

## 2 PHYSIQUE

### Remarques générales

L'oral de physique du concours Mines-Ponts dure environ une heure au tableau et comporte au moins deux parties. Le candidat dispose d'un temps de préparation de 15 minutes sur table pour la première partie. La deuxième partie est cherchée et résolue en direct au tableau.

Un même examinateur interroge tous les candidats selon la même procédure. L'interrogation peut comporter une question de cours ou uniquement des exercices. Les modalités de l'interrogation sont annoncées à l'extérieur de la salle et rappelées si besoin au début de l'épreuve. Les examinateurs ont tous les mêmes exigences et les mêmes objectifs, même si la procédure d'interrogation diffère un peu de l'un à l'autre.

Le candidat est libre de choisir sa méthode ou le contenu de son exposé lors d'une question de cours. L'examineur s'adapte à ses propositions et intervient régulièrement, indépendamment de la valeur de la prestation. Le candidat n'a pas à s'inquiéter des interventions de l'examineur qui peut à tout moment interrompre l'exposé ou rompre le silence pour de multiples raisons, toutes dans l'intérêt du candidat : demande de précisions, élargissement du sujet, question intermédiaire ou supplémentaire.

### Attentes

Les candidats au concours Mines-Ponts, sont interrogés dans le respect strict du programme des classes MPSI, PCSI, puis MP, PC et PSI. Nous insistons sur le fait que la première année de classe préparatoire fait intégralement partie du programme d'évaluation. L'interrogation peut aborder aussi des aspects expérimentaux vus en travaux pratiques.

Il est toujours étonnant de constater que des candidats peuvent avoir fait des impasses totales sur certaines parties du programme, et pas seulement sur celles de première année !

Il est regrettable que les examinateurs aient à lire le programme aux candidats pour rafraîchir leur mémoire.

Le volume de connaissances et compétences exigibles est déjà très vaste ; il est donc inutile de se charger avec des connaissances hors programme, particulièrement mal assimilées, surtout si les notions de base ne sont pas connues.

Une erreur n'est en soi jamais fatale, surtout si le candidat corrige spontanément ou à la suite d'une petite remarque de l'examineur. De même un contrôle d'homogénéité peut éviter bien des bévues. Néanmoins des erreurs répétitives, ou grossières sur des calculs simples ne sont plus attribuables à de banales étourderies.

La durée de l'épreuve est suffisamment longue et l'oral ne doit pas être une course de vitesse. Il est toujours préférable de prendre un peu de temps pour réfléchir, clarifier ses idées ou vérifier ses calculs, plutôt que de se précipiter ou recommencer plusieurs fois la même tâche.

Les examinateurs s'étonnent que des candidats n'écoutent pas leurs questions et même refusent d'y répondre, en particulier quand ces questions ne sont pas notées sur l'énoncé. Rappelons encore une fois que les interventions de l'examineur font partie de l'interrogation, et que les réponses ou réactions qu'elles suscitent sont évaluées et comptent pour la note finale.

L'attitude au tableau requiert quelque attention. Le candidat ne doit pas rédiger in extenso. Néanmoins, il doit gérer l'espace de façon rationnelle, et dire tout haut ce qu'il aurait écrit sur une copie. Trop de candidats restent quasi-muets en gribouillant des choses illisibles. L'usage de schémas est grandement encouragé, même si les droites ou les cercles tracés à la main ne sont pas parfaits. Il est aussi important de ne pas effacer avant d'y être invité par l'examineur.

Un langage clair, précis et grammaticalement correct est requis de la part du candidat. Les sigles utilisés sont définis lors de la première utilisation en prononçant les mots qui le constituent (par exemple : « Onde plane progressive harmonique » pour OPPH). Les notations doivent être rigoureuses, notamment en ce qui concerne les éléments infinitésimaux. L'homogénéité concerne également les vecteurs et les scalaires. Les lettres grecques doivent être correctement nommées et dessinées.

Le commentaire argumenté des résultats, qu'ils soient chiffrés ou non, est toujours bienvenu. Il est même parfois intéressant de mettre à jour une contradiction, ce qui permet de critiquer le modèle employé, ou au contraire de valider telle ou telle étape du raisonnement.

Une question de cours vise aussi bien à vérifier la robustesse des connaissances du candidat, qu'à le mettre en confiance afin d'aborder des questions plus approfondies dans les meilleures conditions. Notons qu'une connaissance formelle du cours, surtout sans recul, ne suffit pas. Le traitement d'une question de cours ne peut pas non plus se limiter à une démonstration sans contextualisation, application(s) ni ordre(s) de grandeur, voire sans illustrations expérimentales. Il est vivement conseillé aux candidats de traiter le sujet de façon assez large, et d'élaborer un plan, présenté au début, incluant une phrase d'introduction et une phrase de conclusion.

Les examinateurs recommandent enfin aux candidats d'arriver suffisamment à l'avance pour éviter le stress de l'imprévu, d'avoir une tenue correcte et de faire preuve d'un minimum de courtoisie avec les examinateurs, le personnel du concours et les autres candidats. Il est également important de prévoir de quoi boire et s'alimenter avant ou entre les épreuves.

## **Évaluation**

Nous rappelons que l'oral du concours Mines-Ponts classe les candidats au sein de chaque équipe. Les examinateurs sont parfaitement conscients qu'ils interrogent de jeunes gens et de jeunes filles d'un niveau certain, sélectionnés en amont par des épreuves écrites exigeantes. Néanmoins, l'examineur utilise toute l'échelle de notes mises à sa disposition, c'est-à-dire de 1 à 20.

Les meilleures notes sont attribuées aux candidats ayant manifesté toutes les qualités attendues pour entrer dans les écoles du concours : le cours est non seulement su, mais compris en profondeur, le candidat fait preuve d'autonomie et peut parfaitement justifier les étapes de son raisonnement ainsi que les éventuelles hypothèses engagées, les calculs sont menés correctement et les éventuelles erreurs corrigées spontanément. Ce candidat répond volontiers aux questions de l'examineur sans y voir aucune agression, il est capable de citer ou d'évaluer des ordres de grandeur sans calculatrice, de commenter des résultats littéraux comme numériques, et de se laisser mener sur des questions d'ouverture plus générales.

Au contraire, les notes les plus basses caractérisent des candidats aux connaissances et méthodes très fragiles, superficielles, ou même ayant fait l'impasse sur des parties du programme, dont très fréquemment, celui de première année. Ces notes peuvent caractériser

de l'ignorance, mais plus souvent un manque total d'assimilation ou de compréhension des concepts. De nombreux candidats apprennent du cours ou des solutions par cœur, sans aucun recul, et sans être capables de réinvestir ces connaissances dans un contexte différent. Beaucoup de candidats révèlent malheureusement une incapacité à faire le tri dans leurs connaissances et font preuve d'une réelle détresse face à une petite nouveauté ou même une simple question de contrôle. Leur note traduit le fait qu'ils sont moins bons lors de leur oral que les autres candidats.

Le jury conseille enfin vivement aux élèves et à leurs professeurs de se référer aux rapports des années antérieures dont les généralités restent intemporelles.

Les candidats qui décident de suivre ces conseils peuvent tirer grand profit de cette lecture attentive et se démarquer lors de leur épreuve.

## **2.1 Filière MP**

### **Introduction**

Le bilan de l'oral 2019 en filière MP est très positif. L'écrit a joué son rôle et l'ensemble des candidats admissibles s'est comporté de façon satisfaisante montrant ainsi sa capacité à intégrer une école du concours Mines Ponts et à profiter pleinement de l'enseignement de haute qualité de ces Écoles.

L'épreuve orale de physique du concours commun Mines-Ponts porte sur l'ensemble des programmes des classes préparatoires de la filière MP et dure environ une heure. Cette durée permet à l'examineur d'évaluer les connaissances et les compétences acquises par le candidat et de tester son aptitude à les mettre en œuvre dans des situations nouvelles. Selon les examinateurs, le candidat est également invité à présenter une question de cours. Pour assurer la réussite d'un oral de physique, il est nécessaire d'avoir travaillé son cours tout au long des deux années de préparation.

### **Remarques générales**

Une épreuve orale n'est ni une épreuve écrite rédigée au tableau ni une séance d'exercice corrigé. Le candidat ne doit pas rester muet en cherchant un résultat pour l'écrire, l'encadrer et annoncer « je trouve ça ! ». Les candidats doivent savoir qu'il n'est pas toujours nécessaire de résoudre complètement l'exercice proposé. Le jury est attentif, par exemple, à l'analyse de la situation physique, aux approximations proposées et à leur justification, à la présentation (on peut dire à la construction) d'une modélisation, aux comparaisons ou aux rapprochements qui peuvent être établis et enfin, à la capacité du candidat à réagir aux indications fournies ou à rectifier de lui-même d'éventuelles erreurs. Il est toujours agréable de voir un candidat avoir un regard critique sur le résultat qu'il obtient ou d'être capable de tester la cohérence d'une équation en étudiant des cas limites.

Les points suivants permettront aux candidats d'améliorer leurs prestations.

- Il est souhaitable d'utiliser la première personne du présent de l'indicatif. En effet, dire « je propose d'appliquer... » est beaucoup plus valorisant que le trop entendu « On pourrait écrire.... ».
- Le rôle d'un examinateur n'est pas de valider chaque réponse d'un hochement de tête. Quand un résultat est obtenu, il doit être commenté et éventuellement critiqué

spontanément. L'analyse dimensionnelle d'un résultat ou l'étude du comportement à la limite doivent être engagées sans que l'examineur n'ait à le demander.

- Les interventions de l'examineur ont pour but d'aider le candidat à progresser dans l'exercice proposé. Il vaut donc mieux le laisser finir ses phrases et répondre explicitement aux questions posées.
- La prise de parole avec un niveau de langage adapté, ainsi que la formulation d'idées précises, se travaille tout au long de l'année dans les disciplines scientifiques et littéraires, en khôlle et en classe entière.
- Pour être exploitable, le tracé de l'allure d'une courbe doit être réalisé avec un minimum de soin. Il faut renseigner les axes, représenter les points significatifs et faire figurer les tangentes importantes. Le cas échéant, la calculatrice peut être utilisée pour des tracés de courbes ou des résolutions graphiques complexes.
- Le programme de la filière MP invite fortement à développer l'autonomie de l'étudiant et sa capacité à prendre des initiatives à travers la pratique d'activités de type « résolution de problème ». Cela signifie en particulier que, face à une situation qui peut sembler originale, le candidat est évalué sur la façon dont il met en œuvre les concepts du programme et les indications de l'énoncé pour tenter de résoudre un problème inconnu. Dans ce cas, le jury recommande de consacrer quelques minutes pour analyser le problème posé et définir une stratégie de résolution, avant de se lancer dans la résolution analytique.
- En ce qui concerne la question de cours, les deux écueils à éviter sont le hors sujet (lecture trop rapide du titre, oubli d'un pluriel,...) et l'absence de structure dans l'exposé. L'examineur attend pour le moins une introduction, un développement et le cas échéant une ou des applications. Si la question de cours s'y prête, l'introduction peut consister en la description d'une expérience de mise en évidence du phénomène étudié. Signalons enfin que les unités des grandeurs physiques concernées ainsi que leurs ordres de grandeur ne sont jamais donnés spontanément par les candidats.

## **Remarques particulières**

### Mécanique

Ne surtout pas commencer sa présentation par : « Je vais faire un PFD au point M. »

D'une façon générale, les exercices de mécanique du point matériel méritent d'être davantage travaillés. On rappelle qu'il convient de bien préciser le système choisi, les actions mécaniques exercées sur celui-ci, le référentiel d'étude et le caractère galiléen ou non de ce dernier.

L'étude d'un point matériel soumis à une force conservative peut être simplifiée par l'utilisation à bon escient de la notion d'énergie potentielle effective.

En ce qui concerne l'étude du « Pendule simple », en plus d'une description des petites oscillations, il est souhaitable d'évoquer les oscillations de grandes amplitudes, les mouvements de révolution et leurs représentations respectives dans l'espace des phases.

De nombreux candidats rencontrent des difficultés dans les exercices faisant intervenir les actions de contact exercées par un support sur un solide.

### Mécanique quantique

La maîtrise des concepts de mécanique quantique au programme est satisfaisante. Les candidats ont bien compris les notions d'états stationnaires et de barrière de potentiel.

Il convient de prendre garde à l'abus de langage usuel en physique quantique consistant à parler de potentiel plutôt que d'énergie potentielle.

Les candidats doivent savoir retrouver rapidement, par la méthode de leur choix, les niveaux d'énergie des états stationnaires d'un quanton de masse  $m$  confiné dans un puits unidimensionnel de hauteur infinie.

### Électromagnétisme

Les notions de symétries des sources et des champs sont bien maîtrisées. Le théorème de Gauss est connu, mais pas toujours bien appliqué (surfaces de Gauss inadaptées à la géométrie du problème). Le théorème de superposition est inconnu ou mal utilisé par bon nombre de candidats.

Signalons qu'il est fort inapproprié de dire : « Ici, le théorème de Gauss ne marche pas. »

L'induction est clairement la partie la moins bien dominée de ce chapitre. Lors de l'étude des phénomènes d'induction, l'algébrisation des variables se doit d'être soignée et les bilans énergétiques correctement écrits.

Un ordre de grandeur de l'épaisseur de peau dans le cas du cuivre à 50 Hz, mérite d'être connu ou retrouvé rapidement.

La formulation locale des équations de Maxwell peut être utile dans des problèmes à géométrie simple. Cependant, de nombreux candidats confondent les systèmes de coordonnées cylindriques et sphériques. Ils s'engagent, à l'aide d'un formulaire fourni, dans des calculs sans être sûrs du système de coordonnées choisi.

### Thermodynamique

Les questions sur les transferts thermiques sont en général bien traitées. Quelques ordres de grandeur sur les conductivités thermiques des différents matériaux qui nous entourent méritent d'être connus.

Les candidats doivent insister sur l'étude des cycles et des machines thermiques qui posent souvent des difficultés. La notion de rendement comme le rapport entre l'énergie utile et l'énergie dépensée reste trop abstraite pour les candidats qui ne sont pas capables de la maîtriser hors du contexte balisé d'une machine thermique ditherme.

En physique statistique, le facteur de Boltzmann est souvent utilisé comme un outil mathématique sans recul quant à sa signification physique. Parler du régime de température «  $T$  petit » ou «  $T$  grand » nécessite la définition préalable d'une température caractéristique du système étudié.

### Optique

En optique ondulatoire, il est nécessaire de bien préciser d'une part les conditions d'éclairage du dispositif utilisé et d'autre part les conditions d'observation. Pour les schémas de montage des dispositifs interférentiels, il est nécessaire de soigner l'optique géométrique pour trouver les sources secondaires et le champ interférentiel.

## **Conclusion**

Le jury espère encore assister, comme cette année, à des présentations exceptionnelles au cours desquelles des candidats brillants montrent leur parfaite maîtrise des concepts physiques enseignés dans le cadre du programme des classes préparatoires. Au-delà même

de l'excellente note alors méritée, les examinateurs remercient ces candidats qu'ils ont plaisir à écouter !

Le jury encourage les futurs candidats à avoir la même pugnacité dans leur apprentissage de la physique que leurs aînés. Ils pourront ainsi intégrer une des excellentes Écoles du Concours.

## 2.2 Filière PC

### Optique

Le calcul de la différence de marche dans le cas des fentes d'Young « à l'infini » est source de confusion. Beaucoup calculent cette différence de marche sans tenir compte de la présence d'une lentille de projection, en remplaçant simplement « D » par « f ». Le tracé des deux rayons interférant entre eux en un point préalablement fixé de l'écran reste difficile.

La notion de blanc d'ordre supérieur est peu comprise. Les cannelures dans le spectre sont souvent interprétées comme des « raies sombres » visibles directement sur la figure d'interférence. Le calcul des longueurs d'onde manquantes est de ce fait une réelle difficulté. Concernant l'interféromètre de Michelson, de nombreux candidats connaissent souvent « par cœur » les expressions des différences de marche associées aux configurations coin d'air et lame d'air. La notion de « localisation des interférences » et son lien avec l'étendue spatiale de la source reste cependant floue, surtout en coin d'air. Il n'est pas rare de voir des schémas avec deux rayons incidents différents issus d'une source étendue interférant entre eux. Pour plusieurs, les franges d'égale épaisseur tirent leur appellation du fait qu'elles ont bien toute la « même épaisseur », l'interfrange étant constante.

La formule fondamentale des réseaux est parfois confondue avec la formule de Fresnel des interférences à deux ondes, sa démonstration est parfois méconnue. L'orientation et l'algébrisation des angles par rapport à la normale sont fréquemment considérées comme facultatives. Les angles sont souvent comptés par rapport au plan du réseau lui-même.

Les notions de filtrage spatial en diffraction posent des difficultés de compréhension. Les connaissances se limitent très souvent à l'exemple de la mire sinusoïdale. Les candidats ont du mal à réinterpréter qualitativement la formule fondamentale des réseaux en termes de spectre spatial discret et de fréquences spatiales associées à un motif périodique. Le plan de Fourier est souvent confondu avec le plan de l'image d'un objet par une lentille convergente. Il est difficile d'expliquer pourquoi et comment, en agissant sur le spectre de l'objet dans le plan de Fourier, on modifie l'image.

### Thermodynamique

Dans le cas des machines thermiques à écoulement permanent de fluide, nombreux sont ceux qui n'utilisent pas le « 1er principe industriel » spontanément, mais écrivent le 1er principe avec l'énergie interne, sans tenir compte des travaux des forces de pression. Le tracé d'un cycle avec changement d'état dans un diagramme demande une lecture et une interprétation attentives de l'énoncé. Il faut sans cesse réfléchir à la nature physique du système, notamment pour lui appliquer les bonnes expressions des fonctions thermodynamiques comme l'enthalpie ou l'entropie (ne pas confondre liquide, vapeur ou mélange liquide vapeur).

Les bilans en diffusion thermique sont généralement bien compris et mis en place. Il subsiste toutefois des erreurs dans les valeurs de surfaces élémentaires pour le calcul de flux (cylindre, sphère...). L'existence d'une source de chaleur interne (effet joule) est interprétée par certains comme une condition aux limites.