

Wolfgang Pauli

☞ Pour les articles homonymes, voir **Pauli** (homonymie).

Wolfgang Ernst Pauli

Wolfgang Ernst Pauli (25 avril 1900 à Vienne - 15 décembre 1958 à Zurich) est un physicien autrichien connu pour sa définition du principe d'exclusion en mécanique quantique, ce qui lui valut le prix Nobel de physique de 1945^[1]. Il est également lauréat de la médaille Franklin en 1952.

1 Biographie

1.1 Enfance



Wolfgang Ernst Pauli

Wolfgang Ernst Pauli est né le 25 avril 1900 d'un père professeur des universités, Wolfgang Joseph Pauli (1869-1955), et d'une mère journaliste et juriste, Berta Maria Camilla Schütz (1878-1927). Son père, dont le nom d'origine est Wolf Pascheles, était d'abord de confession juive, avant d'être converti au catholicisme peu avant son mariage en 1899. Pauli avait aussi une sœur, Hertha (1906-1973), qui fut actrice et écrivain. Son deuxième prénom lui a été donné en l'honneur de son parrain, le

physicien Ernst Mach. Au lycée à Vienne, Pauli était considéré comme un enfant prodige en mathématiques.

1.2 Études

À partir de 1919, il commence ses études de physique à l'université de Munich avec pour professeur Arnold Sommerfeld. Depuis 1898, Sommerfeld était chargé d'écrire le cinquième volume de la *Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften*, consacré à la physique. Il requiert dans un premier temps la collaboration d'Albert Einstein pour rédiger l'article sur la relativité, mais ce dernier refuse. Sommerfeld fait alors appel à Pauli, dont la relativité était la spécialité lors de son inscription aux cours de Sommerfeld. C'est ainsi qu'à 21 ans, Pauli publie son article de synthèse des théories de la relativité restreinte et de la relativité générale pour l'Encyclopédie mathématique^{[2],[3]}. Voilà ce qu'en dira Einstein dans une lettre^[4] du 30 décembre 1921 adressée à Born : « Pauli est un type épatant pour ses 21 ans ; il peut être fier de son article pour l'Encyclopédie. »

En 1921, il obtient son doctorat avec pour sujet l'atome d'hydrogène avec mention *summa cum laude*. Son travail est perçu comme décevant, mais il montre cependant clairement la limite du modèle de l'atome de Bohr, auquel il travaillera en tant qu'assistant de Max Born à Göttingen entre 1921 et 1922^[5].

1.3 Carrière scientifique

Pendant les années 1922 et 1923, il travaille aux côtés de Niels Bohr à Copenhague. Entre 1923 et 1928, il enseigne à Hambourg avant de partir à l'ETH de Zurich, où il obtient un poste de professeur de physique théorique. Il y fait la connaissance du psychiatre Carl Gustav Jung avec qui il a, sa vie durant, des échanges fructueux, notamment sur le hasard que Jung appelait synchronicité.

À partir de 1935, il est aux États-Unis, où il occupe des postes de professeur invité, notamment à l'*Institute for Advanced Study* à Princeton durant les années 1935-1936, mais aussi à l'Université du Michigan, en 1931 et 1941, et l'Université Purdue, en 1942. En tant que citoyen allemand (en raison de l'*anschluss*), il ne participe pas aux projets scientifiques de la guerre.

En 1946, il obtient la citoyenneté américaine, mais revient la même année à l'ETH de Zurich, où une place de professeur lui avait été gardée. En 1949, il devient citoyen

suisse. Dans les années 1950, il retourne régulièrement à **Princeton** afin de donner des cours en tant que professeur invité. Dans les dernières années de sa vie, il participe à la fondation du **CERN**. Il meurt le 15 décembre 1958 d'un ulcère gastro-duodéal.

Pauli a eu pour assistants : **Ralph Kronig**, **Félix Bloch**, **Rudolf Peierls**, **Hendrik Casimir**, **Markus Fierz**, **Nicholas Kemmer** (en), **Victor Weisskopf** et **Res Jost**. **Robert Oppenheimer** fut l'un de ses étudiants.

En 1930, Pauli reçoit la **médaille Lorentz**, et en 1945, le **prix Nobel de physique** « pour la découverte du principe d'exclusion, aussi appelé principe de Pauli^[1] ». Enfin en 1958, la **médaille Max-Planck** lui est remise, peu de temps avant son décès.

Il est nommé membre étranger de la *Royal Society* le 23 avril 1953.

1.4 Relation avec le psychiatre Carl Gustav Jung

Pauli consulte **Carl Gustav Jung** en 1931, pour des rêves récurrents ainsi que pour une tendance à l'**alcoolisme**. Une amitié s'ensuit entre les deux hommes, qui correspondent et coécrivirent l'ouvrage *The Interpretation of Nature and the Psyche* en 1952, aux côtés des physiciens **Markus Fierz** et **Pascual Jordan** notamment. Pauli et Jung souhaitaient explorer les ponts entre la physique fondamentale et la psychologie et parvinrent à cette déclaration commune :

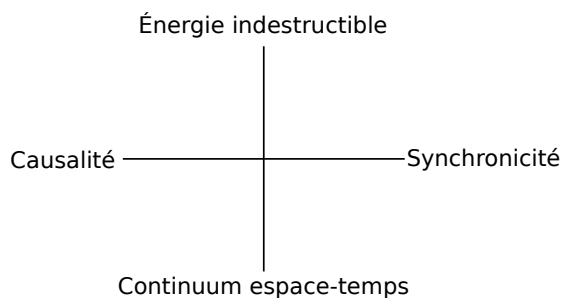
« La psyché et la matière sont régies par des principes communs, neutres, qui ne sont pas, en soi, identifiables^[6]. »

Dans la même veine, **Heisenberg** relate les pensées de Pauli au sujet du lien entre le perçu et les concepts :

« Tous les penseurs cohérents en sont venus à la conclusion que la logique pure est fondamentalement incapable de construire un tel lien. La solution la plus satisfaisante, semble-t-il, est d'introduire à ce stade le postulat d'un ordre du cosmos qui soit distinct du monde des apparences et indépendant de notre volonté. Qu'il s'agisse d'objets physiques qui participent aux Idées ou du comportement de choses métaphysiques, c'est-à-dire en soi réelles, la relation entre la perception sensorielle et l'Idée reste une conséquence du fait que l'âme et ce qui est connu au travers de la perception sont régis par un ordre, objectivement conçu^[7]. »

La pierre de touche de cette relation entre psyché et matière, pour Jung comme pour Pauli, est la **synchronicité**.

Dans leur ouvrage commun, *Synchronicité comme principe de connexions a-causales* (1952), ils schématisent les



Les quatre lois fondamentales de l'unus mundus, dont la synchronicité

quatre lois fondamentales de l'*unus mundus* (monde un) sous une forme quaternaire ; la synchronicité est ce qui manque pour aboutir à une compréhension unitaire de la *psyché* et de la *physis*. Sur proposition de Pauli, la figure est bâtie de telle manière que les postulats de la psychologie analytique et ceux de la physique se trouvent satisfaits.

Quelle importance Pauli accordait-il à ce lien entre la psyché et la matière, et à la synchronicité en particulier, dans la vie quotidienne ? L'**effet Pauli** est considéré par plusieurs physiciens modernes, dont **Étienne Klein**, comme une idée délirante : « personne ne penserait que la présence de Pauli en tant que telle influencerait les machines, ce serait du délire pur et simple. »^[8]. Or, pour le principal protagoniste, tous ces bris d'équipements que lui et d'autres avaient observés quand il s'en approchait étaient effectivement dus, « synchronistiquement », à lui^[9]. L'effet Pauli serait alors un phénomène de macro-**psychokinèse**. Cet effet, qui lui valut d'être interdit d'accès dans le laboratoire d'un de ses collègues, **Otto Stern**, l'aurait motivé à entretenir une longue relation épistolaire avec Jung, mais aussi **Hans Bender**.

2 Œuvres majeures

Pauli a apporté une contribution essentielle à la **physique moderne**, et plus spécialement au domaine de la **mécanique quantique**. Son perfectionnisme le limitait dans ses publications, mais il eut de nombreux échanges épistolaires, avec notamment **Bohr**, **Jordan** et **Heisenberg**, à qui il soumettait souvent son travail avant d'être publié.

- En 1924, Pauli découvre^[10] le **spin** du noyau, qui permet d'expliquer la **structure hyperfine** des **spectres atomiques**.
- En 1925, il introduit^[11] un nouveau **degré de liberté** à la mécanique quantique. Ce degré est identifié par **George Uhlenbeck** et **Samuel Goudsmit** comme étant le **spin** de l'électron. Pauli formule ensuite le **principe d'exclusion** qui porte aujourd'hui son nom, postulat fondamental de la physique quantique selon lequel deux **électrons**, ou plus généralement deux



Pauli et son collègue Bohr observant une toupie tippe-top, ou « toupie magique », dont la particularité est de se retourner durant sa rotation (spin). (Lund, Suède, juillet 1954)

fermions, ne peuvent se trouver dans le même état quantique.

- En 1926, peu de temps après la publication de la représentation matricielle de la mécanique quantique par Heisenberg, Pauli l'utilise^[12] pour expliquer le spectre de l'atome d'hydrogène, qui confirme la théorie de Heisenberg.
- En 1927, Pauli introduit^[13] les matrices de Pauli, pour décrire le spin des électrons.
- En 1930, il est le premier^[14] à postuler l'existence du neutrino pour remédier à la non-conservation apparente de l'énergie au cours des désintégrations β . Il a ainsi contribué de manière fondamentale au développement de la dynamique mésonique. Les preuves expérimentales ne seront obtenues qu'en 1956 par Frederick Reines et Clyde Cowan.
- En 1940, il donne^[15] une démonstration générale du théorème spin-statistique dans le cadre de la théorie quantique des champs. À cette occasion, il trouva une justification de son principe d'exclusion.
- En 1949, il trouve^[16] avec Felix Villars une méthode pour la régularisation des singularités en mécanique quantique des champs. Cette publication fait suite au travail mené avec Werner Heisenberg, Victor Weisskopf et Pascual Jordan, durant les années 1930 et 1940.
- En 1955, il prouve^[17] le théorème de symétrie CPT. La découverte de la violation de parité par l'interaction faible est un choc pour Pauli.
- Les années suivantes, il se consacre de nouveau à la relativité générale, et notamment à la théorie de Kaluza-Klein.

3 Citations

3.1 Sur Pauli

« Je savais que c'était un génie, comparable seulement à Einstein. Comme scientifique, il était même plus grand qu'Einstein. Mais c'était un type d'homme complètement différent, qui à mes yeux n'atteignait pas la grandeur d'Einstein. »

— Max Born, dans ses échanges épistolaires avec Einstein^[18], [réf. insuffisante].

« Il est extraordinairement intelligent et est capable de beaucoup, un si bon assistant, je n'en retrouverai plus jamais. »

— Max Born, en 1921 à propos de son assistant Pauli^[19], [réf. insuffisante].

3.2 De Pauli

- Adressée à John von Neumann : « Si faire de la physique, c'était démontrer des théorèmes, tu serais un grand physicien^[20]. »
- Lors d'un séminaire en 1955 : « Les physiciens de l'époque ne croient pas que la gravitation et la relativité générale soient de la physique. Ne s'occupent de la relativité que deux sortes de gens, les mathématiciens et les astronomes, aucun physicien normal ne s'occupe de la relativité^[21]. »
- En parlant des cristaux : « Dieu a créé le volume, le diable la surface^[22]. »
- À la fin d'un séminaire de physique théorique, d'un air lassé : « Et ce n'est même pas faux. »

4 Publications

- (en) Wolfgang Pauli ; *Theory of relativity*, Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften (1921). Traduction anglaise (1958) rééditée par Dover Publications, Inc. (1981) (ISBN 0-486-64152-X). Ce livre, annoté par l'auteur en 1956 pour la sortie de l'édition anglaise, reste une mine d'informations pour les références historiques.
- (en) Wolfgang Pauli ; *General Principles of Quantum Mechanics*, Springer-Verlag (1980), (ISBN 3540098429). Traduction anglaise d'un article de revue paru à l'origine dans le *Handbuch der Physik*
- (en) Wolfgang Pauli ; *Pauli lectures*, Dover (ISBN 0486446808). Cours en 6 volumes donné à la fin des années 1950 à l'ETH de Zurich. Également disponibles en volumes séparés :

- (en) Wolfgang Pauli ; *Electrodynamics*, Dover (ISBN 0486414574)
- (en) Wolfgang Pauli ; *Optics and the Theory of Electrons*, Dover (ISBN 0-486-41458-2)
- (en) Wolfgang Pauli ; *Thermodynamics and the Kinetic Theory of Gases*, Dover (ISBN 0-486-41461-2)
- (en) Wolfgang Pauli ; *Statistical Mechanics*, Dover (ISBN 0-486-41460-4)
- (en) Wolfgang Pauli ; *Wave Mechanics*, Dover (ISBN 0-486-41462-0)
- (en) Wolfgang Pauli ; *Selected Topics in Field Quantization*, Dover (ISBN 0-486-41459-0)
- (en) Charles P. Enz & Karl von Meyen (eds.) ; *Wolfgang Pauli - Writings on physics & philosophy*, Springer (1994) (ISBN 3-540-56859-X)
- Wolfgang Pauli ; *Physique moderne et philosophie*, trad. Claude Maillard. Paris, Albin Michel, 1999. (coll. « Sciences d'aujourd'hui »), (ISBN 2-226-10784-3). Traduction française de l'ouvrage précédent, mais sans l'iconographie.
- Wolfgang Pauli ; *Le cas Kepler*. Paris, Albin Michel, 2002 (coll. « Sciences d'aujourd'hui »), (ISBN 2-226-11424-6). Le texte de cette étude sur Kepler de Pauli est précédé d'un essai de Werner Heisenberg intitulé : *Les conceptions philosophiques de Wolfgang Pauli*.
- Wolfgang Pauli & Carl Gustav Jung ; *Correspondance 1932-1958*. Paris, Albin Michel, 2000. (coll. « Sciences d'aujourd'hui »), (ISBN 2-226-10785-1). Pauli a suivi dans les années trente une cure analytique avec l'un des élèves de Jung, cure dont la série de rêves a été étudiée par Jung lui-même dans : *Psychologie et alchimie*.

5 Annexes

5.1 Bibliographie

- (en) Charles P. Enz, *No time to be brief - A scientific biography of Wolfgang Pauli*, Oxford university press, 2002, (ISBN 0-19-856479-1). Un ouvrage écrit par le dernier assistant de Pauli à Zurich, aujourd'hui professeur à l'université de Genève.
- (en) M. Fierz & V. F. Weisskopf (eds.), *Theoretical Physics in the Twentieth Century : A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, Interscience, 1960, ASIN B000BKUUYK.
- (de) H. Atmanspacher & H. Primas, *Der Pauli-Jung-Dialog und seine Bedeutung für die moderne Wissenschaft*, Springer, Heidelberg, 1995.

5.2 Études sur son œuvre

- Bruno Traversi (préf. Michel Cazenave, postface Baldine Saint Girons), *Le Corps inconscient et l'Âme du monde selon C.G. Jung et W. Pauli*, France, L'Harmattan, coll. « Ouverture Philosophique », 2016, 266 p. (ISBN 2343085293)

5.3 Articles connexes

- Atome d'hydrogène
- École polytechnique fédérale de Zurich
- Fermion
- Institute for Advanced Study
- Max Born
- Niels Bohr
- Matrices de Pauli
- Principe d'exclusion de Pauli
- Renormalisation

5.4 Liens externes

- *Notices d'autorité* : Fichier d'autorité international virtuel • International Standard Name Identifier • Bibliothèque nationale de France (données) • Système universitaire de documentation • Bibliothèque du Congrès • Gemeinsame Normdatei • Bibliothèque nationale de la Diète • WorldCat
- Publications de et sur Wolfgang Pauli dans le catalogue Helveticat de la Bibliothèque nationale suisse
- Hans Primäs, “Synchronicité et Hasard”, étude de l'importante contribution de Pauli dans la définition de la synchronicité par C.G. Jung. Article original : “Synchronizität und Zufall”, H. Primäs, *Zeitschrift für Parapsychologie und Grenzgebiete der Psychologie*, 38, n° 1/2, 1996, p. 61-91.
- (en) Biographie sur le site de la Fondation Nobel (la page propose plusieurs liens relatifs à la remise du prix, dont un document rédigé par le lauréat — le *Nobel Lecture* — qui détaille ses apports)
- Analyse d'une lettre de Pauli (hypothèse du neutrino, 1930) sur le site BibNum.

6 Notes et références

- [1] (en) « for the discovery of the Exclusion Principle, also called the Pauli Principle » in Personnel de rédaction, « *The Nobel Prize in Physics 1945* », Fondation Nobel, 2010. Consulté le 15 juin 2010
- [2] Wolfgang Pauli ; *Theory of relativity*, Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften (1921). Traduction anglaise (1958) rééditée par Dover Publications, Inc. (1981) (ISBN 0-486-64152-X). Ce livre, annoté par l'auteur en 1956 pour la sortie de l'édition anglaise, reste une mine d'informations pour les références historiques.
- [3] Manjit Kumar, *Le grand roman de la physique quantique (2008) (ISBN 978-2-7096-2465-7)*
- [4] Voir la Correspondance entre Albert Einstein et Max Born
- [5] Application de la mécanique celeste, en particulier, de la théorie des perturbations, comme Born le présente dans son livre *Atomphysik*.
- [6] « psyche and matter are governed by common, neutral, not in themselves ascertainable ordering principles. », *Atom and Archetype : The Pauli/Jung Letters, 1932-1958*. Editeur. C.A. Meier. Trans. David Roscoe. Préface de Beverley Zabriskie. Princeton : Princeton University Press, 2001. (p. 117)
- [7] « All consistent thinkers have come to the conclusion that pure logic is fundamentally incapable of constructing such a linkage. The most satisfactory course, it seems, is to introduce at this point the postulate of an order of the cosmos distinct from the world of appearances, and not a matter of our choice. Whether we speak of natural objects participating in the Ideas or of the behavior of metaphysical, i.e., intrinsically real things, the relation between sense perception and Idea remains a consequence of the fact that both the soul and what is known in perception are subject to an order objectively conceived. » relaté dans Heisenberg, Werner. *Across the Frontiers*, Harper and Row, 1974.
- [8] Entrevue de Michel Cazenave et Étienne Klein. Par Ilke Angela Marcehal. Publié dans *Science et imaginaire, 16 entretiens*. Albin Michel. (35 min. 51s).
- [9] Enz (2002), p. 150.
- [10] publié dans *Naturwissenschaften* 12
- [11] publié dans *Zeitschrift für Physik* 31, 1925, p. 765
- [12] dans *Zeitschrift für Physik* 36, p. 336.
- [13] dans *Zeitschrift für Physik* 43, p. 601, *Zur Quantenmechanik des magnetischen Elektrons*
- [14] dans sa lettre ouverte à Lise Meitner et « aux chères Mesdames et Messieurs radioactif ».
- [15] dans *Physical Review* 58, p. 716.
- [16] *Reviews of Modern Physics*, 1949.
- [17] Pauli, *Niels Bohr and the development of physics*.
- [18] « Ich wusste dass er ein Genie war, nur vergleichbar mit Einstein. Als Wissenschaftler war er sogar grösser als Einstein. Aber er war ein völlig anderer Typ Mensch, der in meinen Augen nicht Einsteins Grösse erreichte ».
- [19] « Er ist außerordentlich klug und kann sehr viel, einen so guten Assistenten werde ich nie mehr kriegen. »
- [20] Alain Connes, *Triangle de pensées*, Paris, Odile Jacob, 2000, p. 86.
- [21] Connes 2000, p. 87.
- [22] « Gott schuf das Volumen, der Teufel die Oberfläche. »



Portail de la physique



Portail du prix Nobel



Portail de l'Autriche

7 Sources, contributeurs et licences du texte et de l'image

7.1 Texte

- **Wolfgang Pauli** *Source* : https://fr.wikipedia.org/wiki/Wolfgang_Pauli?oldid=130977974 *Contributeurs* : Med, Npettiaux, Looxix, Yves, Greatpatton, Orthogaffe, Kelson, Semnoz, Alexboom, Cœur, Koyuki, Jyp, Haypo, Fafnir, Phe, Marc Mongenet, MedBot, Xmlizer, Francois Trazzi, Phe-bot, Bibi Saint-Pol, Altor~frwiki, Henri4, Theon, Oliviosu, Denys, Sherbrooke, David Berardan, Kilom691, Arnaud.Serander, RobotQuistnix, FlaBot, YurikBot, Eskimbot, Thierry Caro, Litlok, Loveless, Arrakis, Noel.guillet, Mith, Zweistein~frwiki, Polmars, Pautard, Vincen, Hexabot, Emericpro, SashatoBot, Pld, Epsilon0, Bot de Sept Lieues, Linan, Rhadamante, Ektoplastor, NicoV, Grimlock, Jarfe, Escarbot, Kyle the bot, Rémi, Le Pied-bot, JAnDbot, Consulnico, CommonsDelinker, Verbex, Dentistefou, Erabot, Jeje54sp, Numbo3, MIRROR, Akeron, Speculos, Zorrobot, LPLT, Idioma-bot, Jonathan1, TXiKiBoT, Aibot, VolkovBot, Oxxo, Olivier Davignon, Le Père Odin, Pierre-Alain Gouanvic, Ptbogourou, AlleborgoBot, BotMultichill, SieBot, Kyro, LordAnubisBOT, Vlaam, Hercule, PipeBot, Bibo le magicien, Place Clichy, Dozlune, Elgauchito, Orphée, Skippy le Grand Gourou, Alexbot, Darkicebot, HerculeBot, Prosopée, ZetudBot, Ggal, Dhegiha, Luckas-bot, Talabot, ChenzwBot, Anne Bauval, DSisyphBot, Cantons-de-l'Est, Xqbot, JackBot, TobeBot, CaBot, TjBot, ZéroBot, Bottine, Cardabela48, PolBr, FDo64, StarusBot, DiliBot, Addbot, Reap1ssusaan, Leperebot, HunsuBot, Poiop2, Michael Dominik Fischer, D7i5d, Mahaut Zé Dongue, Tapator, Richard0252, Zenbushirô et Anonyme : 26

7.2 Images

- **Fichier:Blue_pencil.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Blue_pencil.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : File:Arbcom ru editing.svg by User:VasilievVV with color change by user:Jarekt *Artiste d'origine* : User:VasilievVV and user:Jarekt
- **Fichier:Confusion_colour.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Confusion_colour.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Bub's
- **Fichier:Disambig_colour.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Disambig_colour.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Bub's
- **Fichier:Flag-map_of_Austria.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Flag-map_of_Austria.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* :
- pl.wiki : WarX
- **Fichier:Flag_of_Austria.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Flag_of_Austria.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel, <http://www.bmlv.gv.at/abzeichen/dekorationen.shtml> *Artiste d'origine* : User:SKopp
- **Fichier:Flag_of_Switzerland.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/Flag_of_Switzerland.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : PDF Colors Construction sheet *Artiste d'origine* : User:Marc Mongenet

Credits :

- **Fichier:Flag_of_the_United_States.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Flag_of_the_United_States.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : SVG implementation of U. S. Code , Title 4, Chapter 1, Section 1 [1] (the United States Federal "Flag Law"). *Artiste d'origine* : Dbenbenn, Zscout370, Jacobolus, Indolences, Technion.
- **Fichier:Gtk-dialog-info.svg** *Source* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Gtk-dialog-info.svg> *Licence* : LGPL *Contributeurs* : <http://ftp.gnome.org/pub/GNOME/sources/gnome-themes-extras/0.9/gnome-themes-extras-0.9.0.tar.gz> *Artiste d'origine* : David Vignoni
- **Fichier:Logo_physics.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Logo_physics.svg *Licence* : CC BY 2.5 *Contributeurs* : Aucune source lisible par la machine fournie. « Travail personnel » supposé (étant donné la revendication de droit d'auteur). *Artiste d'origine* : Pas d'auteur lisible par la machine identifié. Guillon supposé (étant donné la revendication de droit d'auteur).
- **Fichier:NobelP2.png** *Source* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9a/NobelP2.png> *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : AlphaZeta
- **Fichier:Pauli_wolfgang_c4.jpg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Pauli_wolfgang_c4.jpg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : http://photos.aip.org/veritySearch2.jsp?item_id=Pauli%20Wolfgang%20C4&fname=pauli_wolfgang_c4.jpg <http://www.fysik.lu.se/gemensam/bilddatabasen/historic/slides/library%20001.html> *Artiste d'origine* : Erik Gustafson
- **Fichier:Schéma_synchronicité.svg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Sch%C3%A9ma_synchronicité%C3%A9.svg *Licence* : CC BY-SA 3.0 *Contributeurs* : travail personnel (Inspired by [Fichier:Schéma synchronicité.jpg this file]) *Artiste d'origine* : M0tty
- **Fichier:Wolfgang_Pauli_young.jpg** *Source* : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/Wolfgang_Pauli_young.jpg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?

7.3 Licence du contenu

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0