

**Épreuve orale de Physique, Filière MP**

L'épreuve orale de Physique dure 50 minutes. Un exercice est proposé aux candidats, sous forme d'un énoncé écrit, ou bien donné directement au tableau. Cet exercice peut être accompagné d'un document exposant des résultats de mesures, ou illustrant un phénomène ; ou être précédé d'une courte manip de coin de table. Une question préliminaire peut être posée pour tester la connaissance du cours et/ou guider le candidat pour démarrer la résolution. Les examinateurs encouragent vivement les candidats à prendre connaissance de la totalité de l'énoncé, et à ne pas hésiter à demander d'éclaircir un point s'ils en ressentent le besoin.

Les exercices proposés couvrent l'intégralité du programme. Parfois, un second exercice, portant sur un sujet distinct et nécessitant des compétences différentes, est soumis afin de permettre à l'examinateur d'ajuster son évaluation. Il convient de souligner que la résolution complète ou correcte du premier exercice n'est pas nécessaire pour passer au second exercice, et le premier exercice peut être interrompu avant que toutes les questions ne soient posées. De même, certaines réponses peuvent être fournies en cours de résolution pour permettre au candidat de passer à une autre question en exploitant cette réponse.

Des questions élémentaires sont généralement posées au début de l'exercice pour vérifier l'assimilation des notions essentielles du programme. Si le candidat manifeste une solide maîtrise des concepts fondamentaux, des questions plus originales sont rapidement abordées pour permettre au candidat de montrer ses capacités. Les exercices permettent à la fois d'évaluer la compréhension des concepts physiques au programme et la capacité à construire des raisonnements élaborés. La réaction d'un candidat face à une indication fournie est également un critère important dans l'évaluation. Un candidat qui persiste dans la même erreur malgré les remarques faites pour lui suggérer de remettre en cause son raisonnement est sévèrement pénalisé. Globalement, la notation prend en considération la connaissance du cours, la pertinence et l'élaboration du raisonnement, la prise d'initiative du candidat comme sa capacité à tirer parti des indications fournies.

Les exercices classiques doivent être parfaitement maîtrisés et le candidat ne doit pas utiliser l'ensemble des 50 minutes pour redécouvrir l'équation d'un pendule pesant, l'utilité du théorème de Gauss ou l'expression du champ électrique entre les armatures d'un condensateur plan, ou encore pour mettre en équation un circuit électrique simple.

Certains candidats évitent de répondre directement aux questions posées, les contournent ou n'y répondent que partiellement. Il est important de souligner qu'une compétence générale du programme de Physique consiste à « mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée ». Ainsi, des réponses complètes et approfondies sont attendues. Les examinateurs encouragent vivement les candidats à adopter une approche spontanée, persévérente et à interagir avec l'examinateur pour exposer le cheminement suivi, expliquer les raisons de leurs choix, les hypothèses introduites, le repère et les paramètres sélectionnés, etc. Il est également opportun de vérifier la pertinence des résultats intermédiaires (dimensions, signes, orientations des vecteurs, etc.). Les calculs ne doivent pas être effectués de manière silencieuse. La verbalisation de la résolution permet à l'examinateur de suivre la logique sous-jacente à chaque étape du raisonnement et de mieux

appréhension des concepts en jeu. Ainsi, une communication claire et volontaire du candidat n'est pas simplement une exigence formelle, mais également un élément essentiel pour son évaluation.

Les candidats sont vivement invités à mener un calcul jusqu'au bout lorsque cela est demandé : un candidat qui a su mettre en place le raisonnement amenant à la solution de l'exercice posé, mais qui refuse de finir son calcul, fait preuve d'une désinvolture qui ne peut être que sanctionnée. Ce point pourtant déjà signalé les années précédentes n'est pas pris en compte suffisamment.

Un oral de concours est une épreuve stressante pour les candidats, les examinateurs en sont bien conscients, et n'exigent pas un comportement parfait des candidats. Cependant, les candidats sont invités à rester dans leur oral jusqu'au bout, et à ne pas utiliser d'expressions familières, ou auto-dévalorisantes.

Dans la suite, des points demandant une attention particulière sont relevés. Beaucoup d'entre eux ont déjà été notés dans les rapports précédents, mais ils n'ont pas été pris suffisamment en compte par les candidats.

### **Mécanique –**

On attend des candidats qu'ils réfléchissent à la méthode la plus efficace à employer pour résoudre leur exercice en début d'épreuve : conservation de l'énergie ou utilisation du PFD, choix du référentiel ou du système de coordonnées.

Certains candidats ont des difficultés avec les changements de référentiels, même galiléens. Dans le cas d'un référentiel en rotation uniforme, les forces d'inertie présentes sont fréquemment mal formulées ou négligées, en particulier en ce qui concerne la force d'inertie de Coriolis. Lorsque cette force est compensée, par exemple par une composante de la réaction du support, il est important de le mentionner.

Certains candidats ont des difficultés avec le calcul du moment d'une force, ou la définition du moment cinétique, ou encore le simple calcul de la position du barycentre d'un système de point. L'importance des forces de frottements pour transmettre la puissance motrice n'est pas toujours comprise, par exemple lors de l'étude d'un moyen de locomotion.

Les raisonnements à partir de la donnée explicite, ou du graphe, d'une énergie potentielle ne sont souvent pas maîtrisés. La notion de position d'équilibre stable, ou instable, pose des problèmes à beaucoup de candidats.

Trop de candidats font preuve d'une compréhension approximative des notions de force, du principe d'action-réaction (troisième loi de Newton), et des lois de Keppler : les examinateurs rappellent qu'il y en a trois.

### **Mécanique quantique –**

Les candidats doivent savoir écrire l'équation de Schrödinger. Les techniques de résolution de cette équation en une dimension doivent être connues ; en particulier, les candidats doivent faire la différence entre les exercices où on recherche un état lié et ceux où on recherche un état libre. La

justification physique des conditions de continuité ou des propriétés de symétrie de la fonction d’onde reste souvent confuse.

Lorsque le candidat recherche une solution sous la forme d’une combinaison d’exponentielle, il ne doit pas perdre de vue que les coefficients intervenant dans cette combinaison linéaire sont eux-mêmes des nombres complexes.

De nombreux candidats ont des difficultés pour représenter qualitativement, i.e. sans faire de calcul, l’allure de la fonction d’onde dans le cas de potentiels simples en une dimension, par exemple pour traduire des conditions aux limites, ou encore pour raccorder graphiquement des fonctions d’onde lorsque le potentiel est défini par morceaux. La notion de normalisation d’une fonction d’onde est généralement connue, mais ses implications sont souvent mal maîtrisées.

### **Électromagnétisme et électrocinétique –**

Le passage aux impédances complexes pour analyser les régimes harmoniques n'est pas toujours parfaitement maîtrisé, en particulier en ce qui concerne le retour de la solution complexe vers la solution réelle. Trop de candidats se perdent dans le développement des calculs d'une impédance complexe au lieu de chercher à simplifier leurs expressions. Les raisonnements qualitatifs permettant de comprendre rapidement le comportement d'un circuit électrique dans des cas limites (haute ou basse fréquence) sont hélas peu courants. La mise en équation d'un circuit RLC doit être rapide.

Les candidats sont invités à utiliser la formulation locale de l'électromagnétisme (équations de Maxwell) pour résoudre des exercices portant sur les conducteurs en régime variable. L'interaction d'un dipôle magnétique avec un champ magnétique n'est pas gérée correctement par beaucoup de candidats : la formule est rappelée par les interrogateurs, c'est aux candidats de l'exploiter convenablement.

Les candidats doivent connaître l'expression des opérateurs vectoriels en coordonnées cartésiennes, l'opérateur Laplacien Vectoriel apparaît comme particulièrement ignoré.

### **Thermodynamique et physique statistique –**

Certains candidats n'ont pas compris la notion de « fonction d'état », et peinent donc à raisonner correctement sur un cycle.

Des imprécisions ont été constatées de manière récurrente sur l'énoncé et la compréhension du second principe de la thermodynamique. En particulier, la propriété d'extensivité de l'entropie est souvent oubliée.

Il convient de rappeler que le travail élémentaire implique par défaut la pression extérieure, celle-ci pouvant être prise égale à la pression du système si la transformation est réversible. Si cette simplification est adoptée, il demeure cependant essentiel de l'expliquer et de préciser, le cas échéant, pourquoi la transformation peut être considérée réversible. L'identification des étapes où un système est mis en contact avec la source froide ou chaude dans un cycle pose des problèmes à beaucoup de candidats.

Certains candidats éprouvent des difficultés à établir si une transformation peut être qualifiée d'isotherme ou d'adiabatique, laissant présager que la notion d'échanges de chaleur n'est pas bien assimilée.

Si les candidats connaissent la loi des gaz parfaits, peu connaissent la loi de Joule  $U=U(T)$ . En thermodynamique statistique, la compréhension de la notion d'équipartition de l'énergie n'est souvent pas bien acquise. En particulier des candidats peinent à recenser convenablement le nombre de degrés de liberté du système.

Pour les exercices portant sur la conduction thermique, il est essentiel de savoir mener un bilan d'énergie, complet, sur un volume infinitésimal.

### **Optique –**

Il est important de souligner qu'un tracé de rayons précis et soigné est un prérequis essentiel en optique. Beaucoup de candidats rencontrent des difficultés dans les calculs de chemin optique en raison d'un tracé de rayon trop approximatif et peu soigné. Les lois de la réfraction sont souvent mal appliquées. Les propriétés élémentaires d'une lentille convergente doivent être connues, un tracé des rayons transmis par la lentille est un savoir-faire important.

Dans les calculs concernant un dispositif interférométrique, la maîtrise de la notion de stigmatisme fait souvent défaut pour calculer des différences de chemin optique. Si la formule du déphasage dans le cas des trous d'Young est connue, il faut aussi savoir la redémontrer en posant correctement les approximations utilisées. La notion de longueur de cohérence ne vient pas assez naturellement à l'esprit des candidats interrogés sur un interféromètre.

### **Ondes-**

Trop de candidats ne connaissent pas l'expression de l'équation d'onde à trois dimensions. L'obtention de l'équation d'onde à partir d'un raisonnement sur une portion infinitésimale pour des cas au programme (exemple : corde vibrante) doit être rapide.

La notion d'atténuation, et sa relation avec la partie complexe du vecteur d'onde, est trop souvent ignorée.

Les notions de dispersion et de vitesse de groupe font partie du programme, mais un nombre important de candidats ne les connaissent pas correctement.

Beaucoup de candidats confondent la propagation d'une onde mécanique et le déplacement du milieu matériel qui la supporte : même attachée à une de ses extrémités, une corde peut être le support d'une onde progressive.

Si tous les élèves de MP n'ont pas suivi la spécialité Physique en terminale, il serait souhaitable qu'ils connaissent tous l'effet Doppler, au moins en termes de culture scientifique.

### **Outils mathématiques –**

D'une manière générale, une baisse notable de niveau concernant l'utilisation des outils mathématiques nécessaires à la résolution des problèmes de physique inscrits au programme est

constatée. Cette baisse s'avère pénalisante pour de trop nombreux candidats lors de cette épreuve de Physique. Quelques erreurs graves relevant du niveau de terminale sont apparues : primitives de  $1/r^n$ , confusion entre primitive et dérivée, vitesse qui s'annule au sommet d'une trajectoire parabolique, surface d'une sphère, formules de trigonométrie, etc.

La manipulation de quantités infinitésimales reste un écueil pour trop de candidats, qui les mélangent avec des quantités non-infinitésimales, ou peinent à évaluer leurs dimensions. De même la manipulation de grandeurs volumiques et surfaciques mène souvent à des erreurs.

Quelques candidats ne pensent pas à utiliser la méthode de séparation des variables face à une équation différentielle d'ordre un, par exemple pour relier le temps et la position en mécanique du point. Lorsqu'il y a un second membre, les équations différentielles posent des difficultés à un nombre croissant de candidats. Plus généralement, la maîtrise du calcul différentiel est souvent approximative.

Dans un calcul intégral, les bornes d'intégration doivent être précisées et les variables d'intégration ne doivent pas être oubliées.

Des difficultés sur les constructions géométriques et trigonométriques usuelles, en particulier lors de la projection de vecteurs, sont de plus en plus fréquentes. De nombreux candidats semblent raisonner par tâtonnement pour définir s'il s'agit d'un sinus ou d'un cosinus, en considérant des angles particuliers ; cela doit être une façon de vérifier *a posteriori* un résultat, et non de le deviner. Certains candidats se noient lors d'un changement de base, voire dans l'utilisation des coordonnées polaires. La connaissance des valeurs des cosinus-sinus-tangentes pour des angles particuliers est attendue.

Des difficultés ont été constatées lorsqu'il s'agit de représenter graphiquement un résultat. Savoir tracer une courbe, en mettant en évidence ses éléments caractéristiques, tels que les asymptotes, tangentes en des points spécifiques, ou la convexité, sont des compétences indispensables. De même, il est important d'avoir le réflexe d'utiliser des quantités adimensionnées afin de donner à son graphe un caractère général.

Enfin, il est attendu des candidats qu'ils sachent faire des calculs au tableau, en démontrant leur capacité à manipuler les puissances de 10, et qu'ils prennent du recul sur les ordres de grandeur des résultats obtenus.