
EPREUVE de TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE

ENS : PARIS – LYON – CACHAN

Coefficients : Paris option physique 12 option chimie 8
Lyon 4 Cachan 6

Membres de jurys : P. ABRY - I. BONNET – C. BREME – T. BRIANT - J. GABELLI – P. GIURA - F. MOULIN -
Ph. ODIER – G. REMY - J.M. TUALLE - L. VANEL

Déroulement de l'épreuve

L'épreuve commune de TP de physique à lieu en alternance entre l'ENS de Lyon et l'ENS de Cachan. Cette année, les épreuves 2008 se déroulaient au département de physique de l'ENS de Lyon. Le jury était composé d'examineurs des trois ENS et chaque candidat a été interrogé pendant 4h par un binôme d'examineurs nommés par deux ENS différentes.

Les sujets proposés couvrent l'ensemble du programme de Mathématiques Supérieures et Spéciales, et portent sur des domaines variés, qui peuvent éventuellement se recouvrir, tels que l'électronique, l'électricité, l'électromagnétisme, l'optique, la thermodynamique, la mécanique, l'hydrodynamique...

Après avoir tiré au sort leur sujet, les candidats reçoivent les consignes relatives au déroulement de l'épreuve. Il leur est indiqué qu'ils doivent impérativement rédiger un compte-rendu contenant notamment les tableaux des mesures expérimentales qu'ils ont faites, ainsi que les graphes qu'ils ont jugé utile de tracer. Ce compte-rendu fait partie de l'épreuve et doit être rédigé avec soin. Le détail des mesures et des calculs doit permettre aux examinateurs de comprendre les éventuelles erreurs (modélisation, calcul, raisonnement, mesures,...) qui ont pu conduire à un résultat erroné.

L'usage de la calculatrice est évidemment autorisé et même recommandé mais doit être d'un usage raisonné. Le jury insiste simplement sur le fait que le calcul d'une pente par régression linéaire ne dispense pas du tracé du graphique correspondant, de son exploitation, en terme de mesure d'incertitude notamment.

Les candidats sont invités à lire le sujet en entier et à identifier le matériel à leur disposition sur la table. Les examinateurs s'entretiennent avec eux notamment pour s'assurer qu'ils connaissent certains appareils de mesures particuliers mis à leur disposition et au besoin pour leur donner des indications. Les examinateurs reviennent ensuite régulièrement discuter en détail des résultats avec chaque candidat et lui poser quelques questions. Il est important qu'un candidat évalue le temps qu'il conviendra de consacrer à chaque série de mesures. Un diagramme de Bode, par exemple, est rarement une fin en soi, et il n'est pas judicieux de passer 2h ou 3h à son simple relevé ou à une première série de mesures.

Ce que l'on attend du candidat

Rappelons, comme chaque année, les points auxquels le jury accorde beaucoup d'importance dans son évaluation des candidats :

1. l'énoncé accompagnant l'expérience guide le candidat dans la mise en évidence des phénomènes étudiés et dans leur interprétation. Cependant, le jury attend du candidat qu'il prenne des **initiatives** dans la conduite des expériences. Une grande liberté est ainsi laissée au candidat pour établir le **protocole expérimental** qu'il juge adéquat.
2. les sujets proposés ne requièrent jamais d'analyse théorique poussée de la part du candidat, d'autant plus que celle-ci est parfois hors de portée de ce dernier. En revanche, le jury attend du candidat qu'il soit capable d'effectuer une modélisation simple de l'expérience en justifiant les approximations effectuées et les limites du modèle utilisé. Il souhaite également que le candidat sache trouver rapidement les **ordres de grandeurs** relatifs à l'expérience.
3. les mesures doivent être menées avec beaucoup de soin et les données brutes doivent aussi être reportées séparément dans le compte-rendu sous forme de tableaux. L'estimation des incertitudes se fait en général en même temps que chaque mesure expérimentale. Le candidat **analyse** ensuite ces données et les confronte à un modèle. Pour ce faire, le choix d'une **représentation graphique** appropriée est crucial. Le candidat doit choisir judicieusement les combinaisons de paramètres à placer en abscisse et en ordonnée pour se ramener à une droite facilement reconnaissable et exploitable.
4. Le jury est aussi très sensible à l'effort pédagogique d'explication et de démonstration des résultats expérimentaux tant à l'oral qu'à l'écrit.

Quelques remarques

- Il s'agit d'une épreuve de travaux pratiques. Les candidats doivent donc manipuler devant les examinateurs, et éviter de démonter les expériences avant que ces derniers n'aient pu observer leur façon de procéder.

Le plus souvent une expérience réalisée va servir de nouveau dans la suite du sujet.

- Les composants et éléments des expériences (résistances, capacités, masses,...) ne doivent pas être pris au hasard. Le choix de leur valeur doit être réfléchi et argumenté en fonction de l'objectif de l'expérience. En particulier, il est important de savoir que les montages de mesure doivent avoir une résistance d'entrée grande devant les résistances du circuit que l'on souhaite étudier et de savoir évaluer leurs ordres de grandeurs.

-De nombreux candidats mesurent la tension aux bornes d'un dipôle non relié à la masse, en branchant l'oscilloscope directement aux bornes du dipôle. Penser à utiliser un transformateur d'isolement, un soustracteur...

-Penser au mode XY de l'oscilloscope pour repérer un déphasage nul entre deux signaux sinusoïdaux.

-Un amplificateur opérationnel ne fonctionne pas forcément en régime linéaire

-Les candidats ne connaissent pas la bande passante des appareils de mesure qu'ils utilisent (oscilloscopes...)

- Les candidats doivent apprendre à tirer parti des indications inscrites sur les appareils de mesure. De manière générale, les candidats connaissent peu les limitations des appareils de mesure

et les grandeurs physiques qu'ils fixent ou qu'ils mesurent. Certaines caractéristiques sont bien connues des candidats (gain/saturation d'un amplificateur opérationnel, tension de seuil d'une diode) mais d'autres le sont moins (impédance d'entrée/de sortie, gain, bande passante, dynamique,...). Certaines connaissances faisant parties d'une « culture générale » en physique (impédance d'entrée d'un multimètre, impédances caractéristiques de câbles 50 Ohms / 75 Ohms, facteur de qualité d'un récepteur radio, bande de fréquence AM/FM, fonctionnement d'une diode (à vide)) sont mal-connues des candidats.

- Certains points d'électrocinétique élémentaires (transformation Thévenin/Norton, valeur efficace, résistance de charge) ne sont souvent connus que partiellement et ralentissent les candidats dans l'avancement et la compréhension du TP. On pourrait attendre d'eux une modélisation convenable des circuits électrocinétiques simples (sortie d'un amplificateur connectée à une résistance de charge, générateur de courant réalisé à l'aide d'un générateur de tension et d'une résistance bien choisie).

- Les candidats doivent éviter d'adopter une attitude suspicieuse à l'égard du matériel qui s'avère généralement performant pour peu que qu'il soit utilisé correctement.

- Rappelons encore une fois qu'un résultat physique ne se conçoit qu'avec une estimation, plus ou moins grossière, de l'incertitude qui accompagne la mesure. Cette mesure doit être effectuée dans les meilleures conditions possibles. Par exemple, augmenter, lorsque cela est possible, une distance permet de diminuer l'incertitude relative sur la mesure de celle-ci. C'est aussi une question de bon sens que d'augmenter la taille d'une image ou d'une figure d'interférence, pour obtenir des mesures plus précises sans toutefois dépasser les limites du modèle; conditions de Gauss, approximation petits angles... Certaines mesures expérimentales peuvent parfois apparaître aberrantes à première vue, mais il est souvent plus intéressant et pertinent de les reporter et d'en discuter, plutôt que de chercher à les "gommer". En effet, on rencontre assez souvent ces effets "anormaux" lorsque l'on fait fonctionner l'expérience dans un domaine non habituel ou en limite de modèle: couplage capacitif en entrée de circuit, effet de peau à fréquence élevée, problème d'impédance, variation de l'inductance d'une bobine ... Une discussion critique des résultats obtenus, de la précision escomptée, de celle obtenue, de son amélioration possible sont des éléments appréciés par le jury. Il ne faut pas essayer de deviner la réponse à une question, mais analyser rationnellement les résultats expérimentaux obtenus.

- Le jury a remarqué que certains sujets sortant du cadre des TP faits habituellement, ont un peu déstabilisé certains candidats quoiqu'aucune modélisation ne soit demandée et que toutes les formules soient fournies. Nous rappelons que le jury note essentiellement la démarche scientifique et la capacité d'analyse et d'expérimentation et non la récitation d'un texte appris dans l'année. Un exemple simple est donné par une expérience originale de mesure de bruit thermique d'une résistance permettant de remonter à la mesure de la constante de Boltzmann. Une bonne lecture du texte, et une analyse logique des formules données, ont permis à certains candidats de réussir ce TP, tandis que d'autres se sont laissés déstabiliser par la nouveauté de l'expérience, ayant même beaucoup de mal à obtenir simplement le gain de l'amplificateur utilisé.