

## 2. PHYSIQUE

### 2.1. Épreuves orales

#### Remarques générales

#### Déroulement de l'épreuve

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.

Les examinateurs ont pour objectif d'aider les candidats à révéler le meilleur d'eux-mêmes. L'épreuve orale est un échange entre l'examineur et le candidat, et n'est surtout pas un « écrit au tableau ». 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. Ces interventions font partie intégrante de l'interrogation et ne sont jamais malveillantes.

#### 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.

Les examinateurs ont conscience du stress que peut provoquer l'enjeu d'une telle épreuve. 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 aussi 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, ce qui engendre de la panique. 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 : c'est un oral, pas un écrit. 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.

Si besoin, les candidats utilisent leur calculatrice personnelle le jour de l'oral et il est judicieux de vérifier avant l'épreuve que celle-ci est bien chargée. Son usage doit rester rationnel, car souvent l'application numérique peut se faire de tête. Rappelons aussi qu'un résultat numérique requiert une unité. Une calculatrice sert aussi à tracer des courbes et les exploiter. Les candidats sont donc invités à mieux savoir utiliser leur calculatrice pour ces applications afin de ne pas tâtonner et s'y reprendre plusieurs fois.

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, 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.

## Evaluation

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 des jeunes gens et des 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.

**La note est un outil de classement et non un strict jugement de valeur absolue.**

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.

*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.*

*Nous encourageons bien sincèrement les candidats pour leur préparation au concours 2019 et espérons qu'ils pourront nous révéler le meilleur d'eux-mêmes !*

### 2.1.1. Filière MP

#### Méthodes mathématiques

La résolution de problèmes de physique nécessite souvent une réflexion sur le comportement d'une fonction mathématique : limite asymptotique, comportement en un point particulier, calcul de tangente à l'origine, composition de deux fonctions, etc. Une erreur couramment observée consiste à considérer une dérivée temporelle nulle à tel instant parce que la fonction considérée à cette date prend une valeur chiffrée par l'énoncé...

Il est tout aussi surprenant, mais courant, de constater que des expressions telles que la surface d'un disque, d'une sphère ou le volume d'une boule, font l'objet de nombreuses erreurs. Les calculs de surface ou de volume infinitésimaux doivent aussi être maîtrisés et présentés à l'aide de figures claires.

Attention, certains candidats appliquent le principe de superposition sans que les équations maîtresses du problème considéré soient linéaires.

Le jury rappelle aux candidats qu'ils doivent apporter leur propre calculatrice aux épreuves orales.

#### Mécanique

D'une manière générale, de nombreuses erreurs de projection des forces et des moments sont à déplorer. La volonté affichée de déterminer ces grandeurs « avec les mains », plutôt qu'avec un formalisme mathématique rigoureux, est finalement préjudiciable aux candidats.

Le jury rappelle qu'une approche énergétique peut parfois se substituer très utilement au Principe Fondamental de la Dynamique.

Une accélération nulle n'est pas synonyme d'une absence de mouvement.

La composition des vitesses galiléenne doit être parfaitement maîtrisée.

Le théorème du moment cinétique est souvent mal écrit, même dans des cas simples.

L'étude d'un « pendule simple » ne se réduit pas toujours au cas des petites oscillations.

Le portrait de phase des systèmes mécaniques ou électrocinétiques du programme doit pouvoir être construit et commenté.

Certains candidats distinguent mal les notions de résonance en élongation et en vitesse ; le rôle du facteur de qualité pour l'étude de la résonance en élongation est mal connu.

Le poids de l'objet A en contact avec l'objet B ne « s'applique » pas sur B : il faut faire intervenir la réaction qui n'est pas *a priori* l'opposée du poids.

Les lois de Coulomb ne sont pas identiques en cas de glissement et de non-glissement. Leur énoncé est souvent incomplet, et l'aspect énergétique mal maîtrisé. Le système qui subit l'action mécanique considérée doit toujours être précisé pour éviter des résultats aberrants.

Certains candidats ne savent pas démontrer la loi des aires, ou justifier le lien entre la valeur de l'énergie mécanique et la nature du mouvement d'une masse soumise à un potentiel newtonien.

La dynamique en référentiel non galiléen est souvent mal traitée : la définition de la pesanteur et de la verticale sont souvent erronées. L'influence de la force de Coriolis sur les mouvements est souvent mal comprise.

### Mécanique quantique

Les calculs ondulatoires sont souvent bien maîtrisés, mais l'interprétation du comportement de la densité de probabilité de présence est rarement bien menée.

Les niveaux d'énergie d'un puits de potentiel infini doivent pouvoir être retrouvés rapidement.

Les coefficients de réflexion/transmission R et T sont parfois mal définis.

Attention, le lien entre confinement et quantification n'a pas les mêmes conséquences en physique quantique et en physique classique.

### Optique

Le jury rappelle que des compétences expérimentales sont exigibles sur tous les chapitres du programme. 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 faut savoir déterminer les sources secondaires et le champ d'interférences.

L'optique géométrique est évaluée sur des cas concrets ; son application à l'œil, à d'autres instruments de visualisation ou à des montages interférométriques doit être maîtrisée.

Les constructions d'optique géométrique sont souvent mal maîtrisées, notamment en présence de lentilles divergentes ou d'objets virtuels.

L'utilisation irréfléchie des relations de conjugaison mène souvent à des erreurs de signe et à des conclusions aberrantes.

La notion de schéma équivalent est rarement mise en œuvre pour simplifier les discussions.

Le fonctionnement de l'œil ainsi que ses défauts et leur correction sont souvent mal compris.

Les réseaux de diffraction posent souvent problème : les aspects qualitatifs sont mal maîtrisés (conditions d'observation, lien entre la relation des réseaux et une condition d'interférences constructives), de nombreux résultats sont donnés sans justification ni interprétation physique.

Les notions de cohérence spatiale et temporelle des phénomènes d'interférence à deux ondes sont souvent mal comprises. L'influence de l'extension spatiale d'une source et de son contenu spectral sur la figure d'interférences donne lieu à de nombreuses erreurs et confusions.

Les critères semi-quantitatifs de visibilité à partir des ordres d'interférence sont souvent mal compris. Ils permettent pourtant de tirer des conclusions claires, en limitant les calculs.

Dans des montages d'interférences autres que l'interféromètre de Michelson ou les fentes d'Young, de nombreux candidats éprouvent des difficultés à faire le lien avec l'un de ces dispositifs, de façon à pouvoir utiliser les résultats associés.

L'utilisation du théorème de Malus (couplé si besoin à la loi de retour inverse) pour s'affranchir des lentilles lors des calculs de différence de marche est souvent problématique.

### Thermodynamique

La définition précise d'un système fermé est nécessaire pour appliquer les Principes de la Thermodynamique.

La notion de « pression extérieure », souvent citée par les candidats lors du calcul du travail des forces de pression (et dont on peut regretter l'appellation trompeuse) est rarement bien comprise des candidats.

Une transformation adiabatique n'est pas forcément isentropique.

Dans l'étude d'une machine thermique cyclique, le sens des échanges thermiques avec les sources est souvent mal compris. Des contraintes claires portant sur la température réelle des sources doivent pouvoir être déduites de l'étude des diagrammes enthalpiques (P;h).

Les préoccupations industrielles ne consistent pas à faire tendre le rendement d'une machine cyclique ditherme vers un rendement de Carnot.

Le raisonnement permettant d'obtenir et d'utiliser le Premier Principe *en écoulement* n'est pas toujours maîtrisé ; les candidats doivent notamment pouvoir justifier la présence de l'enthalpie massique et du travail utile massique dans cette formulation.

Le jury a relevé de nombreux problèmes dans les orientations de flux, conduisant à des bilans physiquement irréalistes. Il rappelle en outre qu'un bilan n'est pas forcément écrit à l'échelle mésoscopique.

Un régime stationnaire implique des conséquences sur la distribution spatiale du flux thermique.

L'utilisation de résistances thermiques est soumise à une hypothèse souvent négligée par les candidats. Certains exercices peuvent se traiter simplement avec un schéma résistif équivalent.

En physique statistique, le jury a relevé un certain nombre d'erreurs sur l'expression et l'interprétation physique du facteur de Boltzmann.

L'allure de la capacité thermique du système à deux niveaux est généralement mal comprise.

La contribution des termes quadratiques de l'énergie à sa valeur moyenne est souvent mal interprétée et maladroitement mise en application. L'énergie moyenne d'une particule et celle d'un système de N particules sont fréquemment confondues.

## Électromagnétisme et ondes

Les gammes de fréquences des rayons X, UV, IR et ondes radio sont parfois mal connues.

Certains candidats pensent que l'Approximation des Régimes Quasi-Stationnaires est synonyme de champs indépendants du temps, et ne savent pas sous quelles hypothèses les équations de Maxwell sont modifiées en ARQS.

Pour les exercices d'induction, une analyse physique de la situation est attendue. Certains candidats n'orientent pas le courant et ne représentent pas le schéma électrique équivalent.

La loi de modulation de Lenz est souvent citée de façon vague, ne permettant pas d'explicitier ce qu'est un phénomène inductif. Les conséquences successives d'une variation de flux magnétique sont rarement expliquées *in extenso* par les candidats.

La conversion d'énergie électromécanique est rarement comprise et utilisée.

En électrocinétique, le lien entre fonction de transfert et linéarité du système est souvent éludé.

Le jury constate que de nombreux candidats veulent utiliser les lois locales de l'électromagnétisme, mais concluent par « je ne connais pas l'expression de la divergence en coordonnées sphériques ... », ou « ...du laplacien en coordonnées cylindriques... », au lieu de penser aux relations intégrales associées (théorèmes de Stokes et de Green-Ostrogradski).

Les arguments de symétrie et d'invariances sont parfois encore confondus par les candidats, notamment à propos des distributions de courants.

Le tracé des lignes de champ (électrique et magnétique) est souvent décevant. Le jury rappelle qu'une distribution finie de charge non nulle peut être vue à longue distance comme une charge ponctuelle.

La relation de structure de l'OPPM est souvent utilisée de façon abusive, dans des cas où l'onde n'est pas plane.

Le lien entre le vecteur de Poynting et la puissance rayonnée est parfois inexact. Ces grandeurs sont à valeurs réelles et l'usage des champs complexes impose une formulation adaptée.

On note une confusion fréquente entre onde atténuée et onde évanescence. Le cas de l'effet de peau pose régulièrement problème.

Les critères de l'existence du phénomène de dispersion sont mal maîtrisés.

Les causes éventuelles de la dispersion d'une onde sont multiples et souvent mal comprises. Le jury rappelle qu'une onde stationnaire n'est pas forcément résonante.

## Conclusion

Le jury a pleinement conscience de la difficulté que représente un oral d'une heure au tableau, et du stress ou de la fatigue que ressentent les candidats au cours de cette période d'oraux. Il rappelle ainsi qu'un exposé clair, appuyé sur des schémas précis et des arguments chiffrés et bien discutés sont les garants d'un bon oral, que le candidat ait traité partiellement ou non l'exercice proposé. L'examineur a pour consigne de rester le plus neutre possible. Nous invitons donc les candidats à ne pas rechercher dans l'attitude de l'examineur un encouragement ou une réserve, mais à être attentifs à ses remarques. Les suggestions de l'examineur ont dans la grande majorité des cas pour but d'aider le candidat à avancer dans la résolution de son exercice ou à préciser sa réflexion. Enfin, le jury rappelle que l'objectif des épreuves orales est de classer les candidats qui ont déjà fait leurs preuves aux écrits, et que les notes d'oral sont pour cette raison nécessairement assez étalées. La session 2018 a de nouveau été l'occasion de voir d'excellent(e)s candidat(e)s faire des prestations remarquables à l'oral, et le jury les en félicite.

Les points suivants doivent permettre aux candidats d'améliorer leurs prestations :

- La prise de parole au tableau avec un niveau de langage et un vocabulaire adaptés, ainsi que la formulation d'idées précises et argumentées, est en soi un exercice difficile. Il doit donc se travailler tout au long de l'année dans les disciplines scientifiques et littéraires, en khôlle comme en classe entière.
- 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 les demander.
- Il vaut toujours mieux laisser l'examineur finir ses phrases et répondre explicitement à toute question posée.
- Certains candidats se retrouvent dans une impasse, en cherchant à obtenir un résultat attendu, sans analyse des hypothèses et des données, suivie d'un raisonnement construit, comme si tout résultat demandé nécessitait la simple application d'une formule.
- Un nombre préoccupant de candidats semble ne pas faire de différence claire entre variables (temps, espace, grandeurs électriques...) et paramètres d'un problème (ces derniers sont parfois inconnus, mais fixés pour le problème posé).
- 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. Il en va de même pour le schéma présentant la géométrie d'un système sur lequel s'appuient les candidats pour discuter par exemple d'actions mécaniques ou de bilans de puissance.
- Des « questions de cours » peuvent être posées. Il est bienvenu d'y répondre de façon structurée et rigoureuse, en s'appuyant si besoin sur des applications concrètes et des ordres de grandeur bien choisis, et en prêtant attention aux unités de ces derniers.
- Le programme de 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.