

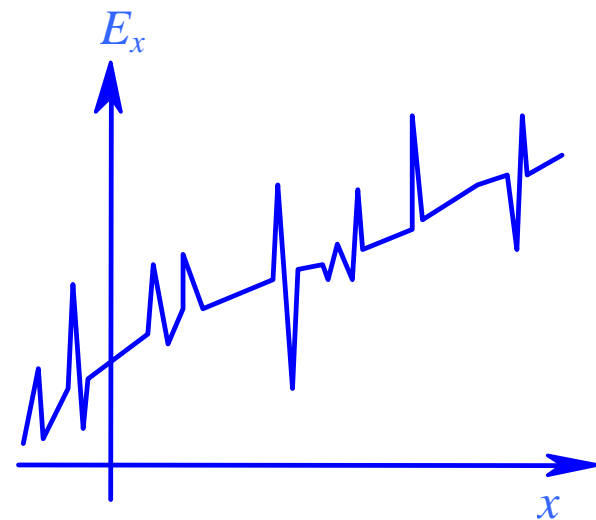
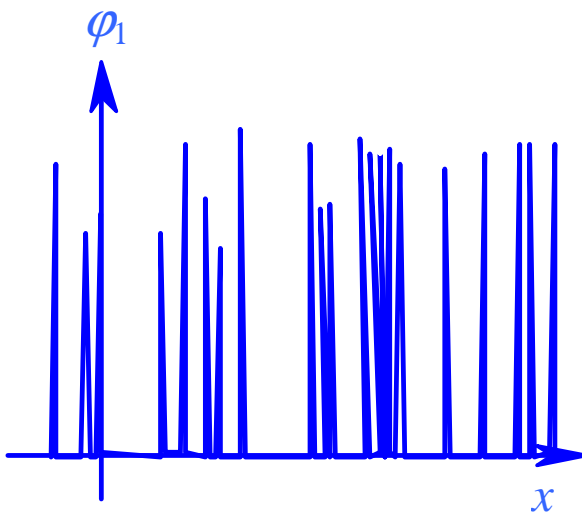
Electrodynamique

Description particulière

Particules considérées individuellement : \mathbf{r}_i , \mathbf{w}_i
à un instant donné

Densité

$$\varphi(\mathbf{r}, \mathbf{w}, t) = \sum_i \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i(t)) \delta(\mathbf{w} - \mathbf{w}_i(t))$$



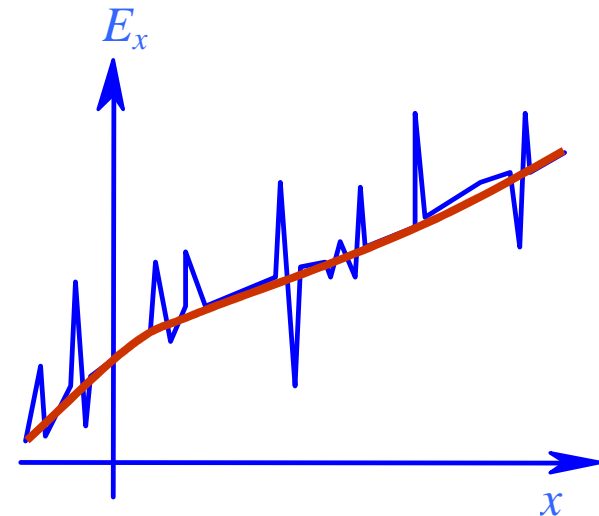
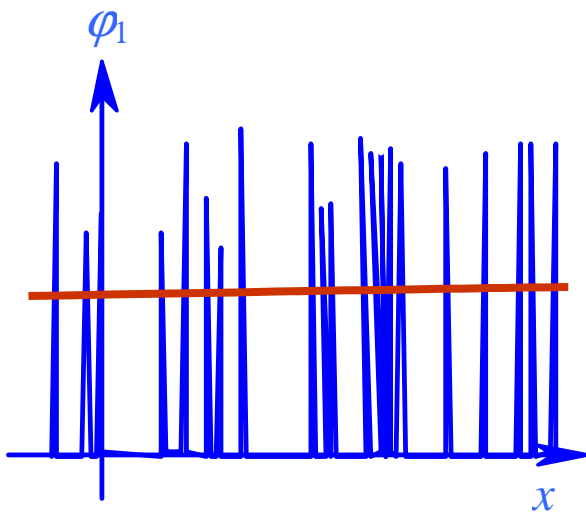
Description particulière : les équations

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}}_i = \mathbf{w}_i \\ \dot{\mathbf{w}}_i = \mathbf{F}(\mathbf{x}_i, \mathbf{w}_i) / m \end{cases}$$

Description cinétique

Fonction de distribution obtenue en faisant la moyenne sur un petit volume de l'espace des phases.

$$f(\mathbf{r}, \mathbf{w}, t) = \frac{1}{\delta V} \int_{\delta V} \varphi_1(\mathbf{r}', \mathbf{w}', t) d^3 \mathbf{r}' d^3 \mathbf{w}'$$



Description cinétique : les équations

$$\partial_t(f) + \mathbf{w} \cdot \nabla_x(f) + \left\langle \frac{\mathbf{F}}{m} \right\rangle \cdot \nabla_w(f) = -C_1$$

Équation cinétique

$$\partial_t(f) + \mathbf{w} \cdot \nabla_x(f) + \left\langle \frac{\mathbf{F}}{m} \right\rangle \cdot \nabla_w(f) = 0$$

Équation de Vlasov

Description fluide

Grandeurs moyennes intégrées sur la fonction de distribution des vitesses :

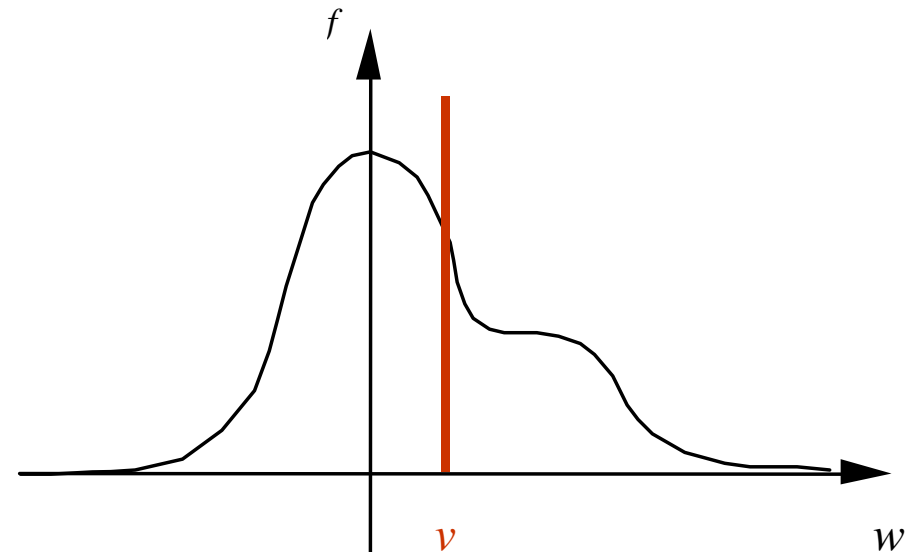
Densité

$$n = \int f(\mathbf{w}) d^3 \mathbf{w}$$

Impulsion

$$nm\mathbf{v} = \int m\mathbf{w}f(\mathbf{w})d^3\mathbf{w} = nm\langle\mathbf{w}\rangle$$

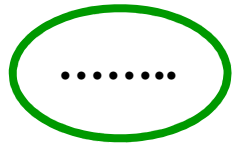
....



Description fluide : les équations

$$\partial_t(n) + \nabla \cdot (n\mathbf{v}) = 0$$

$$\partial_t(nm\mathbf{v}) + \nabla \cdot (nm\mathbf{v}\mathbf{v} + \overline{\mathbf{p}}) = nq(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$



Un système par type de particule (électron, différents ions)

Problème de la fermeture du système

Nécessité de faire une hypothèse pour fermer le système :
équations de « fermeture » : par exemple $p \sim n^{-\gamma}$

Les équations de la MHD idéale

$$\begin{cases} \partial_t (n) + \nabla \cdot (n\mathbf{v}) = 0 \\ \partial_t (nm\mathbf{v}) + \nabla \cdot (nm\mathbf{v}\mathbf{v} + p\bar{\bar{\mathbf{I}}}) = \mathbf{j} \times \mathbf{B} \end{cases}$$

$$\mathbf{j} = \nabla \times (\mathbf{B}) / \mu_o$$

$$\mathbf{E} = -\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Loi d'Ohm de la MHD idéale

Différentes lois d'Ohm

$$\mathbf{E} = -\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

MHD idéale

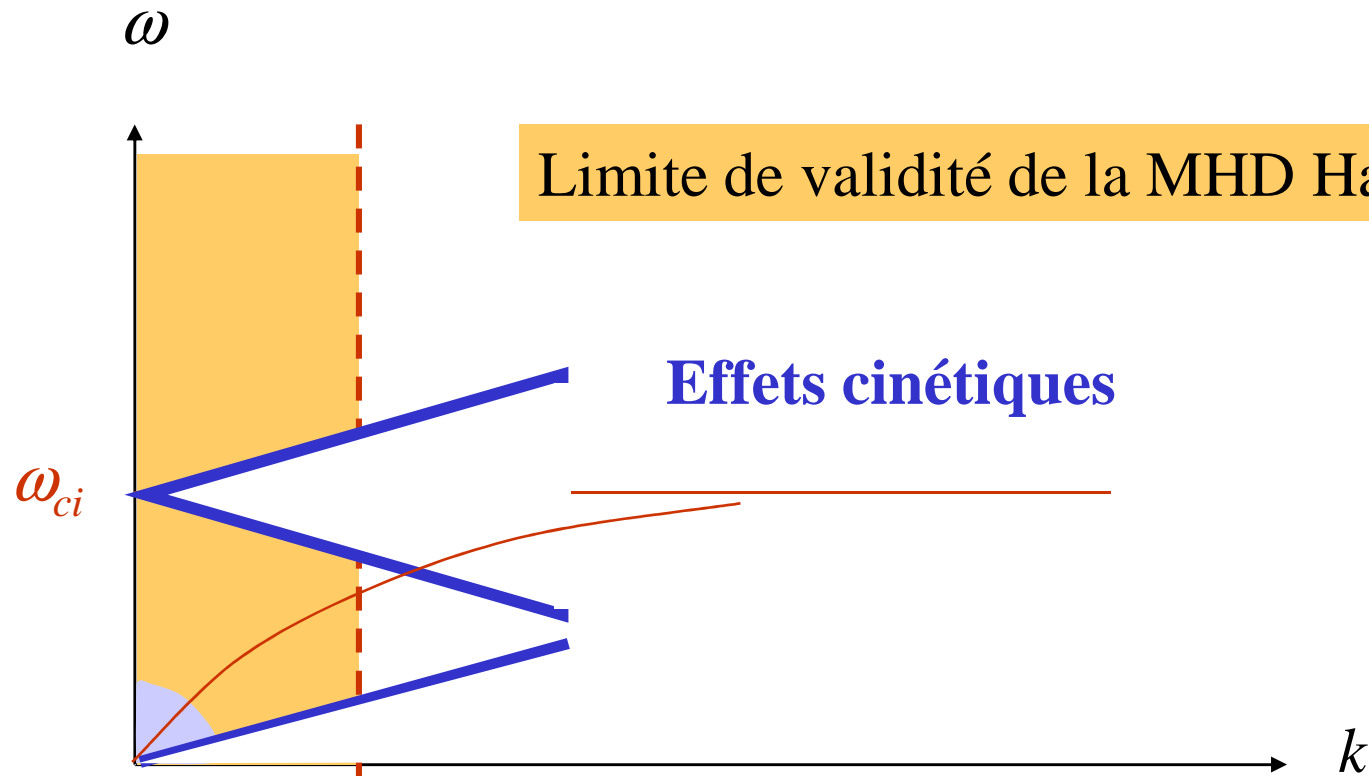
$$\mathbf{E} = -\mathbf{v} \times \mathbf{B} + \left[\frac{\mathbf{j}}{\sigma} + \frac{\mathbf{j} \times \mathbf{B}}{ne} \dots \right]$$

MHD résistive

MHD Hall et
approche hybride

MHD non-idéale

Solutions ONDES des équations de la MHD



Limite de validité de la MHD Hall

Effets cinétiques

ω_{ci}

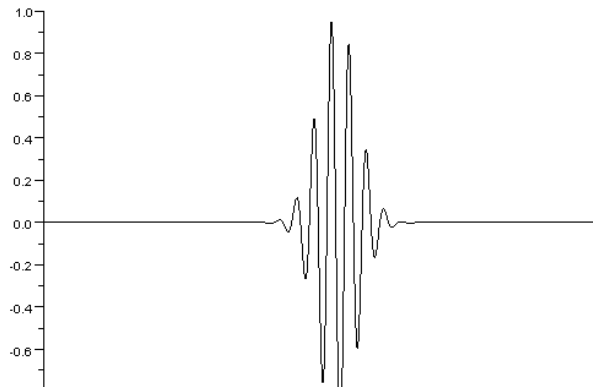
k

Limite de validité de la MHD idéale

Effets de rayon de Larmor fini ou de l'inertie des électrons

Paquet d'onde

Dans l'espace réel



Dans l'espace de Fourier

