

## Épreuves orales de Physique, Filière PC

Rapport de Mme Brigitte LERIDON, MM. Gérard BASTARD et  
Xavier LEONCINI, examinateurs.

Comme chaque année, ce rapport est destiné à prodiguer quelques conseils aux candidats, à la fois sur la maîtrise du cours exigible par l'examineur ainsi que sur le déroulement de l'épreuve elle-même. Nous souhaitons bonne chance et bon courage aux futurs candidats.

Les notes des candidats français se répartissent selon le tableau suivant :

$0 \leq N < 4$	1	0,2%
$4 \leq N < 8$	42	9,1%
$8 \leq N < 12$	170	36,6%
$12 \leq N < 16$	203	43,8%
$16 \leq N \leq 20$	48	10,3%
Total	464	100 %
Note moyenne : 11,42		
Écart-type : 3,08		

## Considérations générales sur le déroulement des épreuves 2005

La remarque principale que nous souhaitons faire cette année concerne la forte baisse du niveau des élèves. Ceci est d'autant plus surprenant que, le programme ayant été considérablement allégé, on pouvait s'attendre au contraire à ce que les parties restantes soient d'autant mieux maîtrisées. Bien au contraire, certaines notions de base sont enveloppées d'un flou inquiétant dans l'esprit d'une grande proportion des étudiants. De plus, les candidats sont, en grande majorité, incapables de mener un calcul simple sans faire d'erreurs. Les étudiants ayant obtenu un résultat juste par eux-mêmes, sans aide de l'examineur sont extrêmement minoritaires. Ceci s'accompagne d'une attitude très nonchalante vis-à-vis des calculs, comme si le candidat considérait que la physique peut se passer de calculs et que les fautes de signes ou les erreurs d'algèbre grossières faisaient partie des aléas de l'existence et qu'il fallait s'en accommoder comme on s'accommode d'un temps trop pluvieux. Les signes semblent ne plus avoir d'importance, ce qui aboutit souvent à des équations non physiques (par exemple au lieu d'aller s'écraser sur le soleil, la comète, sur une trajectoire rectiligne, s'en éloigne) et à des interprétations hasardeuses pour justifier a posteriori le résultat (« il aurait suffi que je change le sens des axes »...). Ceci ne peut être admis, la classe préparatoire ne doit pas seulement donner de vagues notions mais apprendre à un étudiant à analyser pertinemment un problème, le poser ensuite correctement en équations et enfin en donner une solution la plus complète possible.

Nous parlons ici bien entendu de calculs sans aucune astuce d'intégration, d'équations différentielles du premier ou du second ordre, ou bien à variables séparables. La maîtrise de ces calculs simples reste cependant indispensable à de futurs ingénieurs. Les errements précédemment dénoncés ont évidemment entraîné des pénalités dans l'appréciation de la performance des candidats les ayant commis. Nous pensons très sincèrement qu'ils sont inacceptables et indignes de quelqu'un qui prétend devenir ingénieur. Nous indiquons ici que nous ne les tolérerons plus.

Analysons maintenant quelques points particuliers qui nous ont semblé particulièrement déficients chez les candidats. Évidemment, nous ne mentionnons ici que les points statistiquement significatifs.

### *Sur les différentielles et autres outils mathématiques standards*

Nous avons observé que les étudiants ont beaucoup plus de difficultés avec la notion de différentielle qu'auparavant. Pour une large proportion d'entre eux, elle n'est pas comprise. Ils écrivent qu'un infiniment petit est égal à une quantité non – infinitésimale fréquemment. Au lieu d'écrire l'expression d'une quantité infinitésimale en se basant sur leur propre réflexion, ils essaient de deviner ou de se souvenir d'un problème déjà fait ce qui aboutit généralement à un résultat faux. Cela s'est notamment produit lors des exercices ayant trait aux chaînes linéaires (qui ne font appel qu'au principe fondamental de la dynamique) où la position absolue de la  $n^{\text{ième}}$  masse et l'écart de cette dernière à la position d'équilibre  $x_n$  étaient trop souvent confondus. Il en a résulté des équations du mouvement qui contenaient des infiniment petits, les  $x_n$ , mais souvent aussi des longueurs au repos des ressorts qui, elles, ne sont pas infiniment petites.

Toujours pour les chaînes linéaires, il est impossible d'obtenir une réponse satisfaisante à la question simplissime « pourquoi cherchez vous une solution  $x_n$  de ces équations couplées qui soit harmonique en temps et proportionnelle à  $\exp(-iknd)$  où  $d$  est la période ? ». On constate avec regret que ce que le professeur de mathématiques a enseigné sur les suites récurrentes semble avoir perdu de sa pertinence lorsque la notion enseignée est appliquée à un problème de physique.

Les formules trigonométriques élémentaires ne sont pas sues. La linéarisation de  $\cos^2 x$  prend deux bonnes minutes à un candidat moyen. Ne parlons pas de manipuler des tangentes, cet exploit semblant désormais réservé aux tout meilleurs.

Déduire l'exposant  $\alpha$ , même approximatif, d'une courbe  $y = Ax^\alpha$  lorsque les points expérimentaux sont parfaitement alignés sur un diagramme log – log semble désormais hors de portée de la moyenne des candidats.

Lorsque le libellé de la question demande d'analyser des courbes expérimentales, ce n'est pas une formule rhétorique. L'invitation ainsi faite a pour but de faire trouver quelque(s) point(s) remarquable(s) desdites courbes. Par exemple, après avoir fait constater qu'un seuil plasma se déplace vers le bleu lorsque la concentration d'électrons  $n$  aug-

mente, l'interrogateur espère (en vain le plus souvent) que le candidat aura l'idée d'estimer comment ce seuil dépend de  $n$ . C'est alors que le recours à la modélisation (électron libres soumis à une onde électromagnétique) permettra d'aller plus loin et finalement d'offrir une interprétation assez complète des faits expérimentaux.

### *Mécanique*

Le portrait de phase, un outil indispensable à l'analyse de phénomènes non-linéaires, a permis de constater que pour une bonne trentaine de candidats l'équation  $x^2 = a^2$  implique que  $x = a$ . Il manque donc la moitié du portrait. D'une manière analogue, dans l'établissement de la formule donnant période des oscillations à partir de la conservation de l'énergie mécanique, trop de candidats n'ont pas été capables de choisir d'une manière rationnelle le signe  $+$  ou le signe  $-$  à placer devant la racine.

Quoique hors programme, les forces d'inertie sont souvent utilisées par les candidats, mais elles sont mal comprises et parfois utilisées à tort et à travers avec des erreurs de signes ou des oublis de masses. En gros, nous avons souvent eu l'impression que les candidats croient que, dès qu'il y a rotation, il faut faire intervenir une force d'inertie, indépendamment du référentiel utilisé.

En mécanique du solide, la réaction du support est très souvent oubliée. La loi de l'action et de la réaction est incomprise et mal utilisée.

Le théorème de la quantité de mouvement est souvent appliqué faussement à des systèmes ouverts sous la forme « masse accélération = somme des forces », au lieu de rechercher un système fermé simple. Les bilans de quantité de mouvement (pourtant vus en mécanique des fluides) sont souvent oubliés.

Nous considérons que savoir retrouver les caractéristiques d'une orbite géo-stationnaire est un minimum.

### *Mécanique des fluides*

La mécanique des fluides reste un des points forts des candidats. Toutefois, elle est moins bien maîtrisée que les années précédentes. Les candidats appliquent mal Bernoulli ou bien ne voient pas qu'elle provient d'Euler, ce qui entraîne des pertes de temps.

### *Electrostatique – Magnétostatique*

Le théorème de Gauss est souvent appliqué mécaniquement, mais semble mal compris. Il y a des confusions entre la géométrie, par exemple sphérique, du problème et la symétrie liée à la répartition de masses ou de charges. L'analyse des symétries des charges est fréquemment effectuée de manière mécanique (plus par réminiscence d'un exercice ancien que par réflexion personnelle du candidat sur l'exercice proposé). Cela a souvent conduit à des résultats absurdes (par exemple que le champ électrique était finalement nul dans

une situation où il ne l'était manifestement pas).

La carte de potentiel électrostatique créé par une distribution uniforme de charges comprises entre les deux plans  $z = 0$  et  $z = d$  a donné lieu à des calculs épiques.

Plus généralement, les candidats semblent réfractaires à l'idée d'utiliser l'équation de Poisson. Dans le même ordre d'idées, nous avons regretté que les propriétés algébriques élémentaires des champs soient si souvent méconnues. Par exemple : si le champ dérive d'un potentiel, son rotationnel est nul ; s'il a une divergence nulle, il est le rotationnel d'un potentiel vecteur.

### *Electromagnétisme*

En dépit de la disparition du programme des milieux diélectriques et du magnétisme en électromagnétisme, supprimant beaucoup de la difficulté de ce programme, plus de la moitié des candidats ont une notion extrêmement vague de ce qui crée champ électrique et champ magnétique. Des candidats, qui par ailleurs avaient fait un très bon oral, ont pu soutenir que s'il n'y avait pas de courant au point  $M$ , il ne pouvait pas y avoir de champ magnétique en ce point. Les équations de Maxwell sont trop souvent dépourvues de tout sens physique. Les notions vues en première année sont parfois complètement oubliées en seconde (Biot et Savart pour un conducteur filiforme par exemple). Cette faiblesse en électromagnétisme est préoccupante. En revanche, l'induction est presque toujours bien traitée.

### *Thermodynamique*

La thermodynamique est très mal comprise, voire oubliée. Pour la première fois cette année, on assiste à un amalgame entre adiabatique et isotherme, qui montre que cette matière est complètement survolée pour une large majorité de candidats. Un problème tout simple de gaz parfait à transformation adiabatique réversible pose des difficultés considérables aux candidats. L'équation de van der Waals subit d'inquiétantes transformations chez de nombreux candidats. L'entropie demeure une grande inconnue et ses échanges sont toujours aussi problématiques. Elle doit probablement croître, mais on ne sait pas souvent dans quelles conditions. Cette méconnaissance de la thermodynamique est très ennuyeuse, car elle est un outil conceptuel indispensable à des futurs ingénieurs.

### *Applications numériques*

On rencontre trop souvent des applications numériques déficientes ou absurdes : par exemple une taille d'échantillon typique pour des mesures de réflectivité de 1m, une concentration électronique de métal typique (**Cu, Ag, .**) de  $10^{-6} \text{ m}^{-3}$ .

## Déroulement de l'épreuve et attitude attendue de la part du candidat

Comme les années précédentes, le concours ne comportant plus qu'une seule épreuve orale de physique les examinateurs posent souvent un exercice et des questions plus proches du cours, ou bien plusieurs exercices sur des parties distinctes du cours.

En général un candidat qui cherche à aller trop vite fait des erreurs de calculs et finit par se perdre. Il ne faut pas oublier que la note ne dépend pas uniquement de la quantité de questions traitées mais de la façon dont l'élève les aborde, y réfléchit, propose des solutions et les teste.

Les meilleurs oraux sont ceux où l'élève chemine lentement, mais sûrement et sans s'arrêter, en privilégiant sa propre réflexion, quitte à parfois changer de piste.

De manière générale, une fois l'énoncé fourni, l'examineur peut intervenir pour amener le candidat à clarifier des points, souvent pour lui éviter de persévérer dans des voies sans issue, éventuellement pour lui indiquer certaines pistes à explorer. Il est vivement conseillé au candidat de tenir compte de ces indications, ce qui n'est paradoxalement pas toujours le cas. Certains candidats semblent s'imaginer que parce que l'examineur ouvre la bouche, leur note va descendre automatiquement, et ont ainsi tendance à perdre leurs moyens à la moindre question visant à faire préciser un point. D'autres persistent dans une voie sans issue malgré les mises en garde de l'examineur.

Comme l'an dernier, rappelons qu'une bonne maîtrise du cours est indispensable tant pour répondre aux questions dites « de cours » que pour la résolution des exercices. Comment en effet être capable d'analyser un problème posé, de déterminer les phénomènes dominants et ceux que l'on va pouvoir négliger et ainsi procéder à la mise en équation du problème si l'on ne possède pas la maîtrise nécessaire à un certain recul? Certains étudiants, par méconnaissance du cours et de la signification physique des lois écrivent plusieurs lois équivalentes et perdent ainsi un temps précieux.

Une fois encore, rappelons que le candidat souhaitant utiliser des notions hors-programme le fait à ses risques et périls et que le plus souvent cette utilisation n'offre pas d'avantages pour le candidat, bien qu'elle ne soit pas pénalisée en soi par l'examineur.

L'absence de temps de préparation et la durée importante de l'épreuve lui confèrent un caractère particulier. L'examineur n'attend donc pas *a priori* du candidat un exposé lisse sans aucune anicroche ni erreur et un flot continu de paroles à partir du moment où il a fini de donner l'énoncé jusqu'à la fin de l'épreuve. Le candidat a, bien entendu, le droit à un délai de réflexion, afin de situer le problème, de procéder à quelques approximations et de définir les grandeurs qui lui semblent pertinentes. Ce délai, au début d'un exercice, est même vivement recommandé.

En revanche, nous déconseillons fortement au candidat de chercher à masquer ce qu'il

écrit au tableau de peur d'écrire une « bêtise ». Il n'est pas normal que l'examineur demande au candidat de lui laisser voir le tableau, comme cela arrive trop fréquemment. Ceci ne joue jamais en faveur du candidat car l'examineur doit pouvoir suivre au plus près le raisonnement du candidat afin de bien comprendre quelle voie il a choisie et d'être en mesure éventuellement de l'aiguiller ou de clarifier un éventuel contresens. L'examineur n'attend pas nécessairement un parcours sans faute du candidat, mais plutôt la capacité à repérer une faute, à la corriger et à éventuellement être capable de modifier son raisonnement et de l'adapter à une situation différente. Le but de l'épreuve est de tester la capacité de raisonnement sur un problème physique en cherchant à aller jusqu'au bout du problème par l'exploitation maîtrisée du cours. Tout naturellement, le cheminement du candidat peut comporter des erreurs, celui-ci sera plutôt évalué par sa réaction à ses propres erreurs.

Cependant l'attitude du candidat doit le plus possible rester une attitude active. Trop de candidats formulent des questions plutôt que des affirmations et guettent une éventuelle approbation de l'examineur à chaque étape. Si l'examineur reste silencieux, ils semblent perdus. Nous attendons de la part du candidat qu'il assume ses propres affirmations.

Dans la conduite du raisonnement, le candidat gagnera énormément à utiliser des termes précis, à préciser sans aucune ambiguïté quel théorème il utilise, à quel système il l'applique, ainsi qu'à énoncer les conditions d'application de ce théorème.

Enfin, comme nous l'avons dit plus haut, le problème doit être résolu jusqu'au bout et les calculs poussés au maximum sauf indication contraire de l'examineur. Pour cela il est extrêmement important que le candidat conserve le plus possible et de manière lisible les résultats intermédiaires, ce qui lui permettra de corriger d'éventuelles erreurs par lui-même et d'adapter ses calculs à une autre situation le cas échéant. Le candidat ne doit en aucun cas adopter une attitude désinvolte envers la phase de calcul en donnant l'impression qu'il espère que l'examineur l'en dispensera.

Rappelons que ce qui est écrit au tableau reste une base importante de la discussion et qu'une bonne tenue du tableau est donc essentielle.

### **Une remarque optimiste**

Nous souhaitons conclure ce rapport en soulignant le plaisir que nous avons éprouvé à entendre plusieurs candidat(e)s exprimer clairement des idées justes et à les voir former un raisonnement correct à partir de leurs connaissances pour analyser un problème donné.