

I) REMARQUES GENERALES

« INTERACTIONS MICROSCOPIQUES »

L'épreuve portait sur l'étude des interactions microscopiques de Van der Waals dans les gaz et les liquides. Elle est divisée en trois parties indépendantes et appliquée notamment à la polarisabilité des gaz, à la cohésion des liquides, à leur miscibilité et aux tensions de surface. Pour ce faire, le sujet aborde différents domaines du programme de première et deuxième années (thermodynamique, électrostatique, mécanique, cristallographie). Il propose une démarche de difficulté progressive, mêlant tour à tour des questions de cours, l'élaboration de modèles simples suivis de calculs applicatifs et des discussions argumentées des ordres de grandeur.

Cette épreuve a permis d'opérer une distinction claire entre les candidats qui ont su faire preuve de rigueur dans la modélisation ainsi que d'esprit critique au vu de ses résultats et les candidats qui ont parfois enchaîné des calculs sans tenir compte de ce qui les précédait, ni des attendus de la modélisation des interactions microscopiques dans les gaz et les liquides. De façon générale, le barème tenait autant compte de résultats calculatoires que de leur discussion argumentée. Cela n'a pas été compris par la majorité des candidats qui se sont souvent contentés de donner des réponses sans justification ni critique du modèle, parfois même sans application numérique à discuter, ce qui limite singulièrement les chances de réussite à l'épreuve. Le jury tient cependant à féliciter un certain nombre d'excellentes copies, qui ont su expliciter avec soin leur démarche et tirer grand profit d'une comparaison argumentée des nombreux ordres de grandeurs abordés par ce problème.

Les défauts les plus récurrents rencontrés dans les copies restent ceux déjà énoncés dans les rapports précédents. Cela incite à penser que les candidats qui décident de suivre ces conseils peuvent faire la différence avec les autres et tirer grand profit de la lecture attentive des rapports des épreuves de Physique. Le jury rappelle ainsi que la présentation de chaque réponse doit être d'une grande clarté (grands schémas annotés, hypothèses et théorèmes énoncés, résultats encadrés) et que les fautes d'orthographe ou de syntaxe altèrent la compréhension et orientent défavorablement la lecture de la copie. Il est aussi rappelé que près de la moitié du barème porte sur le commentaire argumenté des résultats ou sur les questions dites « qualitatives » qui sont toujours les plus difficiles. En effet, l'enjeu dans ces questions est de démontrer que le candidat connaît en profondeur les hypothèses de la démarche entreprise et qu'il est capable d'en tirer des conséquences chiffrées et des conclusions cohérentes avec le reste de l'épreuve. Il est parfois intéressant de mettre à jour une contradiction, qui permettra de critiquer le modèle employé, ou au contraire de valider telle ou telle étape du raisonnement.

II) REMARQUES PARTICULIERES

1- Étude microscopique

Question 1 : La densité particulaire a souvent été confondue avec la densité molaire. La distance intermoléculaire a rarement pu être déterminée par le calcul et les valeurs numériques fournies ont été souvent extravagantes.

Question 2 : Les hypothèses du modèle du gaz parfait sont souvent méconnues, étant soit incomplètes, soit couplées à des considérations hors-sujet. Un certain nombre de candidats voit le volume d'un tel gaz augmenter lorsqu'il est refroidi à pression constante, ce qui amorçait la correction avec quelques inquiétudes sur le sens physique des candidats.

Question 3 : Si l'étude des symétries et des invariances était généralement bien traitée, l'application du théorème de Gauss fut souvent inopérante, de nombreux candidats se contentant visiblement de

réciter un résultat mal compris du cours.

Question 4 : La plupart des candidats n'a pas su relier la dynamique de l'électron élastiquement lié à une fréquence, soit par mauvaise application du théorème de Gauss, soit en ne cherchant pas à établir une équation différentielle harmonique. Les applications numériques sur la longueur d'onde ont parfois donné lieu à une exploration chaotique du spectre électromagnétique, en termes de chiffrage et d'appellation du domaine considéré. Cette question était l'occasion d'une première discussion du modèle, l'électron ne rayonnant pas dans le domaine ultra-violet en réalité, mais cela n'a que très rarement été relevé par les candidats.

Question 5 : La notion d'équilibre mécanique n'a pas toujours été traduite convenablement en termes de forces, menant à une impasse ou à une expression de la polarisabilité dépendant de la charge de l'électron et parfois inversement proportionnelle au volume de l'atome.

Question 6 : Cette question était l'occasion d'une nouvelle discussion du modèle, si le candidat savait expliquer que le rayon du nuage électronique diminuait avec Z dans une période donnée, mais augmentait dans une même famille d'éléments. Ainsi le rôle du numéro atomique n'était pas le même pour les deux comparaisons considérées. Les candidats qui se sont appuyés sur leur culture scientifique en chimie ont généralement mieux discuté cette question qualitative.

2- Interactions intermoléculaires

Question 7 : La prise en compte du sens physique des signes dans les calculs a souvent été omise, alors qu'elle permettait justement de distinguer les cas extrêmes sur lesquels portait la question. Les schémas demandés étaient souvent incohérents avec les calculs susdits, ce qui donnait moins de poids à un résultat numérique opportunément valable.

Question 8 : L'écart entre l'énergie d'agitation thermique et les énergies de liaison électrostatique a été majoritairement mal traduit par les candidats, en termes d'accessibilité des états d'équilibre.

Question 9 : L'expression statistique d'une moyenne est généralement mal connue. Les calculs ont souvent été menés maladroitement, confondant parfois le cosinus et le cosinus hyperbolique. L'application numérique devait logiquement donner une valeur moyenne comprise entre les deux valeurs extrêmes, ce qui fut généralement mal compris des candidats, qui ont souvent confondu les rôles du signe et de l'ordre de grandeur des énergies.

Question 10 : La valeur de la distance entre molécules a rarement été comparée au résultat de la question 1. Le résultat de l'application numérique a souvent été beaucoup plus faible que ce qui était attendu avec la formule pourtant fournie.

Question 11 : Question généralement bien réussie, même si certains candidats n'ont pas reconnu la marque de la physique quantique derrière la constante de Planck.

Question 12 : La comparaison des trois énergies d'interaction a été rarement bien traitée, suite à des applications numériques incohérentes dans les questions précédentes. Les candidats ont parfois décidé sans raison valable de négliger l'interaction entre dipôles instantanés devant l'interaction dipôle permanent-dipôle induit.

Question 13 : Le calcul le plus simple du nombre de particules à considérer, consistant à prendre une couche d'épaisseur dr et de surface $4\pi r^2$, a rarement été explicité. Le calcul de l'énergie a parfois été l'occasion de tentatives de truandage manifeste. La bonne méthode consistait à intégrer l'énergie élémentaire, car l'intégration du produit « force \cdot dN » était bien sûr inhomogène.

Question 14 : Le facteur $1/2$ évitant le double comptage des couples a souvent été omis et le rôle de la constante χ a été en général mal compris des candidats. La discussion sur le passage aux molécules polyatomiques a été trop peu discutée.

3- Étude des liquides

Question 15 : Le calcul de compacité a été généralement réussi. Celui sur la distance entre deux molécules dans un liquide beaucoup moins, certains candidats n'hésitant pas à utiliser ici la densité

d'un gaz évaluée en question 1.

Question 16 : Question généralement bien traitée, quand on évitait le double comptage par un facteur $1/2$, tout en considérant que chaque molécule présentait 6 contacts directs.

Question 17 : Cette question était l'occasion de discuter de nombreuses hypothèses (comparaison de volumes, calcul de l'enthalpie, comparaison de l'énergie de liaison et de l'agitation thermique, cohérence vis-à-vis de la cohésion des liquides), ce qui fut rarement traité en détails.

Question 18 : La mise en place d'une méthode de dénombrement a ici permis de trier les candidats inventifs et rigoureux. Il fallait notamment s'assurer que le nombre de couples était le même avec et sans mélange, en négligeant les effets de bord. L'équivalence entre ΔH et ΔU a rarement été pleinement justifiée (isobare à volume additifs).

Question 19 : Question de cours souvent survolée, qui a sans doute pâti de l'absence d'application concrète pour stimuler l'esprit critique des candidats.

Question 20 : Question étonnamment mal comprise des candidats, sans doute par manque de recul.

Question 21 : Un dénombrement clair (cf question 18) a permis aux rares candidats arrivés à ce niveau de l'épreuve de répondre à cette question qui aurait mérité une application concrète.

Question 22 : Question de cours souvent bâclée, mais payante pour les candidats très rigoureux.

Question 23 : Le résultat intuitif souvent parachuté a trop rarement été appuyé par une discussion des signes tirés de la question précédente, alors qu'elle permettait de démontrer ce résultat.

III) Conseils aux candidats

Les meilleures copies font la différence avec les autres en respectant les conseils suivants :

- La lisibilité d'une copie (*écriture aérée, schémas et graphes annotés, syntaxe correcte et orthographe rigoureuse*) donne le ton d'une copie, faisant montre d'une *pensée claire*.
- La *lecture complète de l'énoncé* est une occasion à ne pas manquer pour s'imprégner de l'approche proposée par le sujet, repérer les éléments de réponses des premières questions distillés plus loin dans l'énoncé et annoter les questions jugées accessibles qui seront reprises en priorité en cas de manque de temps pour tout faire.
- Tout résultat littéral doit être soumis à une *analyse dimensionnelle* de la part du candidat, qui évitera ainsi de perdre les points précieux des applications numériques.
- Les copies qui négligent les *applications numériques* se privent ainsi d'une grande partie de la discussion et ont par conséquent beaucoup de difficultés à obtenir une note correcte.
- Les résultats chiffrés doivent être donnés avec un nombre de *chiffres significatifs* cohérent (un résultat plus précis que les données de l'énoncé est pour le moins aventureux).
- La *discussion des résultats*, notamment numériques, est le fil conducteur de toute épreuve de Physique, même lorsqu'elle n'est pas explicitement demandée. Elle permet de valider ou non les hypothèses du modèle utilisé à chaque question, de façon à comprendre l'organisation de l'énoncé. Il est encore une fois rappelé qu'une réponse du type « ce résultat est plutôt petit » n'a aucun sens, si le candidat ne compare pas cette valeur à une autre valeur liée au problème et exprimée dans la même unité.
- Enfin, les *tentatives malhonnêtes* pour retrouver à toute force un résultat donné par l'énoncé sont fort mal considérées. Il est conseillé de notifier l'écart entre les calculs obtenus et la suggestion de l'énoncé, pour proposer une discussion qui pourrait justement mettre en valeur les arguments et l'esprit critique du candidat.