

Sillage d'un avion

On considère le vol d'un avion de chasse se déplaçant dans le sens des x croissants, à une vitesse v sur une droite horizontale ($y = 0, z = h$) alors qu'un observateur est situé au point $O(0, 0, 0)$. L'avion émet un signal sonore de période T . On note $\theta = \vec{Ox}, \vec{OA}$ l'inclinaison par rapport à l'horizontale de la direction observateur-avion. Cet angle est supposé varier peu pendant une période T .

- L'air a une masse volumique au repos ρ_0 et une compressibilité χ_s . Retrouver l'équation d'Alembert caractérisant la propagation des ondes sonores dans l'air, en explicitant la vitesse de propagation c des ondes.

On suppose dans un premier temps que l'avion se déplace à une vitesse subsonique, c'est-à-dire $v < c$.

- ★ Quelle est la période T' du signal perçu par l'observateur ? Commenter l'expression selon les valeurs prises par θ . Comment s'appelle ce phénomène ?
- ★ Quelle est la région de l'espace qui peut être atteinte à un instant donné par l'onde sonore provenant de l'avion ?

On suppose désormais que l'avion se déplace à une vitesse supersonique, c'est-à-dire $v > c$.

- ◇ Le son émis par l'avion à l'instant t est perçu par l'observateur à l'instant $t' = f(t)$. Déterminer la fonction f si l'avion passe à l'instant $t = 0$ à la verticale de l'observateur. Représenter graphiquement f .
- ◇ Pourquoi le son perçu est-il particulièrement intense si $dt'/dt = 0$? Comment s'appelle ce phénomène ?
- ◇ On donne $h = 1000\text{m}$; $v = 500\text{m.s}^{-1}$; $c = 340\text{m.s}^{-1}$. On note t'_0 l'instant auquel le bang est perçu par l'observateur et t_0 l'instant auquel les sons perçus à l'instant t'_0 ont été émis par l'avion. Déterminer t_0 , t'_0 et les positions de l'avion à t_0 et t'_0 .
- ◇ L'observateur entend-il l'avion avant d'entendre le bang ? Quelle est la durée Δt d'émission des sons perçus entre t'_0 et $t'_0 + \Delta t'$ (on pourra effectuer un développement limité de $f(t)$). Calculer Δt pour $\Delta t' = 0.1\text{s}$ et commenter.
- ◇ Quelle est la région de l'espace qui peut être atteinte à un instant donné par une onde sonore provenant de l'avion ?
- ◇ Estimer la vitesse de l'obus en photo ci-dessous.

