République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Faculté de Technologie

Université Batna 2
Mostefa Ben Boulaid

Département de
GENIE MECANIQUE

Concours National d'Accès à la Formation Doctorale en Génie Mécanique 2020/2021

04.03.2021

Spécialité	Epreuve	Coefficient	Durée
CM/FMP/EN/GM	Méthodes Numériques	1	1 h 30

Sujet N°01

Exercice 01 : (7 pts)

Soit la fonction $f(x) = 1/x$ qui passe par les points *(2.0, 0.5), (2.5, 0.4), (4.0, 0.25).*

1. Trouver la parabole d'interpolation de *Lagrange* $P(x)$, **sous la forme simplifiée**, qui passe par ces points.
2. Calculer l'approximation de $f(2.2)$.
3. Estimer l'erreur maximale de cette approximation.

Exercice 02 : (7 pts)

Résoudre le système d'équations ci-dessous en utilisant la factorisation LU (Crout):

U=0

$$\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 - 2 = 0 \\ 2x_1 + 3x_2 + 5x_3 + 3 = 0 \\ 3x_1 + 2x_2 - 3x_3 - 6 = 0 \end{cases}$$

Exercice 03 : (6 pts)

Soit a un réel donné ($a \neq 0$). On veut calculer son inverse $1/a$ par la méthode de *Newton-Raphson*.

1. Montrer que l'*équation récurrente* peut s'écrire sous la forme :

   $x_{n+1} = \alpha x_n^2 + \beta x_n + \gamma$, où α, β et γ sont des constantes à déterminer.
2. Résoudre, à *4 décimales près*, l'équation récurrente avec $a = 2.2$ et $x_0 = 0.2$.

Bon courage

04/03/2021

Concours d'accès au Doctorat 3ème cycle LMD 2020-2021
Filière : Génie Mécanique, spécialité : énergétique
Epreuve : Mécanique des fluides

Exercice 01 (07 pts)

Dans un champ de vitesse d'un écoulement de fluide parfait incompressible. Le fluide s'écoule dans un tube d'axe vertical (Oz) de section non-uniforme. Le régime d'écoulement étant permanent. Le champ de vitesses en coordonnées cylindriques est de la forme : $\vec{V} = 2kr\,\vec{u}_r + k'z\vec{u}_z$

1. a) Exprimer k' en fonction de k ;
   b) Montrer que l'écoulement est irrotationnel
2. Déterminer la fonction potentiel de vitesse $\emptyset(r,\theta,z)$ et calculer son Laplacien $\Delta\emptyset$
3. Déterminer l'équation des lignes de courant ensuite procéder à sa représentation

On rappelle qu'en coordonnées cylindriques pour : $A\,(A_r, A_\theta, A_z)$

$$Div\,\vec{A} = \frac{1}{r}\frac{\partial(rA_r)}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial A_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial A_z}{\partial z}; \qquad \overrightarrow{grad}\,A = \frac{\partial A_r}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial A_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

$$\Delta A = \frac{1}{r}\frac{\partial A}{\partial r} + \frac{\partial^2 A}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 A}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial z^2}$$

$$\overrightarrow{rot}A = \left(\frac{\partial A_z}{r\partial\theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial z}\right)\vec{U_r} + \left(\frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r}\right)\vec{U_\theta} + \left(\frac{1}{r}\frac{\partial rA_\theta}{\partial r} - \frac{1}{r}\frac{\partial A_r}{\partial \theta}\right)$$

Exercice 02 (07 pts)

Une maquette d'avion est réalisée à l'échelle 1/10. Elle décolle à la vitesse de 50 km/h. En négligeant l'influence des variations du nombre de *Reynolds* sur Cz (coefficient de portance), calculer la vitesse V de décollage du prototype (au décollage, le poids W s'équilibre avec la portance F_z selon la relation $W = F_z = \frac{1}{2}C_z\rho AV^2$), A étant la section. On supposera aussi que la maquette et le prototype sont construits avec les mêmes matériaux.

Exercice 03 (06 pts)

L'eau s'écoule en régime établi et permanent le long d'une plaque plane poreuse (Fig.1). Une aspiration constante est appliquée le long de la section poreuse-ad. Le profil de vitesse à la section-cd est:

$$\frac{u}{U_\infty} = 3\left[\frac{y}{\delta}\right] - 2\left[\frac{y}{\delta}\right]^{1.5}$$

-Évaluer le débit massique dans la section-bc.

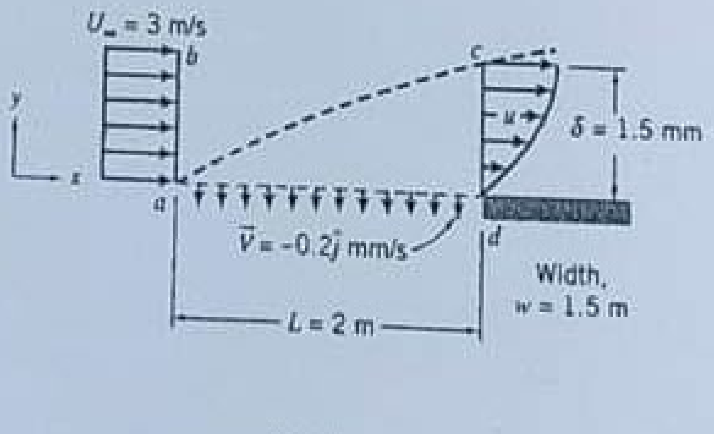


Fig.1

(L'expression **width** *w* sur le graphe représente l'épaisseur de la plaque).

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Belhadj Bouchaib - Ain Témouchant (UBB-AT)

جامعة بلحاج بوشعيب
عين تموشنت

Faculté des sciences et de technologie

كلية العلوم والتكنولوجيا

Concours d'accès au Doctorat 3ème cycle LMD 2020-2021
Filière : Génie Mécanique
Epreuve : Transfert de chaleur

Questions de cours (06 pts)

1. On considère le transfert de chaleur entre deux fluides séparés par un mur simple, k est la conductivité du mur :
donner l'expression du flux de chaleur traversant le mur dans les trois situations :

- convection fluide 1/mur
- conduction à travers le mur,
- convection mur/fluide 2

Analogiquement à la théorie électrique et en comparant les lois de **Fourier** et celle de **Newton** du coté thermique à la loi d'**Ohm** du coté électrique, on peut considérer que les termes : RCV1, RCD et RCV2 représentent dans ce cas, les résistances thermiques.

- Donner l'expression des résistances thermiques RCV1, RCD et RCV2
- Tracer le schéma électrique équivalent.

2. On considère le mur composé de plusieurs couches de différents matériaux illustré ci-dessous

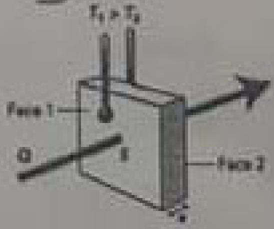
- Tracer le schéma électrique équivalent.

Exercice 1 (08 pts)

Considérons la plaque de base d'un fer à repasser domestique de 1200 W qui a une épaisseur de L= 0,5 cm, une surface de base de A = 300 cm² et une conductivité thermique de k= 15 W/m °C. La surface intérieure de la plaque de base est soumise à un flux de chaleur uniforme généré par les résistances chauffantes à l'intérieur, et la surface extérieure perd de la chaleur vers l'environnement à T = 20 ° C par convection, comme le montre la figure ci-contre.

En prenant le coefficient de transfert de chaleur par convection à h = 80 W/m·°C et en ne tenant pas compte de la perte de chaleur par rayonnement, obtenez une expression de la variation de température dans la plaque de base et évaluez les températures sur les surfaces intérieure et extérieure.

Exercice 2 (06 pts)



La fenêtre d'une chambre est constituée d'un simple vitrage.
La température de la chambre est Ti=19°C et la température extérieure Te= -1 °C.
Ces températures sont considérées constantes.

1. Schématiser la situation en précisant le sens du transfert thermique à travers la vitre.
2. Calculer la valeur du flux thermique à travers la vitre.
3. Quelle est l'énergie thermique transférée en 1,25 h ?

Données : La résistance thermique de cette vitre est: $R_{th}=5\times10^{-3}$ K.W^{-1}

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
Faculté de Génie Mécanique et de Génie des Procédés

USTHB

CONCOURS D'ACCÈS EN PREMIÈRE ANNÉE DOCTORAT (D-LMD) 2020/2021
FILIERE : GENIE MECANIQUE

Epreuve de Spécialité : Energétique (Durée : 02H)
Mécanique des Fluides et Transfert de Chaleur

Exercice 1 (10 pts)

On considère l'écoulement d'un fluide Newtonien et incompressible à travers un canal limité entre deux plaques plane et horizontales. Le canal est constitué de deux tronçons de même longueur L et de hauteurs différentes $h_1 > h_2$ (voir Fig. a). La plaque supérieure du canal est fixe, tandis que la plaque inférieure se déplace avec une vitesse constante U, entraînant le fluide à travers l'espace de hauteur h_2. La pression le long du canal varie linéairement et passe par un extremum P_M à $x = L$ (voir Fig. b).

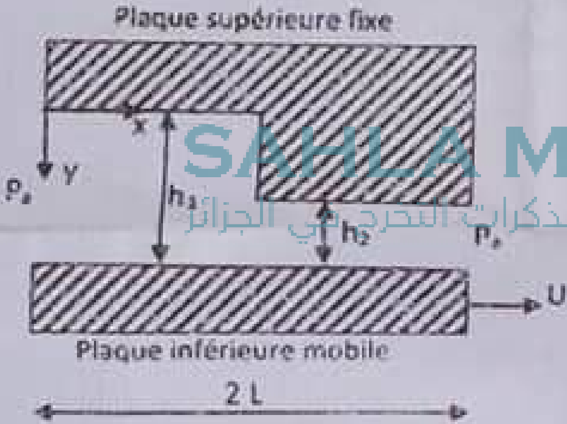


Fig. (a)

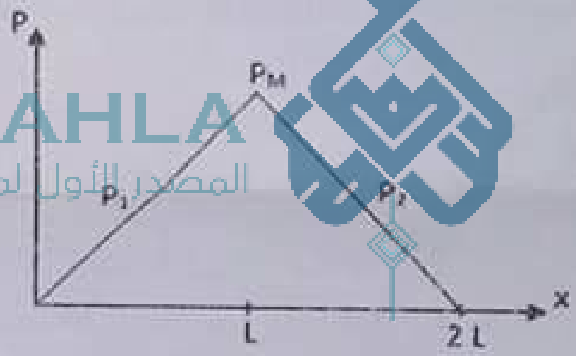


Fig. (b)

Hypothèses :

- Régime d'écoulement stationnaire, laminaire et complètement développé,
- Forces de pesanteur négligeables,
- Prendre une profondeur unitaire et la pression $P_a = 0$ comme référence.

1. Déterminer les expressions de la distribution de la vitesse dans les deux tronçons du canal, puis représenter les graphiquement.
2. Trouver les débits volumiques correspondants en fonction de P_M, U, h_1, h_2 et L.
3. Calculer la pression P_M au milieu du canal.

On donne : U = 1 m/s, L = 20 cm, h_1 = 20 cm, h_2 = 10 cm, $\mu = 10^{-3}$ Pa s, $\rho = 980\ kg/m^3$.

La forme vectorielle des équations de Navier-Stokes est :

$$-\frac{1}{\rho}\overrightarrow{grad}\,P + \vec{F} + \nu\Delta\vec{V} = \frac{D\vec{V}}{Dt}$$

Exercice 2 (05 pts)

Une plaque plane verticale de longueur L et largeur ℓ, maintenue à une température constante T_p, est contournée par un écoulement d'air ascendant à une vitesse U_∞ et une température T_∞.

1. Montrer que le transfert de chaleur entre la plaque et l'air se fait par convection mixte.
2. Retrouver les expressions et les valeurs des coefficients d'échange convectif moyens relatifs à la longueur de la plaque $\bar{h}_{LCF}$ pour la convection forcée et $\bar{h}_{LCN}$ pour la convection naturelle.
3. Calculer le nombre de Nusselt moyen $\overline{Nu}_{LM}$ en mode de convection mixte.
4. Déterminer la valeur du coefficient d'échange convectif moyen correspondant $\bar{h}_{LM}$.
5. En déduire le flux de chaleur total entre la plaque et l'air.
6. Que devient la valeur de ce flux si l'écoulement d'air est descendant ?

Données : L = 5 m ; ℓ = 1 m ; T_p = 100 °C ; T_∞ = 20 °C ; U_∞ = 3 m/s ; g = 9.81 m/s^2

Pour l'air : $\nu = 17.5\times10^{-6}$ m^2/s ; $k = 27.5\times10^{-3}$ W/m K ; $\beta = 3.1\times10^{-3}$ K^{-1} ; Pr = 0.75

Pour une plaque plane en convection forcée : $Re_c = 5\times10^5$

$Nu_x = 0.332\, Re_x^{0.5}\, Pr^{1/3}$: Régime laminaire

$Nu_x = 0.0296\, Re_x^{0.8}\, Pr^{1/3}$: Régime turbulent

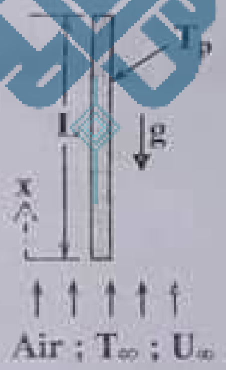
Pour une plaque verticale en convection naturelle : $\overline{Nu}_L = \left\{0.825 + \dfrac{0.387 Ra_L^{1/6}}{\left[1+\left(\frac{0.492}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{8/27}}\right\}^2$

Pour un écoulement ascendant sur une plaque verticale en convection mixte :

$$\overline{Nu}^3_{LM} = \overline{Nu}^3_{LCF} + \overline{Nu}^3_{LCN}$$

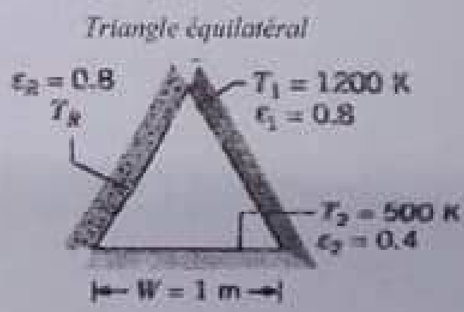
Pour un écoulement descendant sur une plaque verticale en convection mixte :

$$\overline{Nu}^3_{LM} = \overline{Nu}^3_{LCF} - \overline{Nu}^3_{LCN}$$



Exercice 3 (05 pts)

Un four sous forme d'un long cylindre a une section droite triangulaire équilatérale de coté W = 1 m, voir figure. La surface de droite du four d'une émissivité $\varepsilon_1 = 0.8$ est maintenue à une température constante T_1 = 1200 K. La surface de base du four d'une émissivité $\varepsilon_2 = 0.4$ est maintenue à une température constante T_2 = 500 K. La troisième surface du four est une surface réfractaire et thermiquement isolée.



1. Donner le schéma analogique des échanges thermiques radiatifs dans le four.
2. Calculer le flux de chaleur de chauffage fourni par la première surface.
3. Calculer les radiosités des trois surfaces du four et en déduire la température de la troisième surface.

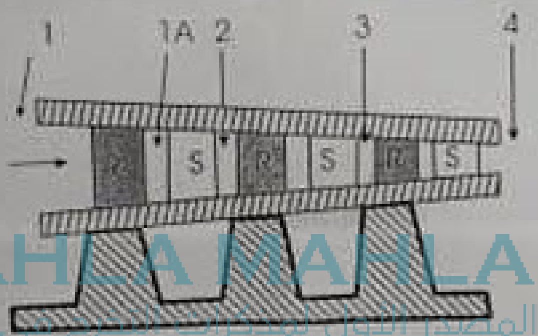
Remarque : faire les calculs par unité de longueur.

Université Frères Mentouri Constantine1
Faculté des Sciences de la Technologie
Département Génie Mécanique
Concours doctoral:
Partie :Turbomachines(le 06/03/2021)

Exercice (10 pts)

Le premier étage d'un compresseur axial de 3 étages reçoit de l'air avec une vitesse de 100 m/s, une pression statique de 100 kPa et une température statique de 15°C.
Les caractéristiques suivantes peuvent être assumées :

- vitesse axiale constante,
- déflexion de l'écoulement de 25° (dans le repère absolu) à chaque rotor,
- écoulement purement axial à l'entrée de chaque rotor,
- rayon moyen $r_m = 0.2$ m
- hauteur des pales du 1er rotor h = 1 cm,
- vitesse de rotation N = 8000rpm,
- rendement polytropique $\eta_p = 0.9$,



- gaz parfait $\gamma = 1.4$
- $R = 287$ J/kgK

Calculez :

a) Le rapport de pression totale de chaque étage et du compresseur,

b) La puissance requise par le compresseur, partie Moteur

Exercice : (10 pts)

Un moteur à explosion à 4 temps et à 4 cylindres présente les caractéristiques suivantes :

La vitesse de rotation = 2500 [tours/mn], le pouvoir calorifique inférieur du carburant = 42000 [KJ/Kg], la température à l'admission = 27 [C], la pression à l'admission = 1 [Bar], la course du piston = 132 [mm], l'alésage du moteur = 110 [mm], le rapport de compression volumique = 7, le rapport masse air/masse carburant = 14 et le rendement mécanique = 0,80. On tiendra compte de la masse du carburant.

Déterminer :

1) Les paramètres d'état aux sommets du cycle.
2) Le rendement thermique du cycle.
3) La vitesse de rotation de l'arbre à cames et la vitesse moyenne du piston.
4) Le nombre de cycles/secondes et le nombre d'allumages possibles.
5) Le temps compris entre 2 allumages successifs.
6) Le travail indiqué du cycle.
7) Les pressions moyennes : indiquée, effective et de frottement.
8) Les puissances : indiquée, effective et de frottement.
9) Les rendements indiqué et effectif.
10) Les consommations spécifiques : indiquée, effective et horaire.
11) Le couple effectif.

On donne : La chaleur massique supposée constante $C_p = 1$ [KJ/Kg°K] et la constante r = *287[J/Kg°K].*

Université Frères Mentouri, Constantine 1
Département de Génie Mécanique
Spécialité Energétique

Concours d'entrée en première année Doctorat

Epreuve : Méthodes Numériques – Volumes finis

Exercice 1 (6pts)

Considérons le transport d'une quantité scalaire ϕ par convection et diffusion dans un champ de vitesse bidimensionnel (plan xy) connu. Ce dernier est donné par :

$$U = x \quad \text{et} \quad V = -y$$

L'équation à résoudre est :

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho U \phi) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho V \phi) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial y}\right)$$

Les propriétés du fluide sont constantes. Le domaine considéré est tel que x et y sont positifs. Le maillage est uniforme, figure 1.

Figure 1

(i) Utiliser le schéma upwind (UDS) pour le terme convectif et le schéma centré (CDS) pour le terme diffusif et discrétiser l'équation de transport pour obtenir une équation algébrique reliant ϕ_P, ϕ_E, ϕ_W, ϕ_N et ϕ_S en considérant un volume fini associé au nœud P de la figure.

(ii) Même question que (i) en utilisant le schéma centré (CDS) pour les deux termes convectif et diffusif.

(iii) Dans cet écoulement, l'erreur de l'approximation du flux convectif à travers une face dépend seulement de l'approximation utilisée pour le scalaire ϕ au niveau de cette face. Qu'est-ce que cela veut dire ?

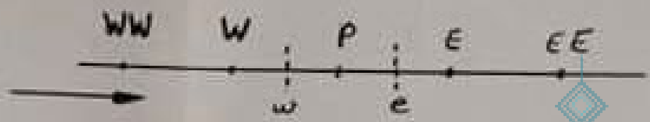
Exercice 2 (4 pts)

Soit un problème de convection-diffusion unidimensionnelle. Supposons que la direction de l'écoulement est dans le sens positif de x. Les propriétés du fluide sont constantes. L'équation de transport du scalaire ϕ s'écrit :

$$\frac{d}{dx}\left[\rho U\phi - \Gamma\frac{d\phi}{dx}\right] = 0$$

Le maillage utilisé est uniforme, figure 2.

Figure 2



(a) Montrer que le schéma QUICK, basé sur une distribution quadratique du scalaire ϕ entre les nœuds i et $i-2$, dans le cas d'un maillage uniforme, donne la valeur interpolée :

$$\phi_{i-\frac{1}{2}} = \frac{3}{8}\phi_i + \frac{6}{8}\phi_{i-1} - \frac{1}{8}\phi_{i-2}$$

(b) Utiliser le schéma QUICK pour la discrétisation du flux convectif et le schéma centré (CDS) pour la discrétisation du flux diffusif dans l'équation de convection-diffusion *1D et obtenir la forme discrétisée :*

$$a_P\phi_P = a_E\phi_E + a_W\phi_W + a_{WW}\phi_{WW}$$

Donner les expressions finales des coefficients.

Exercice 3 (10 points)

En absence de sources, la diffusion et la convection en régime permanent d'une variable ϕ dans un champ d'écoulement u unidimensionnel, sont gouvernées par :

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

(Avec ρ : La masse volumique et Γ : Coefficient de diffusion)

Utiliser le schéma numérique *QUICK* pour déduire l'équation algébrique discrétisée à un nœud interne P et ses coefficients pour les cas suivants:

1) $u>0$;
2) $u<0$.

Bonne chance

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Yahia Fares de Médéa
Faculté de Technologie

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة يحي فارس بالمدية
كلية التكنولوجيا

FEUILLE DES SUJETS DU CONCOURS DE DOCTORAT AU TITRE DE L'ANNEE UNIVERSITAIRE 2020/2021

03/04/ 2021

Spécialité	Construction mécanique, Génie des matériaux & Energétique
Epreuve	Analyse numérique
Variante	V2

<u>Exercice N°01 (06 points)</u> :

La méthode de Newton-Raphson permet de trouver des approximations numériques d'un zéro (ou racine) d'une fonction $f(x)=0$, dérivable sur un intervalle [a, b], en utilisant la relation de récurrence suivante,

$$x_{n+1}=x_n-\frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad \text{et} \quad x_0\in[a,b]$$

Le critère d'arrêt est défini par,

$$|x_{n+1}-x_n|<\epsilon$$

lorsque deux itérations successives donnent des résultats très proches, on peut supposer que l'on a convergé vers une solution, avec la précision choisie ϵ.
A l'aide de la méthode de Newton-Raphson, déterminer une valeur approchée de la racine α de l'équation

$$x-0.2\sin(x)-0.5=0 \quad \text{avec} \quad x_0=1, \tag{1}$$

avec une précision de $\epsilon=10^{-10}$(dix chiffres après la virgule).

<u>Exercice N°02 (06 points)</u> :

On veut résoudre, par la méthode du pivot de Gauss, le système d'équations linéaires à 3 équations et 3 inconnues suivant :

$$\begin{cases} 3x-2y+z=2 \\ 2x+y+z=7 \\ 4x-3y+2z=4 \end{cases} \tag{2}$$

① Réécrire le système en notation matricielle de la forme $AX=B$ et écrire la matrice augmentée M associée au système.

② Transformer, on écrira tous les étapes successifs des opérations de la méthode sous forme matricielle, le système $AX=B$ en un système triangulaire supérieur $UX=C$, où U est une matrice triangulaire supérieure.

③ Résoudre le système triangulaire obtenu par remontée.

Exercice N°03 (08 points) :

En utilisant la méthode de Runge-Kutta d'ordre 4, faire trois itérations avec $h = 0{,}1$, pour l'équation différentielle suivante,

$$\begin{cases} \frac{dy(t)}{dt} = y(t)e^t \\ y(0) = 2. \end{cases} \quad (3)$$

NB : Tous les résultats doivent être présentés avec 6 chiffres après la virgule.

Rappel : Le schéma numérique explicite de Runge-Kutta d'ordre 4 est donnée par,

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4),$$

avec,

$$\begin{aligned} t_{n+1} &= t_n + h \\ k_1 &= f(t_n, y_n) \\ k_2 &= f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1) \\ k_3 &= f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2) \\ k_4 &= f(t_n + h, y_n + hk_3) \end{aligned}$$

Université Batna 2 Mostefa Ben Boulaid	République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Faculté de Technologie	Département de Génie Mécanique

Concours National d'Accès à la Formation Doctorale en Génie Mécanique 2020/2021

04/03/2021

Spécialité	Epreuve	Coefficient	Durée
Énergétique	**Transfert de chaleur et MDF**	3	2 h

Exercice 1

Une pompe de débit volumique 10,8 m^3/h et de rendement 80%, remonte de l'eau d'un lac vers un réservoir ouvert à travers une conduite de diamètre d=136 mm, formée de trois tronçons rectilignes (L_1=12 m ; L_2=10 m ; L_3= 8 m) relié par deux coudes 45°, ayant chacun un coefficient de perte de charge K_s=0,33.

On donne : les niveaux de surfaces libres : Z_1= 0 m ; Z_2= 20 m,

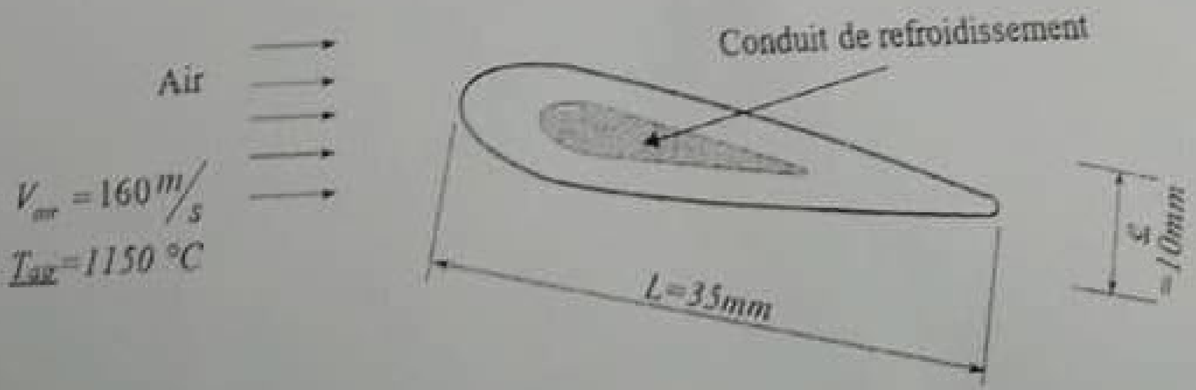
- La pression atmosphérique est : P= 1 *atm*,
- La masse volumique de l'eau : 1000 kg/m^3,
- La viscosité dynamique de l'eau : 10^{-3} $Pa.s$,
- L'accélération de la pesanteur : $g = 9.81$ m/s^2.

Il est demandé de :

- Dessiner un schéma représentatif,
- Calculer la vitesse U d'écoulement d'eau dans la conduite en m/s,
- Réduire le nombre de Reynolds,
- Préciser la nature de l'écoulement,
- Calculer le coefficient des pertes de charge linéaire, en précisant la formule utilisée,
- Déduire les pertes de charges linéaires $J_{linéaire}$ en J/kg;
- Déduire les pertes de charges singulières $J_{singulière}$ en J/kg;
- Calculer la puissance nette P_{net} de la pompe en *Watt*,
- Calculer la puissance P_a appliquée à l'arbre de la pompe.
- Déduire l'intensité du courant utilisé par le moteur électrique de la pompe, si son rendement est 0,78 et la tension du courant est de 220 V.

Exercice 2

Des essais expérimentaux utilisant l'air comme fluide de travail sont réalisés sur une aube de turbine représentée sur le croquis ci-après. Le flux thermique moyen absorbé par l'aube en un point particulier de la surface a été mesuré ; il équivaut à $q = 95000\ W/m^2$. Les dimensions de l'aube sont indiquées sur le croquis.



A/ Pour cette première partie, développer vos réponses d'une manière scientifique en justifiant, si possible, vos explications par des figures.

1- Sous quelles conditions la température de la paroi solide de l'aube pourra être considérée comme étant constante et uniforme ? la notion de la résistance thermique pourrait vous aidez dans votre raisonnement.

2- Dans le cas général, est-il possible que les deux régimes d'écoulement, laminaire et turbulent, puissent coexister en même temps sur la surface externe de l'aube ? développer. Qu'en est-il pour notre cas.

B/ En régime permanent, pour maintenir une température constate (800 °C) de la surface de l'aube, l'excès de chaleur transférée à la l'aube est alors éliminé par circulation, à l'intérieur, d'un liquide de refroidissement.

1- Que signifie la notion de régime permanent ?

2- Déterminer le coefficient d'échange thermique moyen $(\bar{h})$.

3- Déterminer le nombre de Nusselt moyen externe $(\overline{Nu})$.

On donne que :

	ρ (kg/m^3)	Cp $(kJ/kg\cdot K)$	μ $(N\cdot s/m^2)$	ν (m^2/s)	λ $(W/m\cdot K)$	α (m^2/s)	Pr
Air	0.2902	1.175	$464.3\ 10^{-7}$	$160.0\ 10^{-6}$	$70.0\ 10^{-3}$	$224\ 10^{-6}$	0.728
Aube	8055	480	///	///	15.1	3.91	///

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Concours National d'Accès à la Formation de Doctorat 3ème Cycle en Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Année 2020/2021

Épreuve : Mécanique des Fluides

Date : Samedi 06 Mars 2021

Durée : 45 min

Exercice 1 (4 points)

Considérons un écoulement d'un fluide parfait non gravitationnel, incompressible, stationnaire et bidimensionnel dans le plan xy, de composantes de vitesse u et v. La composante u est donnée par :

$$u(x,y) = Arctan(y/x)$$

1- Trouver l'expression de la composante v de vitesse. Sachant que $v(1,0) = 0$.

2- Déterminer le champ d'accélération et le champ de pression.

3- Développer une expression pour la fonction de courant $\psi(x,y)$.

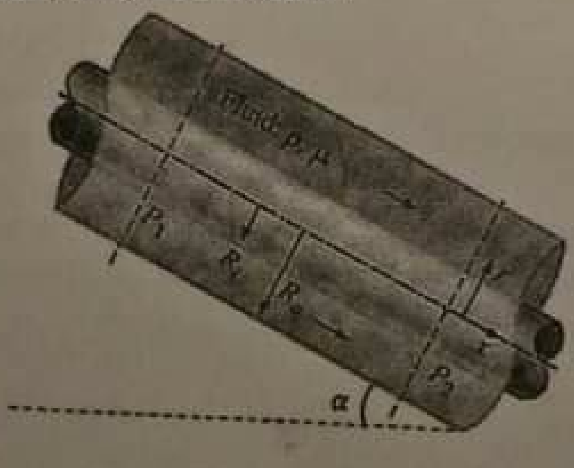
Exercice 2 (6 points)

Considérons l'écoulement permanant, incompressible et parallèle (suivant l'axe Ox), d'un fluide Newtonien de propriétés constantes (ρ, μ) s'écoulant sous l'effet de la pesanteur dans l'espace annulaire entre deux conduites de sections circulaires infiniment longs, inclinés d'un angle α par rapport à l'horizontale. Le cylindre intérieur est plein de rayon R_i, tandis que le cylindre extérieur est creux de rayon R_o (Figure ci-dessous). On considère que l'écoulement est soumis à un gradient de pression constant négative ($i.e.$ $\partial P/\partial x < 0$).

1- Établir l'équation différentielle gouvernant l'écoulement et déterminer le profil de vitesse dans l'espace annulaire.

2- Établir la relation donnant le rayon pour lequel la vitesse est maximale.

3- Déterminer l'expression de la vitesse moyenne, le nombre de Reynolds et le débit volumique en fonction du gradient de pression, propriétés du fluide ρ, μ, l'angle α, la gravité g et les rayons R_i et R_o de la conduite.



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de le Recherche Scientifique
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Direction Adjointe de la Post-Graduation et de la Recherche Scientifique
Concours National d'Accès à la Formation de Doctorat 3ème Cycle en Génie Mécanique
Année 2020—2021   Date : 06/03/2021

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Analyse Numérique

Durée 45mn

Exercice 1 (3,5points) :

Soit le problème aux conditions aux limites (PCL) de Dirichlet

$$\begin{cases} y'' - 2xy' - 2y = 0, & 0 < x < 1 \\ y(0) = 0, & y(1) = e^1 \end{cases}$$

On étudie le PCL par la méthode des différences finies centrées d'ordre deux avec le pas de discrétisation $h = 1/4$.

1. Indiquer les nœuds de la discrétisation x_i ainsi que les inconnues du problème.
2. Donner les formules d'approximation de $y'(x)$ et $y''(x)$ en $x = x_i$
3. Déterminer le système discrétisé correspondant.

Exercice 2 (6,5points) :

On propose le problème de Dirichlet de l'équation de Laplace dans un domaine rectangulaire donné par :

$$\begin{cases} \Delta u(x,y) = \dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x,y) + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2}(x,y) = 0, & 0 < x < 1, \quad 0 < y < 1 \\ u(0,y) = -y, & u(1,y) = 2 - y \\ u(x,0) = 2x, & u(x,1) = 2x - 1, \end{cases}$$

Les pas de discrétisation de la méthode des différences finies suivant les variables x et y sont $h = k = 1/3$.

1. Calculer les conditions aux limites aux noeuds frontières.
2. Indiquer les inconnues du problème.
3. Trouver le système algébrique discrétisé correspondant.
4. Donner le système itératif du problème par la méthode de Jacobi. Justifier sa convergence.
5. Calculer la première itération si le vecteur initial est nul.
6. Déterminer le système algébrique discrétisé du problème si l'on remplace la première condition en $x = 0$ par $u(0,y) + \dfrac{\partial u}{\partial x}(0,y) = 2 - y$ en utilisant la formule progressive d'ordre un.

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Concours National d'Accès à la Formation de Doctorat 3ème Cycle en Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Année 2020/2021

Épreuve : Thermodynamique

Date : Samedi 06 Mars 2021

Durée : 1 h

Exercice 1 (4 pts) : Un réservoir rigide et bien isolé, ayant un volume total de 0.45 m³, est divisé en deux compartiments au moyen d'une cloison adiabatique. Initialement, l'un des deux compartiments, d'un volume de 0.3 m³, contient de l'hydrogène (H_2) à 3 bars et 130 °C ; tandis que l'autre est occupé par de l'azote (N_2) à 6 bars et 30°C. On retire la cloison et les deux gaz se mélangent pour évoluer vers un état d'équilibre final. On admet que dans les conditions du problème, le H_2 et le N_2 se comportent en gaz parfaits et on donne :

- pour N_2 ($C_v = 0.744\ kJ/kg \cdot K$ et $C_p = 1.041\ kJ/kg \cdot K$) et,
- pour H_2 ($C_v = 10.352\ kJ/kg \cdot K$ et $C_p = 14.476\ kJ/kg \cdot K$).

Déterminer :

1- La température et la pression d'équilibre finales du mélange ;

2- L'entropie générée par le processus.

Exercice 2 ([illegible] pts) : Une conduite de grandes dimensions, transportant de la vapeur d'eau aux conditions permanentes p_0 = 1 MPa et T_0 = 350 °C, alimente trois dispositifs tous adiabatiques (voir figure ci-dessous). Une turbine (T), une tuyère (Y) et une vanne de laminage (V). Les trois flux sortants (1), (2) et (3) sont à la même pression de 100 kPa. La turbine produit un travail spécifique de 504 kJ/kg. On néglige partout les effets cinétiques sauf en (2) à la sortie de la tuyère. On néglige partout les variations d'énergie potentielle. L'état thermodynamique de la vapeur en (2) à la sortie de la tuyère est identique à celui en (1) à la sortie de la turbine. Lors des calculs, retenir pour l'entropie seulement deux décimales.

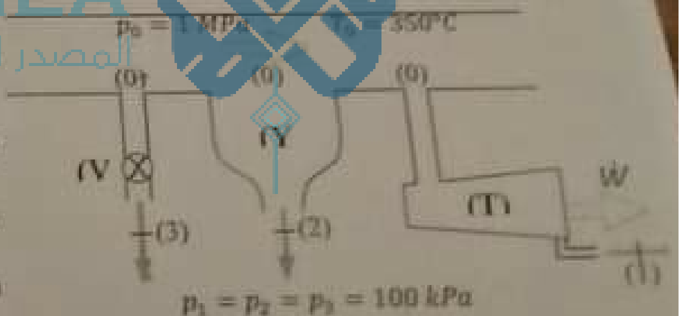
1- Calculer l'entropie spécifique s_1 à la sortie de la turbine ainsi que l'entropie générée dans la turbine et dans la tuyère, en kJ/kg.K.

2- Calculer la vitesse V_2 de la vapeur à la sortie de la tuyère.

3- Calculer la température T_3 et l'entropie spécifique s_3 de la vapeur à la sortie de la vanne de laminage.

4- Calculer l'entropie générée dans la vanne de laminage, en kJ/kg.K.

5- Représenter les trois processus 0→1, 0→2 et 0→3 sur un même diagramme T-s.



Extrait des tables de la vapeur d'eau saturée

p	T	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
MPA	°C	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg.K	kJ/kg.K
0.1	99.63	1.6940	417.46	2675.5	1.3026	7.3594
1	179.91	0.19444	762.81	2778.1	2.1387	6.5865

Extrait des tables de la vapeur d'eau surchauffée

p	P = 100 kPa			P = 1 MPa		
T	v	h	s	v	h	s
°C	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg.K	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg.K
300	2.639	3074.3	8.2158	0.2579	3051.2	7.1229
350	2.874	3176.25	9, 38	0.2825	3157.7	7.3011
400	3.103	3278.2	8.5435	0.3066	3263.9	7.4651

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Concours National d'Accès à la Formation de Doctorat 3ème Cycle en Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Année 2020/2021

Épreuve : Transfert de Chaleur

Date : Samedi 06 Mars 2021

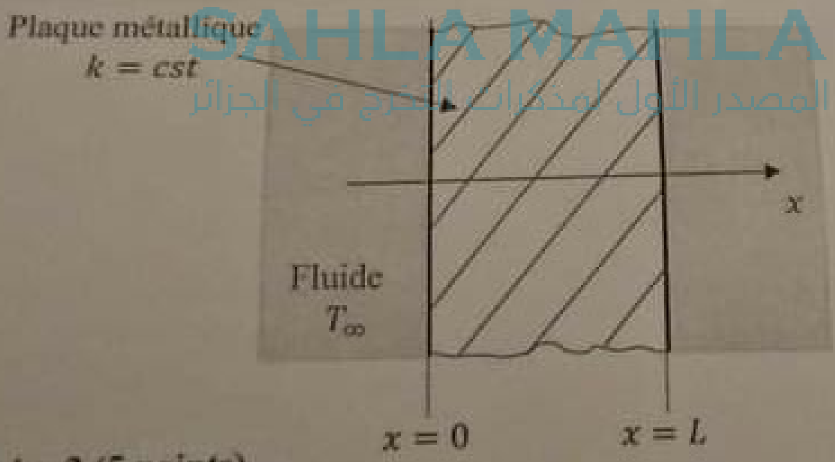
Durée : 1h

Exercice 1 (5 points)

Une plaque métallique d'épaisseur L, de longueur infinie et de température initiale T_i uniforme se trouve plongée brusquement dans un bain d'huile isotherme à la température T_∞ (figure ci-contre). En admettant que les deux faces ($x = 0$ et $x = L$) prennent instantanément la température du bain (i.e. au temps $t > 0$, $T(0,t) = T(L,t) = T_\infty$).

1- Établir l'équation différentielle gouvernant la conduction monodimensionnelle et transitoire.

2- Trouver la distribution de la température $T(x,t)$ résultante.



Exercice 2 (5 points)

Soit une ailette en cuivre, de conductivité thermique $k = 380\ W/m.k$, de section carrée $(9cm \times 9cm)$ et exposée à un environnement de température $T_\infty = 45°C$. Sa base est maintenue à une température uniforme $T_b = 120°C$.

1- Etablir l'équation différentielle gouvernant le transfert de chaleur dans l'ailette.

2- Si l'on considère la longueur de l'ailette infinie, trouver l'expression de la température $T(x)$ de l'ailette, où x dénote la distance longitudinale.

3- Si le taux de chaleur net dissipé dans l'air par cette ailette est $q = 305.7683\ W$, calculer le coefficient de transfert par convection (h) du milieu ambiant.