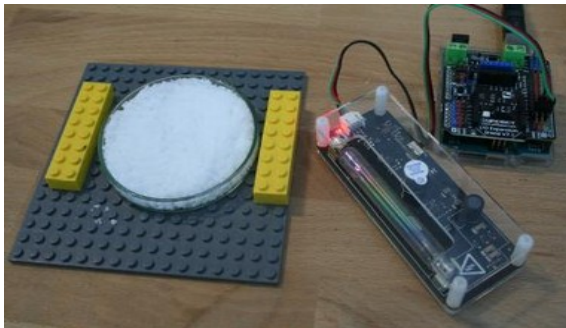


Étude de la radioactivité : Micro(K)osmos

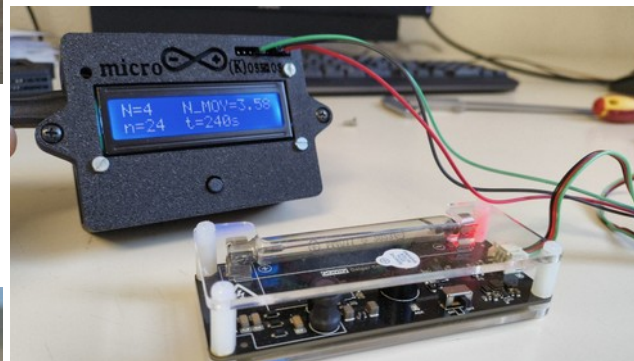
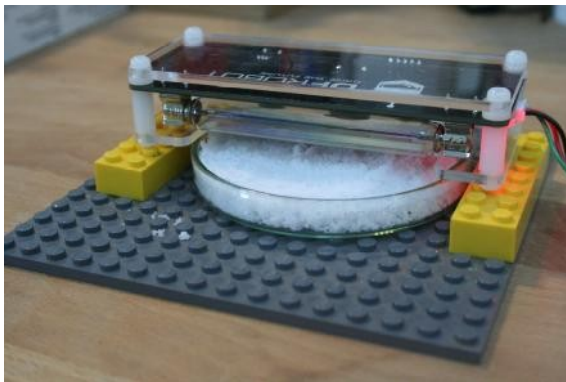
Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen

GO TRONIC
ROBOTIQUE ET COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Un site web → <https://mucosmos.github.io/>



nombre impulsion :	9	duree experience :	9 s
nombre impulsion :	4	duree experience :	19 s
nombre impulsion :	5	duree experience :	30 s
nombre impulsion :	3	duree experience :	40 s
nombre impulsion :	5	duree experience :	50 s
nombre impulsion :	6	duree experience :	60 s
nombre impulsion :	6	duree experience :	70 s



Nom prénom :
Classe : 1E

La Radioactivité du potassium 40
Mesures expérimentales

Problématique :
Votre professeur souhaite remplacer le thiocyanate de potassium (KSCN) par du chlorure de potassium (KCl) dans ses TP. Il vous demande de vérifier que la radioactivité de celui-ci est suffisante pour que l'on puisse la distinguer du bruit ambiant.
→ Votre mission consiste à mesurer le bruit de fond ainsi que l'activité du KCl et de proposer une conclusion à votre professeur. (10 points)

1. Mesure du bruit de fond

1.1. Prise de mesure

6	4	6	5	6	5	3	6	8	7	7	5	5	6
4	5	3	1	4	6	6	6	6	9	2	7	9	3

1.2. Analyse

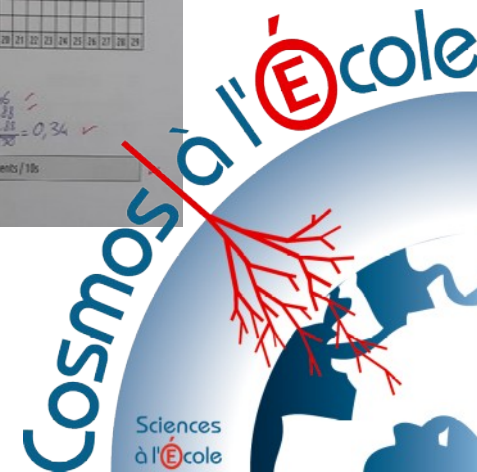
Histogramme :

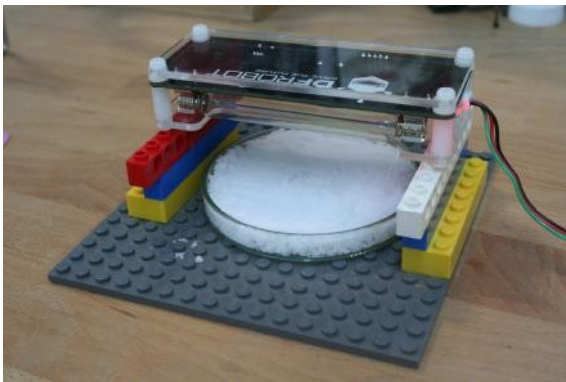
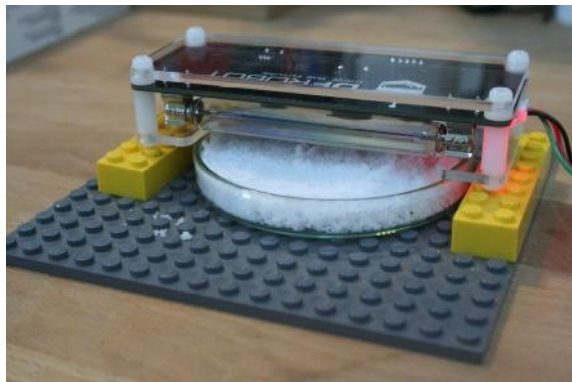
Calculs avec la calculatrice (voir fiche méthode) :

$$\bar{N} = 5.46$$
$$\sigma_{\bar{N}} = \frac{4.83}{\sqrt{N}} = 0.34$$

Bruit de fond $N = 5.46 \pm 0.34$ événements/10s
 $= 5.8$

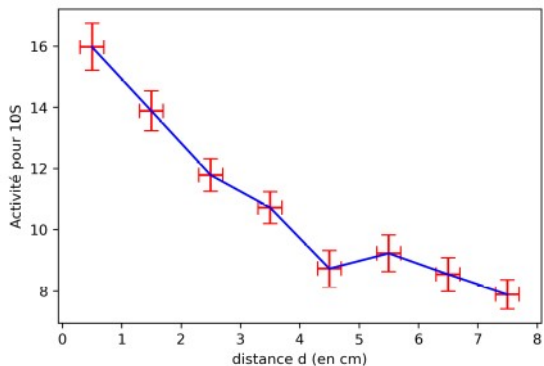
[Radioactivité 2nde & 1 EnSci]





[Radioactivité radioprotection 2nde & 1 EnSci]

nombre impulsion : 3 durée experience : 9 s
nombre impulsion : 4 durée experience : 19 s
nombre impulsion : 5 durée experience : 30 s
nombre impulsion : 3 durée experience : 40 s
nombre impulsion : 5 durée experience : 50 s
nombre impulsion : 6 durée experience : 60 s
nombre impulsion : 6 durée experience : 70 s
nombre impulsion : 7 durée experience : 80 s

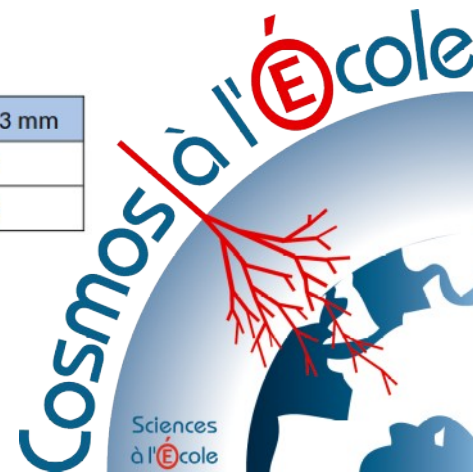


	Bruit	Pas d'écran	Papier	Aluminium 1 pli	Aluminium 8 plis	Plomb 1,3 mm
Activité (10s)	4,8	9,2	9,3	8,4	7,7	4,7
incertitude	0,4	0,7	0,6	0,4	0,5	0,4

→ Différents types d'écrans

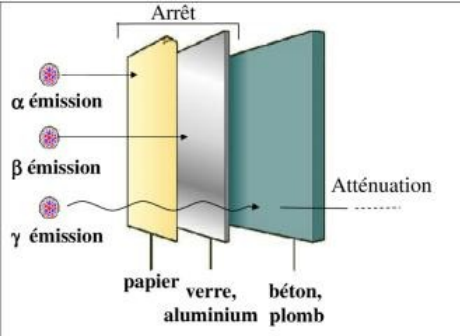
→ Distance

GANIL

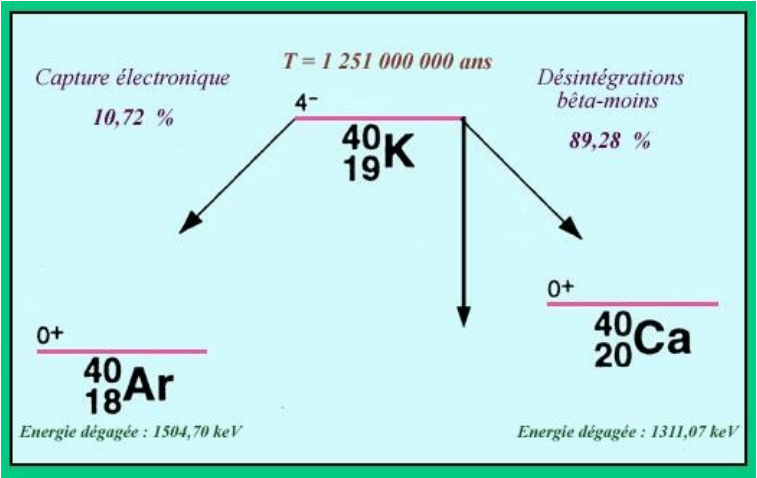


Étude de la radioactivité : Micro(K)osmos

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen

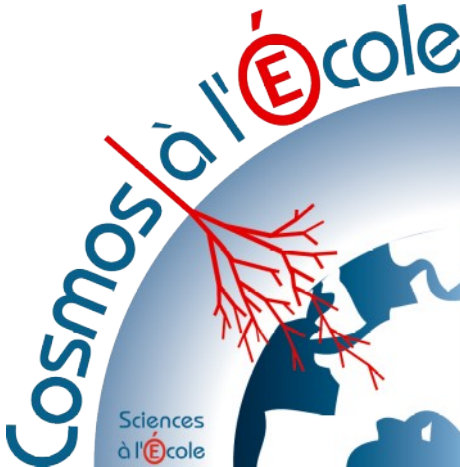


nombre impulsion :	duree experience :
9	9 s
4	19 s
5	30 s
3	40 s
5	50 s
6	60 s
6	70 s
7	80 s



[Discrimination alpha et gamma Term Spé]

GANIL



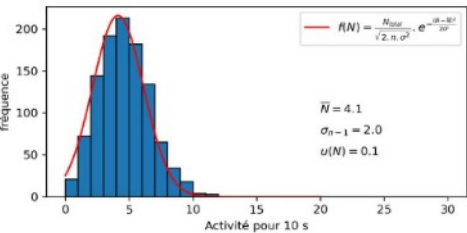


Figure 10: mesure du bruit

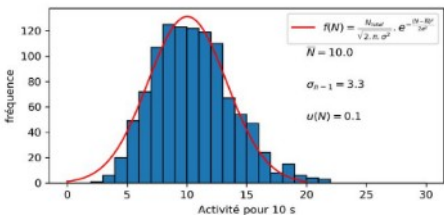


Figure 11: KSCN sans écran

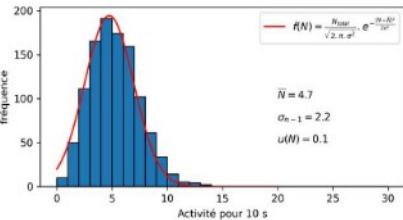
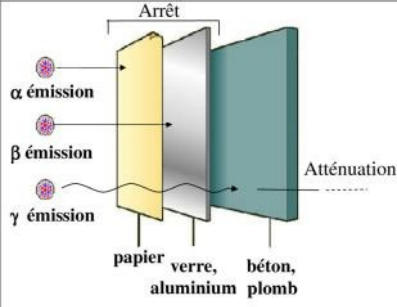


Figure 12: KSCN avec écran de plomb 1,3 mm



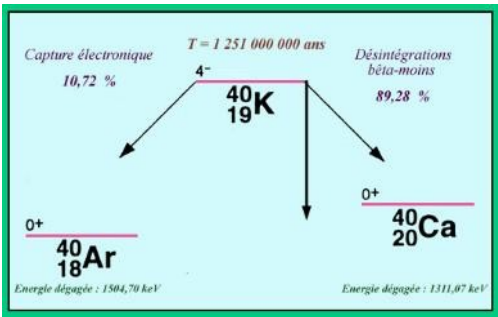
Résultats expérimentaux

bruit = 4,1
 $\beta + \gamma + \text{bruit} = 10,0$
 $0,93 * \gamma + \text{bruit} = 4,7$

$\Rightarrow \begin{cases} 0,93 \times \gamma = 0,6 \\ \beta = 10 - 4,1 - 0,65 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \gamma = 0,65 \\ \beta = 5,25 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{rayonnement } \gamma \Rightarrow 11\% \\ \text{rayonnement } \beta \Rightarrow 89\% \end{cases}$

GANIL

Théorie



$\begin{cases} \text{rayonnement } \gamma \Rightarrow 10,72\% \\ \text{rayonnement } \beta \Rightarrow 89,28\% \end{cases}$

Radioactivité naturelle	KSCN sans écran $\beta + \gamma + \text{bruit}$	KSCN avec écran Pb $0,93 * \gamma + \text{bruit}$
$4,1 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,1$



2^{de} type A : incertitudes statistiques

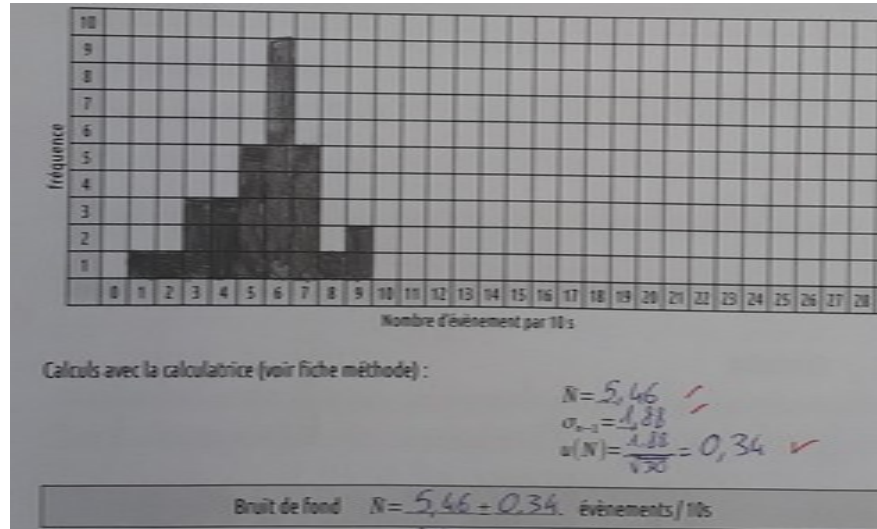
N mesures de la grandeur X

$[X_1, X_2, X_3, \dots, X_N]$

calcul de $\bar{X}$ et σ_{n-1}

$$X = \bar{X} \pm \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{N}}$$

$\Delta \sigma_{n-1}$ écart type expérimental
 $\neq$
 σ_n écart type mathématique

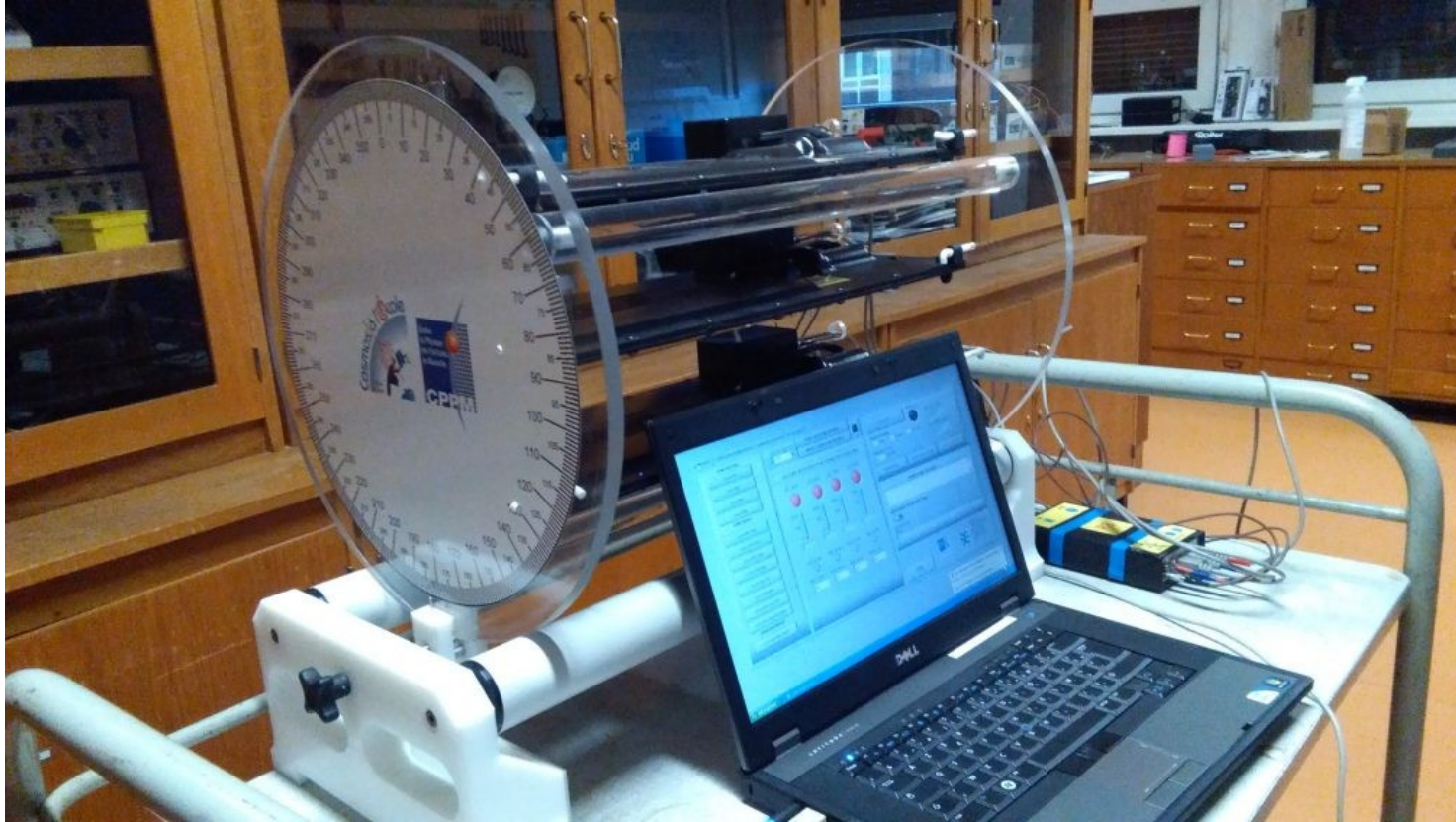


GANIL

Cosmos à l'École
Sciences à l'École

Les Muons : le cosmodétecteur

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen

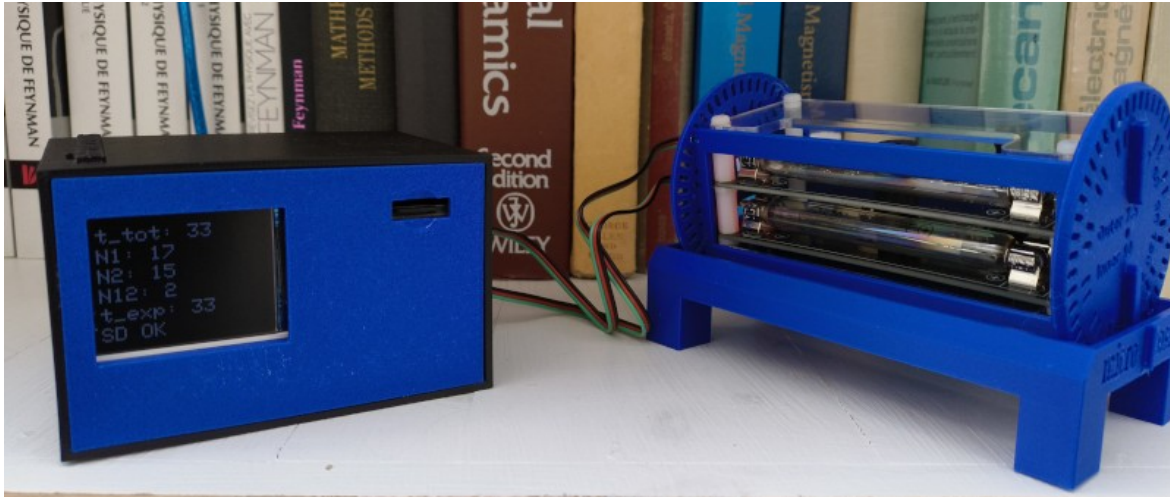
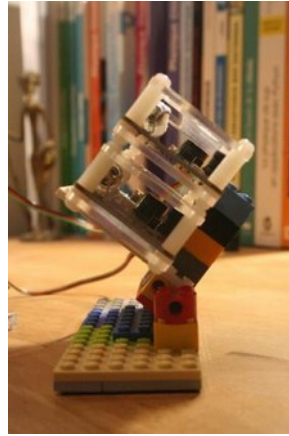
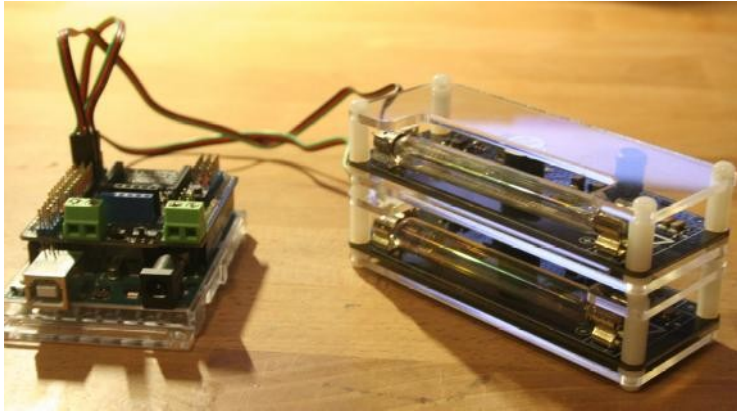


GANIL



Les Muons : le MicroCosmos (détecteur de muons basé sur Arduino [~150 euros])

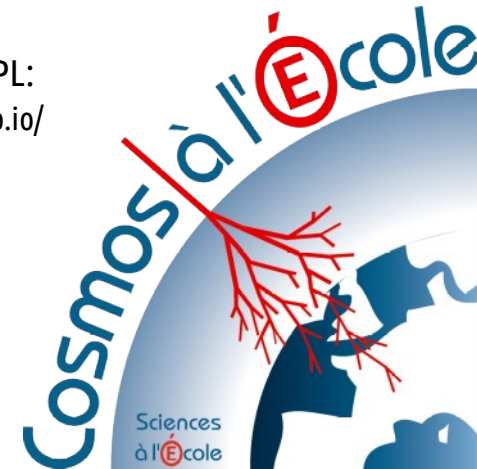
Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen



- × Détecteur à bas-coût
- × Tubes Geiger permettent l'étude de la radioactivité du potassium au lycée
- × Programmes librement modifiables par les élèves
- × Projet sous licence GPL: <https://mucosmos.github.io/>

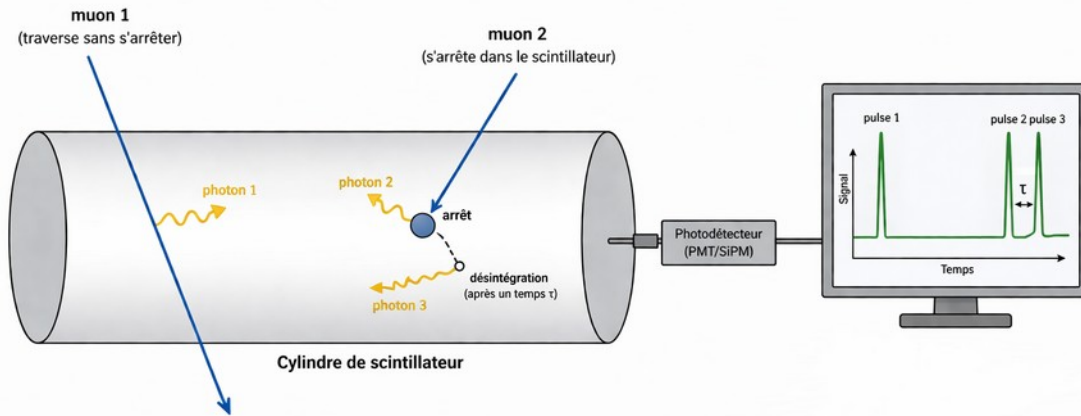


GANIL



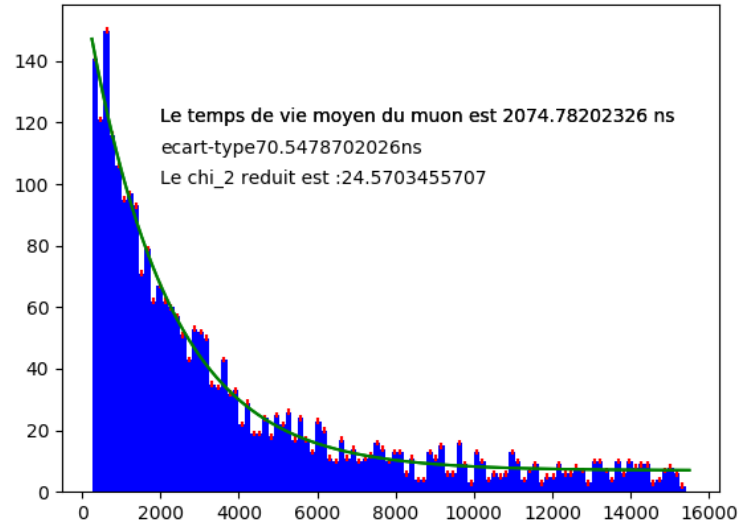
Cosmodétecteur – Mesure du temps de vie d'un muon

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen



- Les muons (ou anti-muons) sont stoppés dans le cylindre de scintillateur → émission d'un 1^{er} photon
- Le muon se désintègre en électron → émission d'un 2^{ème} photon

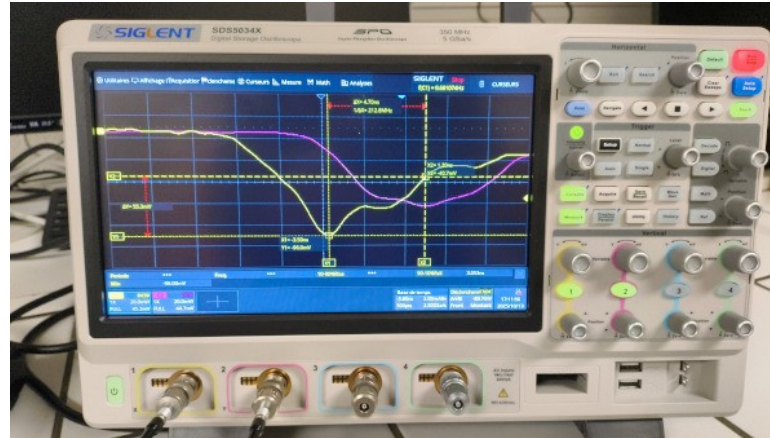
On mesure le temps de désintégration pour un grand nombre de muons durant 24 heures → calcul du temps de demie-vie du muon [Dans notre exemple 2,075 μ s]



Cosmodécteur & Microcosmos → tester la relativité

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen

Vitesse du muon : tentative de mesure directe



$$2,8 \cdot 10^8 \text{ m/s} < v_{\text{muon}} < 2,87 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$0,93 \text{ c} < v_{\text{muon}} < 0,96 \text{ c}$$

GANIL

Prêt de l'oscilloscope, merci !



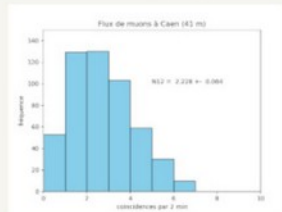
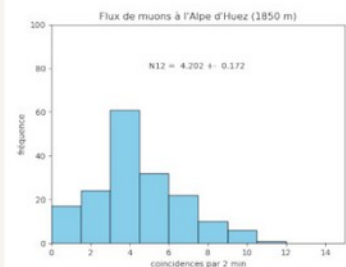
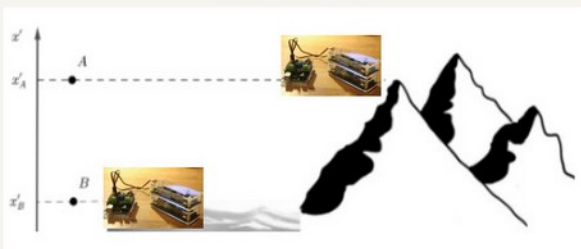
OLYMPIADES
DE PHYSIQUE FRANCE



Le paradoxe des muons : une preuve de la dilatation du temps

Détecteur MicroCosmos — mesures à Caen (41 m) et à l'Alpe d'Huez (1850 m)

1. La situation



2. Deux prédictions théoriques

Physique classique

(temps absolu, même pour tout observateur)

Durée de vie propre du muon : $\tau_0 \approx 2,2 \mu\text{s}$

Temps de trajet : $t = \Delta h / v$

$$N(h) / N(0) = \exp(-t / \tau_0)$$

Sans dilatation du temps, une très grande partie des muons devrait se désintégrer avant Caen

rapport attendu
 ≈ 16

Relativité restreinte

(le temps se dilate pour un observateur au sol)

Durée de vie « vue du sol » : $T = \gamma \cdot \tau_0$

Facteur de Lorentz : $\gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$

$$N(h) / N(0) = \exp(-t / (\gamma \cdot \tau_0))$$

Vu du sol, l'horloge interne du muon
« tourne plus lentement » : il vit plus longtemps

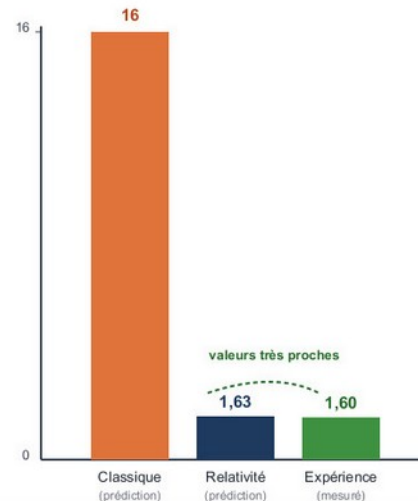
rapport attendu
 $\approx 1,63$

($v \approx 0,98 c$ pour les muons détectés)

→ beaucoup moins de muons « perdus » en route

3. Confrontation à l'expérience

Rapport de flux $N(\text{Alpe d'Huez}) / N(\text{Caen})$



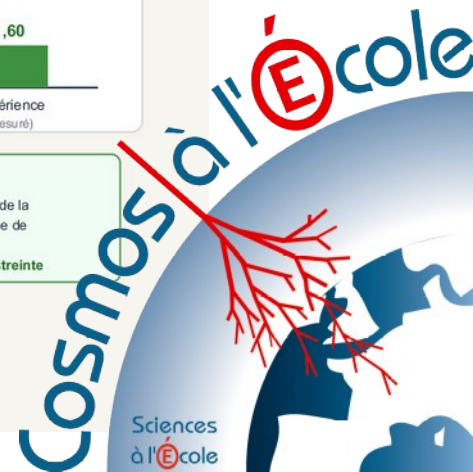
Conclusion

La valeur mesurée (1,60) est très proche de la prédiction relativiste (1,63) et très éloignée de la prédiction classique (16).

→ l'expérience confirme la Relativité Restreinte



GANIL



Sciences
à l'École

Distribution angulaire du flux de muons $N = f(\theta)$

De la mesure au modèle : confronter l'hypothèse relativiste aux données du MicroCosmos

1. Le dispositif et les mesures

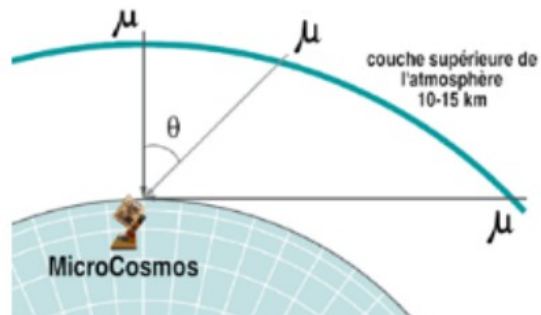


Fig. 6. Étude de la distribution angulaire du flux de muons.

Le flux de muons est mesuré par angle θ par rapport au zénith
(coïncidences entre les tubes 1 et 2 du MicroCosmos, 1h/mesure)

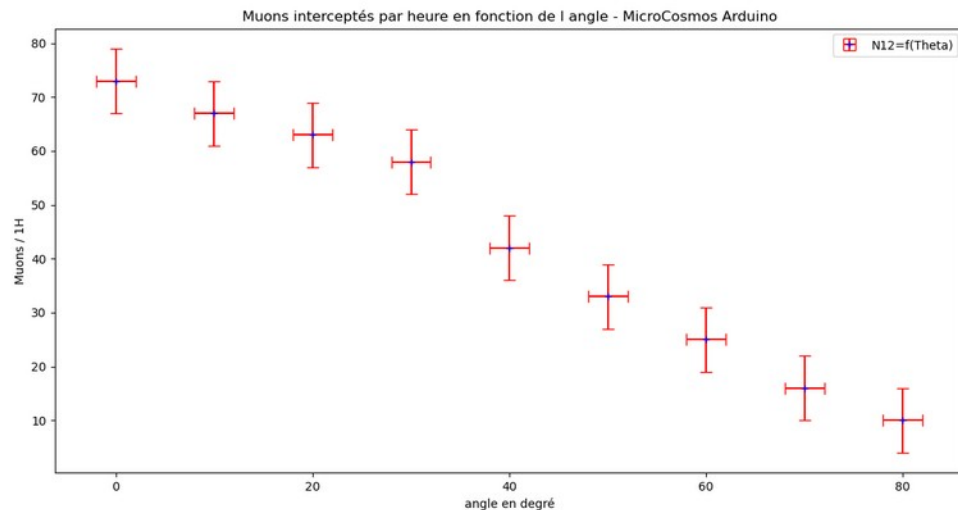
À grand θ , le trajet dans l'atmosphère est plus long

Résultats mesurés (durée 1 h)

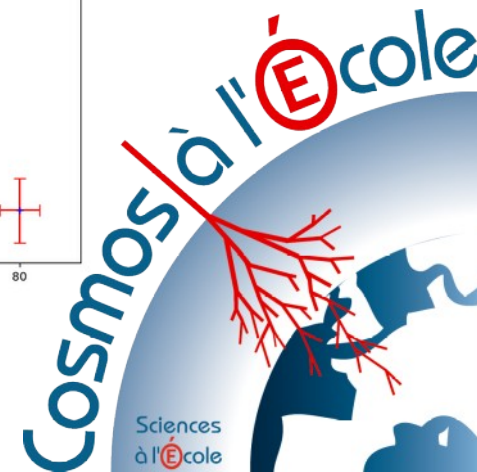
θ (°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
N_{12}	73	67	63	58	42	33	25	16	10

Incertitudes : $u(\theta) = 2^\circ$; $u(N_{12}) = 4$ muons

On observe une nette décroissance de N avec θ



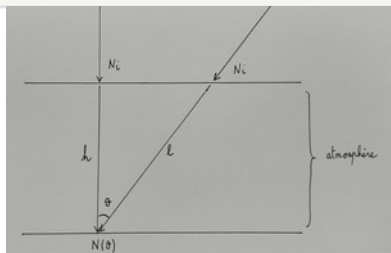
GANIL



Distribution angulaire du flux de muons $N = f(\theta)$

De la mesure au modèle : confronter l'hypothèse relativiste aux données du MicroCosmos

2. Construire le modèle



Schématisation : le trajet L dans l'atmosphère dépend de θ

Absorption par l'air + décroissance radioactive

Absorption proportionnelle à la longueur de trajet :

$$N_{\theta} \propto \cos \theta / h$$

Décroissance radioactive :

$$N_{\theta} \propto N_i \cdot e^{-t/\tau}$$

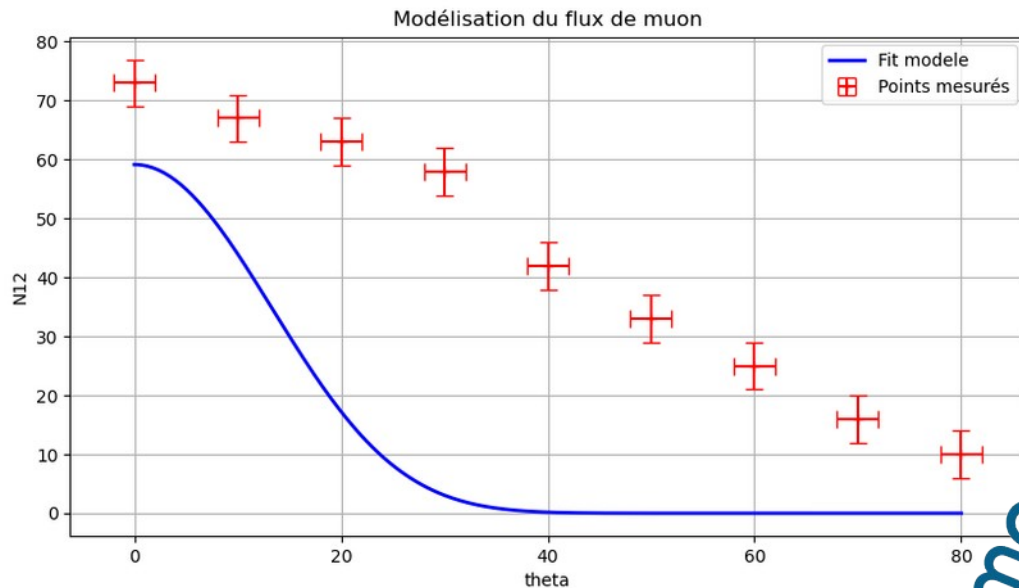
En temps de parcours (temps classique τ) :

$$N_{\theta} = N_{\theta=0} \cdot \cos \theta \cdot e^{-h/(v_{\text{muon}} \cdot \tau \cdot \cos \theta)}$$

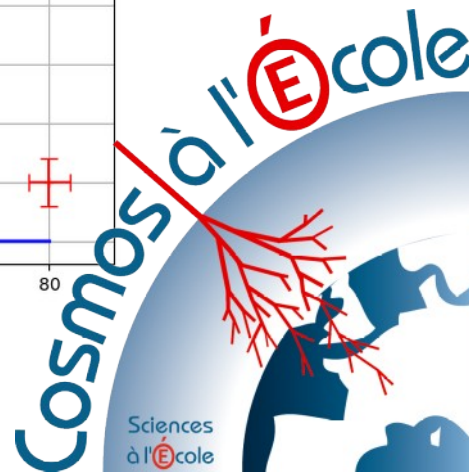
→ ajusté par curvefit Python ($v_{\text{muon}} = 2,196 \mu\text{s}$)

Résultat : ce modèle NE décrit PAS les données

(le flux devrait chuter beaucoup plus vite avec θ)



GANIL



Distribution angulaire du flux de muons $N = f(\theta)$

De la mesure au modèle : confronter l'hypothèse relativiste aux données du MicroCosmos

3. Le modèle relativiste

On remplace τ par $\gamma\tau$ (dilatation du temps)

$$N_{\theta} = N_{\theta=0} \cdot \cos \theta \cdot e^{-h/(v_{\mu\text{on}} \cdot \gamma\tau \cdot \cos \theta)}$$

$$\gamma = 1 / \sqrt{1 - v_{\mu\text{on}}^2 / c^2}$$

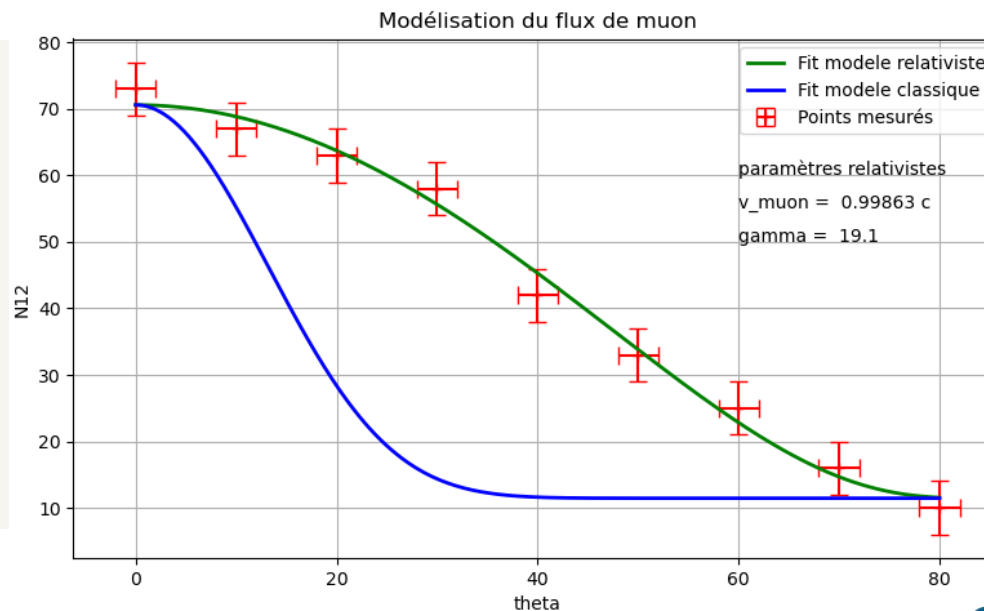
Ajustement Python (curvefit) donne :

- $v_{\mu\text{on}} = 0,998\,63\,c \rightarrow \gamma = 19,1$
(cohérent avec Frisch & Smith, $\gamma \approx 9$)

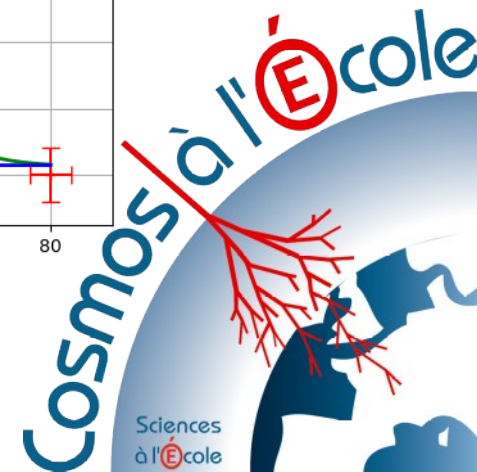
Mesures plus récentes (détecteur amélioré) :

$$v_{\mu\text{on}} = 0,992\,95\,c \rightarrow \gamma = 8,4 \text{ (= Frisch & Smith)}$$

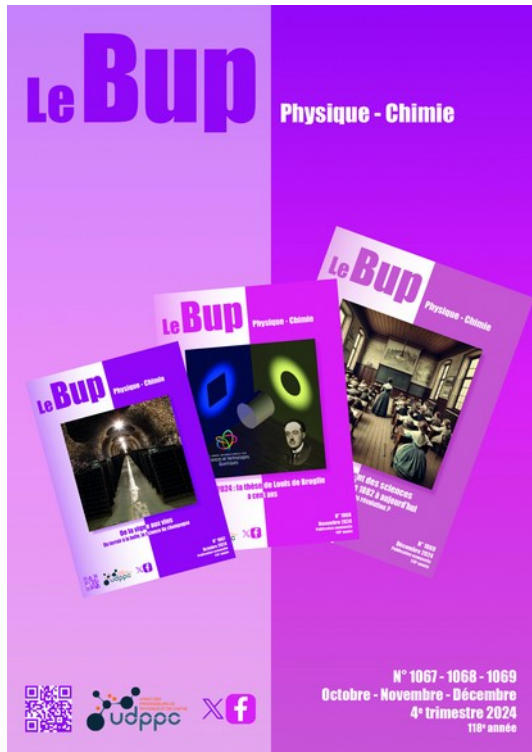
Ce modèle DÉCRIT bien les données !



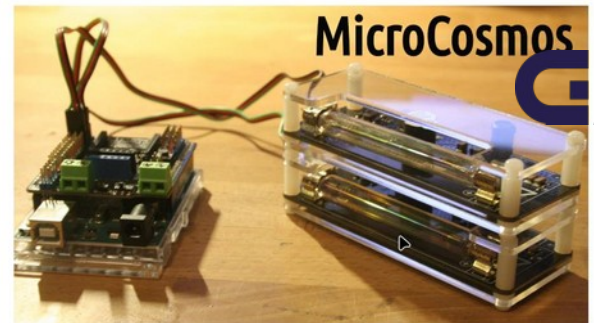
GANIL



Sciences
à l'École



<https://mucosmos.github.io/>
mucosmos



Ce site héberge principalement les programmes arduino et python des projets MicroCosmos et Micro(K)osmos. L'objectif est d'intervenir le champ expérimental de la physique des particules et de la physique nucléaire en s'appuyant sur la popularisation des microcosmos, Arduino et des capteurs associés.

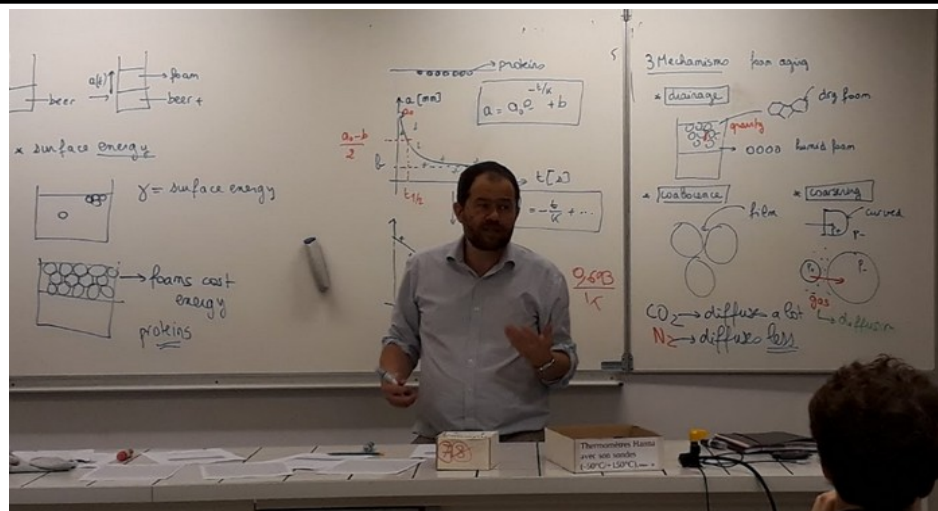
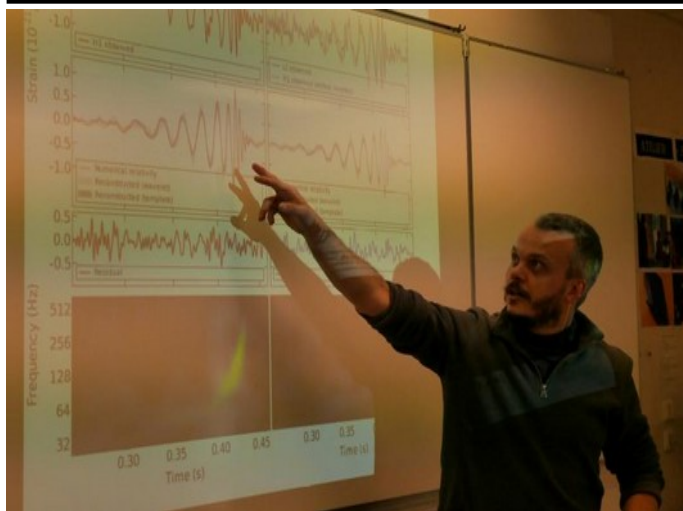
Etude des rayons cosmiques : MicroCosmos

Le MicroCosmos est un détecteur de rayons cosmiques à l'aide de 2 tubes Geiger : Les programmes pour le MicroCosmos



Les conférences

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen



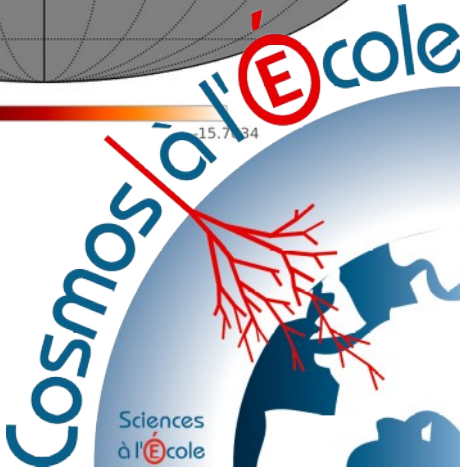
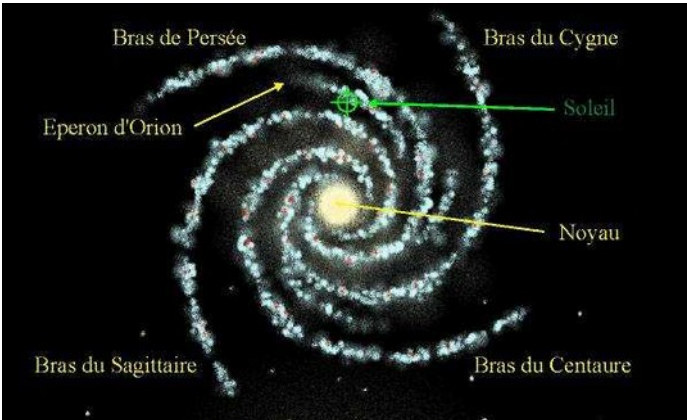
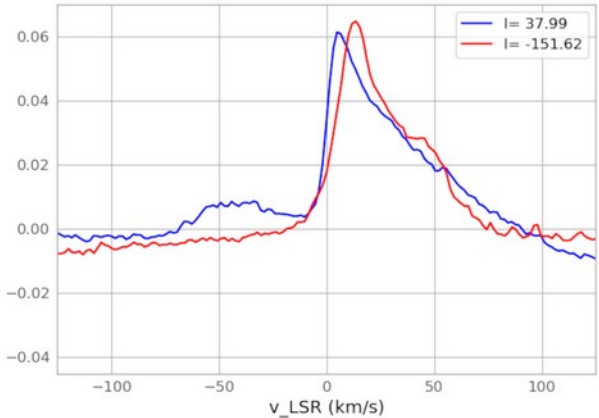
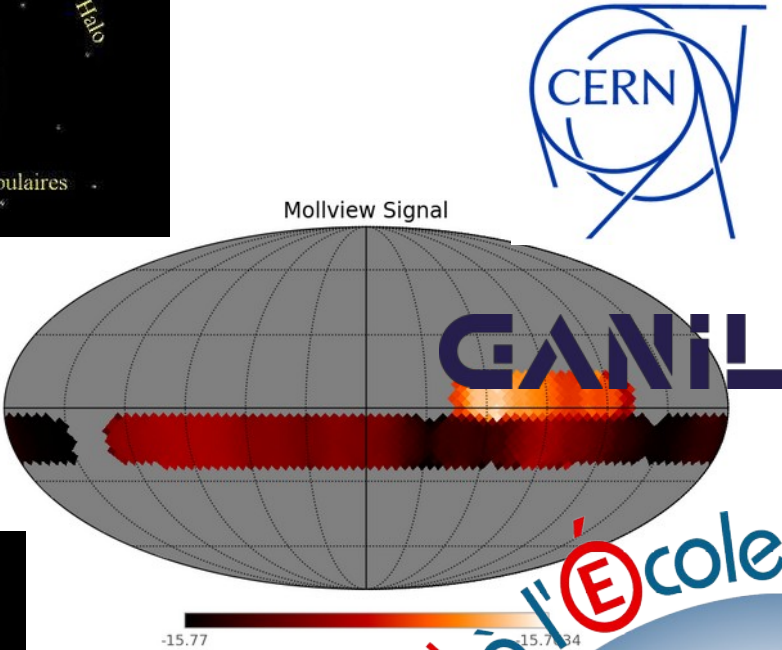
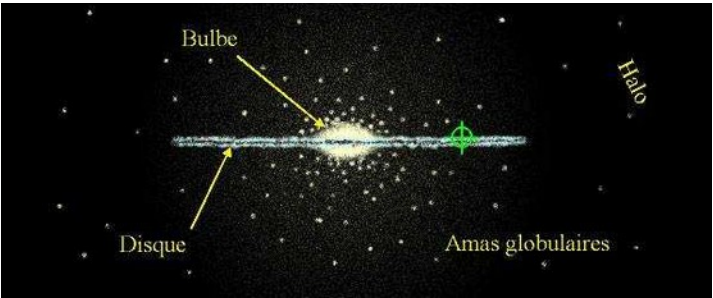
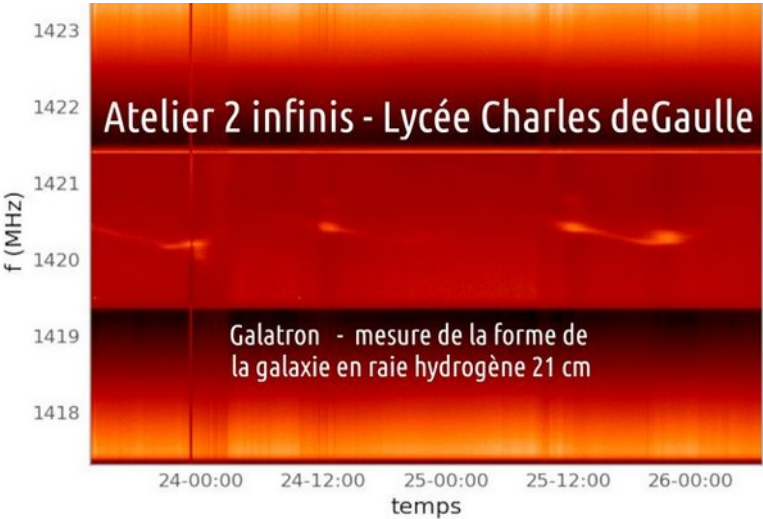
GANIL



- Nicolas Arnaud : ondes gravitationnelles
- Frédéric Restagno : frictions & mousses
- Gregory Lehaut : radioastronomie

parfois des visios (plus simple)





Les stages

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen



INSPYRE : <https://edu.lnf.infn.it/inspyre/>



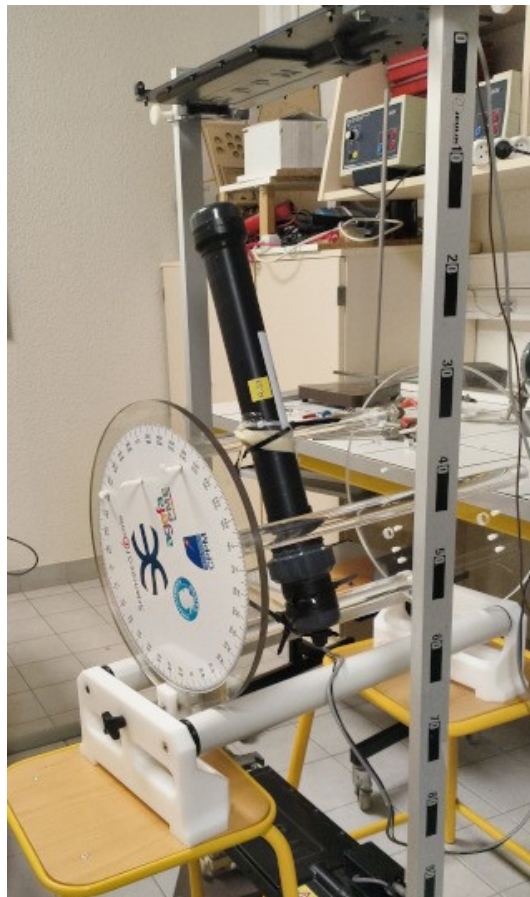
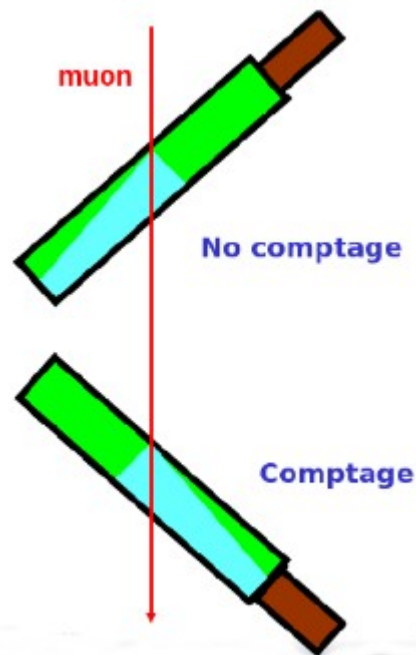
2nde du CLELab au GANIL

GANIL



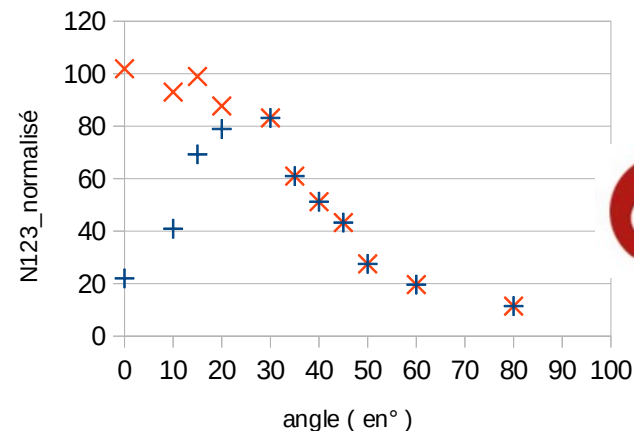
Vitesse du muon : tentative de mesure par effet Cerenkov

GANIL



Triple coïncidences normalisées

prise en compte correction du PM (?)

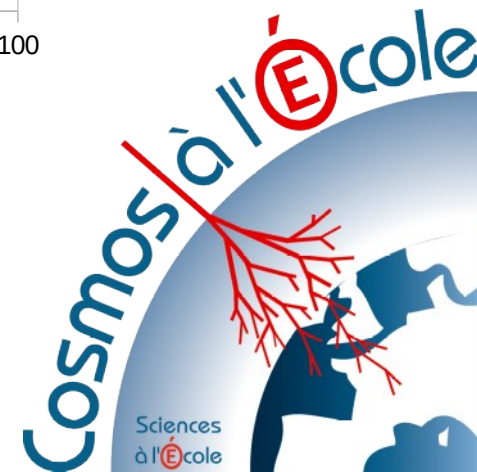


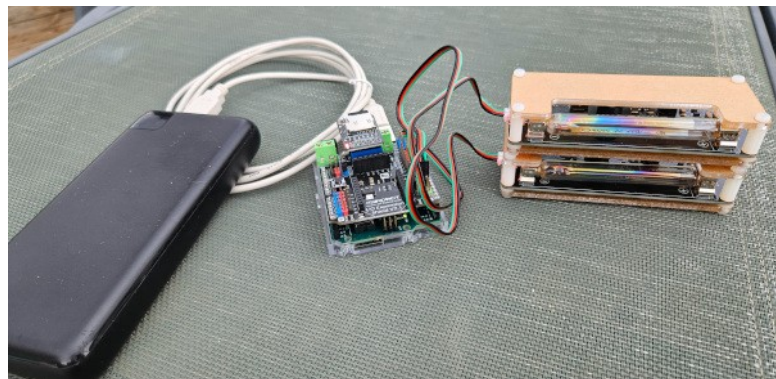
OLYMPIADES
DE PHYSIQUE
FRANCE

$$\cos \theta = \frac{c}{n \cdot v_{\mu\text{on}}}$$

$$\theta \approx 45^\circ$$

$$v_{\mu\text{on}} \approx 0,94 \cdot c$$





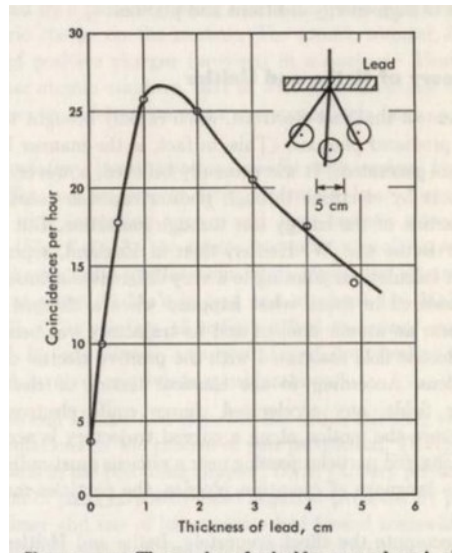
- × Poursuite d'étude
- × TIPE en prépa
- × Olympiades de Physique



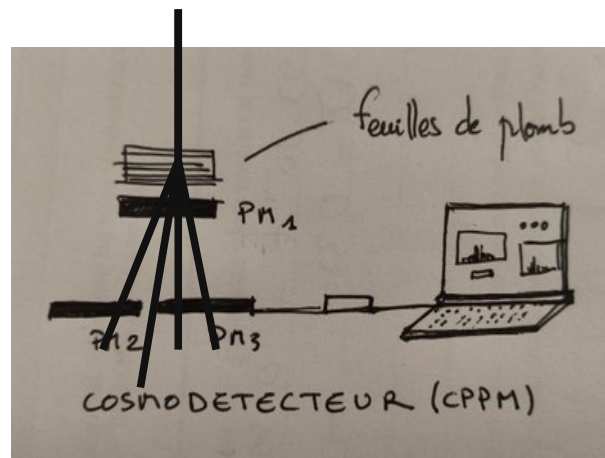
GANIL



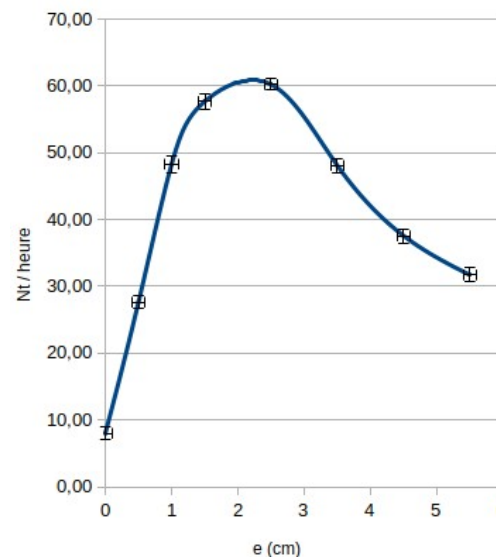
Expérience de Rossi, 1933



Expérience au Lycée, 2020



Triple coincidence en fonction de l'épaisseur de plomb

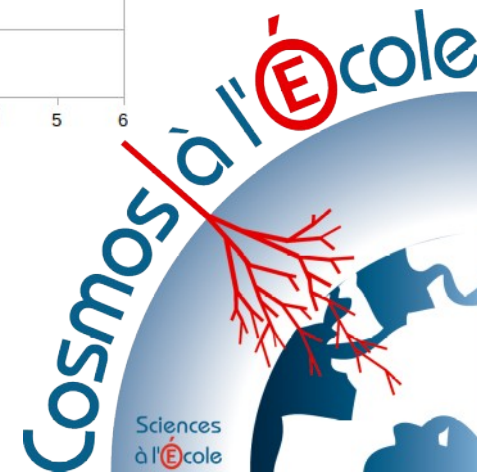


La courbe comporte 2 parties :

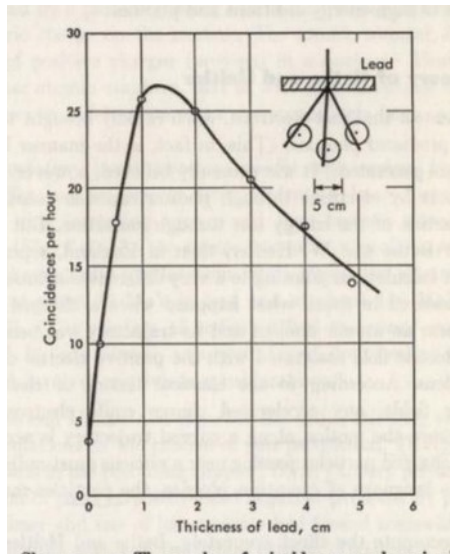
- ① Les muons percutant le plomb génèrent des gerbes de particules augmentant le nombre de triples coïncidences N_{123}
- ② N_{123} diminue lorsque les particules secondaires sont réabsorbées dans le plomb



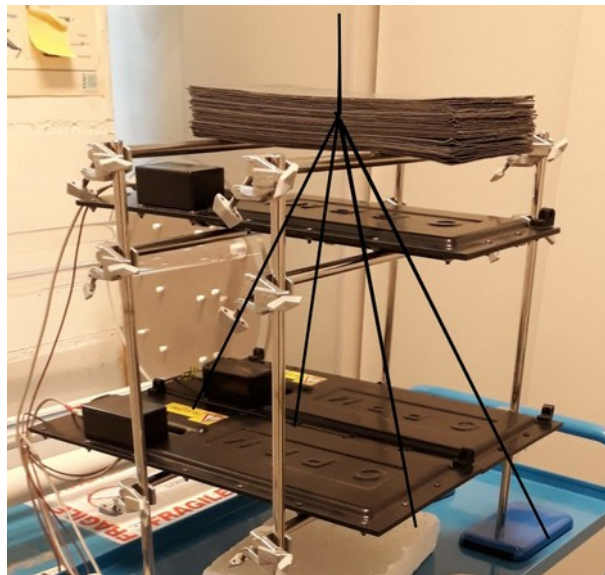
GANIL



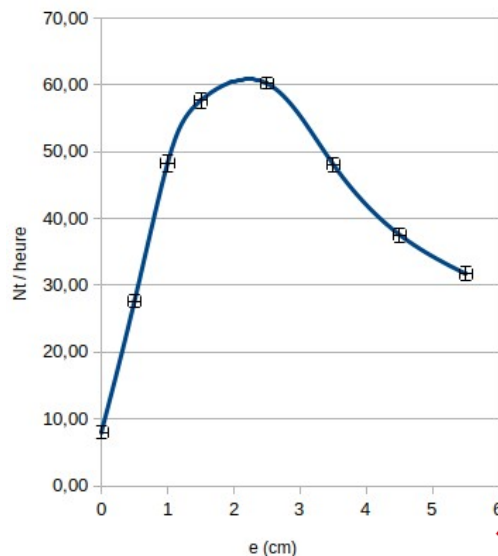
Expérience de Rossi, 1933



Expérience au Lycée, 2020



Triple coincidence en fonction de l'épaisseur de plomb

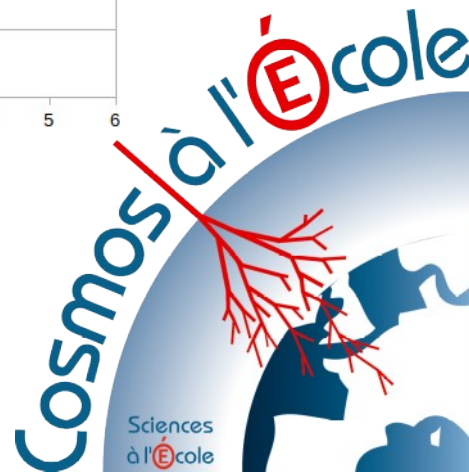


La courbe comporte 2 parties :

- ① Les muons percutant le plomb génèrent des gerbes de particules augmentant le nombre de triples coïncidences N_{123}
- ② N_{123} diminue lorsque les particules secondaires sont réabsorbées dans le plomb

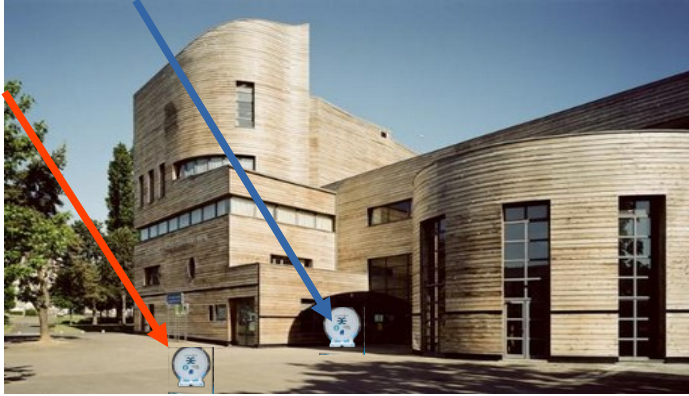


GANIL



Cosmodécteur – Tomographie muonique

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen



Deux mesures de la distribution angulaire du flux de muon



Détection de la tour de Lycée par une diminution du flux

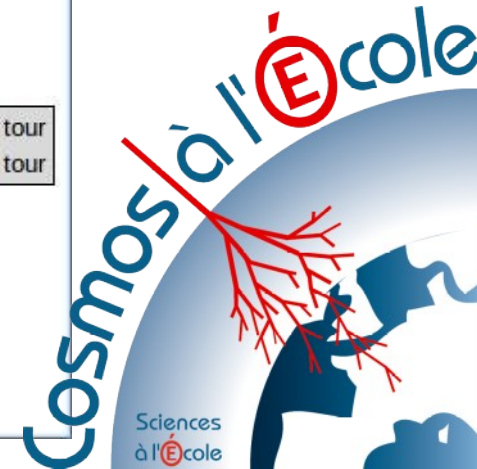
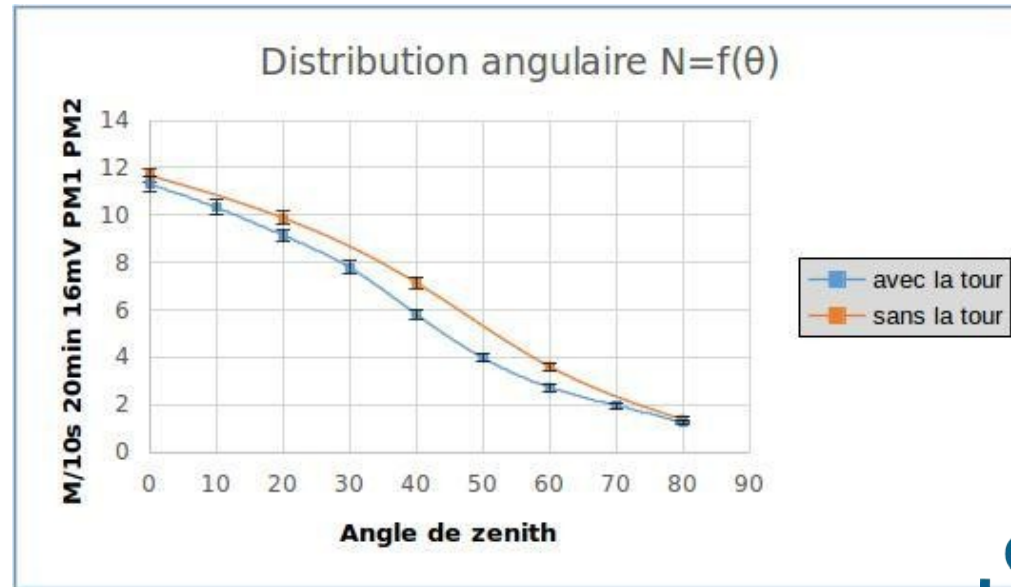


Illustration des mesures faites sur les volcans

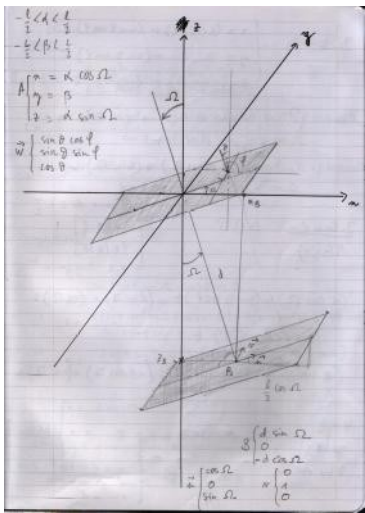


GANIL

→ une différence faible mais la
détection fonctionne



1. Modélisation



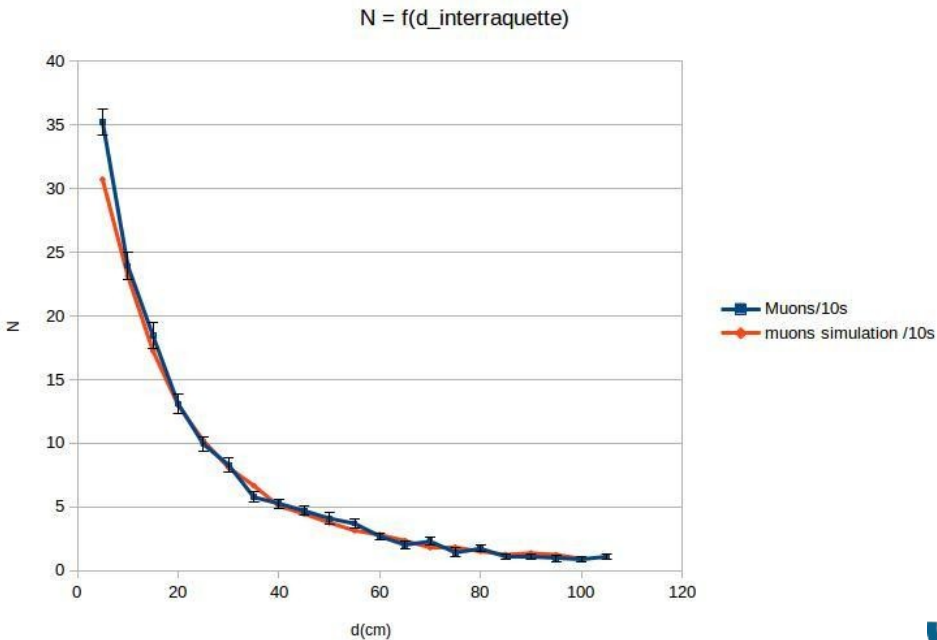
2. Expérience



3. Codage d'une simulation

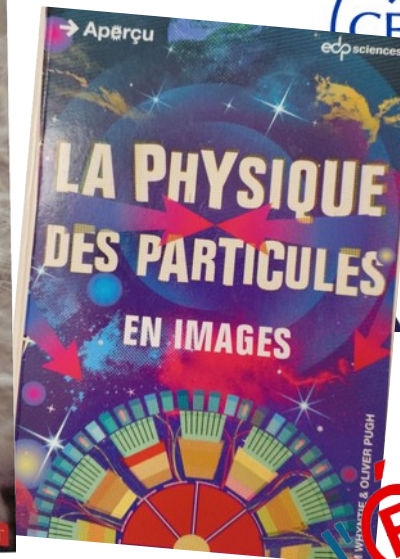
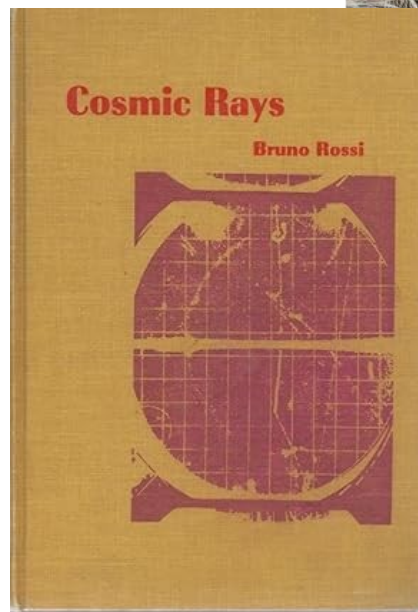
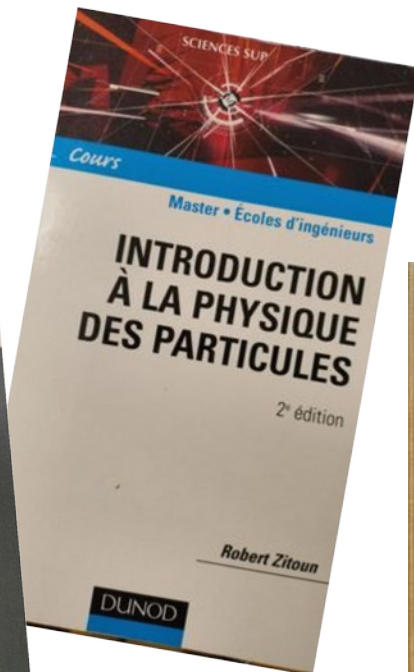
```
for i in range(1,N):  
    #les deux lignes suivantes simulent les coordonnées d'arrivées d'un muon sur le scintillateur du haut (tirage uniforme)  
    alpha=np.random.uniform(-L,L)  
    beta=np.random.uniform(-L,L)  
    x= alpha*np.cos(omega)  
    y= beta  
    z= alpha*np.sin(omega)  
  
    #loi de distribution de l angle zénithal en cos**2  
    u=np.random.uniform(0,1)  
    theta=np.arccos(u**(0.25))
```

4. Validation : comparaison expérience/simulation

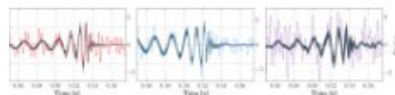


Des Livres

Cédric Vanden Driessche
Lycée Charles de Gaulle, Caen



MasterClass « homemade » avec Nicolas Arnaud



Masterclass Gravitational Waves

GW170814

credit: vanden-driessche-fre-arnaud.fr

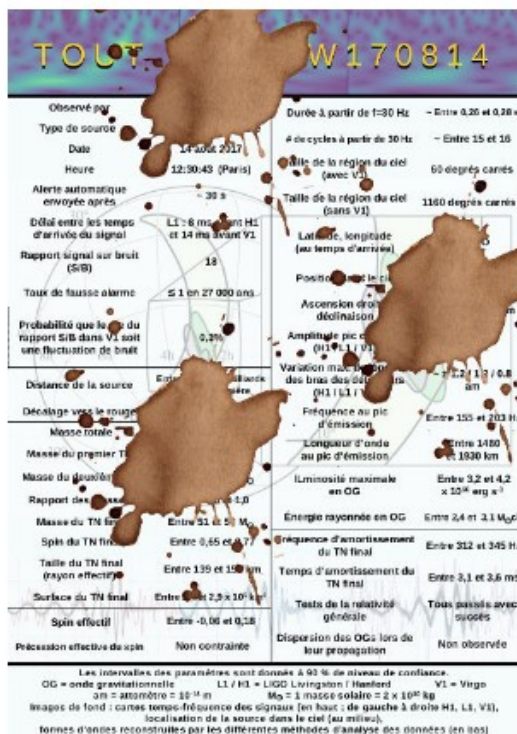
Le Contexte

Dans le cadre de la section compagne CLELab vous avez réussi à décrocher un stage dans le laboratoire VIRGO qui est un observatoire d'ondes gravitationnelles près de Pisa en Italie. C'est votre première journée et vous avez très hâte de vous y mettre. Dans le bureau qui vous a été attribué vous rencontrez votre directeur de stage Nicolas Arnaud. C'est alors que vous recevez un mail.



Vous vous mettez à chercher le document avec empressement... Vous finissez par l'apercevoir sous une pile d'autres documents. Vous allez pouvoir le scanner et l'envoyer à Nicolas. Mais au moment de le prendre vous remarquez votre tasse de café dessinée à l'encre sur le document. Rapidement vous vous rendez compte que pas un de vos documents n'est exempt de cette tache. Vous vous demandez si vous ne devriez pas vous en occuper. Vous ne savez donc pas s'il s'agit de la tache de deux trous noirs ou de deux mines blanches en notation l'une autour de l'autre. Et vous ne pouvez pas dire de quelle direction provient ce signal !

Comme il est impossible de commencer votre stage par sans répondre au mail de Nicolas, vous décidez d'envoyer de vous en sortir avec le matériel à votre disposition.



GANIL



Sciences
à l'École

- ✎ Des documentaires : Particle Fever, Pêcheurs d'étoiles , ...
- ✎ Activités papier : particle tracks, Contextualized magnetism in secondary school : learning from the LHC
- ✎ des ressources :
 - ✎ Sciences à l'école
 - ✎ Science in school
 - ✎ La revue élémentaire
 - ✎ <https://www.radioactivite.com/>
 - ✎ <https://ippog.org/>

