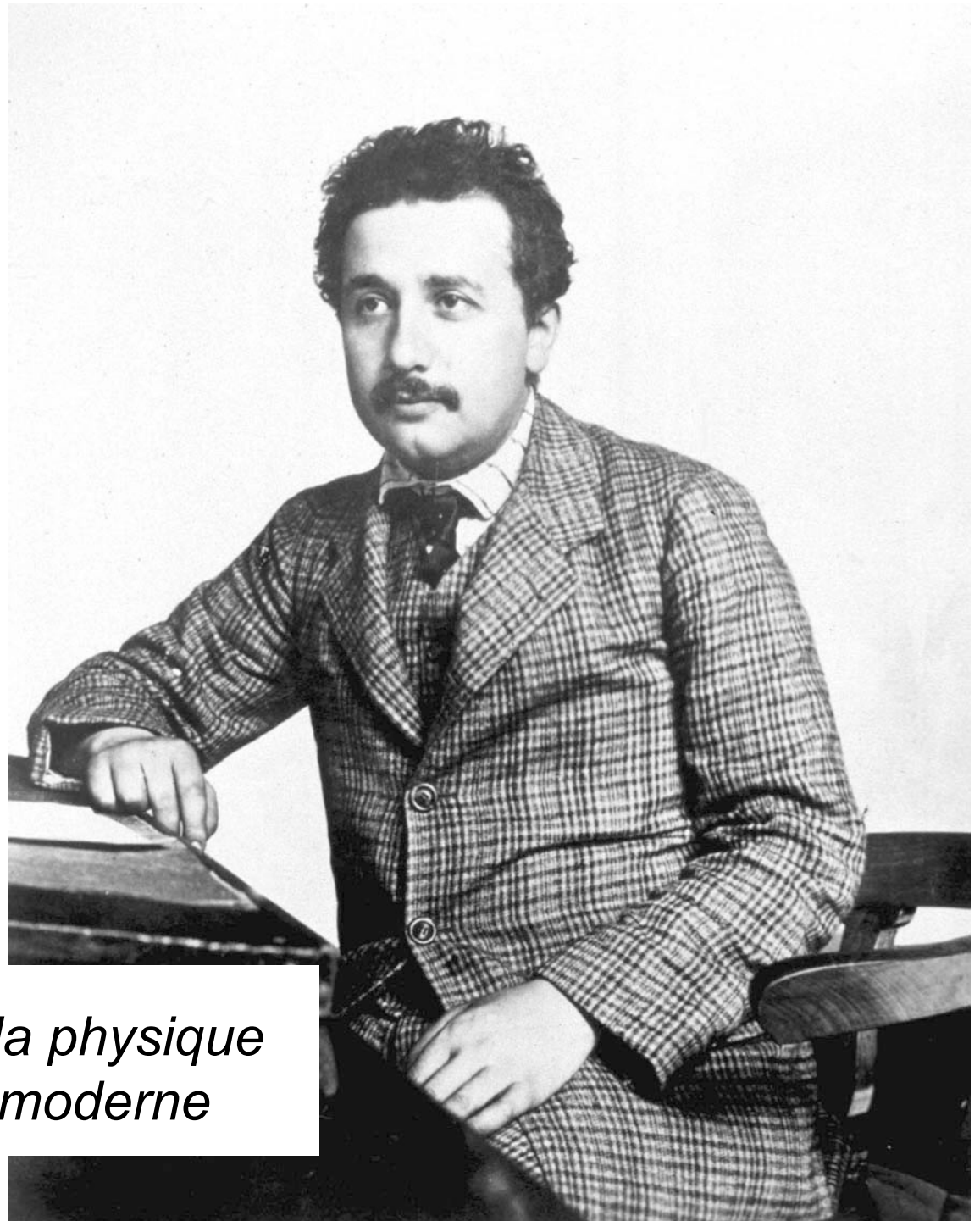


Physique et Réalité : le Temps existe-t-il ?

Thibault Damour*

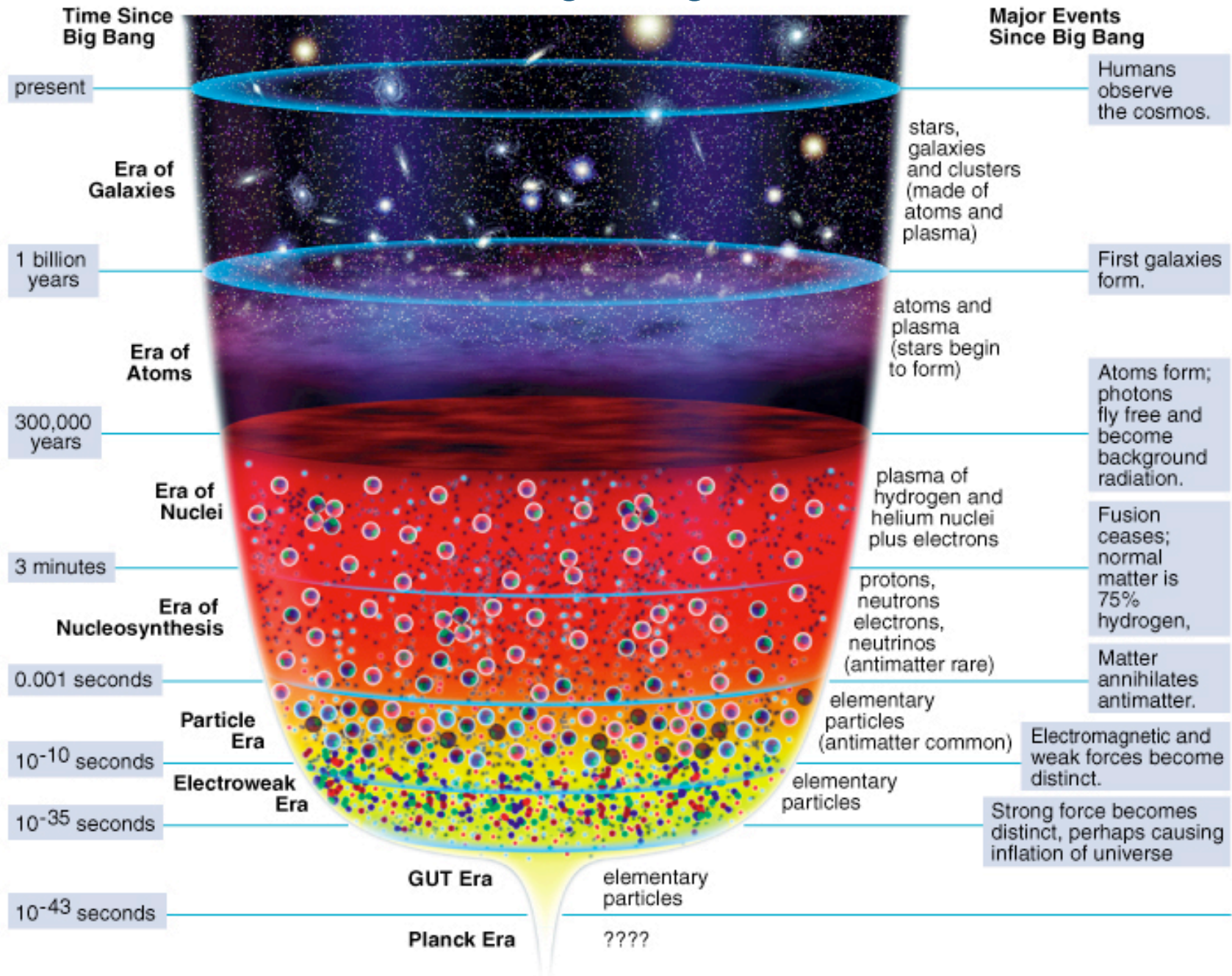
Einstein

Théories de la Relativité
1905, 1915

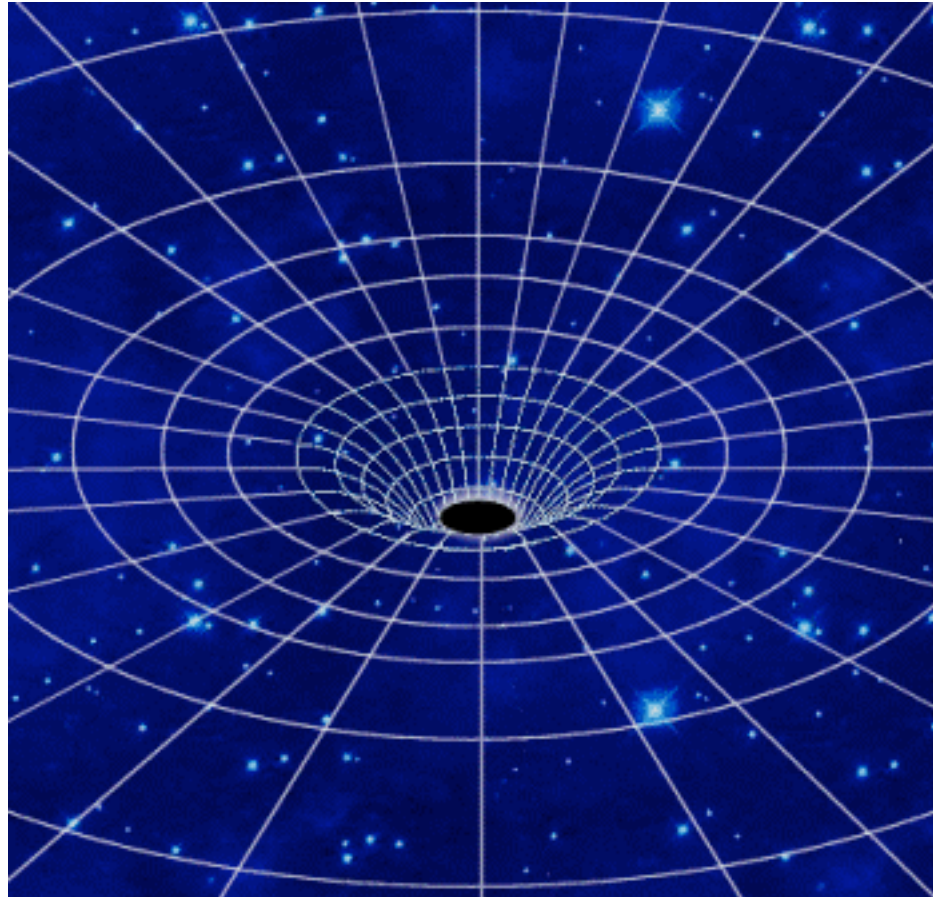


*Vertiges relativistes de la physique
et de l'astrophysique moderne*

Big-Bang



Trou Noir



Schubert

Winterreise



Un voyage vers la mort

Einstein à Paris, 1922

Le Peuple, 31-3-1922

« *Le temps n'est qu'un songe* »

Bonsoir, 3-4-1922

« *Le Temps Illusion* »

L'Éclair 21-3-1922

« *Einstein nie le temps et l'espace mais il croit en la démocratie* »

La Justice, 25 et 26-3-1922

« *Le Temps n'existe pas, dit Einstein. Mais l'heure existe, a dit M. Honorat. Et ce soir, elle change* »

Le Petit Parisien 1-4-1922

« *Grâce à Einstein, plus de retards, puisque le temps n'existe pas* »

La Presse, 10-4-1922

« *Le Temps n'est plus !* »

Le temps n'existe pas. (EINSTEIN.)



— C'est sûrement du beau temps
qu'Einstein veut parler.



Le Plesiosaure. — Dites donc, monsieur Einstein, c'est bien vous qui avez dit que le temps n'existait pas ?...

(Dessin de R. CHANCEL.)

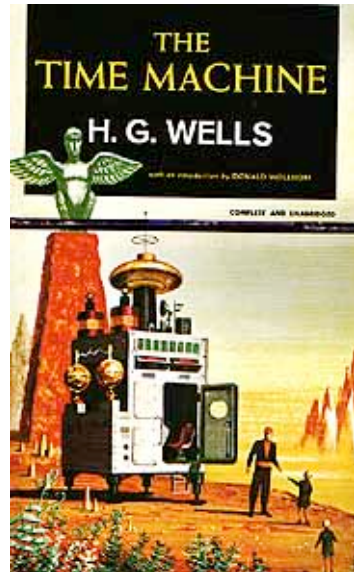
Einstein discute avec Bergson

Bergson : « Le sens commun croit à un temps unique, le même pour tous les êtres et pour toutes choses [...]. Chacun de nous se sent durer [...] il n'y a pas de raison, pensons-nous pour que notre durée ne soit pas aussi bien la durée de toutes choses. »

Bergson : « Durée et simultanéité » Paris, 1923

Le voyageur de Langevin

Voyager dans le temps ?

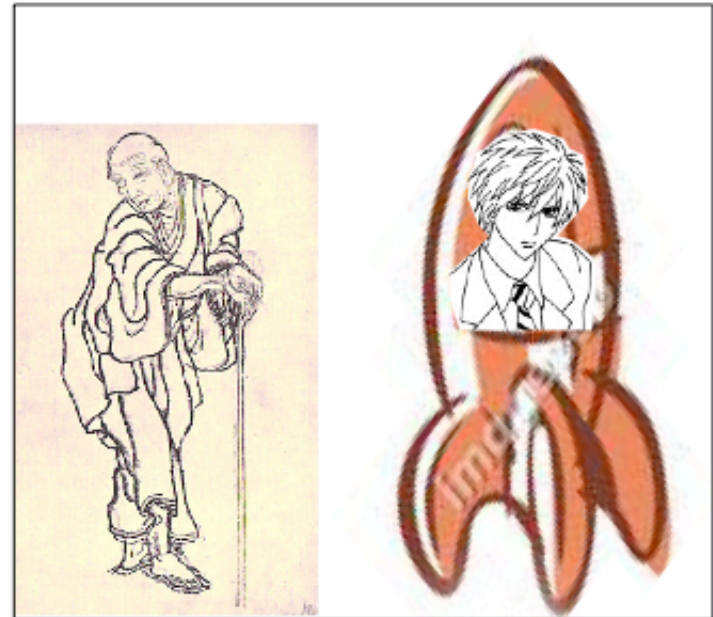
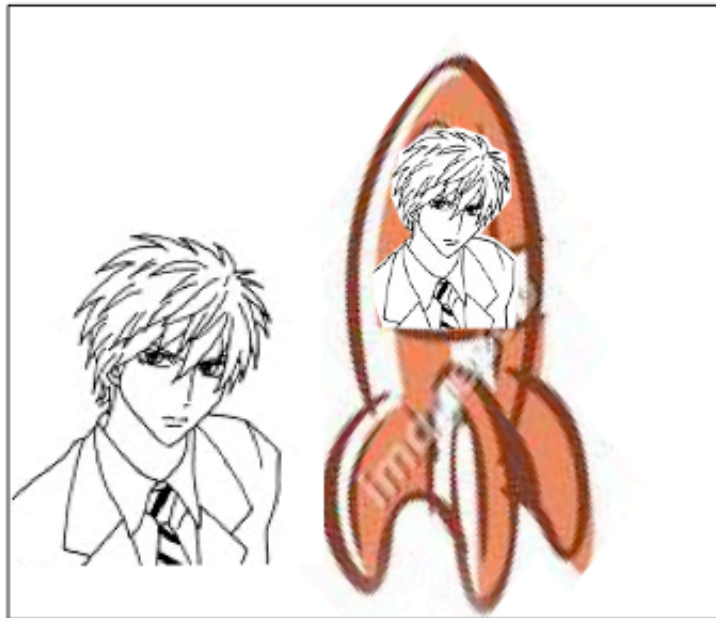
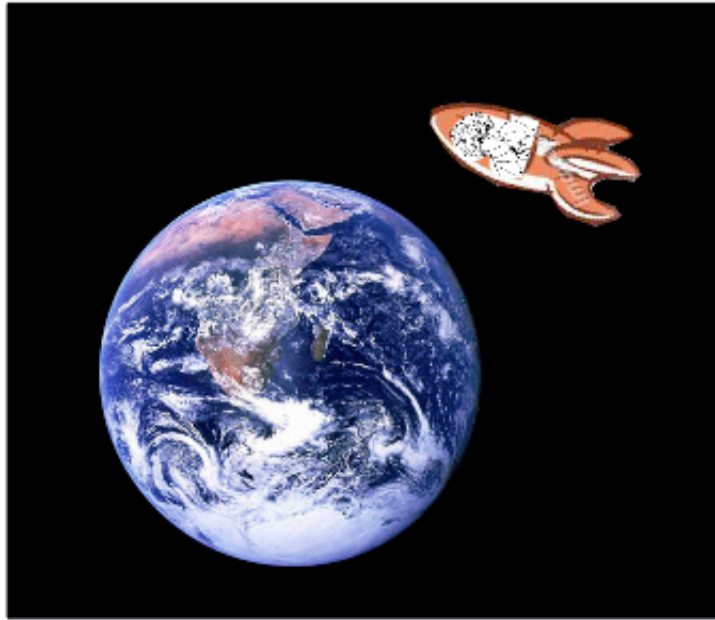


H.G. Wells
The Time Machine, 1895

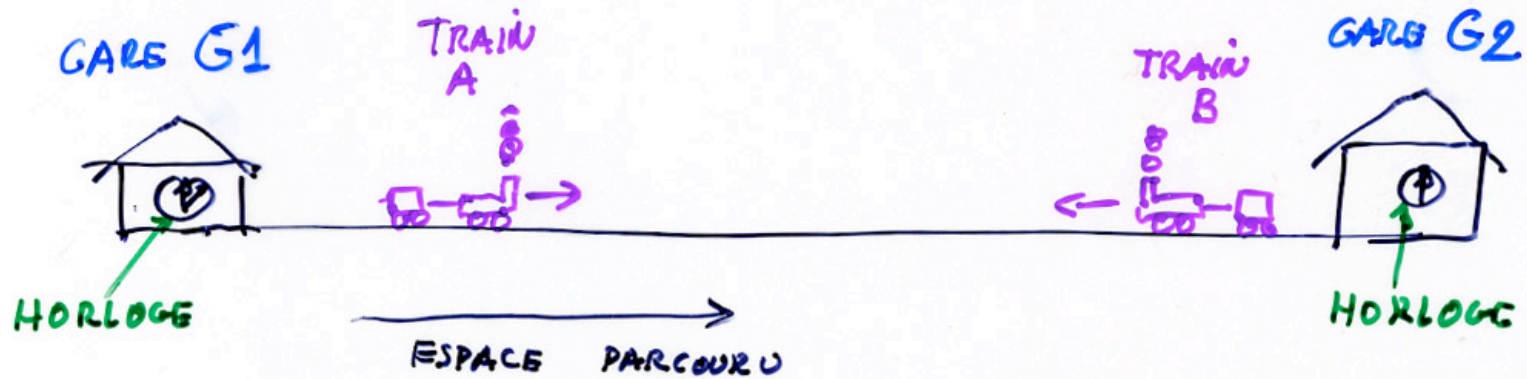


VOYAGE DANS LE FUTUR

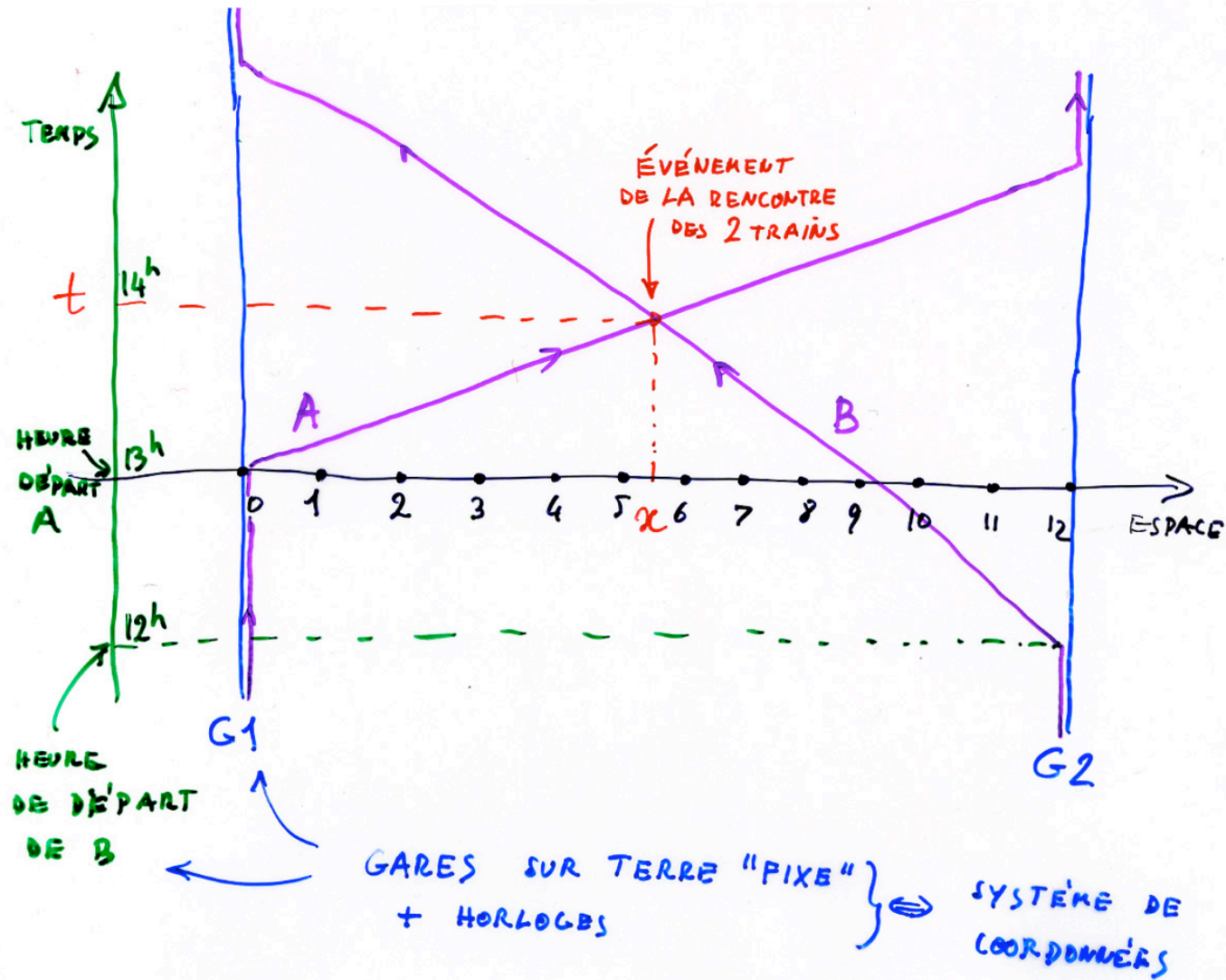
Possible !



Espace-Temps : Diagramme de trains 1



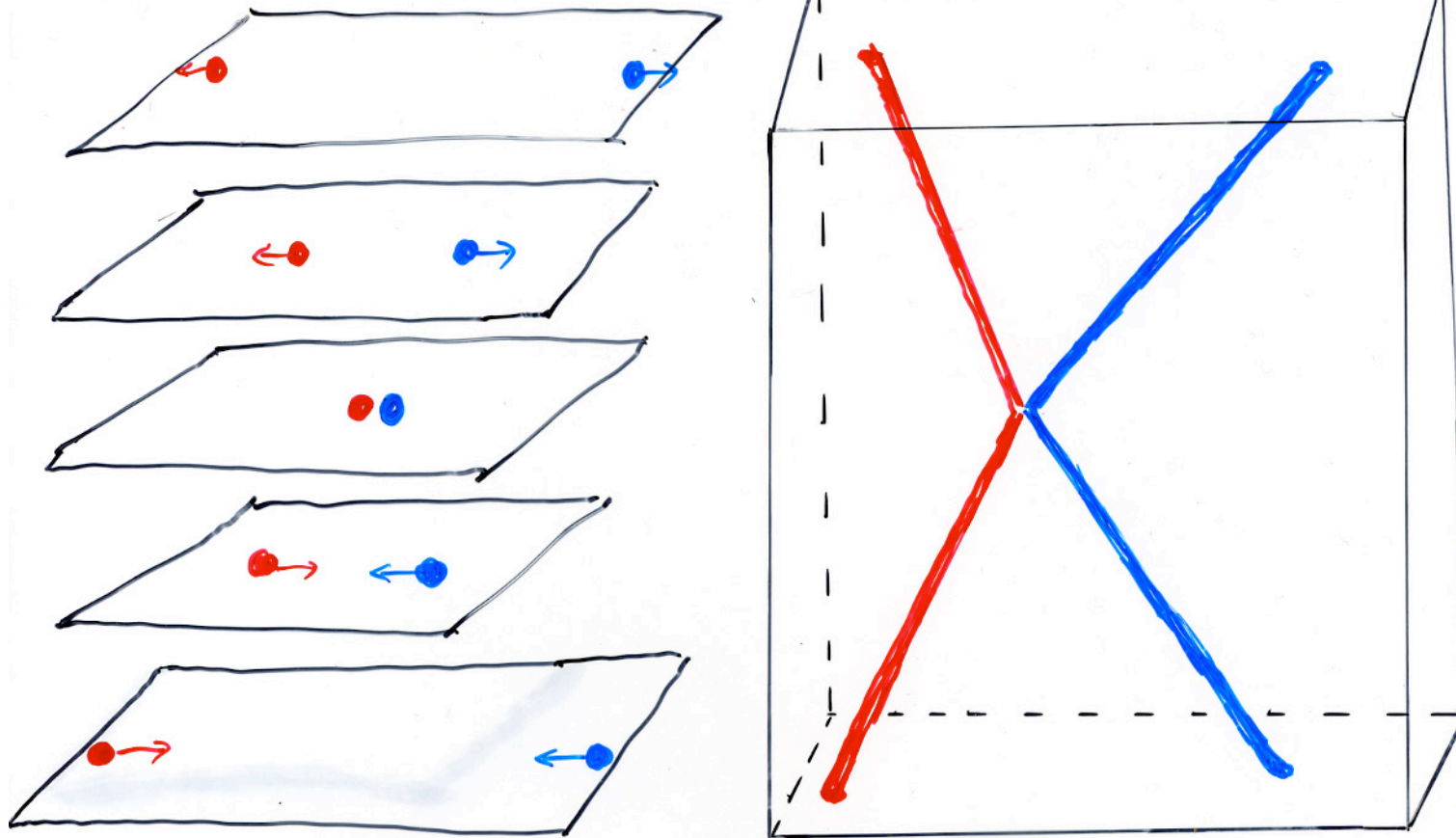
Espace-Temps : Diagramme de trains 2



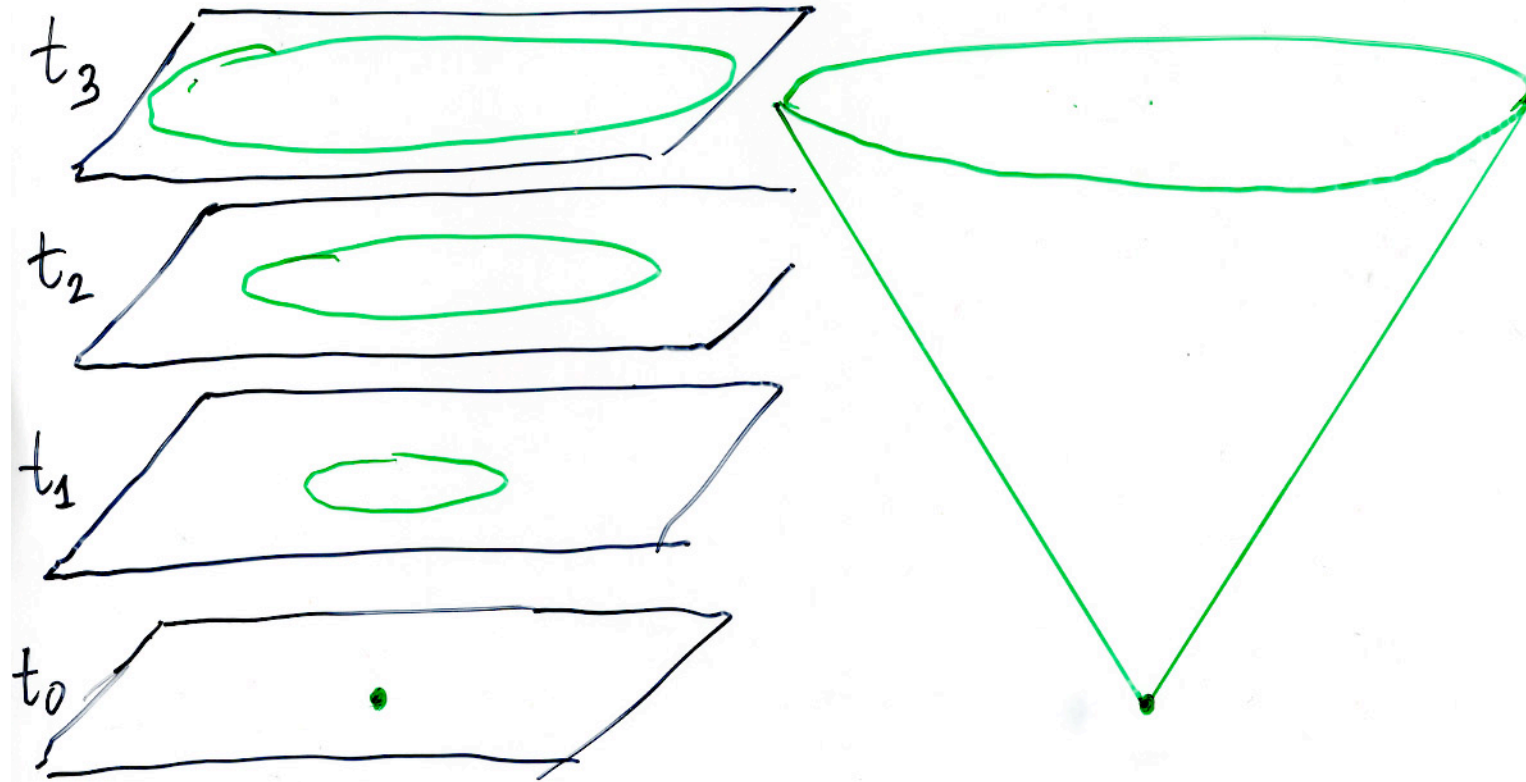
ÉVÈNEMENT DE RENCONTRE : $(x, t) = (5.5\text{km}, 14\text{h})$

Bloc Espace-Temps (1)

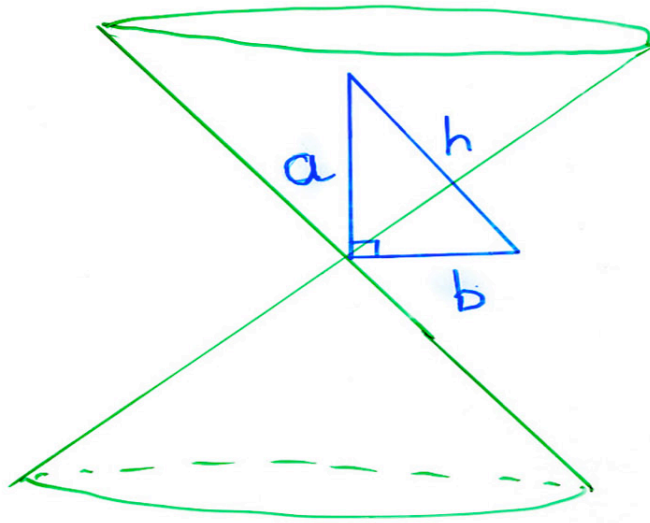
ESPACE + TEMPS \rightarrow ESPACE-TEMPS



Bloc Espace-Temps (2)

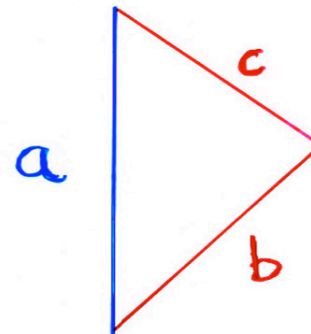


Chrono-géométrie de l'Espace-Temps (Poincaré 1905, Minkowski 1908)



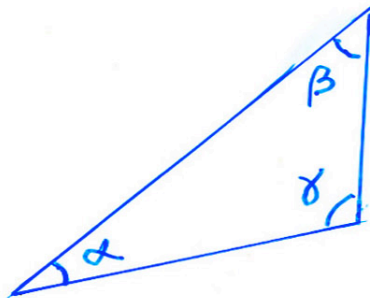
THÉORÈME DE PYTHAGORE-EINSTEIN

$$h^2 = a^2 - b^2$$



$$a > b + c$$

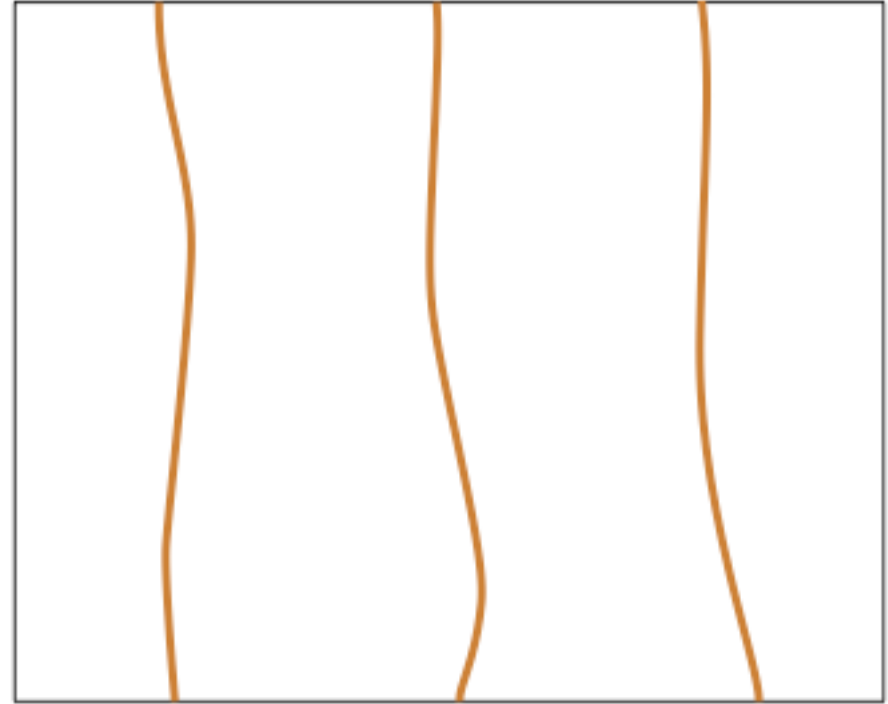
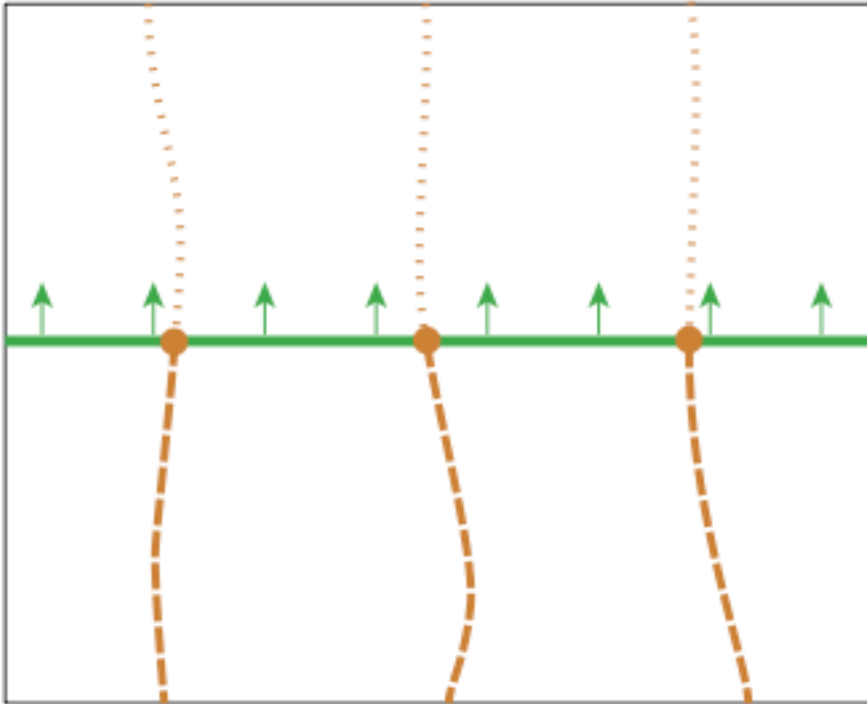
« PARADOXE DES
JUMEAUX »



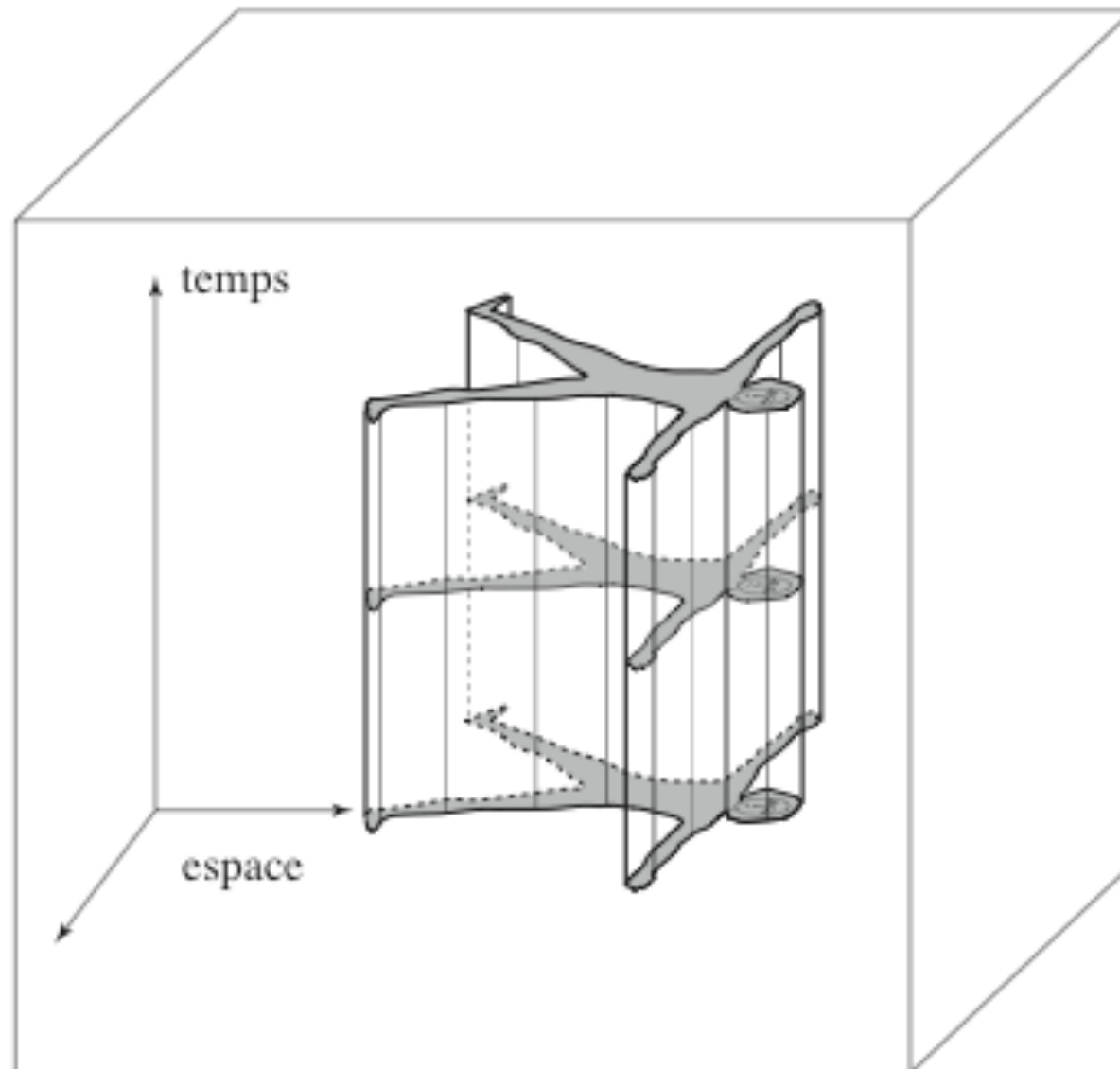
THÉORÈME DE THALÈS

$$\alpha + \beta + \gamma = \pi$$

Disparition du « présent »



Tube d'espace-temps tracé par un homme



Avril 1922 : Einstein à Paris

Débat Einstein - Bergson

« Le temps n'existe pas »

« seul l'instant présent, perçu dans une mouvance éternelle est réel »

Proust

« notre vrai moi est affranchi de l'ordre du temps »

et peut avoir accès à

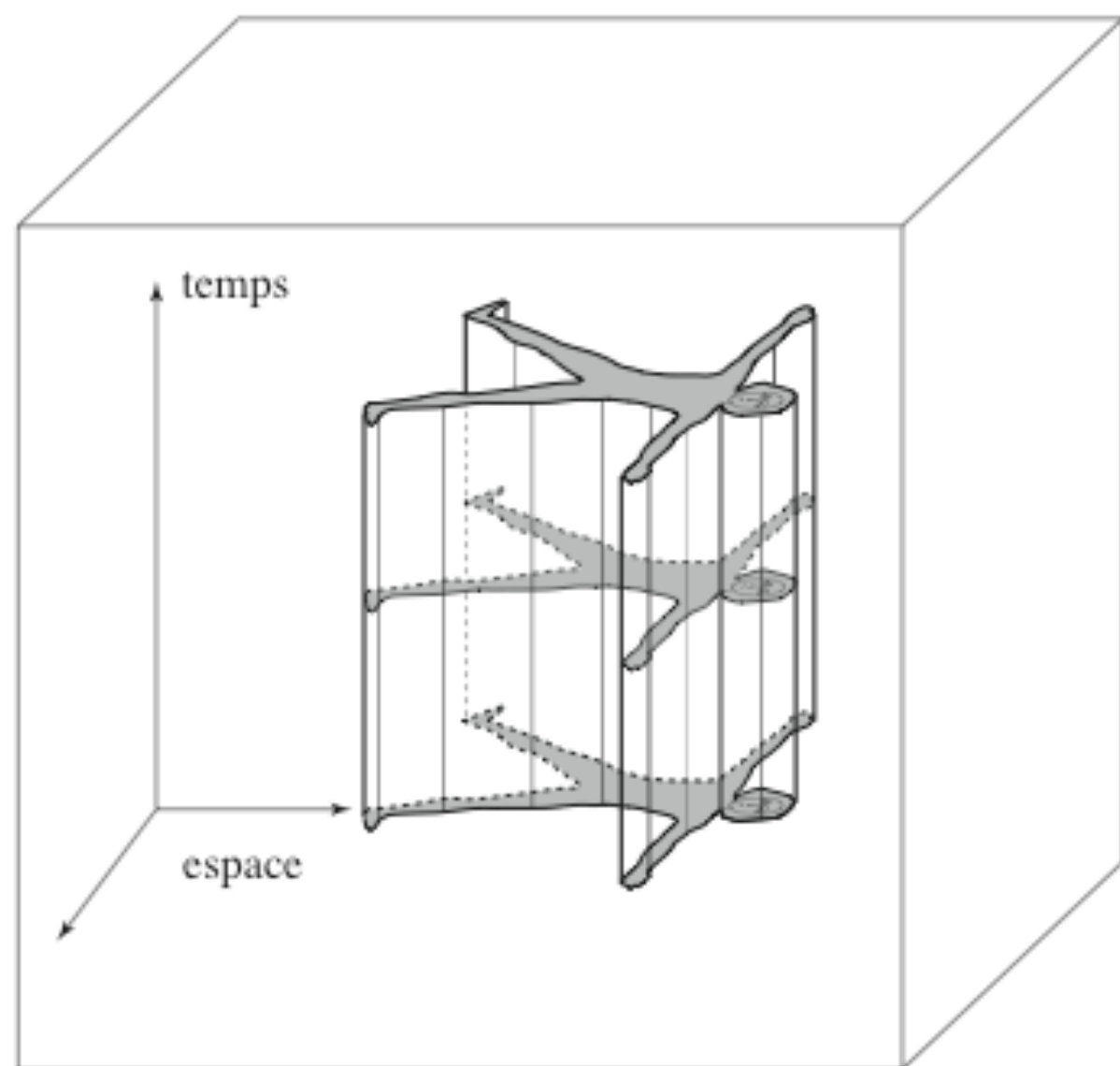
« l'essence permanente et habituellement cachée des choses »

Décembre 1921 - lettre à A. de Guiche :

« Que j'aimerais vous parler d'Einstein ! On a beau m'écrire que je dérive de lui, ou lui de moi, je ne comprends pas un seul mot à ses théories, ne sachant pas l'algèbre. Et je doute pour sa part qu'il ait lu mes romans. Nous avons paraît-il une manière analogue de déformer le Temps. »

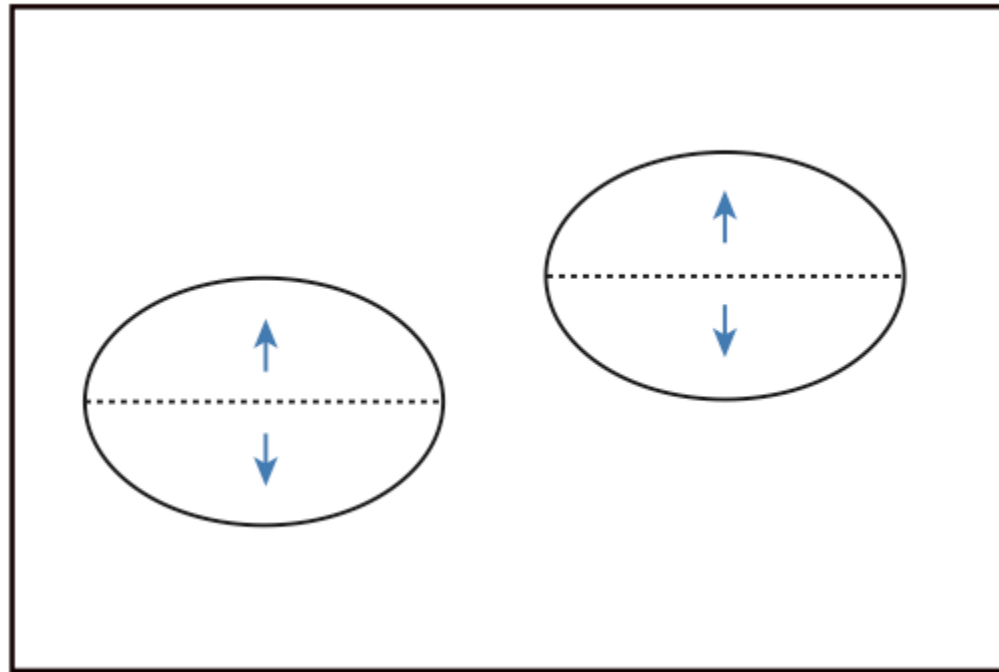
Proust : « Le temps retrouvé »

« ... comme si les hommes étaient juchés sur de vivantes échasses grandissant sans cesse, parfois plus hautes que des clochers, Et j'y décrirais les hommes, cela dût-il les faire ressembler à des êtres monstrueux, comme occupant dans le Temps une place autrement considérable que celle si restreinte qui leur est réservée dans l'espace, une place, au contraire, prolongée sans mesure, puisqu'ils touchent simultanément, comme des géants, plongés dans les années, à des époques vécues par eux, si distantes, -- entre lesquelles tant de jours sont venus se placer -- dans le Temps. »



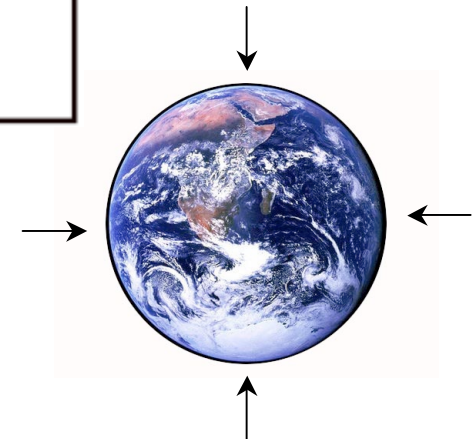
Boltzmann 1897

Pluralité de « mondes » éphémères où le « temps »
(S) « semble » s'écouler dans des sens variés



Analogie :

antichrones ↔ antipodes



Relativité Générale, 1915

L'Elasticité de l'Espace-Temps

TRÈS LOIN
 $\alpha + \beta + \gamma = \pi = 180^\circ$

"COUBURE"
 $E_{III} = \frac{\alpha + \beta + \gamma - \pi}{\text{AIRE}} \approx \frac{GM}{c^2 R^3}$

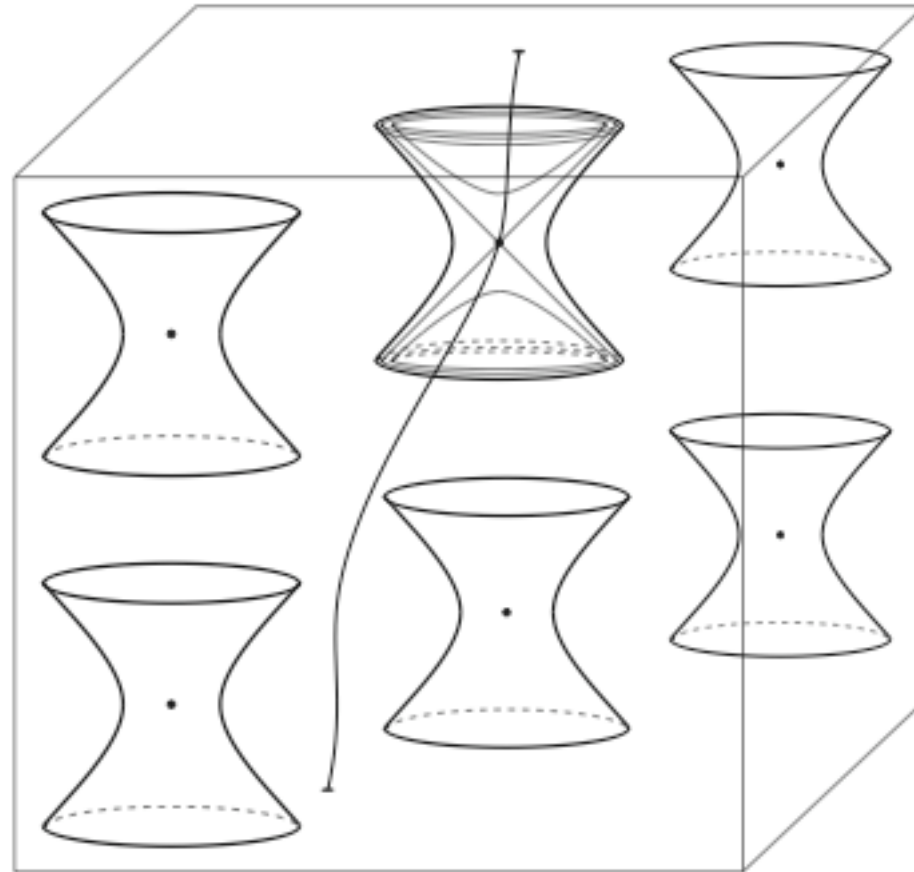
"CIRCONSCRIT"
 $\alpha + \beta + \gamma - \pi \approx \frac{GM}{c^2 R} \sim \begin{cases} 10^{-9} \oplus \\ 10^{-6} \odot \\ 20\% \star \text{A} \\ \bullet \text{NEUTRON} \end{cases}$

$$\text{DIRECTIONS} = \frac{8\pi G}{3c^2} \rho$$

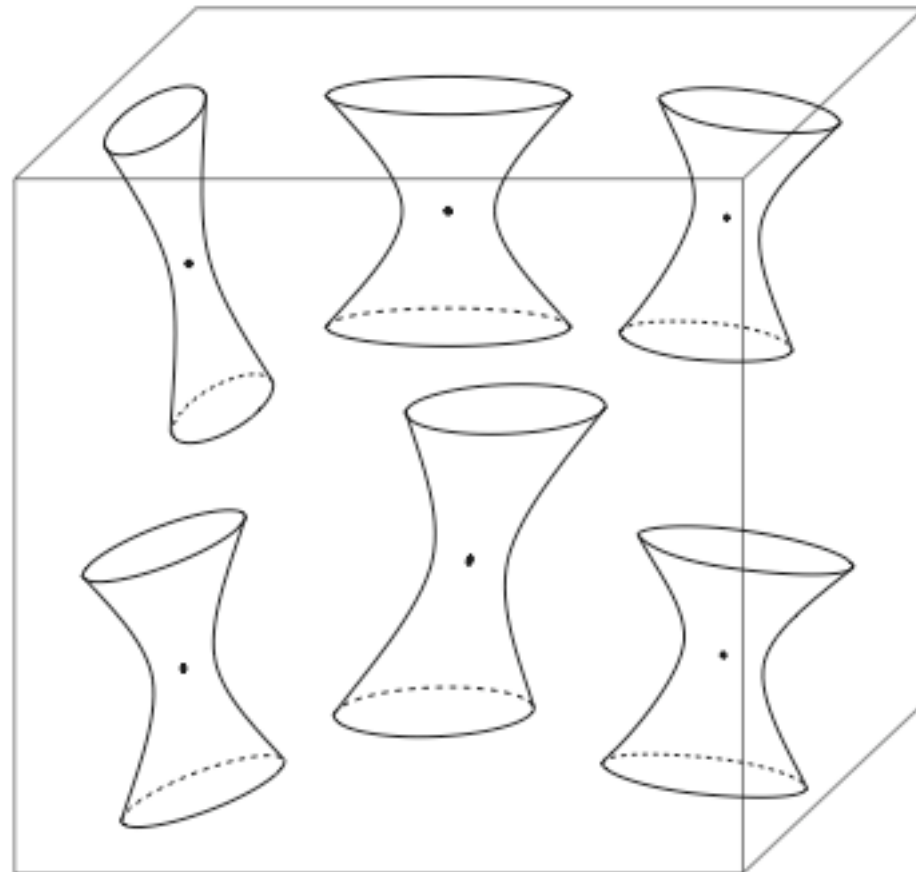
↑
 COUBURE MOYENNE
 D'UN TRIANGLE

↑
 DENSITÉ VOLUMIQUE
 DE MASSE-ÉNERGIE ($E=Mc^2$)

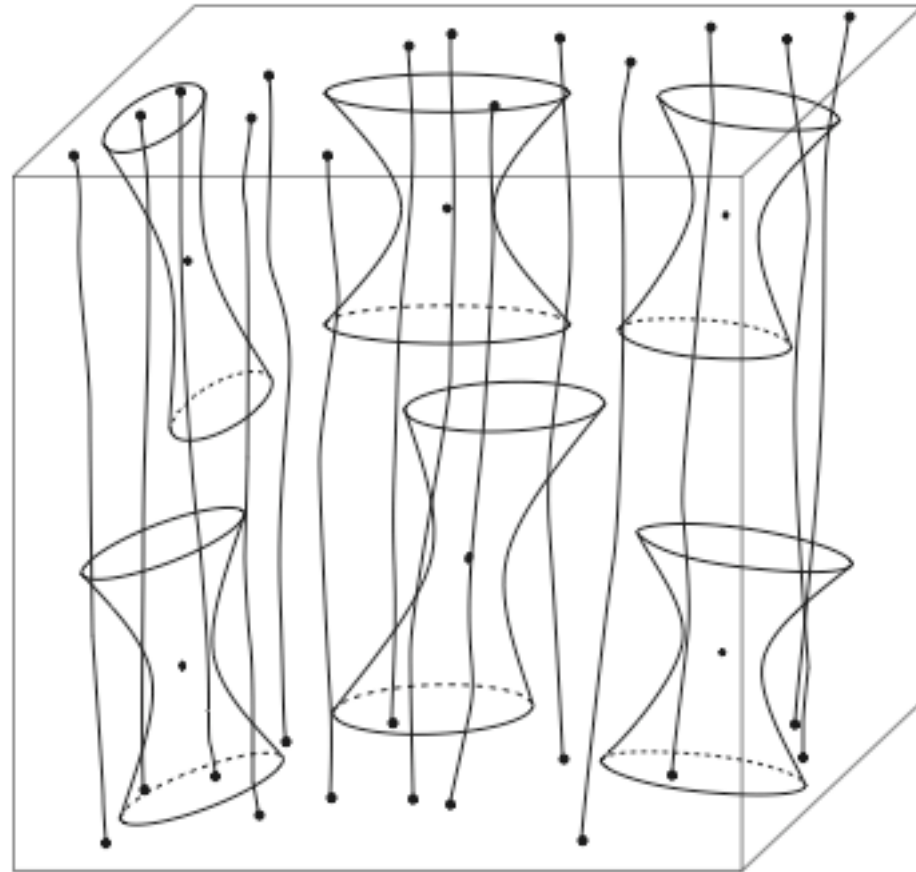
Structure chrono-géométrique de l'espace-temps de Poincaré-Minkowski



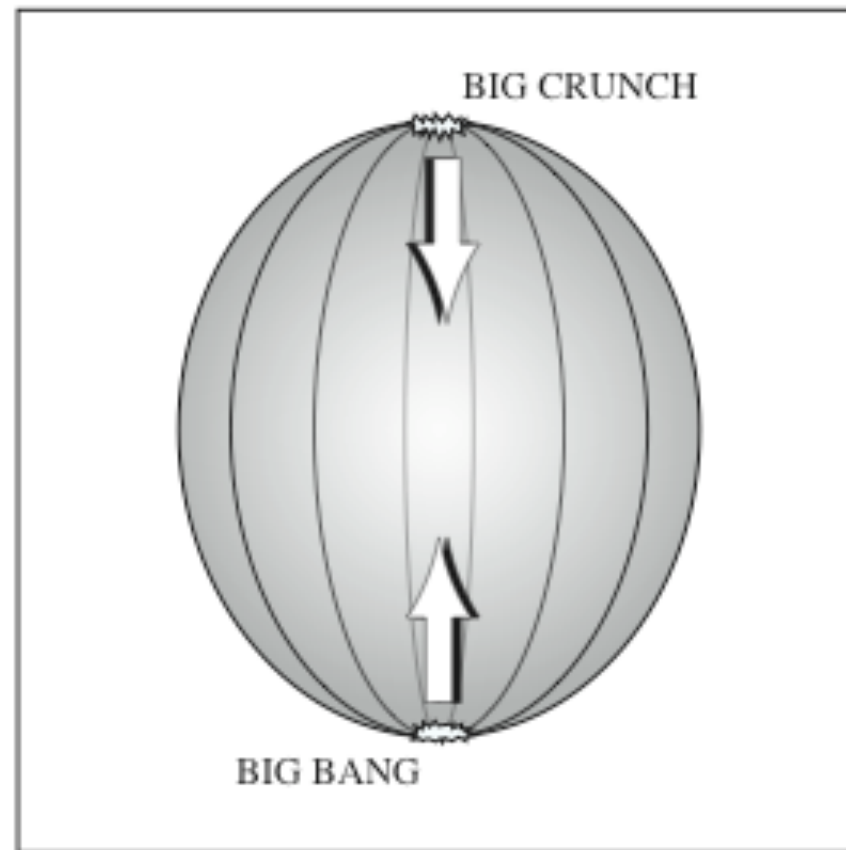
Structure géochronométrique d'un espace-temps déformé



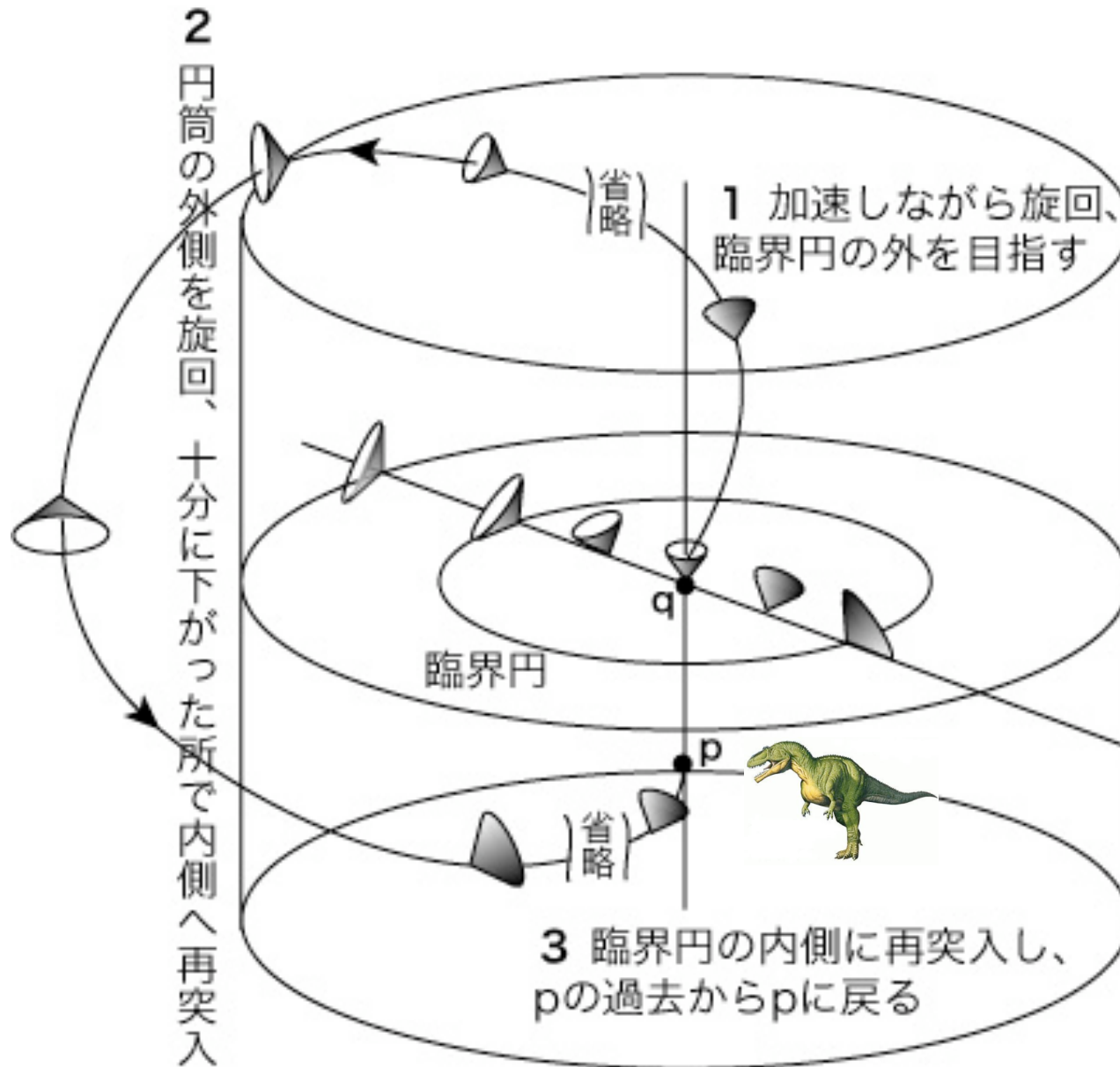
Déformation de l'espace-temps causée
par la présence de masse-énergie et de tensions



Un cosmos possible où le temps ne
« s'écoule » pas partout dans le même sens



Gödel 1949 : Voyager dans le passé



« temps illusion » et philosophie

Parménide d'Élée : « l'être est ; le non-être n'est pas »

Zénon d'Élée : la flèche immobile

Trauses (d'après Hérodote)

-
-
-

Kant : « Le temps n'est qu'une condition subjective de notre humaine intuition (laquelle est toujours sensible, c.-à-d. ne se produit qu'autant que nous sommes affectés par les objets) ; en lui-même, il n'est rien en dehors du sujet. »

Mc Taggart « The Unreality of Time » (1908)

« temps illusion » et physiciens (1)

Einstein (à Michele Besso) :

« Le « maintenant » [...] est éliminé de la construction conceptuelle du monde objectif. (C'est ce qui chagrina Bergson.) »

« ... tu ne prends pas au sérieux la quadridimensionalité de la relativité, mais tu considères le présent comme la seule réalité. Ce que tu appelles des « univers » sont en langage physique des « tranches spatiales », auxquelles la théorie de la relativité (la restreinte déjà) dénie toute Réalité objective. »

« Voilà qu'il m'a de nouveau précédé de peu, en quittant ce monde étrange. Cela ne signifie rien. Pour nous, physiciens dans l'âme, la séparation entre passé, présent et avenir, ne garde que la valeur d'une illusion, si tenace soit-elle. »

« temps illusion » et physiciens ou mathématiciens (2)

Weyl : « Le monde n'advient pas, simplement il *est*. »

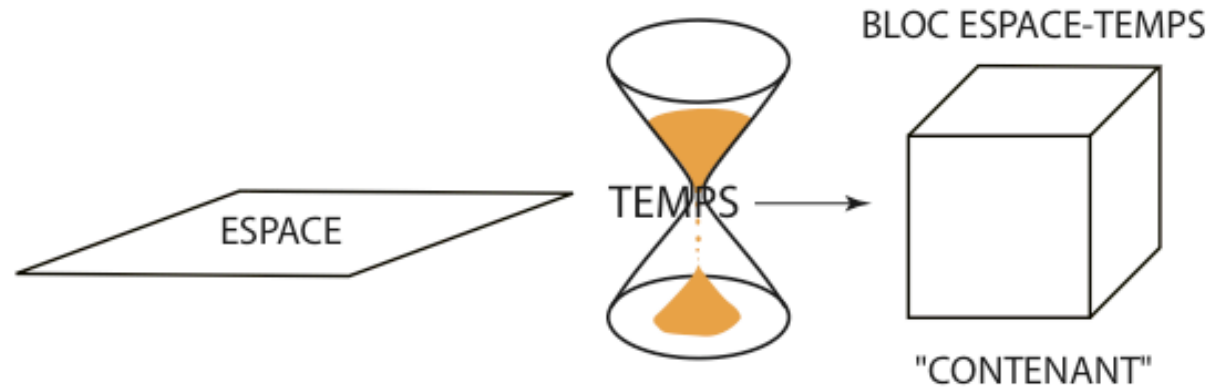
Gödel : Kant

Schrödinger : « Car éternellement et toujours n'existe que *maintenant* ; l'unique et le même maintenant. Le présent Est la seule chose qui n'ait pas de fin »

Julian Barbour : The End of Time (1999)

Brian Greene : The Frozen River, in The Fabric of the Cosmos (2005)

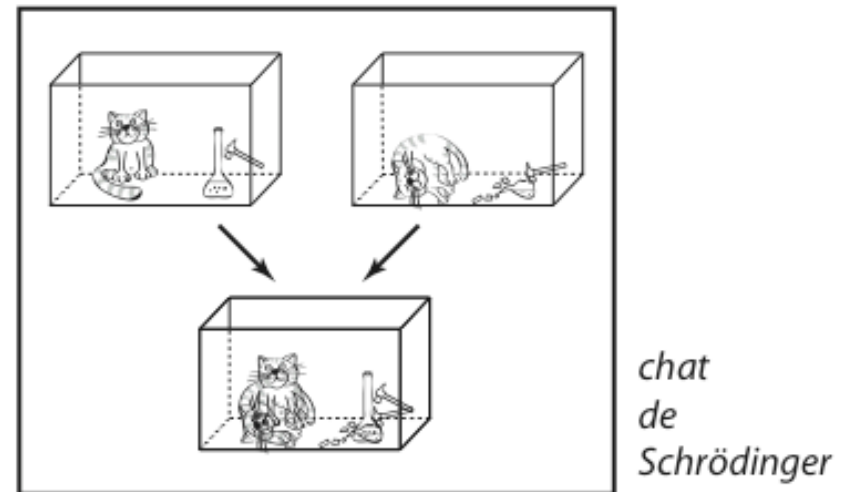
Relativité Restreinte :



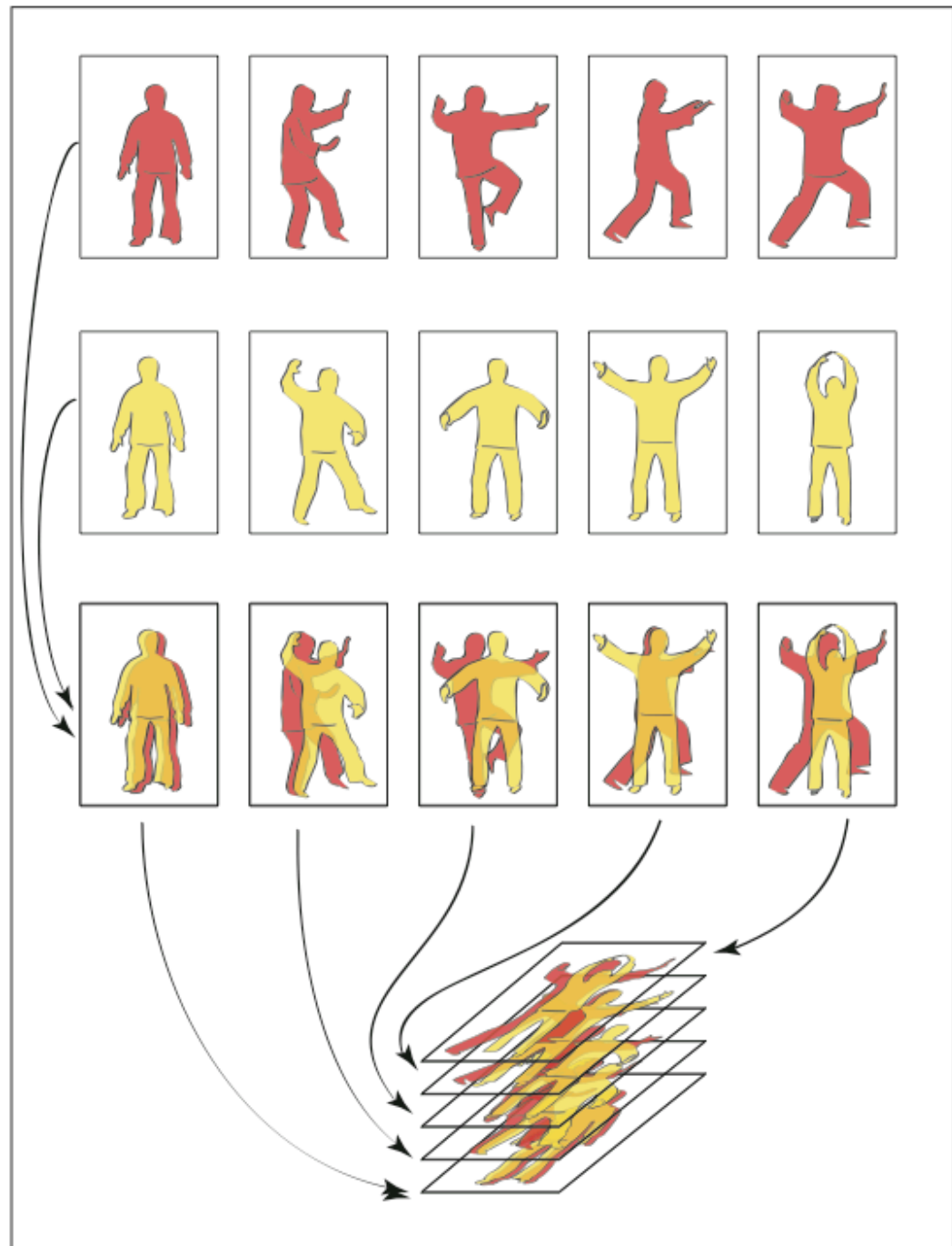
Relativité Générale :



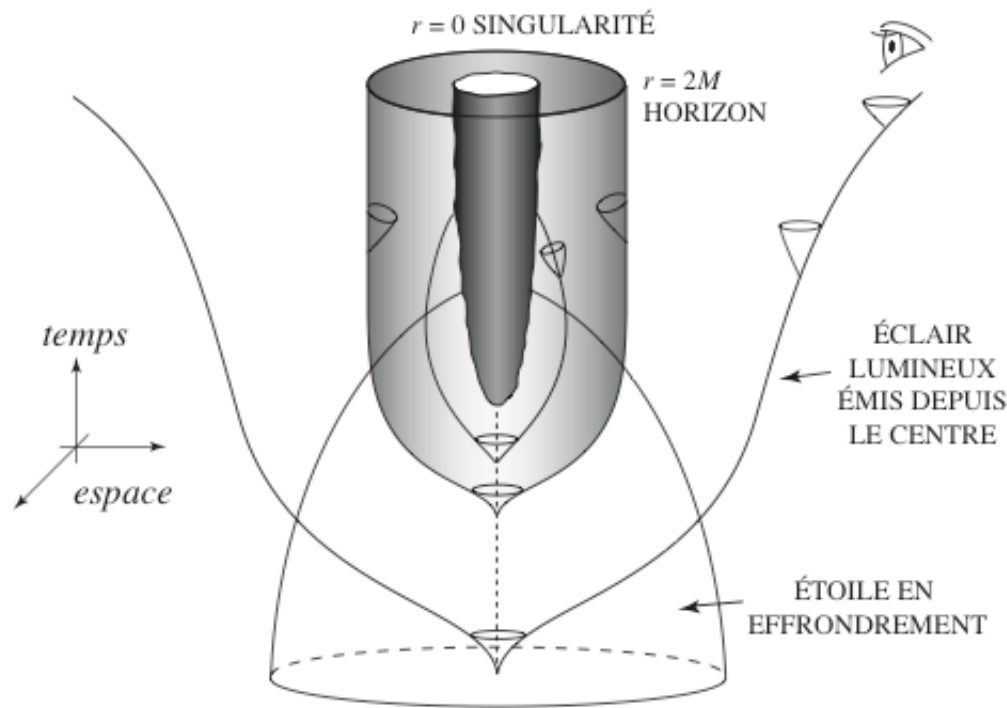
Physique Quantique :
"surimpression quantique"
de configurations différentes



Espace-Temps Quantique



Au delà de la « limite d'élasticité » de l'espace-temps quand le contenu matériel (quantique) « déchire » la « gelée espace-temps »



Trou Noir

Que se passe-t-il au voisinage du « big crunch » au centre du trou noir ?
disparition du cadre espace-temps ?
? remplacé par une théorie quantique qui ne peut pas être interprétée dans un cadre espace-temps ?
théorie M ?
structure algébrique ?
(« mousse d'espace-temps » ? E_{10} ?)

Physique et Réalité

Kant : « On a admis jusqu'ici que toutes nos connaissances doivent se régler sur les objets, ... Que l'on cherche donc une fois si nous ne serions pas plus heureux dans les problèmes de la métaphysique, en supposant que les objets se règlent sur notre connaissance. »

Einstein : « La véritable difficulté tient à ce que la physique est une sorte de métaphysique : la physique décrit la « réalité ». Or, nous ne savons pas ce qu'est la réalité, nous ne la connaissons qu'à travers la description qu'en donne la physique ! »

« prendre au sérieux » ce que nous suggère la physique ; cf Einstein à Besso : « tu ne prends pas au sérieux la quadridimensionalité de la relativité... »

Prendre exemple sur les stoïciens (Zénon de Citium - 300 ; ... ; Epictète + 100)

sagesse (*sophia*) fondée sur une connaissance rationnelle de la nature ?