

Saisir l'Antimatière

Pauline Comini
CEA – Département de physique des particules



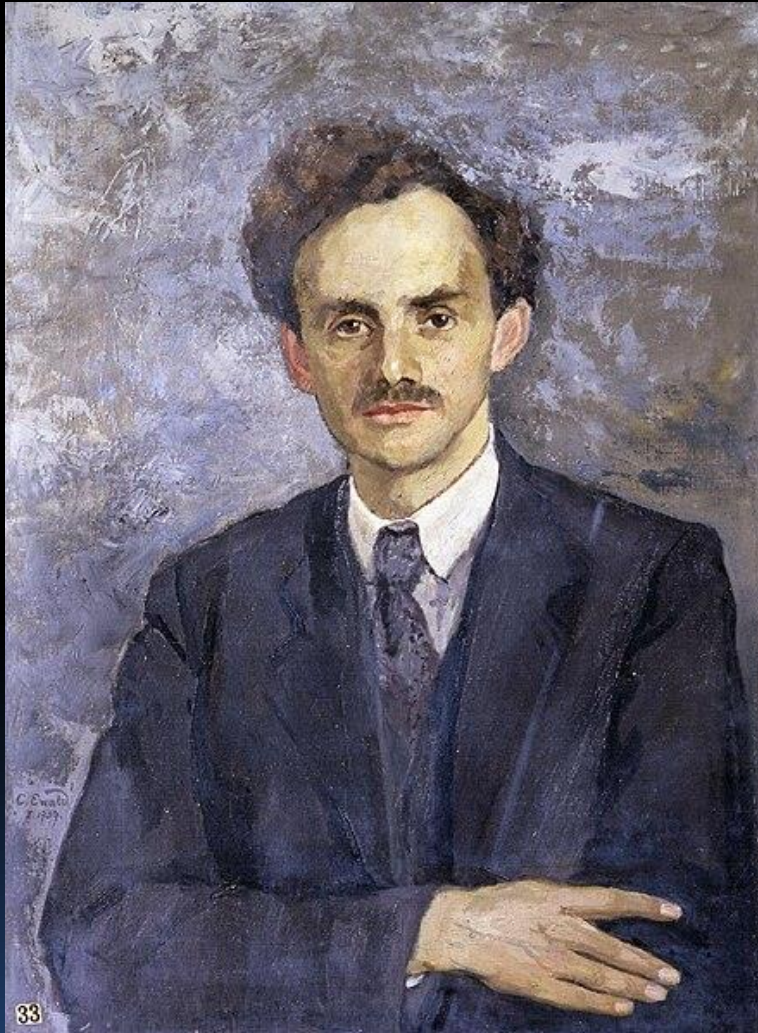
@gbar_experiment



En partenariat avec



cité
sciences
et industrie **conférences**



Paul Dirac, par Clara Ewald (1939)

1928 :

« Mon équation géniale
est cassée ! »

Citation non vérifiée de Paul Dirac.

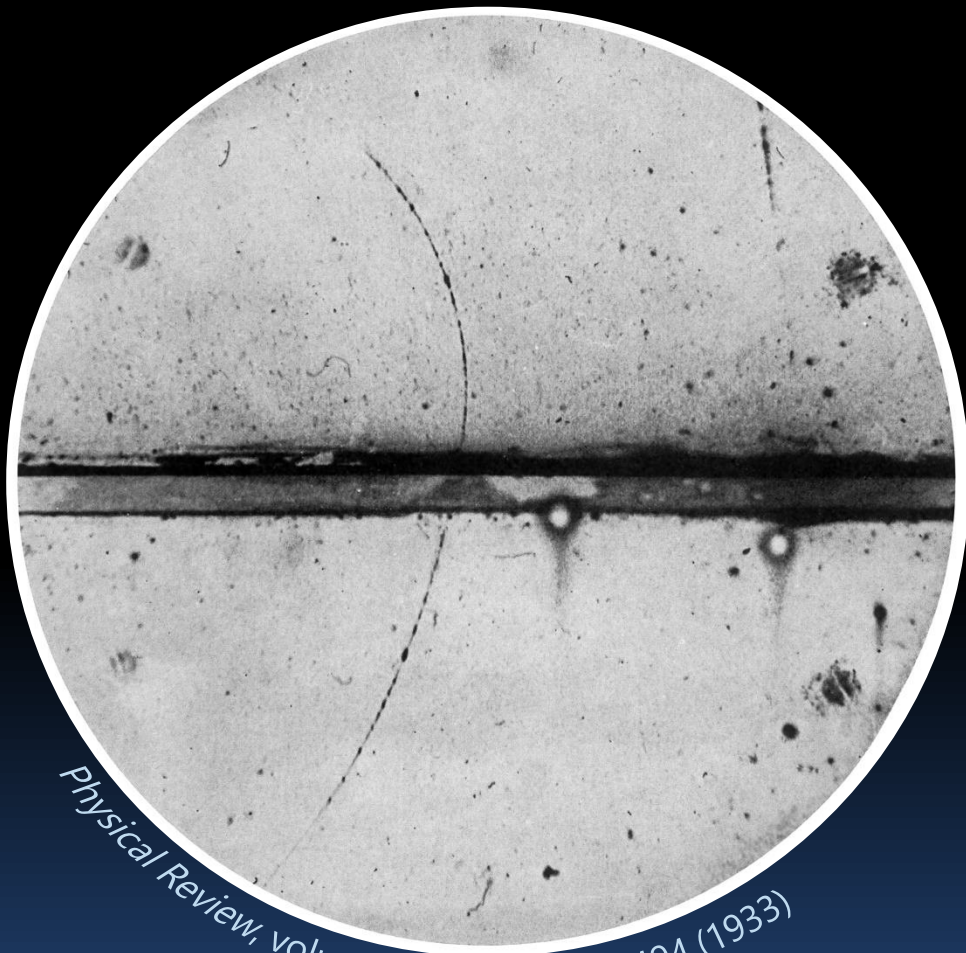
Des électrons d'énergie négative ?
Aucun sens physique !

A moins que...

En partenariat avec



cité
sciences
et industrie **conférences**



Physical Review, volume 43, pages 491-494 (1933)

1932 :

Premier portrait d'un électron positif

Découverte de Carl Anderson

En partenariat avec



Matière ordinaire

Electron

e^{-}

Neutrino
(postulé)

ν

Proton

p

Neutron

n

Photon

γ

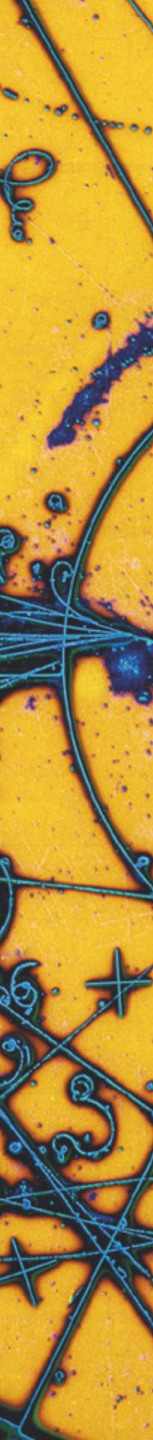
Antimatière

Electron
positif

e^{+}

Proton
négatif

p^{-}



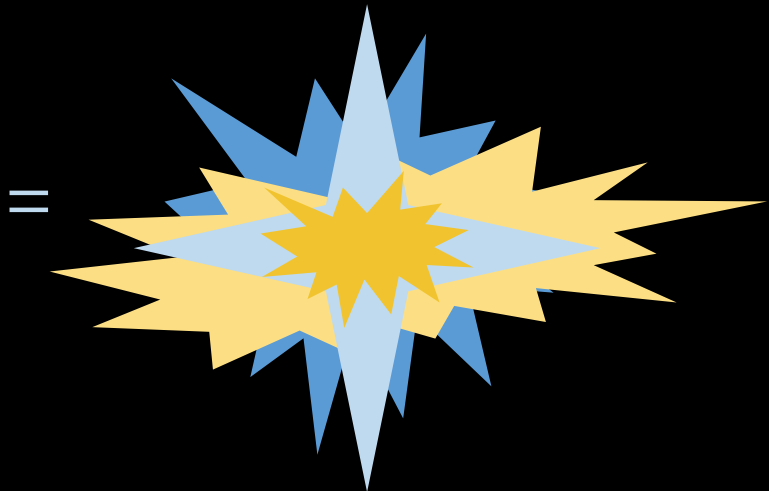
"If we accept the view of **complete symmetry** between positive and negative electric charge [...], we must regard it rather as an accident that the Earth (and presumably the whole solar system), contains a predominance of electrons and positive protons. It is quite possible that for some of the stars it is the other way about, these stars being built up mainly of positrons and negative protons. In fact, **there may be half the stars of each kind.** The two kinds of stars would both show exactly the **same spectra**, and there would be **no way of distinguishing them** by present astronomical methods."

(Vraie) citation de Paul Dirac – Discours Nobel 1933

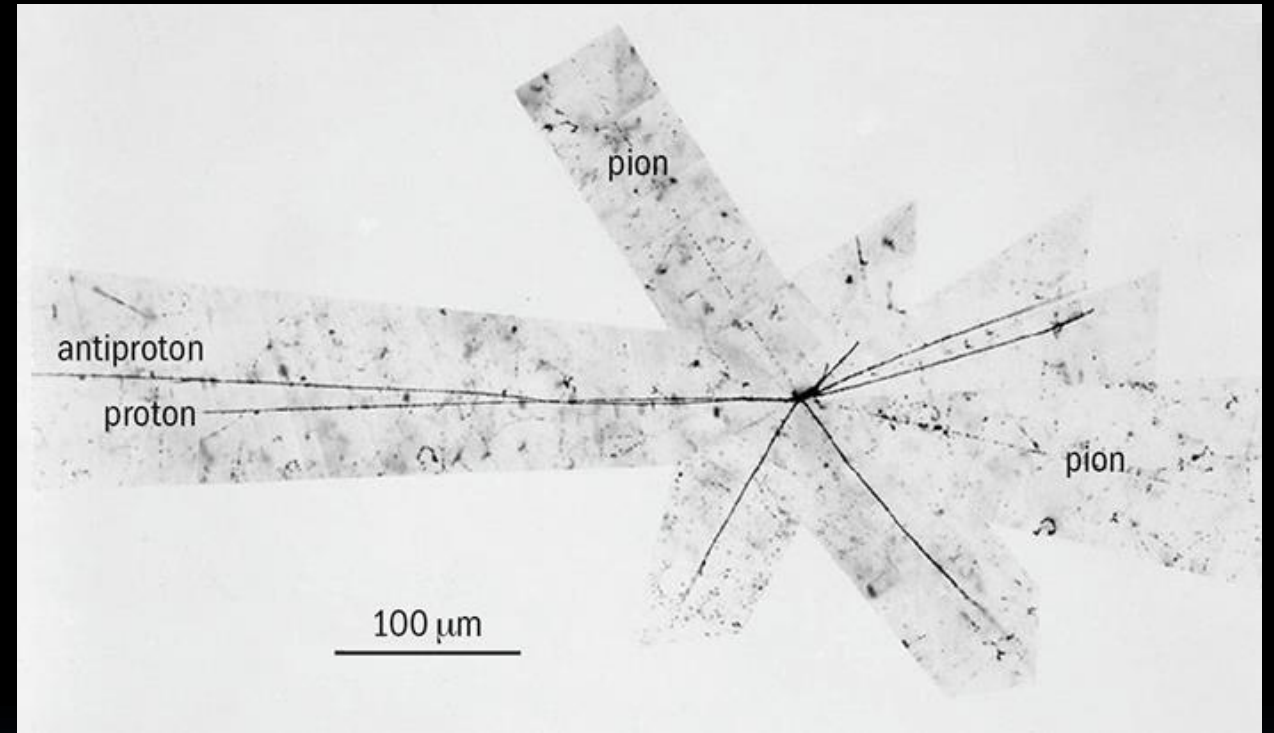
En partenariat avec



Particule + Antiparticule



Annihilation



Adapté de l'image d'origine : *Nuovo Cimento*, volume 3, pages 447-467 (1956)

Pas de gisement d'antimatière à proximité de la Terre
...ni du système solaire

...

En partenariat avec



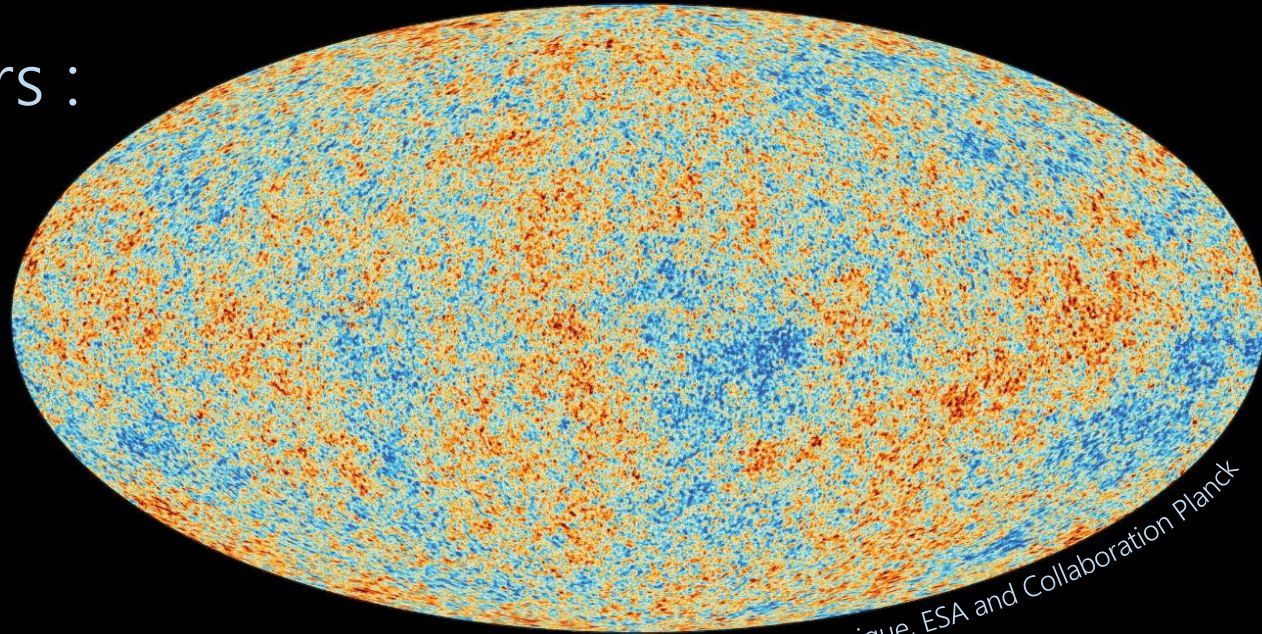
Traces d'annihilations
dans le passé lointain de l'Univers :

Presqu'autant
de matière que d'antimatière.

Excès de matière:

1 particule de matière en plus **par milliard** de (anti)particules

Tout l'Univers observable !



Le Fond Diffus Cosmologique, ESA and Collaboration Planck



En partenariat avec



cité
sciences
et industrie **conférences**

Pour étudier l'antimatière, il faut d'abord la **créer**.

Phénomènes naturels : radioactivité, collisions de rayons cosmiques
ou **accélérateurs de particules !**

Le CERN,
éleveur d'antiprotons
depuis 1980.

CERN
Antiproton Accumulator



En partenariat avec



Nouveau type de machine au CERN : des **décélérateurs** !

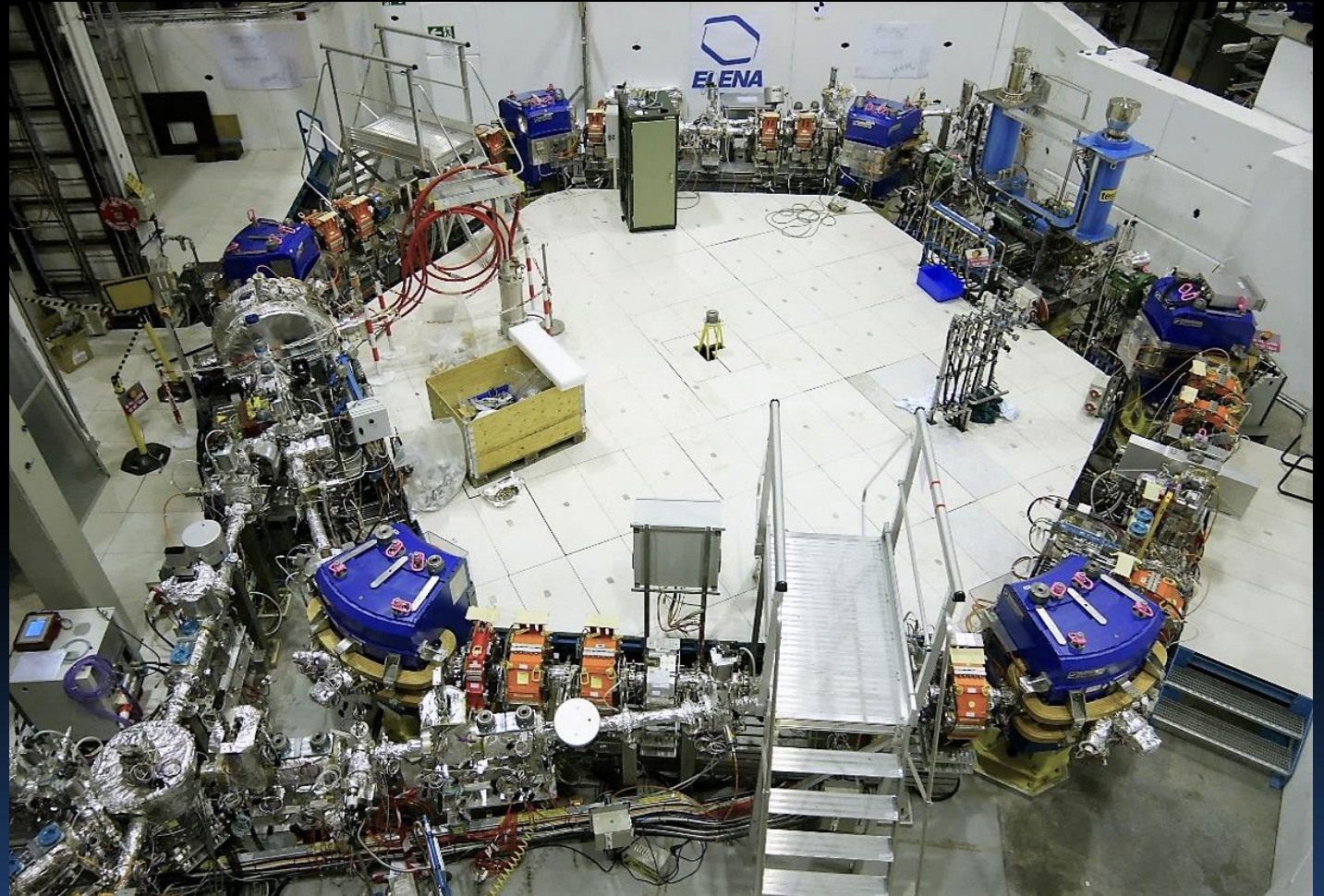
AD
+ **ELENA**

40 millions antiprotons
toutes les 2 minutes

~0,01 nano gramme / an

Ralentis à... **1 % de la vitesse
de la lumière** !

Capture possible
à ~1000 km / s.



En partenariat avec

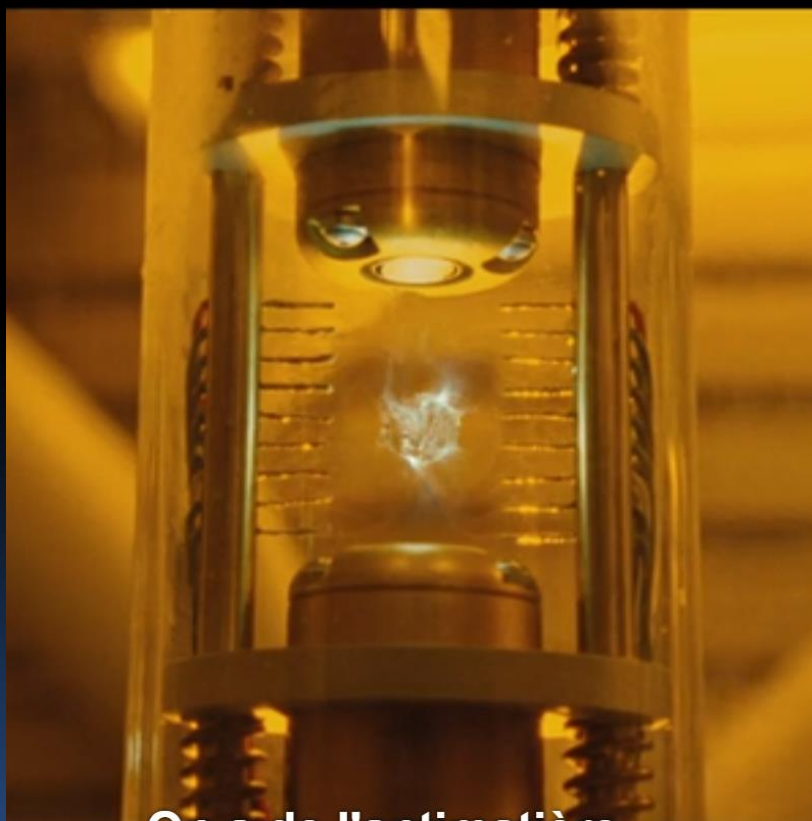


cité
sciences
et industrie **conférences**

Pièges à antimatière Hollywood vs.

Réalité

Anges et Démons (2009)



On a de l'antimatière.



Du vide



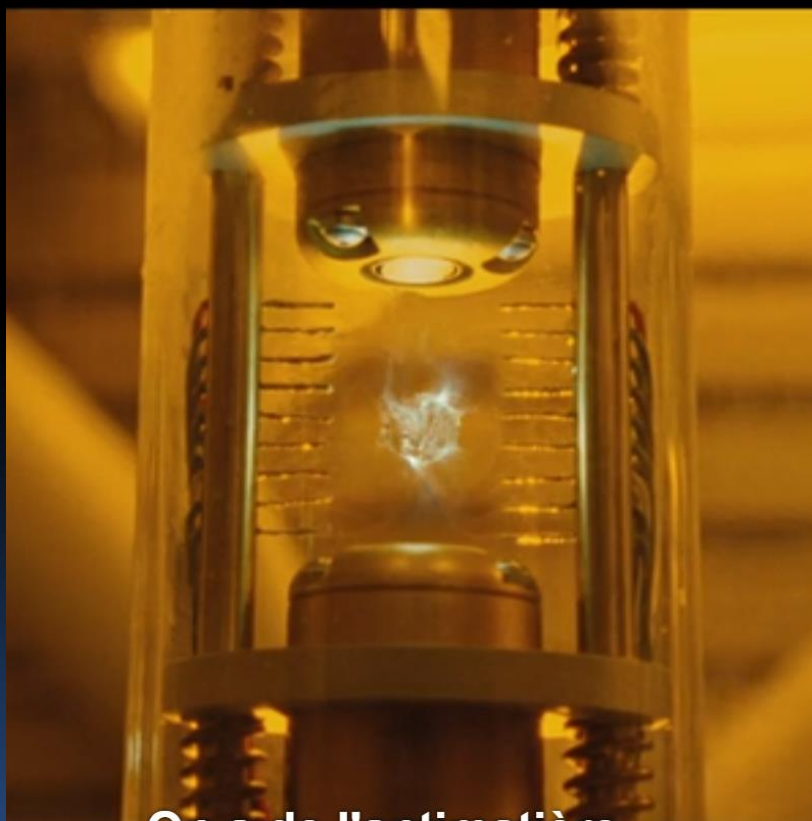
Des électrodes



Pièges à antimatière Hollywood vs.

Réalité

Anges et Démons (2009)



On a de l'antimatière.

- ☑ Du vide
- ☑ Des électrodes
- ✗ Un gros aimant



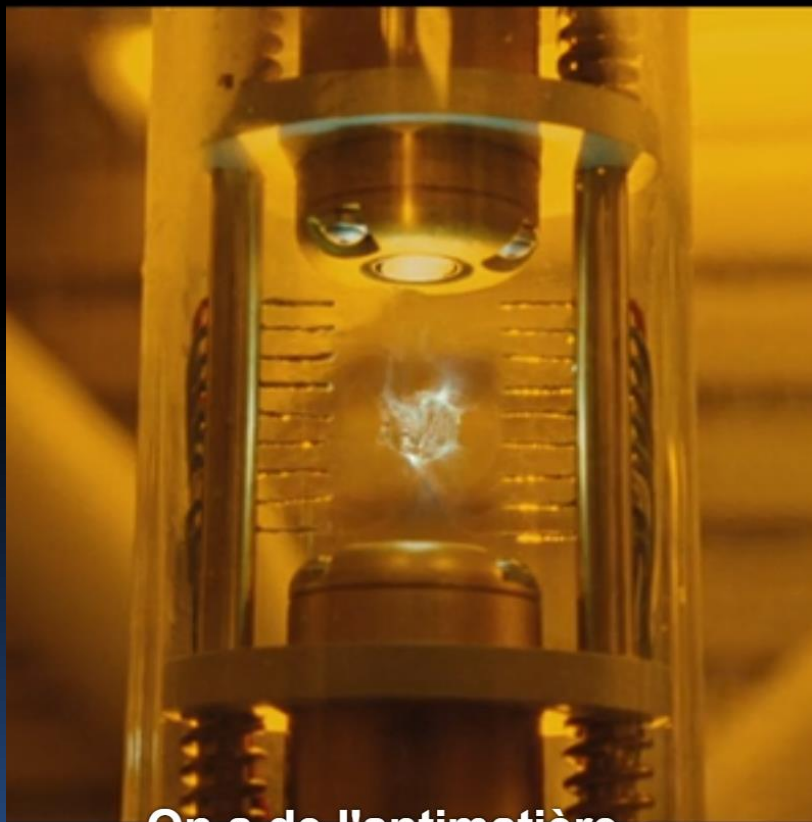
Pièges à antimatière Hollywood vs. Réalité



Un gros aimant

Pièges à antimatière Hollywood vs. Futur

Anges et Démons (2009)



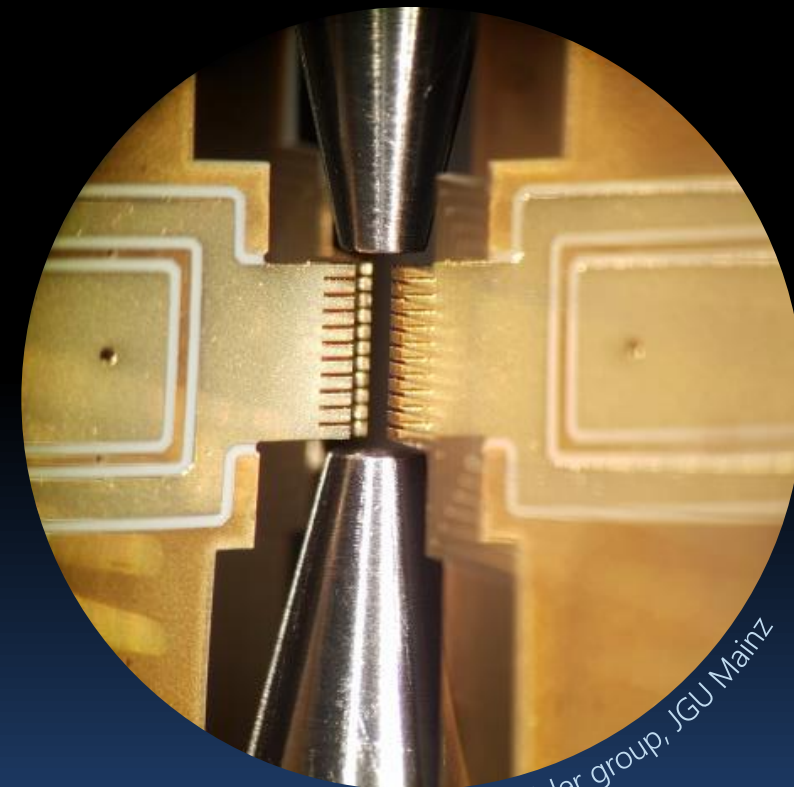
On a de l'antimatière.



Du vide



Des électrodes



F. Schmidt-Kaler group, JGU Mainz

Assembler l'antimatière :

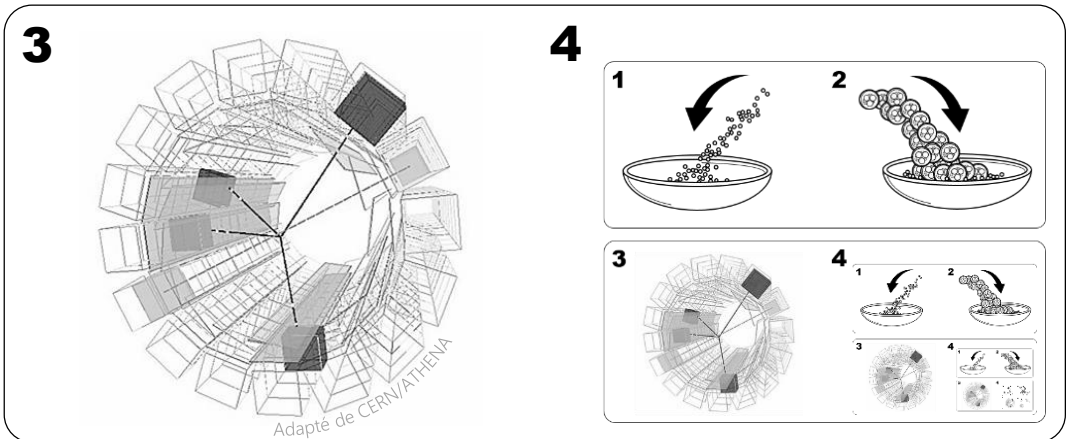
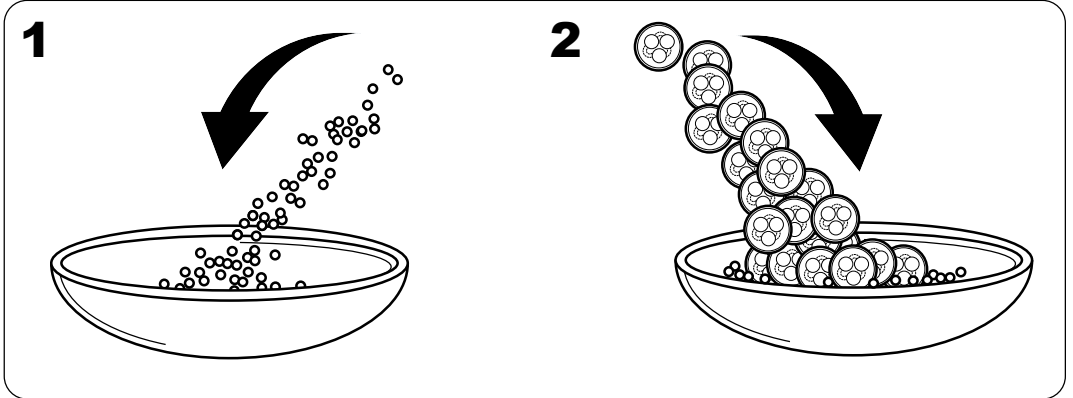
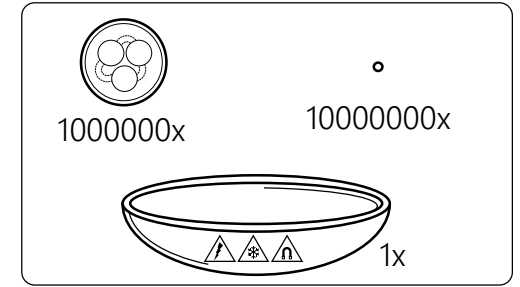
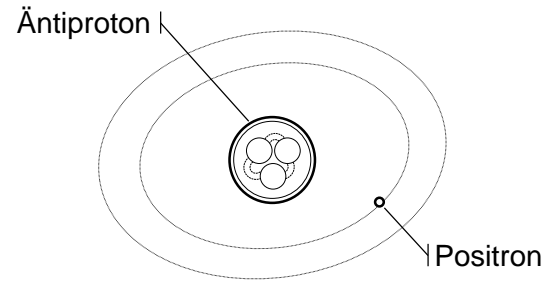
1 antiproton + 1 positron
= 1 antihydrogène

Spectroscopie :

L'antihydrogène absorbe-t-il / émet-il
de la lumière comme l'hydrogène ?

Réponse pour l'instant : « oui »

ÄNTIHYDROJEN



En partenariat avec



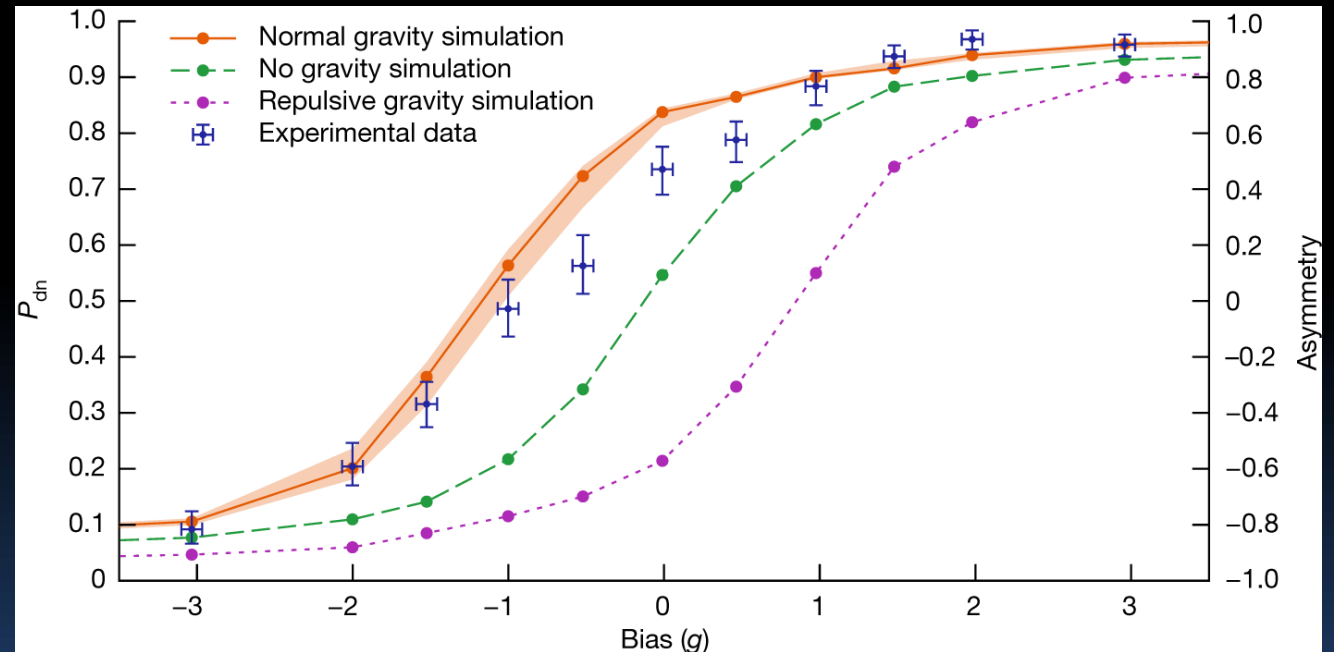
Libérez l'antihydrogène !

Comment se comporte l'antimatière vis-à-vis de la **Gravitation** ?

2023 :

Début de réponse
par ALPHA-g

L'antihydrogène tombe.



Nature, volume 621, pages 716–722 (2023)

En partenariat avec



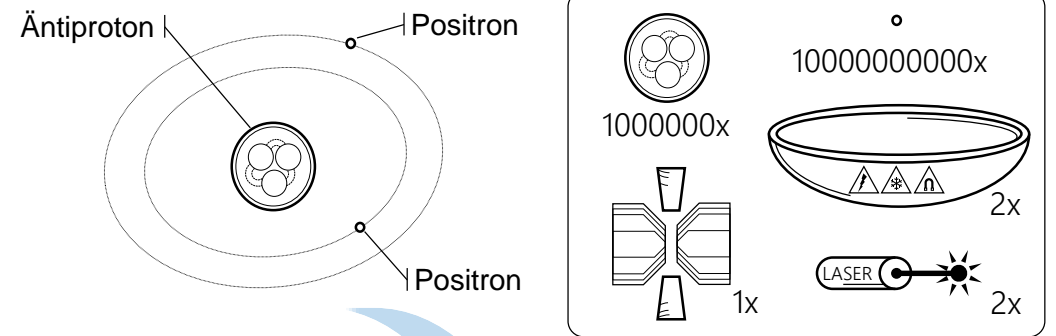
Pour une mesure beaucoup plus précise :

Ralentir l'antihydrogène
à **1 mètre / seconde !**

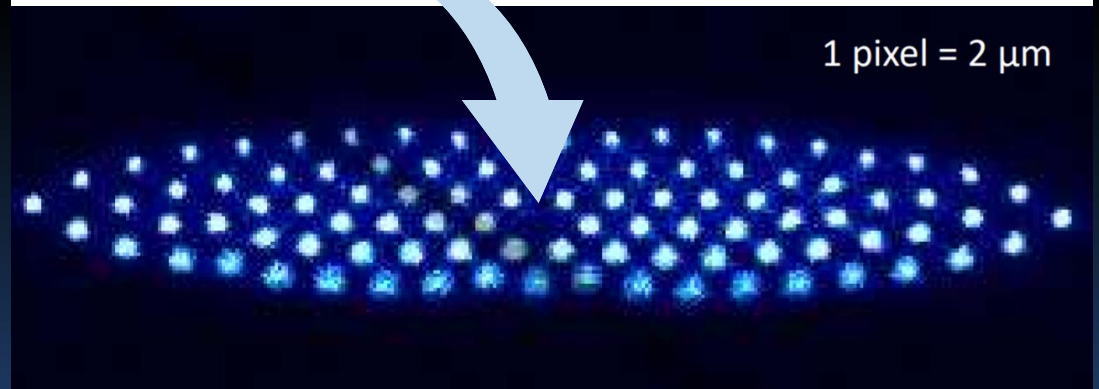
GBAR

Techniques laser :
« Bac à glaçons »
pour anti-atomes

ÄNTIHYDROJEN+



1 pixel = 2 μm

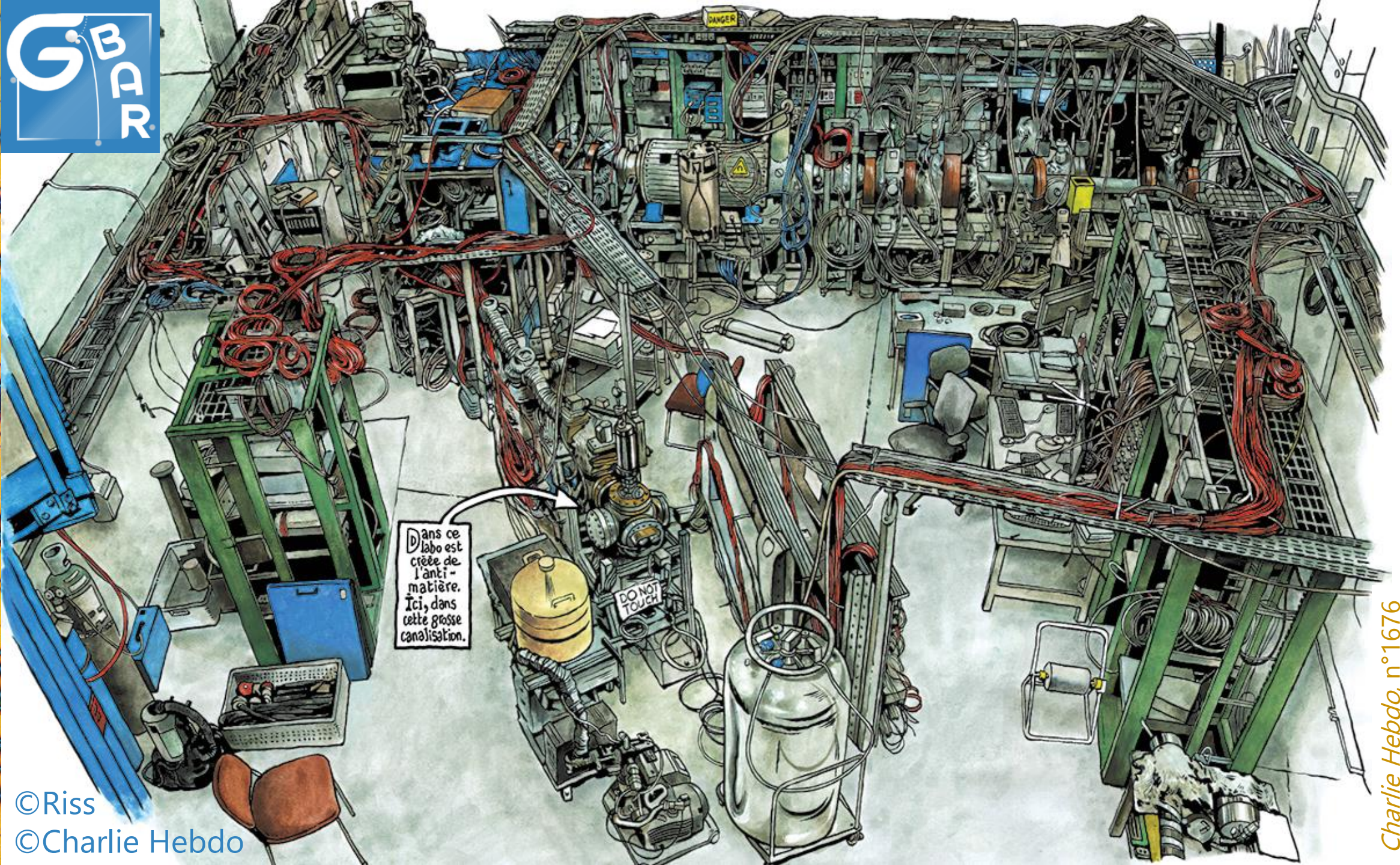


Trapped Ions Metrology group, LKB, Paris

En partenariat avec



cité
sciences
et industrie **conférences**



© Riss
© Charlie Hebdo