

- Cette question n’est traitée qu’épisodiquement. Très peu de candidats identifient correctement u_F comme un endomorphisme nilpotent et u_G comme un automorphisme. La difficulté était ensuite de voir comment, à partir du caractère échangeur de ces endomorphismes, obtenir celui de u .
 - Question souvent traitée et assez péniblement rédigée. Les calculs sont rarement présentés de manière intelligible.
 - Ces questions n’ont qu’épisodiquement été traitées correctement, les quelques tentatives de grappillage ont souvent été vaines. Traiter la deuxième partie de la question 21 ne rapportait rien si la première n’était pas réussie.
- Terminons par quelques conseils pour les futurs candidats.
 - Maîtriser parfaitement son cours.
 - Bien réfléchir, aidé d’un brouillon, à la structure du raisonnement ou du calcul avant de le coucher sur le papier. Au moment de la rédaction, donner toutes les justifications pertinentes (et rien qu’elles !), et structurer correctement ses raisonnements.
 - Il est toujours préférable d’analyser un nombre réduit de questions en profondeur plutôt que de traiter superficiellement la totalité du sujet. On pouvait ici avoir une note tout à fait satisfaisante en se contentant de traiter correctement les deux tiers des questions.



2. PHYSIQUE

2.1. Épreuves orales - Remarques générales

- Déroulement de l’épreuve orale

L’oral de physique dure environ une heure et comporte en général deux parties qui peuvent être préparées ou abordées en direct au tableau. L’interrogation peut comporter une question de cours ou uniquement des exercices.

Un même examinateur interroge tous les candidats selon la même procédure. Les modalités de l’interrogation sont annoncées en général à l’extérieur de la salle et rappelées si besoin au début de l’épreuve. L’oral du concours Mines-Ponts classe les candidats au sein de chaque jury. Si la procédure est parfois un peu différente d’un examinateur à l’autre, tous les examinateurs ont les mêmes exigences.

Quels qu’en soient le contenu ou le déroulement, l’épreuve est avant tout **un échange oral entre l’examineur et le candidat**. L’examineur peut donc interrompre l’exposé du candidat à tout moment pour demander des précisions, élargir le sujet, canaliser l’exposé, ou aider la progression.

Le candidat n’a pas à s’inquiéter de ces interventions. Elles font partie de l’interrogation et ne préjugent nullement de la valeur de sa prestation.

L’examineur doit rester neutre et suivre les propositions du candidat. Cette neutralité, qui peut conférer une attitude parfois un peu distante, n’est jamais malveillante.

De façon générale, les examinateurs ont pour tâche d’aider le candidat à révéler le meilleur de lui-même.

- Évaluation

Le concours Mines-Ponts cherche à recruter des candidats 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.

Les candidats ont déjà été sélectionnés par les épreuves écrites. Les examinateurs sont parfaitement conscients qu'ils interrogent des jeunes gens et des jeunes filles d'un niveau certain. Néanmoins, l'examineur utilise toute l'échelle de notes mises à sa disposition, c'est à dire de 1 à 20. **La note apparaît alors davantage comme un classement plutôt qu'un strict jugement de valeur.**

Les examinateurs évaluent principalement les savoirs, les savoir-faire, la logique, la rigueur, l'autonomie, le sens physique, mais aussi la capacité à réagir aux indications qu'ils fournissent. Par conséquent, les notes excellentes 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. En particulier, un rapide contrôle d'homogénéité peut éviter bien des bévues. 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 fréquemment, celui de première année. Ces notes peuvent caractériser de l'ignorance, mais plus souvent un manque d'assimilation ou de compréhension des concepts. De nombreux candidats apprennent du cours ou des solutions par cœur, sans aucun recul, et sans être capable de réinvestir ces connaissances dans un contexte différent. Beaucoup de candidats révèlent malheureusement leur 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.

- Attentes

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 se corrige spontanément ou à la suite d'une petite remarque de l'examineur. Néanmoins des erreurs répétitives, ou grossières, sur des calculs simples ne sont pas toujours le fruit d'une banale étourderie.

L'attitude au tableau requiert quelque attention. Le candidat ne doit pas tout rédiger, 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.

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 aussi être correctement nommées.

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.

L'oral de physique du concours commun Mines-Ponts en filière MP consiste selon les examinateurs, en une épreuve d'une durée entre 45 minutes et une heure, précédé ou non, d'un temps de préparation. Il est parfois demandé au candidat, de présenter une question de cours, prétexte à explorer les connaissances du candidat dans des domaines variés, portant sur les deux années du programme.

- Attitude des candidats

D'une manière générale, les examinateurs remarquent que la plupart des candidats sont parvenus, en deux ou trois ans de classes préparatoires, à acquérir un niveau de rigueur scientifique satisfaisant. Il reste quand même une toute petite proportion de candidats présents à l'oral, présentant un niveau étonnamment insuffisant : on trouve encore des candidats incapables de citer les équations de Maxwell, ou d'écrire correctement le théorème de Gauss ou d'Ampère, ou encore de donner l'accélération en coordonnées polaires...

Enfin, nous félicitons un certain nombre de candidats remarquables, possédant à la fois une grande aisance de raisonnement et de calcul, ainsi qu'un recul admirable sur des parties variées de leur programme.

- Conseil aux candidats

Rappelons que l'oral est davantage un lieu de proposition et de discussion plutôt qu'une épreuve de calcul au tableau. De ce fait, l'examineur sera plus sensible à une discussion dynamique avec le candidat sur les méthodes possibles pour résoudre un problème (quitte à proposer des méthodes inadaptées), qu'à assister passivement à un candidat muet alignant sans un mot les lignes de calcul et se fermant, par son attitude, aux remarques de l'examineur, qui auraient pu l'aider à avancer.

L'épreuve d'oral de physique peut ou non, être précédée d'un temps de préparation. Pour beaucoup de candidats, ce temps n'est pas utilisé de façon optimale : pendant leur préparation, beaucoup s'engouffrent dans des calculs simples pour répondre aux premières questions, mais se retrouvent ensuite dépourvus lorsqu'il s'agit d'avancer l'exercice une fois au tableau. Il serait plus judicieux de lire l'énoncé du sujet jusqu'au bout, d'identifier les points clés et de concentrer la préparation sur ceux-ci.

Il serait bon également que les candidats, en fin de calcul, pensent à vérifier l'homogénéité de leur expression, pour éviter des erreurs dans la suite de leurs calculs. Des progrès ont été faits ces dernières années à ce sujet, et sont à encourager. De même on note que les candidats font davantage d'efforts pour expliquer les phénomènes étudiés et les résultats obtenus d'une manière qualitative. Cette évolution positive est à encourager !

Des calculs d'ordres de grandeur – sans calculatrice - sont souvent demandés. Il est bon que les candidats pensent à commenter les résultats obtenus.

Enfin, une grande partie des candidats utilise des expressions du style : « on a que ». Un langage plus fluide serait préférable.

2.2. Épreuves orales – Remarques particulières

2.2.1. Filière MP

- Méthodes mathématiques

Les questions d'optique géométrique, d'optique physique, d'induction, de mécanique, sont très souvent considérées comme difficiles par les candidats. Mécanique quantique et physique statistique, finalement plus techniques, sont mieux abordées.

Un grand nombre d'aspects du programme de physique nécessitent un minimum de connaissances en trigonométrie : optique physique, électromagnétisme, mécanique, statique des fluides.

La résolution de problèmes de physique nécessite souvent une réflexion qualitative sur le comportement d'une fonction mathématique : limite asymptotique, comportement en un point particulier, calcul de tangente à l'origine, composition de deux fonctions... Il est parfois étonnant de constater que les candidats, pourtant issus de la filière MP, peinent à représenter une simple fonction trigonométrique !

Il est aussi surprenant de constater que des expressions aussi simples que la surface d'un disque, d'une sphère ou le volume d'une boule, fassent l'objet de nombreuses erreurs !

- 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.

Beaucoup de candidats ne pensent toujours pas à la conservation de l'énergie mécanique totale pour des systèmes qui ne dépendent pourtant que d'un paramètre.

La dynamique en référentiel non galiléen est souvent mal traitée : les candidats doivent connaître – ou pouvoir redémontrer l'expression de l'énergie potentielle associée à la force d'inertie d'entraînement.

Accélération nulle n'est pas « synonyme » d'une absence de mouvement !

Les vitesses cosmiques sont souvent inconnues.

L'étude du « pendule simple » ne peut se limiter aux petites oscillations.

La composition des vitesses galiléenne doit être mieux maîtrisée.

Le théorème du moment cinétique est souvent mal écrit, même dans des cas simples (rotation d'une barre autour d'un axe fixe).

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 candidats oublient parfois que pour les lois de Coulomb, lorsqu'il y a glissement, la réaction tangentielle est de même direction et de sens opposé à la vitesse de glissement.

- Mécanique quantique

Les calculs sont souvent bien maîtrisés.

Il faut veiller à ne pas confondre la relation de dispersion pour l'onde associée à une particule matérielle et celle associée aux ondes électromagnétiques.

- Optique

En optique géométrique, les tracés sont souvent mal maîtrisés surtout en présence de lentilles divergentes, alors que ces tracés peuvent être d'une grande aide.

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 (les chemins considérés n'enjambent pas les lentilles que l'on souhaite éliminer).

Les propriétés de localisation pour l'interféromètre de Michelson en source étendue sont mal connues.

Il y a des problèmes de terminologie : l'expression « rayons » en phase est parfois utilisée pour caractériser des points dont la différence de marche jusqu'à un point d'observation est nulle.

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

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

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

D'une manière générale, les notions de cohérence spatiale et temporelle des phénomènes d'interférence à deux ondes sont floues. L'influence de l'extension spatiale d'une source et de son contenu spectral sur la figure d'interférence donne lieu à de nombreuses erreurs et confusions.

Les critères semi-quantitatifs de visibilité à partir des ordres d'interférence sont souvent mal connus. 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.

Le théorème de Malus et le principe de retour inverse de la lumière, permet de calculer facilement la différence de marche quand l'écran est placé dans le plan focal image d'une lentille. Certains candidats veulent calculer toutes les distances sans tenir compte de la lentille. D'une manière générale, le trajet de rayons à travers des lentilles est très difficile à obtenir.

Beaucoup de candidats ne savent pas où placer la lentille pour observer sur un écran les franges rectilignes d'un Michelson réglé en coin d'air.

La superposition d'ondes planes a conduit à des difficultés.

Notons pour finir que l'interféromètre de Michelson peut être étudié avec une source ponctuelle – y compris à l'infini...

- Thermodynamique

En thermique on relève toujours beaucoup de problèmes dans les orientations des flux, conduisant à des bilans physiquement irréalistes par manque de rigueur. Certains candidats définissent les orientations avant tout calcul, d'autres candidats préviennent qu'ils vérifient la cohérence des signes après coup, d'autres enfin ne prennent aucune précaution. Cependant il y a une amélioration dans la vérification de la cohérence a posteriori.

La conservation du flux dans un tube de courant en régime stationnaire sans source est souvent mal maîtrisée, ce qui pose souvent des problèmes lorsqu'il faut écrire des relations de passages entre milieux.

On relève également beaucoup de confusions entre adiabatique et isentropique.

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

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

Certains candidats ne voient pas qu'à l'interface solide-fluide en mouvement, la température est discontinue alors qu'à l'interface solide-solide, la température est continue.

La notion de résistance thermique est parfois inconnue. Certains exercices peuvent se traiter simplement avec un schéma électrique équivalent. On relève des difficultés pour calculer les résistances thermiques, ou pour évaluer la résistance thermique associée aux transferts conducto-convectifs.

Il subsiste encore beaucoup d'erreurs sur les l'établissement des lois de conservation via les bilans locaux (de chaleur comme de charge).

Les candidats doivent penser à orienter les transferts thermiques : un certain nombre d'erreurs dans les bilans thermiques seraient évitées de la sorte.

Les diagrammes enthalpiques ne sont pas toujours bien interprétés.

Le raisonnement permettant d'obtenir le « premier principe industriel » et son adaptation n'est pas bien dominé. La signification des grandeurs intervenant dans la thermodynamique des systèmes ouverts n'est pas toujours maîtrisée.

En physique statistique, on note un certain nombre d'erreurs sur l'expression du facteur de Boltzmann. Par ailleurs, dans des problèmes mettant en jeu des ions (cations et anions) dans un potentiel électrique, les

candidats font fréquemment l'erreur d'appliquer les résultats des systèmes à deux niveaux d'énergie discrets.

L'allure de la capacité thermique du système à deux niveaux n'est généralement pas connue, ni interprétée.

- Électromagnétisme et ondes

On relève des difficultés avec les propriétés de symétrie en ARQS lorsque les sources du champ électrique sont des courants (solénoïde dans l'ARQS), mais il est vrai que le programme insiste sur l'aspect régime stationnaire.

En électrocinétique, les propriétés des inductances sont mal maîtrisées, et semblent parfois trop évidentes (on introduit L et M , car les relations courant/flux sont linéaires).

De même le lien entre fonction de transfert et linéarité du système étudié est souvent éludé.

Sur des exercices d'induction, certains candidats n'orientent pas le courant et ne représentent pas le schéma électrique équivalent. On attend des candidats une analyse physique de la situation. Les questions de cours portant sur l'induction laissent souvent à désirer : les candidats doivent penser à détailler les processus électriques et mécaniques en jeu (variation du flux magnétique donc force électromotrice, donc courant induit, donc action mécanique...) et vérifier la loi de modération de Lenz.

La fonction de transfert est parfois utilisée pour relier des amplitudes de signaux non sinusoïdaux (créneau/triangle dans un intégrateur).

Il y a encore trop d'erreurs sur les opérateurs d'analyse vectorielle : des relations simples de composition des opérateurs (divergence d'un rotationnel, par exemple) sont parfois mal connues. Par ailleurs trop de candidats veulent utiliser les lois locales de l'électromagnétisme, mais concluent par « Je ne connais pas l'expression de la divergence en coordonnées sphériques... » « ...du Laplacien en coordonnées cylindriques... », au lieu de penser aux relations intégrales associées (théorème de Gauss ou d'Ampère).

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

On note une confusion fréquente entre onde atténuée et onde évanescence.

Le lien entre le vecteur de Poynting et la puissance rayonnée est souvent inexact. De plus, beaucoup de candidats font l'erreur d'utiliser les expressions complexes des champs électrique et magnétique dans l'expression du vecteur de Poynting, avec bon nombre d'erreurs d'un facteur $1/2$ à la clé.

Le tracé des lignes de champ (électrique et magnétique) est très souvent fantaisiste. Il est bon de rappeler qu'une distribution finie de charge non nulle, peut-être vue à l'infini, comme une charge ponctuelle...

Les causes éventuelles de la dispersion d'une onde sont multiples et souvent mal comprises.

- Conclusion

Les examinateurs sont tout à fait conscients 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.

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 préciser sa réflexion. Enfin, nous rappelons aux candidats que l'objectif de l'oral est de classer les candidats et que les notes sont nécessairement assez étalées.