

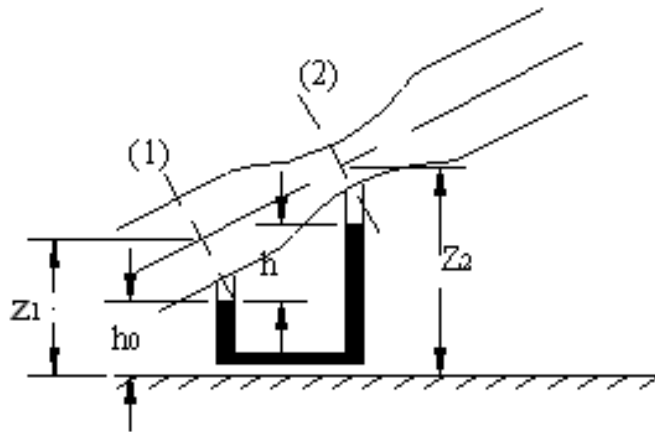
## Examen de TF42/PS81

Mercredi 22 juin 2022 - 14h/15h30 – P239

Calculatrice autorisée – Support de cours autorisé

### Exercice n°1 : Application pratique de l'équation de Bernoulli

L'eau s'écoule à travers un venturi-compteur incliné dont les diamètres d'entrée et de gorge sont respectivement de 120 mm et 70 mm. La section d'entrée et de gorge est à 60 cm et 90 cm de hauteur au-dessus du niveau de référence. Pour un certain débit, la différence de pression entre l'entrée et la gorge est mesurée par un manomètre au mercure et se trouve à 15 cm de Hg.



- 1) Estimez le débit en négligeant la perte de frottement ?

### Exercice 2 : écoulement le long d'une plaque

Une plaque mince d'une longueur de 3 m et d'une largeur de 1,5 m est sous l'effet d'un écoulement d'air à la vitesse de 2,0 m/s et de température de 20°C, dans la direction longitudinale. La température des surfaces de la plaque est de 84°C.

1. Faire un schéma du dispositif
2. Définir le régime de l'écoulement, puis déterminer le coefficient d'échange de la chaleur par convection suivant la longueur (pour  $Pr=0,71$ );
3. Donner le flux de chaleur transmis par la plaque à l'air. (Aide : la plaque possède 2 faces)

Données : Les caractéristiques de l'air à 20°C sont:  $\rho=1,175 \text{ kg/m}^3$ ,  $\mu=1,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$ ,  $\lambda=0,026 \text{ W/m.K}$  et  $C_p=1006 \text{ J/kg.K}$ .

### Exercice 3 : refroidissement d'un arrangement de plaque positionnée verticalement

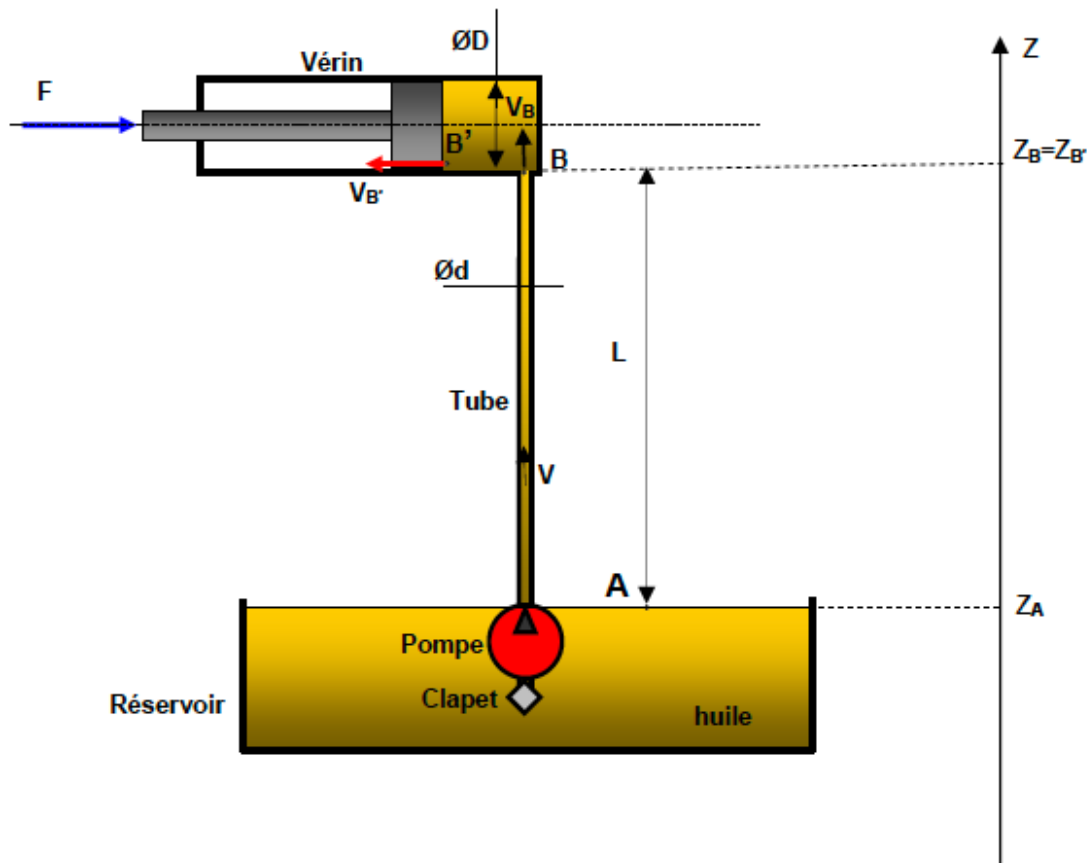
On souhaite refroidir un arrangement vertical de cartes électroniques (150 mm \* 150 mm) de sorte que la température des cartes ne dépasse pas 60°C lorsque la température ambiante est de 25°C. On supposera que la température de surfaces des cartes est isotherme.

1. Faire un schéma de la configuration
2. Donner les hypothèses que vous avez besoin pour faire l'exercice
3. Déterminer le flux échangé dans les cas suivants :
  - 3.a l'écoulement d'air à une vitesse nulle
  - 3.b l'écoulement d'air à une vitesse de 0,6 m/s vers le haut
  - 3.c l'écoulement d'air à une vitesse de 5 m/s
4. Que peut-on conclure ?

Aide : lors d'une convection mixte et dans votre configuration, le nombre de Nusselt est obtenu par la relation suivante :

$$Nu_{mixte}^3 = Nu_{naturel}^3 + Nu_{forcé}^3$$

### Exercice 4 : Etude d'une installation hydraulique



Le schéma proposé ci-dessus représente une installation hydraulique composée :

- d'un réservoir contenant de l'huile de masse volumique  $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$  et de viscosité cinématique  $\nu = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ,
- d'une pompe de débit volumique  $q_V = 16 \text{ L/mn}$ ,
- d'un tube vertical de longueur  $L = 50 \text{ cm}$  et de diamètre  $d = 5 \text{ mm}$  permettant d'acheminer de l'huile sous pression refoulée par la pompe,
- d'un vérin à simple effet horizontal équipé d'un piston qui se déplace en translation sous l'effet la pression d'huile dans une chemise,
- d'un clapet d'aspiration anti-retour placé en amont de la pompe qui a un coefficient de perte de charge singulière  $K_s = 0,45$ .

### **Partie 1 : Etude du vérin.**

On néglige dans cette partie toutes les pertes de charges.

- 1) A partir du débit de la pompe, calculer la vitesse d'écoulement  $V_B$  dans la conduite.
- 2) De même, déterminer la vitesse  $V_{B'}$  de déplacement du piston sachant que son diamètre  $D = 10 \text{ cm}$ .
- 3) Le piston est soumis à une force de compression  $F = 6151 \text{ N}$  qui s'oppose à son déplacement. Calculer la pression d'huile  $P_{B'}$  au point  $B'$ .
- 4) En appliquant le théorème de Bernoulli entre  $B'$  et  $B$ . Calculer la pression d'admission  $P_B$  dans le vérin. (On suppose que  $Z_{B'} = Z_B$ ).

### **Partie 2 : Etude du circuit d'alimentation (clapet, pompe et tube).**

On prendra en considération dans cette partie toutes les pertes de charges.

- 1) Calculer le débit massique  $q_m$  de la pompe.
- 2) Calculer le nombre de Reynolds  $Re$ .
- 3) Préciser la nature de l'écoulement.
- 4) Déterminer le coefficient de perte de charge linéaire  $\lambda$ .
- 5) En déduire la perte de charge linéaire ( $J_L$ ).
- 6) Calculer la perte de charge singulière ( $J_S$ ) due au clapet d'aspiration.
- 7) En appliquant le théorème de Bernoulli généralisé entre  $B$  et  $A$ , déterminer la puissance nette  $P_n$  de la pompe.

On suppose que : le niveau dans le réservoir varie lentement ( $V_A \approx 0$ ), la pression  $P_A = P_{atm} = 1 \text{ bar}$ , et l'accélération de la pesanteur  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

TABLE A-15

Properties of air at 1 atm pressure

Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Density $\rho, \text{kg/m}^3$	Specific Heat $c_p, \text{J/kg}\cdot\text{K}$	Thermal Conductivity $k, \text{W/m}\cdot\text{K}$	Thermal Diffusivity $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Dynamic Viscosity $\mu, \text{kg/m}\cdot\text{s}$	Kinematic Viscosity $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Prandtl Number Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539

Note: For ideal gases, the properties  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$ , and Pr are independent of pressure. The properties  $\rho$ ,  $\nu$ , and  $\alpha$  at a pressure  $P$  (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of  $\rho$  at the given temperature by  $P$  and by dividing  $\nu$  and  $\alpha$  by  $P$ .