



Mise à jour 31 Octobre 2024



**CONFÉRENCE de
Olivier LAURENT Astrophysicien
« COMMENT INTERPRÉTER LA CÉLÈBRE FORMULE
 $E=mc^2$? »**

**Organisée par la SAF
En direct du siège et par téléconférence
Le Samedi 26 Octobre 2024 à 15H00
À l'occasion de la réunion de la Commission de Cosmo-
logie**

Photos : JPM, pour l'ambiance.

Les photos des slides sont de la présentation de l'auteur. Voir les crédits des autres photos et des animations.

Le conférencier a eu la gentillesse de nous donner sa présentation, elle est disponible [sur ma liaison ftp](#) et se nomme :

SAF - 26-10-2024 - E=mc2.pdf, qui se trouve dans le dossier COSMOLOGIE-SAF/ saison 2024-2025.

Ceux qui n'ont pas les mots de passe doivent [me contacter avant](#).

Elle [est aussi présente ici](#).

Les actualités présentées [sont ici](#).

La vidéo de la séance se trouve : https://youtu.be/je8X8_4S2oI

Les enregistrements des commissions cosmologie sont sur le site de la SAF/Cosmologie à l'adresse suivante :

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL78ug7UrzPF1GW7iMV42mAx34bmlk8HxD>



Nous étions une douzaine dans la salle et 25 sur Zoom.



Des problèmes de transport en banlieue Ouest dus à la récente tempête ont fait que notre conférencier n'a pas pu se rendre rue Beethoven. Il intervient en zoom.

Voici ce qu'il dit comme introduction à sa présentation :

« La célèbre formule d'Albert Einstein, $E = mc^2$, est la formule de physique la plus connue du grand public mais paradoxalement, c'est aussi la formule la moins bien enseignée et comprise même parmi certains physiciens professionnels.

Je vous montrerai comment Einstein a dérivé son équation en 1905 et comment cette équation doit être interprétée. »

Je pense que l'on va bien s'amuser tout en apprenant des choses nouvelles sur cette formule.

Toute cette conférence est basée sur les fameux articles d' « Annalen der Physik » d'Albert Einstein de 1905, il avait alors 26 ans !

Voici ce dont il était question :

1) 17 mars 1905 : **Sur un point de vue heuristique concernant la production et la transformation de la lumière**

Explication de l'effet photo-électrique avec l'hypothèse de quanta d'énergie (photon)

2) 30 avril 1905 : **Thèse de doctorat : Une nouvelle détermination des dimensions moléculaires**

Explication des liens entre les phénomènes macroscopiques, comme la diffusion et la viscosité, et les propriétés microscopiques contribuant à la théorie atomique de la matière

3) 11 mai 1905 : **Sur le mouvement de particules en suspension dans un fluide au repos impliqué par la théorie**

cinétique moléculaire de la chaleur

Explication du mouvement brownien avec l'hypothèse de l'atome

4) 30 juin 1905 : **De l'électrodynamique des corps en mouvement**

Théorie de la relativité restreinte

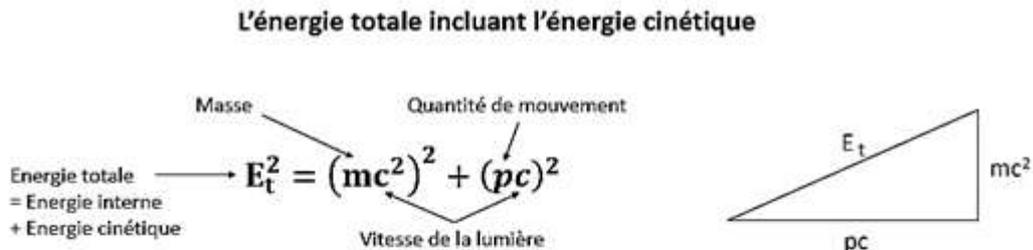
5) 27 septembre 1905 : **L'inertie d'un corps dépend-elle de son contenu en énergie ?**

$$E = mc^2$$

C'est ce dernier article qui va nous intéresser aujourd'hui.

Il pose la question : L'inertie d'un corps dépend-elle de son contenu en énergie.

Et en fait dans cet article de 3 pages, est conclu par la fameuse formule.



L'article d'Einstein de 1905 ne discute pas l'énergie totale mais uniquement de l'énergie interne d'un corps massif.

Pour des particules massives (donc pas pour le photon qui a une masse nulle), on a :
Pour la clarté, j'ai mis un indice t pour l'énergie totale avec E_t .

$$E_t = \gamma mc^2$$

$$p = \gamma mv$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Facteur de Lorentz

dans la vidéo et sur slides.

En conclusion : La masse d'un corps est une mesure de son contenu énergétique.

Notre conférencier attire ensuite notre attention sur un article de Lev Okun (Institut de physique et de technologie de Moscou), où il pose la question des différentes masses.

Notre ami Olivier, nous a disséqué la démonstration que vous trouverez

$$E_0 = mc^2$$

$$E = mc^2$$

$$E_0 = m_0c^2$$

$$E = m_0c^2$$

Dans ces équations :

c est la vitesse de la lumière

E est l'énergie totale d'un corps libre

E_0 est l'énergie au repos d'un corps libre

m_0 est la masse au repos d'un corps libre

m est la masse d'un corps libre

Et il
de-

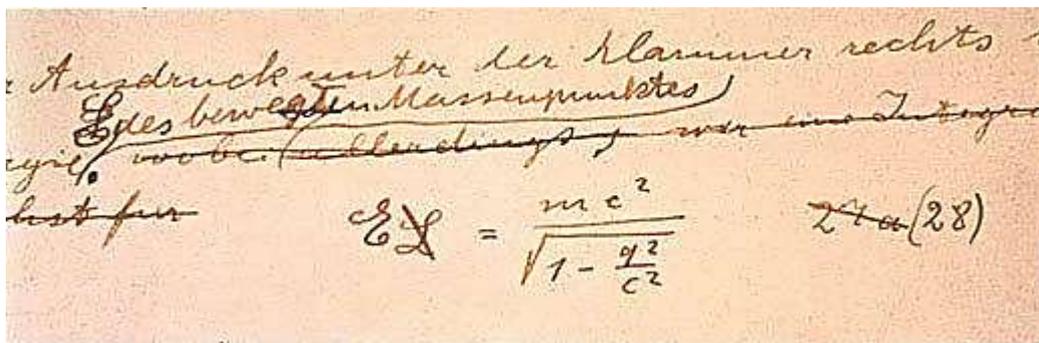
mande quelle est l'équation démontrée par Einstein dans son article de 1905.

C'est bien entendu l'équation 1 qui est correcte, l'énergie au repos.

Le corps au repos a une « masse propre » ou « masse au repos » m_0 , alors qu'un corps se déplaçant avec la vitesse v a une « masse relativiste » ou une « masse » m :

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

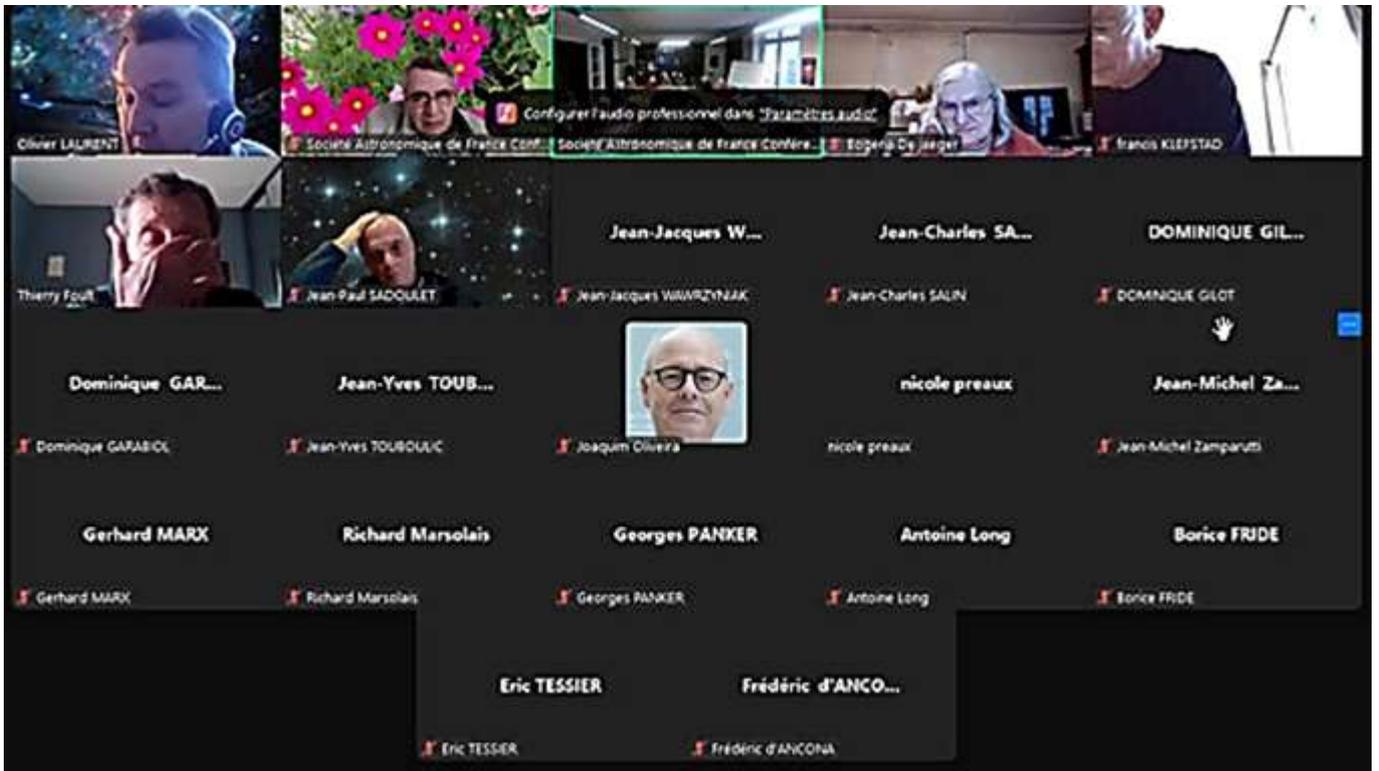
On fait tous la confusion entre masse au repos et masse relativiste.



La fameuse
équation
d'Einstein
écrite par le
Maître lui-
même.

Crédit : Archives Einstein Université Hébraïque de Jérusalem.

CONCLUSION.



Il n'existe qu'une masse (masse inerte, masse propre, masse invariante) en physique et la masse est une autre définition de l'énergie interne du corps.

Le terme de masse relativiste porte à confusion et apporte une mauvaise explication en indiquant qu'en accélérant un corps ayant une masse au repos m_0 sa masse relativiste augmente, rendant encore plus difficile l'accélération pour atteindre la vitesse de la lumière.

L'impossibilité d'aller plus vite que la vitesse de la lumière n'est pas liée à une propriété du corps (le contenu) comme sa masse relativiste mais de l'espace-temps (le contenant).

Un corps en constante accélération ne peut atteindre la vitesse de la lumière car s'il accélère de 1 g dans son référentiel, l'observateur fixe verra bien affiché sur l'accéléromètre du voyageur $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ mais comme le temps se dilate, la variation de vitesse sera de plus en plus lente.

Un corps allant à une très grande vitesse ne peut pas se transformer en trou noir car sa masse relativiste augmente et l'attraction gravitationnelle de ce corps n'augmente pas non plus.

Merci à Olivier d'avoir précisé ces différents points sur la formule la plus célèbre du monde, et de nous proposer un petit Quiz en forme de conclusion :

QUESTIONS (RÉPONSES EN ROUGE)

1. Le photon contient de l'énergie $E=h\nu$: Est-ce que le photon possède une masse ?

Non

2. Le soleil perd de la masse : Est-ce que la perte de masse se fait à la surface du soleil ou au cœur du soleil où se produit la fusion nucléaire ?

À la surface du soleil en émettant des photons

3. Imaginons une boîte parfaitement réfléchissante avec un photon pris au piège dans la boîte : Est-ce que le photon contribue à la masse de la boîte ?

Le photon contribue à la masse car il contribue à l'énergie interne de la boîte.

4. Est-ce que la masse d'un corps augmente avec sa température ?

Oui, car l'énergie cinétique liée à l'agitation thermique s'ajoute à l'énergie interne du corps donc à sa masse.

5. Est-ce qu'un trou noir qui absorbe un photon voit sa masse augmenter ?

Oui

6. Est-ce qu'un corps en rotation et un même corps sans rotation ont la même masse ?

Non, le corps en rotation a une masse plus élevée due à la vitesse de rotation des particules le composant.

7. Est-ce que la masse augmente avec sa vitesse ?

Non car l'énergie interne du corps ne change pas

8. Est-ce que la perte de masse dans les réactions nucléaires (fusion ou fission) concerne la masse ou la masse relativiste ?

La masse

9. Est-ce que la masse est conservée dans le système clos ?

Oui

10. Est-ce qu'une masse irréductible (donc non transformable en énergie) existe ?

Non. La masse des nucléons provient à 99% du champ de gluons (les gluons ont une masse nulle) et de l'énergie cinétique des quarks. Les masses des bosons Z,W et des fermions proviennent de l'interaction du champ de Higgs. Sans l'interaction avec le champ de Higgs, ils ont une masse nulle. On peut donc se passer de la masse en physique en utilisant à la place l'énergie interne des objets physiques.

POUR ALLER PLUS LOIN :

[E=mc² : qu'est-ce que c'est ?](#)

[E = mc², la formule expliquée par Etienne Klein](#) sur YouTube

[E=mc², une démonstration de la célèbre équation de la relativité d'Einstein](#)
! Sur YouTube

E=mc² - Définition et Explications

**PROCHAINE RÉUNION COSMOLOGIE : Samedi 18 Janvier 2025 15h
AU SIÈGE**

(Thème à déterminer)

Une invitation sera envoyée deux semaines avant.

PROCHAINE CONFÉRENCE MENSUELLE DE LA SAF :

**Prochaine conférence SAF. : le mercredi 13 Novembre 2024 (CNAM) 19
H**

avec Valéry LAINEY Astrophysicien IMCCE

sur « PHÉNOMÈNES DE MARÉES DANS LE SYSTÈME DE SATURNE »

**Réservation comme d'habitude à partir du 17 Oct 9h00 ou à la SAF di-
rectement.**

Transmission en direct sur le canal YouTube de la SAF :

<https://www.youtube.com/channel/UCD6H5ugytjb0FM9CGLUn0Xw/featured>

**La suivante : le 11 Décembre : Transmission en direct sur le canal
YouTube de la SAF : <https://www.youtube.com/channel/UCD6H5ugytjb0FM9CGLUn0Xw/featured>**

À NOTER, des conférences (en anglais) sur la cosmologie de la part de notre amie **Norma Sanchez Directrice de l'école de cosmologie D Chalonge**, voici son message ainsi que les liens vers des articles ou conférences précédentes liés à la cosmologie :

SAVE THE DATE: TUESDAY 19 NOVEMBER 2024, 18:00, at the Embassy of Argentina in Paris (6 rue Cimarosa, 75116 Paris 16e. Metro Boissiere) :

Open Conference to all public on The New Quantum Daguerreotype: A New Information System and the Nobel Prizes 2024 to the IA.

More information will be sent.

ENTANGLEMENT AND GENERALIZED GEOMETRICAL BERRY PHASES IN QUANTUM GRAVITY:

<https://www.mdpi.com/2073-8994/16/8/1026>

<https://www.mdpi.com/2073-8994/16/8/1026/pdf>

- QUANTUM SPACE-TIME SYMMETRIS: A PRINCIPLE OF MINIMAL GROUP REPRESENTATION:

<https://www.mdpi.com/2218-1997/10/1/22>

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024Univ...10...22C/abstract>

-NEW CONCEPTUAL APPROACH TO PHOTOGRAPHY AS A QUANTUM INFORMATION SYSTEM :

https://www.researchgate.net/publication/375745724_NEW_CONCEPTUAL_APPROACH_TO_PHOTOGRAPHY_AS_A_QUANTUM_INFORMATION_SYSTEM_English_versio

-SPECIAL ISSUE QUANTUM PHYSICS WITH GRAVITY:

Academic Editor: Norma G. Sanchez:

<https://chalonge-devega.fr/QG-Special-Issue.png>

https://www.mdpi.com/journal/universe/special_issues/44645DOTKA

- THE PRESENTATIONS of the OPEN SESSION "LAST NEWS" are available here:

https://chalonge-devega.fr/Seance_ouverte_27septembre2024.html

-CALL FOR PAPERS: 2nd VOLUME keV DARK MATTER IN TRIBUTE TO HECTOR DE VEGA

https://www.mdpi.com/journal/universe/special_issues/2A1DQ9L094

<https://chalonge-devega.fr/keV-WDM-deVega2ndEdition.pdf>

See the 1st VOLUME:

https://www.mdpi.com/journal/universe/special_issues/kWDM

See the WEBINAIRE

https://chalonge-devega.fr/Webinaire_10Nov21.html

HENRI POINCARÉ by LOUIS DE BROGLIE:

<https://journals.openedition.org/sabix/1163>

HENRI POINCARÉ, PIONEER OF GENERAL RELATIVITY AND OF GRAVITATIONAL WAVES,

"les ondes gravifiques") Science et Hypothèse (1902)...Les Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo (1906), Chapter 9:

<https://chalonge-devega.fr/SanchezPoincare23nov.pdf>

Bon ciel à tous

Jean Pierre [Martin](#) Président de la commission de cosmologie de la SAF

www.planetastronomy.com

[Abonnez-vous gratuitement aux astronews](#) du site en envoyant votre nom et e-mail.