

PIF05

16 novembre 2005

BNF

EINSTEIN

AUJOURD'HUI

Thibault Damour

I H E S

PHYSIQUE

ET

INTERROGATIONS

FONDAMENTALES



# EINSTEIN ET LA PHILOSOPHIE

- 1902 : Einstein à Solovine :

Einstein a dit qu'il avait eu « quand il était plus jeune, un goût très vif pour la philosophie, mais que le vague et l'arbitraire qui y régnent l'en ont détourné, et qu'il s'occupait maintenant uniquement de physique. »

- Einstein a lu et médité

KANT , SPINOZA , SCHOPENHAUER , BERKELEY ,  
HUME , PLATON , LEIBNIZ , J.S. MILL

+ (EPISTEMOLOGIE)

GALILÉE , MACH , BOLTZMANN , HELMHOLTZ , HERTZ ,  
PEARSON , AVENARIUS , AMPÈRE , POINCARÉ , RIEMANN ,  
CLIFFORD , DEDEKIND

+ (PLUS TARD)

RUSSELL , BERGSON , MEYERSON , CASSIRER , CARNAP ,  
REICHENBACH , ...

Einstein épistémologue voir

BOURBAPHY 2005 (Sémin. H. Poincaré)  
[www.lpthe.jussieu.fr/poincare](http://www.lpthe.jussieu.fr/poincare)

# PHYSIQUE ET PHILOSOPHIE

- Maurice Merleau-Ponty (voir JM Lévy-Leblond "Aux Contraires")  
(citant London et Bauer)  
«... le sens de la physique est de nous faire faire des "découvertes philosophiques négatives" en montrant que "certaines affirmations qui prétendent à une validité philosophique n'en ont pas en vérité."... La physique détruit certains préjugés de la pensée philosophique et de la pensée non philosophique sans pourtant être une philosophie»

- Mais, on peut aussi parler de la connaissance scientifique pour suggérer des "découvertes philosophiques positives"

Kant : Crit. Raison Pure (1787, 2<sup>ème</sup> éd, Préface)

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

HEIDEGGER: « Qu'est-ce qu'une chose ? »

Réalité  $\leftrightarrow$  Res = Chose = Objet

Réalité = Objectité  $\neq$  Effectivité

KANT + HEIDEGGER:

La Réalité se règle sur notre Connaissance

↑

Formalisme logico-mathématique

"  
Théorie physique

autrement dit

C'est la Théorie qui définit la Réalité

Deux illustrations de suggestions  
à caractère philosophique consistant à  
régler la réalité sur notre connaissance scientifique

- CARACTÈRE 'ILLUSOIRE' DU FLUX TEMPOREL

- 'RÉALITÉ QUANTIQUE' :

  - 'LE KANTIQUE DU QUANTIQUE'

Le temps n'existe pas. (EINSTEIN.)



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

AVRIL 1922  
EINSTEIN À PARIS

"LE TEMPS N'EXISTE PAS"

DÉBAT EINSTEIN - BERGSON

"ESPACE-TEMPS ⇒  
ILLUSION DE L'ÉCOULEMENT"

EINSTEIN 1955

"POUR NOUS, PHYSICIENS DANS L'ÂME,  
LA DISTINCTION ENTRE LE PASSÉ,  
LE PRÉSENT ET LE FUTUR NE GARDE  
QUE LA VALEUR D'UNE ILLUSION,  
SITENACE SOIT-ELLE."

"SEUL L'INSTANT PRÉSENT, PERDU  
DANS UNE MOUVANCE ÉTERNELLE  
EST RÉEL"

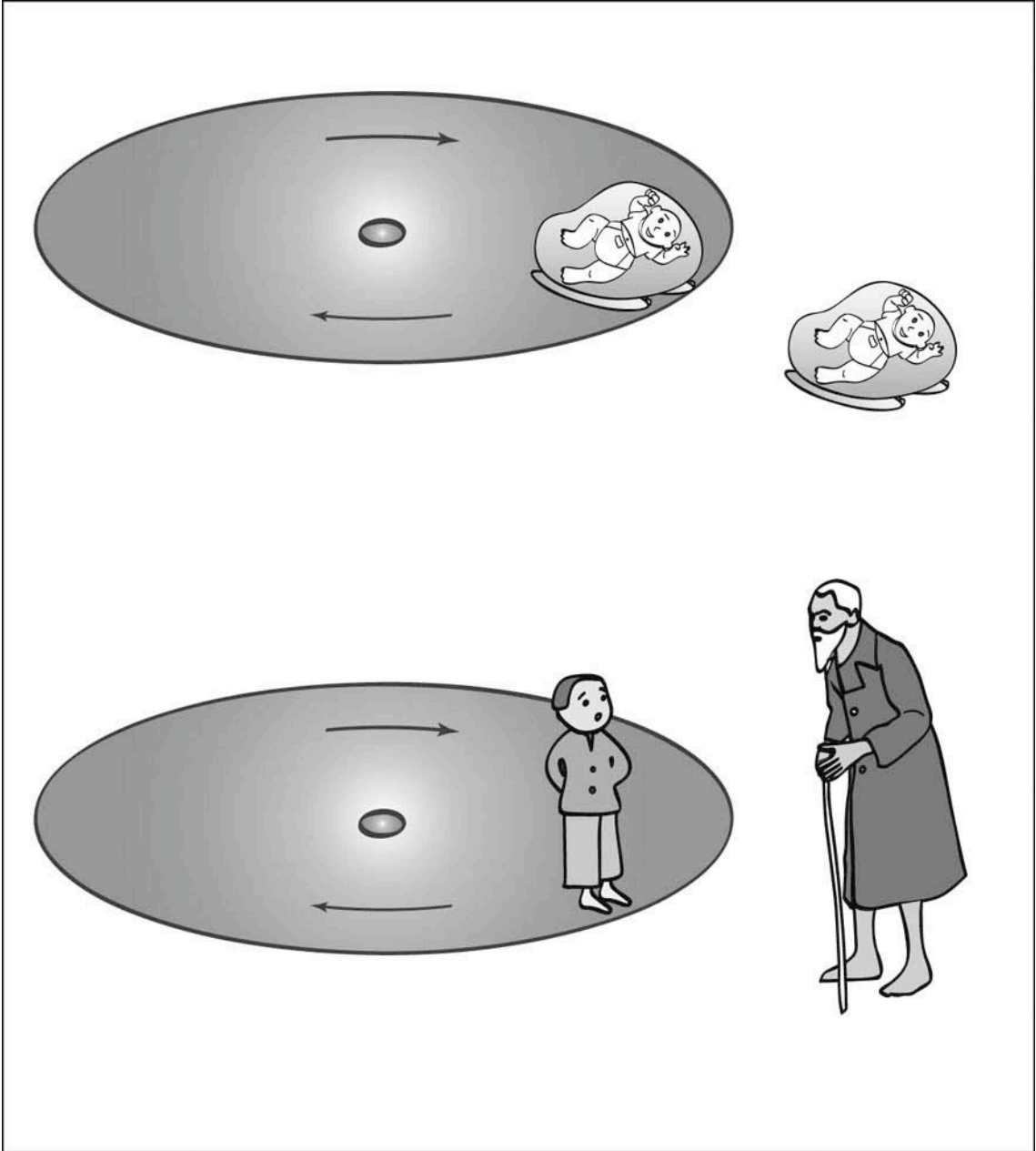
ET PROUST

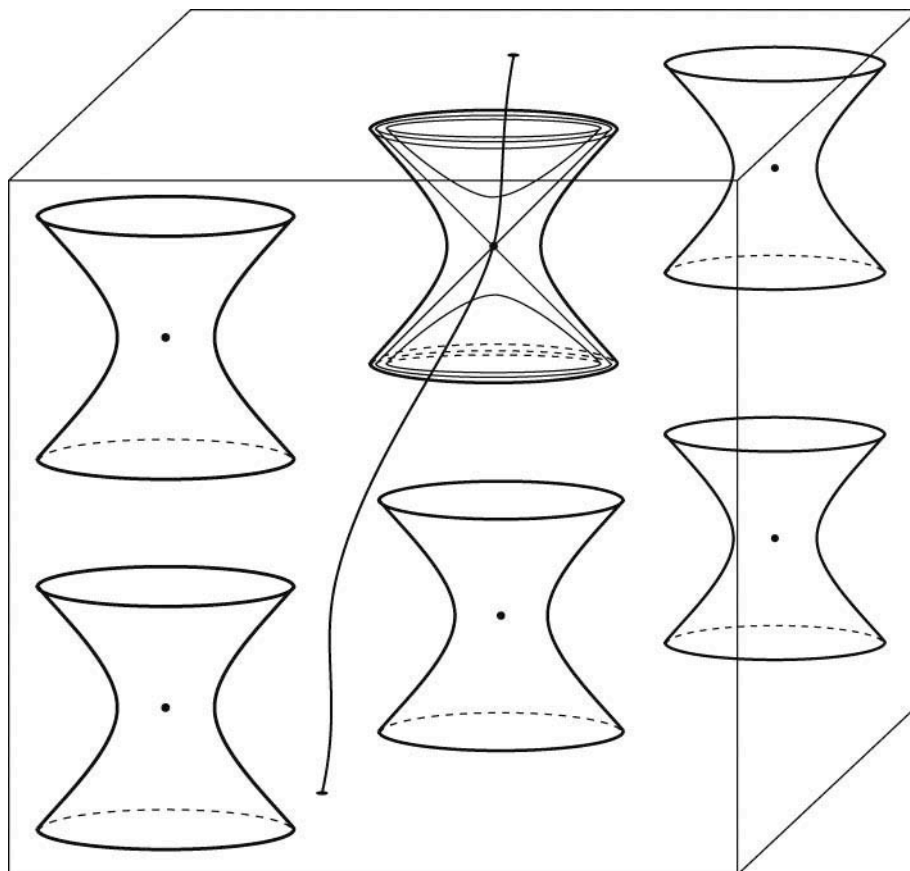
"NOTRE VRAI MOI EST AFFRANCHI  
DE L'ORDRE DU TEMPS" ET PEUT AVOIR ACCÈS À  
« L'ESSENCE PERMANENTE ET HABITUELLEMENT  
CACHEE DES CHOSES. »

DÉ 1921 P. 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, ... »

« EINSTEINISONS - LE ! »

« - À CAUSE DE LA FORME APLATIE QUE PRENNENT MES  
ÊTRES EN RÉVOLUTION DANS LE TEMPS. »

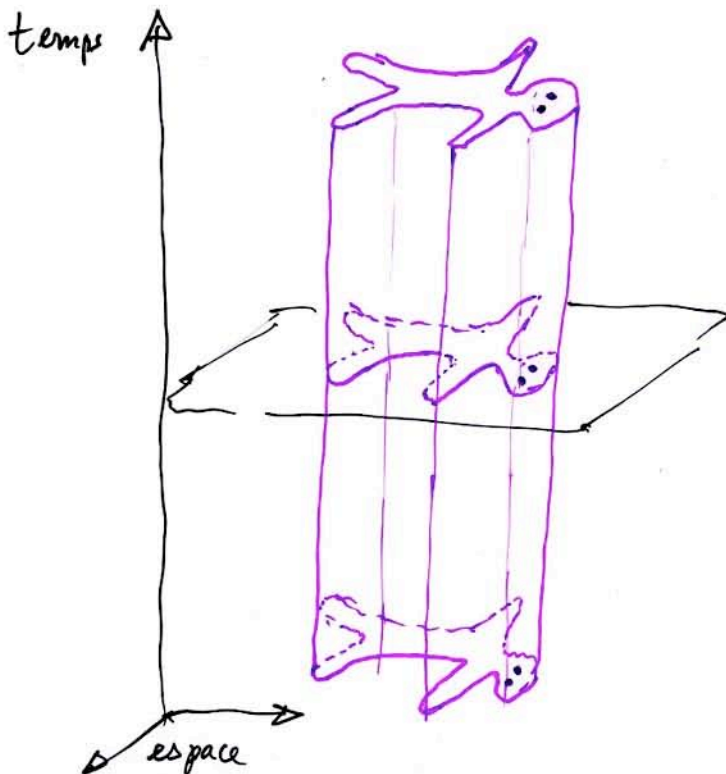




# PROUST

## LE TEMPS "PERDU" ET "RETROUVÉ"

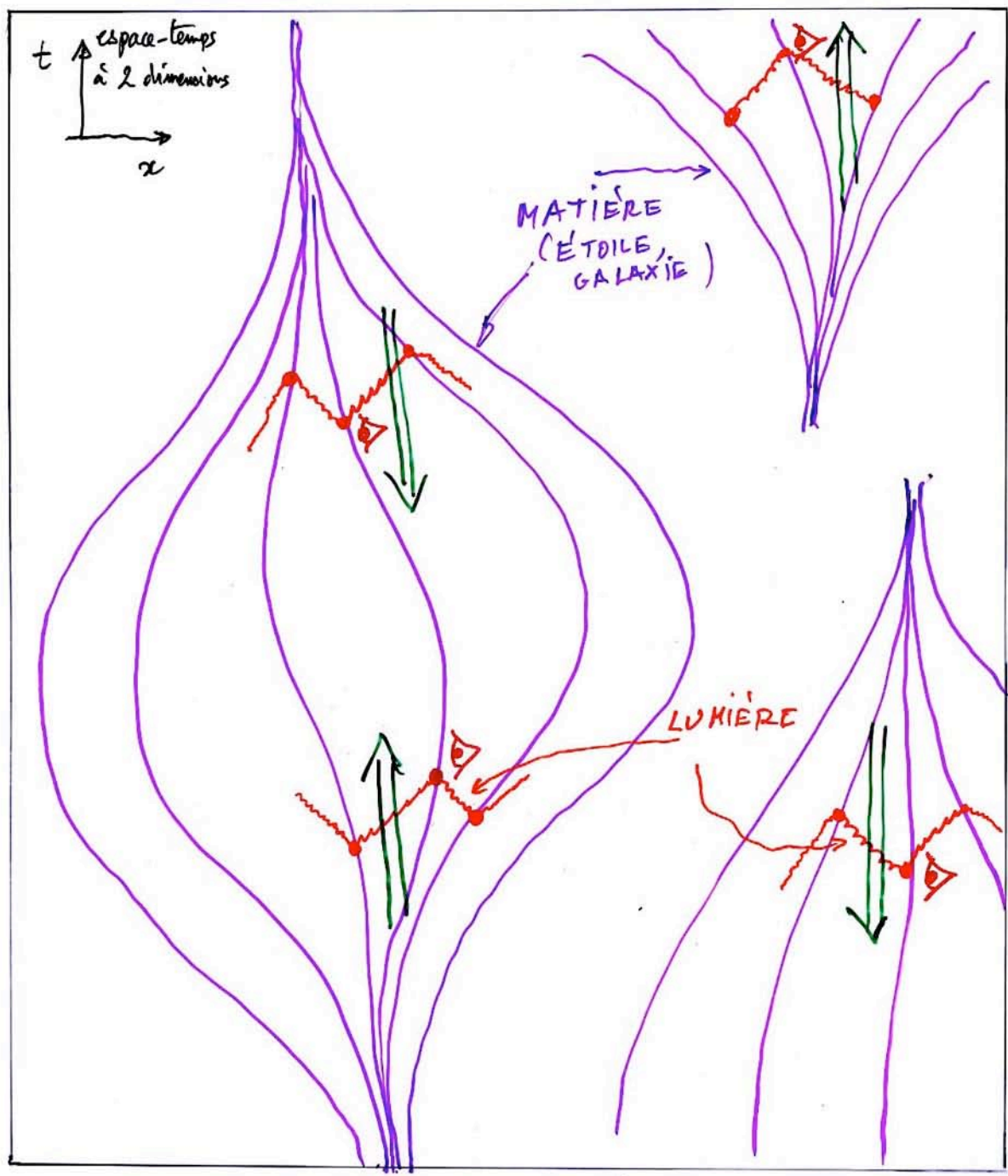
... comme si les hommes étaient guchés sur de vivantes échasses grandissant sans cesse, parfois plus hautes que des clochers, ... et j'y décrirais les hommes, cela dût-il les faire ressembler à des êtres monstrueux, comme occupant dans le **Temps** une place autrement considérable que celle si restreinte 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."



# ESPACE-TEMPS ET ILLUSION DE L'ÉCOULEMENT DU TEMPS

## ESPACE-TEMPS CONCEVABLE

"FLÈCHES DU TEMPS LOCALES"  $\uparrow \downarrow$



# EINSTEIN ET LE QUANTIQUE

- Vision habituelle  $\geq 1927$  Einstein s'est bloqué dans des préjugés épistémologiques ("réalisme naïf") qui l'ont empêché de comprendre la révolution conceptuelle et épistémologique ("complémentarité") de la théorie quantique

En fait:

- Einstein avait une exigence de clarté et de complétude, et ne se satisfaisait pas d'une attitude positiviste

E. à Pauli '32: « Au demeurant je ne dis pas *probabilitatem esse delendam*, mais *probabilitatem esse deducendam*, ce qui n'est pas la même chose. »

- Einstein a suscité certains des grands progrès historiques dans l'interprétation de la théorie quantique

1926 conversation cruciale avec Heisenberg

1935 Einstein - Podolsky - Rosen

et *Baril de poudre, mi-intact, mi-explosé* (lettre à Schrödinger)

1954 Dernier séminaire

# EINSTEIN

- a lu et médité Kant, Spinoza, Hume, Poincaré, ...
- avait un grand respect pour la philosophie et les philosophes, même s'il considérait que la science moderne nous avait montré qu'il fallait faire descendre du piédestal de l'*a priori* les conceptions newtoniennes de l'espace et du temps.
- cherchait la *clarté* logique en science, et particulièrement en Théorie Quantique (TQ)
- exigeait que l'interprétation de la TQ sorte du formalisme: e.g. 1932 à Pauli:  
« Au demeurant je ne dis pas *probabilitatem esse delendam*, mais *probabilitatem esse deducendam*, ce qui n'est pas la même chose »
- cherchait à comprendre la « réalité » (mais pas en un sens « naïf ») et se plaignait de la « philosophie légalisante du langage » de Bohr: 1935 à Schrödinger  
« Quant au philosophe talmudiste, il se fiche pas mal de la « réalité », cet épouvantail tout juste bon à effrayer les âmes naïves. Il explique que les deux conceptions [sur la TQ] ne diffèrent que par leur mode d'expression. »

5

# BOHR

- a très peu lu les philosophes
- après avoir assisté à un congrès de philosophie:  
« J'ai fait une grande découverte, une très grande découverte: tout ce que les philosophes ont jamais écrit me sont que des imbécillités [ou « sornettes »] »
- était très fier de son idée de « complémentarité », que je considère comme *obscur* et *a-logique*
- donnait une fin de non recevoir à toute exigence de déduction des statistiques de phénomènes observés.
- refusait le concept de « réalité »:  
« There is no quantum world. There is only an abstract quantum physical description. It is wrong to think that the task of physics is to find out how nature is. Physics concerns what we can say about nature. »

# EINSTEIN, HEISENBERG ET LES «RELATIONS D'INCERTITUDE» 6

Berlin, début 1926 : CONVERSATION CRUCIALE ENTRE  
EINSTEIN ET HEISENBERG

HEIS... .. Puisqu'il est raisonnable de n'inclure dans une théorie que les grandeurs qui peuvent être observées, il m'a semblé naturel de n'introduire que ces fréquences [ $f_{nm} = (E_n - E_m)/h$ ] et amplitudes [ $a_{nm}$ ], pour ainsi dire en tant que représentants des orbites électroniques.

EIN... — Mais vous ne croyez tout de même pas sérieusement que l'on ne peut inclure dans une théorie physique que des grandeurs observables.

HEIS : — Je pensais que c'est vous, précisément, qui avez fait de cette idée la base de votre théorie de la relativité : temps absolu → indications d'horloges

EIN — Peut-être en effet ai-je utilisé cette sorte de philosophie, mais il n'en reste pas moins qu'elle est absurde. Heuristiquement OK, mais en fait : **C'est seulement la théorie qui décide de ce qui peut être observé.**



- LEÇON APPRISE DE LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE
- A JOUÉ UN RÔLE CRUCIAL DANS LA DÉCOUVERTE DES «RELAT. D'INCERTITUDE»

# EINSTEIN ET EVERETT

10

- Princeton, 14 avril 1954 : LE DERNIER SÉMINAIRE D'EINSTEIN

Einstein parla, devant un groupe d'étudiants, de la théorie quantique.

Quel est réellement le sens de l'amplitude de probabilité  $A(t, q)$  ?

Donne-t-elle une description complète de la situation physique ?

Exemple d'une bille macroscopique oscillant entre deux parois.

Ein: « Il est difficile de croire que cette description est complète. Elle semble rendre le monde nébuleux à moins que quelqu'un, comme une souris, le regarde. Est-il croyable que le regard d'une souris puisse changer considérablement l'univers ? »

- Hugh Everett III assistait au séminaire, et fut frappé par le questionnement d'Einstein, et en particulier, l'image de la souris.
- Quelques mois plus tard, dans une conversation avec C.W. Misner et A. Peterson, Everett a l'intuition de son « interprétation ».
- 1955-1957 Everett écrit un long traité sur son « interprétation ».
- J. Wheeler (« très gêné à la pensée de montrer ce texte, dans son état actuel, à Bohr ») l'oblige à résumer son idée dans un texte court.
- 1959, Everett visite Bohr à Copenhague, mais Bohr n'était pas intéressé et ne laissa jamais Everett lui expliquer l'idée en détail.
- l'interprétation d'Everett tombe dans l'oubli complet.
- 1970 Bryce DeWitt ressuscite l'idée d'Everett.

# LE KANTIQUE DU QUANTIQUE

- Kant :

« Les objets se règlent sur notre connaissance »

- Einstein :

« C'est la théorie qui décide de ce qui est observable »

- Réalité'  $\leftrightarrow$  Res = Chose = Objet

« La Réalité' se règle sur notre connaissance »

autrement dit

C'est la Théorie qui définit la Réalité' (Heidegger)

- Parox: La « Réalité' Quantique » est définie par le formalisme de la Théorie Quantique

- Donc: il y a une seule interprétation (minimale) possible de la théorie quantique, et c'est celle d'Everett: "Universal Wave Fun"

- Elle suit les préceptes/exigences d'Einstein, notamment:  
« probabiliterum esse deducendum »

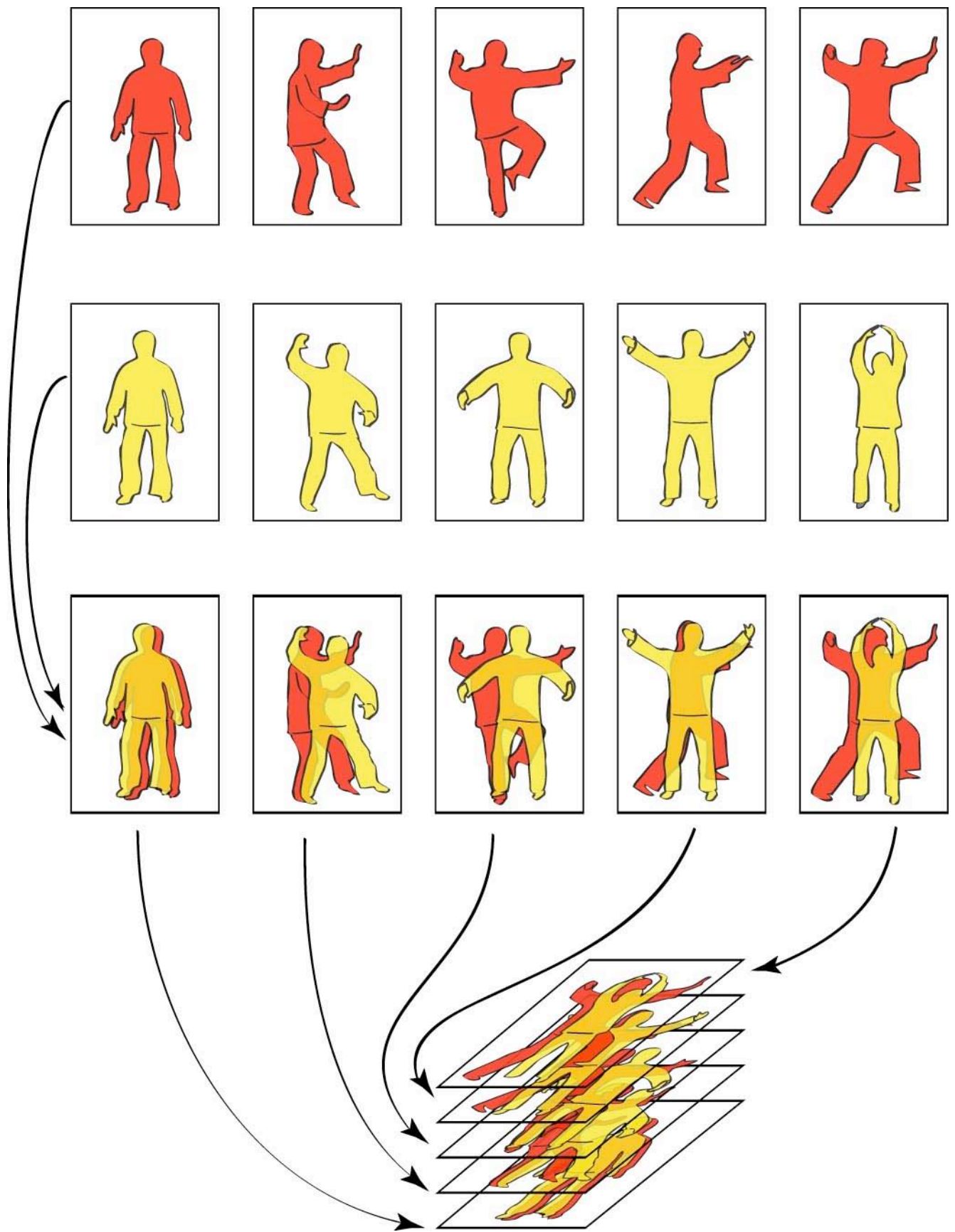
- Si Einstein avait vécu quelques mois de plus, je pense que l'interprétation d'Everett l'aurait réconcilié avec la Théorie Quantique, dont il avait été l'initiateur crucial en 1905-1906, et dans laquelle il avait été le premier à introduire les probabilités (en 1916).

- Le statut d'« illusion » de l'unicité de la réalité n'avait pas de raison de lui faire peur, lui qui pensait le Temps comme « illusion, si tenace soit elle »

- Bryce De Witt: "The Global Approach to QFT" 2003

« L'interprétation d'Everett a été adoptée par l'auteur [Bryce DeWitt] par simple nécessité pratique : il n'en connaît aucune autre. Tout au moins, c'est la seule qu'il connaisse qui n'impose ni limitations artificielles ni métaphysique floue tout en restant capable de servir aux besoins variés de la cosmologie quantique, de la physique quantique mésoscopique, et de la discipline en chantier qu'est le calcul quantique. »

- NB: Un sondage récent montre que  $\geq 60\%$  des scientifiques travaillant en cosmologie quantique adoptent « l'interprétation d'Everett ».



## CONCRÉTISATION DU «PROGRAMME D'EVERETT»

- *probabilitatem esse deducendam*  
Everett, Graham, Hartle..., Deutsch, De Witt, ...
- «illusion» de l'unicité du monde macroscopique et «décohérence» : Hepp, Zeh, ...
- NB: ce programme vise à démontrer que des machines physiques assez complexes pour sentir et utiliser de l'information se conduisent, vues de l'extérieur, «comme si» (à une bonne approximation) il n'existait qu'une configuration macroscopique, et que l'aléatoire microscopique était régi par les «probabilités quantiques» habituelles

Séminaire Poincaré

# Décohérence Quantique

Samedi  
19 novembre  
2005



Illustration of a cat is having a walk in the 20th century, Eddy Collin, 2004

Henri POINCARÉ • Amphi Hermite  
11, rue Pierre et Marie Curie • 75005 Paris

- W. H. ZUREK** : Decoherence and Beyond • **10b**  
**J.-M. RAIMOND** : Superpositions quantiques mésoscopiques  
dans une cavité • **11b**  
**J. KEMPE** : La correction d'erreur quantique • **14b**  
**D. ESTÈVE** : Décohérence de systèmes  
quantiques macroscopiques • **15b**  
**H. D. ZEH** : Roots and Fruits of Decoherence • **16b**

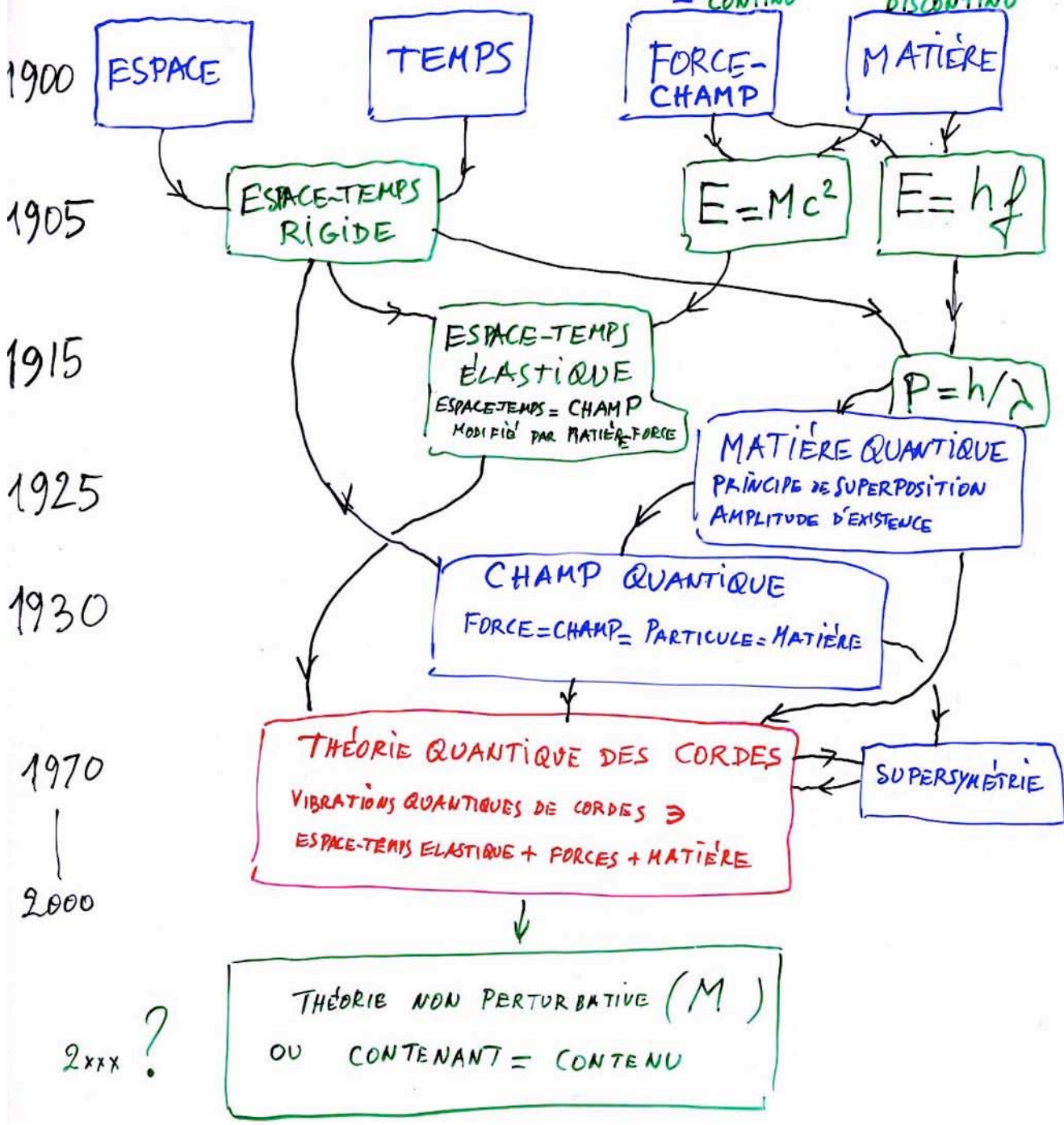


FONDATION  
LAGOUTETZER

[www.lpthe.jussieu.fr/poincare](http://www.lpthe.jussieu.fr/poincare)

Il est hors du domaine de la science de discuter du problème de l'articulation entre l'être et l'étant, et/ou de prétendre avoir le dernier mot sur le statut métaphysique des « illusions » que sont l'unicité apparente du monde phénoménal, ou l'existence apparente du flux temporel

# EVOLUTION DE LA $\Phi$ DU 20<sup>ÈME</sup> SIÈCLE



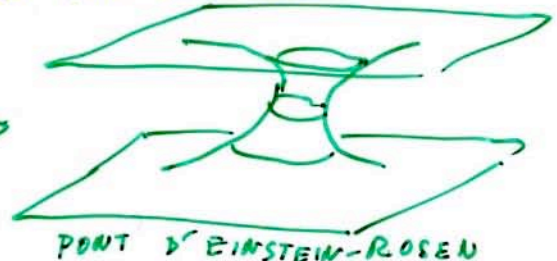
UN DÉFI POUR LE 21<sup>ÈME</sup> SIÈCLE

# LES VISIONS D'EINSTEIN

- UNIFIER GRAVITATION ET ÉLECTROMAGNÉTISME

- UNIFIER CONTINU ET DISCONTINU VIA LA GRAVITÉ

PARTICULE PONCTUELLE



- UNIFIER CLASSIQUE ET QUANTIQUE

- ET MÊME EINSTEIN 1954

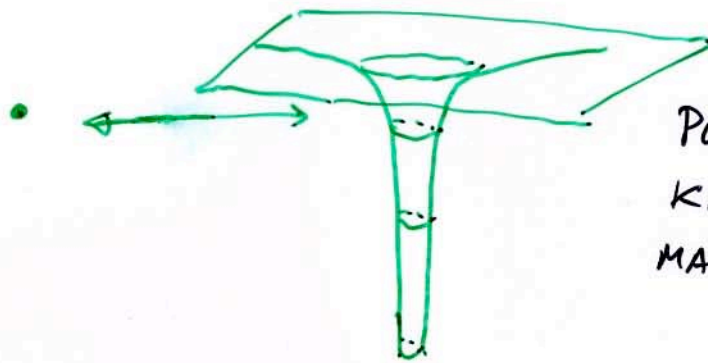
« Il y a beaucoup de raisons pour être attiré vers une théorie qui ne contient ni espace, ni temps. Mais personne ne sait comment construire une telle théorie. »

# THEORIE DES CORDES

- UNIFICATION PROFONDE ENTRE GRAVITATION ET TH. JAUGE



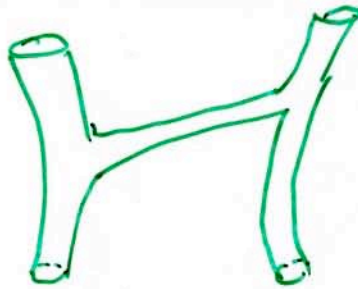
- EQUIVALENCE ENTRE "PARTICULES (BRANES)" ET ESPACE-TEMPS RÉGULIERA CORDES



POLYAKOV  
KLEBANOV  
MALDACENA

- CETTE EQUIVALENCE  $\Rightarrow$  EQUIV. ENTRE RÉGIME QUANTIQUE ET RÉGIME CLASSIQUE

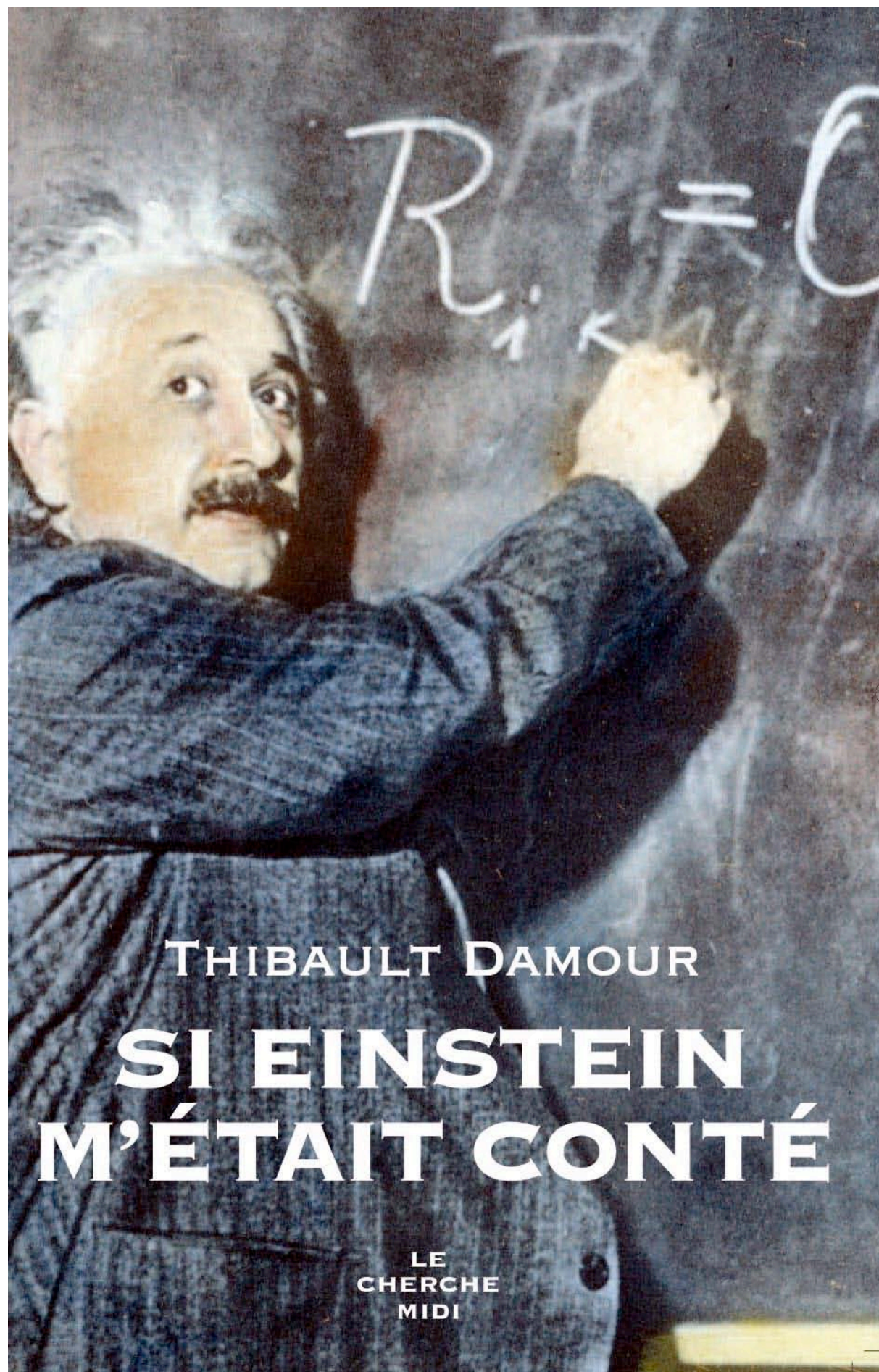
- CORDE = MATIÈRE = FORCE = ESPACE-TEMPS



$\Rightarrow$  PROBABLEMENT ESPACE-TEMPS = "ILLUSION"

= STRUCTURE ÉMERGENTE

CONTENANT = CONTENU



THIBAUT DAMOUR

# SI EINSTEIN M'ÉTAIT CONTÉ

LE  
CHERCHE  
MIDI