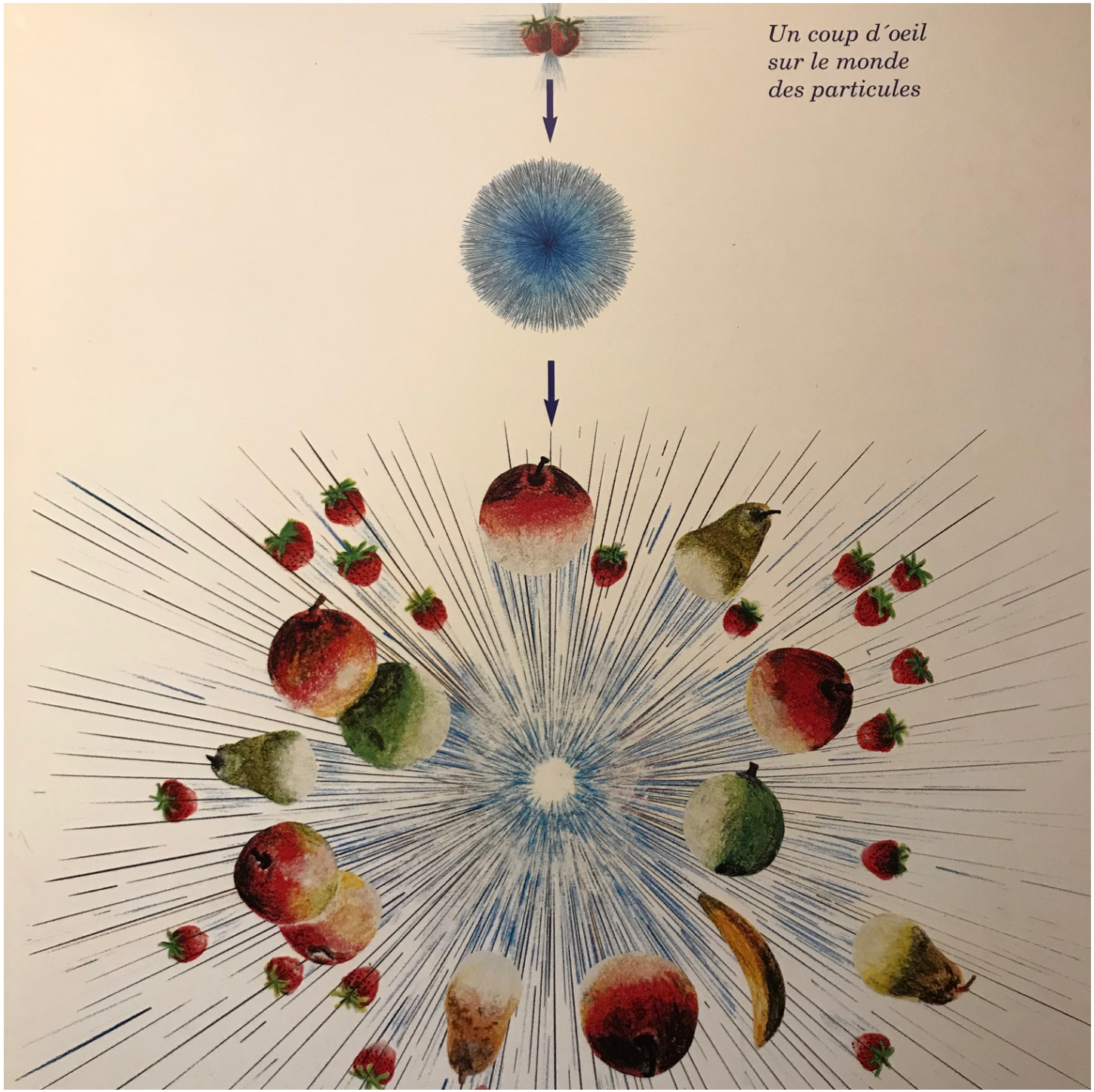
CERN
Acceleratori e fasci di antimateria

dott.ssa Susanna Tessaro
Sezione INFN di Trieste

Webinar
INFN
Trieste, 22 ottobre 2020

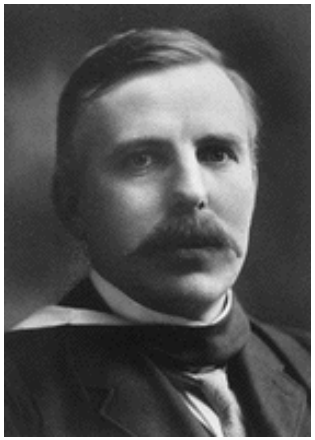
immagini di proprietà del CERN


Un coup d´oeil
sur le monde
des particules

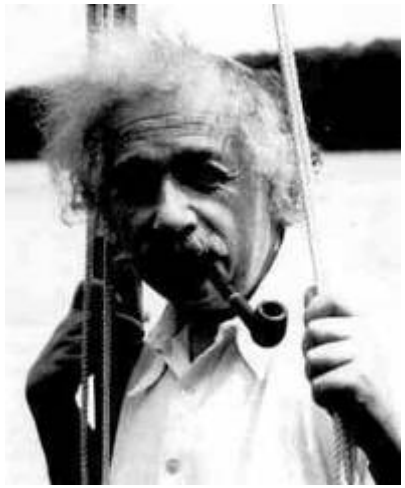
Fisica delle particelle elementari

~1910 Fisica atomica

E. Rutherford, N. Bohr



P.A. Dirac



A. Einstein

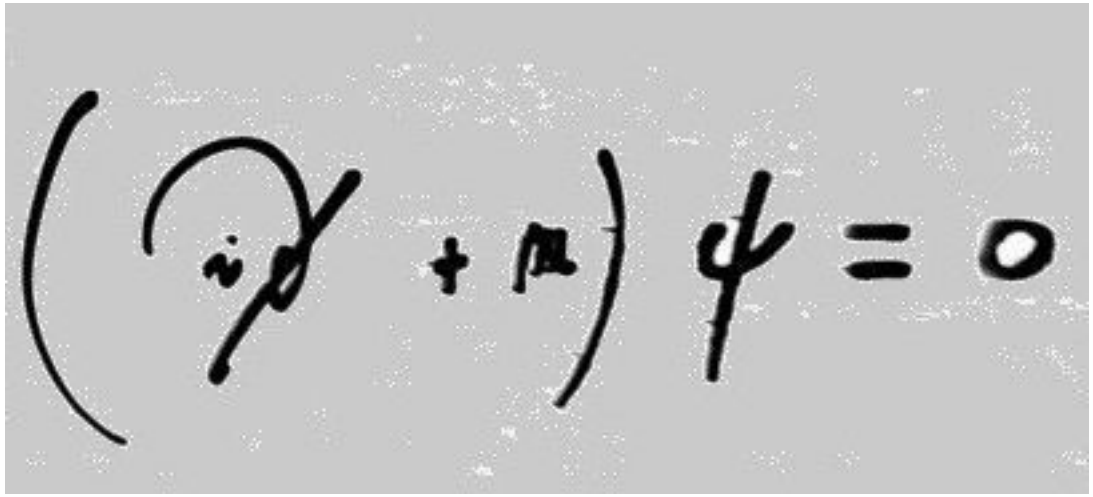
Equazioni con più soluzioni

$$X^2 = 4$$

una soluzione è 2

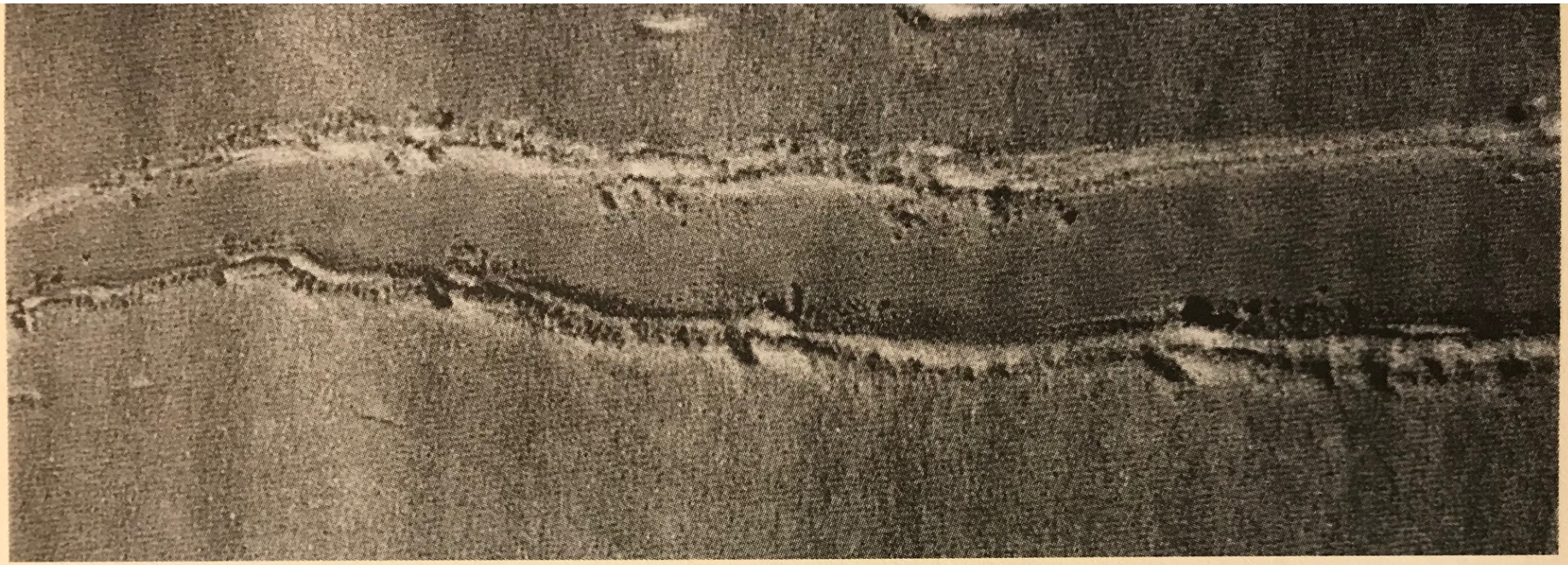
una seconda soluzione è -2

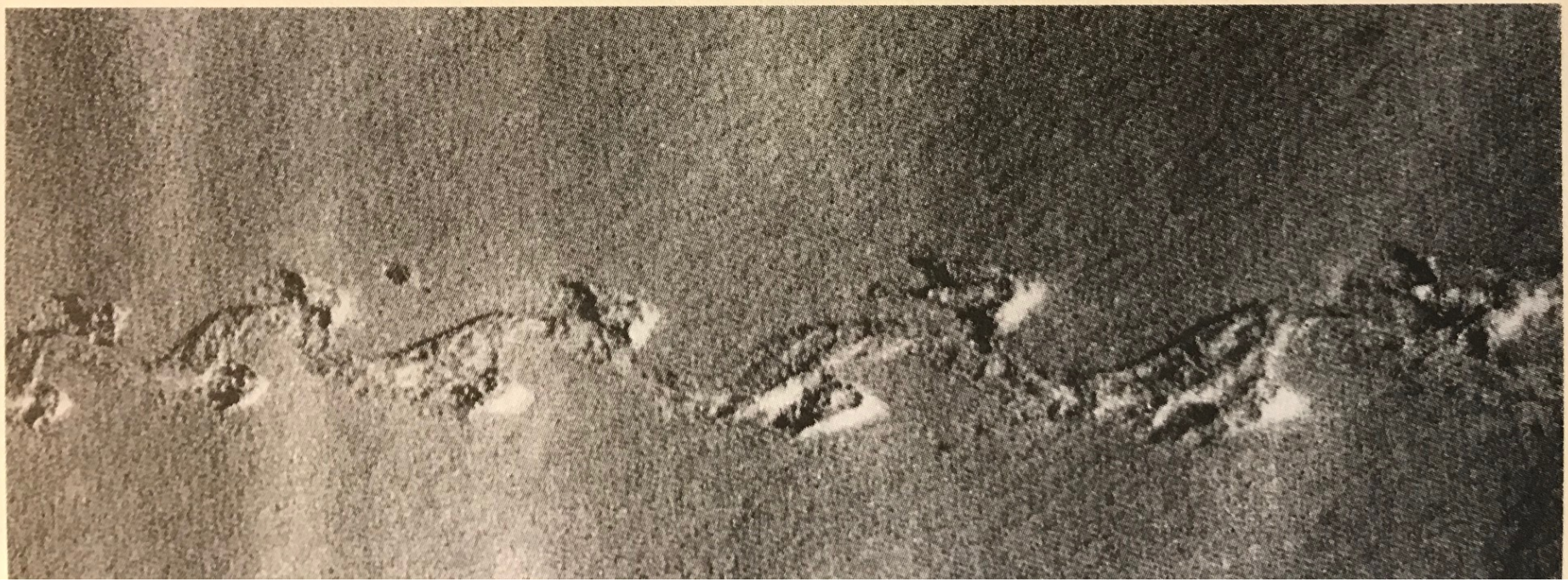
Equazioni con più soluzioni (1928)

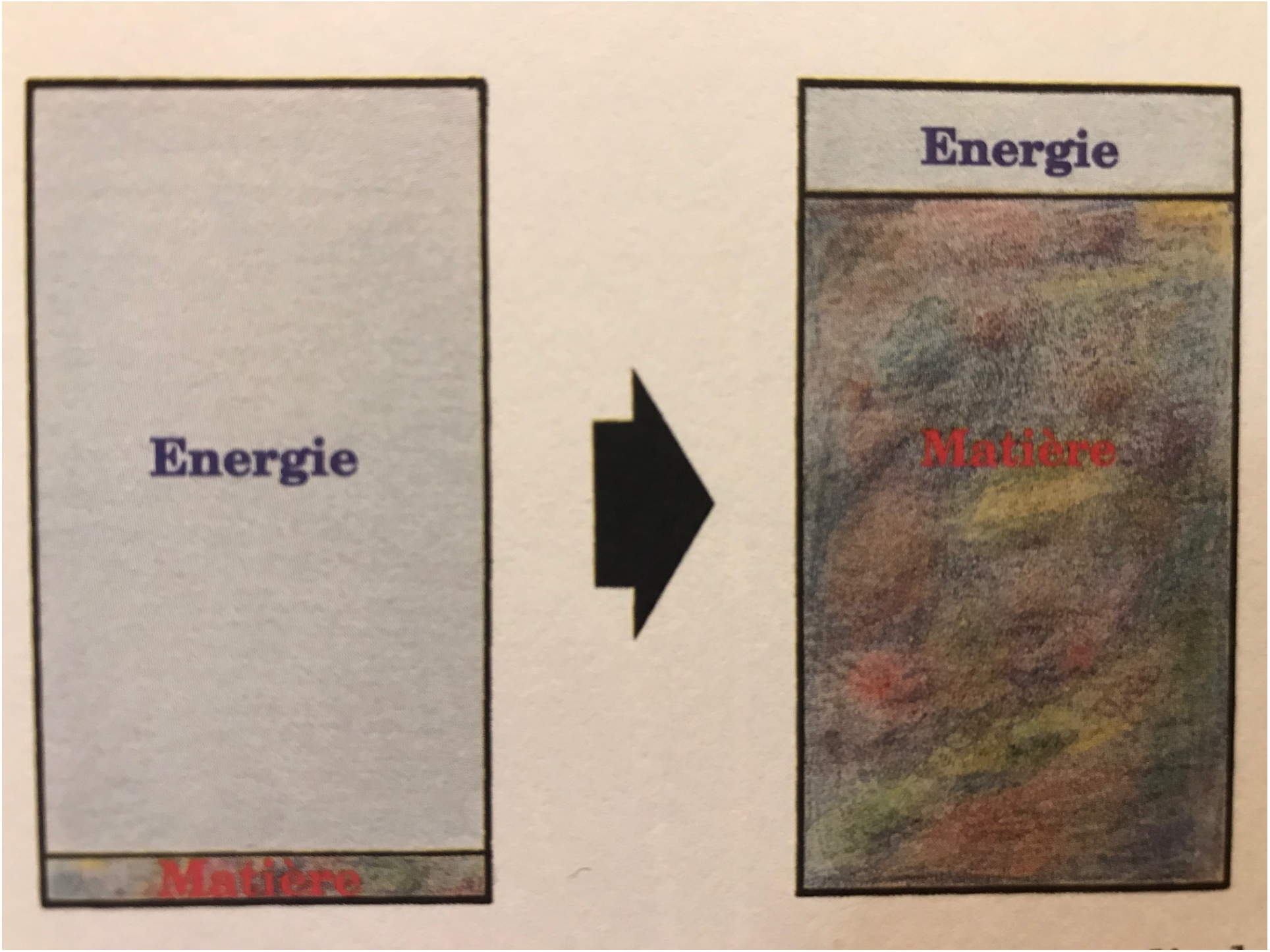


una soluzione è l’elettrone

una seconda soluzione è …?






Energie
Matière
Energie
Matière

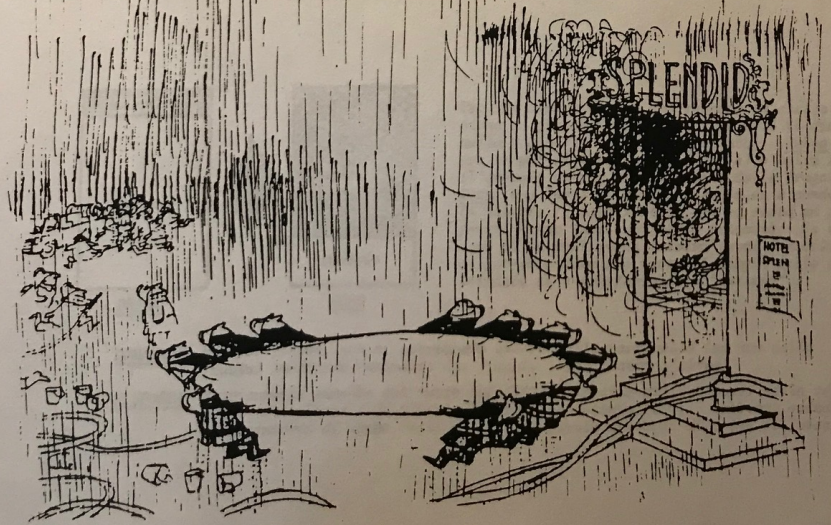
- Come mai?

- Seguitemi bene, perchè a questo punto bisogna far attenzione ed essere ben precisi: l'urto, la collisione, libera di colpo l'energia accumulata dalla velocità nella particella accelerata.

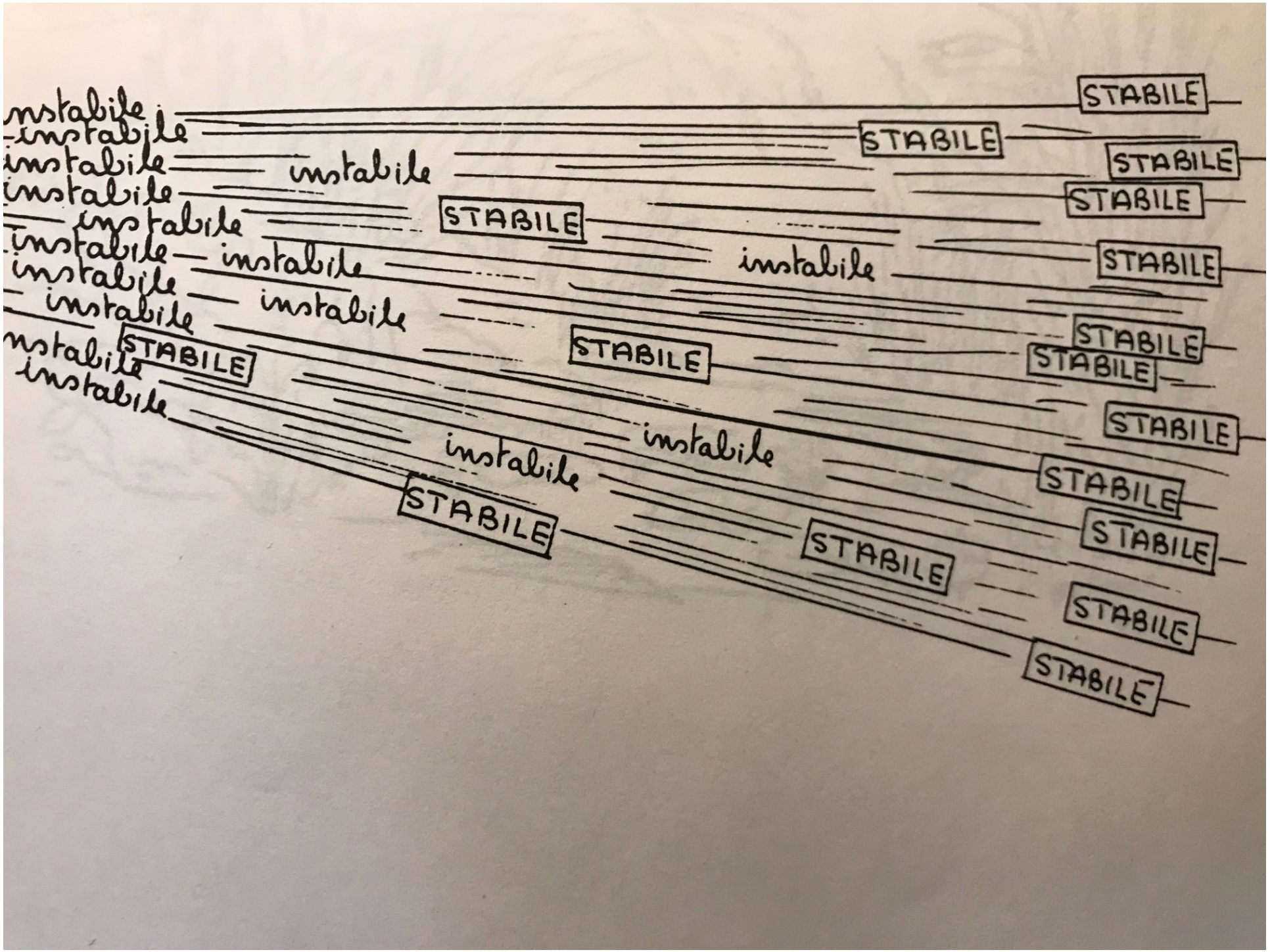
- In che senso libera?

- E come se uno cadesse dal sesto piano: l'energia della caduta si manifesta solo al momento dell'arrivo al suolo. Durante la caduta, sebbene l'energia sia presente, non vienne risentita.

- Sì, questo è chiaro.



© 1962 Denoël, "Rien n'est simple" da Sempé

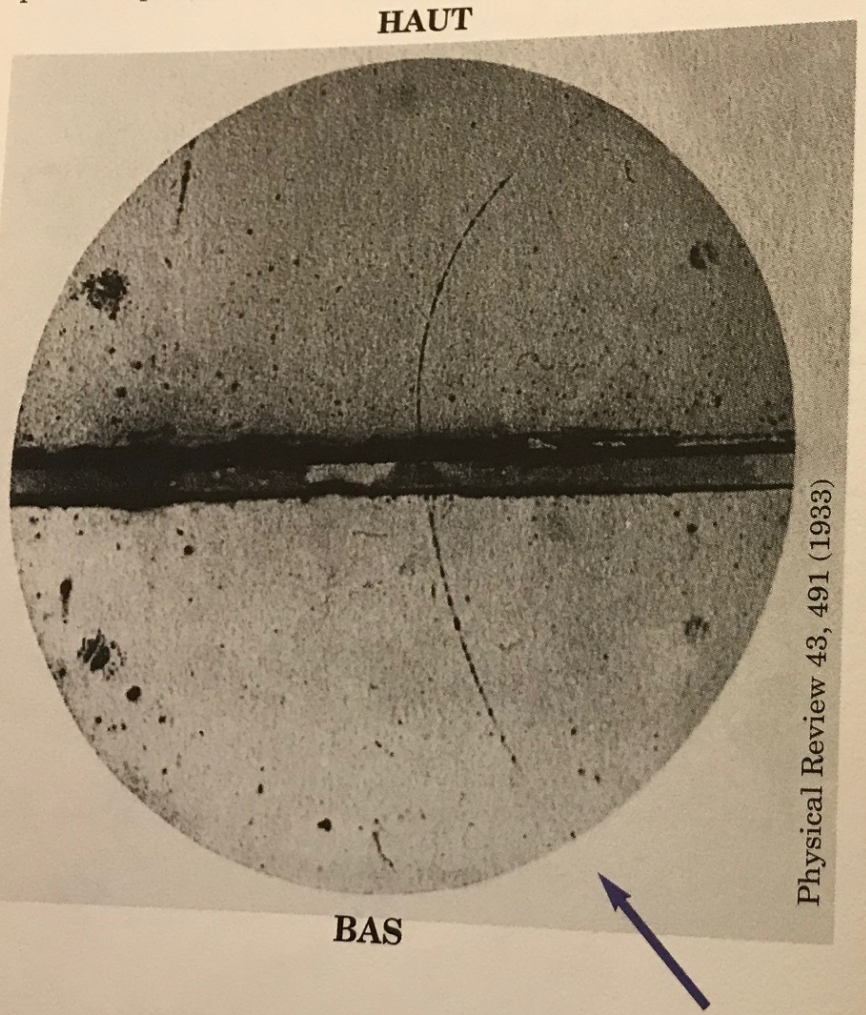

instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
instabile
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE
STABILE

C
B
A

Analisi delle tracce sulle pellicole, 1957

Découverte de l'électron positif

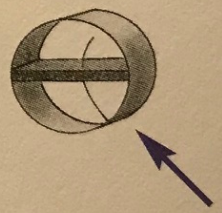
Cette trajectoire est célèbre dans l'histoire de la Physique des particules, elle date de 1932. C'est la preuve expérimentale de l'existence d'un électron positif, un antiélectron, car sa trajectoire soufflée par un aimant correspondait parfaitement à celle d'un électron ordinaire (négatif), mais tournait dans le sens opposé.



Physical Review 43, 491 (1933)

Le détecteur (dit "chambre à brouillard") était un récipient de quelques centimètres de haut dans lequel de la vapeur se condensait en formant des gouttelettes le long de la trajectoire de la particule.

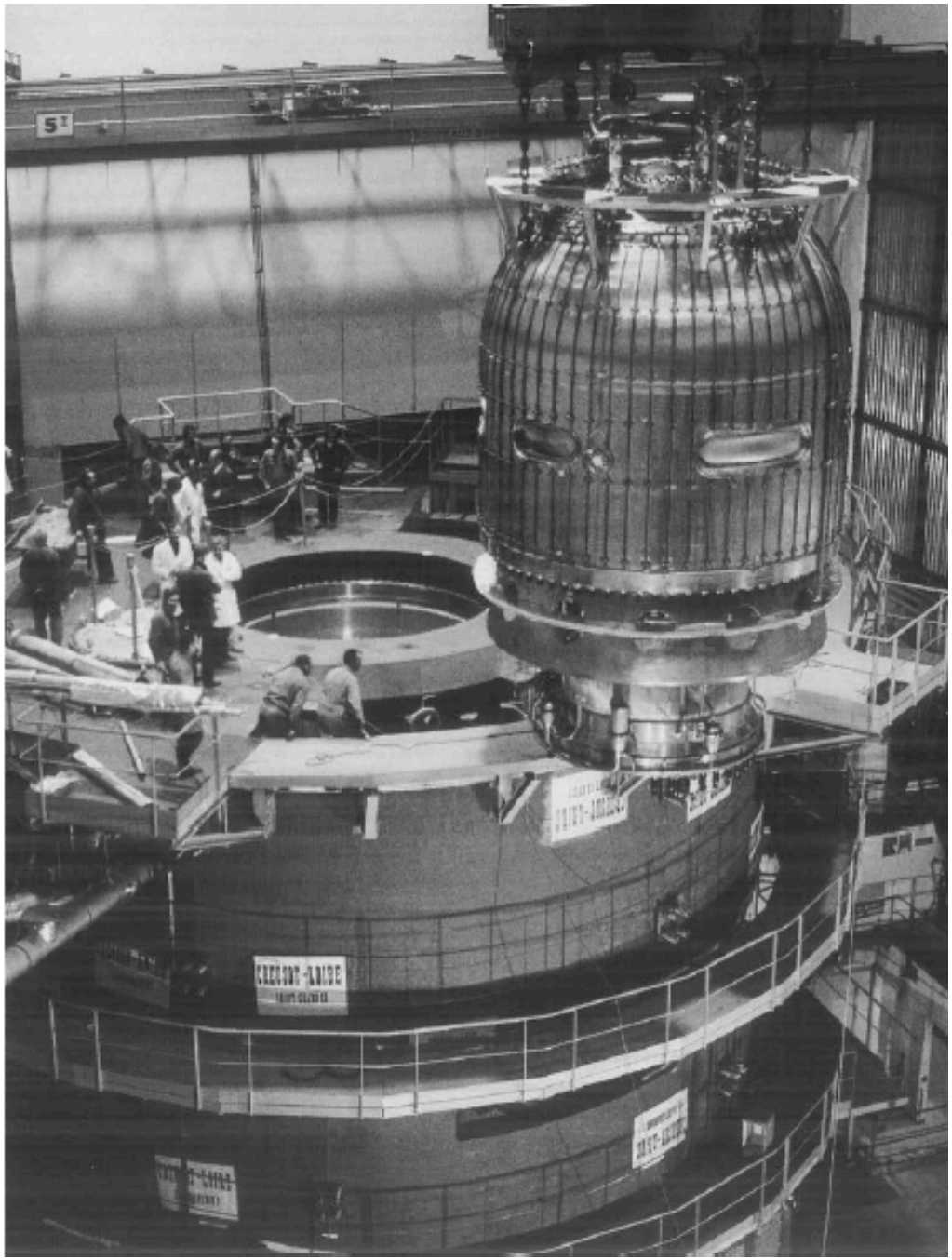
La bande centrale est un écran de plomb vu par la tranche. En le traversant, l'électron positif a perdu de l'énergie. Cela l'a rendu plus sensible au champ magnétique présent : sa trajectoire est plus incurvée après son passage à travers cet écran qu'avant.



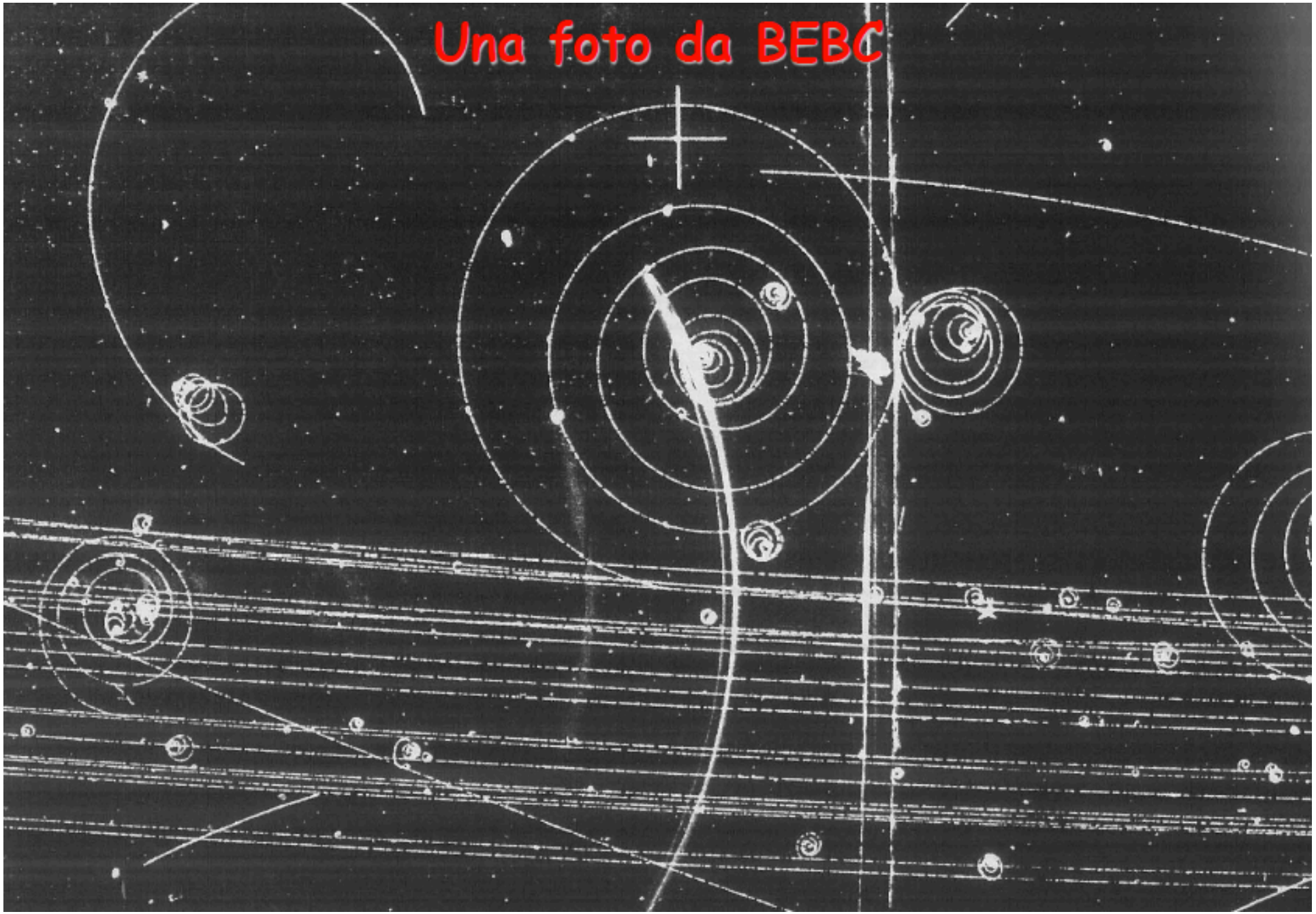
Cet électron positif est né dans la cascade d'événements déclenchés par l'interaction d'une particule venant du cosmos ("rayon cosmique", voir page 69) avec l'atmosphère terrestre.

1965: al CERN entra in funzione BEBC (Big European Bubble Chamber)

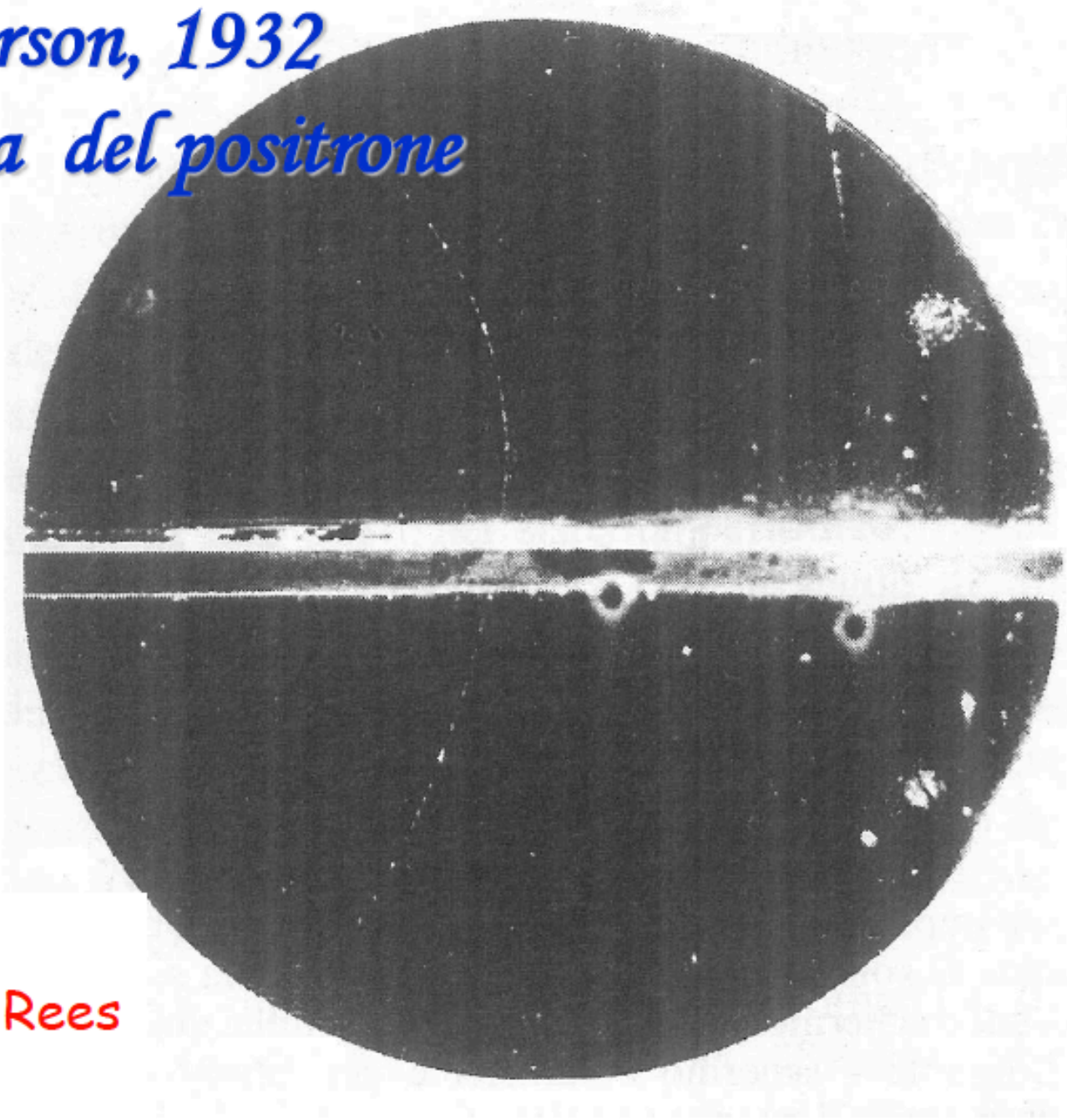
La camera a bolle, ideata da Donald Arthur Glaser nel 1952, e`stata per anni il piu` potente strumento di investigazione delle particelle ionizzanti



Una foto da BEBC



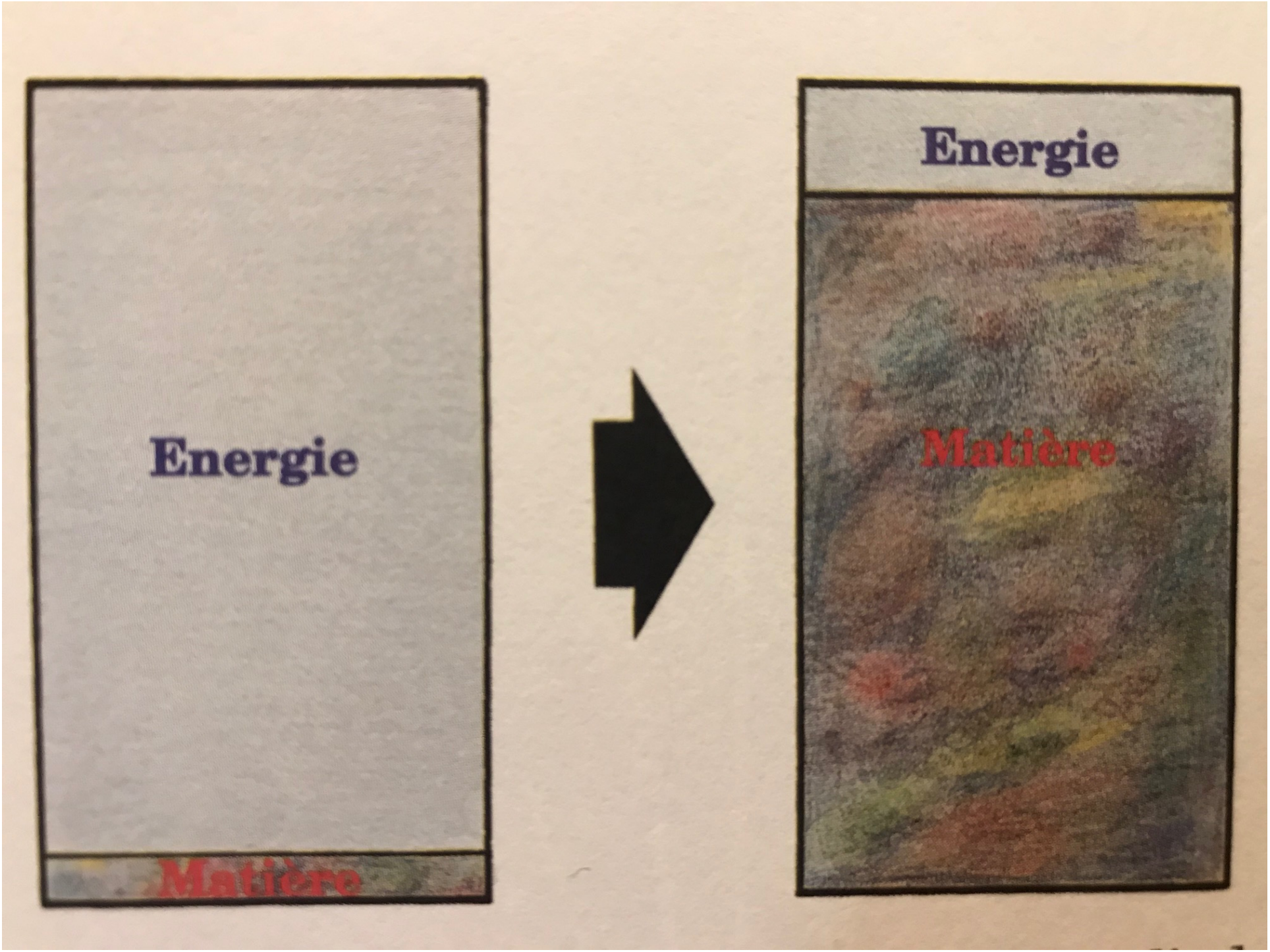
Anderson, 1932
la scoperta del positrone

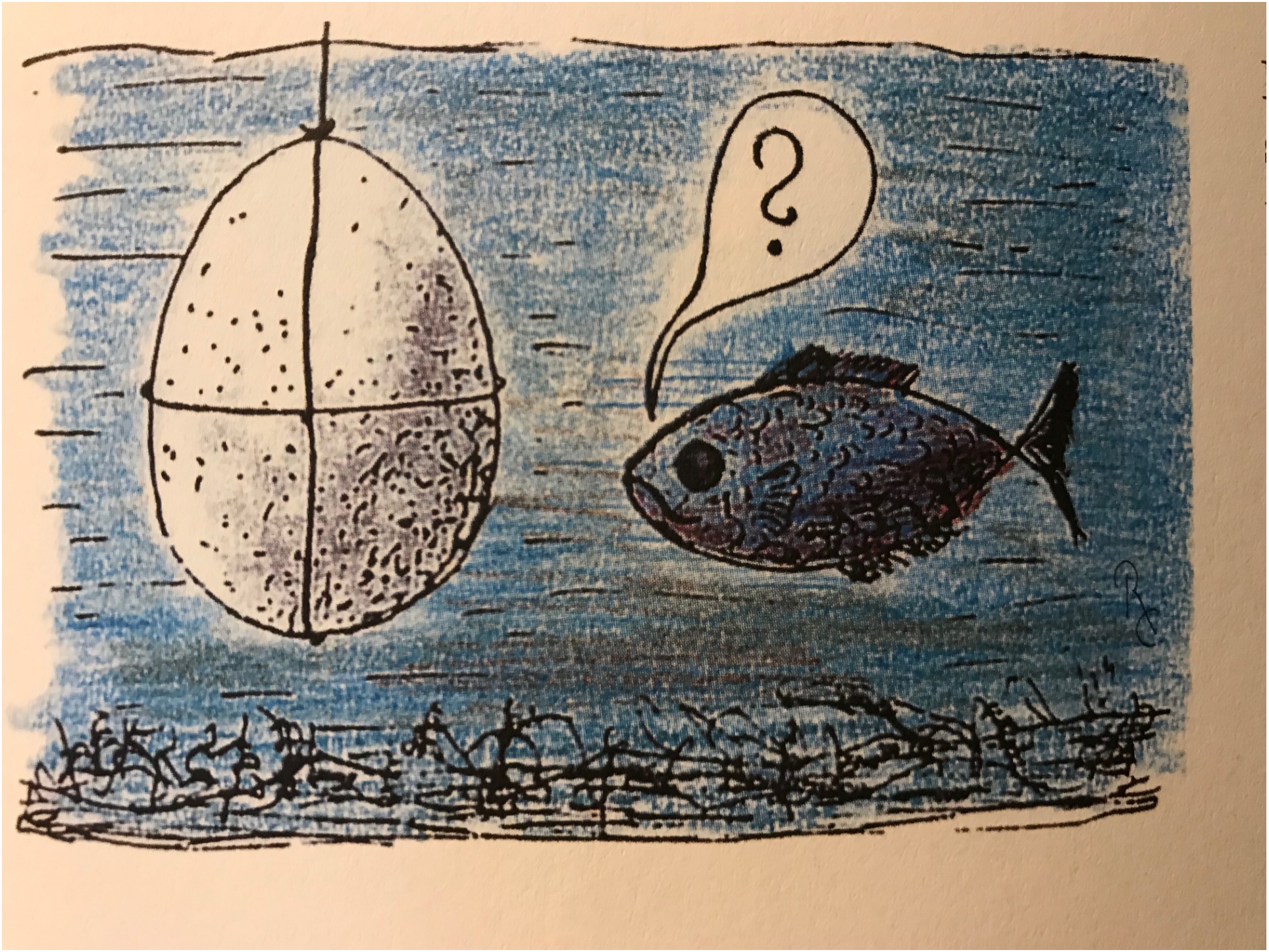


i progressi nelle tecnologie di rivelazione delle particelle sono altrettanto importanti di quelli delle tecnologie degli acceleratori

Camera a nebbia:

Charles Thomson Rees Wilson, 1989


Energie
Matière
Energie
Matière



Sorgenti o fasci?

- Sorgenti di particelle: sono note le particelle prodotte, ma in generale non è ben definita l'energia

- Fasci di particelle: le caratteristiche sono note con precisione estrema, tale da permettere la ricostruzione, grazie all'analisi, delle dinamiche dei processi, di capire quali altre particelle sono state prodotte

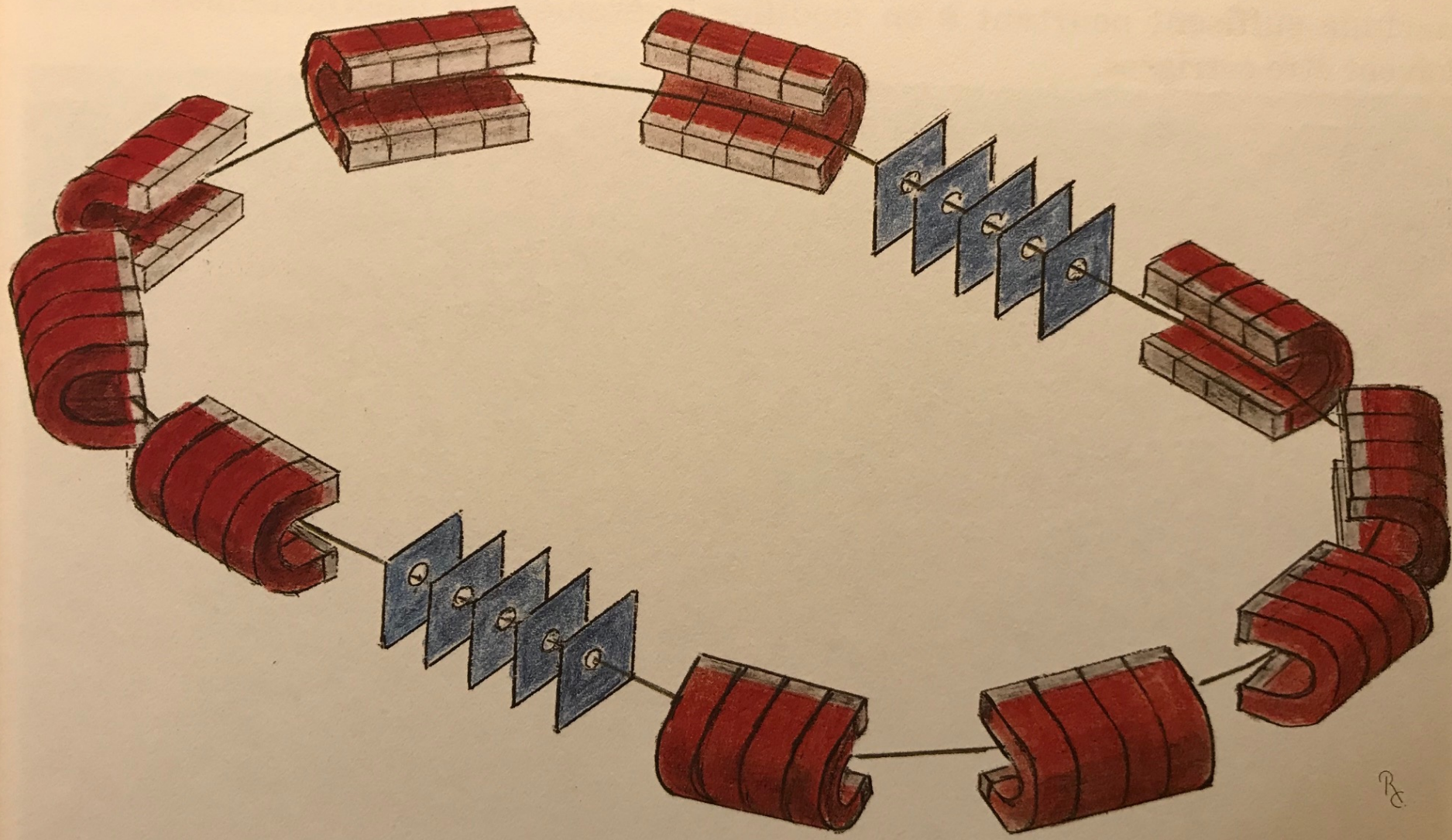


Schéma simplifié d'un accélérateur circulaire : les aimants (en rouge) "soufflent" sur le faisceau (en noir) et l'incurvent pour le refermer sur lui même. Les particules passeront un grand nombre de fois par les zones d'accélération (en bleu).

L'accélérateur (le LEP) dans son tunnel.

La storia del CERN
Le immagini sono proprietà del CERN

1949 prima proposta per un laboratorio europeo

L. de Broglie

1950 proposta all' UNESCO

1952 scelta della sede di Ginevra

E. Amaldi nominato Segretario Generale del CERN

1954 ratifica della convenzione tra i 12 Stati Fondatori

Repubblica Federale Tedesca, Belgio, Danimarca, Francia, Grecia, Italia, Norvegia, Olanda, Gran Bretagna, Svezia, Svizzera, Iugoslavia

obiettivo: ricerca fondamentale

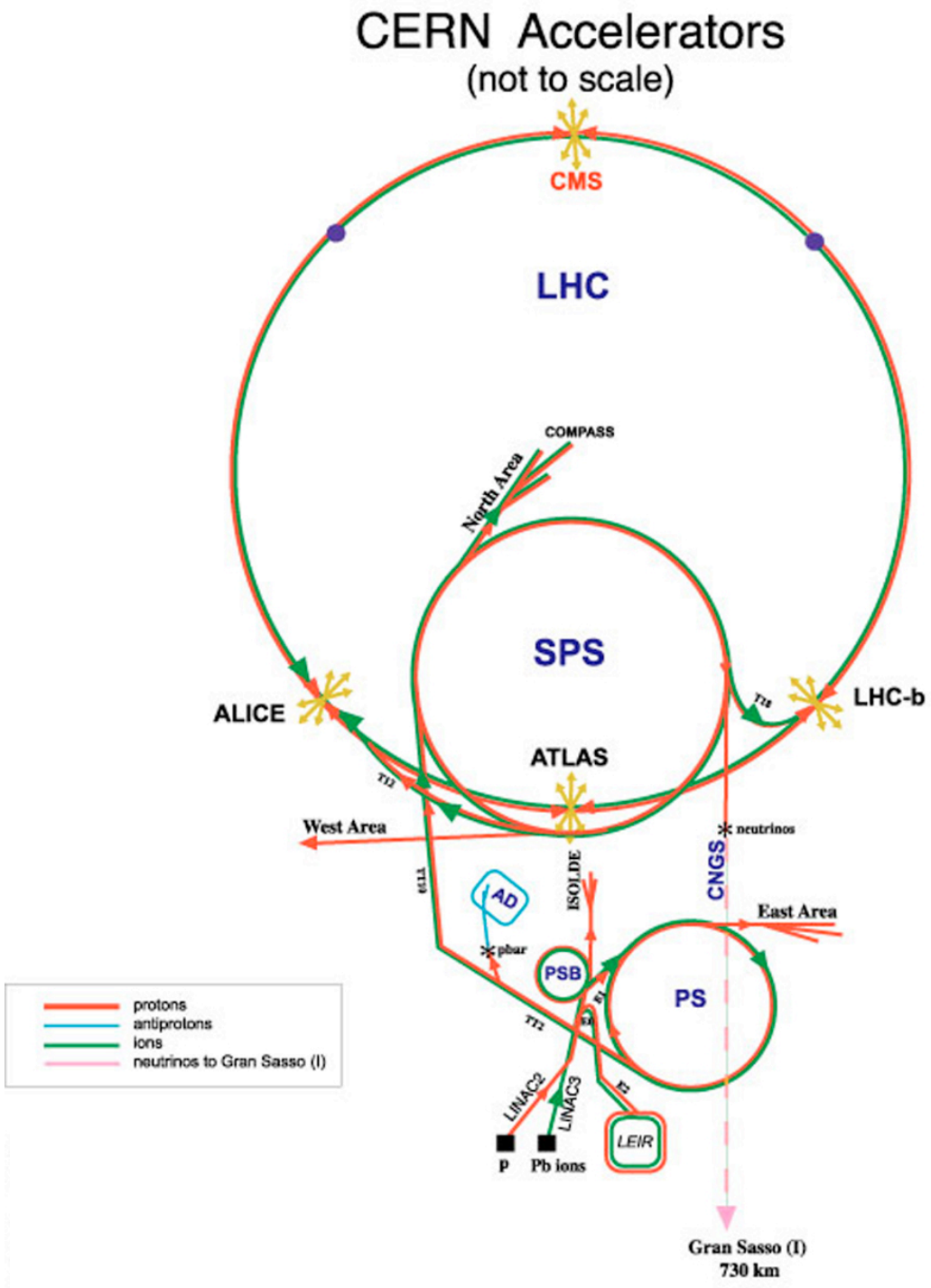
costruire l'acceleratore di protoni più potente del mondo

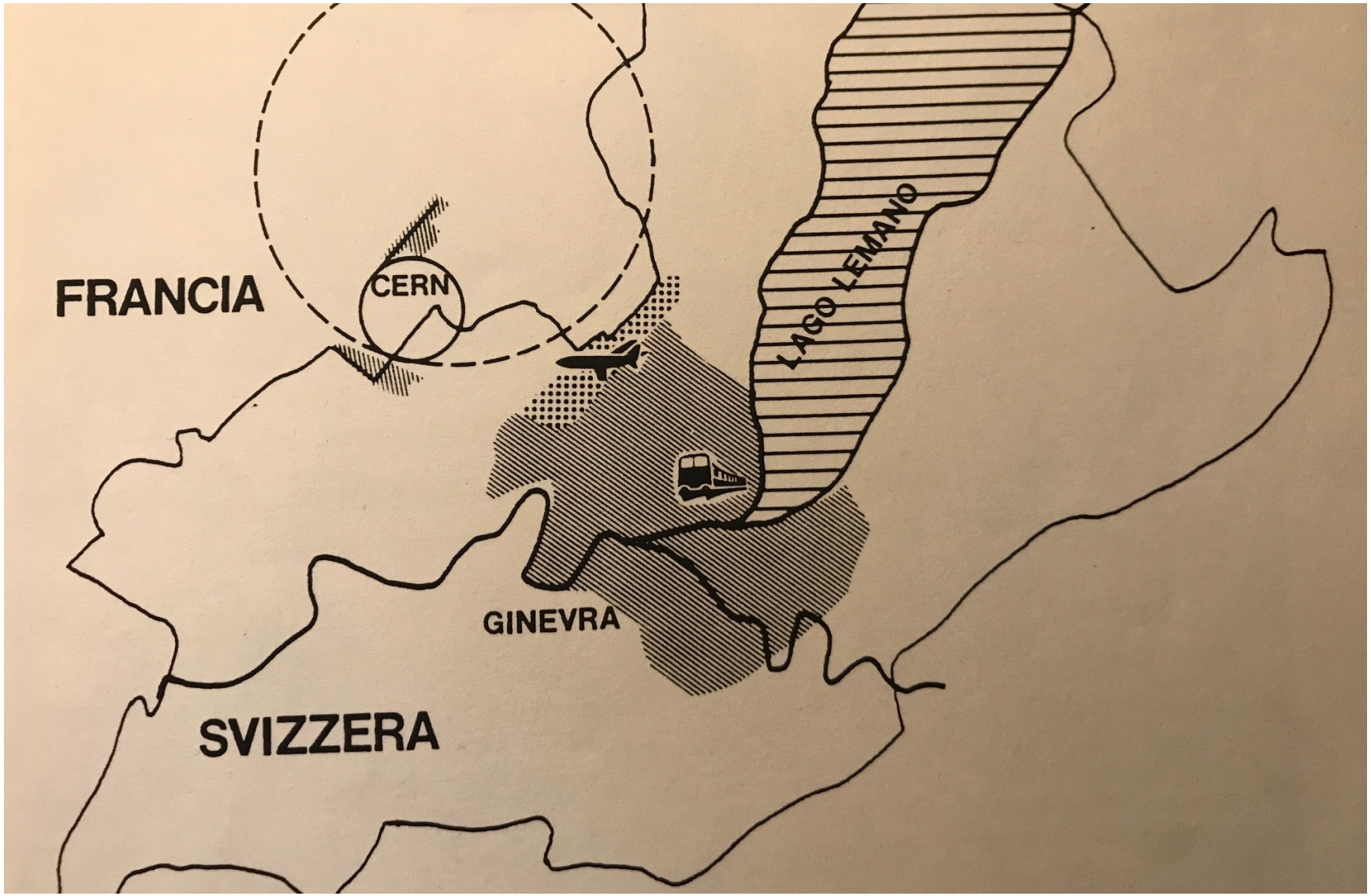
CPS = CERN Proton Synchrotron

1957 entra in funzione il SincroCiclotrone

1959 entra in funzione il ProtoSincrotrone

il complesso degli acceleratori al CERN




FRANCIA
CERN
LAGO LEMANO
GINEVRA
SVIZZERA

alcuni dei padri fondatori

Pierre Auger, Edoardo Amaldi
e Lew Kowarski
Febbraio 1952

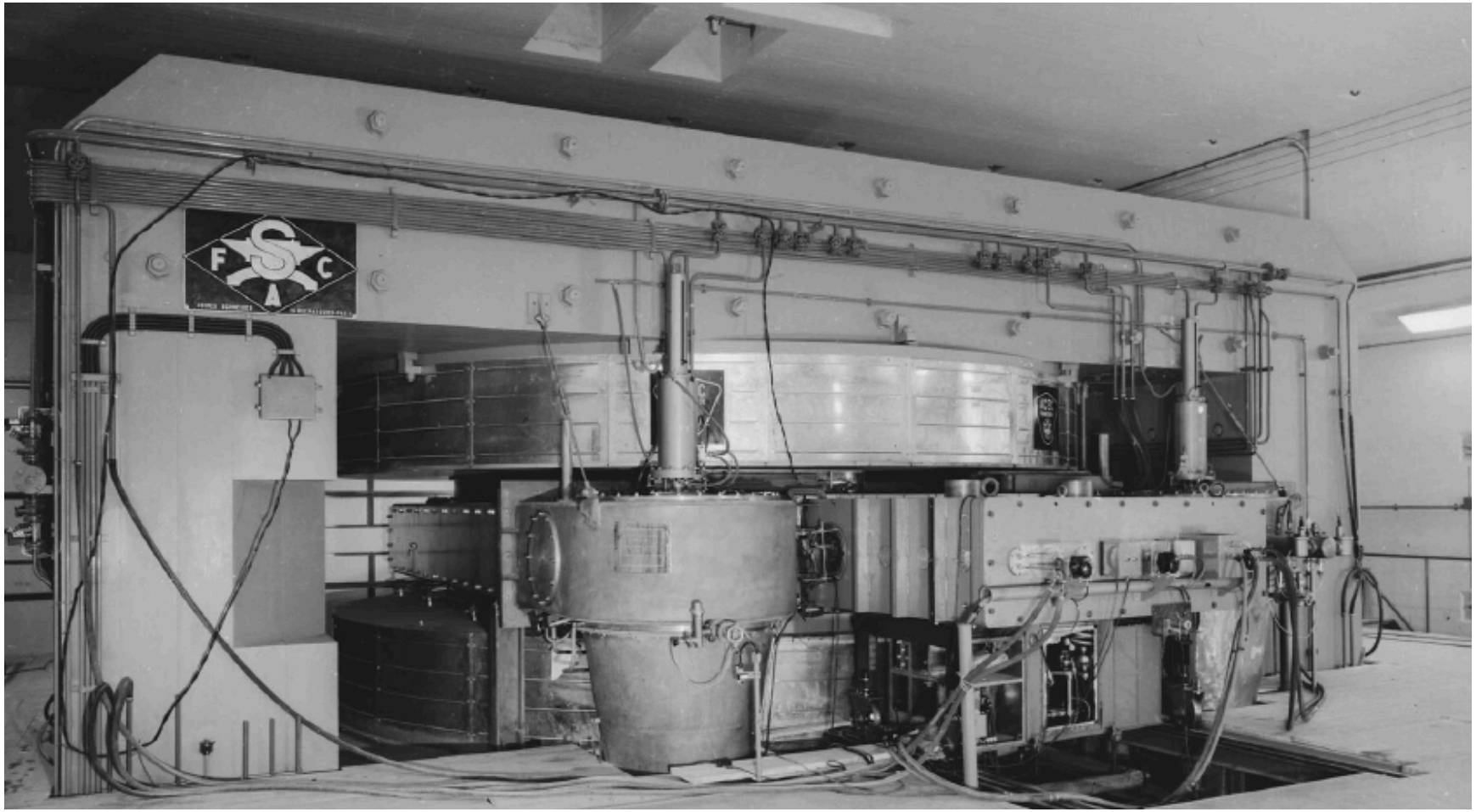
Giuseppe Fidecaro, Edoardo Amaldi
e Werner Heisenberg
Dicembre 1960

Veduta aerea del sito CERN di Meyrin, 1957
CH
F
PS

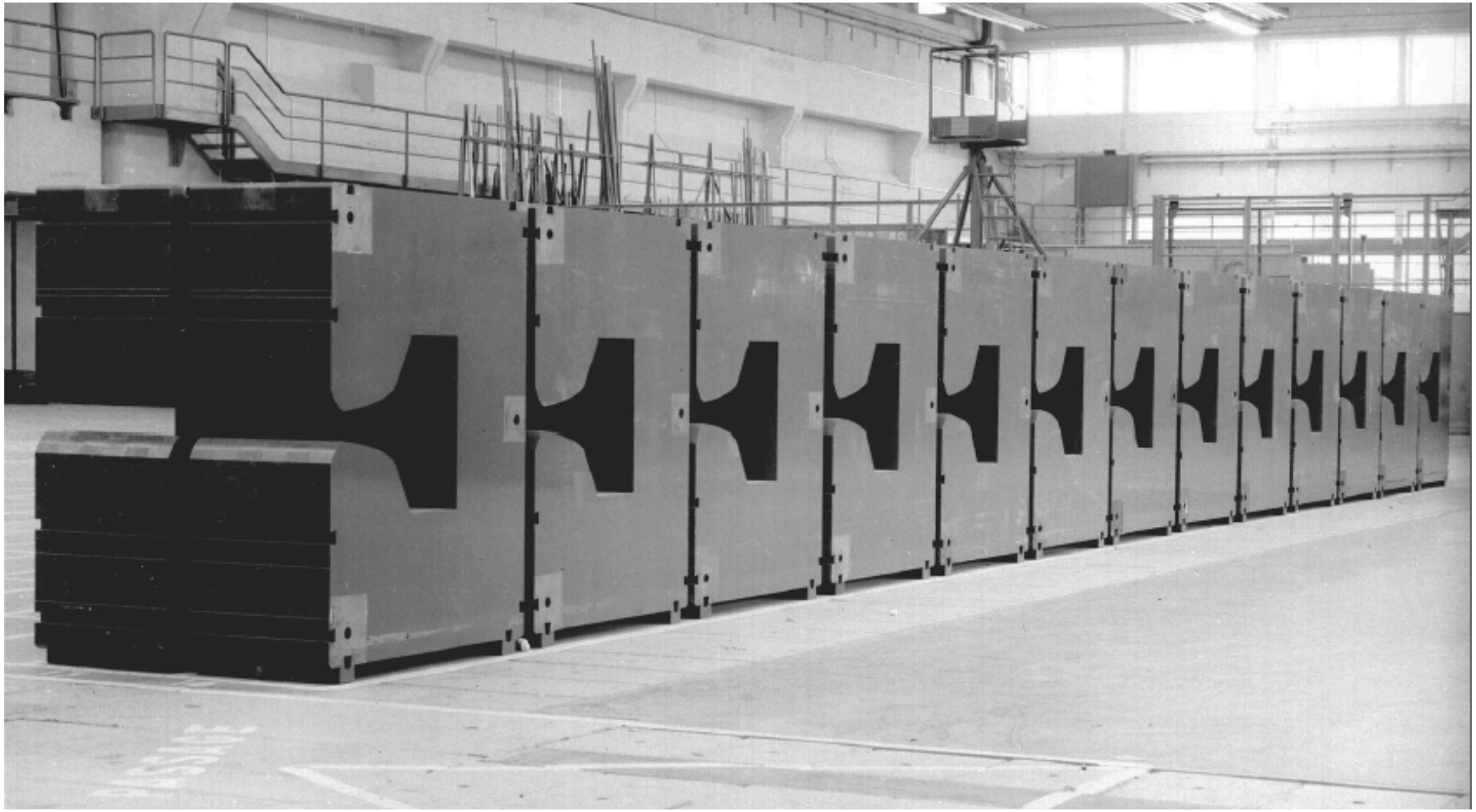
Trasporti a Meyrin, 1 gennaio 1956

1 gennaio 1956

Il SincroCiclotrone installato, 1957



Blocchi per i magneti del PS, 1957

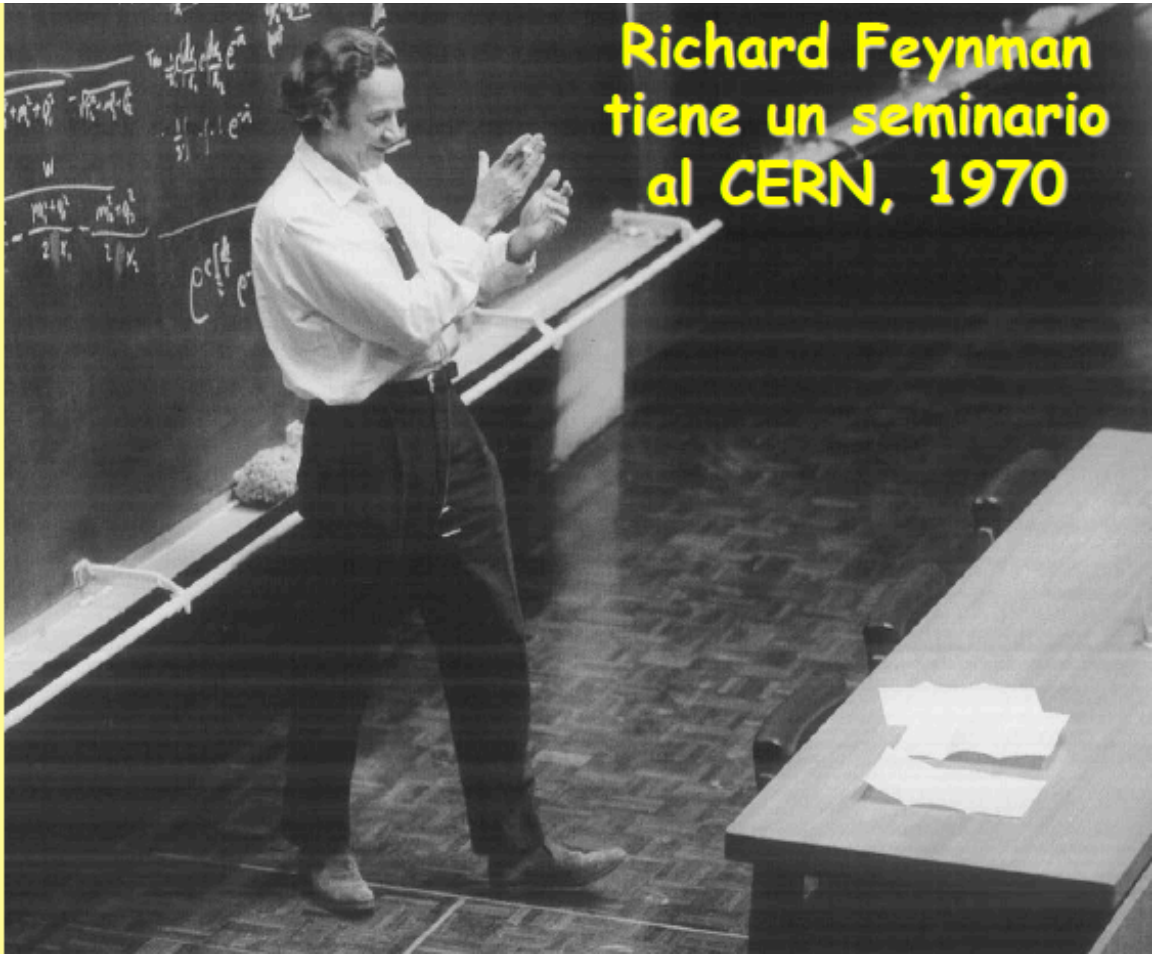


Il PS arriva a 24 GeV/c, 24 novembre 1957

Il CERN nasce in piena guerra fredda

Nella Convenzione del CERN sta scritto che:

"i risultati di ogni lavoro sono pubblicati o resi comunque universalmente accessibili"

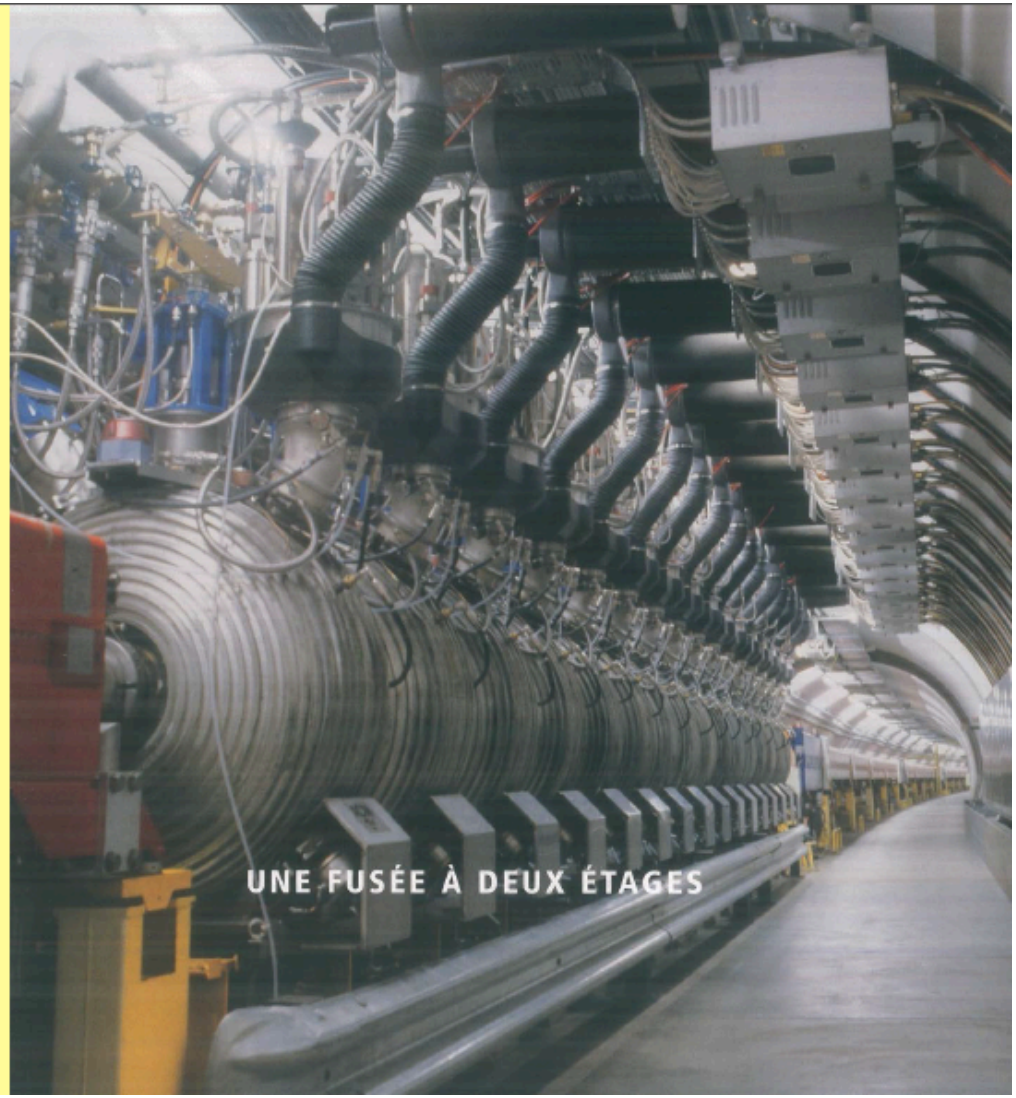


Richard Feynman tiene un seminario al CERN, 1970

Il 17 giugno 1976 il fascio nell'SPS raggiunge i 400 GeV

I fasci alimentano da allora gli esperimenti a bersaglio fisso della zona Ovest (Meyrin) e della zona Nord (Prevessin)

Nel 1981 l'SPS diventa il primo collider protone-antiprotone



Physics 1984

"for their decisive contributions to the large project, which led to the discovery of the field particles W and Z, communicators of weak interaction"

Carlo Rubbia and

Simon Van der Meer

CERN oggi

Attualmente fanno parte del CERN 23 stati membri.

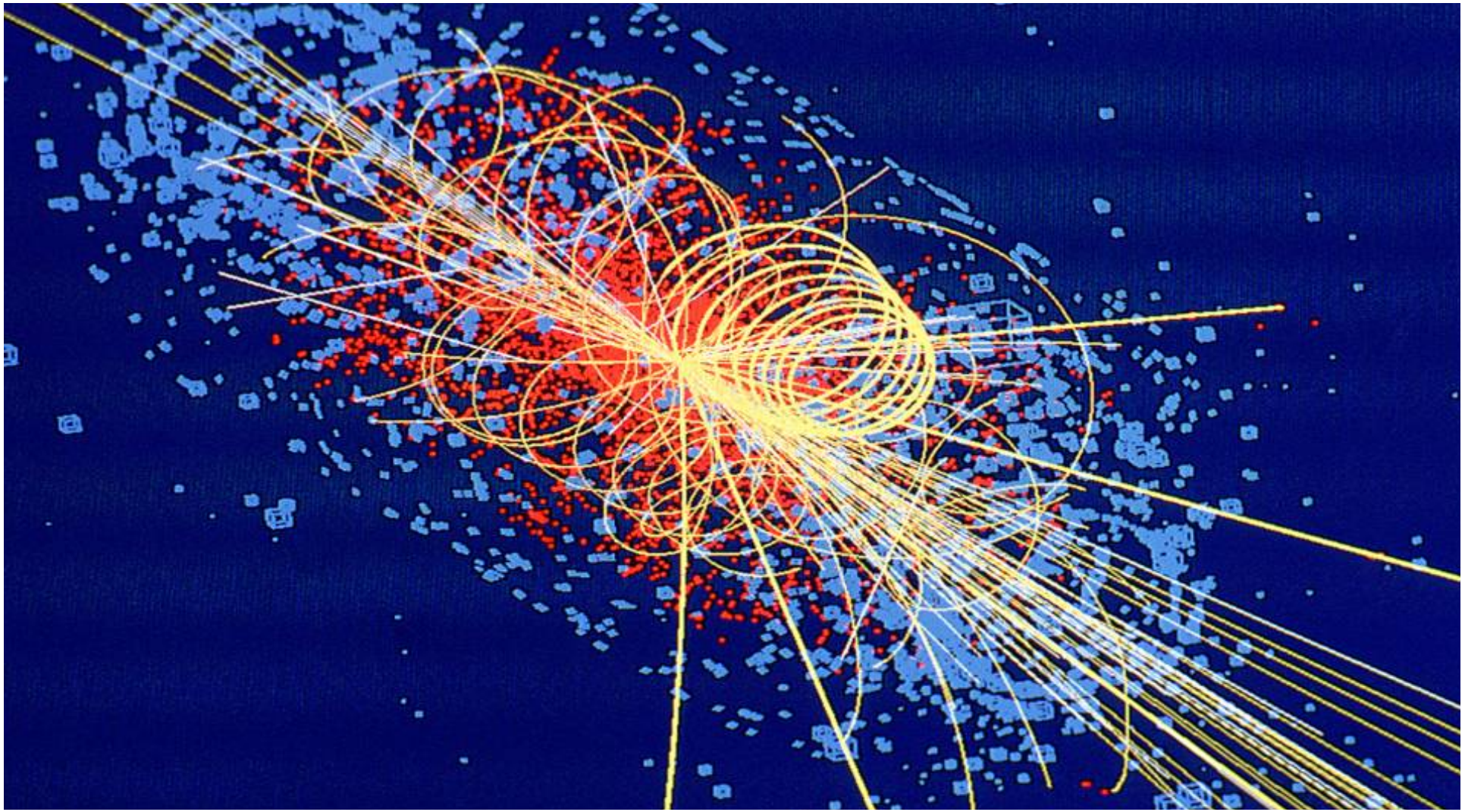
I 12 paesi fondatori del CERN sono:

- Belgio
- Danimarca
- Francia
- Germania (Germania Ovest all'epoca)
- Grecia
- Italia
- Jugoslavia, che esce dal CERN nel 1961
- Norvegia
- Paesi Bassi
- Regno Unito
- Svezia
- Svizzera

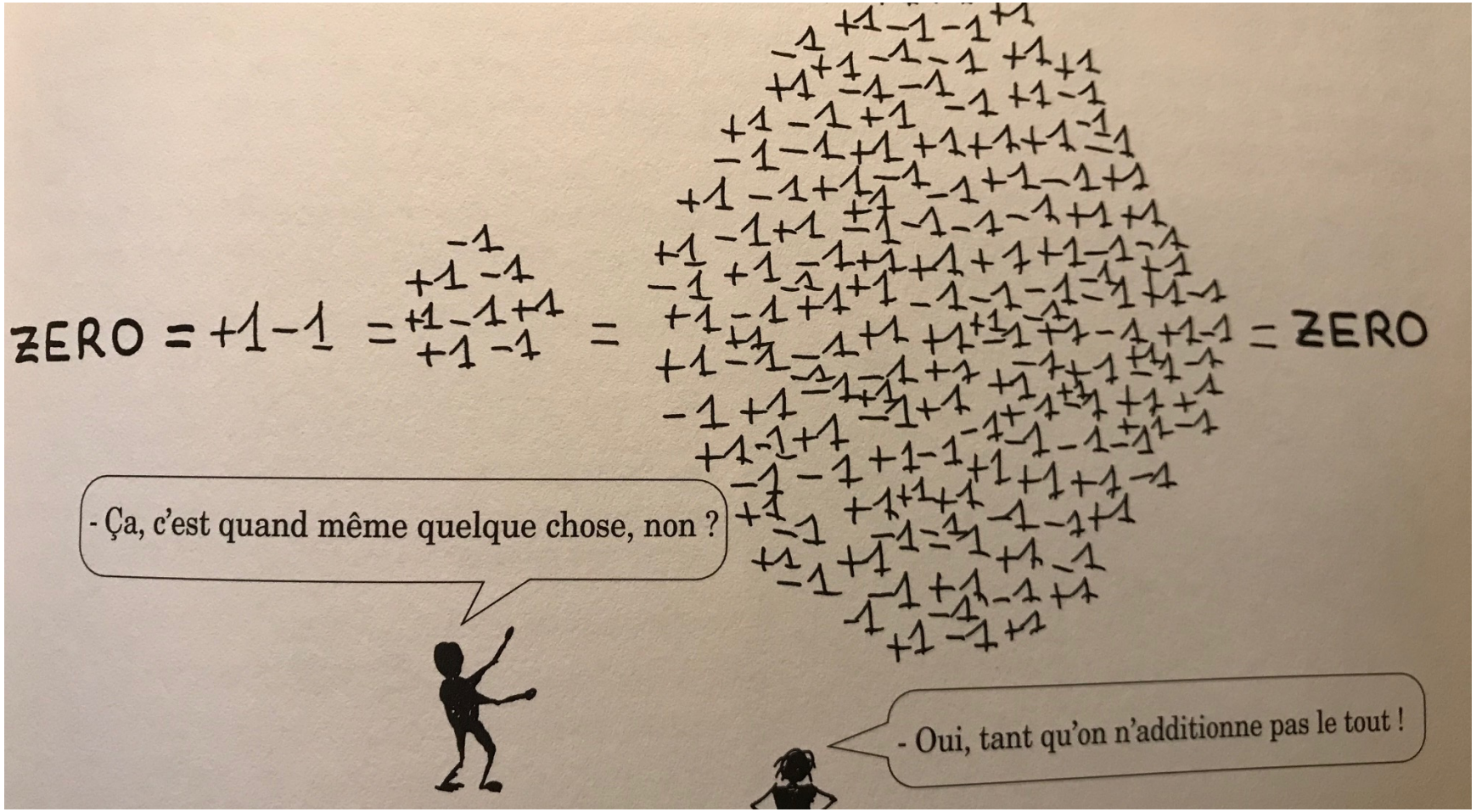
A questi si sono successivamente aggiunti:

- Austria nel 1959,
- Spagna nel 1961, esce dal CERN nel 1969 e rientra nel 1983
- Portogallo nel 1985,
- Finlandia nel 1991,
- Polonia nel 1991,
- Ungheria nel 1992,
- Rep. Ceca nel 1993,
- Slovacchia nel 1993,
- Bulgaria nel 1999,
- Israele nel 2013,
- Romania nel 2010,
- Serbia nel 2018.

I 22 stati membri del CERN (2018).



C’è simmetria tra materia e antimateria?

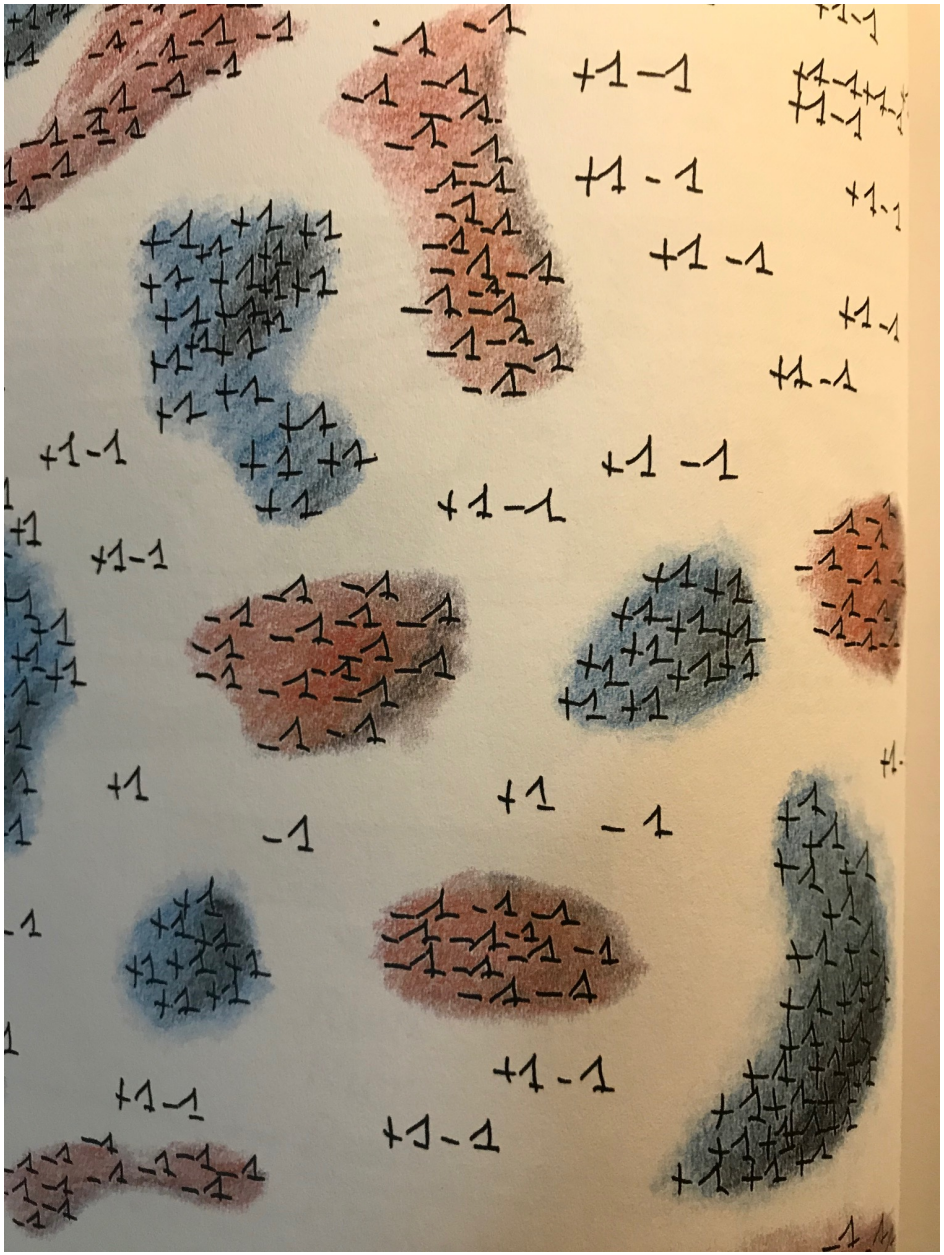


Se si incontrano materia e antimateria?

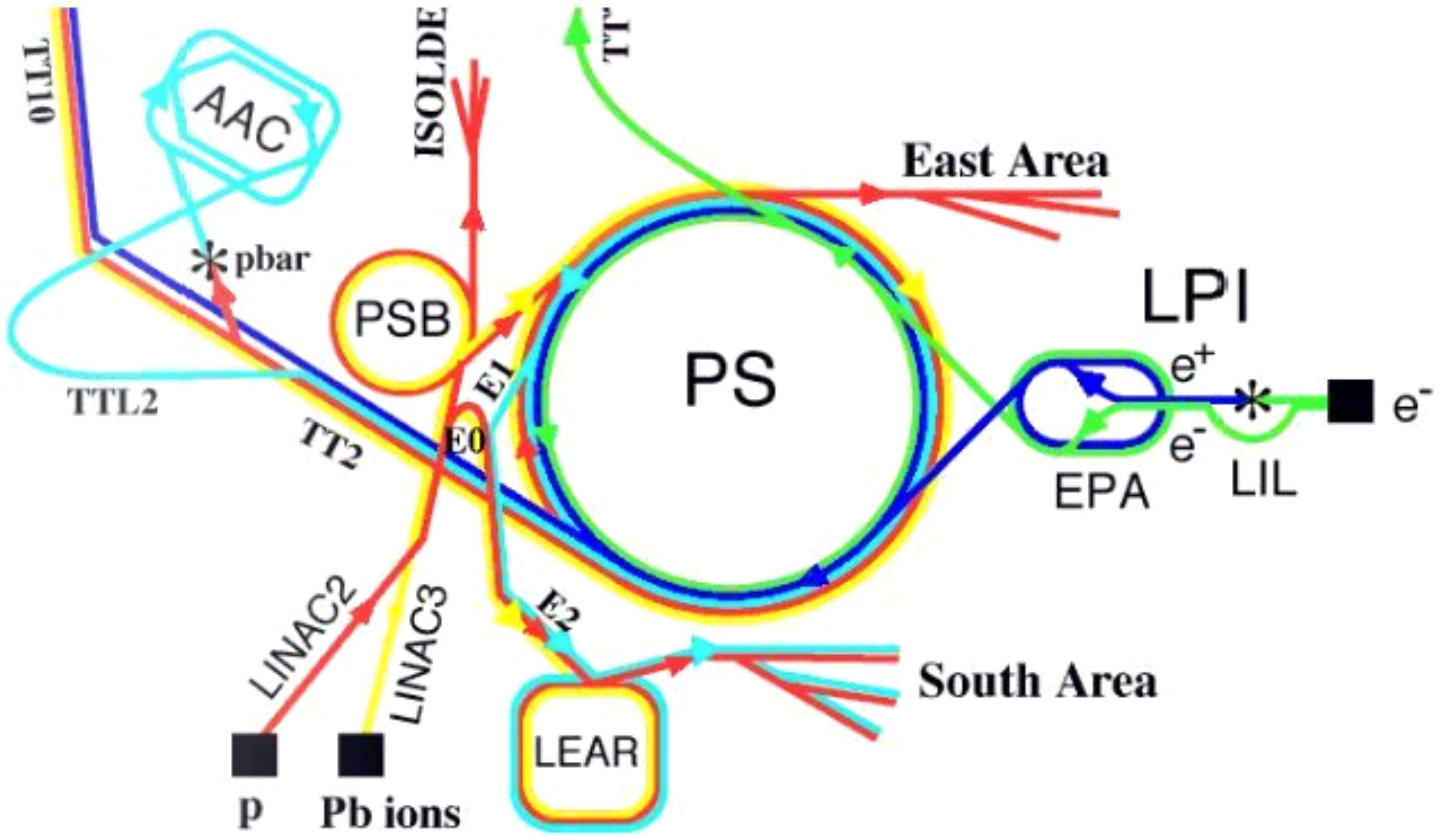
Possibili mondi separati

le leggi saranno le stesse?

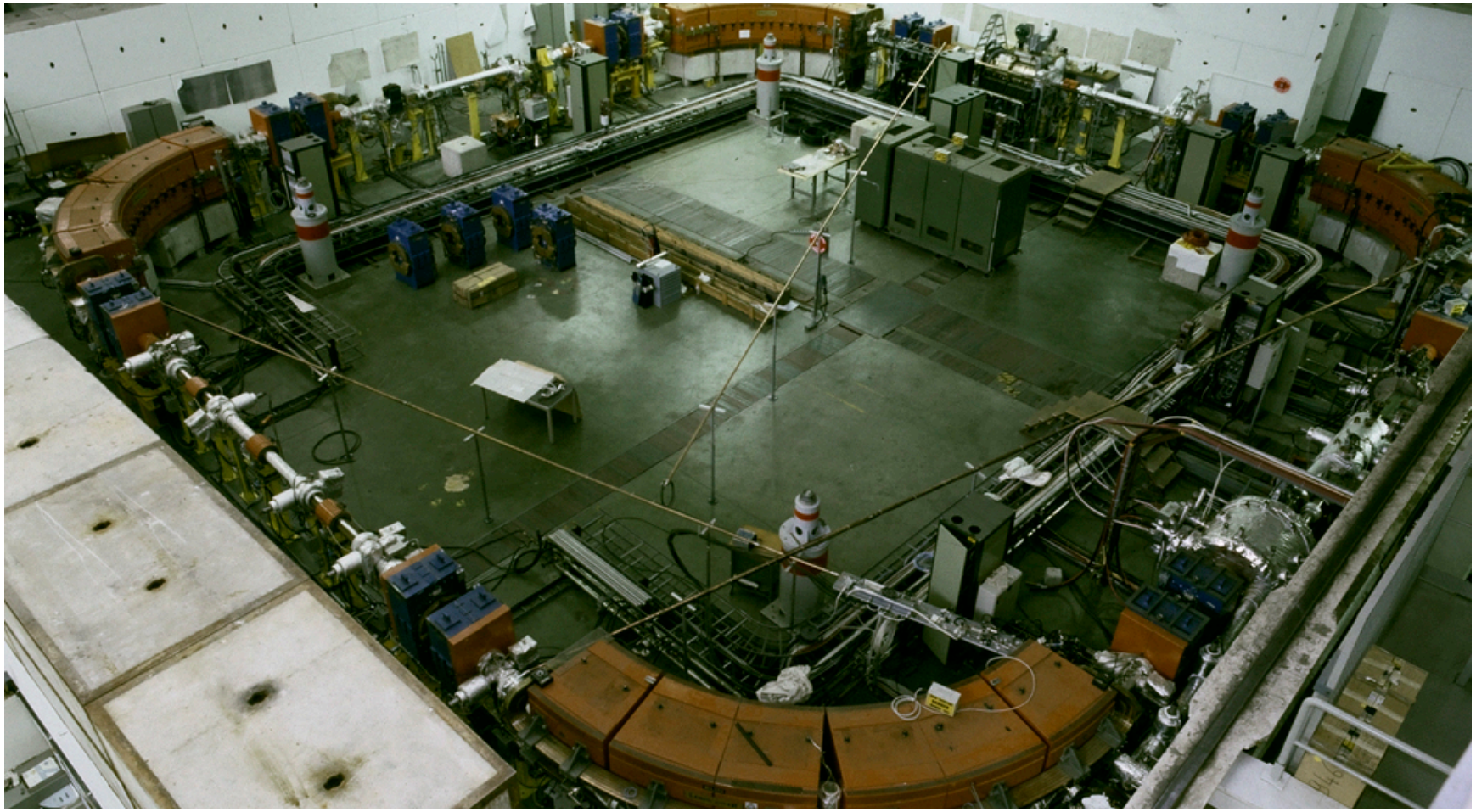
Ci sia aspetta di sì, per simmetria CPT



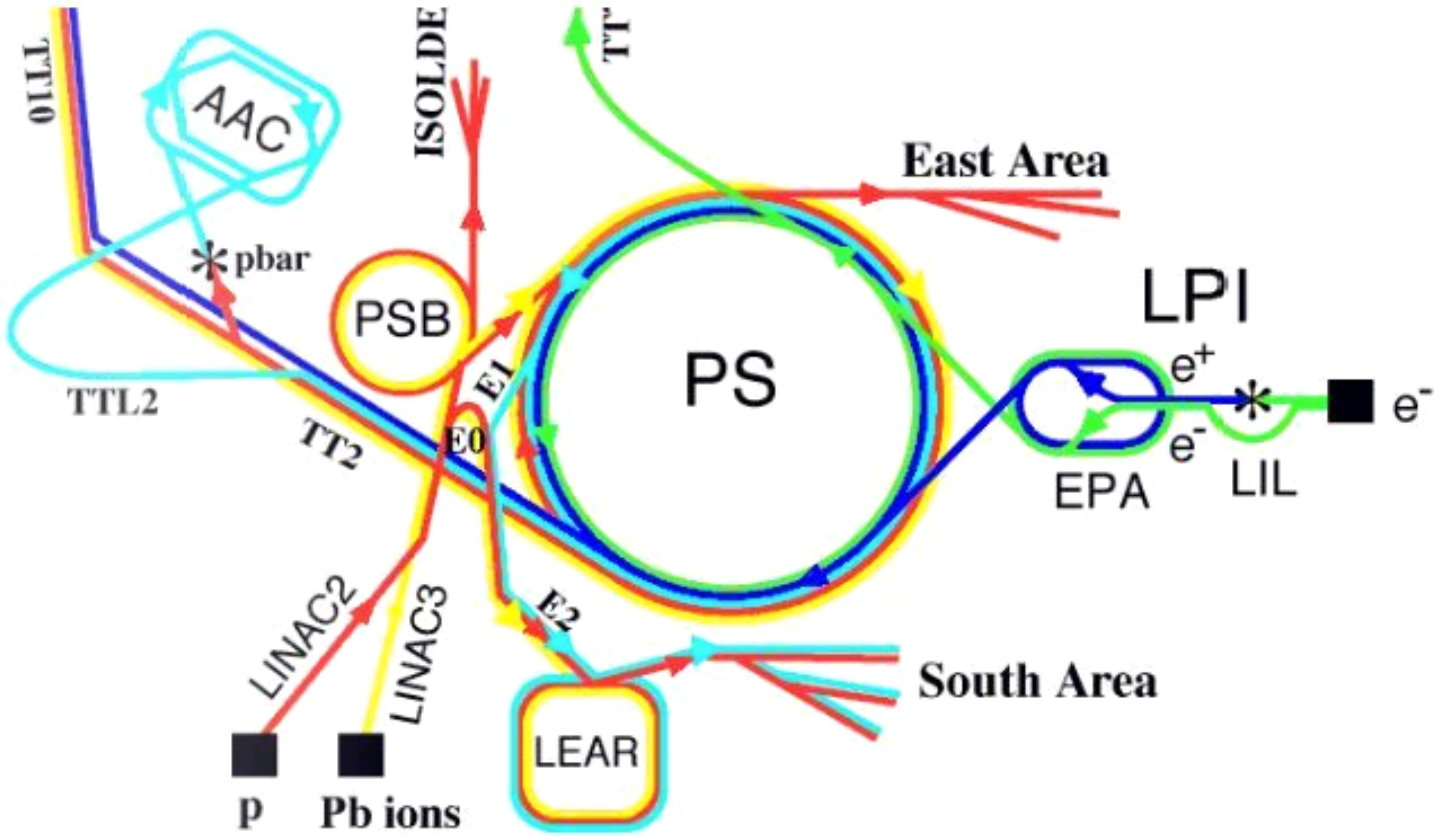
LEAR Low Energy Antiproton Ring



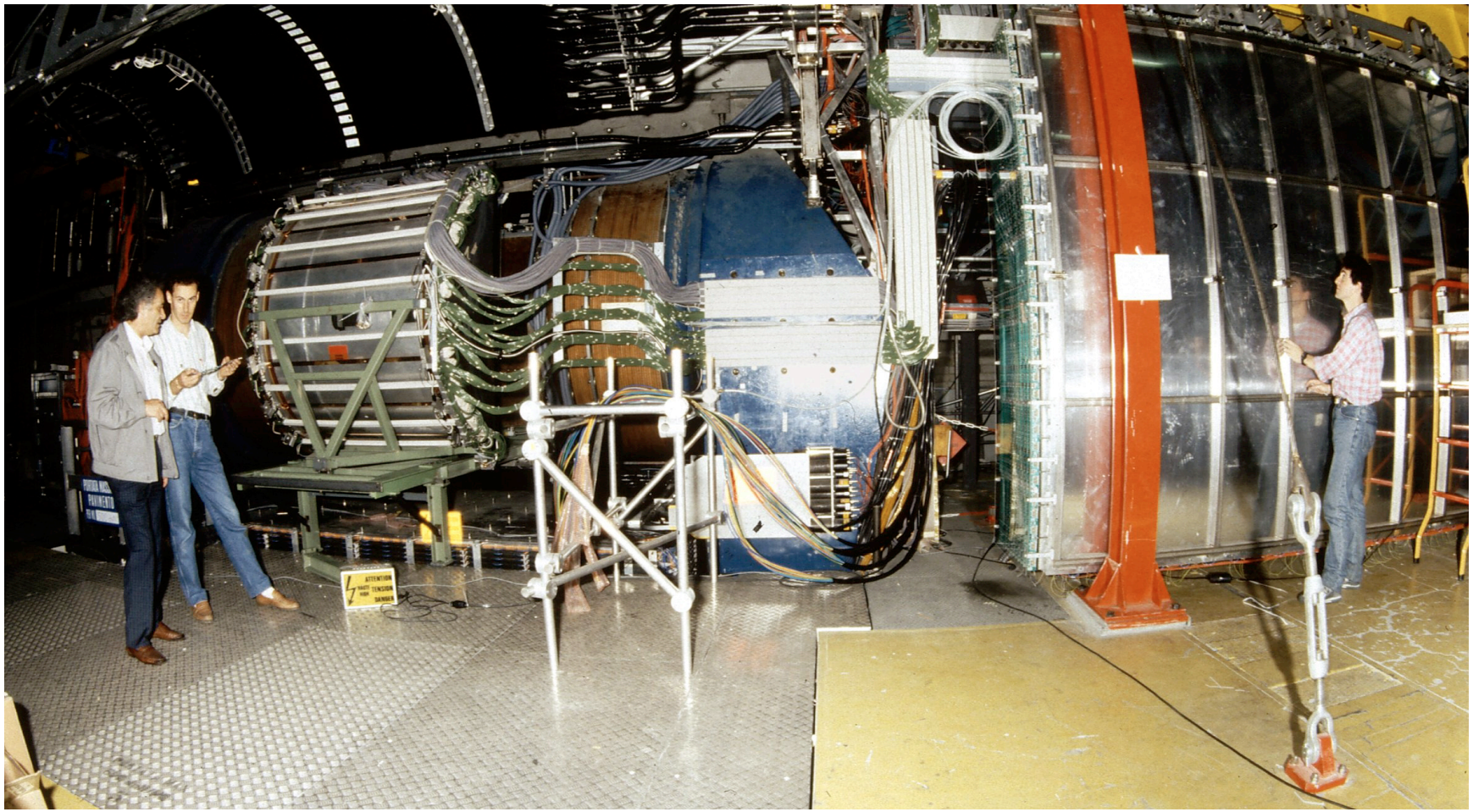
LEAR (1982-1996)



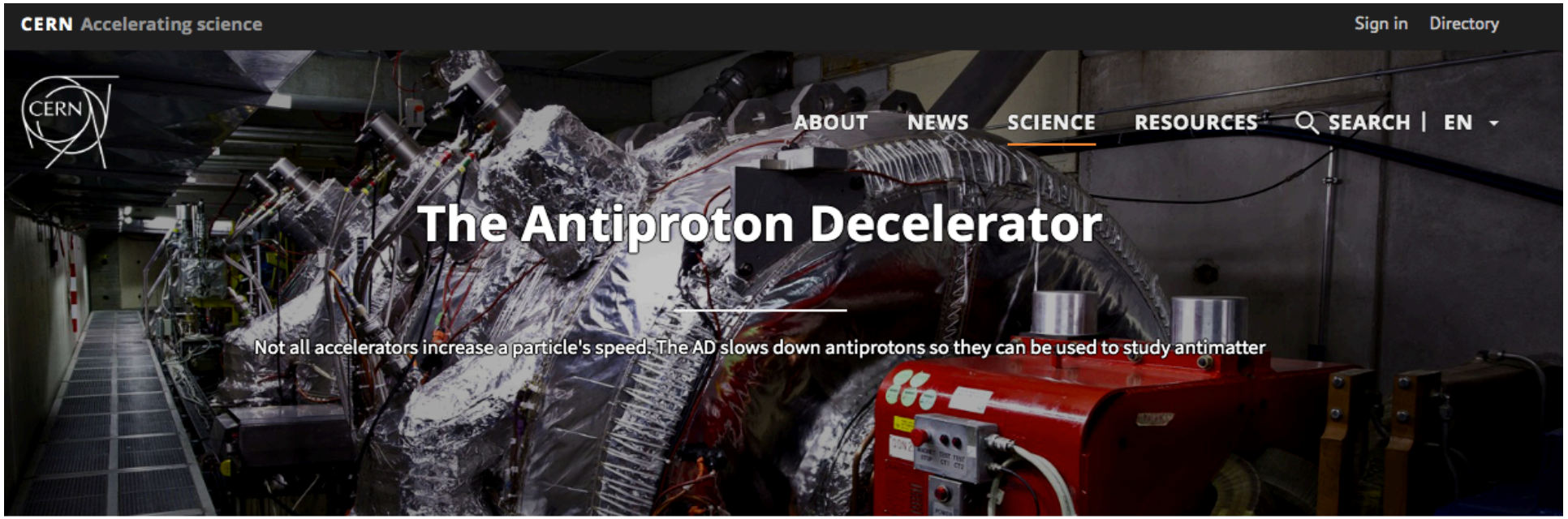
LEAR Low Energy Antiproton Ring

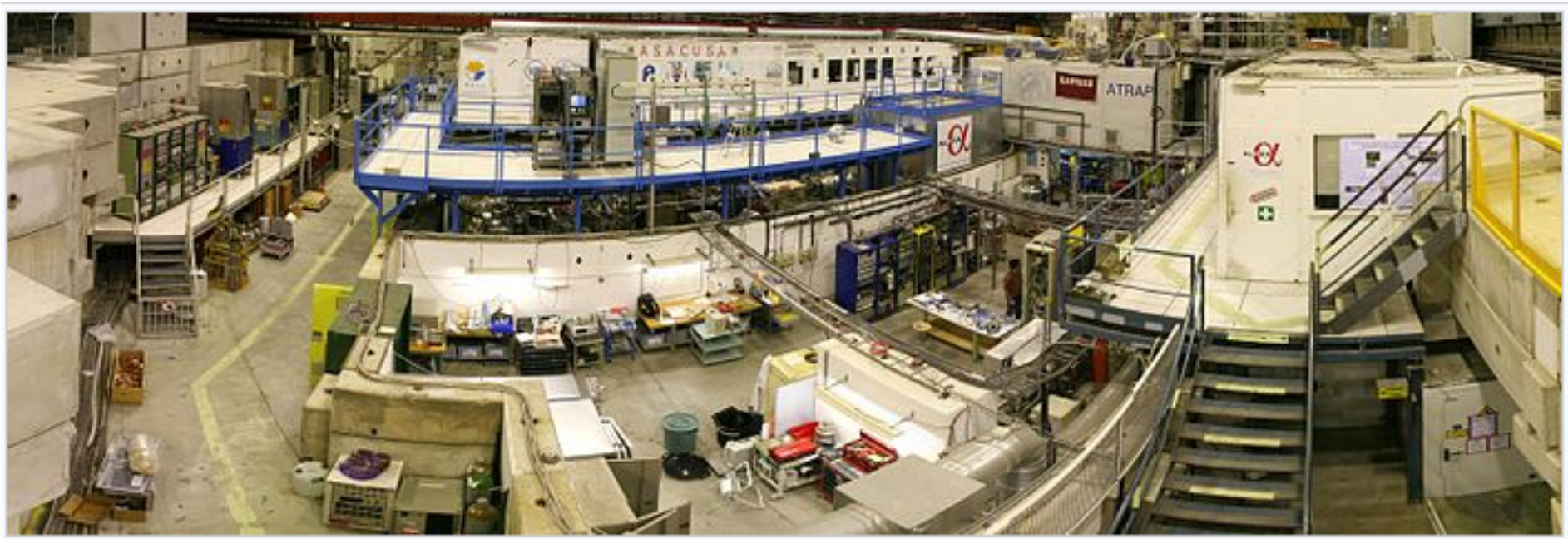


Esperimento OBELIX e un fascio di antineutroni

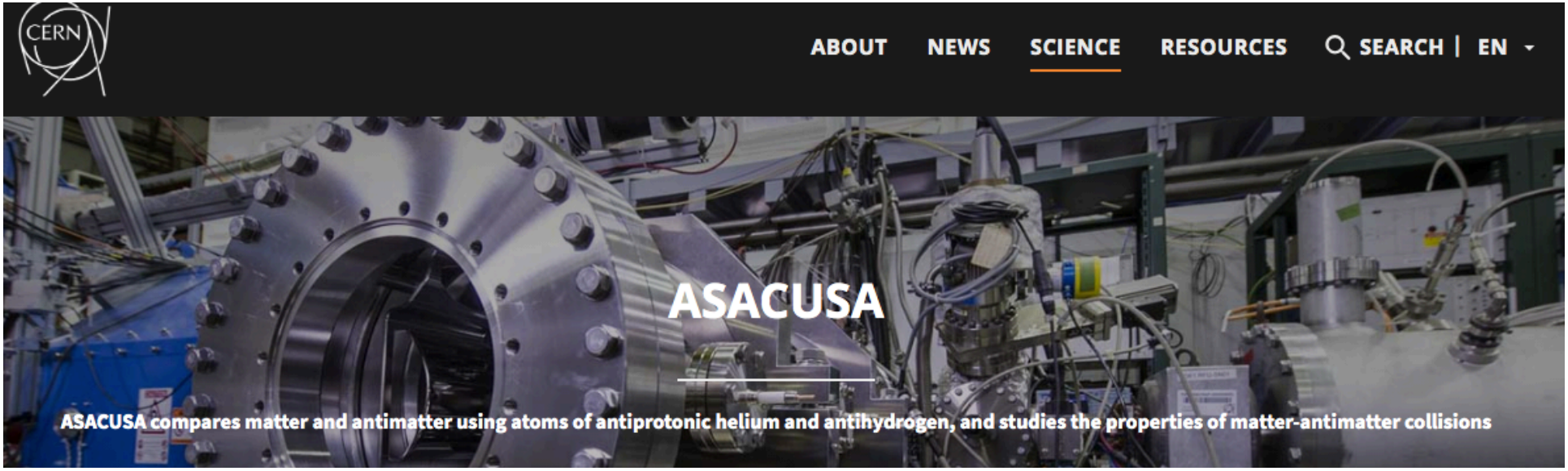


Decelerare per studiare l'antimateria e le sue proprietà: AD e i suoi esperimenti – ALPHA, ASACUSA, ATRAP, BASE – AEGIS e GBAR in preparazione per studiare gli effetti della gravità sull'antimateria





L'interno dell'edificio che ospita gli esperimenti, in particolare sono visibili ALPHA, ASACUSA e ATRAP.



Un fascio di anti-idrogeno Esperimento ASACUSA

Per approfondire:

- https://home.cern/science/accelerators/antiproton-decelerator
- https://www.yumpu.com/en/document/view/49814261/the-cern-low-energy-antiproton-and-ion-rings-lear-and-leir