



CONCOURS A BCPST - SESSION 2019

RAPPORT DE L'ÉPREUVE ORALE DE PHYSIQUE-CHIMIE, ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE PHYSIQUE

Description de l'épreuve

Le format de l'épreuve d'activités expérimentales de physique a été reconduit. Pour rappel, la durée de l'épreuve est de 3 heures. Il est demandé aux candidats, à partir du matériel mis à leur disposition et d'un énoncé, volontairement succinct pour pouvoir mettre en avant les qualités d'analyse et d'autonomie des candidats, d'analyser la situation, de réaliser un montage et des mesures aussi précises que possible, et de présenter leurs résultats avec tout l'esprit critique requis. Une évaluation des incertitudes est fortement recommandée même lorsqu'elle n'est pas explicitement demandée. Il est demandé aux étudiants de présenter à l'oral leurs résultats à l'examinateur, et de produire un compte-rendu qui doit rester succinct, l'épreuve étant avant tout une épreuve orale ; ce compte-rendu sert à préciser des éléments (calculs, schémas...) n'ayant pas pu être détaillés lors des diverses interactions avec l'examinateur. En plus du matériel expérimental à proprement parler, les candidats ont à leur disposition des logiciels (OpenOffice, Regressi, LatisPro, GUM, plus, lorsque c'est nécessaire, des logiciels d'analyse vidéo ou d'image comme Tracker, Kinovea, ou ImageJ). La connaissance de ces logiciels n'est pas un critère d'évaluation, et les candidats qui en font la demande se verront apporter toute l'aide nécessaire pour leur utilisation. L'évaluation se fait sur la base des compétences du programme de BCPST (S'approprier, Analyser, Réaliser, Valider, Communiquer, Autonomie/initiative), les compétences Analyser, Réaliser et Valider ayant le poids le plus important. Les sujets portent environ à 25 % sur l'électrocinétique, à 35 % sur l'optique, et à 40 % sur la mécanique ou la thermodynamique. Le format de l'épreuve n'ayant pas changé, les remarques faites dans les rapports précédents sont toujours d'actualité. A noter : le lieu de l'épreuve a été modifié cette année (Jussieu), ce qui a donné lieu à une refonte importante des TPs.

Analyse globale

Le jury a apprécié l'attitude générale des candidats, qui ont pour la plupart abordé avec sérieux et combativité l'épreuve, y compris dans les parties plus originales. Cette attitude positive a cependant pu correspondre à des niveaux très hétérogènes : si le jury a pu observer de très belles prestations de certains candidats, qui ont pu montrer une maîtrise de toutes les compétences testées, un nombre de candidats plus important que l'an dernier s'est trouvée en difficulté même sur les manipulations basiques qui ouvrent la plupart des TPs, ce qui a inévitablement été jugé sévèrement. On peut citer parmi ces manipulations élémentaires la focométrie et la formation d'un objet à l'infini en optique, la détermination d'une capacité ou d'une inductance en électronique, ou la calorimétrie en thermodynamique.

Remarques par rapport aux diverses compétences évaluées

S'approprier

Si la plupart des candidats comprennent l'objectif général du TP, certains ne prennent pas le temps d'identifier le matériel qu'ils ont à disposition, ce qui leur nuit par la suite. Si les candidats ne parviennent pas à identifier la fonction d'un élément de matériel, il vaut mieux le demander à l'examineur. Dans un certain nombre de TPs, il peut être intéressant d'observer le fonctionnement général de l'expérience avant de se focaliser sur des mesures précises : il arrive souvent que des candidats commencent par effectuer des séries de mesures sans réaliser que le déroulement de l'expérience ne correspond pas à leur modèle.

Analyser

Cette compétence s'est avérée assez clivante, entre des candidats ayant une bonne maîtrise conceptuelle, et des candidats pour qui mener un calcul sans erreur est déjà une difficulté majeure.

De façon générale, il est important lors de la conception d'un protocole de garder en tête ce que l'on cherche à mesurer ou à montrer : plutôt que d'essayer à tout prix de plaquer un protocole connu sur une situation où il n'est pas applicable, il vaut mieux essayer de faire preuve d'esprit critique.

Les problèmes d'analyse sont particulièrement prégnants en électronique, où la manipulation des nombres complexes pose toujours beaucoup de problèmes, ce qui évidemment a des conséquences pour l'analyse de montages en régime sinusoïdal forcé. On peut aussi constater des difficultés quant aux calculs de limites pour un certain nombre de candidats. Quant aux notions de série/parallèle, elles sont loin d'être toujours acquises dès qu'il y a plus de 2 composants.

En optique, les notions d'objets et d'image successifs sont une source fréquente de difficultés pour les candidats : beaucoup ont du mal à comprendre que l'objet pour une lentille puisse être l'image par une lentille précédente. On peut également rappeler que les lois de Descartes pour la réfraction s'appliquent aussi hors des conditions de Gauss.

Des notions géométriques élémentaires comme le volume d'un cylindre ou d'une sphère posent problème à un nombre non négligeable de candidats.

En thermodynamique, la notion de masse en eau du calorimètre n'est souvent pas acquise, et le fait de la mesurer lorsqu'elle n'est pas donnée n'est un réflexe que pour une minorité de candidats. La puissance électrique $P = UI$ est souvent méconnue, et il convient de rappeler que $P = RI^2$ n'est évidemment valable que pour un conducteur ohmique.

Réaliser

Les outils de base sont dans l'ensemble connus. Le jury a pu constater une bonne maîtrise des logiciels utilisés dans l'ensemble (même s'il convient de rappeler que ce n'est pas un objectif d'évaluation, et que les candidats seront aidés s'ils rencontrent des problèmes).

La qualité des mesures des candidats a été assez variables. Il convient de rappeler, de manière générale, que, pour obtenir des mesures précises, il faut identifier les sources possibles d'erreur (au niveau de l'écart entre le modèle et la réalité, ou au niveau du processus de mesure), et les minimiser autant que possible.

De façon générale, le fait de faire des mesures multiples, en particulier en faisant varier les conditions pour se ramener à un tracé de courbe, est valorisé. Il convient cependant de sélectionner intelligemment les points : si on cherche à tracer une droite il convient de les répartir aussi régulièrement que possible ; en revanche, si certaines portions de la courbe sont particulièrement intéressantes (une courbe de résonance par exemple), il convient de multiplier les mesures dans ces portions.

En électronique, les conditions d'observation d'un régime transitoire sont souvent mal comprises : beaucoup de candidats tentent d'observer un régime transitoire avec une source sinusoïdale, ce qui donne lieu à des résultats folkloriques : une pseudo-pulsation confondue avec la pulsation imposée par le générateur, des mesures de temps de montée sur des signaux sinusoïdaux... Les mesures de temps de montées sont souvent mal maîtrisées : tenter de faire une mesure à 5τ est extrêmement

peu précis : il convient de mesurer le temps de montée à 50 % ou 63 % pour une mesure rapide, ou, si l'on souhaite une grande précision, réaliser un ajustement de courbe après une acquisition. Les oscilloscopes présents aux concours n'ont pas de mesure automatique de déphasage : il est donc nécessaire de savoir faire cette mesure directement à partir des courbes (à l'aide des curseurs ou du mode XY).

Certains candidats semblent découvrir les câbles BNC coaxiaux le jour du concours : même si les examinateurs leur expliquent le principe sans en tenir compte dans la notation, il est possible que cela les handicape quelque peu.

En optique, le soin apporté au montage est en général améliorable : peu de candidats ont le réflexe de bien aligner leurs lentilles, ce qui peut conduire à une augmentation des aberrations, voire à une absence complète d'image. On constate également une mauvaise orthogonalité des lentilles par rapport à l'axe optique, ce qui là aussi nuit à la qualité des images.

Les conditions d'obtention d'une image posent également souvent problème : certains candidats essaient d'obtenir une image sans mettre de lentille et s'étonnent de ne pas y arriver ; le critère $D > 4f'$ mériterait également d'être mieux connu : certains candidats perdent beaucoup de temps et d'énergie à essayer d'obtenir une image dans des conditions où c'est impossible.

L'autocollimation n'est pas toujours un réflexe pour obtenir une image à l'infini ; c'est pourtant plus précis que de faire confiance aveuglément à une indication de vergence. Cependant, le jury rappelle qu'il faut veiller à ce que l'image se forme bien sur le même plan que l'objet, ce qui n'est pas toujours le cas. Une fois une image à l'infini obtenue, les candidats n'ont pas toujours le réflexe de fixer les pieds avant les mesures ultérieures.

Certains candidats considèrent que l'infini correspond au bout du banc, ce qui, pour une simple focométrie, donne facilement des erreurs de plus de 10 % : ce n'est donc pas une méthode acceptable. La précision des mesures en optique est souvent problématique : en particulier, les étudiants utilisent quasi-systématiquement la position du support sur le banc optique sans aucune correction, sans vérifier que l'objet ou la lentille est bien à la verticale du pied (les décalages peuvent aller jusqu'au centimètre pour certaines montures, ce n'est donc pas anecdotique) On rencontre même parfois ce problème pour un objet placé sur une lanterne, où le décalage est d'une dizaine de centimètres !

Les manipulations exploitant le réseau apportent également leur lot de difficultés : peu de candidats pensent à vérifier que le réseau est bien éclairé en incidence normale, et la notion de courbe d'étalonnage est rarement bien comprise.

Valider

Le jury a noté quelques progrès dans cette compétence, qui traditionnellement est celle qui pose le plus de problèmes. En particulier, le temps passé à réfléchir aux incertitudes semble mieux calibré que les années précédentes : la plupart des candidats prennent le temps de réfléchir, mais on rencontre moins de candidats y passant un temps déraisonnable.

Il reste cependant bien évidemment des pistes d'amélioration : si certains candidats ont compris que l'essentiel était d'identifier correctement les sources d'incertitudes et leurs ordres de grandeur, d'autres candidats ont encore une approche très mécanique des incertitudes, où ils donnent les incertitudes-type de lecture correctement, mais dans des cas où cette incertitude est loin d'être dominante. Dans l'objectif de permettre aux préparateurs de se concentrer d'avantage sur l'identification des sources d'erreur, un formulaire complet sur les incertitudes sera donné aux candidats dans tous les TPs à partir de l'an prochain. Ce formulaire est en annexe de ce rapport.

Le jury rappelle que les résultats doivent être donnés avec leurs unités et avec un nombre de chiffres significatif compatible avec les incertitudes.

Un certain nombre de candidats continuent d'invoquer le coefficient de corrélation pour discuter de la validité des régressions linéaires, critère qui est en pratique loin d'être décisif. Vérifier qualitativement que l'allure générale est bien une droite (en particulier qu'il n'y a pas de courbure apparente ; on peut aussi de manière équivalente vérifier que les résidus ont bien l'air aléatoire) est déjà nettement préférable, le mieux restant d'évaluer les incertitudes sur les mesures : on peut identifier un écart à la loi linéaire si la droite ne passe pas par les barres d'erreur. Rappelons également que pour identifier un écart à une loi linéaire, il est nécessaire de prendre suffisamment de points. Certains candidats ont d'ailleurs du mal à envisager qu'une courbe puisse ne pas être linéaire : si un écart notable à la linéarité est observé, il convient de se poser des questions de

l'origine de cet écart (en particulier, a-t-on des raisons de supposer une loi linéaire?) plutôt que de vouloir conclure à toute force à une loi linéaire.

Les candidats ont dans l'ensemble les ordres de grandeurs de résistances, capacités, ou de la viscosité de l'eau en tête. Il est d'autant plus surprenant que les ordres de grandeurs de masses volumiques de liquides, ou même la valeur de la masse volumique de l'eau, soient méconnue d'un grand nombre de candidats.

Communiquer

Les compte-rendus sont dans l'ensemble propres et correctement rédigés. On peut cependant regretter que certains candidats se focalisent sur leur compte-rendu plutôt que d'expliquer ce qu'ils font avec l'examineur : il est important que les candidats appellent l'examineur pour expliquer ce qu'ils ont fait après avoir réalisé une série d'expériences : cela permet de discuter de leurs résultats et éventuellement d'indiquer aux candidats des choses qu'ils ont pu omettre.

Conclusion

Le jury a pu constater que la préparation des candidats reste dans l'ensemble de bonne qualité, et espère que les conseils contenus dans ce rapport aideront à améliorer les prestations en vue de l'année prochaine. Le jury rappelle également qu'il est possible pour les préparateurs de venir assister aux épreuves, ce que très peu ont fait cette année.

Annexe : formulaire sur les incertitudes

Évaluation de type A des incertitudes

Si on réalise n mesures x_1, \dots, x_n d'une grandeur x , l'incertitude-type sur *une* mesure *unique* peut être estimée par l'écart-type des n valeurs prises, à savoir :

$$\Delta x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \langle x \rangle)^2},$$

où $\langle x \rangle$ est la moyenne arithmétique des mesures.

L'incertitude-type sur la moyenne $\langle x \rangle$ des n mesures, vaut quant à elle :

$$\Delta \langle x \rangle = \frac{\Delta x}{\sqrt{n}}.$$

Le logiciel **Regressi** peut être utilisé pour estimer les incertitudes sur les coefficients de régression si l'on suppose les incertitudes purement statistiques, et équivalentes pour chaque point : c'est alors équivalent à une évaluation de type A.

Evaluation des incertitudes de type B

Ce formulaire donne l'incertitude-type Δx dans le cas où l'incertitude dominante est une incertitude de lecture. Pour tous les autres cas une évaluation en ordre de grandeur sera largement suffisante.

$$\Delta x = \frac{u}{\sqrt{12}} \quad \text{pour une lecture sur un appareil gradué de graduation } u$$

$$\Delta x = \frac{u}{\sqrt{6}} \quad \text{pour une double lecture sur un appareil gradué de graduation } u$$

$$\Delta x = \frac{t}{\sqrt{3}} \quad \text{pour un appareil de mesure de tolérance } t$$

Propagation des incertitudes (cas simples)

$$c = a + b \text{ ou } c = a - b \quad \Delta c = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$$

$$c = ab \text{ ou } c = \frac{a}{b} \quad \frac{\Delta c}{c} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2}$$

$$c = ka \text{ (} k \text{ constante)} \quad \Delta c = k\Delta a$$

$$c = a^p b^q \text{ ou } c = \frac{a^p}{b^q} \quad \frac{\Delta c}{c} = \sqrt{\left(p\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(q\frac{\Delta b}{b}\right)^2}$$

Pour les calculs de propagation d'incertitude plus complexes, on pourra utiliser le logiciel GUM.