

INTERROGATION ORALE DE SCIENCES PHYSIQUES 2022

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.
- 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 dans lesquelles les lois qu'il utilise sont valables 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 thermiques, conductivité électrique du cuivre, perméabilité relative d'un milieu ferromagnétique 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.
- 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, 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 2022.

Phénomènes de transports :

- La conduction électrique dans les semi-conducteurs n'est que trop superficiellement connue : quelques candidats ont su évoquer la notion de trous, mais jamais en la définissant avec précision. De même quelques rares candidats ont pu évoquer la notion de dopage, mais jamais en faisant le lien entre la valence des impuretés dopantes et le type (N ou P) du dopage.
- Attention à la définition du courant électrique, on peut ne pas dire dans le cas général qu'il s'agit de la « dérivée de la charge ».
- Des confusions ont été constatées entre les différents vecteurs densités de courants (électrique, thermique, de particules). Des confusions également entre le nombre de molécules et la quantité de matière exprimée en moles.
- Le jury tient à rappeler que la notion de dérivée particulière est hors programme. Les candidats qui ont fait appel à sa notion ont été invités à reprendre leur raisonnement en se plaçant dans le cadre du programme officiel.

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.
- Des confusions entre les lois du moment cinétique et de l'énergie cinétique ont été constatées.
- Des erreurs grossières ont été constatées cette année lors de l'étude du mouvement circulaire uniforme d'un satellite : « $E_p = \text{cste}$ donc $E_p = 0$ est un choix possible donc $E_c = E_m$ », « $F = -GMm/r^2$ donc $E_p = mgr = -GMm/r$ », « $E_p = \text{grad}(f)$ », « avec du frottement E_c diminue donc E_m augmente », etc.
- L'étude du pendule pesant a posé problème à certains candidats souvent parce qu'ils ont souhaité appliquer la loi de la quantité de mouvement alors que les lois du moment cinétique ou de l'énergie cinétique sont préférables dans ce type de problème.
- Certains candidats n'ont pas su montrer qu'une force est conservative.

Electromagnétisme :

- Le jury a trouvé décevant le traitement du condensateur plan (étude des symétries et des invariances, expression du champ électrique et de la capacité).
- 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.

- En présence d'un matériau magnétique, on utilise le théorème d'Ampère écrit avec l'excitation magnétique !
- La notion de perméabilité relative ne s'applique qu'aux matériaux ferromagnétiques doux non-saturés.

Thermodynamique :

- Le jury rappelle que l'application du premier principe de la thermodynamique nécessite, comme en mécanique, de définir clairement le système considéré.
- Le premier principe écrit pour l'étude d'une machine thermique avec écoulement stationnaire est connu, mais quelques candidats ont eu des difficultés pour donner son écriture en termes de puissance.

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.
- Lorsque la corde vibrante est fixée à ses deux extrémités, il n'est pas nécessaire d'explicitier la fonction d'onde pour établir les fréquences propres de la corde. Il suffit de remarquer que, dans ce cas, la longueur de la corde est un multiple de la demi-longueur d'onde.
- La question de cours portant sur les plasmas peu denses a été complètement ratée cette année malgré la connaissance par cœur de la relation de dispersion. La résolution de la relation de dispersion et l'interprétation physique des solutions ont également posé problème.

Mécanique quantique :

- La plupart des candidats interrogés sur le sujet n'a pas su citer la relation de De Broglie.
- Des confusions entre les cas du photon et de la particule matérielle non relativiste ont été relevées. Plus précisément, certains candidats appliquent la relation de dispersion du photon au cas de la particule matérielle non-relativiste.

III- Lacunes en technique mathématique

Rappelons les difficultés régulièrement rencontrées :

- Les calculs de projections de vecteurs posent souvent problème aux candidats.
- 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.
- 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 $-1/x^2$).
- 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. 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.
- Certains candidats ont eu des difficultés pour définir les bases locales associées aux systèmes de coordonnées cylindriques et sphériques.
- 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, etc.) sont toujours très bien maîtrisés par une très 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 et à travailler l'ensemble des capacités exigibles du programme de 2^{ème} année (PSI-PSI*) sans négliger celles correspondant à la 1^{ère} année (PCSI).