

- Les exercices de résolution (guidée) d'équations aux dérivées partielles mettent trop souvent les candidats en échec. Le jury rappelle que l'usage de la règle de la chaîne fait partie des attendus du programme de PSI. Similairement, la définition de la matrice hessienne d'une application est rarement connue des candidats.
- Le théorème sur les séries alternées est généralement bien appliqué pour démontrer la convergence d'une série, mais la majoration du reste est souvent oubliée.

### **Probabilités.**

- Les probabilités font partie du champ des mathématiques, et ne doivent donc en aucun faire l'objet d'une impasse ou servir de prétexte à un relâchement de rigueur. La session 2025 ne fait hélas pas exception, et de nombreux candidats ont été pénalisés par cet état de fait.
- Trop peu de candidats pensent à vérifier que les probabilités calculées sont à valeurs dans  $[0,1]$ , ou que la somme des termes d'une distribution de probabilités à déterminer vaut 1. Cela permet pourtant de détecter rapidement une erreur de calcul pénalisante, notamment pendant la préparation.
- Pour établir l'indépendance de variables aléatoires, le jury attend un argument plus précis qu'une vague évocation du lemme des coalitions. Il semble nécessaire de préciser les hypothèses du théorème et de vérifier qu'elles s'appliquent dans le cadre de l'exercice.



## 2 Physique-Chimie

### 2.1 Remarques générales

#### 2.1.1 Déroulement de l'épreuve

Comme indiqué dans la notice, 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'examinateur 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'examinateur 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'examinateur 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.

#### 2.1.2 Attentes

Les candidats sont interrogés dans le respect strict du programme des classes MPSI et MP2I, PCSI, puis MP et MPI, 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.

Les candidats des filières MP et PSI sont interrogés sur l'intégralité du programme de physique-chimie, dont la partie « constitution et transformations de la matière » ainsi que les autres parties estampillées « chimie » et pas uniquement de « physique ».

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 ! Le volume de connaissances et compétences exigibles est déjà très vaste ; il est donc inutile de se charger avec des connaissances hors programme, parfois 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'examinateur. 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'examinateur 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 tableau de façon rationnelle, et donner tout haut les explications 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'examinateur.

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 les 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 ou ordre 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.

### 2.1.3 Evaluation

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. Il 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.

## 2.2 Physique - Filière MP

### Remarques générales et conseils aux futurs candidats

Si le format de l'épreuve -indiqué dans la notice du concours et sur les feuilles de consignes affichées au niveau de chaque salle d'examen- est bien connu par la grande majorité des candidats, certaines modalités sont parfois découvertes le jour de l'oral, ce qui peut surprendre et nuire à la qualité de la prestation, voire limiter l'évaluation des compétences.

En particulier, le candidat doit avoir sorti sa pièce d'identité avant d'être appelé, ainsi que son téléphone portable -éteint-, afin de ne pas perdre de temps lors de son accueil et éviter une réduction de son temps de passage, ou une attente supplémentaire aux candidats suivants. Il faut également prévoir des stylos pour la préparation, ainsi qu'une règle graduée, utile pour la lecture de schémas ou graphes. Une part significative de candidats oublie encore d'amener une calculatrice personnelle, ce qui s'avère préjudiciable pour certaines applications numériques où un résultat précis est attendu, pour le traitement de valeurs expérimentales par régression linéaire...

En revanche, des feuilles de brouillon sont systématiquement fournies et détruites en fin d'épreuve. Les sujets doivent être restitués à l'examineur et ne doivent pas être annotés par les candidats, sauf consigne contraire clairement indiquée.

L'épreuve comporte une question de cours -ou un exercice proche du cours- suivie ou précédée par un exercice « ouvert », éventuellement complétée par des questions supplémentaires. Pendant le quart d'heure de préparation en début d'épreuve, l'examineur n'exige pas la préparation d'un exposé complet ou une résolution exhaustive, qui seraient restituées au tableau à partir du brouillon (l'oral

n'est pas un « écrit debout » et le champ de compétences évaluées n'est pas le même que pour les épreuves d'admissibilité) : Il est conseillé d'utiliser ce temps relativement bref de préparation pour structurer ses idées, analyser physiquement le problème, cerner les connaissances à mobiliser et trouver des pistes de résolution, qui seront poursuivies ou rectifiées lors de l'échange scientifique avec l'examinateur.

Quand la notice précise que les candidats peuvent être interrogés sur l'ensemble du programme de leur filière, cela inclut l'enseignement de chimie en MPSI/MP/MP\*, ainsi que les connaissances et compétences acquises en travaux pratiques. Si la majeure partie des candidats a bien intégré ces consignes, quelques-uns semblent encore surpris d'avoir un exercice de chimie ou des questions sur les ordres de grandeurs d'inductances, de résistances, capacités utilisées en TP, la disposition des composants pour l'étude d'un filtre quand le générateur et l'oscilloscope ont une masse commune, le choix et la disposition d'une lentille et d'un écran de projection d'une figure d'interférences, le choix d'un indicateur coloré dans un titrage, des ions dans un pont salin...

S'il n'est pas demandé aux candidats d'être des « encyclopédies de grandeurs physiques », il est conseillé d'avoir en tête les valeurs approchées de constantes physiques couramment utilisées -certaines sont même exigibles par le programme- et être capable de proposer des ordres de grandeur pertinents pour les données rencontrées dans la vie courante :

Ainsi, il est manifestement irréaliste de proposer 100km comme ordre de grandeur de la distance Terre-Lune, une puissance électrique de 1MW pour une bouilloire domestique (il suffit de réfléchir au temps de chauffage à ébullition d'1L d'eau avec des connaissances élémentaires de thermodynamique pour s'en convaincre), ou d'estimer le champ disruptif dans l'air sec à  $1\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$  (les piles usuelles généreraient alors des arcs électriques !).

On rencontre encore fréquemment des difficultés à mener sans erreurs des calculs de quelques lignes. Outre l'entraînement au calcul algébrique pendant leurs années en CPGE, les candidats sont invités à vérifier qu'ils maîtrisent bien l'ensemble des outils mathématiques pour la physique mentionnés en annexe des programmes de MPSI et MP.

On rencontre encore trop fréquemment un manque de rigueur dans les notations : confusion entre grandeur scalaire et vectorielle, dérivée et différentielle, oubli de l'élément différentiel dans l'écriture d'une intégrale, graphes avec des axes non légendés, allures de courbes représentatives manifestement non pertinentes...

Il faut avoir le réflexe de contrôler l'homogénéité des expressions, systématiquement lorsqu'on aboutit à un résultat important et fréquemment lors de calculs ne se limitant pas à une ou deux lignes : cela permet de rectifier facilement la plupart des erreurs d'inattention et parfois des fautes de raisonnement. Le candidat qui aboutit à une expression littérale doit également commenter sa pertinence : accord avec des données expérimentales fournies, expression qui coïncide, dans des cas limites, avec des prévisions faisables sans (ou avec très peu de) calculs, influence prévisible de tel ou tel paramètre...

Il faut également penser à valider/invalidier les hypothèses effectuées. Si l'examinateur doit suggérer au candidat cet élément indispensable de la démarche scientifique, ce dernier sera pénalisé.

D'un point de vue pratique, il faut se rappeler qu'en menant un calcul tableau, on a physiquement moins de recul que sur une feuille, ce qui rend les risques d'erreurs plus fréquents : il est donc recommandé de s'entraîner le plus possible dans les conditions de passage des oraux lors des khôlles, des TD ou de séances de travail.

## Remarques par thèmes du programme

### - Electrocinétique

Si les règles d'association série et parallèle sont connues par la plupart des candidats pour les résistances électriques, certains ne savent pas les justifier, les tentatives de démonstration révélant parfois une méconnaissance de la définition de ces associations et la croyance qu'il n'existe que des associations série ou parallèle. Ainsi, les calculs de capacités équivalentes ont entraîné parfois des erreurs et des pertes de temps.

On rencontre encore des candidats très mal à l'aise avec les grandeurs algébriques et les orientations, certains pensant que la loi d'Ohm s'écrit «  $u = +Ri$  » en toutes circonstances, d'autres croyant qu'« il faut changer le signe de l'expression algébrique suivant le sens physique du courant -et changer d'expression littérale à chaque demi-période pour des signaux alternatifs ! ».

Une part non négligeable de candidats pense que toutes les grandeurs électriques sont mathématiquement continues, ce qui entraîne des erreurs dans l'étude des régimes transitoire. D'autres citent correctement la continuité de la tension aux bornes d'un condensateur et de l'intensité dans une bobine, mais ne savent pas justifier ces propriétés.

On relève parfois un manque de rigueur dans le vocabulaire : rappelons qu'on parle de tension aux bornes d'un dipôle et d'intensité du courant traversant un dipôle (mais pas « d'intensité aux bornes d'un dipôle » !).

Les bilans énergétiques sont parfois mal maîtrisés : confusion entre les quantités d'énergies échangées et les variations d'énergie stockées, entre puissance et énergie...

L'identification de la nature d'un filtre à partir de son schéma électrique est trop souvent faite avec maladresse par le calcul et l'étude de la fonction de transfert, ce qui est possible, mais beaucoup plus long que l'utilisation des schémas équivalents en haute et basse fréquence, en particulier dans les exercices où il s'agit de trouver une disposition de composants permettant d'avoir un filtre de la catégorie indiquée par l'énoncé.

La mise sous forme canonique des fonctions de transferts prend beaucoup de temps à certains candidats : quand la forme canonique est connue ou indiquée par l'énoncé, son identification « terme à terme » à l'expression obtenue en fonction des composants permet de trouver rapidement l'expression des paramètres canoniques.

Le traitement d'un signal non sinusoïdal par un filtre n'est pas toujours bien maîtrisé : on rencontre encore des tentatives d'application de la fonction de transfert au signal global.

Les mesures de déphasages à partir de courbes expérimentales pose encore des difficultés à certains candidats : erreurs de signe, confusion entre décalage temporel et déphasage...

En électronique numérique, le phénomène de repliement du spectre n'est pas toujours clairement expliqué.

### - Mécanique du point matériel et du solide.

Les exercices de mécanique doivent presque toujours débiter par une analyse physique des phénomènes... et celle-ci reste bien souvent trop succincte : Beaucoup de candidats se plongent

trop rapidement dans des équations qu'ils ne parviennent pas à résoudre, simplifier ou interpréter, faute d'avoir cerné, par une discussion physique préalable, le système de coordonnées le plus adapté à l'étude et les outils les plus stratégiques (2<sup>e</sup> loi de Newton ou théorèmes énergétiques).

Les bilans de forces sont parfois négligés, avec des oublis en conséquence.

La manipulation des grandeurs vectorielles et les projections sont sources de difficulté pour certains candidats. En particulier, quand les angles en jeu entre les forces et les axes de projection sont quelconques, il vaut mieux éviter de faire un schéma qualitatif avec des angles proches de 45°, ce qui augmente le risque d'erreur dans les coefficients de projection (confusion  $\sin \leftrightarrow \cos$ ).

Les grandeurs algébriques sont parfois mal maîtrisées : en particulier, les confusions entre norme et composante sont assez fréquentes.

Les expressions algébriques de la force de rappel d'un ressort, ainsi que celle des forces de frottement solides sont parfois incorrectes (erreur d'orientation). Certains candidats se trompent sur le sens de l'inégalité de la loi de Coulomb de frottement solide dans le cas du non glissement et ont des difficultés à vérifier la pertinence de l'expression qu'ils proposent.

Les forces de frottement solides sont considérées comme systématiquement constantes par certains candidats.

Les calculs de moments de force, de force d'inertie d'entraînement et de Coriolis ont donné lieu à de fréquentes erreurs, certains candidats ne se rappelant plus de leurs expressions correctes, d'autres ayant des difficultés avec les produits vectoriels.

On relève trop souvent un manque de rigueur dans l'invocation des lois de la dynamique : par exemple, on ne dit pas «On fait un PFD», mais «On applique le principe fondamental de la dynamique à tel système dans tel référentiel -et on précise si il est galiléen ou pas-, le cas échéant en projection suivant tel axe».

On rencontre parfois des confusions entre intégration dans l'espace et dans le temps, en particulier lors de l'utilisation des théorèmes «énergétiques». Certaines grandeurs a priori variables sont intégrées comme des constantes.

Quand on a fait une hypothèse de glissement ou de non glissement, il convient de la vérifier avant de valider un résultat qui en découle.

#### - Mécanique quantique et physique statistique.

Le passage de l'équation de Schrödinger dépendant du temps à l'équation différentielle vérifiée par la partie spatiale de la fonction d'onde dans le cas d'états stationnaires pose des difficultés à certains candidats.

On relève parfois des erreurs de signe dans la résolution de l'équation de Schrödinger, que des candidats ne remarquent pas, y compris dans les cas les plus classiques traités en cours : Par exemple, des solutions en exponentielles réelles sont manifestement non pertinentes dans le cas d'un puits de potentiel infini et cela devrait être remarqué sans l'aide de l'examineur.

Si le lien entre fonction d'onde et densité de probabilité est généralement connu, on relève malgré tout des difficultés à interpréter des graphes expérimentaux de densité de probabilité d'une particule en relation avec la fonction d'onde établie par résolution de l'équation de Schrödinger.

Les analogies entre la mécanique quantique et la physique des ondes dans d'autres domaines -cordes vibrantes par exemple- ne sont pas toujours bien perçues ni exploitées.

Certains candidats pensent qu'une combinaison linéaire d'états stationnaires décrit un nouvel état stationnaire. La notion de densité de courant de probabilité n'est pas toujours bien assimilée.

En thermodynamique statistique, le passage d'une particule à  $N$  particules indépendantes pose encore des difficultés, pour justifier à partir de l'écart quadratique énergétique, la négligeabilité des fluctuations relatives d'énergie dans la limite des systèmes à grand nombre de particules.

**- Electromagnétisme.**

Si les candidats ont très majoritairement le réflexe d'examiner les symétries et les invariances pour déterminer la topographie d'un champ électrique ou magnétique, les plans de symétrie ou d'antisymétrie des courants sont parfois mal identifiés, entraînant des erreurs et une perte de temps dans les calculs de champs qui suivent.

Dans les calculs de flux de champs, en particulier pour l'utilisation de la loi de Faraday, on relève de fréquents oublis d'orientation, et un manque de rigueur dans les notations : par exemple, dans la loi de Faraday, on ne met pas de «rond» sur l'intégrale du flux de  $\vec{B}$ , qui concerne une surface -ouverte- s'appuyant sur un contour fermé orienté, mais on en met un sur celle traduisant la circulation du champ électrique exprimant la fem résultante sur le contour fermé envisagé. A toutes fins utiles, il est rappelé que la surface envisagée n'est pas toujours plane -même si le contour l'est- et que  $\vec{B} \cdot d\vec{S}$  n'y est pas toujours uniforme.

Trop de candidats démarrent les exercices sur l'induction sans discussion physique, ce qui les pénalise généralement pour leur démarche ultérieure et ne leur permet pas de vérifier la pertinence de leurs résultats. Attention, la conformité du signe d'une expression (composante d'une force de Laplace par exemple) avec la loi de Lenz ne garantit pas l'exactitude de la démarche : plus modestement, on peut affirmer que le nombre d'erreurs de signe est pair...mais pas forcément nul.

Si les candidats savent majoritairement exprimer les champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$  d'une onde plane progressive monochromatique -OPPM- (ou harmonique -OPPH-) dans le vide, une part importante a des difficultés à définir clairement le caractère plan et le caractère progressif d'une onde. Certains confondent l'axe de polarisation et la direction de propagation d'une onde électromagnétique.

Les relations de structure et de dispersion valables pour une OPPM dans le vide sont parfois utilisées sans précautions pour d'autres ondes, entraînant des résultats non pertinents et l'aide de l'examineur pour une reprise correcte des démarches, ce qui pénalise le candidat.

Pour beaucoup de candidats, les vitesses de phase et de groupe se limitent à deux expressions mathématiques, la signification physique restant très floue. En particulier, la possibilité pour la vitesse de phase de dépasser celle de la lumière dans le vide a du mal à être justifiée clairement.

Les bilans d'énergie électromagnétique et les différents termes qu'ils comportent ne sont pas toujours correctement assimilés. En particulier, la signification et la dimension physiques du vecteur de Poynting posent des difficultés à une partie des candidats.

**- Thermodynamique et phénomènes de transport.**

Le premier principe de la thermodynamique n'est pas toujours clairement cité : certains candidats s'étonnent encore quand l'examinateur leur demandent quel postulat de la physique est utilisé quand ils parlent de «bilan de chaleur» ou de «bilan d'énergie».

Quand on applique les principes de la thermodynamique, il est indispensable de définir le système et la transformation (état initial, état final) envisagés. En particulier, la démonstration du premier principe industriel a donné lieu à de nombreuses imprécisions sur ces points, ce qui la rendait inexploitable.

On trouve encore des utilisations inappropriées des notations en  $d$ ,  $\Delta$ ,  $\delta$  ce qui conduit à proposer des mélanges de grandeurs élémentaires et non élémentaires dans une même expression, parler de «variation de chaleur ou de travail» (si le travail d'une force variait, il présenterait une certaine valeur dans l'état initial avant toute évolution, ce qui bien sûr, n'aurait pas de sens !). Il faut accorder une attention particulière à la distinction entre fonctions d'état d'un système thermodynamique et grandeurs échangées lors d'une évolution, ainsi qu'aux notations qui s'y rattachent, sous peine de commettre des non-sens scientifiques très pénalisants.

Comme dans les autres branches de la physique, la manipulation des grandeurs algébriques pose problème à certains candidats, qui ne pensent pas à définir l'orientation de la mesure des quantités d'énergie échangées, ou mettent systématiquement des valeurs absolues autour des expressions des rendements ou de l'efficacité des machines thermiques, ce qui révèle une crainte d'erreur de signe, éludée par le «bouclier» de la valeur absolue.

L'utilisation des deux principes de la thermodynamique dans le cadre des changements d'état physiques de corps pur pose encore de grosses difficultés à certains candidats, ainsi que l'exploitation des diagrammes d'état. Ces parties du programme ne doivent pas être négligées.

L'étude des transferts thermiques en tant que phénomènes de transport est un domaine où le premier principe est insuffisamment cité dans les démonstrations, dont une bonne part démarre l'exposé par un parachutage de l'équation de la chaleur (*i.e.* de la diffusion thermique), sans aucune discussion physique préalable.

Les hypothèses de stationnarité et d'utilisation de la loi de Fourier ne sont pas suffisantes pour garantir  $\Delta T = 0$ . Il faut aussi qu'il n'y ait pas de sources d'énergie thermique dans la zone de conduction : cette hypothèse est souvent oubliée.

Dans le cas d'un régime de transferts thermiques stationnaire sans source, il est maladroit de redémontrer l'équation de la chaleur en toute généralité pour la simplifier ensuite : il est bien plus rapide d'utiliser ces hypothèses dès le début de la démonstration pour établir rapidement la conservation du flux thermique, puis exploiter la loi de Fourier.

Le concept de résistance thermique et les analogies avec l'électrocinétique permettent aussi de gagner du temps quand le problème s'y prête. Certains candidats semblent peu familiers des résistances thermiques, ont des difficultés à établir leur expression et à les utiliser correctement (par exemple reconnaître une association série ou parallèle de conducteurs thermiques, appliquer le « diviseur de tension thermique »...)

- **Optique.**

Par rapport aux années précédentes, on relève un peu moins de lacunes en optique géométrique, mais les difficultés persistent dans ce domaine : il y a encore des schémas confus -aussi bien pour l'examineur que le candidat, qui sera induit en erreur par son propre schéma- avec des tracés de rayons non pertinents dans les montages à lentilles minces dans l'approximation de Gauss. Certains candidats ont également des difficultés pour trouver l'image d'une source ponctuelle par un miroir plan et à tracer correctement un rayon incident et réfléchi au niveau d'un tel miroir. Cela est préjudiciable pour les questions relevant directement de l'optique géométrique, mais également pour l'étude des montages d'optique physique, où l'optique géométrique est un outil indispensable et omniprésent.

Ainsi, les montages interférentiels utilisant des miroirs ou des lentilles minces donnent lieu à de nombreuses erreurs : Dans l'utilisation de l'interféromètre de Michelson en coin d'air, le positionnement relatif du coin d'air équivalent, de la lentille de projection et de l'écran est trop souvent incorrect. Certains candidats pensent que l'écran doit être dans le plan focal image de la lentille ou/et le coin d'air équivalent dans son plan objet. La notion de localisation de la figure d'interférence est d'ailleurs mal maîtrisée par une partie des candidats : par exemple, il n'est pas pertinent de dessiner un couple de rayons non parallèles et affirmer qu'ils interfèrent à l'infini. Les conditions d'éclairement des deux montages à connaître avec l'interféromètre de Michelson ne sont pas toujours connues.

Le théorème de Malus et le principe de retour inverse de la lumière sont souvent cités pour justifier certaines simplifications dans les calculs de différences de marche, mais la démarche utilisant ces outils est rarement détaillée correctement (il ne suffit pas de dire « d'après Malus,  $\delta = \dots$  »). Quelques candidats confondent les théorème de Malus et de Malus-Dupin (qui est une conséquence du théorème de Malus pour un système supposé stigmatique).

Dans un spectroscopie à réseau, la lentille de projection n'est pas obligatoirement parallèle au plan du réseau, les directions d'observation pouvant présenter des angles élevés par rapport à la normale au réseau. Par ailleurs, dans les montages spectroscopiques avec lunette d'observation -étudiés en TP-, il existe malgré tout un dispositif de projection qui est l'oeil de l'observateur, ce qui n'est pas évident pour certains candidats.

- **Chimie.**

Les confusions d'unités ( $J \leftrightarrow kJ$  en particulier) sont relativement fréquentes dans les applications numériques, ce qui génère une perte de temps et fausse parfois le raisonnement, l'ordre de grandeur d'une constante d'équilibre pouvant être radicalement changé par une telle erreur. Il est rappelé que les constantes d'équilibre thermodynamiques sont sans dimension alors que les constantes cinétiques dimensionnées et qu'une concentration ou une pression partielles ne sont pas directement des activités.

Certains candidats confondent quotient réactionnel et constante d'équilibre et pensent que cette dernière peut dépendre de  $P$  et  $T$ , ce qui fausse leurs raisonnements sur les déplacements d'équilibre.

La loi de Van't Hoff et la loi d'Arrhénius sont parfois confondues : Même si elles présentent une forme mathématique analogue, elles sont distinctes.

Dans les exercices sur les réactions acido-basiques, bon nombre de candidats proposent une réaction prépondérante visiblement non pertinente (par exemple, avec un réactif non présent significativement à l'état initial). Avant de se plonger dans les calculs, il faut penser à faire une analyse chimique du système -inventaire des acides et des bases présents, diagrammes de stabilité- pour tenter de trouver avec succès la réaction qui modifie le plus les quantités de matière.

L'interprétation de courbes de titrage pH métriques ou potentiométriques, souvent accompagnées de «courbes d'abondance» est problématique pour ceux qui pensent que les exercices sur les solutions aqueuses se limitent à des calculs de pH ou de potentiel, qu'ils cherchent à faire à tout prix à partir de concentrations inconnues -alors que les valeurs expérimentales sont lisibles sur le graphe- sans aboutir à un résultat exploitable. Dans ces exercices, il convient d'exploiter les courbes pour déterminer les réactions de support de titrage, repérer les équivalences et les exploiter pour remonter aux quantités de matière à déterminer.

On relève encore des confusions dans les relations d'équivalence : il est rappelé que les termes «proportions stoechiométriques» et «mélange équimolaire» ne sont pas synonymes.

La condition d'apparition/disparition d'un précipité et sa justification thermodynamique sont inconnues de certains candidats, ainsi que la définition du produit de solubilité. Plus généralement, les raisonnements sur les réactions pouvant présenter des ruptures d'équilibre -et les hypothèses qu'ils nécessitent- ne sont pas majoritairement maîtrisés.

En cinétique chimique, les coefficients stoechiométriques ne sont pas toujours pris en compte dans l'écriture des vitesses de réaction. On relève encore des erreurs d'intégration, voire des confusions entre intégration et dérivation qui ne devraient pas se rencontrer à ce niveau de travail.

L'exploitation des conditions aux frontières dans les diagrammes  $E - pH$  est parfois source d'erreurs : en particulier, pour un couple rédox,  $E_{frontière}$  n'est pas toujours identique à  $E^0$ .

En électrochimie, on relève des erreurs de conversions préjudiciables ( $g \leftrightarrow kg$ , nombre d'électrons et nombre de moles d'électrons échangés...). L'interprétation et l'utilisation des courbes intensité-potentiel révèle un manque de compréhension ou d'expérience chez certains candidats.

## 2.3 Physique - Filière MPI

### Remarques générales

Le jury tient à signaler que le niveau en physique des candidats admissibles en filière MPI est satisfaisant dans son ensemble et qu'ils ont été, pour la plupart d'entre eux, bien préparés à cette épreuve.

### Analyse thématique

Cette section regroupe les erreurs fréquemment commises afin de faciliter la préparation des futurs candidats.

- **Optique** : De manière générale, l'optique géométrique de première année est bien maîtrisée. Les conditions d'éclairage et d'observation pour les montages de l'interféromètre de Michelson mériteraient d'être mieux connues.
- **Thermodynamique** : Il faut connaître la signification des signes  $d$ ,  $\delta$  et  $\Delta$  qui ne sont ni facultatifs ni interchangeables, et en particulier savoir distinguer les grandeurs, qui dépendent du chemin suivi dans une évolution, et les fonctions d'état. Les conditions d'utilisation des résistances thermiques doivent être bien connues. On observe parfois une utilisation inappropriée en régime non quasi-stationnaire ou quand des sources d'énergie thermique sont présentes (effet Joule par exemple). Les calculs d'entropie d'échange lorsque les sources sont de température variable, qu'il y a un changement d'état, ou qu'un solide n'est pas de température homogène posent des difficultés.
- **Mécanique** : La discussion de la stabilité d'un point d'équilibre doit pouvoir se faire sur l'équation dynamique ou en utilisant l'énergie potentielle, et le lien entre les deux devrait être mieux compris. Après une étude des points d'équilibre par les forces beaucoup de candidats intègrent pour trouver l'énergie potentielle avant de la dériver à nouveau pour discuter la stabilité. Les calculs de moments de forces par rapport à un axe posent des difficultés à une partie des candidats, même dans des cas simples, que le calcul se fasse à partir d'un produit vectoriel ou en passant pas le bras de levier dont la définition est parfois floue. Dans l'étude des mouvements avec frottement/glissement, si l'énoncé des lois de Coulomb est connu en général, leur application échoue parfois. Les notions de vitesse de glissement et de roulement sans glissement sont souvent mal comprises. De nombreux candidats supposent qu'un conducteur doit être chargé. Plus généralement, le lien entre charge et courant pose souvent problème.
- **Électromagnétisme** : On observe souvent des confusions entre lignes de champ et équipotentielles. Le théorème de Gauss est connu, mais pas toujours bien appliqué (surfaces de Gauss inadaptées à la géométrie du problème). Nous rappelons que les systèmes modélisés par une sphère, un cylindre infini ou un plan infini doivent être maîtrisés à la perfection. De même, l'établissement des expressions du champ et du potentiel créés par un doublet de charges dans l'approximation dipolaire fait partie des capacités exigibles. La loi de Lenz, même si elle est connue, est souvent mal interprétée. La cause des phénomènes d'induction est la variation du *flux* de champ magnétique et non pas, par exemple, la présence d'un champ  $\vec{B}$  constant qui traverse qui traverse un circuit en mouvement, certains candidats prédisant alors un « champ magnétique induit » opposé au champ extérieur. L'idéalisation d'une onde en OPPM est utilisée de façon mécanique par certains candidats dans des cas où elle n'est pas justifiée, par exemple si l'exercice requiert une onde sphérique. Dans quelques cas, la relation de structure est exploitée à tort pour des ondes qui ne sont pas planes progressives monochromatiques.
- **Mécanique quantique** : L'équation de Schrödinger, qui est souvent connue approximativement, fait partie des notions exigibles.

Les relations d'incertitude d'Heisenberg sont en général connues mais parfois sans être comprises.

- **Électrocinétique** : Les conventions choisies pour les signes des tensions et des courants doivent être systématiquement précisées.

Rappelons aussi que, pour être exploitable, le tracé d'un diagramme de Bode doit être réalisé avec un minimum de soin. Il faut renseigner les axes, représenter les points significatifs et faire figurer les asymptotes. Le cas échéant, la calculatrice peut être utilisée pour des tracés de courbes ou des résolutions graphiques complexes.

## 2.4 Physique - Filière PC

### Remarques générales

Comme chaque année, le jury a été heureux d'évaluer de nombreux candidats présentant un très bon niveau en physique. La note de 20/20 a été attribuée, avec plaisir, à un nombre non négligeable de candidats. Les commentaires et conseils qui suivent ne doivent pas faire penser que les candidats sont d'un niveau insuffisant, bien au contraire !

Rappelons que l'épreuve orale doit révéler la capacité à structurer sa pensée, à analyser avec rigueur et à communiquer clairement ses idées scientifiques. La qualité prime sur la quantité ! Un candidat qui pose un cadre méthodologique solide, explore quelques pistes avec profondeur et mène ses calculs avec précision sera toujours bien mieux évalué que celui qui enchaîne mécaniquement des calculs sans justification.

Cette exigence de qualité se traduit par une rigueur indispensable dans l'expression scientifique. À ce titre, rappelons qu'il ne faut pas mélanger les notations finies et différentielles.

Il ne faut pas négliger le contrôle dimensionnel et le faire régulièrement au fil d'un calcul.

Un schéma soigné et correctement annoté vaut bien mieux qu'une gestuelle approximative accompagnée de calculs non commentés.

Si les connaissances de cours sont généralement acquises, les candidats peinent encore trop souvent à établir et à présenter leurs résultats avec la forme attendue. Un temps excessif est souvent consacré aux calculs numériques et l'usage précipité de la calculatrice pour des calculs simples persiste encore.

### Analyse thématique

- **Optique** : En optique géométrique, les constructions de rayons et l'analyse des systèmes multi-lentilles demeurent problématiques. Ces outils sont pourtant bien utiles pour comprendre le fonctionnement d'instruments comme la lunette astronomique, le microscope ou l'appareil photographique.

Dans le domaine de l'optique physique, la représentation graphique d'une différence de marche (sur un schéma), notamment pour l'étude des interféromètres, est trop souvent fautive ou approximative.

Le concept de cohérence, bien que globalement connu, mériterait souvent d'être défini plus précisément. Son application pratique, notamment le critère simple de brouillage, reste difficile.

Le spectre cannelé, phénomène pourtant central en interférométrie, continue de poser des difficultés à certains candidats.

Concernant l'interféromètre de Michelson et les trous d'Young, il est crucial d'explicitier les conditions de validité des formules utilisées : approximation des petits angles, géométrie « lointaine », et autres hypothèses simplificatrices doivent être clairement énoncées et illustrées par des schémas appropriés.

- **Thermodynamique** : La définition préalable du système étudié constitue un prérequis absolu en thermodynamique. Sa nature, son caractère ouvert ou fermé, fixe ou mobile, conditionne l'application correcte des principes et des bilans énergétiques. Cette étape fondamentale est malheureusement encore trop souvent négligée.

Les machines cycliques dithermes sont sources de confusions récurrentes, notamment concernant les températures des sources et les signes des échanges d'énergie.

- **Mécanique et mécanique des fluides** : En mécanique, l'énoncé systématique du système étudié, du référentiel choisi et des actions considérées reste un préalable non négociable. La distinction entre référentiels galiléens et non galiléens, ainsi que l'usage approprié des forces d'inertie, demeurent sources d'erreurs fréquentes.

La vitesse de libération fait l'objet d'interprétations souvent erronées.

En mécanique des fluides, le lien entre débit volumique et flux mériterait d'être explicité plus systématiquement.

L'usage des bases cylindrique et sphérique locales est régulièrement malmené, conduisant à des expressions incohérentes des forces de pression. L'exploitation des symétries et des propriétés des projections permettrait pourtant d'éviter ces écueils.

Il convient également de rappeler que la poussée d'Archimède représente la résultante des forces de pression et non une force additionnelle mystérieuse.

- **Électromagnétisme et électrocinétique** : En électromagnétisme, la nature des symétries des charges et des courants doit être précisée avec soin. Le théorème de Gauss, qui concerne exclusivement le flux à travers une surface fermée, mérite d'être rappelé explicitement tant les confusions persistent.

L'étude des phénomènes d'induction nécessite une analyse préalable rigoureuse : sens de circulation des courants, identification des mailles, calcul des flux doivent précéder toute mise en équation. L'algébrisation correcte des tensions et intensités dans les schémas équivalents constitue un point de vigilance particulier.

En électrocinétique, les méthodes classiques d'analyse des circuits (comme la notion de pont diviseur, caractéristiques courant-tension...) gagneraient à être révisées. Les conditions de continuité dans les inductances et condensateurs, trop rarement exploitées, permettent pourtant d'établir efficacement les conditions initiales.

- **Mécanique quantique** : Il convient de rappeler que l'absorption d'un photon transmet simultanément énergie et quantité de mouvement à la particule. Les candidats oublient rarement l'énergie mais la quantité de mouvement ( $\vec{p} = \hbar \vec{k}$ ) est plus souvent oubliée.

Plus généralement, l'épreuve ne doit pas se résoudre à des calculs classiques au détriment de l'analyse physique et de la compréhension des phénomènes. La restitution mécanique de formules ne saurait remplacer une véritable réflexion scientifique.

- **Physique des ondes** : Les méthodes d'établissement de l'équation de propagation, les relations de dispersion et les concepts de vitesses de phase et de groupe sont plutôt bien assimilés. Cependant, l'application des conditions aux limites reste encore délicate, révélant parfois une compréhension insuffisante des phénomènes physiques sous-jacents.

Une vigilance particulière s'impose concernant la relation  $k = \omega/c$ , qui n'est pas universelle (même dans le vide).

Il convient de vérifier systématiquement les hypothèses et la nature de la dispersion selon le milieu considéré.

De même, les coefficients de réflexion et de transmission ne se résument pas à de simples rapports de normes : les amplitudes complexes (et donc les phases) jouent un rôle déterminant, notamment pour expliquer la formation de nœuds et de ventres à une interface.

- **Diffusion et transferts** : Le passage des coordonnées cartésiennes aux coordonnées cylindriques ou sphériques continue de poser des problèmes. Même si un formulaire est à la disposition du candidat, la maîtrise des volumes élémentaires (dans les différents systèmes), des opérateurs d'analyse vectorielle et des bilans locaux reste insuffisante.

Les lois de Fick et de Fourier sont parfois confondues, y compris dans leurs unités respectives. L'application de la loi de Newton aux conditions aux limites génère encore des erreurs de signe ou de choix de surface. Paradoxalement, l'exploitation des résistances thermiques, qui simplifie pourtant considérablement de nombreux calculs lorsque les hypothèses s'y prêtent, reste sous-exploitée.

- **Des vigilances transversales essentielles** : Le temps consacré aux calculs reste disproportionné par rapport à celui dévolu à l'analyse physique. Il convient de privilégier systématiquement l'ordre de grandeur avant tout calcul détaillé, et d'éviter l'usage compulsif et immédiat de la calculatrice pour des estimations simples.

La qualité des schémas représente un enjeu majeur. Des représentations soignées, correctement annotées et algébrisées font gagner un temps précieux et préviennent de nombreux malentendus. Les conventions de signe et les notations doivent y figurer clairement.

Les choix de modélisation et de propagation d'incertitude requièrent une justification appropriée. La décomposition en série de Fourier, outil puissant mais sous-exploité pour l'analyse de signaux périodiques, mériterait d'être mobilisée plus fréquemment.

### Conseils méthodologiques

Une approche structurée s'impose dès l'énoncé du problème. Il convient de définir le système étudié, le référentiel choisi, les hypothèses retenues et le théorème appliqué. L'annonce d'un plan clair (analyse physique, mise en équation, conditions aux limites, résolution, contrôle dimensionnel, application numérique) guide efficacement l'exposé.

L'illustration graphique constitue un atout majeur. Un schéma propre, assorti de conventions explicites et de grandeurs correctement algébrisées, vaut bien mieux qu'un long discours approximatif.

Il vaut mieux traiter solidement quelques questions que de multiplier les réponses superficielles. La sélectivité et la profondeur d'analyse priment sur l'exhaustivité et la note obtenue en dépend fortement. Enfin, la précision du langage scientifique révèle le niveau de compréhension. Il convient de distinguer cohérence et synchronisme, différence de marche et différence de phase, grandeurs d'état et termes d'évolution, parmi d'autres subtilités terminologiques essentielles.

### Aide mémoire pour le candidat

Avant de commencer votre exposé, vérifiez que vous avez bien :

- Défini le système étudié et le référentiel choisi,
- Posé les hypothèses fondamentales et identifié le théorème à appliquer,
- Réalisé un schéma annoté avec conventions de signe et notations explicites,
- Vérifié l'homogénéité dimensionnelle et estimé les ordres de grandeur,
- Commenté la validité de vos résultats et identifié leurs limites d'application.

## 2.5 Physique - Filière PSI

### Quelques généralités

Il convient tout d'abord de féliciter la plupart des candidats pour leur attitude toujours positive et appliquée.

Certains étudiants n'avaient pas de calculatrice, cela n'a jamais été dramatique, mais reste pratique pour les applications numériques, les calculs approchés sans calculatrice sont parfois laborieux.

Les exposés manquent cruellement de figures, aide au raisonnement et à la présentation. Elles sont parfois complètement absentes ou bâclées et très laides. Il faut soigner les représentations des coordonnées cylindriques et sphériques. La résolution des exercices est grandement facilitée par des schémas correctement renseignés.

Les figures sont aussi particulièrement importantes lorsqu'il s'agit d'appliquer le premier principe industriel, ou la seconde loi de Newton (bilan de quantité de mouvement, ou d'un bilan de moment cinétique), par exemple à l'eau qui traverse une turbine. La représentation de la surface de contrôle, et du système fermé à  $t$  et à  $t + dt$ , avec idéalement de la couleur, n'a que trop rarement été faite spontanément.

Les candidats confondent très souvent régime permanent et stationnaire. En thermique et dans les bilans, le régime permanent sous-entend souvent stationnaire, quand en mécanique ou en électricité, il y a le régime permanent sinusoïdal (les dérivées ne s'annulent pas).

## Remarques thématiques

- **Chimie** : - La chimie des procédés industriels continus (RPAC, RP) est un chapitre récent en filière PSI, mais il n'en reste pas moins au programme. Une bonne connaissance du cours et des méthodes est généralement suffisante pour résoudre les exercices proposés sur ce thème. Malheureusement de nombreux candidats semblent avoir fait l'impasse.
- Des difficultés ont été également remarquées pour l'écriture d'une équation-bilan pour une réaction d'oxydo-réduction, ce qui est souvent le début de l'exercice.
- **Optique** : - L'optique géométrique pose toujours des difficultés... parfois dès que l'on demande des tracés de rayons.
- **Magnétisme et conversion électromécanique** :
  - La loi de Lenz de l'induction n'est souvent pas bien exploitée.
  - Pour le calcul de l'énergie magnétique, puis du couple, dans le cas de la machine asynchrone, le calcul du champ B dans l'entrefer séparant le rotor du stator (notamment la détermination de sa direction radiale) pose parfois problème.
- **Électrocinétique/électronique** :
  - La loi des nœuds écrite en fonction des potentiels donne trop souvent lieu à des erreurs de signe.
  - Pour l'étude de l'ALI en régime saturé (étude des comparateurs ou des oscillateurs, par exemple), le choix de l'origine (arbitraire) des temps comme condition de basculement en sortie est souvent très mal exploité (epsilon qui rend vers 0) afin de déterminer la constante d'intégration donnant  $v(t)$ .
- **Mécanique et mécanique des fluides** :
  - Les candidats ne sont pas à l'aise pour effectuer des bilans (de quantités de mouvement par exemple) dans un référentiel autre que le référentiel terrestre.
  - Les exercices de mécanique du point ou du solide demandant des résolutions énergétiques sont souvent très mal traités. Les expressions des énergies potentielles sont souvent fausses.
  - La notion de résistance hydraulique est parfois méconnue. Si le candidat ne mémorise pas son expression, il doit être capable de la retrouver rapidement.
- **Thermodynamique/transfert thermique** :
  - La thermodynamique est souvent une partie mal traitée.
  - Ce n'est pas parce qu'un énoncé introduit le coefficient adiabatique ( $\gamma$ ) que la transformation subie par le système devrait nécessaire être adiabatique...
  - Il y a souvent un manque d'analyse pour les différents échanges d'énergie, ce qui a conduit des étudiants à oublier un  $\delta Q_{latéral}$  quand il existait.
  - Des confusions dans le premier principe appliqué à un système d'échelle mésoscopique, ou des étudiants confondent la variation de  $U$  (ou  $H$ ), et donc de  $T(x, t)$ , entre  $x$  et  $x + dx$  et celle (souhaitée) entre  $t$  et  $t + dt$ .