

MEC 6616 Aérodynamique Numérique – Automne 2025  
LAP2 - Laboratoire d'apprentissage programmation 2 - Semaine 2

Travail en équipe de 3 personnes  
Pondération : 5% de la note globale  
À remettre le 15 septembre 2025  
(10 % pénalité par jour de retard)

### Convection-diffusion 1D

On désire calculer la solution numérique de l'équation de convection-diffusion en 1D :

$$\frac{d}{dx}(\rho u \phi) = \frac{d}{dx} \left( \Gamma \frac{d\phi}{dx} \right)$$

On calculera la solution numérique à l'aide des schémas Central et Upwind, tels que présentés par Versteeg aux sections 5.3 et 5.6.

1. Trouver les coefficients  $a_w$ ,  $a_E$ ,  $a_P$ ,  $S_u$  et  $S_p$  pour une cellule P pour les cas de figures suivants :
  - a. Cellule au centre, schéma centré et upwind
  - b. Cellule en frontière gauche, C.L. Dirichlet, schéma centré
  - c. Cellule en frontière gauche, C.L. Dirichlet, schéma upwind ( $u$  positif)
  - d. Cellule en frontière droite, C.L. Dirichlet, schéma upwind ( $u$  positif)
  - e. Cellule en frontière droite, C.L. Dirichlet, schéma centré

La solution analytique est donnée par la relation suivante :

**Solution exacte**

La solution de l'équation 1D :

$$\frac{d}{dx}(\rho u \Phi) = \frac{d}{dx} \left( \Gamma \frac{d\Phi}{dx} \right)$$

aux frontières  $x = 0 \quad \Phi = \Phi_o$   
 $x = L \quad \Phi = \Phi_L$

$$\frac{\Phi - \Phi_o}{\Phi_L - \Phi_o} = \frac{\exp\left(P \frac{x}{L}\right) - 1}{\exp(P) - 1}$$

$P \equiv \frac{\rho u L}{\Gamma}$

2. Écrire un programme Python qui forme le système matriciel et qui le résout pour différentes valeurs des paramètres pour des conditions limites de Dirichlet aux deux extrémités. Reproduire les exemples 5.1 et 5.2 du livre de Versteeg et Malalasekera.
3. Déterminez l'ordre de convergence observé des méthodes Upwind et Centré

## DÉPOT SUR MOODLE

Déposer votre programme Python sur MOODLE avant le Lundi 16 septembre 23h55. Je vais exécuter le programme et je vais vérifier que :

- ï Votre programme fonctionne tel qu'attendu
- ï Votre programme est facile à comprendre
- ï Le programme trace le graphe de  $T(x)$  numérique et analytique
- ï Le programme trace le graphe  $\ln(E)$  vs  $\ln(1/Nx)$
- ï Le programme calcule et affiche l'ordre de convergence observé

Une note maximale de 3% sera donnée selon la grille suivante :

Item	État			
Programme	Non-fonctionnel	Fonctionnel	Fonctionnel	Fonctionnel
Résultats	Inexistants	Plus de la moitié des résultats manquants ou erronés	Environ la moitié des résultats corrects	Tous ou presque tous les résultats corrects
Note	0%	1.0-3.0%	3.0-4%	4.0-5%