

Épreuve orale de Physique, Filière MP

Lors de la session 2015, l'épreuve orale de physique a été passée par 425 candidates et candidats, dont 369 de nationalité française. La note moyenne obtenue par les candidats français est 11,57 avec un écart-type égal à 3,17.

Les notes des candidats français se répartissent selon le tableau ci-dessous :

$0 \leq N < 4$	0	0,00 %
$4 \leq N < 8$	42	11,38 %
$8 \leq N < 12$	131	35,50 %
$12 \leq N < 16$	156	42,28 %
$16 \leq N \leq 20$	40	10,84 %
Total	369	100 %
Nombre de candidats : 369		
Note moyenne 11,57		
Écart-type : 3,17		

L'épreuve orale de physique dure 50 minutes et commence par l'énoncé d'un exercice présenté directement au tableau. Lorsque cela s'y prête, une question rapide de culture générale sur le même thème que l'exercice, ou une question proche du cours, est posée en préambule, par exemple : « Citer un phénomène ne pouvant pas s'expliquer par la mécanique classique et nécessitant le recours à la mécanique quantique ». L'idée, ici, est avant tout d'apprécier la sensibilité et le recul du candidat sur un des thèmes du programme. Un second exercice, ou un exercice de substitution peut être proposé, à l'initiative de l'examinateur, suivant le déroulement de l'épreuve.

La résolution de l'exercice est à l'initiative du candidat et doit être propice à un dialogue avec l'examinateur. Il est attendu que le candidat explique ce qu'il comprend de l'exercice posé et qu'il le situe dans son contexte : à quelles notions fondamentales de la physique se rapporte l'exercice, quelles hypothèses paraissent judicieuses, quelles simplifications éventuelles (confortées si possible par des ordres de grandeur) sont envisageables, etc. Si certains points de l'énoncé ne lui semblent pas suffisamment clairs, le candidat doit également en parler à l'examinateur. De même, il est indispensable que le candidat réagisse si son résultat est manifestement aberrant. Dans le cas d'exercices atypiques ou lorsque le candidat est en difficulté, l'examinateur est en général plus entreprenant, en posant des questions annexes ou en indiquant des analogies, pour éclairer le candidat ou l'aider à développer une idée. Cependant, en aucun cas le candidat ne peut attendre de l'examinateur la solution. La prise d'initiatives fait partie de l'évaluation et une bonne planche n'est pas nécessairement synonyme d'exercice « taupinal » résolu aveuglément sans mise en perspective. Les examinateurs évaluent avant tout la capacité du candidat à

construire un raisonnement physique *rigoureux et cohérent*, à partir de ses connaissances propres et des indications fournies, puis à mettre en forme ce raisonnement pour aboutir à une solution explicite.

Sur le fond, l'épreuve se conforme aux « nouveaux programmes » des Classes Préparatoires aux Grandes Écoles, en privilégiant l'analyse qualitative et le raisonnement plutôt que les développements calculatoires. Lorsque ceux-ci sont néanmoins incontournables, il est généralement demandé au candidat de poser les calculs, la résolution pouvant être ensuite fournie par l'examineur pour enchaîner plus rapidement sur la discussion du résultat. La calculatrice peut également être utilisée par le candidat pour une résolution d'équation polynomiale de degré élevé ou un tracé de courbe permettant par exemple de résoudre graphiquement une équation.

Outre les changements dans l'esprit, on trouve dans les nouveaux programmes de nouvelles disciplines qui tranchent avec d'autres parties que l'on pourrait qualifier de plus classiques. La principale nouveauté réside probablement dans l'introduction de la mécanique quantique qui suppose une approche différente de la physique, non seulement sur la forme mais aussi sur le fond. Cette partie du programme a été dans l'ensemble assez mal assimilée et mise en valeur par des candidats qui manquaient visiblement de recul sur les concepts de dualité onde-corpuscule et de fonction d'onde, ainsi que sur les fondements de la mécanique quantique, comme l'abandon de la notion de trajectoire ou encore la signification de l'inégalité d'Heisenberg. Plus attendues évidemment, les erreurs de formulation de l'équation de Schrödinger sous forme stationnaire ou non, rentrent dans la catégorie générale des défauts de mise en équation d'un problème en physique.

De manière plus générale, il paraît important de rappeler que la connaissance *conjointe* des lois fondamentales de la physique et de leur expression mathématique reste un pré-requis incontournable de cette épreuve. Il ne suffit pas de connaître l'énoncé du second principe de la thermodynamique, il faut également savoir le mettre en équation pour pouvoir ensuite l'exploiter ; il ne suffit pas de connaître la loi de Fourier pour le flux de chaleur, il faut également savoir orienter une surface et calculer un flux. Trop souvent, alors que l'analyse physique du problème posé était tout à fait satisfaisante, la candidate ou le candidat s'est ensuite retrouvé en grande difficulté dans la mise en forme analytique de ses idées.

Certains énoncés s'accompagnent d'un document imprimé fourni : portrait de phase, signaux, image d'interférences lumineuses, carte de pression atmosphérique, etc. sur lequel il est demandé de s'appuyer pour résoudre l'exercice. Les candidats manquent généralement de méthode pour exploiter les informations fournies par le document.

Enfin, certains exercices peuvent aborder des points ne faisant pas partie explicitement du programme. Cependant, dans tous les cas, ces exercices peuvent être traités au moyen d'une analogie avec des notions du programme. Dans ce cas, l'analogie est toujours explicitée par l'examineur et le début de l'exercice consiste en un rappel des notions s'y reportant. Il est courant de voir que certains candidats utilisent ou mentionnent spontanément

ment, et en connaissance de cause, des éléments hors programme. Ils doivent savoir qu'en ce cas ils s'exposent à des questions leur demandant d'explicitier les résultats utilisés, que ce soit une démonstration ou la résolution d'une situation physique illustrant le concept. Aucun exercice proposé ne repose sur la connaissance d'un résultat hors programme.

Certaines difficultés ont été constatées de façon répétée

Quelques remarques préalables concernant la résolution « technique » des exercices. L'orientation des angles est souvent confuse et ne tient pas compte du sens direct du repère de projection. Certains candidats bloquent sur la dérivation ou l'intégration d'une fonction à une seule variable ; l'expression des racines d'une équation du second degré n'est pas toujours connue. De nombreux candidats ne savent pas aborder l'étude et le tracé d'une fonction. Précisons que dans ce cas, l'utilisation de la calculatrice peut permettre d'obtenir une information qualitative sur l'allure du graphe. Les changements de variables sont souvent laborieux : par exemple, la construction d'une décomposition en série de Fourier pour une fonction T-périodique à partir de la définition fournie pour une fonction 2π -périodique pose des difficultés parfois insurmontables.

Le passage en notation complexe pour une fonction réelle harmonique est généralement mal géré ; il est en particulier nécessaire de préciser si la solution réelle correspond à la partie réelle ou à la partie imaginaire de la solution complexe. De manière générale, lorsque la résolution s'annonce « lourde », ce qui peut être le cas dans certaines situations d'électrocinétique ou de mécanique, il est surprenant de constater que les candidats ne prennent pas l'initiative d'introduire des notations simplificatrices et reconduisent, ligne après ligne, l'intégralité des expressions obtenues, multipliant ainsi le risque d'erreurs.

En thermodynamique et en électromagnétisme, le signe des flux est trop souvent fixé de manière aléatoire en vérifiant *a posteriori* que le choix initial était correct, par exemple en utilisant la loi de Lenz-Faraday en induction électromagnétique. Cela ne correspond évidemment pas à la démarche *rigoureuse* attendue.

L'hypothèse des régimes quasi-stationnaires, qui permet d'établir une analogie entre les transferts thermiques et l'électricité, est souvent mal maîtrisée. Il faut savoir discuter la validité de cette hypothèse, qui n'est d'ailleurs pas toujours justifiée, par un calcul d'ordre de grandeur à partir des paramètres du problème. Précisons par ailleurs que la continuité du flux thermique (en régime stationnaire) n'implique pas forcément la continuité du profil de température, en particulier au passage d'un milieu solide à un milieu fluide.

En électricité, les notions de source idéale / non-idéale ne sont pas toujours connues. Les candidats manquent généralement de méthode pour étudier un circuit en omettant par exemple d'identifier en premier lieu des « blocs connus », ce qui permet en général de décomposer l'analyse et de simplifier les développements analytiques. Au contraire, les exercices d'électricité sont souvent abordés tête baissée en appliquant la loi de nœuds et la loi des mailles afin de poser autant d'équations que d'inconnues. Dans la majorité des cas, les candidats s'engagent dans des calculs inextricables. Le théorème de superposition

permet souvent de simplifier la résolution d'un exercice, comme en électromagnétisme ou en physique quantique. Le recours à ce théorème n'est pas systématique ou trop souvent mal justifié.

En optique géométrique, les tracés de rayons sont souvent peu soignés et finalement inexploitable. Lorsque des rayons sont parallèles cela doit apparaître sur le tracé; il est également judicieux de préciser les angles égaux. En optique ondulatoire, si la formule donnant l'intensité lumineuse résultant de l'interférence de deux ondes est connue, sa construction en revenant aux amplitudes lumineuses pose souvent des difficultés. Le tracé de rayons qui interfèrent, permettant de localiser les franges d'interférence et de déterminer leur forme, est souvent laborieux. Le lien avec la physique quantique, notamment concernant les caractéristiques générales de la dualité onde-corpuscule, n'est pas tout le temps évident.

En mécanique, il est important de prendre le temps d'analyser le problème avant de se lancer dans la résolution. L'identification des degrés de liberté *indépendants* du mouvement est un préambule à la résolution qui est trop souvent négligé. Le choix du référentiel d'étude et celui des théorèmes généraux de la mécanique qui seront utilisés pour la résolution doivent être motivés; l'interaction avec l'examineur prend ici tout son sens. La résolution des problèmes de mécanique n'est généralement pas unique, le candidat doit y voir l'opportunité d'argumenter et défendre ses choix.

L'analyse et la construction d'un portrait de phase manquent généralement de méthode. Peu de candidats pensent à exploiter les « intégrales du mouvement » pour construire le portrait de phase. Il est rappelé ici que la détermination de l'équilibre d'un système ne passe pas nécessairement par l'analyse de l'énergie potentielle. Il est courant de voir un bilan des forces correct totalement négligé pour discuter l'équilibre du système. Lorsque l'énergie potentielle est correctement utilisée, il n'est pas rare de voir une volonté de linéariser à tout prix au voisinage de zéro plutôt qu'au voisinage de la position d'équilibre réelle du système.

De même, de nombreux candidats continuent à dériver l'intégrale première de l'énergie, pensant aboutir à une équation supplémentaire, différente du principe fondamental qu'ils viennent par ailleurs d'établir.

Dans la résolution des problèmes faisant intervenir des ressorts, la gestion de la longueur à vide de ces derniers, par un changement de référentiel approprié, n'est pas toujours envisagée, ce qui alourdit considérablement la résolution puis la discussion des solutions. Enfin, l'expression de la force de Coriolis est souvent erronée.

En mécanique quantique, l'utilisation de la symétrie du système pour construire la fonction d'onde est généralement laborieuse. Cela nécessite en effet d'avoir bien assimilé le contenu physique de la fonction d'onde. Certains candidats énoncent le « principe de Curie » sans pouvoir en dire plus.

Si l'équation de Schrödinger est généralement correctement sue, les candidats manquent ensuite de méthode pour établir la condition de quantification de l'énergie. L'origine de la quantification de l'énergie dans le formalisme de la mécanique quantique est souvent mal

assimilée et les conditions de continuité mal comprises et mises en œuvre. Il est regrettable que les analogies entre la physique quantique « ondulatoire » et la physique des ondes classique ne soient pas mieux exploitées.

En thermodynamique statistique, parler du régime de température « T petit » ou « T grand » n'a pas de sens physique car la température n'est pas une grandeur absolue. Il convient de définir au préalable une température caractéristique de référence par rapport à laquelle on se compare. Les hypothèses conduisant au modèle du gaz parfait doivent être maîtrisées à ce niveau du concours.