



La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

La Physique de l'infiniment petit

<http://aaa.guillaumeponce.org/>



La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Cet exposé est le deuxième d'une série de trois, destinée à servir d'introduction à la cosmologie en ouverture de saison.

Les ambitions de cette série sont les suivantes :

- Proposer des exposés **abordables**, notamment en vue d'accueillir de nouveaux membres dans l'association et de commencer la saison en douceur ; ou éventuellement pour effectuer des présentations auprès du grand public.
- Poser les **bases générales de la cosmologie**, dans son état de l'art actuelles.
Ces bases pourront ensuite être approfondies dans des exposés moins généraux.



La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Plongée dans « l'infiniment » petit



Précautions de langage

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

- Les mêmes précautions de langage s'imposent que pour l'infiniment grand.
« Infiniment » petit est (peut être) un abus de langage.
- Mais la question de l'infinité n'a pas les mêmes implications pour le petit que pour le grand : là où l'infiniment grand pose la question de la finitude de l'Univers, l'infiniment petit pose celle de sa nature discrète ou continue.



De l'atomisme à la physique quantique

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

- L'atomisme, courant philosophique né dans la Grèce antique du Vème siècle avant JC (Leucippe et Démocrite).
- 1897, découverte de l'électron par Joseph John Thomson. On sait à présent que la matière est composée de deux parties, l'une positive et l'autre négative, ce qui constitue la première preuve de décomposition de l'atome.
- 1900, Max Planck démontre la quantification des échanges d'énergie dans la matière et fonde ainsi la physique quantique.
- 1911, expérience d'Ernest Rutherford, considéré comme le père de la physique nucléaire, qui aboutit au modèle planétaire de l'atome.
- 1913, Niels Bohr réunit les concepts de Planck et de Rutherford et propose son modèle atomique quantique.



Petit comment ?

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Quelques repaires :

- Un atome d'hydrogène : $0,5 \times 10^{-10}$ m
- Un proton : $0,83 \times 10^{-15}$ m
- Un quark : inférieur à 10^{-18} m
- Un électron : inférieur à 10^{-22} m
- Longueur de Planck : $1,61 \times 10^{-35}$ m

Visionnage de la vidéo de Balade Mentale intitulée *Plongée dans l'infiniment grand*.

https://www.youtube.com/watch?v=yBNtJN9j2_I



La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

La Physique quantique



Bestiaire des particules

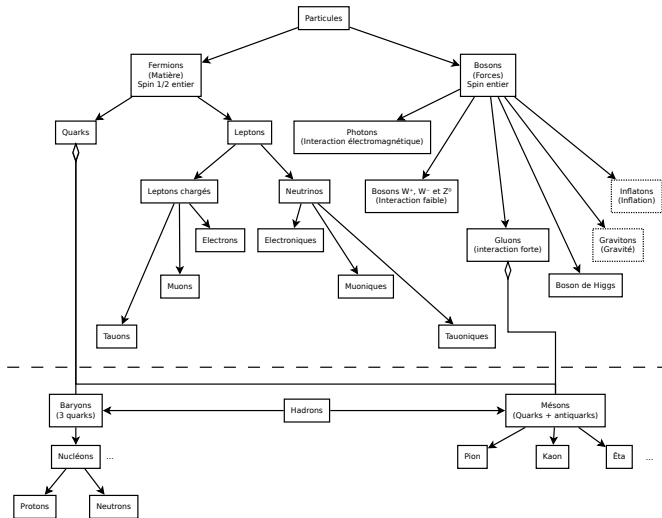
La Physique de l'infiniment petit

Plongée dans « l'infiniment » petit

La Physique quantique

Le Compte n'y est toujours pas

Conclusion





Tour d'horizon vidéo

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Visionnage de la vidéo de Deux gouttes de culture intitulée
Tout comprendre de la physique des particules.

<https://www.youtube.com/watch?v=NimzDLjZsko>



Fermions : les constituants de la matière

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Les fermions sont les constituants de la matière (ordinaire). Ils se décomposent en deux grandes familles :

- Les **quarks**, qui s'associent par trois pour former des baryons, parmi lesquels les nucléons (protons et neutrons) qui forment les noyaux des atomes.
Les quarks (et leurs composés) sont sensibles à l'interaction nucléaire forte, ce qui permet et provoque ces associations (en dépit de l'interaction électromagnétique).
- Les **leptons**, particules plus légères, parmi lesquelles les électrons qui complètent les nucléons pour former les atomes.
Les leptons sont insensibles à l'interaction nucléaire forte.



Bosons de jauge

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Bosons de jauge : médiateurs des interactions fondamentales.

Boson de jauge	Interaction fondamentale
Photon	Interaction électromagnétique
Gluons (8 sortes)	Interaction nucléaire forte
W^+ , W^- , Z^0	Interaction nucléaire faible
Graviton (hypothétique)	Interaction gravitationnelle



Autres bosons

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

- Le fameux **boson de Higgs** :
 - Permet d'expliquer pourquoi certaines particules **élémentaires** ont une masse alors que d'autres non (par « friction » avec le champs de Higgs).
 - Egalement responsable de la brisure de l'interaction électrofaible.
- **Axion** (hypothétique), proposé comme (l'un des) constituants de la matière noire.
- **Exciton**, à la base de l'exitonique, branche de l'électronique permettant la mise au point de supraconducteurs à températures cryogénique.
- **Inflaton** (très hypothétique), responsable de l'inflation survenue après le Big Bang.
- ...



Les interactions fondamentales

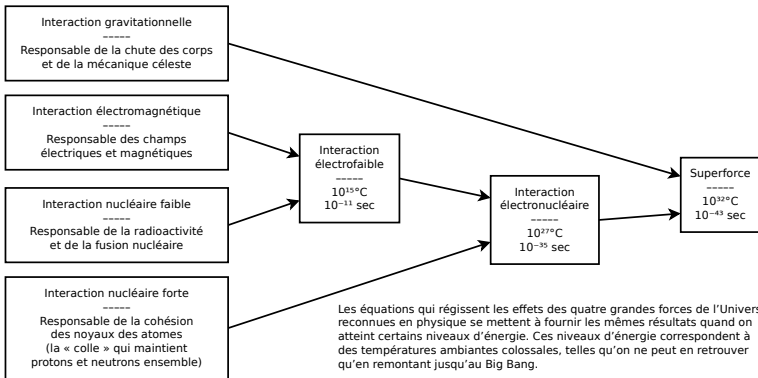
La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion





Défis à l'intuition

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

- Superposition quantique
- Indéterminisme de la mesure
- Réduction des états quantiques
- Dualité onde - corpuscule
- Effet tunnel
- Quantification des propriétés physiques
- Principe d'incertitude de Heisenberg

Visionnage de la vidéo de Science Etonnante intitulée *La Mécanique quantique ne 7 idées.*

<https://www.youtube.com/watch?v=Rj3jTw2DxXQ>



Antiparticules

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Définition : une particule et son antiparticule ont des masses et des spins égaux et des nombres quantiques opposés. Les nombres quantiques sont des propriétés propres à chaque particule, y compris les charges électriques mais sans s'y limiter.

- Tout comme les fermions sont les constituants de la matière, les antifermions sont les constituants de l'**antimatière** (antiprotons, antineutrons, positons ...).
On distingue :
 - Les particules de Dirac : fermions pour lesquels de l'antiparticule est distincte de la particule.
 - Les particules de Majorana : fermions pour lesquels la particule est sa propre antiparticule.
- Les bosons ont également leurs propres antiparticules correspondantes. Le monde des antiparticules ne se limite donc pas à l'antimatière.



La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Le Compte n'y est toujours pas



Noir c'est noir

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

A la fin de l'exposé précédent, on a indiqué que la théorie de la relativité échouait à expliquer des phénomènes qui se trouvent constituer, quantitativement (en énergie), la majeure partie de l'Univers :

- La matière noire.
- L'énergie sombre.

L'axion, un boson **hypothétique**, pourrait apporter une solution à l'énigme de la matière noire. Mais le conditionnel est de mise.

En revanche, celui de la matière sombre reste entier, ce qui constitue toujours la majorité de la quantité d'énergie dans l'Univers.



La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Conclusion



Une physique désunie

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Nous avons désormais 2 théories physiques distinctes pour expliquer les 4 interactions fondamentales :

- La **théorie de la relativité** pour la **gravitation**.
- La **physique quantique** pour l'**électromagnétisme**, l'**interaction nucléaire forte** et l'**interaction nucléaire faible**.

Ces deux théories se marient bien avec le modèle du Big Bang et constituent l'essentiel du **modèle standard** de la cosmologie. Mais on a toujours des phénomènes importants dont l'explication échappe à l'une et à l'autre de ces théories, au premier rang desquels l'énergie sombre, soit 68,3 % de la quantité totale d'énergie de l'Univers.



A venir

La Physique
de l'infiniment
petit

Plongée dans
« l'infiniment »
petit

La Physique
quantique

Le Compte n'y
est toujours
pas

Conclusion

Il s'agirait donc maintenant de trouver à unifier ces différentes théories. Nous explorerons les pistes qui permettent de l'envisager dans le troisième et dernier exposé de cette série :

- La Physique de tout