

## RAPPORT SUR L'ÉPREUVE ORALE DE PHYSIQUE

Écoles concernées : ENS Paris, ENS de Lyon, ENPC

Coefficients (en pourcentage du total d'admission) :

- ENS Paris : 11,3 %
- ENS de Lyon : 5 %
- ENPC : 11,3 %

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 d'optique avec des dispositifs plus ou moins complexes (loupes, oculaires, doubleurs de focale) ; des sujets de mécanique avec la dynamique de skieurs, de systèmes oscillants (ponts, toiles d'araignée...), 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 en régime libre ou en régime forcé, avec toutes sortes de montages à base de résistances, condensateurs et bobines, en série et/ou en parallèle.

**Bilan général :** Le niveau global est satisfaisant et de nombreux candidat(e)s se sont montrés à l'aise avec le programme. Les plus à l'aise étaient capables de discuter la physique d'un problème avec un certain recul et à résoudre quasiment entièrement le problème posé. Ces prestations se sont vu attribuées les notes les plus hautes. Il faut cependant noter qu'une fraction des candidat(e)s pense connaître le cours car ils (elles) se souviennent de certaines formules qu'ils (elles) tentent d'appliquer, sans raisonner, à une nouvelle situation assez éloignée de l'exercice vu en cours. Ce manque de compréhension profonde des notions incluses dans le programme a été sanctionné par les notes les plus basses. Il convient par ailleurs de vérifier l'homogénéité des formules établies, ce qui pose rarement problème lorsque le jury le demande mais devrait être systématiquement proposé spontanément par le/la candidat(e). La vérification de l'homogénéité d'une formule ne passe pas forcément par le recours aux unités des grandeurs la composant. Dans les formules où apparaissent des quantités issues de domaines variés de la physique, le recours à des grandeurs transverses comme l'énergie est bien souvent un choix payant.

Afin que l'oral se passe au mieux et que l'interrogateur puisse mener la discussion dans les meilleures conditions possibles, nous rappelons quelques consignes de bases à respecter pour les candidat(e)s :

- Bien lire l'énoncé : les sujets sont rédigés consciencieusement de manière à ce que les informations nécessaires soient présentes dans le sujet, y compris certaines formules mathématiques. Par ailleurs, dans bien des cas, les réponses aux questions que peuvent se poser les candidat(e)s sont données dans l'énoncé.
- Répondre aux questions de l'énoncé ; il n'est pas recommandé aux candidat(e)s d'inventer des questions ni de ne pas répondre à celles qui sont posées.
- Respecter les données de l'énoncé ; les hypothèses, simplifications et données présentées dans l'énoncé sont là pour résoudre l'exercice dans le cadre du programme de BCPST, il est donc impératif des les respecter.
- Lorsque l'interrogateur pose une question à l'oral elle peut avoir deux buts : vérifier les connaissances sur un point du programme ou aider le/la candidat(e) en posant une question intermédiaire par rapport à l'énoncé. De plus lorsque les interrogateurs donnent des indications c'est toujours dans le but que l'exercice avance et pour débloquer la situation, il est donc dans l'intérêt du/de la candidat(e) de prendre en considération ces conseils.
- Il est recommandé de poser les calculs intermédiaires. Les interrogateurs préfèrent un calcul posé et bien exécuté plutôt qu'un calcul non écrit menant à un résultat erroné.
- Une bonne organisation du tableau permet de mieux présenter son raisonnement à l'interrogateur. Une bonne organisation passe également par des schémas clairs, réalisés à l'échelle dans la mesure du possible.
- Les applications numériques sont là pour vérifier la pertinence d'un résultat et comparer un modèle à une situation réelle. Mener ces calculs à leur terme sans calculatrice fait partie des compétences exigibles de l'épreuve de physique. Il est souhaitable que le/la candida(e) commente les résultats obtenus dans la mesure du possible. Les commentaires sur les valeurs numériques constituent le moment approprié pour démontrer certains éléments de culture en physique.
- Il faut avoir le réflexe de vérifier l'homogénéité de ses résultats, et les faire tendre vers des limites simples à appréhender intuitivement. Cela permet de se rendre compte qu'un résultat est faux ou de vérifier que le modèle qui est développé est conforme à la physique de la réalité. Le/la candidat est également encouragé(e) à proposer une représentation graphique si celle-ci permet d'éclairer la discussion.

**Optique :** Le niveau a été satisfaisant dans l'ensemble. Les règles de construction géométriques ont été correctement appliquées par la majorité des candidat(e)s mais semblent inconnues par certain(e)s, ce qui rend alors très difficile d'aborder l'exercice. Les conditions de Gauss ne sont par ailleurs pas toujours connues. Nous rappelons qu'une attention particulière doit être portée aux signes lors de l'application des relations de conjugaison.

**Thermodynamique :** Dans l'ensemble une majorité de candidat(e)s a de bonnes bases en thermodynamique. Pour certain(e)s, un manque de recul les empêche cependant de comprendre pleinement le problème. Le système doit être parfaitement défini avant d'appliquer les principes de la thermodynamique. Il ne faut pas confondre le premier principe et les identités thermodynamiques. La manipulation des dérivées partielles est souvent très imprécise et mal comprise. Le choix des fonctions thermodynamiques ou de lois adaptées est trop souvent connu par coeur par application du cours mais le sens physique de ces choix est plus rarement compris, ce qui complexifie l'adaptation à de nouveaux problèmes. La confusion adiabatique/isotherme est apparue plusieurs fois, les conditions de l'expérience étant souvent prises en compte trop à la légère alors qu'elles sont fondamentales à la résolution d'un problème de thermodynamique. La manipulation des potentiels chimiques lors des changements d'état a posé bien des problèmes aux candidat(e)s, et

leur lien avec l'enthalpie libre est mal connu. Il est souhaitable que les candidat(e)s ne fassent plus la confusion entre une grandeur et sa variation et qu'ils sachent distinguer une différentielle ( $d$ ) d'un terme de transfert ( $\delta$ ).

**Phénomènes de transports :** Ce thème est le plus discriminant pour les candidat(e)s car les bilans thermiques et de particules ont souvent représenté une difficulté, comme ce fut aussi le cas dans l'épreuve d'écrit cette année. Les lois sont presque toujours connues (relation de Fourier, définition de la chaleur latente de changement d'état, expression d'une "fuite" thermique par la loi de Newton même si elle est rappelée) mais leur mise en application a posé des problèmes. En revanche la définition physique des capacités thermiques n'est pas suffisamment connue.

Très peu de candidat(e)s ont su faire un bilan correct que ce soit pour de la diffusion thermique ou de la diffusion de particules. Il est impératif de savoir définir un système correctement et notamment sur une tranche  $dx$  dans le cas d'un problème unidimensionnel. Par exemple en diffusion thermique, on effectue un bilan énergétique sur ce système pendant un temps  $dt$ . On exprime alors la variation d'énergie interne et les échanges thermiques (et lorsque c'est nécessaire la création) dans le système. L'application ensuite de la loi de Fourier permet de déterminer l'équation différentielle sur la température. Par la suite, considérer le régime permanent revient à annuler la dérivée temporelle (on peut également affirmer que la variation d'énergie est nulle dans ce cas). Beaucoup trop de candidat(e)s sont incapables de faire ce genre de bilan même avec l'aide. Enfin, la surface d'échange d'énergie ou de particules doit être définie à chaque fois puisque celle-ci sera différente en fonction des échanges (diffusion et conducto-convection dans une barre par exemple). Les géométries explorées pour les problèmes de diffusion sont unidimensionnelles, cylindriques ou sphériques. Leur modélisation nécessite de connaître les systèmes de coordonnées correspondants. On veillera par ailleurs à l'homogénéité des bilans d'énergie effectué: un flux thermique n'est pas une énergie.

**Mécanique :** La mise en équation à partir d'un bilan des forces est en général bien maîtrisée. Néanmoins, certain(e)s candidat(e)s oublient des forces dans leur bilan (force motrice ou excitatrice du système) ou éprouvent des problèmes à projeter les vecteurs sur des axes. Au moment de résoudre ces équations des difficultés apparaissent, avec souvent beaucoup de mal à effectuer le lien avec le problème de mécanique en lui-même.

La recherche des positions d'équilibre sans la résolution de l'équation du mouvement, donc à partir de l'énergie potentielle, a posé des difficultés. En particulier, calculer le travail d'une force de réaction ou même parfois du poids a été très discriminant.

L'utilisation des formules de la vitesse et de l'accélération en coordonnées cylindriques n'est pas maîtrisée par certain(e)s, ce qui limite la compréhension des problèmes à mouvement circulaire. Par ailleurs, certains exercices mettant en jeu un ressort, ou une force de réaction normale ont posé d'énormes soucis aux candidat(e)s. L'application de la formule de la force d'un ressort est connue dans le cas du cours mais dès que nous nous en éloignons de nombreux (nombreux) candidat(e)s sont complètement perdus. Deux outils mathématiques doivent être mieux maîtrisés pour garantir un niveau de succès plus satisfaisant: la réalisation de projections, et le maniement d'éléments de trigonométrie élémentaire.

**Mécanique des fluides :** Les candidat(e)s appliquent rapidement la relation de Bernoulli mais ne connaissent pas toujours les conditions d'applications et les points d'applications ne sont pas toujours choisis judicieusement. La plupart oublie facilement l'importance de la conservation du débit volumique ou massique dont il faut savoir faire le bilan sur un volume de contrôle bien choisi.

**Électronique :** Le bilan est assez contrasté. L'étude du régime dynamique d'un circuit et la résolution de l'équation différentielle ne posent pas de problème en général une fois les conditions initiales connues. Toutefois, l'établissement des équations différentielles et des conditions initiales du système a posé de gros problèmes à certain(e)s candidat(e)s.

**Sens physique :** Une partie de la notation porte sur le sens physique des candidat(e)s. La vérification de la cohérence des résultats pour des cas simples ou dans un cas limite permettent de mettre en évidence son sens physique. Les ordres de grandeurs classiques dans chaque thème sont à connaître comme la masse d'un électron, ou les températures de certaines situations. La conversion des unités et les unités du système international ne devraient pas poser de problème comme ça été le cas pour certain(e)s.

**Aspects mathématiques :** L'aspect mathématique est indissociable de la physique puisqu'il s'agit d'un outil pour la résolution des problèmes. Même si, dans l'ensemble, les candidat(e)s maîtrisent les outils mathématiques, certain(e)s restent bloqué(e)s devant des équations qu'ils (elles) doivent savoir résoudre, devant des problèmes de trigonométrie, de projection, ou même face à des calculs de dérivées. De plus, certaines équations doivent être connues et surtout reconnues immédiatement (l'exemple le plus classique est l'oscillateur harmonique où certain(e)s candidats posent l'équation caractéristique avant de réfléchir). L'étude d'une fonction pour le tracé de sa représentation graphique a posé de nombreux problèmes. Le tracé de l'allure d'une courbe à partir d'une étude rapide doit être maîtrisé.