

# EPREUVE : TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE

ENS : PARIS – LYON – CACHAN

Coefficients : PARIS 16

LYON 4

CACHAN 6

MEMBRES DE JURYS : , P. ABRY, O. ARCIZET, P.-P. CORTET, C. DUBUS, D. ICARD, J.-S. LAURET, F. MOULIN, G. REMY, J.-M. TUALLE, L. VANEL, C. VOISIN

## Déroulement de l'épreuve

L'épreuve commune de travaux pratiques de physique à lieu en alternance entre l'ENS de Lyon et l'ENS de Cachan. Cette année les épreuves 2006 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, afin d'harmoniser au mieux la notation.

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. 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 trois 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. Le jury accordera de l'importance au fait que le candidat prenne la peine d'exposer clairement la démarche expérimentale qu'il suit, les choix qu'il est amené à faire (choix de la valeur d'un composant en électronique, de l'intervalle de longueur sur lequel une mesure est effectuée,...)
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. L'utilisation de la calculatrice est évidemment autorisée mais la valeur du coefficient de corrélation fournie par les calculatrices n'est jamais correctement utilisée, elle ne constitue en rien un test d'adéquation au modèle et ne peut se substituer au tracé graphique, qui lui permettra une discussion de la validité du modèle. L'adéquation entre modèle et mesures ne peut se faire avec une seule mesure. Une série de mesures est donc toujours nécessaire.

### Quelques remarques complémentaires

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. 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 ». 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.

Les candidats ne doivent pas se laisser désemparer par certains TP qui s'écarteraient beaucoup plus que d'autres de sujets classiquement traités pendant l'année. En général dans ce cas toutes les formules particulières sont fournies. 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.

Dans une épreuve de travaux pratiques, il est nécessaire de rappeler que la plupart des formules s'obtiennent généralement par des calculs simples. Par exemple, dans de nombreuses situations telles que les fentes d'Young, la formule des réseaux ou l'interféromètre de Michelson,.... les grandeurs caractéristiques d'une figure d'interférence s'obtiennent généralement par un calcul géométrique simple de différence de marche  $\delta$ . La formule de base des interférences  $\delta = p\lambda$ , est souvent considérée comme trop "simple" pour être utilisée ! Les candidats préfèrent se lancer dans des longs calculs compliqués d'intensité diffractée, qui ne s'avèrent vraiment utiles uniquement si l'on envisage une mesure d'intensité lumineuse.

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 en 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'elles ne supportent pas toutes de forts courants ! Il faut apprendre à lire les valeurs max indiquées sur les composants. La notion de « résistance de protection » doit être mieux comprise.

Quand le candidat se retrouve face à du matériel qui ne lui est pas connu (câbles coaxiaux, paquettes d'électronique toutes faites, appareils de mesure non standards...) le candidat est invité à être attentif aux indications fournies par le jury en début ou en cours d'épreuve, ou éventuellement à se reporter aux notices fournies avec les appareils, ou encore, à faire preuve d'observation et de bon sens ! Par exemple, l'utilisation d'un oscillo implique toujours les mêmes réglages (synchronisation, bases de temps, amplitude du signal).

Il est important de savoir adapter la méthode de mesure à la qualité qu'on en attend. Un déphasage peut parfaitement être mesuré avec un oscillo analogique (le recours à l'oscillo numérique avec curseurs intégré n'est pas une condition sine qua non pour effectuer une bonne mesure).

Il n'y a aucune raison d'arriver devant les montages d'électronique avec une attitude suspicieuse (donc désagréable). Les manip. d'électronique fonctionnent aussi bien que les autres. Il convient simplement de savoir fermer un circuit électrique avant de vouloir effectuer toute mesure. Il convient aussi de ne pas confondre les éléments qui constituent le circuit à étudier et ceux qui sont là pour effectuer une mesure.

## **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. 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.**