

**BULLETIN N° 191**  
**ACADÉMIE EUROPEENNE**  
**INTERDISCIPLINAIRE**  
**DES SCIENCES**



**Lundi 5 janvier 2015 à 17h Maison de l'AX 5 rue Descartes 75005 Paris**

**1) Conférence d'intérêt général :**

**"RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT D'ORGANES BIOARTIFICIELS POUR LE  
 TRAITEMENT DE MALADIES CARDIOVASCULAIRES"**

**par notre collègue Juan-Carlos CHACHQUES**

Directeur du Programme de Bioassistance Cardiaque, Laboratoire de Recherches Biochirurgicales,  
 Fondation Alain Carpentier.

Département de Chirurgie Cardiovasculaire, Hôpital Européen Georges Pompidou,  
 Université Paris Descartes.

**2) Premières réflexions sur les thématiques possibles d'un futur colloque  
 (après 2016)**

**Prochaine séance :**

**Lundi 2 février 2015 à 17h Maison de l'AX 5 rue Descartes 75005 Paris**

**Conférence du Pr Jean ZINN-JUSTIN**

*Membre de l'Académie des Sciences*

*Conseiller au CEA/*

*Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers/IRFU Saclay*

*Président du Sénat Académique/comUE Université Paris-Saclay*

***"De la nature du vide: de Galilée à l'énergie noire"***

Académie Européenne Interdisciplinaire des Sciences

Siège Social : Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme 54, bd Raspail 75006 Paris

Nouveau Site Web : <http://www.science-inter.com>

# ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

## FONDATION DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME

**PRESIDENT** : Pr Victor MASTRANGELO  
**VICE PRESIDENT** : Pr Jean-Pierre FRANÇOISE  
**SECRETAIRE GENERAL** : Irène HERPE-LITWIN  
**TRESORIER GENERAL** : Claude ELBAZ

**MEMBRE S CONSULTATIFS DU CA :**

Gilbert BELAUBRE  
 François BEGON  
 Bruno BLONDEL  
 Michel GONDRAN

**COMMISSION FINANCES**: Claude ELBAZ,  
**COMMISSION MULTIMÉDIA**: Pr. Alain CORDIER  
**COMMISSION EDITION**: Robert FRANCK et Pr Pierre NABET  
**COMMISSION CANDIDATURES**: Pr. Jean-Pierre FRANÇOISE

**PRESIDENT FONDATEUR** : Dr. Lucien LEVY (†)  
**PRESIDENT D'HONNEUR** : Gilbert BELAUBRE  
**SECRETAIRE GENERAL D'HONNEUR** : Pr. P. LIACOPOULOS (†)

**CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :**  
**SCIENCES DE LA MATIERE** : Pr. Gilles COHEN-TANNOUDJI  
**SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES** :

**CONSEILLERS SPECIAUX:**

**EDITION**: Pr Robert FRANCK  
**AFFAIRES EUROPEENNES** : Pr Jean SCHMETS  
**RELATIONS VILLE DE PARIS et IDF** : Michel GONDRAN ex-Président  
**RELATIONS UNIVERSITES et MOYENS MULTIMEDIA**: Pr Alain CORDIER  
**RELATIONS AX et MÉCENAT** : Gilbert BELAUBRE

**SECTION DE NANCY :**

**PRESIDENT** : Pr Pierre NABET

janvier 2015

**N°191**

**TABLE DES MATIERES**

p. 03 Compte-rendu de la séance du lundi 5 janvier 2015  
 p. 07 Annonces  
 p. 08 Documents

**Prochaine séance :**

**lundi 2 février 2015 à 17h Maison de l'AX 5 rue Descartes 75005 Paris**

**Conférence du Pr Jean ZINN-JUSTIN**

*Membre de l'Académie des Sciences*

*Conseiller au CEA/*

*Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers/IRFU Saclay*

*Président du Sénat Académique/comUE Université Paris-Saclay*

***"De la nature du vide: de Galilée à l'énergie noire"***

# **ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES**

**Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris.**

**Séance du Lundi 5 janvier 2015**

**Maison de l'AX 17h**

La séance est ouverte à 17h **sous la Présidence de Victor MASTRANGELO** et en la présence de nos Collègues Gilbert BELAUBRE, Alain CARDON, Juan-Carlos CHACHQUES, Gilles COHEN-TANNOUDJI, Françoise DUTHEIL, Claude ELBAZ, Jean -Pierre FRANCOISE, Michel GONDRAN, Irène HERPE-LITWIN, Antoine LONG, Pierre MARCHAIS, Claude MAURY, Edith PERRIER, Alain STAHL, Jean-Pierre TREUIL.

Etaient excusés François BEGON, Bruno BLONDEL, Jean-Pierre BESSIS, Jean-Louis BOBIN, Michel CABANAC, Alain CORDIER, Daniel COURGEAU, Ernesto DI MAURO, Vincent FLEURY, Robert FRANCK, Gérard LEVY, Jacques LEVY, Valérie LEFEVRE-SEGUIN, Pierre PESQUIES, Jean SCHMETS, Jean VERDETTI.

## **A. Conférence d'intérêt général de notre Collègue Juan Carlos CHACHQUES "RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT D'ORGANES BIOARTIFICIELS POUR LE TRAITEMENT DE MALADIES CARDIOVASCULAIRES"**

### **1. Présentation du conférencier :**

Notre Collègue Juan-Carlos Chachques, MD, PhD est Directeur du Programme de Bioassistance Cardiaque, Laboratoire de Recherches Biochirurgicales, Fondation Alain Carpentier - Département de Chirurgie Cardiovasculaire, Hôpital Européen Georges Pompidou, Université Paris Descartes.

### **2. Résumé fourni par notre Collègue Juan-Carlos CHACHQUES:**

La communauté scientifique spécialisée dans la recherche cardiovasculaire fondamentale, clinique et technologique, s'associe afin de développer des thérapies synergiques pour l'insuffisance cardiaque chronique, qui constitue actuellement une véritable épidémie.

La transplantation cardiaque est un traitement efficace pour les maladies cardiaques en phase terminale. Mais en raison de la pénurie de donneurs, la recherche se porte sur des solutions alternatives comme la transplantation de cellules souches associée à l'ingénierie tissulaire, permettant la création d'organes et tissus bio-artificiels. Le but ultime étant le développement de cœurs artificiels bio-mécaniques.

Des progrès récents dans la conception et la fabrication de matériaux biohybrides, ayant des caractéristiques bio-mimétiques, ont été accomplis dans le domaine des nanotechnologies. Des applications directes dans la médecine et l'ingénierie deviennent une réalité. Ainsi il est possible maintenant de créer des tissus et des organes ayant des propriétés structurales et fonctionnelles similaires aux matrices extra-cellulaires naturelles, contenant des nano-structures tridimensionnelles, capables d'assurer la propagation de signaux cellulaires et la fonctionnalité tissulaire.

Ces nouvelles technologies émergentes permettent de créer des cœurs bio-mécaniques, constitués de prothèses implantables, hémocompatibles, connectées aux sources d'activation électrique externes ou aux systèmes d'activation pneumatiques. La régulation et la surveillance à distance des systèmes sont effectuées par des senseurs et dispositifs électroniques permettant un suivi postopératoire et ensuite une télésurveillance à partir du domicile des malades (home monitoring).

### 3. compte-rendu de la conférence

Le compte-rendu complet de la conférence a fait l'objet d'une collaboration entre nos collègues Gilbert BELAUBRE, et Jean-Pierre TREUIL et d'une vérification par notre collègue Juan-Carlos CHACHQUES. Il est accessible, ainsi que les diapositives sur le site de l'AEIS <http://www.science-inter.com>

### 4. Informations sur l'état de la préparation de notre prochain colloque "*Ondes, Matières et Univers*"

Le prochain colloque "Ondes, Matières et Univers" aura lieu les 11 et 12 février 2016 (jeudi, vendredi). La commission scientifique interne a réalisé une première ébauche et a retenu les domaines suivants à traiter pour les 4 sessions qui pourraient s'intituler:

- 1) Relativité - Les Ondes de l'Univers
- 2) Dualité Onde-Corpuscule de la physique quantique
- 3) Ondes, Matière et Quantification
- 4) Matière vivante: Biologie , Médecine et Applications

Une table ronde clôturerait le colloque portant sur le thème : "*Une nouvelle révolution scientifique à l'horizon*".

Les principaux conférenciers potentiels ont été contactés Parmi nos conférenciers potentiels figurent des personnalités de tout premier plan du Laboratoire LKB de l'ENS comme le Pr Jean DALIBARD qui a déjà donné son accord de principe , et le Pr Serge HAROCHE qui a manifesté son intérêt sous réserve de disponibilité pour la date du colloque ( à confirmer) ou Le Pr Alain ASPECT qui n'a pas encore répondu. Un certain nombre de conférenciers potentiels ont par ailleurs déjà effectué un exposé lors de nos séances mensuelles.

En ce qui concerne la quatrième session, il y a eu deux désistements : ni le Pr Antoine TRILLER (ENS Biologie - Académicien) , ni le Pr Patrick CURMI ( Président de l'Université d'Evry) ne seront en mesure d'assurer une présence au congrès. Sur proposition de notre collègue Gilles COHEN-TANNOUDI , Mme le Dr Chiara MARLETTO , Junior Research Fellow de l'université d'Oxford, spécialiste de la théorie du "*constructor*" appliquée à la biologie et collaboratrice du Pr David DEUTSCH, a été sollicitée. Une autre demande sera réalisée auprès du Pr Rienk Van GRONDELLE du département de biophysique de l'Université d'Amsterdam, spécialiste de la photosynthèse titulaire de la chaire Blaise Pascal 2007-2009 de l'ENS.

## B. Premières réflexions sur les thématiques possibles d'un futur colloque

1. Nos Collègues Gilbert BELAUBRE, Alain STAHL déclarent que des avancées considérables ont été réalisées par le laboratoire **Neurospin**<sup>1</sup> dans le domaine de la compréhension neurologique de la conscience depuis notre précédent colloque, de décembre 2005 "*Physique et Conscience*". Ce domaine pourrait constituer une piste pour le futur colloque. Se pose également le problème de la modélisation de la pensée selon notre Colloque Alain CARDON.
2. Notre Collègue Claude MAURY souhaiterait que l'on s'interroge sur le **rôle du hasard** en biologie, et notamment dans l'évolution des espèces.....Se pose évidemment la question première d'une définition : le hasard quantique différant du hasard de base (simple ignorance des causalités par exemple, simple rencontre de chaînes causales), de la contingence...
3. A la suite de la précédente conférence de notre collègue Juan-Carlos CHACHQUES, notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI s'interroge sur les nouveaux êtres hybrides naturels artificiels comme par exemple les êtres pourvus de prothèses biomimétiques (Uterus artificiels par exemple) ....N'évoluerait-on pas vers un homme "bionique"? Notre collègue Edith PERRIER s'interroge à ce propos avec d'autres collègues sur la définition d'un être humain, sur le rôle de l'intelligence artificielle...
4. Notre collègue Michel GONDRAN propose une réflexion sur "*Les représentations de la réalité*" basée sur les remarques suivantes:
  - la réalité existe à toutes les échelles d'espace et de temps, de l'infiniment petit à l'infiniment grand, alors que nos représentations et nos modèles ne sont définis qu'à une échelle donnée.
  - De plus, ces modèles et ces représentations dépendent de nos perceptions, de nos capacités cognitives, de nos théories à un moment donné. Ainsi, les concepts de température et de pression d'un gaz existent à notre échelle et non à l'échelle atomique. Nos concepts de réalité dépendent donc de l'échelle d'observation, du grain d'observation.
  - Décrire la réalité revient alors à décrire le réel par des modèles à différentes échelles. Et l'unicité du réel physique demande de construire des modèles qui puissent être cohérents entre ces différentes échelles.

L'objectif du congrès pourrait être de montrer comment ces différents modèles (effectifs) s'articulent entre eux dans les sciences physiques et dans les sciences humaines en se posant en particulier les questions suivantes:

- le débat sur le déterminisme ne va-t-il pas dépendre de la précision des modèles aux échelles de temps et d'espace où on se place?
- Le réel physique n'est il pas doublement voilé, voilé par la mécanique quantique comme le propose d'Espagnat, mais aussi voilé par la relativité?

---

<sup>1</sup> Ils se réfèrent à un ouvrage récemment paru chez Odile Jacob en octobre 2014 "Le Code de la Conscience" de Stanislas DEHAENE <http://www.odilejacob.fr/catalogue/auteurs/stanislas-dehaene/>

Concernant le premier projet, , notre Président Victor MASTRANGELO nous rappelle qu'il existe un vaste programme de recherche européen sur le cerveau humain "Human Brain Project" avec des rubriques telles que "Theoretical Neuroscience", "Molecular and cellular Neuroscience", "Neuroinformatics", "Brain Assimilation", "Cognitive Neurosciences", "Neuro-robotics", "Performance Computing"...

Ces quatre sujets seront examinés selon une procédure qui sera proposée par notre Président.

En conclusion, en vue de la sélection d'une nouvelle thématique, notre Président demande que pour chaque proposition, lui soit adressé d'ici le lundi 4 mai prochain - délai de rigueur - un document en rapport avec la proposition de thème.

Ce document de quelques pages devrait comporter une présentation générale du thème basée sur toute une argumentation scientifique en citant aussi des chercheurs, équipes, laboratoires et les grands organismes de recherche travaillant sur la thématique et se terminer par une bibliographie sommaire dans laquelle il y aurait des références de livres et surtout des articles significatifs parus dans des revues scientifiques de renommée internationale.

Il rappelle qu'il est d'usage que nos colloques internationaux s'étalent sur deux jours et donc comportent un minimum de quatre sessions qui pourraient déjà être identifiées dans votre projet. Il faudra contacter pour cela une vingtaine de conférenciers.

Nous avons établi un partenariat avec l'Institut Henri Poincaré pour l'organisation et le déroulement de nos colloques, le thème devrait en conséquence être compatible avec les missions générales assignées à cet Institut.

Une présentation orale de ces thèmes en séance pourrait se faire à partir du mois de mai en fonction des opportunités qui pourraient se présenter (absence de conférencier...) et dans tous les cas au mois de novembre lors de notre assemblée générale, lors de nos séances de décembre, de janvier et mars 2016. Le choix du thème aura été fait et à partir du mois d'avril 2016, au plus tard, nous commencerons à inviter les conférenciers potentiels de notre futur colloque.

Après cette très riche séance, notre Président Victor MASTRANGELO en procède à la clôture .

Irène HERPE-LITWIN

## Annances

Notre collègue Gilles COHEN-TANNOUJDI nous déclare avoir mis en ligne sur son site une page avec [les liens vers les vidéos de la rencontre sur \*La science et l'impossible\* \(PIF14\)](http://www.gicotan.fr/divers/blog/63-blog/290-les-videos-de-la-renocnotre-sur-la-science-et-l-impossible-pif14.html) <http://www.gicotan.fr/divers/blog/63-blog/290-les-videos-de-la-renocnotre-sur-la-science-et-l-impossible-pif14.html> qui s'est tenue le 22 novembre dans le grand auditorium de la BnF

Notre collègue Christian HERVE nous informe que la réunion "**Éthique, Économie et Santé**" a eu lieu **le 12 janvier 2015** à l'espace Éthique. Voir le site :

<http://www.ethique.sorbonne-paris-cite.fr>

•

## Documents

Pour préparer la conférence du Pr ZINN-JUSTIN<sup>2</sup> nous vous proposons:

p. 09: issu du site <http://www.univers2009.obspm.fr/fichiers/Grand-Public/lundi-6/Zinn-Justin.pdf> le texte d'une conférence intitulée "La richesse du vide"

Notre collègue Claude ELBAZ nous a transmis :

p. 32: son dernier article paru dans le Journal of Modern Physics, 2014, 5, 2192-2199, site <http://www.scirp.org/journal/jmp/> intitulé "*Wave-Particle Duality in Einstein-de Broglie Programs*"

Pour préparer les présentations sur la théorie du "constructor en biologie" , nous vous proposons

p. 38 : Le résumé d'un article de Chiara MARLETTO, "*Constructor Theory of Life* ", publié dans <http://arxiv.org/abs/1407.0681> paru en novembre 2014

---

<sup>2</sup> D'autres documents relatifs aux travaux du conférencier vous seront confiés dans le prochain bulletin.



# *La Richesse du Vide*

irfu



saclay

Jean Zinn-Justin

CEA, IRFU et  
Institut de Physique Théorique  
Centre de Saclay  
91191 Gif-sur-Yvette

# Notion et existence du vide

irfu

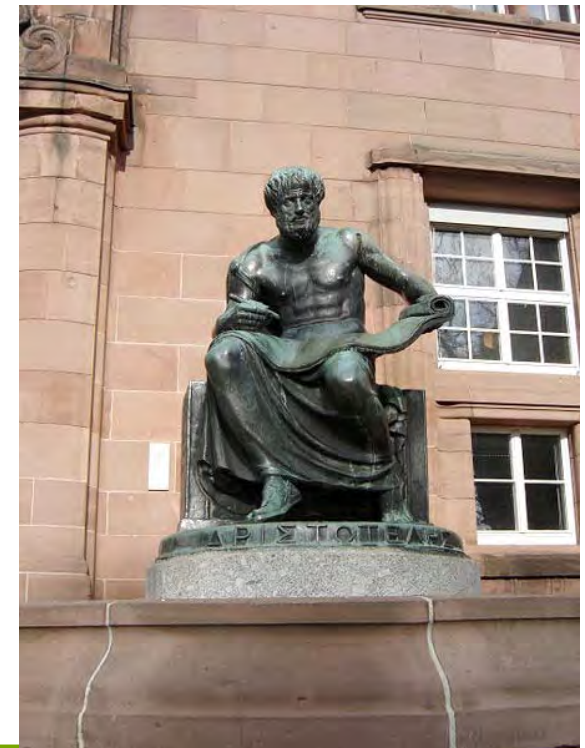


saclay

Nous avons tous une notion intuitive du vide au sens d'absence d'objets matériels visibles: une pièce est vide. Mais depuis des temps sans doute très lointains, il a été remarqué que **tout espace vide est encore rempli d'air**, un des quatre éléments avec la terre, le feu et l'eau de différentes civilisations dont la civilisation grecque. En fait, la notion de vide dépend de nos connaissances: **le vide est l'absence de ce que nous savons pouvoir exister.**

Aux quatre éléments classiques, Aristote (384 BC - 322 BC) a d'ailleurs proposé d'en rajouter un cinquième, **l'éther**, la substance des choses immuables comme le ciel et les astres, et affirmé **l'impossibilité du vide** car

**la nature a horreur du vide.**



# La nature a horreur du vide

irfu

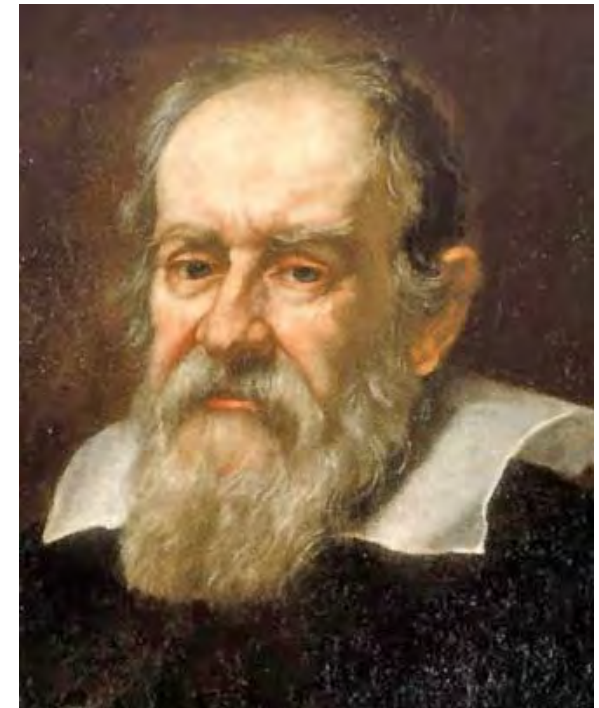


saclay

Ce qu'Aristote a ainsi énoncé a été ensuite considéré comme une **vérité absolue** jusqu'à la Renaissance et même plus tard.

Ainsi une forme d'éther servait à expliquer pourquoi l'eau monte dans un puits quand on pompe.

Galilée (1564-1642), par contre, un des premiers, admet l'existence du vide.



**La nature a horreur du vide; alors, elle le remplit avec n'importe quoi.**  
(Thomas de Koninck)

# La nature a horreur du vide

irfu



saclay

Descartes (1644) rejette lui la théorie du vide, car il n'est pas possible que ce qui n'est rien ait de l'extension.

Ainsi, selon Descartes, si un vase est vide d'eau, il est plein d'air, et s'il était vide de toute substance, ses parois se toucheraient.

Descartes est donc amené à rejeter les théories de Galilée sur la chute des corps dans le vide, et écrit de ce dernier : Tout ce qu'il dit de la vitesse des corps qui descendent dans le vide, etc. est bâti sans fondement; car il aurait dû auparavant déterminer ce que c'est que la pesanteur; et s'il en savait la vérité, il saurait qu'elle est nulle dans le vide.



Excluant en effet toute action à distance, Descartes explique la pesanteur et donc le mouvement des planètes, par l'action de tourbillons d'éther agissant sur les corps pesants.

# La nature a-t-elle vraiment horreur du vide ? ou Première mort de l'éther

En voulant construire une fontaine de 12m de haut (à Florence?), on découvrit que l'eau ne pouvait pas monter plus haut que 10m30.

**Totticeli** (vers 1643) reproduisit l'expérience avec du mercure dans un tube de 1m, trouva une hauteur de 76cm et conclut à l'existence d'un vide dans la partie supérieure. Il exprime l'idée que nous vivons au fond d'un océan d'air. Ainsi vers cette époque la notion de pression atmosphérique émerge.



**Pascal** joue un rôle expérimental (1648, mesure de la pression au puits de Dôme) et théorique très important, argumentant contre Aristote l'existence d'un vrai vide dans le haut du baromètre.

(un effet par principe inobservable n'a pas de réalité physique)

# Première mort de l'éther

irfu

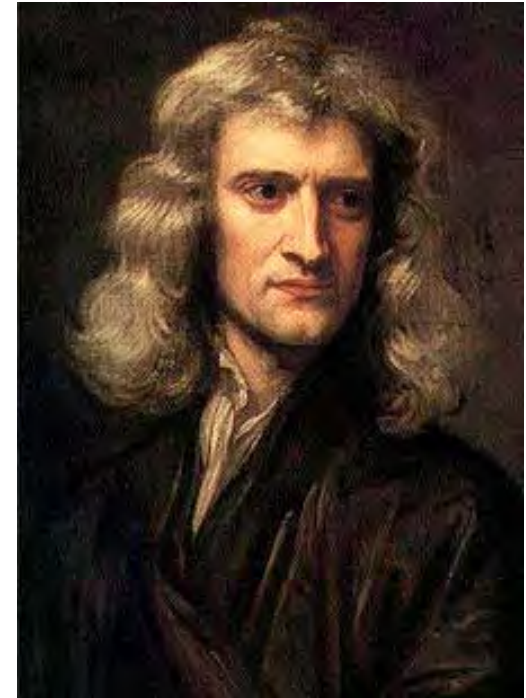


saclay

Ainsi se développe l'idée que l'atmosphère a une épaisseur finie au delà de laquelle règne le vide.

Par exemple, **Newton**, argumente contre Descartes pour l'existence d'un vrai vide matériel entre les planètes: **les planètes ne sont pas freinées dans leur course.**

Cela ne l'empêche, cependant, dans son traité d'optique, de supposer aussi l'existence d'un éther différent pour expliquer les phénomènes de réfraction et diffraction, difficile à comprendre dans sa théorie corpusculaire de la lumière.



# L'électromagnétisme et le retour de l'éther

irfu



saclay

Huygens (1690) propose que la lumière est un phénomène ondulatoire et semble être le premier à avoir introduit la notion d'**éther luminifère**: les ondes doivent correspondre à la vibration d'un milieu (comme les ondes sonores dans l'air).

Au début du 19<sup>ième</sup> siècle, les travaux de Fresnel et Young démontrent le caractère ondulatoire de la lumière avec ses deux polarisations transverses.

Plus tard, Maxwell (1873) unifie l'optique et l'électromagnétisme. **Toutes les ondes électromagnétiques nécessitent un support matériel et c'est le retour de l'éther.** Comme les équations de Maxwell font intervenir explicitement la vitesse de la lumière, l'éther définit le référentiel où les équations de Maxwell sont valables.

# Vers la mort de l'éther luminifère

irfu



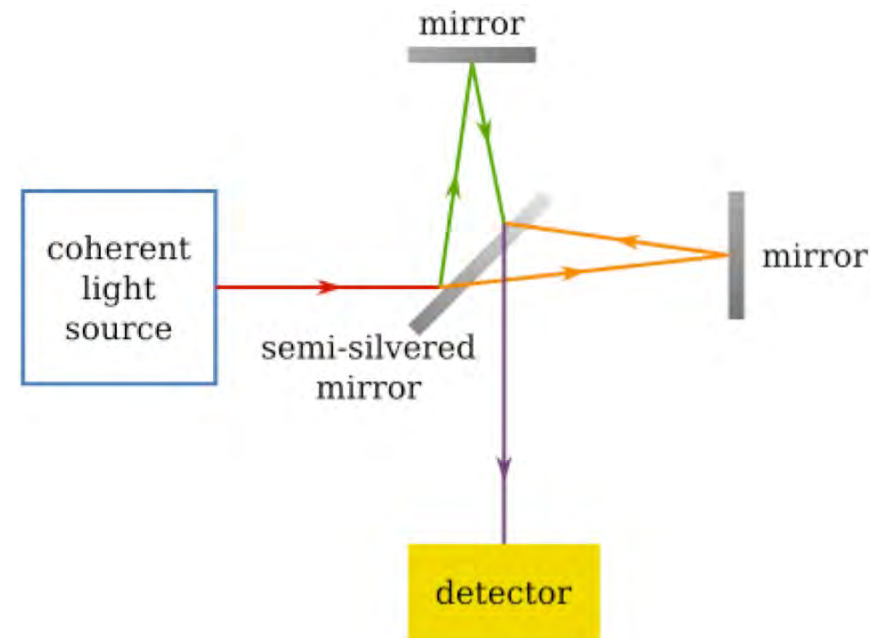
saclay

Cet éther a cependant des propriétés paradoxales, devant être **très tenu** pour ne pas freiner la terre dans son mouvement (Newton) mais **très rigide** pour être capable de propager des ondes de très haute fréquence.

Avec l'expérience de la mesure de la lumière par interférométrie de Michelson et Morley (1887) s'annonce la deuxième mort de l'éther.

Il faut maintenant expliquer pourquoi la vitesse de la lumière ne dépend pas du mouvement de la terre par rapport à l'éther.

Les modèles avec éther deviennent de plus en plus compliqués.





# La mort de l'éther luminifère

irfu

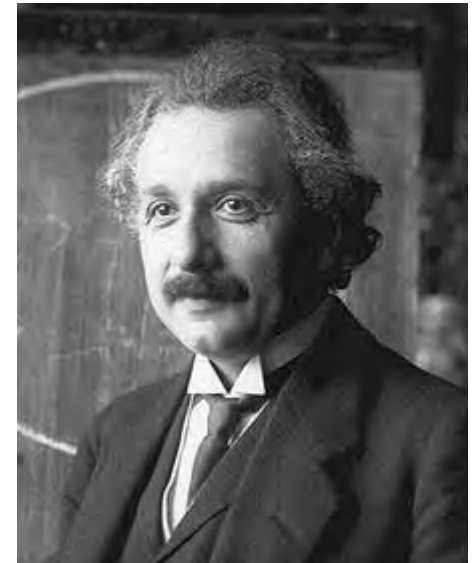


saclay

Pour expliquer l'expérience de Michelson et Morley sans renoncer à l'éther, Lorentz (et Fitzgerald) (1895) proposent la contraction des longueurs, puis du temps (1899).

Ces travaux prolongés par Poincaré (1905), conduisent à un éther essentiellement inobservable et donc sans contenu physique.

Einstein (1905) avec sa théorie de la **Relativité Restreinte** abandonne définitivement la théorie de l'éther .



# Le triomphe du vide

irfu



saclay

Bien sûr, l'Univers même loin de toute galaxie, n'est pas totalement vide, s'y propage des ondes électromagnétiques comme les rayons cosmiques ou le rayonnement fossile à 2.7 K, des neutrinos... mais on peut dès lors par la pensée imaginer une enceinte suffisamment protégée où le vrai vide (un vide de toute particule y compris photons et neutrinos) règne.

D'ailleurs, après la première expérience de JJ Thompson (1897) sur l'atome, E Rutherford (1909) déduit de nouvelles expériences que presque toute la masse de l'atome est concentrée dans un noyau: les **atomes eux-mêmes paraissent essentiellement vides.**

# Mécanique quantique et vide

irfu



saclay

Avec la Mécanique Quantique, apparaît la notion d'état : un système quantique est caractérisé par un état quantique auquel est associé un vecteur appartenant à un espace de Hilbert.

L'évolution quantique est déterminée par l'opérateur Hamiltonien quantique. Quand l'Hamiltonien est indépendant du temps, l'énergie est conservée et une mesure d'énergie donne une valeur propre de l'Hamiltonien.

Quand on considère des états correspondant à un nombre variables de **particules indépendantes** (sans interactions mutuelles) le spectre d'énergie est additif. L'état d'énergie le plus bas, ou fondamental, est **l'état sans particules, ou vide quantique**.

Notons qu'en l'absence de gravitation, même dans le cas relativiste la valeur de l'énergie du vide est sans signification physique.

# Théorie quantique des champs et vide

irfu



saclay

La théorie quantique des champs, généralisation relativiste de la mécanique quantique, est une **théorie des champs** et non une théorie de particules individuelles. **Un champ a toujours un nombre infini de degrés de liberté, il est défini par sa valeur en chaque point de l'espace**, à la différence d'une collection finie de particules non-relativistes.

Ceci permet de comprendre pourquoi la théorie quantique des champs a des propriétés quelque peu étranges;

**pourquoi le nombre de particules n'est en général pas conservé dans des chocs entre particules.**

Ceci conduit aussi à des propriétés surprenantes du **vide quantique.**

Un exemple est donné par la **possibilité de transitions de phase**, de même nature que celles qu'on observe en mécanique statistique classique ou quantique.

# Les fluctuations du vide

irfu



saclay

La mécanique quantique non-relativiste est caractérisée par le principe d'incertitude de Heisenberg:

$$\Delta P \Delta Q \geq \hbar/2$$

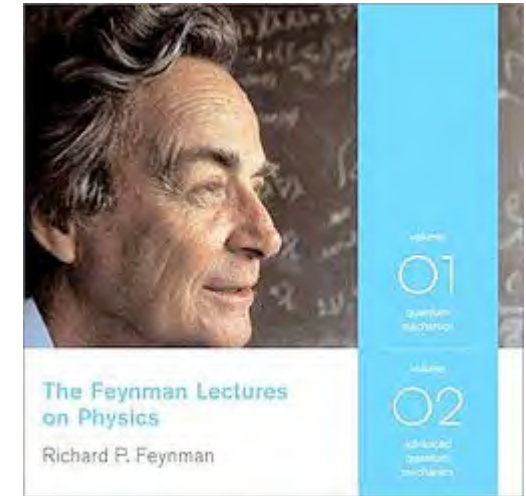
reflet des **fluctuations quantiques**.

Une généralisation relativiste suggère alors

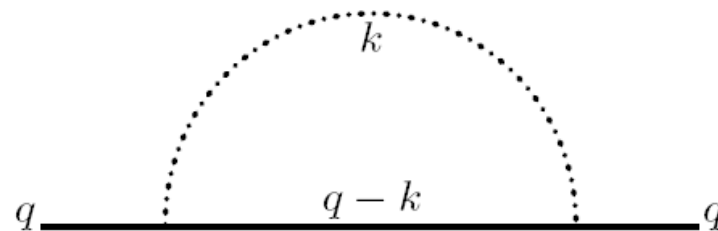
$$\Delta T \Delta E \geq \hbar/2$$

Cette expression peut s'interpréter comme: l'énergie peut fluctuer autour d'une valeur moyenne, mais pendant un temps d'autant plus court que la fluctuation d'énergie est grande.

# Particules virtuelles



Ceci peut être illustré par le développement en graphes de Feynman où apparaissent dans un état intermédiaire des particules dites **virtuelles** dont la masse n'est pas la masse physique.



Ainsi dans le diagramme ci-dessus un électron (en trait plein) se propageant **dans le vide** émet et réabsorbe un photon virtuel (en pointillé) de quadri-impulsion  $k^2 \neq 0$ .

# Brisure spontanée de symétrie et vide dégénéré

irfu



saclay

Un des éléments constitutifs du mécanisme de Higgs qui donne une masse aux quarks et aux leptons est la notion de symétrie brisée spontanément, qui est liée directement à une propriété du vide quantique

On considère une théorie quantique des champs relativiste en dimension  $4 = 1 + 3$  (temps + espace) pour un champ de bosons scalaire  $\phi$  à deux composantes  $\phi_1, \phi_2$ , correspondant à une action locale avec symétrie de rotation  $O(2)$  de la forme  $((\partial_\mu \equiv \partial/\partial x_\mu))$

$$\mathcal{S}(\phi) = \int d^4x \left[ \frac{1}{2} \sum_{\mu=1}^4 (\partial_\mu \phi(x))^2 + \frac{1}{2} r \phi^2(x) + \frac{g}{4!} (\phi^2(x))^2 \right].$$

Si  $r > 0$ , le minimum de l'action correspond à  $\phi = 0$  et la symétrie  $O(2)$  n'est pas brisée. Si  $r < 0$ , le minimum de l'action est dégénéré, correspondant au cercle  $\phi^2 \equiv v^2 = -r/6g$  et on parle de symétrie brisée spontanément.

# Brisure spontanée de symétrie et vide dégénéré

irfu

cea

saclay

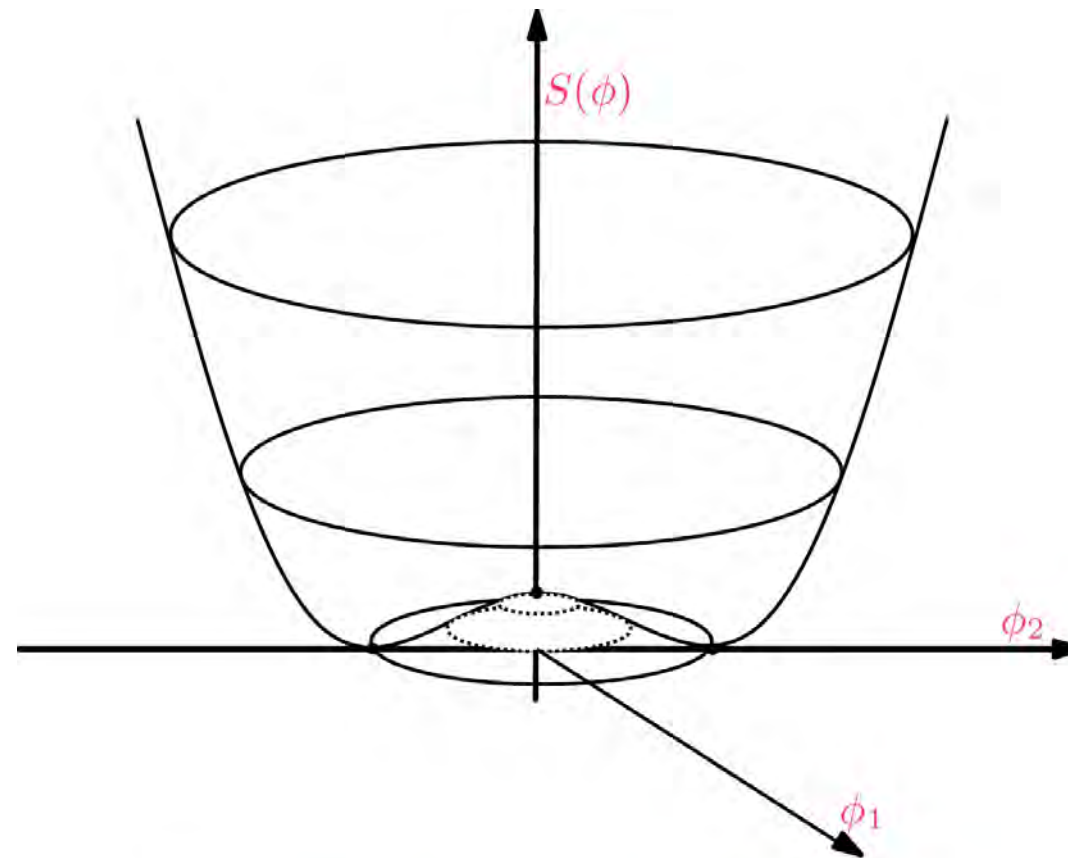


Fig. 1  $O(2)$ : l'action  $S(\phi)$  pour  $r < 0$ .

Au lieu de deux particules de même masse, le spectre consiste alors dans un boson massif et un boson (dit de Goldstone) de masse nulle.



# Brisure spontanée de symétrie et vide dégénéré

irfu



saclay

Dans ce contexte, l'interprétation est que le **vide initial** (ou fondamental) du modèle sans interactions acquiert, à cause des interactions entre bosons, une énergie plus élevée qu'un nombre infini d'états non symétriques correspondant à une superposition d'états d'un nombre quelconque de bosons initiaux et engendrant un champ classique:

**Le vide n'est pas invariant par le groupe  $O(4)$  et est donc dégénéré.**

Le choix d'un des états fondamentaux définit la théorie physique.

Les états correspondant aux bosons physiques, massif et de masse nulle, sont également des combinaisons linéaires compliquées des états de bosons initiaux.

**Remarque:** Coleman a généralisé ce modèle à une situation où le **faux-vide symétrique est métastable** et se désintègre par **effet tunnel** (the decay of the false vacuum).

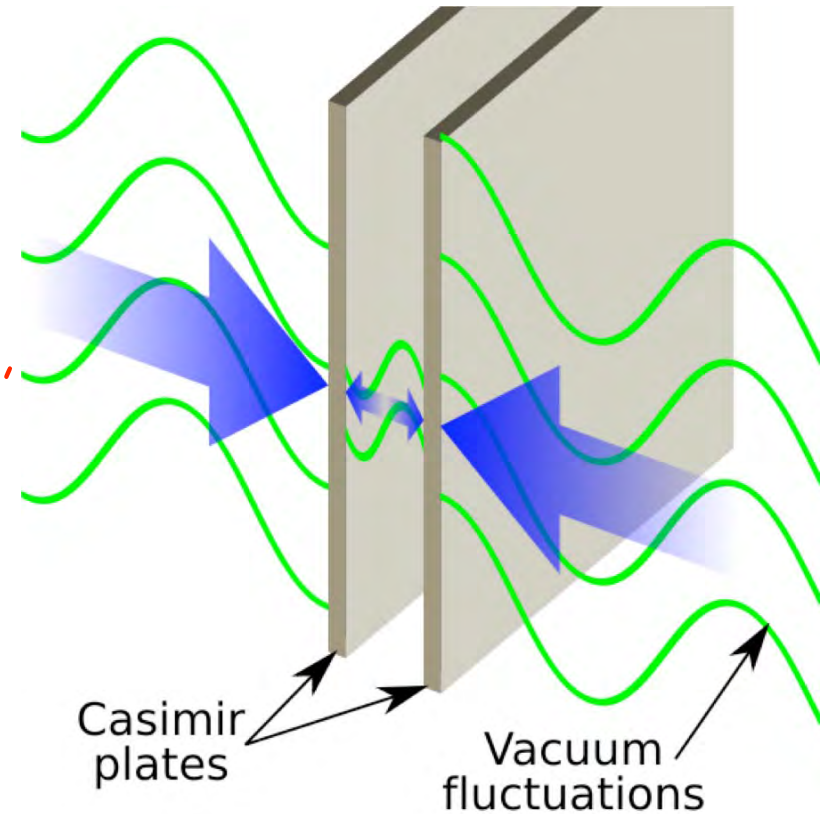
# L'effet Casimir

irfu



saclay

Dans la théorie quantique sans gravitation, l'énergie du vide n'est pas une observable physique, par contre, une variation de l'énergie du vide peut l'être, comme l'a noté Casimir (1948). On considère la théorie quantique du champ électromagnétique libre



$$\mathcal{S}(A) = \int d^4x \sum_{\mu,\nu} F_{\mu\nu}^2(x), \quad F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu,$$

en présence de deux plans infinis parallèles parfait conducteurs.

# L'effet Casimir

irfu



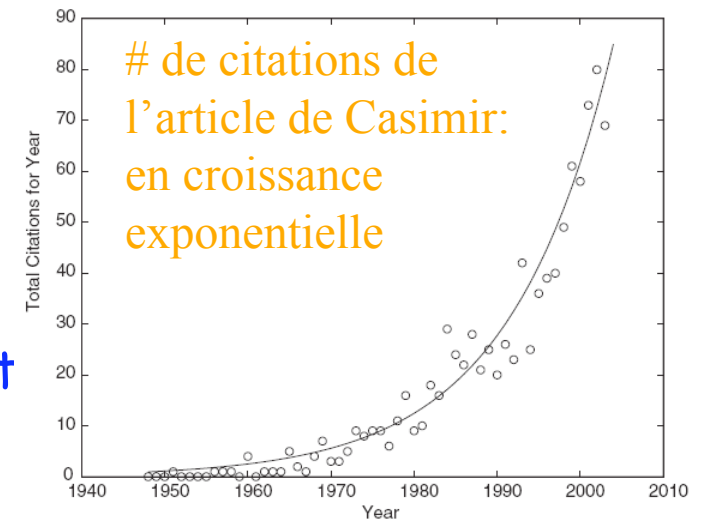
saclay

Un calcul simple permet de montrer que la présence des deux plans modifie l'énergie du vide et engendre une force d'attraction par unité de surface entre les plans:

$$\frac{F_{\text{Casimir}}}{A} = -\frac{\hbar c \pi^2}{240 \ell^4},$$

où  $A$  est l'aire de la surface et  $\ell$  la distance entre les plans. L'effet Casimir a été mis en évidence expérimentalement par Sparnay (1958) puis mesuré plus précisément par Lamoreaux (1997).

L'accord entre la théorie et l'expérience est actuellement de l'ordre de 1%. L'article de Casimir totalise plus de 1500 citations.



Astrid Lambrecht & Serge Reynaud ; *Recent experiments on the Casimir effect: description and analysis*, séminaire Poincaré (Paris, 9 mars 2002), publié dans : Bertrand Duplantier et Vincent Rivasseau (Eds.) ; *Poincaré Seminar 2002*, Progress in Mathematical Physics 30, Birkhäuser (2003),

# Vide et matière noire

irfu

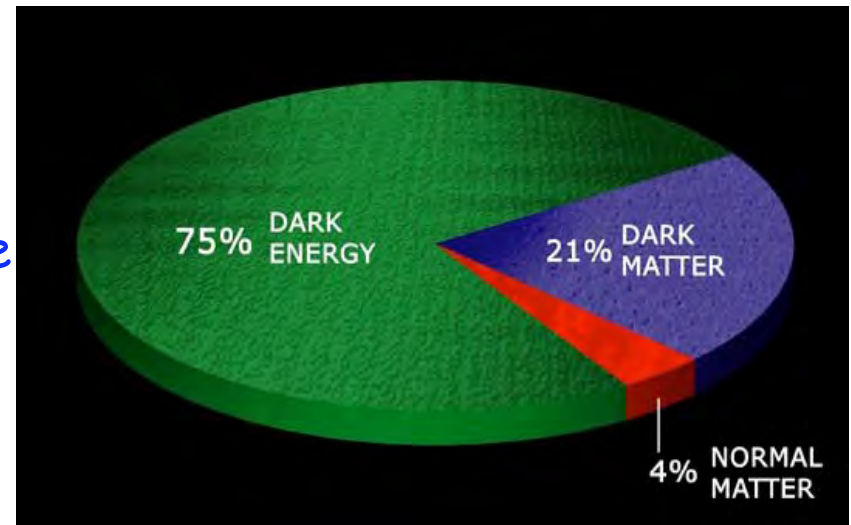


saclay

Nous savons maintenant qu'environ 20% du contenu en énergie de l'Univers est de la matière noire de nature inconnue sans interaction électromagnétique mais avec une interaction gravitationnelle avec la matière ordinaire.

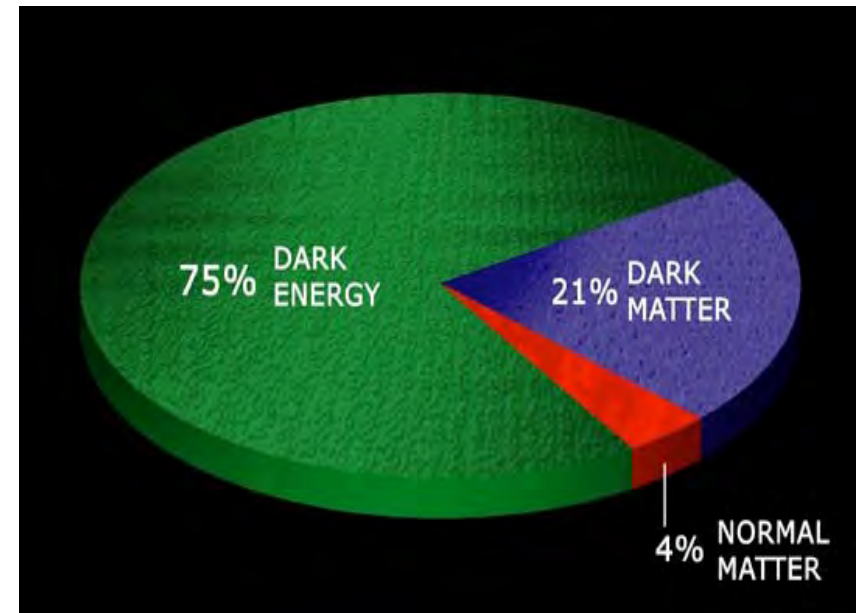
Question : Est-il possible d'imaginer une région de l'espace vide de matière noire?

La réponse est évidemment inconnue puisque nous ne sommes même pas totalement certain que la matière noire est de la matière, et, par ailleurs, pour pouvoir confiner de la matière, il faut d'abord pouvoir la détecter.



# Vide et Relativité Générale: le mystère de l'Energie sombre

Des observations récentes (rayonnement fossile, distribution des supernovae lointaines) indiquent l'existence d'une **énergie sombre** responsable de **75% du contenu en énergie de l'univers**. Elle se traduit par une accélération relativement récente de l'expansion de l'univers (comme une pression interne), alors que la matière qui dominait l'expansion depuis le Big Bang, conduisait à un ralentissement de l'expansion.



L'univers n'est donc pas vide, puisqu'il est rempli de façon homogène par cette énergie sombre.

# Vide et Relativité Générale: le mystère de l'Energie sombre

Quand on combine la théorie de la Relativité Générale classique d'Einstein avec la Théorie Quantique des Champs, (la Relativité Générale détermine la géométrie de l'espace-temps dans laquelle les champs se propagent) on découvre que l'énergie du vide devient une observable et engendre l'apparition d'une constante cosmologique.

Or les propriétés de l'énergie sombre sont compatibles avec une constante cosmologique. Toutefois, sa valeur est alors, suivant les modèles, de 60 à 120 ordres de grandeurs plus petite qu'attendu!!!

Notons, enfin, que Einstein lui-même après la construction de la Relativité Générale, a émis des doutes sur l'existence du vide dans la mesure où les champs, dont le champ de métrique  $g_{\mu\nu}(t, x)$  sont définis en tout point de l'espace. De plus, même quand la valeur classique des champs s'annule, les champs ont des fluctuations quantiques autour de zéro.

# Conclusion provisoire

irfu



saclay

La nature a peut-être horreur du vide, en tout cas un vide absolu ne semble pas pouvoir exister, mais il ne faut remplir le vide de n'importe quoi, pour résoudre des problèmes qu'on ne comprend pas.

# Wave-Particle Duality in Einstein-de Broglie Programs

**Claude Elbaz**

Academie Europeenne Interdisciplinaire de Science (A.E.I.S.), Paris, France

Email: [claudio.elbaz@science-inter.com](mailto:claudio.elbaz@science-inter.com)

Received 22 October 2014; revised 18 November 2014; accepted 14 December 2014

Copyright © 2014 by author and Scientific Research Publishing Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

The standard model of particle physics forms a consistent system for universe description. After following quantum mechanics, it derives particles from relativistic quantum fields. Since it does not include gravitation, it describes only one aspect of the universe. In extension of general relativity, Einstein had proposed a symmetrical and complementary approach of physics. In his program, he privileged a relativist field based on representations for physical phenomena, before a precise mathematical description. It allows completing and unifying the universe description, like both eyes for relief vision, and both ears for stereophonic audition. We propose to show it with many simple examples.

## Keywords

Standard Model, Quantum Theory, Special Relativity, de Broglie Relation, Planck-Einstein Relation, Gravitation, Planck Parameters

---

## 1. Introduction

The problems of wave-particle and matter-light dualities had, along centuries, divided philosophers at first, before physicists. The basic models are physically and mathematically opposed and complementary, since the waves are extended through space while the particles are concentrated. This justifies why physicists admitted either one model, or the other, as more fundamental for the basic structure constitution of the universe.

In 1905, from the photoelectric effect, Einstein introduced the first quantum particle with the energy light quanta  $E = h\nu$ , nowadays called photon [1]. Symmetrically, in 1924, Louis de Broglie established that the electron, and more generally matter, with energy  $E = mc^2 = h\nu$ , behaved also as wave [2]. Each of them was awarded a Nobel Prize for his discovery.

Henceforth, for the physicists, the whole universe is described by the standard model. It is constituted by



matter interacting through four different kinds of forces. It must be considered as finally formed by quantum particles behaving either as waves or as particles. It has been validated in 2012 by the BEH, or Higgs, boson detection, which represents its crowning.

The standard model forms a consistent system for universe description. It extends quantum mechanics, which had privileged mathematical formalism to describe the behavior of a single particle. The wave character, exhibited by experience, is described by a point-like probability density, with a mathematical formalism, in which Heisenberg's relations act as a limiting frame.

However, the standard model differs from quantum mechanics, and goes beyond it, since it leans on relativist quantum fields. They no longer restrict to a single particle, but apply to many identical particles, each one being created or annihilated inside the corresponding field. The two basic categories of quantum particles, the bosons and the fermions, differ from one another by their statistical properties, which are then in relation with sets of particles: Bose-Einstein statistic laws for the first one and Fermi-Dirac for the second. A single particle appears only as a particular manifestation of a more fundamental continuous field, expressed mathematically by partial derivative equations.

The standard model describes only a partial aspect of the universe. For example, it does not include gravitation. It is then posterior to Planck era.

By comparison, gravitation is well described by general relativity, which is a classical theory, based on a continuous field. It has been largely confirmed by numerous experiments and by its theoretical consequences and practical applications. The graviton, as the quantum particle mediating gravitation interaction, has not yet been detected and validated. Consequently, until having proof to the contrary, gravitation remains described by general relativity, which is a classical theory.

One of the most present resisting problems in physics lies in the reconciliation of gravitation with electromagnetism. The problems of wave-particle and matter-light dualities are then far from being entirely solved.

In extension of general relativity and of his different discoveries, including in quantum physics such as the stimulated emission, Einstein had proposed a consistent approach for physics, symmetrical to the standard model [3]. He privileged the continuous field, leaning on physical representations of phenomena, before their more precise mathematical description.

Einstein's program allows us to complete the universe vision, like both eyes give us access to tridimensional vision, or both ears to stereophonic audition.

In this article we propose to show it through many simple examples.

## 2. History

### 2.1. Particles

Since antiquity, Democritus had considered that universe is composed of atoms and vacuum. Atoms represent the ultimate stage of matter division. They are physically indivisible and indestructible... between atoms lies empty space. Two millenniums later, for Newton: "It seems probable to me that God in the beginning formed matter in solid, massy, impenetrable, moveable particles... even so very hard, as never to wear or break in pieces; no ordinary power being able to divide what God himself made one in the first Creation... particles are separated by empty space." At present time, with the standard model, we admit that all material particles of universe were created at nucleosynthesis era, 13.8 billion years ago, less than 3 minutes after universe.

To summarize: the concept of material particle is characterized by a double discontinuity, in space and in time. In space, by delimiting an inner "full" part, and an outer "empty" part. In time, by delimiting a prior time before its creation, and a posterior time after, during which it is present.

### 2.2. Fields and Waves

On another hand, since antiquity also, Aristotle considered that space was not empty and that "nature abhors vacuum". Two millenniums later Descartes eliminated the void in nature. For him, "matter is a continuous fluid, homogeneous, characterized by its extent, and which fills up whole universe". It allows the transmission of light as a pressure. After him, Huygens, contemporary of Newton, introduced his wave theory of light, deriving the laws of optics. However, his model has arisen only in the 19th century, after Fresnel and Maxwell.

When the field was introduced in physics, it began to designate the instantaneous force exerted, in each point

of space, between matter particles or electric charges, through space vacuum. The speed of light detection, and its propagation step by step in space as waves, led to assign a physical nature to space: the electromagnetic aether.

In 1905, the special theory of relativity allowed Einstein to suppress electromagnetic aether need, in order to fill the space vacuum; however the general theory of relativity led him to reconsider that space ought to have a physical fundamental role. “Empty space is neither homogeneous, nor isotropic... these facts had definitely dismissed the conception that space was physically empty. From this, the aether notion has acquired a new precise content, which of course differs notably from the aether of mechanical wave theory of light. The aether of general relativity is a medium deprived of all mechanical and kinematical properties, but determines mechanical and electromagnetic phenomena [4].” Actually, the content of empty space is no longer characterized by aether, but rather by space-time. In standard model, “the empty space of a quantum field theory behaves as a complex medium in which quantum fields are submitted to fluctuations physical effects are observable”.

To summarize: by difference with the field concept, which expresses an interaction between particles, the wave concept renders essential the role of the medium and the propagation velocity: a wave continues to propagate in space, even though its localized origin had disappeared, like the cosmological background radiation, detected 13.8 billion years after its emission.

### 2.3. Wave-Particle and Matter-Light Duality

With Einstein, classical relativist physics includes gravitation but not quantification. With the standard model, relativist quantum physics includes quantification but not gravitation. In both cases, the concepts of particles, discontinuous and localized in space and time, and waves, continuous and extended in space and time, subsist. Thus, the standard model in one hand, and general relativity in other hand, describe only one aspect of universe. Each one forms a consistent system, which has been validated by experiment with great precision.

The standard model extends quantum mechanics, which privileged particle by leaning upon mathematical formalism at first. The Einstein’s program proposes a symmetrical approach. He privileged a continuous field, by leaning on physical representations of phenomena, before their more precise mathematical description.

Both approaches are complementary. They allow access to a unitary grasp of universe, somewhat like both eyes to relief vision, or both ears to stereophonic hearing.

The standard model in one hand, and the Einstein’s program in other hand, must be considered as two consistent systems to perceive physical phenomena, somewhat like those recorded by two relativist observers, one setting on a moving train and the other on the platform at rest. Each one notices that his environment is at rest for him; and must serve for recording references, while the other is moving, and then affected by the speed. A same observer cannot overlook a simultaneous general view of phenomena by setting on the platform with one foot and in the moving train with the other.

## 3. The Standard Model of Particles

In the synthetic standard model table for the basic components of universe that have been validated by experiment, the material and interaction particles are classified in two sets, according to their relativist quantum properties: fermions and bosons (**Figure 1**).

We remark that gravitation does not figure. This is justified owing to the fact that, at particles level, quantum effects are preponderant, while gravitation is negligible. In addition, despite many experimental investigations, the graviton, as mediating quantum particle, has not been detected and validated still. Thus far, the synthetic table contents confirm that the standard model describes only one aspect of universe.

When we take account of particles classical relativist properties, we can adopt another method of grouping, according as they have a rest mass or not. The distinction is exclusive since particles without mass, like photons and gluons for interactions, have motion velocity always equal to light speed: it can never be different. On the contrary, particles with mass, like fermions for matter, have a motion velocity always inferior to light speed: never it can be equal.

## 4. Einstein’s and de Broglie’s Programs

It is known that Einstein won his Nobel Prize in 1921, not for special followed by general relativity theories, but for introducing, in 1905, the first quantum particle from energy light quanta, nowadays called photon. In exten-

			fermions (3 générations de la matière)			bosons (forces)	
			I	II	III		
masse →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0			
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0			
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1			
nom →	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b><math>\gamma</math></b> photon			
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0			
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0			
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1			
Quarks	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> gluon			
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV			
	0	0	0	0			
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1			
	<b><math>\nu_e</math></b> neutrino électronique	<b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino muonique	<b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino tauique	<b><math>Z^0</math></b> boson $Z^0$			
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV			
	-1	-1	-1	$\pm 1$			
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1			
Leptons	<b>e</b> électron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b><math>W^\pm</math></b> boson W			

Figure 1. Different particles of the standard model.

sion of general relativity and of his different discoveries, including in quantum physics, such as the stimulated emission, Einstein had proposed a consistent approach for physics, symmetrical to the standard model: “We have two realities: matter and field... We cannot build physics on the basis of the matter concept alone. But the division into matter and field is, after the recognition of the equivalence of mass and energy, something artificial and not clearly defined. Could we not reject the concept of matter and build a pure field physics?... We could regard matter as the regions in space where the field is extremely strong. In this way a new philosophical background could be created... Only field-energy would be left, and the particle would be merely an area of special density of field-energy. In that case one could hope to deduce the concept of the mass-point together with the equations of the motion of the particles from the field equations—the disturbing dualism would have been removed... One would be compelled to demand that the particles themselves would everywhere be describable as singularity free solutions of the completed field-equations. Only then would the general theory of general relativity be a complete theory... One could believe that it would be possible to find a new and secure foundation for all physics upon the path which had been so successfully begun by Faraday and Maxwell [3]-[5].”

Einstein, who usually reasoned theoretically with thought experiments, recommended to lean on physical representations of phenomena, before a more precise mathematical description: “Most of the fundamental ideas of science are essentially simple, and may, as a rule, be expressed in a language comprehensible to everyone. To follow up these ideas demands the knowledge of a highly refined technique of investigation. Mathematics as a tool of reasoning is necessary if we wish to draw conclusions which may be compared with experiment. So long as we are concerned only with fundamental physical ideas, we may avoid the language of mathematics.”

In previous articles [6]-[9], we showed how we could retrieve matter main physical properties when, consistently with Einstein’s and de Broglie’s programs, we admitted the field propagating at speed of light as its basic structure. Matter corresponds to standing waves, while its interactions correspond to progressive waves. Classical relativist equations of mechanics correspond to geometrical optics approximation, when very high frequencies are hidden, while only mean effects appear. Equations of quantum mechanics take oscillating frequencies in account. The variations of frequencies lead to Fourier relations, homogeneous to the field, leading to the Heisenberg relations, homogeneous to matter. They lead also to interactions, which are formally identical with elec-

tromagnetism, as to variational principle and energy-momentum conservation laws. The variations of speed of light lead to an interaction, which is formally identical with gravitation.

Consequently, it is possible to adopt a consistent approach of physical phenomena when, following Einstein's program, we admit that waves propagating at the speed of light are the basic components of matter and interactions. When frequencies are infinitely high, they render oscillations inaccessible with time, since they are too rapid, and with space, since the wavelengths are too small. Physical phenomena exhibit then, theoretically and experimentally, as particles.

Such an approach permits to complete and unite a general grasp of physical universe, as we propose to show with many simple examples.

## 5. Validation by Experiment of Einstein's and de Broglie's Programs

### 5.1. Einstein's Program Validation

As a general manner, new technologies evolve in accordance with the Einstein's program when they are substituting, progressively and almost systematically, mechanical devices by electronic devices, based upon electromagnetic field in place of matter. For instance, instead of printing documents on paper, they are rather numerically recorded.

What is more specific is that, decades after the Einstein's program was set, physicists had begun to bring it into effect, when they replaced international standards of length and time, based on matter since two centuries, by electromagnetic standards, based on the period of a continuous field propagating at the speed of light.

Nowadays the second is defined from the radiation of the cesium 133 atom. In parallel, the speed of light in vacuum is admitted as fundamental, with its value strictly fixed. This allows to measure durations with  $10^{-18}$  precision. Such measures, carried out by electromagnetic frequencies reduction ratio, are the more precise in physics at the present time [10] [11]. The precision, as compared to that reached in relativist quantum fields with the Lamb shift, or in general relativity, goes beyond many magnitudes [12]-[14].

Such an approach, using electromagnetic wave, instead of material, devices, does not concern specialized physicists only. Everybody is now progressively involved in his confrontation with physical nature. For instance, one has, at his disposal laser telemeters for measuring lengths. They are not only more precise and more rapid, but the numerical data acquisition can be coupled with different kinds of treatments: technical, economical, commercial...

As far back as 1905, when Einstein established special relativity theory, he used a light ray, and not a material rod, to measure the distance of a moving body. He anticipated the international length standard adopted in 1960 by the International Legal Metrology Organization. He has been indirectly at origin of electromagnetic standards since, in a report of the International Committee on Intellectual Cooperation he signed conjointly with M. Curie and H.A. Lorentz in 1927, he recommended the establishment of an international bureau of metrology. It was effectively created in 1955, the year of Einstein's death. Its first work has been the elaboration and adoption of length and time standards, based on light radiation.

### 5.2. de Broglie's Program Validation

The Louis de Broglie's theoretical discovery of wave properties for moving matter, with a wavelength  $\lambda_B = h/mv$ , was soon followed by their experimental verification and validation [6] [15] [16]. They led to matter wave optics developments based on electrons, neutrons, protons, atoms and molecules, even on large molecules such as fullerene ( $C_{60}$ ) [17]-[22]. They led for instance to the construction of electron microscopes, with magnitudes 5000 times higher than light microscopes [23], and to numerous applications in different sciences and techniques. The  $10^{-18}$  precision obtained in metrology, is carried out by atomic interferometry, based upon de Broglie's matter waves.

## 6. Compton Scattering

### 6.1. Particles Collisions

The Compton scattering is usually interpreted, in terms of particles, as an inelastic collision between an electron and a photon. The change in wavelength of light, deduced from by Compton equations, is admitted as a conclu-

sive experimental proof that light is composed of particles, the photons, as well as matter is composed of electrons in atoms

$$m_0c^2 + hv_0 = mc^2 + hv \quad hv_0/c = hv/c + mv \quad m = m_0/\sqrt{(1-\beta^2)} \quad (1)$$

The incident photon  $(hv_0, hv_0/c)$ , is absorbed by an electron at rest  $m_0c^2$ . It transfers its energy and momentum, setting the electron in motion  $(mc^2, mv)$ , with emission of a photon  $(hv, hv/c)$ .

These equations are considered as successive in time. In the direct Compton scattering the left terms of the equations disappears to leave place to the right terms. In the inverse Compton effect, the opposite process occurs. In these conditions, the mathematical solution of (1)  $m_0c^2 - hv = mc^2 - hv_0$ , where terms of both sides are linked, is not physically retained as sense deprived: the rest electron cannot interact with the emitted photon before its creation time.

*In particle point of view for light, physical consequences, derived from the Compton equations, are less complete than their mathematical consequences.*

## 6.2. Wave Scattering

Since all quantum particles of matter and interactions behave indifferently as particles or as waves, we can equally interpret the Compton equations in waves terms. Already, since their origin, their solution exhibited a Compton wavelength  $\lambda_c = h/mc$ , before Louis de Broglie associated an oscillatory frequency  $N_0$  to matter with rest mass  $m_0$ , such that  $E_0 = m_0c^2 = hN_0$ , leading to a wavelength  $\lambda_B = h/mv$  when in motion with speed  $v$ .

In mathematical point of view, the developments of solutions in (1),

$$(m_0c^2 + hv_0)^2 - h^2v_0^2 = (mc^2 + hv)^2 - (hv + mvc)^2 \quad (1)$$

$$(m_0c^2 - hv)^2 - h^2v^2 = (mc^2 - hv_0)^2 - (mvc - hv_0)^2, \quad (2)$$

lead to reciprocal relations, where  $\theta_0$  and  $\theta$  designate the directions of the incident and emitted photons with regard to the electron speed  $v$ , and where the Planck's constant is no longer present,

$$v_0 = v(1 - \beta \cos \theta) / \sqrt{(1 - \beta^2)} \quad v = v_0(1 - \beta \cos \theta_0) / \sqrt{(1 - \beta^2)}, \quad (3)$$

$$\cos \theta_0 = (-\cos \theta + \beta) / (1 - \beta \cos \theta) \quad \cos \theta = (-\cos \theta_0 + \beta) / (1 - \beta \cos \theta_0) \quad (4)$$

We recognize the relativist laws of light reflection from a moving mirror with speed  $v = \beta c$  [24]-[27]. The absence of the Planck's constant shows that these relations are consistent with classical wave optics in special relativity. The principle of inverse return justifies that the Equations (3) and (4) are reciprocal.

The reciprocal relations (3) and (4) point out the relative character of energies and frequencies: in agreement with special relativity, we can then either consider that the left terms, or the right ones, of the Compton Equation (1) are at rest. The frequencies  $v_0$  and  $v$  characterize the same light wave, depending of measuring it either in moving or in rest system, according to the Doppler effect.

*In wave point of view for light, physical consequences, derived from the Compton equations, are more complete than those derived from their particle properties.*

## 6.3. Particle-Wave Quantum Duality

In both cases; despite the Planck's constant presence, the Compton Equations (1) are determinist, with a well defined time boundary which separates the two successive states. The electron is either at rest or in motion. The wave light, or the photon, has either a frequency  $v_0$  or  $v$ . The supplementary Heisenberg's relations introduce an intermediary domain, as a "fuzzy boundary which separates quantum and classical worlds" [28]. As a consequence, the equivalence between the indetermination  $\Delta x$  of the particle position, verifying the relation  $\Delta p \cdot \Delta x \approx h$  and the de Broglie wavelength  $\lambda_B = h/p$  is well known.

In these conditions, "since the photon is generally observable only when it disappears, a new type of atomic detector, able to record the trace of a single photon, without absorbing energy" [28], has been realized by S. Haroche and his collaborators.

Such an experiment illustrates the particle-wave duality behaviour of matter and interactions quantum particles still more [29].

## 7. Planck Parameters

### 7.1. Planck Era

From numerical values of fundamental physical constants, speed of light  $c$ , Planck's constant  $h$ , and gravitation constant  $G$ , and their dimensional equations with respect to length  $L$ , time  $T$ , and mass  $M$ ,

$$\begin{aligned} c &= LT^{-1} = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} & h &= ML^2T^{-1} = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\ G &= M^{-1}L^3T^{-2} = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \end{aligned} \quad (5)$$

we derive the numerical values of the physical quantities  $M$ ,  $L$ ,  $T$  which define the Planck's parameters.

$$\begin{aligned} \text{Mass} & \quad M_p = \sqrt{(hc/G)} \approx 5.46 \times 10^{-8} \text{ kg.} \\ \text{length} & \quad L_p = \sqrt{(hG/c^3)} \approx 4 \times 10^{-35} \text{ m.} \\ \text{time} & \quad T_p = \sqrt{(hG/c^5)} \approx 1.25 \times 10^{-43} \text{ s.} \\ \text{energy} & \quad E_p = M_p c^2 = \sqrt{(hc^5/G)} \approx 4.9 \times 10^9 \text{ J} = 3 \times 10^{19} \text{ Gev.} \end{aligned} \quad (6)$$

(Usually one uses the reduced Planck constant  $\hbar = h/2\pi$ , instead of  $h$ , which divides all values by  $\sqrt{2\pi} = 2.5$ , without changing their magnitude significantly.)

The dimensional equations are physically independent of wave or particle interpretations. Since gravitation is not included in the standard model of particles, it is admitted that these parameters define the Planck's epoch, which took place when the four interactions, including gravitation, were united, before matter particles creation. These parameters values then represent the standard model application limits.

### 7.2. Wave-Particle Planck Limits

From the Planck-Einstein-de Broglie fundamental relations for the self energy of a matter particle,  $E = mc^2 = h\nu = hc/\lambda_c$  (where  $\lambda_c = h/mc$  is its Compton wavelength), and the gravitation equation  $F = Gmm'/r^2$ , which determines its self energy  $E = Gm^2/\lambda_c$ , when its dimension is the Compton wavelength,

$$E = mc^2 = h\nu = h/T = hc/\lambda_c = Gm^2/\lambda_c, \quad (7)$$

we retrieve the numerical values of the Planck parameters (6), by calculating  $m$ ,  $T$  and  $\lambda_c$ , with respect to  $h$ ,  $c$  and  $G$ .

The fundamental equations of a matter particle (7) remain always valid in the universe at present time. The boundaries they define are not restricted to a very brief epoch in the earliest time following the universe emergence. They all rather continue to apply.

The relations (7) conciliate at one and the same time the particle aspect of matter, particularly through its gravitation self energy  $Gm^2/\lambda_c$  acting between point-like particles, and its wave aspect through its Compton wavelength  $\lambda_c = h/mc$ , admitted as its characteristic dimension. For a matter particle, they define then the boundary between its particle aspect and its wave aspect.

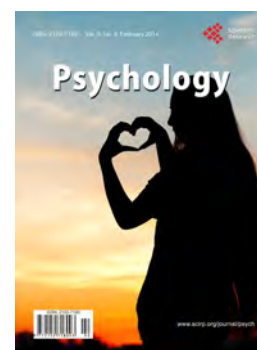
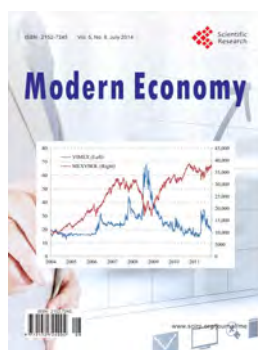
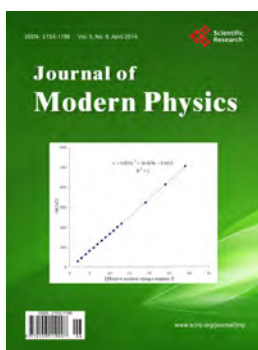
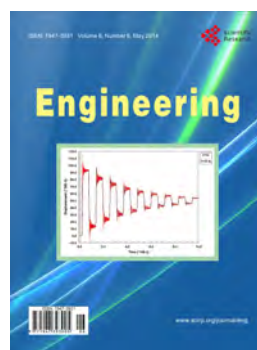
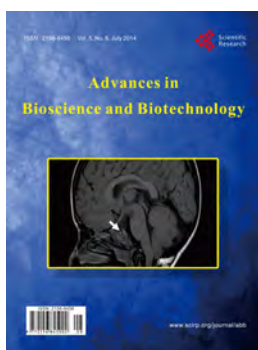
## References

- [1] de Broglie, L. (1955) Le dualisme des ondes et des corpuscules dans l'oeuvre de Albert Einstein. Académie des Sciences, Paris, 27.
- [2] de Broglie, L. (1963) Recherche sur la theorie des quanta. Masson, Paris.
- [3] Diner, S., Fargue, D., Lochak, G. and Selleri, F. (1984) The Wave-Particle Dualism (A Tribute to Louis de Broglie 90<sup>th</sup> Birthday). Reidel Corp.
- [4] Einstein, A. and Infeld, L. (1938) The Evolution of Physics. Cambridge University Press, Cambridge, 228-232.
- [5] Einstein, A. (1920) The Aether and Relativity Theory. Leyde University, Leyde.

- [6] Einstein, A. (1949) *Philosopher, Scientist*. Cambridge University Press, London.
- [7] Elbaz, C. (2013) *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, **38**, 195-217.
- [8] Elbaz, C. (2010) *Asymptotic Analysis*, **68**, 77-88.
- [9] Elbaz, C. (2012) *Discrete and Continuous Dynamical Systems, A.I.M.S, Series B*, **17**, 835-849.
- [10] Dimarcq, N. (2013) La mesure du temps. <http://www.planetastronomy.com/special/2014-special/05nov/Dimarcq-IAP.htm>
- [11] Salomon, C. (2014) La mesure du temps et les tests de la relativite, ENS, LKB.
- [12] Boudet, R. (1989) *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, **14**, 119-146.
- [13] Boudet, R. (2009) *Relativistic Transitions in the Hydrogenic Atoms*. Springer-Verlag, Berlin.
- [14] Boudet, R. (2011) *Quantum Mechanics in the Geometry of Space-Time. Springer Briefs in Physics*, 7-11.
- [15] Davisson, C.J. and Germer, L.H. (1927) *Nature*, **119**, 558-560. <http://dx.doi.org/10.1038/119558a0>
- [16] Logiurato, F. and Smerzi, A. (2012) *Journal of Modern Physics*, **3**, 1802-1812. <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2012.311225>
- [17] Logiurato, F., Gratton, L. and Oss, S. (2008) *The Physics Teacher*, **46**, 109. <http://dx.doi.org/10.1119/1.2834534>
- [18] Cronin, A., Schmiedmayer, J. and Pritchard, D.E. (2009) *Reviews of Modern Physics*, **81**, 1051. <http://dx.doi.org/10.1103/RevModPhys.81.1051>
- [19] Laloë, F. (2001) *American Journal of Physics*, **69**, 655. <http://dx.doi.org/10.1119/1.1356698>
- [20] Jorgensen, T.P. (1998) *International Journal of Theoretical Physics*, **37**, 2763-2766. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026689008592>
- [21] Hobson, A. (2013) *American Journal of Physics*, **81**, 211. <http://dx.doi.org/10.1119/1.4789885>
- [22] Berninger, M., Stefanov, A., Deachapunya, S. and Arndt, M. (2007) *Physical Review A*, **76**, Article ID: 013607. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevA.76.013607>
- [23] O'keefe, M. (2011) World Record Resolution at 0.78 Angstr. MCEM, Bekeley Lab.
- [24] Jennison, R.C. and Drinkwater, A.J. (1977) *Journal of Physics A*, **10**, 167. <http://dx.doi.org/10.1088/0305-4470/10/2/005>
- [25] Jennison, R.C. (1980) *Journal of Physics A*, **13**, 2247. <http://dx.doi.org/10.1088/0305-4470/13/6/043>
- [26] MacKinnon, E. (1975) *American Journal of Physics*, **44**, 1047. <http://dx.doi.org/10.1119/1.10583>
- [27] Elbaz, C. (1987) *Journal of Physics A: Mathematical and General*, **20**, L279-L282.
- [28] Haroche, S. (2007) Vie et mort d'un photon: Une autre manière de voir. Lettre du collège de France, No. 20, june 2007.
- [29] Haroche, S. (2013) *La dualité onde-particule*. Rome.

Scientific Research Publishing (SCIRP) is one of the largest Open Access journal publishers. It is currently publishing more than 200 open access, online, peer-reviewed journals covering a wide range of academic disciplines. SCIRP serves the worldwide academic communities and contributes to the progress and application of science with its publication.

Other selected journals from SCIRP are listed as below. Submit your manuscript to us via either [submit@scirp.org](mailto:submit@scirp.org) or [Online Submission Portal](#).





[arXiv.org](http://arXiv.org) > [physics](#) > arXiv:1407.0681

**Physics > Biological Physics**

**Title: Constructor Theory of Life**

**Authors: Chiara Marletto**

(Submitted on 1 Jul 2014 (v1), last revised 4 Nov 2014 (this version, v2))

Abstract:

Neo-Darwinian evolutionary theory explains how the appearance of purposive design in the sophisticated adaptations of living organisms can have come about without their intentionally being designed. The explanation relies crucially on the possibility of certain physical processes: mainly, gene replication and natural selection. In this paper I show that for those processes to be possible without the design of biological adaptations being encoded in the laws of physics, those laws must have certain other properties. The theory of what these properties are is not part of evolution theory proper, and has not been developed, yet without it the neo-Darwinian theory does not fully achieve its purpose of explaining the appearance of design. To this end I apply Constructor Theory's new mode of explanation to provide an exact formulation of the appearance of design, of no-design laws, and of the logic of self-reproduction and natural selection, within fundamental physics. I conclude that self-reproduction, replication and natural selection are possible under no-design laws, the only nontrivial condition being that they allow digital information to be physically instantiated. This has an exact characterisation in the constructor theory of information. I also show that under no-design laws an accurate replicator requires the existence of a "vehicle" constituting, together with the replicator, a self-reproducer.

Subjects: Biological Physics (physics.bioph); Quantum Physics (quantph)

Cite as: [arXiv:1407.0681](#) [physics.bioph]

(or [arXiv:1407.0681v2](#) [physics.bioph]

for this version)