



Aero et MécaVol pour les nuls

La traînée de pression :

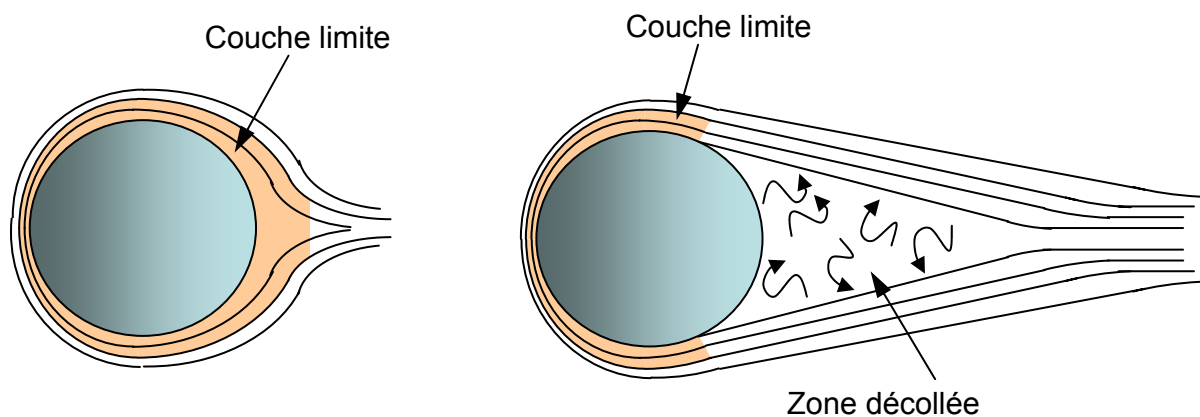
Seconde composant de la traînée de forme, la traînée de pression est elle aussi une conséquence de la nature visqueuse des fluides, et du fait que cette viscosité provoque l'apparition d'une couche limite au voisinage de l'objet.

Comme l'a montré l'analyse des forces de portance, en écoulement non-visqueux les filets d'air contournent au plus près l'objet quelque soit sa forme, et la traînée est nulle car les surpressions en amont sont compensées par les dépressions en aval, comme sur la sphère de l'exemple dans le n° 332. Il en serait de même avec une plaque plane perpendiculaire à l'écoulement, ce qui n'est pas très réaliste !

Dans le cas d'un écoulement visqueux, le comportement de l'écoulement autour des objets dépend de la couche limite, et du nombre de Reynolds (donc de la vitesse et de la dimension de l'objet).

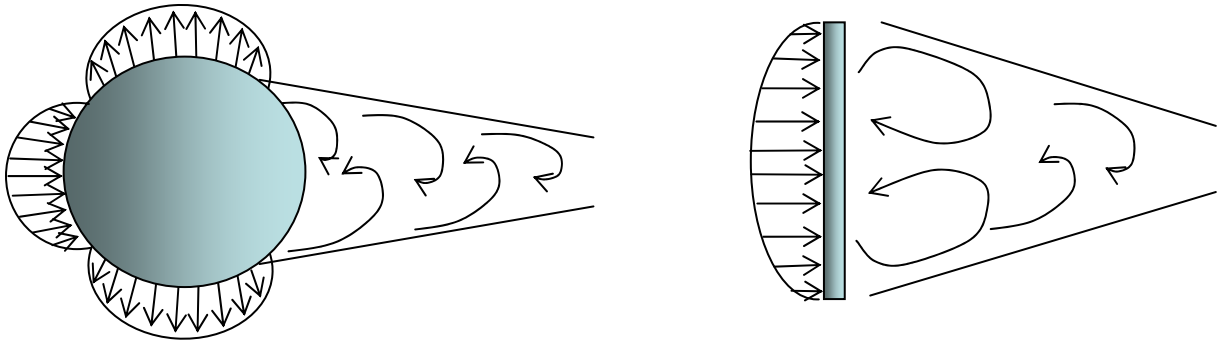
Pour un très faible nombre de Reynolds de 10 (soit une vitesse de 1mm/s pour une sphère de 10 cm de diamètre), l'écoulement est très similaire à un écoulement en fluide non visqueux. Il est à noter qu'une couche limite se développe, mais qu'il n'y a pas de décollement.

Dès que le nombre de Reynolds est de l'ordre de 30-50 environ, la couche limite se décolle de l'objet, en un point très particulier, qui dépend justement des paramètres de la couche limite à cet endroit.



Plusieurs effets sont à remarquer :

- Tout d'abord, dans les 2 cas, il existe une traînée de viscosité due à la variation de vitesse de la couche limite à l'interface de l'objet, telle qu'elle a été décrite la dernière fois.
- Ensuite, dans le second cas, la somme des forces de pression sur l'objet n'est plus nulle à cause du décollement. En gros, seules les forces de surpression subsistent en amont. En réalité, la pression n'est pas nulle « sous le vent » de la sphère, car la nature tourbillonnaire de l'écoulement peut provoquer une surpression en aval, comme par exemple derrière une plaque plane. Dans le cas d'un profil d'aile ou d'un objet quelconque plus ou moins fuselé (un pilote, un harnais delta, un fuselage), toute zone décollée provoque une traînée à cause du déficit sur la somme des forces de pression autour de l'objet.



Pourquoi la couche limite se décolle-t-elle ? :

Nous avons vu la dernière fois que la couche limite est cette zone particulière où les « couches » d'air glissent les unes sur les autres avec des vitesses en accroissement.

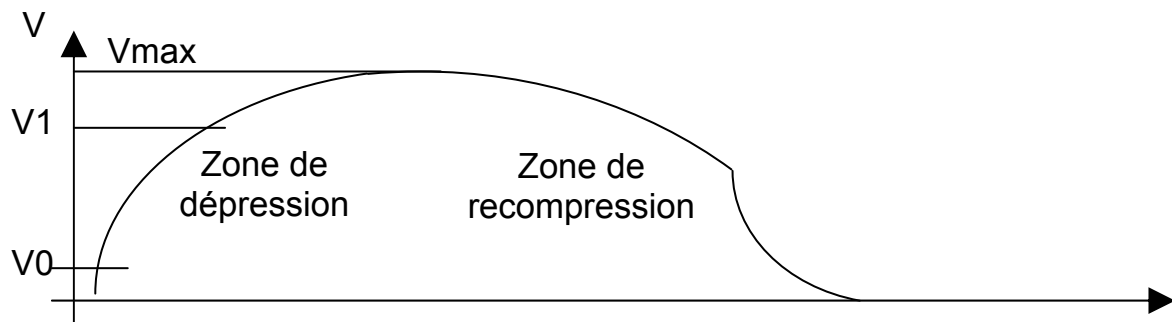
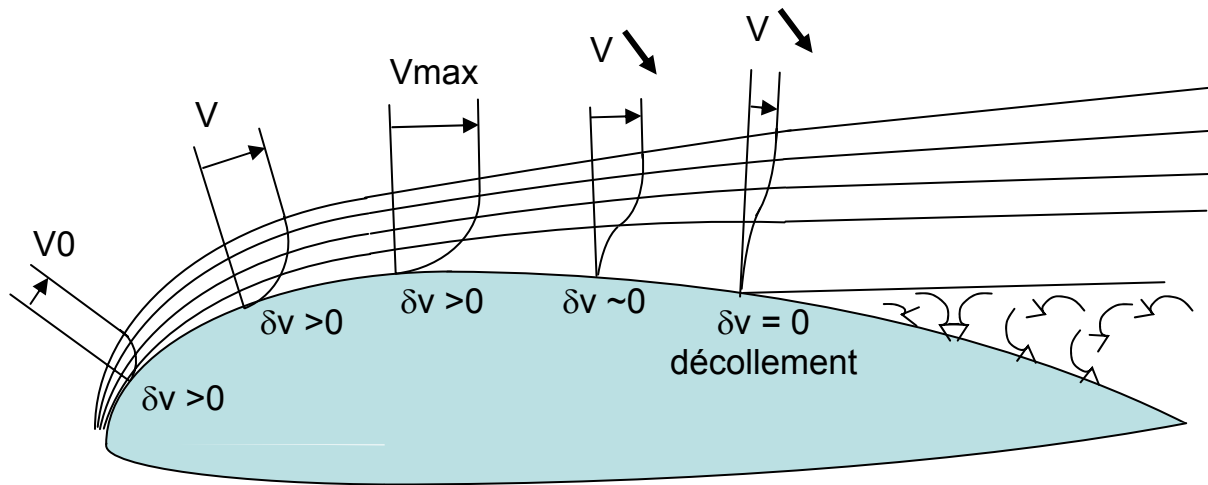
Cette couche limite est toujours en épaisseur à partir de l'avant de l'objet.

Sur un objet tel qu'une sphère ou un extradors d'aile, il existe plusieurs zones. Une zone avant, d'augmentation de vitesse de l'écoulement (et de diminution de pression), une zone arrière de diminution de vitesse de l'écoulement (dite zone de recompression) jusqu'au bord de fuite. C'est ce qui est représenté par la fameuse « bosse » du coefficient de pression à l'extrados, pour le profil du n° 332.

Dans zone avant, la couche limite s'épaissit, et augmente en vitesse. Dans la zone arrière, elle continue à s'épaissir, et diminue en vitesse. C'est là que se pose le problème :

- La vitesse peut diminuer très vite selon la forme plus ou moins courbée de la zone arrière.
- la totalité de la variation de vitesse se répartit sur une épaisseur plus grande, et donc le proche interface de l'objet peut être le siège de variations de vitesse de plus en plus faibles jusqu'à devenir nulles

- si la variation de vitesse devient nulle au niveau de l'interface, les couches successives à ce niveau ne sont plus le siège de forces de viscosité « adhérentes » : la couche limite se « décolle ».

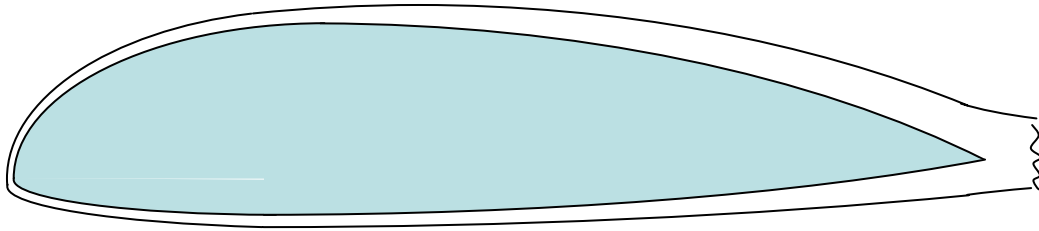


En fait, la couche limite devient de plus en plus « fragile » au fur et à mesure que la zone de recompression est rapide (forte courbure). Il suffit d'une petite aspérité pour qu'elle se décolle avant la zone de décollement naturel. D'où encore une fois l'avantage de soigner les états de surface.

La couche limite est vraiment à la fois importante et très sensible. Il y a peut-être une raison à son appellation « féminine ». Comme nos compagnes, elle nous est indispensable, et peut nous laisser « tomber » si elle n'est pas l'objet de toutes les attentions...

Et sans décollements ? :

S'il n'y a pas de décollement, c'est-à-dire si le designer a bien fait son travail, on pourrait espérer une traînée de pression nulle. Ce n'est pas tout à fait vrai. En effet, la couche limite créée autour de l'objet « épaisit » en quelque sorte celui-ci, jusqu'au bord de fuite par exemple dans le cas d'un profil. Il se crée donc une sorte de « culot » où il existe un déficit de vitesse d'écoulement, donc une traînée de pression résiduelle, augmentant de l'ordre de 10% la traînée de frottement.



Tout « l'art » d'un bon aérodynamicien est de faire en sorte que ce culot soit le plus faible possible.

En résumé de ces deux dernières chroniques :

- la traînée d'un objet est minimale lorsque celui-ci est correctement profilé, elle se réduit à la traînée de frottement augmentée d'une petite composante de traînée de pression.
- Dès que l'écoulement est décollé, une traînée importante de pression apparaît.
- Eviter les décollements résulte d'un travail de forme (recompression très progressive) et d'état de surface.

La prochaine chronique sera consacrée à la traînée induite, et une synthèse des forces de traînée.

Quelques sites web sur la traînée de pression :

http://www.princeton.edu/~asmits/Bicycle_web/blunt.html

<http://www.phys.virginia.edu/classes/311/notes/fluids2/node11.html>

Une superbe animation de couche limite et décollement autour d'un profil NACA 0012, et d'un cylindre (un peu long à télécharger, mais superbe). Un zoom sur le cylindre permet de visualiser la zone de variation de vitesse dans la couche limite :

http://www2.icfd.co.jp/examples/naca0012_2d/na2.htm

<http://www2.icfd.co.jp/examples/cylinder10e5/kr2.htm>

