

13. Rapport sur la leçon de physique

Cette épreuve de l'agrégation consiste, pour le candidat, à exposer une leçon au jury. Pour la session 2005, la liste des sujets est jointe à ce rapport.

Au travers de son exposé, le candidat doit, d'une part, faire la preuve de ses connaissances scientifiques et de sa maîtrise des notions présentées et, d'autre part, montrer de la conviction et de la motivation. Il prouve ainsi au jury qu'il possède toutes les qualités d'un futur professeur agrégé : maîtrise du savoir et aptitude à transmettre son message avec rigueur et enthousiasme communicatif.

Cette épreuve est donc exigeante. Pour être réussie, elle doit être préparée avec soin durant l'année qui précède le passage du concours.

Déroulement de l'épreuve

Après avoir pris connaissance du sujet, le candidat prépare son exposé pendant quatre heures. A l'issue de cette préparation, il l'expose pendant 50 minutes. Ensuite, il est interrogé par le jury pendant 20 à 25 minutes environ.

Pendant la préparation, le candidat peut accéder librement à une bibliothèque richement pourvue, qui rassemble un grand nombre d'ouvrages scientifiques « classiques ». Il dispose également de documents variés, destinés à illustrer les leçons et, cette année pour la première fois, regroupés sur un cédérom, ce qui rend possible une présentation à l'aide d'un vidéo projecteur.

Enfin, le candidat bénéficie de l'aide d'un technicien de laboratoire qualifié pour la mise en place et la réalisation « d'expériences de cours » qu'il désire présenter durant son exposé. Naturellement, le technicien peut aider à la préparation de l'expérience à l'initiative du candidat mais est naturellement absent pendant la présentation de la leçon.

Remarques et conseils sur le déroulement de l'épreuve

Le jury de la leçon invite vivement les candidats à lire les remarques consignées ci-dessous. Elles nous paraissent de nature à améliorer largement la qualité des exposés sans pour autant vouloir standardiser ou définir la forme d'une « leçon type ». L'esprit d'initiative et l'originalité sont toujours des qualités très valorisées.

La leçon de physique à l'agrégation est essentiellement une épreuve orale menée au tableau. Le candidat doit donc veiller à la qualité de la présentation : diction claire, vocabulaire précis, écriture soignée et tableau bien organisé. Il lui faut avoir le désir d'être écouté et compris en étant efficace et convaincant. Le candidat doit également veiller à maîtriser les 50 minutes du temps imparti : la conception de la leçon exige le respect d'un certain équilibre entre les parties, un point fort ne devant pas être abordé en quelques minutes à la fin de l'épreuve.

Le candidat doit lire avec soin le thème de la leçon. En outre, il lui est vivement conseillé de prendre connaissance d'éventuelles remarques formulées sur la leçon dans les rapports du concours. La leçon doit être impérativement traitée au niveau indiqué : premier cycle universitaire ou classes

préparatoires aux grandes écoles. Les exposés conduits à un niveau insuffisant sont bien sûr sanctionnés.

Le candidat peut souhaiter écrire à l'avance le plan de la leçon sur un transparent rétroprojeté ou bien au tableau. Il doit alors veiller à indiquer explicitement au jury la progression adoptée, c'est-à-dire à préciser la correspondance entre son discours et le plan présenté au jury.

L'exposé doit être conduit avec vivacité, entrain et aisance. L'usage des notes doit être limité par exemple à la vérification d'un résultat obtenu ; la présentation de la leçon ne peut pas se limiter, comme c'est parfois le cas, à une simple recopie de notes tenues à la main. Le jury pénalise donc les candidats qui font un usage excessif de leurs notes.

Les calculs fastidieux doivent céder la place à la physique. Mais les grandeurs apparaissant dans les relations doivent être clairement définies. Il faut en outre préciser le contexte dans lequel ces relations sont construites, leur domaine de validité et faire ressortir les résultats physiques marquants.

L'utilisation de transparents judicieusement choisis ou réalisés et intelligemment intégrés à la présentation constitue évidemment une plus-value. Mais, en aucun cas, un exposé ne peut se réduire à la projection d'une suite de documents. En outre, le candidat doit veiller à ce que le jury dispose d'un temps suffisant pour prendre connaissance du contenu du transparent présenté.

Le candidat doit être très attentif au contenu d'un document numérique tiré du cédérom : est-il exactement adapté à la leçon ? Utilise-t-il les bonnes notations ? Permet-il de conduire effectivement telle ou telle discussion comme celle du pouvoir de résolution d'un réseau par exemple ? Il faut que le candidat veille à prendre pleinement connaissance du contenu du transparent qu'il compte utiliser et qu'il signale explicitement d'éventuels changements de notations par rapport à son exposé.

Le candidat est parfois conduit à réaliser ses propres transparents pour y consigner par exemple un passage « calculatoire » ou qui reprend une variante d'une situation physique déjà présentée. Le jury accepte naturellement qu'une partie très technique et fastidieuse soit ainsi présentée, surtout si le temps gagné est consacré à l'analyse physique du problème étudié. Mais il faut également que le candidat fasse la preuve de ses capacités à conduire avec dextérité et rigueur certaines parties « techniques » de son exposé ; il ne doit donc pas systématiquement recourir aux transparents dès le moindre calcul mais les réserver à des situations judicieusement choisies.

Les expériences dites de cours, destinées à illustrer un phénomène physique ou à mettre en évidence une loi comportementale, sont très appréciées et valorisées. Elles doivent être réalisées avec soin, conçues pour être vues par « toute la classe » et peuvent en définitive constituer un élément important de la leçon (en optique, par exemple). Le candidat doit alors veiller à décrire l'expérience de manière suffisamment explicite et à l'exploiter au mieux.

L'épreuve se termine par un dialogue au cours duquel les membres du jury interrogent le candidat. Les questions posées visent à faire préciser un ou plusieurs points et à évaluer dans quelle mesure la maîtrise du candidat. Cette phase de questions ne constitue pas le point essentiel de l'évaluation mais ne doit pas être prise à la légère : le candidat a tout intérêt à être un partenaire actif ayant le désir d'expliquer les concepts qu'il vient de présenter.

Les remarques précédentes ne doivent pas masquer le fait que, cette année encore, le jury de la leçon a eu le plaisir d'assister à d'excellentes leçons, attrayantes, scientifiquement irréprochables et conduites par des candidats brillants et convaincants.

Remarques sur le contenu scientifique des leçons

Leçons de mécanique du point et du solide (1 à 9) :

Leçon 2 : Le candidat doit être en mesure de faire la mise en équation des expériences qu'il présente. L'aspect cinématique du glissement est souvent abordé avec insuffisamment de soin. Des confusions persistent entre absence de glissement et absence de mouvement ainsi qu'entre absence de glissement et absence de frottement. L'étude d'un mouvement de roulement constitue une illustration intéressante.

Leçon 4 : Il est inutile de faire les démonstrations des calculs des éléments cinétiques du solide (matrice d'inertie). Le pendule pesant et, a fortiori, le pendule simple ne constituent pas les meilleures illustrations de la leçon. Enfin, si le jury a eu le plaisir de voir cette année une excellente illustration expérimentale de l'équilibrage statique et dynamique d'une machine tournante, celle-ci nous a semblé insuffisamment exploitée. Nous encourageons donc les candidats à mieux utiliser les expériences présentées.

Leçon 5 : Cette leçon peut et doit être illustrée par des expériences pertinentes. Il faut veiller à consacrer un temps suffisant à l'étude du domaine microscopique.

Leçon 6 : Très souvent, l'intérêt du référentiel barycentrique n'est pas bien dégagé. Rappelons qu'il faut être capable de prouver que moment cinétique et énergie cinétique se réduisent à ceux de la particule fictive dans ce référentiel.

Leçon 8 : Le référentiel du centre de masse est toujours introduit, mais l'intérêt qu'il présente n'est pas suffisamment souligné, en particulier dans la détermination du seuil énergétique d'une collision inélastique. Il faut savoir faire la différence entre « invariance » et « conservation ». Comme le titre l'indique, il faut chercher à illustrer la leçon par des exemples empruntés à la physique des particules. La diffusion de Rutherford ne constitue pas une bonne illustration de cette leçon par exemple.

Leçon 9 : Rappelons une nouvelle fois que cette leçon doit être traitée dans le cadre de la relativité restreinte. Dans les applications, le cas des champs magnétiques non uniformes peut être traité pour illustrer les phénomènes de dérive, d'effet miroir et de confinement magnétique par exemple.

Leçons de mécanique des fluides (10 à 12) :

Il faut parvenir à trouver un juste équilibre entre développements théoriques bien maîtrisés et illustrations expérimentales pertinentes. Ces leçons sont souvent l'occasion d'aborder des situations physiques variées, intéressantes mais parfois délicates à comprendre ou à interpréter. Il faut donc à la fois veiller à ne pas transformer ces leçons en un catalogue de faits expérimentaux mal décrits et mal compris et ne pas développer un formalisme excessif, même correctement manipulé, au détriment des applications physiques.

Leçons de thermodynamique (13 à 22) :

Leçon 13 : Le candidat doit maîtriser les ordres de grandeur des valeurs des grandeurs introduites : densité particulaire ; nombre de collisions par unité de temps, de surface ; vitesse quadratique moyenne ; longueur d'onde de de Broglie associée à une entité ... et savoir les utiliser de manière pertinente au cours de l'exposé. La notion de gaz parfait polyatomique doit être abordée.

Leçon 14 : Cette leçon est l'occasion d'effectuer des bilans énergétiques mettant en jeu des travaux et des transferts thermiques. Il ne faut donc pas passer trop de temps sur l'interprétation microscopique de la fonction énergie interne, de manière à en consacrer davantage aux applications.

Leçon 15 : Rappelons qu'il faut s'attacher à identifier les causes d'irréversibilité dans les transformations étudiées.

Leçon 16 : Le candidat peut parfaitement présenter des machines thermiques cycliques où le fluide caloporteur subit des changements d'états.

Leçon 18 : Il ne faut pas rester à un niveau trop descriptif : on attend l'utilisation de potentiels thermodynamiques adaptés pour prévoir l'évolution du système et sa possibilité d'équilibre.

Leçon 19 : Il faut définir avec soin les notions de microétats et de macroétats : pour cela, on peut s'appuyer par exemple sur un système physique discret. Ce peut être l'occasion d'introduire la notion de température thermodynamique.

Leçon 21 : Le candidat doit savoir faire la différence entre le champ de rayonnement d'équilibre et le corps noir. L'effet de serre ne constitue pas l'unique application à envisager pour ce sujet, et les valeurs numériques obtenues avec des modèles élémentaires de cet effet doivent être présentées avec beaucoup d'esprit critique.

Leçons d'électronique (23 à 26) :

Lors de la présentation des leçons d'électronique, le candidat doit veiller à faire preuve de beaucoup de rigueur dans l'algébrisation des grandeurs utilisées : intensité, tension, force électromotrice induite, flux magnétique,

Leçon 23 : La conversion de puissance a donné lieu à des exposés purement descriptifs. Nous attendons « une attitude de physicien », c'est-à-dire une justification des modèles simples proposés pour les machines à courant continu, par exemple avec les conditions d'algébrisation des grandeurs électriques et mécaniques introduites.

Leçon 26 : Il faut expliquer avec soin ce qu'est un filtre et la signification de ses caractéristique (ordre, type, ...).

Leçons sur les phénomènes de propagation et l'électromagnétisme (27 à 34) :

Leçon 32 : Ce sujet donne souvent lieu à des développements calculatoires excessifs. Le cas des ondes évanescentes apparaissant lors de la réflexion totale doit être connu et peut être évoqué. Il est nécessaire de définir les coefficients de réflexion et de transmission en énergie même si l'expression finale est admise.

Leçon 34 : Il faut s'attacher à dégager les hypothèses nécessaires à l'établissement de l'expression du champ électromagnétique créé par le dipôle dans la zone de rayonnement. La polarisation de l'onde rayonnée doit être décrite et l'étude des antennes peut constituer une application de cette leçon.

Leçons d'optique (35 à 40) :

Leçon 36 : Il ne s'agit pas d'une présentation purement descriptive et qualitative d'un instrument d'optique. Elle doit être l'occasion d'appliquer avec soin les lois de l'optique géométrique et physique à l'instrument choisi.

Leçon 38 : Si le jury souhaite naturellement une solide illustration expérimentale de la leçon, il ne faut pas la transformer en une succession d'observations purement qualitatives. Cette leçon doit être l'occasion pour le candidat de montrer qu'il sait conduire l'analyse théorique du phénomène expérimental montré.

Leçon 39 : Les conditions de l'approximation de Fraunhofer doivent être précisées et discutées.

Leçon 40 : Il faut veiller au bon équilibre de l'exposé : il est inutile de faire l'étude de la diffraction de Fraunhofer qui doit être supposée connue et il est souhaitable de consacrer plus de cinq minutes à l'étude de la diffraction des rayons X par les cristaux par exemple.

Leçons de physique de la matière (41 à 56) :

Leçon 41 : Des expériences doivent être décrites et modélisées en prenant soin de donner des ordres de grandeur. Les échanges de moment cinétique méritent d'être discutés.

Leçon 42 : Les coefficients d'Einstein ne doivent pas être évoqués dans le seul cas du rayonnement thermique.

Leçon 43 : Les inégalités d'Heisenberg méritent d'être reliées au caractère ondulatoire de la particule.

Leçon 44 : Le candidat ne doit ni se limiter à un exposé historique purement qualitatif, ni se lancer dans des calculs non maîtrisés. En particulier l'étude quantique de l'atome d'hydrogène n'est pas indispensable. Trop souvent l'interprétation des expériences présentées n'est pas comprise.

Leçon 45 : La résolution analytique du puits de potentiel doit être présentée de façon synthétique pour réserver une durée suffisante aux applications.

Leçon 47 : Ce nouveau sujet, introduit pour compléter les thèmes abordés à l'oral de l'agrégation, a donné lieu à des exposés souvent attractifs mais un peu trop qualitatifs et descriptifs. Les candidats

doivent évidemment avoir des connaissances sur les techniques expérimentales qui permettent d'obtenir des informations sur la taille et la structure interne du noyau.

Leçon 55 : Une illustration souvent choisie est l'étude d'un dispositif mécanique comportant une masse suspendue à un ressort vertical excité à une extrémité. Cette expérience est bien choisie mais la mise en équation pose régulièrement des difficultés.