

Au sujet des conditions aux limites pour quelques écoulements en milieu ouvert ou partiellement confiné

Patrick LE QUÉRÉ

LIMSI, UPR CNRS, BP 133, 91403 Orsay Cedex

Dans de nombreuses situations, la modélisation d'écoulements en vue de leur simulation conduit à considérer que les écoulements en question se produisent dans des domaines géométriques délimités en partie ou en totalité par des frontières artificielles. L'imposition de conditions aux limites appropriées sur les frontières artificielles est une question essentielle pour la pertinence et la qualité des simulations et a fait l'objet de très nombreux travaux, qui se sont en général concentrés sur la partie des frontières où l'écoulement est sortant, la question des conditions aux limites entrantes étant réputée de difficulté moindre. S'il en est bien ainsi dans des situations de convection forcée, où l'on peut raisonnablement se donner des conditions de type Dirichlet en entrée, il n'en est pas de même pour des situations où le moteur de l'écoulement est à l'intérieur du domaine de calcul et où ce qui se passe sur la frontière entrante n'est pas connu et ne peut donc être imposé a priori. Un remède à cette constatation a été de considérer des conditions de type Neumann, dans l'espoir de ne pas contraindre l'écoulement trop fortement sur sa frontière entrante. Une situation prototype de ce type de situation est l'écoulement en canal vertical, avec des conditions aux limites variées en température, situation donnant lieu à l'effet cheminée, exemple typique de couplage intrinsèque entre écoulement et transfert. Un benchmark organisé au sein de la communauté française a mis en évidence un éparpillement considérable des solutions, qui ne peut être mis sur le compte des seules différences dans les qualités d'approximation des différents codes ou algorithmes utilisés, ce qui peut amener à se poser la question du caractère bien posé du problème test tel que défini ou des modalités d'implémentation des conditions aux limites prescrites. Nous avons examiné cette question en recherchant les modes du noyau de l'opérateur de Stokes discret correspondant à cette configuration. Pour ne pas nous heurter à la difficulté additionnelle liée à l'existence d'éventuels modes parasites de pression, nous nous sommes placés, dans un premier temps, dans le cas d'un maillage et une discrétisation de type MAC ou maillage décalé. La décomposition en valeurs singulières de l'opérateur discret permet de caractériser la dimension du noyau qui, dans le meilleur des cas, doit se réduire au seul mode trivial, la paire (vitesse nulle, pression constante). Lorsque ceci n'est pas le cas, la solution non-linéaire du problème stationnaire n'est alors déterminée qu'à une combinaison linéaire des autres modes du noyau près. La reconnaissance de cette indétermination permet alors de proposer un algorithme de superposition consistant à utiliser cette propriété pour contraindre la solution à vérifier une ou des conditions supplémentaires, en nombre égal à la dimension du noyau, comme une différence de pression entre deux points par exemple ou une vorticité entrante. Nous présentons des applications cette stratégie dans un certain nombre de configurations test, canal vertical, couche limite de convection, corps chaud en cavité ventilée... Cette procédure trouve également à s'appliquer dans un certain nombre d'autres configurations, comme celle d'un écoulement en tuyau présentant plusieurs sorties ou des écoulements de type jet libre pas exemple.