

Épreuves orales d'Analyse de Documents Scientifiques Physique, Filière PC

La moyenne des 255 candidats français est de 11,62. Les moyennes s'échelonnent de la façon suivante selon les 3 commissions :

- 1^{ère} com. : 85 candidats pour une moyenne de 11,49/20 avec un écart-type de 3,17
- 2^{ème} com. : 87 candidats pour une moyenne de 11,55/20 avec un écart-type de 3,02
- 3^{ème} com. : 83 candidats pour une moyenne de 11,82/20 avec un écart-type de 2,82

Déroulement de l'épreuve : Nous rappelons tout d'abord les dispositions pratiques spécifiques à cette épreuve. Elle se déroule en deux temps et dans deux lieux distincts, ce qui pose des contraintes d'organisation auxquelles nous souhaitons sensibiliser les candidats :

- 1) Les candidats se présentent d'abord en salle de préparation (**distincte** de la salle d'oral). C'est **dans cette salle de préparation** que leur est remise la tablette électronique contenant le dossier qu'ils devront analyser. Ils ont alors 2h pour lire le dossier et préparer l'exposé oral.
- 2) Puis les candidats vont dans l'une des 3 salles réservées à l'examen oral (1 salle par commission). L'oral, qui dure 40 minutes, se déroule lui-même en deux temps : un exposé d'une quinzaine de minutes au cours duquel l'examineur n'intervient pas, suivi d'une discussion menée par ce dernier. Ils peuvent utiliser la tablette lors de leur oral, et la rendront à l'examineur à la fin de l'épreuve.

Il est crucial que les candidats respectent cette procédure, en particulier les **lieux** et **heures** de passage. Dans le contexte sanitaire particulier de l'année 2021 les tablettes ainsi que tout le matériel pouvant être échangé entre les candidats (stylet pour signature) est dûment nettoyé après chaque utilisation.

Concernant l'usage de la calculatrice, des excès préjudiciables au bon déroulement de l'épreuve ont conduit le jury à adopter la ligne de conduite suivante : **l'usage de la calculatrice n'est pas autorisé**, que ce soit pendant la phase de préparation ou lors de la présentation orale (exposé et discussion). Les candidats doivent donc être prêts à calculer au tableau les ordres de grandeur qui leur seront demandés.

Pour leur présentation, les candidats disposent d'un « visualiseur » raccordé au vidéoprojecteur de la salle, qui remplace les anciens systèmes de rétroprojection. Ce dispositif permet d'afficher une présentation préparée sur de simples feuilles blanches, mais accepte aussi les transparents « à l'ancienne ». Il est toutefois à noter que dans le cas d'une présentation sur feuille blanche, l'écriture doit être plus grande que l'écriture manuscrite habituelle pour être visualisée

correctement, c'est à dire finalement assez proche de ce que le candidat ferait sur un transparent. Avec ce dispositif, **le format « paysage » s'avère plus approprié** que le format « portrait » pour visualiser l'ensemble de la feuille, il n'a cependant été utilisé que par peu d'étudiants. Si le candidat souhaite les montrer pendant son exposé, **les courbes et illustrations du texte proposé peuvent être projetées directement à partir de la tablette**, sans être reproduites sur feuille, avec la possibilité de zoomer sur une figure.

Certains candidats ont fait le choix de ne pas produire de supports visuels lors de la présentation, et de se borner à un long monologue, en lisant éventuellement des notes. Ce n'est assurément pas une stratégie à suivre, car elle conduit à un résultat désastreux. Le support visuel permet de présenter des schémas, des équations, des applications numériques, et fournit à l'examineur le temps de juger de vos capacités d'analyse ; ce support fournit en général matière à la discussion succédant à la présentation. Un simple discours sans support ne permettra pas au candidat de faire correctement valoir son analyse scientifique du texte.

Attentes des examinateurs : Nous tenons tout d'abord à souligner la qualité croissante de la préparation des candidats à cette épreuve atypique. La plupart font une prestation honorable, montrant leur maîtrise des techniques de présentation, et certains candidats nous ont même enchantés par la qualité de leur exposé et la richesse de la discussion qui a suivi. Cependant, un trop grand nombre de candidats se contentent encore de paraphraser les documents, soit parce qu'ils ne les ont pas compris, soit par peur de dire des bêtises en s'éloignant du texte.

Parmi ces candidats précautionneux, certains répondent de façon satisfaisante, voire très satisfaisante, aux questions que nous leur posons ensuite, montrant qu'ils dominaient les concepts reliés au texte. Ces candidats auraient dû se « jeter à l'eau » eux-mêmes, en osant s'extraire du texte pour présenter une vision personnelle de certains concepts présentés dans le texte, ou reliés à celui-ci.

Ce qui est valorisé dans cette épreuve, c'est la **valeur ajoutée** par le candidat, qui doit fournir **sa propre lecture** des documents, s'appuyant sur ses connaissances et sur les concepts et éléments pertinents du programme, et non une simple paraphrase du texte enrobée de lieux communs en début et fin de l'exposé.

Une **introduction** ou **conclusion** trop « standard », du type « Importance de la technologie dans la société actuelle..., développement des énergies vertes..., etc. » donnent l'impression d'avoir été apprises par cœur, et constituent souvent une perte de temps (certains candidats y passent 5 minutes, sur les 15 imparties). A contrario, une fin brutale de l'exposé, sans conclusion, laisse un vide. Il est préférable de conclure sa présentation en rappelant l'idée forte du texte, plutôt que d'énoncer un lieu commun.

Quelques dossiers peuvent être composés de plusieurs textes, il s'agit dans ce cas de proposer une **synthèse**. Le jury attend en particulier des candidats qu'ils soient capables de faire des **comparaisons croisées** entre les notions exposées dans les différents textes. Pour cela il est avantageux de commencer par faire une analyse des concepts, des protocoles expérimentaux et des résultats (formules, tableaux, graphiques...) présentés dans les différents documents, afin de les organiser de façon personnelle en un tout cohérent.

Nous insistons sur le fait qu'il ne s'agit pas d'un oral classique : c'est ici au candidat de trouver les questions et d'y apporter des éléments de réponse pertinents. En particulier, il s'interrogera

avec profit sur les intentions de l'auteur du document : pourquoi le texte est-il écrit de cette façon ? Quel était le contexte scientifique dans lequel il a été écrit (il n'est pas inutile de s'intéresser à la date de publication des articles proposés dans le dossier) ?

Le dossier proposé est avant tout un support à la discussion qui suivra. Il s'agit donc pour le candidat de dégager une problématique physique (exemples tirés du dossier proposé) et de chercher à y répondre avec les éléments du dossier ou d'autres connaissances qui lui sont propres (culture générale, maîtrise des concepts et idées de ses cours de classe préparatoire mais aussi du lycée). **La discussion** qui s'engage à la fin de l'exposé devrait être un dialogue bien plus qu'une interrogation. La qualité de ce dialogue (pertinence et précision des arguments, maîtrise du vocabulaire scientifique et technique, recul, ouverture sur d'autres aspects...) constitue une part importante de l'évaluation du candidat.

Par ailleurs le jury n'attend pas des calculs ou des démonstrations détaillés mais plutôt les éléments clés de certaines démonstrations ou argumentations jugées importantes. Ce n'est pas la rigueur des calculs qui est en jeu mais l'estimation correcte des ordres de grandeur. Ainsi un candidat qui aura choisi d'insister sur un aspect superficiel en redémontrant longuement un point qu'il a vu en cours, et du coup n'aura pas eu le temps de couvrir des pans entiers de la problématique proposée, risque de donner l'impression de chercher à gagner du temps, et finalement d'avoir peu, ou mal compris le problème.

Nous n'attendons pas du candidat qu'il nous dissimule les points qu'il n'a pas compris, mais au contraire qu'il nous signale ce qui lui paraît obscur. Il s'agit d'être honnête, sans être naïf (« Je n'ai rien compris à ce dossier ! » n'est pas un commentaire très constructif).

Les dossiers proposés présentent des difficultés variées. Certains textes sont bien structurés et le plan en est si évident qu'il semble paradoxalement difficile d'échapper à la paraphrase : il s'agit alors d'aller au-delà du texte lui-même, en y recherchant des points à discuter. D'autres dossiers au contraire présentent un ensemble de textes compliqués, qu'il est malaisé d'organiser : le candidat ne doit pas alors se décourager face aux difficultés mais essayer de revenir à des bases accessibles en s'appuyant en particulier sur les connaissances acquises dans son cours de physique (**tout en évitant les rappels de portions du cours pas vraiment pertinents pour la problématique du dossier**). Dans tous les cas il est fondamental de chercher à dégager une argumentation personnelle et de construire pour cela un plan original.

Tous les dossiers proposés peuvent être abordés sans qu'il soit nécessaire de faire appel à des notions hors programme. Il n'est pas souhaitable que les candidats cherchent à tout prix à mettre en avant de telles notions, en espérant briller auprès de l'examineur, et cela d'autant moins que c'est souvent une façon d'esquiver les difficultés. Inversement, les commentaires du type « Je ne parle pas de cette notion, bien que je la connaisse, car elle est hors programme » nous paraissent étroits d'esprit. Si le candidat maîtrise correctement une telle notion et qu'elle éclaire l'explication du texte, il ne doit pas se priver d'en parler.

Nous conseillons enfin aux candidats de ne pas trop s'écarter de la durée recommandée pour l'exposé oral, à savoir 15 minutes. Les exposés trop longs se perdent en général dans les détails, au détriment du travail de synthèse attendu, ou ils cherchent à résumer le dossier de façon exhaustive. Surtout, un exposé trop long laissera moins de temps à la discussion, et donc à l'examineur pour juger de la qualité du candidat. Même si certains aspects du document doivent être traités de façon détaillée, il est inutile – et même dommageable – de vouloir tout aborder avec le même niveau de détail ; des aspects simplement évoqués dans l'exposé pourront

être développés à l'occasion de la discussion. Quant aux exposés trop courts (moins fréquents), ils se terminent souvent par d'interminables conclusions filandreuses, qui sont souvent l'occasion d'énoncer, au mieux des banalités, au pire des énormités ; ils donnent l'impression que le candidat n'a pas été capable d'extraire la substance du document.

Observations particulières :

Nous mentionnons ici les insuffisances les plus répandues. Elles concernent soit des méthodes générales, soit des domaines particuliers de la physique – au rang desquelles la mécanique reste souvent la plus mal traitée.

1. Méthodes générales :

- les ordres de grandeur ne sont généralement pas calculés pendant la préparation, alors qu'ils sont souvent la clé de la discussion physique. Il est fréquemment demandé pendant l'entretien d'évaluer certains ordres de grandeur pertinents, ce qui est souvent très laborieux, voire impossible à certains candidats qui éprouvent de fortes difficultés à additionner ou soustraire les puissances de 10. Enfin, il serait bon que les candidats aient en tête un certain nombre de grandeurs caractéristiques, telles que (liste non exhaustive) : constante de Boltzmann, constante de Planck, vitesse moyenne d'une molécule à température ambiante, viscosité de l'eau, de l'air, rayon d'un atome, rayon du noyau atomique, rayon de la Terre, distance Terre-Lune, Terre-Soleil, longueurs d'onde des différentes gammes du spectre électromagnétique ;
- il est crucial que les candidats se préparent à analyser ou à décrire un protocole expérimental, en cherchant à répondre aux questions suivantes : comment s'y prendre pour réaliser une mesure ? avec quels instruments ? dans quelles conditions ? quelles sont les sources d'erreur ? comment évaluer ces erreurs ?
- certains candidats oublient encore de vérifier les dimensions des expressions qu'ils nous donnent, ou mélangent des unités (m et cm par exemple), donnant lieu à de grosses confusions quant aux ordres de grandeurs nécessaires à la discussion.
- un certain nombre de candidats ont encore des difficultés à relier les incertitudes de différentes grandeurs reliées par des formules algébriques (par exemple la fréquence et la longueur d'onde)
- il s'avère souvent utile de faire des analogies entre différents domaines de la physique, ces analogies ne sont malheureusement que très peu exploitées.

2. Domaines particuliers de la physique :

- rappelons que les notions élémentaires de physique apprises dans le cours de chimie (atomistique, calorimétrie...) sont des notions physiques à part entière qui peuvent intervenir dans certains dossiers.
- les questions d'électro- et de magnétostatique se sont avérées problématiques pour de nombreux candidats : représenter des lignes de champ électrique ou magnétique, pour une configuration simple de charges ou de dipôles, constitue souvent un obstacle. Un candidat nous a affirmé qu'un aimant émet un champ électrique plutôt que magnétique.
- en optique, les notions d'interférences, ou le rôle de la diffraction, sont souvent très floues, surtout lorsqu'on quitte les modèles unidimensionnels. Globalement la physique des ondes est peu maîtrisée par de nombreux candidats. Au contraire, les premiers rudiments de mécanique quantique nous ont semblé être bien assimilés.
- les dossiers de mécanique céleste donnent parfois lieu à des mauvaises surprises. Il nous semble aberrant d'entendre, à ce niveau d'études, que les saisons sont dues au changement de distance entre la Terre et le Soleil.

Exemples de dossiers proposés aux candidats et commentaires des examinateurs :

Nous recommandons aux candidats de se référer également aux rapports antérieurs, dont celui-ci est largement inspiré, afin d'apprécier au mieux le type de dossiers et les questions qui peuvent être posées. Nous avons sélectionné quelques dossiers proposés cette année, et y avons joint quelques commentaires.

Dossier n°1 : « Les résultats cosmologiques de la mission Planck », publié dans les « Reflets de la Physique » en 2020.

Cet article décrit les principaux résultats obtenus avec le satellite Planck qui a été lancé en 2009 pour mesurer avec précision les propriétés du rayonnement fossile – aussi appelé fond diffus cosmologique, sorte d'écho lumineux du Big Bang. Les points d'entrée dans l'analyse de ce document sont nombreux, par exemple l'analyse spectrale du signal lumineux détecté qui est proposée et illustrée par plusieurs figures ou encore la corrélation proposée entre fonds diffus cosmologique et potentiel gravitationnel. Un encart sur l'effet Sunyaev-Zel'dovich (SZ), provenant de l'interaction Compton inverse entre les photons issus du fond cosmologique avec le gaz chaud présent à l'intérieur des amas de galaxies, permet également une approche qualitative au moins de l'observation de légers changements de fréquence des photons.

Dossier n°2 : « La spectrométrie de masse par accélérateur », publié dans les « Reflets de la Physique » en 2020.

Cet article présente des résultats sur l'étude des nucléides cosmogéniques et leur application aux géosciences grâce à l'instrument national ASTER (Accélérateur pour les Sciences de la Terre, Environnement, Risques) du CEREGE, qui a permis des progrès majeurs dans la quantification de phénomènes jusqu'alors impossible de nombreux processus géophysiques, comme par exemple la restitution fidèle du champ magnétique terrestre pendant le dernier million d'années. Ce texte offre également plusieurs points d'entrée notamment sur le géomagnétisme ou les champs magnétiques en général. Une autre analyse possible concerne le fonctionnement général des spectromètres de masse commençant par la trajectoire d'une particule chargée dans un champ électromagnétique, le calcul des énergies mises en jeu (dans les unités SI ou les unités dites naturelles) etc.

Dossier n°3 : « Le laser : principe de fonctionnement », publié dans les « Reflets de la Physique » en 2010.

Cet article présente le principe de fonctionnement du laser. Les trois processus d'interaction résonnante entre atome et rayonnement (absorption, émissions spontanée et stimulée, qui doivent être connus des candidat(e)s) font l'objet d'un encadré, ainsi que le col du faisceau et la longueur de Rayleigh. Pour ce sujet qui est assez proche du programme, la difficulté est essentiellement d'éviter la longue paraphrase du texte. Les points sur lesquels les candidat(e)s peuvent insister lors de leur analyse sont néanmoins nombreux : détail des phénomènes mis en jeu pour l'inversion de population, relation entre le confinement spatial du faisceau et ses propriétés, explication des modes de la cavité, ... Le texte se prête aussi à une analyse d'ordres de grandeur en évoquant de nombreuses applications telles que la transformation de matériaux ou le contrôle de la fusion nucléaire, ou encore en comparant la densité de stockage de données possible sur des CD, DVD ou « Blu-Ray ».

Dossier n°4 : « La cafetière qui ne manque pas d'air », dossier composé d'un article publié dans « Pour la Science » en 2021. Et d'un document figurant sur internet, proposé sur le site d'une école d'ingénieurs.

L'article de « Pour la science » présente le fonctionnement de la cafetière dite « Italienne », et son étude du point de vue thermodynamique. Le deuxième document propose une modélisation de la géométrie et des phénomènes en jeu, et provient de travaux effectués par des élèves ingénieurs de l'INP de Toulouse. L'analyse de ces documents comporte tout d'abord une phase de mise en ordre des différents points, dont certains sont présents dans les deux textes. Les candidat(e)s peuvent ensuite s'intéresser aux différents paramètres qui influent sur la température de l'eau, qui n'a pas besoin de bouillir pour commencer à entrer au contact du café ... Une deuxième partie de l'exposé peut porter sur une analyse critique de la modélisation proposée par les élèves ingénieurs, l'approche adoptée et la pertinence des simplifications choisies.

Dossier n°5 : « Le Système international d'unités redéfini », publié dans les « reflets de la physique » en 2019.

Cet article discute des dernières modifications du système international d'unité avec notamment la disparition de l'étalon du kilogramme. Il en retrace l'historique et les évolutions successives. L'article offrait ainsi de nombreuses possibilités de discussions, d'une part sur les mesures et la précision de ces mesures, mais aussi sur les changements que par exemple fixer la valeur de la constante de Planck, ou de la charge électrique implique sur la valeur de permittivité du magnétique du vide, ou alors se raccrocher au point triple de l'eau, ou à faire le lien entre le dix millionième du quart du méridien terrestre et le mètre, pour conclure sur la nécessité de faire évoluer les définitions au fur et à mesure des découvertes et des avancées techniques. De fait de nombreuses estimations numériques étaient possibles pour étayer la présentation du candidat.

Dossier n°6 : « L'ombre d'un trou noir », publié dans « Pour la Science » en 2012.

Cet article discute de comment détecter un trou noir, des candidats et lieux possibles et des signatures attendues. L'intérêt est qu'il permettait également de mettre en avant un fonctionnement de la recherche car cet article précédait l'image du trou noir au sein de la galaxie M87 dévoilée en 2019. Sans nécessairement faire ce parallèle, l'article proposait également beaucoup de pistes sur lesquelles se raccrocher, de la mécanique céleste, à l'effet Doppler et les interférences lumineuses, et permettait de nombreuses estimations ou comparaisons entre les candidats possibles pour une détection effective d'un trou noir, comme par exemple des estimations liées à la faisabilité de l'utilisation de télescopes en réseau pour, comme mentionnés dans le texte, « détecter les propriétés d'un objet de la taille d'un cheveu vu à 380 km, tout en révisant les définitions d'angles et définitions de seconde d'arc.