

Rapport SECOND CONCOURS 2018 - 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 jury souhaite rappeler aux candidats que si la partie théorique porte essentiellement sur la physique enseignées en L3 et M1, ils ne doivent pas, pour autant, négliger certaines notions de base de la physique comme l'électrocinétique, l'optique ou encore la mécanique classique.

Pour cette session, seul des candidats titulaires d'un L3 se sont présentés nécessitant une adaptation des sujets dont les orientations ont, du coup, été moins vastes qu'initialement prévu. Si la mécanique quantique reste en général un incontournable, les sujets ont souvent fait appel à des notions d'électromagnétisme abordés en L1 et L2. Le jury déplore la mauvaise assimilation de certains aspects pourtant très élémentaires (moment dipolaire électrique ou magnétique, énergie d'interaction d'un moment dipolaire dans un champ électrique ou magnétique, équation de Poisson, effet Hall ...). Les lacunes des candidats sur ces sujets les pénalisent généralement très fortement car ils n'ont pas de point de départ solide pour avancer dans la problématique proposée. En mécanique quantique, le jury constate souvent la répétition des mêmes problèmes : méconnaissances des relations de commutation entre opérateurs position et impulsion ou entre les opérateurs composantes d'un moment cinétique, mauvaise maîtrise des notations (un ket est confondu avec une fonction d'onde et inversement), définition fautive d'un état stationnaire (confusion systématique avec cette notion en physique ondulatoire classique). Le jury remarque que, trop souvent, les candidats adoptent une démarche très scolaire sans recul vis-à-vis du sujet et ne cherchent pas à comprendre la physique de la problématique posée.

Lors de la partie consacrée à l'évaluation des compétences expérimentales, le jury est amené à poser des questions sur les appareils de mesure courant que l'on trouve en laboratoire d'enseignement. Nous ne saurions trop conseiller aux candidats préparant le concours de travailler sur la mise en œuvre, les limitations et caractéristiques de ces derniers. Nous avons été surpris de constater que, par exemple, les ordres de grandeur des résistances internes d'un GBF ou d'une bobine, voir l'indice optique moyen d'un verre, n'étaient pas des quantités connues !

Nous souhaitons également insister sur le fait qu'une mesure est nécessairement entachée d'une erreur dont il faut discuter les causes et les ordres de grandeur. La documentation accompagnant les appareils peut se révéler utile, notamment en ce qui concerne leur précision. Notons au passage que la notion de digit sur les multimètres n'est pas acquise pour certains. Le traitement statistique d'une mesure doit être connu. Pour finir sur cette partie expérimentale, le jury apprécie comme il se doit l'emploi d'un vocabulaire scientifiquement adapté.

Au-delà du jugement académique des connaissances acquises et maîtrisées par les candidats, le jury se permet de rappeler qu'un oral, quel qu'il soit, est avant tout une épreuve de communication. A ce titre faire preuve d'une aisance orale et d'une gestion intelligente du tableau confèrent des atouts indéniables (qui peuvent être en partie travaillés par les candidats en amont du concours). Au-delà du concours, savoir communiquer clairement est un incontournable dans tout travail de recherche ou d'enseignement auquel le candidat est amené à se livrer dans le futur. Le jury ne peut que déplorer que certains candidats n'aient pas pleinement conscience de l'importance de cet aspect (par exemple en n'exposant pas les raisonnements qu'ils comptent suivre ou en se retranchant derrière un silence bien pesant face à une question). L'oral doit rester interactif et ne pas avoir une réponse immédiate à une question posée n'est pas synonyme systématiquement d'un échec. Nous invitons donc fortement les futurs candidats à prendre en compte cette dimension de l'épreuve.

Le jury se félicite néanmoins d'avoir pu auditionner des candidats aux qualités oratoires remarquables et aux connaissances scientifiques solides.

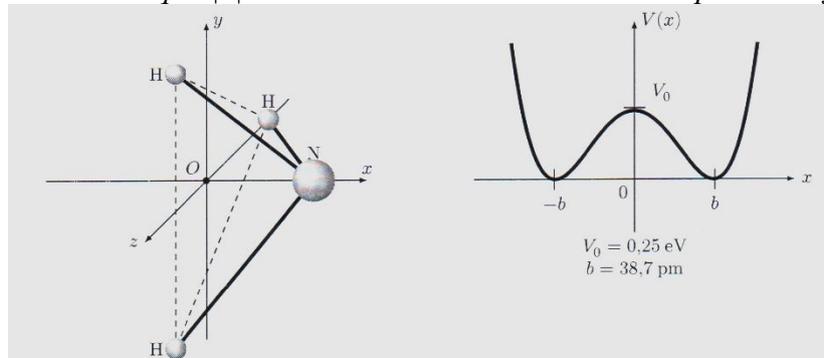
Exemple de sujet théorique (partiel):

Inversion de population dans un jet moléculaire d'ammoniac.

Les vecteurs sont notés en gras>.

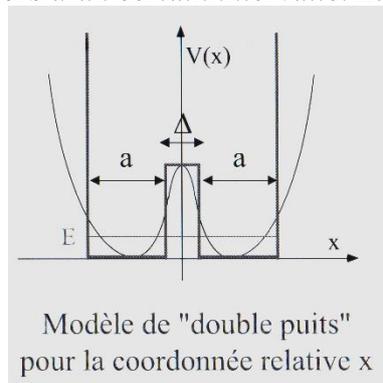
On s'intéresse dans ce problème à la molécule d'ammoniac et à la manière de séparer un jet moléculaire afin de réaliser une inversion de population (première étape dans un MASER).

La molécule d'ammoniac NH_3 se présente sous la forme d'une pyramide symétrique, l'atome d'azote étant au sommet. Les trois atomes d'hydrogène définissent le plan de référence. La position de l'atome d'azote est repérée par l'abscisse x telle que $|x|$ soit la distance entre l'atome et le plan de référence (Oyz).



On a représenté par ailleurs le potentiel ressenti par une particule fictive de masse m (masse réduite des 4 atomes).

On simplifie le potentiel en gardant ses caractéristiques essentielles ce qui mène à un potentiel constant par morceaux et infini pour $|x|$ en dehors d'un certain intervalle. La hauteur de la barrière reste V_0 .



1. Dans la limite où V_0 tend vers l'infini, quels seraient les niveaux d'énergie dans ce double puits ? Sont-ils dégénérés ? Esquisser la forme du (des) état(s) stationnaire(s) correspondant au niveau fondamental.
2. Expliquer pourquoi il est utile d'envisager des états stationnaires symétriques ou antisymétriques par rapport à $x = 0$.

On revient au cas où V_0 est fini. On note E_S et E_A le niveau fondamental et le premier niveau excité. Ils correspondent respectivement à des états stationnaires $\varphi_S(x)$ et $\varphi_A(x)$ réels respectivement pair et impair par rapport à x (on ne précise que la partie dépendant des coordonnées d'espace).

3. On montre que E_S et E_A sont petites devant V_0 et que l'on a par

$$\text{ailleurs : } E_A - E_S \approx \frac{4\pi^2 \hbar^3}{ma^3} \frac{\exp(-\Delta \sqrt{2mV_0} / \hbar)}{\sqrt{2mV_0}}.$$

Que reconnaît-on dans cette expression ? Quelle est l'influence de Δ ?

Par la suite on notera $E_A - E_S = \hbar \omega_0$ cette différence d'énergie qui, numériquement, vaut $9,85 \cdot 10^{-5} \text{ eV}$.

4. En s'inspirant de la question 1, tracer l'allure attendue de $\varphi_S(x)$ et $\varphi_A(x)$ et expliquer physiquement pourquoi l'état symétrique a nécessairement une énergie moins grande que l'état antisymétrique (on choisira arbitrairement des fonctions positives pour $x > 0$).

Dans toute la suite on fait l'approximation d'un système à deux niveaux avec ces deux états. Une autre

paire d'états de base possible serait $\varphi_D = \frac{1}{\sqrt{2}}(\varphi_S + \varphi_A)$ et $\varphi_G = \frac{1}{\sqrt{2}}(\varphi_S - \varphi_A)$.

5. Interpréter ces états physiquement. Si la molécule est préparée à $t=0$ dans l'état φ_D , quel sera son état à un instant t ? Que dire de l'évolution de la molécule ?

6. On prend comme origine des énergies $E_0 = \frac{E_A + E_S}{2}$. Expliciter la matrice de l'Hamiltonien dans la base $\{|\phi_S\rangle, |\phi_A\rangle\}$ en fonction de \hbar et ω_0 .

Du fait de la différence d'électronégativité entre l'azote et l'hydrogène il existe une répartition de charge dans la molécule. La particule fictive (très assimilable à N) porte une charge $-q$.

7. Définir l'opérateur moment dipolaire \hat{D} et préciser sa valeur moyenne de cet opérateur si la molécule est dans l'état φ_S ou dans l'état φ_A . Quelle est la forme de sa matrice dans la base $\{\varphi_S, \varphi_A\}$ (on ne cherchera pas à calculer explicitement les éléments non-nuls).

8. Si on place les molécules dans un champ électrique \mathbf{E} orienté suivant (Ox), quels sont les nouveaux niveaux d'énergie de la molécule ? Comment sont-ils influencés par le champ électrique ? (On expliquera sur la base d'un graphique)

Exemple de sujet expérimental :

1. Donner la définition d'une lentille mince.
2. Proposer 2 protocoles expérimentaux permettant de déterminer la nature d'une lentille mince. Justifier.
3. Donner la définition de la vergence d'une lentille mince.
4. Proposer 2 protocoles expérimentaux permettant de déterminer la distance focale d'une lentille mince convergente. Justifier.
5. Proposer 2 protocoles expérimentaux permettant de déterminer la distance focale d'une lentille mince divergente. Justifier.
6. Une série de mesures nous amène aux résultats suivant :

f (cm)	10,1	9,41	11,2	10,5	8,97	9,76
--------	------	------	------	------	------	------

On rappelle les coefficients de Student

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _{95%}	12,7	4,3	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26
t _{99%}	63,7	9,93	5,84	4,6	4,03	3,71	3,5	3,36	3,25

En déduire une mesure de la vergence de la lentille.