

## MANIPULATION DE PHYSIQUE – ORAL COMMUN

### RAPPELS SUR L'ORGANISATION

Les épreuves de manipulation de physique se sont déroulées dans les laboratoires de physique et physique appliquée de l'école Normale Supérieure de Cachan. Trois jurys ont travaillé en parallèle et les candidats ont participé comme l'an passé au tirage au sort d'un sujet de manipulation parmi les différents domaines de la physique comme la mécanique, l'optique, l'électromagnétisme, l'électricité et l'électronique. Les sujets sont régulièrement renouvelés chaque année et même si certains supports physiques sont conservés, les questions posées sont modifiées. Dans un souci d'équité entre candidats, un effort d'homogénéisation du matériel de mesure proposé a été fourni.

### OBJECTIFS

La majeure partie des manipulations proposées repose sur des systèmes physiques élémentaires et cherchent à illustrer leurs principes. Les membres du jury rappellent que les objectifs de cette épreuve sont d'évaluer les capacités du candidat à :

- mettre en pratique ses connaissances théoriques,
- mettre en œuvre un montage expérimental,
- obtenir, interpréter et exploiter des résultats expérimentaux,
- s'adapter le cas échéant à un problème expérimental nouveau.

Les sujets proposés sont donc rédigés de manière à :

- vérifier les connaissances théoriques de base,
- guider le candidat pour établir la démarche expérimentale afin d'obtenir des relevés de bonne qualité.
- inciter le candidat à interpréter les résultats obtenus. La confrontation des résultats expérimentaux aux prédéterminations théoriques devrait être systématiquement proposée par le candidat.

Nous rappelons aux candidats qu'ils doivent rédiger un compte rendu de manipulation dans lequel il faut :

- répondre brièvement aux questions,
- détailler le cas échéant les calculs servant à la prédétermination d'une ou plusieurs valeurs de composants,
- résumer le mode opératoire,
- effectuer une analyse critique des résultats et surtout faire une synthèse en dressant des conclusions par rapport aux notions essentielles abordées dans le sujet à traiter.

De manière générale, cette épreuve ne doit pas être considérée comme une seconde interrogation orale de physique, mais bien comme un exercice de manipulation, complémentaire à cette dernière. En ce sens, les sujets sont rédigés de telle sorte que la partie prédétermination n'occupe pas le candidat plus d'un quart de la durée de l'épreuve. Les examinateurs sont même susceptibles de donner des réponses au candidat, lui permettant d'aborder la partie manipulation au plus tôt.

## **DEROULEMENT DE L'EPREUVE**

Avant le commencement de l'épreuve, des recommandations et conseils sont faits au candidat. Ceux-ci portent à la fois sur les attentes du jury concernant les manipulations et le compte rendu, sur l'utilisation du matériel mis à disposition, et d'une manière général sur le déroulement de l'épreuve. Il est vivement conseillé aux candidats de porter une attention toute particulière à ces recommandations, et surtout de mettre en œuvre les instructions de manipulation qui sont données. Au cours de la manipulation, les examinateurs sont amenés à interroger le candidat, pour tester ses connaissances, mais aussi éventuellement pour l'orienter dans ses manipulations, et juger de ses capacités à appréhender un problème nouveau. Ces interrogations sont menées de façon progressives, de sorte à vérifier que le candidat maîtrise les notions de base du domaine, avant d'entrer plus en détail dans l'analyse de la manipulation proposée. Il est rappelé que les interrogations portent sur les programmes de première et de deuxième année de classe préparatoire.

## **THEMES**

Les thèmes de manipulations portent sur l'électricité, l'électronique (bases), l'optique, les ondes et la mécanique. A titre d'exemple, citons les sujets suivants :

- caractérisation de dipôles (linéaires ou non) ou de quadripôles (association de résistances, inductances et capacités),
- association de multiplieurs et de filtres, principe et applications de la détection synchrone ou de l'analyse fréquentielle,
- analyse harmonique par filtrage,
- multivibrateur astable,
- spectroscopie avec prisme ou réseau,
- optique géométrique : lentilles divergentes,
- interférences avec fentes d'Young ou avec Michelson; diffraction à l'infini par une fente (montage standard),
- étude d'un système résonnant mécanique (diapason),
- solide en rotation, soumis à un couple constant ou à un couple de rappel élastique.
- induction, mesure de mutuelles.

Certains sujets sont directement issus du programme des classes préparatoires. D'autres abordent des thèmes qui n'ont pas été explicitement vus en travaux pratiques par les candidats. Pour ces derniers, les sujets sont libellés de façon à guider le candidat de telle sorte qu'ils puissent aborder un problème nouveau à partir des connaissances acquises en cours.

## **REMARQUES**

Dès le début de l'épreuve, il est vivement conseillé aux candidats de faire une lecture attentive et complète du sujet. Les indications données dans l'énoncé du sujet ou oralement doivent être prises en compte. Beaucoup de candidats ne lisent pas assez en détail l'énoncé et font souvent ce qu'ils ont l'habitude de faire sans trop tenir compte de ce qui est demandé. On trouve souvent dans l'énoncé toutes les informations utiles pour faire le TP correctement sans être hors sujet.

L'approche de la manipulation doit comporter une phase d'observation, une phase d'interprétation et une phase d'analyse critique des résultats. Les éventuelles divergences entre la théorie et la pratique doivent être absolument interprétées et justifiées, ou permettre de rétablir des erreurs éventuelles tant pratiques que théoriques. Le jury insiste sur le fait que le candidat doit remettre en question, s'il y a lieu, ses calculs théoriques, sa mesure ou le modèle théorique utilisé. Dans le cas d'un modèle mal approprié, un nouveau modèle doit être proposé. Toujours de manière générale, le jury souhaite faire remarquer que la connaissance d'ordres de grandeurs dans les domaines d'applications courantes de la physique, si elle ne constitue pas une obligation, facilite tout de même grandement la détection d'erreurs grossières.

De manière générale, le jury regrette la lenteur de certains candidats. Si le soin apporté à un relevé de mesure est une qualité appréciée, il est rappelé que les sujets de manipulation sont prévus pour être traités dans leur intégralité pendant les 3 heures d'interrogation. Il ne saurait être une bonne option pour un candidat de n'aborder que partiellement le problème posé (surtout s'il ne s'agit que de la phase d'étalonnage d'un capteur...).

### **Sur les manipulations d'électricité**

Comme les années précédentes, il semble que peu de candidats arrivent à l'épreuve sans avoir jamais manipulé. La plupart d'entre eux s'adapte assez vite au matériel proposé et a connaissance des relevés demandés. Les candidats semblent préparés, et montrent des réflexes manifestement acquis au cours de leurs années de préparation. On peut toutefois regretter que dans de nombreux cas, ces réflexes acquis sont utilisés sans recul, et éventuellement à mauvais escient.

D'une manière générale, les candidats ne font une analyse spontanée correcte des dispositifs expérimentaux proposés que lorsqu'il s'agit de montages très classiques. Lorsque le montage proposé s'écarte un tant soit peu des figures canoniques - tout en restant bien entendu dans le programme - l'analyse devient poussive voire impossible. La cause en est souvent le manque de connaissances théoriques sur les circuits simples composant les montages proposés, mais aussi le manque de lecture du sujet lui-même. Bien souvent les réponses sont orientées par des explications présentes dans le sujet et qui ne sont pas prises en compte. Ou encore, des réponses automatiques, « réflexes » sont proposées par les candidats, mais qui ne correspondent pas à la question posée. Il en ressort une impression de manque d'autonomie des candidats très marquée.

Le rôle du jury est donc d'évaluer la capacité des candidats à réagir à l'aide apportée aux candidats pendant les épreuves, aussi bien sur la compréhension du sujet que sur les méthodes de mesure.

Pendant le déroulement de l'épreuve, beaucoup de candidats s'arrêtent à l'observation du fonctionnement des montages proposés et manquent d'esprit critique. Les mesures fausses passent donc complètement inaperçues et quelquefois des fonctionnements de montages complètement erronés sont considérés comme satisfaisants. Trop souvent les énoncés ne sont pas lus complètement et les candidats ne répondent donc pas aux questions posées (pas de relevés expérimentaux, pas de conclusions...). Enfin, il n'est pas rare qu'il y ait confusion entre relevé attendu (théorique) et relevé expérimental issu de la manipulation...

Peu de candidats connaissent les réglages des oscilloscopes, ni même leur principe de fonctionnement. Il est rappelé que la connaissance d'un modèle particulier d'oscilloscope n'est bien sûr pas exigée. Après la présentation générale du matériel en début de séance, les examinateurs restent à la disposition des candidats pour les guider dans l'utilisation de l'appareil concerné. A charge du candidat d'adapter au mieux les calibres de l'appareil pour réaliser les relevés expérimentaux les plus précis possibles. Trop de candidats utilisent systématiquement la

touche « auto-scale » de l'oscilloscope et se trouvent désemparés quand il s'agit d'observer des signaux relativement basse fréquence ou lorsque l'oscilloscope se synchronise automatiquement sur des signaux parasites. Ils ne disposent alors d'aucune méthode de réglage ! Les calibres sont souvent mal adaptés et les courbes observées ne sont pas suffisamment dilatées pour faire des mesures précises.

Très peu de candidats ont finalement été capables de faire des relevés de la réponse en fréquence d'un filtre (diagramme de Bode). Au mieux les candidats ont réussi à tracer un module et une phase sans erreur de mesure ou mauvais choix des échelles de représentation, mais, avec un choix des points de mesure toujours arbitraire et généralement inadapté. D'autre part la définition de la fréquence de coupure d'un filtre est généralement mal connue, et de fait, les candidats ne connaissent pas de moyen expérimental d'identifier cette fréquence, autrement qu'en se plaçant à la fréquence théorique attendue. Parfois, le candidat ne fait pas la différence entre un tracé théorique (issu du calcul de la réponse en fréquence) et un tracé expérimental, issus des points de mesures.

Lors de la vérification fonctionnelle du montage, les candidats n'ont pas le réflexe de tester bloc par bloc leur bon fonctionnement. Le montage est souvent réalisé dans son intégralité, alors même que le sujet les invite à le construire par étapes. De fait, ils restent souvent bloqués devant un montage défaillant, sans méthode pour diagnostiquer la panne.

Comme l'an passé, le jury a constaté que les candidats maîtrisaient mal les notations complexes. Ainsi, les candidats ont recours aux notations telles que les impédances symboliques en régime harmonique même si les systèmes sont excités par des signaux non sinusoïdaux. Les candidats doivent aussi être capables d'établir les équations différentielles régissant le fonctionnement d'un système sans passer par le calcul symbolique.

Enfin, il faut souligner que d'une manière générale, les candidats n'ont aucun recul sur les mesures qu'ils effectuent. Ainsi, les mesures ne sont que très exceptionnellement confrontées de manière spontanée aux calculs théoriques demandés dans la partie préparatoire, même lorsque celle-ci a été traitée correctement.

Certains candidats ont obtenu de bonnes, voire de très bonnes notes à l'épreuve, soit lorsqu'ils ont montré une aisance dans l'analyse et la réalisation des montages proposés, soit parce qu'ils ont bien réagi lorsque les examinateurs leur sont venus en aide.

### **Sur les manipulations de mécanique et d'optique**

Les difficultés des candidats sont semblables à celles des années précédentes. Certains candidats donnent même l'impression d'avoir peu manipulé durant l'année, et montrent des difficultés à câbler des circuits simples ou à composer sur des sujets qui pourtant ont fait l'objet de TP-cours comme le spectroscope à réseau par exemple.

Dans l'étude des oscillations mécaniques forcées, il est nécessaire d'attendre un certain temps avant de prendre la mesure de l'amplitude en régime établi : il est bon de se rappeler que la durée du régime transitoire peut être évaluée préalablement en étudiant les oscillations libres. D'autre part, on doit s'attendre à ce que la fréquence de résonance en amplitude décroisse quand on renforce l'amortissement. En ce qui concerne l'étude de mouvements accélérés, en translation ou en rotation, le report de la variable de position en fonction du temps sur un graphique ne permet d'évaluer les vitesses instantanées que de façon très imprécise. En tous cas, ce n'est pas la bonne

méthode pour démontrer qu'un mouvement est uniformément accéléré. Sur un plan plus général, rappelons que pour établir graphiquement une loi, porter les grandeurs mesurées sur les axes suffit rarement : il faut le plus souvent changer de variables pour obtenir une droite. Cela suppose parfois une réflexion un peu plus approfondie sur la modélisation proposée.

En optique, la notion d'image n'est pas toujours bien maîtrisée, on confond parfois image et tache lumineuse. On manque d'exigence sur la qualité des mises au point. Lors de l'étude d'un prisme, la nécessité d'utiliser des faisceaux parallèles n'est pas bien comprise, bien que le candidat sache en général que la lunette de visée doit être réglée sur l'infini. Lors de l'étude du réseau, l'usage traditionnel de l'expression « diffraction par un réseau » fait que souvent le candidat ne distingue pas sur l'écran ce qui provient de la diffraction par une fente (ou un trait du réseau) de ce qui provient des interférences par N fentes, et par suite il ne sait pas retrouver rapidement les directions d'interférence constructive à l'infini. A quelques exceptions près, l'interféromètre de Michelson est connu, mais il faut souvent guider les candidats pour obtenir des franges, même avec la lumière cohérente du laser qui simplifie l'observation du fait de la non-localisation des phénomènes.

Le jury attire l'attention sur le fait qu'il est important de réaliser des mesures en essayant de réduire l'erreur relative. De façon générale, il faut faire en sorte de réaliser les meilleures mesures possibles et ne pas hésiter à expliquer les précautions prises pour atteindre cet objectif. Par ailleurs, il est possible de s'aider d'une calculatrice pour tracer les courbes, mais il faut laisser une courbe sur papier millimétré dans le compte rendu, comme cela est demandé dans le sujet. Pour finir, les candidats doivent savoir qu'ils sont jugés non seulement sur l'avancement du travail en fin de séance, alors que le jury est passé entre temps pour les aider, mais aussi sur leurs capacités à mettre en œuvre des méthodes classiques de manière autonome, et sur le soin apporté dans les mesures, dans l'analyse qu'ils en font et dans la rédaction de leur copie.