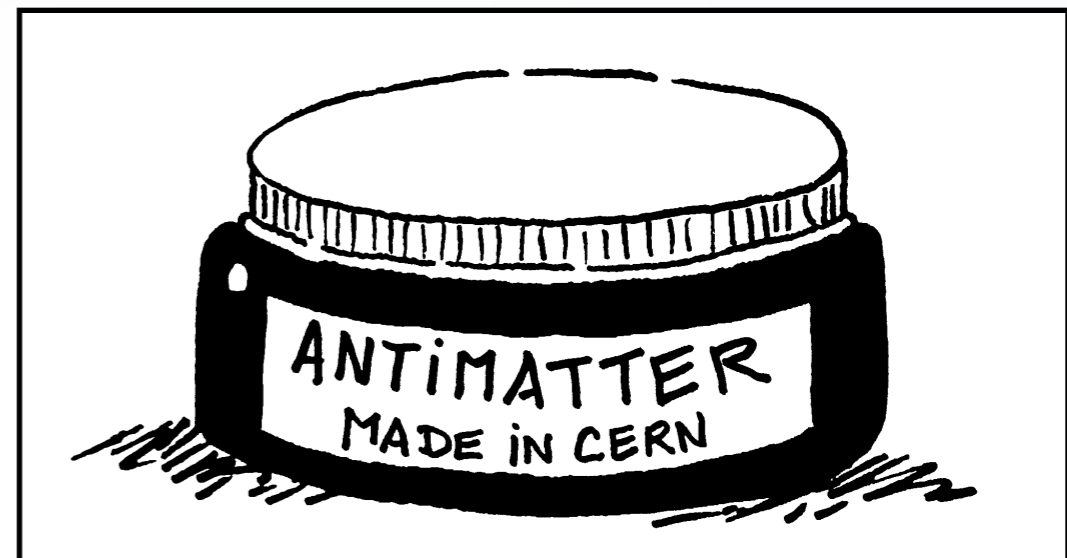





# MATTER Vs. ANTIMATTER

Chloé Malbrunot



# CONTENT

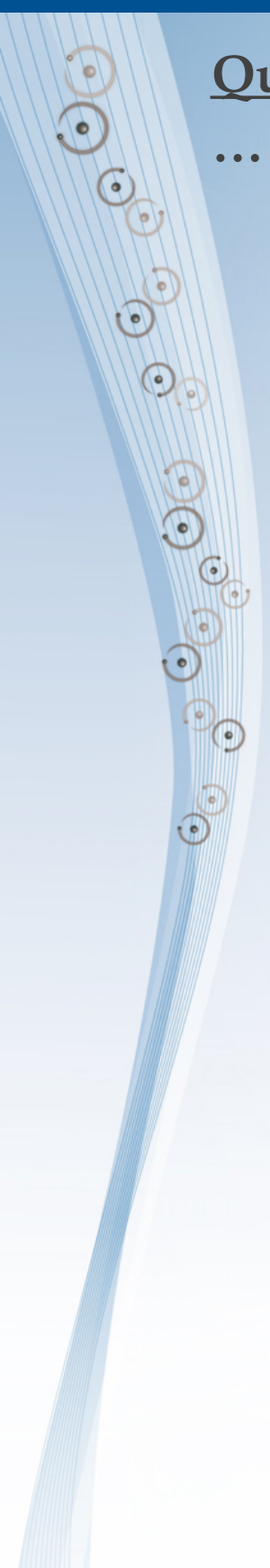
- 
- ➔ **Qu'est ce que l'antimatière?**
  - ➔ **Pourquoi sommes nous intéressés par l'antimatière?**
  - ➔ **Quelques aspects historiques**
  - ➔ **Recherche de l'antimatière primordiale**
  - ➔ **Recherche de différences entre matière et antimatière**
  - ➔ **A quoi peut servir l'antimatière?**

# Qu'est ce que l'antimatière?

# Qu'est ce que l'antimatière?

# Qu'est ce que l'antimatière?

Quote from Angel & Demons (Dan Brown) : "Antimatter creates no pollution or radiation ... is highly unstable [and] ignites when it comes in contact with absolutely anything"



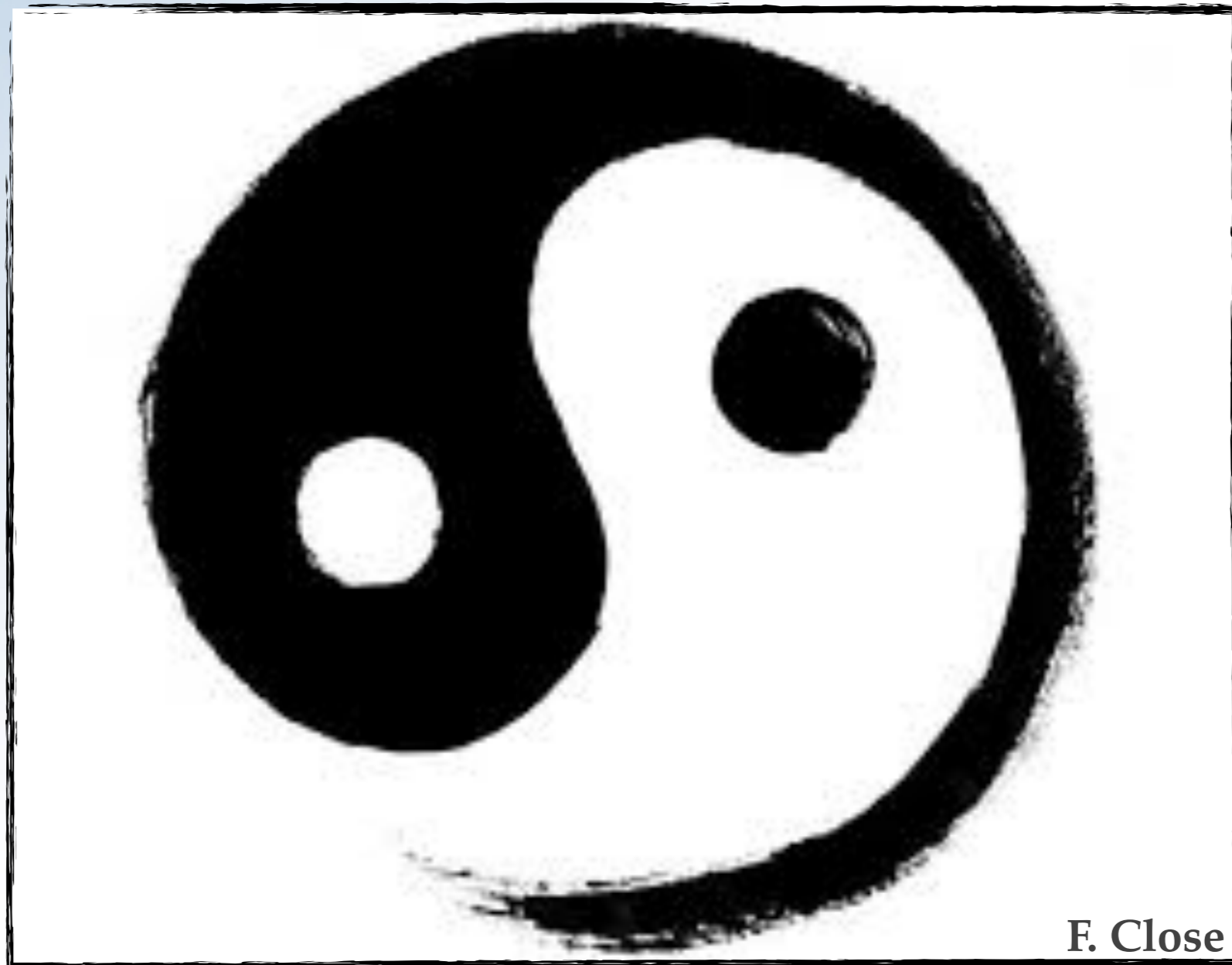
# Qu'est ce que l'antimatière?

Quote from Angel & Demons (Dan Brown) : "Antimatter creates no pollution or radiation ... is highly unstable [and] ignites when it comes in contact with absolutely anything"



# Qu'est ce que l'antimatière?

Quote from Angel & Demons (Dan Brown) : "Antimatter creates no pollution or radiation ... is highly unstable [and] ignites when it comes in contact with absolutely anything"



F. Close

# Qu'est ce que l'antimatière?

Quote from Angel & Demons (Dan Brown) : "Antimatter creates no pollution or radiation ... is highly unstable [and] ignites when it comes in contact with absolutely anything"



F. Close



# Qu'est ce que l'antimatière?



## Quarks

$u$   
up

$c$   
charm

$t$   
top

$d$   
down

$s$   
strange

$b$   
bottom

## Leptons

$\nu_e$   
 $e$  neutrino

$\nu_\mu$   
 $\mu$  neutrino

$\nu_\tau$   
 $\tau$  neutrino

$e$   
electron

$\mu$   
muon

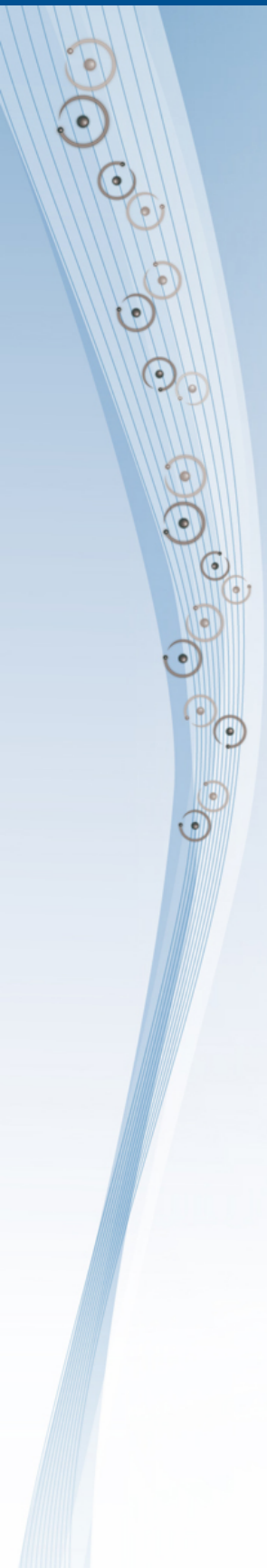
$\tau$   
tau

# Qu'est ce que l'antimatière?

$\bar{t}$ top	$\bar{c}$ charm	$\bar{s}$ qu	Quarks	$u$ up	$c$ charm	$t$ top
$\bar{d}$ bottom	$\bar{s}$ strange	$\bar{b}$ down		$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom
$\bar{\nu}_\tau$ $\tau$ neutrino	$\bar{\nu}_\mu$ $\mu$ neutrino	$\bar{\nu}_e$ e neutrino	Leptons	$\nu_e$ e neutrino	$\nu_\mu$ $\mu$ neutrino	$\nu_\tau$ $\tau$ neutrino
$\tau$ tau	$\mu$ muon	$e$ electron		$e$ electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau

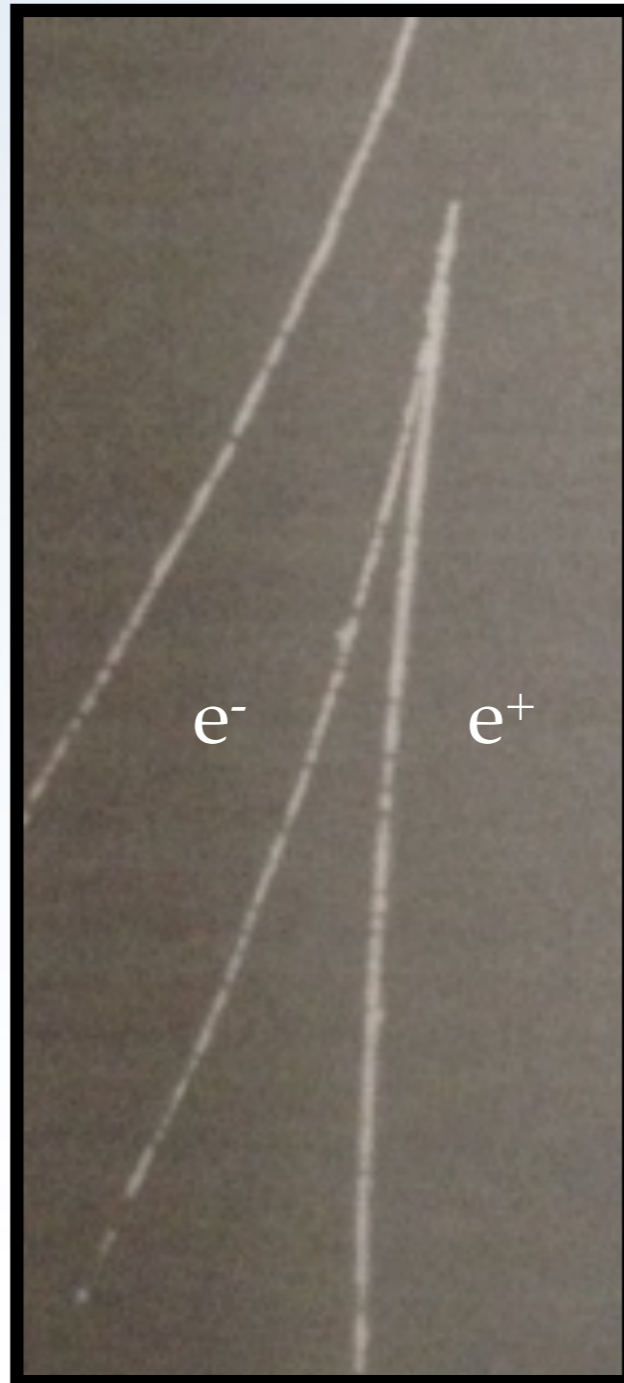
# Qu'est ce que l'antimatière?

$$E = mc^2$$

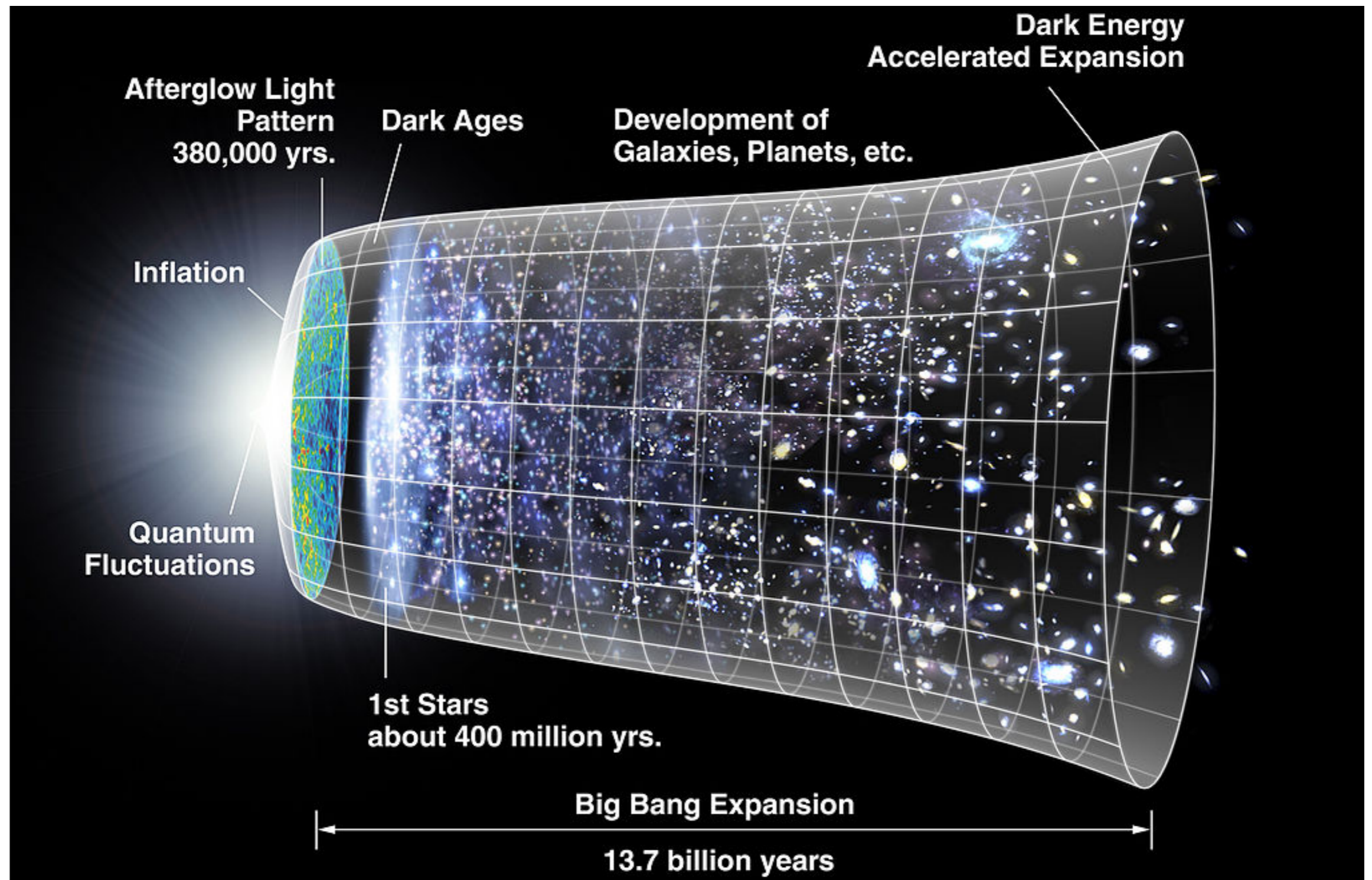


# Qu'est ce que l'antimatière?

$$E = mc^2$$



# Pourquoi sommes nous intéressés par l'antimatière?



# Pourquoi sommes nous intéressés par l'antimatière?

Quelle est l'origine de l'asymétrie observée dans l'Univers entre la matière et l'antimatière

**MATTER**

10 000 000 001

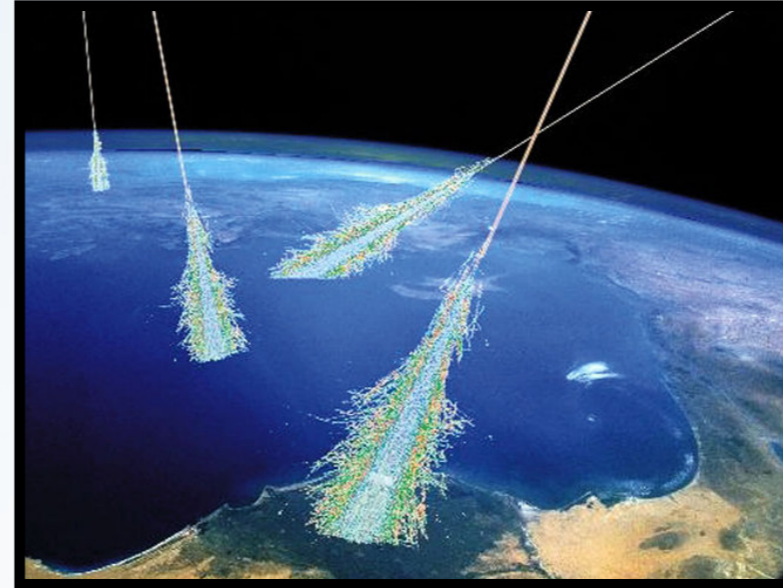
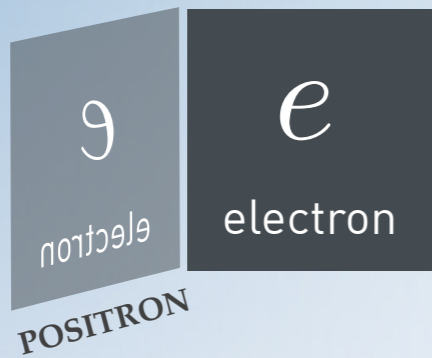
**ANTIMATTER**

10 000 000 000



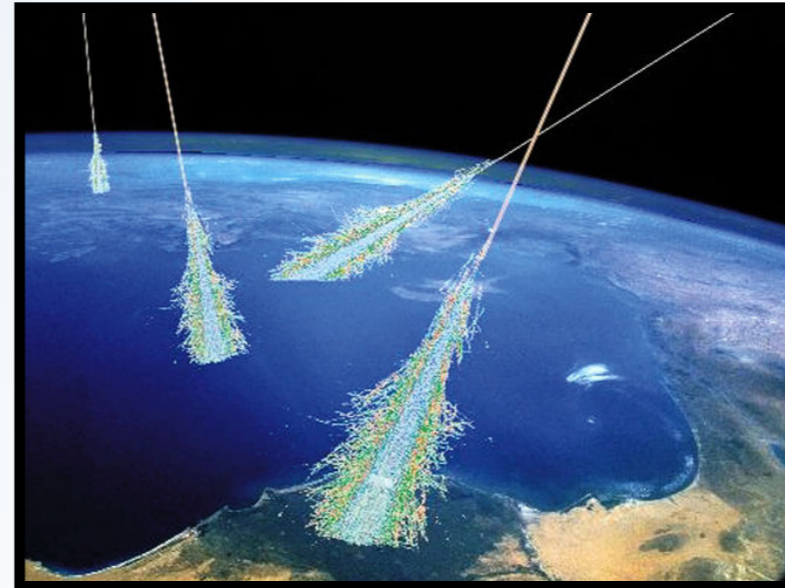
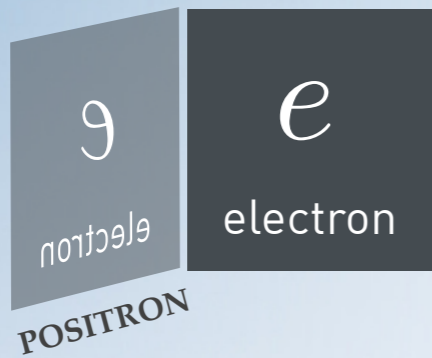
# Quelques aspects historiques

1932 : Discovery of the positron (Nobel Prize shared with V. Hess in 1936)



# Quelques aspects historiques

1932 : Discovery of the positron (Nobel Prize shared with V. Hess in 1936)



C. Anderson

Chambre à brouillard détectant les rayons cosmiques



© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.  
Commercial use or modification of this material is prohibited.

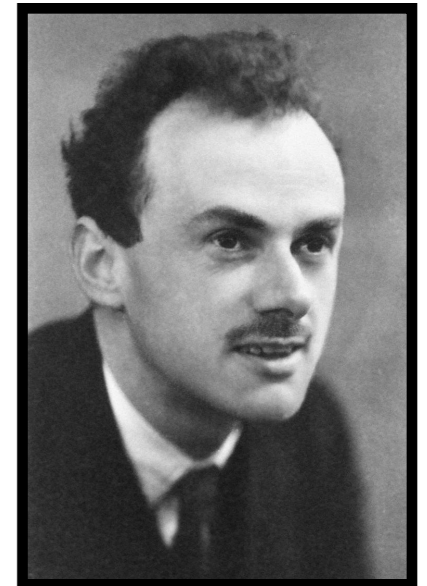
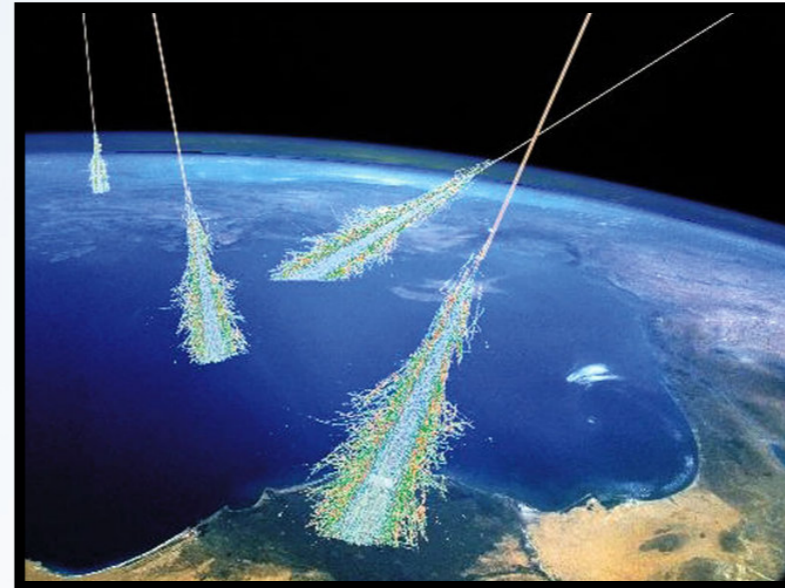
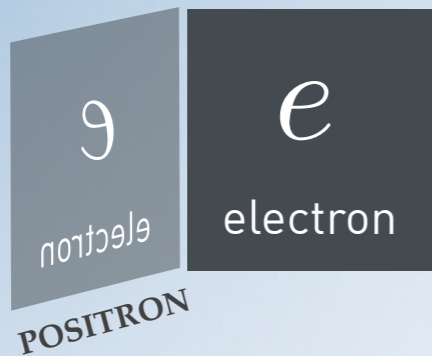


© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.  
Commercial use or modification of this material is prohibited.



# Quelques aspects historiques

1932 : Discovery of the positron (Nobel Prize shared with V. Hess in 1936)



C. Anderson

Chambre à brouillard détectant les rayons cosmiques



© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.  
Commercial use or modification of this material is prohibited.

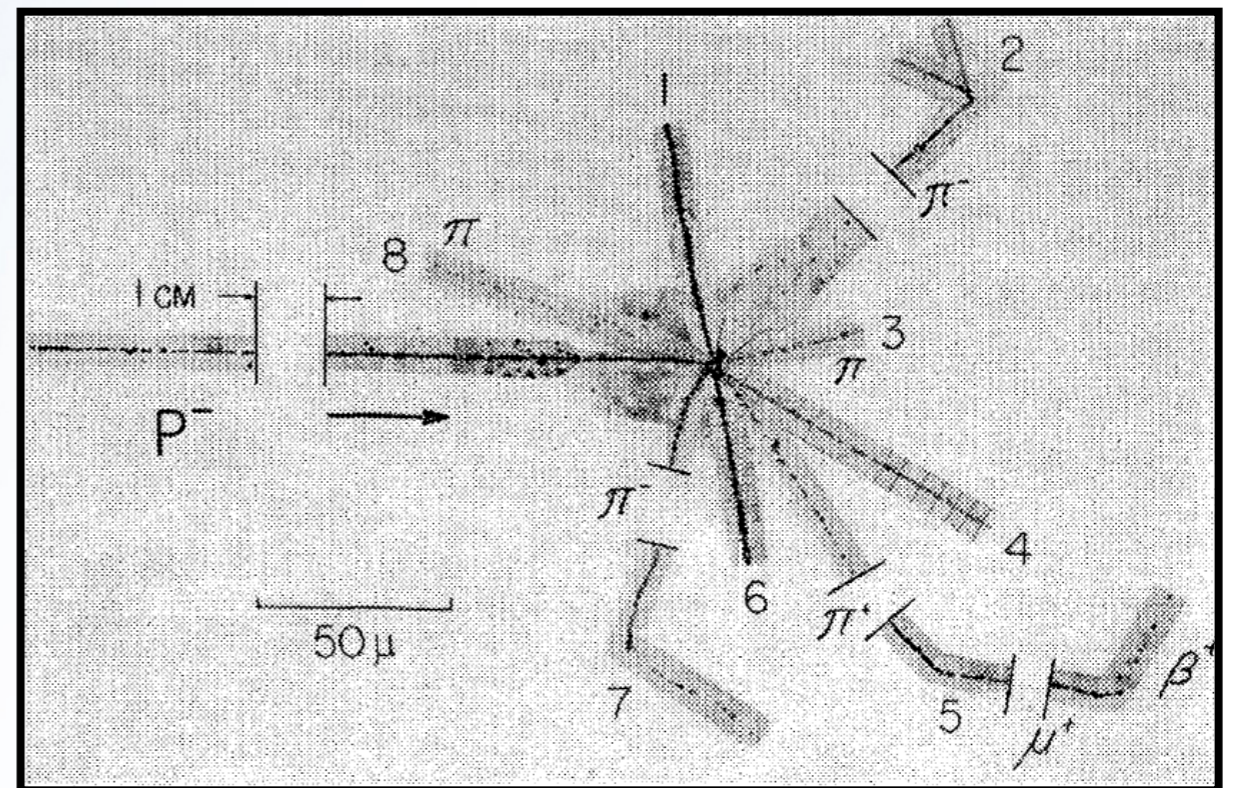
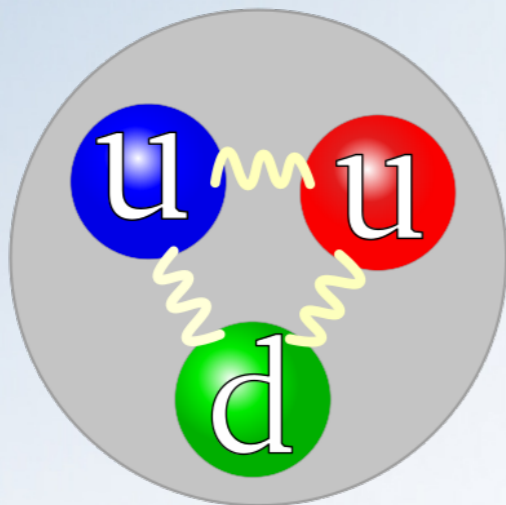
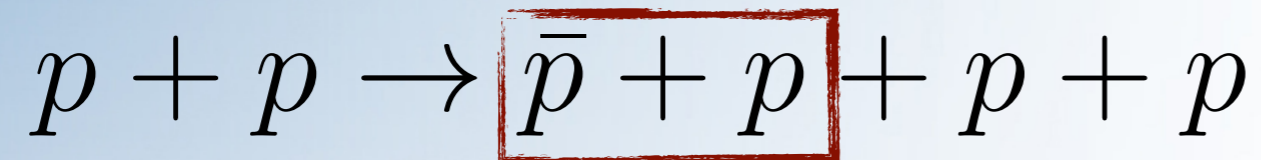


© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.  
Commercial use or modification of this material is prohibited.

# Quelques aspects historiques

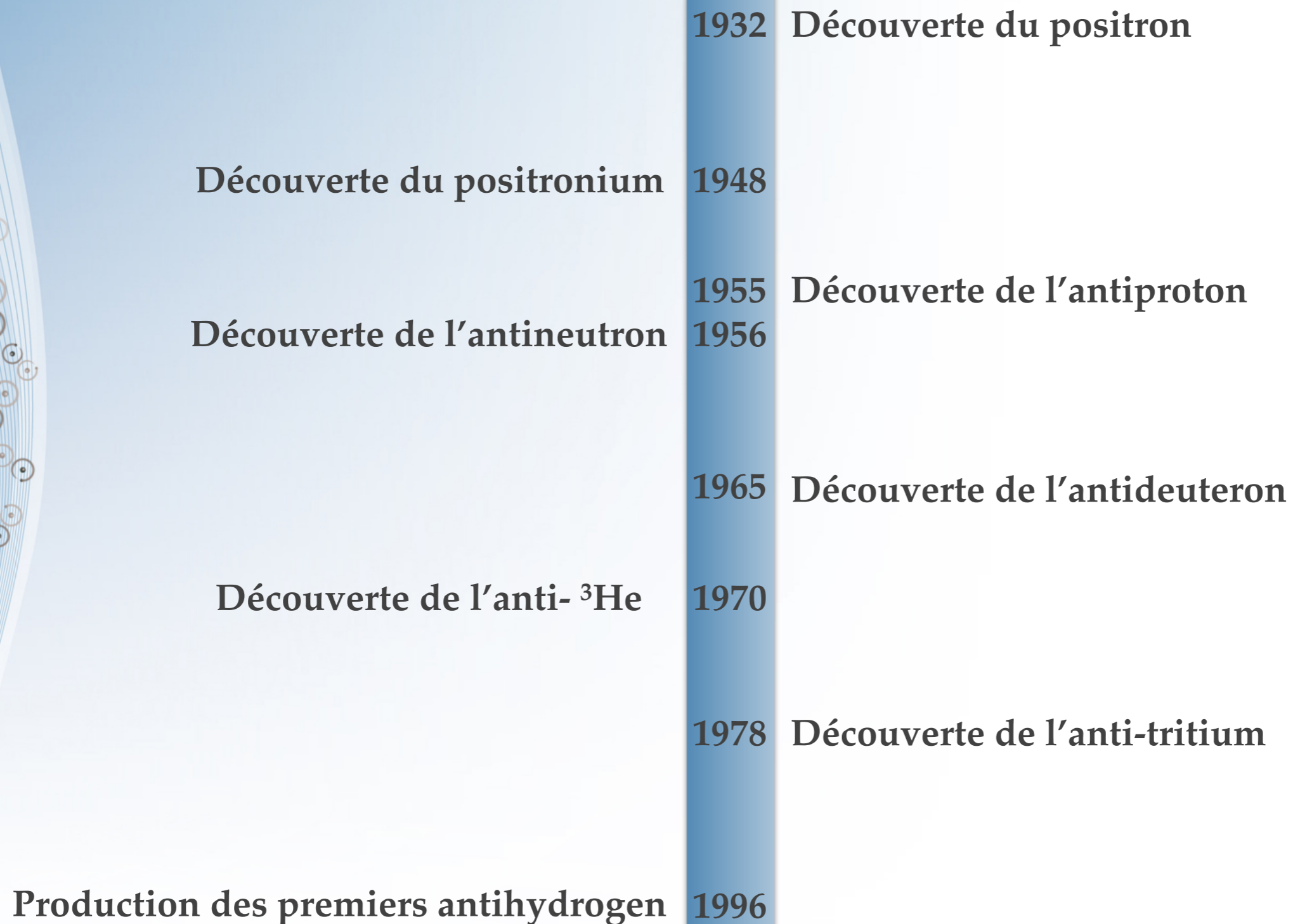
1955 : découverte de l'antiproton (Prix Prize pour Chamberlain & Segré en 1959)

Découverte au Bevatron



Annihilation d'un antiproton  $\rightarrow$  preuve du caractère "antimatière"

# Quelques aspects historiques



	1932	Découverte du positron
Découverte du positronium	1948	
	1955	Découverte de l'antiproton
Découverte de l'antineutron	1956	
	1965	Découverte de l'antideuteron
Découverte de l'anti- $^3\text{He}$	1970	
	1978	Découverte de l'anti-tritium
Production des premiers antihydrogen	1996	

# Reste t'il de l'antimatière dans l'univers?

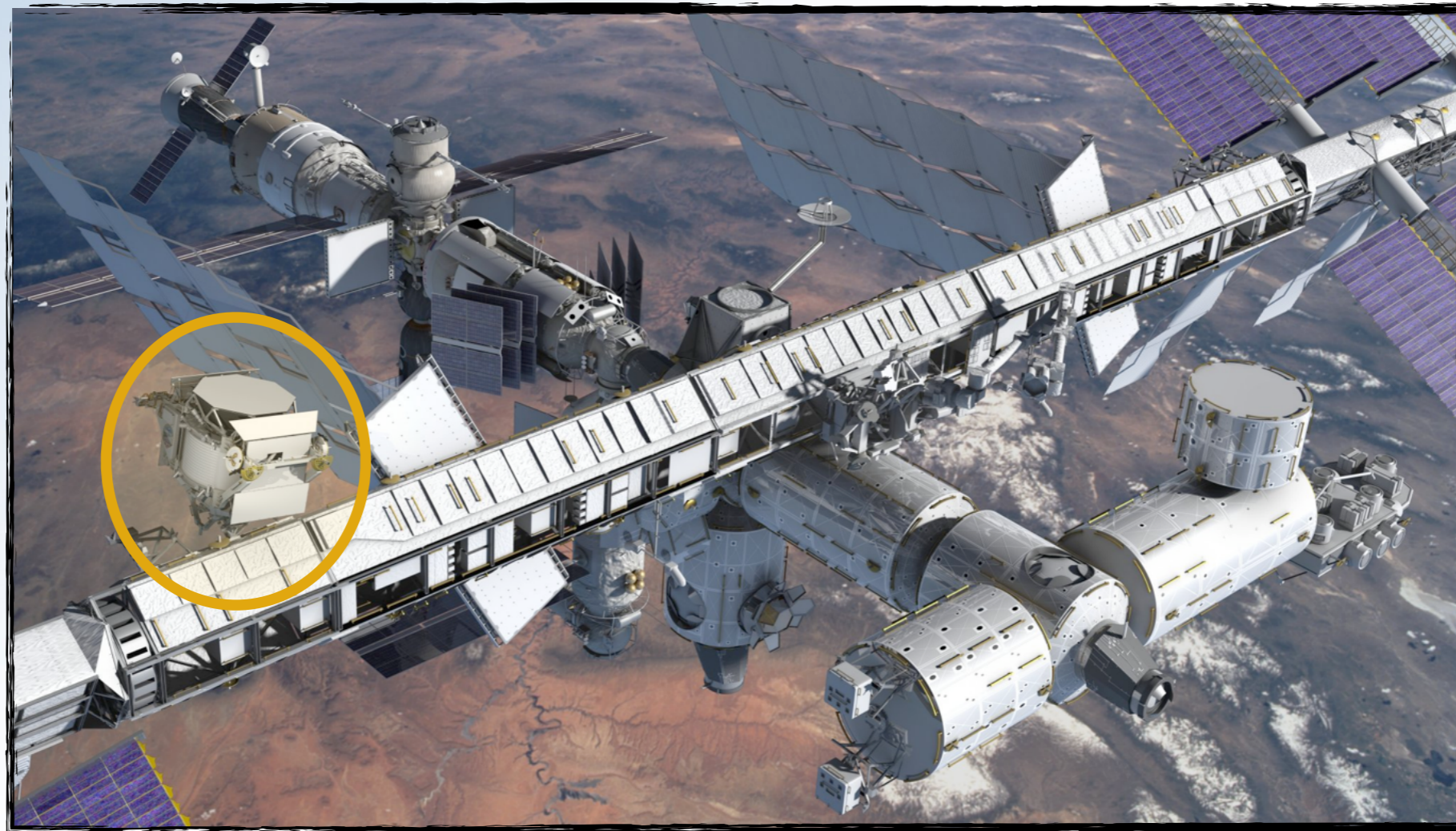
## Balloon experiments



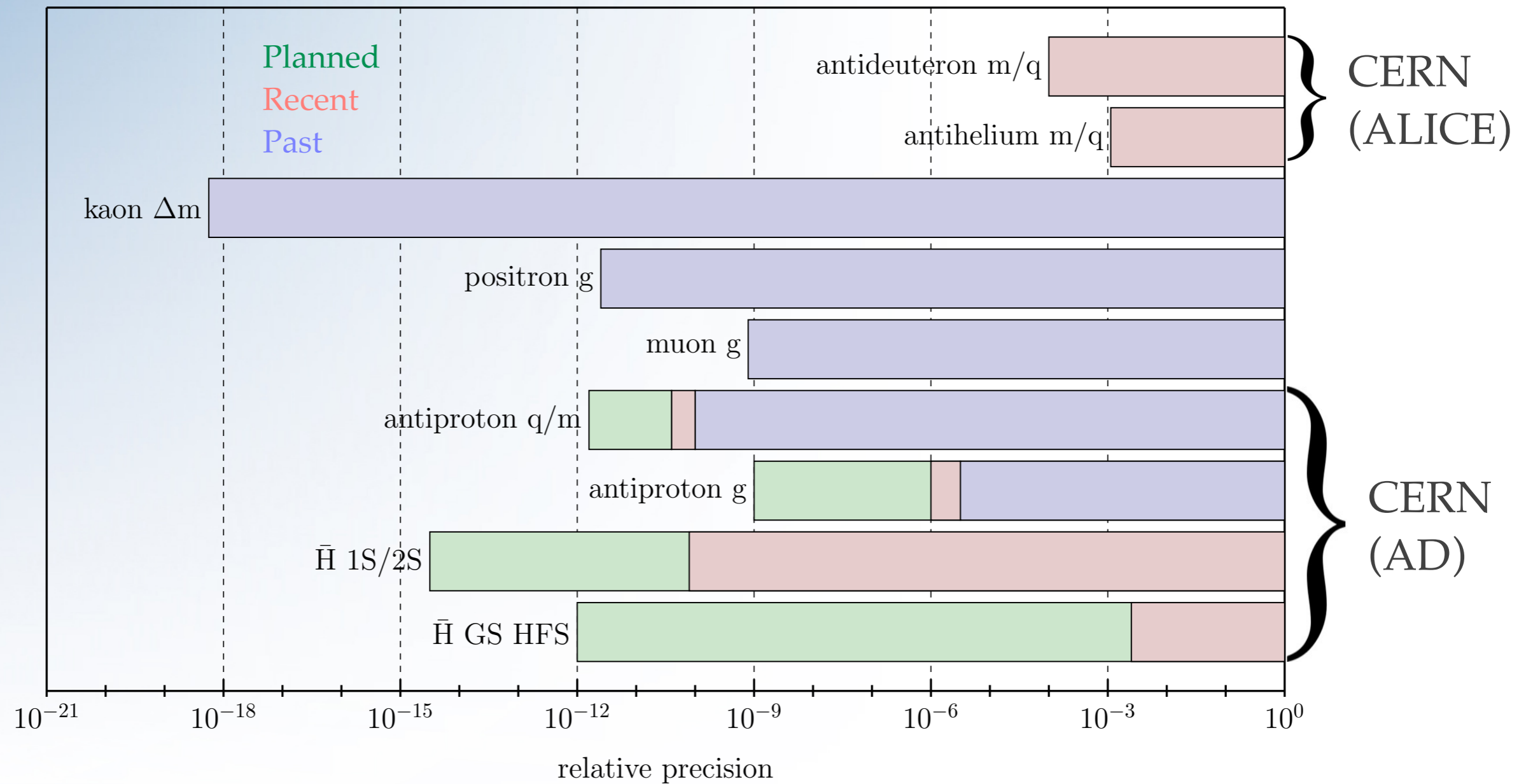
# Reste t'il de l'antimatière dans l'univers?

## Expérience dans l'espace

PAMELA (satellite), AMS (space station)

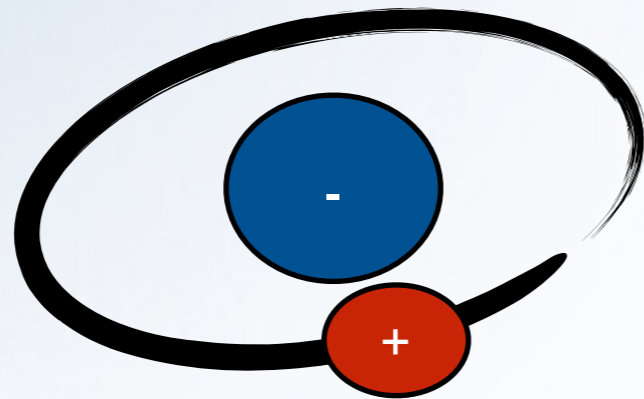


# Recherche des différences entre matière et antimatière

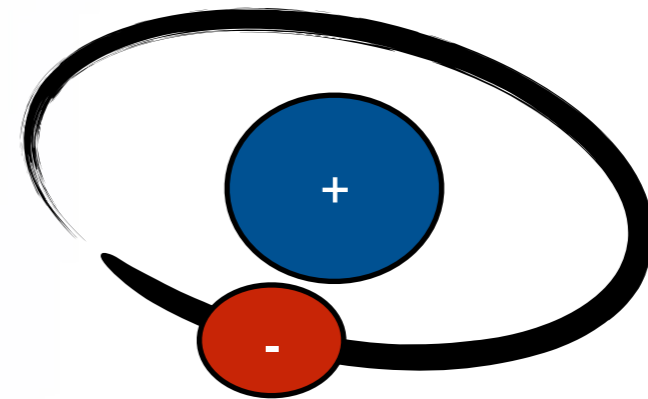


# Recherche des différences entre matière et antimatière

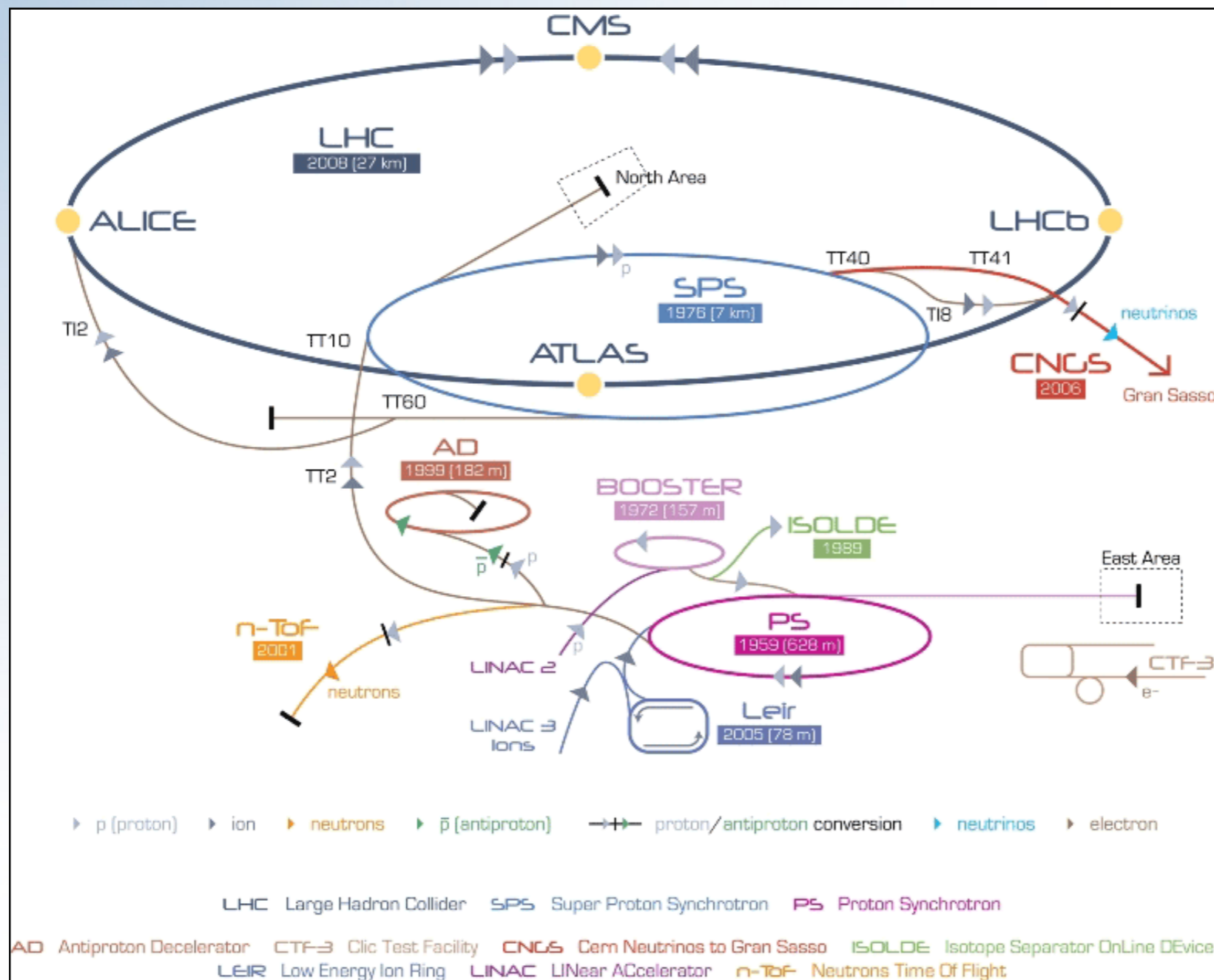
ANTIHYDROGÈNE



HYDROGÈNE

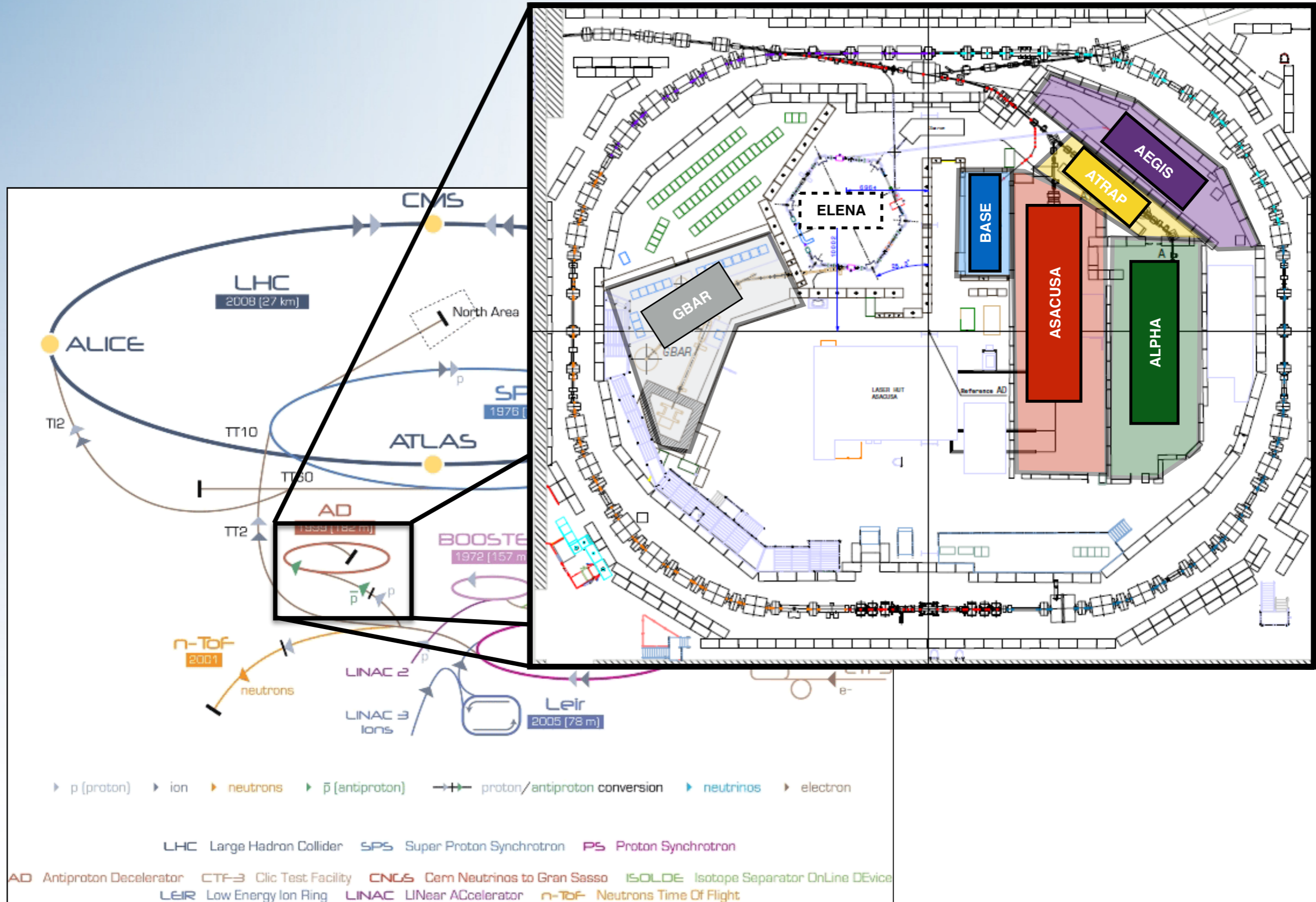


# Recherche des différences entre matière et antimatière

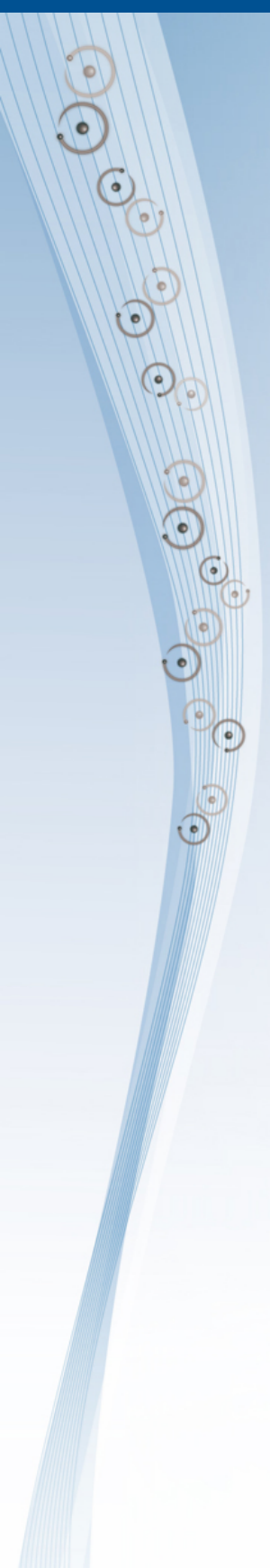




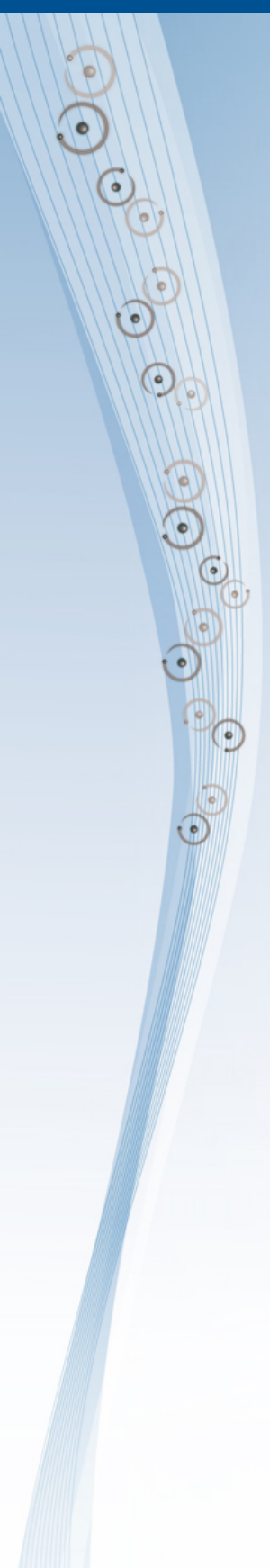
# Recherche des différences entre matière et antimatière



# Recherche des différences entre matière et antimatière

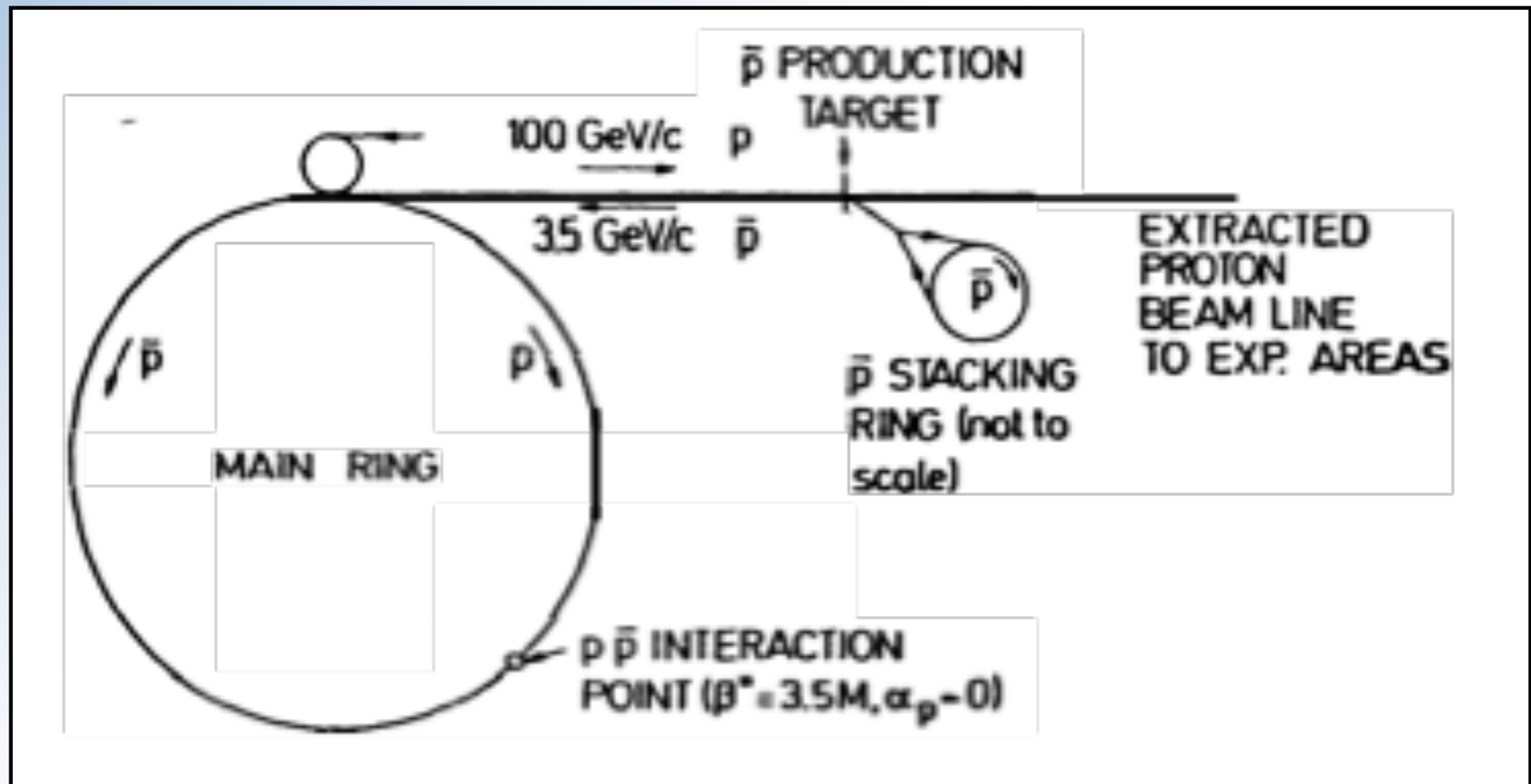


# Recherche des différences entre matière et antimatière



# A quoi peut servir l'antimatière?

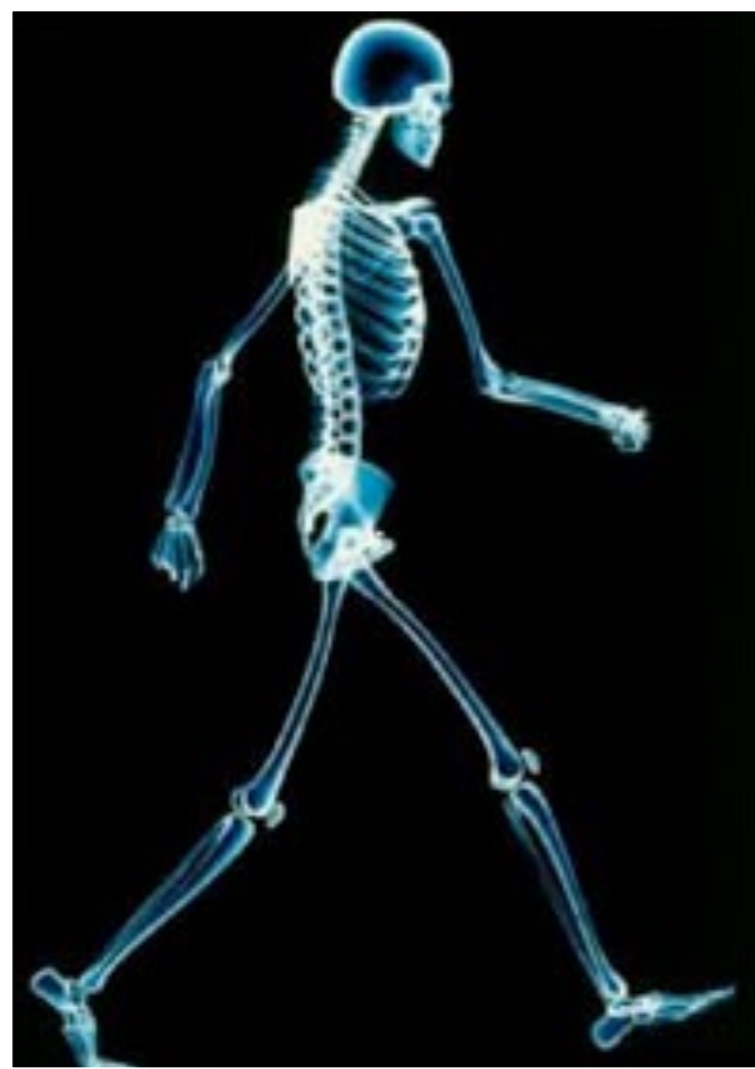
Outils pour la recherche fondamentale:  
Antimatière dans les collisionneurs



SppS, Tevatron

Découverte du W, Z, top quark

# A quoi peut servir l'antimatière?



Votre corps produit de l'antimatière

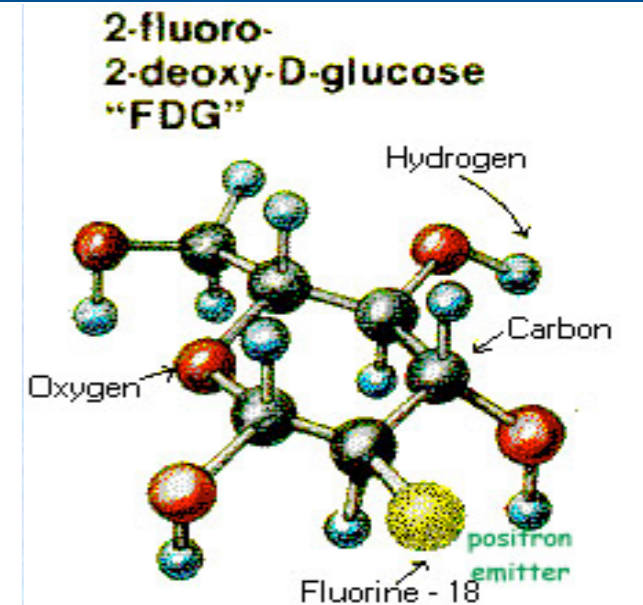
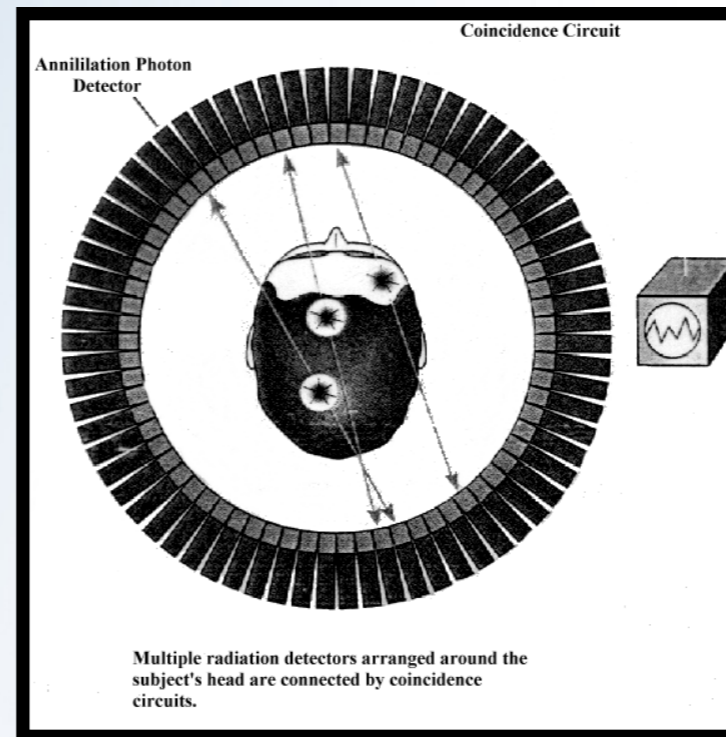
Le corps d'un individu de 80 kg produit 180 positons par heure! Ceux-ci proviennent principalement de la désintégration du potassium-40, un isotope naturel qui est absorbé par l'eau potable, en mangeant et en respirant.



10 e+/s !

# A quoi peut servir l'antimatière?

Application médicale : PET  
(Positron Emission  
Tomography)

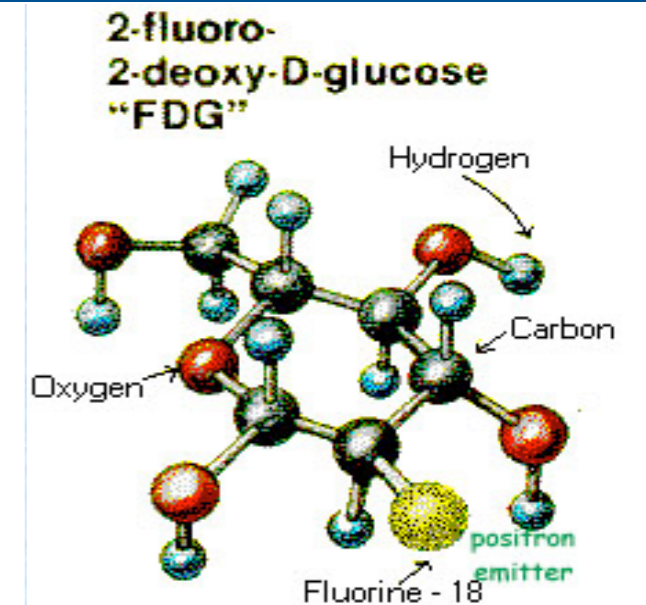
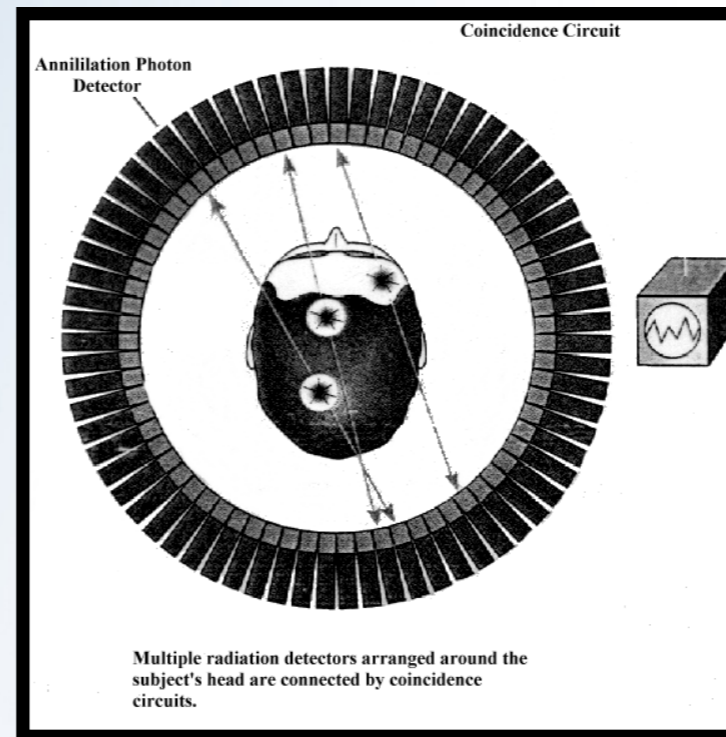


e<sup>+</sup> emitting  
isotope  
(C-11, N-13, O-15)

(Lifetimes ~ few to 100 minutes)

# A quoi peut servir l'antimatière?

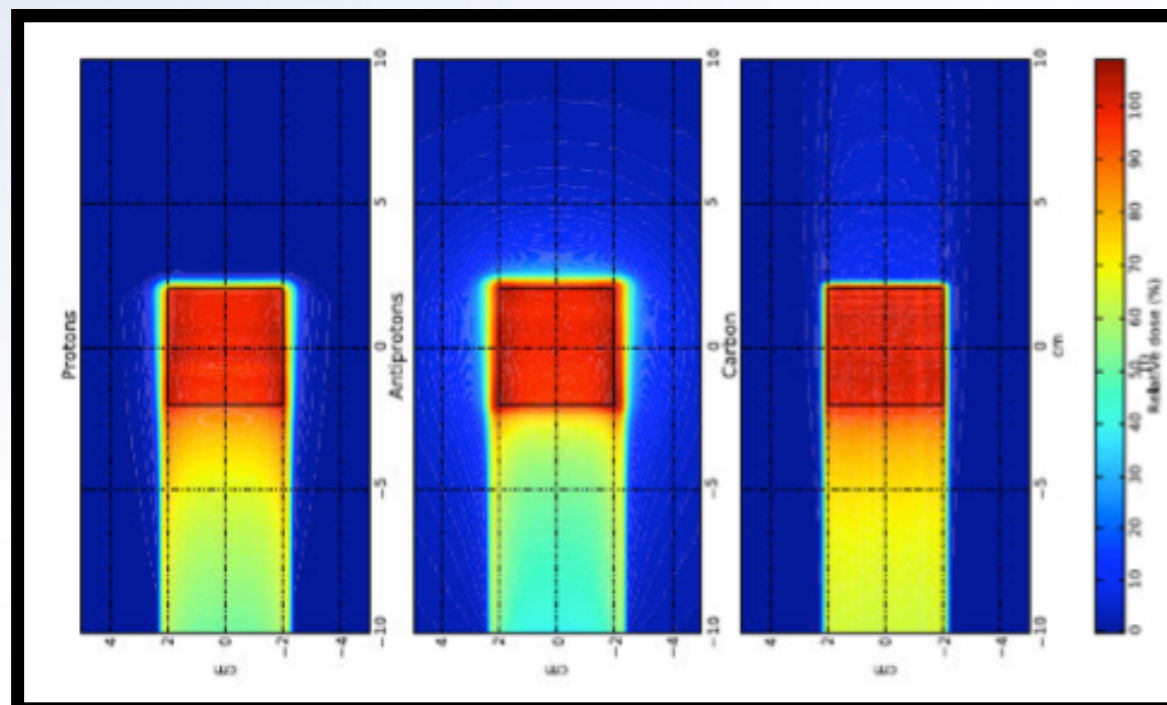
Application médicale : PET  
(Positron Emission  
Tomography)



e+ emitting  
isotope  
(C-11, N-13, O-15)

Thérapie utilisant des antiprotons?

(Lifetimes ~ few to 100 minutes)



# A quoi peut servir l'antimatière?

Un carburant?



C'est le carburant le plus puissant que l'on puisse imaginer.

1g d'antimatière serait assez pour

- qu'une voiture fasse ~1000 fois le tour de la terre
- envoyer un space shuttle en orbite

**MAIS ....**



# A quoi peut servir l'antimatière?

1g d'antimatter contient 90 TJ (~21kT of TNT)

1g of  $\bar{p}$  ~  $6 \times 10^{23}$

CERN produit  $3 \times 10^7$   $\bar{p}$ /cycle ~  $10^{15}$   $\bar{p}$ /yr

# A quoi peut servir l'antimatière?

1g d'antimatter contient 90 TJ (~21kT of TNT)

1g of  $\bar{p}$  ~  $6 \times 10^{23}$

CERN produit  $3 \times 10^7$   $\bar{p}$ /cycle ~  $10^{15}$   $\bar{p}$ /yr

~ 1 milliard d'années pour produire 1g (sans parler de les piéger!)

# A quoi peut servir l'antimatière?

1g d'antimatter contient 90 TJ (~21kT of TNT)

1g of  $\bar{p}$  ~  $6 \times 10^{23}$

CERN produit  $3 \times 10^7$   $\bar{p}$ /cycle ~  $10^{15}$   $\bar{p}$ /yr

~ 1 milliard d'années pour produire 1g (sans parler de les piéger!)

Rendement énergétique ~  $10^{-9}$

Besoin de  $\sim 9 \times 10^{22}$  J

Prix de l'électricité au CERN 1kWh =  $3.6 \times 10^6$  J = 0.1€

# A quoi peut servir l'antimatière?

1g d'antimatter contient 90 TJ ( $\sim 21\text{kT}$  of TNT)

1g of  $\bar{p}$   $\sim 6 \times 10^{23}$

CERN produit  $3 \times 10^7$   $\bar{p}$ /cycle  $\sim 10^{15}$   $\bar{p}$ /yr

$\sim$  1 milliard d'années pour produire 1g (sans parler de les piéger!)

Rendement énergétique  $\sim 10^{-9}$

Besoin de  $\sim 9 \times 10^{22}$  J

Prix de l'électricité au CERN 1kWh =  $3.6 \times 10^6$  J = 0.1€

**2 000 000 000 000 000 €**

# A quoi peut servir l'antimatière?

1g d'antimatter contient 90 TJ (~21kT of TNT)

1g of  $\bar{p}$  ~  $6 \times 10^{23}$

CERN produit  $3 \times 10^7$   $\bar{p}$ /cycle ~  $10^{15}$   $\bar{p}$ /yr

~ 1 milliard d'années pour produire 1g (sans parler de les piéger!)

Rendement énergétique ~  $10^{-9}$

Besoin de  $\sim 9 \times 10^{22}$  J

Prix de l'électricité au CERN 1kWh =  $3.6 \times 10^6$  J = 0.1€

**2 000 000 000 000 000 €**

La totalité des  $\bar{p}$  produits pendant une année au  
CERN illuminerait une lampe pour 5s

**Enjoy your internship!**

