

ÉPREUVE ORALE DE PHYSIQUE 2015

ENS Paris, ENS Lyon, ENPC

Durée: 45 minutes.

Coefficients: Paris: 9 - Lyon: 3 - ENPC: 9.

Membres du jury: V. Langlois, J.-F. Léger.

Présentation de l'épreuve

L'épreuve orale de Physique dure 45 minutes. Pendant les 15 premières minutes, le candidat prend connaissance des consignes et de l'énoncé d'un exercice qu'il tente de résoudre. Après cette phase de préparation il présente devant l'examinateur et détaille au tableau sa résolution de l'exercice. L'examinateur aiguille le candidat, pose des questions annexes sur l'exercice ou les éléments du cours utilisés et peut également donner ensuite un exercice différent à résoudre.

Les énoncés sont souvent volontairement peu directifs. Les candidats sont ainsi incités à prendre des initiatives: proposer un schéma et une mise en équation, nommer et estimer eux-mêmes les quantités physiques dont ils ont besoin, suggérer des questions intermédiaires ou connexes, discuter des analogies avec des situations connues, estimer le résultat en ordre de grandeur... La calculatrice est autorisée seulement si l'énoncé demande un calcul trop précis pour être effectué rapidement au tableau.

Quelques exemples de sujets traités lors de cette session: élasticité de l'ADN, isolation thermique des manchots, conduction électrique dans les neurones, vitesse de chute d'un grêlon, diffusion de Rayleigh...

Bilan général

Lors de cette session, le niveau global des candidats a paru très satisfaisant au jury. Un certain nombre de candidats ont montré une excellente maîtrise des outils au programme et des aptitudes intéressantes au raisonnement physique sur des situations éloignées de l'application immédiate du cours. Une fraction relativement limitée de candidats ont montré de grosses lacunes dans la connaissance du cours. La moyenne des notes est de 11,70 et l'écart-type de 3,89.

Il n'est pas dramatique pour le candidat de n'avoir pas résolu intégralement l'exercice pendant le temps de préparation. L'examinateur juge sa capacité à poser le problème et à déterminer à quels éléments du programme il devra faire appel. Les capacités du candidat à montrer sa volonté de progresser dans la résolution du problème, et à réagir rapidement aux suggestions de l'examinateur sont appréciées. Être capable de retrouver et corriger ses

erreurs est également un point important. Les questions posées peuvent faire appel à la culture scientifique, ou établir des liens avec des notions apparemment éloignées du sujet initial. Ainsi, même dans la résolution d'un exercice de physique, les étudiants ne doivent pas être surpris de devoir faire appel à des connaissances basiques en biologie ou géologie (par exemple estimer la taille d'une bactérie ou la densité d'une roche). Enfin, la maîtrise des outils mathématiques et le bon déroulement des calculs, même s'ils ne constituent pas le point essentiel de l'épreuve, sont aussi des aspects évalués, qu'il ne faut pas négliger.

Difficultés récurrentes

D'une manière générale, certains candidats ont paru surpris que l'on puisse adopter des approximations fortes et appliquer les concepts simples au programme de physique à des objets complexes (qu'ils soient du quotidien, biologiques ou géologiques). Rappelons que le but de la physique est de modéliser la nature et non seulement d'aligner des équations abstraites ! Le jury a observé quelques difficultés récurrentes chez les candidats, parmi lesquelles:

- Dans tout problème d'écoulement fluide, de nombreux candidats ont tendance à vouloir immédiatement soit appliquer la loi de Stokes (même s'il n'y a aucun obstacle) soit invoquer un écoulement de Couette (même dans une géométrie sphérique). Plusieurs étudiants ont invoqué la loi de Fick pour calculer le débit d'un écoulement. De manière générale, le calcul d'un débit à partir d'un profil de vitesses non uniforme a posé beaucoup de difficultés. L'analogie entre vitesse et densité de flux particulaire ou thermique d'un côté; et débit volumique et flux de l'autre n'est pas très bien comprise. Toujours en mécanique des fluides, il est inapproprié d'invoquer une «réaction du support» lorsqu'on effectue un bilan des forces sur un petit volume immergé. Le fait que la poussée d'Archimède corresponde à la résultante des forces de pression n'est pas toujours bien assimilé. L'interprétation du nombre de Reynolds comme rapport des forces inertielles aux forces visqueuses, et non seulement comme indicateur de la transition laminaire-turbulent, n'est pas toujours connue.
- De manière générale, les bilans (d'énergie, de masse, de nombre de particules) en système ouvert, en particulier en géométrie cylindrique ou sphérique, ont posé également beaucoup de difficultés. Beaucoup de candidats n'appréhendent pas bien les flux entrants et sortants; ou ne trouvent pas sur quel volume effectuer le bilan. Reconnaître la dérivée seconde d'une grandeur (vitesse, température, nombre de particules) n'est pas toujours évident.
- En mécanique, la notion de travail d'une force n'est pas toujours bien assimilée. L'interprétation d'un diagramme d'énergie potentielle n'est pas bien maîtrisée. Notons qu'il est utile de reconnaître l'équation d'un oscillateur harmonique amorti (et pas seulement «une équation différentielle du second ordre») quand on l'obtient. Inversement il est inutile de proposer des oscillations amorties comme solution à toute équation différentielle ! Certains candidats confondent l'amortissement et le

forçage et beaucoup n'arrivent pas à interpréter physiquement les différents termes de l'équation de l'oscillateur.

- En thermodynamique, les relations utiles (lois de Joule, de Laplace, etc) sont souvent bien connues mais pas toujours leur nom, ni leurs conditions de validité. Le diagramme de phase de l'eau ne devrait pas poser des difficultés d'interprétation.
- La forme d'une onde plane progressive harmonique, faisant apparaître la pulsation et la vitesse de propagation, n'est pas bien connue.
- De nombreux candidats confondent la masse volumique et la densité, et par conséquent se trompent d'un facteur 1000 dans les applications numériques.
- Enfin, si l'habileté mathématique n'est pas le premier critère évalué lors de cet oral, la maîtrise rapide des outils classiques est indispensable pour pouvoir aborder les questions nécessitant plus de sens physique. Des difficultés récurrentes ont été observées, notamment dans la manipulation des fonctions trigonométriques, l'écriture d'un développement limité à partir d'une expression de la forme $\frac{1}{(X+x)^2}$, avec $x \ll X$, l'intégration d'équations différentielles simples, du type $f''(x) = \text{cste}$ ou encore l'introduction d'une dérivée seconde dans la variation élémentaire d'une dérivée première. Le temps perdu sur de tels calculs empêche le candidat de mettre en valeur ses capacités sur des questions physiques plus complexes.