

INTERROGATION ORALE DE SCIENCES PHYSIQUES 2023

Déroulement de l'épreuve

L'interrogation orale de physique se déroule en deux temps : le candidat prépare en loge un exercice durant 30 minutes puis est interrogé durant 30 minutes par un membre du jury.

Pendant les 30 minutes de préparation, le candidat n'a pas accès à sa calculatrice mais peut utiliser la Casio Collège qui lui est fournie. Une autre est également à sa disposition lors de l'interrogation.

Le thème de l'exercice proposé porte sur le programme officiel du concours PSI, à savoir le programme de physique de PCSI (1^{ère} année) augmenté de celui de PSI-PSI* (2^{ème} année).

Trois ou cinq interrogateurs (suivant la série) fonctionnent en parallèle et posent trois fois de suite les mêmes sujets (la préparation en loge assure la rotation sans communication possible entre les candidats). Chaque demi-journée, les prestations des 9 ou 15 candidats des différents interrogateurs sont comparées et les notes harmonisées.

L'ensemble des exercices proposés est renouvelé chaque année. Chaque exercice commence par une ou deux questions de cours tirées directement des capacités exigibles du programme et poursuit en suivant une difficulté croissante mais toujours en s'appuyant sur les notions et les raisonnements vus en cours. Certaines questions sont plus ouvertes et testent donc davantage la prise d'initiative du candidat.

I- Remarques générales

- Tout ce qui peut être fait en préparation par le candidat doit être fait. Ainsi lorsqu'un candidat n'est pas en capacité d'établir un résultat donné par l'énoncé il peut l'admettre pour consacrer du temps de préparation aux questions suivantes.
- Les différentes questions d'un exercice ne sont généralement pas indépendantes les unes des autres. Un résultat établi en début d'exercice peut bien évidemment être utile dans la suite de celui-ci.
- Le jury souhaite attirer l'attention des candidats sur le fait que cette épreuve est une **épreuve orale**. A ce titre, un candidat doit en permanence occuper l'espace sonore en présentant l'exercice pendant qu'il regroupe au tableau les principales informations sur un schéma, en explicitant les hypothèses utilisées pendant que celles-ci sont rappelées par des mots clés au tableau, en décrivant les calculs qu'il mène, en commentant ses résultats. Même lorsque le candidat est en phase de réflexion, il doit faire l'effort d'exposer à haute voix la progression de son raisonnement. Les candidats qui font une bonne prestation orale, dont le tableau est bien structuré et bien écrit, et dont les schémas sont soignés sont valorisés par le jury.
- La rigueur et la précision entrent de manière très importante dans la notation. Ainsi, un candidat qui aurait parcouru la totalité d'un exercice "facile" peut se retrouver avec une note moyenne s'il n'a pas suffisamment précisé les hypothèses associées aux lois qu'il utilise et s'il n'a pas fourni les justifications attendues au cours de ses raisonnements. A l'inverse un candidat qui aurait "séché" sur un exercice plus difficile peut avoir une bonne note si, suite aux indications qui lui ont été données, il s'est bien comporté, a raisonné juste, a proposé des méthodes de résolution (sans nécessairement les mettre en œuvre).
- En parallèle de la mise en équation, l'analyse des phénomènes physiques et la discussion de la pertinence des résultats tiennent également une place prépondérante dans la notation. Dans le cas d'exercices longs, l'examineur peut fournir des éléments d'un calcul sans que le candidat ne soit nécessairement pénalisé.
- Le jury se réjouit que la majorité des candidats ait le réflexe de proposer ou de reproduire un schéma quand cela est nécessaire. Cependant lorsqu'il s'agit d'une construction géométrique, celle-ci doit être réalisée avec le plus grand soin en évitant de se placer dans des cas trop particuliers. Par exemple si un angle est dessiné avec une mesure proche de 45° alors il devient plus difficile de repérer son angle complémentaire. Le jury

conseille également aux candidats de privilégier les schémas en coupe plutôt que les schémas en perspective qui sont généralement plus difficiles à réaliser.

- Pour qu'ils puissent être validés par l'interrogateur ou bien exploités dans la suite de l'exercice, les tracés des chronogrammes doivent être faits, comme les schémas, avec soin et rigueur.
- Les premières questions des exercices proposés ont pour objectif de tester la connaissance du programme des candidats, ceux qui ne sont pas en mesure de traiter ces questions avec rigueur sont particulièrement sanctionnés. Le jury rappelle aux candidats que toutes les capacités exigibles sont exigibles ! Les candidats doivent notamment maîtriser les ordres de grandeur au programme : conductivités électriques et thermiques, perméabilités relatives de matériaux ferromagnétiques doux, etc. Ils doivent aussi maîtriser les capacités exigibles relatives aux incertitudes de mesures : savoir propager une incertitude-type dans le cas d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient, savoir écrire correctement le résultat d'une mesure, etc.
- Après avoir obtenu un résultat, le jury apprécie grandement que le candidat se livre à une analyse critique de celui-ci pour vérifier son homogénéité (lorsque cela peut être fait rapidement), son signe, sa cohérence avec des cas limites ou particuliers.
- Les candidats qui manipulent tout au long de leur présentation des formules inhomogènes de manière évidente sans s'en rendre compte sont particulièrement pénalisés. De même, lorsqu'une erreur de signe est détectable, le candidat doit par lui-même s'en rendre compte et reprendre son raisonnement pour la corriger. Par exemple, lorsqu'un candidat établit l'équation différentielle d'un système du 1^{er} ou du 2nd ordre nécessairement stable, si les coefficients de l'équation différentielle homogène obtenue ne sont pas tous du même signe alors le jury attend du candidat qu'il détecte par lui-même son erreur de signe.
- Lors de la vérification de l'homogénéité d'une formule, il n'est pas nécessaire de revenir aux unités de base du SI (m, kg, s, A, K, mol, cd). Les unités dérivées usuelles (Pa, N, J, W, ...) sont souvent suffisantes pour effectuer cette vérification.
- Il est conseillé aux candidats de ne pas effacer un raisonnement erroné sans l'accord de l'examineur. En effet, même partiellement juste un raisonnement/une équation peut servir de base à une indication.
- Le jury déconseille fortement l'utilisation d'un théorème hors programme dont les conditions d'application et la démonstration ne sont pas maîtrisées (ex : théorème de Millman, théorème de Coulomb, etc.). Les outils du programme suffisent pour répondre aux questions des exercices posés.
- Le jury regrette que les applications numériques ne soient pas toujours effectuées ce qui prive l'examineur d'une discussion avec le candidat sur les ordres de grandeur et l'interprétation physique des résultats. Le jury conseille aux candidats de s'entraîner préalablement à utiliser la calculatrice mise à leur disposition (CASIO fx-92+ Spéciale Collège). Le jury autorise toutefois les candidats qui ne souhaitent pas utiliser la calculatrice fournie à proposer un calcul en ordre de grandeur.
- Pour les grandeurs dimensionnées, l'unité dans laquelle le résultat d'une application numérique est exprimé doit être précisée spontanément par le candidat. Les candidats doivent être capables d'effectuer rapidement des conversions d'unités (litres /m³, cm³/m³, m.s⁻¹/km.h⁻¹, etc.). Enfin, les candidats ne doivent pas rester indifférents devant un résultat d'application numérique clairement aberrant.
- Les candidats doivent maîtriser l'écriture des lettres grecques usuelles et leurs prononciations.
- Le candidat doit présenter l'ensemble de son travail de préparation, même s'il n'a pas traité les questions dans l'ordre. Cependant lorsque tout ce qui a été fait en préparation a été présenté c'est l'examineur qui décide à quelles questions le candidat doit répondre en lui fournissant des indications. Lorsque le candidat ne sait pas en tirer parti il est pénalisé.
- Les candidats ayant d'excellentes notes sont ceux qui sont les plus autonomes : ils connaissent parfaitement leur cours, maîtrisent la signification physique des grandeurs manipulées, présentent de manière claire et structurée leur raisonnement en précisant les hypothèses utilisées à chaque étape, et savent faire preuve de sens physique. Avec ces candidats l'examineur ne dit quasiment rien, obtient des réponses à ses questions, et s'il doit donner une indication le candidat redémarre sans hésitation en faisant des calculs simples et justes.

- A l'inverse, les candidats qui traitent avec peine les questions de cours, qui sollicitent constamment l'aide de l'examineur, qui ont une attitude trop passive, qui proposent des résultats sans raisonnement, ou qui ont une gestion floue des signes ne peuvent pas s'attendre à une excellente note.

II- Quelques lacunes importantes

De façon non exhaustive, on peut mentionner les quelques points suivants pour lesquels des lacunes importantes ont été rencontrées lors de la session 2023.

Optique géométrique :

- Une part importante des candidats testés sur le sujet ont confondu le modèle de l'optique géométrique avec les conditions de Gauss. Les conséquences de ces conditions n'étaient par ailleurs pas bien maîtrisées par les candidats en question.
- Le jury regrette que certains candidats ne connaissent absolument pas le principe du retour inverse de la lumière. Dans certaines situations, ce principe peut être utile aux tracés des rayons lumineux.
- Les candidats doivent être en mesure d'adapter les tracés des rayons lumineux découlant des lois de Snell-Descartes au cas des dioptries cylindrique et sphérique.

Mécanique :

- Le jury rappelle qu'avant d'appliquer une des lois de la mécanique, il est impératif de préciser le système considéré ainsi que le référentiel dans lequel l'étude est menée.
- Le jury regrette que les candidats se lancent presque systématiquement d'emblée dans l'application de la loi de la quantité de mouvement sans penser aux méthodes énergétiques qui bien souvent conduisent rapidement aux résultats attendus.
- Pour les problèmes de mécanique complexes où plusieurs forces interviennent, il est attendu des candidats qu'ils dressent, avant d'appliquer la loi de la quantité de mouvement, un inventaire des forces dans lequel la totalité de l'information disponible sur celles-ci est donnée, et qu'ils fassent quasi-systématiquement apparaître ces forces sur un schéma.
- Le jury autorise bien évidemment l'utilisation de sigles au tableau pour évoquer rapidement les différentes lois ou théorèmes (PFD, TRS, TMC, TEC, BDF, etc.) mais souhaiterait à l'oral entendre leurs noms complets.
- L'étude du mouvement circulaire uniforme dans un champ de force newtonien a posé des problèmes. Pour certains candidats, exprimer la vitesse pour en déduire la 3^e loi de Kepler et les expressions des énergies cinétique et mécanique ne coule plus de source.
- Le jury conseille aux candidats de connaître une expression intrinsèque (*i.e.* indépendante d'un système de coordonnées particulier) de la force de rappel exercée par un ressort.

Electromagnétisme :

- Le jury rappelle que lors de l'étude des symétries et des invariances, l'exploitation des symétries permet de déterminer la direction du champ, alors que l'exploitation des invariances permet d'éliminer des dépendances par rapport à certaines coordonnées d'espace.
- Lors de l'étude des phénomènes d'induction électromagnétique, le jury attend des candidats une gestion rigoureuse des choix d'orientation et des signes qui en découlent.
- Une part importante des candidats testés sur le sujet n'a pas su montrer en autonomie la compatibilité des équations de Maxwell avec l'équation locale de conservation de la charge.

- De trop nombreux candidats confondent la notion de moment magnétique avec le moment d'une force. Le jury rappelle également aux candidats qu'ils doivent connaître l'expression du moment magnétique d'une boucle de courant plane.

- Même s'il n'est plus nécessaire de savoir établir rigoureusement la géométrie des lignes de champ, il reste important de connaître leur définition, notamment le fait qu'elles sont en tout point parallèle au champ (et NON perpendiculaire). Les allures des lignes de champ dans les situations suivantes au programme est à connaître : charge ponctuelle, dipôle magnétique, machine synchrone, machine à courant continu.

Thermodynamique :

- Le jury rappelle que l'application du premier principe de la thermodynamique nécessite, comme en mécanique, de définir clairement le système considéré.

- Lors de la manipulation des grandeurs infinitésimales, il est important, en particulier en thermodynamique, d'utiliser avec rigueur les notations « d » et « δ ».

- Lors de l'étude des machines thermiques, si les étudiants savent généralement raisonner en travail W et transferts thermiques (Q_1 et Q_2), il est souvent très difficile de leur faire utiliser les notions de puissance (P_w , P_{q1} et P_{q2}) pour leur faire écrire les 2 principes et déduire un rendement ou une efficacité.

- Les différents bilans (énergie, particules) doivent pouvoir être menés dans toutes les géométries rencontrées en cours : unidimensionnelle, cylindrique et sphérique. Par ailleurs, le volume d'une couronne élémentaire cylindrique ou sphérique doit pouvoir être donné directement sans qu'il soit nécessaire de repartir de la différence entre deux volumes macroscopiques.

Physique des ondes :

- L'étude de la corde vibrante est toujours plutôt bien traitée. Certains candidats se limitent toutefois à lister les hypothèses du modèle en début de démonstration mais sans préciser clairement où chacune d'elles est exploitée.

- L'expression générale d'une onde progressive solution d'une équation d'onde de D'Alembert est parfois oubliée. Le cas particulier de l'onde progressive sinusoïdale est aussi parfois donné à la place du cas général.

- Des hésitations sur la condition d'absence du phénomène de diffraction ont été constatées. La plupart de celles-ci portaient sur le sens de l'inégalité entre la longueur d'onde et la dimension caractéristique de l'objet rencontré par l'onde.

- La condition de validité de l'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS) est souvent donnée en terme de condition temporelle : temps de propagation \ll temps caractéristique de variation des grandeurs. Le jury précise toutefois que, dans le cas particulier d'une onde sinusoïdale, cette condition de validité peut s'écrire également en terme de condition spatiale : longueur caractéristique du problème \ll longueur d'onde.

Conversion de puissance :

- Pour certains candidats la distinction entre régime stationnaire (toutes les grandeurs sont indépendantes du temps) et régime périodique établi (toutes les grandeurs sont T-périodiques) n'est pas claire.

- Le jury rappelle aux candidats qu'en régime périodique établi, la valeur moyenne de la dérivée par rapport au temps d'une grandeur est nulle et que ceci peut être exploité pour établir une relation entre les grandeurs d'entrée et de sortie d'un convertisseur électronique statique.

- L'étude du hacheur série a été plutôt mal traitée par les candidats testés sur ce sujet. Les candidats ont généralement des difficultés à justifier l'état passant ou bloqué de la diode de roue libre. Le calcul des valeurs moyennes des grandeurs a également parfois posé problème. Le jury rappelle qu'il n'est pas nécessaire de recourir à la formulation intégrale de la valeur moyenne lorsque la fonction est constante ou affine par morceaux.

- Le calcul du champ magnétique créé dans l'entrefer d'un électroaimant a été plutôt bien traité par les candidats. Ce n'est pas le cas en revanche du champ magnétique créé dans l'entrefer d'une machine synchrone à pôles lisses. Le jury invite les candidats à revoir la justification de la forme du champ magnétique dans l'entrefer en tenant compte du fait que seule l'excitation magnétique possède les courants libres comme unique source.

III- Lacunes en technique mathématique

Rappelons les difficultés régulièrement rencontrées :

- Les calculs de projections de vecteurs posent souvent problème aux candidats. Ils sont notamment à l'origine d'une part significative des erreurs de signe constatées.
- Des incohérences lors de l'utilisation du signe égal : égalités écrites entre un scalaire et un vecteur, entre un infiniment petit et une grandeur macroscopique.
- Les flèches sur les grandeurs vectorielles sont parfois oubliées.
- Certaines paires de parenthèses ne sont pas écrites alors qu'elles sont nécessaires.
- Pour a et b deux réels, $a^2 < b^2$ est équivalent à $-b < a < b$ (et non à $a < b$).
- La manipulation des nombres complexes est compliquée, en particulier le calcul du module d'une fonction de transfert non usuelle.
- Des confusions entre les calculs de primitives et de dérivées (e.g. la primitive de $1/x$ n'est pas $-1/x^2$).
- Les produits de cosinus et de sinus doivent pouvoir être retrouvés rapidement par les candidats à partir des expressions de $\cos(a+b)$ et de $\sin(a+b)$.
- Beaucoup de candidats mélangent les notations des dérivées partielles avec les dérivées "droites". Certains candidats utilisent de « d rond » en lieu et place du « d droit » pour écrire une différentielle.
- L'expression "dérivée au carré" a cette année encore été employée par plusieurs candidats pour faire référence à la dérivée seconde d'une fonction. Le jury invite les candidats à faire preuve d'une plus grande rigueur dans leur expression orale.
- Lors d'un calcul du flux d'un champ de vecteurs, la surface considérée doit être clairement précisée ainsi que son orientation, et ce même si ce calcul correspond à du cours ! De même, lors d'un calcul de la circulation d'un champ de vecteurs, le chemin considéré doit être clairement précisé ainsi que son orientation.
- Les bases locales associées aux systèmes de coordonnées cylindriques et sphériques doivent être bien maîtrisées par les candidats.
- Pour négliger un terme devant un autre, les candidats comparent souvent des grandeurs qui ne sont pas de même dimension.

Conclusion

Malgré les lacunes constatées et mentionnées au paragraphe II, le jury se réjouit de constater que certains points du programme (corde vibrante, équation de la chaleur, ondes électromagnétiques dans le vide, champ magnétique dans l'entrefer d'un électroaimant, *etc.*) sont toujours bien maîtrisés par une large majorité des candidats. Les interrogateurs ont eu également le plaisir d'interroger quelques candidats d'un très bon niveau : bonne connaissance du cours, grande autonomie, bon sens physique, excellente présentation, bonne prise en compte des indications.

Le jury souhaitant voir le nombre de ces très bons candidats augmenter, il encourage vivement les futurs candidats à tenir compte des remarques précédentes ainsi que celles de ses précédents rapports, et à travailler l'ensemble des capacités exigibles du programme de 2^{ème} année (PSI-PSI*) sans négliger celles de la 1^{ère} année (PCSI).