



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS

<https://eperon.omp.eu/>



Olivier Espagnet

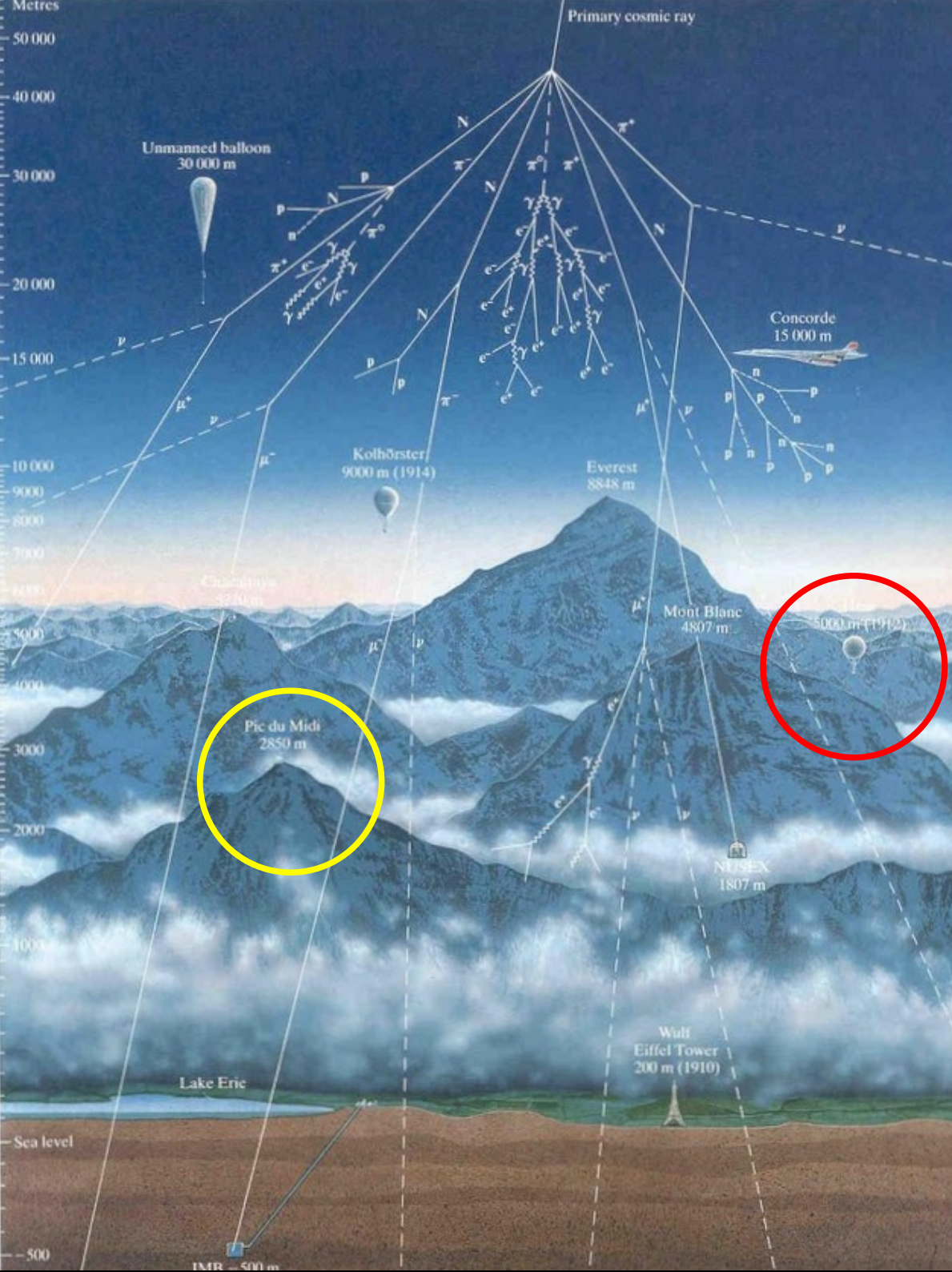
Renaud Blyweert

Service éducatif de l'OMP





Plateforme Éducative **Rayons cosmiques et muONS**



## Observatoire du Pic du Midi

fondé en 1873

altitude 2877m

## Rayons cosmiques

découverts en 1912 (Viktor Hess)

altitude 5300m



Plateforme Éducative **Rayons cosmiques et muONs**

## Les rayons cosmiques au Pic du Midi

1939 Pierre Auger : très grandes gerbes cosmiques

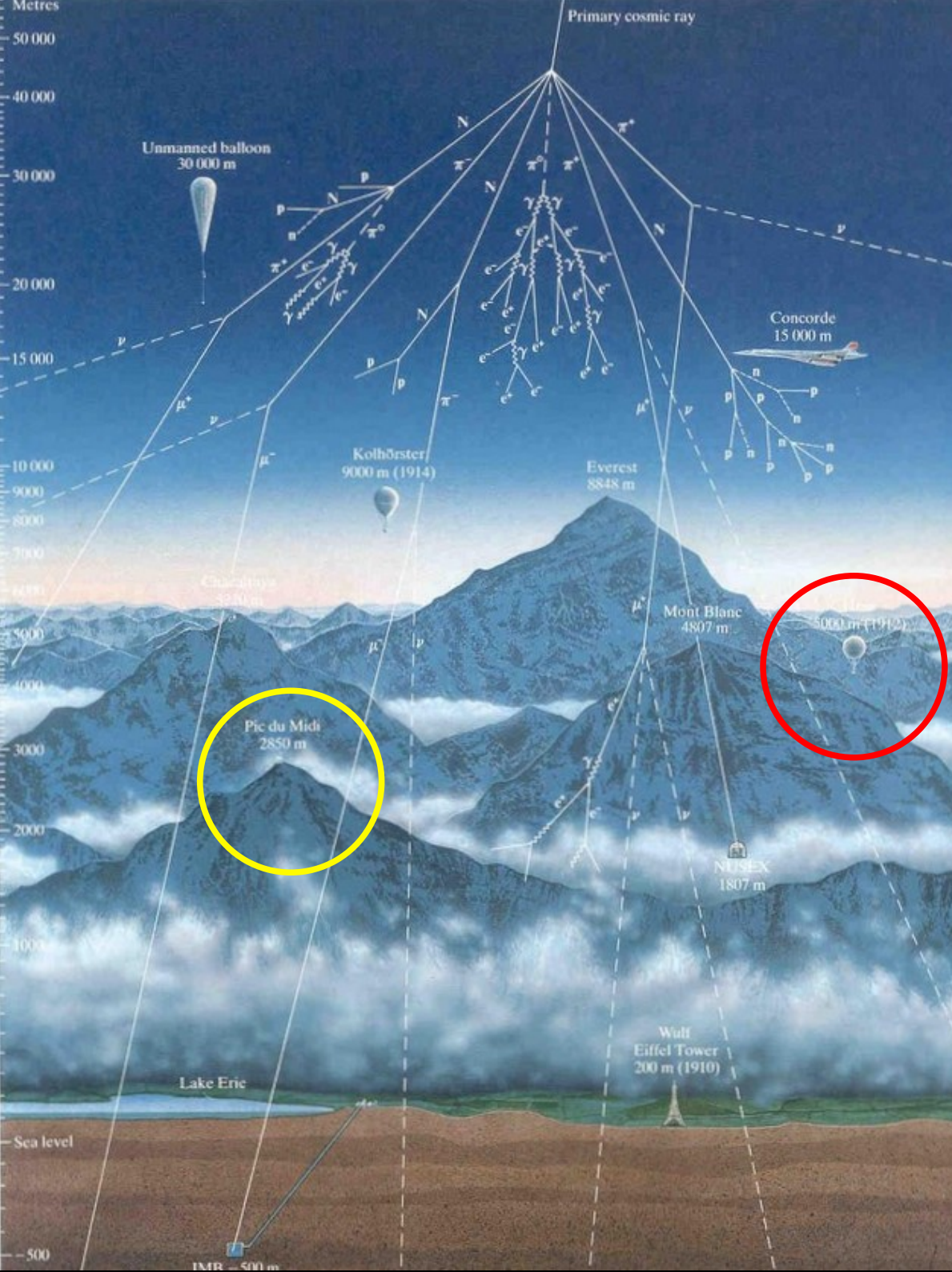
1948 Cecil Powell : désintégration d'un pion  
cosmique en muon puis en électron

1950 Patrick Blackett : nouvelle particule, l'Hypéron

2012 Le retour des rayons cosmiques  
au Pic du Midi

2019 Inauguration d'e-PÉRON

2022 L'aventure continue !



# Les rayons cosmiques au Pic du Midi

Vidéo de la chambre à brouillard installée au musée du Pic du Midi :

On observe une forte agitation. Pourtant, ce qu'on voit ce ne sont que les particules dont le parcours est dans le plan de la chambre à brouillard. Or, il y a beaucoup plus de particules qui nous traversent verticalement !

1ère photo : électrons et muons (peu de déviation pour les muons)

2ème photo : particule alpha

3ème photo : proton.





Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest
- gerbes de particules
- durée de vie du muon
- énergie



PERON : Plateforme Educative sur les Rayons cosmiques et les muONS



Rayons cosmiques et muons

Guide d'utilisation

Organisation du projet

Partenaires

→ [Le principe](#)

→ [Laboratoire virtuel](#)

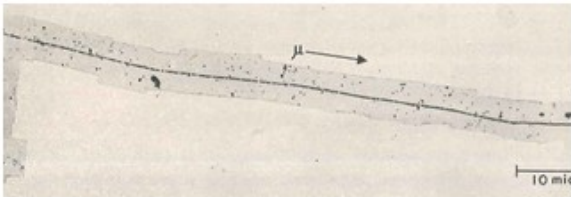
→ [Objectifs et motivations : quels utilisateurs ? Pour quoi faire?](#)

## Le principe

e-PÉRON est l'acronyme de Plateforme Éducative sur les Rayons cosmiques et les muONS. Ce nom fait référence à l'« hypéron », particule composite découverte au Pic du Midi en 1950 en étudiant le rayonnement cosmique. e-PÉRON est un projet pédagogique intégralement dédié à la formation dans l'enseigne-

## Catégorie : Vie moyenne du muon

## VIE MOYENNE DU MUON



## Contexte / Vie moyenne du muon

→ Peut-on faire de la physique des particules en étudiant le rayonnement cosmique ? → La découverte du muon → A vous [...]

Octobre 31, 2017

## VIE MOYENNE DU MUON



## Protocole expérimental / Vie moyenne du muon

Que cherche-t-on à mesurer ? Le muon (symbole  $\mu^-$ ) est une particule élémentaire instable qui se désintègre en un électron, un [...]

Octobre 30, 2017

Accès aux données

Vie moyenne du muon

Effets Est/Ouest

Expérience Rossi

Traitements des données

EFFET

VIE M



## Accès aux données

→ Accéder à l'interface de requête de données.

Octobre 29, 2017

## ACTIVITÉ PÉDAGOGIQUE

## VIE MOYENNE DU MUON



Archives

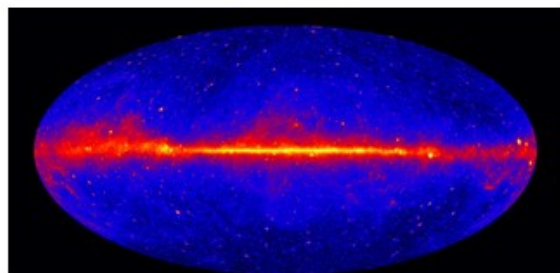


Poster de présentation d'e-PERON

Poster de présentation d'e-PÉRON à télécharger ici.

Juillet 2, 2020

RAYONS COSMIQUES ET MUONS



Étude du rayonnement cosmique

ACTIVITÉ PÉDAGOGIQUE



Présentation d'e-PERON

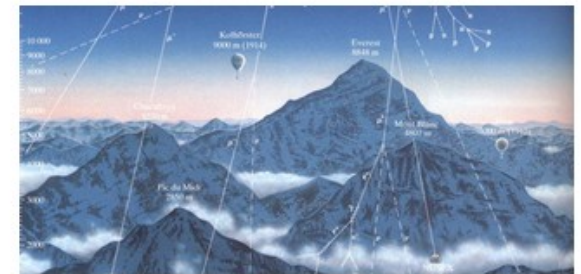
Support de présentation de la plateforme e-PERON utilisée notamment dans le cadre de formation d'enseignants (stage Cosmos à l'école/IN2P3 au [...])

Juillet 2, 2020

EXPÉRIENCE ROSSI



RAYONS COSMIQUES ET MUONS

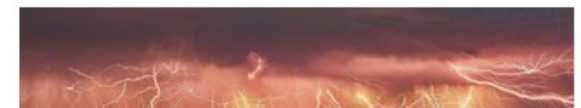


Qu'est-ce que le rayonnement cosmique ?

1/ La radioactivité naturelle  
2/ Les gerbes atmosphériques  
3/ Le spectre du rayonnement cosmique  
1/ La radioactivité naturelle Partout à la surface [...]

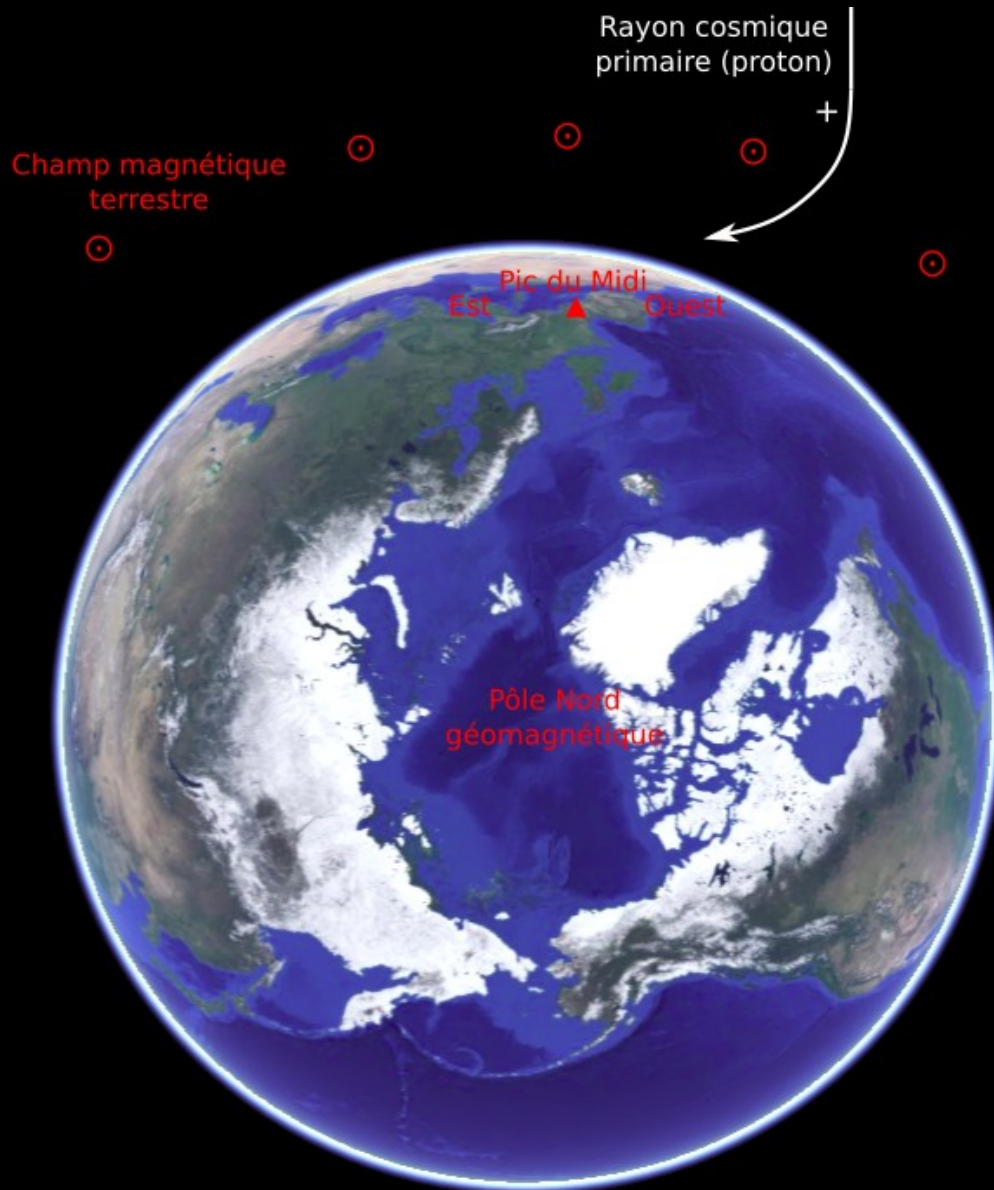
Janvier 25, 2018

RAYONS COSMIQUES ET MUONS





# Photon ou particule ?



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

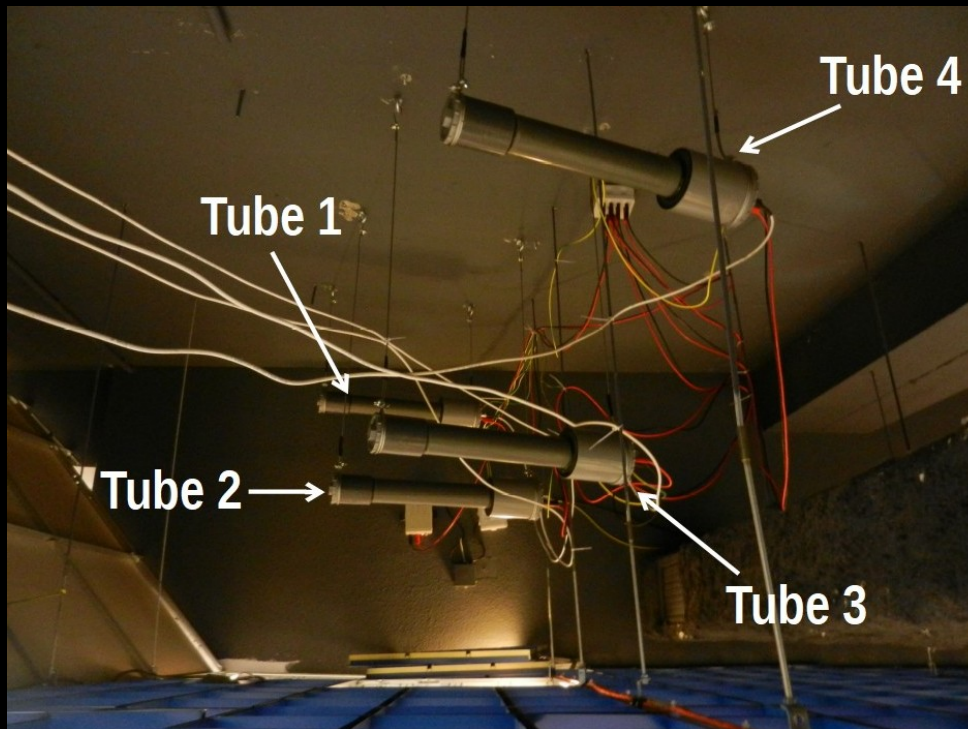
## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest
- gerbes de particules
- énergie
- durée de vie du muon

# Photon ou particule ?



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS



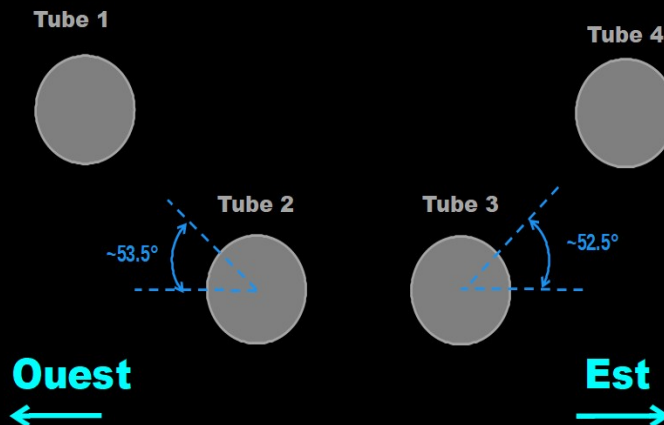
## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest

- gerbes de particules

- énergie

- durée de vie du muon



# Interaction des rayons cosmiques avec la matière



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest
- gerbes de particules
- énergie
- durée de vie du muon



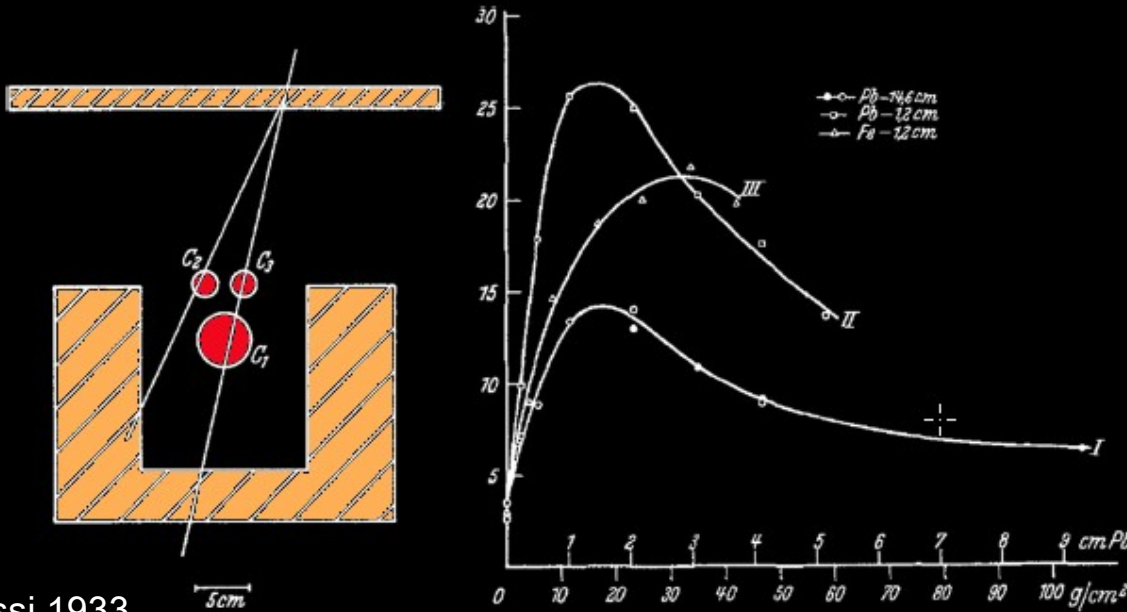
# Interaction des rayons cosmiques avec la matière



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest
- gerbes de particules
- énergie
- durée de vie du muon



# Interaction des rayons cosmiques avec la matière



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

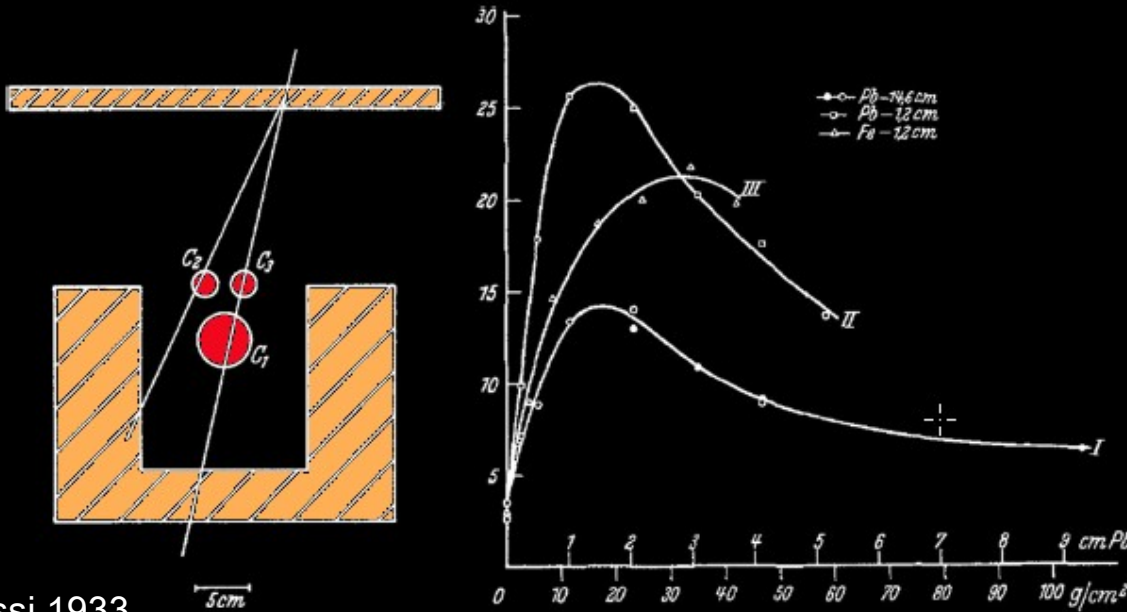
## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest

- gerbes de particules

- énergie

- durée de vie du muon



# Les très grandes gerbes



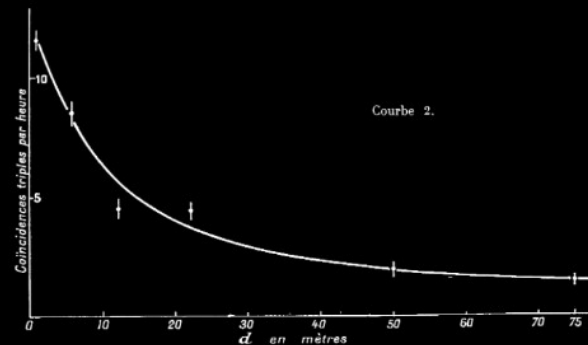
Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest
- gerbes de particules
- énergie
- durée de vie du muon



Pierre Auger - 1939



## Les très grandes gerbes



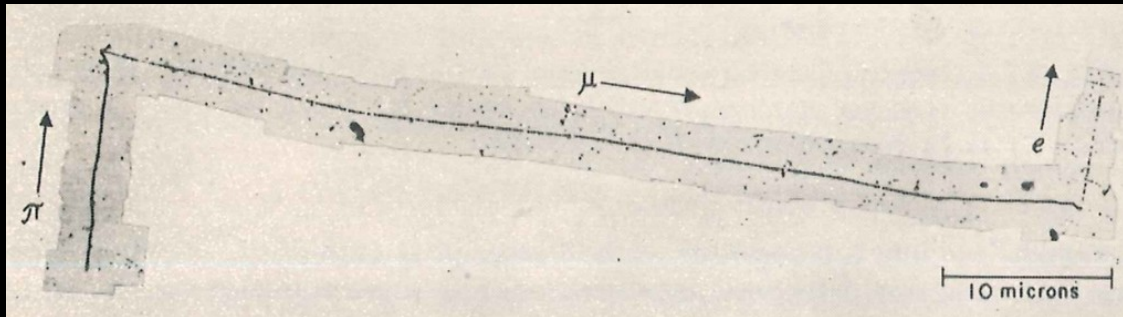
Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest
- gerbes de particules
- énergie
- durée de vie du muon



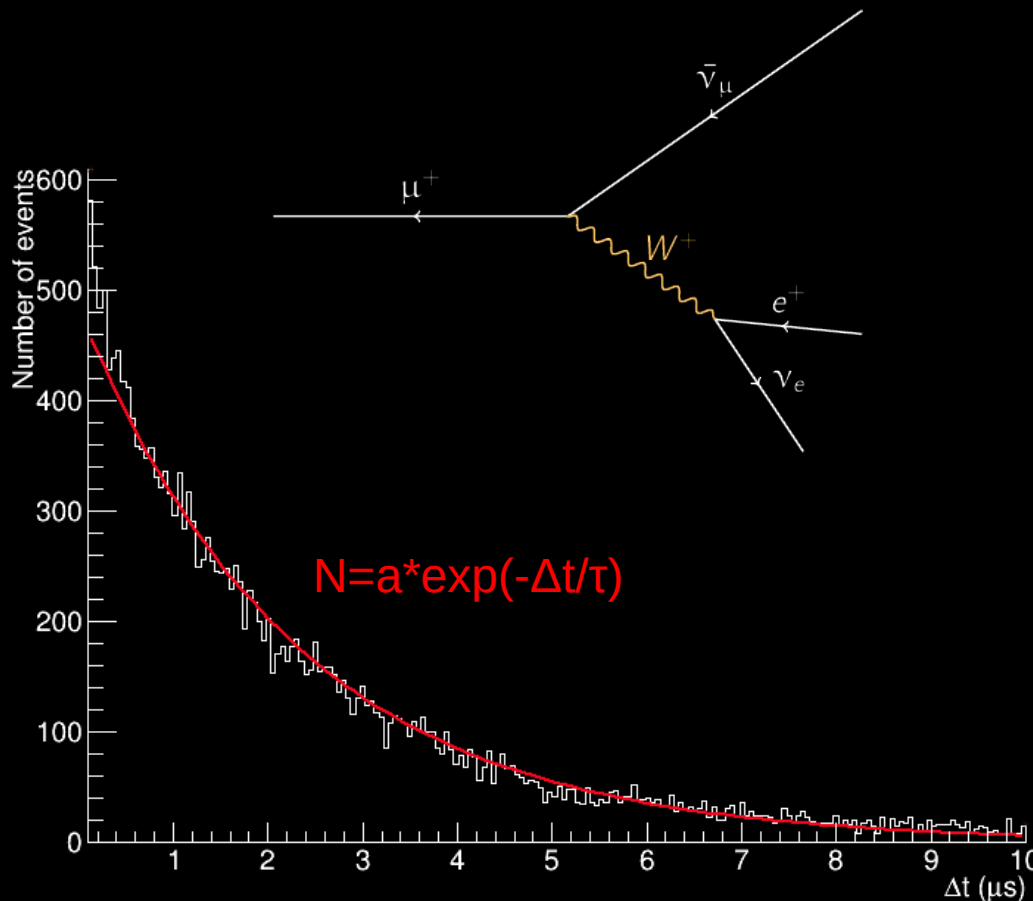
# Physique des particules



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS

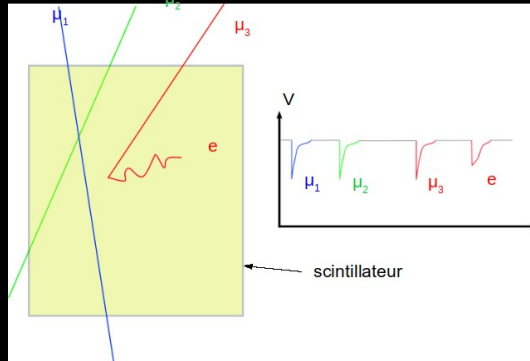
## e-Péron : 4 expériences

- effet est/ouest
- gerbes de particules
- énergie
- durée de vie du muon





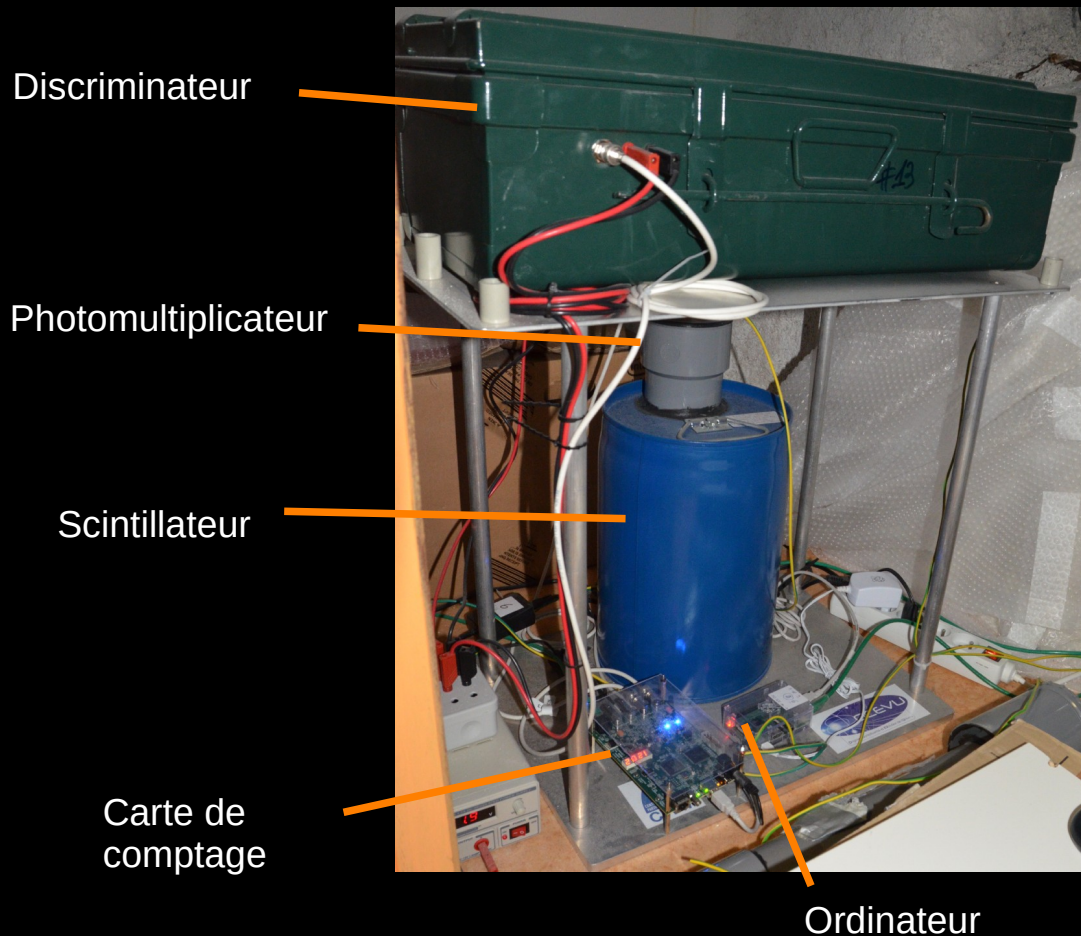
# Physique des particules



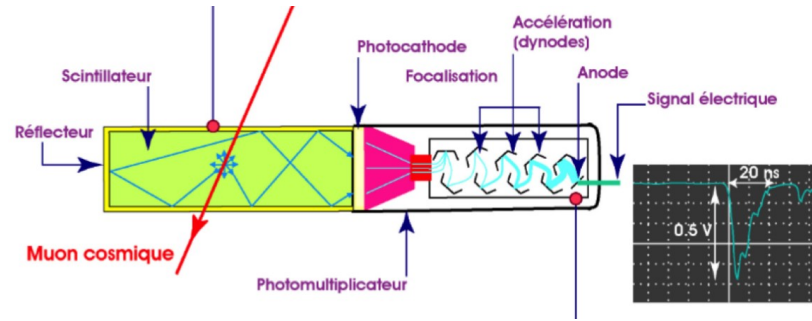
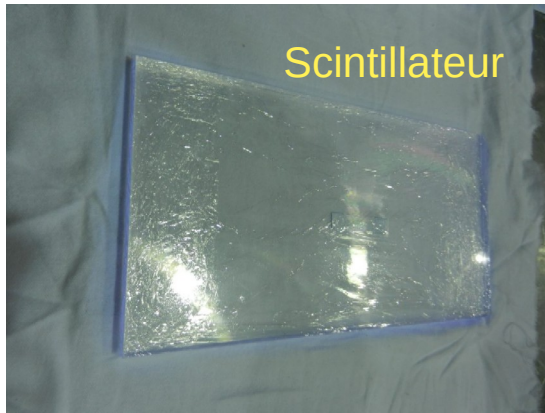
Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

## e-Péron : 4 expériences

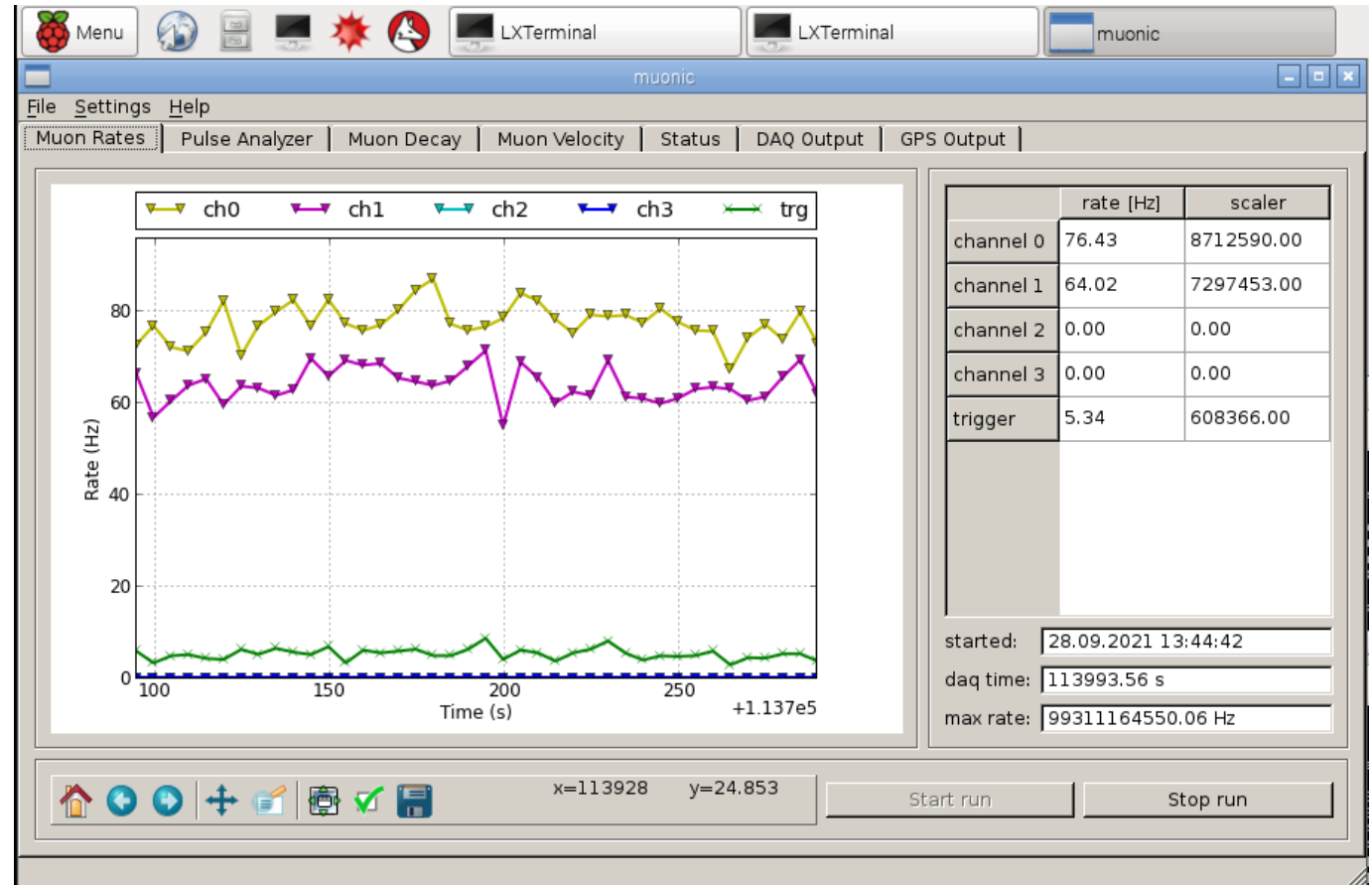
- effet est/ouest
- gerbes de particules
- énergie
- durée de vie du muon



# Mesurer les rayons cosmiques <https://eperon.omp.eu/>



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS





Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS

<https://eperon.omp.eu/experiences/acces-donnees/>

Dashboard

- Vie Moyenne du muon
- Effet Est-Ouest
- Rossi

RESULTATS DONNEES

Début :  
01/01/2021, 00:00

Fin :  
02/02/2022, 11:03

Nbre de Bins :  
50

lin/log

Valider

Ajustement de la fonction :

Fonction  
Exponentielle

intervalle Exem.  
0 7

Valider

Resultat de l'ajustement :

Fonction = exponentiel

$y = ae^{bx}$ .

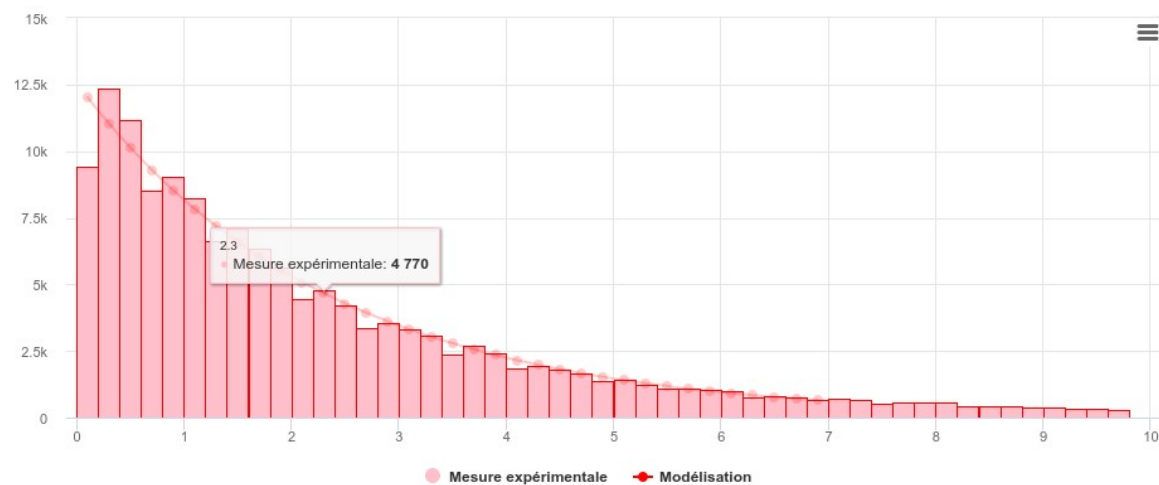
F =  $y = 12546.84e^{(-0.43x)}$

a = 12546.84

b = -0.43

r2 = 0.97

Visualisation des données



Les données sont biaisées entre 0 et 0.1 $\mu$ s à cause du deadtime de la carte d'acquisition.

- Abscisse  $\Delta t$  ( $\mu$ s) : Différence de temps entre l'arrivée d'un muon dans le bidon et sa désintégration en microsecondes.
- Ordonnées Nombre d'événements : Décompte du nombre d'événements compris dans l'intervalle d'échantillonnage sélectionné



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS

<https://eperon.omp.eu/experiences/acces-donnees/>

Dashboard

- Vie Moyenne du muon
- Effet Est-Ouest
- Rossi

RESULTATS DONNEES

Début :  
01/05/2018, 00:00

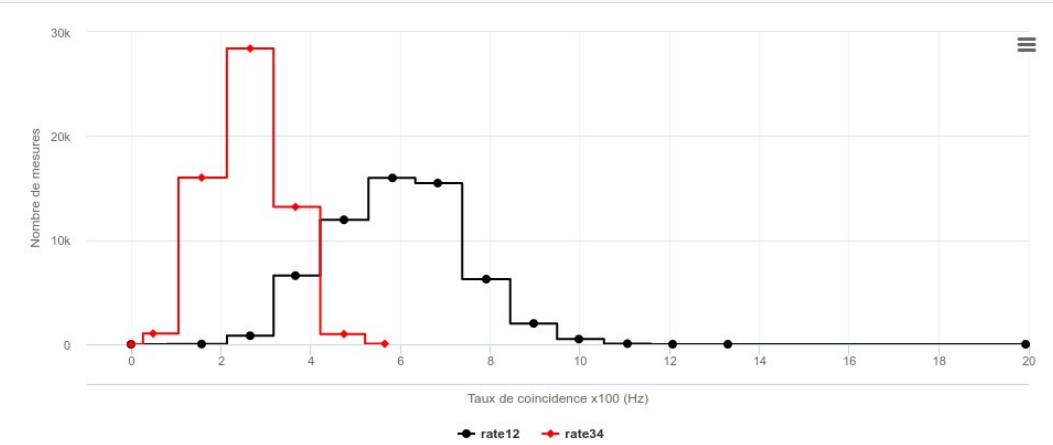
Fin :  
02/02/2022, 11:47

lin/log

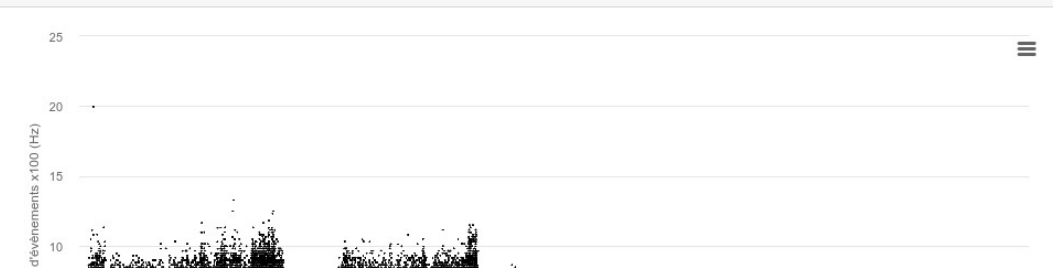
Detecteur :  
12 - 34

Valider

Histogramme (projection sur l'axe y)



Distribution temporelle





Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS

<https://eperon.omp.eu/experiences/acces-donnees/>



[GUIDE D'UTILISATION](#)

[E-PERON ?](#) [EXPÉRIENCES](#) [RESSOURCES](#) [CONTACT](#)

Accès aux données

Dashboard

- Vie Moyenne du muon
- Effet Est-Ouest
- Rossi

RESULTATS **DONNEES**

Début :

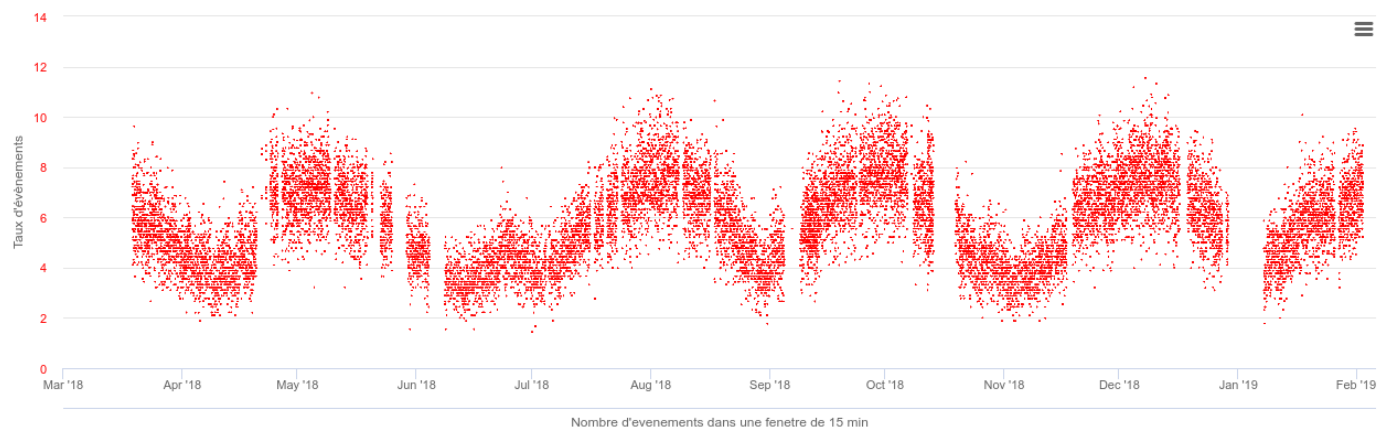
18/03/2018, 00:00

Fin :

02/02/2019, 11:50

Valider

Distribution temporelle des coïncidences



Afficher les données Plomb

Distribution des configurations

12.5

100



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

<https://eperon.omp.eu/experiences/acces-donnees/>

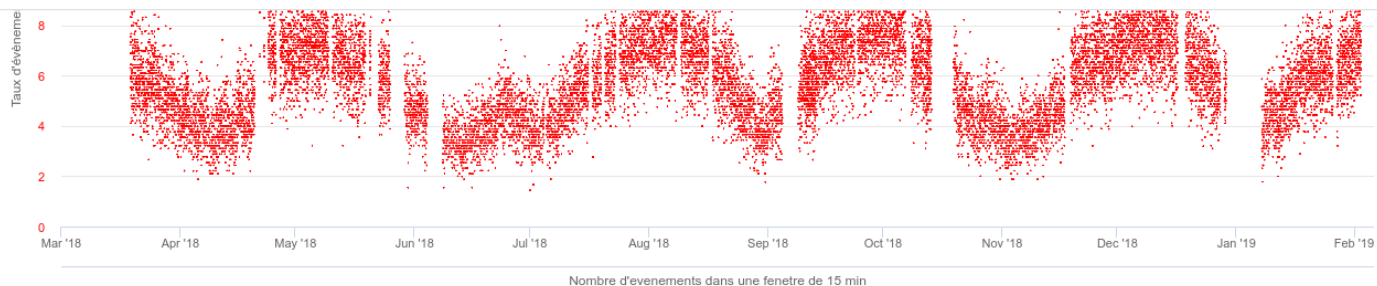
PLATEFORME EDUCATIVE RAYONS COSMIQUES ET MUONS

E-PERON ? EXPERIENCES RESSOURCES CONTACT

Accès aux données

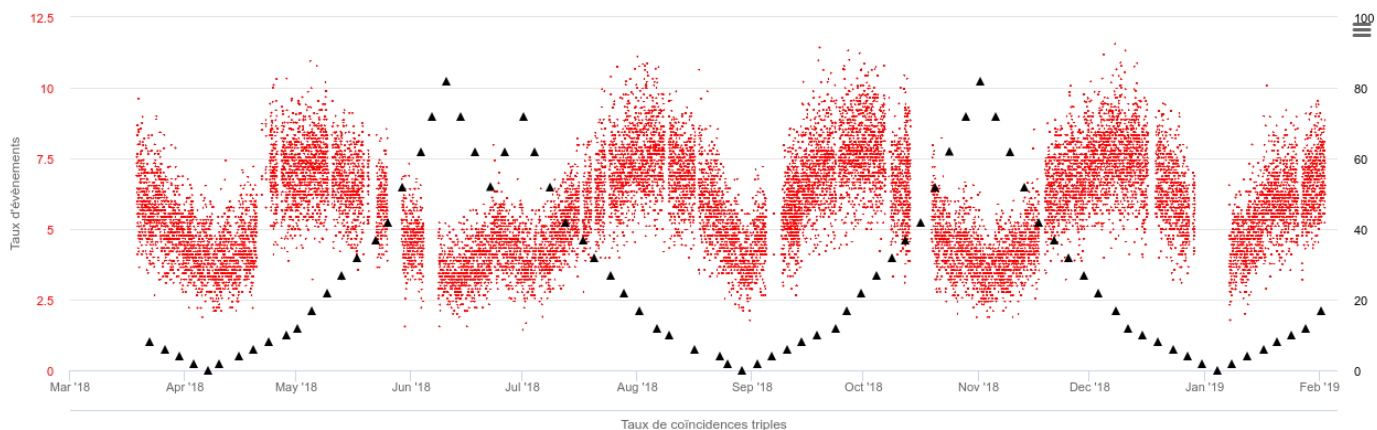
Dashboard

- Vie Moyenne du muon
- Effet Est-Ouest
- Rossi



Afficher les données Plomb

Distribution des configurations



Afficher l'analyse courbe de transition



Plateforme Éducative **Rayons cosmiques et muONS**

<https://eperon.omp.eu/experiences/acces-donnees/>

l'observatoire cosmique rayons cosmiques et muons

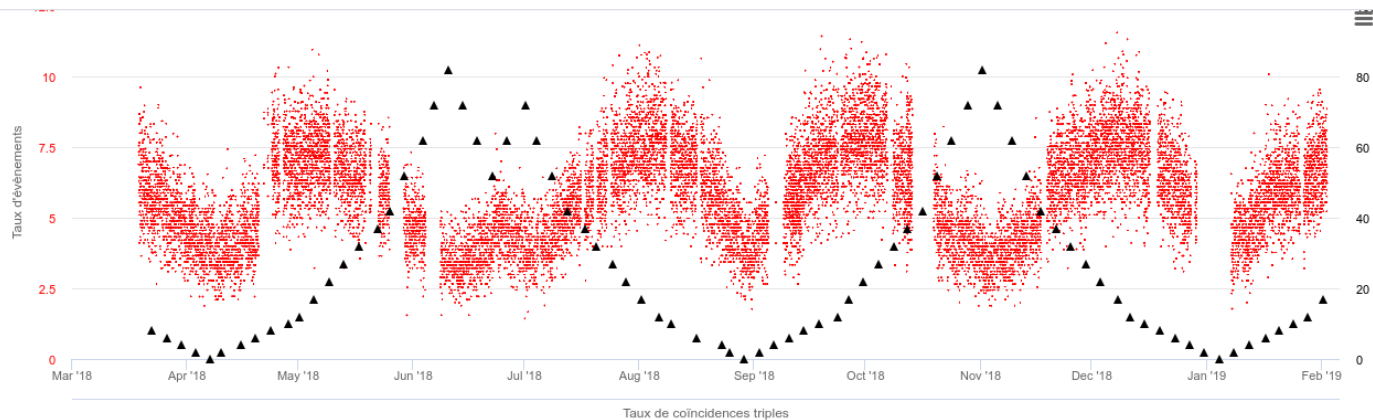
E-PERON / EXPERIENCES / RESSOURCES / CONTACT

Accès aux données



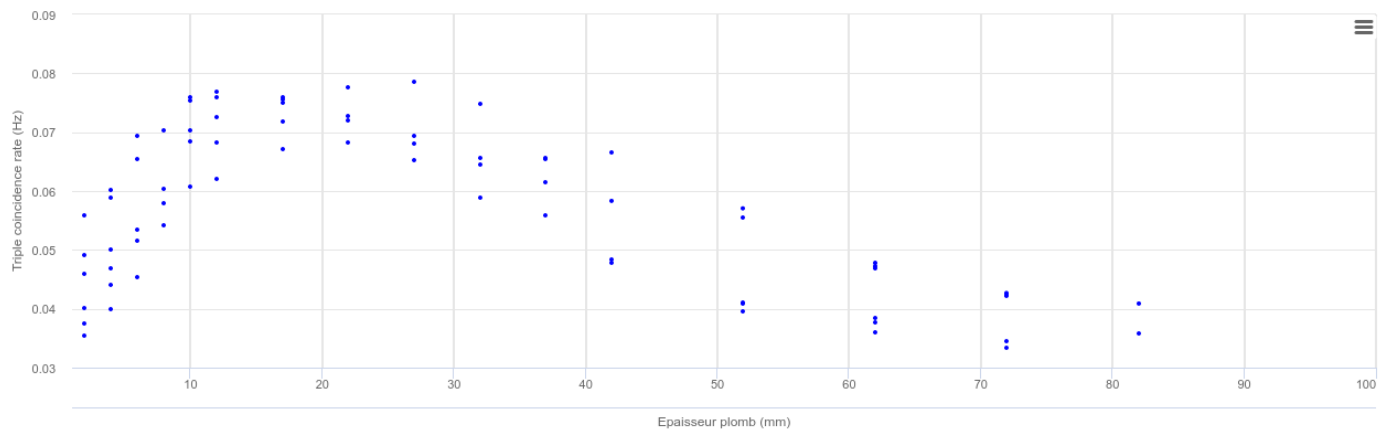
Dashboard

- 📍 Vie Moyenne du muon
- 📍 Effet Est-Ouest
- 📍 Rossi



Afficher l'analyse courbe de transition

Courbe de transition





Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONs

<https://eperon.omp.eu/experiences/acces-donnees/>



Dashboard

Vie Moyenne du muon

Effet Est-Ouest

Rossi

RESULTATS **DONNEES**

### Téléchargement des données par Année

date début	date fin	Fichier Json
01/01/2015	31/12/2015	<a href="#">Télécharger</a>
01/01/2016	31/12/2016	<a href="#">Télécharger</a>
01/01/2017	31/12/2017	<a href="#">Télécharger</a>
01/01/2017	31/12/2017	<a href="#">Télécharger</a>
01/01/2018	31/12/2018	<a href="#">Télécharger</a>
01/01/2019	31/12/2019	<a href="#">Télécharger</a>
01/01/2020	31/12/2020	<a href="#">Télécharger</a>
2021	process time900s	<a href="#">Télécharger</a>
01/01/2021		<a href="#">Télécharger</a>

### Recherche des données par Date

Début :

01/01/2021, 00:00

Fin :

02/02/2022, 12:29

**Valider**

date début	date fin	Fichier Json
01-01-2021 24:00	02-02-2022 12:29	<a href="#">Télécharger</a>





Plateforme Éducative **Rayons cosmiques et muONs**

<https://eperon.omp.eu/traitements-des-donnees/>



Plateforme Éducative **Rayons cosmiques et muONs**

[GUIDE D'UTILISATION](#)

[E-PERON ?](#)

[EXPÉRIENCES](#)

[RESSOURCES](#)

[CONTACT](#)

## Traitements des données

[Accès aux données](#)

[Vie moyenne du muon](#)

[Effets Est/Ouest](#)

[Expérience Rossi](#)

[Traitements des données](#)

### Vie moyenne du muon

Tutoriel de traitement des données : [eperonVM.pdf](#)

- traitement en ligne (visualisation)
- téléchargement des données et traitement avec un tableur (LibreOffice Calc) ou avec un programme python

Exemple de traitement avec tableur : [eperonVM2021.ods](#)

Programme de traitement python : [eperonVM.py](#) (fichier .zip à décompresser)

### Effet Est Ouest

Tutoriel de traitement des données : [eperonEO.pdf](#)

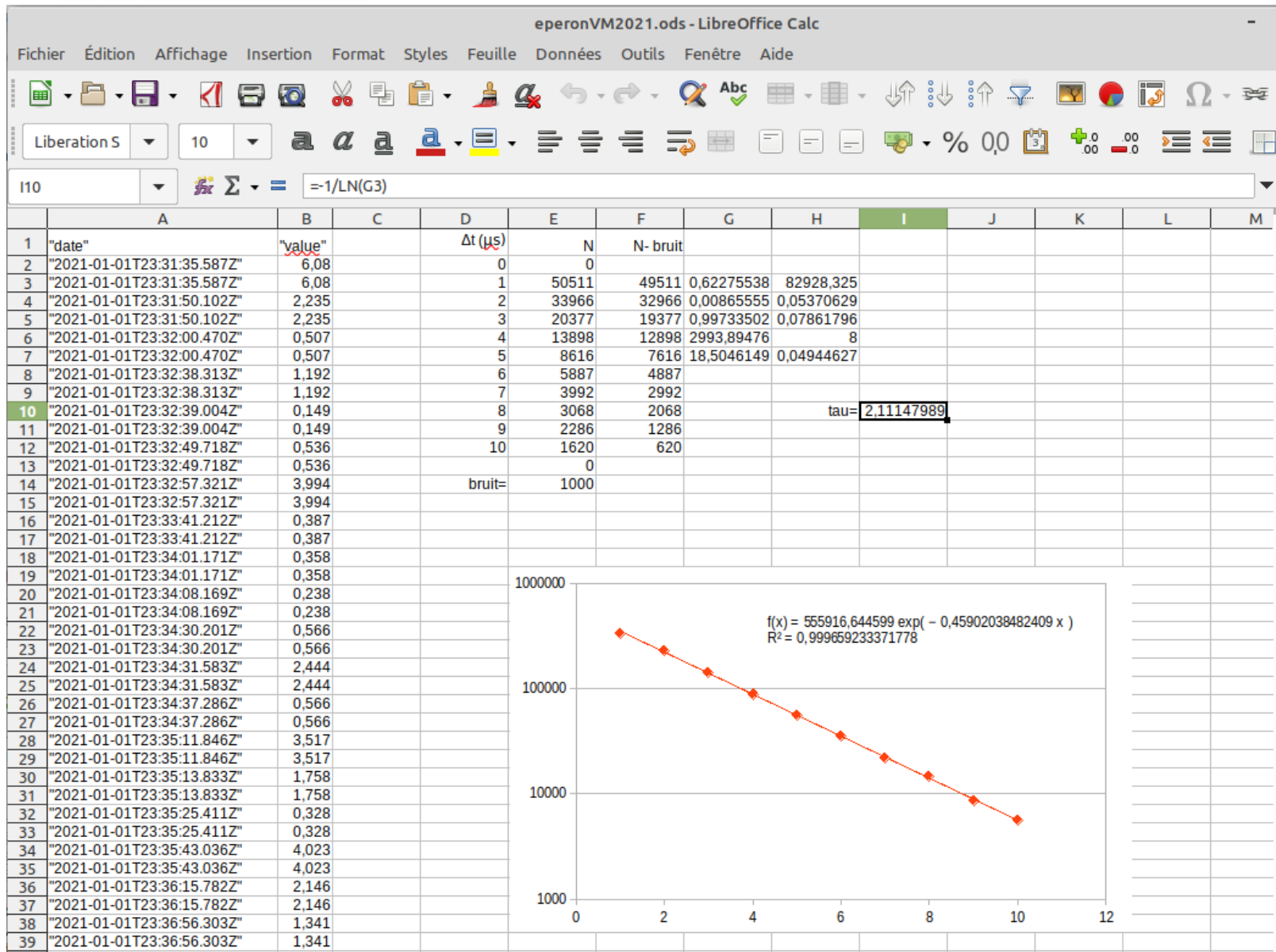
Exemple de traitement avec tableur : [eperonEO.ods](#)



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS

<https://eperon.omp.eu/traitements-des-donnees/>

Vie moyenne du muon : eperonVM2021.ods





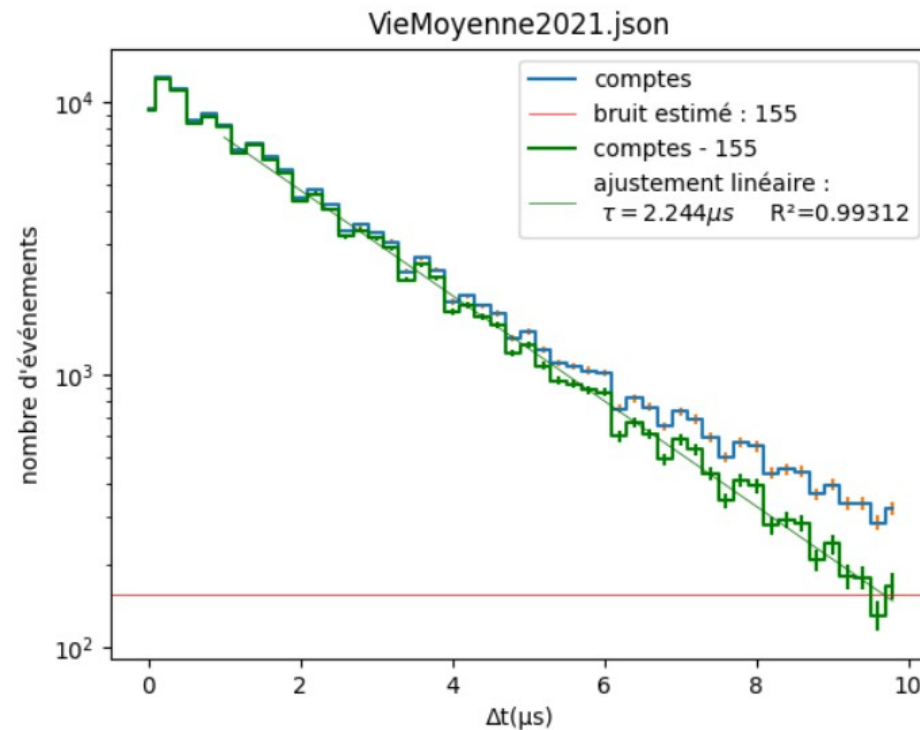
Plateforme Éducative **Rayons cosmiques et muONS**

<https://eperon.omp.eu/traitements-des-donnees/>

Vie moyenne du muon : eperonVM2021.pdf

### III Programme python

1. Télécharger un fichier de données .json (cf. II.1)
2. Télécharger le programme Vie\_moyenne.py sur le site eperon.omp.eu
3. Lancer le programme Vie\_moyenne.py, par exemple en ligne de commande :  
\$python3 Vie\_moyenne.py
4. Sélectionner le fichiers de données téléchargé (.json)
5. Le programme trace les graphes correspondants, estime le niveau de bruit et calcule la durée de vie du muon.
6. Le programme peut être modifié à sa convenance.





Plateforme Éducative **Rayons cosmiques et muONs**

<https://eperon.omp.eu/>

**A vous de jouer !**



Plateforme Éducative **Rayons cosmiques et muONs**

<https://eperon.omp.eu/contact/accompagnement/>



Service éducatif de l'OMP : [service\\_educatif@obs-mip.fr](mailto:service_educatif@obs-mip.fr)

Renaud Blyweert et Olivier Espagnet

Coordination d'ePéron au Pic du Midi : [olivier.espagnet@obs-mip.fr](mailto:olivier.espagnet@obs-mip.fr)

PI d'e-Péron : Damien Dornic

Centre de Physique des particules de Marseille (in2p3)



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS



## Observatoire du Pic du Midi

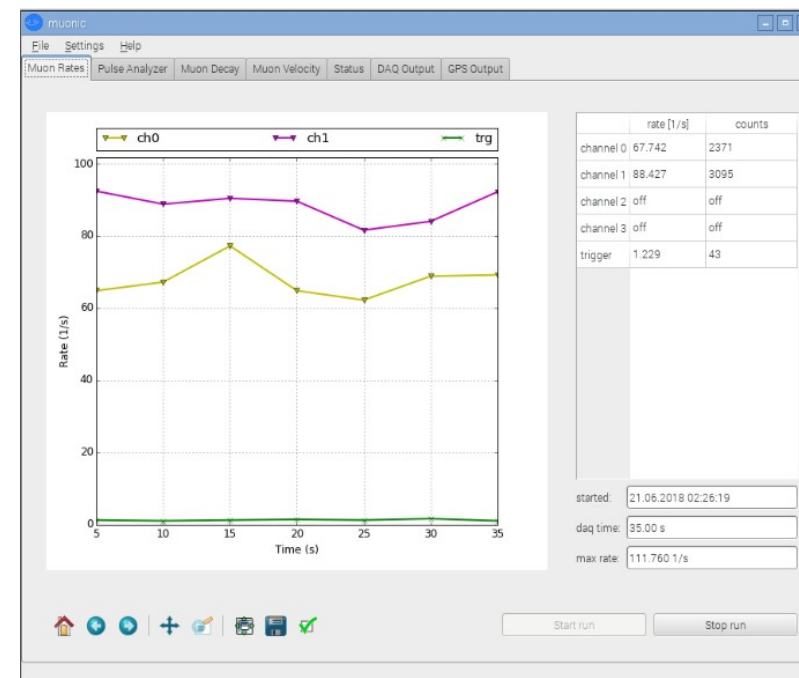
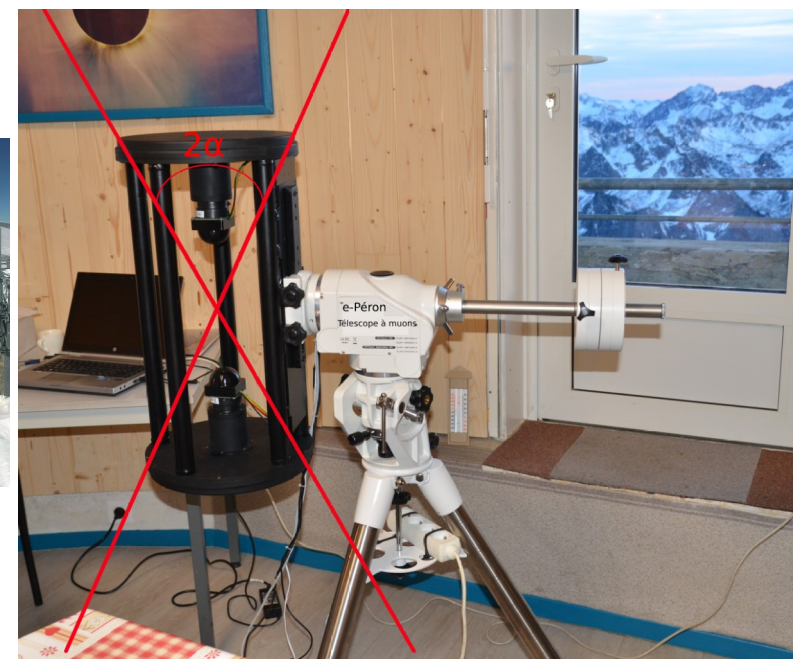
Régie du Pic du Midi : <https://picdumidi.com/>

Visites pédagogiques des quartiers scientifiques :

<http://gappic.bagn.obs-mip.fr/>



## Télescope à muons





<https://eperon.omp.eu/>



Plateforme Éducative Rayons cosmiques et muONS

**Merci  
de votre attention**

Renaud Blyweert

Olivier Espagnet

Service éducatif de l'OMP

