

Exercice 5.2

Détermination visuelle du nombre de Mach

Ce document donne les grandes lignes du corrigé de l'exercice 5.2 de l'ouvrage « Ondes en mécanique des fluides », auteur V. Guinot, Éditions Hermès Sciences.

1. Rappel de l'énoncé

Lorsqu'un avion en vol supersonique traverse une région de l'atmosphère où l'humidité est élevée, il arrive qu'apparaissent – en particulier au niveau de l'extrados (c'est-à-dire la partie bombée) de l'aile – des zones de condensation de vapeur d'eau, qui matérialisent la position de l'onde de choc (Figure 5.13).

Montrer que le nombre de Mach se déduit de l'angle θ entre l'onde de choc et le vecteur vitesse de l'avion par la relation :

$$M = \frac{1}{\sin \theta} \quad [5.86]$$

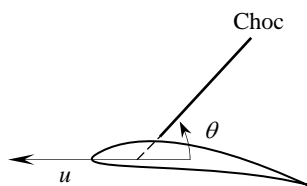


Figure 5.13. Zone de condensation apparaissant sur l'extrados d'une aile d'avion supersonique.

2. Réponses

L'avion en vol supersonique est schématisé par un objet ponctuel. Son déplacement dans l'atmosphère crée une onde de choc qui matérialise l'enveloppe des domaines de dépendance, schématisé sur la figure 1 dans la projection (x, z) de l'espace des phases. (ici, x est la coordonnée horizontale le long de laquelle l'avion se déplace et z est la coordonnée verticale). Le domaine de dépendance de la Figure 1 est représenté dans le référentiel fixé à l'avion.

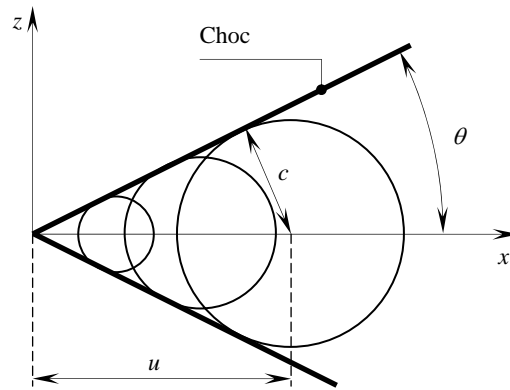


Figure 1. Représentation du domaine d'influence dans l'espace des phases.

Le domaine de dépendance est un cône dont le rayon augmente à la vitesse c et dont le centre se déplace à la vitesse u . Le rapport c/u est donc égal au sinus de l'angle θ entre le choc et l'axe longitudinal de l'avion. En introduisant la définition du nombre de Mach $M = u/c$, on obtient bien la relation [5.85].