
EPREUVE : TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE

ENS : PARIS – LYON – CACHAN

COEFFICIENT : Paris Option Physique 12 Option Chimie 8
Lyon 4
Cachan 6

MEMBRES DE JURYS : O. ARCIZET, D. ICARD, A. MAHE, T. BRIANT, P. ABRY, L. VANEL, P.P. CORTET, F. MOULIN, G. REMY, F. TREUSSART, J.-M. TUALLE

Déroulement de l'épreuve

L'épreuve commune de travaux pratique de physique à lieu en alternance entre l'ENS de Lyon et l'ENS de Cachan. Cette année les épreuves 2007 se déroulaient au département de physique de l'ENS de Cachan. 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, afin d'harmoniser au mieux la notation.

Cette année 178 candidats ont passé l'épreuve de manipulation de physique. La moyenne se situe à 11,13 et les notes vont de 3 à 20, résultats assez comparables à ceux obtenus les années passées.

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 termes de mesure d'incertitude notamment (droites extrêmes, ...).

Dès le début de l'épreuve, 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

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.

Comme les années précédentes, le jury a remarqué que certains sujets sortant du cadre des TP faits habituellement, ont un peu déstabilisé certains candidats malgré le fait qu'aucune modélisation ne soit demandée et que toutes les formules soient fournies. Nous rappelons que dans ce cas 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 eu même beaucoup de mal à obtenir simplement le gain de l'amplificateur utilisé.

Dans une épreuve de travaux pratiques, il est nécessaire de rappeler que certaines formules doivent être connues, et que la plupart du temps elles peuvent se redémontrer généralement par des calculs simples. Par exemple, dans de nombreuses situations telles que les fentes d'Young, la formule des réseaux ou dans tous types d'interféromètres, les grandeurs caractéristiques d'une figure d'interférence s'obtiennent généralement par un simple calcul géométrique de différence de marche associé à la formule de base des interférences $\delta = p\lambda$. Un calcul long et compliqué d'intensité diffractée ne s'avère vraiment utile uniquement si l'on envisage une mesure d'intensité lumineuse. Dans le même registre, nous avons aussi été très surpris de voir que dans le cas particulier du Michelson le premier réflexe des candidats est de mesurer la variation du rayon des anneaux plutôt que de compter un défilement de franges pour obtenir une différence de marche. Il est regrettable que l'usage le plus simple et immédiat d'un interféromètre soit si mal connu.

Nous avons aussi encore remarqué cette année la même confiance totale des candidats face aux indications des appareils numériques utilisés, sans aucune remarque sur la précision ou sur les chiffres significatifs à prendre en considération. Même constatation pour certains appareils nécessitant un étalonnage ou une vérification du "zéro", que trop peu de candidats n'ont pris soin de vérifier.

Le jury déplore, cette année encore, la mauvaise utilisation récurrente de câbles coaxiaux comme des fils simples. Il note également qu'un tracé point par point d'une caractéristique courant-tension d'un dipôle électrique (ex: diode) n'est pas à la portée d'un grand nombre de candidats. L'usage des papiers log/log et semi/log semble peu familier à certains. C'est pourtant la manière la plus rapide de mettre en évidence une loi logarithmique ou de puissance. Les candidats passent du coup beaucoup trop de temps sur leur calculatrice, alors que le temps est souvent ce qui leur manque dans cette épreuve. Il n'est pas non plus normal de voir encore tant de candidats ne pas se préoccuper, en électricité, de l'intensité maximale que peuvent supporter les composants utilisés. On voit même souvent des soi-disantes "résistances de protection" placées un peu au hasard dans le circuit, et qui sont les premières à griller parce qu'elle ne supportent pas toutes de forts courants ! Il faut apprendre à lire les valeurs maximales indiquées sur les composants. La notion de "résistance de protection" doit être mieux comprise. Le jury rappelle également que, si la durée du transitoire peut bien souvent être négligée lors de l'établissement d'un régime forcé en électricité, il n'en va pas de même en mécanique !

En conclusion

Les candidats aux ENS, qui se destinent pour la grande majorité d'entre eux aux carrières de chercheurs ou d'enseignants, doivent être sensibilisés autant à la pratique expérimentale qu'à l'apprentissage théorique. Ainsi, la rigueur du protocole expérimental mis en oeuvre par ces candidats et le soin qu'ils apportent à leurs mesures font toujours partie des qualités principales que le jury de TP attend de leur part. Le jury est aussi sensible aux efforts pédagogiques mis en avant par certains lors de la présentation expérimentale. Nous avons pu attribuer, cette année encore, d'excellentes notes à de brillants candidats ayant démontré tout au long de l'épreuve l'étendue de leur savoir-faire expérimental et leur bon sens physique.