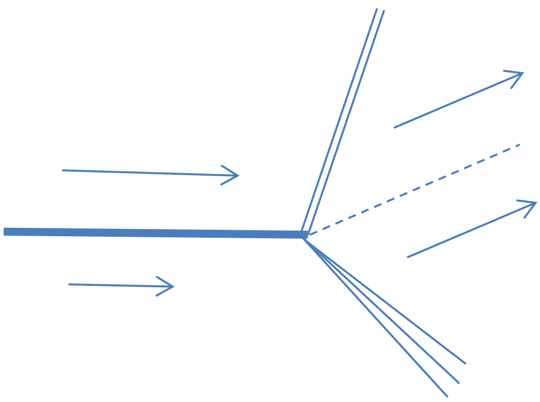
# Mécanique des fluides compressibles

## Exercice 9.4

**Problème difficile (objectif : comprendre uniquement le principe de résolution)**

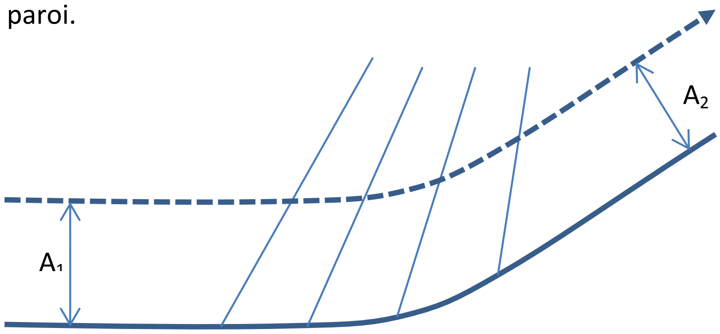
Le nombre de Mach sur la partie supérieure d'une plaque plane est égal à 3,0. Sur la partie inférieure, le nombre de Mach est égal à 2,0 tandis que la pression est 4 fois supérieure à celle sur la partie supérieure. Trouver la direction de l'écoulement à la sortie du bord de fuite (par rapport à la plaque), ainsi que les nombres de Mach de part de d'autre de la surface de contact.

Remarque : ce problème est complexe à résoudre. La solution peut se trouver par itération, graphiquement, ou par résolution numérique. L'objectif est de comprendre le problème et savoir développer la procédure de solution.



## Exercice 9.5

Un écoulement à Mach 2,0 est comprimé de manière isentrope sur une rampe de compression de Prandtl-Meyer (bi-dimensionnelle) d'un angle de 10 degrés. On considère une ligne de courant particulière à une distance $A_1$ de la paroi. La ligne de courant ressort de la compression à une distance $A_2$ de la paroi.




1. Trouver le rapport $A_2/A_1$.
2. Recommencer l'exercice pour Mach 1,5.
3. Si la ligne de courant est remplacée par une paroi, que dire d'une compression isentrope à paroi fixe ? Est-elle optimisée pour différents points de fonctionnement (différents nombres de Mach) ?

## Exercice 9.6

Evaluer les coefficients aérodynamiques $C_x$ (traînée) et $C_y$ (portance) sur un profil en diamant et à un angle d'attaque de 10 degrés (par rapport à la ligne médiane du profil, voir schéma), volant dans l'air $(\gamma = 1,4)$ à un nombre de Mach égal à 3,0. Le profil est symétrique par rapport à sa ligne médiane et a un demi-angle de dièdre égal à $\Delta = 5°$. Le profil est également symétrique par rapport à la demi-corde (remarque : la valeur de la corde c n'est pas nécessaire).

Réponses :

$M_1 = 2,2549, \quad \dfrac{p_1}{p_\infty} = 2,8216$

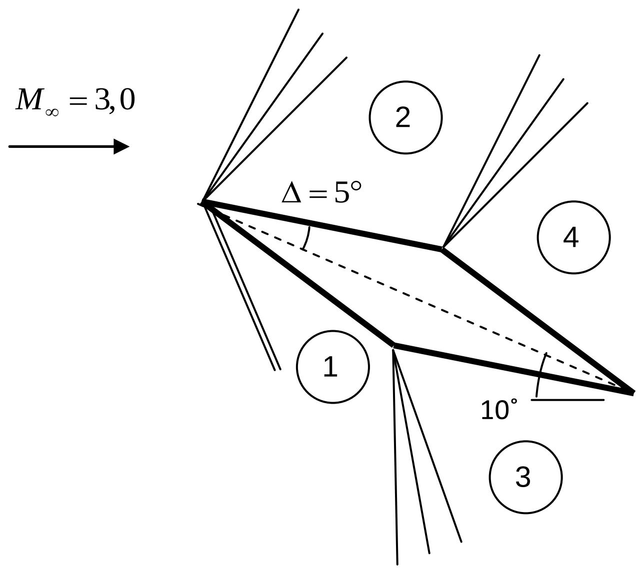
$M_2 = 3,2731, \quad \dfrac{p_2}{p_\infty} = 0,6676$

$M_3 = 2,6780, \quad \dfrac{p_3}{p_\infty} = 1,4607$

$M_4 = 3,9233, \quad \dfrac{p_4}{p_\infty} = 0,2681$

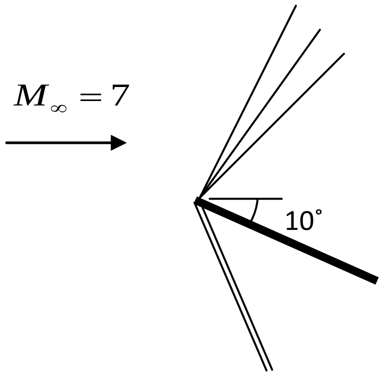
$C_x = 0,0582$

$C_y = 0,2594$

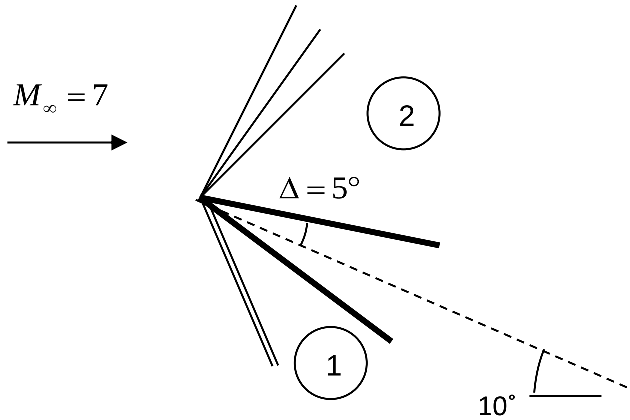


## Exercice 9.7

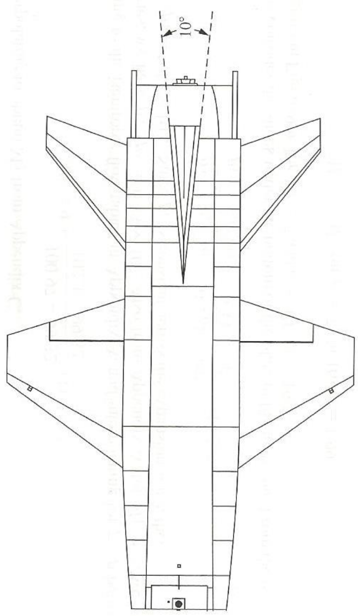
1. Evaluer les coefficients aérodynamiques $C_x$ (traînée) et $C_y$ (portance) sur une plaque à un angle d'attaque de 10 degrés, volant dans l'air ($\gamma = 1,4$) à un nombre de Mach égal à 7 (remarque : la valeur de la corde c n'est pas nécessaire).

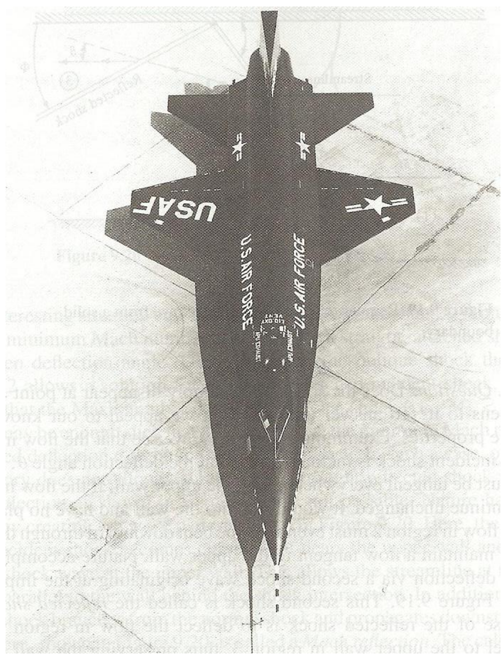



2. Recommencer l'exercice pour un dièdre d'angle d'ouverture de 10 degrés.




3. Le X-15 avait un empennage vertical en forme de dièdre d'angle d'ouverture de 10 degrés. Commenter, en utilisant les résultats des parties 1 et 2.

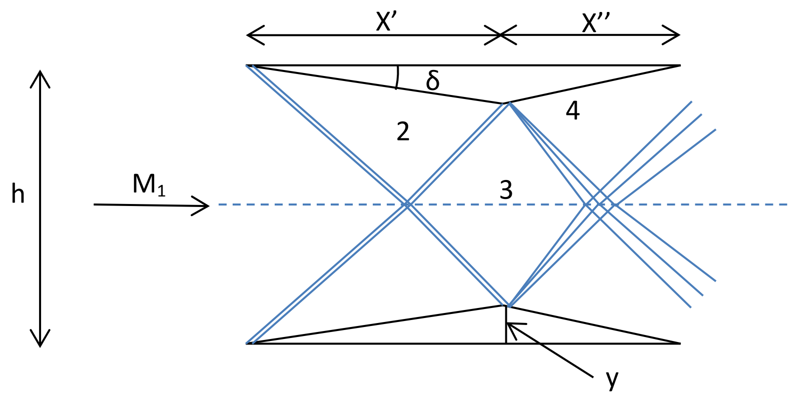


# Exercice 9.8

**Basé sur un des exercices de l'épreuve 2012**

Ces derniers mois, des chercheurs à MIT, Stanford University, et l'Université de Tohuku (Japon) ont présenté un projet d'avion *biplan* pour des vols supersoniques. Le projet s'inspire d'un concept introduit en 1935 par Adolf Busemann, selon lequel la traînée d'onde d'une configuration biplane peut être réduite par rapport à une configuration monoplane (comme celle de nos avions modernes). On considère un écoulement supersonique à Mach $M_1$ = 2,2 sur un biplan schématisé ci-dessous, constitué de deux profils (en demi-diamant), dont la rampe avant a un angle d'ouverture de $\delta$ = 13,92 degrés. Chaque profil est conçu de sorte que l'onde de choc réfléchie revienne sur la crête du demi-diamant. De cette même crête se développe un éventail de Prandtl-Meyer. On suppose que les deux éventails, bien qu'interagissant entre eux, n'interagissent pas avec le profil du côté opposé. Toutes les dimensions seront normalisées par h (la distance entre les deux profils). On prendra x'' = 0.8 h.




a. Trouver la position de la crête, x'/h, et sa hauteur, y/h. Remarque : pour la partie avant, le problème est identique au problème 8.4 des exercices faits en classe (vous pouvez donc reprendre les résultats).

b. Trouver les pressions dans les régions 2 et 4, et évaluer ainsi le coefficient de traînée sur le biplan (2x la traînée de chaque profil). On prendra la corde égale à x' + x''.

c. Trouver la traînée pour un profil seul et isolé (configuration monoplane). Commenter.