

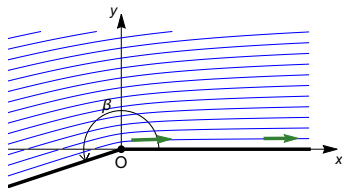
Débriefing TD4 de MF2 : Pb 4.2 : couches limites de Falkner-Skan

au-dessus de la **seconde partie d'un dièdre** d'angle d'ouverture β défini à partir de $m \in]-1/2, +\infty[$ par $\beta(m) = \pi/(m+1)$: au $V(\text{plaque})$:

$$\bar{\mathbf{v}}_{\text{extérieur}} = Ax^m \bar{\mathbf{e}}_x$$

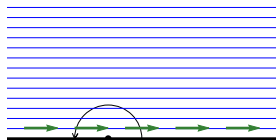
$$m = -0,09$$

$$\mapsto \beta = 3,45 \text{ rad} = 198^\circ$$



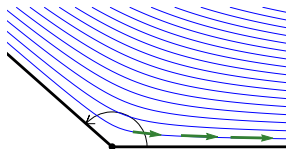
$$m = 0$$

$$\mapsto \beta = \pi \text{ rad} = 180^\circ$$



$$m = 0,3$$

$$\mapsto \beta = 2,42 \text{ rad} = 138^\circ$$



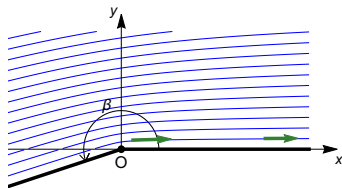
Débriefing TD4 de MF2 : Pb 4.2 : couches limites de Falkner-Skan

au-dessus de la **seconde partie d'un dièdre** d'angle d'ouverture β défini à partir de $m \in]-1/2, +\infty[$ par $\beta(m) = \pi/(m+1)$: au $V(\text{plaque})$:

$$\vec{v}_{\text{extérieur}} = Ax^m \vec{e}_x \implies \hat{\rho}_{\text{extérieur}} \propto -\rho A^2 x^{2m} \iff -\rho^{-1} \nabla \hat{\rho}_{\text{extérieur}} = mA^2 x^{2m-1} \vec{e}_x$$

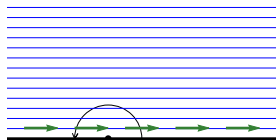
$$m = -0,09$$

$$\mapsto \beta = 3,45 \text{ rad} = 198^\circ$$



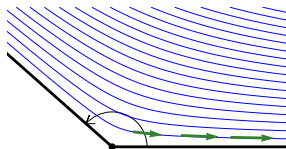
$$m = 0$$

$$\mapsto \beta = \pi \text{ rad} = 180^\circ$$



$$m = 0,3$$

$$\mapsto \beta = 2,42 \text{ rad} = 138^\circ$$



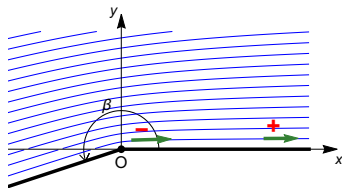
Débriefing TD4 de MF2 : Pb 4.2 : couches limites de Falkner-Skan

au-dessus de la **seconde partie d'un dièdre** d'angle d'ouverture β défini à partir de $m \in]-1/2, +\infty[$ par $\beta(m) = \pi/(m+1)$: au $V(\text{plaque})$:

$$\bar{\mathbf{v}}_{\text{extérieur}} = Ax^m \bar{\mathbf{e}}_x \implies \hat{\rho}_{\text{extérieur}} \propto -\rho A^2 x^{2m} \iff -\rho^{-1} \bar{\nabla} \hat{\rho}_{\text{extérieur}} = mA^2 x^{2m-1} \bar{\mathbf{e}}_x$$

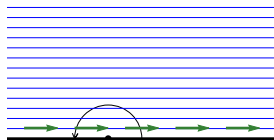
$$m = -0,09$$

$$\mapsto \beta = 3,45 \text{ rad} = 198^\circ$$



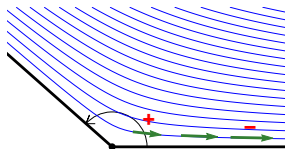
$$m = 0$$

$$\mapsto \beta = \pi \text{ rad} = 180^\circ$$



$$m = 0,3$$

$$\mapsto \beta = 2,42 \text{ rad} = 138^\circ$$



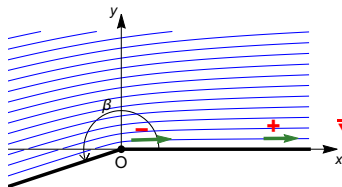
Débriefing TD4 de MF2 : Pb 4.2 : couches limites de Falkner-Skan

au-dessus de la **seconde partie d'un dièdre** d'angle d'ouverture β défini à partir de $m \in]-1/2, +\infty[$ par $\beta(m) = \pi/(m+1)$: au $V(\text{plaque})$:

$$\bar{v}_{\text{extérieur}} = Ax^m \bar{e}_x \implies \hat{p}_{\text{extérieur}} \propto -\rho A^2 x^{2m} \iff -\rho^{-1} \nabla \hat{p}_{\text{extérieur}} = mA^2 x^{2m-1} \bar{e}_x$$

$$m = -0,09$$

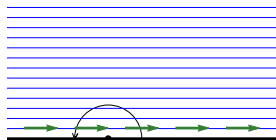
$$\mapsto \beta = 3,45 \text{ rad} = 198^\circ$$



adverse
défavorable
 $\nabla \hat{p}$ **décélérateur**

$$m = 0$$

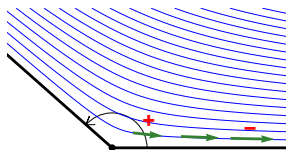
$$\mapsto \beta = \pi \text{ rad} = 180^\circ$$



$\nabla \hat{p}$ **nul**

$$m = 0,3$$

$$\mapsto \beta = 2,42 \text{ rad} = 138^\circ$$

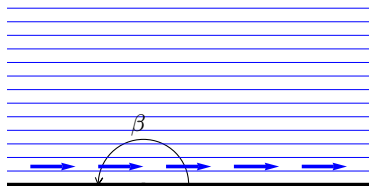


moteur
favorable
 $\nabla \hat{p}$ **accélérateur**

Les leçons de Falkner-Skan

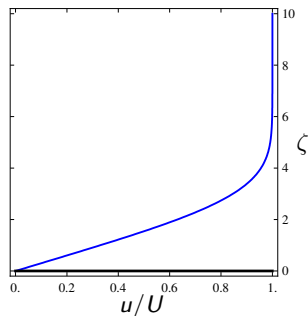
se déduisent d'une étude de l'écoulement **extérieur** considéré en **fluide parfait**.

Le cas de référence est le cas $m = 0$ i.e. $\beta = \pi/(m + 1) = \pi$ correspondant à l'écoulement au dessus d'une plaque plane :



écoulement uniforme

∇p nul

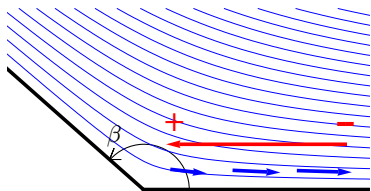


→ couche limite de Blasius

Les leçons de Falkner-Skan

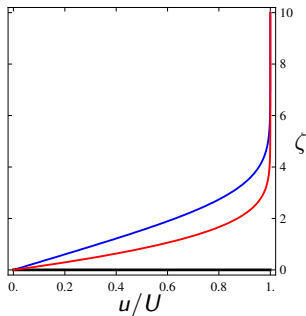
se déduisent d'une étude de l'écoulement extérieur considéré en **fluide parfait**.

Si $m > 0$ on a $\beta = \pi/(m + 1) < \pi$ correspondant à l'écoulement au dessus d'un dièdre rentrant :



écoulement accéléré

∇p accélérateur favorable

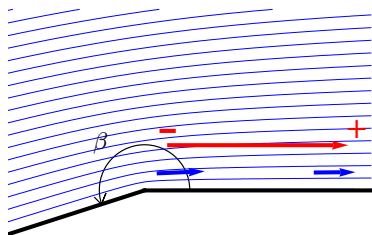


→ couche limite + collée

Les leçons de Falkner-Skan

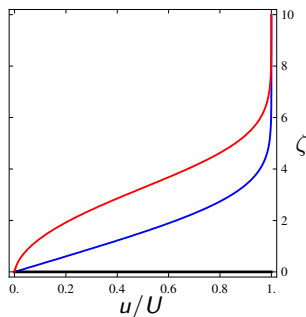
se déduisent d'une étude de l'écoulement extérieur considéré en **fluide parfait**.

Si $m < 0$ on a $\beta = \pi/(m + 1) > \pi$ correspondant à l'écoulement au dessus d'un dièdre saillant :



écoulement ralenti

∇p décélérateur défavorable



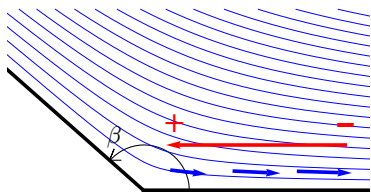
→ couche limite + épaisse

Les leçons de Falkner-Skan

se déduisent d'une étude de l'écoulement extérieur considéré en **fluide parfait** :

$$m > 0$$

$$\beta = \pi / (m + 1) < \pi$$



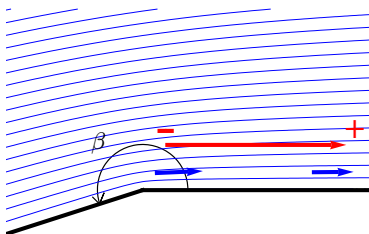
écoulement accéléré

∇p accélérateur favorable

couche limite collée

$$m < 0$$

$$\beta = \pi / (m + 1) > \pi$$



écoulement ralenti

∇p décélérateur défavorable

si $m_c < m < 0$ couche limite épaisse

si $m < m_c$ pas de couche limite !

« **décollement** » !

angle critique de décollement

$$\beta_c = 198^\circ = 180^\circ + 18^\circ$$

Décollement sur un profil d'aile

Expériences en soufflerie menées à l'université de Stanford,
l'écoulement est visualisé grâce à des fumées :

angle d'incidence $\gamma = 0^\circ$:

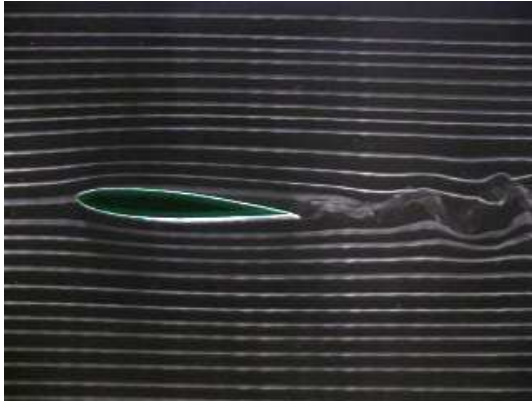


[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un profil d'aile

Expériences en soufflerie menées à l'université de Stanford,
l'écoulement est visualisé grâce à des fumées :

angle d'incidence $\gamma = 5^\circ$:

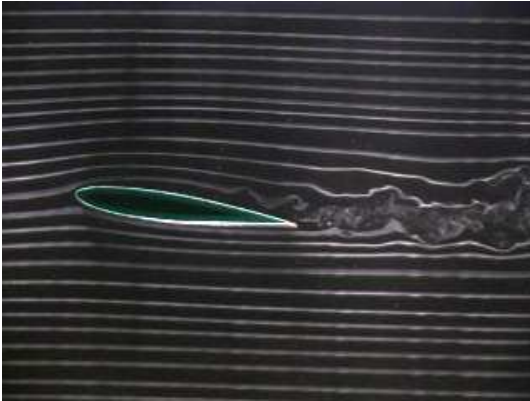


[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un profil d'aile

Expériences en soufflerie menées à l'université de Stanford,
l'écoulement est visualisé grâce à des fumées :

angle d'incidence $\gamma = 10^\circ$:



[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un profil d'aile

Expériences en soufflerie menées à l'université de Stanford,
l'écoulement est visualisé grâce à des fumées :

angle d'incidence $\gamma = 15^\circ$:



[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un profil d'aile

Expériences en soufflerie menées à l'université de Stanford,
l'écoulement est visualisé grâce à des fumées :

angle d'incidence $\gamma = 25^\circ$: **décollement**



[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un profil d'aile

Expériences en soufflerie menées à l'université de Stanford,
l'écoulement est visualisé grâce à des fumées :

angle d'incidence $\gamma = 25^\circ$: **décollement** \implies **décrochement !**

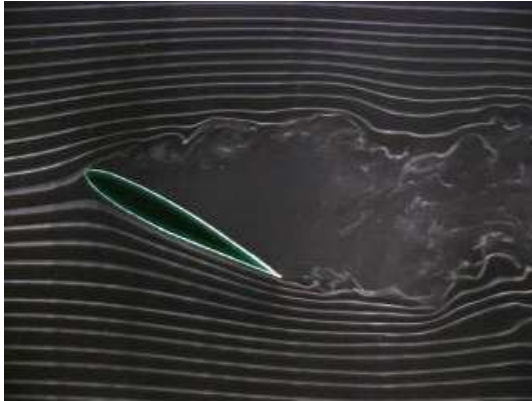


[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un profil d'aile

Expériences en soufflerie menées à l'université de Stanford,
l'écoulement est visualisé grâce à des fumées :

angle d'incidence $\gamma = 30^\circ$:

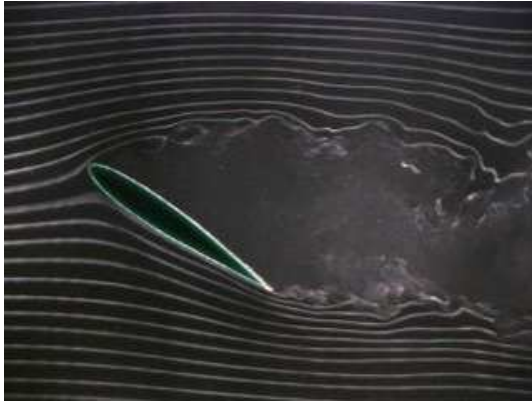


[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un profil d'aile

Expériences en soufflerie menées à l'université de Stanford,
l'écoulement est visualisé grâce à des fumées :

angle d'incidence $\gamma = 35^\circ$:



[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un profil d'aile

Expérience en canal hydraulique menée à l'ONERA, visualisation par bulles d'air, l'angle d'incidence γ varie au cours du temps :



[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un obstacle profilé

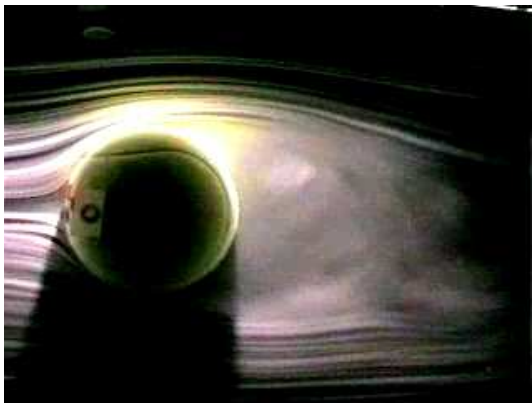
Expérience en canal hydraulique menée à l'ONERA, visualisation par bulles d'air, la largeur de l'objet varie au cours du temps :



[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Décollement sur un obstacle non profilé

Expérience par Cislunar Aerospace, $Re = 2,3 \cdot 10^5$:



[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]