

2.2 - Épreuves écrites

2.2.C - PHYSIQUE I - Filière PSI

I) REMARQUES GENERALES

L'épreuve de Physique I PSI du concours 2002 était constituée de deux problèmes totalement indépendants, portant sur divers aspects de la Thermodynamique des transitions. Le sujet était long et comportait des parties difficiles ; toutefois, de nombreuses questions proches du cours auraient du permettre à tous les candidats d'exprimer leurs connaissances ou leurs qualités. Le barème de notation a été généreux, de façon à récompenser toute copie menant une étude rigoureuse de l'un des nombreux thèmes abordés par le sujet.

Est-ce parce que le cours de Thermodynamique est essentiellement enseigné en première année, et donc un peu oublié au moment des concours ? Les correcteurs ont en tous cas été très déçus. La moyenne des notes est cette année très basse, malgré la présence, beaucoup trop rare hélas, d'excellentes copies.

De nombreux candidats ont été sérieusement sanctionnés par le jury pour avoir cumulé :

– un manque flagrant de rigueur et de culture générale scientifique en ce qui concerne les questions de physique qualitatives ;

– une forte propension à croire que tout est permis pour obtenir le résultat d'un calcul, lorsque celui-ci figure dans l'énoncé ;

– un manque complet de rigueur dans bien des cas. L'exigence d'homogénéité manifestée par les enseignants de physique a aussi pour but d'aider les étudiants à éviter les écueils du calcul.

De telles attitudes ont déjà été stigmatisées par le passé dans ce même rapport ; les candidats ne pouvaient espérer du jury une quelconque tolérance envers de telles dérives ; ils ne doivent pas non plus l'espérer à l'avenir.

II) REMARQUES PARTICULIERES

Les remarques qui suivent, développées au fil du sujet, sont destinées aux candidats des futures sessions du concours ; le jury souhaite les voir éviter la répétition des mêmes erreurs.

II.1) Le *premier problème*, traitant des *forces et limites de l'équation d'état de van der Waals*, comportait de nombreuses questions de cours sur les bases de la Thermodynamique, suivies de leurs applications à divers aspects (thermoélastiques, calorimétriques, ou liés aux changements d'état).

Contrairement à ce qui était attendu, même les questions générales ont été mal traitées.

La question **1** n'a été correctement traitée et justifiée que par une moitié des candidats, ce qui est très décevant.

La question **2** demandait de proposer un ordre de grandeur, justifié, pour la grandeur *b*. Outre que celle-ci n'est pas sans dimension, et ne peut s'exprimer en *mètre* ni en *newton*, rappelons que donner un ordre de grandeur, c'est fournir les arguments et les valeurs numériques intermédiaires utilisées pour le calcul plutôt que d'affirmer une valeur numérique, même si le candidat l'a repérée dans les données de questions suivantes.

La question **3** a été l'occasion d'un grand nombre d'affirmations incongrues. Rappelons d'abord, comme un candidat l'a lui-même fort justement écrit, qu'au niveau moléculaire, la force gravitationnelle *ne fait pas le poids* devant la force électrostatique.

Commenter une courbe d'énergie potentielle ne se résume pas à une description artistique des montées et descentes de la courbe. Il n'est pas non plus pertinent de s'intéresser au signe d'une grandeur qui est définie à une constante additive près.

Certains candidats ont voulu s'intéresser à la nature, liée ou libre, du système de deux particules ; outre que cette discussion était de peu d'intérêt ici, et que plusieurs d'entre eux l'ont traitée en oubliant les termes centrifuges

d'énergie potentielle effective, rappelons que cette discussion porte sur la valeur de l'énergie totale E du système des deux particules, et non pas sur la valeur de l'énergie potentielle W , qui n'est pas fixée au cours du mouvement. De plus, il n'est guère vraisemblable d'obtenir des mouvements elliptiques avec une énergie potentielle $W \propto r^{-6}$.

Enfin, l'énergie potentielle n'est pas minimale à l'équi-gravité ; la prise en compte des interactions faible et forte, de la fusion nucléaire, du graviton ou du principe d'exclusion de Pauli ne sont pas nécessaires à la discussion de la courbe $W(r)$.

La question 4 a également apporté aux correcteurs son lot de surprises et de déceptions. Suggérons d'abord au futur candidat de se poser la question : l'effet de la constante a est-il une augmentation ou une diminution de la pression ?

Notons ici que l'hypothèse atomique, chère à Van der Waals (entre autres), n'est toujours pas admise par tous, tel ce candidat qui déclare que « la pression dans le gaz réel est plus forte que dans le gaz parfait, car les molécules du gaz réel se trouvent dans l'air alors que les molécules du gaz parfait se trouvent dans le vide ».

Rappelons encore que les candidats doivent se relire. Si tous l'avaient fait, le jury aurait-il pu découvrir la phase suivante : « Le terme a permet de faire varier P . Le signe de a est positif car b est précédé d'un signe -. Ainsi, quand V varie, P varie inversement, pour permettre une proportionnalité entre leurs variations, tout en gardant leurs variations contraires. »

La question 5 semblait particulièrement facile, et un candidat qui la traitait correctement s'ouvrait la possibilité de répondre à plusieurs autres questions dans la foulée. Il est difficilement compréhensible, et passablement inadmissible que seulement un tiers des candidats réussissent à traduire « point d'inflexion de pente nulle » par le système de trois équations

$$\left(P_c + \frac{a}{V_c^2} \right) (V_c - b) = RT_c, \quad \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right) = 0, \quad \left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2} \right) = 0 \text{ pour les trois inconnues } P_c, V_c, T_c.$$

Quant à l'analyse demandée au sujet des coordonnées du point critique de l'Hélium, le jury a pu lire avec étonnement que « van der Waals a sans doute négligé a et b dans l'équation de van der Waals », mais aussi que « l'Hélium est dans la colonne des gaz parfaits ».

Les questions 6 à 12 n'ont fait l'objet que de réponses fragmentaires. Un nouveau commentaire de courbes demandé par l'énoncé réveillait le sens artistique, à défaut du sens physique, de certains. Le mystérieux point critique n'est pas un point triple, et le fluide hypercritique n'est pas un plasma. On ne peut pas fixer la température d'un système en le maintenant dans une enceinte adiabatique. Lorsque l'énoncé suggère une méthode optique de détermination du point triple, il ne demande pas au candidat de décrire n'importe quel montage d'optique sans rapport avec la question (déviation minimale par un prisme observée au goniomètre ; diffraction par une fente fine ; polarisation rotatoire).

Les questions 13 à 18 portaient sur l'énergie interne du gaz de van der Waals. Établir son expression à partir des deux principes de la Thermodynamique n'est certes pas chose facile, mais le jury a beaucoup plus apprécié *y compris au niveau du barème* les efforts inachevés des candidats honnêtes que les manipulations de ceux qui confondent dérivée totale et dérivée partielle, ou modifient leurs notations par exemple à l'occasion d'un changement de page sur la copie, pour arriver coûte que coûte à l'expression demandée.

Une intégrale portant sur la variable V (volume) n'est pas forcément une intégrale triple. De plus, on ne peut en donner la valeur que si on précise les bornes d'intégration. Signalons ici les nombreux candidats qui « démontrent » que pour un gaz parfait, $U = 0$, et en semblent contents.

Le jury suggère que chaque candidat se demande si une détente de Joule, Gay-Lussac est définie par le procédé opératoire, par la valeur de ΔU ou par la valeur de ΔT ; et qu'il s'interroge sur ce qui change dans les propriétés de cette détente si le gaz utilisé n'est plus modélisé comme parfait.

Les dernières questions du premier problème (19 et au-delà) n'ont guère été abordées avec succès ; certaines (20, 21, 23) n'exigeaient pourtant strictement aucun calcul, ni l'utilisation d'aucun résultat préalable.

II.2) Le *deuxième problème* visait en particulier à juger l'aptitude des candidats à réagir dans un environnement nouveau, devant un formalisme inconnu a priori. L'impression des correcteurs est ici plus nuancée ; certains candidats ont fait un effort manifeste d'adaptation, et ont été récompensés.

Les candidats s'aventuraient ici pour la plupart en terrain inconnu. Pourtant, on pouvait raisonnablement exiger d'eux quelques réflexes. Ainsi, les nombres d'atomes sur un site donné (comme N_A^α), les nombres de liaisons (comme N_{AA}), l'énergie U et l'entropie S du cristal sont des grandeurs *extensives* ; on ne peut donc se contenter d'expressions variant comme N^2 , ou comme $N \ln N$.

Enfin, lorsque une question (27 par exemple) propose un résultat, il est *légitime* de se servir du résultat proposé pour orienter sa réflexion, mais *insuffisant* de recopier le résultat attendu précédé d'un laconique « on a évidemment.. ».

III) CONSEILS AUX CANDIDATS

Pour terminer, le jury invite les étudiants qui souhaitent réussir le concours commun dans les années à venir :

- à réviser la totalité du cours, tant de première que de seconde année ;
- lors de ces révisions, à privilégier la compréhension physique des notions fondamentales et des objets mathématiques manipulés, au lieu d'une répétition mécanique de calculs mal compris ;
- à faire preuve d'honnêteté intellectuelle, sans chercher à éblouir le jury par des tours de passe-passe ;
- à faire preuve de rigueur et à savoir relire sa propre copie d'un œil critique.