

La Dualité Onde-Particule de la physique quantique étendue pour la première fois à la Gravitation d'Einstein

La Nature possède un double comportement d'onde et de corpuscule: c'est la *dualité classique-quantique* ou *dualité onde-particule* fondatrice de la physique quantique (la lumière et ses photons, le monde microscopique des particules élémentaires, les plasmas ultradenses, le laser, les états quantiques macroscopiques (étoiles compactes), et bien d'autres exemples). Norma G. Sanchez (directrice de recherche émérite au CNRS, LERMA-Observatoire de Paris-PSL) vient de généraliser pour la première fois cette dualité à la gravité en y incluant ses trois régimes: classique, semiclassique et quantique, le régime de Planck et le domaine des particules élémentaires : A savoir la *dualité « onde-particule-gravité »* ou *dualité gravité quantique-classique*. Cette dualité est *universelle*, elle inclut la dualité connue comme cas particulier et permet une clarification générale avec des nombreux résultats qui révèlent: (i) la dualité classique-quantique de l'espace-temps et des trous noirs, (ii) un domaine quantique totalement *nouveau* non présent dans l'espace-temps classique et (iii) le *cône de lumière quantique* duquel le cône de lumière de la relativité et de l'univers classique est un cas particulier. Une vision nouvelle plus complète de l'espace-temps y apparaît.

La physique quantique est plus générale que la physique classique et la contient comme une approximation ou cas particulier. Ainsi, la gravité classique et donc la très réussie théorie de la relativité générale est une théorie incomplète (non quantique), c'est-à-dire une approximation à une théorie quantique plus complète encore à trouver.

Un régime intermédiaire intéressant est celui de la gravité semi-classique, c'est à dire les équations d'Einstein semi-classiques combinant la gravité classique et la matière quantique. Les exemples les plus connus sont la célèbre radiation de Hawking des trous noirs, et l'inflation primordiale de l'univers et ses fluctuations, germes des structures, imprimées dans les anisotropies et polarisation du CMB (fond cosmique microonde). De plus, le vide quantique cosmologique pourrait être la source de l'accélération actuelle de l'univers («l'énergie sombre») compatible avec une constante cosmologique.

Dans le travail décrit et publié ici [1] la dualité classique-quantique à la base de la théorie quantique est étendue au domaine de l'échelle de Planck et au delà, où la gravité devienne quantique et les trois constantes fondamentales de la Nature (h quantique, G gravitationnelle et c vitesse de la lumière) signifient. Le domaine de la gravité classique devient *dual* du domaine de la gravitation quantique et de celui de particules élémentaires dans le sens précis et rigoureux de la dualité classique-quantique. Cette dualité est *universelle*. Elle est générique, et ne dépend ni du type

de l'espace-temps ou de l'objet, ni du nombre ou du type des dimensions choisies ni de aucune symétrie imposée ou conjecturée.

Cette étude a permis de révéler la *dualité classique-quantique de l'espace-temps*. De plus, un *nouveau* domaine quantique inattendu non présent dans la structure classique y apparaît: Le *cône de lumière quantique* dont le cône de lumière classique à la base de la relativité et de l'univers classique est un cas particulier. Les figures 1 et 2 illustrent clairement ces résultats :

La Fig. 1 montre le nouvel univers et son cône de lumière quantique. Le nouveau domaine quantique est la région grise à l'intérieur des quatre hyperboloïdes en couleur (1 est la longueur de Planck dans les unités de Planck naturelles au problème). La Fig. 2 montre le cône de lumière classique bien connu de la relativité et de l'univers classique et qui est retrouvé du premier comme cas particulier.

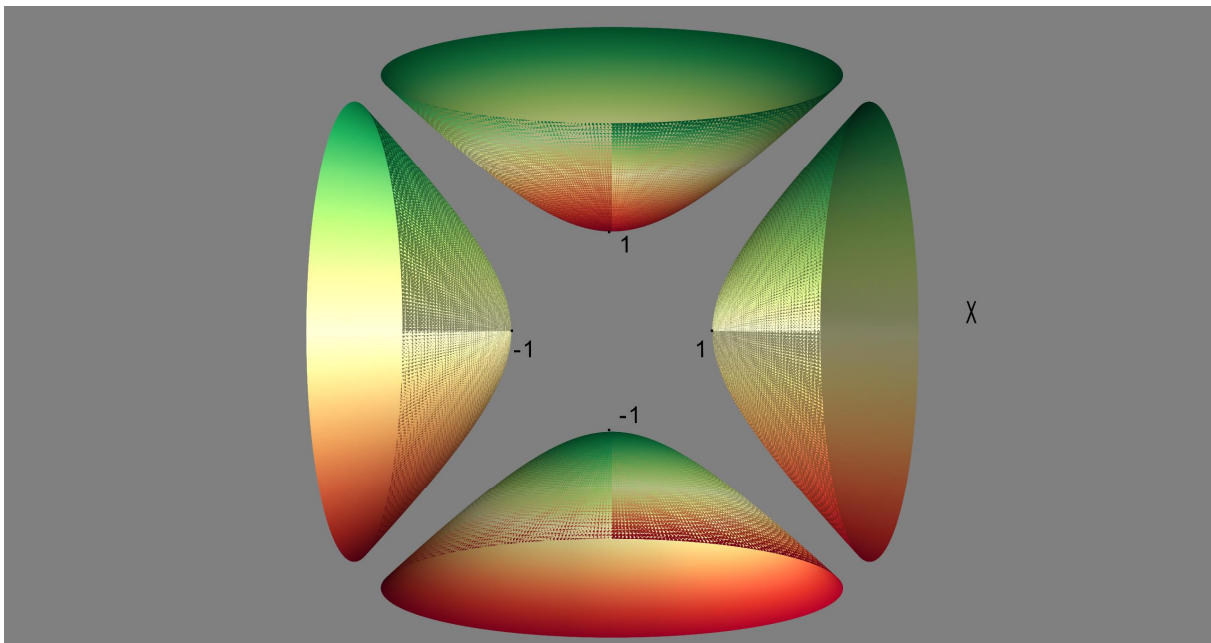


Fig. 1 : Le cône de lumière quantique dans un diagramme de l'espace-temps (le temps est l'axe vertical). Copyright Norma Sanchez

Cela permet de révéler aussi la *dualité classique-quantique des trous noirs*: les régions extérieures sont classiques ou semi-classiques alors que l'intérieur du trou noir est *totalelement quantique* et l'horizon acquiert une bordure ou « habillage » quantique (« horizon habillé »), l'extérieur et intérieur perdent leur différence à l'échelle de Planck.

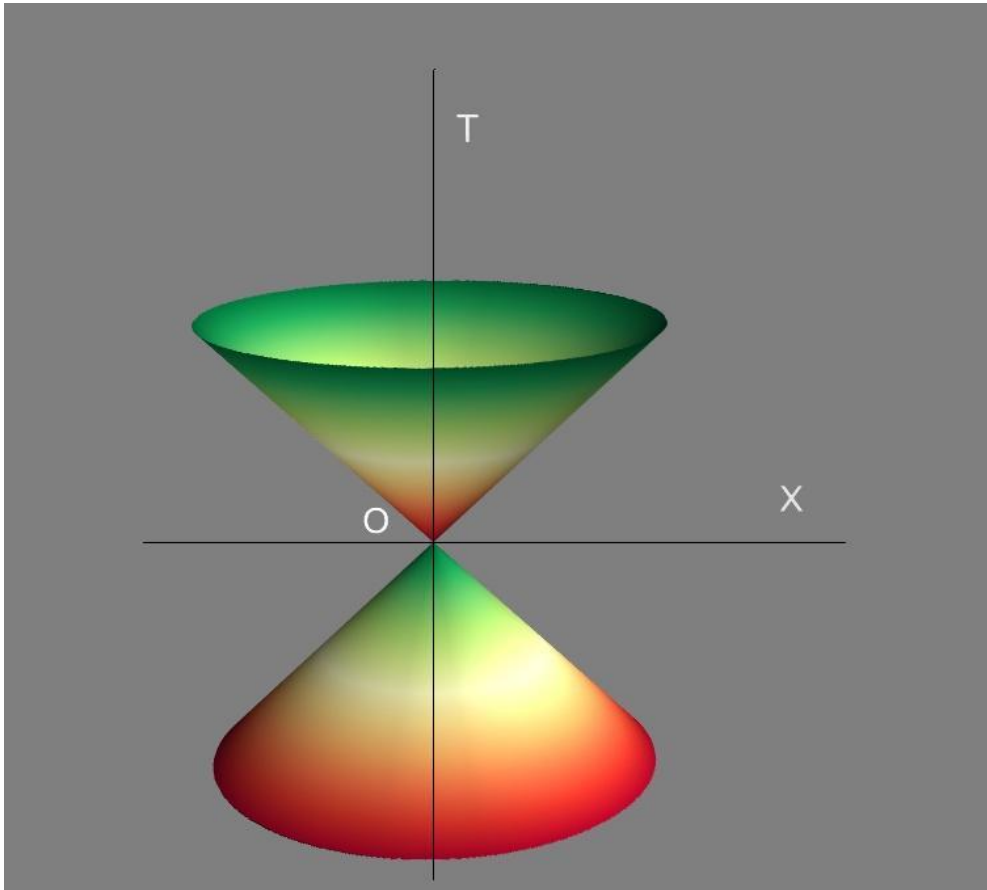


Fig. 2. Le cône de lumière classique (du future et du passé) de la Relativité classique dans un diagramme de space-temps. Il est un cas particulier de la Fig.1

Reference [1]: Norma G. Sanchez, *The Classical-Quantum Duality of Nature including Gravity*, International Journal of Modern Physics D, IJMPD Vol 18, 1950055 (18 pages), (2019)

DOI: 10.1142/S021827181950055X

<https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S021827181950055X>

<https://arxiv.org/abs/1803.04257>

Contact: Norma G. Sanchez, directrice de Recherche émérite au CNRS, LERMA-Observatoire de Paris-PSL Norma.Sanchez@obspm.fr

<http://aramis.obspm.fr/~sanchez/>
