

# Tests de la gravité quantique

Nicolae Sfetcu

17.02.2020

Sfetcu, Nicolae, « Tests de la gravité quantique », SetThings (17 février 2019), URL = <https://www.setthings.com/fr/tests-de-la-gravite-quantique/>

Email: [nicolae@sfetcu.com](mailto:nicolae@sfetcu.com)



Cet article est sous licence Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International. Pour voir une copie de cette licence, visitez <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

Une traduction partielle de  
Sfetcu, Nicolae, "Epistemologia gravitației experimentale – Raționalitatea științifică",  
SetThings (1 august 2019), MultiMedia Publishing (ed.), ISBN: 978-606-033-234-3, DOI:  
10.13140/RG.2.2.15421.61925, URL = <https://www.setthings.com/ro/e-books/epistemologia-gravitatiei-experimentale-rationalitatea-stiintifica/>

**BIBLIOGRAPHIE.....7**

Le test primordial de toute théorie quantique de la gravité est la reproduction des succès de la relativité générale. Cela implique de reconstruire la géométrie locale à partir des observables non locaux. De plus, la gravité quantique devrait probablement prédire la topologie à grande échelle de l'Univers, qui pourrait bientôt être mesurable<sup>1</sup>, et les phénomènes à l'échelle de Planck.<sup>2</sup>

Il existe déjà une prédiction liée à la gravité quantique: l'existence et le spectre du rayonnement Hawking du trou noir, une prédiction « semi-classique » résultant de la théorie des champs quantiques sur un fond incurvé fixe, et confirmée ensuite théoriquement<sup>3</sup>. On suppose qu'une théorie de la gravité qui ne reproduira pas cette prédiction est erronée.

Pour l'échelle d'énergie de Planck, plusieurs tests ont été proposés sur la base de deux idées: que l'on puisse détecter de très petites déviations de symétries exactes, et que l'on puisse intégrer sur des distances ou des temps longs pour observer de très petits effets collectifs. Ces propositions restent extrêmement spéculatives, mais elles sont plausibles<sup>4</sup>. Certaines de ces idées peuvent être trouvées dans Giovanni Amelino-Camelia, *Are we at the dawn of quantum-gravity phenomenology?*<sup>5</sup>

- Violations du principe d'équivalence<sup>6</sup>. Des tests de précision du principe d'équivalence pourraient être développés par interférométrie atomique et neutronique.
- Violations de l'invariance CPT, par exemple en formant des trous noirs virtuels<sup>7</sup>. Les limites expérimentales actuelles se rapprochent du niveau d'observation de ces effets<sup>8</sup>.

---

<sup>1</sup> Neil Cornish, David Spergel, et Glenn Starkman, « Circles in the Sky: Finding Topology with the Microwave Background Radiation », *Classical and Quantum Gravity* 15, n° 9 (1 septembre 1998): 15, 2657, <https://doi.org/10.1088/0264-9381/15/9/013>.

<sup>2</sup> Richard Easther et al., « Inflation as a Probe of Short Distance Physics », *Physical Review D* 64, n° 10 (16 octobre 2001): 103502, <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.64.103502>.

<sup>3</sup> Fay Dowker et al., « Pair Creation of Dilaton Black Holes », *Physical Review D* 49, n° 6 (15 mars 1994): 2909, <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.49.2909>.

<sup>4</sup> S. Carlip, « Quantum Gravity: a Progress Report », *Reports on Progress in Physics* 64, n° 8 (1 août 2001): 885-942, <https://doi.org/10.1088/0034-4885/64/8/301>.

<sup>5</sup> Giovanni Amelino-Camelia, « Are we at the dawn of quantum-gravity phenomenology? », *arXiv:gr-qc/9910089*, 25 octobre 1999, <http://arxiv.org/abs/gr-qc/9910089>.

<sup>6</sup> G. Z. Adunas, E. Rodriguez-Milla, et D. V. Ahluwalia, « Probing Quantum Aspects of Gravity », *Physics Letters B* 485, n° 1-3 (juillet 2000): 215, [https://doi.org/10.1016/S0370-2693\(00\)00697-3](https://doi.org/10.1016/S0370-2693(00)00697-3).

<sup>7</sup> Alan Kostelecky et Rob Potting, « Expectation Values, Lorentz Invariance, and CPT in the Open Bosonic String », *Physics Letters B* 381, n° 1-3 (juillet 1996): 89, [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(96\)00589-8](https://doi.org/10.1016/0370-2693(96)00589-8).

<sup>8</sup> R. Adler et al., « Test of CPT Symmetry and Quantum Mechanics with Experimental data from CPLEAR », *Physics Letters B* 364, n° 4 (décembre 1995): 239, [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(95\)01416-0](https://doi.org/10.1016/0370-2693(95)01416-0).

Des violations d'autres symétries globales, telles que CP, peuvent également se produire, avec des conséquences qui peuvent être observées à l'échelle de Planck.<sup>9</sup>

- Distorsions des relations de dispersion de la lumière et des neutrinos sur de longues distances, entraînant une vitesse de la lumière dépendante de la fréquence<sup>10</sup>. Il peut être observé en observant les rayons gamma, les limites expérimentales actuelles sont proches du niveau d'observation. Si l'effet dépend de la polarisation, les tests de biréfringence induits par la gravité peuvent être dans les limites d'observation.<sup>11</sup>
- Les interféromètres de détection des ondes gravitationnelles ont pu observer des fluctuations quantiques testables en géométrie spatiale<sup>12</sup>, une idée encore controversée.
- La gravité quantique près de la masse de Planck affecte les flux des groupes de renormalisation et les constantes de couplage à faible énergie dans les grandes théories unifiées<sup>13</sup>, mais cet effet est plutôt un inconvénient, rendant d'autres tests possibles plus difficiles.
- Utilisation de lasers puissants pour l'observation (indirecte) du rayonnement Unruh, l'équivalent du rayonnement Hawking pour une particule accélératrice<sup>14</sup>. Cela peut être au moins un test de prédictions théoriques de champ quantique à partir de la gravité quantique.
- Un test indirect à partir d'analogues de la matière condensée avec des trous noirs, qui devraient émettre des phonons par « rayonnement Hawking » provenant d'horizons

---

<sup>9</sup> Renata Kallosh et al., « Gravity and global symmetries », *Physical Review D* 52, n° 2 (15 juillet 1995): 912, <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.52.912>.

<sup>10</sup> Jorge Alfaro, Hugo A. Morales-Tecotl, et Luis F. Urrutia, « Quantum gravity corrections to neutrino propagation », *Physical Review Letters* 84, n° 11 (13 mars 2000): 2318, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.84.2318>.

<sup>11</sup> Reinaldo J. Gleiser et Carlos N. Kozameh, « Astrophysical limits on quantum gravity motivated birefringence », *Physical Review D* 64, n° 8 (septembre 2001): 083007, <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.64.083007>.

<sup>12</sup> Y. Jack Ng et H. van Dam, « Measuring the foaminess of space-time with gravity-wave interferometers », *Foundations of Physics* 30, n° 5 (2000): 795, <https://doi.org/10.1023/A:1003745212871>.

<sup>13</sup> L. J. Hall et U. Sarid, « Gravitational Smearing of Minimal Supersymmetric Unification Predictions », *Physical Review Letters* 70, n° 18 (3 mai 1993): 2673, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.70.2673>.

<sup>14</sup> Pisin Chen et Toshi Tajima, « Testing Unruh Radiation with Ultraintense Lasers », *Physical Review Letters* 83, n° 2 (12 juillet 1999): 256, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.83.256>.

soniques<sup>15</sup>. Des tests pourraient être possibles à l'avenir dans les condensats de Bose-Einstein<sup>16</sup>, l'hélium superfluide <sup>3</sup>He<sup>17</sup> et la « lumière lente » dans les diélectriques.<sup>18</sup>

Ces expériences ne feront pas de distinction entre des modèles spécifiques de gravité quantique, car les modèles actuels ne peuvent pas encore faire de prévisions suffisamment claires, mais les phénomènes peuvent être testés à l'échelle de Planck affectée par la gravité quantique. Dernièrement, les physiciens se sont concentrés sur l'idée de tests expérimentaux pour une certaine classe de modèles de gravité quantique, la « gravité à l'échelle TeV » ou le « monde des membranes »<sup>19</sup>, qui postulent des « grandes » dimensions supplémentaires d'un millimètre.

Le problème de la façon dont la mesure affecte l'état ontologique du système observé est appelé le problème de mesure. La mesure en mécanique quantique est vue de différentes manières dans diverses interprétations. En mécanique classique, un système de points simple est entièrement décrit par la position et la quantité de mouvement de la particule. En mécanique quantique, un système est décrit par son état quantique, par les probabilités des positions et quantités de mouvement possibles. Les valeurs prédites des mesures sont décrites par une distribution de probabilité ou une « moyenne » (ou « attente ») de l'opérateur de mesure sur la base de l'état quantique du système préparé. Le processus de mesure est souvent considéré comme aléatoire et indéterministe dans certaines interprétations, tandis que dans d'autres interprétations, l'indéterminisme est fondamental et irréductible.

Il existe plusieurs façons possibles de décrire mathématiquement le processus de mesure (à la fois la distribution de probabilité et la fonction d'onde effondrée). La description la plus pratique dépend du spectre (c'est-à-dire l'ensemble des valeurs propres) de l'observable

La caractéristique la plus évidente de la gravité quantique est le manque de données (aucun phénomène ne peut être identifié sans équivoque à la suite d'une interaction entre la relativité générale et la théorie quantique). En effet, l'échelle de la gravité quantique (longueur de Planck) est extrêmement petite, tout comme l'énergie de Planck et le temps de Planck. Il s'avère que le seul régime physique dans lequel les effets de la gravité quantique pourraient être étudiés

---

<sup>15</sup> Matt Visser, « Acoustic black holes », *arXiv:gr-qc/9901047*, 15 janvier 1999, <http://arxiv.org/abs/gr-qc/9901047>.

<sup>16</sup> L. J. Garay et al., « Sonic analog of gravitational black holes in Bose-Einstein condensates », *Physical Review Letters* 85, n° 22 (27 novembre 2000): 4643, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.85.4643>.

<sup>17</sup> G. E. Volovik, « Field theory in superfluid <sup>3</sup>He: What are the lessons for particle physics, gravity and high-temperature superconductivity? », *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96, n° 11 (25 mai 1999): 6042, <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.6042>.

<sup>18</sup> U. Leonhardt et P. Piwnicki, « Relativistic Effects of Light in Moving Media with Extremely Low Group Velocity », *Physical Review Letters* 84, n° 5 (31 janvier 2000): 822, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.84.822>.

<sup>19</sup> Lisa Randall et Raman Sundrum, « A Large Mass Hierarchy from a Small Extra Dimension », *Physical Review Letters* 83, n° 17 (25 octobre 1999): 3370, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.83.3370>.

directement se situe dans l'ère post-Big Bang immédiate, en plus des problèmes liés à l'interaction des gravitons spin-2 avec un tenseur d'énergie-quantité de mouvement conservé. Il s'ensuit que différentes théories de la gravité quantique ne peuvent pas être vérifiées empiriquement qu'à de très hautes énergies.

Pour la physique, cela signifie qu'il est très difficile de construire une théorie pleinement satisfaisante. D'un point de vue philosophique, la difficulté est due aux problèmes conceptuels de l'espace, du temps et de la matière, mais aussi à la construction théorique, car il n'y a pas d'accord sur les types de données qu'une théorie quantique de la gravité obtiendrait. Dans cette situation, J. Butterfield déclare que la construction théorique devient beaucoup plus fortement influencée par des considérations théoriques, basées sur les différentes opinions de première partie sur ce à quoi la théorie devrait ressembler, basées en partie sur les préjugés philosophiques du chercheur et sur les techniques mathématiques considérées. de réussite. Ainsi, un programme de recherche tend à construire des schémas théoriques abstraits compatibles avec un cadre conceptuel préconçu et cohérents interne au sens mathématique, aboutissant à une « sous-détermination de la théorie des données ». De plus, le programme a la tendance à produire des schémas basés sur un large éventail de motivations philosophiques, qui pourraient être présumées être des projections inconscientes du psychique du chercheur individuel, et pourraient être rejetés en tant que tels.

Il est important de déterminer s'il existe des effets de gravité quantique qui peuvent être mesurés en dessous des limites de Planck, pouvant résulter d'un effet non perturbateur. Mais l'existence même de tels effets et les phénomènes que les prédisent sont eux-mêmes probablement fortement dépendants de la théorie. Il s'ensuit que le sujet de la gravité quantique présente au philosophe une gamme large et variée d'approches, à condition que dans la gravité quantique il n'y ait pas de théories suffisamment bien définies, pas même bien établies.

D'après les analyses dimensionnelles, il semblerait que la gravité quantique nécessite des énergies expérimentalement élevées, à partir du niveau d'énergie de Planck. Cela nécessiterait un accélérateur de particules plus grand que notre galaxie, et les tests directs de gravité quantique semblent donc impossibles selon ces calculs. Il s'avère que des tests de laboratoire de haute précision dans le champ faible seront la seule possibilité de faire de la gravité quantique une théorie physique testable/falsifiable. Cela serait possible dans des systèmes macroscopiques qui adhèrent toujours aux lois de la théorie quantique - celles décrites par les fonctions d'onde macroscopiques. Celles-ci permettraient, par exemple, la mesure des énergies d'excitation gravitationnelle quantique<sup>20</sup>. Johan Hansson et Stéphane François suggèrent la possibilité de tester les théories de la gravité quantique en utilisant des systèmes quantiques macroscopiques; hélium superfluide, condensats de gaz de Bose-Einstein et molécules « macroscopiques » encore soumises à la mécanique quantique, et étoiles à neutrons. Les effets de la gravité quantique, définis ici comme des interactions gravitationnelles observables entre des objets

---

<sup>20</sup> Johan Hansson, « Aspects of nonrelativistic quantum gravity », *arXiv:0910.4289 [astro-ph, physics:gr-qc, physics:hep-ph, physics:quant-ph]*, 22 octobre 2009, 707 (2009), <http://arxiv.org/abs/0910.4289>.

quantiques, devraient être observés en utilisant la technologie existante, permettant une falsifiabilité à faible énergie dans le régime de champ faible.<sup>21</sup>

Roberto Balbinot et Alessandro Fabbri, dans *Amplifying the Hawking Signal in BECs*<sup>22</sup>, proposent des modèles simples de condensats de Bose-Einstein pour étudier les effets analogiques de la création de paires, à savoir l'effet Hawking des trous noirs acoustiques et l'effet dynamique Casimir. L'idée est de reproduire dans un contexte d'effets quantiques de matière condensée prédits par la théorie des champs quantiques dans l'espace courbe, y compris l'émission thermique des trous noirs prédite par Hawking en 1974<sup>23</sup>. Les auteurs de cette expérience concluent qu'ils ont obtenu des résultats qui pourraient être utile dans les futures recherches expérimentales.

Le *formalisme THE* est basé sur la forme lagrangienne qui régule la dynamique des particules ponctuelles de masse et de charge et le champ électromagnétique dans un champ gravitationnel statique, sphérique symétrique, décrit par les potentiels gravitationnels phénoménologiques T, H, e. Cette théorie a été utilisée pour interpréter les résultats des tests expérimentaux du principe d'équivalence fort.<sup>24</sup>

Le *formalisme xg* introduit par W.-T. Ni<sup>25</sup> a initialement fourni un cadre pour l'analyse de la physique électrodynamique dans un champ de fond gravitationnel, puis s'est étendu pour couvrir d'autres secteurs du modèle standard.

Le *formalisme de Kostelecky*, développé par Colladay et Kostelecky, est utilisé pour traiter la possibilité de rupture spontanée de la symétrie de Lorentz dans le contexte de la théorie des cordes.<sup>26</sup>

Un formalisme basé sur les formes des équations du mouvement a l'avantage de répondre directement à certaines exigences naturelles.

---

<sup>21</sup> Johan Hansson et Stephane Francois, « Testing Quantum Gravity », *International Journal of Modern Physics D* 26, n° 12 (octobre 2017): 1743003, <https://doi.org/10.1142/S0218271817430039>.

<sup>22</sup> Roberto Balbinot et Alessandro Fabbri, « Amplifying the Hawking signal in BECs », *Advances in High Energy Physics* 2014 (2014): 1-8, <https://doi.org/10.1155/2014/713574>.

<sup>23</sup> S. W. Hawking, « Particle Creation by Black Holes », *Communications in Mathematical Physics* 43, n° 3 (1 août 1975): 199-220, <https://doi.org/10.1007/BF02345020>.

<sup>24</sup> J. E. Horvath et al., « Einstein equivalence principle and theories of gravitation: A gravitationally modified standard model », *Physical Review D* 38, n° 6 (15 septembre 1988): 1754, <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.38.1754>.

<sup>25</sup> W.-T. Ni, « Equivalence principles and electromagnetism », *Physical Review Letters* 38 (1 février 1977): 301, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.38.301>.

<sup>26</sup> Don Colladay et Alan Kostelecky, « Lorentz-Violating Extension of the Standard Model », *Physical Review D* 58, n° 11 (26 octobre 1998): 6760, <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.58.116002>.

## Bibliographie

- Adler, R., et al, J. Ellis, J. Lopez, N. Mavromatos, et D. Nanopoulos. « Test of CPT Symmetry and Quantum Mechanics with Experimental data from CPLEAR ». *Physics Letters B* 364, n° 4 (décembre 1995): 239-45. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(95\)01416-0](https://doi.org/10.1016/0370-2693(95)01416-0).
- Adunas, G. Z., E. Rodriguez-Milla, et D. V. Ahluwalia. « Probing Quantum Aspects of Gravity ». *Physics Letters B* 485, n° 1-3 (juillet 2000): 215-23. [https://doi.org/10.1016/S0370-2693\(00\)00697-3](https://doi.org/10.1016/S0370-2693(00)00697-3).
- Alfaro, Jorge, Hugo A. Morales-Tecotl, et Luis F. Urrutia. « Quantum gravity corrections to neutrino propagation ». *Physical Review Letters* 84, n° 11 (13 mars 2000): 2318-21. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.84.2318>.
- Amelino-Camelia, Giovanni. « Are we at the dawn of quantum-gravity phenomenology? » *arXiv:gr-qc/9910089*, 25 octobre 1999. <http://arxiv.org/abs/gr-qc/9910089>.
- Balbinot, Roberto, et Alessandro Fabbri. « Amplifying the Hawking signal in BECs ». *Advances in High Energy Physics* 2014 (2014): 1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/713574>.
- Carlip, S. « Quantum Gravity: a Progress Report ». *Reports on Progress in Physics* 64, n° 8 (1 août 2001): 885-942. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/64/8/301>.
- Chen, Pisin, et Toshi Tajima. « Testing Unruh Radiation with Ultraintense Lasers ». *Physical Review Letters* 83, n° 2 (12 juillet 1999): 256-59. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.83.256>.
- Colladay, Don, et Alan Kostelecky. « Lorentz-Violating Extension of the Standard Model ». *Physical Review D* 58, n° 11 (26 octobre 1998): 116002. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.58.116002>.
- Cornish, Neil, David Spergel, et Glenn Starkman. « Circles in the Sky: Finding Topology with the Microwave Background Radiation ». *Classical and Quantum Gravity* 15, n° 9 (1 septembre 1998): 2657-70. <https://doi.org/10.1088/0264-9381/15/9/013>.
- Dowker, Fay, Jerome P. Gauntlett, David A. Kastor, et Jennie Traschen. « Pair Creation of Dilaton Black Holes ». *Physical Review D* 49, n° 6 (15 mars 1994): 2909-17. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.49.2909>.
- Easther, Richard, Brian R. Greene, William H. Kinney, et Gary Shiu. « Inflation as a Probe of Short Distance Physics ». *Physical Review D* 64, n° 10 (16 octobre 2001): 103502. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.64.103502>.
- Garay, L. J., J. R. Anglin, J. I. Cirac, et P. Zoller. « Sonic analog of gravitational black holes in Bose-Einstein condensates ». *Physical Review Letters* 85, n° 22 (27 novembre 2000): 4643-47. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.85.4643>.
- Gleiser, Reinaldo J., et Carlos N. Kozameh. « Astrophysical limits on quantum gravity motivated birefringence ». *Physical Review D* 64, n° 8 (septembre 2001): 083007. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.64.083007>.
- Hall, L. J., et U. Sarid. « Gravitational Smearing of Minimal Supersymmetric Unification Predictions ». *Physical Review Letters* 70, n° 18 (3 mai 1993): 2673-76. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.70.2673>.
- Hansson, Johan. « Aspects of nonrelativistic quantum gravity ». *arXiv:0910.4289 [astro-ph, physics:gr-qc, physics:hep-ph, physics:quant-ph]*, 22 octobre 2009. <http://arxiv.org/abs/0910.4289>.
- Hansson, Johan, et Stephane Francois. « Testing Quantum Gravity ». *International Journal of Modern Physics D* 26, n° 12 (octobre 2017): 1743003. <https://doi.org/10.1142/S0218271817430039>.

- Hawking, S. W. « Particle Creation by Black Holes ». *Communications in Mathematical Physics* 43, n° 3 (1 août 1975): 199-220. <https://doi.org/10.1007/BF02345020>.
- Horvath, J. E., E. A. Logiudice, C. Riveros, et H. Vucetich. « Einstein equivalence principle and theories of gravitation: A gravitationally modified standard model ». *Physical Review D* 38, n° 6 (15 septembre 1988): 1754-60. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.38.1754>.
- Kallosch, Renata, Andrei Linde, Dmitri Linde, et Leonard Susskind. « Gravity and global symmetries ». *Physical Review D* 52, n° 2 (15 juillet 1995): 912-35. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.52.912>.
- Kosteletsky, Alan, et Rob Potting. « Expectation Values, Lorentz Invariance, and CPT in the Open Bosonic String ». *Physics Letters B* 381, n° 1-3 (juillet 1996): 89-96. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(96\)00589-8](https://doi.org/10.1016/0370-2693(96)00589-8).
- Leonhardt, U., et P. Piwnicki. « Relativistic Effects of Light in Moving Media with Extremely Low Group Velocity ». *Physical Review Letters* 84, n° 5 (31 janvier 2000): 822-25. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.84.822>.
- Ng, Y. Jack, et H. van Dam. « Measuring the foaminess of space-time with gravity-wave interferometers ». *Foundations of Physics* 30, n° 5 (2000): 795-805. <https://doi.org/10.1023/A:1003745212871>.
- Ni, W.-T. « Equivalence principles and electromagnetism ». *Physical Review Letters* 38 (1 février 1977): 301-4. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.38.301>.
- Randall, Lisa, et Raman Sundrum. « A Large Mass Hierarchy from a Small Extra Dimension ». *Physical Review Letters* 83, n° 17 (25 octobre 1999): 3370-73. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.83.3370>.
- Visser, Matt. « Acoustic black holes ». *arXiv:gr-qc/9901047*, 15 janvier 1999. <http://arxiv.org/abs/gr-qc/9901047>.
- Volovik, G. E. « Field theory in superfluid  $^3\text{He}$ : What are the lessons for particle physics, gravity and high-temperature superconductivity? » *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96, n° 11 (25 mai 1999): 6042-47. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.6042>.