

## EPREUVE ORALE DE TRAVAUX PRATIQUES DE PHYSIQUE

**Durée : 4h**

**Coefficients Ulm: 12 (option Physique) ou 8 (option Chimie) sur un total de 99 à l'oral**

**Coefficients Lyon : 4 sur un total de 28,5 à l'oral**

**Coefficients Cachan : 6 (option Physique) ou 3 (option Chimie) sur un total de 35 à l'oral**

**Membres du jury : Patrice Abry, Olivier Arcizet, Isabelle Bonnet, Cheryl Feuillet-Palma, Paola Giura, Frédéric Moulin, Philippe Odier, Gilles Rémy, Thomas Salez, Jean-Michel Tualle, Loïc Vanel, Romain Volk.**

### I. Déroulement général de l'épreuve

L'épreuve de TP est une épreuve commune aux trois ENS : tous les candidats admissibles au concours PC à au moins une des trois ENS passent l'épreuve de travaux pratiques de Physique. L'épreuve **dure 4h** et a lieu, en alternance une année sur deux, soit à l'ENS Lyon, soit à l'ENS Cachan. Les épreuves de 2011 se sont déroulées au département de physique de l'ENS de Lyon. Le jury est composé d'examineurs nommés par les trois ENS. Chaque candidat a été interrogé par un binôme d'examineurs provenant d'ENS différentes.

Les sujets proposés couvrent l'ensemble du programme de physique des deux années de classes préparatoires aux grandes écoles PCSI et PC\*. Ainsi, les sujets portent sur des thèmes variés, qui peuvent éventuellement se recouvrir : électronique, optique, thermodynamique, électromagnétisme, mécanique, hydrodynamique... Les thèmes qui ne font pas strictement partie du programme sont présentés dans le sujet de manière à donner aux candidats toutes les bases nécessaires pour effectuer les mesures expérimentales.

Les candidats sont d'abord accueillis dans une salle pour recevoir les consignes relatives au déroulement de l'épreuve. Il leur est notamment indiqué qu'il est impératif de rendre un compte-rendu à la fin de l'épreuve. Ce compte-rendu doit comporter les tableaux de mesures expérimentales, les graphes qu'ils jugent utile de tracer, ainsi que les raisonnements scientifiques. Ce compte-rendu fait partie de l'épreuve et est indispensable à la notation : 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. **Le compte-rendu doit donc être rédigé avec soin.** L'usage de la **calculatrice est autorisé**, et même recommandé, mais de manière raisonnée. Le jury insiste sur le fait que le calcul d'une pente par régression linéaire ne dispense pas du tracé du graphique correspondant et de son exploitation. Enfin, différents types de papier millimétré (lin-lin, log-lin, log-log) sont à la disposition des candidats.

Après avoir reçu les consignes générales, les candidats **tirent au sort** un numéro et sont amenés dans les salles de travaux pratiques. Ils y découvrent le sujet correspondant au numéro tiré, et l'épreuve commence. Les candidats sont invités à lire l'énoncé en entier et à identifier le matériel à leur disposition sur la paillasse. Dès le début de l'épreuve, les binômes d'examineurs s'entretiennent avec les candidats pour présenter succinctement le sujet, s'assurer qu'ils connaissent certains appareils de mesures particuliers mis à leur disposition, et si besoin, pour leur donner des explications. Ensuite, les examinateurs reviennent régulièrement discuter en détail des résultats avec chaque candidat et leur poser des questions pour tester leur compréhension et leur démarche expérimentale.

### II. Bilan de l'épreuve 2011

Le jury a été ravi de constater qu'une grande partie des candidats a adopté une attitude combative envers les nouveautés, et reste motivée face aux difficultés, notamment dans l'exercice inhabituel qui consiste à proposer seul un montage expérimental adapté à l'étude du phénomène désiré. Dans l'ensemble, le jury est très satisfait de la curiosité d'esprit des candidats ainsi que de leur investissement durant l'épreuve. En revanche, les candidats gagneraient à maîtriser plus en profondeur certains outils, tels que l'oscilloscope, et à faire preuve de plus

d'autonomie plutôt que d'apprendre par cœur des montages expérimentaux balisés. Enfin, le jury a fortement apprécié de voir figurer les barres d'erreurs sur les mesures de certains candidats.

### Quelques remarques particulières:

1. La majorité des candidats ne maîtrise pas parfaitement le fonctionnement d'un oscilloscope, en particulier son déclenchement. Les candidats ont tendance à se restreindre à l'utilisation de la touche « autotest » et semblent perdus face à l'utilisation des calibres et des curseurs. En outre, le bruit à 50 Hz n'est pas spontanément identifié. Par ailleurs, pour certaines mesures, comme par exemple des mesures d'impédances, l'utilisation de multimètres donnant une mesure directe des courants et tensions peut être plus judicieuse, tant que l'on reste dans le domaine de fréquences valides pour ces appareils.
2. Certains candidats ne savent pas ce qu'est un câble coaxial, dans son principe comme dans son fonctionnement. Les notions d'impédance caractéristique et d'adaptation d'impédance sont mal maîtrisées.
3. Le jury recommande d'introduire, si possible, au cours de l'enseignement expérimental, le fonctionnement d'une photodiode.
4. Certains candidats continuent à brancher des ampèremètres en parallèle, à confondre les modes AC et DC sur les multimètres, ou à créer des court-circuits de masse. Cependant, le jury a été agréablement surpris par les connaissances acquises en électrocinétique, en particulier l'assimilation des diagrammes de Bode. En revanche, les sujets de mécanique semblent plus déroutants, de même que les sujets d'optique qui s'écartent du réglage d'un interféromètre de Michelson. Les phénomènes d'interférences dans des systèmes simples, mais inusuels, semblent déconcerter les candidats.
5. La démarche qui consiste à s'appuyer sur des ordres de grandeur, afin de valider ou d'invalider une hypothèse, semble bien assimilée.
6. Globalement, les candidats sont à l'aise avec l'analyse dimensionnelle.
7. Certains candidats semblent oublier que lorsque l'expérience indique que la vitesse d'évolution d'une grandeur  $x$  n'est pas constante mais de la forme  $v=dx/dt=f(x)$ , il faut chercher à intégrer l'équation différentielle correspondante et non supposer une relation linéaire  $x=v t$ .
8. 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 par des calculs simples. Par exemple, dans de nombreuses situations telles que les fentes d'Young, les réseaux, ou les interféromètres, les grandeurs caractéristiques d'une figure d'interférence s'obtiennent par un simple calcul géométrique de différence de marche associée à la formule de base des interférences  $\delta=p\lambda$ . Un calcul long et compliqué d'intensité diffractée ne s'avère utile que si l'on envisage une mesure d'intensité lumineuse. Dans le même registre, nous avons aussi été 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 mal connu.

### III. Ce que le jury attend du candidat

Il s'agit d'une épreuve expérimentale : aucune modélisation poussée ne sera exigée de la part des candidats. Il s'agit avant tout d'être capable de mener à bien la démarche scientifique expérimentale, propre au travail de recherche. Ainsi, le jury évalue, **outre les connaissances acquises lors de leurs deux années de classes préparatoires, la démarche expérimentale et la réactivité des candidats face à un problème nouveau.**

## Points auxquels le jury accorde de l'importance dans son évaluation

1. L'énoncé 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. Le jury est très sensible à l'**effort pédagogique d'explication et de démonstration** des résultats expérimentaux tant à l'oral qu'à l'écrit. Il s'agit avant tout d'une épreuve pratique : les candidats doivent manipuler devant les examinateurs, et éviter de démonter les expériences sans que les examinateurs aient pu observer leur façon de procéder.
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. Le candidat **analyse** ensuite ces données et les confronte à un modèle.
4. 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 leur portée. 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.
5. Pour confronter leurs mesures expérimentales à un modèle simple, 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. Dans cette optique, le candidat doit également savoir choisir les combinaisons d'échelles linéaire et/ou logarithmique les mieux adaptées à la modélisation.
6. Une mesure physique ne se conçoit qu'avec une estimation, plus ou moins grossière, de l'**incertitude** qui l'entache. L'estimation des incertitudes se fait en général en même temps que la mesure expérimentale. La mesure doit donc être effectuée dans les meilleures conditions possibles. Par exemple, augmenter une distance permet de diminuer l'incertitude relative sur la mesure de celle-ci. Il en est de même pour la taille d'une image optique, ou d'une figure d'interférence. Une **discussion critique** des résultats obtenus, de la précision escomptée, de celle obtenue, de son amélioration possible, sera un élément apprécié du jury.
7. Les composants / éléments (résistances, capacités, focales, récipients de mesure...) ne doivent pas être pris au hasard. Le choix de leur valeur doit être réfléchi et argumenté en fonction de l'objectif. Les candidats doivent apprendre à tirer parti des indications inscrites sur les appareils de mesure. Le jury souhaite également que les candidats sachent trouver rapidement les **ordres de grandeurs** relatifs à l'expérience.