

RAPPORT SUR L'ÉPREUVE ORALE DE PHYSIQUE

Écoles concernées : ENS Paris, ENS de Lyon, ENPC/MINES

Coefficients (en pourcentage du total d'admission) :

- ENS Paris : 11 %
- ENS de Lyon : 5 %
- ENPC/MINES : 15 %

Membres du Jury : Antoine GUSDORF et Romain VOLK

L'oral se compose d'une résolution complète d'un problème de physique. Cette année, l'épreuve était organisée de la façon suivante : le/la candidat(e) commençait par 15 minutes de préparation pour réfléchir et entamer la résolution. Cette préparation se faisait directement au tableau et en cas de problème l'interaction entre le/la candidat(e) et l'examineur était possible. Après cela, il s'en suivait un entretien de 30 minutes avec l'examineur où le/la candidat(e) exposait sa résolution faite en préparation puis poursuivait celle-ci. Lors de cette phase orale, le/la candidat(e) devait veiller à montrer ses capacités de mise en question et résolution de problème, son sens physique et, si le problème le demandait, son aptitude à mener un calcul complet. Si quelque chose n'était pas clair dans l'énoncé, le/la candidat(e) était autorisé(e) à demander à l'examineur des éclaircissements même pendant la préparation. L'usage de la calculatrice était autorisé si une application numérique était demandée. En revanche, le/la candidat(e) devait être capable d'effectuer des ordres de grandeur sans aide de la calculatrice pour justifier par exemple qu'on néglige une force ou un effet dans le problème. Les examinateurs soulignent que le recours à la calculatrice est rarement indispensable et constitue très souvent une source d'erreurs. En effet les candidat(e)s portent trop d'attention à l'obtention d'un résultat qu'ils (elles) estiment précis, au détriment d'une réflexion sur la précision du chiffre donné, de l'ordre de grandeur obtenu, ou même de l'unité du résultat obtenu. Pour cette raison les examinateurs n'encouragent pas le recours systématique à la calculatrice.

L'objectif de l'épreuve est d'évaluer les connaissances en physique du/de la candidat(e), ses capacités à analyser une question, comprendre un phénomène physique, extraire les principaux éléments qui permettent de paramétrer le problème, et enfin résoudre quantitativement la question posée. Il est important de souligner que les exercices d'oral peuvent difficilement être abordés si le cours n'est pas su, si l'on confond bobine et condensateur en électricité, si l'on ne sait pas évaluer le travail d'une force en mécanique, ou si l'on ne maîtrise pas le cadre mathématique utilisé en physique. Ceci est d'autant plus vrai que les questions proposées peuvent sortir du format des "exercices habituels de prépa" et qu'il est attendu des candidat(e)s qu'ils (elles) fassent preuve d'autonomie dans la résolution des problèmes. La prise d'initiative, le développement d'un raisonnement cohérent sont des éléments essentiels de l'évaluation des candidat(e)s. Ceux (celles)-ci sont par ailleurs encouragé(e)s à exercer un regard critique sur l'énoncé proposé: toute discussion reposant sur l'application du sens physique du (de la) candidat(e) est bienvenue. À l'inverse, ne proposer aucune idée de piste pour résoudre le problème, ou ne pas être en mesure de résoudre une équation différentielle au programme est très pénalisant. Une fois engagé dans une voie de résolution, il est attendu des candidat(e)s qu'ils (elles) gardent un regard critique sur leurs résultats, en s'interrogeant à chaque étape sur la pertinence physique des résultats obtenus et en évaluant les ordres de grandeur des quantités calculées. La culture physique du (de la) candidat(e) est aussi un critère important d'évaluation. Il (elle) est encouragé(e) à proposer des analogies entre le problème posé et d'autres situations déjà rencontrées.

Les sujets posés cette année étaient variés et balayaient la quasi totalité des thèmes au programme BCPST. On peut citer par exemple des sujets de mécanique avec la dynamique de skieurs, de systèmes oscillants, traités par approche directe ou énergétique ; des sujets de mécanique des fluides avec la vidange au travers d'un milieu poreux ; des sujets de thermodynamique, de diffusion thermique, de particules ; et enfin des sujets classiques d'électrocinétique, avec des montages simples à base de résistances et de condensateurs, en série et/ou en parallèle.

Bilan général : les difficultés mathématiques semblent s'accroître à mesure que les programmes s'appauvrissent et que les résultats (par exemple sur l'oscillateur harmonique, sur les projections, sur la trigonométrie ou même plus simplement sur le calcul différentiel) sont moins réutilisés ou revus d'une thématique à l'autre. Les outils sont donc globalement moins maîtrisés. En particulier, dans le cas d'équations différentielles avec des termes de la forme $\frac{d^2z}{dt^2}$, nous avons vu des candidats simplifier par dt et écrire des termes de la forme $\frac{d^2z}{dt}$ pour rétablir l'homogénéité d'une équation différentielle.

- Il serait par ailleurs souhaitables que les étudiants soient capables d'introduire des constantes de temps (par exemple $\tau = RC$) lorsqu'ils calculent afin de simplifier la manipulation des expressions.
- L'utilisation des dérivées partielles, par exemple en statique des fluides, doit se faire avec un minimum de rigueur.
- Nous voyons des comportements inédits et peu souhaitables, avec des candidats qui ne connaissent pas le déroulement de l'épreuve. Un tel comportement n'est pas rédhibitoire, mais n'envoie pas un bon signal aux examinateurs. On a aussi vu plusieurs candidats expliquer ce qu'il faudrait faire pour résoudre un exercice ou ce qu'on pourrait faire pour parvenir à la solution, manifestement sans volonté de mettre en oeuvre le raisonnement à proprement parler. "C'est cohérent" ne devrait pas être la réponse à la question "Pouvez-vous commenter votre résultat".
- Trop peu d'étudiants prennent l'initiative de proposer une application numérique sans que celle-ci ne soit demandée. Nous rappelons que toutes les initiatives sont bienvenues dans un exercice d'oral, et au passage qu'une application numérique ne peut que rarement s'exécuter intégralement à l'oral.
- Le concept d'énergie a donné lieu à des difficultés inédites: en électricité avec des interprétations étonnantes de l'effet Joule, en mécanique avec des difficultés sur la manipulation du théorème de l'énergie cinétique, et en thermodynamique à cause du manque de compréhension de la signification physique du premier principe.

Electricité

- Le sens physique de l'intensité n'est pas systématiquement compris.
- Les étudiants devraient être en mesure d'expliquer pourquoi la tension est continue aux bornes d'un condensateur.

Thermodynamique

- Il ne faut pas confondre première loi de Joule et définition de la capacité thermique isochore.
- Le choix d'utiliser la variable enthalpie plutôt que la variable énergie interne n'est pas anodin, et doit être justifié.
- Chaque fois qu'il est nécessaire, les candidats doivent définir le système sur lequel ils travaillent et préciser la transformation qu'ils étudient. S'obliger à le faire les amènera à plus de clarté, et les conduira naturellement à se poser les bonnes questions sur le processus qu'ils cherchent à caractériser.
- Les candidats ont affiché une bonne maîtrise des concepts associés au fonctionnement des différentes machines thermiques, même si on peut regretter d'universels problèmes quand les candidats parviennent au stade des applications numériques. On peut indiquer ici que donner une expression littérale sous la forme d'une fraction de fraction n'est pas la meilleure façon de préparer une application numérique.
- Le calcul différentiel donne parfois lieu à des manipulations illicites. L'établissement de la loi de Laplace pour un système constitué d'un gaz parfait subissant une transformation réversible et adiabatique donne hélas lieu à trop de justification fantaisistes, alors que les concepts à mettre en oeuvre sont seulement relatifs au premier principe. Bien souvent, cette question a aussi exposé les lacunes des candidats sur des définitions du cours ou sur la démonstration de relations simples (comme la relation de Mayer).

Mécanique

- La loi de frottement solide (rappelée en énoncé), ne doit pas être confondue avec un frottement fluide; - Trop peu de candidats parviennent à identifier une équation d'oscillateur harmonique (et de ses variantes avec terme d'amortissement et forçage éventuel);
- Trop peu de candidats parviennent à identifier un temps de chute libre, voire à donner une définition satisfaisante de la chute libre.

Mécanique des fluides

- Trop peu de candidats pensent à comparer le temps caractéristique à un temps de chute libre.

Phénomènes de transport

- À la question "quel est le principe physique clé à mettre en oeuvre pour établir l'équation de variation de la température associée à un phénomène de diffusion", la majorité des candidats répond "la loi de Fourier", et semblent ignorer l'importance du premier principe dans la démonstration.

- Les exercices portant sur l'établissement et la manipulation d'une équation de diffusion dans un cas simple ont donné lieu à un nombre impressionnant d'approximations et de manque de rigueur. La responsabilité en est probablement imputable en grande partie au nouveau programme, qui voudrait exclure toute "dérive calculatoire". Le problème est qu'un niveau minimal de calcul est requis pour comprendre le couplage spatio-temporel associé aux équations de diffusion. Une très large majorité d'étudiants ne comprend pas pourquoi le régime stationnaire (un concept temporel) entraîne une conservation d'énergie (à travers les surfaces d'entrée/sortie du système considéré).