

10. Rapport relatif au problème de physique

L'objectif de ce problème est de faire découvrir un certain nombre d'aspects de la physique des plasmas qui existent dans le Système Solaire et qui sont ici étudiés d'un point de vue physique et d'un point de vue astrophysique.

La physique des plasmas est généralement mal connue. L'essentiel des éléments nécessaires est donc donné dans l'énoncé pour permettre aux candidats d'aborder la propagation des ondes dans ces milieux et les bases de la magnéto-hydrodynamique. Les questions cherchent à s'appuyer au maximum sur les connaissances de physique de base (électromagnétisme, hydrodynamique, ...). De nombreuses applications sont proposées pour montrer des exemples concrets de ces phénomènes dans l'environnement spatial proche de la Terre et illustrées par de nombreuses applications numériques dont le but est d'obliger les candidats à prendre la mesure réelle du problème étudié.

Le sixième des points environ est attribué aux questions portant sur ces applications numériques et leur interprétation. Le jury regrette que beaucoup de copies ne comportent aucune réponse à ces questions qui sont autant de jalons pour fixer les idées sur les questions théoriques et qui permettent de vraiment comprendre le phénomène. Ceci est d'autant plus regrettable que les programmes actuels d'enseignement de la physique mettent fortement l'accent sur l'importance des ordres de grandeur.

Trop peu de candidats sont parvenus à une bonne compréhension du problème. Néanmoins, le jury note avec plaisir l'existence de plusieurs bonnes voire excellentes copies dans lesquelles une des deux parties au moins est bien comprise.

Remarques générales

Un certain nombre de remarques ont été faites dans le rapport de l'année dernière sur la manière de traiter le problème et de présenter les copies. Certaines de ces remarques ont été prises en compte. Peu de copies sont illisibles, mal présentées. Davantage de candidats ont l'honnêteté d'annoncer qu'ils admettent les résultats qu'ils ne savent pas démontrer.

On peut quand même regretter un certain nombre d'insuffisances de la part de candidats à un concours de recrutement d'enseignants dont on attend un comportement « exemplaire », au sens strict du terme. Ces insuffisances, parfois inquiétantes, portent sur plusieurs points : la forme, la maîtrise des outils mathématiques et les connaissances de physique de base.

Sur la forme, on peut s'inquiéter de l'absence de rigueur dans la présentation (grammaire incohérente, ...), de l'absence d'ordre dans les réponses aux questions ou de l'incohérence des réponses d'une question à l'autre. La capacité à prendre du recul et à faire la critique de ce qu'on écrit est une qualité nécessaire pour exercer le métier d'enseignant. L'honnêteté et la rigueur imposent de justifier les réponses données (Que penser de la réponse « *L'onde est polarisée rectilignement* » donnée sans aucune explication ni justification ?).

En ce qui concerne la maîtrise des outils mathématiques, même les plus simples, nécessaires à la résolution des problèmes de physique, on constate de graves lacunes. Trop peu de candidats sont capables de mener à bien une application numérique, avec un ordre de grandeur correct, un nombre

de chiffres significatifs raisonnable et une unité adéquate. Beaucoup comparent des vecteurs entre eux sans en prendre la norme. On peut s'inquiéter de ce que très peu de candidats soient capables de tracer des courbes dont l'étude est menée de manière détaillée dans l'énoncé (une question pour trouver les valeurs à l'origine, une question pour trouver les comportements asymptotiques et enfin une pour effectuer le tracé....). La linéarisation, qui est une méthode très utilisée en physique, est très souvent mal maîtrisée.

Enfin on observe des lacunes significatives dans la physique de base, lacunes surprenantes à ce niveau. Les équations de Maxwell dans le vide ne sont pas toujours écrites correctement (il s'en faut d'assez loin). Un certain nombre de confusions sont assez fréquentes : potentiel vecteur et potentiel scalaire, courant de déplacement et courant dû aux porteurs de charge, ... Des résultats complètement incohérents sont laissés dans les copies sans commentaire : conductivité négative, rapport de fréquence négatif.

Il s'avère que la manipulation des opérateurs vectoriels est loin d'être maîtrisée. Les formules utiles sont pourtant toutes données dans l'énoncé, mais elles ne sont pas utilisées par tous les candidats ! Enfin le tracé des lignes d'un champ donné par son expression analytique nécessite une méthodologie rarement maîtrisée.

Remarques sur la première partie du problème

En ce qui concerne l'introduction, l'équation locale de conservation de la quantité de matière illustre la conservation d'une grandeur extensive, la quantité de matière, même si elle fait intervenir des grandeurs intensives (et tout particulièrement le nombre de particules par unité de volume). On constate souvent une confusion à ce niveau.

Emission des ondes radio

Le mécanisme d'émission étant trop compliqué à étudier, on se contente de calculer les ordres de grandeur des fréquences des ondes émises à une altitude donnée dans un champ magnétique dipolaire. Tous les candidats sont loin de maîtriser la notion de champ créé par un dipôle magnétique (certains appliquent les formules du dipôle oscillant...). Mais, dans l'ensemble, cette première partie est plutôt bien traitée.

Propagation des modes électroniques

Le calcul demandé est relativement classique dans la physique des ondes : on cherche les solutions d'un système d'équations différentielles sous forme de petites perturbations monochromatiques. Un nombre significatif d'étudiants parvient à établir le système ; peu le résolvent. La solution étant donnée dans l'énoncé, l'étude des modes aurait pu être menée à bien, mais peu de candidats s'y risquent, ce qui limite l'interprétation des données expérimentales qui suivent.

Cette partie d'analyse de données débute par des calculs d'ordre de grandeur des fréquences caractéristiques du milieu. C'est un des exemples où l'incapacité de la plupart des candidats à calculer correctement des ordres de grandeur rend les questions suivantes inaccessibles. Le calcul de la fréquence plasma et de la gyrofréquence électronique aux deux instants donnés montre clairement que la ligne rouge tracée sur le spectrogramme n'est pas autre chose que le tracé de la gyrofréquence le long de l'orbite du satellite.

Propagation dans le vent solaire

La première question consiste à montrer que, dans un vent à symétrie sphérique dont la vitesse est constante, la densité décroît en $1/r^2$. L'équation et les opérateurs vectoriels étant donnés en introduction, cette démonstration ne doit pas présenter la moindre difficulté. Les résultats obtenus sont pourtant très divers, allant de l'exponentielle décroissante à la croissance en r^2 ... sans que des commentaires de bon sens ne soient ajoutés.

Observations par les radiotélescopes au sol

Cette partie ne fait que peu appel aux résultats précédents et peut être traitée avec un peu de bon sens et de culture. On peut s'étonner du petit nombre de candidats qui interprètent réellement les courbes fournies ou qui ont une idée du rôle que joue l'ionosphère sur la propagation des ondes radio.

Remarques sur la deuxième partie du problème

Le cadre général de la magnéto-hydrodynamique (MHD)

Les deux premières parties visent à fixer le cadre général de la MHD. Elles sont globalement plutôt bien traitées, hormis la question plus délicate sur le plan des calculs qui montre l'anisotropie des conductivités.

Applications de la MHD

La manipulation des nombres sans dimension comme le nombre de Reynolds magnétique est assez bien connue, même si leur utilisation n'est pas toujours comprise : pour reproduire un phénomène dans des conditions de dynamique comparable, il faut que l'expérience modèle ait le même nombre de Reynolds magnétique que le problème qu'elle décrit. Peu de candidats identifient le rôle des différents termes de l'équation d'évolution du champ magnétique (convection et diffusion). La plupart savent résoudre l'équation de diffusion (sans lui donner ce nom) mais interprètent l'exponentielle décroissante de manière parfois surprenante (onde stationnaire, onde progressive...).

La partie suivante a pour but d'établir les propriétés principales de l'onde de Alfvén, l'un des trois modes de propagation des ondes MHD. Peu de candidats vont au bout de la résolution et cherchent à interpréter les données. Notons que l'échelle caractéristique du plasma à laquelle il faut comparer la fréquence des signaux est la gyrofréquence des ions et non la durée d'acquisition du signal. La gyrofréquence est calculable à partir de la valeur du champ magnétique lui-même.

La partie sur la force magnétique donne lieu à des calculs théoriques souvent corrects mais à des applications très surprenantes quand il s'agit de tracer des lignes de champ. Certains candidats (rares) font un calcul juste ; mais pratiquement aucun ne parvient à un tracé correct (les droites deviennent des cercles, les hyperboles des ellipses...). Le tracé est même absent dans la plupart des cas !

Les limites de la MHD idéale.

Peu de candidats mènent à bien le calcul qui montre que le champ magnétique est gelé dans le plasma tant que la loi d'Ohm de la MHD idéale est valable. Mais quelques-uns se risquent avec succès à faire les dessins qui expliquent l'éjection de masse coronale.

On peut regretter que, surtout dans cette partie, les candidats essayent de grappiller des points par ci par là, sans lire attentivement les énoncés des questions. Du coup, ils omettent des hypothèses ou posent le calcul de manière plus compliquée que ce qui est demandé.

Conclusion

Le problème a permis de mettre en évidence des candidats qui ont une réelle culture et une bonne maîtrise de la physique et de ses outils et qui ont assez largement traité le sujet.

On peut regretter à l'autre extrême que d'autres se présentent sans préparation suffisante, ou se laissent désarmer totalement à la lecture d'un sujet nouveau et inconnu, sans même tenter de comprendre.

Les auteurs font un effort pour bien cadrer les questions posées, en donnant les précisions utiles pour que les candidats ne se perdent pas dans les calculs. Mais, trop souvent, le sujet n'est pas lu avec suffisamment d'attention. Il faut prendre le temps de réfléchir avant de répondre.

On rappelle qu'on attend des candidats à un concours de recrutement qu'ils prennent du recul par rapport aux questions posées, et de manière générale face aux difficultés rencontrées,. Il faut également qu'ils soient capables de critique vis-à-vis de leur propre travail (Trop souvent, une « erreur d'énoncé » est évoquée pour justifier un calcul manifestement faux).