

Banque PC InterENS - Ecole Polytechnique-ESPCI – Session 2019

RAPPORT SUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE C (spécifique Ulm)

Coefficient (en pourcentage du total d'admission) : 6% pour l'option physique

Membres du jury : F. Levrier, A. Brès, M. Berhanu

Le sujet de l'épreuve de physique C (spécifique à l'ENS Ulm) portait cette année sur les méthodes de détection et de caractérisation des propriétés essentielles (masse et rayon) des « exoplanètes », c'est-à-dire des planètes orbitant autour d'étoiles autres que le Soleil.

Le sujet était composé d'une courte partie préliminaire, puis de deux parties très largement indépendantes l'une de l'autre. Il était relativement long, de manière à évaluer au mieux les aptitudes des candidats. Le contenu de l'épreuve faisait d'une part appel aux connaissances exigibles des élèves du cursus PC, mais permettait également de tester leur aptitude à adapter leurs connaissances à des problèmes aux marges du programme, de tester leur sens physique au moyen de nombreuses applications numériques, et enfin d'apprécier leur culture scientifique.

La partie préliminaire permettait, à partir d'un bilan classique d'énergie électromagnétique d'introduire des notions centrales de la physique du rayonnement, bien évidemment a priori inconnues des élèves (intensité spécifique, densité spectrale de flux, luminosités bolométrique et spectrale). Les candidats étaient fortement guidés au cours de cette partie.

La deuxième partie traitait de la méthode de détection fondée sur les vitesses radiales des étoiles, causées par leur mouvement autour du centre de masse commun du système étoile-planète. Le mobile fictif n'étant pas au programme, la réduction du problème de Kepler était là aussi très guidée. Une fois cette réduction faite, la résolution du mouvement relatif était abordée, au travers d'une approche énergétique permettant de trouver l'équation de l'ellipse. Par la suite, on se plaçait dans une approximation de mouvement circulaire pour simplifier les calculs, et on déterminait la forme de la vitesse radiale de l'étoile (c'est-à-dire projetée sur la ligne de visée la reliant à l'observateur), en montrant qu'elle pouvait servir à déterminer la masse de la planète. On appliquait ensuite ce résultat à des données réelles. Pour terminer cette partie, on traitait en détail le principe de la spectroscopie Doppler permettant d'accéder à ces mesures de vitesse radiale. On s'intéressait en particulier au fonctionnement des spectrographes de type échelle, qui ont permis ces premières détections et ont valu à M. Mayor et D. Queloz le prix Nobel de physique 2019.

La troisième et dernière partie traitait de la méthode de détection par transit, lorsque la planète, passant devant son étoile, en occulte une partie du rayonnement. Cette méthode donne accès au rayon de la planète rapporté à celui de l'étoile, par un argument géométrique très simple, à partir de l'observation de la courbe de lumière de l'étoile en fonction du temps. L'analyse plus détaillée de cette courbe permettait également d'accéder au paramètre d'impact, au rayon de l'orbite et à son inclinaison sur la ligne de visée. Enfin, l'analyse d'une courbe de lumière présentant un antitransit était discutée, de manière très qualitative.

Sur les 462 copies rendues, la moyenne est de 9,78 avec un écart-type de 3,73.

Le jury a pu lire quelques excellentes compositions, de la part de candidats faisant notamment preuve d'un grand sens physique. Malheureusement, une grande partie des candidats fait montre de lacunes rédhibitoires à ce niveau. Certaines questions les ont particulièrement révélées :

- Q13 : L'écriture du principe fondamental de la dynamique a parfois donné lieu à des erreurs entièrement évitables, par manque d'attention quant aux définitions données dans l'énoncé pour les différents rayons vecteurs.
- Q24 : La résolution d'une équation d'oscillateur harmonique doit être une seconde nature à ce niveau, notamment en n'ignorant pas que la solution générale fait intervenir deux constantes, dont les valeurs doivent être déterminées par application des conditions « initiales » données.
- Q25 : C'est le module de la vitesse qui est constant. Les réponses laissant supposer que le vecteur vitesse était constant ont été sanctionnées.
- Q28 : Le jury a été étonné de constater que certains schémas plaçaient étoile et planète du même côté du centre de masse sans que cela ne semble choquer les candidats.
- Q32 : Dans cette question comme dans d'autres demandant une application numérique, il est rappelé aux candidats qu'une valeur numérique doit être accompagnée d'une unité.