Mise à jour 27 Octobre 2026

CONFÉRENCE de
Patrick PETER astrophysicien IAP
« THÉORIE QUANTIQUE DES CHAMPS ET COSMOLOGIE »
Organisée par la SAF
En direct du siège et par téléconférence
Le Samedi 3 Octobre 2026 à 15H00
À l'occasion de la réunion de la Commission de Cosmologie

Photos : TM et JPM (capture d'écran), pour l'ambiance.
Les photos des slides sont de la présentation de l'auteur. Voir les crédits des autres photos et des animations.
Le conférencier a eu la gentillesse de nous donner sa présentation, elle est disponible sur ma liaison ftp et se nomme :
P Peter-TQC.pdf, qui se trouve dans le dossier COSMOLOGIE-SAF/ saison 2026-2027.
Ceux qui n'ont pas les mots de passe doivent me contacter avant.

La vidéo de la séance se trouve : https://youtu.be/_annsUU3tFs

Les enregistrements des commissions cosmologie sont sur le site de la SAF/Cosmologie à l'adresse suivante :
https://www.youtube.com/playlist?list=PL78ug7UrzPF1GW7iMV42mAx34bmlk8HxD



Photo TM

Nous étions une douzaine dans la salle et 22 sur Zoom.



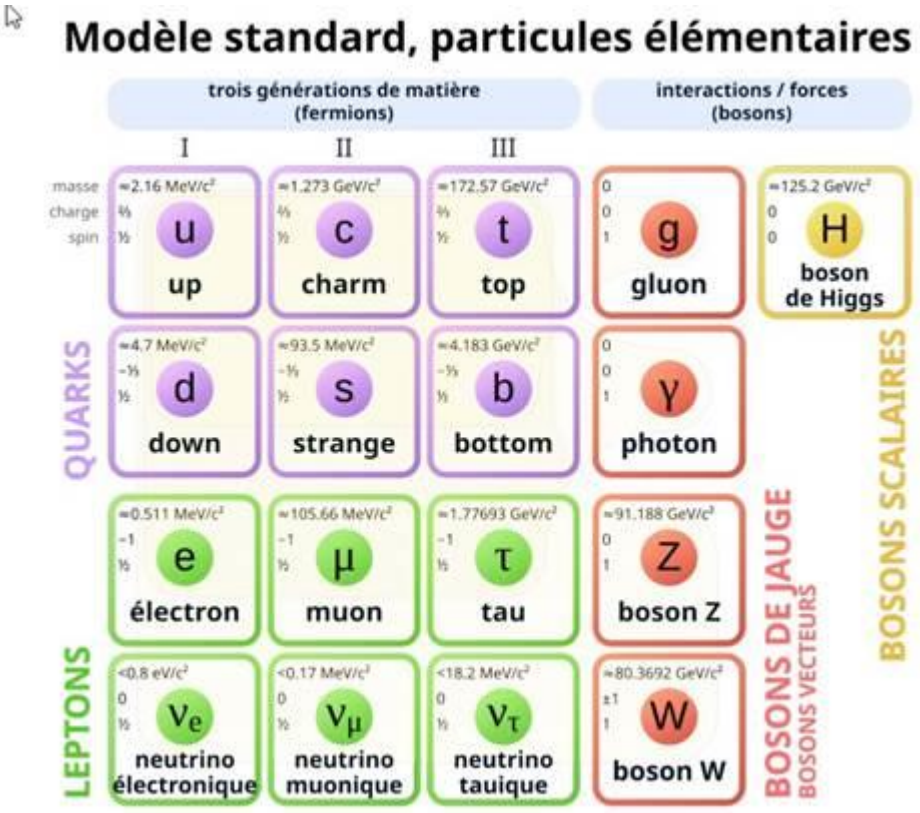
Patrick Peter a travaillé avec JP Uzan sur la cosmologie quantique et les alternatives à l'inflation.

DEA de Physique sur la TQC.

Il a été directeur de l'IAP récemment.

La présentation fera le lien entre la Théorie Quantique des Champs (TQC) et la cosmologie.

Très simplement, en résumé, la cosmologie c'est la théorie de la gravitation et la TQC c'est tout le reste !

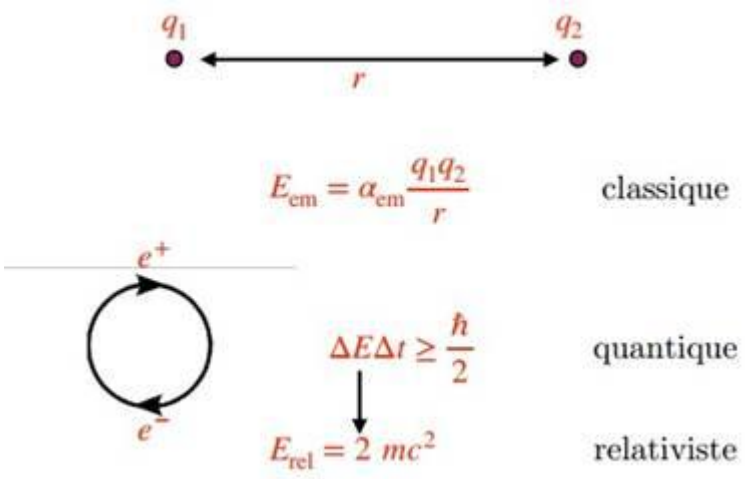


Évocation du modèle standard des particules élémentaires et des 4 forces fondamentales.

Au départ toutes ces particules étaient de masse nulle, c'est le boson de Higgs qui leur a donné leur masse (sauf au photon).

Venons-en à deux choses plus simples, comme deux particules chargées q1 et q2 séparées de r.

L'énergie d'interaction électromagnétique c'est simplement le produit d'une constante par q1 et q2, l'ensemble divisé par r.
C'est la physique classique.



Mais en physique quantique, c'est différent.

Les relations d'incertitude d'Heisenberg jouent un rôle important : pendant un temps infiniment court vous pouvez avoir une fluctuation d'énergie.

Ceci induit la notion de particule et d'antiparticule.
Sur un temps extrêmement court, le vide lui-même peut faire apparaitre une paire particule/antiparticule.

Bon ça c'était la partie facile !

Maintenant cela devient très technique, je vous propose de voir la vidéo pour tous les détails.

Je vous propose aussi le commentaire de mon collègue Jacques Fric, docteur en astrophysique et VP de la commission :

De J Fric :

Juste quelques réflexions après écoute de la présentation.

L'intérêt que ce type de cosmologie incluant des défauts topologiques est rarement présenté.

Le début de sa présentation est un rappel de la théorie des champs quantiques, de l'énergie du vide (un effet quantique) et comment elle est exploitée dans le modèle standard pour expliquer comment par l'inflation elle génère les grandes structures entre autres.

On sait qu'on cherche à unifier la mécanique quantique et la relativité en une seule théorie cohérente, manifestement problème difficile, mais on voit que dans le modèle standard on introduit une pincée de mécanique quantique pour que cela marche.

Dans cet esprit il parait naturel d'en introduire d'autres comme ceux résultant de défauts topologiques, ceux ayant été générés à l'énergie de grande unification (10^{15} GeV), on mesure la difficulté de possibilité de vérification expérimentale, le LHC culminant à 10^4 GeV).

Pour pouvoir décrire ces défauts avec leurs effets sur l'espace-temps relativiste il faut proposer un formalisme pour la relativité générale compatible avec celui la théorie des champs.
Le formalisme ADM (nommé d'après ses auteurs Richard Arnowitt, Stanley Deser et Charles W. Misner) a été développé dans cet esprit (équation Wheeler-Devitt). Son usage s'est révélé assez complexe mais il permet de faire des prévisions. Cela confère un caractère physique à cette insertion de défauts topologiques dans le modèle standard puisqu'on pourrait (au moins théoriquement) vérifier ces prévisions.

La présentation de P. Peter nous présente quelques-unes de ces prévisions.

Cela ne produit pas une théorie de gravitation quantique, dans toute sa splendeur, mais un couplage entre des éléments de la relativité générale et des éléments de la théorie des champs quantiques qui propose une solution améliorée, bien qu'approximative.

Jacques



Photo : capture d'écran.

POUR ALLER PLUS LOIN :

Cosmologie primordiale (Éditions Belin). Cet ouvrage de référence traite abondamment de la physique et mécanique quantique, de la théorie des champs et de la relativité générale appliquées aux débuts de l'Univers. L'ouvrage principal des deux auteurs Titre : Cosmologie primordiale Auteurs : Patrick Peter & Jean-Philippe Uzan (préface de Thibault Damour) Éditeur : Belin (Collection Échelles)

Cosmologie La science de l'Univers Jean-Yves DanielPatrick Peter

Introduction à la théorie quantique des champs par P Salati LAPTh

Ce que dit l'IA sur la TQC :

La théorie quantique des champs (TQC) est un cadre théorique fondamental de la physique qui combine la mécanique quantique et la relativité restreinte pour décrire les particules et leurs interactions.

Principes clés de la TQC

• Le champ comme entité première : Contrairement à la physique classique où l'on étudie des objets ponctuels (les particules), la TQC considère que l'univers est empli de champs continus qui s'étendent dans l'espace-temps. Les particules (électrons, photons, quarks) ne sont que des « excitations » ou des vibrations temporaires de ces champs.
• Nombre de particules variable : À l'inverse de la mécanique quantique élémentaire, la TQC autorise la création, l'annihilation et la transformation des particules (via l'équivalence masse-énergie $E=mc^2$).
• Le Modèle standard : Elle forme la base mathématique du Modèle standard de la physique des particules, unifiant l'électromagnétisme, l'interaction forte et l'interaction faible.

Lien entre TQC et Cosmologie

La TQC joue un rôle central pour comprendre l'histoire et la structure de l'univers :
• Les premiers instants de l'Univers : Lors du Big Bang, l'univers était confiné dans un volume infime avec une densité d'énergie gigantesque. Les lois de la TQC sont indispensables pour décrire cette soupe primordiale de particules et d'énergies.
• L'inflation cosmique : Les fluctuations quantiques des champs (notamment des champs scalaires) dans le très jeune univers ont été étirées par l'expansion rapide (inflation), devenant les « graines » à l'origine des grandes structures cosmiques (galaxies, amas de galaxies) que l'on observe aujourd'hui.
• Le rayonnement de Hawking : Appliquée en espace-temps courbe, la TQC prédit que les trous noirs ne sont pas totalement noirs mais émettent un rayonnement thermique dû à la création de paires de particules-antiparticules à la limite de l'horizon des événements.
• L'énergie du vide : La TQC attribue une énergie au vide (liée aux fluctuations du point zéro de chaque champ), bien que son calcul théorique pose un problème majeur de divergence avec la valeur observée de la constante cosmologique (souvent qualifiée de "catastrophe du vide").

Les limites actuelles

La TQC reste incomplète car elle ne parvient pas à s'unifier avec la relativité générale d'Einstein, qui décrit la gravitation à grande échelle comme la courbure géométrique de l'espace-temps. La recherche d'une théorie de la gravitation quantique (comme la gravité quantique à boucles ou la théorie des cordes) vise à résoudre cette incohésence.

PROCHAINE RÉUNION COSMOLOGIE : *À DÉFINIR AU SIÈGE*

.

Une invitation sera envoyée trois semaines avant.

PROCHAINE CONFÉRENCE MENSUELLE DE LA SAF :

Prochaine conférence SAF. : le mercredi 4 Nov 19h
« Coronographie et exoplanètes, de Diophante à MIRI-JWST, une histoire de phase. » avec
Daniel ROUAN Chercheur au LIRA Président de la SFP (2023-2025)
Réservation comme d'habitude à partir du 15 Oct 9h00 ou à la SAF directement.
Transmission en direct sur le canal YouTube de la SAF : https://www.youtube.com/channel/UCD6H5ugytjb0FM9CGLUn0Xw/feautured

Les dernières conférences SAF

Bon ciel à tous

Jean Pierre Martin Président de la commission de cosmologie de la SAF
www.planetastronomy.com
Abonnez-vous gratuitement aux astronews du site en envoyant votre nom et e-mail.