

# Concours BCPST de la banque inter ENS - ENPC – Session 2019

## RAPPORT SUR L'ÉPREUVE ORALE DE PHYSIQUE

Écoles concernées : ENS Paris, ENS Lyon, ENPC  
Coefficients (en pourcentage du total d'admission) :

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

Membres du Jury : Antoine GUSDORF et Jérémy FERRAND

---

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. Le nouveau format de l'épreuve avec une préparation au tableau n'a en aucun cas gêné les candidats dans leur préparation. Cela a permis une fluidité bien plus grande dans le déroulement de l'oral et d'aborder des questions de physique bien plus en profondeur dans le cas où le/la candidat(e) effectuait une bonne préparation.

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 questions proposées lors de cette épreuve sortent souvent 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. À l'inverse, ne proposer aucune idée de piste pour résoudre le problème est 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. Enfin, un effort particulier doit être fait pour maîtriser efficacement les outils mathématiques au programme. Le format de l'épreuve étant court, les candidats qui ont des difficultés à effectuer les calculs sont pénalisés.

Nous notons que les remarques faites dans les rapports précédent ont été lues et assimilées par une partie des candidats de cette année mais nous regrettons qu'une partie d'entre eux ne suive pas les directives que le jury rédige chaque année afin d'explicitier ses attentes des candidat(e)s à cette épreuve oral de physique.

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 l'étude d'un objectif d'appareil photo ou d'un arc-en-ciel ; des sujets de mécanique avec les oscillations d'un pont suspendu ou le dispositif TMD des tours géantes ; des sujets de mécanique des fluides avec la vidange par un siphon ou l'étude d'une cloche à vide ; des sujets de diffusion avec le phénomène de Leidenfrost ou la purification du silicium par fusion de zone ; des sujets de thermodynamique avec la formation des gouttes de pluie ou des bulles de champagne ; des sujets d'électronique avec l'étude d'un circuit LC en signaux carrés ou la transmission dans un câble coaxial.

## 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 pensent connaître le cours car ils (elles) se souviennent des formules principales, mais n'ont qu'une idée très vague des raisonnements et des conditions qui ont permis de les établir. Ce manque de compréhension profonde des notions incluses dans le programme a été sanctionné par les notes les plus basses. Vérifier l'homogénéité d'une formule a rarement posé problème mais devrait être systématiquement proposé spontanément par le/la candidat(e). Par ailleurs, exploiter un raisonnement dimensionnel pour définir une longueur ou un temps caractéristique ou justifier une hypothèse physique a souvent été très délicat.

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 l'ensemble des informations nécessaires y soient présentes dans le sujet.
- 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 serait bien d'écouter et de prendre en considération ces conseils.
- Rester concentré(e) pendant tous les calculs. Il est tout à fait possible de poser les calculs même simples. 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 candidat(e) commente les résultats obtenus dans la mesure du possible.
- 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.

## Optique

Le niveau a été variable, de très élevé à très faible. Les règles de construction géométriques ne sont malheureusement pas toujours maîtrisées et appliquées ; de plus, leur signification physique et conditions d'application restent souvent floues. Le rayon non dévié passant par le centre d'une lentille mince devrait systématiquement être tracé. Les conditions de Gauss ne sont pas toujours connues. Un écueil courant consiste à s'embrouiller avec les formules de conjugaison et ne pas exploiter les relations géométriques pour simplifier les calculs. Les lois de Descartes à l'interface entre deux milieux sont connues mais l'application et les relations géométriques qui en découlent ont posé des problèmes. Un rayon provenant d'un objet situé à l'infini n'est pas forcément parallèle à l'axe optique (surtout quand l'énoncé le précise).

## Thermodynamique

Dans l'ensemble une majorité de candidat(e)s ont de bonnes bases en thermodynamique. Pour certain(e)s, un manque de recul les empêche cependant de comprendre pleinement le problème et ils (elles) ne savent pas où aller avec leurs équations. 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 rend très difficile de s'adapter 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. La connaissance de la définition d'un potentiel thermodynamique est exigible. 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. Les lois sont presque toujours connues (relation de Fourier, définition de la chaleur latente de changement d'état, lien entre énergie interne et capacité calorifique, et même l'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 connue. La signification physique et les conditions d'application des lois de Fourier et Fick doivent être connues. 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 de la part des correcteurs. 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). On veillera à l'homogénéité des bilans d'énergie effectués : 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 candidats oublient des forces dans leur bilan et notamment la force motrice ou excitatrice du système. 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. Dans l'ensemble, le passage en régime sinusoïdal forcé est mal maîtrisé. Il faut avoir un minimum de réflexes sur ce genre de problématique qui apparaît à la fois en mécanique et en électronique. Peu de candidat(e)s comprennent qu'il faut trouver la relation entre amplitude et pulsation. Les tracés des réponses en fréquence sont assez mal effectués en général avec une étude de fonction qui pose des problèmes et des filtres classiques qui ne sont pas connus. L'écriture de (ou retrouver) l'accélération en coordonnées cylindriques n'est pas connu de certain(e)s. Certains exercices mettant en jeu des ressorts ont posé d'énormes soucis aux candidat(e)s. L'application de la formule de la force d'un ressort est connu dans le cas du cours mais dès que nous nous en éloignons une grande fraction des candidat(e)s sont complètement perdu(e)s. La mise en série/parallèle de ressorts ou le calcul avec une paroi mobile ont été des problèmes très discriminants. La pulsation d'excitation d'une oscillateur n'est pas la pulsation propre de celui-ci.

### **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 plus facilement l'importance de la conservation du débit volumique. Il est également important de savoir faire des bilans de débits volumique ou de quantité de mouvement sur un volume de contrôle bien choisi.

### **Électronique**

Bilan assez contrasté dans l'ensemble. L'étude du régime dynamique d'un circuit et la résolution de l'équation différentielle ne posent pas de problème en général. En revanche, l'étude en régime sinusoïdal forcé pose exactement les mêmes soucis que pour l'étude en mécanique à savoir des réflexes manquants et des études de gain qui sont rarement faites correctement.

### **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 la limite d'une quantité permette de mettre en évidence son sens physique. Les ordres de grandeurs classiques dans chaque thème sont à connaître comme la masse d'un électron, la surpression dans une seringue bouchée ou les températures de certaines situations. La conversion des unités et les unités du système international ne devrait 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. 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 pose 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.