

Cosmodétecteur: Peut-on mesurer un flux avec le cosmodétecteur?

Sommaire :

I. Introduction.....	Page 1
II. Rayons cosmiques.....	Page 2
III. Principe de fonctionnement du cosmodétecteur.....	Page 3
IV. Démarche de résolution de la problématique	Page 5
V. Conclusion.....	Page 11
VI. Remerciements.....	Page 11

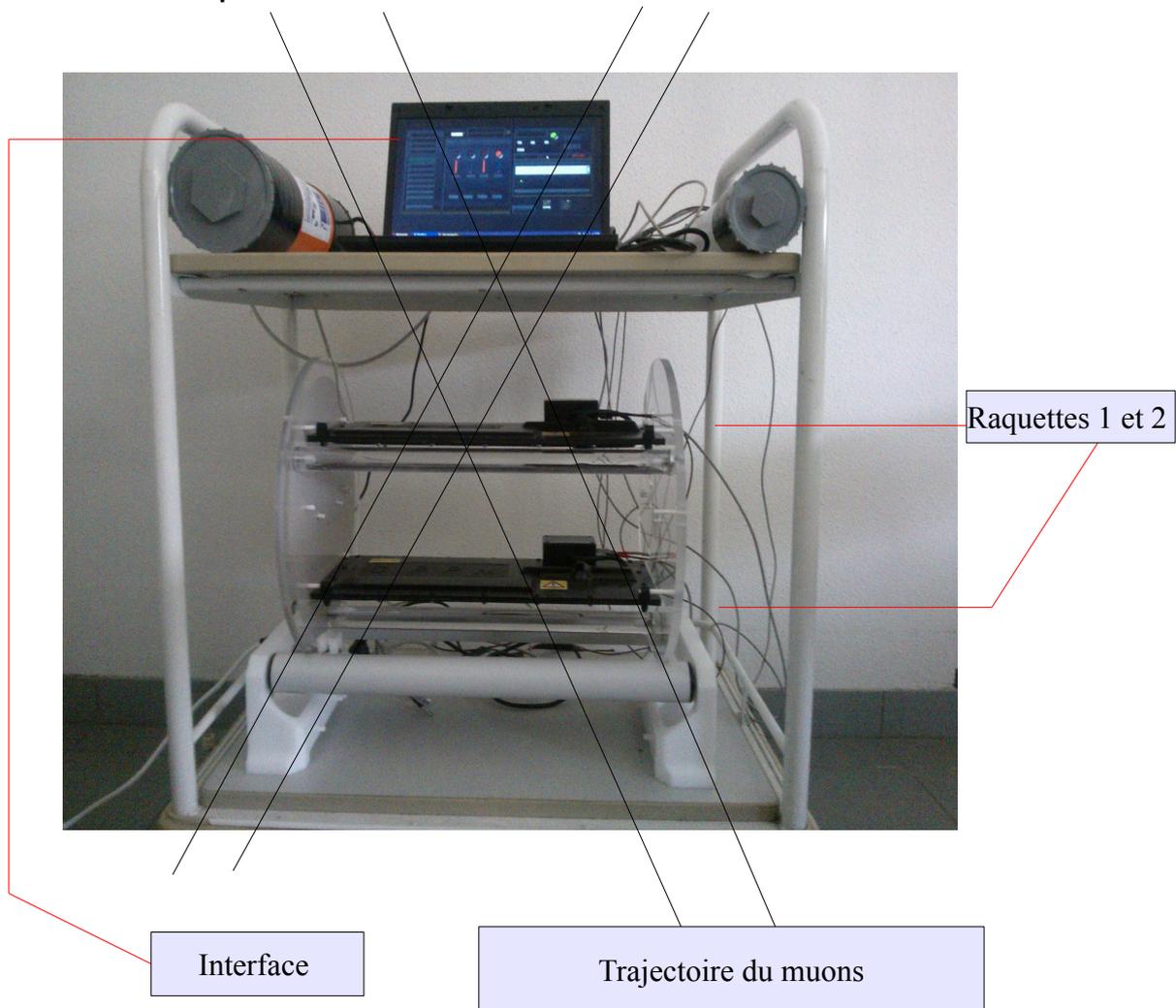
I. Introduction :

Sans le savoir, nous sommes traversés en permanence par un flux constant et important de muons.

Ces muons sont peuvent être détectés par un appareil dénommé le cosmodétecteur.

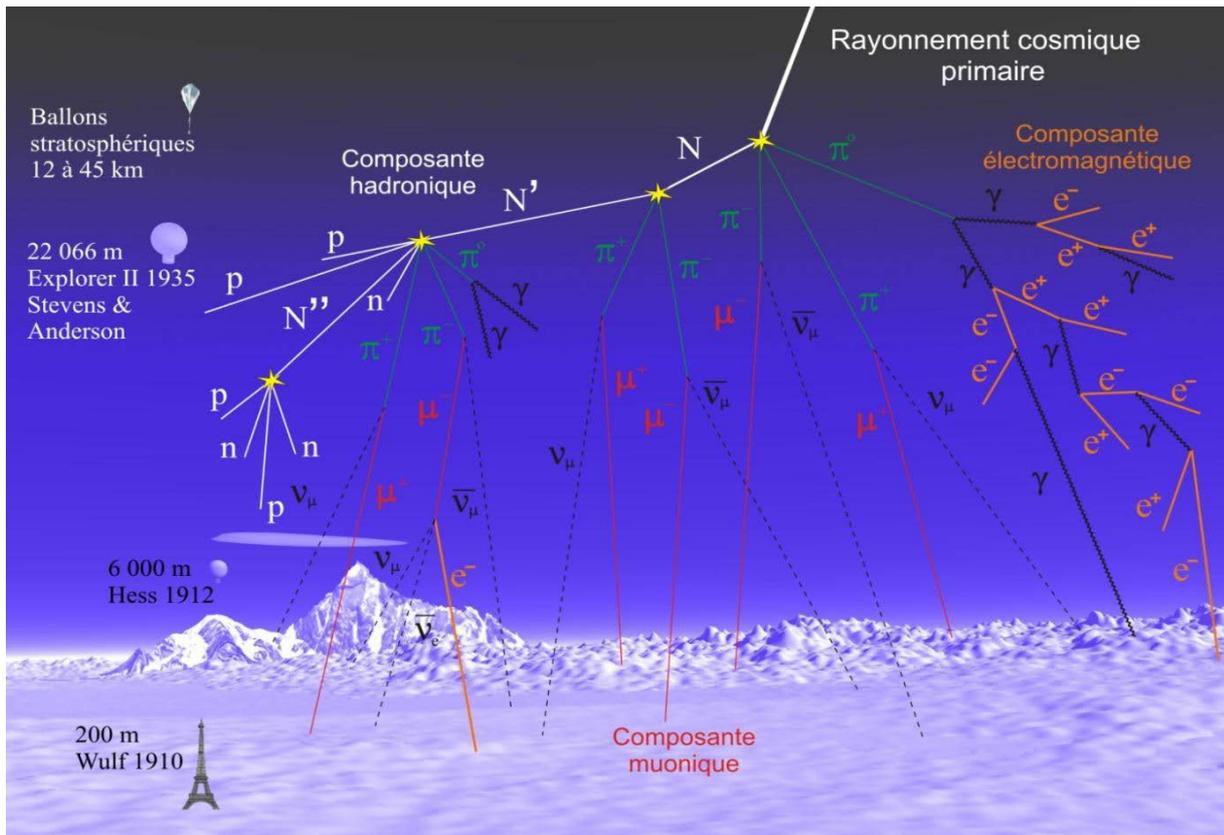
Mais le cosmodétecteur est capable de détecter les muons seulement quand ils sont en coïncidence en traversant les deux raquettes.

Nous en venons donc à notre problématique qui est la suivante : **Comment compter tous les muons qui traversent une seule raquette ?**



II. Rayons cosmiques

Le muon est issu d'une particule cosmique, c'est le nom donné à une particule élémentaire de charge négative. Le muon a les mêmes propriétés physiques que l'électron mais avec une masse 207 fois plus grande. Sur Terre, les muons sont produits par la désintégration de protons chargés. Ces protons viennent du rayonnement cosmique et qui après être entré en contact avec les molécules de la haute atmosphère (principalement de l'azote). Une fois désintégrés, les protons deviennent des pions avant de devenir à leur tour des muons (voir schéma ci-dessous)

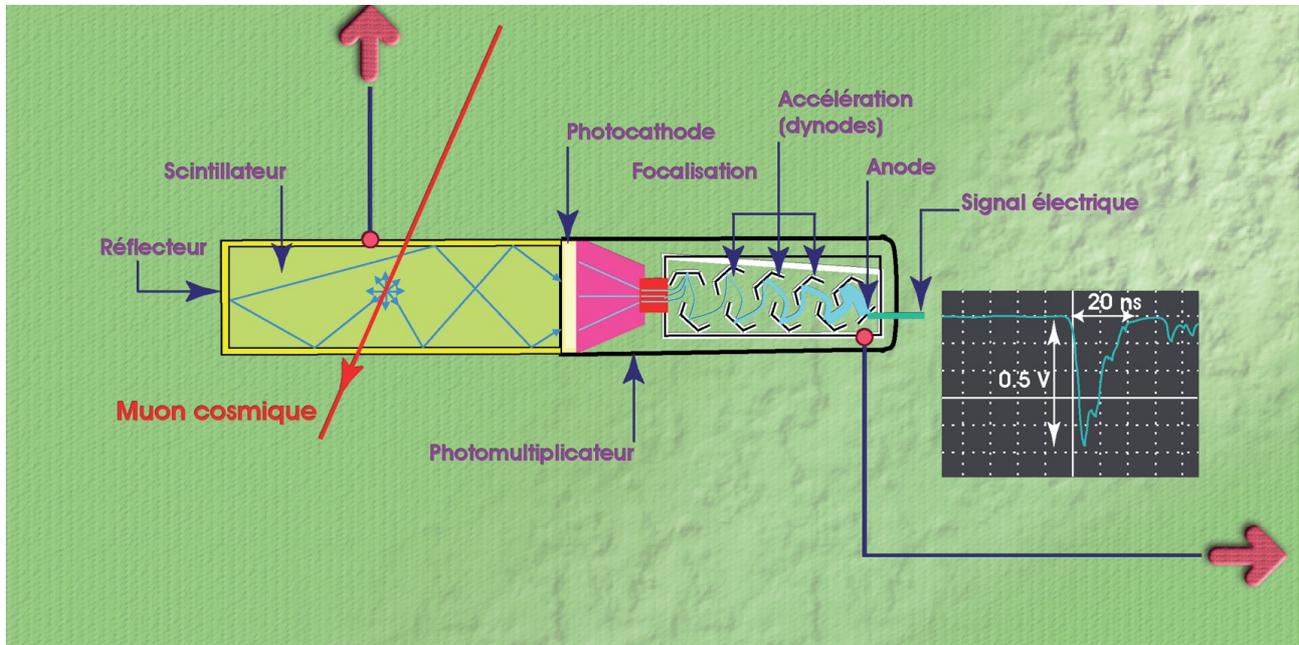


Source ; gerbe de particules (crédit : BUP, 911 (1), 143 (2009))

III. Principe de fonctionnement du cosmodétecteur

Le cosmodétecteur permet de détecter et de compter des particules chargées comme par exemple les muons. Le cosmodétecteur est constitué de plusieurs éléments ayant chacun un rôle bien précis.

1) Les différents éléments et leur rôles dans l'appareil.



D'après Science à l'école, CNRS, CERN

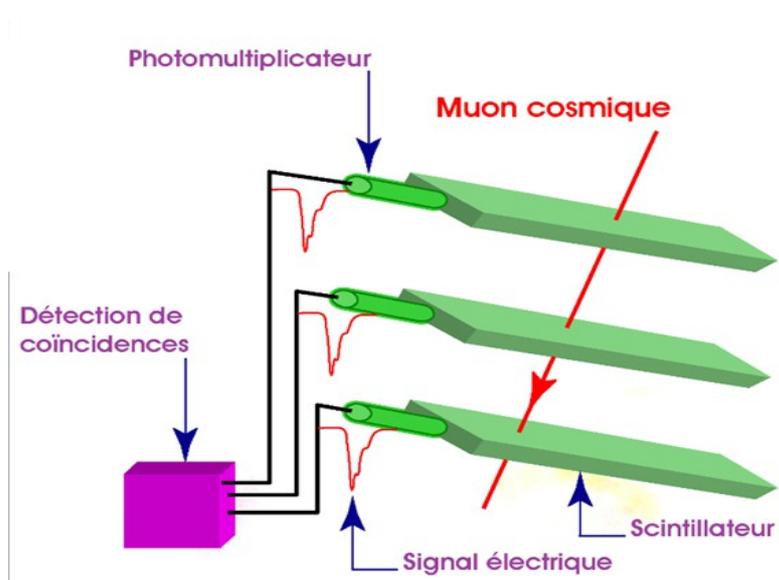
Ce schéma nous montre les éléments distincts : Tout d'abord nous avons le réflecteur, le scintillateur, le photomultiplicateur, comprenant une photocathode, des dynodes et une anode.

Chacun de ces éléments sert au bon fonctionnement de l'appareil.

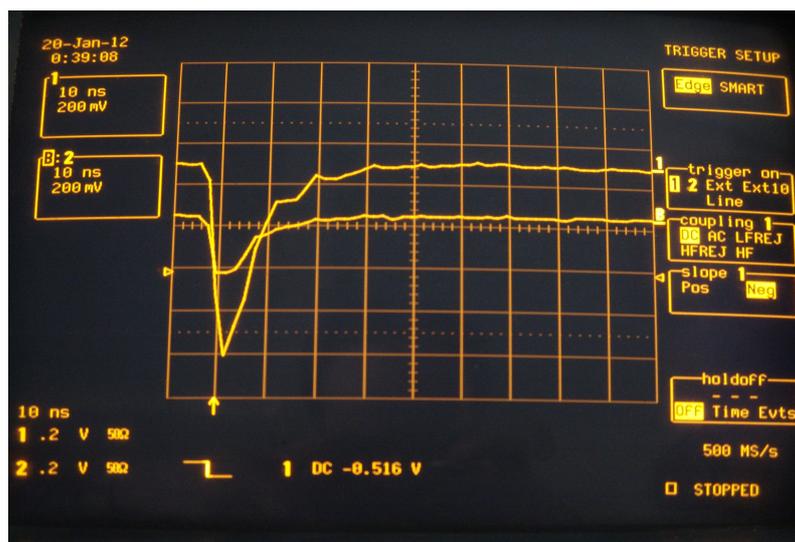
En effet:

- Le réflecteur sert à réfléchir la lumière créée par le photon dû au passage du muon qui lui même traverse le scintillateur.
- Le scintillateur consiste à ce que quand le muon le traverse il y a une création de lumière, ces photons sont réfléchis grâce au miroir et certains d'entre eux atteignent la photocathode et le réflecteur l'emprisonnera et le redirigera, grâce à ses parois en plexiglas, vers la photocathode.
- La photocathode réagit à l'arrivée d'un photon et émet des électrons lorsque celui est détecté. Ces électrons sont dirigés vers les dynodes et l'anode.
- Les dynodes servent à démultiplier les électrons et les accélérer en direction de l'anode.
- L'anode enfin permet de collecter ces électrons et de créer un signal électrique qui sera lu par l'homme sur l'interface.

2) Le principe de coïncidence



D'après sciences a l'école.



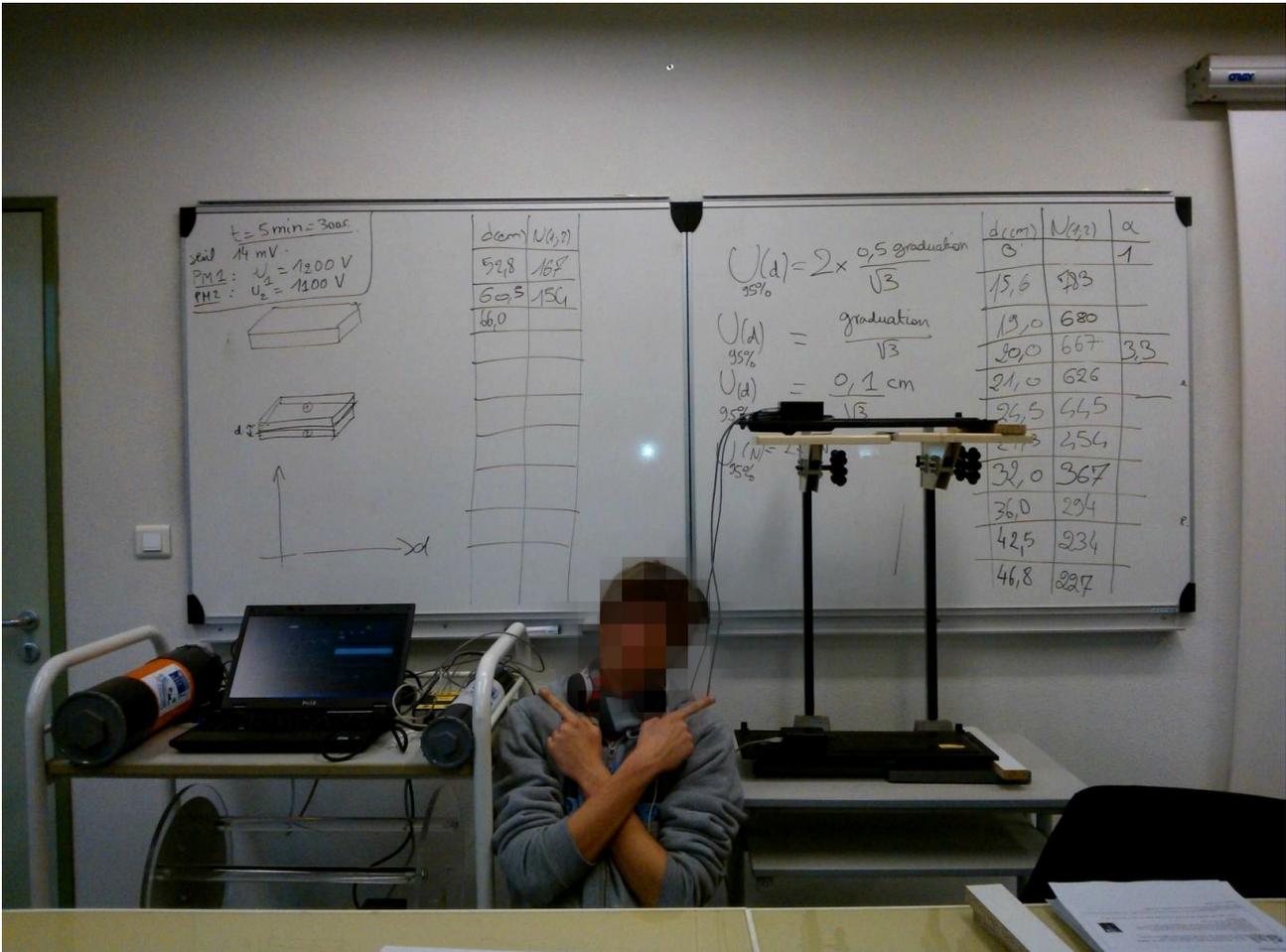
D'après sciences à l'école

Cette image illustre le principe de la coïncidence. En effet sur cette image nous pouvons voir deux signaux électriques quasiment simultanés, ce qui a deux significations possibles. La première est que les deux signaux électriques sont tout deux du bruit électronique. Or la probabilité que deux bruits électroniques soient détectés simultanément est extrêmement faible. La deuxième possibilité est que ces deux signaux correspondent au passage d'un muon, détecté en « coïncidence », c'est-à-dire qu'il est détecté par deux raquettes et que les signaux créés par le passage sont quasiment simultanés. En effet les muons se déplacent très rapidement, donc lorsqu'ils traversent les raquettes, c'est quasiment en même temps.

IV. Démarche de résolution de la problématique

Afin de résoudre notre problématique, nous avons pratiqué différentes mesures;

1) Mesure du nombre de coïncidence en fonction de la distance entre les deux raquettes.



Notre première série de mesures nous aura occupés près de quatre heures.

Protocole:

- 1) Mesurer le nombre de coïncidence entre les raquettes un et deux. Paramètres utilisés:
 - Durée: 300 secondes,
 - Seuil: 14mV,
 - Tension du Photomultiplicateur 1: 1200V,
 - Tension du Photomultiplicateur 2: 1100V.
- 2) Augmenter la distance séparant les deux raquettes.
- 3) Refaire les mesures du 1).
- 4) Recommencer pour de nombreuses distances.

Difficulté rencontrée: La plus grande difficulté fût de trouver de quoi faire varier la distance entre les raquettes, en faisant extrêmement attention à ces dernières étant donné leur fragilité et leur coût.

Le problème fût résolu avec deux plateaux qui peuvent être déplacés verticalement grâce à un système de molette.

2) Résultats de mesures

Au bout des quatre heures de travail nous sommes arrivés à une vingtaine de mesures. Malheureusement, après erreur de manipulation, nous avons perdu quelques données, nous ramenant à treize mesures seulement, ainsi qu'un graphique que nous allons vous présenter ci-dessous.

U1=1200 V U2=1000 V seuil 14 mV temps = 300 s	<u>d (en cm)</u>	<u>U(d) (cm)</u>	<u>N (1;2)</u>	<u>U(N)</u>
	2,00	0,06	1650	81
	4,60	0,06	1474	77
	12,50	0,06	959	62
	15,60	0,06	783	56
	19,00	0,06	680	52
	20,00	0,06	667	52
	21,00	0,06	626	50
	24,50	0,06	445	42
	27,30	0,06	454	43
	32,00	0,06	367	38
	36,00	0,06	294	34
	42,50	0,06	234	31
	46,80	0,06	227	30
	52,80	0,06	167	26
	60,50	0,06	154	25
	66,00	0,06	114	21

Tableau de mesures des coïncidence en fonction de la distance entre les deux raquettes.

Explications des mesures :

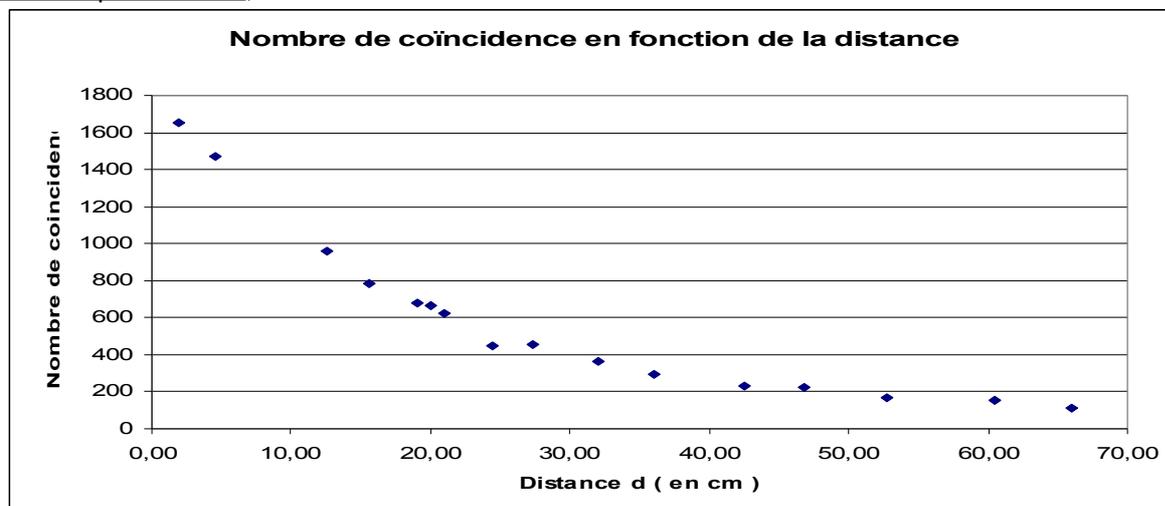
1er colonne : Distance entre les deux raquettes.

2eme colonne : Incertitude sur la distance dont la formule est : $U(d) = \text{Graduation}/\sqrt{3}$. (La graduation vaut 0,1 cm) .

3eme colonne : nombre de coïncidence entre les raquettes 1 et 2.

4eme colonne : Incertitude du nombre de coïncidence. ($U(N) = 2*\sqrt{N}$) .

Courbe expérimentale :



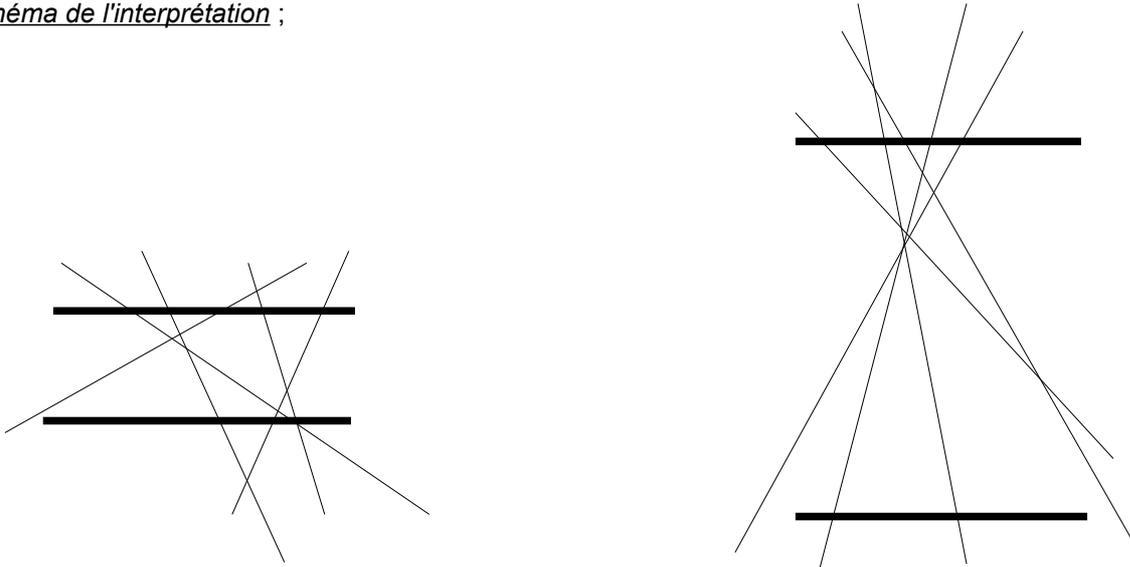
3) Observations

Nous remarquons que plus la distance est grande et plus le nombre de coïncidence est faible.

4) Interprétations

Ce qui est normal étant donné que l'angle d'arrivée des muons peut varier. Plus les raquettes sont éloignées , moins il y aura de coïncidence.

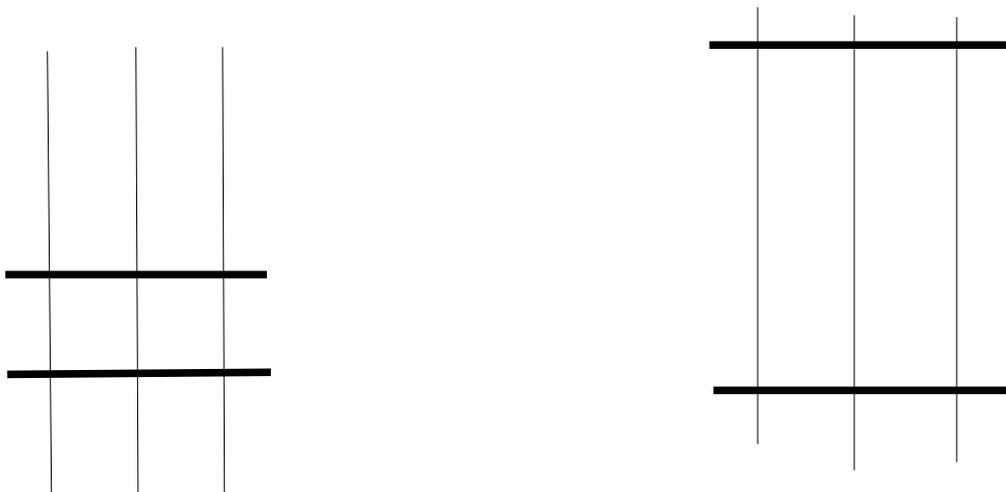
Schéma de l'interprétation :



5) Vérification de l'hypothèse

Les muons détectés par le cosmodétecteur arrivent avec des angles différents . En effet , s'il arrivaient avec des rayons verticaux , la distance n'aurait alors aucune influence sur le nombre de muons détectés

Schéma de l'influence de la distance sur les muons avec des angles d'arrivée verticaux :





Mesures du nombre de coïncidences en fonction de l'angle d'inclinaison.

Protocole

Cette série de mesure nous aura occupé pendant près de cinq heures.

Protocole:

- 1) Mesurer le nombre de coïncidence entre les raquettes un et deux. Paramètres utilisés:
 - Durée: 300 secondes,
 - Seuil: 14mV,
 - Tension du Photomultiplicateur 1: 1200V,
 - Tension du Photomultiplicateur 2: 1100V.
- 2) Augmenter l'inclinaison des deux raquettes.
- 3) Refaire les mesures du 1).
- 4) Recommencer pour des inclinaisons allant de 0 à 90°.

Difficulté rencontrée: La difficulté majeure ici était de s'assurer que les raquettes soit bien sécurisées par les rivet chargés de les maintenir afin que ces dernières ne tombent pas.

Le pire fût évité grâce à une attention permanente de la part du groupe.

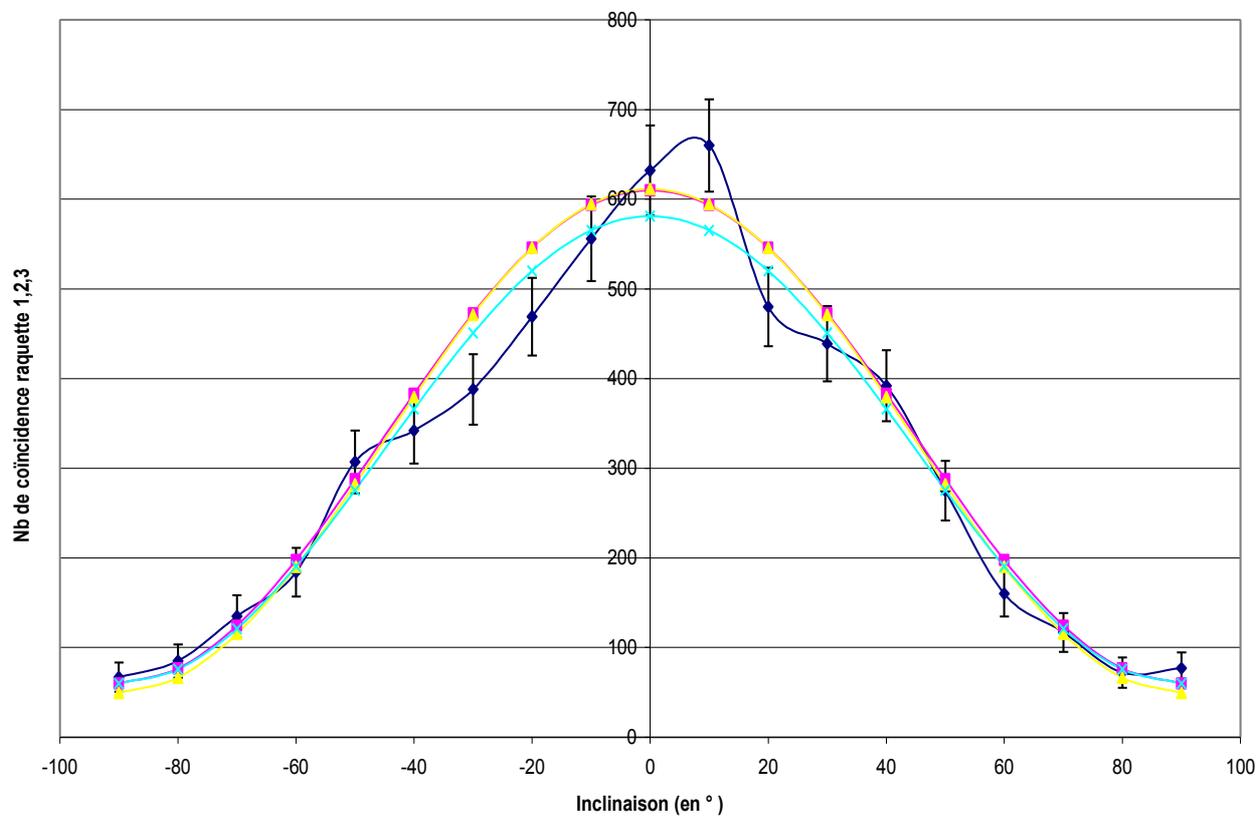
Résultats de mesures.

Nous avons fait tourner le cosmodétecteur pour voir si les muons avaient tous les mêmes angles d'arrivée. Le temps de mesures nous aura permis de récupérer dix-neuf mesures, avec variation de l'inclinaison des raquettes, ces dernières allant de -90° à 90°. Le fait de dire « -90° » est dû au fait que nous avons incliner les raquettes de pars et d'autre de l'axe habituel de ces dernières.

Inclinaison	N13	U(N)
-90	67	16
-80	85	18
-70	135	23
-60	184	27
-50	307	35
-40	342	37
-30	388	39
-20	469	43
-10	556	47
0	632	50
10	660	51
20	480	44
30	439	42
40	392	40
50	275	33
60	160	25
70	117	22
80	72	17
90	77	18

Courbes expérimentale :

Nb de coïncidences en fonction de l'inclinaison



Nous avons fait plusieurs modélisation avec Mr. Vion .

La courbe bleu correspond à nos mesures et les autres sont les modélisations que nous avons faite (en acos^2+b)

Observations ; Nous remarquons que sur cette courbe le nombre de coïncidences est beaucoup plus élevé quand les raquettes ont un angle d'inclinaison de 0° . Donc , quand elle ne sont pas incliner.

Conclusions: Nous validons ainsi notre hypothèse.

2. Coefficient multiplicateur

- Nous avons vu sur une fiche pédagogique de sciences à l'école qu'il fallait multiplier le nombre de coïncidence par 3,3 pour obtenir le nombre total de muon qui ont traversés la première raquette **si les raquettes sont à une distance de 20 cm** . Qu'en est il pour les autres distances ?
Nous avons fait plusieurs mesures en faisant varier l'angle d'inclinaison et à l'aide des mesures ci-dessus, nous en déduisons que plus l'angle d'inclinaison est grand et plus le nombre de coïncidence est faible.

Ce coefficient a été trouver par notre professeur de Physique-Chimie sur une fiche pédagogique .

Tableau :

<u>d (en cm)</u>	<u>U(d) (cm)</u>	<u>N (1;2)</u>	<u>U(N)</u>	<u>a</u>
2,00	0,06	1650	81	1,33
4,60	0,06	1474	77	1,49
12,50	0,06	959	62	2,30
15,60	0,06	783	56	2,81
19,00	0,06	680	52	3,24
20,00	0,06	667	52	3,30
21,00	0,06	626	50	3,52
24,50	0,06	445	42	4,95
27,30	0,06	454	43	4,85
32,00	0,06	367	38	6,00
36,00	0,06	294	34	7,49
42,50	0,06	234	31	9,41
46,80	0,06	227	30	9,70
52,80	0,06	167	26	13,18
60,50	0,06	154	25	14,29
66,00	0,06	114	21	19,31

Légendes :

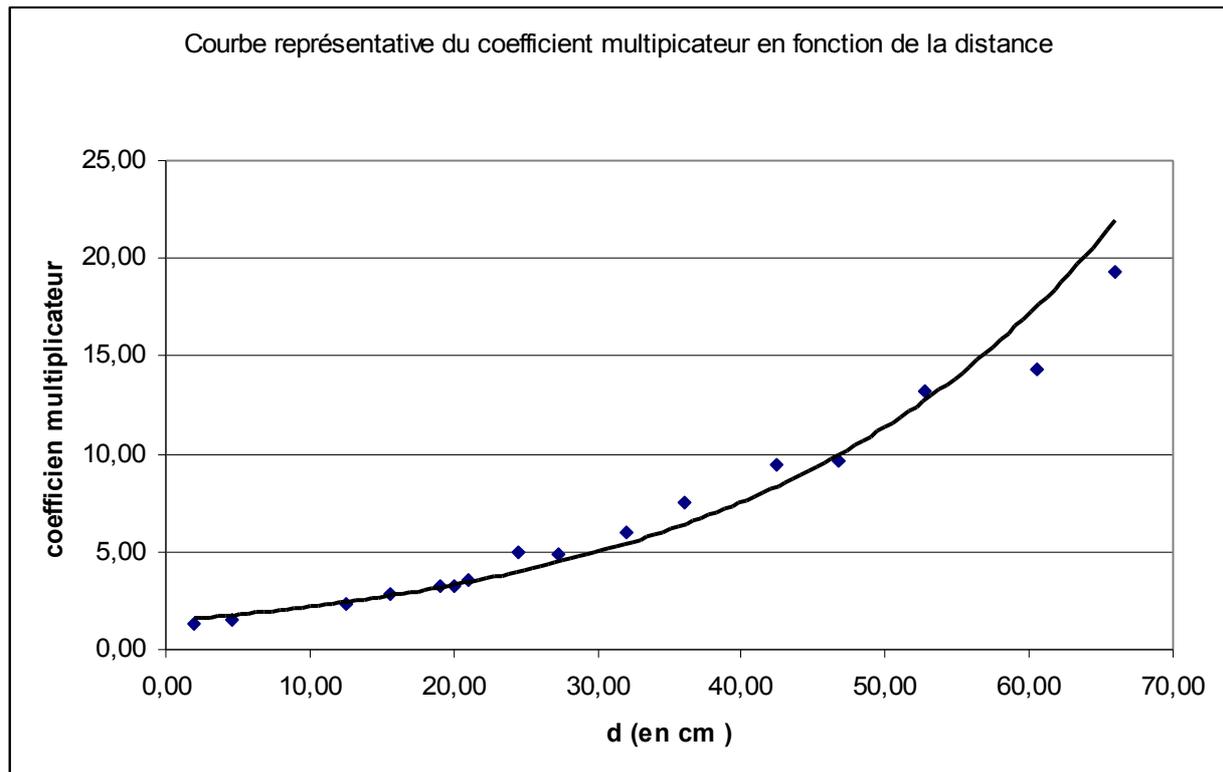
- d représente la distance entre les deux raquettes (en cm)
- U(d) représente l'incertitude sur d .
- N représente le nombre de coïncidences entre les raquettes 1 et 2 .
- U(N) représente alors l'incertitude sur N.
- et a représente le coefficient multiplicateur.

Comme nous l'avons dit précédemment , ce coefficient multiplicateur permet de calculer la totalité des muons traversant la raquette 1 seulement. Mais comment calcule t-on ce coefficient multiplicateur sachant qu'il est de 3,3 seulement à une distance de 20 cm ?

Nous allons vous l'expliquer . Prenons par exemple , une distance de 20 cm sachant que le coefficient multiplicateur est de 20 cm et que le nombre de coïncidences est de 667 pour avoir le totale nous faisons ; $667 \times 3,3 = 2201$. Le nombre 2201 correspond au nombre de muons qui ont traversés seulement la raquette 1 .

Sachant que le nombre de détection est constant , nous en déduisons que pour avoir le coefficient multiplicateur de chaque distance il faut diviser le nombre de coïncidences par le nombre de muons qui ont traversés la raquette 1 (donc 2201) . C'est comme cela que nous obtenons le coefficient multiplicateur pour chaque distance .

Courbe représentative ;



Cette courbe représente le coefficient multiplicateur en fonction de la distance en cm.

V. Conclusion

Nous en concluons donc que pour calculer les muons qui passent seulement par la première raquettes il faut utiliser un coefficient qui nous permettra de savoir a la suite de calculs , le nombre de muons passés au total à travers la première raquette.

VI. Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement les professeurs qui n'ont aidé, à savoir:

- Monsieur Bureau, professeur de Physique au lycée Déodat de Séverac,
- Monsieur Vion, professeur de Mathématiques au lycée Déodat de Séverac,
- Monsieur Blyweert, professeur de Chimie au lycée Déodat de Séverac.