10 Rapport relatif au problème de physique

L'épreuve du problème est l'occasion de tester la capacité des candidats à mobiliser leurs connaissances en physique générale sur un sujet de recherche actuel. Cette année le problème portait sur différents aspects théoriques et expérimentaux des interactions d'origine dipolaire auxquels contribuèrent quelques uns des grands noms de la physique moderne (Debye, London, Casimir, ...). Ponctué de repères "historiques", l'énoncé abordé dans l'ordre devait permettre de saisir la logique du développement d'une idée scientifique sur près d'un siècle, de la thèse de doctorat de Van der Waals (1873) jusqu'à celle d'Israelachvili (1971). La structure du problème ménageait néanmoins des entrées de secours permettant en particulier d'aborder la partie III, plus originale et tournée vers l'expérience, de façon largement indépendante des deux premières, plus classiques et "proches du cours".

Le large spectre des connaissances (légitimement) requises dans ce problème – en mécanique, thermodynamique classique et statistique, électromagnétisme et optique – associé au nombre restreint de difficultés techniques ont permis de classer efficacement l'ensemble des candidats. Il est à noter que plusieurs copies ayant obtenu la note maximale sont d'une qualité exceptionnelle.

Aucune partie du problème n'a été plus particulièrement mal traitée qu'une autre, à l'exception de l'analyse des données expérimentales (III.3 et III.4).

Un certain nombre de remarques générales seront sans doute utiles aux futurs candidats et à leurs enseignants préparateurs.

– Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et, autant que faire se peut, l'ordre des questions lorsque celui-ci suggère une logique de démonstration ; un certain nombre de points sont nécessairement affectés aux étapes intermédiaires et ne peuvent être reportés sur le résultat final, serait-il exact, si celles-là font défaut.

– Dans les réponses à des questions qualitatives les correcteurs attendent des candidats qu'il fassent preuve de *bon sens physique*, condition nécessaire et souvent suffisante à l'obtention des points.

– Les applications numériques sont valorisées. Pour être acceptables elles doivent comporter une *unité* ainsi qu'un nombre raisonnable de *chiffres significatifs*, compatible avec la précision des données numériques de l'énoncé.

– Lorsque, comme ici, l'énoncé propose l'analyse de graphes expérimentaux comme aboutissement naturel d'un développement "théorique", une telle démarche, intellectuellement gratifiante mais demandant une certaine concentration, est créditée en conséquence. Malheureusement, de nombreux candidats ayant pourtant en main tous les outils nécessaires à cette analyse, préfèrent passer à d'autres questions. Il n'est pas évident qu'il s'agisse d'un bon calcul.

Quelques remarques particulières :

II.2. Il y eut souvent confusion entre la force exercée de façon quasi-statique par un opérateur et la force d'interaction : elles sont opposées mais en thermodynamique tout n'est-il pas dans le signe ? Il était essentiel que celui-ci fût correct.

II.3.a. Le facteur 1/2 dans l'énergie potentielle, pourtant familier dans des systèmes où la grandeur extensive dépend linéairement de la grandeur intensive associée (*cf.* le ressort hookéen), n'a que rarement été identifié comme provenant de l'induction du dipôle par le champ électrique.

II.4.a,b. Le signe de μ_j était généralement faux ; celui de $f_{e|}$ également. Au résultat la relation $f_{e|} = - \kappa \cdot d$ était exacte par compensation de deux erreurs ! Correctement identifiée comme une relation de rappel élastique, elle a été créditée malgré tout.

II.6. Il s'agissait peut-être là du passage le plus original du problème. Le calcul et la mesure des forces de Casimir à relativement longue portée entre des corps séparés par du vide est un sujet actif de la recherche contemporaine. La théorie est malheureusement hors de portée des candidats à l'agrégation. L'énoncé proposait néanmoins au II.6.d. une approche du type "loi d'échelle" de la formule asymptotique de Casimir & Polder. Malgré sa simplicité, cette approche puissante a sans doute dérouté les candidats qui l'on boudée à une écrasante majorité. Elle mériterait plus d'attention lors d'une seconde lecture.

III.1. Cette partie essentiellement calculatoire – mais utile pour la suite – n'a cependant été ni négligée, ni maltraitée, ce qui est une bonne surprise.

III.2. Cette partie de mécanique d'un système à un degré de liberté a joué un rôle discriminant. Trop de candidats à l'agrégation ne savent pas écrire correctement l'équation de la dynamique d'un tel système ; ils se sont ainsi privés de nombreux points.

III.5.e. L'allure des franges en sortie de spectroscopie n'a été décrite correctement que de façon marginale ; en revanche de nombreux candidats ont à juste titre fait le rapprochement avec un spectre cannelé, ce qui leur a été compté.

III.6. La relation inversée entre ε_r et n telle qu'elle était écrite dans l'énoncé n'a pas gêné les candidats. Certains ont même relevé cette inversion dans leur copie.