

Banque BCPST Inter-ENS/ENPC - Session 2015**Rapport de jury sur l'épreuve écrite de physique**

Écoles concernées : ENS de Cachan, ENS de Lyon, ENS de Paris, ENPC

Coefficients (en % du total concours) :

- Cachan : 06,15 %
- Lyon : Bio 06,61 % - ST 08,26 %
- Paris : Bio 01,41 % - ST 02,11 %
- ENPC : 06,25 %

Membres du jury :

M. Castelnovo, B. Laforge, A. Le Diffon, J.-F. Léger, A. Raoux, C. Winisdoeffler.

Présentation du sujet :

Le sujet était constitué de deux problèmes portant sur des domaines différents de la physique.

Le premier problème portait sur la recherche d'exoplanètes, c'est-à-dire de planète situées en dehors de notre système solaire. Il se décomposait en deux parties, la première étudiant deux méthodes de détection de tels objets astronomiques, la méthode des transits et la mesure du mouvement réflexe des étoiles par décalage Doppler. Dans une seconde partie le sujet proposait d'évaluer une stratégie de recherche d'éventuelles traces d'exobiologie sur ces planètes. Ce premier problème faisait appel à plusieurs parties du programme : la mécanique du point (rotation de la planète), l'analyse des rayonnements (effet Doppler), la thermodynamique (diagramme de phase de l'eau) ou la statique des fluides (profil de densité de l'atmosphère).

Le second problème proposait d'examiner le fonctionnement d'un microscope de fluorescence plein champ et d'en décrire certaines limites. On démontrait, en particulier, l'absence de pouvoir de sectionnement optique de ce microscope, c'est-à-dire son incapacité à rejeter la lumière provenant d'un plan uniformément fluorescent et situé en dehors du plan focal de l'objectif. Cette propriété était alors examinée à nouveau pour un microscope confocal, et l'on concluait dans ce cas à la possibilité d'effectuer des sections optiques, permettant ainsi d'imager un échantillon à trois dimensions en s'affranchissant des bruits de fond de fluorescence. Ce sujet d'optique ne faisait appel qu'aux connaissances d'optique géométrique présentes dans les nouveaux programmes. Des notions de diffraction de la lumière lors de sa propagation dans le microscope étaient abordées dans le sujet, mais aucune connaissance préalable sur la diffraction n'était nécessaire, le sujet proposant un cadre simplifié pour décrire ces phénomènes.

Notation :

La longueur des deux problèmes ne permettait pas aux candidats de traiter l'ensemble du sujet. La présentation sous forme de deux problèmes permettait plutôt de laisser au candidat le choix de se pencher sur les domaines de la physique dans lesquels ils se sentaient les plus à l'aise. Pour chacun des deux sujets, les questions avaient été conçues dans l'esprit d'une difficulté croissante, permettant à la plupart d'aborder facilement les premières questions, et proposant progressivement des calculs et des raisonnements plus compliqués dans les questions suivantes.

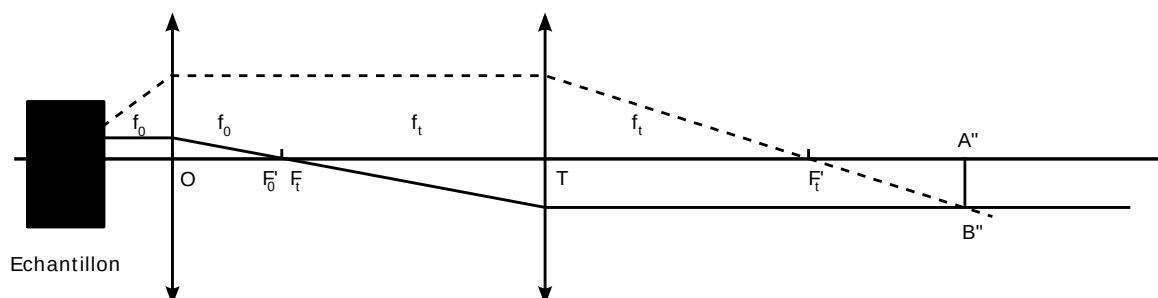
La plupart des candidats n'ont abordé qu'un seul problème, et dans la grande majorité il

s'agissait du premier problème sur les exo-planètes. Cela ne pénalisait pas nécessairement les notes obtenues et certaines parmi les meilleures copies n'ont en effet qu'à peine entamé le problème sur la microscopie. Dans l'ensemble, à peu près $4/5^{\text{ème}}$ des points ont été obtenus sur le premier problème tandis qu' $1/5^{\text{ème}}$ des points étaient réalisés sur le second problème. La distribution des notes des 627 copies présentait un étirement important du côté des meilleures notes, reflétant ainsi la progressivité des difficultés proposées et le détachement assez net des copies les plus remarquables.

Principales difficultés rencontrées :

- Pbm1. I.A: De trop nombreux candidats ont considéré qu'un mouvement circulaire était nécessairement circulaire uniforme, ce qui leur permettait de conclure que l'accélération était radiale... Cette conclusion devait être obtenue en écrivant le Principe Fondamental de la Dynamique.
- Pbm1. I.B : Pour la question 7, les réponses considérant que la durée transitoire de l'éclipse correspondait à l'entrée de la planète dans le faisceau de l'étoile, ou à l'entrée + la sortie ont toutes été comptées comme justes, l'énoncé laissant les deux interprétations possibles.
- Pbm1. I.C : La période de rotation de l'étoile autour du centre de gravité du système étoile-planète reste bien évidemment identique à la période de rotation de la planète autour de l'étoile. Pourtant ce point a souvent porté à confusion, la relation de Kepler établie à la question 3 étant utilisée en remplaçant R par le rayon q de l'orbite de l'étoile autour du centre de gravité du système étoile-planète.
- Pbm1. I.C : La démonstration de l'expression du décalage Doppler non relativiste, qui permettait de remonter à la vitesse de l'étoile, est une question de cours que de trop nombreux candidats n'ont pas su traiter. D'une manière générale, le sujet comportait plusieurs applications directes du cours (diagramme de phase de l'eau, profil de densité de l'atmosphère, ...), donc faciles à traiter, qui n'ont pas toujours été repérées par les candidats en tant que telles.
- Pbm1. II.A : A la distance R de l'étoile, la planète de rayon r_p capte une fraction $\frac{\pi r_p^2}{4\pi R^2}$ du flux total émis par l'étoile, soit $\Phi_{e/p} = \frac{\pi r_p^2}{4\pi R^2} 4\pi r_e^2 \sigma T_e^4$. Au lieu de ce résultat, une erreur courante a été de considérer que l'intégralité du flux total émis par l'étoile était captée par la planète.
- Pbm1. II.B : En faisant le bilan des forces sur un élément de volume de l'atmosphère afin de déterminer le profil vertical de la masse volumique de l'atmosphère, beaucoup de candidats n'ont pas réalisé que la poussée d'Archimède est la résultante des forces de pression s'exerçant sur les parois du volume considéré.
- Pbm1. II.B : A la question 29, il fallait noter qu'augmenter le rayon de la planète ne fait pas varier le rapport $\frac{\text{Signal}}{\text{Bruit}}$ car même si r_p apparaît dans l'expression obtenue à la question 28, la hauteur de l'atmosphère H varie elle aussi en $\frac{1}{r_p}$ (voir question 23), et donc $r_p H$ reste constant et le rapport $\frac{\text{Signal}}{\text{Bruit}}$ aussi. Donc l'atmosphère des « super-Terre » n'est pas plus facile à observer.
- Pbm2. I.A : Pour la question 1, beaucoup de tracés géométriques des rayons issus du point B ont été effectués en traçant son image intermédiaire B' à travers la première lentille (l'objectif). Cette image est virtuelle lorsque $\varepsilon > 0$. La quasi totalité des

candidats ayant choisi d'effectuer ainsi les tracés n'ont pas su alors établir la relation de conjugaison demandée à la question 3. En revanche, les candidats qui effectuaient le tracé directement de l'image B'' à travers le système 4f complet (voir ci-dessous) réussissaient bien plus souvent à répondre à la question 3. En optique géométrique, il faut donc souligner que les tracés les plus simples sont souvent à privilégier.



- Pbm2. I.A : Le calcul du grossissement a souvent été fait en utilisant non pas les valeurs de f_0 et f_t données dans l'énoncé mais en mesurant les dimensions choisies sur le schéma de la figure 1. Evidemment ce schéma n'étant qu'un schéma, le résultat ainsi obtenu était erroné...
- Pbm2. I.B. et II : D'une manière générale, les questions de cette partie du sujet n'ont que très rarement été abordées dans les copies. Malgré les réponses inspirées par la géométrie qu'appelaient de nombreuses questions, peu de candidats ont eu le temps de les traiter.

En conclusion, rappelons quelques conseils qui peuvent servir aux candidats à mieux se préparer pour les épreuves proposées au concours ENS-ENPC :

- Ne pas se laisser impressionner par la longueur d'un énoncé. Celui-ci peut avoir été conçu pour laisser le choix au candidat de se pencher sur une partie du programme qu'il maîtrise bien. Ne pas traiter l'intégralité du sujet ne signifie pas que le candidat sera mal noté.
- Les applications numériques proposées tout au long du sujet sont importantes à plusieurs titres. Elles permettent de cadrer les ordres de grandeur des phénomènes décrits dans les problèmes, et peuvent permettre d'envisager des approximations justifiées pour résoudre les questions suivantes. Elles doivent aussi permettre aux candidats de vérifier l'exactitude de leurs calculs. De trop nombreuses copies proposaient des résultats fantaisistes comme une atmosphère de 7 mètres sur une planète ressemblant à la Terre ou une température de plusieurs milliers de degrés à la surface de la même planète. De tels résultats devraient immédiatement amener les candidats à douter de leurs calculs et à les reprendre. Un commentaire adéquat serait un minimum...
- Cette épreuve est une épreuve de concours, c'est-à-dire où les candidats doivent être comparés les uns par rapport aux autres sur la base de leurs réponses et de leur compréhension générale du sujet. Il est donc important pour chaque candidat de se ménager un maximum de temps pour réfléchir aux questions les plus complexes du sujet. Dans cette perspective, il est judicieux de répondre correctement mais succinctement aux questions qui apparaissent « faciles » pour se consacrer plus longtemps à celles qui font appel à plus de raisonnement et de compréhension.
- Cette épreuve de physique s'adresse à des étudiants ayant une formation particulièrement poussée en biologie, et les sujets choisis ont souvent un lien avec le domaine du vivant. Cette remarque doit encourager les futurs candidats à s'interroger tout au long de leur

préparation sur les fondements physiques des principes sur lesquels s'appuie la biologie, aussi bien au niveau des concepts qu'elle aborde qu'au niveau des instruments expérimentaux qu'elle utilise.

* *

 *