

---

## **EPREUVE de TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE**

**ENS : PARIS – LYON – CACHAN**

**Coefficients :** Paris : option physique 12 / option chimie 8  
Lyon : 4  
Cachan: option physique 6 / option chimie 3

**MEMBRES DE JURYS :** **I.BONNET, J.GABELLI, C.DIEDERICHS, T. BRIANT**

**P. ABRY, L. VANEL, P.ODIER**

**F. MOULIN, G. REMY, P.GIURA, 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 2009 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 212 candidats ont passé l'épreuve de manipulation de physique. La moyenne se situe à 11,16 et les notes vont de 4 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 sur papier millimétré et de son exploitation en termes de mesure d'incertitude notamment.

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 quelques indications. Les examinateurs reviennent ensuite régulièrement discuter en détail des résultats avec chaque candidat et 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, lorsque les formules ne sont pas données, 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 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

L'épreuve de TP nécessite une approche expérimentale et non théorique des phénomènes étudiés. Les lois faisant l'objet de vérifications expérimentales n'ont pas à être démontrées mais le protocole de mesure est lié aux hypothèses conditionnant leur validité. Pour vérifier une loi donnée, les étudiants peuvent donc être amenés à faire des hypothèses, ils doivent alors les justifier et les vérifier. 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.

### *optique géométrique et ondulatoire*

- Certains points d'optique géométrique comme la formation d'un faisceau parallèle à l'aide d'un ensemble diaphragme-lentille convergente ne sont pas bien maîtrisés par les candidats. La notion de point source n'est que partiellement connue et de nombreux candidats assimilent encore un faisceau laser à une source ponctuelle.

- Toute mesure doit être effectuée dans les meilleures conditions possibles et c'est une question de bon sens que d'augmenter la taille d'une image ou d'une figure d'interférence sur un écran, pour obtenir des mesures plus précises sans toutefois dépasser les limites du modèle; conditions de Gauss, approximation petits angles ... Lorsque les élèves disposent d'un banc optique, le jury attend d'eux un alignement propre et soigné des différents éléments optiques afin d'obtenir des images lumineuses.

- Dans une épreuve de travaux pratiques, il est nécessaire de rappeler que certaines formules faisant partie du programme 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 type 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.

L'analyse d'une lumière elliptique, qu'il ne faut pas confondre avec une lumière partiellement polarisée requiert d'en déterminer les axes et l'ellipticité.

### *électricité, électronique*

- Nous avons 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. 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,...).

- Le jury déplore, cette année encore, 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. Certains candidats présentent des difficultés à mettre en évidence une loi exponentielle comme la caractéristique courant-tension d'une diode idéale et l'usage des papiers log/log et semi/log semble peu familier à certains.

- 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. Il faut aussi absolument tenir compte 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 et la notion de "résistance de protection" doit être mieux comprise.

### *précision des mesures*

- 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. 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. Il est souvent possible de trouver assez rapidement la plus grande source d'erreur dans la mesure et de l'estimer.

- 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 ...

### **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.