

## **Épreuve orale d'Analyse de Documents Scientifiques Physique, Filière PC**

La moyenne des notes des 257 candidats français est de 11,79/20 avec un écart-type de 3,31.

**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.

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 font parfois 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 donc qu'il 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 et plus étonnamment encore et c'est un phénomène récent certains candidats ont des problèmes avec les tables de multiplications ou des simplifications de fractions élémentaires, ou une conversion m/s en km/h. 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 grandeur 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.

- 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 aux rapports antérieurs, dont celui-ci est très 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 : « Imagerie globale de la Terre par les ondes sismiques » publié dans les Reflets de la Physique n° 56.**

Cet article discute des progrès réalisés dans la compréhension de la structure de la Terre au moyen de l'analyse des ondes sismiques. Les différents types d'ondes sont abordés (surfaiques et volumiques), et l'article explique comment leur analyse a permis de comprendre la structure interne de la Terre. Les progrès récents liés notamment aux progrès de l'outil informatique ont permis de mettre en exergue l'existence de nouveaux phénomènes dans cette structure, notamment en utilisant le caractère ondulatoire et les phénomènes de diffraction.

Cet article permettait d'utiliser la physique des ondes vue en cours ou en travaux pratiques en partant de l'optique géométrique et notamment la notion d'ombre, jusqu'aux phénomènes de diffraction et de faire le lien entre ces notions et celles liées à la physique des ondes sismiques, tout en proposant des calculs d'ordre de grandeurs.

#### **Dossier n°2 : « Sur un problème d'activation par diffusion », J. Phys. Radium, 1934, 5 (2), pp.57-60 (<https://hal.science/jpa-00233201>)**

Cet article écrit par P. Langevin est un article un peu ancien qui s'attache à expliquer un phénomène expérimental sur l'activation par des atomes de recul, observé et relaté dans un autre article. La démarche consiste à modéliser le phénomène à l'aide de mécanismes physiques liés à la loi de la diffusion du cours à laquelle s'ajoutent des termes sources liés à la physique du problème étudié. Une solution analytique du phénomène est calculée dont les prédictions sont comparées aux résultats expérimentaux avec lesquels un bon accord est trouvé, donnant ainsi une explication aux phénomènes observés.

Cet article permettait ainsi de revisiter les différentes lois de conservation permettant d'établir l'équation de diffusion et de discuter sur la modélisation et les simplifications faites par l'auteur pour mener une étude analytique, voire de commenter les résultats obtenus.

**Dossier n°3 : « Champ géomagnétique et dynamique du noyau terrestre », publié dans les Reflets de la Physique n° 69.**

Cet article traite de la compréhension et de la modélisation numérique du champ géomagnétique, principalement généré par les mouvements de métal liquide dans le noyau de la Terre (« effet dynamo »). Même si le principe de fonctionnement de cet effet semble simple, il se trouve que le problème de la modélisation précise du champ géomagnétique reste très mal posé et rend très compliqué notamment les prédictions de son évolution. C'est pourquoi on doit contraindre ces modélisations par des observations par satellite, qui, depuis 20 ans apportent des informations sans précédent. Cet article montre les évolutions récentes de notre compréhension de la géodynamo ces dernières années et leurs conséquences surprenantes par exemple sur la durée du jour ou le champ magnétique gouvernant la météo de l'espace.

**Dossier n°4 : « Mise en équation des phénomènes de convection calorifique et aperçu sur le pouvoir refroidissant des fluides » (<http://dx.doi.org/10.1051/jphystap:01902001006500>)**

Cet article de J. Boussinesq du début de XXème siècle est une étude théorique des phénomènes de convection dans un fluide occasionnés par une plaque immergée maintenue à une température plus élevée que celle du fluide. La mise en équation fait appel aux équations de la mécanique des fluides, de la diffusion thermique ainsi qu'à la thermodynamique pour lier les variations de la température et de la densité. En adimensionnant les équations, l'auteur tire des conclusions sur le comportement du système.

Cet article permettait de comprendre comment les phénomènes de convection peuvent être mis en équation mais il constituait avant une illustration de la puissance des raisonnements sur les dimensions.

**Dossier n°5 : « Quand les harmoniques d'un rayonnement ultraviolet extrême se focalisent »**

Cet article décrit les principes de fonctionnement de la technique de génération d'harmoniques d'ordre élevé (GHOE) et ses applications pour la création d'impulsions d'une durée inférieure à la femtoseconde. L'article discute d'abord le principe physique de la GHOE et ensuite l'importance du recouvrement spatial des harmoniques et les techniques pour contrôler la phase des harmoniques et l'intensité du faisceau généré.

Le sujet abordé dans l'article permet de discuter de plusieurs concepts fondamentaux de la physique des ondes et de la mécanique quantique : les relations entre la largeur du spectre en énergie et la durée en temps d'un signal, les concepts d'harmoniques et cohérence d'une onde, les effets de diffraction et la physique du laser.

## **Dossier n°6 : Mesure de la conductivité thermique d'un matériau a changement de phase pour un système de climatisation solaire**

L'article décrit l'utilisation et caractérisation des matériaux à changement de phase (MCP) pour des applications de climatisation avec énergie photovoltaïque. Les MCP sont des matériaux optimisés pour avoir une grande chaleur latente de fusion et peuvent ainsi servir pour du stockage thermique.

L'article discute d'abord les propriétés de ces matériaux et l'importance de leur conductivité thermique pour des applications réelles. Il présente ensuite un système expérimental de mesure, il discute de l'estimation de la diffusivité thermique du matériel et il décrit une simulation utilisée pour déterminer le temps total de fusion d'un échantillon de matériel. Cet article permet de discuter de plusieurs concepts de thermodynamique et des équations de diffusion de la chaleur. Les relevés expérimentaux qui sont présentés permettent de discuter des aspects de traitement des incertitudes des mesures et de la lecture de graphes.