

Estimation du taux d'apparition de neutrinos tau. Etude de variables cinématiques et de propriétés discriminantes.

Stage L3

A. Coste



5 Juillet 2013

Plan

1 Mise en contexte

- OPERA
- Motivations

2 Estimation du nombre d'événement

- Procédé
- Resultat

3 Variables cinématiques et propriétés discriminantes

- Topologie et cinématique des traces
- Avancement

Plan

1 Mise en contexte

- OPERA
- Motivations

2 Estimation du nombre d'événement

- Procédé
- Resultat

3 Variables cinématiques et propriétés discriminantes

- Topologie et cinématique des traces
- Avancement

Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus

- L'expérience OPERA a pour but d'observer l'oscillation $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ c'est à dire l'apparition de ν_τ dans un faisceau ν_μ pour compléter l'observation de l'expérience Super-Kamiokande.

Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus

- L'expérience OPERA a pour but d'observer l'oscillation $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ c'est à dire l'apparition de ν_τ dans un faisceau ν_μ pour compléter l'observation de l'expérience Super-Kamiokande.
- Un faisceau de ν_μ est produit au CNGS d'énergie moyenne 17Gev.
- Le faisceau est détecté au Gran Sasso en Italie à 730km du CERN.

Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus

- L'expérience OPERA a pour but d'observer l'oscillation $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ c'est à dire l'apparition de ν_τ dans un faisceau ν_μ pour compléter l'observation de l'expérience Super-Kamiokande.
- Un faisceau de ν_μ est produit au CNGS d'énergie moyenne 17Gev.
- Le faisceau est détecté au Gran Sasso en Italie à 730km du CERN.
- $\frac{L}{E}$ petit \Rightarrow on se place dans la partie de l'oscillation des neutrinos atmosphériques:
 - ▶ $P_{\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau} = \sin^2(2\theta_{23}) \sin^2(1.27\Delta m_{23}^2 L/E)$

Estimation du nombre d'événement:

- Réévaluation de la différence de masse $\Delta m_{23}^2 = 2.23 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$
- Réévaluation de la masse de plomb du détecteur

Estimation du nombre d'événement:

- Réévaluation de la différence de masse $\Delta m_{23}^2 = 2.23 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$
- Réévaluation de la masse de plomb du détecteur

Variables cinématiques et propriétés discriminantes:

- Distinction entre les interactions de ν_τ et les interactions de ν_μ

Plan

1 Mise en contexte

- OPERA
- Motivations

2 Estimation du nombre d'événement

- Procédé
- Resultat

3 Variables cinématiques et propriétés discriminantes

- Topologie et cinématique des traces
- Avancement

Estimation du nombre de neutrinos tau:

$$N_\tau = \int \Phi_{\nu_\mu} P_{\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau} \sigma_{\nu_\mu} N_{Pb} dE \quad (1)$$

Avec:

- σ_{ν_τ} la section efficace en Courant Chargé ($m^2 \cdot \text{nucléons}^{-1}$)
- N_τ le nombre de neutrinos tau attendu (pot^{-1})
- Φ_{ν_μ} le flux de neutrino du CNGS ($N_{\nu_\mu} \cdot m^{-2} \cdot \text{GeV}^{-1} \cdot \text{pot}^{-1}$)
- $P_{\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau}$ la probabilité d'oscillation
- N_{Pb} le nombre de nucléon de plomb

Calcul littéral de l'incertitude:

$$\frac{\Delta N_\tau}{N_\tau} = \sqrt{\left(\frac{\Delta \Phi_{\nu_\mu}}{\Phi_{\nu_\mu}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \sigma_{\nu_\tau}}{\sigma_{\nu_\tau}}\right)^2 + \left(2 \frac{\Delta \sin(2\theta_{23})}{\sin(2\theta_2)}\right)^2 + \left(2 \frac{\Delta_{\Delta m_{23}^2}}{\Delta m_{23}^2}\right)^2} \quad (2)$$

Evaluation des incertitudes:

- $\frac{\Delta \sigma_{\nu_\tau}}{\sigma_{\nu_\tau}} = \pm 2\%$
- $\frac{\Delta \Phi_{\nu_\mu}}{\Phi_{\nu_\mu}} = \pm 6\%$
- $\Delta_{\Delta m_{23}^2} = \pm 10^{-4} \text{ eV}^2$
- $\Delta \theta_{23} = \pm 6^\circ \Rightarrow \Delta \sin(2\theta_{23}) = \pm 0.022$

Histogramme

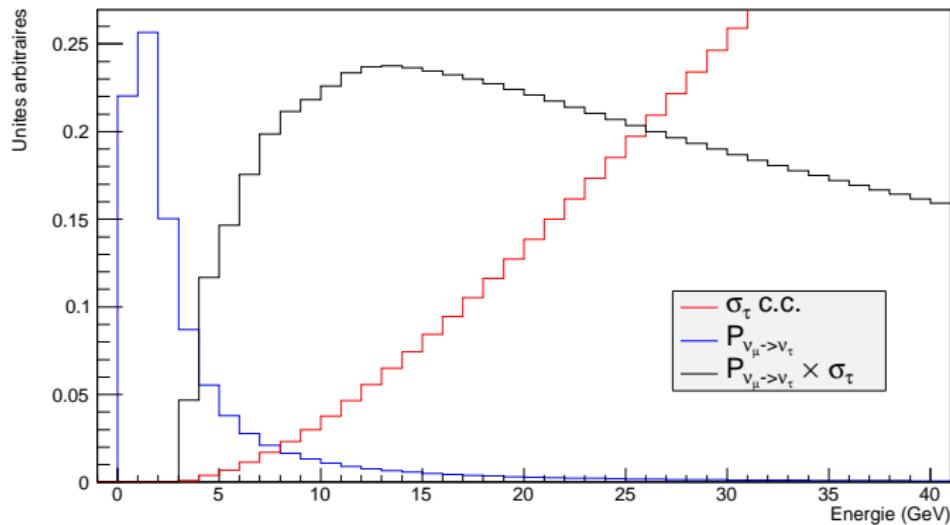


Figure 1: Histogramme de la probabilité d'oscillation $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ multiplié par la section efficace (en courant chargé).

Histogramme

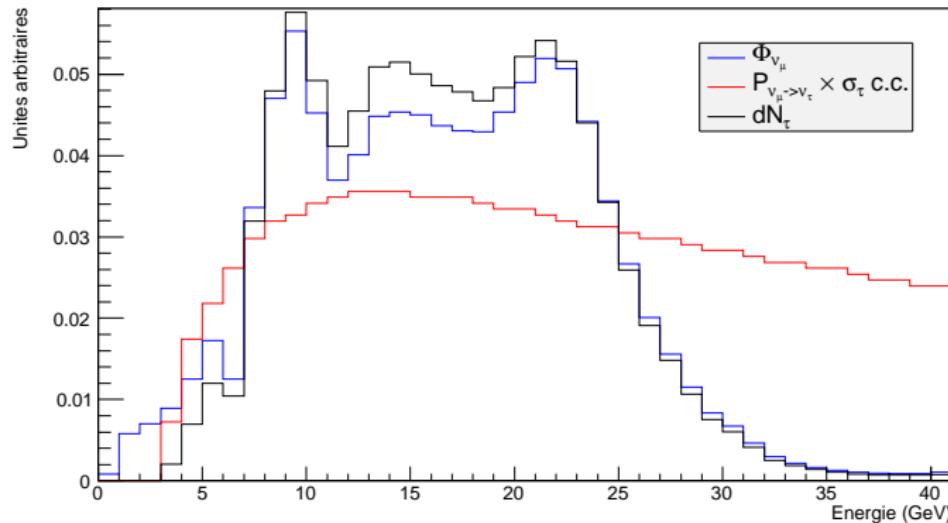


Figure 2: Histogramme de l'estimation du flux de neutrinos tau.

Estimation du nombre d'événement ($\Delta m_{23}^2 = 2.23 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$):

$$N_\tau = 2.83 \pm 0.33 \text{ } \nu_\tau \text{.kton}^{-1} \text{ pour } 1.0 \times 10^{19} \text{ pot} \quad (3)$$

$$N_\tau = 50.9 \pm 5.9 \text{ } \nu_\tau \text{.kton}^{-1} \text{ pour } 18.0 \times 10^{19} \text{ pot}$$

$$N_\tau = 63.6 \pm 7.4 \text{ } \nu_\tau \text{.kton}^{-1} \text{ pour } 22.5 \times 10^{19} \text{ pot}$$

Proposal ($\Delta m_{23}^2 = 3.5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$):

$$N_\tau = 6.76 \text{ } \nu_\tau \text{.kton}^{-1} \text{ pour } 1.0 \times 10^{19} \text{ pot} \quad (4)$$

Plan

1 Mise en contexte

- OPERA
- Motivations

2 Estimation du nombre d'événement

- Procédé
- Résultat

3 Variables cinématiques et propriétés discriminantes

- Topologie et cinématique des traces
- Avancement

"Théorie" :

- Signature d'un neutrino tau:

- ▶ $\nu_\tau \rightarrow \tau^- X$
- ▶ $\tau^- \rightarrow \nu_\tau X$

"Théorie":

- Signature d'un neutrino tau:

- $\nu_\tau \rightarrow \tau^- X$
 - $\tau^- \rightarrow \nu_\tau X$

- Signature d'un neutrino muonique:

- $\nu_\mu \rightarrow \mu^- X$

"Théorie":

- Signature d'un neutrino tau:

 - ▶ $\nu_\tau \rightarrow \tau^- X$
 - ▶ $\tau^- \rightarrow \nu_\tau X$

- Signature d'un neutrino muonique:

 - ▶ $\nu_\mu \rightarrow \mu^- X$

Différences expérimentales (désintégration à un hadron
arXiv:1006.1623v1):

- Désintégration du tau ($2^{\text{ème}}$ vertex):

 - ▶ Apparition d'un temps de vols "Decay lenght"

"Théorie":

- Signature d'un neutrino tau:

 - ▶ $\nu_\tau \rightarrow \tau^- X$
 - ▶ $\tau^- \rightarrow \nu_\tau X$

- Signature d'un neutrino muonique:

 - ▶ $\nu_\mu \rightarrow \mu^- X$

Différences expérimentales (désintégration à un hadron
arXiv:1006.1623v1):

- Désintégration du tau (2^{ème} vertex):

 - ▶ Apparition d'un temps de vols "Decay lenght"
 - ▶ Apparition d'un angle de "Kink" (discrimination $>20\text{ mrad}$)

"Théorie":

- Signature d'un neutrino tau:

 - $\nu_\tau \rightarrow \tau^- X$
 - $\tau^- \rightarrow \nu_\tau X$

- Signature d'un neutrino muonique:

 - $\nu_\mu \rightarrow \mu^- X$

Différences expérimentales (désintégration à un hadron
arXiv:1006.1623v1):

- Désintégration du tau ($2^{\text{ème}}$ vertex):

 - Apparition d'un temps de vols "Decay lenght"
 - Apparition d'un angle de "Kink" (discrimination $>20\text{mrad}$)
 - Moment moyen des particules filles supérieur à $2 \text{ GeV}\cdot\text{c}^{-1}$
 - Moment transverse total des particules filles supérieur à $0.3 \text{ GeV}\cdot\text{c}^{-1}$

Différences expérimentales (désintégration à un hadron
arXiv:1006.1623v1):

- Création du tau (1^{er} vertex):
 - ▶ l'angle θ dans le plan transverse du tau et de la gerbe hadronique doit être supérieur à $\frac{\pi}{2}$
 - ▶ Le moment transverse manquant doit être inférieur à 1 $\text{GeV}.c^{-1}$

Angle de Kink

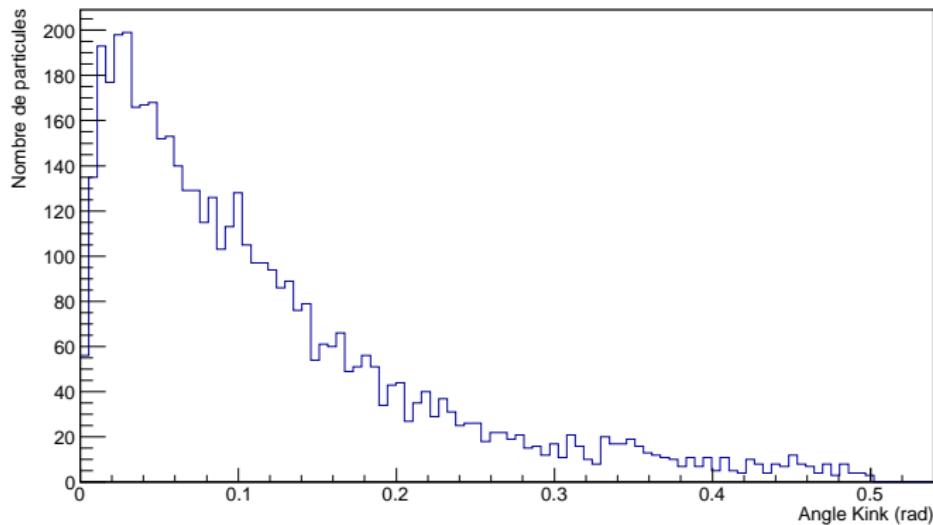


Figure 3: Distribution de l'angle de Kink d'une simulation de Monte-Carlo (désintégration à trois hadrons).

Decay Length

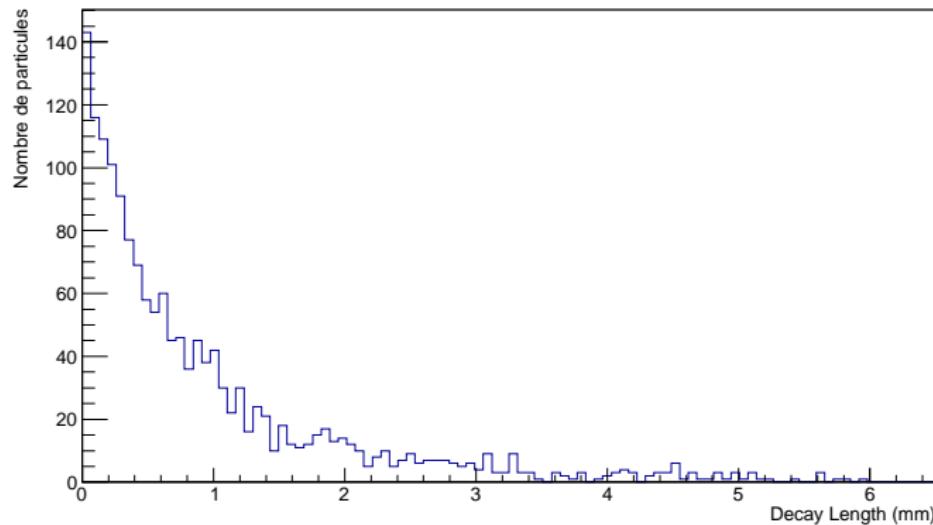


Figure 4: Distribution du decay length d'une simulation de Monte-Carlo (désintégration à trois hadrons).

Moment moyen des filles

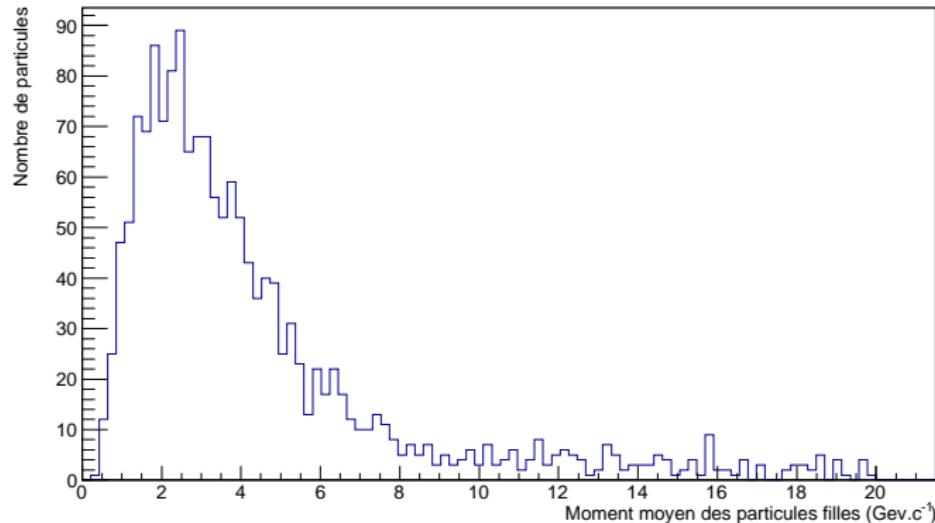


Figure 5: Distribution du moment moyen des filles du second vertex d'une simulation Monte-Carlo (désintégration à trois hadrons).

Moment transverse total des filles

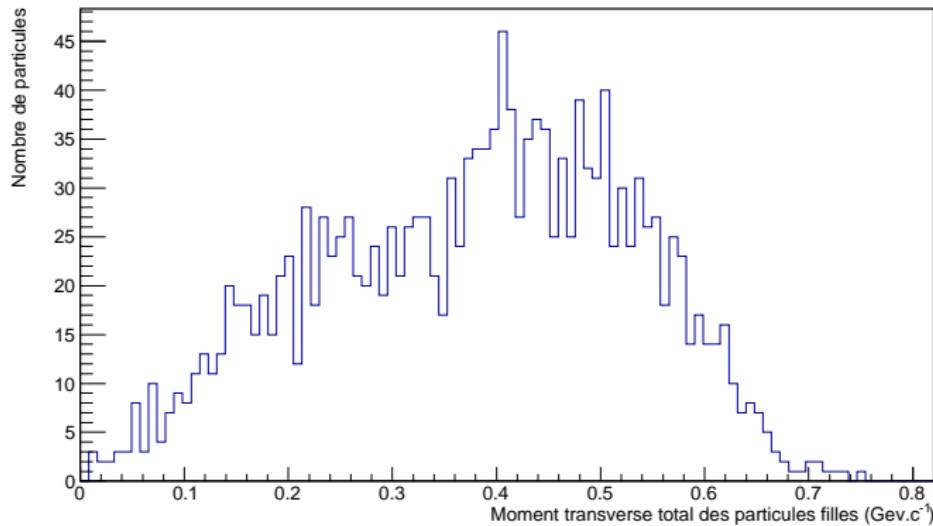


Figure 6: Distribution du moment transverse total des filles du second vertex d'une simulation Monte-Carlo (désintégration à trois hadrons).

Conclusion & Perspectives

- Nombre d'événement:

- ▶ $N_\tau = 2.83 \pm 0.33 \nu_\tau \text{.kton}^{-1}$ pour $1.0 \times 10^{19} \text{ pot}$
- ▶ Le faire avec la véritable masse

Conclusion & Perspectives

- Nombre d'événement:

- ▶ $N_\tau = 2.83 \pm 0.33 \nu_\tau.kton^{-1}$ pour $1.0 \times 10^{19} pot$
 - ▶ Le faire avec la véritable masse

- Propriétés discriminantes:

- ▶ Le code semble être correcte
 - ▶ Poursuivre l'étude au 1^{er} vertex
 - ▶ Comparer au bruit de fond