

Le temps n'existe pas (d'après Carlo Rovelli)

François Dubois¹

**Journées Afscet au moulin d'Andé
samedi 16 mai 2015**

¹ membre de l'Association Française de Science des Systèmes.

Carlo Rovelli



Physicien italien, a travaillé en Italie, aux Etats-Unis et en France.
Professeur à l'Université de la Méditerranée
directeur de recherche au CNRS
au Centre de physique théorique de Luminy à Marseille

En 1988, Carlo Rovelli et Lee Smolin ont présenté
la gravitation quantique à boucles.

source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Carlo_Rovelli

Un livre...



Et si le temps n'existait pas ? - Un peu de science subversive,
Dunod, Paris, 2012

Un article...

Avec Alain Connes, il a formulé un modèle covariant de la théorie quantique des champs, basé sur l'hypothèse du "temps thermique". Selon cette hypothèse, le temps n'existe pas dans la théorie fondamentale, mais émerge seulement dans un contexte thermodynamique ou statistique.

De plus, l'écoulement du temps serait une illusion due à une connaissance incomplète.

A. Connes and C. Rovelli

"Von Neumann algebra automorphisms and time versus thermodynamics relation in general covariant quantum theories"
Classical and Quantum Gravity, volume 11, p. 2899, 1994.

... en 1994

IOPscience

Classical and Quantum Gravity > Volume 11 > Number 12

A Connes and C Rovelli 1994 *Class. Quantum Grav.* **11** 2899 doi:10.1088/0264-9381/11/12/007 (<http://dx.doi.org/10.1088/0264-9381/11/12/007>)

Von Neumann algebra automorphisms and time-thermodynamics relation in generally covariant quantum theories

A Connes[†] and C Rovelli[‡]

Show affiliations

[†] Institut des Hautes Etudes Scientifiques, 35 route de Chartres, 91440 Bures sur Yvette, France

[‡] Physics Department, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA 15260, USA and Dipartimento di Fisica Università di Trento, Italy

Abstract Metrics

We consider the cluster of problems raised by the relation between the notion of time, gravitational theory, quantum theory and thermodynamics; in particular, we address the problem of relating the 'timelessness' of the hypothetical, fundamental generally covariant quantum field theory with the 'evidence' of the flow of time. By using the algebraic formulation of quantum theory, we propose a unifying perspective on these problems, based on the hypothesis that in a generally covariant quantum theory the physical time flow is not a universal property of the mechanical theory, but rather it is determined by the thermodynamical state of the system ('thermal time hypothesis'). We implement this hypothesis by using a key structural property of von Neumann algebras: the Tomita–Takesaki theorem, which allows us to derive a time flow, namely a one-parameter group of automorphisms of the observable algebra, from a generic thermal physical state. We study this time flow, its classical limit, and we relate it to various characteristic theoretical facts, such as the Unruh temperature and the Hawking radiation. We point out the existence of a state-independent

un second article : “Forget time”, *Foundations of Physics*

Found Phys (2011) 41:1475–1490
DOI 10.1007/s10701-011-9561-4

“Forget time”

Essay written for the FQXi contest on the Nature of Time

Carlo Rovelli

Received: 10 October 2010 / Accepted: 4 May 2011 / Published online: 18 May 2011
© Springer Science+Business Media, LLC 2011

Abstract Following a line of research that I have developed for several years, I argue that the best strategy for understanding quantum gravity is to build a picture of the physical world where the notion of time plays no role at all. I summarize here this point of view, explaining *why* I think that in a fundamental description of nature we must “forget time”, and *how* this can be done in the classical and in the quantum theory. The idea is to develop a formalism that treats dependent and independent variables on the same footing. In short, I propose to interpret mechanics as a theory of relations between variables, rather than the theory of the evolution of variables in time.

Keywords Time · Thermal time · Quantum gravity

volume 41, Issue 9, pp 1475-1490, september 2011
FQXi : the Foundational Questions Institute

une interview dans “La Recherche”

Dans un article intitulé “Forget time”, vous affirmez que le temps n'existe pas : qu'entendez-vous par là ?

CR. Je veux dire qu'au niveau le plus fondamental nous n'avons pas besoin de ce paramètre pour décrire le monde qui nous entoure.

Le cadre théorique que je propose permet de ne pas l'utiliser :

c'est celui de la gravité quantique à boucles.

Cette théorie cherche à concilier la relativité générale qui explique les lois de la physique à très grande échelle et la mécanique quantique qui, elle, explique le comportement de l'infiniment petit.

Propos recueillis par Hélène Le Meur dans “La Recherche”,
numéro 442, page 41, [juin 2010](#).

une interview dans “La Recherche” (ii)

Qu'apporte sur ce sujet la relativité générale ?

C.R. : Elle change complètement la donne.

Ce qui était seulement une possibilité avec la mécanique classique devient une nécessité : en relativité générale, il n'y a pas “un” temps physique, car chaque objet possède son temps propre.

C'est-à-dire que chaque objet décrit une trajectoire dans l'espace-temps.

Et c'est la géométrie de cet espace qui définit son temps propre.

Celui-ci ne s'écoule donc pas de la même façon si l'objet se trouve à l'intérieur de la galaxie ou en dehors.

une interview dans “La Recherche” (iii)

Et le problème se corse encore quand on cherche à prendre en compte la mécanique quantique.

C.R. : En effet ! et cela de façon considérable puisqu'à l'échelle où la mécanique quantique devient importante pour l'espace-temps, au-dessous de la longueur de Planck 10^{-33} centimètre, les trajectoires n'existent plus !

Les particules élémentaires ne suivent plus des trajectoires mais des superpositions de différentes positions. On ne peut même plus utiliser les temps propres ! Aucune variable n'est une bonne horloge au-dessous de la longueur de Planck.

$$l_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \simeq 1,3 \cdot 10^{-35} \text{ mètre}$$

une interview dans “La Recherche” (iv)

Alors, peut-on se passer du temps, aujourd'hui ?

C.R. : Plusieurs étapes ont été franchies.

On a d'abord montré que formuler la relativité générale dans ce langage sans temps était possible. Aujourd'hui, on cherche à le faire pour la gravité quantique. Le formalisme existe.

La gravité quantique à boucles en est un exemple.

Elle prédit des relations entre variables physiques qui permettent de décrire l'évolution du monde, sans recourir au temps.

Mais nous n'avons pas encore de théorie complète crédible.

une interview dans “La Recherche” (v)

C'est ce qui vous fait dire que le temps, tel qu'on le conçoit comme variable particulière, est un “truc” inventé par Newton ?

C.R. : Pour expliquer cela, j'aime bien raconter comment Galilée a découvert que le pendule était une bonne horloge.

La légende dit que, dans l'église de Pise, observant un grand chandelier suspendu osciller lentement, il a compté le nombre de ses battements cardiaques entre chaque oscillation. Comme c'était toujours la même, il en a conclu que le pendule est une bonne façon de mesurer le temps.

Depuis, la plupart des horloges utilisent un pendule : dans une horloge mécanique il y a un petit pendule qui oscille, dans une horloge atomique, c'est un atome qui oscille.

une interview dans “La Recherche” (vi)

Soit ! on peut tout repenser sans temps ! Mais comment expliquer notre expérience quotidienne du temps ?

C.R. : On peut comparer ce problème à celui de la couleur.

A la Renaissance, on a compris que la couleur n'était pas une propriété fondamentale de la matière.

Mais, même si les atomes n'ont pas de couleur, il fallait bien expliquer pourquoi nos yeux la perçoivent.

Autrement dit, il fallait retrouver dans la matière qui n'a pas de couleur, ce qui lui donne la couleur.

une interview dans “La Recherche” (vii)

Comment fait-on émerger le temps d'une théorie sans temps ?

C.R. : C'est une question ouverte. Avec le mathématicien français Alain Connes, nous avons proposé l'idée d'un temps thermique. Nous tentions, chacun de notre côté, de comprendre le temps en s'intéressant plutôt à sa nature thermodynamique que mécanique.

En thermodynamique, on fait des statistiques. La chaleur correspond à de l'agitation thermique, on ne connaît pas le mouvement individuel des atomes mais on donne une description moyenne. Quand je dis “La tasse de thé est chaude”, je parle seulement de la température mais pas du mouvement de chacune des molécules.

En appliquant cette approche, nous avons mis en équation une formule précise qui donne un état statistique duquel on peut dériver une variable temporelle. **En fait, pour nous, le temps est un effet de notre ignorance du détail.**

une interview dans “La Recherche” (viii)

Retrouve-t-on ainsi la flèche du temps, le fait qu'il ne s'écoule que dans une direction ?

C.R. : Oui, d'une certaine façon.

C'est l'équilibre qui détermine un temps. Nous vivons dans un monde qui est proche d'un état d'équilibre. On peut le penser comme un passage d'un état d'équilibre à l'autre.

On peut donc décrire un temps qui possède toutes les propriétés thermodynamiques : son entropie augmente, et lui confère une direction privilégiée avec les caractéristiques du temps que nous connaissons.

On comprend ainsi pourquoi dans notre monde existe cette variable si particulière qu'est le temps. Et une horloge est un objet mécanique correctement synchronisé avec ce temps.

une interview dans “La Recherche” (ix)

Comment vos idées sont-elles accueillies ?

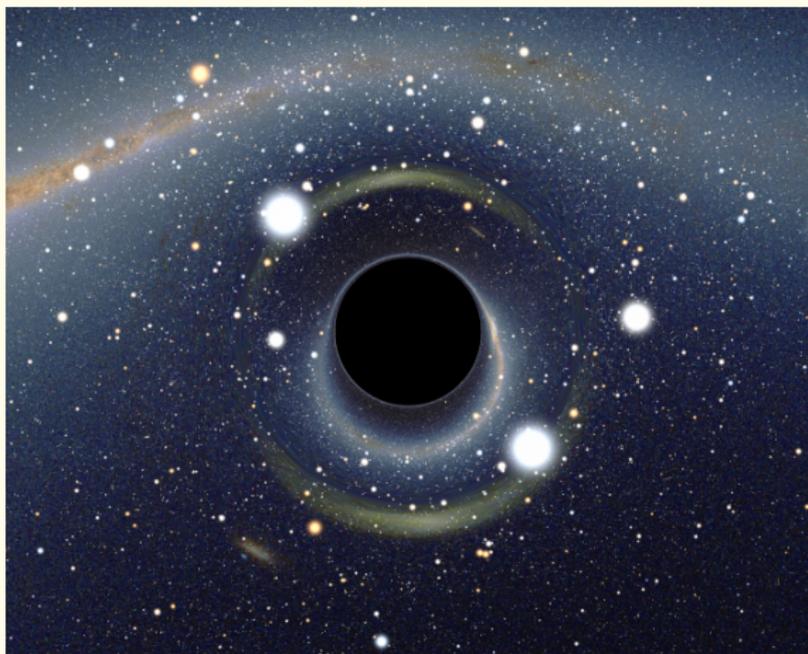
C.R. : Les réactions sont variées.

Mais parmi les théoriciens, beaucoup reconnaissent qu'il faut changer en profondeur notre façon de voir le temps.

C'est le cas du physicien américain, Edward Witten, une sommité en théorie des cordes. Et lors d'un colloque récent à Genève, le Prix Nobel David Gross, “cordiste” également, en appelait aussi à une révision de notre conception du temps.

Certains adhèrent au fait que le temps n'existe pas au niveau fondamental. D'autres récusent cette idée, à l'instar de mon ami Lee Smolin, avec qui nous avons élaboré la gravité quantique à boucles.

un nouveau livre (2015)



*Par-delà le visible. La Réalité du monde physique
et la Gravité quantique*, Paris, Odile Jacob, 2015

La realtà non è come ci appare, Cortina Raffaello, 2014

De quoi le monde est-il fait ?

Newton :	espace	temps	particules	
Maxwell - Faraday	espace	temps	champs	particules
Einstein - 1905	espace-temps	champs	particules	
Einstein - 1915	champs covariants	particules		
mécanique quantique	espace-temps	champs quantiques		
gravité quantique	champs quantiques covariants			

Gravité quantique

Les quanta de gravité sont la façon
dont espace et temps interagissent

L'espace et le temps sont des approximations
qui n'apparaissent qu'à grande échelle

Kant avait tort quand il pensait que l'espace et le temps newtonien
pouvaient être des formes *a priori* de la connaissance

L'espace et le temps sont des aspects d'un champ quantique

Les champs quantiques peuvent exister
sans avoir "les pieds posés" sur un espace externe

Dans la gravité quantique à boucles, l'infini disparaît.