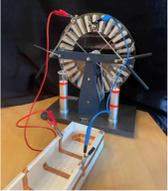


# ATELIER CHAMPS ELECTRIQUE & MAGNETIQUE

# CHAMP ÉLECTRIQUE : ACCÉLÉRER UNE PARTICULE CHARGÉE

Atelier « Fonctionnement d'un accélérateur »	
Expérience 1 : Comment accélérer une particule chargée ?	EUTORIA à l'école

Le dispositif expérimental photographié ci-contre est constitué d'une machine de Wimshurst et d'une maquette d'accélérateur linéaire.



- Sans relier la machine de Wimshurst et la maquette d'accélérateur par des câbles, positionner les deux extrémités sphériques à quelques centimètres l'une de l'autre et tourner la manivelle dans le sens indiqué sur la machine.
  - Qu'observe-t-on ?
  - À quoi sert une machine de Wimshurst ?
- Décharger la machine de Wimshurst en mettant les extrémités sphériques en contact. Câbler le dispositif comme sur la photographie. Placer une boule recouverte de peinture métallique dans la maquette d'accélérateur linéaire.
  - Qu'observe-t-on ?
  - Comment peut-on l'interpréter ?
- Quelles sont les différences au niveau du principe de fonctionnement entre cette maquette et un véritable accélérateur de particule chargée ? (Quelle grandeur physique reste constante dans chaque cas ?)

Atelier « Fonctionnement d'un accélérateur »	
Exercice : étude simplifiée d'un accélérateur de protons	EUTOPIA à l'école

Pour percer les secrets de la matière à l'échelle subatomique, les physiciens construisent depuis plus de cinquante ans, des collisionneurs de particules de plus en plus puissants. Le dernier né de cette famille est le Grand Collisionneur de Hadrons\*, le LHC pour « Large Hadrons Collider » construit par le laboratoire européen de physique des particules, le CERN, situé près de Genève. C'est le plus puissant accélérateur de particules construit à ce jour.



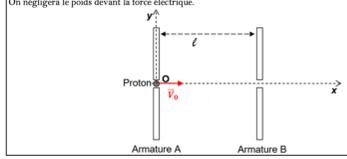
\* Hadrons : Les hadrons (du grec « adros », qui signifie « épais ») sont des particules composées de quarks. Les protons et les neutrons, qui constituent les noyaux des atomes, appartiennent à cette famille.

**Accélérateurs de particules**  
Le gros avantage des accélérateurs est de pouvoir fournir des faisceaux de particules dont la nature est connue et l'énergie variable, dans la limite des performances du dispositif. Avec de tels outils, les chercheurs peuvent entreprendre des campagnes de mesures systématiques grâce à des expériences dont on changera à loisir les conditions de fonctionnement.

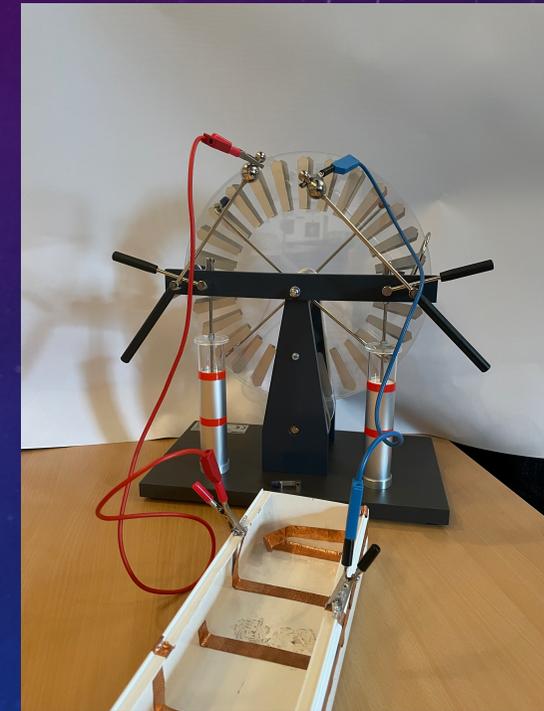
Alors qu'est-ce qu'un accélérateur ? C'est un dispositif construit pour augmenter la vitesse mais surtout l'énergie des particules. Pour augmenter l'énergie des particules, il existe une seule solution, il faut les soumettre à un champ électrique le plus intense possible. Seules les particules chargées et stables pourront être accélérées. En pratique, les premiers accélérateurs s'appliquèrent tant aux protons qu'aux électrons.

*D'après « Le vrai roman des particules élémentaires » de François Yvanucci professeur à l'université Paris 7-Denis Diderot*

Un proton pénètre dans un accélérateur linéaire de particules. À  $t = 0$  s, le proton est situé en O et possède une vitesse initiale de valeur  $V_0 = 2,0 \cdot 10^7$  m/s et de direction (Ox) (voir schéma ci-après). Entre les armatures A et B, séparées d'une distance  $\ell = 6,5$  cm, règne un champ électrostatique uniforme de valeur  $E = 10,0$  kV/m. On négligera le poids devant la force électrique.



Données :  
Masse d'un proton :  $m = 1,7 \times 10^{-27}$  kg  
Charge élémentaire :  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C



# CRÉER ET DÉVIER UN FAISCEAU

Atelier « Fonctionnement d'un accélérateur »

Expérience 2 : Comment courber la trajectoire de particules chargées ?

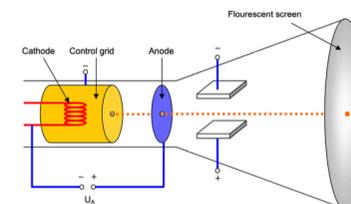
EAPP

EUTOPIA  
à l'école

Le dispositif expérimental photographié ci-contre s'appelle un tube de Braun et est utilisé de nos jours dans les oscilloscopes.



- La source d'électrons est une cathode chauffée.
- Les électrons qui passent par deux fentes de contrôle forment un faisceau et sont accélérés par la tension électrique entre la cathode et l'anode (indiquées en jaune et bleu sur le schéma).
- L'ampoule de verre est sous vide, afin d'éviter les collisions avec les molécules de l'air
- Sur l'écran fluorescent on voit l'impact du faisceau.



1. A quoi servent les éléments indiqués en blanc sur le schéma ( + et - ) ?

2. Approchez un aimant, qu'observez-vous ? Quelles sont les directions du champ magnétique, des électrons et de la déviation ?

3. Quelle est la différence entre cet appareil et le LHC au CERN ?

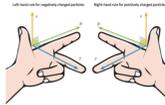


# UTILISATION POUR MESURER LES PARTICULES

Atelier « Fonctionnement d'un accélérateur »	CLAPP EUTOPIA à l'école
Expérience 3 : suivre les particules à la trace	

Quand une particule chargée se déplace dans un champ magnétique, elle subit une force transversale appelée force de Lorentz.

- Cette force est perpendiculaire à la direction du mouvement et à celle du champ magnétique. Sa direction dépend de la charge électrique de la particule.
- Cette force courbe la trajectoire des particules chargées. Si le champ magnétique et la vitesse de la particule sont constantes, elle décrit un cercle dont le rayon de courbure augmente avec la vitesse de la particule !



1. Dans ces clichés les particules entrent par la gauche et le champ magnétique pointe hors de la page. Elles traversent un liquide et créent, sur leur passage, des bulles qui matérialisent leur trajectoire.

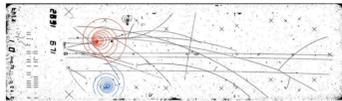


Figure 2: Photo 1 de la chambre à bulles  
CERN, CC BY 4.0

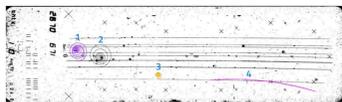
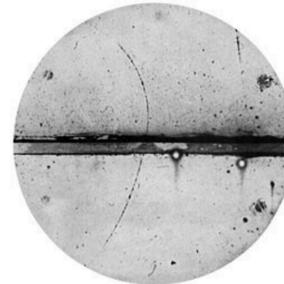


Figure 3: Photo 2 de la chambre à bulles  
CERN, CC BY 4.0

- Lesquelles sont positives ? Lesquelles sont négatives ?
- En supposant que toutes les particules négatives sont des électrons, classez ces traces dans l'ordre des vitesses décroissantes.
- Pourquoi des trajectoires en spirale ?

## II. Application : mise en évidence expérimentale d'une « nouvelle » particule.

Le cliché ci-dessous représente la trajectoire d'une particule chargée plongée dans un champ magnétique. Elle a été réalisée dans une chambre à brouillard le 2 août 1932. La barre horizontale est une plaque de plomb, qui absorbe une partie de l'énergie des particules qui la traversent.



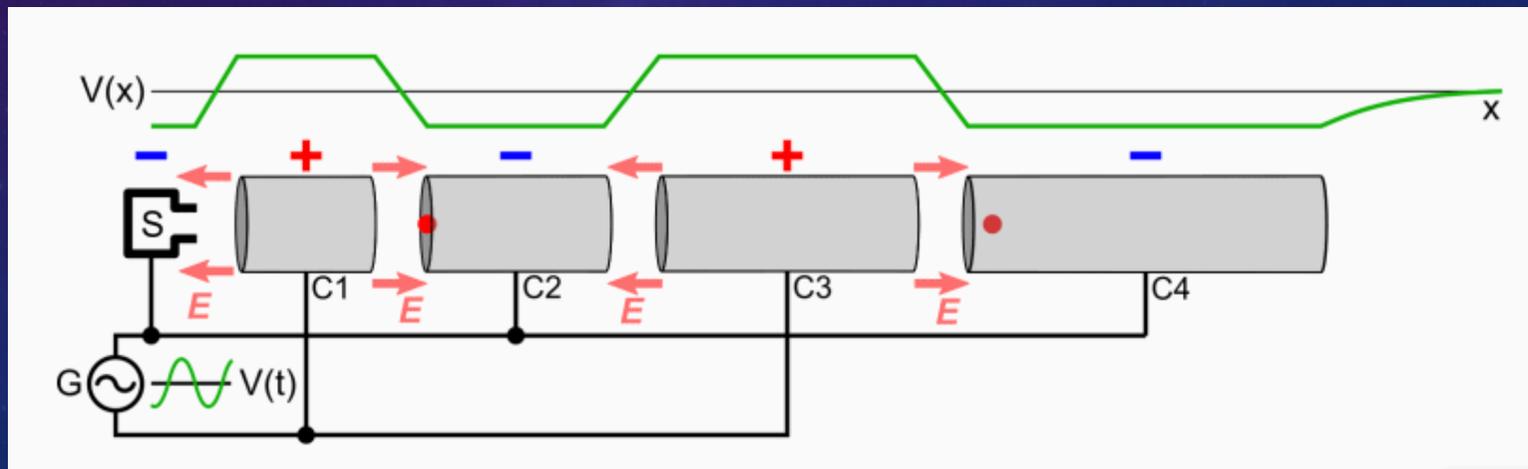
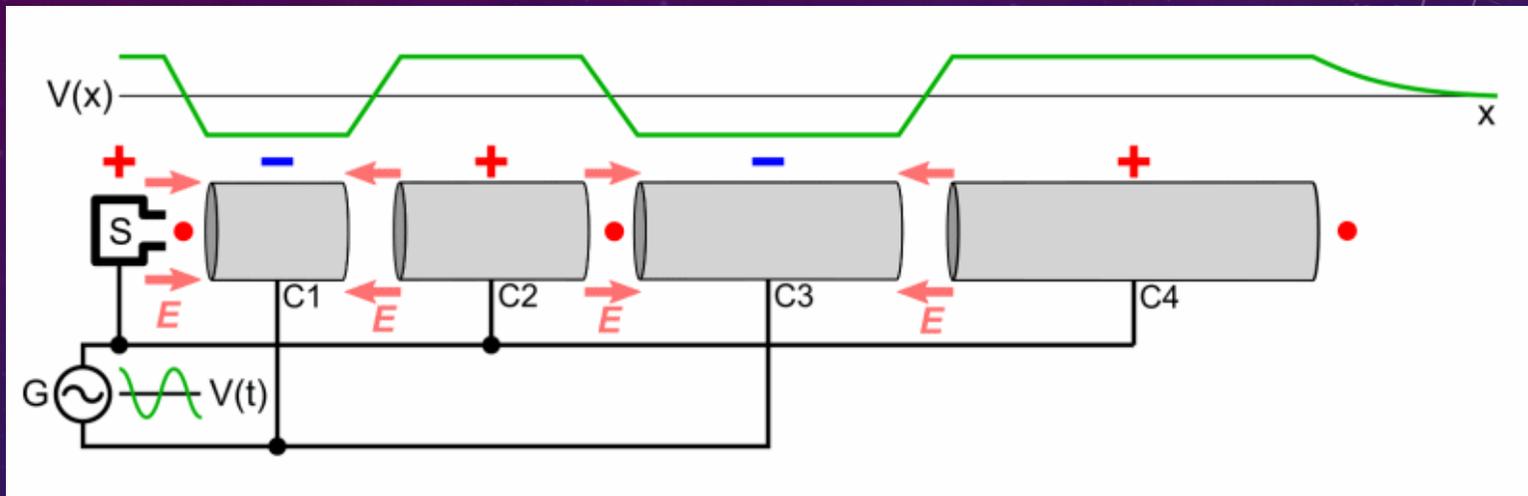
Trace laissée par une particule chargée dans une chambre à brouillard, cliché du 2 août 1932

1. En utilisant le résultat de la question 1.2., comparer qualitativement la vitesse d'une particule chargée après la traversée de la plaque de plomb à sa vitesse avant qu'elle ne la rencontre.
2. Indiquer le sens de parcours de la trajectoire de la particule sur le cliché ci-dessous.
3. Dans cette expérience, le champ magnétique est orienté comme sur le schéma du document 2. Quel est le signe de la charge de la particule ?!

# COMPARAISONS, LIENS ET RÉFÉRENCES

The background is a dark blue gradient with a subtle pattern of small white dots. On the right side, there are several faint, light blue circular elements. One is a large scale with numbers from 80 to 210 and arrows. Below it is a smaller circle with a dashed line and an arrow. In the bottom left corner, there are more faint circular patterns with arrows.

[HTTPS://WWW.LABOLYCEE.ORG/ACCELERATEUR-LINEAIRE-LINAC2-DU-CERN](https://www.labolycee.org/accelerateur-lineaire-linac2-du-cern)



<https://www.scienceinschool.org/fr/article/2019/track-inspection-how-spot-subatomic-particles-fr/>

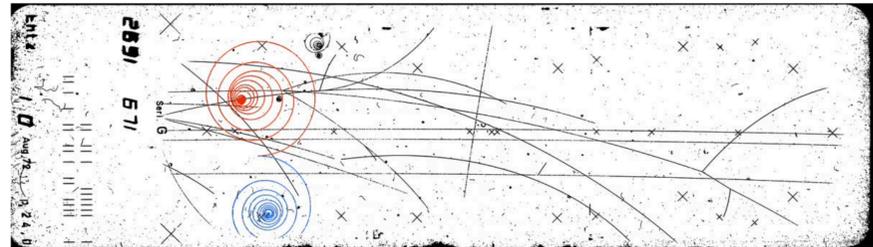


Figure 2: Photo 1 de la chambre à bulles  
CERN, CC BY 4.0

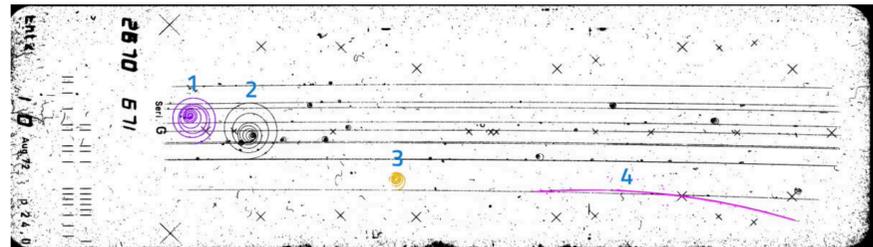


Figure 3: Photo 2 de la chambre à bulles  
CERN, CC BY 4.0

Animation LHC : <https://videos.cern.ch/record/1458951>

