

Université Populaire de Limoges - Mardi 7 septembre 2010

# **Albert Einstein & la relativité**

**Nadia Castano**

DEA physique subatomique - DUT animation scientifique  
pour l'association Conscience Verte

<http://www.conscienceverte.org>

# La physique à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle

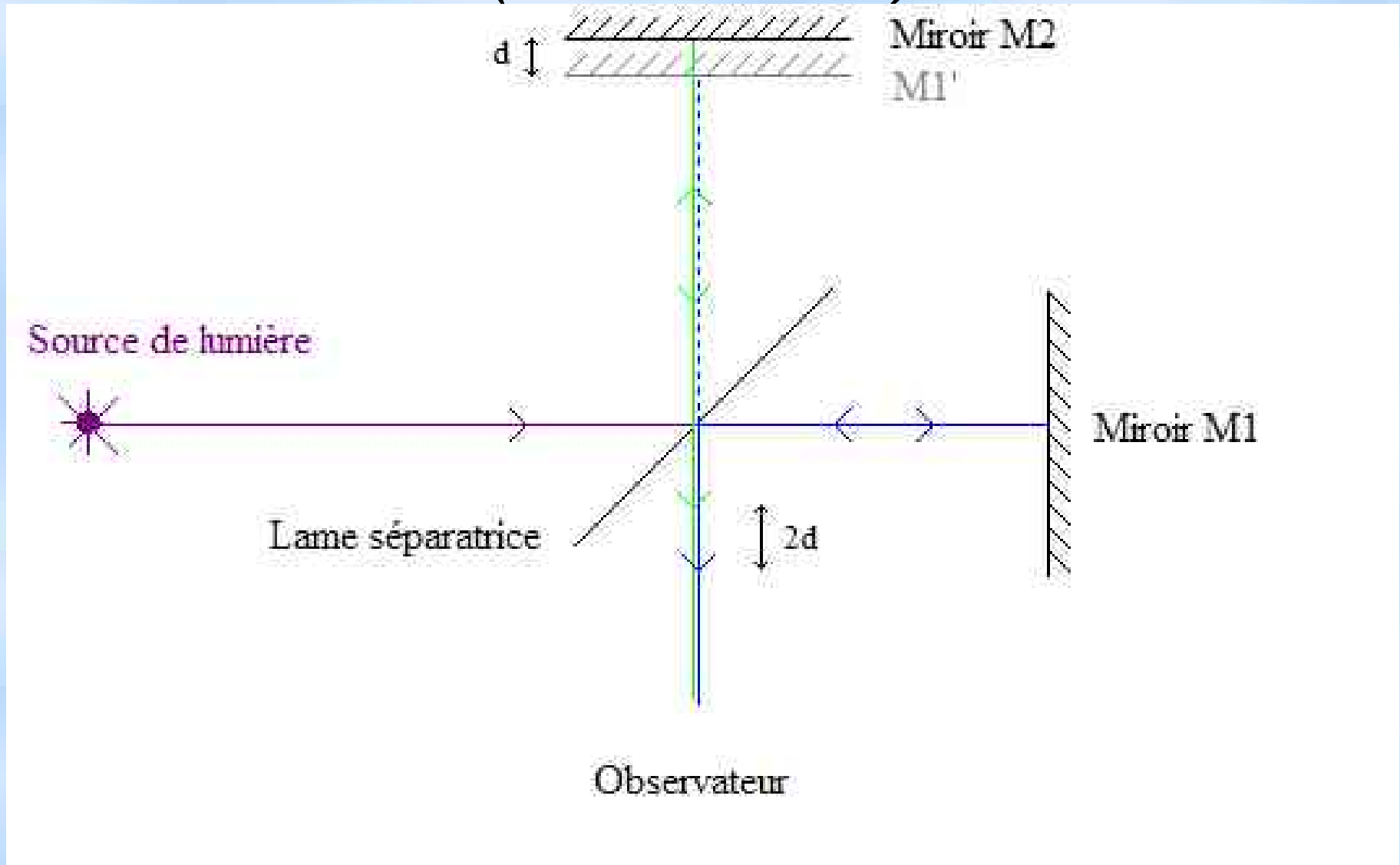
Deux théories abouties :

- la mécanique de Newton (1643-1727)
- l'électromagnétisme de Maxwell (1831-1879)

Avec cela, on peut tout expliquer...

... sauf quelques « broutilles », mais cela ne saurait tarder.

# Expérience de Michelson & Morley (1881-1887)



# Expérience de Michelson & Morley (1881-1887)

=> **La vitesse de la lumière est invariable** quel que soit le mouvement de la source de lumière ou de l'observateur : 300 000 km/s.

L'éther (milieu hypothétique de propagation de la lumière) n'existerait donc pas ?

Ceci contredit la mécanique newtonienne !

# 1905

Un certain **Albert Einstein**, 26 ans, employé de l'Office des Brevets de Berne (Suisse), publie à la suite 4 articles qui font sensation :

- mars : explication de l'**effet photoélectrique** par une théorie quantique de la lumière
- mai : explication de mouvement brownien par des collisions d'**atomes** et de molécules
- juin : article fondateur de la théorie de la **relativité (restreinte)**
- septembre :  **$E=mc^2$**

**Qui est cet Albert Einstein ?**



# Qui est cet Albert Einstein ?

Né en 1879 à Ulm en Allemagne, le jeune Albert était un enfant plutôt solitaire et rêveur, dont la réussite scolaire est médiocre malgré son intérêt pour les mathématiques et les sciences.

Il fuit le pays à 15 ans pour rejoindre sa famille, installée pour affaires à Milan en Italie depuis quelques mois, ceci afin d'échapper à l'appel pour le service militaire obligatoire à ses 16 ans.

Il devient apatride, jusqu'à temps de pouvoir acquérir la nationalité suisse à sa majorité en 1901.

# Qui est cet Albert Einstein ?

En 1896, il est autorisé à suivre des cours à la prestigieuse Ecole Polytechnique de Zurich bien qu'en ayant râté le concours d'entrée.

Il y rencontre notamment le mathématicien hongrois Marcel Grossmann, ainsi que Mileva Marič (d'origine serbe), qu'il épousera en 1903.

Une fois diplômé de justesse en 1900, il renonce à l'envie de poursuivre une carrière universitaire pour soutenir financièrement sa famille.

C'est ainsi qu'il entre à l'Office des Brevets de Berne en 1902, tout en poursuivant quelques recherches sur son temps libre.

# La théorie de la relativité restreinte

Concept fondamental : **invariance des lois de la physique** selon des transformations de Lorentz : la vitesse de la lumière est identique pour deux observateurs se déplaçant en translation à vitesse constante l'un par rapport à l'autre (référentiels « galiléens »).

=> **Les mesures de temps et d'espace sont relatives** à un observateur/référentiel donné.

N.B. : Certains attribuent la véritable paternité de la relativité restreinte à Henri Poincaré.

# La théorie de la relativité restreinte

## Illustration n° 1 : la notion de simultanéité

Imaginons deux lampes situées sur le bord d'une voie de chemin de fer, qu'un observateur au sol situé à mi-parcours voit s'allumer au même moment.

Les passagers d'un train se déplaçant à très grande vitesse verront s'allumer en premier la lampe vers laquelle ils se déplacent puis celle qu'ils viennent de dépasser.

**=> La simultanéité est une notion relative.**

# La théorie de la relativité restreinte

## Illustration n° 2 : durées & longueurs

Imaginons un train spatial, mesurant 100 mètres de long à l'arrêt en gare, se déplaçant en ligne droite à la vitesse de  $\sqrt{3}/2$  fois la vitesse de la lumière ( $c$ ), soit environ 260 000 km/s.

Pour des observateurs d'une gare spatiale :

- la longueur du train n'est que de 50 mètres
- le temps s'écoule 2 fois plus vite que pour les passagers du train

**=> Durées et longueurs sont aussi relatives !**

# La théorie de la relativité restreinte

## Illustration n° 3 : le paradoxe des jumeaux

Il était une fois deux frères jumeaux. L'un devient astronaute et explore l'espace à une vitesse proche de la lumière, tandis que le deuxième reste sur Terre.

A son retour, l'astronaute est plus jeune que son frère jumeau !

$$E=mc^2$$

Cette formule devenue célèbre\* définit l'énergie au repos d'une particule de matière.

**=> Il y a équivalence entre masse et énergie !**

Dans le cas d'une particule en mouvement, cette énergie est encore supérieure et devient infinie à la vitesse de la lumière.

\* parfois également attribuée à Henri Poincaré.

# Entrée dans la communauté scientifique internationale

- 1906 : Doctorat de physique
- 1909 : début de reconnaissance scientifique
- 1911 : invité au congrès de Solvay (Belgique), où il rencontre notamment Max Planck, Marie Curie et Paul Langevin.
- 1913 : nommé à l'Académie des Sciences de Prusse

En 1914, Albert Einstein emménage à Berlin. Il se sépare de Mileva et fréquente Elsa, une cousine, qu'il épousera en 1919.

# Génèse de la relativité générale

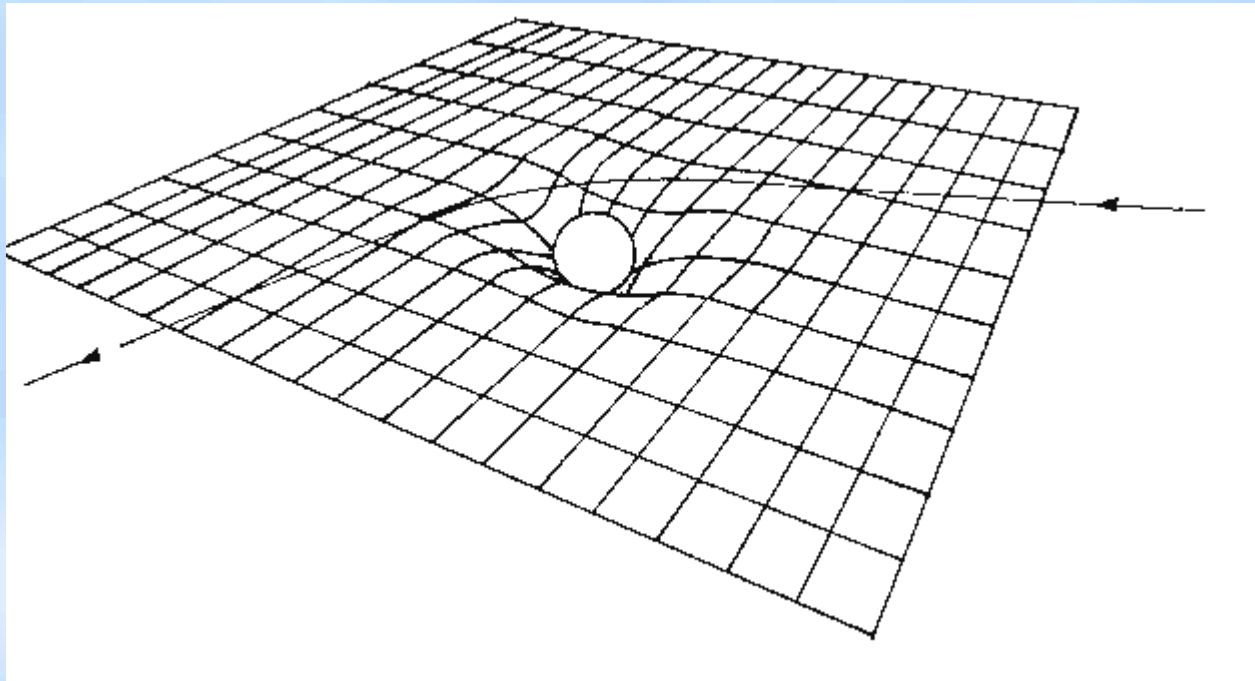
Le défi était d'élargir la théorie de la relativité à des référentiels soumis à la **gravitation**, c'est-à-dire à une accélération.

Einstein, qui est « coincé » par ses lacunes en mathématiques, est aidé par Marcel Grossman.

Einstein présente enfin sa théorie de la relativité générale à l'Académie le 25 novembre 1915 (cinq jours après David Hilbert qui l'avait développée parallèlement après un échange avec Einstein), puis la publie en 1916.

# La théorie de la relativité générale

Le concept d'interaction à distance (gravitation) de la mécanique newtonienne est remplacé par celui d'un champ de **courbure de l'espace-temps**, la courbe étant causée par la masse.



# Vérifications expérimentales de la théorie de la relativité

- 1915 : les calculs d'Einstein permettent enfin d'expliquer l'orbite de Mercure
- 1919 : 1<sup>ère</sup> mesure de la déviation de rayons lumineux lors d'une éclipse solaire par Eddington (mais mesure erronée)
- 1922 : confirmation lors d'une autre éclipse
- 1959 : vérification de l'« effet Einstein » (différence de fréquence de la lumière émise en deux lieux soumis à une intensité différente de l'attraction gravitationnelle)
- 1971 : vérification de la dilatation des durées

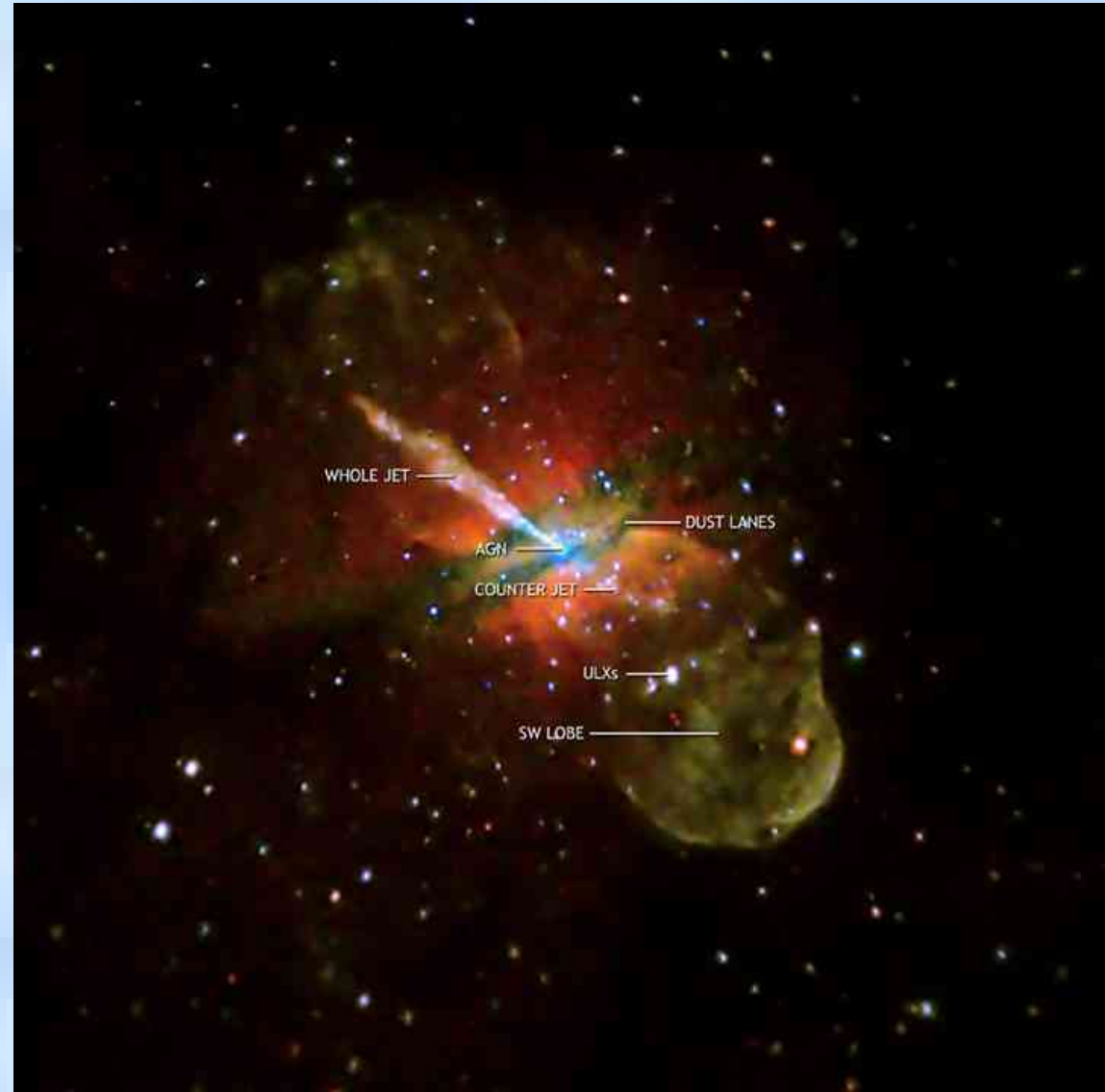
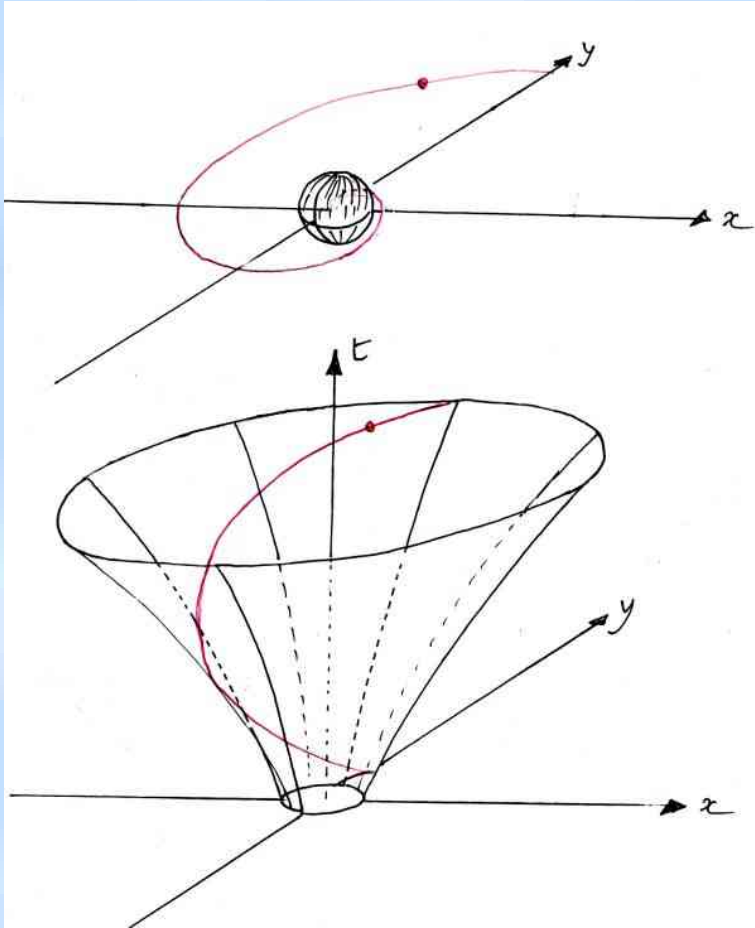
# Au-delà de la relativité

## Les trous noirs

- prédits par Karl Schwarzschild d'après équations d'Einstein dès 1916
- popularisés dans les années 60 par Kip Thorne
- 1971 : 1<sup>ère</sup> vérification expérimentale (rayons X émis par Cygnus X-1)
- recherche actuelle : recherche de « mini trous noirs » primordiaux (dont au LHC), exploitation des effets de lentille gravitationnelle pour l'observation d'objets lointains, recherche d'ondes gravitationnelles, débats théoriques...

# Au-delà de la relativité

## Les trous noirs



# Au-delà de la relativité

## Voyages dans le temps, hyperespace et multivers

Si certaines théories semblent envisageables sur papier à l'échelle des particules élémentaires, rien n'est moins évident en ce qui concerne des corps macroscopiques...

## Constante cosmologique et Big-Bang

Einstein avait ajouté une constante *had oc* dans ses équations afin de retrouver un univers stationnaire, selon la croyance de l'époque.

Or l'univers s'est avéré être en expansion.

Cette constante traduirait une énergie du vide.

# Au-delà de la relativité

Le mystère de la matière et de l'énergie sombres

D'après les observations du mouvement des galaxies, l'univers serait beaucoup plus lourd que ce que la matière visible laisse présager : il serait constitué de près de 90% de « matière sombre ». Pourtant, il semble être à géométrie euclidienne.

D'autre part, il a été observé récemment une accélération de l'expansion de l'univers, due à une « énergie sombre » inconnue.

Le destin de l'univers reste donc un mystère...

# Albert Einstein, de la reconnaissance scientifique...

## Autres contributions à la science

- 1917 : théorie de l'émission stimulée de photons (à la base de l'invention du LASER)
- 1924 : statistique de Bose-Einstein
- 1935 : paradoxe « EPR » + pont Einstein-Rosen

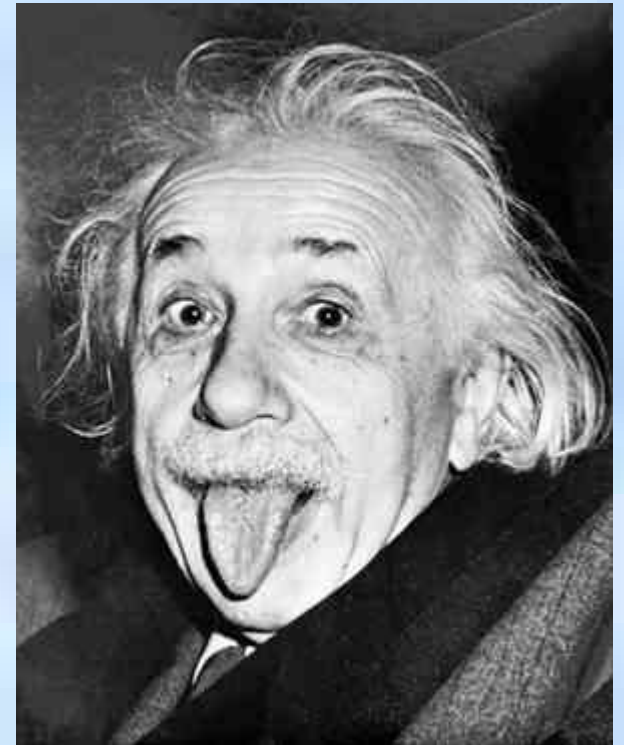
## Récompenses scientifiques

- 1921 : prix Nobel de physique
- 1925 : médaille Copley
- 1935 : médaille Franklin

## ... à la célébrité mondiale

Albert Einstein est devenu en quelques années le scientifique le plus connu du XX<sup>ème</sup> siècle, voire de toute l'histoire de l'humanité.

Outre les congrès scientifiques et une riche correspondance avec d'autres intellectuels de son époque, le « Professeur Einstein » se retrouve sollicité au quotidien pour répondre à des interviews ou à des lettres d'admirateurs anonymes.



# Implication politique

Dans les années 20, Albert Einstein devient une figure emblématique de la résistance **pacifiste** à la montée des fanatismes en Europe, de la **collaboration scientifique internationale** et du **mouvement sioniste**.

Il émigre aux **Etats-Unis** (Princeton) en 1933, quelques mois après l'arrivée au pouvoir d'Hitler. Revenant sur ses prises de positions antérieures, il défend la défense armée des pays alliés face à l'Allemagne Nazie et écrit en août 1939 une lettre au Président Roosevelt qui contribuera à lancer le **Projet Manhattan**, à son plus grand regret.

# Implication politique

Après la guerre, Einstein participe au mouvement de prise de conscience des physiciens atomiques. Ainsi il milite pour le désarmement atomique mondial en ce début de guerre froide.

Après avoir dénoncé les attaques menées par les Israéliens lors de la guerre de Palestine de 1948, il refuse la présidence de l'Etat d'Israël en 1952.

A l'époque du maccarthysme, il prend également position en faveur du socialisme et soutient les Rosenberg. Le FBI ouvrira même un dossier sur lui, avant que l'affaire ne soit définitivement classée en 1954.

# Faits divers sur la vie d'Einstein

- A ces heures perdues, il jouait du violon et faisait de la voile
- Bien qu'issu d'une famille athée, il était animé d'un profond sentiment religieux et imprégné par les idéaux de la culture juive
- Sa vie amoureuse et familiale n'a rien eu d'un « long fleuve tranquille »
- La citation selon laquelle l'humanité n'aurait que 4 ans à vivre s'il l'abeille disparaissait lui est attribuée à tort
- Einstein était peut-être « un Asperger »

# La mort d'Einstein

Albert Einstein décède d'une rupture d'anévrisme le 18 avril **1955** à Princeton.

Conformément à ses vœux, il est incinéré et ses cendres sont dispersées dans un endroit tenu secret, sauf son **cerveau** et ses yeux qui seront recueillis et préservés par le médecin légiste ayant fait son autopsie.

Toutes ses **archives** sont léguées à l'**Université Hébraïque de Jérusalem** et la totalité du montant reçu avec son prix Nobel à sa première femme Elsa pour le traitement de la schizophrénie de leur fils Eduard.

# Epilogue

Lettre à Maurice Solovine du 28 mars 1949

« Vous vous imaginez que je regarde l'oeuvre de ma vie avec une calme satisfaction. Mais vue de près, il n'en est rien. Il n'y a pas un seul concept dont je sois convaincu qu'il résistera, et je me demande même si je suis sur la bonne voie. Mais les contemporains voient en moi à la fois un hérétique et un réactionnaire qui s'est, pour ainsi dire, survécu à lui-même. »

Albert Einstein

# Epilogue

Le 10 décembre 1945, à l'American Nobel Center

« Le monde réclame des actions hardies et un changement radical de notre mentalité et de nos conceptions politiques. Puisse l'esprit qui animait Alfred Nobel, un esprit de foi et de confiance, de générosité et de fraternité entre les hommes, inspirer tous ceux dont les décisions déterminent notre destinée. Sans cela, notre civilisation sera vouée au déclin. »

Albert Einstein

**Merci pour votre attention**

# **Association Conscience Verte**

<http://www.conscienceverte.org>

[contact@conscienceverte.org](mailto:contact@conscienceverte.org)

**CONTACT : Nadia Castano**

Glangetas - 87380 Glanges

05.55.09.86.35 / 06.62.26.58.80