

5 Épreuve mixte de Physique - Filières PC et PSI

5.1 Déroulement de l'épreuve et évaluation

L'épreuve mixte de physique est une épreuve d'une durée de 3 h 30 consistant à réaliser de travaux pratiques et à élaborer un compte-rendu sur le temps imparti, sous la supervision d'un examinateur. Chaque candidat dispose durant l'épreuve de tout le matériel nécessaire pour composer : feuilles, stylos, calculatrice, poste informatique avec notamment tableurs-grapheurs et un logiciel python.

L'épreuve mixte évalue :

- Des capacités transverses liées aux compétences de la démarche expérimentale (s'approprier, analyser, réaliser, valider, communiquer), dont des exemples sont mentionnés dans les programmes de physique de la classe PCSI, et, rappelés dans les programmes (PC ou PSI selon la filière du candidat). Une attention particulière est portée à la maîtrise des gestes techniques dans le respect du matériel ; la capacité à modéliser ; la qualité des mesures, leur exploitation et leur analyse avec les outils du programme ; la capacité à réviser un modèle ; l'autonomie et la capacité à prendre en compte les échanges avec l'examineur. Cette liste est non exhaustive.
- Des capacités disciplinaires expérimentales et théoriques exigibles des deux années de formation.
- Des capacités numériques exigibles, notamment celles relatives à l'évaluation des incertitudes-types.

Au début de l'épreuve, l'examineur peut être amené à formuler certaines consignes de sécurité (pour le candidat et le matériel). Il est primordial d'être extrêmement attentif durant cette phase ; ces consignes orales sont généralement doublées à l'écrit dans le sujet. Une grande vigilance du candidat est attendue quant à leur respect qui fait partie intégrante de la note.

L'examineur qui supervise le sujet tout long de l'épreuve pourra intervenir pour échanger avec le candidat à des moments particuliers indiqués dans l'énoncé sous forme d'appel, à la demande du candidat ou à sa propre initiative. Le nombre et l'espacement entre ces temps d'échange dépendent des contingences de l'épreuve.

Une épreuve de concours n'est pas une mise en situation d'apprentissage, son objectif est de classer les candidatures. Aussi, si le candidat a bien entendu le droit de poser des questions, l'examineur n'a pas le devoir d'y répondre. En cas de blocage, l'examineur pourra, à sa discrétion et selon la situation, être amené à laisser le candidat réfléchir en autonomie, lui donner des indices, l'inviter à faire une expérience non indiquée sur l'énoncé, ou lui suggérer de passer à la suite. L'examineur agit toujours avec bienveillance et discernement pour assurer un traitement équitable des candidatures. Par ailleurs, le temps passé par le candidat à chercher, quel que soit sa durée et sa productivité, ne peut pas être imputé à l'examineur. L'art de la gestion du temps est difficile, mais elle demeure de la seule responsabilité du candidat.

Enfin, la notation tient compte certes de l'avancement dans le sujet, mais aussi et bien plus encore, de la qualité du travail produit et de la capacité à mener au bout une démarche entamée. La stratégie qui consiste à balayer le maximum de questions en traitant les parties de façon superficielle sans jamais parvenir à l'étape de validation dévalorise la prestation du candidat.

5.2 Le compte-rendu.

Le compte-rendu constitue la synthèse du travail réalisé durant l'épreuve. Il est la trace écrite qui reste lorsque le candidat quitte la salle et le dernier élément évalué par l'examineur avant l'attribution de la note. Il convient donc de le réaliser avec autant de sérieux et de soin que la partie expérimentale.

Une rédaction claire et propre, concise et argumentée, est attendue. Le vocabulaire scientifique doit être précis, la composition doit respecter l'orthographe, la grammaire et la syntaxe.

Toute démonstration demandée dans le sujet doit être rédigée dans le compte-rendu. Les calculs littéraux doivent être raisonnablement détaillés pour suivre le raisonnement du candidat et pouvoir valoriser son travail en cas d'erreur.

Lorsqu'une consigne indique de rédiger un protocole, un exposé oral ne saurait suffire : celui-ci doit figurer dans le compte-rendu. Par ailleurs, il est attendu des candidats non seulement qu'ils fassent des mesures, mais bien plus qu'ils expliquent dans leur compte-rendu comment ils les ont faites.

Il est fortement recommandé de mettre en évidence les résultats obtenus et d'accompagner les valeurs des mesures de leurs incertitudes-types lorsque la nécessité l'impose.

5.3 Les incertitudes

Les examinateurs regrettent que les évaluations des incertitudes-types et l'analyse des résultats dans l'esprit de la réforme des programmes de 2021 ne se retrouvent pas encore suffisamment dans les prestations des candidats.

Parmi les pratiques qu'il convient de bannir, on peut citer le recours à l'écart relatif pour comparer des mesures (écart relatif qui est parfois confondu avec l'écart-type), et l'usage du coefficient de corrélation pour évaluer la qualité d'une régression linéaire.

Conformément au programme, on rappelle que les simulations numériques sont des outils efficaces pour évaluer les incertitudes-types. De plus, l'écart normalisé est l'outil institutionnel à mobiliser pour comparer deux valeurs. L'expression et les valeurs utilisées pour calculer ce dernier doivent être explicitées dans le compte rendu.

L'évaluation des incertitudes ne saurait se limiter à un traitement procédural s'appuyant sur les documentations techniques des instruments de mesure. Elle doit toujours être considérée dans un contexte expérimental, et estimée au mieux et raisonnablement.

5.4 Remarques et conseils sur les épreuves se déroulant en salles claires

Il est conseillé de lire calmement l'énoncé plutôt que de se lancer précipitamment dans les expériences afin de prendre connaissance de ce qui est attendu et du contexte de l'étude. Par exemple, en électricité, on peut mener une étude en régime permanent continu ou sinusoïdal, ou s'intéresser au régime transitoire. Quand le cadre est imposé par le sujet, il convient de s'y contraindre.

La capacité exigible « gérer, dans un circuit électronique, les contraintes liées à la liaison entre les masses » n'est pas toujours acquise. On rappelle qu'une masse flottante est une masse qui n'est pas reliée à la terre. Choisir l'appareil adapté pour mener à bien des mesures peut faire partie de l'évaluation. Force est de constater que certains sont démunis lorsqu'ils disposent de cette liberté alors que le matériel mis à disposition est du matériel usuel d'instrumentation et mesure rencontré lors des

travaux pratiques des deux années de formation. L'usage des modes des multimètres (AC et DC) est souvent mal maîtrisé. On rappelle qu'une mesure à l'ohmmètre, et de manière générale au RLC-mètre, se réalise sans source électrique et en isolant le composant du circuit.

Par ailleurs, on rappelle que les appareils de mesure ne sont pas idéaux et ont des limites : bande passante, impédances d'entrée, saturation, etc. S'il est bon d'avoir des ordres de grandeur de ces limites pour les appareils usuels, en cas de doute, les notices des appareils sont mises à la disposition des candidats.

Lorsqu'une mesure est de toute évidence incompatible avec une autre, il est regrettable que certains candidats poursuivent leur chemin sans se questionner et remettre en question l'une ou l'autre des mesures.

Si l'oscilloscope propose une mesure automatique du déphasage, l'expertise du candidat sur la valeur affichée est indispensable, car parfois cette dernière n'est pas celle recherchée suite à de mauvaises conditions d'observations. Dans tous les cas, à la demande de l'examineur, le candidat doit savoir expliquer comment calculer un déphasage avec précision à partir des signaux dont il a fait l'acquisition. Lorsque plusieurs méthodes expérimentales sont mises en œuvre pour conduire à la mesure d'une même grandeur, il convient de s'interroger sur la pertinence de chaque méthode, ses avantages, ses inconvénients et sa précision. Par exemple, une mesure avec un pont à équilibrer ne doit pas conduire à une conclusion hâtive sur une valeur à plusieurs dizaines de pour cent près, et de conclure qu'elle est simplement cohérente avec la valeur faciale du composant. Il paraît nécessaire de chercher un équilibre précis et stable sans bâcler ce travail.

Lorsqu'une expérience a pour but d'évaluer un ordre de grandeur, il n'est pas pertinent d'évaluer l'incertitude-type sur le résultat, et encore moins de calculer son écart normalisé.

5.5 Remarques et conseils sur les épreuves se déroulant en salles obscures

Des remarques fondamentales, figurant dans les rapports antérieurs, semblent toujours méconnues d'un grand nombre de candidats. Lors de cette session 2024, les examinateurs n'ont pas relevé d'évolution sensible, par rapport à l'an dernier, du niveau moyen de connaissance théorique ou de savoir-faire expérimental. Aussi certaines recommandations vont-elles être rappelées.

Certains appareils au programme ne sont pas toujours bien connus, tels que : viseur à frontale fixe, lunette autocollimatrice ou goniomètre. Il n'est pas rare que les noms des instruments eux-mêmes soient ignorés ou confondus (par exemple lunette dénommée « réticule », collimateur appelé « viseur »), ou déformés (par exemple « polarisateur » pour polariseur, « condensateur » pour condenseur).

En outre, les comptes-rendus d'une orthographe correcte sont ultra-minoritaires, et la dysorthographe concerne parfois même des mots courants de la discipline, citons à titre d'exemples : « la loi des cartes (sic), l'oculaire, le miroir ou encore le miroir, la lumière monochromatique, le gonomètre ou gonyomètre, l'infinie, un cadrillage... » et la liste n'est pas exhaustive, hélas.

Corrélativement à cet infléchissement de la qualité du discours, il a été relevé de nombreuses méprises de lecture des textes, faute d'attention convenable portée à l'ensemble des informations ou des consignes fournies.

Cette année encore, la préoccupation générale concernant les estimations d'incertitudes, en tant que finalité en soi, a paru l'emporter sur celle de la vraisemblance de la valeur dont elles déterminent l'encadrement. Nombre de candidats ne pensent souvent qu'à la fameuse demi-graduation de l'instrument de mesure (qu'ils divisent consciencieusement par la racine carrée de trois), sans recul sur la mesure

effectuée. Lorsque plusieurs paramètres interviennent, les candidats omettent de chercher l'incertitude qui domine toutes les autres. Or l'allègement résultant d'une telle analyse est particulièrement apprécié, bien plus que la dextérité à calculer des incertitudes combinées.

Rappelons donc qu'une incertitude, même rassurante en ordre de grandeur, ne peut à elle seule valider le résultat proposé.

Parmi les lacunes les plus fréquentes, et ce dans les deux filières (PC et PSI), citons :

- l'absence de l'indication du sens de parcours des rayons lumineux tracés sur les schémas,
- l'originalité malvenue consistant à réaliser des schémas où les rayons cheminent de la droite vers la gauche, sans qu'aucune contrainte particulière ne le justifie,
- le refus, pour un bon nombre de candidats, de réfléchir à l'aide de figures simples, claires et synthétiques,
- la méconnaissance des définitions élémentaires de l'optique géométrique, notamment celle d'un système optique centré, laquelle donne lieu à de nombreuses divagations, dont : « un système optique est centré lorsqu'il est situé à égale distance de son foyer objet et de son foyer image » [sic], « un système dont le rayon de courbure est assez grand devant la largeur pour pouvoir modéliser son centre par un point » [sic]...
- la méconnaissance d'un protocole simple et fiable permettant de déterminer le caractère convergent ou divergent d'une lentille,
- la méconnaissance du protocole d'utilisation d'un viseur pour la mesure d'une distance,
- la méconnaissance de la méthode d'auto-collimation pour la détermination de la distance focale d'une lentille convergente,
- l'incapacité à construire l'image d'un objet ponctuel par un dioptré plan,
- la confusion entre direction de propagation et direction de polarisation.

En filière PC, les examinateurs relèvent un nombre encore important de bévues ou anomalies relatives aux réglages de l'interféromètre de Michelson. Les protocoles proposés ne sont pas toujours adéquats, et de surcroît très peu souvent justifiés ; rappelons donc que la récitation de protocoles, décorrélée de toute justification théorique, ne répond aucunement aux attentes de l'épreuve mixte. Ainsi, les appellations telles que « critère du oui-oui, non-non », pour distrayantes qu'elles soient, sont dépourvues de toute valeur informative. Pis encore, les étudiants éduqués à ce lexique folklorique sont systématiquement incapables de décrire la chaîne causale qui valide leur procédé observationnel. Ont-ils compris que, lors de l'exploration visuelle de la lame d'air, le diaphragme délimitant la pupille de l'œil joue un rôle déterminant ? Bien rares ont été les preuves produites en ce sens de toute la session 2024.

Le jury a été agréablement surpris de constater une certaine aisance avec l'outil informatique (Python). En revanche, les facilités offertes par l'outil Numpy sont très souvent inconnues, ou mal exploitées, les candidats préférant revenir à l'utilisation de listes.

Il est utile aussi de rappeler que le compte rendu doit être clair et soigné, porter la mention des éléments pertinents qui ont été dégagés au cours de l'épreuve, et être rédigé avec la concision qu'exige l'efficacité de toute communication à caractère scientifique.

Les rédactions de cette session 2024 ont souvent dérogé à ces exigences par des développements sans intérêt, au sein desquels étaient parfois disséminés des données sources quand elles n'étaient pas omises, et bavardages diffus auxquels un schéma pertinent eût été hautement préférable. Le jury n'attend pas de ce document qu'il se présente comme une œuvre littéraire, comportant introduction, développement et conclusion, mais pour autant, ni l'orthographe ni la syntaxe ne peuvent en être négligées. Un soin tout particulier doit être porté à la réalisation des constructions d'optique géométrique.

Les recommandations précédentes ne doivent ni inquiéter les futurs candidats ni les porter à croire qu'une prestation excellente serait un exercice hors de portée, et lors de cette session 2024, le jury a encore eu la satisfaction d'évaluer d'excellentes prestations.

5.6 Conclusion générale

Le jury a pleinement utilisé l'échelle de notation, et adresse ses compliments aux candidats ayant obtenu d'excellentes notes. Une telle excellence résulte notamment de l'observance régulière, pendant les deux ou trois années de CPGE, et pas seulement en dernier ressort et toute hâte à l'approche des oraux, des recommandations rappelées plus haut.

Ajoutons enfin que les qualités humaines telles que la curiosité, l'humilité et l'honnêteté intellectuelle, participent sensiblement à l'accomplissement de la formation suivie au cours des deux ou trois années de CPGE. Nous recommandons vivement, aux candidats de la session 2025, de porter une attention particulière au contenu de ce rapport, fruit de nombreuses observations, et qui a été rédigé avec la préoccupation de les aider dans leur démarche de perfectionnement de la pratique expérimentale.

