

## Corrigé type d'examen : Introduction aux Matériaux

### Questions de cours : (5/5 Points)

**1/1** 1) Les différents types de défauts volumiques sont :

Les précipités cohérents et incohérents, les inclusions, les bulles de gaz, les pores et cavités

**0.5**

**0.5**

**0.5**

**0.5**

**1/1** 2) la différence entre les diagrammes TTT et TRC :

**TTT** = Temps – Température – Transformation (diagramme isotherme où le matériau est refroidi brutalement jusqu'à une température donnée, puis maintenu à cette température pendant un certain temps. **0.5**)

**TRC** = Transformation en Refroidissement Continu (le matériau est refroidi de manière continue) **0.5**

**1/1** 3) Un solide + un liquide  $\rightarrow$  un nouveau solide : Liquide +  $\beta \rightarrow \alpha$  = **Liquide + S  $\rightarrow$  S**

**1/1** 4) **Réaction eutectique** : Un liquide se transforme en deux solides à une température donnée ( $L \rightarrow \alpha + \beta$ ) **0.5**

**Réaction eutectoïde** : Un solide se transforme en deux nouveaux solides à une température donnée ( $\alpha \rightarrow \beta + \gamma$ ). **0.5**

**1/1** 5) Le recuit a pour but de :

- Diminuer la dureté d'un acier trempé, **0.25**

- Obtenir le maximum d'adoucissement pour faciliter l'usinage ou les traitements mécaniques, **0.25**

- Homogénéiser la structure (textures hétérogènes), **0.25**

- Réduire les contraints internes (résiduelles). **0.25**

### Question à Choix Multiples (QCM) : (5/5 points)

1) La **trempe** : Réponse correcte est **C** : D'augmenter la dureté et la résistance mécanique. **1**

2) L'**écrouissage** : Réponse correcte est **B** : Un durcissement du métal dû à une déformation plastique à froid. **1**

3) une **phase** : Réponse correcte est **A** : Une portion homogène d'un système, mécaniquement séparée des autres parties. **1**

4) le **solvus** : Réponse correcte est **B** : La courbe séparant une phase solide unique de deux phases solides. **1**

5) La **cémentation** : Réponse correcte est **A** : Enrichir la surface en carbone, puis refroidir pour obtenir une couche dure. **1**

### Exercice N° 01 : (5/5 points)

1300 °C: Il n'y a qu'une seule phase, donc 100 % L. 1

$$1270 \text{ °C: } \%L = \frac{50 - 40}{50 - 37} \times 100 = 77\% \quad \text{0.75}$$

$$\% \alpha = \frac{40 - 37}{50 - 37} \times 100 = 23\%$$

$$1250 \text{ °C: } \%L = \frac{45 - 40}{45 - 32} \times 100 = 38\% \quad \text{0.75}$$

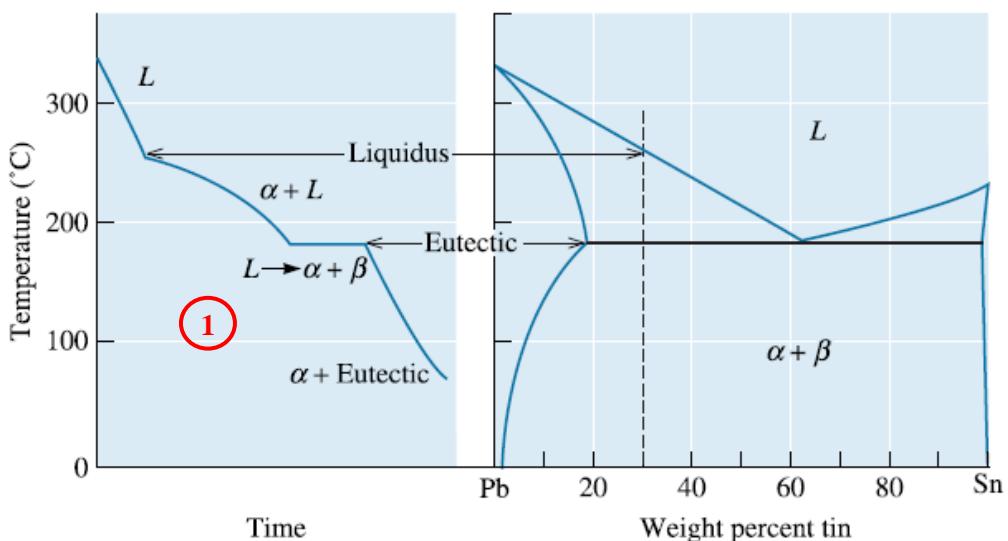
$$\% \alpha = \frac{40 - 32}{45 - 32} \times 100 = 62\%$$

1200 °C : Il n'y a qu'une seule phase, donc 100%  $\alpha$ . 1

### Exercice N° 02 : (5/5 points)

Pour un alliage Pb-30 % Sn, déterminer les phases présentes, leurs proportions et leurs compositions à 300 °C, 200 °C, 184 °C et 0 °C.

Temperature ( °C)	Phases	Compositions	Amounts
300	L	L: 30% Sn	$L = 100\% \quad \text{1}$
200	$\alpha + L$	L: 55% Sn	$L = \frac{30 - 18}{55 - 18} \times 100 = 32\% \quad \text{0.5}$
		$\alpha : 18\% \text{ Sn}$	$\alpha = \frac{55 - 30}{55 - 18} \times 100 = 68\% \quad \text{0.5}$
184	$\alpha + L$	L: 61.9% Sn	$L = \frac{30 - 19}{61.9 - 19} \times 100 = 26\% \quad \text{0.5}$
		$\alpha : 19\% \text{ Sn}$	$\alpha = \frac{61.9 - 30}{61.9 - 19} \times 100 = 74\% \quad \text{0.5}$
0	$\alpha + \beta$	$\alpha : 2\% \text{ Sn}$	$\alpha = \frac{100 - 30}{100 - 2} \times 100 = 71\% \quad \text{0.5}$
		$\beta: 100\% \text{ Sn}$	$\beta = \frac{30 - 2}{100 - 2} \times 100 = 29\% \quad \text{0.5}$



## Corrigé type d'examen : Introduction aux Matériaux

### Questions de cours : (5/5 Points)

**1/1** 1) Les différents types de défauts volumiques sont :

Les précipités cohérents et incohérents, les inclusions, les bulles de gaz, les pores et cavités

**0.5**

**0.5**

**0.5**

**0.5**

**1/1** 2) la différence entre les diagrammes TTT et TRC :

**TTT** = Temps – Température – Transformation (diagramme isotherme où le matériau est refroidi brutalement jusqu'à une température donnée, puis maintenu à cette température pendant un certain temps. **0.5**)

**TRC** = Transformation en Refroidissement Continu (le matériau est refroidi de manière continue) **0.5**

**1/1** 3) Un solide + un liquide  $\rightarrow$  un nouveau solide : Liquide +  $\beta \rightarrow \alpha$  = **Liquide + S  $\rightarrow$  S**

**1/1** 4) **Réaction eutectique** : Un liquide se transforme en deux solides à une température donnée ( $L \rightarrow \alpha + \beta$ ) **0.5**

**Réaction eutectoïde** : Un solide se transforme en deux nouveaux solides à une température donnée ( $\alpha \rightarrow \beta + \gamma$ ). **0.5**

**1/1** 5) Le recuit a pour but de :

- Diminuer la dureté d'un acier trempé, **0.25**

- Obtenir le maximum d'adoucissement pour faciliter l'usinage ou les traitements mécaniques, **0.25**

- Homogénéiser la structure (textures hétérogènes), **0.25**

- Réduire les contraints internes (résiduelles). **0.25**

### Question à Choix Multiples (QCM) : (5/5 points)

1) La **trempe** : Réponse correcte est **C** : D'augmenter la dureté et la résistance mécanique. **1**

2) L'**écrouissage** : Réponse correcte est **B** : Un durcissement du métal dû à une déformation plastique à froid. **1**

3) une **phase** : Réponse correcte est **A** : Une portion homogène d'un système, mécaniquement séparée des autres parties. **1**

4) le **solvus** : Réponse correcte est **B** : La courbe séparant une phase solide unique de deux phases solides. **1**

5) La **cémentation** : Réponse correcte est **A** : Enrichir la surface en carbone, puis refroidir pour obtenir une couche dure. **1**

### Exercice N° 01 : (5/5 points)

1300 °C: Il n'y a qu'une seule phase, donc 100 % L. 1

$$1270 \text{ °C: } \%L = \frac{50 - 40}{50 - 37} \times 100 = 77\%$$

0.75

$$\% \alpha = \frac{40 - 37}{50 - 37} \times 100 = 23\%$$

$$1250 \text{ °C: } \%L = \frac{45 - 40}{45 - 32} \times 100 = 38\%$$

0.75

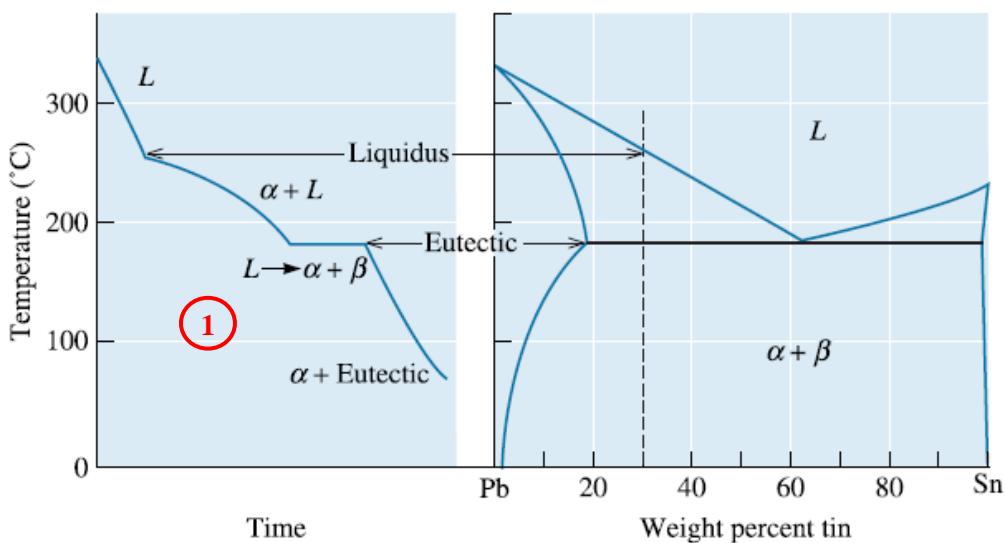
$$\% \alpha = \frac{40 - 32}{45 - 32} \times 100 = 62\%$$

1200 °C : Il n'y a qu'une seule phase, donc 100%  $\alpha$ . 1

### Exercice N° 02 : (5/5 points)

Pour un alliage Pb-30 % Sn, déterminer les phases présentes, leurs proportions et leurs compositions à 300 °C, 200 °C, 184 °C et 0 °C.

Temperature ( °C)	Phases	Compositions	Amounts
300	L	L: 30% Sn	$L = 100\%$ <span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">1</span>
200	$\alpha + L$	L: 55% Sn	$L = \frac{30 - 18}{55 - 18} \times 100 = 32\%$ <span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">0.5</span>
		$\alpha$ : 18% Sn	$\alpha = \frac{55 - 30}{55 - 18} \times 100 = 68\%$ <span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">0.5</span>
184	$\alpha + L$	L: 61.9% Sn	$L = \frac{30 - 19}{61.9 - 19} \times 100 = 26\%$ <span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">0.5</span>
		$\alpha$ : 19% Sn	$\alpha = \frac{61.9 - 30}{61.9 - 19} \times 100 = 74\%$ <span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">0.5</span>
0	$\alpha + \beta$	$\alpha$ : 2% Sn	$\alpha = \frac{100 - 30}{100 - 2} \times 100 = 71\%$ <span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">0.5</span>
		$\beta$ : 100% Sn	$\beta = \frac{30 - 2}{100 - 2} \times 100 = 29\%$ <span style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">0.5</span>



**Mécanique de Propulsion**  
**Corrigé Type de l'Examen N° 1**

**Exercice 1 (4pts)**

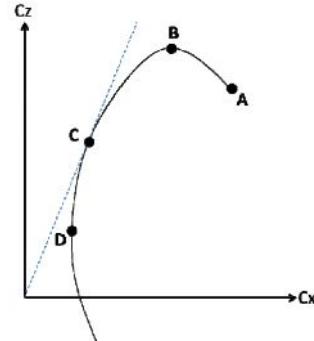
La figure 1 représente la polaire aérodynamique. (1)

Le point **A** : décrochage. (0.75)

Le point **B** : portance maximale. (0.75)

Le point **C** : finesse maximale. (0.75)

Le point **D** : trainée minimale. (0.75)



**Exercice 2 (16pts)**

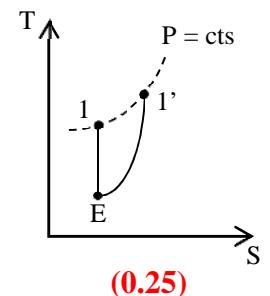
1 – la vitesse de vol,  $V_E$ .

$$\# \eta_D = \frac{T_1 - T_E}{T'_1 - T_E} \Rightarrow T_1 = \eta_D (T'_1 - T_E) + T_E \Rightarrow T_1 = 0.9(300 - 280) + 280$$

$$\Rightarrow T_1 = 298 \text{ K}$$

$$\# \dot{m}_a \cdot Cp(T_1 - T_E) - \frac{1}{2} \dot{m}_a V_E^2 = 0 \Rightarrow V_E = \sqrt{2Cp(T_1 - T_E)}$$

$$\Rightarrow V_E = \sqrt{2 \times 1004.5(298 - 280)} \Rightarrow V_E = 190.2 \text{ m/s. (1)}$$



2 – la constante de la transformation isentropique de l'air,  $\gamma_a$ .

$$\frac{P_1}{P_E} = \left( \frac{T_1}{T_E} \right)^{\frac{\gamma_a}{\gamma_a - 1}} \Rightarrow \gamma_a = \frac{\ln \left( \frac{P_1}{P_E} \right)}{\ln \left( \frac{P_1}{P_E} \right) - \ln \left( \frac{T_1}{T_E} \right)} \Rightarrow \gamma_a = \frac{\ln \left( \frac{1.2}{0.96} \right)}{\ln \left( \frac{1.2}{0.96} \right) - \ln \left( \frac{298}{280} \right)} \Rightarrow \gamma_a = 1.39. \text{ (1)}$$

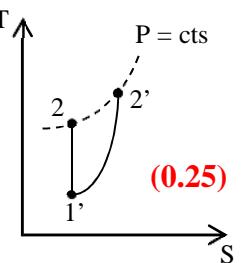
3 – le rapport de compression du compresseur,  $R_{CC}$ .

$$R_{CC} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow R_{CC} = \frac{7.8}{1.2} \Rightarrow R_{CC} = 6.5. \text{ (1)}$$

4 – le rendement du compresseur,  $\eta_C$ .

$$\# \frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{T_2}{T'_1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \Rightarrow \frac{T_2}{T'_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma_a-1}{\gamma_a}} \Rightarrow T_2 = T'_1 R_{CC}^{\frac{\gamma_a-1}{\gamma_a}} \Rightarrow T_2 = 300 \times 6.5^{\frac{1.39-1}{1.39}} \Rightarrow$$

$$T_2 = 505.9 \text{ K.}$$



$$\eta_c = \frac{T_2 - T'_1}{T'_2 - T'_1} \Rightarrow \eta_c = \frac{505.9 - 300}{560 - 300} \Rightarrow \eta_c = 0.79. \quad (1)$$

5 – la perte de pression dans la chambre de combustion en %,  $Pr_t$ .

$$Pr_t = 100 \times \frac{P_2 - P_3}{P_2} \Rightarrow Pr_t = 100 \times \frac{7.8 - 7.4}{7.8} \Rightarrow Pr_t = 5.1\%. \quad (1)$$

6 – la puissance du compresseur,  $W_c$ .

$$\dot{W}_c = \dot{m}_a \dot{Cp}_a (T'_2 - T'_1) \Rightarrow \dot{W}_c = 60 \times 1004.5 (560 - 300) \Rightarrow \dot{W}_c = 15.67 \text{ MW}. \quad (1)$$

7 – la chaleur spécifique des gaz brûlés,  $cp_g$ .

$$\begin{cases} \dot{W}_T = -\dot{W}_c \\ \dot{W}_T = \dot{m}_g \dot{Cp}_g (T'_4 - T_3) \end{cases} \Rightarrow \dot{m}_g \dot{Cp}_g (T'_4 - T_3) = -\dot{W}_c \Rightarrow \dot{Cp}_g = -\frac{\dot{W}_c}{\dot{m}_g (T'_4 - T_3)} \Rightarrow$$

$$Cp_g = -\frac{15670000}{60.7(820 - 1040)} \Rightarrow Cp_g = 1173.4 \text{ J/kg} \cdot \text{K}. \quad (1)$$

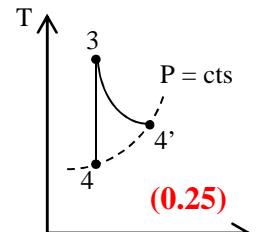
8 – le rendement de la chambre de combustion,  $\eta_{ChC}$ .

$$\eta_{ChC} = \frac{\dot{m}_g \dot{Cp}_g T_3 - \dot{m}_a \dot{Cp}_a T'_2}{\dot{m}_c \dot{Pci}} \Rightarrow \eta_{ChC} = \frac{60.7 \times 1173.4 \times 1040 - 60 \times 1004.5 \times 560}{0.7 \times 61000000} \Rightarrow \eta_{ChC} = 0.94. \quad (1)$$

9 – la constante de la transformation isentropique des gaz brûlés,  $\gamma_g$ .

$$\# \eta_T = \frac{T_3 - T'_4}{T_3 - T_4} \Rightarrow T_4 = T_3 - \frac{T_3 - T'_4}{\eta_T} \Rightarrow T_4 = 1040 - \frac{1028.3 - 820}{0.9} \Rightarrow$$

$$T_4 = 795.6 \text{ K}.$$



$$\gamma_g = \frac{\ln\left(\frac{P_4}{P_3}\right)}{\ln\left(\frac{P_4}{P_3}\right) - \ln\left(\frac{T_4}{T_3}\right)} \Rightarrow \gamma_g = \frac{\ln\left(\frac{2.6}{7.4}\right)}{\ln\left(\frac{2.6}{7.4}\right) - \ln\left(\frac{795.6}{1040}\right)} \Rightarrow \gamma_g = 1.34. \quad (1)$$

10 – le rendement de la postcombustion,  $\eta_{C\_PC}$ .

$$\eta_{C\_PC} = \frac{\left(\dot{m}_g + \dot{m}_{c\_PC}\right) \dot{Cp}_g T_5 - \dot{m}_g \dot{Cp}_g T_4}{\left(\dot{m}_{c\_PC}\right) \dot{Pci}} \Rightarrow \eta_{C\_PC} = \frac{(60.7 + 0.4) \times 1173.4 \times 1020 - 60.7 \times 1004.5 \times 820}{0.4 \times 61000000} \Rightarrow$$

$$\eta_{C\_PC} = 0.60. \quad (1)$$

11 – la perte de pression dans la postcombustion en %,  $Pr_{t\_PC}$ .

$$Pr_{t_{PC}} = 100 \times \frac{P_4 - P_5}{P_4} \Rightarrow Pr_{t_{PC}} = 100 \times \frac{2.6 - 2.4}{2.6} \Rightarrow Pr_{t_{PC}} = 7.7 \text{ \% . (1)}$$

12 – la vitesse d'éjection des gaz,  $V_S$ .

$$\frac{P_S}{P_5} = \left( \frac{T_S}{T_5} \right)^{\frac{\gamma_g}{\gamma_g - 1}} \Rightarrow T_S = T_5 \left( \frac{P_S}{P_5} \right)^{\frac{\gamma_g - 1}{\gamma_g}} \Rightarrow T_S = 10820 \left( \frac{0.96}{2.4} \right)^{\frac{1.34 - 1}{1.34}} \Rightarrow$$

$$T_S = 806.6 \text{ K} .$$

$$V_S = \sqrt{2 \cdot Cp_g (T_5 - T_S)} \Rightarrow V_S = \sqrt{2 \times 1148 (1020 - 628806.6)} \Rightarrow$$

$$V_S = 707.7 \text{ m/s . (1)}$$

13 – la poussée développée,  $F$ .

$$F = \left( \dot{m}_g + \dot{m}_{c\_PC} \right) V_S - \dot{m}_a V_E \Rightarrow F = (60.7 + 0.4) 707.7 - 60 \times 190.2 \Rightarrow F = 31829.1 \text{ N . (1)}$$

14 – la consommation spécifique horaire du combustible,  $CSC$ .

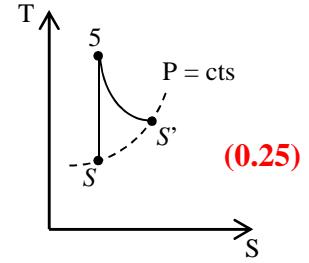
$$CSC = \frac{\dot{m}_c + \dot{m}_{c\_PC}}{F} \Rightarrow CSC = \frac{0.7 + 0.4}{31829.1} \Rightarrow CSC = 3.456 \times 10^{-5} \text{ kg/N} \cdot \text{s} \Rightarrow$$

$$CSC = 0.124 \text{ kg/N} \cdot \text{h} . \text{ (1)}$$

15 – le rendement global,  $\eta_g$ .

$$\eta_g = \eta_{th,p} = \frac{Pu_p}{Pu_{th}} \Rightarrow \eta_g = \frac{F V_E}{(\dot{m}_c + \dot{m}_{c\_PC}) Pci} \Rightarrow \eta_g = \frac{31829.1 \times 190.2}{(0.7 + 0.4) 61000000} \Rightarrow \eta_g = 0.09 \Rightarrow$$

$$\eta_g = 9 \% . \text{ (1)}$$



**Méthodes Statistiques et Echantillonnage**  
**Correction de l'examen N° : 1**

**Exercice 1 (7.5 pts)**

Tirage simultané	Tirage successive sans remise	Tirage successive avec remise
1/ $C_9^3 = \frac{9!}{3!(9-3)!} = 84 \quad (0.5)$	1/ $A_9^3 = \frac{9!}{(9-3)!} = 504 \quad (0.5)$	1/ $A_9^3 = 9^3 = 729 \quad (0.5)$
2/ RRR $C_4^3 = \frac{4!}{3!(4-3)!} = 4 \quad (0.5)$	2/ RRR $A_4^3 = \frac{4!}{(4-3)!} = 24 \quad (0.5)$	2/ RRR $A_4^3 = 4^3 = 64 \quad (0.5)$
3/ RRR ou VVV $C_4^3 + C_3^3 = 4 + \frac{3!}{3!(3-3)!} = 5 \quad (0.5)$	3/ RRR ou VVV $A_4^3 + A_3^3 = 24 + \frac{3!}{(3-3)!} = 30 \quad (0.5)$	3/ RRR ou VVV ou NNN $A_4^3 + A_3^3 + A_2^3 = 64 + 3^3 + 2^3 = 99 \quad (0.5)$
4/ RRN $C_4^2 \times C_2^1 = 6 \times 2 = 12 \quad (0.5)$	4/ RRN $A_4^2 \times A_2^1 \times \frac{P_3}{2!} = 24 \times \frac{3!}{2!} = 72 \quad (0.5)$	4/ RRN $A_4^2 \times A_2^1 \times \frac{P_3}{2!} = 32 \times \frac{3!}{2!} = 96 \quad (0.5)$
5/ RVN $C_4^1 \times C_3^1 \times C_2^1 = 4 \times 3 \times 2 = 24 \quad (0.5)$	5/ RVN $A_4^1 \times A_3^1 \times A_2^1 = 4 \times 3 \times 2 \times P_3 = 72 \quad (0.5)$	5/ RVN $A_4^1 \times A_3^1 \times A_2^1 = 4 \times 3 \times 2 \times P_3 = 72 \quad (0.5)$

**Exercice 2 (6pts)**

Tirage simultané	Tirage successive sans remise	Tirage successive avec remise
1/ VVVV $C_3^1 \times C_6^3 = 3 \times 20 = 60 \quad (0.5)$	1/ VVVV $A_3^1 \times A_6^3 = 3 \times 120 \times \frac{P_4}{3!} = 1440 \quad (0.5)$	1/ VVVV $3^1 \times 6^3 \times \frac{P_4}{3!} = 2592 \quad (0.5)$
2/ VVVV ou VVVV $C_3^2 \times C_6^2 + C_3^3 \times C_6^1 = 51 \quad (0.5)$	2/ VVVV ou VVVV $A_3^2 \times A_6^2 \times \frac{P_4}{2! 2!} + A_3^3 \times A_6^1 \times \frac{P_4}{3! 1!} = 1224 \quad (0.5)$	2/ VVVV ou VVVV ou VVVV $3^4 + 3^2 \times 6^2 \times \frac{P_4}{2! 2!} + 3^3 \times 6^1 \times \frac{P_4}{3! 1!} = 2673 \quad (0.5)$
3/ RRRR ou RRRR $C_2^1 \times C_7^3 + C_7^4 = 105 \quad (0.5)$	3/ RRRR ou RRRR $A_2^1 \times A_7^3 \times \frac{P_4}{3!} + A_7^4 = 2520 \quad (0.5)$	3/ RRRR ou RRRR $2^1 \times 7^3 \times \frac{P_4}{3!} + 7^4 = 5145 \quad (0.5)$
4/ RNNV //////////////// (0.5)	4/ RNNV $A_2^1 \times A_4^2 \times A_3^1 = 27 \quad (0.5)$	4/ RNNV $2^1 \times 4^2 \times 3^1 = 35 \quad (0.5)$

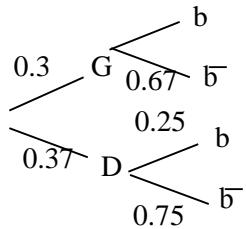
### Exercice 3 (6.5pts)

$$1/ P(b) = 0.3 \times 0.333 + 0.7 \times 0.25 = 0.275. \quad (2.5)$$

$$2/ P(b \cap G) = 0.3 \times 0.333 = 0.1 \quad (2)$$

3/ On a :

$$P(b) = 0.275.$$



Alors, la probabilité d'avoir " un gorille aux yeux bleus" est la probabilité complémentaire de "aucun gorille n'a les yeux bleus", dont la probabilité est :

$$P(\bar{b}) = 1 - 0.275 = 0.725.$$

La probabilité qu'aucun des six gorilles n'ait les yeux bleus est :

$$\underbrace{P(\bar{b})}_{6 \text{ gorilles}} = 0.725 \times 0.725 \times 0.725 \times 0.725 \times 0.725 \times 0.725 = 0.725^6 = 0.1452.$$

Donc la probabilité qu'au moins un gorille ait les yeux bleus est :

$$\underbrace{P(b)}_{6 \text{ gorilles}} = 1 - 0.1452 = 0.8548. \quad (2)$$

**Cours :**

a- Donner la définition et l'interprétation de  $Re$  et  $Nu$  (2p)

b- Sachant que le champ de température dans un corps solide est

$$T(x, y, z) = axy + b \frac{z}{x^3 y} + c \frac{yz}{x}$$

trouver l'expression de la densité thermique conductive en un point  $M(x, y, z)$ . On donne la conductivité thermique  $\lambda$  et  $a, b$  et  $c$  sont des constantes (2p)

c- Trouver la dimension du paramètre : (1p)

$$Ra = \frac{\beta g \Delta T L^3}{\nu D_{th}}$$

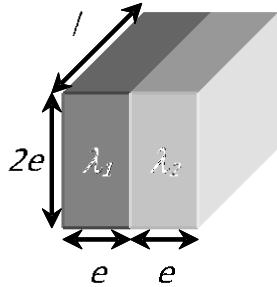
d- Ecrire l'expression de la résistance thermique d'une couche sphérique ( $\lambda, R_{in}, R_{ex}$ ) (1p)

**Exercice 1 (6p)** Trouvez l'expression de la résistance thermique de la pierre (c) sachant que

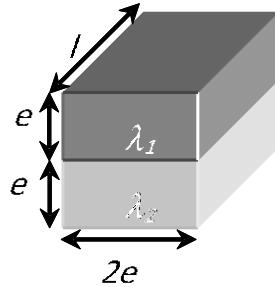
$$R_{th,a} = \frac{1}{2l} \left( \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \right) \quad \text{et} \quad R_{th,b} = \frac{2}{l(\lambda_1 + \lambda_2)}$$

Vérifier par le cas

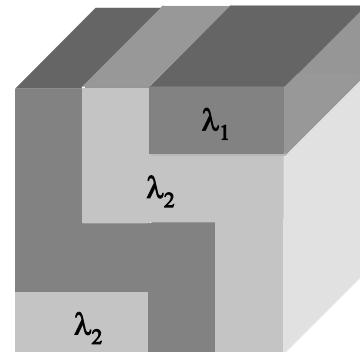
$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$$



-a-



-b-



-c-

**Exercice 2 (8p)** On considère une conduite circulaire de rayon interne  $R_0$  constitué de deux couches de matériaux différents  $(e_1, \lambda_1)$  et  $(e_2, \lambda_2)$ . Il convecte de la chaleur par les deux surfaces extérieures  $(T_{in}, h_{in})$  et  $(T_{ex}, h_{ex})$ . On désigne par  $L$  la longueur de la conduite

a- Quelle est l'expression du flux thermique traversant la conduite ?

b- Quelle est l'expression du profil de température  $T(r)$  dans la conduite ?

c- Tracer  $T(r)$  et la densité thermique dans un repère

# COURS

$$Re = \frac{\rho UL}{\mu} = \frac{\rho U^2}{\mu U/L} = \frac{\text{contraintes (forces) d'inertie}}{\text{contraintes (forces) de Frottement}}$$

$$Nu = \frac{hL}{\lambda} = \frac{hS\Delta T}{\lambda S\Delta T/L} = \frac{\text{flux de chaleur convectif}}{\text{flux de chaleur conductif}}$$

$$T(x, y, z) = axy + b \frac{z}{x^3y} + c \frac{yz}{x}$$

$$\varphi = -\lambda \overrightarrow{\text{grad } T} = -\lambda \left( \frac{\partial T}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial T}{\partial z} \vec{k} \right)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = ay - \frac{3bz}{x^4y} - \frac{cyz}{x^2}, \quad \frac{\partial T}{\partial y} = ax - 2b \frac{z}{x^3y^2} + c \frac{z}{x} \quad \text{et} \quad \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{b}{x^3y} + c \frac{y}{x}$$

$$Ra = \frac{\beta g \Delta T L^3}{\nu D_{th}} = \frac{\beta g \Delta T L^3}{\nu^2} \frac{\nu}{D_{th}} = Gr. Pr \quad [-]$$

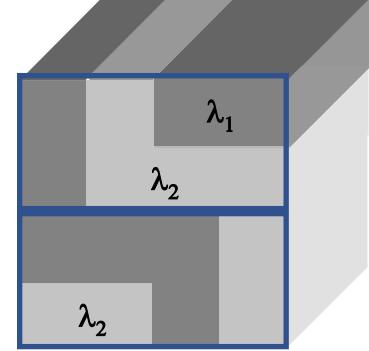
## Exercice 1

$$R_{th,c} = \left( \frac{1}{R_{th,a} + R_{th,b}} + \frac{1}{R_{th,b} + R_{th,a}} \right)^{-1} =$$

$$\frac{(R_{th,a} + R_{th,b})}{2} = \frac{1}{4l} \left( \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{4}{(\lambda_1 + \lambda_2)} \right)$$

Pour  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$  on trouve

$$R_{th,c} = \frac{1}{4l} \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda} + \frac{4}{(\lambda + \lambda)} \right) = \frac{1}{4l} \left( \frac{2}{\lambda} + \frac{2}{\lambda} \right) = \frac{1}{\lambda l}$$



## Exercice 2 :

-C-

1. Le flux thermique linéaire est :

$$\varphi_L = \varphi/L$$

$$= 2\pi (T_{in} - T_{ex}) / \left( \frac{1}{R_0 h_{in}} + \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{R_0 + e_1}{R_0} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{R_0 + e_1 + e_2}{R_0 + e_1} + \frac{1}{(R_0 + e_1 + e_2) h_{ex}} \right)$$

En posant  $R_1 = R_0 + e_1$  et  $R_2 = R_1 + e_2$ , les températures des interfaces,  $T(r=R_0)=T_0$ ,  $T(r=R_1)=T_1$  et  $T(r=R_2)=T_2$  sont déduites des relations de conservation de flux thermiques :

$$T_{in} - T_0 = \frac{\phi}{2\pi R_0 L h_{in}} \rightarrow T_0 = T_{in} - \frac{\phi_L}{2\pi R_0 h_{in}}$$

$$T_{in} - T_1 = \left( \frac{1}{2\pi R_0 L h_{in}} + \frac{1}{2\pi L \lambda_1} \ln \frac{R_1}{R_0} \right) \phi \rightarrow T_1 = T_{in} - \frac{\phi_L}{2\pi} \left( \frac{1}{R_0 h_{in}} + \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{R_1}{R_0} \right)$$

$$T_2 - T_{ex} = \left( \frac{1}{2\pi L \lambda_2} \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{2\pi R_2 L h_{ex}} \right) \phi \rightarrow T_2 = T_{ex} + \frac{\phi_L}{2\pi} \left( \frac{1}{R_{ex} h_{ex}} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$T_3 - T_{ex} = \left( \frac{1}{2\pi R_2 L h_{ex}} \right) \phi \quad \rightarrow \quad T_3 = T_{ex} + \frac{\phi_L}{2\pi} \left( \frac{1}{R_{ex} h_{ex}} \right)$$

Le profil radial de température est alors :

$$\begin{aligned} \text{Pour } R_0 \leq r \leq R_1 \quad \frac{T_I(r) - T_0}{T_1 - T_0} &= \frac{\ln (r/R_0)}{\ln (R_1/R_0)} \\ \text{Pour } R_1 \leq r \leq R_2 \quad \frac{T_{II}(r) - T_1}{T_2 - T_1} &= \frac{\ln (r/R_1)}{\ln (R_2/R_1)} \end{aligned}$$

**Corrigé type Examen :**

**Recherche documentaire et Conception de Mémoire (RDCM)**

**Partie 1 : (10 pts) Cocher (x) la bonne réponse.**

**1/** La méthode 3QPOC tente de répondre aux questions :

- Qui, Quoi, Quand, Pourquoi, Où, Comment.
- Qui, Quoi, Quand, Pour qui, Où, Comment.
- Qui, Quoi, Quand, Pourquoi, Où, Combien.

**2/** Dans une recherche documentaire, l'utilisation des guillemets offre la possibilité :

- de rechercher une expression rare.
- de rechercher une expression exacte.
- de rechercher une information exacte.

**3/** Les opérateurs booléens sont :

- appelés également opérateurs logistiques.
- au nombre de trois : plus (+), moins (-), égal (=).
- utilisés afin de combiner les mots-clés.

**4/** Que représente la référence suivante: «Omara, Z.M., Abdullah, A.S., Essa, F.A. (2021). Performance evaluation of a vertical rotating wick solar still. Process Safety and Environmental Protection, 148, 796-804» ?

- Un livre.
- Un article dans une revue.
- Un chapitre de livre.

**5/** Les remerciements et dédicaces dans un mémoire Master sont :

- Facultatif.
- Recommandé.
- Obligatoire.

**6/** La taille du résumé d'un mémoire master doit être :

- moins de 200 mots.
- compris entre 150 et 250 mots.
- compris entre 200 et 500 mots.
- un maximum d'une page.

**7/** Afin d'éviter le plagiat, toute phrase empruntée à un auteur doit être :

- présentée entre deux guillemets.
- présentée entre parenthèses.
- présentée en italique et en gras.

**8/** Afin de bien présenter votre poster, il est idéal de mélanger:

- 40% de texte, 30% d'illustrations et 30% de vide.
- 30% de texte, 30% d'illustrations et 40% de vide.
- 30% de texte, 40% d'illustrations et 30% de vide.

**9/** Lors du débat avec les membres de jury :

- il faut répondre aux questions à un ordre chronologique.
- Il est conseillé de noter les questions.
- Il faut répondre très rapidement pour montrer la maîtrise du sujet.

**10/** Pour être validé, l'étudiant doit obtenir au moins la mention passable, sinon il sera dans l'obligation de :

- une nouvelle soutenance.
- passer en session rattrapage.
- redéposer un autre mémoire et référer la soutenance.

## **Partie 2 : (10 pts)**

**Q1/ Citer les quatre grands axes pour la réalisation du mémoire de master. (02 Pts)**

**Réponse 1/ La réalisation du mémoire de master comporte quatre grandes phases :**

- Définition du sujet (Titre, thème).
- Collecte de l'information.
- Traitement de l'information.
- Rédaction du mémoire.

**Q2/ Quels sont les critères adoptés pour formuler le titre du mémoire Master. (02 Pts)**

**Réponse 2/ Le titre du mémoire doit être:**

- court et explicite,
- accrocheur dans la mesure du possible,
- avoir une fonction informative,
- directement en rapport avec le sujet et la problématique,
- être percutant et approprié.

**Q3/ Citer deux (02) logiciels spécialisés dans la gestion bibliographique. (02 Pts)**

**Réponse 3/ *Mendeley*, *EndNote*, CiteUlike, JabRef, Connotea, Zotero, Papers, RefWorks.**

**Q4/ Citer six (06) éléments essentiels de la page de garde du mémoire de Master (03 Pts)?**

**Réponse 4/ La page de garde comporte les éléments suivants :**

- Affiliation de l'auteur.
- Formation suivie par l'auteur.
- Nom et prénom de(s) Etudiant(s).
- Intitulé du sujet.
- Nom du maître de mémoire (encadrant) et leur établissement d'affiliation.
- Année universitaire

**Q5/ Citer les différents types de présentations lors d'une soutenance (01 pts):**

**Réponse 5/ Les principaux types de présentations lors d'une soutenance sont :**

- Présentation orale
- Présentation par affiche (Poster)

**Examen : Recherche documentaire et Conception de Mémoire (RDCM)****Partie 1 : (10 pts)** *Cocher (x) la bonne réponse.***1/** La méthode 3QPOC tente de répondre aux questions :

- Qui, Quoi, Quand, Pourquoi, Où, Comment.
- Qui, Quoi, Quand, Pour qui, Où, Comment.
- Qui, Quoi, Quand, Pourquoi, Où, Combien.

**2/** Dans une recherche documentaire, l'utilisation des guillemets offre la possibilité :

- de rechercher une expression rare.
- de rechercher une expression exacte.
- de rechercher une information exacte.

**3/** Les opérateurs booléens sont :

- appelés également opérateurs logistiques.
- au nombre de trois : plus (+), moins (-), égal (=).
- utilisés afin de combiner les mots-clés.

**4/** Que représente la référence suivante: «Omara, Z.M., Abdullah, A.S., Essa, F.A. (2021). Performance evaluation of a vertical rotating wick solar still. Process Safety and Environmental Protection, 148, 796-804» ?

- Un livre.
- Un article dans une revue.
- Un chapitre de livre.

**5/** Les remerciements et dédicaces dans un mémoire Master sont :

- Facultatif.
- Recommandé.
- Obligatoire.

**6/** La taille du résumé d'un mémoire master doit être :

- moins de 200 mots.
- compris entre 150 et 250 mots.
- compris entre 200 et 500 mots.
- un maximum d'une page.

**7/** Afin d'éviter le plagiat, toute phrase empruntée à un auteur doit être :

- présentée entre deux guillemets.
- présentée entre parenthèses.
- présentée en italique et en gras.

**8/** Afin de bien présenter votre poster, il est idéal de mélanger:

- 40% de texte, 30% d'illustrations et 30% de vide.
- 30% de texte, 30% d'illustrations et 40% de vide.
- 30% de texte, 40% d'illustrations et 30% de vide.

**9/** Lors du débat avec les membres de jury :

- il faut répondre aux questions à un ordre chronologique.
- Il est conseillé de noter les questions.
- Il faut répondre très rapidement pour montrer la maîtrise du sujet.

**10/** Pour être validé, l'étudiant doit obtenir au moins la mention passable, sinon il sera dans l'obligation de :

- une nouvelle soutenance.
- passer en session rattrapage.
- redéposer un autre mémoire et réfère la soutenance.

## **Partie 2 : (10 pts)**

**Q1/ Citer les quatre grands axes pour la réalisation du mémoire de master. *(02 Pts)***

**Réponse 1/**

- .....
- .....
- .....
- .....

**Q2/ Quels sont les critères adoptés pour formuler le titre du mémoire Master ?. *(02 Pts)***

**Réponse 2/**

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

**Q3/ Citer deux (02) logiciels spécialisés dans la gestion bibliographique. *(02 Pts)***

**Réponse 3/** ....., .....

**Q4/ Citer six (06) éléments essentiels de la page de garde du mémoire de Master *(03 Pts)***

**Réponse 4/**

- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

**Q5/ Citer les différents types de présentations lors d'une soutenance *(01 pts)*:**

**Réponse 5/**

- .....
- .....

## Corrigé type de l'examen MDFA

### Exo. 01 (07 Pts) :

(02)

(02)

$$1. \quad \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} & \frac{\partial u}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} & \frac{\partial w}{\partial z} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \\ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) & \frac{\partial w}{\partial z} \end{bmatrix}}_{\bar{e}} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right) & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\ -\frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right) & 0 & \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) \\ -\frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right) & -\frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) & 0 \end{bmatrix}}_{\bar{W}}$$

2.  $\bar{e}$ : représente le tenseur de déformation longitudinale et angulaire et  $\bar{W}$  : représente le tenseur de Rotation pure.

3. La somme des éléments de la trace du tenseur  $\bar{e}$  représente la divergence du vecteur vitesse  $\operatorname{div} \vec{V}$ . (01)

### Exo. 02 (07 pts)

1) Les hypothèses simplificatrices dans ce cas sont :

- L'écoulement est permanent :  $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$ .

- L'écoulement selon OXI:  $u = u(y)$ ,  $v = 0$  et  $w = 0 \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial x} = 0$  et  $\frac{\partial u}{\partial z} = 0$

- Les forces de pesanteur sont négligeables :  $g_x = 0$

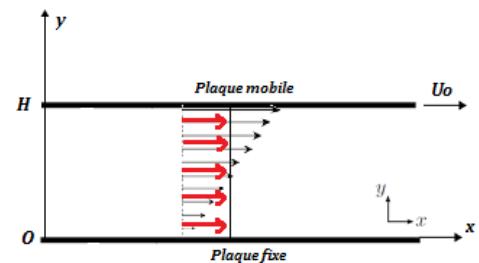
Sous les conditions prédefinies, l'éq. de N-S prend la forme suivante :  $\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$  (01)

#### 2) Profile de vitesse

(0,25) La résolution de l'équation de N-S prend la forme :  $u(y) = Ay + B$

A travers les conditions aux limites (conditions d'adhérence aux parois :  $y = 0$  et  $y = H$ ), on trouve :  $A = U_o/H$  et  $B = 0$ . (01)

Donc, le profile de vitesse prend la forme suivante :  $\Rightarrow u(y) = \frac{U_o}{H} y$



3) Le débit volumique traversant la section  $S = H * b$  peut être évalué par:

$$Q_v = \iint \vec{V} \cdot \vec{n} dS = u(y) Z \int_0^H dy = \frac{U_o}{H} Z \int_0^H y dy = \boxed{Q_v = \frac{U_o Z H}{2}} \quad (01)$$

4) La vitesse moyenne peut être déterminée à partir du débit par  $Q_v = \bar{U} S = \bar{U} Z H \Rightarrow \boxed{\bar{U} = \frac{U_o}{2}}$  (01)

5) La contrainte de cisaillement :  $\tau(y) = \mu \frac{\partial u}{\partial y} = \mu \frac{U_o}{H} \cdot \frac{y}{H}$ . (01)

6) Nombre de Reynolds : ( $Z > H \Rightarrow D_h = 2H$ ), Donc :  $R_e = \frac{\rho \bar{U} D_h}{\mu} = \boxed{\frac{\rho U_o H}{\mu}}$ . (01)

### Exo. 03 (06 pts)

La distribution parabolique de la vitesse est exprimée par le polynôme :  $u(y) = A + By + Cy^2$ .

Cette distribution doit satisfaire les conditions aux limites dans la couche limite :

$$(0,25) \quad \text{à } y = 0, u(0) = 0 \Rightarrow A = 0$$

$$(0,25) \quad \text{à } y = \delta, u(\delta) = U_\infty = A + B\delta + C\delta^2 \Rightarrow \begin{cases} A = 0 & (0,25) \\ B = 2U_\infty/\delta & (0,25) \\ C = -U_\infty/\delta^2 & (0,25) \end{cases} \quad u(y) = 2\frac{U_\infty}{\delta} y - \frac{U_\infty}{\delta^2} y^2 = \boxed{\frac{u(y)}{U_\infty} = 2\left(\frac{y}{\delta}\right) - \left(\frac{y}{\delta}\right)^2} \quad (02)$$

2-L'expression de la couche de déplacement  $\delta_d$  est donnée par l'équation :

$$(0,25) \quad \delta_d = \int_0^\delta \left( 1 - \frac{u}{U_\infty} \right) dy = \int_0^\delta \left[ 1 - 2\left(\frac{y}{\delta}\right) + \left(\frac{y}{\delta}\right)^2 \right] dy \Rightarrow \boxed{\frac{\delta_d}{\delta} = \frac{1}{3}} \quad (01)$$

3-L'équation de l'épaisseur de la quantité de mouvement de la couche limite  $\delta_{qm}$  est:

$$(0,25) \quad \delta_{qm} = \int_0^\delta \frac{u}{U_\infty} \left( 1 - \frac{u}{U_\infty} \right) dy = \int_0^\delta \left( 2\left(\frac{y}{\delta}\right) - \left(\frac{y}{\delta}\right)^2 \right) \left[ 1 - 2\left(\frac{y}{\delta}\right) + \left(\frac{y}{\delta}\right)^2 \right] dy \Rightarrow \boxed{\frac{\delta_{qm}}{\delta} = \frac{2}{15}} \quad (01)$$

## **Examen de Mécanique des Fluides Approfondie**

### **Exercice 01 (07 Pts)**

Le tenseur de déformation des contraintes de Reynolds  $\bar{\bar{G}}$  est présenté par la matrice suivante :

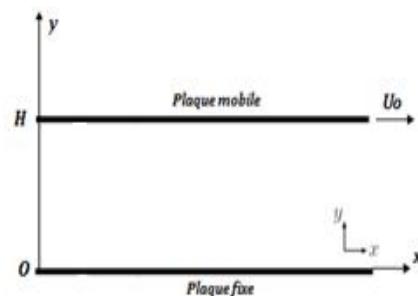
$$\begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} & \frac{\partial u}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} & \frac{\partial w}{\partial z} \end{bmatrix}$$

1. Décomposer la matrice  $\bar{\bar{G}}$  en deux tenseurs symétrique et antisymétrique ( $\bar{\bar{G}} = \bar{\bar{e}} + \bar{\bar{w}}$ ).
2. Que représente chacun des deux tenseurs  $\bar{\bar{e}}$  et  $\bar{\bar{w}}$
3. Que représente la somme des éléments de la trace du tenseur  $\bar{\bar{e}}$ .

### **Exercice 02 (07 Pts)**

Considérons l'écoulement laminaire, permanent et incompressible d'un fluide visqueux entre deux plaques parallèles de longueur  $L$ , de largeur  $Z$  et distantes de  $H$  (avec  $Z>>H$ ), dont l'une est fixe et l'autre mobile avec une vitesse constante  $U_0$  (Voir la Figure).

1. Donner la projection de l'éq. de Navier-Stokes selon l'axe OX.
2. Trouver le profile des vitesses pour cet écoulement.
3. Trouver le débit volumique de l'écoulement.
4. Déduire la vitesse moyenne de l'écoulement.
5. Trouver la contrainte de cisaillement.
6. Trouver l'expression du nombre de Reynolds.



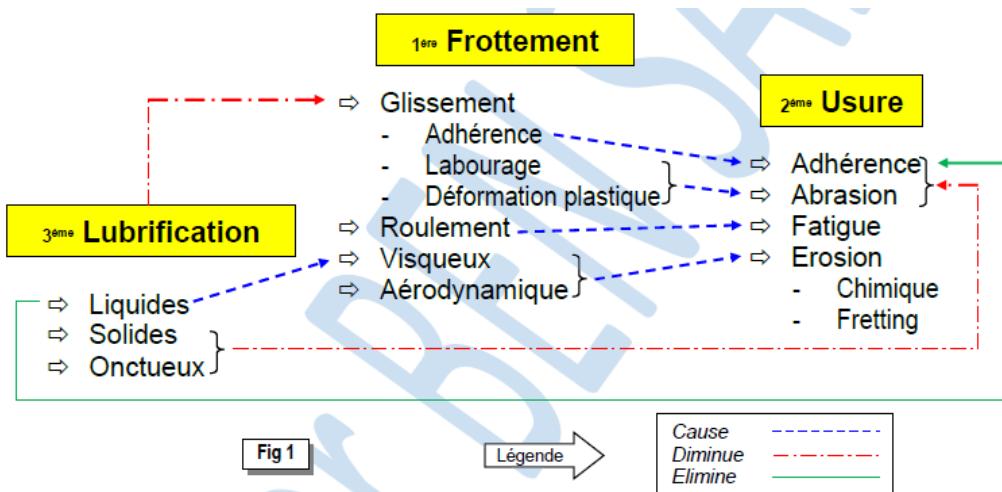
### **Exercice 03 (06 Pts)**

Supposons que la distribution des vitesses dans la couche limite laminaire sur une plaque plate est donnée par le polynôme de second ordre  $U = A + By + Cy^2$ , où  $A$ ,  $B$  et  $C$  sont des constantes.

1. Trouver  $A$ ,  $B$  et  $C$  et exprimer la distribution de vitesse sous la forme :  $\frac{U}{U_\infty} = f\left(\frac{y}{\delta}\right)$ .
2. Trouver le rapport entre l'épaisseur de déplacement et l'épaisseur de la couche limite ( $\frac{\delta_d}{\delta}$ ).
3. Trouver le rapport entre l'épaisseur de la quantité de mouvement et l'épaisseur de la couche limite ( $\frac{\delta_{qm}}{\delta}$ ).

Exo : 01 (6pts)

1- Expliquez le principe de la tribologie et la lubrification et complétez chaque type du phénomène tribologique de la (Fig 1). (3pts)

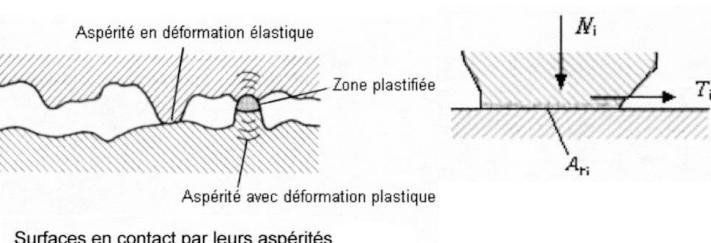
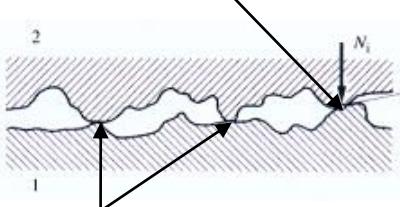


I- La tribologie :

- La **tribologie** est la branche de la mécanique qui étudie le *frottement*, l'*usure* et la **lubrification** des surfaces de contact entre deux solides. Elle s'intéresse principalement aux corps solides ou à l'interaction entre un solide et un lubrifiant liquide (*huile*), onctueux (*graisse*) ou granulaire (*poudre*).
- La **lubrification** permet de séparer les surfaces en contact par un film lubrifiant, et donc de limiter le frottement et l'usure.
- La Figure suivante décrit schématiquement les relations qui existent entre les trois aspects de la tribologie.

2- Que représentent ces différentes surfaces ? Expliquez et complétez les figures en indiquant les lois à appliquer pour calculer les surfaces de contact et les différentes contraintes? (3pts)

Contact ponctuel



➤ Surface réelle de contact :

L'aire de la surface de contact des aspérités est appelée surface de contact réelle  $A_r$ .  
Une aspérité progressivement chargée par une force  $N$ --Déformation plastique--Augmentation de l'air de contact

$$A_{ri} \ll A, \quad A_{ri} = \frac{N_i}{P_e}, \quad N = AP, \quad N = \sum N_i, \quad A_r = \frac{N}{P_e}, \quad \frac{A_r}{A} = \frac{P}{P_e}$$

➤ Surface de contact en présence d'une force de cisaillement :

L'application d'une force tangentielle  $T_i$  provoque une déformation latérale qui augmente la surface de contact

$$\underline{P_{ri} = \frac{N_i}{A_{ri,T}}}, \quad \tau_{ri} = \frac{T_i}{A_{ri,T}}, \quad A_{ri} = \frac{N_i}{P_e}$$

$$A_{ri,T} = \sqrt{\left(\frac{N_i}{P_e}\right)^2 + C\left(\frac{T_i}{P_e}\right)^2} \quad A_{ri,T} = A_{ri} \sqrt{1 + C\left(\frac{T_i}{N_i}\right)^2}$$

### Exercice 1 : (6 points)

1-Expliquez le principe pour minimiser le frottement de glissement dans les cas suivant :(3pts)

#### Principes pour minimiser le frottement de glissement

##### ➤ Adhérence $F_{fa}$ :

- utiliser des matériaux incompatibles
- favoriser la formation de films de surface à faible cisaillement tels que les films d'oxyde ou des films de matières organiques adsorbés ou à base de matériaux de faible résistance (graphite, PTFE, MoS<sub>2</sub>)

##### ➤ Labourage $F_{fl}$ :

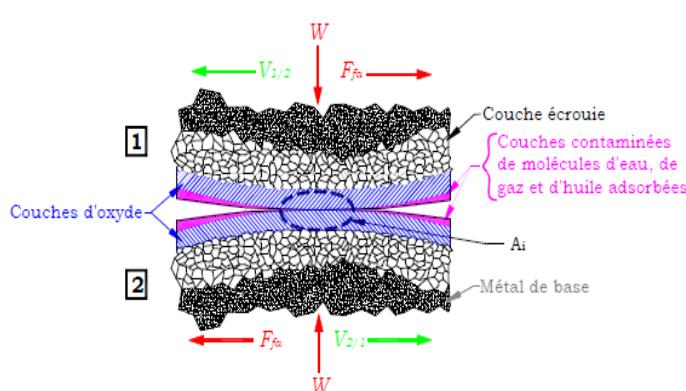
- des surfaces dures préviennent la pénétration des aspérités (traitement de surfaces ou placages durs)

##### ➤ Déformation plastique $F_{fd}$ :

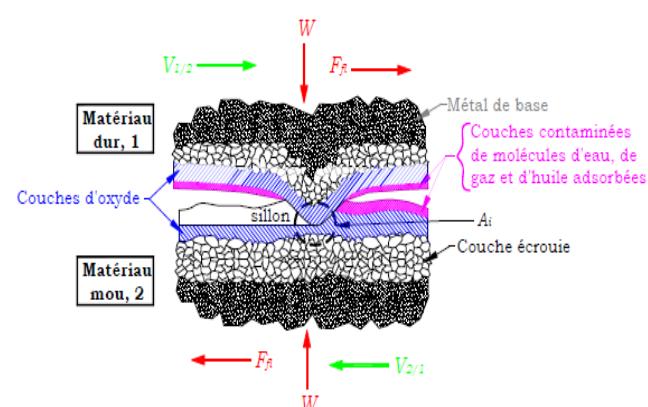
- les surfaces très lisses augmentent  $A_r$  et donc  $F_{fa}$ ; par contre, les surfaces très rugueuses favorisent l'enchâssement; il existe donc une rugosité optimale

2-a- Complétez le vide dans les figures suivantes : (3pts)

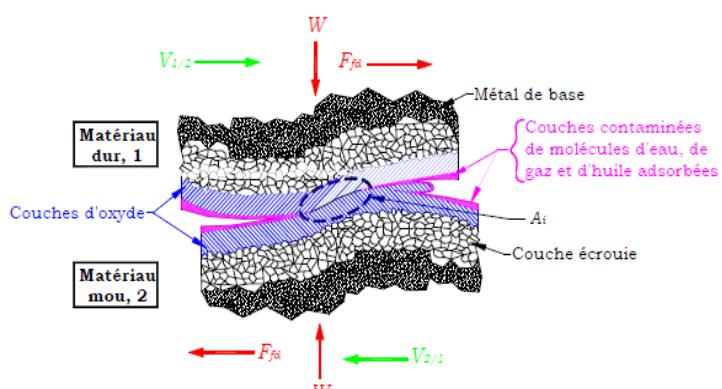
#### Adhérence



#### Labourage



#### Déformation plastique



## Exercice 2 : (8pts)

1- a-Expliquez ce type de frottement ?

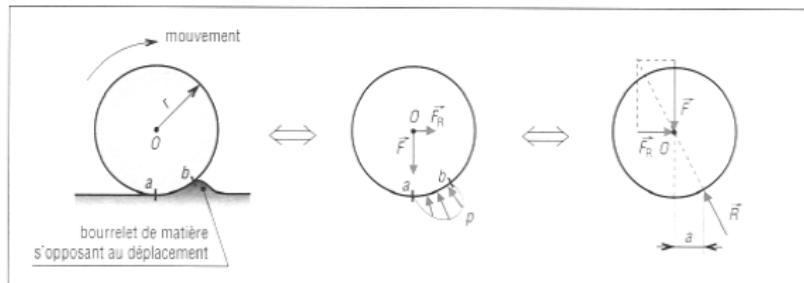
-La roue facilite largement le mouvement parce qu'en roulant sans glisser sur une surface, ni le frottement statique ni le frottement cinétique agissent.

Néanmoins on a une force de frottement avec roulement qui permet l'accélération:

$$F_f = \mu_r F_N \text{ avec } \mu_r \ll \mu_c$$

-Le coefficient de frottement avec roulement,  $\mu_r$ , est beaucoup plus petit que celui qui caractérise le glissement.

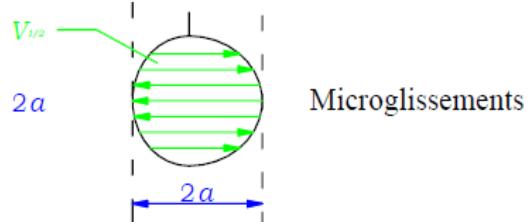
b-Complétez les figures, déduire l'effort de frottement et le facteur de frottement ?



Aire de contact

Frottement de roulement :

$$F_R = \frac{f_g \cdot a}{r} P$$



$$f_R = f_g \cdot a / r : \text{facteur de frottement de roulement}$$

## 2- Expliquez les trois phénomènes physiques :(1.5pt)

Trois phénomènes physiques bien distincts, provoquent des pertes d'énergie lors du frottement entre deux solides rugueux et influencent aussi sur la valeur du coefficient de frottement.

-Formation et rupture des jonctions d'adhésion aux lieux de contact (fig.a).

-Déformation élasto-plastique des aspérités (fig.b).

-Déplacement de matière par labourage (fig.c)

## 3-Expliquez, comment influent ces paramètres (mode de contact, charge, état de surface, vitesse, ambiance) sur l'usure d'un matériau ?

### Facteurs de l'usure (2.5 pts)

**Mode de contact :** Le mode de contact géométrique influe sur le rôle que les différentes pièces jouent tout au long de la durée d'utilisation du mécanisme.

**Charge :** La charge est le facteur déterminant du comportement mécanique des matériaux frottants, puisqu'elle régit l'ensemble du réseau de contraintes superficielles au contact: contrainte normale dues aux seules forces d'appui, et contrainte tangentielle correspondant à la résistance au déplacement (coefficient de frottement)

**Etat de surface :** les paramètres définissant la surface correspondent à l'ensemble des propriétés mécaniques, physique et chimiques des matériaux en présence

**Vitesse :** Ce paramètre influe principalement sur la température et le coefficient de frottement

**Ambiance :** L'ambiance de fonctionnement, qui caractérise l'environnement du contact (incluant bien évidemment le lubrifiant), joue un rôle à travers quatre composantes principales

### Correction type Examen

Nom et Prénom: .....

#### Exercice 1 : (5 points)

1-Pour garantir une bonne maintenance de votre machine, vous avez deux types de maintenance à appliquer en tableau (TAB 01). Cochez par « X » la case qui convienne.

2-Indiquez le niveau de maintenance adéquate pour chaque opération dans le (TAB 01).

#### **1 – TAB 01 : TYPES DE MAINTENANCE :**

Maintenance d'une automobile.	Maintenance Corrective		Maintenance Préventive		Niveau de maintenance
	Dépannage	Réparation	Systématique	Conditionnée	
1-Couper l'alimentation électrique pour assurer la sécurité.	X				1
2-Identifier la pièce défectueuse grâce à un diagnostic précis.	X				4
3-Réparer ou remplacer les composants endommagés		X			3
4-Tester la machine après la réparation.		X			3
5-Nettoyer le filtre de vidange et le tuyau d'évacuation.		X			2
6-En cas d'anomalie, Inspecter le panneau de commande.				X	3
7-En cas de vibration, Inspecter l'amortisseur.				X	4
8-Contrôler la courroie d' entraînement en cas de sifflements.				X	3
9-Vérifier la prise de courant et le câble d'alimentation.				X	2
10-Vérifier la pompe de vidange, après l'intervention.		X			2

2.5pts

#### Exercice 2 : (9 points)

Pour assurer la durée de vie et l'efficacité des machines à laver automatiques, vous allez effectuer une maintenance préventive et corrective selon les cas et les situations suivantes :

#### **1- Compléter les vides dans la définition et les différents Objectifs du projet visés ;**

##### Définition de la Maintenance préventive : 1pt

La maintenance préventive comprend **les actions régulières** visant à prévenir **les pannes et à optimiser** la performance **de la machine**.

##### Définition de la Maintenance corrective: 1pt

La maintenance corrective intervient lorsque la machine **présente une panne ou un dysfonctionnement**. Elle vise **à réparer et à remettre** l'appareil en **état de fonctionnement**.

##### Les différents Objectifs du projet visés : 1 pt

1. Effectuer des **opérations** de maintenance préventive pour **réduire les pannes potentielles**.
2. **Identifier et réparer** les problèmes courants de la machine à laver.
3. **Sensibiliser** les utilisateurs à l'importance de la maintenance **préventive et corrective**.

#### **2- Donnez les étapes de la maintenance préventives et les étapes d'intervention en cas de maintenance corrective ;**

##### 1) Étapes de maintenance préventive :

1. Nettoyer le tambour :

- Faire fonctionner un cycle de nettoyage avec de l'eau chaude et du vinaigre blanc.

## 2. Vérifier les tuyaux d'eau :

- S'assurer qu'il n'y a pas de fuites ou de fissures.
- Nettoyer les filtres des tuyaux d'admission.

1.5pts

## 3. Nettoyer le filtre de la pompe :

- Retirer les débris et les résidus.

## 4. Assurer la stabilité de la machine :

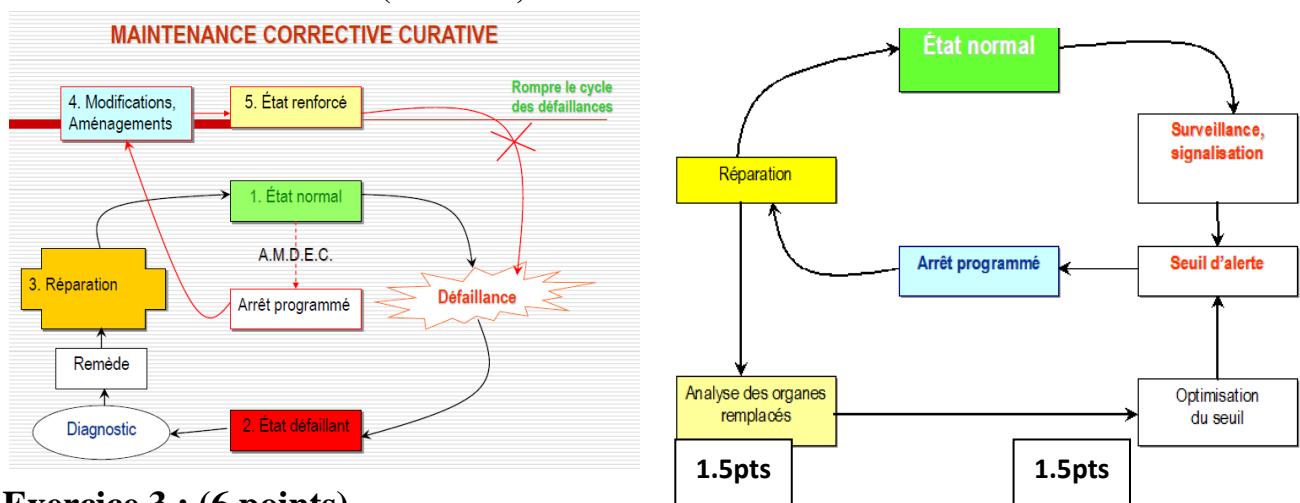
- Ajuster les pieds de la machine pour qu'elle soit bien équilibrée.

## 2) Étapes de maintenance corrective :

1. Couper l'alimentation électrique pour assurer la sécurité.
2. Identifier la pièce défectueuse grâce à un diagnostic précis.
3. Réparer ou remplacer les composants endommagés (pompe, tuyaux, courroie, etc.).
4. Tester la machine après la réparation.

1.5pts

## 3- Schématissez l'organigramme du principe d'intervention de la maintenance préventive conditionnelle et corrective (curative).



## Exercice 3 : (6 points)

Citer deux exemples d'intervention pour maintenance préventive et un pour maintenance corrective, en expliquant les procédures et les étapes d'intervention :

Exemple intervention sur un équipement ou un bien (pompe, machine à laver, chaudière...) défaillant ou en panne en vue de réparer, d'entretenir, de maintenir, de modifier, d'améliorer, d'augmenter sa performance ou son rendement et donc d'augmenter sa durée de vie et la période de bon fonctionnement. Tout en traçant, en suivant une certaines procédures, a titre d'exemple : consulter la documentation nécessaire (fiche historique, plan, guide de fonctionnement...), faire le vidange, récupérer l'huile, démonter le système, détecter la panne et l'organe défaillant, diagnostiquer le type de défaillance, réparer le système ou remplacer par un autre organe, et améliorer le fonctionnement en augmentant la durée de vie, remonter le système, remplacer l'huile changé, faire le test de démarrage, contrôler les paramètres de bon fonctionnement et enfin faire l'analyse d'huile récupérer, établir le rapport fin d'intervention.

Bon courage

Chargé de module Mr H.Bouhabila

Faculty of Sciences and Applied Sciences  
Mechanical Department.

M1 CM.

EXAM: MDF A. (AMF)

EX01 (05 pts)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + E_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_L \quad (1 \text{ pt})$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = (-4)(144)/[(0,86)(62,4)] = -10,73 \text{ ft.} \quad (0.75)$$

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g}, \quad z_1 = h_L = 0 \quad (0.5)$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = (43)(144)/[(0,86)(62,4)] = 115,38 \text{ ft.} \quad (0.75)$$

$$z_2 = 3 \text{ ft.} ; \quad -10,73 + E_p = 115,38 + 3 \Rightarrow E_p = 129,11 \text{ ft.} \quad (0.5)$$

$$\Phi = \varphi \gamma E_p = (0,50)[(0,86)(62,4)](129,11) = 3464 \text{ ft-lb/s} = 630 \text{ hp} \quad (0.5)$$

$$\text{Efficiency of pump.} = (613\%) \cdot 100 = 78,8\% \text{ (percent).} \quad (0.5)$$

EX02 (06,0)

Assuming steady, 1-dimensional flow, applying the continuity equation between the inlet and the throat gives =

$$S_1 A_1 V_1 = S_2 A_2 V_2 \quad \therefore S_1 = S_2 = \varphi = \text{constant} \quad (0.5)$$

(Flow is stated to be  $\varphi$ )

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{A_2 V_2}{A_1} = \frac{\frac{\pi}{4} D_2^2 V_2}{\frac{\pi}{4} D_1^2} \quad (\text{if compressible}) \text{ then,}$$

$$V_1 = \frac{\left(\frac{4,1^2}{12}\right)^2 \times 14,3}{\left(\frac{2,25^2}{12}\right)^2} = \frac{4,1^2 \times 14,3}{2,2^2} = 49,67 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (0.5)$$

The application of Bernoulli's equation gives =

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = \text{constant}$$

$$2. \quad \frac{V^2}{2g}$$

$$1. \quad \frac{V^2}{2g}$$

Rearranging for the pressure difference  $P_2 - P_1$  gives:

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho g_{\text{gas}} (v_1^2 - v_2^2) \quad (0,5)$$

The U-tube manometer will measure this static pressure difference  $P_2 - P_1$ , so using the hydrostatic equation, the pressure difference is  $P_2 - P_1 = \rho_w g h$ . (0,5)

making sure the density of water is used.

Therefore, equating the latter two equations gives

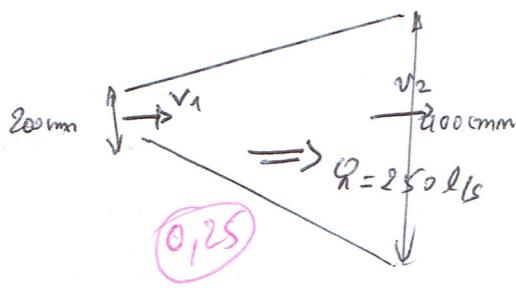
$$\rho_w g h = \frac{1}{2} \rho g_{\text{gas}} (v_1^2 - v_2^2) \quad (1 \text{ pt})$$

and solving for  $h$  leads to =

$$h = \frac{\rho g_{\text{gas}} (v_1^2 - v_2^2)}{2 \rho_w g} = \frac{0,0023}{2 \times 1,04 \times 10,17} (49,67 - 14,3)^2 \quad (1 \text{ pt})$$

$$h = \frac{0,0023}{38,8} (2467,1089 - 204,49) = 0,145 \text{ m} = 14,5 \text{ cm} \quad (0,5)$$

Ex 03 (4,25)



$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (0,5) \quad Q = 250 \text{ l/s} = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = A_1 v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{Q}{\pi d_1^2} = \frac{4Q}{\pi d_1^2} \quad (0,5)$$

$$v_1 = \frac{4 \times 0,25}{3,14 \times (0,2)^2} = 7,96 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (0,5)$$

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 \times 0,25}{3,14 \times (0,1)^2} = 7,96 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (0,5)$$

$$P_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (1 \text{ pt})$$

$$z_1 = z_2 = 0 \Rightarrow \quad (0,5)$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \Rightarrow \Delta h = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{1}{2g} (v_2^2 - v_1^2) \quad (0,5)$$

✓ B. Glass  
C. Water  
D. Wood

4. The branch of fluid mechanics that deals with fluids at rest is called:  
A. Hydrodynamics  
B. Fluid kinematics  
C. Hydrostatics  
D. Aerodynamics

5. Pressure in a fluid at rest acts:  
A. Only upward  
B. Only downward  
✓ C. Only horizontally  
D. Equally in all directions

6. Which unit is used to measure pressure in the SI system?  
A. Joule  
✓ B. Pascal  
C. Newton  
D. Watt

7. What happens to pressure in a liquid as depth increases?  
✓ A. It decreases  
B. It stays constant  
✓ C. It increases  
D. It becomes zero

8. The equation ( $Q = A \times V$ ) represents:  
✓ A. Bernoulli's equation  
B. Continuity equation  
C. Momentum equation  
D. Energy equation

9. Which law explains why airplanes can fly?  
A. Newton's First Law  
B. Pascal's Law  
✓ C. Bernoulli's Principle  
D. Archimedes' Principle

10. Archimedes' Principle is related to:  
A. Pressure measurement  
B. Fluid flow speed  
✓ C. Buoyant force  
D. Viscosity

11. Which fluid property describes resistance to flow?  
A. Density  
B. Pressure  
✓ C. Viscosity  
D. Volume

12. The main purpose of lubrication is to:  
A. Increase friction

✓ B. Reduce wear and friction between surfaces  
C. Increase temperature  
D. Change the shape of surfaces

13. Which of the following is commonly used as a lubricant?  
A. Sand  
✓ B. Water only  
C. Oil  
D. Wood

14. Lubrication that occurs due to a full fluid film separating two surfaces is called:  
A. Boundary lubrication  
B. Mixed lubrication  
✓ C. Hydrodynamic lubrication  
D. Dry lubrication

15. Which property of a lubricant mainly affects its ability to reduce friction?  
A. Color  
✓ B. Viscosity  
C. Density  
D. Volume

16. Grease is mainly used for lubrication when:  
A. Very high speeds are required  
✓ B. Lubricant leakage must be prevented  
C. No friction exists  
D. Temperature is always low

17. Fluid flow in which particles move in smooth parallel layers is called:  
A. Turbulent flow  
✓ B. Laminar flow  
C. Uniform flow  
D. Rotational flow

18. The Reynolds number is used to determine:  
A. Fluid temperature  
B. Fluid density  
✓ C. Type of fluid flow  
D. Pressure loss only

19. The continuity equation is based on the principle of:  
✓ A. Conservation of mass  
B. Conservation of energy  
C. Conservation of momentum  
D. Conservation of pressure

20. Which of the following factors does NOT affect fluid flow rate?  
A. Pipe diameter  
✓ B. Fluid velocity  
C. Fluid color  
D. Cross-sectional area

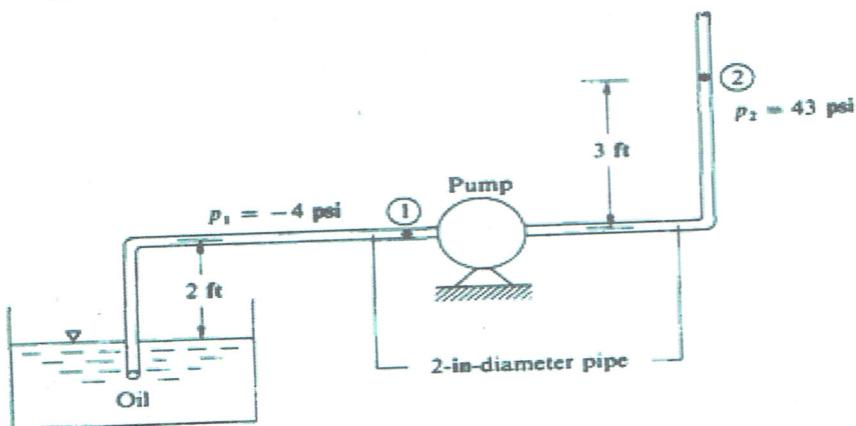
21. In turbulent flow, the fluid motion is:  
✓ A. Smooth and orderly  
B. Random and irregular  
C. Completely stopped  
D. One-dimensional

Name :

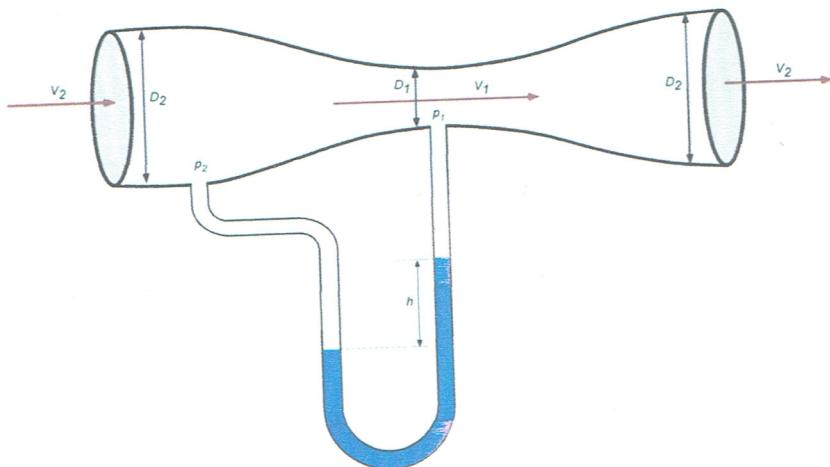
EXERCICE1 (5p)

Oil with specific gravity of 0.86 is being pumped from a reservoir as shown in figure. The pressure at points 1 and 2 are -4psi and 43psi respectively. The rate of flow in the pipe is 0.5 ft<sup>3</sup>/s. The pump is rated at 8hp. Determine the efficiency of the pump. Neglect energy losses in the system.

$$\begin{aligned}
 1\text{in} &= 0.0254\text{M} \\
 1\text{psi} &= 6894.76\text{Pa} \\
 1\text{ft}^3/\text{s} &= 0.028317\text{m}^3/\text{s} \\
 1\text{hp} &= 746\text{Watt} \\
 1\text{ft} &= 0.3048\text{m}
 \end{aligned}$$

EXERCICE2 (6p)

An incompressible gas flow in a pipe passes through a Venturi - meter. The pipe diameter is  $D_2 = 4.1\text{cm}$ , and the diameter of the throat of the venturimeter is  $D_1 = 2.2\text{ cm}$ . The gas flow in the main pipe has a velocity  $V_2 = 14.3\text{ m/s}$ . If the static pressure difference between the venturi's inlet and throat is measured using a U-tube water manometer, then calculate the height  $h$  between the two columns. Assume 1-dimensional flow and no losses. Also assume that  $\rho_w = 1.94\text{ kg/m}^3$  and  $\rho_{gas} = 0.0023\text{ kg/m}^3$ .



EXERCICE3: Find the loss of head when a pipe of diameter 200mm is suddenly enlarged to a diameter of 400mm. The rate of flow through the pipe is 250l/s. (2,25)

QUESTIONS (5,25)

- Which of these terms best describes the amount of fluid that's passing some point at any given time?
  - A. Flow rate
  - B. Total flow
  - C. Laminar flow

(0,25)

- What is fluid mechanics?
  - A. The study of solid materials
  - B. The study of forces in machines
  - C. The study of fluids at rest and in motion
  - D. The study of heat transfer
- Which of the following is considered a fluid?
  - A. Steel

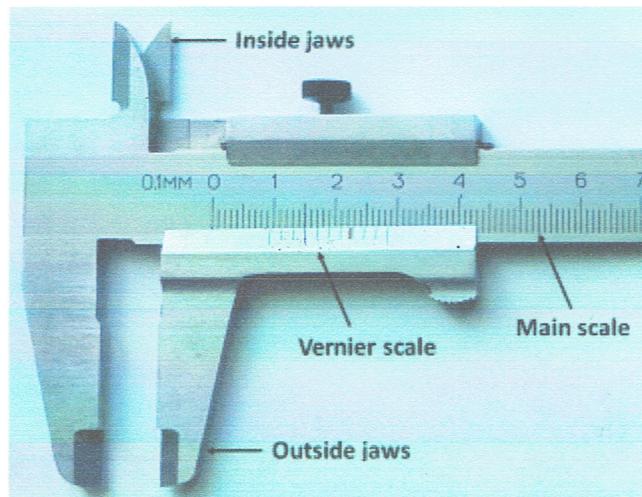
0,25

0,25

## EXERCICE (5 points)

The main scale of a vernier calipers reads in millimeter and its vernier is divided into 10 divisions which coincide with 9 divisions of the main scale. When the two jaws of the instrument touch each other the seventh division of the vernier scale coincide with a scale division and the zero of the vernier lies to the right of the zero of main scale. Furthermore, when a cylinder is tightly placed along its length between the two jaws, the zero of the Vernier scale lies slightly to the left of 3.2cm and the fourth Vernier division coincides with a scale division.

Calculate the measured length of the cylinder.



## EXERCICE2 (5 points)

In this work, we shall measure a mass of a given body by an indirect method. The studied body is a straight cylinder made from a solid piece of wood (specifically, dry beech). Therefore, its mass can be determined indirectly using the following calculation formula:

$$m = \rho V = \rho \pi \frac{d^2}{2} h$$

Here,  $\rho$  is the density of the body material and  $V = \pi \frac{d^2}{2} h$  is the body volume, calculated from the measured diameter  $d$  and height  $h$  of the cylinder. Direct measurements are reduced to determining the linear dimensions of the cylinder ( $d$  and  $h$ ). Then, using the tabular value of the density of dry beech  $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$ , you need to calculate the mass of the cylinder. As a result of the experiment, it is necessary to find the mean value of the cylinder mass and evaluate the absolute and relative errors with which the cylinder mass was measured. The final result should be presented in the form:  $m = m \pm \Delta m$

## QUESTIONS

1. What is the main purpose of Non-Destructive Testing?

A. To destroy materials after testing  
 B. To check material properties without damaging them

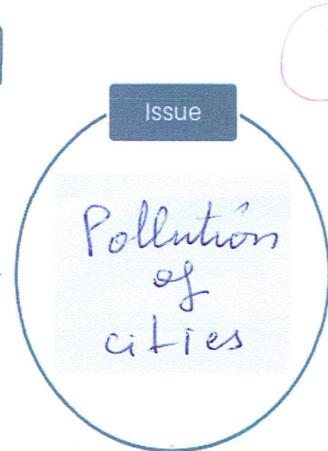
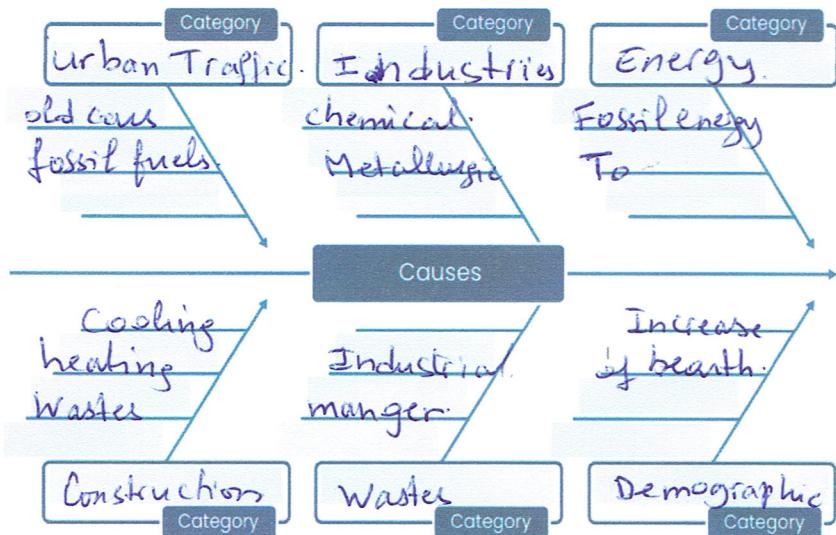
50%

**FACULTY OF SCIENCES AND APPLIED SCIENCES**  
**MECHANICAL DEPARTMENT**

**M1 ENERGETIC**

1. Write down a specific issue and place it at the head of the diagram to ensure focus. Determine broad cause categories, influencing the issue. Under each category, list potential factors contributing to the problem. Investigate which factors directly led to the problem and prioritize them for resolution.

**Problem:** Pollution of cities



2.

WHY 1 ? the pressure decreases?

**Problem:** Problem leakage in pipe A

WHY 2 ? The rate flow reach its minimum?

WHY 3 ? Water quantity in Zone A decreases?

(5 pts)

WHY 4 ? The leakage began in hours when the pressure reach its maximum?

WHY 5 ? when, the system is off; we have water traces?

Root cause

the system is old, ~~and for~~ high pressure, ~~and~~ and it's not resisted to

Solution

Exchange the pipes of the system

Corrected Exam of Instrumentation 2  
Measurement

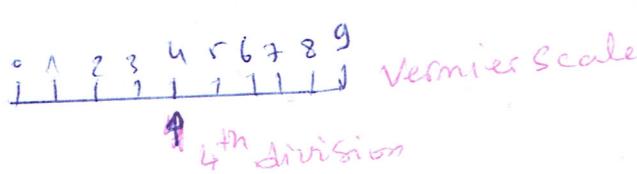
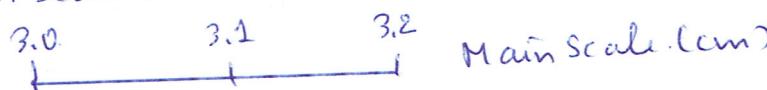
M2 Energetic

Exercise n°1. (5 points)

Calculate the measured length of the cylinders

$x$  = measured distance

$c_0$  = main scale division



- Vernier zero is just left of 3,2 cm
- Last main scale division passed = 3,1 cm
- 4th vernier division coincides

of Main Scale zero



- Zero of vernier is to the right of main scale zero.
- $\Rightarrow$  Positive Zero error

Exercise n°2. (5 pts) 7th division coincides

$$m = g \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h$$

Determine the error of indirect measurements of mass:

$$m = \left| \frac{\partial m}{\partial h} \right| \Delta h + \left| \frac{\partial m}{\partial d} \right| \Delta d + \left| \frac{\partial m}{\partial g} \right| \Delta g$$

$$= g \cdot \pi \frac{d^2}{4} \Delta h + \frac{2d^2 \pi h}{4} \Delta d + \frac{\pi d^2 h}{4} \Delta g$$

relative mass error =

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{1}{g \cdot \pi \frac{d^2}{4} \cdot h} \left( g \pi \frac{d^2}{4} \Delta h + \frac{2d^2 \pi h}{4} \Delta d + \frac{\pi d^2 h}{4} \Delta g \right) =$$

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta h}{1} + \frac{2 \Delta d}{1} + \frac{\Delta g}{g}$$

- Main scale reading = 3,1 cm
- Vernier reading = 4,0,05 = 0,04
- Observed length =  $3,1 + 0,04 = 3,14$  cm
- Zero error = + 0,07 cm
- Corrected length =  $3,14 - 0,07 = 3,07$  cm

C. To increase the weight of materials  
D. To change the shape of components

2. Which of the following is **NOT** a Non-Destructive Testing method?

A. Ultrasonic Testing (UT)  
B. Radiographic Testing (RT)  
C. Tensile Test  
D. Magnetic Particle Testing (MT)



3. Ultrasonic Testing mainly uses:

A. X-rays  
B. Magnetic fields  
C. High-frequency sound waves  
D. Heat energy



4. Radiographic Testing (RT) is based on the use of:

A. Sound waves  
B. Infrared radiation  
C. X-rays or gamma rays  
D. Electric current



5. Which NDT method is best for detecting surface cracks in ferromagnetic materials?

A. Liquid Penetrant Testing (PT)  
B. Magnetic Particle Testing (MT)  
C. Ultrasonic Testing (UT)  
D. Visual Testing (VT)



6. Liquid Penetrant Testing (PT) is mainly used to detect:

A. Internal defects only  
B. Surface defects only  
C. Chemical composition  
D. Material hardness



7. Testing (VT) is considered:

A. The most complex method  
B. An expensive method  
C. The simplest and most common NDT



method

D. A destructive method

8. Which material is **NOT** suitable for Magnetic Particle Testing?

A. Steel  
B. Iron  
C. Aluminum  
D. Ferromagnetic alloys

9. An advantage of Non-Destructive Testing is:

A. It damages the component  
B. It is always slow  
C. It allows inspection during service  
D. It requires breaking the material

10. NDT is commonly used in which industries?

A. Aerospace  
B. Oil and gas  
C. Construction  
D. All of the above



NAME:

GROUP

**SCIENCES AND APPLIED SCIENCE FACULTY**  
**MECHANICAL DEPARTMENT**

L3 EN+MC+IM

**"ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT"**

**PART1: QUESTIONS (5POINTS)**

1. The consequences of climate change are extremely serious and affect many aspects of our lives. List them and explain how we can take action to combat them.
2. Why is biodiversity important for ecosystem stability?
3. What are the three pillars of sustainability?
4. How can renewable energy reduce climate change?
5. What is the concept of a circular economy?

**PART2: ESSAY (5POINTS)**

Can technology alone solve environmental problems?

**GOOD LUCK**  
**REMACHE LEILA**

**PART3: QUIZ (10POINTS)****Choose the correct answer**

1. What is the primary cause of global warming?

A) Deforestation B) Greenhouse gas emissions C) Ocean currents D) Solar radiation

2. Which of the following gases is a major contributor to global warming?

A) Oxygen B) Carbon dioxide C) Nitrogen D) Argon

3. Which of the following human activities is most responsible for increasing carbon dioxide levels in the atmosphere?

A) Agricultural activities B) Industrial processes C) Fossil fuel combustion D) Solar energy

3. Which international agreement aims to limit global warming to below 2°C compared to pre-industrial levels?

A) The Paris Agreement B) The Montreal Protocol C) The Rio Earth Summit D) The Geneva Convention

4. What is acid rain?

a) Rainwater with a pH greater than 7 b) Rainwater with a pH less than 7 c) Rainwater that has high levels of oxygen d) Rainwater that is neutral in pH

5. What is the main cause of ozone depletion?

a) Air pollution b) CFCs (Chlorofluorocarbons) c) Carbon dioxide d) Nitrogen oxides

6. The term 'biodiversity' refers to:

a) The variety of life on Earth b) The extinction of species c) The impact of pollution on the environment d) The process of environmental conservation

7. What does the "Refuse" principle in the 5R concept primarily encourage?

A) Reusing materials B) Recycling products C) Rejecting items that are unnecessary or harmful  
D) Rotting organic waste

8. Which SDG aims to "ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages"?

a) SDG 1 b) SDG 3 c) SDG 6 d) SDG 9

9. How does overexploitation contribute to climate change?

A) By reducing greenhouse gas emissions B) By increasing atmospheric carbon dioxide through deforestation and fossil fuel use C) By reducing the effects of global warming D) By enhancing the carbon absorption capacity of ecosystems

10. What is the term for the process of converting sunlight directly into electricity?

a) Solar thermal energy b) Photovoltaic effect c) Solar radiation d) Conduction

L3: CM + IM + EN.

Correction of Exam.

Part I: (5 pts)

## Environment and Sustainable Development

①. ~~the~~ Consequences of climate change =

- Increased mortality;
- reduced productivity;
- damage to infrastructure
- Polar ice Shields are melting and the sea is rising

(1 pt)

Actions to combat climate change =

- Invest in renewables and divest from fossil fuels;
- Green our commute.
- Consume less, waste less.
- Get politically active and vote [take actions to reduce individual carbon footprints].

②. The biodiversity is important for ecosystem stability.

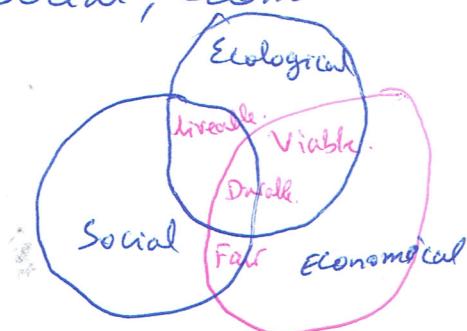
Biodiverse ecosystems are more resistant and resilient to environmental changes, such as climate change or disasters.

(1 pt)

- Biodiversity and ecosystems underpin all aspects of life.

③. The Three pillars of Sustainable Development are.

Social, economic and environmental



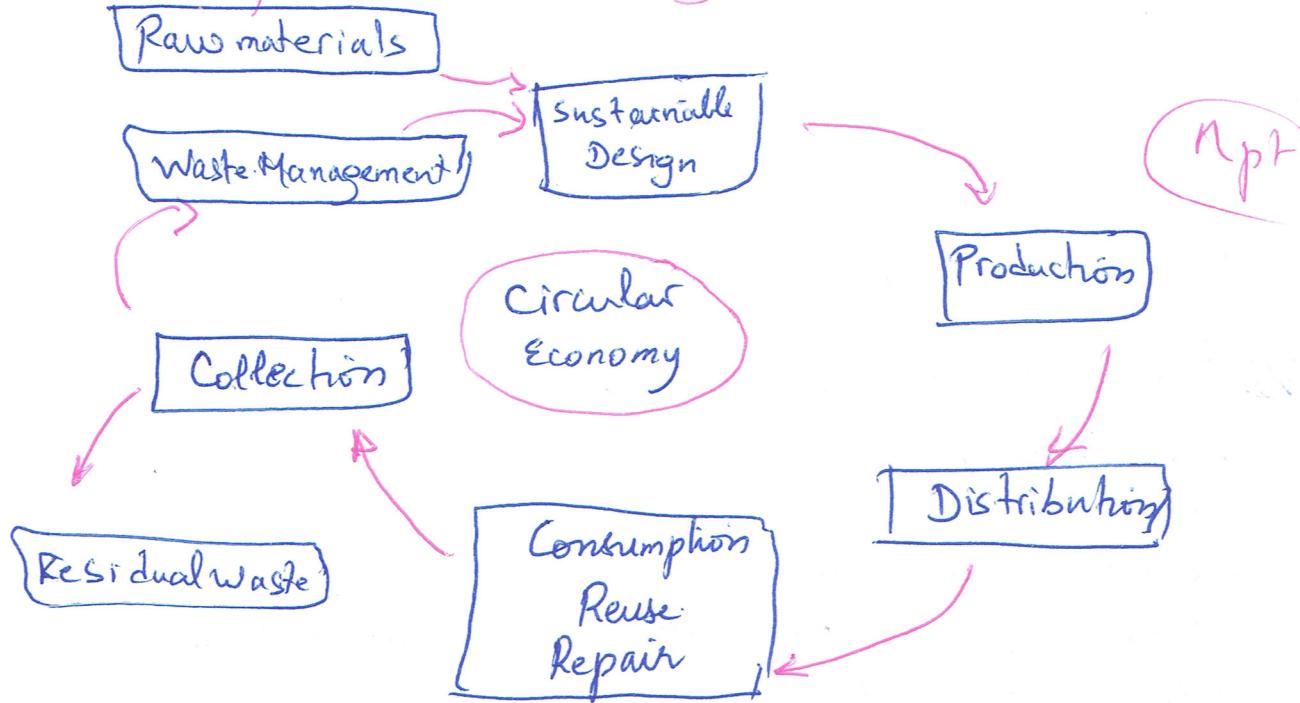
(1 pt)

④. Renewable energy mitigates climate change by =

- Replacing fossil fuels,
- Cutting green gas emission;
- Improving Air Quality;

(1 pt)

## ⑤ The Concept of circular economy =



## Part II = Can Technology alone solve environmental Problems?

Technology acts as a double-edged sword, sometimes creating new issues like e-waste or energy demands from data centers. It cannot address root cause without human effort, such as reducing consumption or enforcing regulations. Unequal access in poorer regions limits its global impact, demanding mindset changes and collective action.

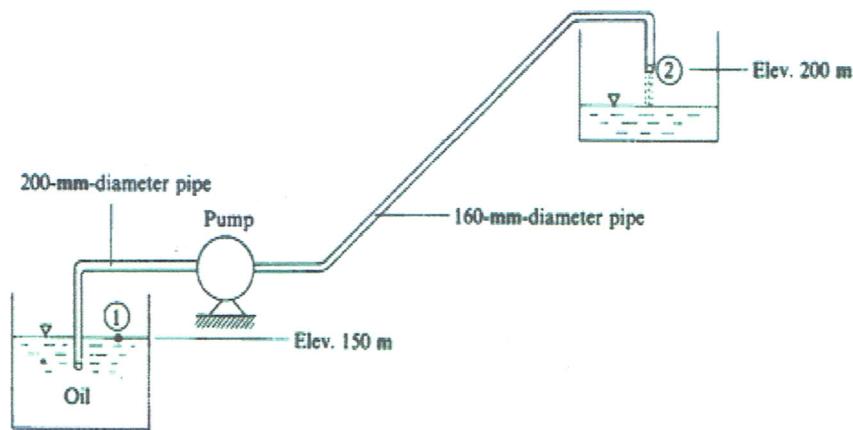
(5 pts)

## Part III = Quiz.

- 1 → A. (1 pt)
- 2 → B. (1 pt)
- 3 → C. (1 pt)
- 3 → A (1 pt)
- 4 → B. (1 pt)
- 5 → b. (1 pt)
- 6 → a. (1 pt)
- 7 → C. (1 pt)
- 8 → SDG 3. (1 pt)
- 9 → B. (1 pt)
- 10 → B. (1 pt)

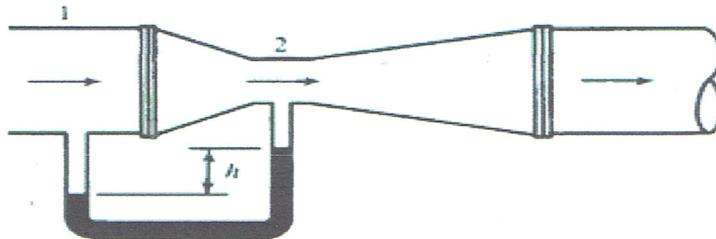
**EXERCICE 1(5pts)**

Oil with a specific gravity of 0.87 is being pumped from a lower reservoir to an elevated tank as shown in fig.1. The pump in the system is 78% efficient and is rated at 185Kw. Determine the flow rate of the oil in the pipe if the total head loss from point 1 to point 2 is 12 m of oil.

**EXERCICE 2(5pts)**

A venture meter is a carefully designed constriction whose pressure difference is a measure of the flow rate in pipe. Using Bernoulli's equation for steady incompressible flow with no losses, show that flow

rate  $Q$  is related to manometer reading  $h$  by  $Q = (A_2 / \sqrt{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4}) (2gh(\rho_M - \rho) / \rho)$  Where  $\rho_M$  is the density of the manometer fluid.

**QUESTIONS (10pts)**

1. What is the difference between laminar flow and turbulent flow?
2. What physical factors affect the nature of fluid flow in a pipe?
3. Why is the velocity of a fluid maximum at the center of a pipe?
4. State the continuity equation and explain its physical meaning.
5. A fluid flows in a pipe with Reynolds number 1500. Is the flow laminar or turbulent?
6. Explain how Bernoulli's principle applies to Venturimeter
7. A pipe narrows from area  $4 \text{ cm}^2$  to  $1 \text{ cm}^2$ . If water enters at  $1 \text{ m/s}$ , find the velocity at the narrow end.
8. Calculate the Reynolds number for water flowing in a pipe of diameter  $2 \text{ cm}$  with velocity  $0.5 \text{ m/s}$ . (Density =  $1000 \text{ kg/m}^3$ , viscosity =  $0.001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ )
9. Using Bernoulli's equation, explain why fluid speeds up while flowing downward.

Exercise n° 1. (5 points)

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} + gZ_1 + E_p = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + gZ_2 + h_L \quad (1pt)$$

$$\frac{P_1}{\rho} = \frac{P_2}{\rho} = \frac{V_1^2}{2g} = 0 \quad Z_1 = 150 \text{ m.} \quad (1pt)$$

$$P = \rho g Z \Rightarrow 0,78 \times 185 = 9.087 \cdot 9,79 E_p \Rightarrow E_p = 16,94 / \rho.$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \left( \frac{Q}{A} \right)^2 / 2g = \left\{ \frac{Q}{\pi (0,160)^2 / 4} \right\}^2 / 2 \cdot 9,807 = 126,12 \frac{Q^2}{\rho} \quad (1pt)$$

$$Z_2 = 200 \text{ m.}, \quad h_L = 12 \text{ m.}$$

$$0 + 0 + 150 + 16,94 / \rho = 0 + 126,12 \frac{Q^2}{\rho} + 200 + 12 \quad (1pt)$$

$$126,12 \frac{Q^2}{\rho} = 16,94 / \rho + 62 = 0$$

$$\text{By trial and error solution, } Q = 0,244 \text{ m}^3/\text{s.} \quad (1pt)$$

Exercise n° 1 (5 points)

$$\text{Continuity: } g_1 A_1 V_1 = g_2 A_2 V_2 \text{ since } g_1 = g_2, \quad V_2 = V_1 \left( D_1 / D_2 \right)^2 \quad (1pt)$$

Bernoulli (no losses):

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gZ_2, \text{ since } g_{Z_1} = g_{Z_2}, \quad (1pt)$$

$$V_2 = \sqrt{2 (P_1 - P_2) / \left\{ \rho \left[ 1 - \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right] \right\}} \quad (1pt) \quad Q = A_2 V_2 \cdot \rho$$

$$\text{Manometer: } P_1 - P_2 = (g_M - g) g h. \quad (1pt)$$

$$\text{Combining these: } Q \approx \left[ A_2 / \sqrt{1 - \left( D_2 / D_1 \right)^4} \right] \sqrt{2 g h (g_M - g) / \rho} \quad (1pt)$$

Questions (10 points)

① - Laminar flow

① - Fluid moves in smooth, parallel layers

Turbulent flow

- Fluid moves in an irregular, chaotic manner.

- Reynolds  $\rightarrow 1000$

② physical factors affect the nature of fluid flow in pipe -  
Viscosity, Density, Diameter. Mp2

③ The velocity of fluid is maximum at the center, ~~allowing~~ Mp2  
of a pipe because viscous forces reduce the velocity near  
the pipe walls to zero, and the resistance decreases toward  
the center, allowing the fluid there to move fastest.

④ The continuity equation  $\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$  Mp2 Mass conservation.

⑤  $Re = 1500 < 2000 \Rightarrow$  Laminar flow. Mp2

⑥ A venturiometer is a device used to measure the flow rate  
of a fluid in a pipe. It works directly on Bernoulli's principle.  
For an incompressible fluid in steady flow, the sum of -  
 $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{constant.}$  Mp2

As fluid flows from a wider section to a narrower throat,  
its velocity increases and pressure decreases. The pressure difference  
between these sections is measured and used to calculate  
the flow rate of the fluid.

⑦  $A_1 = 4 \text{ cm}^2, A_2 = 1 \text{ cm}^2; V_1 = \frac{1 \text{ m}}{\text{s}}, V_2 = ?$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{A_1}{A_2} V_1 = \frac{4}{1} \times 1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad \text{Mp2}$$

⑧  $D = 2 \text{ cm}, v = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \rho = 1000 \text{ kg/m}^3, \mu = 0,001 \text{ Pa.s.}$

Reynolds  $Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1000 \times 0,5 \times 2}{0,001} = 10^6.$  Mp2

⑨ Fluid speeds up while flowing downward.

Bernoulli's equation:  $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{constant.}$  Mp2

• h. ↓  $\Rightarrow$  flow goes down.  $\Rightarrow \rho g h v \Rightarrow \frac{1}{2} \rho v^2 \times \cancel{\rho g h} \Rightarrow$

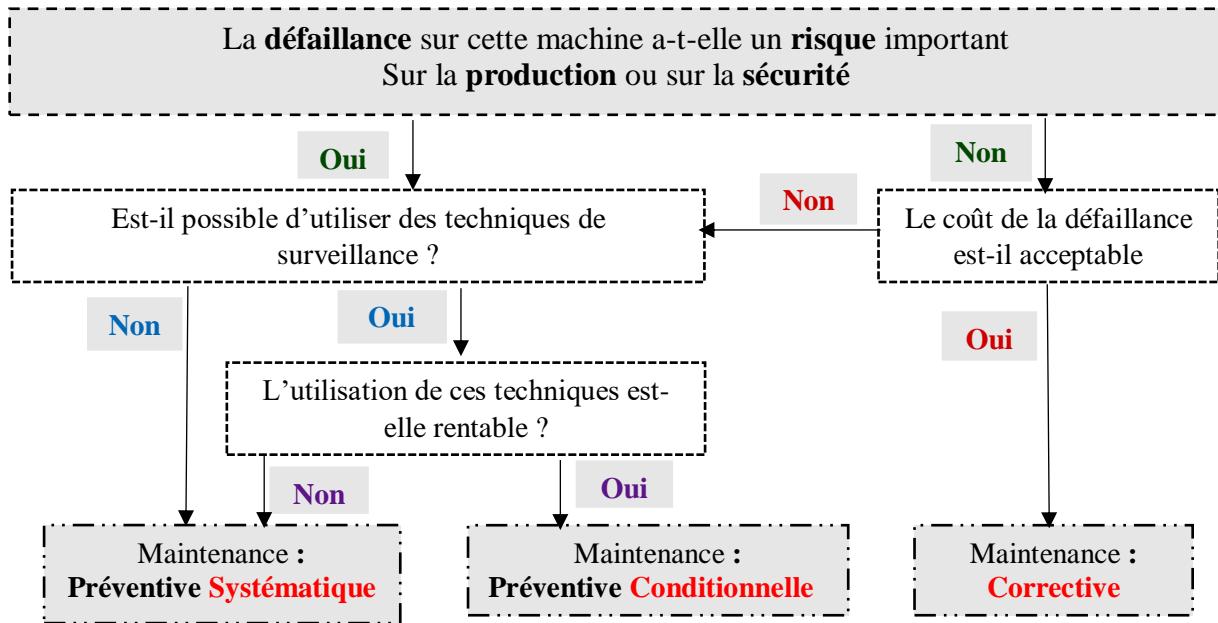
• Fluid speeds up.

Because gravitational potential energy is converted into kinetic  
energy, increasing the velocity.

## Corrigé type : Examen en maintenance

### Exercice 1 : (3.5 pts)

1.1) L'organigramme du choix de la méthode de maintenance en fonction des risques de la défaillance :



### 1.2 : (6 pts)

Interventions	Maintenance					Améliorative	
	Corrective		Préventive		Améliorative		
	Dépannage	Réparation	Systématique	Conditionnelle			
Vidange tous les 10 000 Km			✗				
Remise à neuf d'une machine					✗		
Changer un cardan		✗					
Changer un filtre avec indicateur de colmatage				✗			
Changer un roulement défaillant		✗					
Modernisation d'une chaîne de production					✗		
Echanger une roue crevée par une roue de secours	✗						
Remplacer un roulement suite à un test d'analyse vibratoire				✗			

### Exercice 2 : (10.5 pts)

3.1) remplacer les chiffres de 1 à 12 par les mots correspondants ..... (6 pts)

1 : préventive ; 2 : corrective ; 3 : systématique ; 4 : Echéancier ; 5 : état du bien ;

6 : contrôle ; 7 : panne ; 8 : dépannage ; 9 : réparation ;

10 : opération de maintenance ; 11 : Événements ; 12 : méthodes de maintenance.

3.2) Les termes (acronymes) qui correspondent aux chiffres de 1 à 6 ..... (4.5 pts)

1	2	3	4	5	6
DI	BT	OT	DA	BSM	BMO

# Corrigé Type : Examen en Stratégie de maintenance

### Exercice 1 : (6.75 pts)

1)  $JR = JM - JO$  : ex. janvier :  $JR = 31 - 22 = 9$   
 $EF = EF \text{ actuel} + \text{eff. Intérimaire} - (\text{eff. en stage} + \text{eff vacance})$  ;  
 Ex. Octobre :  $EF = 25 + 0 - (1 + 5) = 19$   
 $HE = HJ \times JO \times EF \times (1 - T_{AB})$  ex. Janvier :  $HE = 6.22.25. (1 - 0.06) = 3102$

2) **CHRT** =  $0.2 \times CAT = 0.2 \times 28000 = 5600 h$  (0.5)  
**Ratio %** =  $(CHRT/CHT) \times 100 = (5600/25000) * 100 = 22.4 \%$  (0.5)

3) L'effectif est **sous**-chargé, puisque la **CAT** est supérieure à la **CHT**  
L'effectif est sous-chargé de : **SOC** =  $CAT - CHT = 28000 - 25000 = 3000 h$  (0.5)

4) La capacité moyenne annuelle d'une personne (CMAP) :  
**CMAP** =  $6 \times 5 \times 47 \times (1 - TABM) = 1344 h/an$  (0.5)  
Avec :  $TABM = \frac{\sum_{1}^{12} TAB}{12} = 0.047$

5) **NP** =  $\frac{SOC}{CMAP} = \frac{3000}{1344} = 2.23$  personnes/an (0.5)

6) D'après la valeur de **NP**, on peut soit : (1.0)  
- Changer la politique de maintenance en vue des stages ;  
- Licencier d'effectifs permanents ;  
- Diminuer l'effectif intérimaire ;  
- Affecter deux (2) personnes à d'autres tâches (services) ;

7) La décision finale :  
Changer la politique de maintenance en vue des stages ; (0.25)

## Exercice 2 : (7 pts)

**2.1) (2 pts) :**

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} = \frac{\text{TBF}}{\text{NDéf}} = \frac{\text{TMS} - \text{TDéf}}{\text{NDéf}} = \frac{4000 - 50}{5} = \mathbf{790} \text{ heures panne} \quad \dots \dots \text{ (1).}$$

$$\text{TDéf} = \sum_1^5 \text{TDéfi} = 7 + 22 + 8.5 + 3.5 + 9 = \mathbf{50} \text{ heures}$$

$$\text{Fiabilité à } t = 1.5 * \text{MTBF} \Rightarrow R(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{1}{\text{MTBF}} \cdot 1.5 \text{ MTBF}} = e^{-1.5} = \mathbf{22 \%} \quad \dots \dots \text{ (1)}$$

2.2) (3 pts) :

Fiabilité globale  $R_s$  .

$$F_{abc} = F_a \cdot F_b \cdot F_c = (1 - R_a)(1 - R_a)(1 - R_a) = (1 - 0.65)^3 = 0.04$$

$$R_{abc} = 1 - F_{abc} = 0.96 ; R_{abcd} = R_{abcd} R_d = 0.96 * 0.96 = 0.92$$

$$R_{eg} = R_e R_g = 0.92 * 0.87 = 0.80 ; R_{fh} = R_f R_h = 0.89 * 1 = 0.89$$

$$F_{egfh} = F_{eg} F_{fh} = (1 - R_{eg})(1 - R_{eg}) = (1 - 0.80)(1 - 0.89) = 0.022$$

$$R_{egfh} = 1 - F_{egfh} = 1 - 0.022 = 0.978$$

$$R_s = R_{abcd} * R_{egfh} = 0.90 = \mathbf{90\%} \quad (3 \text{ pts})$$

**2.3) (2 pts) :**

Fiabilité à  $t = 100$  jours    Avec :  $R(t) = e^{-\lambda t}$

Calcul de  $\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{ND_{éfi}}{TBF} = \frac{N(TBF)_i}{\sum TBF_i} = \frac{10}{412} = 0.0243$  **pannes /jours**

Avec :  $TBF = 13 + 14 + 18 + 21 + 26 + 26 + 35 + 55 + 80 + 124 = 412$  j

D'où :  $R(100) = e^{-\lambda \cdot 100} = e^{-2.43} = 0.088 \Leftrightarrow R(100) = 8.8\%$     ... .... (2 pts)

### **Exercice 3 (6.25 pts)**

**3.1) (3 pts = 2 \* 0.75 + 3 \* 0.5) :**

1.  $a \rightarrow Q_2$  :  $b \rightarrow Q_1$
2. Courbe 1 : Coût de perte de productions pendant les arrêts  
Courbe 2 : Cout total  
Courbe 3 : Coût de maintenance

**3.2) (3.25 pts = 13 \* 0.25)**

- 1) préventif
- 2) corrective
- 3) conditionnelle
- 4) échéancier
- 5) état du bien
- 6) inspection
- 7) visite
- 8) contrôle
- 9) défaillance partielle
- 10) panne
- 11) réparation
- 12) opérations de maintenance
- 13) méthodes de maintenance

-  $\frac{\partial T}{\partial x} + A \frac{\partial T}{\partial y} - B \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$ , sous la forme générale: (1)

$a \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + 2b \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} + c \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = 0$  tels que:

$a = 0$ ;  $b = 0$ ;  $c = -B$

$\Delta = b^2 - 4ac = 0 \Rightarrow$  l'équation est de type parabolique.

- La différence entre le schéma explicite et implicite est (1)  
la condition de stabilité. Le schéma implicite est universellement stable.

- Un problème est symétrique si la géométrie est symétrique et les C.A.L sont symétriques: (1)

- phénomène stationnaire (1)

\*  $\Delta_+ = b_{i+1} - b_i$  (0, 13)

\*  $\Delta_- = b_i - b_{i-1}$  (0, 13)

x  $\Delta_0 = \frac{1}{2} (b_{i+1} + b_{i-1})$  (0, 13)

+1

(1)

# Ex N°1

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \\ T(x=0, t) = 0, \\ T(x=L, t) = 0, \\ T(x, t=0) = \sin(2\pi x). \end{array} \right. \quad \alpha = 0,01.$$

1/ L'équation est parabolique  $D = 0$ . (1)

$$2/ \Delta x = \frac{L}{n+1} = \frac{L}{50} = \frac{1}{50} = 0,02 = \Delta x. \quad (2)$$

3/ calcul de  $\Delta t$  à partir de la condition de stabilité.

$$(3) \left( \frac{2A_i}{\Delta x^2} - c_i \right) \Delta t \leq 1 \Rightarrow \left( \frac{2\alpha}{\Delta x^2} - 0 \right) \Delta t \leq 1.$$

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x^2}{2\alpha} = \frac{(0,02)^2}{2 \times 0,01} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-2} = 0,02. \quad (3)$$

$|\Delta t \leq 0,02|$  c'est la valeur maximale de  $\Delta t$  pour que le schéma explicite soit stable.

4/ Discréttisation de l'équation de la chaleur par le schéma explicite.

$$T_{i,j+1} - T_{i,j} = \alpha \frac{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}}{\Delta x^2}. \quad (1)$$

$$\Rightarrow T_{i,j+1} = \alpha \frac{\Delta t}{\Delta x^2} (T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}) + T_{i,j}$$

$$T_{i,j+1} = \alpha \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x^2} \cdot T_{i+1,j} + \left( 1 - \frac{2\alpha \Delta t}{\Delta x^2} \right) T_{i,j} + \alpha \frac{\Delta t}{\Delta x^2} T_{i-1,j} \quad (2)$$

## 5/ Discrémination des C.A.L.

$$T(x_0=0, t) = 0 \Rightarrow T_{0,j} = 0 \Rightarrow T_{0,j} = 0 \quad (0,5)$$

$$T(x_{n+1}=L, t) = 0 \Rightarrow T_{n+1,j} = 0 \Rightarrow T_{50,j} = 0 \quad (0,5)$$

## 6/ Discrémination de la C.I. initiale

$$T(x_i, t_0=0) = \sin(2\pi x_i) \Rightarrow T_{i,0} = \sin(2\pi x_i \Delta x) \quad (0,5)$$

### Ex N° 2

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + f(x, y) = 0 \\ T(0, y) = 0, \quad T(4, 0) = 0 \\ T(1, y) = 0, \quad T(x, 1) = \sin(\pi x). \end{cases}$$

$$1/* \Delta x = \Delta y = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$(0,5) \quad (0,5)$$

		(0,4)	(1,4)	(2,4)	(3,4)	(4,4)
		(0,3)	(1,3)	(2,3)	(3,3)	(4,3)
	2	(0,2)	(1,2)	(2,2)	(3,2)	(4,2)
		(0,1)	(1,1)	(2,1)	(3,1)	(4,1)
		(0,0)	(1,0)	(2,0)	(3,0)	(4,0)

## 3/ Discrémination des C.A.L.

$$\begin{cases} T_{0,j} = 0, \quad T_{n+1,j} = 0, \end{cases} \quad (0,5)$$

$$\begin{cases} T_{i,0} = 0, \quad T_{i,1}, \dots, T_{i,4} = \sin(\pi i \Delta x), \end{cases} \quad (0,5)$$

$$\begin{cases} T_{0,j} = 0, \quad T_{4,j} = 0, \\ T_{i,0} = 0, \quad T_{i,4} = \sin(\pi i \Delta x), \end{cases} \quad (0,5)$$

$$4/* \frac{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}}{\Delta x^2} + \frac{T_{i,j+1} - 2T_{i,j} + T_{i,j-1}}{\Delta y^2} + f_{i,j} = 0.$$

$$f_{i,j} = 2\pi \sin(\pi i \Delta x) \sin(\pi i \Delta y) \quad (1)$$

3

**Relevé de notes**

Niveau : M2\_CM

Matière : Charpente Métallique Coeff.1 Nbre\_CréditS : 2 Nbre\_Sc\_Effect : Salle: A14

Moyenne Classe: 13.81			Int_1 /10	Int_2 /10	Moy_Int /10	Par_Ass /10	Nte_CC /20	Nte_Exa /20	Nte_finale	Emargt de l'étudiant
Réf	Nom	Prénom								
1	ABBOUDI	Aymen	08.00	08.00	08.00	06.46	14.46	15.50	15.08	
2	BENBOURAS	Lokmen								
3	BERKANI	Abderaouf								
4	BOUDIAF	Abdelmalek	09.00	09.00	09.00	06.08	15.08	10.50	12.33	
5	HOCINE	Abderraouf	08.00	08.00	08.00	06.08	14.08	14.50	14.33	
6	KEDDACHE	Yacine	08.00	08.00	08.00	06.69	14.69	11.00	12.48	
7	LAICHE	Romaissa	08.00	08.00	08.00	06.85	14.85	16.00	15.54	
8	LEBOUAZID	Walid	08.00	08.00	08.00	06.08	14.08	15.00	14.63	
9	MANAA	Nouha	09.50	09.50	09.50	08.62	18.12	17.00	17.45	
10	MEROUANI	Messaoud	09.50	09.50	09.50	06.46	15.96	17.00	16.58	
11	MERROUCHE	Soulef	08.00	08.00	08.00	05.69	13.69	18.00	16.28	
12	SEDRATI	Islam	08.00	08.00	08.00	08.62	16.62	15.50	15.95	
13	TRAD	Asma	07.00	07.00	07.00	04.92	11.92	19.50	16.47	
14	ZERARI	Nour El houda	08.00	08.00	08.00	07.23	15.23	10.50	12.39	

Ain Beida le 25-01-2026

Enseignant chargé de la matière

**GROUN B.**