

Épreuve orale de Physique, Filière MP

Rapport de MM. Fabrice VALLÉE et Jacques MARTEAU, examinateurs.

L'épreuve orale de physique a été passée lors de la session 2012 par 403 candidats, dont 353 français. Cette épreuve de 50 minutes consiste à travailler à la résolution d'un exercice, présentant plusieurs volets de difficulté croissante, et, très occasionnellement d'un deuxième exercice, le tout sans préparation préalable.

Les notes des candidats français se répartissent selon le tableau ci-dessous :

$0 \leq N < 4$	0	0,0%
$4 \leq N < 8$	42	11,9%
$8 \leq N < 12$	133	37,7%
$12 \leq N < 16$	141	39,9%
$16 \leq N \leq 20$	37	10,5%
Total	353	100%
Note moyenne	11,44	
Écart-type	3,14	

Remarques générales

De façon générale, les exercices proposés sont de résolution complète difficile et testent une compréhension fine des concepts physiques du cours. Une bonne planche ne se limite pas à mener un calcul jusqu'au bout ou à résoudre des équations. On attend du candidat une analyse physique du problème, à la lumière de ses connaissances, qui doit se traduire à la fois par une mise en équations justifiée et par une interprétation physique des résultats. Ceci inclut une réflexion critique sur la formulation du problème et le choix de la méthode, des approximations justifiées pour, si besoin est, simplifier le problème et identifier les paramètres importants. La résolution des équations doit être suivie d'une discussion des résultats obtenus, celle-ci permettant également de vérifier leur cohérence par rapport à l'analyse initiale et aux hypothèses réalisées.

Le candidat est également évalué sur sa capacité d'initiatives par rapport à sa démarche d'investigation et à ses résultats. La pertinence de ces initiatives peut amener à un dialogue avec l'examineur et conduire ce dernier à fournir des indications pour faire progresser le candidat dans la voie choisie, selon la difficulté de l'exercice, et tester ses connaissances. En particulier les parties les plus difficiles des exercices font l'objet d'un accompagnement spécifique par l'examineur qui évaluera alors avec soin les capacités d'induction du candidat. En aucun cas il ne sera demandé ou utilisé un résultat hors-programme, sauf si ce dernier est avancé par le candidat lui-même. Dans ce cas le candidat doit s'attendre

à devoir démontrer son résultat et surtout à justifier son utilisation. En cas de non-compréhension manifeste de ce résultat hors-programme la note du candidat peut s'en ressentir.

Peu d'interrogations répondant à ces critères, des conseils généraux aux candidats sont donnés ci-dessous.

En premier lieu il convient de préciser qu'un calcul long et lourd n'est pas à priori le signe que la planche est bien engagée. Des solutions simples et/ou des résultats obtenus après une première approximation, sur l'initiative du candidat et déduite de l'analyse physique du problème, peuvent être les bienvenus. L'étude de cas particuliers ou de cas limites est en général très appréciée car elle permet de mettre en valeur un candidat qui n'hésite pas à prendre du recul, cherche une signification physique à ce qu'il avance, et garde un esprit critique.

Il est nécessaire de prendre un temps de réflexion avant de commencer l'exercice et de se précipiter sur les équations. Cette analyse physique doit permettre d'analyser les phénomènes physiques mis en jeu et de poser correctement le problème, en particulier de choisir et de définir de façon pertinente le système, le référentiel d'étude et la méthode de résolution appropriée. Dans cette phase, le candidat doit faire preuve d'initiative et d'autonomie. Il ne lui est pas demandé de trouver immédiatement la démarche à suivre, pas nécessairement unique d'ailleurs, mais plutôt d'avancer dans l'analyse du problème, sans que l'examineur n'intervienne nécessairement, pour s'orienter de façon argumentée vers celle-ci.

A la suite de cette analyse, il est utile de compter le nombre d'inconnues et d'équations, afin de s'assurer que la formulation est complète, et, éventuellement, de faire des approximations justifiées. L'énoncé de l'ensemble des théorèmes connu du candidat ne constitue pas une analyse préalable suffisante. Il est important de sélectionner parmi ceux-ci, compte-tenu des conclusions sur le nombre de paramètres indépendants par exemple, ceux qui paraissent les plus pertinents pour parvenir à un résultat convaincant. Le candidat doit pouvoir également anticiper si le système de résolution qu'il propose, incluant par exemple un choix de référentiel ou de coordonnées, va lui permettre d'extraire un résultat cohérent. Il est inutile de privilégier une méthode de résolution complexe quand une solution simple s'impose, notamment sur des arguments de physique.

Nous rappelons que l'analyse des symétries d'une distribution de charges ou de masses par exemple permet une simplification tant sur les dépendances des observables physiques que sur leurs dimensions. En l'absence de cette analyse l'application du théorème de Gauss par exemple est ardue voire impossible. De plus cette séquence permet de mettre en valeur la finesse du candidat par rapport à une situation physique et sa capacité à la relier à ses connaissances.

Bien que nous ayons noté une nette amélioration sur ce point, nous rappelons qu'il est important de penser à vérifier l'homogénéité des résultats et surtout d'en tirer les

conclusions qui s'imposent. Cette vérification doit être systématique, mais doit être faite de façon la plus globale possible (qE est, par exemple, homogène à une force, il n'est pas nécessaire de revenir aux unités de charge et de champ). À défaut certains candidats peuvent donner l'impression qu'ils ne comprennent pas les entités qu'ils manipulent même si les calculs ont été menés à bien. À cet égard, il est regrettable de voir presque systématiquement les candidats identifier l'intensité d'une onde électromagnétique au module carré de son champ électrique.

Même si les esprits d'analyse et de modélisation sont appréciés en premier lieu il convient toutefois de ne pas négliger la résolution mathématique, plus technique, du problème. La mise en œuvre d'un calcul peut s'avérer catastrophique : mauvaise gestion du tableau, calculs intermédiaires négligés, notations inappropriées, signes aléatoires changeant d'une ligne à l'autre, constantes ou même partie complète d'équation oubliées. Un minimum de rigueur et l'adoption d'un système de notations simple pour certaines variables complexes du problème permet de gagner un temps considérable.

Il est plus regrettable encore de constater de grosses erreurs en analyse mathématique, sur le calcul différentiel et intégral ou encore, de manière plus surprenante, sur les développements limités classiques ou des égalités entre quantités de dimensions différentes.

La discussion physique des résultats obtenus est une partie très importante de la planche. De nombreux candidats privilégient la discussion sur les équations obtenues plutôt que sur le système physique lui-même. Nous rappelons qu'il est souvent possible, et donc préférable, de procéder en ordre inverse. Les applications numériques doivent être soignées pour pouvoir être intégrées proprement dans la discussion. Il est également appréciable qu'un candidat puisse mettre en relation avec l'expérience les résultats d'un calcul qu'il vient d'obtenir. Il est souhaitable de tracer des courbes correspondant au calcul et d'étudier les différents cas possibles, pour parvenir à une compréhension physique du problème posé. Pour être décrites et exploitées correctement, ces courbes doivent comporter un système d'axes clair.

Enfin les examinateurs sont très sensibles à la culture scientifique du candidat et nous avons été surpris de constater de grosses lacunes sur des connaissances de base de l'optique, des états de la matière, ou de la structure atomique ou nucléaire. De nombreuses aberrations ont émaillé la session 2012 de l'oral de physique.

Électrocinétique-Électromagnétisme

De manière générale la résolution des problèmes d'électrocinétique laisse à désirer. Les erreurs d'application du théorème de Millmann sont en particulier nombreuses et montrent que les candidats ne réfléchissent pas suffisamment notamment à la présence de sources de courant dans un circuit (la sortie d'un amplificateur opérationnel par exemple).

En électrostatique il n'est pas tolérable que le champ électrique créé par deux charges ne soit pas déterminé correctement et rapidement. Trop de candidats se noient dans les

méandres du formalisme de l'analyse vectorielle sans pouvoir donner une signification simple aux opérateurs (gradient, divergence, rotationnel). Le Laplacien vectoriel en coordonnées cartésiennes est très souvent mal interprété.

Les conditions d'utilisation et d'application des opérateurs vectoriels conduisent très fréquemment à des aberrations et à des calculs compliqués dans lesquels le candidat ne parvient pas à mettre en valeur sa compréhension du problème. Il est primordial de pouvoir sortir une analyse post calculatoire en électromagnétisme.

La plupart des champs utilisés en électromagnétisme étant des vecteurs, il est important de s'en souvenir au moment de les noter et de les utiliser. Lors du passage des champs aux intensités lumineuses, l'approximation scalaire est souvent confuse. Comme rappelé dans le préambule, l'exploitation des symétries prend tout son sens avec les théorèmes de Gauss ou d'Ampère. Il est surprenant de constater que l'application de ces théorèmes puisse être source de lacunes ou d'erreurs grossières.

Optique

Nous nous permettons de rappeler que l'optique géométrique figure au programme du concours. Malgré une faible amélioration, de grosses lacunes ont encore été constatées sur des notions élémentaires comme les lois de la réfraction (mauvais choix des angles, mauvaise interprétation du sens de la réfraction etc). En particulier il est navrant de constater que de nombreux candidats utilisent de manière mécanique les mêmes lois de Descartes indifféremment avec les angles que font les rayons lumineux par rapport à la normale au dioptre ou leurs complémentaires.

La méconnaissance de la géométrie élémentaire nuit à la résolution d'exercices d'optique. En particulier, notre espace étant à trois dimensions, il faut apprendre à « voir » en dehors du plan de la figure tracée sur le tableau. Le choix d'orientation des angles et la clarté des schémas sont des atouts pour une résolution nette d'un problème d'optique géométrique.

Les théorèmes généraux de l'optique dite « physique » ou géométrique (principe de Huygens-Fresnel, formule générique des interférences, énoncé des conditions de Gauss) sont souvent incomplètement connus et/ou compris et appliqués, ce qui conduit à des impasses pour la résolution du problème posé. Les phénomènes de diffraction et d'interférences sont en général mal assimilés par les candidats et utilisés ou négligés à très mauvais escient. Il est surprenant de constater de grosses incohérences dans la discussion de l'éclairement obtenu après traversée d'un réseau ou d'un objet diffractant simple.

Certains énoncés ont des supports « visuels » qui font référence à des résultats de TP qu'il est bon de pouvoir restituer dans le contexte de la résolution de la planche.

Mécanique

On pourrait croire que le côté formel de la Mécanique conviendrait aux élèves de la filière MP, mais nous avons constaté un grand manque de rigueur. Les relations entre les différents principes semblent méconnues ou oubliées, conservation de l'énergie mécanique et principe fondamental de la dynamique, par exemple ; il est souvent inutile de dériver par rapport au temps une intégrale première du mouvement. En revanche une analyse préalable sur des problèmes à un degré de liberté devrait conduire plus souvent le candidat à s'orienter vers cette dernière. Une amélioration a cependant été notée sur ce dernier point.

Les changements de référentiels doivent être menés avec la plus grande rigueur. Trop souvent le candidat ne traite qu'une partie des forces d'inertie ou analyse mal le mouvement relatif des référentiels les uns par rapport aux autres (rotation ou translation circulaire par exemple). Ces forces sont trop souvent calculées d'un point de vue mathématique à partir des expressions générales ce qui fait perdre un temps considérable et est très souvent source d'erreurs.

De nombreux candidats se compliquent la planche par l'adoption d'un système de coordonnées peu adapté au problème : les symétries peuvent dicter un choix particulier mais il convient d'anticiper qu'un système d'équations différentielles en coordonnées sphériques n'est en général pas le plus commode pour extraire le comportement général d'un système. La remarque générale sur la réflexion préalable aux calculs est particulièrement pertinente en Mécanique. Elle constitue bien souvent la clé du problème et il est en particulier important de bien choisir le système de coordonnées et les équations utilisées, pour éviter les complications inutiles. Les formules permettant de changer de référentiel sont souvent sources d'erreurs.

Les lois de Coulomb sont formulées de manière incomplète ou même incorrecte ; ainsi, les candidats oublient de mentionner et d'utiliser la condition sur le sens de la vitesse de glissement. Il est surprenant de constater que certains problèmes élémentaires de mécanique du solide (mouvement d'un cylindre autour de son axe par exemple) ne sont pas maîtrisés par certains candidats.

Il est également de notre devoir de rappeler que la mécanique du point donne lieu à des interrogations. Il est regrettable de constater que le calcul des petits mouvements d'un pendule ou celui du champ de gravitation par le théorème de Gauss ont posé problème à un nombre important de candidats.

Thermodynamique – Ondes

La thermodynamique est très mal comprise ; même des exercices très simples posent des difficultés considérables à un grand nombre de candidats. Nous rappelons qu'une étape primordiale dans la résolution d'un problème de thermodynamique est la définition du système d'étude. Bien souvent les principes sont appliqués sans précision et des para-

doxes apparents (comme une diminution d'entropie) semblent surprendre les candidats. L'utilisation du second principe sous la forme brute « échange+création » est souvent réductrice et n'apporte que rarement une vision claire du problème. Trop de candidats pensent que l'entropie est une fonction croissante indépendamment du système auquel elle se rapporte.

La notion d'équilibre thermodynamique semble mal comprise et est mal utilisée, alors qu'une mise en relation avec la thermochimie peut éclairer cette notion. Nous regrettons les raisonnements farfelus auxquels les candidats font appel pour trouver des équations manquantes pour les exercices faisant intervenir des transformations entre états d'équilibre.

Il est inacceptable d'avoir à rappeler l'existence et le rôle des fonctions d'état.

Les problèmes d'échanges thermiques sont en général bien traité, mais la notion de flux de chaleur est mal comprise. Nombreux sont ceux qui redémontrent l'équation de la chaleur sans comprendre qu'ils font des bilans d'énergie sur des tranches élémentaires du milieu, ou qu'ils font des bilans de transferts thermiques sur des surfaces sans rapport entre elles.

De nombreux problèmes dans ce domaine font appel à des ordres de grandeur, des variables d'échelle qui permettent d'en réduire la complexité. Les candidats ne doivent pas hésiter à prendre des initiatives et ne pas se laisser désarçonner par ce qu'ils sont tentés d'assimiler à un manque de rigueur mathématique de la méthode. Il faut au contraire procéder de manière systématique et précautionneuse aux approximations nécessaires.