

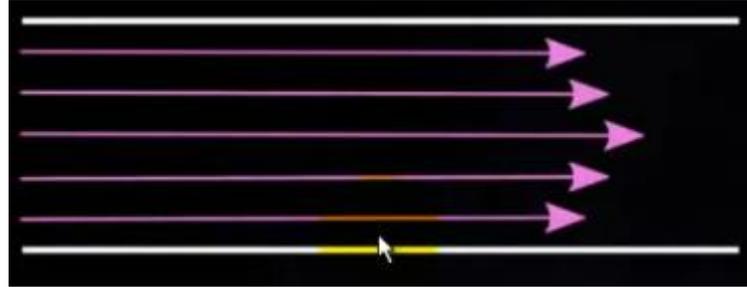
Chapitre 04

Flow regime

two types of flow

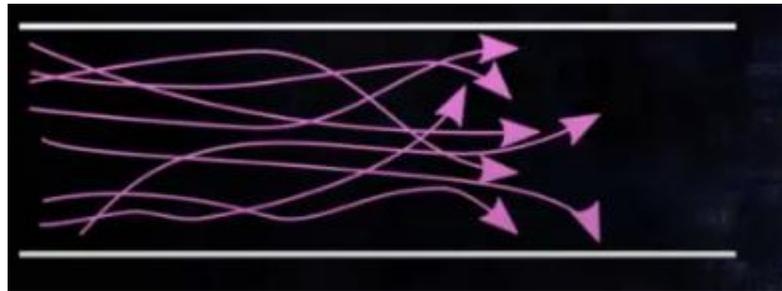
Two types of flow of a fluid are distinguished.

- **laminar flow**



The stream tubes do not mix: the fluid layers slide over one another without mixing, and the exchanges of energy between them are reduced.

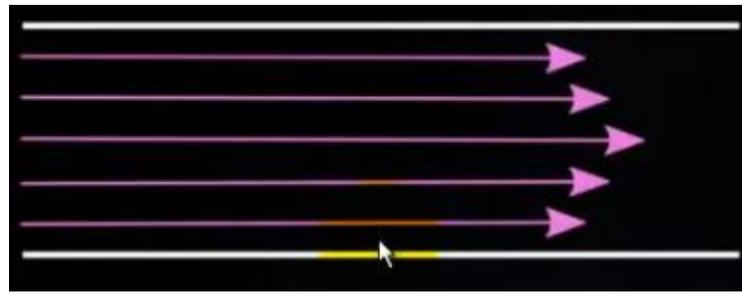
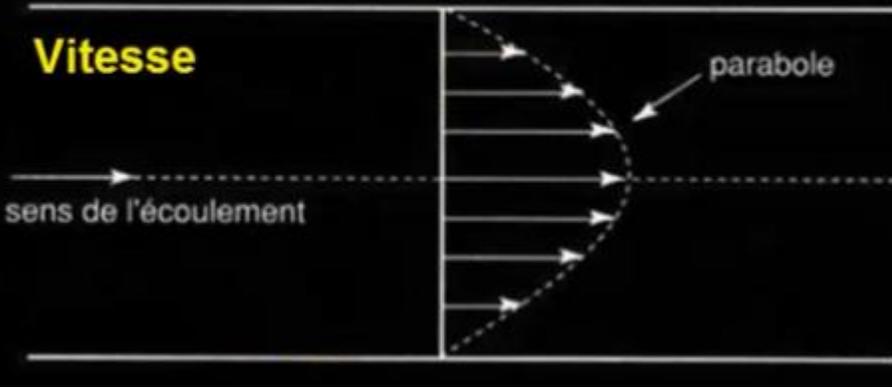
- **turbulent flow**



Small fluid elements undergo disordered motions: the stream tubes are not preserved along the flow; the fluid layers mix and the exchanges of energy between them are significant.

Les écoulements **laminaires**

Vitesse



It is necessary to distinguish between the mean velocity and the maximum velocity obtained on the axis.

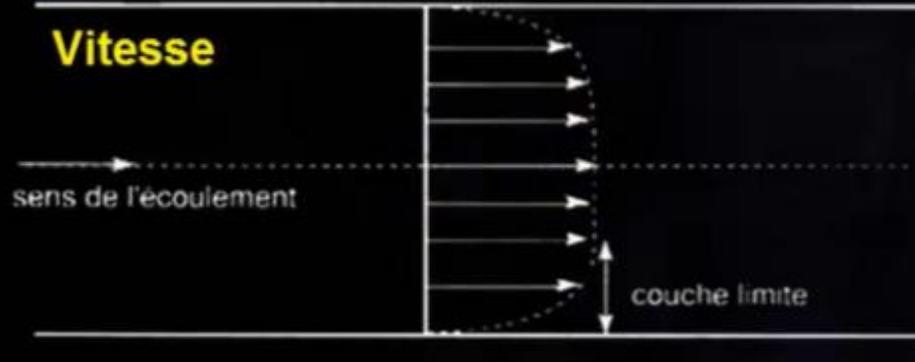
Profil de vitesse parabolique

$$v_{max} = v_{axe} = 2 v_{moy}$$

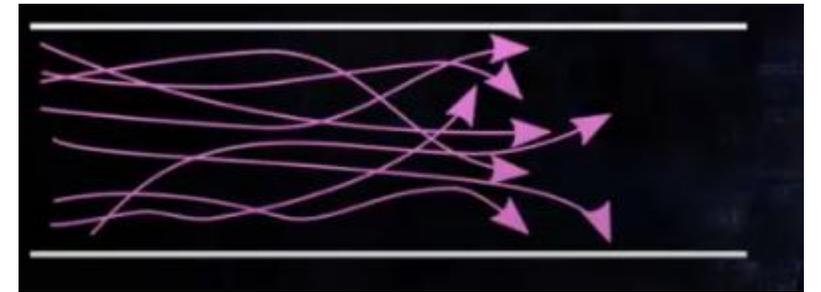
The formula $Q = vS$ remains valid if the mean velocity is used.

Les écoulements **turbulents**

Vitesse



Profil de vitesse moyenne non parabolique



- **laminar flow**

The flow is reversible.

In the laminar case, the flow can return to a state that is close to the initial state of the fluid.

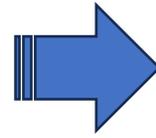


- **turbulent flow**

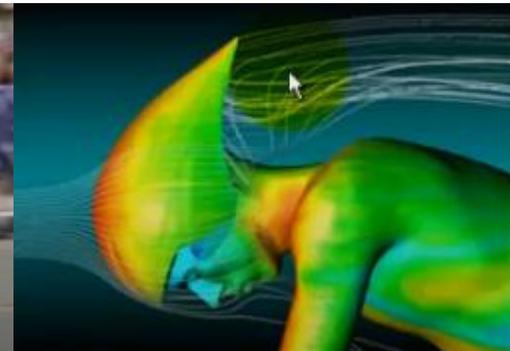
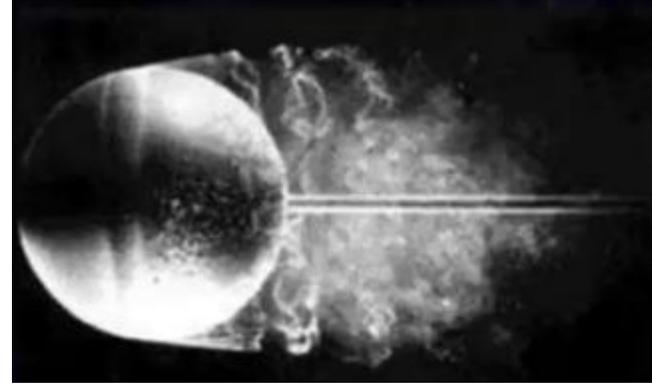
The flow is irreversible.

In the turbulent case, because of the exchanges between the different stream tubes, this reversibility is broken and it is therefore impossible to return to the initial state of the fluid.

The turbulent regime increases friction.

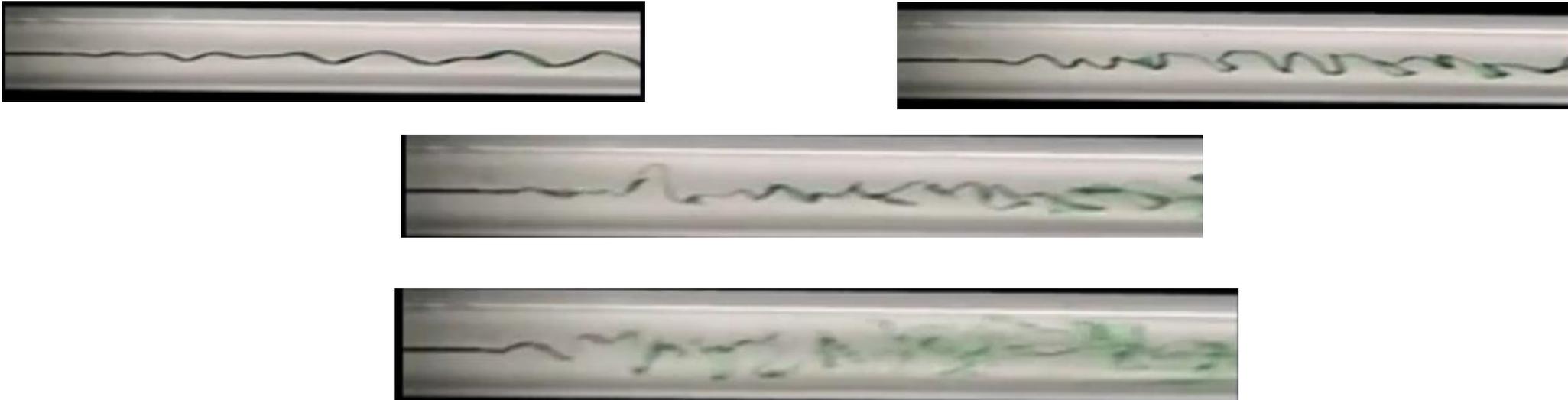


The turbulent regime increases friction.



Importance of velocity.

We will increase the flow velocity; as this velocity increases, increasingly pronounced exchanges are observed between the flowing fluid and the dye that has been injected.



We are now clearly in the turbulent flow regime, whereas initially the flow was in the laminar regime.



Velocity is a major factor governing whether the flow is laminar or turbulent.

The turbulent character depends on:

The mean flow velocity v_m
The size (diameter) of the pipe D
The mass density of the liquid ρ
The viscosity of the liquid η .

The Reynolds number is defined empirically as:

$$\mathcal{R}_e = \frac{\rho v_m D}{\eta} = \frac{v_m D}{\nu}$$

➤ The Reynolds number is a dimensionless quantity.

➤ It makes it possible to determine qualitatively the nature of the flow.

$\mathcal{R}_e < 2000$	laminar flow
$\mathcal{R}_e > 3000$	turbulent flow

Why does the flow change from laminar to turbulent? Well, it is due to the effect of Archimedes' buoyant force.

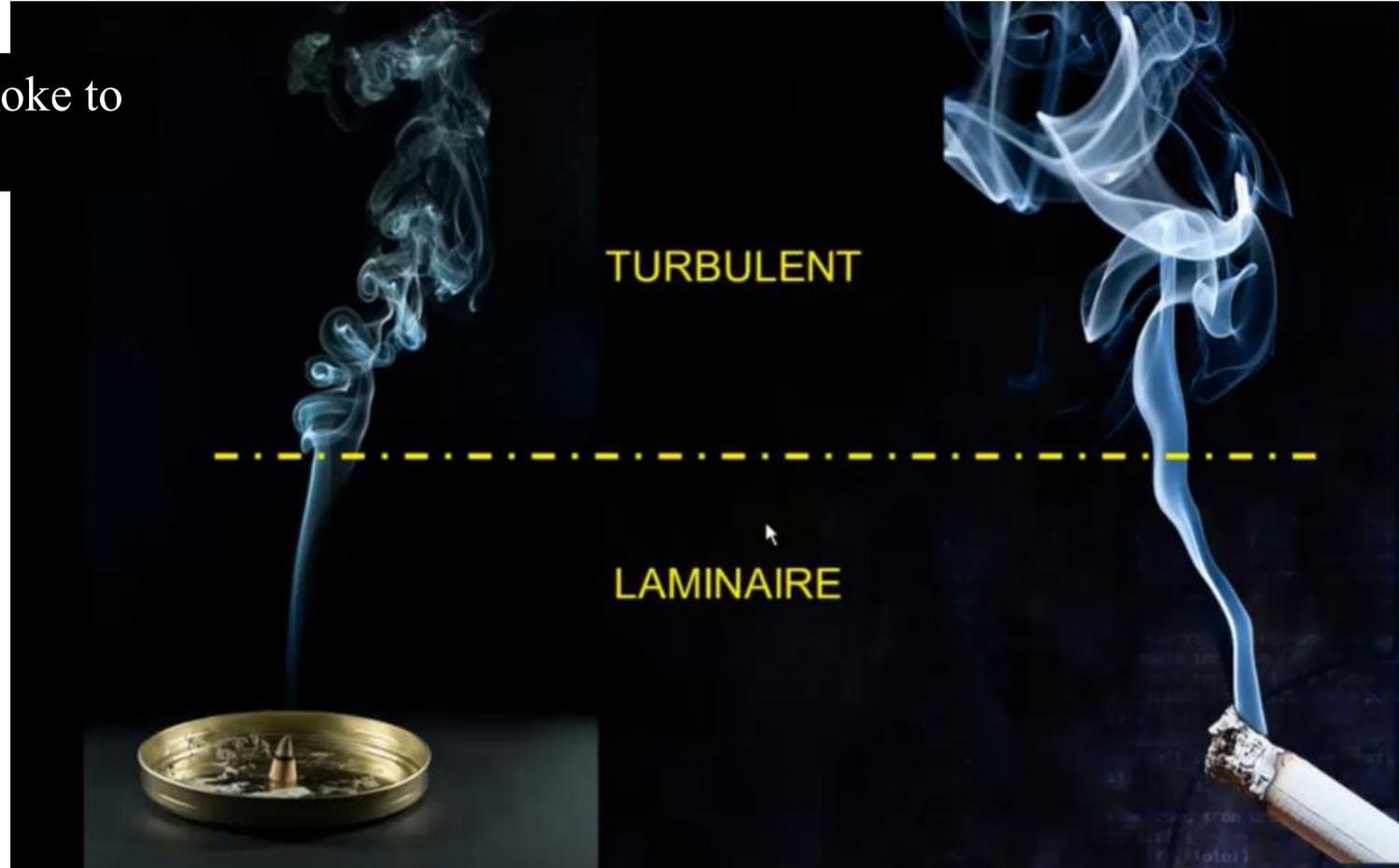
➡ Archimedes' buoyant force causes the smoke to rise.

which causes

➡ An acceleration

➡ The velocity increases

➡ The flow becomes turbulent.



couche limite

Introduction

Le concept de couche limite a été introduit pour la première fois par un ingénieur allemand, Prandtl, en 1904. Selon la théorie de Prandtl, lorsqu'un fluide réel s'écoule sur une paroi solide fixe, l'écoulement est divisé en deux régions.

i) Une couche mince au voisinage de la paroi solide où les forces visqueuses et la rotation ne peuvent être négligées.

ii) Une région externe où les forces visqueuses sont très petites et peuvent être négligées.

Le comportement de l'écoulement est similaire à l'écoulement libre en amont.

2.2 Définitions et caractéristiques de la couche limite

L'écoulement d'un fluide visqueux sur une paroi solide représente une région dans laquelle la vitesse augmente de zéro à la paroi et s'approche de la vitesse de l'écoulement libre. Cette région

s'appelle la couche limite.

La figure 2.1 montre le développement d'une couche limite sur un côté d'une longue plaque plane parallèle au sens de l'écoulement.

Le gradient de vitesse provoque une contrainte de cisaillement importante au niveau de la paroi τ_0 (ou τ_w). Comme le montre la **figure 2.1** :

$$\tau_0 = \mu \left(\frac{du}{dy} \right)_{y=0}$$

Remarques :

Le gradient de vitesse dans la couche limite turbulente est plus grand que celui dans la couche limite laminaire.

* Une région d'entrée où la couche limite se développe et $dp/dx \neq Cte$, la pression est constante,

* Une région où l'écoulement est complètement établi où :

- La couche limite remplit toute la zone d'écoulement.
- Les profils de vitesse, le gradient de pression, et la contrainte de cisaillement sont constants ; c'est-à-dire qu'ils ne sont pas en fonction de (x) ,
- L'écoulement est soit laminaire, soit turbulent sur toute la longueur de l'écoulement, c'est-à-dire que la phase de transition n'est pas prise en compte.

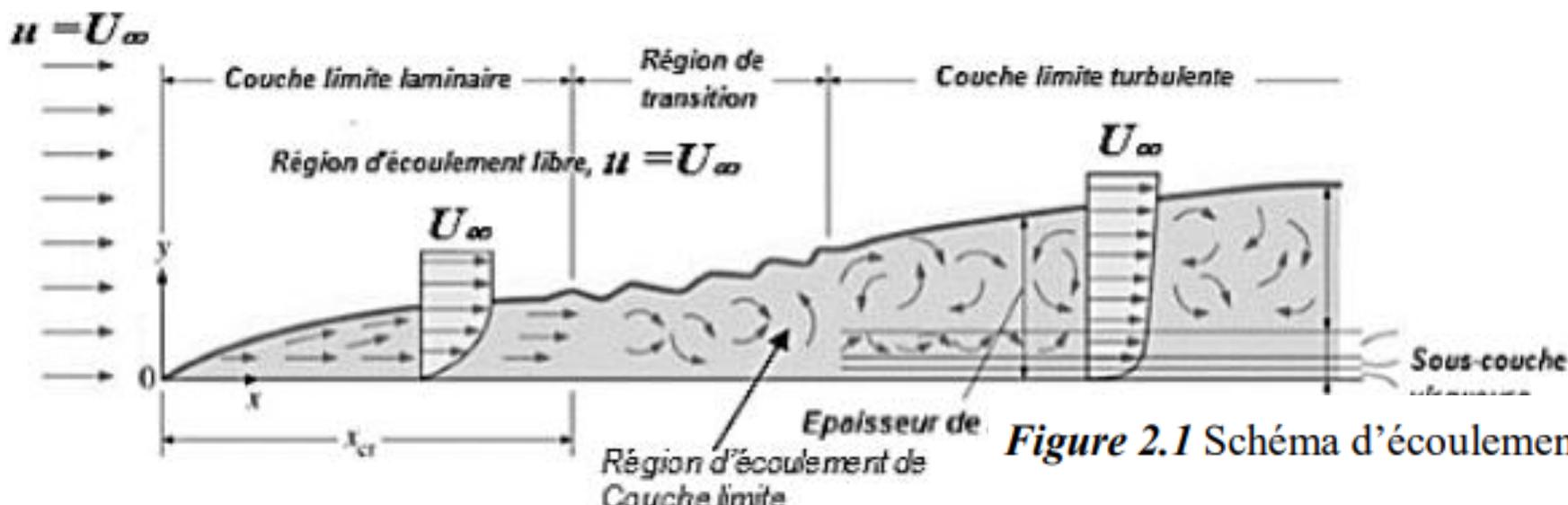
Cependant, les caractéristiques de la couche limite d'écoulement visqueux pour les écoulements externes sont comme indiqué ci-dessous pour l'écoulement sur une plaque plane :

Considérons un écoulement sur une plaque plane, comme illustré à la **figure 2.1**.

↳ l'épaisseur de la couche limite ne dépend que de Re .

↳ au sein de la couche limite, l'écoulement peut être soit laminaire, soit turbulent (cela dépend également de Re).

$$Re = \frac{V \cdot x}{\nu} \quad X: \text{distance à partir du bord d'attaque}$$



2 - Grandeurs caractéristiques de la couche limite

nt sur la plaque peut être divisé en deux domaines.

δ écoulement de couche limite dans laquelle l'effet de force visqueuse est

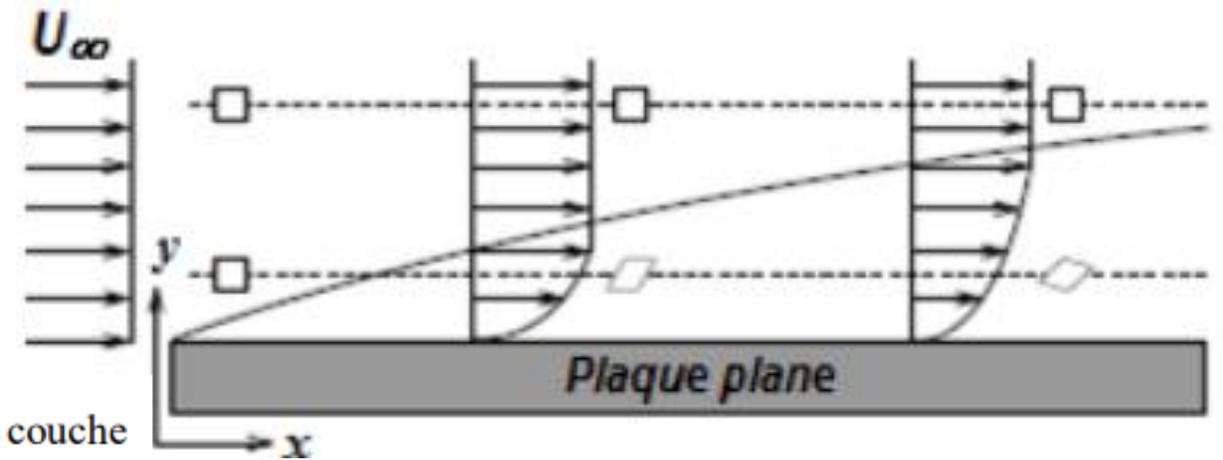
e la condition de non-glissement à la paroi, la première couche de fluide subit un

. Cette couche retardée provoque un retard supplémentaire pour la couche

éveloppant ainsi une région mince dans laquelle la vitesse d'écoulement augmente

paroi solide et se rapproche de la vitesse de l'écoulement libre.

Figure 2.2 Rotation des particules fluides dans la zone de couche limite



raison de la présence d'un gradient de vitesse à l'intérieur de la région de la couche

particules fluides au sommet commencent à se déformer, lesquelles ont une vitesse

celle se trouvant en bas. Cette force provoque la rotation de la particule fluide

énètre dans la région de la couche limite (voir la **figure 2.2**). Par conséquent,

de fluide est appelée également écoulement rotationnel.

Zone d'écoulement externe à la couche limite où la force visqueuse est très faible

négligée. Il n'y a pas de gradient de vitesse dans cette zone et la particule fluide ne

rotation lorsqu'elle entrera dans la région extérieure à la couche limite. Par

l'écoulement est également appelé écoulement irrotationnel.

montre la figure, les conditions de la couche limite sont que le fluide adhère à la

$$u = v = 0 \text{ à } y = 0 \quad (2.1)$$