



INTERNATIONAL  
**MASTERCLASSES**

hands on particle physics

International Masterclasses - hands on particle physics



**International Masterclasses**

18<sup>th</sup> International Masterclasses 2022

# But de l'exercice

- Identifier différentes particules à partir de leurs désintégrations

# But de l'exercice

- Identifier différentes particules à partir de leurs désintégrations

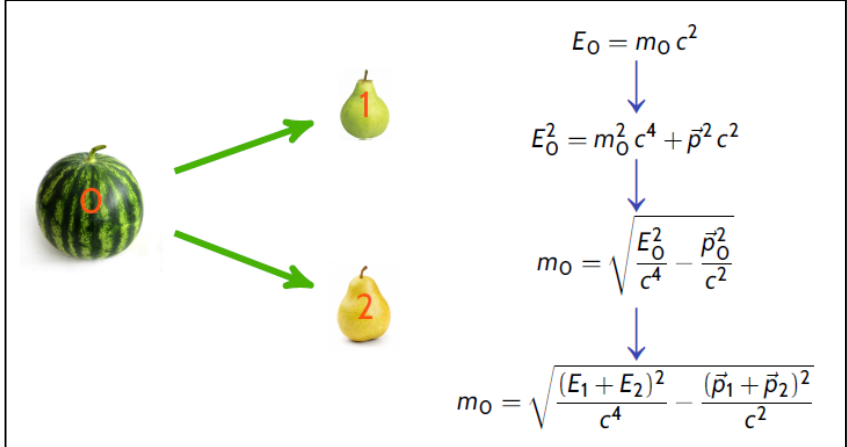


Grace à leurs masses

# But de l'exercice

- Identifier différentes particules à partir de leurs désintégrations

Grace à leurs masses



The diagram illustrates the decay of a watermelon (labeled 0) into two pears (labeled 1 and 2). Green arrows point from the watermelon to each pear. To the right, a series of equations shows the derivation of the rest mass  $m_0$  from the energy and momentum of the decay products:

$$E_0 = m_0 c^2$$
$$E_0^2 = m_0^2 c^4 + \vec{p}^2 c^2$$
$$m_0 = \sqrt{\frac{E_0^2}{c^4} - \frac{\vec{p}_0^2}{c^2}}$$
$$m_0 = \sqrt{\frac{(E_1 + E_2)^2}{c^4} - \frac{(\vec{p}_1 + \vec{p}_2)^2}{c^2}}$$

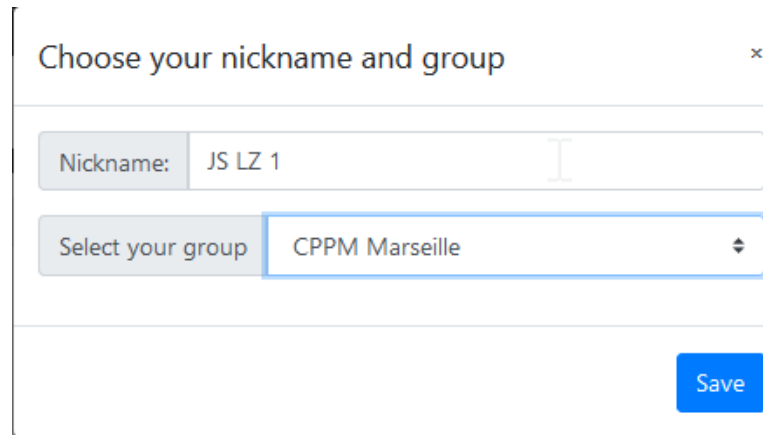
Elles sont parfois bien cachées



Credit: Vincent Munier

# Détails pratiques

- Connectez vous au site <https://belle2.ijs.si/masterclass/>
- Mettez comme nickname vos initiales et numéro de binome



Choose your nickname and group ×

Nickname: JS LZ 1

Select your group CPPM Marseille

Save

Show Mission Run Analysis

Blocks

Belle II Masterclass  
Number of events: 10000  
First event: 0  
Data Source: Belle-1.root  
Print particle list? No  
Particle List

Combine 2 particles

Particle 1

Particle 2

Same particle lists? No

Set identity to J/Psi meson

Min mass [GeV/c<sup>2</sup>]: 1

Max mass [GeV/c<sup>2</sup>]: 4

Histograms

Select Particles Simple

Particle

Charge -1

Type muon

Select Particles Simple

Particle

Charge 1

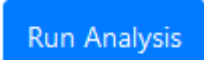
Type muon

Histogram Title mu neg Mass Number of bins 40 Min: 0 Max: 5 Variable mass

Histogram Title mu pos Mass Number of bins 100 Min: 0 Max: 5 Variable mass

Histogram Title mumu Mass Number of bins 100 Min: 1 Max: 4 Variable mass

# Explication de l'exercice

- On va analyser des vraies données de Belle et de Belle II
- On combine différents blocs qui représentent les différentes parties du code nécessaire à analyser les données
- Le bloc **bleu** permet de charger les évènements: on peut choisir entre deux fichiers de données de Belle (le fichier Belle-1.root qui a 629000 évènements et le fichier Belle-2.root qui a 5, 600000 évènements) et le fichier de données de Belle II BelleII.root qui a 7000000 évènements. On peut aussi choisir le nombre d'évènements à analyser
- Le bloc **moutarde** permet de sélectionner des particules qu'on peut voir dans le détecteur (électrons, muons, photons, . . . )
- Le bloc **vert** permet de combiner deux particules et calculer leur masse
- Le bloc **marron** permet de dessiner un histogramme
- Cliquez sur 



$$K_s \rightarrow \pi^+ \pi^-$$

Belle II Masterclass

Number of events:

First event:

Data Source

Print particle list?

Particle List

Combine 2 particles

Particle 1

- Select Particles Simple
- Particle
- Charge
- Type
- Histograms

Particle 2

- Select Particles Simple
- Particle
- Charge
- Type
- Histograms

Same particle lists?

Set identity to

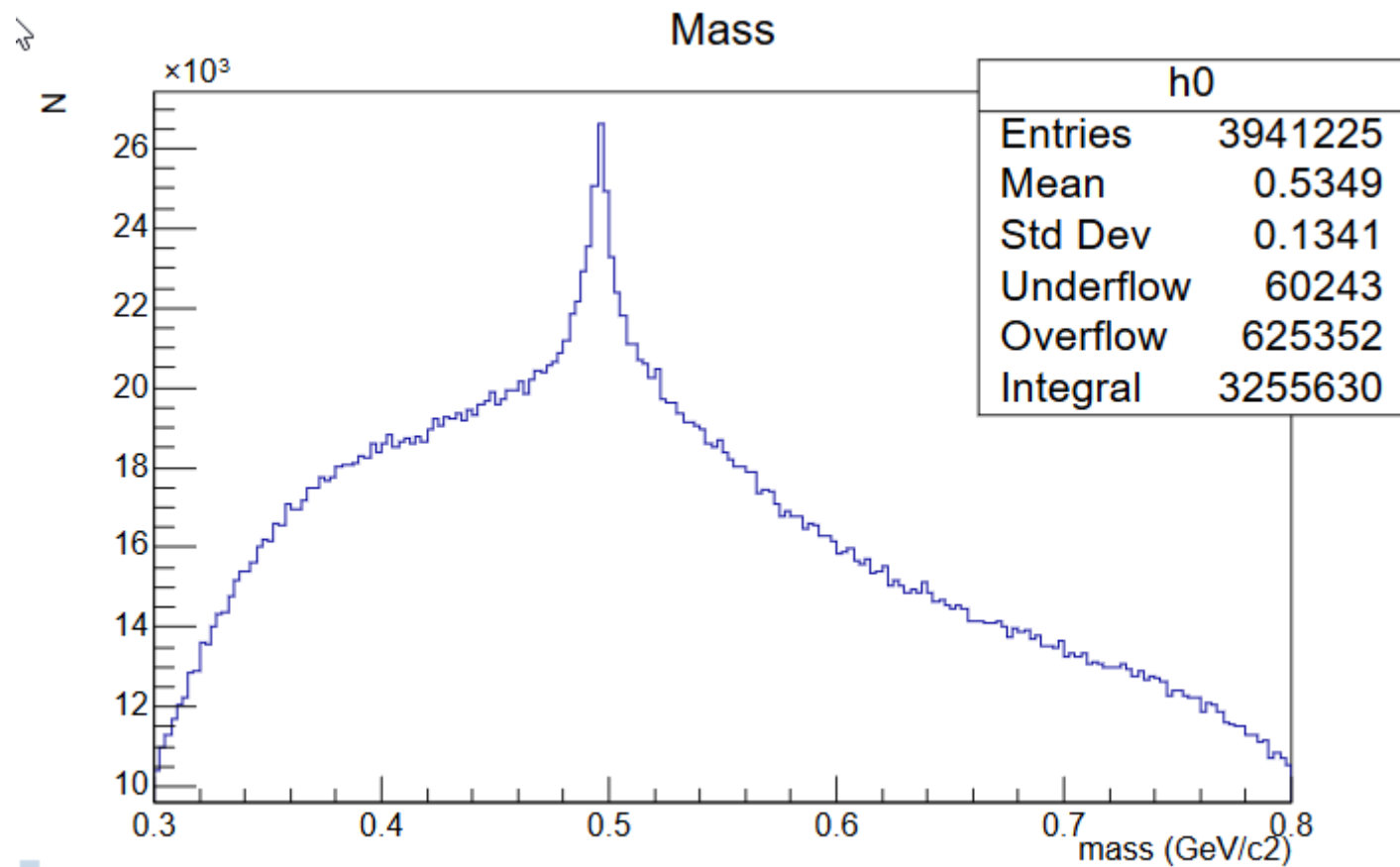
Min mass [GeV/c<sup>2</sup>] :

Max mass [GeV/c<sup>2</sup>] :

Histograms

Histogram Title  Number of bins  Min:  Max:  Variable

$$K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$$



# $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$ fit

Belle II Masterclass

Number of events: 500000

First event: 0

Data Source Belle-1.root

Print particle list? No

Particle List

Combine 2 particles

Particle 1

- Select Particles Simple
- Particle
- Charge -1
- Type pion
- Histograms

Particle 2

- Select Particles Simple
- Particle
- Charge 1
- Type pion
- Histograms

Same particle lists? No

Set identity to kaon

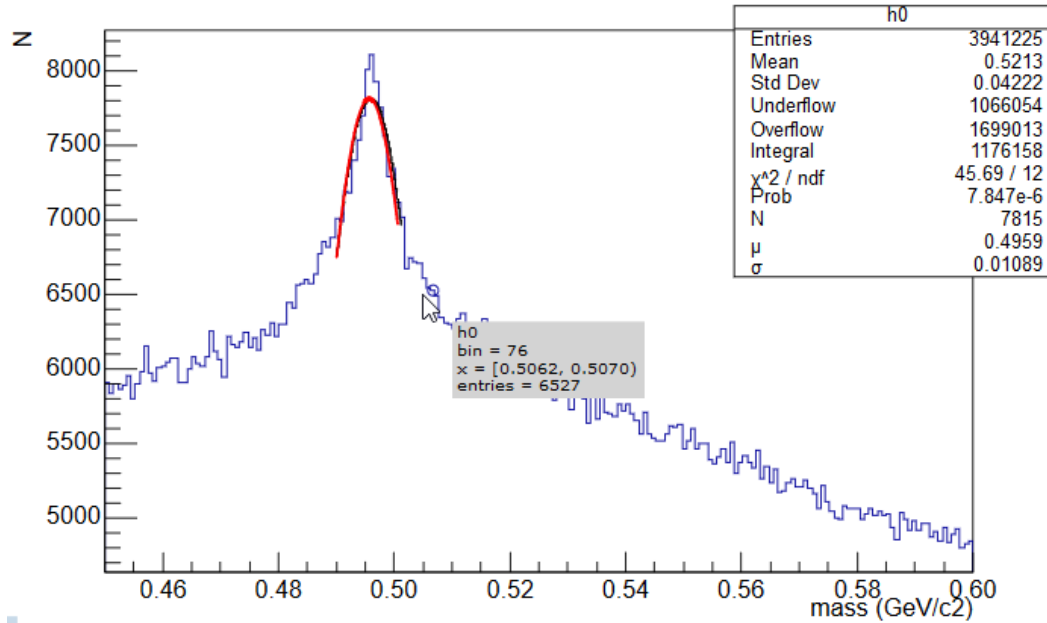
Min mass [GeV/c<sup>2</sup>] : 0

Max mass [GeV/c<sup>2</sup>] : 1

Histograms

Histogram Title Mass Number of bins 200 Min: 0.45 Max: 0.6 Variable mass

# Mass



Click to fit

range: min = 0.490 (max = 0.501)  $\chi^2/\text{ndf} = 45.86 / 12 = 3.822$  ||  $N_{\text{signal}} = 284693$

function: Gaus  $N \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$

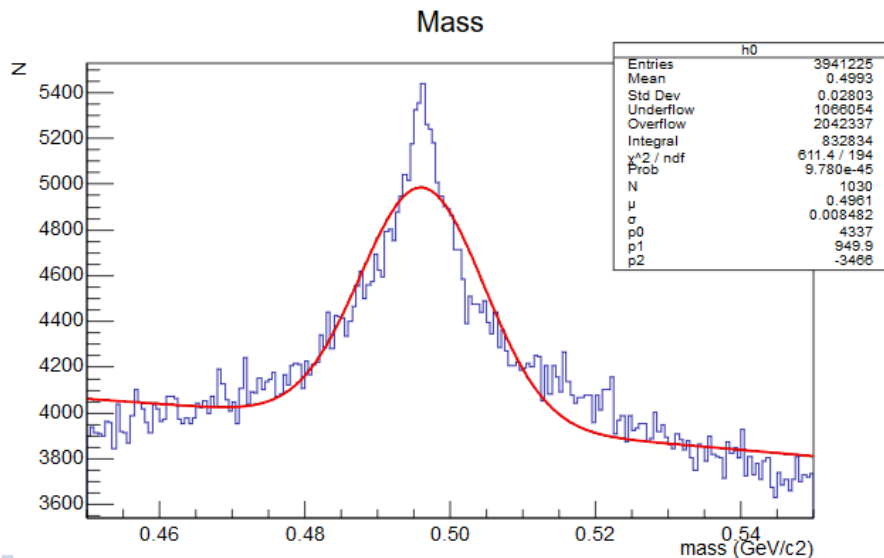
Name	Value	Min	Set	Max	Step
• $\mu$ :	0.4959	0.45	<input type="range"/>	0.501168211	0.0001
• $\sigma$ :	0.0109	0	<input type="range"/>	0.089291023	0.0001
• N:	7814.8838	0	<input type="range"/>	16218	0.0001

Show/Hide Fit Panel

To Process

Show/Hide Send result

# $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$ fit



Click to fit

Range: min = 0.45 max = 0.55  $\chi^2/\text{ndf} = 611.4 / 194 = 3.152$  ||  $N_{\text{signal}} = 43902$  ||  $N_{\text{background}} = 788476$

Function: Gaus + Polynomial  $N \cdot e^{-\left(\frac{x-\mu}{4\sigma}\right)^2} + p0 + p1 \cdot x + p2 \cdot x^2$

Name	Value	Min	Set	Max	Step
• $\mu$ :	0.4961	0.45	<input type="range"/>	0.55	0.0001
• $\sigma$ :	0.0085	0	<input type="range"/>	0.020000000	0.0001
• N:	1030.2644	0	<input type="range"/>	10876	0.0001

Polynomial order: 2

Name	Value	Min	Set	Max	Step
• p0:	4336.8035	-10	<input type="range"/>	60000	0.0001
• p1:	949.9035	-10	<input type="range"/>	1551.088851	0.0001
• p2:	-3465.94747	-3465.94747	<input type="range"/>	10	0.0001
• p3:	0	-10	<input type="range"/>	10	0.0001
• p4:	0	-10	<input type="range"/>	10	0.0001

Show/Hide Fit Panel

To Process

Show/Hide Send result

# Sauvegarder ses découvertes

Show/Hide Fit Panel   To Process   **Show/Hide Send result**

Particle name:


Particle charge:

Mass [GeV/c<sup>2</sup>]:

Width [GeV/c<sup>2</sup>]:


Events:

**Save to your worksheet**

 Belle II Particle Discovery - JS LZ 1 - CPPM Marseille   **My worksheet**   Quiz   Event Display   File ▾   Help ▾   Settings ▾

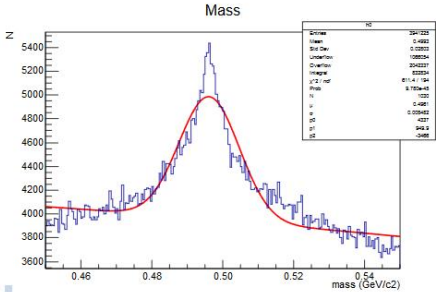


 Belle II Masterclass Student worksheet

mission: 4  
particle: K  
charge: 0  
mass: 0.461  
width: 0.0085  
events: 43902



Screen	SR	SR
name	1-4883	1-4883
id	1-4883	1-4883
location	1-4883	1-4883
operator	1-4883	1-4883
major	1-4883	1-4883
minor	1-4883	1-4883
prod	1-4883	1-4883
run	1-4883	1-4883
sub	1-4883	1-4883
type	1-4883	1-4883
unit	1-4883	1-4883
zone	1-4883	1-4883

**Diablo Masterclass**  
Number of events: 500000  
First event: 1  
Data Source: Belle1.root  
Print particle list? [No]

Particle List

- Combine 2 particles
- Particle 1: Select Particles Simple  
Particle:   
Charge:   
Type:   
Histograms:
- Particle 2: Select Particles Simple  
Particle:   
Charge:   
Type:   
Histograms:

Some particle lists? [No]  
Set identity to   
Min mass [GeV/c<sup>2</sup>]:   
Max mass [GeV/c<sup>2</sup>]:   
Histograms:

Histogram Title:  Number of bins:  Min:  Max:  Variable:

# Missions

- Il y a 9 mission à accomplir
- Pas grave si vous n'arrivez pas à finir!
  - Essayez de faire 1 à 5 puis 6 et 8
  - Ou 1 à 5 puis 7 et 9
- N'hésitez pas à demander de l'aide si vous êtes bloqué !

## Mission 1: number of reconstructed particles

In the data you fill find a list of reconstructed particles with their properties stored for each event. Each particle is described by its:

momentum  $\mathbf{p} = (p_x, p_y, p_z)$ ,

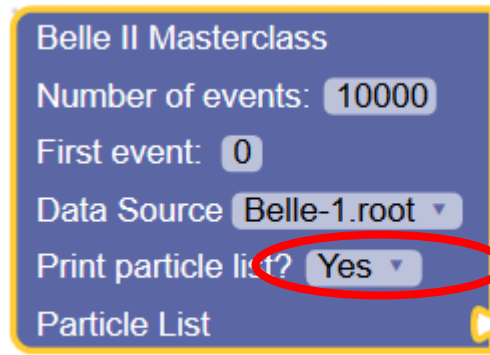
energy  $E$ ,

electric charge and

identity.

List the particles in the data for several events and plot a frequency histogram of the number of reconstructed particles per event. This is done by using the "Main" (blue) block and by pressing the "Run Analysis" button.

Try to change the number of events and the data source file and observe how the distribution changes.



Belle II Masterclass

Number of events: 10000

First event: 0

Data Source Belle-1.root

Print particle list? Yes

Particle List

Regardez en bas de la page pour voir le résultat



# Au travail!

- Rendez vous a 14h30 pour discuter des résultats puis les partager avec les autres classes!