

# 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  $\nu_\tau$  dans un faisceau  $\nu_\mu$  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  $\nu_\tau$  dans un faisceau  $\nu_\mu$  pour compléter l'observation de l'expérience Super-Kamiokande.
- Un faisceau de  $\nu_\mu$  est produit au CNGS d'energie 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  $\nu_\tau$  dans un faisceau  $\nu_\mu$  pour compléter l'observation de l'expérience Super-Kamiokande.
- Un faisceau de  $\nu_\mu$  est produit au CNGS d'energie 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  $\nu_\tau$  et les interactions de  $\nu_\mu$



# 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:

- $\sigma_{\nu_{\tau}}$  la section efficace en Courant Chargé ( $m^2 \cdot \text{nucléons}^{-1}$ )
- $N_{\tau}$  le nombre de neutrinos tau attendu ( $\text{pot}^{-1}$ )
- $\Phi_{\nu_{\mu}}$  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

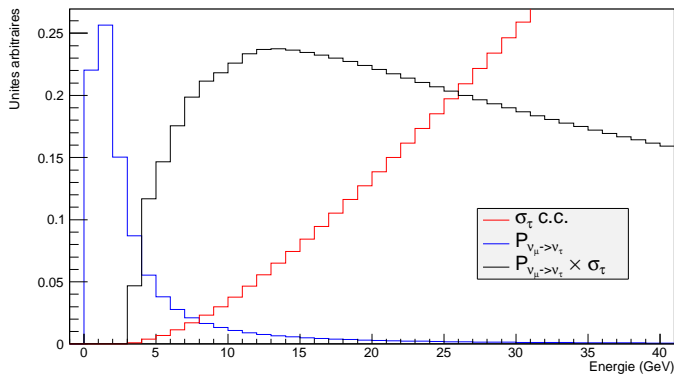


Figure 1: Histogramme de la probabilité d'oscillation  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  multiplié par la section efficace (en courant chargé).

# Histogramme

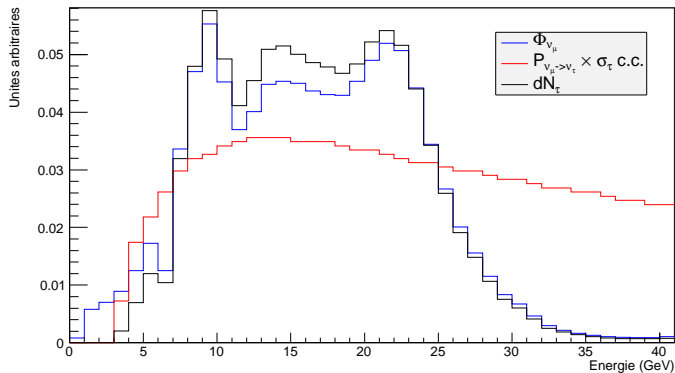


Figure 2: Histogramme de l'estimation du flux de neutrinos tau.

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

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

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

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

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

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

# Plan

- 1 Mise en contexte
  - OPERA
  - Motivations
- 2 Estimation du nombre d'événement
  - Procédé
  - Resultat
- 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 length"

## "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 length"
  - ▶ Apparition d'un angle de "Kink" (discrimination  $>20 mrad$ )

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

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

- Création du tau ( $1^{er}$  vertex):
  - ▶ l'angle  $\theta$  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  $1 \text{ GeV} \cdot c^{-1}$

# Angle de Kink

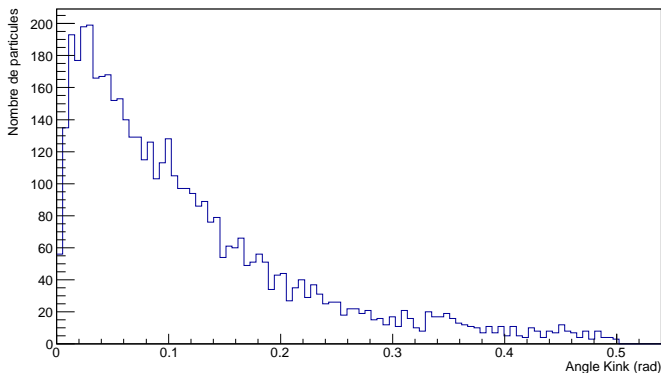


Figure 3: Distribution de l'angle de Kink d'une simulation de Monte-Carlo (désintégration à trois hadrons).

# Decay Length

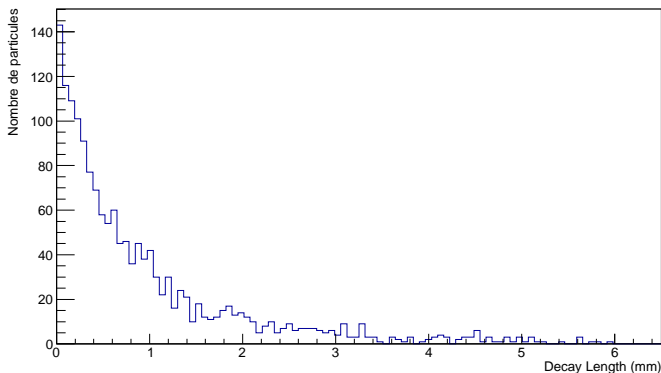


Figure 4: Distribution du decay length d'une simulation de Monte-Carlo (désintégration à trois hadrons).

## Moment moyen des filles

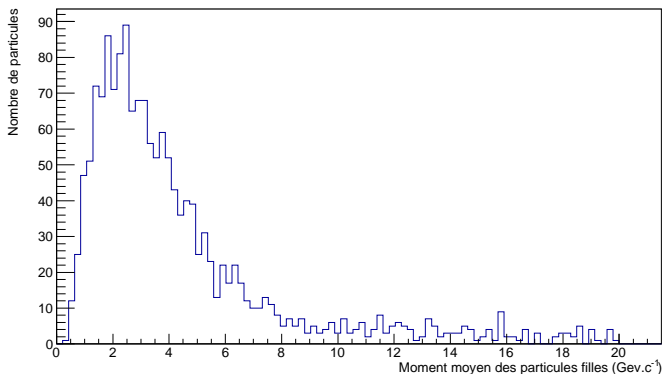


Figure 5: Distribution du moment moyen des filles du second vertex d'une simulation Monte-Carlo (désintégration à trois hadrons).



## Moment transverse total des filles

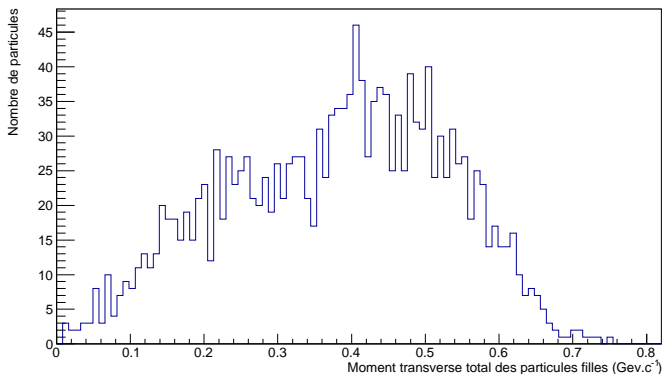


Figure 6: Distribution du moment transverse total des filles du second vertex d'une simulation Monte-Carlo (désintégration à trois hadrons).

# Conclusion & Perspectives

- Nombre d'événement:

- ▶  $N_\tau = 2.83 \pm 0.33 \nu_\tau.kton^{-1}$  pour  $1.0 \times 10^{19} pot$
- ▶ 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<sup>er</sup> vertex
- ▶ Comparer au bruit de fond