

EPREUVE ORALE DE PHYSIQUE

ENS : PARIS LYON CACHAN

Coefficients : PARIS : MP 10/MPI 20

LYON : MP 4 / MPI 3

CACHAN : 6

MEMBRES DE JURYS : Eric Bringuier, Pierre-François Cohadon et Pierre Dahoo

Remarques générales

On attend d'abord et avant tout du candidat qu'il résolve un problème de physique, c'est-à-dire un problème concret qui se présente à un physicien, à un ingénieur ou à un esprit curieux devant un phénomène naturel. La résolution du problème de mathématiques appliquées auquel a été réduit le problème physique passe après. Le candidat ne doit donc pas déléguer à l'examineur la résolution du problème physique pour se cantonner à une tâche calculatoire dans laquelle la réflexion physique ne joue plus qu'un rôle secondaire. Rappelons au passage que, conformément aux commentaires du programme, l'examineur ne propose que rarement un sujet appelant à un long calcul, de sorte que ce dernier est souvent le symptôme d'une analyse physique défectueuse. *A priori*, c'est au candidat de sentir s'il doit ou non se lancer dans une voie ; mais, s'il bloque en refusant de se lancer dans un calcul d'apparence compliquée ou si, au contraire, il se lance et tourne en rond dans des calculs plus compliqués qu'il ne l'aurait pensé, il vaut mieux suivre les conseils de l'examineur qui sait, lui, ce qui est faisable ou non. Que la voie choisie soit ou non économe en calculs, le candidat doit dégager le sens physique de son résultat final ; il ne doit pas rester placide s'il trouve qu'un système dissipatif non alimenté peut donner lieu à un mouvement perpétuel. Enfin, on attend du candidat qu'il expose clairement sa vision du phénomène physique et l'analyse qu'il en fait. Même une très bonne idée est de peu d'utilité si, étant exprimée de façon obscure et fragmentaire, elle n'est pas transmise à un interlocuteur. Une épreuve, orale ou écrite, est aussi une épreuve de communication dans laquelle il faut employer des termes appropriés. Dire qu'« il y a une puissance qui freine le mouvement » n'est pas la manifestation d'une pensée claire.

Dans une formule littérale, le manque d'homogénéité va souvent de pair avec une carence du sens physique de la formule en question. Par exemple, il devrait être clair qu'à intensité et géométrie fixées, la chaleur dégagée par un fil fusible ne peut pas être proportionnelle à sa conductivité électrique. Le plus grave n'est pas une perte d'homogénéité résultant d'une faute de calcul, mais une faute d'homogénéité dans le raisonnement initial, comme l'addition d'une énergie à une puissance

volumique. D'une manière générale, on constate que les candidats n'ayant pas conscience de l'unité SI des grandeurs physiques qu'ils manipulent sont plus facilement enclins à des contresens. *A contrario*, la connaissance des unités des grandeurs manipulées réduit fortement la combinatoire des formules qu'on peut écrire dans un but donné, évite ainsi bien des erreurs et conduit plus vite à la conclusion. Dans une équation aux dérivées partielles comme l'équation de la chaleur, des candidats ne faisant pas la différence entre les dimensions spatiale (x) et temporelle (t) confondent conditions aux limites et condition initiale, alors que leurs rôles ne sont pas interchangeables. De manière apparentée, un candidat a qualifié de « quasi-stationnaire » un problème où la dépendance en x était négligeable. Plus qu'une faute de langage, un tel lapsus est révélateur d'une conscience physique insuffisante. Citons un autre lapsus entendu : « La théorie apporte un correctif par rapport à la réalité ».

La notion d'ordre de grandeur est très inégalement perçue par les candidats. A l'échelle d'un circuit intégré submicrométrique, une distance d'un millimètre est quasi infinie, ce qui permet des simplifications conceptuelles et calculatoires dont un candidat aurait tort de se priver. A l'inverse, affirmer qu'on peut négliger l'inductance d'une spire de fil au motif que ce n'est pas un bobinage, sans tenir compte de la fréquence de travail, est imprudent. Certains candidats en sont très conscients. En marge de l'épreuve, on a procédé à un sondage sur 40 candidats. A la question « Quelle est la fréquence du secteur électrique urbain en France ? », seuls 21 ont répondu correctement (50 Hz), 4 autres donnant une réponse acceptable (60 Hz, fréquence en Amérique du Nord), 8 refusant de se prononcer et 7 donnant les réponses suivantes : 220 kHz, 240 MHz ou 240 kHz, entre 30 kHz et 1 MHz, 1 kHz, 300 Hz, jusqu'à 100 MHz, 1 GHz. Dans le même ordre d'idées, il est affligeant de constater que certains candidats n'ont aucune idée de la masse d'un atome, de la longueur d'onde d'un laser ou de la température d'une étoile.

Remarques spécifiques

Outils mathématiques. La solution physiquement intéressante d'une équation différentielle dépend de sa ou ses condition(s) initiale(s) et/ou de ses conditions aux limites, tout autant que de la forme de cette équation à l'intérieur du domaine considéré. Dans l'esprit de certains candidats, les conditions semblent ne jouer qu'un rôle minime. Ce désintérêt se manifeste déjà dans l'équation différentielle la plus simple, $y' = f$: beaucoup se contentent de « primitiver » au lieu d'intégrer, perdant ainsi une information qu'il faudra récupérer plus tard. Nous constatons aussi, chez certains, une confusion entre la condition de *continuité* et la condition de *dérivabilité* de la fonction recherchée. Rappelons également qu'il est inacceptable de voir des candidats bloqués par refus d'utiliser des matrices (2 par 2, au pire 3 par 3) ou des suites récurrentes (simples) sous prétexte qu'il s'agit d'un oral de physique.

Mécanique. N'étant ni un point ni un solide, un système à deux corps exige une réflexion dans le choix des outils qu'on peut appliquer. Certains candidats trop pressés omettent cette réflexion.

Electromagnétisme. Comme en 2003, nous avons constaté à plusieurs reprises, dans des problèmes mettant en jeu un champ magnétique, une confusion entre la force de Laplace (exercée sur un milieu parcouru par un courant électrique) et la force de Lorentz (exercée sur une charge électrique en mouvement dans ce milieu). Dans les questions d'induction, des candidats ont employé des notions de champ électromoteur, qui ne sont pas au programme, sans les maîtriser. S'agissant de la réflexion d'une onde électromagnétique sur un demi-espace métallique, des candidats ont parlé d'effet de peau et de pression de radiation, qui ne sont pas au programme, mais ils n'ont pas su

montrer qu'on pouvait négliger le champ électrique dans un métal comme le cuivre. L'examineur ne peut que se réjouir de voir que la curiosité des candidats peut aller au-delà du programme, mais il est auparavant indispensable que les sujets du programme soient absolument maîtrisés.

Thermodynamique. Etant des substantifs, les termes *entropie* et *énergie* suggèrent l'idée d'une substance attachée au système physique envisagé. De fait, l'entropie d'un système, comme son énergie, est une fonction d'état de ce système. Mais dans l'interaction de deux systèmes l'énergie est une grandeur conservée alors que l'entropie ne l'est pas. Le terme d'*entropie échangée*, analogue à celui (justifié) d'énergie échangée, est donc trompeur et nous avons constaté qu'il abusait de nombreux candidats. L'usage conjoint du terme d'*entropie créée* ne contribue guère à éclairer les candidats sur la nature de l'« échange d'entropie ». A preuve, ce lapsus dans un calcul de variation d'entropie : un candidat a parlé d'une « énergie créée » qu'il a notée S_c . En pratique, le terme d'entropie échangée s'avère souvent néfaste.

Thermique. Dans des problèmes de conduction thermique unidimensionnelle, on constate régulièrement des orientations contradictoires de l'axe des abscisses et des « flux thermiques » ; il en résulte un bilan thermique qualitativement faux. Etant un vecteur, la densité de courant thermique a un caractère intrinsèque, tout comme le vecteur de Poynting en électromagnétisme. Malheureusement, alors que ce dernier est généralement correctement perçu, son homologue thermique souffre d'impopularité. C'est d'autant plus regrettable que beaucoup de problèmes de conduction thermique stationnaire peuvent se résoudre plus simplement en travaillant sur la densité de courant thermique ou sur son flux à travers une surface ; ces grandeurs ont un sens physique direct aux limites du domaine considéré. On voit aussi des candidats qui mettent un point d'honneur à traiter un problème stationnaire dans le cadre d'un formalisme général, avant de le particulariser au cas stationnaire, suivant en cela l'adage « Pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué ? ». Il en résulte une probabilité accrue de faire des erreurs.

Optique physique. Des questions simples sur les interférences, pourtant rencontrées dans toute la physique ondulatoire, engendrent très souvent des réponses étonnantes : non, décider de sommer les amplitudes ou les intensités n'est pas le choix d'une méthode de calcul. Penser le contraire est le signe d'une totale incompréhension du sujet.