

TP1 : petites ondes

- On perturbe la vitesse initiale. Pourrait-on perturber une autre grandeur ?

→ oui si c'est une grandeur qui intervient dans la polarisation de l'onde ; la densité pour un mode compressionnel...

- L'amplitude de la perturbation joue-t-elle un rôle ?

→ non si elle est suffisamment faible, ie si l'on peut faire l'approximation d'un mode linéaire ; mais si on n'est plus linéaire, l'amplitude devient importante, car par exemple elle va intervenir dans le bilan d'énergie.

- Pourquoi cela entraîne une perturbation de densité ?

→ parce que la polarisation d'une onde sonore porte sur la densité, la vitesse (longitudinale), la pression et la température (si l'évolution est adiabatique).

- Pourquoi obtient-on 2 composantes de δv (1 vers la droite, l'autre vers la gauche) ?

→ on injecte de l'énergie qui ne correspond pas à 1 mode propre. On donne donc à manger à tout les modes... ces deux modes gardent une certaine cohérence au cours du temps car ils ne sont pas dispersifs.

- Qu'est-ce qu'une onde mécanique ?

→ la force de rappel est mécanique. L'onde a besoin de cette force et de l'inertie du milieu. Ces 2 grandeurs apparaissent forcément dans la vitesse de phase (température et masse pour une onde sonore).

- En hybride, pourquoi doit-on considérer le mode acoustique-ionique et pas le mode sonore ?

→ l'inertie est celle des ions (les électrons ont une masse nulle) mais la force de rappel est associée aux ions et aux électrons. La force de rappel est essentiellement due au gradient de pression des électrons et donc à leur température (celle due aux ions est souvent beaucoup plus petite). Pour une pression polytropique, c'est un gradient, donc le champ électrique associé est électrostatique (ie dont le rotationnel est nul).

- Pourquoi ce mode est-il amorti ?

→ Pour être dissipatif, il faut des collisions ou des effets de températures. L'amortissement Landau est un exemple du au effets de température. Dans les effets de température, on peut aussi citer les anisotropies (eg modes miroir, firehose...)

- Que se passe-t'il à $\beta_e \ll 1$?

→ Le champ électrostatique est beaucoup plus faible (T_e petit, donc ∇P_e petit, donc champ électrique associé petit) : la force de rappel est aussi petite. La vitesse de phase du mode se réduit donc avec β_e car cette vitesse augmente avec la force de rappel, et diminue avec l'inertie du milieu.

- Pourquoi le champ électrique est dominé par les effets de température ?

→ c'est le terme dominant dans le cas non-magnétisé car alors les autres termes de la loi d'Ohm sont d'ordre 2 :

- Pourquoi y a-t'il une seule onde sonore en fluide compréssible et 3 modes en MHD ?

→ en fluide neutre, on a 3 inconnues (n, V, p) et 3 équations scalaires associées. Il y a donc 3 modes (ie 3 modes propres), $+c_s$, $-c_s$ et le mode entropique ($\omega = 0$). En MHD, il y a 7 inconnues ($n, p, u_x, u_y, u_z, b_y, b_z$) pour 7 équations avec les 3 modes alfvén, magnéto-sonore lent et magnéto-sonore rapide dans les 2 directions, plus le mode entropique (non propagatif).

TP2 : Fortes perturbations

Les 2 pics de vitesse (de signe opposés) tendent à ramener la matière au centre de la boîte. La densité doit donc y augmenter. Mais le gradient de pression induit un champ électrique qui repousse les particules et s'oppose à ce raidissement. En diminuant β , on enlève au plasma la possibilité de se défendre, d'où 1 pic de densité plus aigue.

La viscosité permet de faire fondre les gradients de vitesse... elle en limite donc le développement.

MHD

- Comment calculer le temps de retournement t_r ?

→ il est donné par l'analyse dimensionnelle entre le terme de dérivée temporelle et le terme d'advection, soit $t_r = L/U$

- Comment calculer le temps diffusif t_d ?

→ idem avec le terme de dérivée temporelle et le terme de viscosité, soit $t_d = nmL^2/\eta$

HYBRID

- Quelle est l'origine de la suppression entre les phases 1 et 2 du « Z » ?

→ le ruban en s'étirant, va donner des régions (initialement au centre) où les 2 populations qui apparaissent avec une vitesse dirigée et une température nulle donne d'un point de vue fluide une vitesse fluide nulle et une température importante...

- Quelle est l'origine de l'apparition d'un terme de flux de chaleur ?

→ si on n'est pas au centre, les 3 branches du « Z » ne sont pas symétriques. Il apparaît alors un moment d'ordre 3 associé à la dissymétrie de la fonction de distribution.

- Pourquoi le flux de chaleur peut s'écrire $q = -pU$?

→ en dessinant les 3 pics du « Z » (car température nulle), on va faire apparaître une vitesse dirigée du côté où il y a 2 pics. En conséquence, de ce côté là, les 2 pics seront plus proches de cette vitesse moyenne U que de l'autre côté... donc la « température » associée plus faible. La fonction de distribution sera donc plus enflée du côté opposé à U . En conséquence, q et U sont de signe opposé.

- Si on ajoute la température des électrons, pourquoi le « Z » se modifie comme il le fait ?

→ lorsque le « Z » devient raide au milieu, le champ électrique dû à ∇P_e pousse les ions avec plus de fermeté... on ne peut plus être balistique. Les ions sont accélérés, et donc augmentent leur vitesse. Ensuite, ils continuent leur vie de manière plus balistique.

- Si on augmente T_e que se passe-t-il ? → je ne sais pas... à simuler ! mais le $E = -\nabla P_e$ va être plus grand, et donc repousser plus fort les ions... donc la bosse en densité des ions va être moins grosse, et donc par la suite la corne va peut-être moins pousser.

TP3 : Instabilité faisceau d'ion

- Que faut-il pour destabiliser le mode acoustique-ionique ?

→ la masse des ions (elle est là) et la temperature, au moins des electrons (car c'est elle qui fait la force de rappel). De plus, il faut que $\partial f / \partial v$ soit grand pour v proche de $\omega/k = c_s \dots$ ie à la vitesse du faisceau moins sa vitesse thermique

- Quel est la polarisation du mode acoustique-ionique ?

→ le mode est électrostatique, donc 1d. Il est polarisé linéairement, selon \mathbf{k} , avec des fluctuations de densité et de vitesse (longitudinale)

- De quoi depend la taille des boucles de piégage ?

→ de la force de rappel, ie de la température des électrons

- Quelle est la nature du mode whistler ?

→ c'est la partie haute fréquence de la branche du mode rapide. Il devient donc circulaire. C'est de plus un mode purement électronique, donc droit. il s'agit d'un mode qui n'est plus mécanique (la masse des électrons n'intervient pas dans la vitesse de phase) avec $\omega = k^2 \frac{v_A^2}{2\Omega^2} (\sqrt{\Omega^2 + 4k^2 v_A^2} \pm \Omega)$, le signe \pm faisant référence aux mode droit/gauche, respectivement. Le raisonnement avec inertie et force de rappel devient donc caduque. Il est dispersif et a une vitesse de groupe supérieur à la vitesse d'alfven... qui grimpe avec ω (ou k). Il faut donc un faisceau plus rapide que pour le mode acoustique-ionique. Il est à k plus grand, donc une échelle spatiale plus petite.

- Que dire du mode Alfvén Ion Cyclotron ?

→ c'est un mode polarisé linéairement, avec $\delta \mathbf{b}$ et $\delta \mathbf{v}$ en phase (et pas de $\delta \mathbf{n}$ car non-compressionnel). Le $\delta \mathbf{v}$ doit donc être transvers au champ magnétique.

TP4 : Le pavé dans la marre

Il y a 2 à la vitesse : u_s (solenoidale) à divergence nulle et u_c (compressible) à rotationnel nul... en gros u_s fait tourner et u_c transporte.

- Comment se comparent u_s et u_c ?

→ u_s est faible, mais ne varie pas dans le temps. Rien n'empêche les tourbillons de se former et de se développer. Par contre, u_c s'évanouit vite et le pavé est très vite freiné. La forte compressibilité du milieu réduit drastiquement u_c , et les effets non-linéaires $U \cdot \nabla U$ rendent ce champ de vitesse vite turbulent.

- De quoi dépendent u_s et u_c ?

→ u_s va surtout dépendre de la taille du pavé (quantité de fluide déplacé), mais aussi de sa vitesse. u_c dépend initialement de la vitesse du pavé, mais cascade très vite vers les plus petites échelles.

- Est-ce u_s ou u_c qui transporte la matière ?

→ u_c bien sûr ; u_s ne fait que la mélanger "sur place".

- Pourquoi le champ magnétique a un effet stabilisant en hybride ?

→ parce que la tension magnétique a tendance à tenir les lignes de champ rectilignes