

Unités de mesure		
mmHg	Pression	1 mmHg = 133.322365 pa
cheval-vapeur (ch, hp)	Puissance	1 ch = 735.39875 W
Pound-force (lbf)	masse	1lbf = 0.45359237kg
ft	Longueur	1 ft = 0.3048 m
in	Longueur	1 in = 0,0254 m

Exercice 01:

Une pompe fournit 1500 L / min d'eau à 20 ° C contre une élévation de pression de 270 kPa. Les changements d'énergie cinétiques et potentiels sont négligeables. Si le moteur d'entraînement fournit 9 kW, quel est l'efficacité globale?

Exercice 02:

Dans un essai d'une pompe centrifuge, on prend les données suivantes: $p_1 = 100$ mmHg (vide) et $p_2 = 500$ mmHg (mesurer). Les diamètres des tuyaux sont $D_1 = 12$ cm et $D_2 = 5$ cm et la distance entre l'enter et sorti $Z = 65$ cm. Le débit est de 180 gal / min d'huile légère ($d = 0,91$). Estimer (a) la hauteur manométrique, en mètres, et (b) la puissance d'entrée requise à 75% d'efficacité.

Exercice 03:

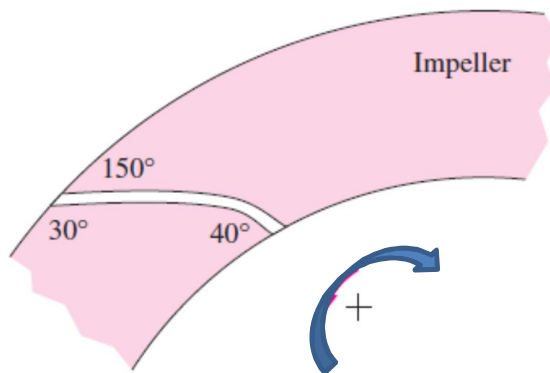
Une pompe de 3,5 ch fournit 1140 lbf d'éthylène glycol à 20 ° C en 12 secondes, pour H_{mn} de 17 ft. Calculer l'efficacité de la pompe.

Exercice 04:

Une pompe fournit de l'essence à 20 ° C et 12 m³ / h. A l'entrée $p_1 = 100$ kPa, $z_1 = 1$ m, et $V_1 = 2$ m / s. A la sortie $p_2 = 500$ kPa, $z_2 = 4$ m, et $V_2 = 3$ m / s. Combien de puissance est nécessaire si l'efficacité du moteur est de 75 pourcent?

Exercice 05:

La pompe centrifuge de la Fig. 1 a $r_1 = 15$ cm, $r_2 = 25$ cm, $b_1 = b_2 = 6$ cm et tourne dans le sens antihoraire à 600 r / min. Une lame d'échantillon est représentée. Supposons que $\alpha_1 = 90^\circ$. Estimer le débit théorique et la hauteur H produite, pour l'eau à 20 ° C.



Exercice 06:

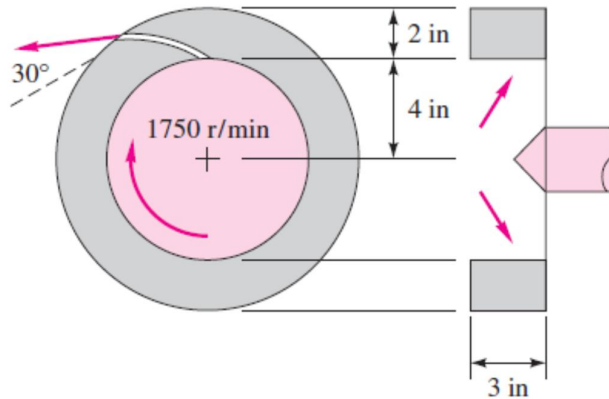
Une pompe centrifuge a $d_1 = 7$ in, $d_2 = 13$ in, $b_1 = 4$ in, $b_2 = 3$ in, $\beta_1 = 25^\circ$, et $\beta_2 = 40^\circ$ et tourne à 1160 r / min. Si le fluide est de l'essence à 20 ° C et que l'écoulement pénètre radialement dans les pales, estimer le débit théorique (a) en gal / min, (b) la puissance en chevaux, et (c) la hauteur in ft.

Exercice 07:

Une pompe centrifuge a $r_2 = 9$ in, $b_2 = 2$ in et $\beta_2 = 35^\circ$ et tourne à 1060 r / min. Si elle génère une hauteur de 180 pieds, déterminer le débit théorique (a) en gal / min et (b) la puissance. Supposons un flux d'entrée quasi radial.

Exercice 08:

Une pompe centrifuge développe un débit de 4200 gal / min d'essence à 20° C avec une entrée absolue quasi radiale. Estimer (a) la puissance théorique, (b) l'élévation (hauteur manométrique), et (c) l'angle approprié de la lame au rayon interne.

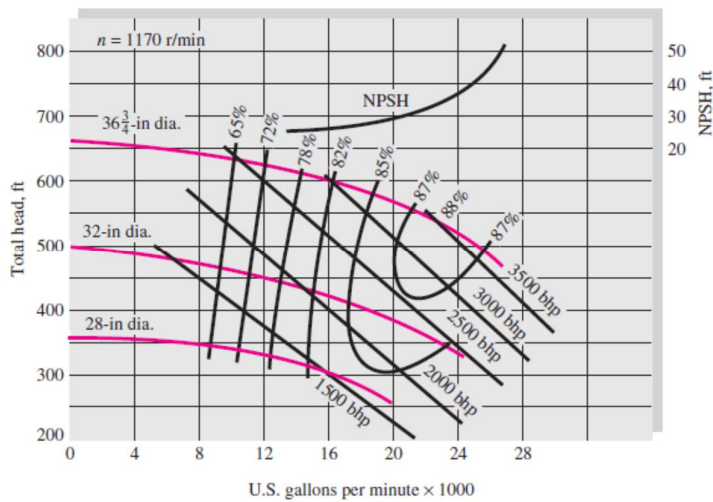


Exercice 09:

Une pompe modèle de 8 in délivrant 180° F d'eau à 800 gal / min et 2400 r / min commence à caviter lorsque la pression et la vitesse d'entrée sont de 12 lbf / in² absolue et 20 ft / s, respectivement. Trouvez le NPSH requis d'un prototype qui est 4 fois plus grand et fonctionne à 1000 r / min.

Exercice 10:

La pompe de 28 in de diamètre de la Fig. 3 à 1170 r / min est utilisé pour pomper l'eau à 20° C à travers un système de tuyauterie à 14000 gal / min. (A) Déterminer la puissance requise P_a . Le coefficient de frottement moyen est de $0,018$. (B) S'il y a 65 ft de tuyau de 12 in de diamètre en amont de la pompe, à quelle distance sous la surface l'entrée de la pompe doit-elle être placée pour éviter la cavitation?



Exercice 11:

Une turbine à eau doit être conçue pour produire 27 MW en courant à 93,7 tr / min sous une hauteur de 16,5 m. Une turbine modèle avec une puissance de 37,5 kW doit être testée dans des conditions dynamiques similaires avec une hauteur de 4,9 m. Calculez le rapport de vitesse et d'échelle du modèle. En supposant une efficacité du modèle de 88%, estimer le débit volumique à travers le modèle. On estime que la force sur le palier de poussée de la machine pleine grandeur sera de 7,0 GN. Pour quelle poussée le roulement du modèle doit-il être conçu?

Exercice 12:

Un ventilateur fonctionnant à 1750 tr / min à un débit volumique de 4,25 m³ / s développe une hauteur de 153 mm mesurée sur un manomètre à tube en U rempli d'eau. Il est nécessaire de construire un ventilateur plus grand et géométriquement semblable qui fournira la même tête à la même efficacité que le ventilateur existant, mais à une vitesse de 1440 tr / min. Calculez le débit du ventilateur plus grand.

Exercice 13:

Un ventilateur axial de 1,83 m de diamètre est conçu pour fonctionner à une vitesse de 1400 tr / min avec une vitesse d'air axiale moyenne de 12,2 m / s. Un modèle de quart d'échelle a été construit pour obtenir un contrôle sur la conception et la vitesse de rotation du ventilateur modèle est de 4200 tr / min. Déterminer la vitesse de l'air axial du modèle de sorte que la similarité dynamique avec le ventilateur à pleine échelle est préservée. Les effets du changement de nombre de Reynolds peuvent être négligés. Un réservoir de pression suffisamment grand est disponible dans lequel le modèle complet peut être placé et testé dans des conditions de similarité complète.

La viscosité de l'air est indépendante de la pression et la température est maintenue constante. À quelle pression le modèle doit-il être testé?

Exercice 14:

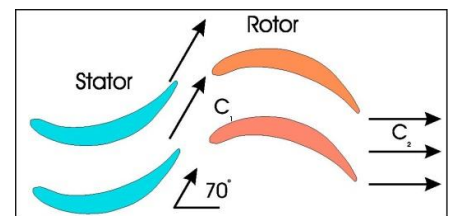
La pompe de Prob. P11.28 est mis à l'échelle jusqu'à un diamètre de 18 pouces, fonctionnant dans l'eau au meilleur rendement à 1760 r / min. Le NPSH mesuré est de 16 pieds et la perte de frottement entre l'entrée et la pompe est de 22 pieds. Est-ce suffisant pour éviter la cavitation si l'entrée de la pompe est placée à 9 ft sous la surface d'un réservoir au niveau de la mer?

Exercice 15:

Un étage d'une turbine a vapeur axiale illustre a la figure 2 reçoit 6 kg/s de vapeur saturée et les stators dirigent l'écoulement vers les rotors avec un angle de 70° par rapport a la direction axiale a une vitesse absolue de 975 m/s. La vitesse tangentielle de l'écoulement a la sortie du rotor est nulle, le diamètre moyen est de 1m et l'arbre tourne 10 000 rpm.

Quelle est la puissance produite par cet étage ?

Quelle est la différence d'enthalpie $h_{01} - h_{02}$ dans cet étage ?

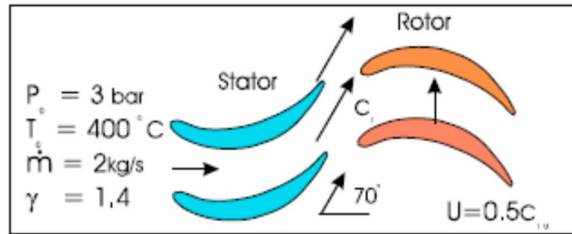


Exercice 16:

Considérons la turbine axiale a un étage illustrée sur la figure 3 Les paramètres suivants sont connus : Diamètre moyen $d_m = 0.25$ m ; Hauteur des pales du rotor $h = 0.25$ m ; pertes de pression totale dans le stator $DP = 0.05$ bars ; vitesse axiale constante ; écoulement adiabatique ; nombre de Mach = 0.417

a) Calculer les températures et pressions totales et statiques a l'entrée du rotor ainsi que la section du passage du fluide.

b) Calculer la vitesse de rotation du rotor si cette dernière doit être égale à la moitié de la vitesse tangentielle du fluide en sortie des stators.



Exercice 17:

Une turbine reçoit de l'air à $T_1 = 550^\circ\text{C}$ et $P_1 = 4 \text{ atm}$. La pression à la sortie est $P_2 = 1 \text{ atm}$ et on y mesure $T_2 = 300^\circ\text{C}$. En supposant $\gamma = 1.4$ et en négligeant les changements d'énergie cinétique, estimez le rendement isentropique ainsi que le rendement polytropique de cette turbine.

Exercice 18:

1. Un compresseur axial a un rapport de pression de 10 et un rendement polytropique $\eta_p = 0.9$. En supposant $\gamma = 1.4$, calculez le rendement isentropique.
2. Une turbine axiale a un rendement polytropique $\eta_p = 0.86$ et un rapport de détente de 4.5. En supposant un gaz ayant un $\gamma = 1.333$, calculez le rendement isentropique.

Exercice 19: Montrer que pour un compresseur et pour une turbine dans le cas où les changements d'énergie cinétique sont négligeables.

$$\eta_{sc} = \frac{\left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]}{\left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\eta_p \frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]} ; \eta_{sT} = \frac{\left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\eta_p (\gamma-1)}{\gamma}} \right]}{\left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]}$$

Exercice 20:

Une compagnie fabrique un compresseur centrifuge qui utilise un convergent d'entrée à section strictement convergente. Le design du compresseur requiert des conditions d'opération en amont et en aval du convergent qui sont les suivantes :

Pression totale à l'entrée du convergent $P_{01} = 100 \text{ kPa}$, Température totale à l'entrée du convergent $T_{01} = 20^\circ\text{C}$, Vitesse à la sortie du convergent $V_2 = 50 \text{ m/sec}$; Angle de l'écoulement à la sortie du convergent $\alpha_2 = 0^\circ$; Débit de l'écoulement $\dot{m} = 1 \text{ kg/sec}$

En supposant que la détente est isentropique :

1. Vérifiez que ce design opère en dessous des conditions soniques au col.
2. Trouvez l'aire de la section de passage A_2 à la sortie du convergent. Utilisez les propriétés de l'air avec $c_p = 1003.5 \text{ J/kgK}$, $R = 287 \text{ J/kgK}$, $\gamma = 1.4$.

Exercice 21:

On met en série deux compresseurs d'air dont le rendement polytropique est de 0,85 et le rapport de pression de 2.5. Quel est le rendement isentropique de chaque compresseur et quel sera le rendement isentropique de l'ensemble des deux compresseurs.

Exercice 22:

On considère la détente d'un gaz dans une TG contient 3 étages identique. Cette TG opère dans les conditions opératoire suivant : $P_{01}=7$ bar, $P_{02}=1.5$ bar, $T_{01}=300$ C°, $\Delta h_T=200$ kJ/Kg avec $\gamma=1.34$ et $C_p=1180$ j/Kg.K.

Calculer le rendement du premier étage et comparer avec le rendement total de la turbine.

Exercice 23:

Un compresseur mono étage opère avec un rapport de pression de 5. On suppose que la vitesse axiale est constante. Le rendement total est 85%.

Calculer le rendement d'un étage si on considère le rapport de pression de l'étage est constante ?

On donne $\gamma=1.3$.

Exercice 24:

On considère la détente d'un gaz parfait dans une TG multi étage ; on suppose que la chute de pression est très petite dans chaque étage. Donner la relation entre Pression-Température puis calculer la température de sortie T_2 dans les transformations suivant :

1. Détente réversible et adiabatique.
2. Détente Irréversible et adiabatique, avec un rendement poly tropique η_p
3. Détente Irréversible avec la quantité de chaleur perdue est une fraction constante de la chute d'enthalpie totale ($dQ=K.dh$) proportionnelle à
4. Détente réversible avec la quantité de chaleur perdue est proportionnelle à la température absolue ($dQ=T.ds$)
5. Schématiser les trois premier cas sur un digramme T-S

On donne $T_2=1200$ K° ; $\gamma=1.333$; $P_1/P_2=6$; $\eta_p=87\%$ et $K=0.1$

Exercice 25:

On considère la détente du vapeur d'eau dans une Turbine à Vapeur multi étage à haute pression. Les conditions d'entrer de vapeur sont les suivant : pression de stagnation de 7 Mpa, température de stagnation de 500 C° et l'enthalpie de stagnation correspondante est de 3420 Kj/Kg. La pression de stagnation de sortie est de 0.7 Mpa. On suppose que la vapeur d'eau est un gaz parfait avec $\gamma=1.3$. on donne aussi $\eta_p=82\%$ et $\eta_{st}=82\%$. Calculer :

1. La température et le volume spécifique à la sortie de TV.
2. Le facteur de réchauffage (Reheat Factor RF)

On considère la relation suivante pour la vapeur d'eau:

$Pv=0.24(h-1945)$, tel que P en Kpa, v en m³/kg et h en Kj/Kg.

Exercice 26:

Une turbine à vapeur produise 20 MW avec les conditions suivant : $P_{01}=4$ Mpa, $P_{02}=0.4$ Mpa, $T_{01}=300$ C°, $\eta_{st}=86\%$, $RH=1.05$ et la perte de l'énergie externe est 2% de la chute de l'enthalpie total. Depuis le diagramme de vapeur d'eau on trouve $h_{01}=2960$ Kj/Kg et $h_{02s}=2500$ Kj/Kg.

1. Déterminer le débit massique ?

On considère à la sortie du premier étage que $C_2=245$ m/s $v=70$ dm³/kg, et le diamètre moyen est de 765 mm, ainsi l'angle de sortie est $\alpha_2=77^\circ$ par rapport à la direction axial.

2. Calculer la hauteur de la pale de la turbine ?

Exercice 27:

Une turbine à basse pression contient Cinque étages identique, produise une puissance globale de 6.64 MW avec les conditions suivant $P_{01}=213$ kpa, $T_{01}=1200$ K°, $Q_m=15$ kg/s, l'angle d'enter et sortie de

stator sont $\alpha_1=15^\circ$, $\alpha_2=70^\circ$, respectivement. Le rayon moyen est de 0.46m et l'arbre tourne avec un angle de rotation w de 5600 rpm.

1. Calculer le coefficient de chargement ψ (loading coefficient) et le coefficient de débit ϕ (flow coefficient) pour le premier étage.
2. Montrer que le degré de réaction est de 0.5
3. Schématiser le triangle de vitesse de l'étage
4. Calculer la section de passage à l'entrée de la turbine, puis calculer la hauteur moyenne de la pale.

On donne $\gamma=1,333$; $r=287$ j/kj.k ; $c_p=1150$ j/kg.k

Exercice 28:

On considère la détente d'un gaz dans une TG mono étage avec un écoulement axial à l'entrée et sortie du turbine avec $P_{01}=311$ kpa, $T_{01}=1123$ K°, pression statique $P_3=100$ kpa, Le gaz sort de stator avec un angle de 70° . La vitesse de l'arbre est de 500 m/s. le rendement total à statique est de $\eta_{T-S}=87\%$ et $\gamma=1,33$.

Travail demandé :

1. La chute d'enthalpie totale
2. Le nombre de Mach
3. Le rendement total à total
4. Le degré de réaction, puis schématiser le triangle de vitesse ?

Exercice 29:

Une TV de degré de réaction de 0.5 et $P_{01}=14$ bar, $T_{01}=315$ C°, $P_{01}=0.14$ bar ; cette TV procède 20 étages de $\eta_{sta}=75\%$; $RF=1.04$, $P=11.77$ KW, on pose que tous les étages développent le même travail.

1. Calculer le débit massique.

Dans un espace dans la TV la pression est de 1.05 bar, et l'angle de sortie des pales est de 20° avec un rapport de vitesse de 0.4.

2. Estimer le diamètre moyen dans cette espace et la vitesse du rotor si la hauteur de la pale est (1/12) du diamètre moyen.

Example 5.10 Steam enters a 50% reaction stage at a pressure of 2.2 bar and 170°C of temperature. The rotor runs at 2400 rpm. The rotor mean diameter is 0.5 m and the symmetric rotor and stator blades have inlet and exit angles respectively of 36° and 19° . Find the actual stage power output. If the stage efficiency is 88% find also the enthalpy drop at the stage. (MKU-May '97)

Example 5.11 Hot gas at 800 kPa and 700°C enters a simple impulse turbine nozzle and expands adiabatically to 100 kPa with an efficiency of 90%. The nozzle angle is 73° to the flow direction. Assuming optimum conditions, find the rotor blade angles, flow coefficient, blade loading coefficient and power developed for a mass flow rate of 35 kg/s.