

Epreuve orale de physique Concours MPI Ulm-Lyon-Cachan

Membres du Jury : Frédéric Carlier, Thierry Lahaye, Christophe Winisdoerffer

Le principe de l'épreuve, d'une durée de 45 minutes, sans préparation préalable, consiste à confronter les candidats à un problème concret de physique, inspiré par la vie de tous les jours, ou par des applications technologiques, ou encore par un sujet de recherche contemporain. Cela permet de tester le sens physique des candidats, leur connaissance du cours, leur culture générale scientifique et technique, et leur attitude devant une démarche de recherche. Cet exercice peut s'avérer déroutant de prime abord pour un étudiant de classes préparatoires.

La formulation initiale du problème est donc volontairement brève. Elle peut être accompagnée parfois de la réalisation devant le candidat, par l'examineur, d'une expérience simple, avec du matériel courant, ou encore de la présentation de données expérimentales.

Nous attendons dans un premier temps que le candidat modélise le système, propose des hypothèses simplificatrices, discute qualitativement l'influence des paramètres du problème. À ce stade, les questions de la part du candidat sont les bienvenues, pour peu qu'elles soient motivées par le souci de préciser certains points. Au cours de cette phase de dialogue, l'examineur peut être amené à demander au candidat de rappeler certains points du programme si ces derniers semblent mal maîtrisés, ou de préciser par exemple les hypothèses sous-jacentes à l'utilisation d'un outil, afin de guider le candidat. Un candidat ignorant délibérément ces indications se pénalise de lui-même. Au terme de cette étape, il est attendu que le candidat « sache là où il va », ou, en d'autres termes, qu'il ait une idée assez précise des étapes du raisonnement qu'il compte mener. Ajoutons qu'il est totalement contre-productif d'expliquer à ce stade à l'examineur que son exercice est sans fondement.

Dans une deuxième phase, nous attendons du candidat qu'il résolve, à l'aide des outils du programme, le problème formalisé qu'il s'est posé. Si la faible durée de l'épreuve exclut des développements très techniques et très calculatoires, il n'en demeure pas moins vrai qu'à ce stade l'examineur attend que les outils mathématiques soient maîtrisés. Cette phase « technique » peut parfois mettre en lumière une modélisation trop simpliste, ou au contraire trop complexe, du problème initialement posé ; il est alors bienvenu de revenir sur les hypothèses émises.

Enfin, à l'issue de cette phase de résolution, le candidat se doit de discuter le résultat obtenu, en allant au-delà de la simple vérification de son homogénéité dimensionnelle : application numérique pour des paramètres réalistes (pas forcément donnés par l'examineur) et commentaire sur la vraisemblance de l'ordre de grandeur obtenu, étude de cas limites, influence des divers paramètres du système. Dans certains cas, il est ensuite possible de revenir sur certaines hypothèses simplificatrices, de généraliser ou de mettre en perspective les résultats obtenus.

Nous avons constaté avec plaisir qu'un certain nombre de bons, voire très bons candidats, bien préparés, ont compris l'esprit de l'épreuve, et ont su faire la preuve de leurs qualités aussi bien dans la phase de modélisation, que dans celles de résolution proprement dite et de discussion des résultats. Cependant, de trop nombreux candidats offrent des « prestations » médiocres : certains se lancent sans aucun recul dans la résolution d'un « exercice-type » n'ayant qu'un vague rapport avec la question posée ; d'autres se contentent d'affirmations vagues et repoussent sans cesse toute résolution technique, même très simple mathématiquement, montrant une certaine forme de paresse devant l'exercice ; à l'inverse, d'autres se réfugient dans des contorsions mathématiques sans espoir (certaines équations différentielles sont restées, et resteront, insolubles malgré les changements de variables les plus extraordinaires qui soient) pour « fuir leurs responsabilités » sur la discussion de la physique du problème ; d'autres encore sont bloqués par un manque total de maîtrise des concepts les plus simples du programme de classes préparatoires.

Certains points du programme semblent être particulièrement redoutés des candidats. Outre la thermodynamique, qui donne souvent lieu à de graves contresens, l'optique ondulatoire et en particulier la diffraction est souvent mal comprise.

Les notes attribuées reflètent cette hétérogénéité de niveau : elles s'étalent de 3 à 19,5 avec une moyenne de 10,0 et un écart-type de 4,0.

Rappelons pour terminer quelques points plus spécifiques sur lesquels les candidats ont tout intérêt à porter leur attention.

- On ne saurait trop insister sur l'importance du vocabulaire : ne pas savoir utiliser le mot juste démontre une absence de maîtrise des concepts. *Régime stationnaire* et *équilibre* ne sont pas synonymes, pas plus que *parfaitement opaque* et *parfaitement réfléchissant*.
- Pour une épreuve *orale*, il est important de s'exprimer *oralement*, et d'utiliser le tableau à bon escient, en faisant des schémas clairs, et en écrivant de manière lisible (certains candidats écrivent de façon si négligée qu'ils font des erreurs d'une ligne de calcul à l'autre en essayant de se relire). Rappelons à nouveau qu'il est essentiel de présenter ses résultats à l'examineur, en s'adressant à lui et non au tableau, de manière intelligible et à haute voix, de ne pas écrire trop petit, et surtout de ne pas faire rempart de son corps devant le tableau.
- Il faut systématiquement vérifier l'homogénéité dimensionnelle (c'est souvent fait, il est vrai) mais également différentielle (une quantité infinitésimale ne peut être égale à une quantité finie) des formules écrites au tableau (c'est beaucoup moins souvent fait). Ce doit être un réflexe. De même, un vecteur ne peut être égal à un scalaire ! Si une faute d'inattention promptement corrigée est acceptable, répéter systématiquement ce type d'erreur tout au long de l'interrogation est nécessairement très pénalisant.
- En mécanique, de trop nombreux candidats semblent choisir au hasard d'utiliser la conservation de l'énergie mécanique ou le principe fondamental de la dynamique, sans réfléchir par exemple au nombre de degrés de liberté du système : on voit donc des candidats écrire le PFD sous forme vectorielle pour résoudre un problème conservatif à un degré de liberté, et d'autres écrire l'expression de l'énergie mécanique pour trouver les positions d'équilibre de N particules (ce qui conduit ensuite à utiliser un marteau pour écraser une mouche, en l'occurrence à calculer une matrice Hessienne là où un simple bilan de forces conduit au résultat très simplement).
- La thermodynamique ne se réduit heureusement pas à des exercices de type « piston » ou « détentes de Joule-Thomson ou Joule-Gay Lussac », tout comme énoncer le second principe ne se ramène en aucune manière à griffonner au tableau $dS \geq \delta Q/T$! Les énoncés complets des principes de la thermodynamique sont beaucoup plus riches que ce que l'immense majorité des candidats n'en retiennent.
- Beaucoup de candidats ont du mal à effectuer correctement des développements limités simples, ce qui est étonnant de la part de candidats de la filière MP, dont on pourrait attendre une certaine aisance mathématique. Il n'est pas admissible, dans un développement au premier ordre en ε , de retrouver des termes en ε^2 et ε^3 .
- Il faut savoir distinguer les résultats les plus complexes du cours, et demandant à être redémontrés, de ceux très simples, dont l'expression peut être considérée comme « bien connue ». Dans tous les cas, il est évident qu'un candidat passant dix minutes à essayer de rétablir laborieusement l'expression de la résistance d'un conducteur filiforme, ou de la masse volumique d'un gaz parfait, se pénalise gravement.
- Il est indispensable de connaître les ordres de grandeur numériques des quantités qui reviennent constamment dans les différentes parties du programme. Si beaucoup de candidats connaissent les valeurs de la charge fondamentale ou de la masse d'un électron, très peu sont capables de donner la valeur de la constante de Stefan-Boltzmann, ou un simple ordre de grandeur d'une énergie de liaison moléculaire, ou encore de la conductivité thermique d'un métal. . . Autre exemple, on se souvient que la constante $1/(4\pi\varepsilon_0)$ vaut 9×10^9 , mais le signe devant l'exposant est parfois incertain !