



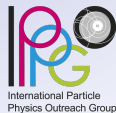
hands on particle physics

# Méthodes expérimentales en physique des particules

---

Belle II international masterclasses

11 mars 2025

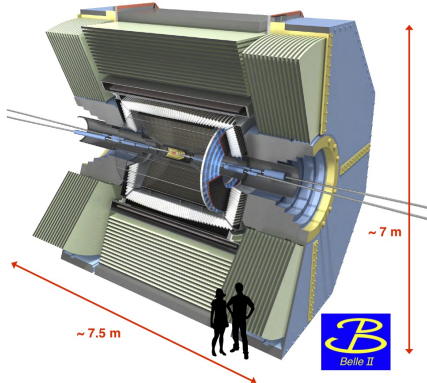
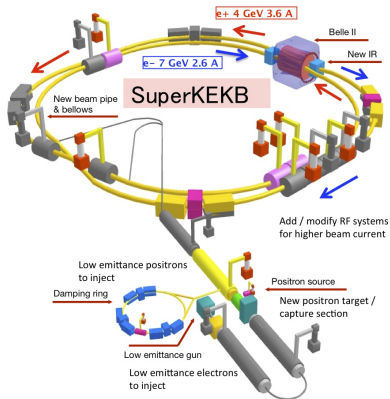


# La stratégie générale

**Accélérateurs** donnent énergie aux particules

**Collisionneurs** transforment l'énergie en matière ( $E = mc^2$ )

**Détecteurs** identifient et mesurent les propriétés des particules produites



# Comment on accélère une particule chargée?

---

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

## Comment on accélère une particule chargée?

---

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

# Comment on accélère une particule chargée?

---

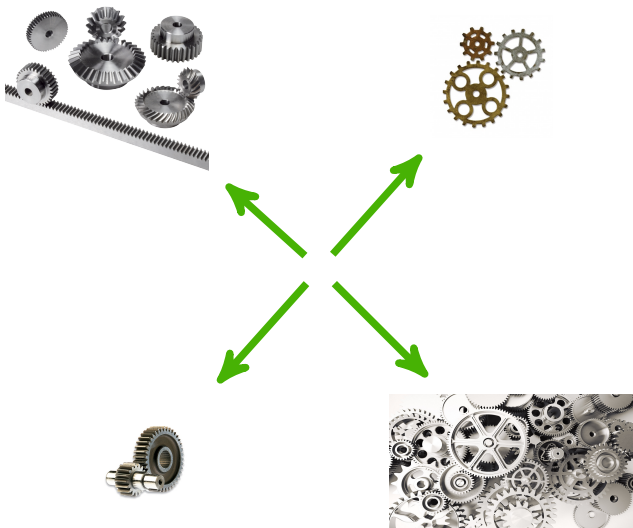


# Une collision c'est pas ça ...



# Une collision c'est pas ça ...

---



... mais plutôt ça ...

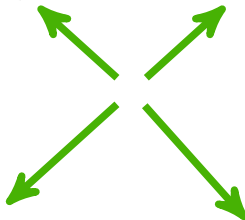
---





... mais plutôt ça ...

---



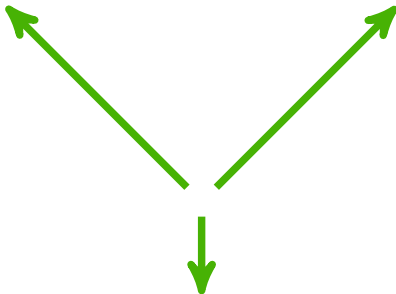
... ou ça ...

---



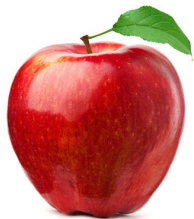
... ou ça ...

---



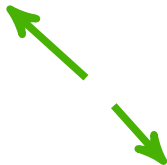
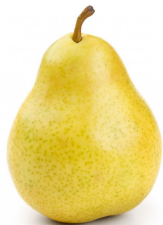
... ou même ça

---



... ou même ça

---

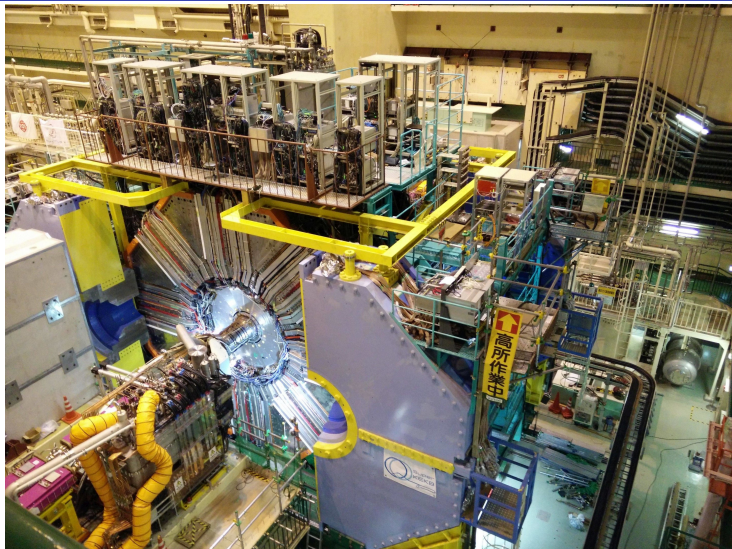


# Dans une collision en physique des particules

---

- on ne voit pas les “engranages” qui composent les particules qui collisionnent
  - mais l'énergie de la collision se transforme en matière ( $E = mc^2$ ) et des particules nouvelles sont produites (même des particules qui on ne trouve pas en nature)
- le résultat d'une collision n'est pas toujours le même et il est impossible de prévoir le résultat d'une collision spécifique (mécanique quantique)
  - mais on peut prévoir combien de fois on va en moyenne avoir les différents résultats

# Mesurer les propriétés d'une particule



masse, vitesse, charge électrique, ...

# La quantité de mouvement

Avec la même force on peut faire aller vite un objet léger ou lentement on objet lourd

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

## Correction relativiste

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v} \quad \text{avec} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Petite corrections dans la vie de tous les jours, par exemple pour une vitesse de 100 km/h,  $\gamma = 1.000000000000000044$



# Comment on mesure la quantité de mouvement d'une une particule chargé?

---

# Comment on mesure la quantité de mouvement d'une une particule chargé?

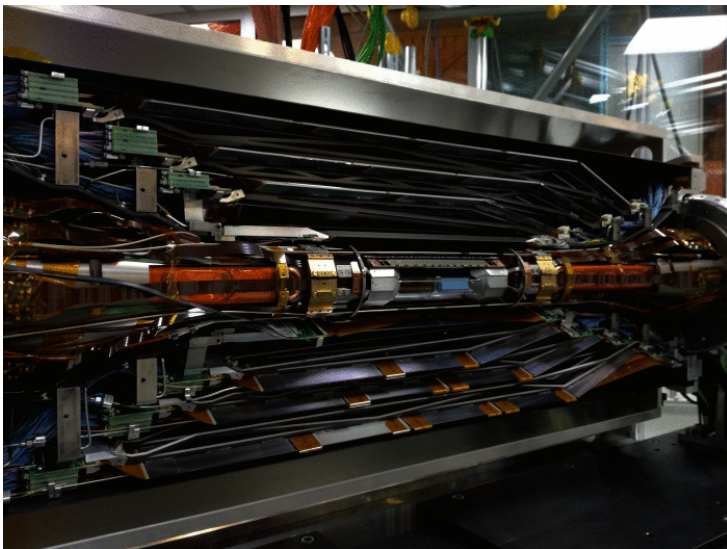
---

# Comment on mesure la quantité de mouvement d'une une particule chargé?

---

# Comment on mesure la quantité de mouvement d'une une particule chargé?

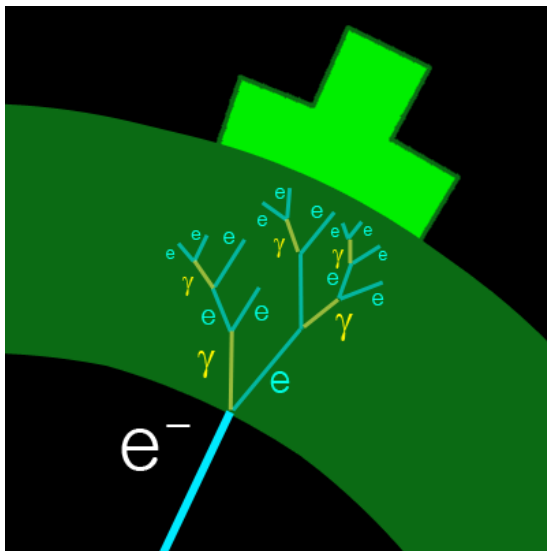
---



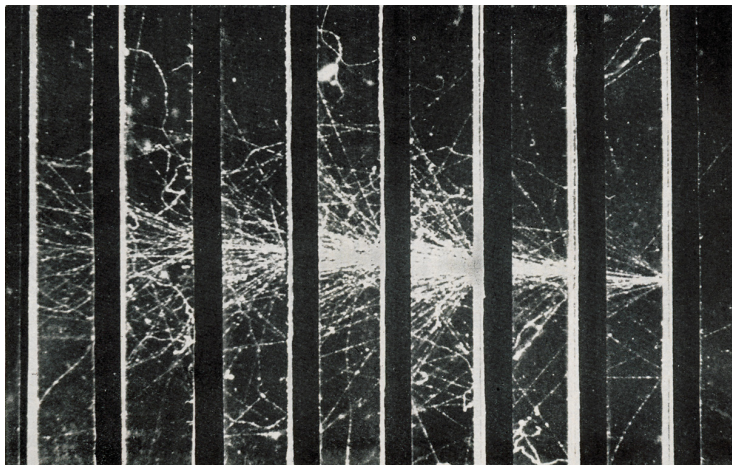
## Comment on mesure l'énergie d'une une particule?



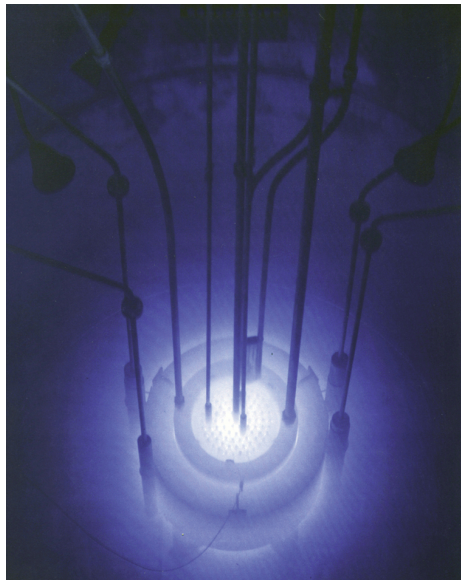
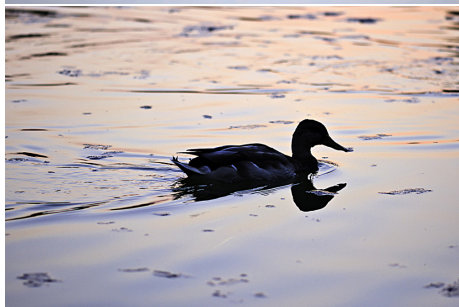
# Comment on mesure l'énergie d'une une particule?



# Comment on mesure l'énergie d'une une particule?

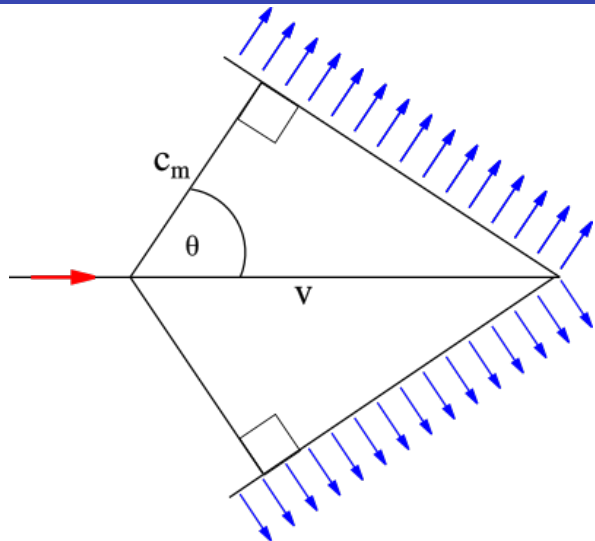


# Comment on connaît l'identité d'une particule?





## Comment on connaît l'identité d'une une particule?

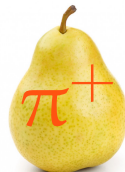
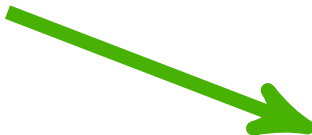
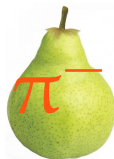
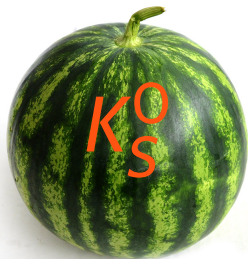


$$\cos \theta = \frac{c_m}{v}$$

Avec l'information sur la quantité de mouvement ça permet de connaître la masse

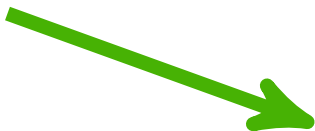
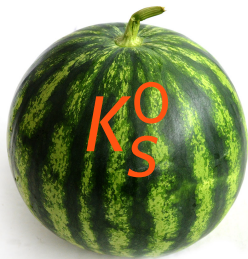
# Désintégration

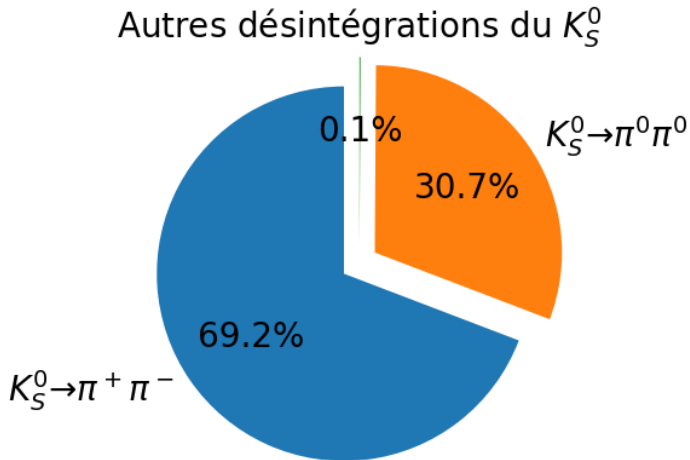
---



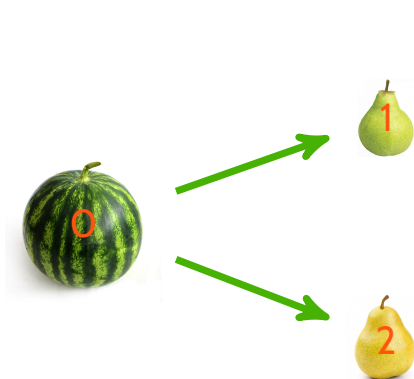
# Désintégration

---





# On peut connaître la masse d'une particule en connaissant l'énergie et la quantité de mouvement de ces produits de désintégration



$$E_0 = m_0 c^2$$

$$E_0^2 = m_0^2 c^4 + \vec{p}^2 c^2$$

$$m_0 = \sqrt{\frac{E_0^2}{c^4} - \frac{\vec{p}_0^2}{c^2}}$$

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

## Comment savoir si un dé est truqué?

---



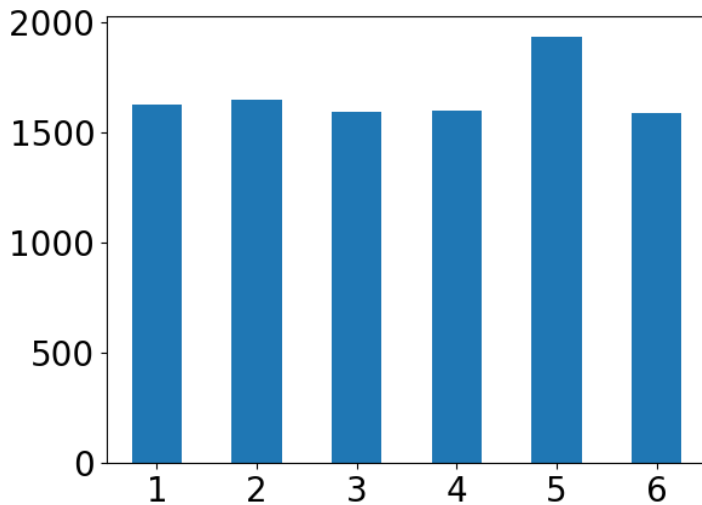
# Comment savoir si un dé est truqué?

---

## Comment savoir si un dé est truqué?

---

$N = 10000$





# Découvrir une nouvelle particule

---