

Banque PC Inter ENS - Session 2017

ENS : PARIS – LYON – PARIS-SACLAY

## Rapport sur l'épreuve orale de travaux pratiques de physique

### Coefficients (en pourcentage du total d'admission) :

Ulm : option physique 10,3%

Lyon : 7%

Cachan : option physique 10,2%, option chimie 5,1%

### Membres du jury :

Emmanuel Baudin, Delphine Chareyron, Julien Laurat, Romain Lecaque, Arnaud Le Diffon  
Cendrine Moskalenko, Philippe Odier, Arnaud Raoux, Gilles Remy, Clément Sayrin, Benoît  
Semin, Romain Volk.

Épreuve orale de travaux pratiques de physique .....	1
I. Présentation générale de l'épreuve .....	2
II. Compétences évaluées .....	4
III. Bilan de l'épreuve 2017 .....	7
IV. Nouveauté pour l'épreuve 2018 .....	10
V. Exemples de questions posées .....	10

## I. Présentation générale de l'épreuve

L'épreuve de TP est une épreuve commune aux trois ENS, d'une durée de 4h. L'épreuve avait lieu pour cette session 2017 au département de physique de l'ENS de Lyon. Le jury est composé d'examineurs nommés par les trois ENS et chaque candidat a été interrogé par un binôme d'examineurs provenant d'ENS différentes afin d'harmoniser les notations.

Les sujets proposés couvrent l'ensemble du programme des deux années de classes préparatoires aux grandes écoles **PCSI** et **PC**. L'**évaluation** de l'épreuve de TP porte sur les **compétences** et les connaissances en physique **expérimentale**, à savoir :

- choix des protocoles expérimentaux,
- mise en œuvre des protocoles expérimentaux,
- choix des points de mesures, et soin dans la prise de mesure,
- évaluation des incertitudes,
- ajustement des données expérimentales par un modèle,
- interprétation qualitative et quantitative des résultats obtenus,
- compréhension des phénomènes physiques sous-jacents
- communication des résultats obtenus.

### Déroulement de l'épreuve

Les candidats sont accueillis ensemble pour recevoir les consignes relatives au bon déroulement de l'épreuve. Ils tirent ensuite au sort le numéro du sujet sur lequel ils seront examinés, puis sont amenés dans les salles de travaux pratiques. Ils y découvrent l'énoncé du sujet, 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 examinateurs s'entretiennent avec les candidats pour présenter succinctement le sujet et le matériel mis à leur disposition. Si cela est pertinent, les consignes de sécurité sont énoncées et l'utilisation du matériel spécifique est expliquée.

Pendant les 4h d'épreuve, les **examineurs passent régulièrement** pour discuter de la progression des candidats, de leurs résultats et pour leur poser des questions afin de tester leur compréhension et leur démarche expérimentale. En dehors de ces passages réguliers, les candidats peuvent à tout moment appeler ou faire appeler leur binôme d'examineurs, notamment si une question se pose sur l'utilisation ou le fonctionnement d'un des appareils à sa disposition.

Les candidats disposent des 4h d'épreuves pour réaliser les expériences, les mesures, interpréter les résultats et écrire un compte-rendu de leur travail.

À l'issue des 4h d'épreuve, les candidats sont invités à ranger le matériel utilisé et remettre la paillasse dans l'état dans lequel ils l'ont trouvée en arrivant dans la salle.

## *Remarque : pannes de matériel ou incidents*

Le matériel est vérifié par les examinateurs avant le début des épreuves, mais il est toujours possible qu'une panne survienne au cours des 4h. Une panne qui n'est pas imputable à un mauvais respect des consignes ou à une erreur de manipulation du candidat n'affecte pas sa note. Les examinateurs tiennent compte de cette panne dans la notation, notamment si cela a fait perdre du temps au candidat pour réaliser ses expériences.

La réactivité du candidat est quant à elle prise en compte dans la notation : pour les pannes simples, il est attendu du candidat qu'il détecte l'existence d'un problème, et pour les pannes élémentaires (ampoule grillée, source de tension qui ne délivre plus de tension ou de courant...) qu'il identifie la nature du problème, surtout s'il dispose du matériel adéquat (par exemple, un multimètre permet de tester si une alimentation est défectueuse ou non). Le candidat qui suspecterait une panne de matériel est encouragé à la signaler rapidement aux examinateurs.

## **Énoncé**

Les sujets proposés peuvent couvrir l'ensemble du programme de physique des deux années de classes préparatoires aux grandes écoles PCSI et PC : électronique, optique, thermodynamique, électromagnétisme, mécanique, hydrodynamique, etc. Les éventuelles parties qui ne feraient pas appel explicitement au programme sont présentées dans le sujet de manière à donner aux candidats toutes les informations et les bases nécessaires pour effectuer les mesures expérimentales et leurs analyses.

Les énoncés sont relativement courts, le plus souvent de deux à trois pages, avec des questions volontairement succinctes « dans un esprit résolution de problème ». Ils contiennent des indications essentielles pour mener à bien les expériences ainsi que des rappels de règles de sécurité ou des précautions d'emploi de certains matériels. **Une lecture attentive de l'énoncé est donc indispensable.**

Des exemples de sujets donnés lors de la session 2017 sont fournis en annexe de ce rapport.

Dans certains cas, l'énoncé est complété par des annexes ou des notices simplifiées présentant le fonctionnement des appareils à la disposition des candidats. Les candidats doivent pouvoir en extraire les informations nécessaires à la réalisation des expériences ou à leur analyse, lors de l'estimation des barres d'erreur par exemple.

## **Moyens d'évaluation**

Lors de leurs passages réguliers au cours de l'épreuve, les **examineurs observent les candidats manipuler**. Ils peuvent, en particulier, demander au candidat de répéter une mesure qui n'aurait pas été faite devant eux. Ils posent également des questions pour tester la compréhension du candidat du protocole réalisé, l'interroger sur les choix qu'il a pu faire pour mener à bien l'expérience ou encore sur les résultats obtenus et les conclusions qu'il en tire. Les réponses apportées par le candidat et son attitude lors de ces entretiens sont cruciales pour son évaluation. Les compétences qui font l'objet d'une attention particulière sont détaillées dans la partie suivante.

Les examinateurs disposent également du **compte-rendu** remis par les candidats à la fin de

l'épreuve. Un soin particulier doit être apporté à sa rédaction.

## II. Compétences évaluées

L'épreuve de TP est une épreuve de physique expérimentale où le candidat doit montrer sa capacité à mener à bien des expériences en suivant une démarche scientifique rigoureuse. Le jury observe le candidat manipuler, mesurer, analyser et commenter. Il juge aussi l'autonomie et la réactivité aux différentes questions.

L'évaluation porte essentiellement sur les compétences et les connaissances du candidat en tant qu'expérimentateur. Nous abordons ici plus en détails certains des aspects évalués les plus importants.

### Choix et mise en œuvre des protocoles expérimentaux

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. Les questions sont volontairement succinctes : les candidats doivent pouvoir proposer des expériences mettant en évidence les phénomènes physiques proposés. Une grande liberté est ainsi laissée au candidat pour établir et mettre en œuvre le protocole expérimental qu'il juge adéquat.

Le **candidat** doit être capable de **justifier** ses **choix expérimentaux** : choix des composants (valeur des résistances, capacités, focales...), choix de la position des différents éléments (notamment en optique), choix des réglages des différents appareils (oscilloscope, multimètre...), choix du protocole (temps d'attente avant de faire la mesure s'il existe un régime transitoire indésirable, repères choisis pour mesurer une distance... ). Le candidat doit être capable de choisir l'appareil de mesure le plus adapté à l'expérience qu'il est en train de mener, parmi le matériel mis à sa disposition. On rappelle, à titre d'exemple, qu'il est plus pertinent d'utiliser un voltmètre numérique qu'un oscilloscope pour la mesure d'une tension continue.

### Mesures et tracés de graphe

Les **mesures** doivent être **menées** avec beaucoup de **soin**. Le jury attache en effet une attention toute particulière à la façon dont le candidat réalise ses mesures. Une estimation grossière d'un paramètre ou un tracé approximatif d'une courbe n'est que peu valorisé.

Le choix de la gamme de mesure et du nombre de points de mesure est également important. Ce dernier doit être suffisant, notamment dans le cadre d'un étalonnage. Lorsqu'il est demandé au candidat de vérifier une loi, le jury attend que le candidat trace une courbe plutôt que de vérifier la validité de la loi pour un unique point expérimental.

Les données brutes doivent être reportées dans le compte-rendu sous forme de tableaux, accompagnées d'un schéma ou d'une description concise expliquant le protocole expérimental mis en place pour les obtenir. Une représentation graphique des données est cependant indispensable. Il est indispensable de préciser les grandeurs portées sur les axes, avec leurs unités. Les candidats disposent pour cela de papier millimétré (linéaire, semi-log, ou log-log) voire, dans certains cas,

d'un ordinateur et d'une imprimante. Le choix d'une représentation graphique appropriée est crucial : le candidat doit choisir judicieusement les échelles et combinaisons de paramètres à placer en abscisse et en ordonnée pour confronter les données à un modèle.

La prise de mesure et le tracé des courbes ne sont pas des activités indépendantes : lorsqu'une courbe présente une abrupte rupture de pente, il est souhaitable d'augmenter le nombre de points autour de cette zone. Si un point semble aberrant, il est souhaitable de refaire la mesure.

### Cartes d'acquisition, logiciels

L'acquisition et le traitement numérique des données font maintenant partie intégrante de la panoplie du physicien. Pour autant, le jury n'attend pas du candidat la connaissance détaillée de tel ou tel interface ou logiciel, mais plutôt un choix raisonné des paramètres de mesure (nombre de points, fréquence d'échantillonnage, seuil de déclenchement...). L'utilisation de cartes d'acquisition ou de logiciels spécifiques est toujours accompagnée d'une notice ou expliqué au candidat par le jury.

### Interprétation qualitative et quantitative des résultats obtenus

Il est pertinent d'observer et de décrire qualitativement le phénomène avant d'effectuer les mesures quantitatives. Cette étape est malheureusement rarement réalisée, même lorsqu'elle est demandée explicitement. Elle permet pourtant, le plus souvent, de repérer les erreurs de montage les plus simples. Dans ce sens, le jury souhaite également que le candidat sache trouver rapidement les ordres de grandeurs relatifs à l'expérience. En particulier, il est indispensable de faire preuve d'**esprit critique** lorsque l'**ordre de grandeur des résultats** obtenus semble irréaliste.

Une fois les mesures faites, et leur ajustement éventuel réalisé, le candidat doit mener une analyse critique des résultats obtenus. Permettent-ils de répondre à la question posée ? Le modèle proposé est-il validé ? Dans le cas où les résultats obtenus ne coïncident pas avec ceux prévus, le jury attend du candidat qu'il s'interroge voire identifie les éventuels défauts du protocole, erreurs de manipulation ou de mesure qui expliquent l'écart observé. Une telle analyse est particulièrement valorisée.

Notons enfin que 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, dans des cas simples le jury attend du candidat qu'il soit capable d'effectuer une petite modélisation de l'expérience en justifiant les approximations effectuées et les limites du modèle utilisé. Le candidat doit être capable de faire un calcul rapide de quelques lignes lorsque cela s'avère nécessaire pour appréhender le problème à étudier.

### Incertitudes de mesures

Une mesure physique ne se conçoit qu'avec une estimation, plus ou moins grossière, de l'incertitude qui l'entache. Le jury n'attend aucun développement métrologique compliqué mais une estimation raisonnable de l'incertitude : il est inutile de discuter de subtils facteurs ( $2^{-1/2}$  ou  $3^{-1/2}$ ), mais il faut identifier les sources d'incertitudes, et se focaliser sur l'évaluation de celles qui sont dominantes (très souvent une seule source d'incertitude domine toutes les autres).

Lorsqu'une quantité est mesurée de manière répétitive, le jury attend du candidat qu'il évalue correctement l'incertitude de type A (de répétabilité). Le jury valorise les rares candidats qui ont consulté les notices fournies (par exemple la notice d'un multimètre) pour évaluer les incertitudes.

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, lorsque différents appareils de mesure sont présents sur la paillasse, il est judicieux de choisir le plus précis. De même, 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.

Le jury apprécie que le candidat fasse une discussion critique des résultats obtenus, de la précision escomptée, de celle obtenue et de son amélioration possible. Il ne faut pas hésiter à prendre du recul sur la notion de précision d'une mesure : on n'attendra pas qu'une plaque chauffante soit stabilisée à la dizaine de mK près pour entamer une mesure autour de 500 K, même si le thermomètre utilisé atteint cette précision.

Les bornes d'incertitudes liées aux mesures devraient être reportées sur les graphes expérimentaux. Le nombre de chiffres significatifs d'un résultat doit être cohérent avec l'estimation des incertitudes.

**L'absence d'incertitudes** dans le rapport est **fortement pénalisée**.

## Ajustement des données expérimentales par un modèle

Très souvent, l'exploitation des données passe par la confrontation à un modèle, que le candidat peut être amené à proposer. Le candidat doit dans un premier temps choisir judicieusement les échelles et combinaisons de paramètres à placer en abscisse et en ordonnée pour confronter les données au modèle. Il réalise ensuite l'ajustement des données, le plus souvent par une loi affine, notamment quand le tracé est réalisé sur papier millimétré. Il est toutefois toujours pertinent d'analyser de façon qualitative le résultat des mesures avant de se lancer dans l'ajustement à proprement parler : le comportement observé correspond-il à celui qui était attendu ?

Le candidat peut utiliser sa calculatrice pour réaliser l'ajustement, ou tout outil informatique qui serait mis à sa disposition. Mais le résultat de l'ajustement doit impérativement apparaître dans le compte-rendu, aussi bien sur le graphe (tracé sur papier millimétré ou imprimé) que dans le corps du texte lui-même, où les valeurs des paramètres ajustés doivent être données.

En particulier, la qualité de l'ajustement doit systématiquement être caractérisée pour valider, ou non, le modèle proposé. Le jury regrette qu'un grand nombre de candidat se réfère encore au coefficient de corrélation linéaire  $R^2$  pour cela. Il tient à rappeler que depuis 2013, le fait de savoir que « le coefficient de corrélation n'est pas un outil adapté pour juger de la validité d'un modèle linéaire » est une capacité exigible du programme de la filière PC.

## Communication des résultats obtenus

Il est obligatoire de rendre un **compte-rendu** à la fin de l'épreuve. Il fait partie de l'épreuve et est indispensable à la notation. Il doit être concis (4 à 6 pages typiquement) mais contenir toutes les

informations importantes. Celui-ci doit notamment **inclure** les différentes **courbes** demandées. Il doit comporter les tableaux de mesures expérimentales, les raisonnements scientifiques ainsi que le détail des mesures et des calculs.

Le jury est sensible à l'**effort pédagogique** d'explication et de démonstration des résultats expérimentaux tant à l'oral qu'à l'écrit. Le compte-rendu doit être propre et rédigé de façon claire.

Le jury tient enfin à préciser que les discussions qu'il mène avec les candidats au cours de l'épreuve ne dispensent en aucun cas le candidat de reproduire sur son compte-rendu les raisonnements, analyses de résultats ou justifications d'approximation, même si ceux-ci ont été explicitement abordés à l'oral.

### III. Bilan de l'épreuve 2017

271 candidats ont passé l'épreuve de TP. La moyenne de l'épreuve sur l'ensemble des ENS est de 11,2 avec un écart-type de 3,5.

Pour cette session 2017 des concours d'entrée, le jury a sélectionné des sujets et évalué les candidats en accord avec les programmes actuels des classes préparatoires de PCSI et PC. Le jury dans son ensemble est satisfait du niveau général des candidats et de leur faculté d'adaptation. Cependant il est observé une certaine hétérogénéité probablement due à une faible préparation de certains candidats qui ne maîtrisent pas les appareils de base (multimètre, oscilloscope notamment), les montages simples (formation d'une image par exemple) ou rendent des rapports non satisfaisants. Le jury regrette par ailleurs qu'un nombre significatif de candidats ait une approche trop théorique de la physique expérimentale. Aligner un dispositif optique ou monter un circuit électronique ne devrait pas nécessiter de longs calculs.

La physique expérimentale nécessite une certaine maturité qui ne peut s'acquérir que par une pratique active. Nous encourageons donc les futurs candidats à renforcer leur préparation à ce genre d'épreuve. A cet effet un ensemble de questions récurrentes est donné dans ce rapport.

#### 1. Electricité - Electronique

##### Généralités

Il est vivement conseillé aux candidats de faire un schéma des circuits électriques avant de les réaliser. Trop de candidats se sont perdus dans leurs expériences parce qu'ils n'avaient pas réalisé le circuit auquel ils songeaient.

Les ordres de grandeurs (résistance, capacité, inductance propre) des valeurs des composants (relativement à leur taille) sont mal maîtrisés. Une bobine de 1 H ou un condensateur de 1 F présentent une taille conséquente !

Avant de câbler une résistance ou une bobine dans un circuit, il faut s'assurer que l'on ne risque pas de l'endommager.

Les **notions de terre et de masse** sont très souvent sujettes à confusion. De nombreux courts-circuits classiques de masse sont observés. Les candidats doivent savoir que la masse de certains appareils est reliée à la terre (cas fréquent pour les oscilloscopes), et que celle d'autres appareils ne l'est pas (cas fréquent pour les alimentations continues et les multimètres). Ils peuvent demander aux examinateurs ce qu'il est en pour le matériel qu'ils ont à leur disposition.

Il est recommandé d'utiliser un multimètre plutôt que de lire l'affichage souvent grossier de la tension sur l'alimentation.

Le lien entre l'impédance et son module est souvent flou, ainsi que la pertinence de mesurer ou non un déphasage. Un grand nombre de candidats n'est d'ailleurs pas capable de mesurer le déphasage entre deux signaux, lorsque cette fonction n'est pas directement assurée par l'oscilloscope, et lorsqu'elle est effectuée, la majorité des candidats ne prête pas attention à son signe.

Une partie des candidats a encore des difficultés importantes pour utiliser l'oscilloscope numérique. Le jury considère que les candidats doivent connaître le principe des réglages de base : réglage des bases de temps et de tension, choix du couplage continu ou alternatif (modes <DC> et <AC>), réglage du déclenchement (<trigger>), utilisation éventuelle des modes marche/arrêt (<Run/Stop>), addition ou soustraction de deux signaux, mode XY, mesures avec des curseurs ou affichage de mesures (tension, fréquence, phase,...) effectuées par l'oscilloscope. Il est attendu du candidat qu'il connaisse le principe de ces réglages, et qu'il pense à les utiliser lorsque cela est pertinent.

Concernant les fonctions plus évoluées (mode <monocoup>, calcul de la transformée de Fourier <FFT>, mode de défilement <Roll>), **leurs accès sur le modèle d'oscilloscope mis à disposition** sont expliqués par les examinateurs, **ou via une notice simplifiée de l'oscilloscope**, lorsque leur utilisation est nécessaire. **Le jury attend toutefois des candidats qu'ils maîtrisent leurs principes de fonctionnement.**

La touche « Autoset » de l'oscilloscope est très souvent utilisée à l'aveugle. Cette touche a parfois pour effet de zoomer sur un signal parasite pseudo-périodique à très haute fréquence. Elle peut changer des paramètres dont les candidats ignorent l'existence, leur compliquant la tâche plutôt que de la simplifier. Si son utilisation n'est pas pénalisée en tant que telle, elle est sanctionnée si elle conduit à l'utilisation de paramètres de réglage non pertinents ou si le candidat ne sait pas justifier le choix des réglages.

## **Le multimètre**

Le multimètre est un instrument de base et son utilisation doit être parfaitement maîtrisée. Pourtant, elle pose encore trop souvent problème. Par exemple le choix du mode AC ou DC, le choix des calibres, ainsi que les impédances associées aux mesures de courant et de tension sont assez floues dans l'esprit de certains. Ces instruments sont des instruments de base et leur utilisation doit être parfaitement maîtrisée. Nous avons encore vu cette année des ampèremètres branchés en parallèle et des voltmètres en série. Il est rappelé qu'il faut débrancher une résistance du circuit avant de la mesurer avec un ohmmètre.

## 2. Mécanique et mécanique des fluides

Le jury souhaite que les candidats apportent un soin particulier à l'agencement expérimental (orientation des éléments, fixation, verticalité, etc.), en particulier lors de la mise en œuvre de mesures simples utilisant des règles ou des sondes mesurant des grandeurs vectorielles. Beaucoup de candidats considèrent que la conception du montage est terminée dès que les résultats qualitatifs sont observés.

La mesure statique de la constante de raideur est possible si (1) les spires du ressort ne sont pas en contact et (2) la traction exercée sur le ressort est connue (par exemple en appliquant une poids connu à son extrémité).

## 3. Optique

Le jury rappelle que pour réaliser une expérience d'optique satisfaisante, qu'il s'agisse d'optique géométrique ou ondulatoire, il est essentiel de **soigner l'alignement** et le centrage des différents éléments. Il faut notamment faire passer les faisceaux lumineux par le centre des lentilles pour respecter les conditions de Gauss.

La réalisation de montages d'optique géométrique simples pose de nombreux problèmes. Le jury regrette le manque d'entraînement manifeste de nombreux candidats pour lesquels la formation des images se limite à la réalisation du montage dit  $4f$ . Le jury attend des candidats qu'ils puissent choisir la focale d'une lentille ou la position de l'écran et de la lentille pour, par exemple, augmenter ou diminuer la taille de l'image, **sans se référer à un calcul**.

Il en va de même pour l'observation du spectre d'une source lumineuse sur un écran à l'aide d'un réseau et de lentilles, montage qui demande un soin tout particulier et de la précision dans le positionnement des différents éléments. Il faut connaître le rôle respectif des différents éléments, et les positions de l'écran et des lentilles doivent pouvoir être trouvées **sans calcul**.

Les candidats maîtrisent en général mal l'utilisation des lames quart-d'onde, alors même que le cours semble su. L'obtention et la mesure de polarisations circulaires ont posé problème à de nombreux candidats.

Les différents éléments d'un interféromètre de Michelson sont bien connus, mais son réglage est souvent laborieux. Les conditions d'éclairage sont mal connues. Les conditions d'observation en optique, qu'il s'agisse de celles de Gauss ou de Fraunhofer sont énoncées à moitié. Le fonctionnement des sources lumineuses ainsi que les caractéristiques pratiques associées (spectres, longueurs de cohérence, etc.) sont globalement maîtrisées; en revanche, l'intérêt d'un condenseur est souvent inconnu.

Des problèmes de mesure au vernier ont été constatés.

## 4. Thermodynamique

Un thermocouple entouré d'une gaine métallique ne mesure pas la température en un point, à cause de la conductivité thermique de la gaine. Il faut donc placer une partie suffisamment longue de la sonde dans le milieu dont on veut mesurer la température.

Les transitions de phases ne se limitent pas aux transitions entre phase solide, liquide, gaz. En particulier, il y a des transitions de phase entre des variétés allotropiques d'un solide.

## 5. Ondes

Les notions de vitesse de phase et de vitesse de groupe sont mal connues. La vitesse de phase est mesurable : il s'agit bien d'une quantité « physique » !

Les ondes sonores dans l'air peuvent être considérées comme non-dispersives

## IV. Nouveauté pour l'épreuve 2018

L'épreuve 2018 se déroulera sur le site de l'ENS Paris-Saclay à Cachan. Cette année verra le remplacement progressif du tracé sur papier millimétré par des tracés à l'ordinateur, utilisant des logiciels de type tableurs scientifiques. En accord avec les programmes de PCSI/PC, la capacité des candidats à ajuster des données par un modèle et à extraire des informations de l'ajustement pourra donc être évaluée.

## V. Exemples de questions posées

Nous donnons ici des exemples de questions posées dans les énoncés des épreuves de TP. Le jury tient à rappeler que les énoncés sont formulés sous la forme de « résolutions de problèmes ». En ce sens, le protocole complet n'est jamais donné au candidat, qui doit notamment être capable de choisir les composants électroniques ou optiques, par exemple, les plus adaptés et de justifier ses choix. Une grande importance est donc accordée à la discussion avec les membres du jury lors de l'épreuve.

### 1. Acoustique

#### Exemple 1a :

Le candidat dispose d'un haut-parleur, d'un microphone et d'un générateur basse-fréquence.

*Mesurez la vitesse du son dans l'air. Estimez la précision de la mesure réalisée.*

### **Exemple 1b :**

Le candidat dispose d'un cristalliseur sous lequel est collé un élément piézoélectrique, d'un verre de montre au dessus duquel est collé un élément piézoélectrique, d'un support élévateur, d'un réglé, d'un générateur basse fréquence, d'un amplificateur de puissance, d'un oscilloscope et de petites billes en polystyrène expansé.

Il est indiqué par un schéma qu'il faut placer le verre de montre à la verticale du cristalliseur. Ce dernier est posé (à l'envers) sur le support élévateur, et l'élément piézoélectrique qui y est collé est à alimenter par une tension sinusoïdale.

*En maintenant la distance cristalliseur/verre de montre fixe, optimiser le signal reçu par l'élément piézoélectrique du verre de montre.*

*Mesurer l'amplitude reçue en fonction de la distance cristalliseur/verre de montre.*

*Faire léviter une bille.*

## **2. Electronique**

### **Exemple 2a :**

Le candidat dispose d'un oscilloscope numérique, d'un générateur basse-fréquence et de composants d'impédances diverses (résistances, capacités, inductances).

*La nature du composant électronique à étudier est inconnue. Proposer un protocole permettant de caractériser ce composant, et le mettre en œuvre.*

### **Exemple 2b :**

Le candidat dispose d'un fil en alliage métallique, de longueur 15 cm et de diamètre 150  $\mu\text{m}$ . Il s'agit d'un fil à mémoire de forme en alliage de nickel et titane, mais ces informations n'étaient pas données au candidat. Ce fil est muni de connecteurs de type banane à ses extrémités. Le candidat dispose en outre d'une alimentation à courant continu et de deux multimètres.

*Tracer la caractéristique courant-tension du fil en alliage métallique, en courant continu.*

## **3. Optique**

### **Exemple 3a :**

Le candidat dispose de plusieurs sources lumineuses (lampe blanche, à vapeurs spectrales) et de filtres colorés associés, de divers diaphragmes et de lentilles de focales connues. Une lentille simple, non-correctée des aberrations, et dont les propriétés ne sont pas données, est le sujet d'étude.

*Vous avez devant vous une lentille dont les propriétés sont inconnues. Mesurez-en la distance focale. Dépend-elle de la longueur d'onde ?*

### **Exemple 3b :**

Le candidat dispose d'un interféromètre de Michelson, de lampes spectrales, d'une lampe blanche, de lentilles, d'un écran, d'une plaque en laiton (40 mm x 20 mm) sous laquelle est collée un fil chauffant et qui est suspendue par des fils fins, d'une alimentation électrique, d'un thermomètre.

*Mesurer la variation de l'indice optique de l'air avec la température.*