

Rapport sur l'épreuve de physique PSI (Ulm, 6h)

Membres du jury : Sylvain Nascimbène, Jérémy Neveu, Raphaël Saint-Jalm, Tarik Yefsah

Commentaires généraux

L'épreuve de physique pour le concours PSI, session 2017, portait sur les ondes gravitationnelles, leur génération par des sources astrophysiques et leur détection.

Le sujet était divisé en quatre parties largement indépendantes qui s'appuyaient sur différentes parties du programme de 1ère et 2e années PCSI/PSI. Le jury a particulièrement valorisé les questions de physique appelant des schémas, des commentaires ou des applications numériques. Les questions de calcul du type "montrer que" ont reçu peu de points, sauf si elles appelaient un développement long, car n'étaient considérées que comme des étapes pour discuter du signal d'onde gravitationnelle attendue ou de sa détection. Il est évident que pour ce type de questions un minimum de justifications et d'étapes intermédiaires est attendu pour qu'elle soit récompensée par des points. L'analyse des résultats et des formules établies a souvent été esquivée par les candidats alors que le jury a apprécié ceux qui ont proposé des commentaires construits et justifiés, même s'ils n'étaient pas complètement aboutis. Les applications numériques, elles aussi, ont souvent été évitées, ce qui est regrettable. Ce concours a pour objet de recruter de futurs physiciens ces aspects ont été importants aux yeux du jury.

Partie I

La première partie traitait essentiellement de mécanique du point et aborde la génération d'ondes gravitationnelles par des astres massifs.

Les premières questions étaient très simples dans le but de décrire la situation de deux trous noirs en rotation l'un autour de l'autre de façon la plus claire possible. Beaucoup de candidats n'ont toutefois pas su exprimer correctement le moment cinétique total du système au centre de masse, sans que cela pénalise la suite. La question 5 demandait de réciter les principales propriétés des trajectoires dans des champs à force centrale conservative, le jury accorda les points si deux propriétés étaient énoncés à part la conservation du moment cinétique. C'était une des rares questions "de cours" du sujet.

La Relativité Générale, bien entendu hors programme, apparaît à partir de la question 9 et le jury a apprécié que la majorité des candidats aient su s'approprier cette équation matricielle et calculer les formes d'ondes. Dommage en revanche que l'analyse de ces calculs ait souvent conduit à des schémas faux (notamment pour décrire l'augmentation de la fréquence et de l'amplitude des ondes). La question 11 demandait de réaliser trois applications numériques, valorisées par le jury. Cette première sous-partie a été en général bien traitée jusqu'à la question 14. La question 15 indiquait clairement que le système perdait de l'énergie et il était assez dommage que de nombreux candidats se trompent de signe dans l'application du théorème de l'énergie mécanique. Des points ont été accordés

pour la complexité des calculs qui suivaient s'ils étaient justes, mais le jury a sanctionné l'erreur de signe.

Les schémas qualitatifs décrivant l'évolution de l'onde gravitationnelle au cours du temps ont été particulièrement appréciés quand ils étaient justes, suite à une analyse correcte des calculs précédents. Le jury a apprécié et valorisé l'imagination des candidats qui ont réussi à proposer des dispositifs de détection (question 21), autre qu'un Michelson, même s'ils paraissaient irréalisables, tant qu'ils étaient issus d'une réflexion appuyée sur les résultats précédents.

Partie II

La seconde partie a pour but de décrire un des premiers systèmes de détection mis au point basé sur le principe d'une barre résonante. Les oscillateurs et leur analyse fréquentielle par le formalisme complexe sont mis en avant car ils constituent un élément important du programme de PSI, tant en physique qu'en sciences de l'ingénieur. Les questions 29 à 31 reprennent une démonstration classique d'électrostatique, très bien réussie par les candidats, que les questions suivantes complexifient en se plaçant en régime variable. Les questions 38 à 40 ont été relativement peu traitées bien qu'appelant des notions de cours relatives à la détection synchrone.

Partie III

Les détecteurs interférométriques à la base de la découverte des ondes gravitationnelles sont étudiés largement dans la troisième partie, avec plusieurs sous-parties indépendantes. Le thème principal de cette partie est l'optique ondulatoire. Étant hors programme, l'épreuve s'appuie sur les notions d'interférences et de propagation d'onde au programme pour expliquer le fonctionnement d'un dispositif de Michelson. Il est apprécié que les futurs physiciens sachent appliquer leurs connaissances à des domaines qu'ils n'ont pas abordés en cours. La première sous-partie a été bien traitée par les candidats, le jury ayant été indulgent quant aux coefficients de transmission et réflexion, sauf la question 47 qui a été esquivée la plupart du temps.

Très peu de candidats ont abordé les questions suivantes, probablement par manque de rapidité et parce que les parties suivantes sont plus difficiles, mais avec une certaine réussite. Les sous-parties étant largement indépendantes, il n'a pas été tenu rigueur au candidat de sauter des questions pour traiter des sujets qu'il maîtrise plus. Étant donné la faible statistique dont dispose le jury, aucun commentaire particulier sur ces questions ne peut être fait si ce n'est répéter les commentaires généraux.

Partie IV

Une courte quatrième partie conclut le sujet sur la découverte annoncée en 2016. Cette partie contenait trois questions de commentaires physique s'appuyant sur une figure issue d'un article scientifique et contextualisée. Les candidats qui ont abordé ces questions ont en général bien répondu, ce qui a été valorisé. Parfois le candidat a ostensiblement fourni beaucoup de détails sur la découverte des ondes gravitationnelles, visiblement appris par des journaux ou des conférences, et le jury apprécie que les candidats fassent preuve de

curiosité et de culture scientifique bien que absorbés par la préparation d'un concours.