

Epreuve orale d'Analyse de Documents Scientifiques

Filière PC, Physique

La moyenne des notes des candidats français est de 11,72 avec un écart-type de 2,87
Les notes s'échelonnent de 05 à 19/20, avec la répartition suivante :

| | | |
|-----------------------|-------|--------|
| $0 \leq N < 4$ | 0 | 0 |
| $4 \leq N < 8$ | 20 | 7,81% |
| $8 \leq N < 12$ | 93 | 36,33% |
| $12 \leq N < 16$ | 120 | 46,88% |
| $16 \leq N \leq 20$ | 23 | 8,98% |
| Total : | 256 | 100% |
| Nombre de candidats : | 256 | |
| Note moyenne : | 11,72 | |
| Ecart-type : | 2,87 | |

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'examinateur 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'examinateur 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**, tant pendant la phase de préparation que 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.

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 l'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 coeur, 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 par 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) ? Et à un niveau différent : pourquoi le dossier est-il composé de ces documents ?

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 de dossiers proposés) 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 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 bien 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 ; 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, 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 de tirer toute 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 du spectre lumineux, X, gamma, micro-onde;
- 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.
- 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 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, apparus dans les nouveaux programmes, nous ont semblé être bien assimilés.

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 préférons dans la suite mentionner quelques dossiers que nous avons sélectionnés et nous avons ajouté quelques commentaires.

Dossier n°1 : Détection des ondes gravitationnelles, publié dans Reflets de la Physique, 2017

Cet article relate les principes de détection des ondes gravitationnelles ayant permis leur découverte (fracassante) fin 2015. Bien que le phénomène d'onde gravitationnelle OG provient de la relativité générale (complètement hors programme), leur détection fait intervenir des concepts de physique assez classique, en particulier un interféromètre de Michelson un peu sophistiqué. Le principe d'une telle mesure pouvait donc être aisément commenté. La précision extrême requise par la mesure implique de contrôler un grand nombre d'effets parasites, eux aussi issus de physique classique (diverses sources de vibration, bruit thermique, stabilité du laser etc) que le candidat pouvait développer. Le caractère quadrupolaire des OG permettait de rappeler les concepts de monopôle, dipôle, quadrupôle en électrostatique ou magnétostatique.

Dossier n°2 : Mesure de pression de l'atmosphère solaire, vérification de la relativité générale, publié dans Le journal de physique et le radium, 1922

Ce texte, assez ancien, décrit comment, à partir de mesures de spectroscopie de plusieurs raies d'émission lumineuse en provenance du Soleil, l'auteur peut en déduire d'une part la pression atmosphérique de la couche d'atmosphère solaire émettant ces raies, et ensuite calculer la différence, due à la relativité générale, entre les longueurs d'ondes d'une raie émise à la surface du Soleil et la même raie émise à la surface de la Terre. L'auteur explique bien la difficulté de cette mesure : pour calculer cet effet relativiste, il faut d'abord soustraire tous les autres effets donnant lieu à un décalage entre les longueurs d'onde (effet Doppler, déviation due à la pression, agitation thermique...). Le candidat avait le loisir de discuter la nature d'une raie d'émission lumineuse à partir de ses connaissances en mécanique quantique, les différents effets cités ci-dessus, les techniques de

spectroscopie utilisées : prisme dispersif, lames parallèles semi-réfléchissantes formant effectivement une cavité Fabry-Perot (l'auteur de l'article est A.Perot) et donnant lieu à des interférences.

Dossier n°3 : Détection sans interaction en optique quantique, publié dans Documents Pour la Science, 2010

Cet article présente une application inattendue de la mécanique quantique, qui consiste à détecter un objet en utilisant des photons qui n'ont pas été en contact avec cet objet. Bien qu'il s'agisse d'optique quantique (hors programme), la stratégie de détection met en oeuvre des concepts supposés connus : fentes d'Young, interférences constructives ou destructives, diffraction par un cristal, polarisation de la lumière, et des calculs assez élémentaires.

Dossier n°4 : Universalité de la chute libre, publié dans Documents Pour la Science, 2003

Cet article évoque les expériences successives, depuis Galilée, permettant de vérifier, avec une précision croissante, le principe d'équivalence entre la masse grave et la masse inerte. Ces expériences, de natures diverses, mettent en jeu des phénomènes physiques que l'étudiant pouvait commenter à partir de ses connaissances : force de traînée en hydrodynamique, frottement solide, pendule de torsion, principe du vol en apesanteur, pression de radiation, agitation thermique.

Dossier n°5 : Amortisseur vibratoire magnétique, publié dans les actes du 13^e Colloque National en Calcul des Structures, 2017

Cet article décrivait la conception d'un amortisseur vibratoire non linéaire, basé sur l'interaction magnétique entre plusieurs aimants, l'un d'entre eux étant mobile par rapport aux autres. En étudiant les champs magnétiques engendrés par les différents aimants fixes, le texte montre que le mouvement de l'aimant mobile équivaut à celui d'un ressort non-linéaire, dont les coefficients dépendent des paramètres géométriques de l'amortisseur (longueur et séparation des axes portant les aimants). L'objectif est d'optimiser l'amortissement d'un objet vibrant attaché à l'amortisseur, dans une gamme de fréquences et d'amplitudes données. L'étude expérimentale est faite avec une plaque métallique mince mise en vibration. Le candidat pouvait discuter de la forme des lignes de champ magnétique engendrées par les aimants, permettant de justifier qualitativement les propriétés du ressort non-linéaire. Les propriétés d'une plaque vibrante pouvaient aussi être approfondies (modes propres, en relation avec le cas unidimensionnel de la corde de Melde, modules d'élasticité), les techniques de mesure utilisées (vibromètre Laser).

Dossier n°6 : Ebullition en milieu poreux : évaluation du taux de vide, publié dans les actes du Congrès Français de Thermique en 2016

Cet article décrit une expérience dans laquelle un fluide est injecté dans une boîte quasi-bidimensionnelle, traversée par un réseau de cylindres métallique. Les auteurs veulent comprendre l'influence du chauffage local par les cylindres, sur l'écoulement et le taux d'évaporation du liquide. L'étude est motivée par la physique des réacteurs nucléaires : en cas d'accident du cœur du réacteur, le combustible peut tomber sous forme de débris chauds, qu'il faut refroidir par « renoyage » ; on veut alors éviter une évaporation trop rapide de l'eau de refroidissement, qui pourrait déclencher une explosion. L'expérience proposée permet de chauffer les cylindres localement par effet Joule, par un jeu de thermosondes individuelles, qui permettent également de mesurer la température locale. Une partie de l'article concernait différents procédés d'acquisition et de traitement des images, principales sources d'information sur l'état du liquide. L'étudiant pouvait par exemple discuter de l'équation de la chaleur, du chauffage par induction, de la transition de phase liquide-vapeur, des phénomènes de tension de surface pour expliquer les formes des bulles d'air observées. Dans ce type d'article contenant peu ou pas d'équations, une réflexion sur le protocole expérimental utilisé, et sur le phénomène qu'il est censé modéliser, constituent une valeur ajoutée souhaitable.