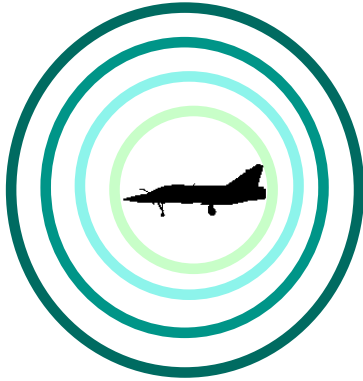


LE MUR DU SON

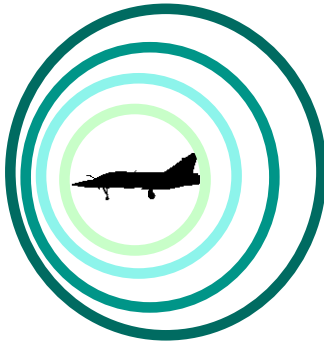
1 Régime subsonique



Le mur du son, à partir du moment où on a compris le fait que le vol de l'avion perturbait le champ de pression et créait donc une onde sur son passage, est simple à expliquer.

Regardons dans un premier temps l'avion à vitesse nulle, moteur tournant. Comme toute source sonore, le moteur créait une onde de pression qui se propage à la **vitesse du son "a"** en cercles concentriques centrés sur cette source (cette onde à la même forme que celle que créait un caillou tombant dans l'eau).

Figure 1 : Propagation des ondes sonores pour une source fixe



Si la source sonore n'est plus fixe mais mobile, lorsqu'on regarde ces ondes se propager, elles ne sont plus concentriques (puisque leur centre se déplace). Les anneaux se rapprochent les uns des autres.

Figure 2 : Propagation des ondes sonores pour une source subsonique

2 Régime transsonique

Imaginons maintenant notre avion se déplaçant à la vitesse du son.

On a su reconnaître que cette vitesse ne dépendait que de la température :

$$a = (\gamma * R * T)^{1/2} \text{ où :}$$

- T est exprimée en degré KELVIN : T en K = T en °C + 273,15 K.
- $\gamma=1,4$,
- R est la constante des gaz parfaits : R = 288.

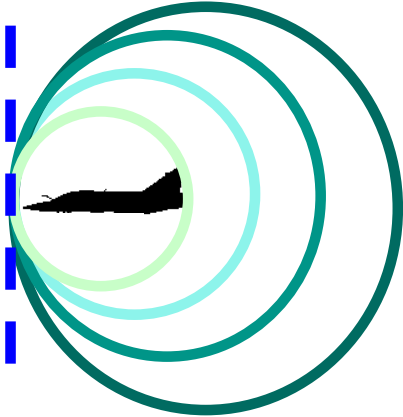
Ainsi à 15°C : a = 340m/s soit 1224 km/h. C'est la vitesse du son à cette température.

On compare souvent la vitesse de l'avion à celle du son en utilisant la notion de Mach :

- $Mach = V_a / a$
- où V_a est la vitesse mesurée par rapport à l'air de l'avion,
- et à la vitesse du son dans les mêmes conditions.

Lorsque l'avion est à Mach 1 il vole à la vitesse du son, lorsque son $Mach < 1$, il est subsonique, lorsque son $Mach > 1$, il est supersonique.

A Mach 1, quelle va être la forme de la propagation des ondes sonores?



Ces ondes vont désormais être toutes tangentes puisque la source sonore va à la même vitesse que la propagation des ondes.

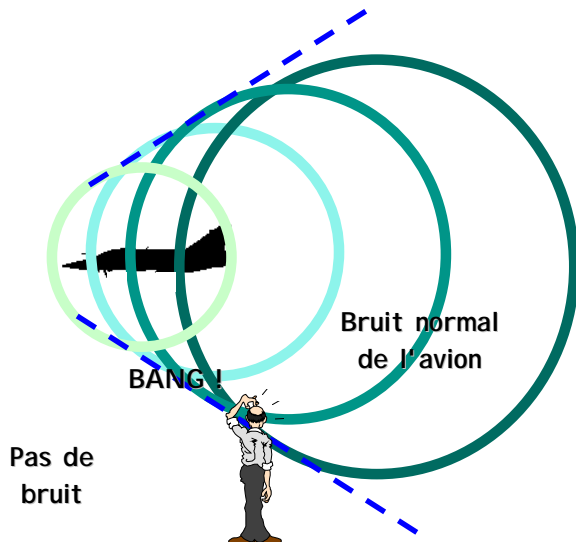
Des ondes qui se chevauchent créent des phénomènes de résonance aléatoires du champ des pressions qui forment un véritable mur auquel se heurte l'avion dans son déplacement : "le mur du son".

Figure 3 : Propagation des ondes sonores pour une source transsonique

3 Régime supersonique

Plaçons-nous maintenant au-delà de Mach 1 : vitesse supersonique (on parlera de régime hypersonique au delà de Mach 3).

Quelle va être la forme de la propagation des ondes sonores?



La source de perturbation va maintenant plus vite que la propagation des ondes.

Il se forme donc à partir de l'avion un cône qu'on appelle cône de Mach qui est le siège de fortes perturbations de pressions.

C'est la trace de ce cône au sol qui occasionne le Bang que l'on entend.

Avant le passage de cette trace, on entend rien, on est d'ailleurs surpris parce que on peut voir l'avion sans l'entendre.

Figure 4 : Propagation des ondes sonores pour une source supersonique

Après le passage de cette trace et le Bang (surpression violente au niveau des tympans du spectateur) on entend le bruit normal de l'avion.

4 Conséquences

On a donc bien compris les causes, imaginons maintenant les conséquences en plus de l'effet de Bang perçu au sol.

On comprend mieux les récits des pilotes d'essais de l'époque qui se trouvaient, au voisinage du mur du son, confrontés à des phénomènes qu'ils ne savaient pas expliquer, comme l'efficacité inverse des gouvernes, les très fortes vibrations...

La meilleure connaissance de l'aérodynamique a permis de comprendre ce phénomène. Une meilleure technologie a également permis d'adapter les structures et les formes à ce passage du mur du son.

On voit que, sur la vue en plan d'un avion classique (aile sans flèche), des interférences apparaissent entre la voilure et le cône de Mach, zone critique.

L'intérêt d'une voilure delta est dans le fait qu'elle se maintient à l'intérieur du cône et n'offre aucune possibilité d'interférence.

Par contre ces voilures en delta ou en flèche sont pénalisante pour les faibles vitesses.

Cet obstacle sera contourné dans un premier temps par les voilure à géométrie variable (Mirage G8 capable de M2.3, l'avion plus rapide de la société) puis l'apport de commandes de vols électriques qui permettra de faire voler des avions delta "instables" (Mirage2000, 3NG et RAFALE).