
Épreuve écrite de physique

ENS : Paris - Lyon - Cachan
Coefficients : Paris : 2 (option biologie) ; 3 (option géologie)
Lyon : 4 (option biologie) ; 5 (option géologie)
Cachan : 4
Jury : M. Berhanu, I. Bonnet, M. Castelnovo, B. Laforge, V. Langlois, X. Michaut,
Ch. Winisdoerffer

I Description du sujet

Le sujet proposé concernait le phénomène météorologique bien connu de l'arc-en-ciel. Il était constitué de deux problèmes totalement indépendants, le premier abordant les aspects optiques du phénomène et le second la formation et la croissance des gouttes d'eau nécessaires à son apparition. Chacun de ces deux problèmes était subdivisé en deux parties : les aspects optiques étaient dans un premier temps étudiés dans le cadre de l'optique géométrique ("Théorie de Descartes"), puis une approche ondulatoire était développée ("Théorie de Young"), et permettait en particulier de donner une justification à l'apparition des arcs dits surnuméraires observables dans certaines conditions. L'aspect ondulatoire était difficilement abordable sans avoir traité convenablement et compris la partie d'optique géométrique qui précédait. Le second problème quant à lui était constitué de deux parties indépendantes, l'une abordant l'aspect thermodynamique de la formation d'une goutte d'eau, et l'autre proposant un modèle de croissance cinématique d'une gouttelette.

Loin de couvrir l'ensemble du programme de physique de BCPST, ce sujet présentait néanmoins la vertu de tester la qualité des connaissances des candidats sur trois thèmes importants, l'optique, la thermodynamique et la mécanique du point.

II Traitement du sujet par les candidats

Il est entendu que les correcteurs n'espéraient pas un traitement exhaustif du sujet compte tenu de sa longueur. Néanmoins, il était attendu que les candidats fournissent un effort soutenu sur plusieurs parties du sujet, et ne se contentent pas de grapiller deci delà quelques points.

La partie d'optique géométrique, probablement la plus classique, a été abordée par la plupart des candidats, avec plus ou moins de succès. Les premières questions, qui permettaient aux candidats de "se mettre en jambes", ont malgré tout montré que nombreux sont ceux qui connaissent insuffisamment les définitions des concepts qu'ils sont amenés à utiliser. Ainsi, très peu de candidats ont pu par exemple définir correctement ce qu'est un rayon lumineux, qui pourtant constitue le concept fondamental de l'optique géométrique ! De même, lorsqu'il s'agit de proposer une expérience mettant en évidence le phénomène de dispersion, on s'aperçoit rapidement qu'il existe une confusion coupable dans l'esprit de nombreux candidats entre dispersion, diffraction et interférences. La détermination des caractéristiques de l'arc-en-ciel secondaire, qui s'effectuait en reprenant de manière quasi-directe le raisonnement précédent, n'a été que très rarement abordée. Cela laisse à penser que peu de candidats ont pris le temps de

se demander pourquoi telle ou telle question était posée avant de se lancer dans le calcul correspondant. Il serait bienvenu que les candidats aient conscience que prendre un peu de recul n'est en rien une perte de temps mais apporte très souvent de précieuses informations.

La partie d'optique ondulatoire a été malheureusement très rarement traitée de façon satisfaisante. Il semble que pour la majorité des candidats, l'optique ondulatoire se résume au calcul de l'égalité de chemin optique dans l'expérience des trous d'Young. Les dernières questions, qui étaient exclusivement qualitatives mais permettaient de tester le sens physique des candidats n'ont jamais obtenu de réponses correctes.

La première partie du second problème ("Formation des gouttes de pluie") a montré les lacunes de nombreux candidats en thermodynamique. En accord avec le programme, rien n'était supposé être connu quant à l'existence du potentiel thermodynamique G^* ; toutes les étapes permettant de le construire étaient par conséquent détaillées. Cela a permis de tester la solidité des connaissances des candidats quant aux concepts de thermodynamique plutôt que leur aisance calculatoire. Il est malheureusement triste de constater qu'il semble plus facile aux candidats de résoudre un problème de type "piston" que de donner des définitions correctes en thermodynamique et de sortir par exemple de la confusion entre potentiel thermodynamique G^* et enthalpie libre de Gibbs G . À ce propos, le jury tient à souligner que présenter l'enthalpie libre de Gibbs G comme une fonction de P et T (et non de P, T et N) mène à des paradoxes quant au caractère extensif de G et à des difficultés insurmontables pour la plupart des candidats de faire le lien entre la thermodynamique "du cours de physique" et la thermodynamique "du cours de chimie" où le concept de potentiel chimique est introduit.

Enfin, la dernière partie, de cinématique du point, a mis en évidence qu'il est préférable de retenir que "la variation de la quantité de mouvement par unité de temps est égale à la résultante des forces dans un référentiel galiléen" plutôt que "somme des forces égale $m a$ "... À nouveau, un candidat qui aurait pris un peu de recul se serait aisément aperçu que toutes les questions qui étaient posées dans cette partie n'avaient aucun intérêt si la variation de la masse de la gouttelette était oubliée.

Enfin, de manière très générale, le jury regrette un manque de rigueur sur des aspects mathématiques relativement élémentaires. En particulier, dans un développement limité, supposer $\varepsilon \ll 1$ n'est pas synonyme de $\varepsilon = 0$. Et comme chaque année, force est de constater que plus grand monde ne sait donner les surfaces et volumes de figures géométriques élémentaires, en l'occurrence la sphère / boule dans ce problème.