

La physique des ondes XVI

Le bang supersonique



Le bang supersonique est une **détonation** engendrée par n'importe quel objet (avion, fusée, missile...) se déplaçant à une vitesse supérieure à celle du son.

La détonation est à la fois une variation de pression positive (compression) et négative (dépression) de l'air par rapport à la pression atmosphérique.

Quand un avion vole, il comprime l'air devant lui et crée une dépression derrière lui vu que l'air ne remplit pas instantanément l'espace laissé vacant par l'avion.

En chaque point de sa trajectoire, il émet ainsi une **onde de compression-dépression** qui se propage à la vitesse du son dans toutes les directions à partir du point d'émission.

Le front d'onde est une sphère, centrée sur la position de l'avion quand il a émis cette onde et dont le rayon augmente avec le temps.

La détonation est donc la "trace" au sol des ondes de compression-dépression engendrées par le déplacement supersonique de l'avion.

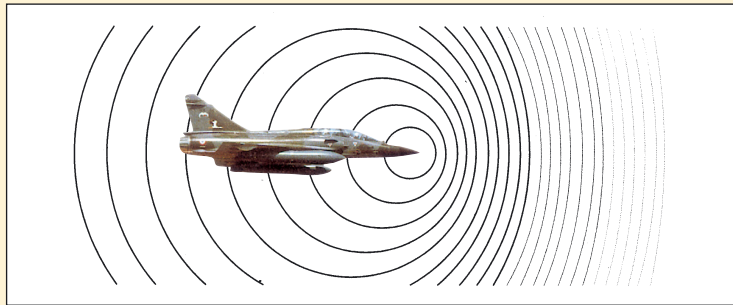


Figure 1:
vol subsonique
($V_{\text{avion}} < V_{\text{son}}$)

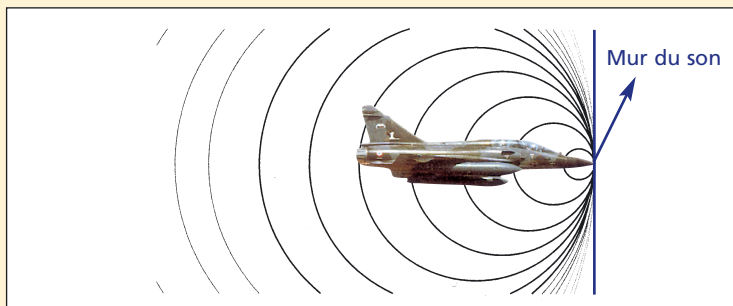


Figure 2:
vol transsonique
($V_{\text{avion}} = V_{\text{son}}$)

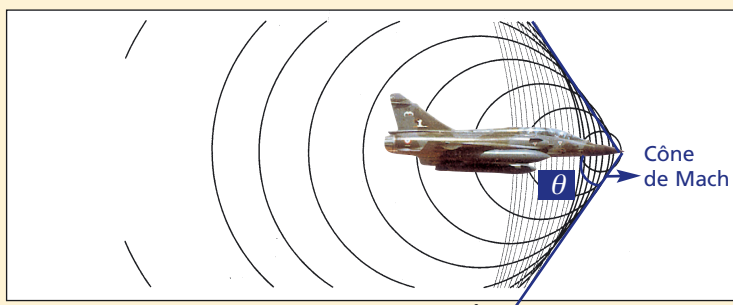


Figure 3:
vol supersonique
($V_{\text{avion}} > V_{\text{son}}$)



La physique des ondes

XVII

Quand la frontière d'une sphère atteint un point de la terre, l'observateur O qui s'y trouve entend le bruit de l'avion comme si celui-ci était encore à l'endroit où le son a été émis, alors que l'avion n'y est plus.

Lorsque l'avion vole à une vitesse supérieure à la vitesse du son, il se déplace plus vite que le front de l'onde, et le dépasse. Mais comme il continue d'émettre des ondes lors de son déplacement, les fronts d'onde se chevauchent et les sphères sont finalement toutes logées dans un cône (appelé cône de Mach) dont le sommet est la position de l'avion. C'est le sillage supersonique de l'avion.

Dans ces conditions, la pression s'accumule très fortement à l'avant de l'avion. Lorsque le cône qui avance avec l'avion "balaie" la position de l'observateur O, celui-ci entend

alors le bruit de l'avion comme un bang ultra sonore soudain et retentissant. Et c'est le choc d'air comprimé sur nos tympans qui produit la détonation.

$$v_{son} = v_{avion} \cdot \sin \theta$$

Où θ est l'angle d'ouverture du cône de Mach.

Attention

Le bang supersonique n'est pas seulement produit lorsque l'avion franchit le mur du son mais il l'est constamment tout au long de la phase de vol supersonique.

Mais l'observateur ne l'entend qu'une seule fois (c.-à.-d. au moment où il est traversé par le cône de Mach).



Au passage en vol supersonique de ce F/A-18 Hornet, la dépression de l'air à l'intérieur du cône de Mach condense la vapeur d'eau d'une atmosphère humide, ce qui permet de le visualiser. En effet, la position du nuage de vapeur d'eau correspond au cône de Mach.