

Séance 13 de MF : TD : Pb 5.4 : couches limites de Falkner-Skan

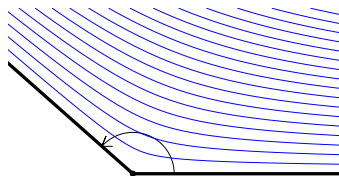
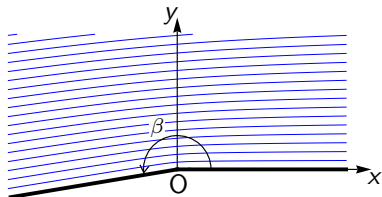
But : étudier l'**influence d'un gradient de pression** sur la **couche limite au-dessus d'une plaque plane**.

Moyen : étudier la **couche limite au-dessus d'une plaque plane seconde partie d'un dièdre** d'angle d'ouverture β « quelconque », défini à partir du paramètre de Falkner-Skan $m \in]-1/2, +\infty[$ par

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

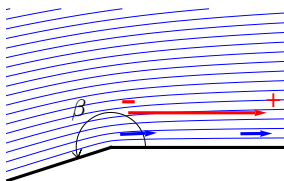
$$m = -0,05 \mapsto \beta = 3,31 \text{ rad} = 189^\circ$$

$$m = 0,3 \mapsto \beta = 2,42 \text{ rad} = 138^\circ$$

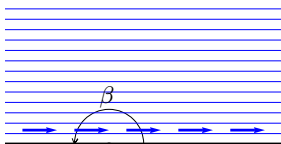


Un debriefing sous forme de « cours » sera fait à la fin.

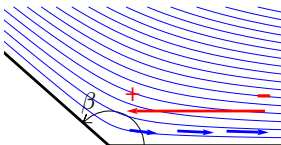
Si $m < 0$ i.e. $\beta = \pi/(m+1) > \pi$: **écoulement ralenti**, $\overline{\nabla p}$ **décélérateur**
défavorable pour la C. L.



Si $m = 0$ i.e. $\beta = \pi/(m+1) = \pi$: **écoulement uniforme**, $\overline{\nabla p}$ **nul**



Si $m > 0$ i.e. $\beta = \pi/(m+1) < \pi$: **écoulement accéléré**, $\overline{\nabla p}$ **accélérateur**
favorable pour la C. L.



Séance 13 de Mécanique des fluides

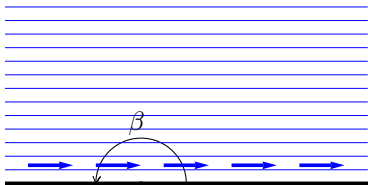
Debriefing « Couches limites »

- 1 Les leçons de Falkner-Skan
- 2 Application : décollement sur profils d'ailes
- 3 Application : décollement sur obstacle non profilé

Les leçons de Falkner-Skan

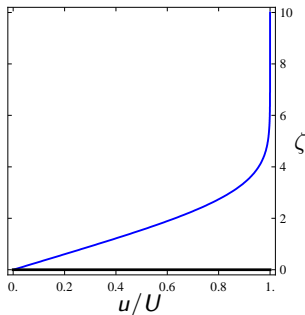
se déduisent d'une étude de l'**écoulement extérieur** considéré en **fluide parfait**.

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

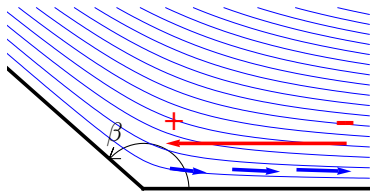


→ couche limite de Blasius

Les leçons de Falkner-Skan

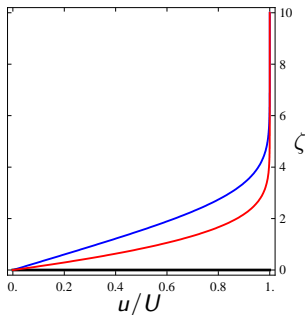
se déduisent d'une étude de l'**écoulement extérieur** considéré en **fluide parfait**.

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

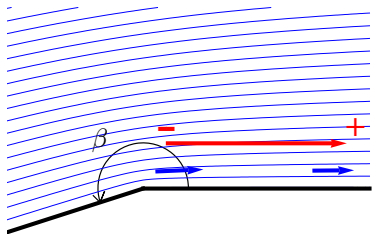


→ **couche limite + collée**

Les leçons de Falkner-Skan

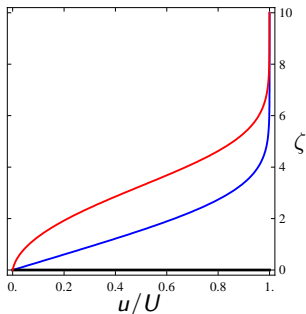
se déduisent d'une étude de l'**écoulement extérieur** considéré en **fluide parfait**.

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**



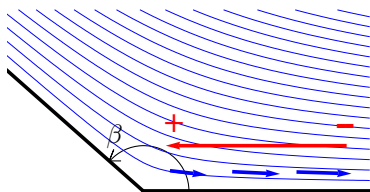
→ **couche limite + épaisse**

Les leçons de Falkner-Skan

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

$$m > 0$$

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



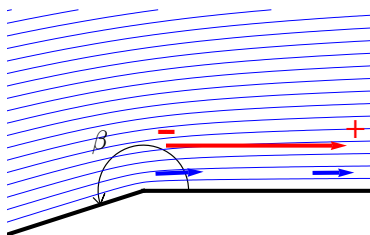
écoulement accéléré

∇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 » !

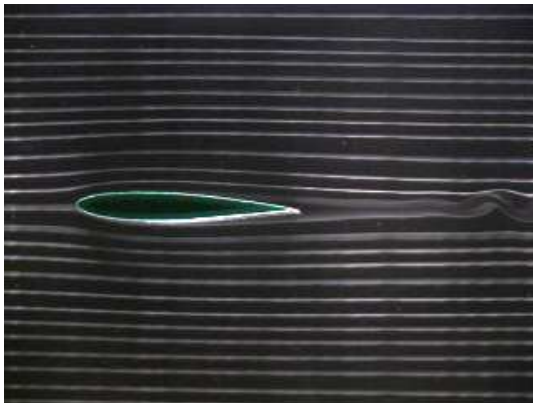
angle critique de décollement

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

Décollement sur un profil d'aile

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

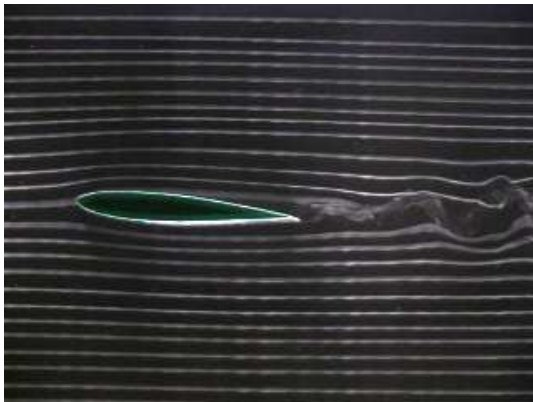
angle d'incidence $\gamma = 0^\circ$:



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 $\gamma = 5^\circ$:



Décollement sur un profil d'aile

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

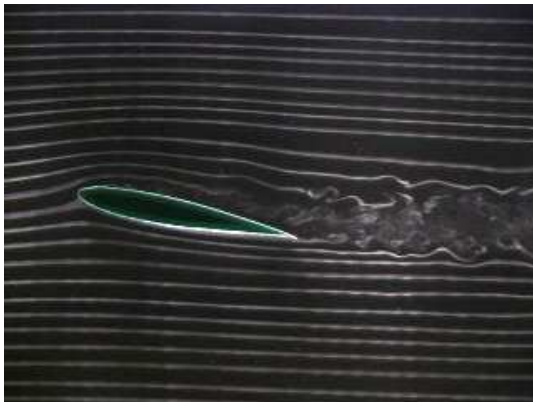
angle d'incidence $\gamma = 10^\circ$:



Décollement sur un profil d'aile

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

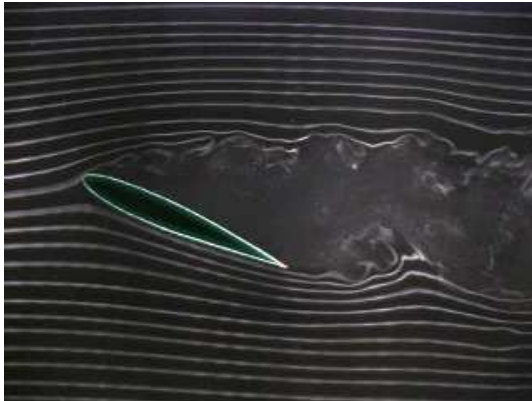
angle d'incidence $\gamma = 15^\circ$:



Décollement sur un profil d'aile

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

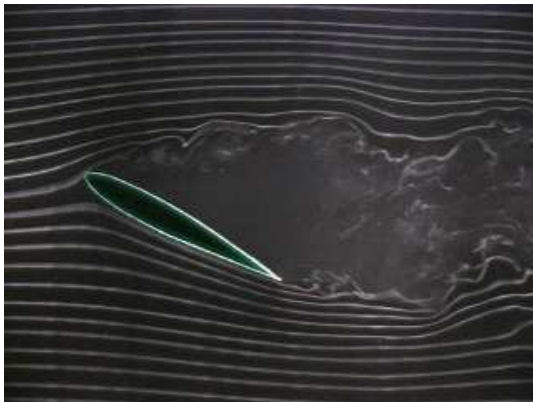
angle d'incidence $\gamma = 25^\circ$: **décollement** \implies **décrochement !**



Décollement sur un profil d'aile

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

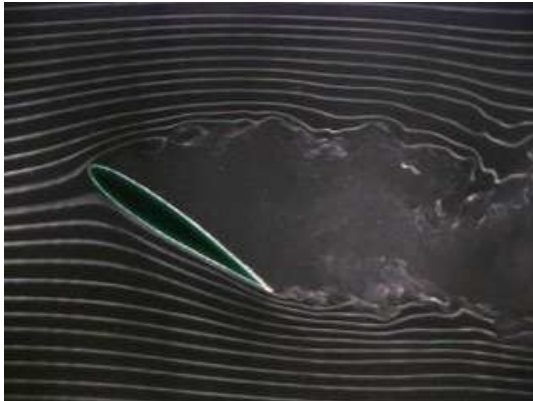
angle d'incidence $\gamma = 30^\circ$:



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 $\gamma = 35^\circ$:



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 :



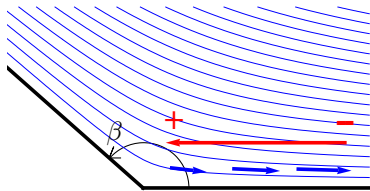
[DVD 'Multimedia Fluid Mechanics', Homsy et al. 2004, Cambridge University Press]

Les leçons de Falkner-Skan

Un fort ralentissement peut entraîner un **décollement** :

$$m > 0$$

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



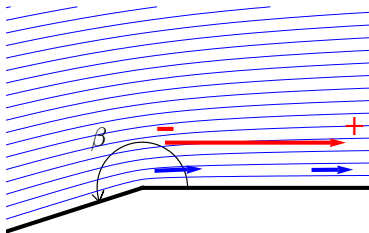
écoulement accéléré

∇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 obstacle profilé

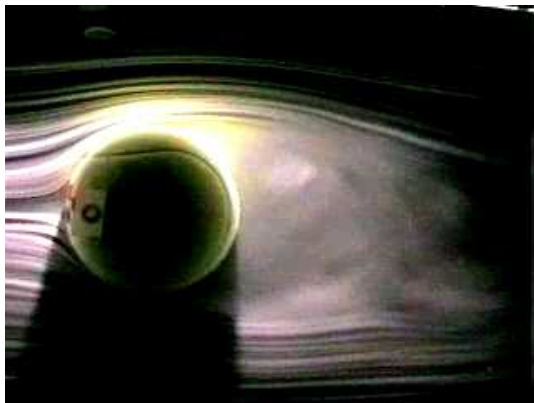
Expérience en canal hydraulique menée à l'ONERA, visualisation par bulles d'air, la largeur de l'objet varie au cours du temps :



[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]