

De la réalité des tachyons

JACQUES J. STEYAERT

Institut de Physique
U.C.L. - 2, Chemin du Cyclotron
B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

Adapté et résumé d'une communication
faite le 2 février 1987
au Séminaire de la Fondation Louis de Broglie, Paris

L'existence des tachyons a toujours été un bon sujet de discussions entre physiciens lors de la pause-café et surtout à l'heure du pousse-café.

La réalité de son existence et la transgression apparente du crédo Einsteinien a été sérieusement considérée par Terletsii [1]. Une étape importante a été franchie par Bilaniuk, Deshpande et Sudarshan [2] qui ont montré que le concept de tachyon était compatible avec la relativité restreinte. Recami [3] a poussé le plus loin possible le concept de tachyon classique, en ne faisant toutefois pas apparaître la relation avec la Mécanique Quantique. Il a fallu les travaux de Lochak [4], présentés à ce même Séminaire, pour se rendre compte que l'équation de Dirac d'une particule de masse nulle pouvait décrire un monopôle magnétique léger et qu'une version non-linéaire de l'équation de Dirac admettait comme solution en ondes planes des tachyons ($v > c$), des luxons ($v = c$) et des bradyons ($v < c$).

Cette équation admet aussi comme solution des solitons et une version compactifiée pourrait rendre compte d'une dualité onde-corpuscule.

Je ne m'étendrai pas sur mes observations effectuées de 1979 à 1983 dans une chambre blindée par 15 cm de fer en vue de l'observation éventuelle de l'axion [5]. En gros, il s'agissait d'observer systématiquement ce qui se passait lorsque des rayons γ étaient atténués par de la matière. Une radiation a été observée dont l'énergie, aux environs de 170 keV ($v_e = 0.66c$), semblait indépendante de l'énergie initiale du γ (entre 279 et 1800 keV).

La raie ayant été trouvée de forme lorentzienne sur son flanc à haute énergie, il s'est agit de trouver une explication.

Ce n'est qu'en décembre 1985 que l'hypothèse de l'absorption d'une paire de tachyons sur un électron K a été trouvée capable d'expliquer la forme de la raie produite dans le détecteur, dans ce cas un NaI(Tl). Cette forme provient de la distribution en impulsion de l'électron transformée par le transfert de l'énergie et de l'impulsion de la paire de tachyons.

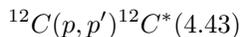
La création d'une paire me semblait plus logique mais l'apparition d'une particule unique dépend des lois de conservation en jeu. La masse du tachyon, c'est-à-dire le paramètre m dans $p^2 - E^2 = m^2(c = 1)$ avait été trouvée de $209 \pm 1\text{keV}$.

Au printemps de 1986, ce même transfert de quadri-impulsion, par un effet que j'appelle actuellement "tachyo-électrique", a été considéré sur un proton au repos. Il lui donne une énergie de 93 eV, ce qui correspond à la température d'environ 10^6K de la couronne solaire. En terme de vitesse, les protons reculent à une vitesse caractéristique de 133 km/s, ordre de grandeur de vitesse d'éjection des masses d'hydrogène appelés objets "Herbig-Haro" hors d'une étoile de type T-Tauri. Il semblait donc que les tachyons étaient au travail dans les Jets Astrophysiques.

Ce même effet tachyo-électrique pourrait être présent lorsque l'absorption se fait sur un neutron. Des expériences avec des neutrons froids ($E = 5\text{meV}$) sont imaginables.

Il était temps de concevoir des expériences qui pourraient directement mettre en évidence la présence des tachyons de par leur caractère supra-luminal et non plus d'inférer cette existence indirectement.

A l'UCL, fin juillet 1986 eut lieu une première expérience d'atténuation d'un faisceau de γ d'énergie de 4.43 MeV provenant de la réaction



sur du carbone naturel, faisceau initialement prévu pour des études de photo-désintégration du deutérium par P.Lipnik et P.Leleux. L'atténuation s'est effectuée dans un cylindre de cuivre de 20 cm de long et de 7 cm de diamètre. A l'aide d'un détecteur NaI(Tl), une raie à 168 keV a été observée donnant à penser que les tachyons hypothétiques étaient peut-être effectivement présents.

Pour couper court aux critiques faites sur l'explication de la forme de la raie, une simulation a été entreprise en collaboration avec notre collègue de l'ULB-VUB, D. Johnson. L'emploi d'un programme de Monte-Carlo [6] a permis de montrer que la raie observée ne pouvait provenir d'effets Compton successifs et autres diffusions multiples.

Cette première indication pouvait justifier une demande de faisceau pour mesurer les vitesses des particules présentes.

Le 5 décembre 1986, une expérience directe a été réalisée simultanément avec les expériences de photo-désintégration. Des neutrons lents du deuterium étaient sans doute présents conjointement avec des neutrons rapides provenant de la réaction $^{13}\text{C}(p, n)^{13}\text{N}$.

Le faisceau de protons de 12 MeV, d'une intensité de $7 \mu\text{A}$, est pulsé par le cyclotron CYCLONE de l'U.C.L. en paquets d'une largeur temporelle de 2 ns. Il passe par un capteur capacitif qui arrête au rythme de 16 MHz une horloge électronique (TAC = Time to Amplitude Converter). Le départ de l'horloge a lieu lorsque un détecteur au plastique scintillant de 5 mm d'épaisseur reçoit une particule chargée, un électron d'un effet photoélectrique par exemple et que le signal dépasse 1 MeV. C'est pour des raisons de bon fonctionnement du TAC que le signal de départ, modulo 60 ns, est branché paradoxalement sur le STOP de l'horloge.

La relation temps-espace a été calibrée lorsque les γ passaient non-absorbés à travers le détecteur. Lorsque le cylindre absorbant est inséré le détecteur enregistre un nombre moindre d'un facteur 330 proche du nombre calculé par les coefficients d'atténuation. Aucune variation temporelle n'est observée. Par contre, en plaçant une feuille de cuivre de 0.5 mm devant le détecteur une augmentation du taux de comptage d'environ un facteur deux est observée. Le signal est décalé vers les temps les plus en avance. En effectuant la soustraction des deux signaux, on met en évidence un signal gaussien dont le centroïde se déplace clairement à une vitesse plus grande que celle de la lumière.

En supposant les tachyons produits dans le cylindre de cuivre on observe que la vitesse n'est pas constante mais varie entre 3,6 et 4,6 m de 110 à 106 % de c . Avec beaucoup d'audace, en supposant le tachyon couplé à la composante du champ terrestre parallèle au mouvement, cette diminution de vitesse correspondrait à une augmentation d'énergie due à une charge magnétique $g = 137/2 \times e/3$, en faisant l'hypothèse que le paramètre de masse de ce tachyon est $m = 209\text{KeV}$.

C'était beaucoup pour une première expérience, aussi fut-il convenu de recommencer le 5 janvier 1987 en essayant d'annuler le champ terrestre par un couple de bobines de fil enroulé sur un support en aluminium. A ma grande surprise, le signal tachyon avait disparu ! Cette expérience négative était peut-être riche d'enseignement. Si des monopôles magnétiques étaient créés, ils pourraient induire un courant dans la boucle d'aluminium, qui, créant un champ magnétique, repousserait les monopoles !

Cette image progressivement consistante demandait à être confirmée. Pour diverses raisons le faisceau de γ n'a plus pu être obtenu à l'U.C.L. Cette décision est tombée peu après que la communication au Séminaire eut été faite. Je me permets de relater ce qui s'est passé depuis lors, laissant à un article ultérieur les détails de cette Saga.

En mars 1987, je présentai à la réunion conjointe des sociétés allemande, belge, danoise et néerlandaise de physique à Groningen un poster où j'appliquais l'idée de tachyon à une tentative d'explication des mystérieux pics $e^- e^+$ du GSI à Darmstadt [7]. Les mesures supraluminales étaient également présentées. Cela éveilla l'intérêt de collègues du Max Planck Institut für Kernforschung d'Heidelberg, le Dr T.Knöpfle notamment. Je présentais au MPI un séminaire le 7 avril où il fut décidé de tenter l'expérience à l'aide du faisceau de protons de 12 MeV à 100 nA du Tandem Empereur dont la résolution temporelle après le "Rebuncher" est de 0.15 ns. Un détecteur BaF₂ de temps de résolution de 0.6ns serait employé. N'ayant plus de deutérium présent les neutrons seraient minimes.

Des expériences ont eu lieu en mai et en novembre 1987. Lors de l'expérience de mai, un signal semblait confirmer l'observation précédente, mais s'est révélé, par la dernière expérience, être un artefact du détecteur Ba F₂, dont l'origine reste inexpliquée. Il faut signaler qu'à la différence de l'expérience réalisée à Louvain-la-Neuve, le détecteur Ba F₂ n'était pas précédé d'une feuille de cuivre.

Si l'aspect magnétique des tachyons se confirme, cela pourrait avoir une certaine importance pour l'Astrophysique. Les jets provenant du noyau des galaxies actives, comme M87, le centre de notre amas Virgo, proviendraient de la conversion de l'énergie du champ magnétique en énergie cinétique d'atomes. Cette idée serait proche de celle du laser à axions comme moteur des quasars [8]. Lorsque ces atomes s'arrêtent dans le gaz intergalactique ils pourraient donner naissance à des nuages de matière, source de futures galaxies. Un exemple pourrait être une galaxie-grand-mère (M31) éjectant une galaxie-mère (Voie Lactée), éjectant

à son tour une galaxie-fille (le Grand Nuage de Magellan) [9]. Si du moment angulaire est transporté par les tachyons magnétiques, cette matière pourrait même être mise en rotation.

Malgré le bon accord du modèle de la lentille gravitationnelle, l'arc de galaxies aperçu dans A370 [10] fait penser à une "seringue" tournante injectant par à coups de la matière dans le milieu intergalactique. Les galaxies spirales-barrées pourraient être vues comme une double seringue tournante injectant dans un milieu dont la densité augmente avec le temps. Le système SS433 [11] est suffisamment compact que pour ralentir par gravité jusqu'à $v = 0.26c$ les électrons (et les ions qu'ils entraînent) émis initialement à $v = 0.66c$.

D'autre part, les tachyons semblant plus pénétrants que les photons gamma, il se pourrait qu'ils facilitent le transfert d'énergie thémonucléaire du centre du soleil vers les couches externes. Il suffirait d'abaisser la température de $15.5 \cdot 10^6$ K soit $kT = 1409$ eV à $14.53 \cdot 10^6$ K soit $kT = 1321$ eV pour rendre compte du manque de neutrinos provenant du ${}^8\text{B}$ car leur taux varie selon T^{20} [12]. Cette différence d'énergie, soit 88 eV, est de l'ordre de grandeur des 93 eV calculés lors du recul des protons par effet tachyo-électrique. N'est-t-il pas curieux que l'énergie qui "devrait manquer" au centre du soleil se retrouverait en partie dans la couronne !

Il est peut-être opportun de faire remarquer que la pulsation du soleil de période 2 h 40 mn correspond à un diamètre solaire parcouru à 133 km/sec. A cette vitesse, les protons échangeraient de l'énergie à cause de la résonance "tachyon" et l'onde acoustique pourrait refroidir le coeur du soleil.

Tous mes collègues expérimentateurs sont cordialement remerciés pour leur confiance et leur patience. Georges Lochak m'a éclairé sur de nombreux points théoriques. Ses résultats concernant le monopôle ont été une justification certaine à l'entêtement nécessaire à la réalisation de ces expériences.

Puissent-telles l'encourager à trouver d'autres équations, d'autres solutions, d'autres concepts.

Depuis que cette communication a été présentée, Louis de Broglie n'est plus. Ce travail lui est dédié, lui que je n'ai connu qu'indirectement, mais nous essayerons d'appliquer son Esprit. Puisse le tachyon résoudre les problèmes de la Mécanique Quantique!

Références.

- [1] Y.P. Terleskii ; *Paradoxes in Theory of Relativity* Plenum.NY.1968.
- [2] O.M.Bilaniuk, V.K.Deshpande, E.C.G. Sudarshan ; *Am.J.Phys.* **30**, 718-724 (1962)
- [3] E.Recami ; *Riv.Nuovo Cimento* **9**, 1-178 (1986)
- [4] G.Lochak ; *Int.J.Theo.Phys.* **24**, 1019-1050 (1985)
- [5] S.Weinberg ; *Phys.Rev.Letters.* **40**, 223-226 (1978)
- [6] R.Brun et al. ; GEANT3, DD/EE/84-1, CERN, May 1986.
- [7] H.Bokemeyer et al. ; (EPOS), P.Kienle et al. (ORANGE), M.Rhein et al. (TORI), Spring Meeting 1987. DPG. Groningen.
- [8] I.I. Tkachev ; *Phys. Lett. B.* **191**, 41-45 (1987).
- [9] Si ce processus a lieu a vitesse constante il pourrait expliquer la quantification des vitesses galactiques du Groupe Local : Arp.H., *Astron.Astrophys.* **156**, 207-212 (1986)
- [10] G.Soucail, B.Fort, Y.Mellier, J.P.Picat ; *Astron.Astrophys.* **172**, L14-L16 (1987).
- [11] R.C.Vermeulen, R.T.Schilizzi, V.Icke, I.Fejes, R.E.Spencer ; *Nature* **328**, 309-313 (1987)
- [12] Y.Lebreton., A.Meader ; *Astron.Astrophys.* **175**, 99-112 (1987).
- [13] Une communication privée de O.M.Bilaniuk du 24 juin 1987 nous informe qu'une bibliographie exhaustive a été publiée par V.F.Perepelitsa dans : *Filosofskie problemi hipotesi sverjsvetovij skorostei.* (Problèmes philosophiques de l'hypothèse des tachyons). Yu.B.Moltchanov ed. Moskwa. "Nauka". 1986.

Manuscrit reçu le 31 juillet 1987, révisé le 25 novembre 1987

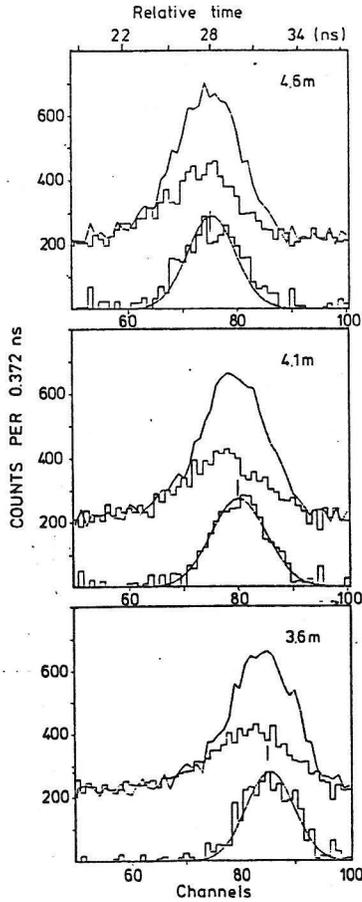


Figure 1. Trois spectres expérimentaux, le détecteur au plastique scintillant étant disposé aux trois distances indiquées. L'histogramme ajusté par une gaussienne est obtenu par une différence entre deux spectres en temps. Le spectre de plus grande amplitude est obtenu en recouvrant le détecteur avec une feuille de cuivre de 0,5 mm. L'autre spectre est obtenu sans feuille de cuivre.

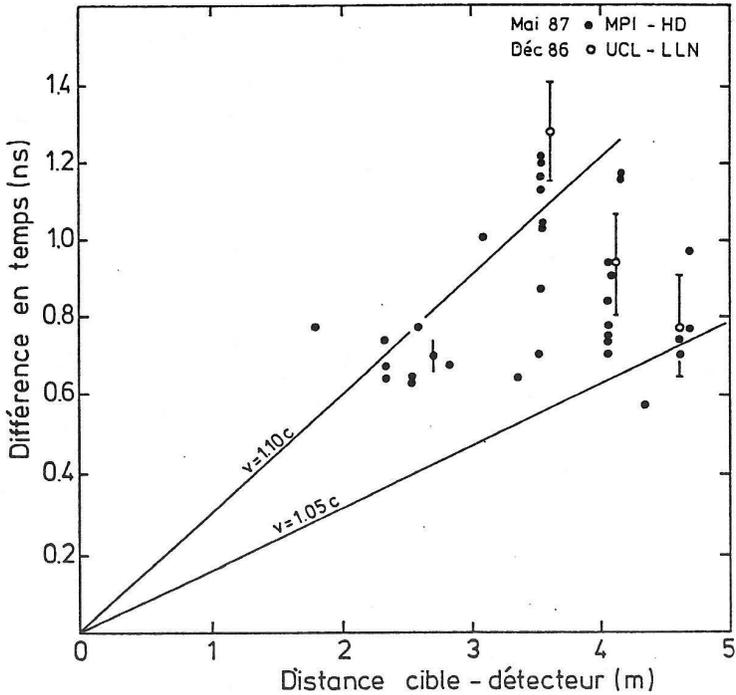


Figure 2. La relation entre la distance cible-détecteur et la différence de temps entre le pic-photon et le pic "supraluminal". Les cercles présentent les mesures de Louvain-la-Neuve (Fig. 1) et les points les mesures de Heidelberg qui sont une fluctuation électronique autour d'un artefact situé à 0.9 ns.