

Rapport SECOND CONCOURS 2017 - Interrogation de physique

Le déroulement de cette épreuve se fait en deux temps : le candidat bénéficie d'une heure de préparation en salle puis il passe devant le jury. L'oral à proprement parler est constitué d'une partie théorique d'une heure durant laquelle le candidat est amené à exposer sa résolution d'un problème posé et une autre partie de 30 minutes portant sur des questions s'appuyant essentiellement sur les compétences expérimentales requises dans les programmes des classes préparatoires aux grandes écoles.

Le nouveau format de l'épreuve mis en place en 2015 ne permet pas d'évaluer la mise en œuvre d'un protocole expérimental. Par conséquent, la question expérimentale porte essentiellement sur le matériel, les protocoles et les techniques de traitement et d'analyse des données. Le jury est particulièrement sensible à une analyse statistique (vocabulaire, présentation des résultats, interprétation) sans pour autant exclure l'analyse graphique. Cette année, les thèmes ont porté sur l'électrocinétique, l'optique, les ondes et la mécanique des fluides. Le jury ne saurait trop conseiller aux candidats de la préparer sérieusement en y consacrant un temps proportionnel lors de la préparation (environ 20 min) et, au cours de l'année, en relisant leurs Travaux Pratiques de Licence dans leur ensemble.

La partie théorique cherche à évaluer le niveau des connaissances acquises en sciences physiques (au sens large) et à vérifier si le candidat est capable de les utiliser pour répondre à un problème donné. La rigueur dans le raisonnement suivi ainsi que la justesse des calculs effectués pour servir un propos sont, bien entendu, également au cœur de l'évaluation. Les problèmes théoriques proposés sont adaptés au niveau du candidat (L3 ou M1) et portent sur des thèmes variés. Cette année une très large majorité de candidats étaient issus de L3 et nous ne commenterons que les prestations de ce niveau.

Il ressort que tous les candidats se préparent activement aux épreuves du concours ce qui est une bonne chose. Cependant cette préparation semble comporter des lacunes pour certains d'entre eux en particulier sur des connaissances de niveau L1 ou L2. Ce type de lacune s'avère en général très handicapant dans la résolution du problème ou les discussions d'ordre expérimentale. A titre d'exemple nous avons noté des difficultés sur l'écriture d'un PFD, d'une approche énergétique, l'action d'un champ magnétique sur une particule chargée.

On espère par ailleurs une maîtrise approfondie des connaissances de niveau L3 et M1. On donne ci-dessous une liste non exhaustive de points problématiques rencontrés :

- Utiliser (et définir) des états stationnaires en mécanique quantique
- Connaître et comprendre les relations de commutation entre certains opérateurs, en particulier les relations de commutation canoniques ne sont pas connues de la majorité des candidats
- Distinguer clairement un ket d'une fonction d'onde
- Maîtriser les notations et le vocabulaire adapté en mécanique quantique : par exemple, la notation p_x a été une source incommensurable d'erreurs car elle est censée être un opérateur mais est traitée comme un simple scalaire...
- Comprendre la signification d'un élément matriciel et le cas échéant le calculer
- Reconnaître un sinus cardinal, utiliser des conditions aux limites, savoir brancher un oscilloscope
- ...

Cette année les sujets de L3 comportaient systématiquement une partie de mécanique quantique. L'année prochaine, certains sujets s'ouvriront vers l'électromagnétisme et la relativité.

Les prestations des candidats sont extrêmement contrastées non seulement sur le fond mais également sur la forme. Certains candidats ont fait l'effort de commencer par une présentation globale du problème mais se contentent in fine de lire les premières lignes de l'énoncé. On attend au contraire une prise de recul global et éventuellement des commentaires tirés des connaissances personnelles des candidats non nécessairement académiques (article de journaux de vulgarisation par exemple). Au-delà de la forme, cette démarche aide grandement les candidats à mieux comprendre la problématique abordée.

Le jury invite les futurs candidats à partitionner raisonnablement le temps de préparation entre les deux épreuves (un ratio de 3 pour 1 en faveur de la partie théorique paraît cohérent). Il attire l'attention des candidats sur le fait que le nombre de questions est souvent trop important pour que tout soit traité dans le temps imparti de la préparation. Le candidat doit garder en tête qu'il aura une heure et demie pour poursuivre ses investigations et/ou ses raisonnements.

De plus au-delà de la résolution d'une question au sens propre, ce sont surtout les qualités du raisonnement et l'aisance des explications orales qui seront examinées par le jury. Par ailleurs, au fil de la discussion avec le jury, le candidat peut être amené à discuter un point (ou plusieurs) non abordé(s) dans l'énoncé fourni.

Le jury se félicite d'avoir pu assister à d'excellentes prestations où la précision des raisonnements et la maîtrise de techniques et/ou d'ordres de grandeur expérimentaux étaient particulièrement remarquables. L'aisance orale et la grande réactivité de certains candidats ont été particulièrement appréciées.

Le jury est conscient que cet exercice oral d'une heure et demie est loin d'être naturel pour de nombreux étudiants et invite les futurs candidats à se préparer très activement à cette épreuve difficile. Cette préparation doit non seulement porter sur un apprentissage solide des connaissances scientifiques au niveau requis mais aussi en un questionnement approfondi sur la manière d'exposer oralement certaines notions.

Exemple de sujet L3.

Particule interagissant avec un potentiel à une dimension.

A. Etat stationnaire lié.

On considère une particule de masse m soumise à un potentiel $V(x)$ admettant un minimum de valeur $-V_0$ en un point d'abscisse x_0 . On désigne par $\varphi(x)$ la partie orbitale de fonction d'onde de l'état stationnaire d'énergie E . On envisage un état lié dans ce puits de potentiel autour de x_0 pour une particule de masse m .

1. Définir un état lié puis en raisonnant sur la moyenne de l'opérateur hamiltonien montrer que l'on a pour toute énergie E correspondant à un tel état : $E \geq -V_0$.
2. Peut-on avoir $E = -V_0$? Justifier votre réponse.

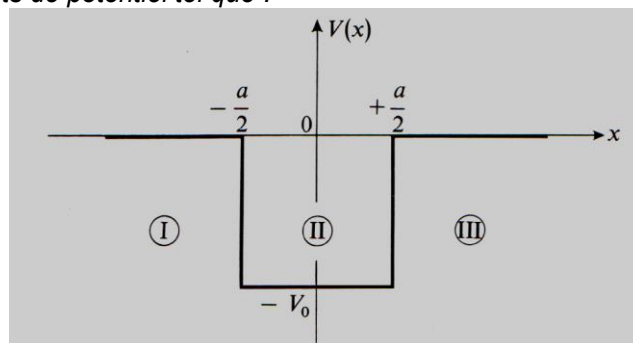
B. Cas d'un puits en fonction delta.

On envisage le cas limite où $V(x) = -\alpha \delta(x)$ où $\alpha > 0$. Ce type de potentiel est un potentiel modèle pour décrire un atome ou une molécule. On s'interroge sur l'existence ou non d'états liés pour une particule de masse m . On note, comme précédemment, $\varphi(x)$ l'amplitude de probabilité de présence associée à l'état lié d'énergie E .

1. En raisonnant sur l'équation de Schrödinger indépendante du temps, établir que $\varphi'(x)$ est discontinue en $x = 0$ et exprimer cette discontinuité en fonction des données et $\varphi(0)$.
2. Par une méthode de votre choix, montrer alors qu'il n'existe qu'un seul état lié dont on donnera l'énergie E_0 en fonction des données. On vérifiera l'homogénéité du résultat.
3. Obtenir alors la fonction d'onde normée correspondant à cet état lié.

C. Etat de diffusion stationnaire par un potentiel attractif de portée finie.

On envisage le cas d'un puits de potentiel tel que :



On ne s'intéresse qu'aux états stationnaires de diffusion donc aux états d'énergie $E > 0$ et on note $\varphi(x)$ la fonction d'onde de l'état stationnaire correspondant. On souhaite décrire uniquement le cas d'un faisceau de particules indépendantes émises depuis $-\infty$.

1. Préciser la forme mathématique de $\varphi_E(x)$ pour $|x| < \frac{a}{2}$. On introduira $k' = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}(V_0 + E)}$.
2. Préciser de même la forme mathématique de $\varphi_E(x)$ pour $|x| > \frac{a}{2}$? On posera $k = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}E}$.
3. Après avoir rappelé les différentes conditions de continuité de l'état stationnaire envisagé, écrire le système linéaire de 4 équations à 5 inconnues auquel on aboutit.
4. Définir alors le coefficient de réflexion en amplitude A_r .

On peut montrer que ce coefficient admet pour expression :

$$A_r = \frac{i \frac{q^2}{2kk'} \sin(k'a)}{\cos(k'a) - i \frac{k'^2 + k^2}{2kk'} \sin(k'a)} e^{-ika}$$

où on a posé $q = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}V_0}$.

5. A quelle condition sur E le potentiel est-il « transparent » pour les particules incidentes? Cette condition est-elle interprétable classiquement?
6. Tracer alors qualitativement le coefficient de réflexion en probabilité R en fonction de E .

Exemple de sujet expérimental

1. Proposer un modèle basse fréquence pour une bobine.
2. La notice d'un multimètre indique : mesures de résistance à $2\% \pm 2$ digits ; mesures d'inductance à $8\% \pm 5$ digits. On lit sur le multimètre, connecté à la bobine, les valeurs suivantes : 0,089 H ; 12,3 Ω . Exprimer le résultat de ces mesures.
3. On place, en série avec la bobine, un condensateur de capacité variable et on alimente le tout par le signal TTL d'un GBF à la fréquence de 1 kHz. Représenter l'allure des tensions aux bornes du GBF et de la capacité. On relève les valeurs suivantes. Expliquer et compléter le tableau ci-dessous. Commentaires.

C(nF)	100	10	1
f (kHz)	1,7	5,3	13,2
Q	27,4	18	11
L			
r			