
Écoulements à grand nombre de Reynolds

J. Cousteix

L'une des caractéristiques importantes des écoulements en aérodynamique est que le nombre de Reynolds est grand devant l'unité. Il est ainsi possible d'envisager des approximations qui permettent de bien comprendre la structure des écoulements. Ces développements ont été rendus possibles en grande partie grâce à l'application de méthodes d'analyse asymptotique dont les principes sont présentés dans les interventions de J. Mauss.

L'une des percées majeures a été l'introduction du concept de couche limite par PRANDTL dont l'application s'est révélée des plus fructueuses. La théorie a été formalisée beaucoup plus tard par la mise en œuvre de la méthode des développements asymptotiques raccordés. Une amélioration a été aussi proposée avec la théorie de la couche limite au second ordre.

Les solutions numériques des équations de couche limite ont rapidement révélé une difficulté quand, sous l'effet d'un gradient de pression positif, en bidimensionnel, le coefficient de frottement pariétal diminue jusqu'à s'annuler. Parmi différents résultats, GOLDSTEIN a montré que, en général, il n'est pas possible de poursuivre le calcul de couche limite en aval du point où le profil de vitesses a une dérivée nulle à la paroi (tension pariétale nulle).

Avec l'analyse de Lighthill du phénomène d'influence amont en supersonique, une étape décisive a été franchie. Le problème posé est celui de la propagation d'une perturbation de couche limite de plaque plane, par exemple une petite déviation de la paroi, lorsque l'écoulement à l'extérieur de la couche limite est supersonique. Une théorie de petites perturbations a été proposée dans laquelle l'écoulement perturbé est structuré en trois couches.

En fait, la question abordée était celle de l'interaction visqueuse-non visqueuse, c'est-à-dire l'interaction entre la couche limite et la zone d'écoulement non visqueux. La compréhension de ces phénomènes a donc reçu un éclairage nouveau avec l'analyse de Lighthill. Elle a été complétée par la théorie de la triple couche, ou triple pont, qui envisage le décollement de la couche limite.

Dans les écoulements confinés, par exemple dans un canal à parois parallèles des problèmes analogues se posent lorsque la paroi est déformée localement. Cependant, ces écoulements présentent des spécificités par rapport aux écoulements externes.

Les questions évoquées ci-dessus seront abordées avec l'éclairage nouveau de la MASC (ou de la MAUV). Il sera montré en particulier que cette technique apporte une justification complète des méthodes de couplage entre la couche limite et l'écoulement non visqueux largement appliquées avec succès en aérodynamique.