



CONCOURS A BCPST - SESSION 2021

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. Ces dernières pourront également servir à détailler la méthodologie du candidat et à le remettre sur la voie si cela s'avère nécessaire. En plus du matériel expérimental à proprement parler, les candidats ont à leur disposition des logiciels (LibreOffice, 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 en temps normal environ à 25 % sur l'électrocinétique, à 35 % sur l'optique, et à 40 % sur la mécanique ou la thermodynamique. Ces proportions ont été légèrement modifiées cette année en raison des contraintes sanitaires (un peu moins d'optique). Le format de l'épreuve n'ayant pas changé, les remarques faites dans les rapports précédents sont toujours d'actualité. Les candidats disposent systématiquement d'un formulaire (en annexe) pour l'évaluation des incertitudes.

Analyse globale

Sur cette session quelque peu particulière, où la préparation des candidats a été affectée par la crise du Covid, le jury était a priori inquiet vis-à-vis de l'impact de cette préparation tronquée sur le niveau des candidats.

L'impact semble en pratique avoir été relativement limité, en particulier pour les meilleurs candidats : comme pour les sessions précédentes le jury a pu apprécier d'excellentes performances de candidats visiblement très bien préparés. En revanche, le jury a pu constater que le nombre de candidats ne maîtrisant pas les manipulations de base (focométrie en optique, étude d'un composant en électronique...) était plus élevé que sur les sessions précédentes : certains candidats semblent donc avoir eu un temps de pratique assez limité, ou avoir conservé jusqu'au concours des lacunes dues au confinement subi en première année.

Ceci dit ces candidats restent assez peu nombreux et le jury ne peut que saluer l'engagement des préparateurs et des candidats eux-mêmes dans ces conditions difficiles. Les remarques qui suivent

visent à recenser les principales difficultés rencontrées pour permettre d'optimiser la préparation en vue de la prochaine session.

Comme les années précédentes, la notation est harmonisée avec les TPs de chimie (moyenne de 11,3 et écart-type de 3,4).

Remarques par rapport aux diverses compétences évaluées

S'approprier

Si la plupart des candidats parviennent bien à identifier les objectifs du TP, beaucoup de candidats ne prennent pas assez le temps de lire les indications données : cela pose souvent problème lors de l'introduction d'un appareil inhabituel (qui est alors mal utilisé) ou quand un résultat théorique est donné (les candidats ne prennent pas toujours le temps d'en analyser les conséquences).

Analyser

Le jury a pu observer une grande variabilité dans la maîtrise de cette compétence : certains candidats sont capables, même sur une situation inhabituelle, de proposer des protocoles pertinents, et de modéliser correctement la situation, alors que, pour d'autres, même des protocoles classiques peuvent poser des difficultés importantes.

Un aspect souvent oublié des protocoles proposés par les candidats est l'optimisation de la précision de la mesure.

Un exemple extrême est la détermination d'une constante de temps lors d'une décroissance exponentielle : dire que le transitoire est terminé après 5τ , c'est réaliser au mieux une évaluation d'ordre de grandeur !

De façon plus subtile, peu de candidats réfléchissent à l'ordre de grandeur des composants à utiliser pour avoir une précision raisonnable : par exemple, si on cherche à identifier une résistance parasite dans un circuit, il vaut mieux que la résistance que l'on utilise soit d'un ordre de grandeur comparable à cette dernière.

En électronique, le caractère complexe de la fonction de transfert n'est pas toujours maîtrisé, avec pour conséquence que les candidats ont beaucoup de mal à proposer des protocoles exploitant des mesures de déphasage.

Pour les TPs impliquant du filtrage, si le choix du type de filtre est en général correct, beaucoup de candidats choisissent ensuite leurs composants au hasard, oubliant que le choix de la fréquence de coupure est crucial pour que le filtre se comporte bien comme prévu.

En optique, le jury rappelle que la méthode d'autocollimation, bien utilisée (image sur le plan de l'objet, et proche de l'axe optique ; décalages systématiques entre les objets et le banc corrigés si nécessaire) est tout aussi précise que les autres méthodes classiques, et s'avère généralement plus rapide. L'utilisation des formules de Descartes est en revanche peu précise à moins de multiplier les mesures, et est souvent source d'erreur lorsque les candidats oublient que les distances sont algébriques.

Toujours en optique, beaucoup de candidats omettent de faire un schéma de la situation, avec des rayons de construction propres (celui qui passe par le centre étant souvent essentiel dans des configurations où certains objets optiques sont à l'infini), ce qui les bloque ensuite dans l'analyse de la situation.

La notion de grandissement pose des difficultés à un nombre de candidats significatif, certains n'envisageant pas qu'il puisse être calculé directement à partir des tailles de l'image et de l'objet, et d'autres utilisant les formules de grandissement pour une lentille dans des situations où il y en a plusieurs.

En mécanique des fluides, la notion de débit volumique instantané pose problème à un certain nombre de candidats : dans des situations où ce débit n'est pas constant, nombre d'entre eux tentent tout de même d'obtenir une unique valeur en divisant un volume par un temps.

Réaliser

Si certains candidats sont capables de faire des mesures précises et soignées, beaucoup ont encore des marges de progrès importantes sur cette compétence. Le jury rappelle 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. Si la mesure est raisonnablement rapide, le fait de multiplier les mesures (éventuellement en faisant varier les conditions de manière à se ramener à un tracé de courbe) permet encore d'améliorer la précision et est valorisé.

En électronique, les difficultés lors des mesures sont souvent liées à une méconnaissance des conditions d'utilisation des appareils : ainsi, les candidats tentent souvent d'utiliser un ohmmètre sur une résistance par ailleurs branchée au circuit ; les candidats ignorent souvent ce que mesurent les modes AC et DC du multimètre, la notion de tension efficace étant en particulier souvent source de difficultés. Pour ce qui est des mesures à l'oscilloscope, le jury rappelle que les mesures automatiques s'appliquent à ce qui est visualisé à l'écran et donc ne dispensent pas d'ajuster les bases de temps et de tension de manière à ce que le signal soit correctement visualisé à l'écran. Le jury a en revanche pu constater que les candidats parvenaient mieux qu'il y a deux ans à faire des mesures de déphasage en l'absence de mesures automatiques (qui rappelons-le ne sont pas présentes sur les oscilloscopes utilisés par le concours).

Les candidats ont également pu rencontrer des difficultés quant aux observations du comportement d'un filtre à basse/haute fréquence : il est plus facile d'observer la limite basse fréquence avec un signal continu qu'en tentant de descendre au mHz, la période du signal étant alors de plus de 15 minutes, donc quasi-inobservable en pratique ; quant à la limite haute fréquence, tenter de l'observer à des fréquences supérieures à une centaine de kHz conduit à des conclusions erronées, dans la mesure où la modélisation des composants n'est plus toujours valable à de telles fréquences. Toujours dans l'étude des filtres, les candidats n'ont pas toujours le réflexe de mesurer à la fois la tension de sortie et la tension d'entrée. Attention également au fait que le gain n'est a priori pas nul dans la zone coupée (c'est sa limite qui est censée l'être), tout comme il peut être différent de 1 dans la zone passante.

En optique, le jury a constaté moins de problèmes d'alignement des montages que lors de la dernière session ; en revanche, peu de candidats pensent à privilégier des montages compacts pour optimiser la luminosité des images.

La précision des mesures est par ailleurs souvent améliorable : en particulier le décalage entre la monture et l'objet optique n'est que rarement pris en compte.

Valider

La compétence de validation recouvre l'obtention des résultats finaux, l'estimation des incertitudes et la prise de recul par rapport aux résultats.

Le jury a pu constater que l'étape des calculs permettant de passer des mesures brutes au résultat final, était l'occasion d'erreurs assez fréquentes, avec en particulier des problèmes récurrents liés aux unités (mauvaise gestion des unités des mesures et/ou résultats présentés sans unité).

Le jury a également pu noter des erreurs purement numériques, souvent liées à une volonté de tout faire en une seule étape à la calculatrice, ce qui conduit à rentrer des formules compliquées, multipliant le risque d'erreur. Le jury recommande dans ce cas de fractionner les calculs, de façon à obtenir des résultats intermédiaires.

Une autre méthode de contrôle souvent oubliée est la vérification de l'ordre de grandeur. Il est donc recommandable d'avoir en tête quelques ordres de grandeurs simples (masse volumique de l'eau, viscosité de l'eau par exemple).

Cette année était la première où les candidats disposaient de manière systématique d'un formulaire pour les incertitudes, dont le but était de permettre aux candidats de plus se focaliser sur la réflexion sur les sources d'erreur que sur les formules d'évaluation des incertitudes. Rappelons donc à ce sujet que les formules relatives aux incertitudes de lecture ne sont à utiliser que dans le cas (en pratique pas si courant) où il n'y a pas d'autre incertitude significative.

Les prestations des candidats ont été de niveau très varié à ce niveau : si certains ont pu proposer une discussion assez fine des sources d'incertitudes et ont pu utiliser ces dernières de façon pertinente

pour comparer deux résultats ou un résultat et un modèle, pour d'autres le fait d'évaluer les incertitudes d'une mesure ou d'un résultat est loin d'être un réflexe.

Une piste d'amélioration pour les candidats serait d'envisager plus souvent des incertitudes de type A, en particulier lorsque la source principale d'erreur est une évaluation subjective (de netteté par exemple). Une approche de type B comme l'intervalle de netteté aura généralement tendance à surestimer nettement l'incertitude, alors qu'une approche de type A pourra l'évaluer de façon pertinente, tout en améliorant la précision de la mesure via le moyennage.

Les résultats expérimentaux peuvent également se présenter sous forme de courbes. L'analyse de ces dernières pose cependant souvent des problèmes : beaucoup trop de candidats font une confiance aveugle au coefficient de corrélation, qui est largement inadapté à la validation d'une loi linéaire. En effet, certains candidats affirment sur la foi de ce critère qu'une série de points avec une courbure significative et visible à l'œil nu est linéaire ; le jury rappelle donc que la meilleure façon de vérifier qu'une série de mesure est compatible avec une loi linéaire est de comparer l'écart à la droite de régression et les incertitudes expérimentales. A défaut, vérifier que les points sont répartis de manière aléatoire autour de la droite est déjà plus fiable que d'invoquer un coefficient de corrélation.

Communiquer

Cette partie est dans l'ensemble satisfaisante, la plupart des candidats savent communiquer à l'oral et à l'écrit, les compte-rendus étant dans l'ensemble soignés.

Certains candidats veulent d'ailleurs trop bien faire en rédigeant tout au brouillon de peur de faire une erreur, avant de le recopier au propre (voire, dans certains cas, d'oublier de reporter sur la copie des informations cruciales). Ils gagneraient certainement un temps précieux en réservant le brouillon aux embryons d'idées, quitte à barrer proprement sur leur copie quelque chose qui s'avérerait être une erreur.

On peut également relever quelques (relativement rares) candidats ayant du mal à tenir compte des indications données par l'examineur. Il ne faut pas dans ce cas hésiter à demander des précisions si ce que dit l'examineur ne permet pas au premier abord d'éclaircir les choses.

Conclusion

Le jury tient une nouvelle fois à féliciter les candidats et leur préparateurs pour leur travail, qui a permis d'atteindre un niveau proche de celui observé habituellement pour cette épreuve. Nous espérons que les indications de ce rapport permettront encore d'améliorer la préparation des candidats pour la session 2022.

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.

Évaluation 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.