

Épreuves orales de Physique, Filière PSI

Ce rapport a pour vocation de donner quelques conseils aux futurs candidats, d'une part sur le déroulement de l'épreuve et sur la connaissance et la maîtrise du cours qui sont attendues par l'examineur.

I. Déroulement de l'épreuve et attitude attendue de la part du candidat

L'épreuve orale de physique dure 50 minutes. Les examinateurs cherchent à évaluer les connaissances et les capacités de raisonnement en physique des candidats. Les exercices proposés ont en général un énoncé très court, ce qui limite le temps d'exposition en engageant rapidement les élèves dans la réflexion. Notons que les notes supérieures à 18/20 sont attribuées exceptionnellement et cela nécessite d'aborder en général deux exercices. Cette année, nous avons observé un niveau moyen tout à fait satisfaisant.

De manière générale, au cours de l'oral, l'examineur peut intervenir pour demander de clarifier des points, éventuellement pour indiquer certaines pistes à explorer ou alors pour tester la connaissance sur le cours. Il est vivement conseillé aux candidats de tenir compte des indications, ce qui n'est paradoxalement pas toujours le cas. De plus, l'attitude du candidat doit le plus possible rester une attitude active. Trop de candidats formulent des questions et guettent, voire sollicitent, une éventuelle approbation de l'examineur à chaque étape.

Statistiques

La moyenne des 111 candidats français est de 11,51/20 avec un écart-type de 3,45.

II. Quelques considérations sur les épreuves 2023

Les équations de Maxwell sont bien connues et correctement utilisées, les exercices de mécanique sont bien abordés notamment lorsqu'il y a une partie de géométrie en amont. Le point le plus négatif à souligner est probablement en mécanique des fluides (parfaits) où quelques lacunes ont été observées.

Donnons quelques exemples d'exercices posés avec les attendus.

EM : On considère une pièce de monnaie (conductivité σ) qui peut tourner sans frottements autour d'un axe passant par l'un de ses diamètres. Le tout est plongé dans un champ magnétique uniforme. On imprime une rotation Ω_0 initialement. Quelle est la suite du mouvement ?

C'est un exercice sur l'induction électromagnétique. Cette année, nous avons constaté que les candidats avaient en général une bonne compréhension de ce type de problème. C'est-à-dire que les notions fondamentales du cours sur l'induction sont comprises. Ceci étant, il était très rare d'obtenir des calculs réalisés correctement et au final des résultats corrects. Ceci vaut pour cet exercice et toutes les variantes possibles de ce dernier. Ici, le seul cas intéressant est dans le champ magnétique est perpendiculaire à l'axe de rotation (un diamètre) de la pièce. Il va donc être nécessaire de calculer la variation d'un flux coupé ou bien d'intégrer quelque chose du type $\vec{v} \wedge \vec{B}$ le long d'une boucle de courant. Sur le principe, les candidats ont bien compris ces points mais la plupart ont calculé le flux du champ magnétique sur la surface de pièce (et comme elle tourne, il va bien avoir une variation du flux). C'est déjà bien mais il y a une petite lacune dans la compréhension de ce qu'est un flux coupé : lorsqu'un circuit se déplace dans un champ magnétique, c'est une boucle de circuit qui se déplace, il n'y a pas de matière à l'intérieur de cette boucle. Donc, ici, en appliquant cette notion du cours, il faut identifier quelles sont les boucles de circuit/courant. Ce sont évidemment des cercles de rayon r , d'extension dr . Et ce sont bien sur ces boucles qu'il faut calculer un flux. Plus loin, il faudra intégrer sur r . Donc, en prenant uniquement $R=r$, on ne considère qu'un circuit parmi d'autres. C'est une erreur fréquente que l'on a corrigé lors des interrogations, mais c'est dommage car c'est juste un petit élément de cours à mieux comprendre et qui peut contribuer à une bien meilleure évaluation. Une fois, ceci compris, la suite est simple : en notant α l'angle qui décrit la rotation de la pièce autour de son axe, on obtient :

$$\Phi = \pi r^2 \sin(\alpha) B.$$

D'où $e = -\frac{d\Phi}{dt}$. Il reste alors à calculer la conductance dans le petit anneau de rayon r (de largeur dr) et d'épaisseur e (épaisseur de la pièce), soit :

$$dG = \frac{\sigma e dr}{2\pi r}.$$

La suite est immédiate, nous n'allons pas la décrire. On calcule le courant, puis les forces de Laplace, puis le couple et enfin on intègre sur r pour obtenir le moment total qui s'exerce sur la pièce.

Avec des indications, quelques candidats ont pu obtenir le courant dans le petit anneau (plus haut) mais très rarement ensuite les calculs ont été menés correctement.

Mécanique : On considère un élastique circulaire de raideur k et de masse m . Initialement l'élastique est détendu. Alors, on communique à chaque point de l'élastique une vitesse v_0 tangente à ce point. Déterminer l'équation du mouvement de l'élastique. Étude de cas limites.

Il y a plusieurs manières d'aborder l'exercice. La difficulté ici est de bien comprendre ce qu'est la force de tension dans l'élastique, de trouver son expression et sa direction. Peu de candidats y sont parvenus. Par exemple, il faut bien voir que la force de tension en un point de l'élastique est tangente à l'élastique (et non perpendiculaire à ce dernier) et sa norme est comme toujours : la constante de raideur multipliée par l'allongement :

$$T = k2\pi(r(t) - r_0).$$

A partir de là, en isolant un petit morceau d'élastique comme système, on trouve assez facilement l'équation du mouvement pour ce petit morceau. On trouve :

$$-4\pi^2 \frac{k}{m} (r - r_0) = \ddot{r} - \frac{r_0^2 V_0^2}{r^3}.$$

Ce qui donne quelques solutions pratiques dans des cas limites. Cet exercice a été assez sélectif du fait de l'identification d'un système approprié (le petit morceau d'élastique) et des forces extérieures à ce système. Nous avons tout de même obtenu une solution complète par un candidat.

Thermique : Déterminer le profil de température dans un barreau d'Uranium où les réactions nucléaires sont modélisées par une production volumique d'énergie q . Même question dans différentes configurations.

Cet exercice qui met en œuvre l'équation de la chaleur a été bien réussi comme d'autres exercices qui ressemblent en thermodynamique.

Pour conclure, rappelons que pour obtenir une excellente note, il faut s'attendre à un 2^{ème} exercice qui sera difficile. Ceci étant, nous avons observé cette année un bon niveau en moyenne avec quelques performances remarquables (justifiant 20/20), ce qui témoigne de la bonne préparation des élèves.

Épreuve orale d'Analyse de Documents Scientifiques Physique, Filière PSI

L'épreuve d'analyse de documents scientifiques (ADS) se déroule en deux parties. La première, pour laquelle les candidats disposent de deux heures de préparation, consiste à faire l'analyse scientifique d'un dossier. Ce dossier contient généralement entre 1 et 3 documents extraits d'articles, de livres ou de brochures, le tout accompagné d'un texte de quelques lignes précisant le travail demandé. La seconde partie est l'épreuve orale proprement dite. Elle dure 40 minutes, divisée en 15 minutes d'exposé, suivies de 25 minutes de discussion avec l'examineur.

Moyenne et écart-type des candidats français :

. 11 ,92/20 pour les 111 candidats français avec un écart-type de 2,81.

Les candidats sont répartis en 3 commissions indépendantes, donnant lieu chacune à un classement propre. La liste d'admission est établie en classant ex aequo les candidats classés avec le même rang dans chaque commission d'examen ; ainsi pour une épreuve donnée, les écarts de moyenne entre commissions ne génèrent pas de rupture d'égalité des conditions entre candidats.

La limite de temps de l'exposé initial est généralement respectée ; lorsque ce ne fut pas le cas, l'examineur a dû inviter à une conclusion rapide et synthétique, ou même, en cas de non-respect de cette consigne, interrompre l'exposé. C'est presque toujours la paraphrase qui allonge les exposés, très rarement l'excès d'analyses originales.

L'analyse d'un document scientifique consiste avant tout à en extraire le contenu relatif à la physique, souvent mélangé à des considérations d'ordre historique ou sociologique certes importantes, mais secondaires pour le physicien, les considérations techniques ou technologiques se situant à la frontière. Un document scientifique, même de vulgarisation, ne peut généralement porter sur le seul programme des CPGE ; l'ADS vise à mettre les candidats dans une situation similaire à celle qu'ils rencontreront dans leur vie professionnelle : tirer le maximum d'un texte avec les seules connaissances dont on dispose (ici, par convention : le programme). En d'autres termes, ce sont la maîtrise du programme, l'argumentation qu'elle permet et la réflexion qui en découle, qui conduisent à l'obtention d'une bonne note. Si des compléments de connaissances hors du programme sont nécessaires pour la compréhension des textes à analyser, ils sont fournis dans ces documents sous forme de parties séparées (« encadrés ») ou par un texte ad hoc accompagnant les documents. Il n'est généralement pas attendu que les candidats développent ces points, mais simplement qu'ils s'en servent.

Certaines parties du document peuvent être peu exploitables soit parce qu'elles sont imprécises, soit parce qu'elles supposent des connaissances allant au-delà du programme. Les candidats doivent donc commencer par faire le tri des informations à exploiter. Ensuite, il s'agit d'analyser les différents aspects scientifiques du contenu retenu en s'appuyant sur des

connaissances précises. Tout doit être fait pour éviter le principal défaut observé qui est de se livrer à la paraphrase et de passer à côté de l'analyse.

Pour résumer la description du travail attendu en une phrase : **les documents proposés fournissent des informations et le jury attend des explications.**

Tous les dossiers proposés peuvent être reliés à un ou plusieurs chapitres du cours de physique de CPGE, mais aussi à toutes les connaissances acquises en particulier au lycée et au collège en physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre, etc. Les connaissances pratiques acquises en TP sont aussi importantes. Au-delà des références aux principes ou théorèmes du cours, nous observons souvent des difficultés de certains candidats à mobiliser des connaissances relatives à une partie du programme non visée explicitement par le texte. Comprendre un texte, c'est le relier à ce que l'on connaît. Dans ce cadre, les candidats doivent s'efforcer de retrouver les valeurs numériques les plus importantes et de commenter dès que possible les modélisations et approximations, les techniques expérimentales et leurs contraintes, les équations, explicites ou pas, les figures et les courbes.

Le document proposé est un point de départ. Si le document est destiné au grand public, l'exposé doit, lui, être formulé dans un langage de physicien, argumenté par des équations et éventuellement des résultats chiffrés. S'il s'agit d'un article de spécialité, les candidats doivent extraire les idées essentielles ou les points importants et les analyser avec leurs propres termes, afin de montrer que l'essentiel a été compris. Analyser un texte c'est donc l'interroger, le faire parler, se poser des questions, et en définitive le rendre vivant.

Nous résumons quelques règles simples qu'il faut garder à l'esprit :

- Proscrire absolument la paraphrase. Ainsi l'exposé ne doit pas nécessairement reprendre le déroulement du texte.
- Faire preuve d'esprit critique et de synthèse. Nous rappelons que tout texte peut contenir des erreurs ou des imprécisions. Ces points critiquables sont à discuter (erreurs, parties confuses etc.). S'il n'est pas attendu que les candidats corrigent systématiquement ces points, ils peuvent être amenés à le faire lorsque l'erreur est manifeste (par exemple : une force exprimée comme le produit d'une puissance par une vitesse) ou à des analyses dont il est question plus haut.
- Dégager les principes physiques utilisés dans le texte. Il est important d'être capable d'explicitier ces principes, théorèmes, etc. dans le cadre du programme ; la présentation de parties du programme (ou hors programme !) sans rapport direct avec le texte est à éviter rigoureusement.
- Essayer d'explicitier certains raisonnements du texte, discuter les applications numériques et surtout discuter les ordres de grandeur (nous rappelons qu'une quantité est grande ou petite devant une autre quantité mais pas dans l'absolu).
- Ne pas hésiter à tenter une modélisation avec les outils de physique à sa disposition. Les examinateurs jugent l'effort de modélisation et non le fait que cette modélisation aboutisse nécessairement à un modèle exact du phénomène présenté dans le texte.

Nous donnons un exemple de dossier proposés aux candidats en 2023 et l'analyse de son traitement par les candidats.

Dossier n°8 : Les miroirs à retournement temporel

Document :

Ce dossier comportait un article tiré de la revue "*Pour la science*" (n° 268) paru en février 2000. Il présente un système novateur de réseaux de transducteurs capable de renvoyer un son émis vers sa source comme si le temps s'écoulait à l'envers. Diverses applications techniques (médicales, industrielles et communications) étaient abordées.

Sujet :

Le sujet donné aux candidats était le suivant "Dans votre exposé, qui durera environ 15 minutes et qui synthétisera le contenu des documents fournis, vous chercherez à montrer comment vos connaissances en physique vous permettent de comprendre et d'expliquer les éléments présentés dans le dossier. On veillera lorsque cela est possible à justifier les résultats numériques ou théoriques annoncés et à ne pas se contenter de répéter ou de paraphraser le texte."

Commentaires des examinateurs :

Le document proposé couvrait une partie non négligeable du programme de physique de la filière PSI tant du point de vue théorique que technique. Il pouvait donc donner lieu à des commentaires riches et variés dans de nombreux domaines de la physique. Comme dans la plupart des cas dans cette épreuve, le document apportait de très nombreuses informations et le jury attendait des explications.

Parmi les points du programme abordés, on peut noter (la liste n'est pas exhaustive) :

- La propagation des ondes acoustiques dans les fluides et les solides
- Les notions d'interférence, de diffraction, de réflexion et de réfraction des ondes (acoustiques ou électromagnétiques)
- Le critère de Shannon pour l'échantillonnage
- La résolution des instruments optiques, la notion de tâche d'Airy
- L'équation d'onde (d'Alembert) et sa dépendance en temps
- La notion de réversibilité/irréversibilité des phénomènes physiques
- La notion de dispersivité
- Certaines notions d'optique géométrique (notamment les lentilles convergentes)
- Le principe de fonctionnement d'un haut-parleur, d'un microphone et plus généralement d'un transducteur (piézo-électrique dans le cas présent)

Même si le sujet a été globalement bien accueilli par la majorité des candidats, certaines présentations sont trop souvent restées marquées par la paraphrase. Certaines ont néanmoins su à la fois synthétiser le propos et analyser des points particuliers. La difficulté principale du sujet était que le texte était assez long et qu'il fallait réussir à en extraire l'essentiel. Certains points physiques n'ont été que peu abordés par les candidats (notamment la notion de réversibilités des équations et des phénomènes physiques). Les questions posées ont permis de revenir sur les points critiques non identifiés dans l'exposé initial.