

2. Etude du champ électrique dans un plasma

Un plasma est constitué de deux types de particules chargées. On notera respectivement n^+ et n^- la densité particulière des charges positives et négatives. Dans le cadre d'une modélisation analogue à celle du modèle de Thomson, la distribution de charges positives est supposée uniforme dans l'espace. Les charges négatives (électrons) sont libres de se déplacer. A l'équilibre, la charge volumique $\rho = (n^+ - n^-)q_e$, le champ et le potentiel sont nuls en tout point. On suppose désormais que le déplacement des charges négatives se fait uniquement suivant la direction $\mathbf{e}_x$ et que les charges positives sont fixes dans le référentiel d'étude.

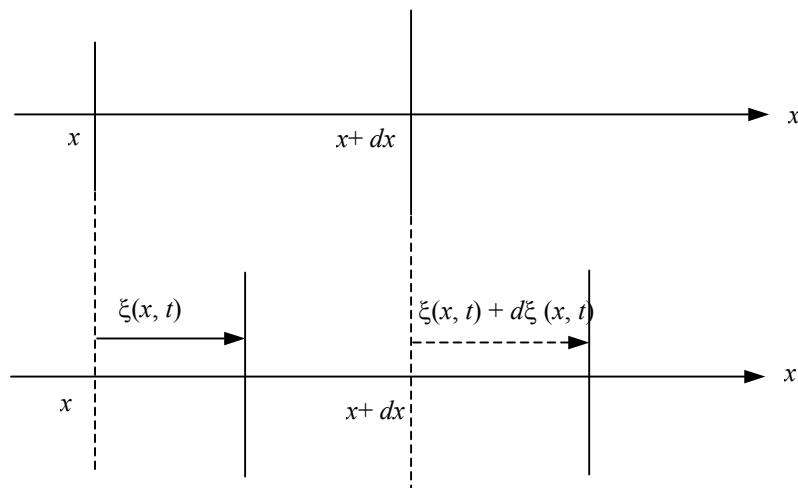


Figure 1

2.1 Sous l'effet d'une perturbation, les électrons contenus initialement dans une tranche cylindrique de base S dans le plan d'abscisse x et d'épaisseur dx se retrouvent dans une tranche de base S dans le plan d'abscisse $x + \xi(x, t)$ et d'épaisseur $dx + d\xi(x, t)$ avec $|d\xi(x, t)| \ll |dx|$ (voir figure 1). On suppose que le milieu non perturbé est localement neutre.

1. En écrivant la conservation du nombre des électrons contenus initialement dans la tranche cylindrique de base S et d'épaisseur dx , établir l'expression de la variation $dn^-(x, t)$ de la densité particulière d'électrons en fonction de $n^-(x, t)$ et de $d\xi(x, t)/dx$.
2. Exprimer la charge volumique $\rho(x, t)$ et le moment dipolaire volumique $\mathbf{P}(x, t)$ résultant de ce déplacement en fonction de n^- , q_e et ξ .
3. En utilisant l'équation de Maxwell Gauss, donner l'expression en fonction de n^- , q_e et ξ du champ électrique $\mathbf{E}_P$ créé dans le plasma par cette distribution de charge.
4. Quelle est alors la relation entre le champ $\mathbf{E}_P$ créé par la matière polarisée et le moment dipolaire volumique $\mathbf{P}$?
5. Ecrire l'équation du mouvement pour un électron soumis à ce seul champ et dont le déplacement par rapport à l'équilibre est ξ .
6. Montrer que le plasma peut être le siège d'oscillations spontanées de la charge volumique électronique et expliciter leur pulsation ω_p en fonction des constantes q_e, m et ϵ_0 et de la densité électronique n^- .
7. Quelle est la valeur de ω_p pour $n^- = 10^{29} \text{ m}^{-3}$?

2.2 Le plasma est soumis à un champ appliqué $\mathbf{E}_a(t)$ variant dans le temps avec une pulsation ω , $\mathbf{E}_a(t) = E_a \cos(\omega t) \mathbf{e}_x$.

1. Ecrire l'équation du mouvement d'un électron sous l'action combinée du champ appliqué et du champ $\mathbf{E}_P$ créé par le plasma polarisé.
2. Etablir la relation entre le moment dipolaire volumique $\mathbf{P}$ et le champ appliqué en fonction de ω et ω_p .
3. En déduire la relation entre le moment dipolaire volumique $\mathbf{P}$ et le champ local $\mathbf{E} = \mathbf{E}_a + \mathbf{E}_P$ en fonction de ω et ω_p . On posera $\mathbf{P} = \epsilon_0 \chi(\omega) \mathbf{E}$, et on explicitera $\chi(\omega)$.