

# Le temps de vie du muon

## Présentation

Le muon est une particule instable dont le principal mode de désintégration est :

$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$ . Afin de mesurer son temps de vie, on utilise un scintillateur particulier au sein duquel les muons sont susceptibles de se désintégrer.

La mesure de temps de vie se fait par la détection d'un signal START et STOP :

- le signal START est créé par la détection de l'entrée du muon dans le tube du scintillateur
- le signal STOP est créé normalement par la détection de l'électron provenant de la désintégration du muon. En réalité, le signal STOP peut avoir plusieurs origines :
  - Le bruit de fond
  - Le passage d'un autre muon dans le scintillateur
  - La fin de la fenêtre de comptage car aucune désintégration n'a eu lieu lors de ce temps

**Temps** minimum 24h de prise de données

## Protocole

Le scintillateur dédié à la mesure de temps de vie du muon devra être branché sur la voie 4 du boîtier électronique. La tension du PM4 a été fixée à une valeur optimale préalablement étalonnée ou fournie (ici 1100V). Le seuil a été choisi à 100 mV afin de s'affranchir du bruit de fond à la fois pour le signal START et le signal STOP.

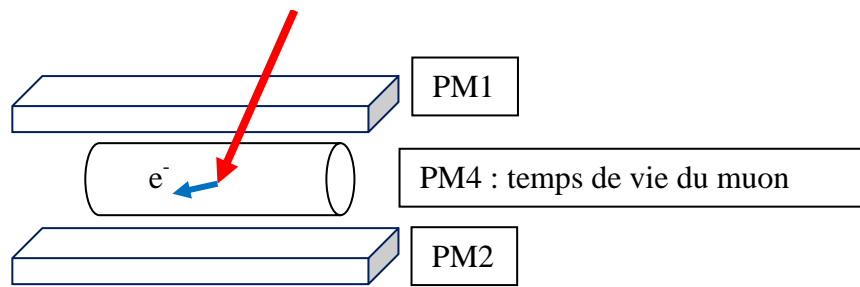
L'expérience est menée à partir de l'interface dédiée à la mesure du temps de vie :



La particularité de l'interface est de permettre deux modes de mesure :

- Vie du muon 1 : le START et le STOP sont fournis par un signal du PM4
- Vie du muon 2 (voir figure ci-dessous) : ce mode permet d'éliminer les STOP provenant du passage d'un deuxième muon. Pour cela, deux raquettes (PM1 et PM2) doivent être placées au-dessus et en-dessous du PM4. Ainsi lors du déclenchement d'un signal START, un signal STOP tel quel le PM1 et le PM2 voit un signal en coïncidence (correspondant à la traversée d'un muon) ne sera pas pris en compte.

## Muon incident



## Résultats

Le mode utilisé ici est le mode 1 pour une durée de 20h.  
Le fichier de données a l'allure suivante :

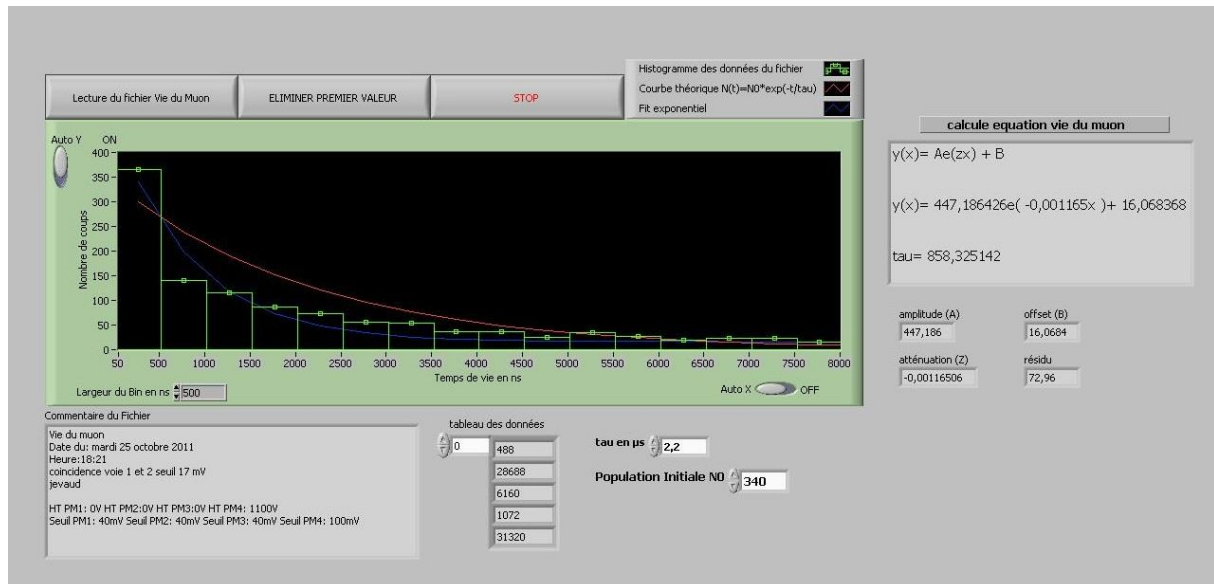
```

Fichier Edition Format Affichage ?
Vie du muon
Date du: mardi 25 octobre 2011
Heure:18:21
coincidence voie 1 et 2 seuil 17 mV
jevaud
HT PM1: 0V HT PM2:0V HT PM3:0V HT PM4: 1100V
Seuil PM1: 40mV Seuil PM2: 40mV Seuil PM3: 40mV Seuil PM4: 100mV

HEURE VIE DU MUON 1 (ns) VIE DU MUON 2 (ns)
18:22:02 488 0
18:22:05 28688 0
18:22:32 6160 0
18:22:38 1072 0
18:23:02 31320 0
18:23:05 816 0
18:23:14 1720 0
18:23:55 12000 0
18:24:12 26808 0
18:24:50 61328 0
18:24:59 1064 0
18:25:11 41424 0
18:25:14 25936 0
18:25:43 4568 0
18:27:54 88 0
18:28:19 35704 0
18:28:32 52296 0
18:28:51 64472 0
    
```

- **Première méthode de traitement :**

Le fichier .txt créé dans le dossier « fichiers vie du muon » peut être ouvert grâce au logiciel « vie muon » présent sur l'ordinateur.



Le logiciel ajuste la courbe par une loi du type  $A \cdot \exp(B \cdot x) + C$ , la composante constante modélisant le bruit de fond.

Il est également possible de supprimer le premier bin de données<sup>1</sup>. Ceci est lié au fait que les données correspondant à des temps de vie entre 0 et 100ns ne correspondent pas à des données physiques mais à des artefacts liés aux PMs (présence de pulses secondaires...).

<sup>1</sup> Attention à ce que sa durée soit effectivement faible et ne supprime pas de données physiques.

Cette méthode permet de donner une bonne approximation de la valeur du temps de vie du muon et de valider le protocole utilisé (durée de la mesure...).

- **Deuxième méthode de traitement :**

Il s'agit de traiter le fichier texte à l'aide d'un tableur<sup>2</sup> (type excel, open office...) et d'amener les étudiants à comprendre l'importance du traitement et de la compréhension des données.

*Première étape :*

La courbe à tracer est le nombre de muons N en fonction du temps. Le fichier brut ne fournit que des durées START-STOP. Il faut donc comptabiliser le nombre de durées START-STOP (colonne F obtenue grâce à la fonction FREQUENCE du tableur) sur un intervalle de temps donné<sup>3</sup> (colonne E de la figure ci-dessous).

	A	B	C	D	E	F
1	Vie du muon					
2	Date du: mardi 25 octobre 2011					
3	Heure: 18:21					
4	coincidence voie 1 et 2 seuil 17 mV					
5	jevaud					
6						
7	HT PM1: 0V	HT PM2:0V	HT PM3:0V	HT PM4: 1100V		
8	Seuil PM1: 40mV	Seuil PM2: 40mV	Seuil PM3: 40mV	Seuil PM4: 100mV		
9						
10	HEURE	VIE DU MUON 1 (ns)	VIE DU MUON 2 (ns)		dt	N
11	18:22:02	488	0		0	0
12	18:22:05	28688	0		500	355
13	18:22:32	6160	0		1000	148
14	18:22:38	1072	0		1500	109
15	18:23:02	31320	0		2000	97
16	18:23:05	816	0		2500	71
17	18:23:14	1720	0		3000	59
18	18:23:55	12000	0		3500	50
19	18:24:12	26808	0		4000	40
20	18:24:50	61328	0		4500	35
21	18:24:59	1064	0		5000	26

*Deuxième étape :*

Il s'agit de déterminer les données physiquement pertinentes :

- On retire les données ayant une durée START-STOP inférieure à 100 ns pour les mêmes raisons que celles indiquées plus haut.
- On utilise les données ayant une durée START-STOP supérieure à  $10\tau$ <sup>4</sup> pour évaluer le bruit de fond. A partir d'un ajustement linéaire de cette partie ou bien d'une moyenne de ces valeurs, la valeur obtenue pour le bruit de fond sera retirée de l'ensemble des données<sup>5</sup>.
- On ajuste les données ayant une durée START-STOP inférieure à  $4-5\tau$  : la valeur maximale est à ajuster en fonction de votre évaluation du bruit de fond :
  - Les valeurs obtenues sans bruit de fond ne doivent pas devenir négatives (bruit de fond surévalué)
  - Dans le cas d'un bruit de fond sous-évalué, l'augmentation de la plage au-delà de 4 à  $5\tau$  entraîne une prise en compte plus importante des points correspondants à du bruit et donc fausse la mesure du temps de vie.

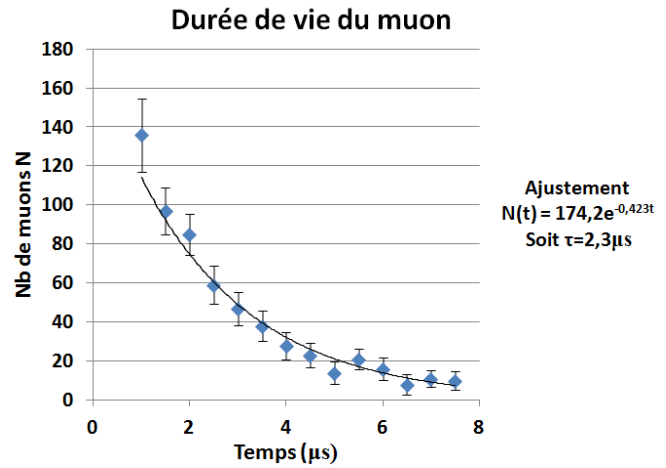
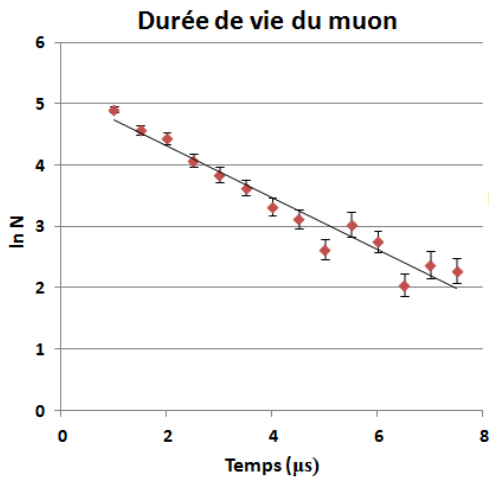
<sup>2</sup> Le fichier texte a été créé de telle manière que l'importation se fasse sans problème. Remarque : les espaces sont des tabulations.

<sup>3</sup> Cet intervalle devra être choisi soigneusement pour que la statistique sur cet intervalle soit suffisante pour éviter des fluctuations trop importantes et ne doit pas être trop grand pour avoir un nombre de points suffisant pour former la courbe.

<sup>4</sup> Valeur donnée à titre indicative.

<sup>5</sup> Le bruit de fond est considéré comme constant dans le temps.

Allure des courbes obtenues :



Les courbes ci-dessus ont été obtenues par un ajustement, par le tableur, exponentiel et linéaire respectivement. Celles-ci nous permettent d'évaluer le temps de vie du muon (à comparer à la valeur théorique du PDG<sup>6</sup> :  $\tau = 2,197 \cdot 10^{-6} \text{s}$ ) (voir la partie théorique correspondante).

<sup>6</sup> Particle Data Group (<http://pdglive.lbl.gov/listings1.br?quickin=Y>) : ce site regroupe l'ensemble des mesures en physique des particules ainsi que des textes, mis à jour régulièrement, sur les différents domaines de la physique des particules.