

# PC6 Physique des plasmas

March 10, 2016

## Exercice 1

On considère un plasma isotrope et complètement ionisé.

- (a) Écrivez la loi de dispersion pour des ondes transversales en plasma froid.
- (b) La longueur d'onde dans le milieu sera plus longue ou plus courte? Discutez.
- (c) Prenons le cas d'une onde avec fréquence  $\omega = \omega_{pe}/2$ . Que peut-on dire sur sa propagation? Quelle est la profondeur de pénétration de l'onde (à savoir la profondeur à la quelle l'onde à un dixième de son amplitude original).

## Exercice 2

On considère la propagation des ondes de Langmuir dans un plasma à température  $T_e$ .

- (a) Montrez que dans le cas d'équilibre maxwellien la relation  $v_\phi > v_{th}$  est vérifié, ou  $v_\phi$  et  $v_{th}$  sont respectivement la vitesse de phase  $\omega/k$  et la vitesse thermique.
- (b) Montrez que dans le cas d'une distribution pour laquelle

$$\left[ \frac{\partial f_0}{\partial v_x} \Big|_{v_x=\omega/k} \right] > 0 \quad (0.1)$$

il y a un gain d'énergie pour une onde longitudinal se propageant dans le plasma.

- (c) Calculez la partie complexe de la loi de dispersion pour une onde de Langmuir dans un plasma maxwellien et montrez qu'il y a une perte d'énergie (*damping*) de l'onde.
- (d) Dessinez la distribution des vitesses (scalaires) de Maxwell. Marquez la vitesse moyenne et la vitesse la plus probable. Expliquez la perte d'énergie d'une onde de Langmuir.

## Exercice 3

Soit un plasma composé d'un fond neutralisant d'ions immobiles, d'un faisceau d'électrons maxwellien de densité  $n_b$  et température  $T_b$  à la vitesse  $v_b \hat{u}_x$  et d'une distribution maxwellienne d'électrons ( $n_p, T_p$ ).

- (a) Écrivez la fonction de distribution normalisée du plasma
- (b) Calculez la vitesse fluide et la vitesse thermique du plasma complet
- (c) Comment est-elle modifiée (qualitativement) si on applique un champ magnétique statique selon  $\hat{u}_x$ ?
- (d) Calculez le tenseur de pression en présence du champ magnétostatique.

## Exercice 4

- (a) Dessinez qualitativement les trajectoires d'un électron et d'un ion en présence d'un champ électrique et magnétique  $\mathbf{E} \perp \mathbf{B}$ . Ajoutez maintenant le champ gravitationnelle  $\mathbf{F}_g \parallel \mathbf{E}$ .

## Exercice 5

En intégrant l'équation de Vlasov pour moyenner des quantités dépendant de la vitesse  $v$  il est possible dériver la hiérarchie d'équations fluides. Montrez qu'il est possible moyenner une quantité générique  $\psi \equiv \psi(\mathbf{v})$  pour obtenir un équation génératrice des équations fluides.

Vérifiez que pour  $\psi = 1$  on obtient bien l'équation de continuité.