

## Exercice 2 :

PSI : Pound per Square Inch

livre (pound) : 1 lb = 0,454 kg

pouce (inch) : 1 in = 2,54 cm  
=  $2,54 \cdot 10^{-2}$  m

$$\text{PSI} = \frac{P_a}{\text{in}^2}$$

$$P_a = \frac{F_N}{S_m^2}, \quad F_N = M_{kg} \cdot g_{m.s^{-2}}$$

$$P_a = \frac{M_{kg} \cdot g_{m.s^{-2}}}{S_m^2} = 9,81 M_{kg}/S_m^2$$

$$1 \text{ PSI} = \frac{9,81 \times 0,454}{(2,54 \cdot 10^{-2})^2} = 6893 \text{ Pa}$$

## Problème p.20

$$1) \quad F_{T_1} : EM_1 = 5 - 0 = 5 \text{ l/min} \\ = 300 \text{ l/h}$$

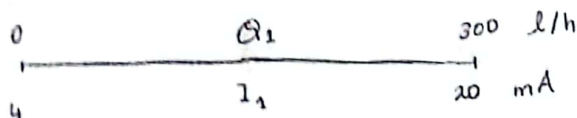
$$\boxed{EM_1 = 300 \text{ l/h}}$$

$$F_{T_2} : EM_2 = 5 - 0 = 5 \text{ bbi/h}$$

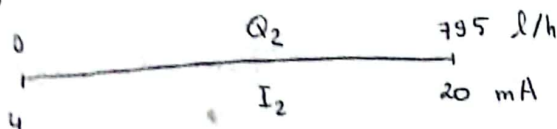
$$1 \text{ bbi} = 159 \text{ l}$$

$$\boxed{EM_2 = 795 \text{ l/h}}$$

2)



3)



4)

$$\frac{I_1 - 4}{20 - 4} = \frac{Q_1 - 0}{300 - 0} \quad \text{①}$$

$$\textcircled{2} I_1 = \frac{I_1 - 4}{20 - 4} \cdot 300 = 10 \text{ mA}$$

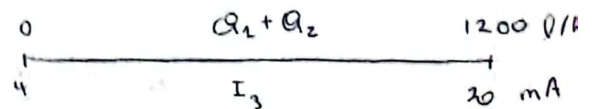
$$Q_1 = \frac{10 - 4}{16} \cdot 300 \rightarrow Q_1 = 112,5 \text{ l/h}$$

5)

$$Q_1 = 100 \text{ l/h}$$

$$\textcircled{1} \rightarrow I_1 = \frac{100 - 4}{300} \cdot 16 + 4 \rightarrow \boxed{I_1 = 9,33 \text{ mA}}$$

6)



7)

$$\textcircled{1} \rightarrow Q_1 = \frac{I_1 - 4}{16} \times 300 \quad \text{①}$$

$$\text{de même } Q_2 = \frac{I_2 - 4}{16} \times 795 \quad \text{②}$$

$$Q_1 + Q_2 = \frac{I_3 - 4}{16} \times 1200 \quad \text{④}$$

$$\textcircled{4} = \textcircled{1} + \textcircled{2}$$

$$\frac{I_3 - 4}{16} \times 1200 = \frac{I_1 - 4}{16} \times 300 + \frac{I_2 - 4}{16} \times 795$$

$$\boxed{I_3 = 0,25 I_1 + 0,166 I_2 + 0,36}$$

Ex

Transmetteur de pression différentielle

$$9) \quad \text{sensibilité } m = \frac{\Delta x}{\Delta X} = \frac{\Delta I}{\Delta P}$$

$$m = \frac{\Delta I}{\text{IMR}} = \frac{20 - 4}{60} = 0,26 \text{ mA/kPa}$$

10)

$$\text{précision intrinsèque} = \max \left( \pm 0,2\%, \pm 0,16\% \frac{\text{IMN}}{\text{IMR}} \right) \\ = \max \left( \pm 0,20\%, \pm 0,024\% \right)$$

$$11) \quad e_r\% = \frac{e_a}{\text{Grandeur mesurée} (x)} \cdot 100$$

$$e_a = \frac{e_r\%}{100} \cdot \text{Grandeur mesurée}$$

$$= \pm 0,2\% \cdot 10 \text{ kPa}$$

$$\boxed{e_a = \pm 0,02 \text{ kPa}}$$

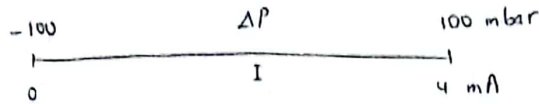
Transmetteur de pression

12)

$$m = \frac{\Delta I}{\Delta(\Delta P)} = \frac{20-4}{100-(-100)} = \frac{16}{200} = 0,08 \text{ mA/mbar}$$

$$m = 0,08 \text{ A/bar}$$

13)



$$\frac{I-4}{20-4} = \frac{\Delta P + 100}{100 + 100}, \Delta P = 80 \text{ mbar}$$

$$I = \frac{16}{200} (\Delta P + 100) + 4$$

$$= \frac{16}{200} (80 + 100) + 4$$

$$I = 18,4 \text{ mA}$$

$$14) e_a(\text{linéarité}) = \frac{e_r(\text{linéarité}) \Delta P}{100}$$

$$= \frac{\pm 0,2\% \cdot 100}{100} \times 80 \text{ mbar}$$

$$e_a(\text{linéarité}) = \pm 0,16 \text{ mbar}$$

$$15) e_a(\text{hystérésis}) = \frac{e_r(\text{hyst})\% \cdot PE \cdot X}{100}$$

$$X = 80 \text{ mbar}$$

A.N :

$$e_a(\text{hyst}) = \frac{0,02 (0,2 + 0,2) \times 80 \cdot 10^{-3}}{100}$$

$$e_a(\text{hystérésis}) = 0,064 \text{ mbar}$$

16)

Grandeur d'influence : Température

17)

$$e_a(\text{température}) = T_k \cdot \Delta T = \frac{\pm 0,6}{10} (0,30)$$

$$e_a(\text{température}) = \pm 1,8 \text{ mbar}$$

$$18) e_r(\text{stabilité}) = 0,1\% \cdot \frac{\text{Période}}{1 \text{ an}}$$

$$1 \text{ an} = 12 \text{ mois} = 365 \text{ Jours}$$

$$9 \text{ mois} = 270 \text{ Jours}$$

$$e_r(\text{stabilité}) = \frac{0,1\%}{12} \cdot 9 = 0,075\%$$

Etalonnage

à mesurer → X  
mesurée → x

19)

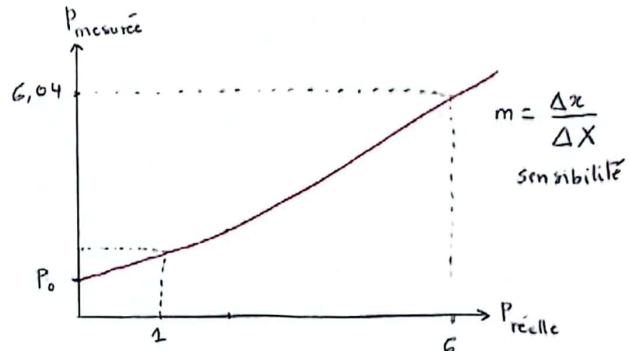
X → Pression Réelle	1	6
x → Mesure	1,02	6,04

$$\text{erreur de gain} = 20 \log \left( \frac{\Delta x}{\Delta X} \right)$$

$$= 20 \log \left( \frac{6,04 - 1,02}{6 - 1} \right)$$

$$e_{\text{gain}} = 0,0346 \text{ dB}$$

20) l'erreur de zéro :  $P_{\text{mesurée}} (P_{\text{réelle}} = 0)$



$$P_{\text{mesurée}} = m P_{\text{réelle}} + P_0$$

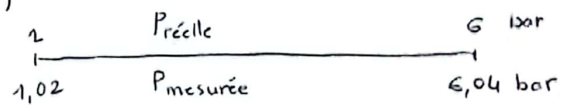
erreur à zéro

$$m = \frac{\Delta P_{\text{mesurée}}}{\Delta P_{\text{réelle}}} = \frac{6,04 - 1,02}{6 - 1} = 1,02 \text{ bar}$$

$$P_0 = 1,02 - 1,004 \times 1 = 0,016 \text{ bar}$$

$$\text{erreur de zéro} = 16 \text{ mbar}$$

21)



$$\frac{P_{\text{mesurée}} - 1,02}{6,04 - 1,02} = \frac{P_{\text{réelle}} - 1}{6 - 1} \quad (1)$$

$$(1) \Rightarrow \begin{cases} P_{\text{mesurée}} = \frac{5,02}{5} (P_{\text{réelle}} - 1) + 1,02 \\ P_{\text{réelle}} = \frac{5}{5,02} (P_{\text{mes}} - 1,02) + 1 \end{cases}$$

$$P_{réelle} = 4 \text{ bar}$$

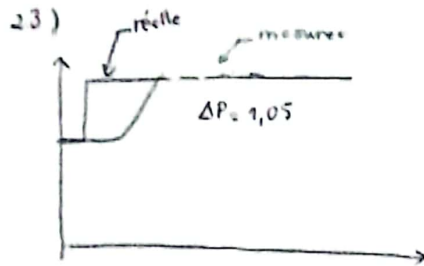
$$P_{mesurée} = \frac{5,02}{5} - 3 + 1,02$$

$$P_{mes} = 4,032 \text{ bar}$$

$$22) P_{mes} = 4 \text{ bar}$$

$$P_{réelle} = \frac{5}{5,02} \times 2,98 + 2$$

$$P_{réelle} = 3,96 \text{ bar}$$



$$P_{max} = P_{\infty} + \frac{5}{100} \Delta P = 35 + 0,0525$$

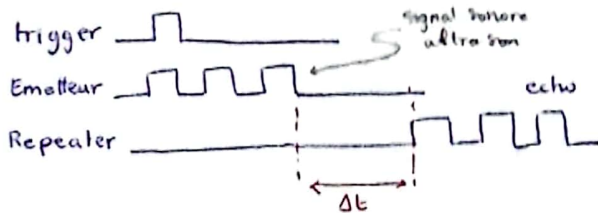
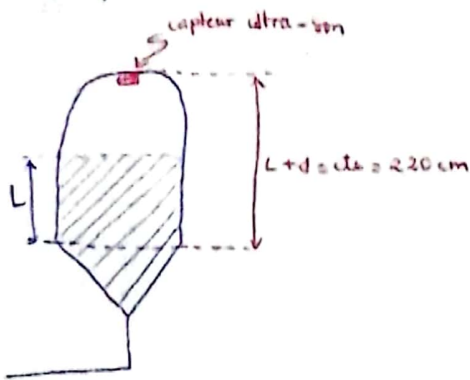
$$P_{max} = 35,025$$

25) —

$$26) e(t) = P_{mesurée} - P_{réelle}$$



## Chap II



onde acoustique : célérité 340 m/s

$$V = \frac{d}{t} \Rightarrow d = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$$

4)

$$L = 220 - d$$

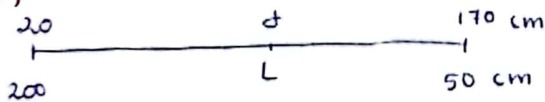
$$d_{\min} = 20 \text{ cm}$$

$$d_{\max} = 170 \text{ cm}$$

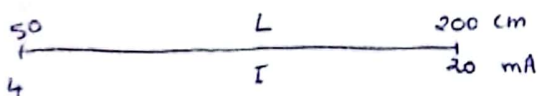
$$L_{\min} = 220 - 170 = 50 \text{ cm}$$

$$L_{\max} = 220 - 20 = 200 \text{ cm}$$

5)



6)



7)

$$\frac{d-20}{170-20} = \frac{L-200}{50-200} \Rightarrow d = 220 - L$$

$$\text{on a } L = 100 \text{ cm} \Rightarrow d = 120 \text{ cm}$$

8) d'après 5)  $\Rightarrow L = 220 - d$

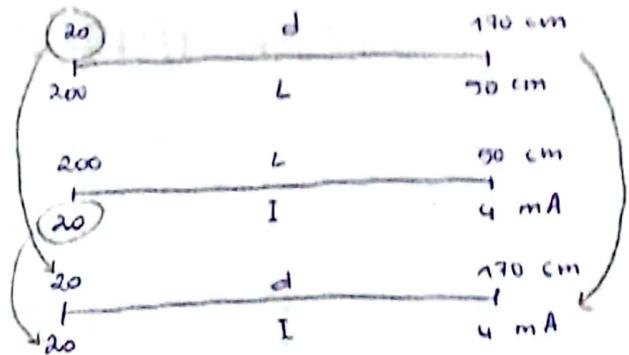
$$L = 120 \text{ cm}$$

$$\text{d'après 6) } \frac{L-50}{200-50} = \frac{9-4}{20-4}$$

$$I = \frac{16}{150} (L - 50) + 4$$

$$I = 11,46 \text{ mA}$$

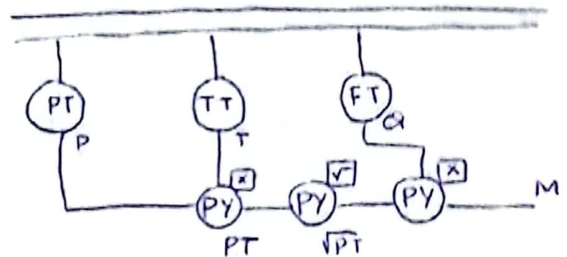
2<sup>ème</sup> méthode :



$$\frac{I-20}{4-20} = \frac{d-20}{170-20} \Rightarrow I = \frac{16}{150} (d-20) + 20$$

$$\text{AN : } I = 11,46 \text{ mA}$$

$$9) M = Q \sqrt{P \cdot T}$$



### Chap III - Evaluation

1/  $Q \text{ (m}^3/\text{s)} = V \text{ (m/s)} \cdot S \text{ (m}^2\text{)}$

$$V \text{ (m/s)} = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{S \text{ (m}^2\text{)}}$$

2/  $P_2$  : pression hydrostatique

$$P_3 - P_2 = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow P_2 = P_3 - \rho \cdot g \cdot h$$

3/  $P_1$  : p. hydrostatique + p. hydrodynamique

$$P_1 = P_3 - \rho \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2$$

$$\text{or } v = \frac{Q}{S} \Rightarrow P_1 = P_3 - \rho \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \rho \left( \frac{Q}{S} \right)^2$$

4/  $\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho \left( \frac{Q}{S} \right)^2$

5/ Choix du transmetteur

PTSDDB

$Q \in [5, 10]$ ,  $\Delta P = \frac{1}{2} \rho \left( \frac{Q}{S} \right)^2$

$S = \pi R^2 = \frac{\pi \cdot (2,5)^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (2,5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2})^2}{4}$

$S = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = Q \text{ (l/s)} \cdot 10^{-3}$

$5 \leq Q \text{ (l/s)} \leq 10$

$5 \cdot 10^{-3} \leq Q \text{ (m}^3/\text{s)} \leq 10^{-2}$

$S = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \rightarrow S^2 = 10^{-5} \text{ m}^4$

$\rho = 1 \text{ Kg/l} = 10^3 \text{ Kg/m}^3$

$\frac{1}{2} \cdot 10^3 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-6}}{10^{-5}} \leq \Delta P \leq \frac{1}{2} \cdot \frac{10^3}{10^{-5}} \cdot 10^{-4}$

$1,25 \cdot 10^3 \leq \Delta P (P_2) \leq 5 \cdot 10^3$

$1,25 \leq \Delta P (P_2) \leq 5$

6/ le transmetteur choisi ~~reste~~ résiste à une pression statique jusqu'à 200 bar, or la pression statique dans la conduite est entre 10 et 20 bar donc notre choix est bon.

7/  $P_2$  : haute pression  
 $P_3$  : basse pression

8/

Type d'action :

$\frac{1,25}{5 \cdot 10^{-3}} \Delta P \quad Q \quad \frac{5 \text{ kPa}}{10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}}$

unité primaire :  $\Delta P$

val basse : 1,25

val haute : 5

unité secondaire  $Q \text{ (m}^3/\text{h)}$

val basse 10

val haute 30

Fct de sortie :

$\Delta P = \frac{1}{2} \rho \frac{Q^2}{S^2} \Rightarrow Q^2 = \frac{2S^2}{\rho} \Delta P$

$Q = \sqrt{\frac{2S^2}{\rho} \Delta P} = K \cdot \sqrt{\Delta P}$

$\frac{Q}{I} = \frac{10 \text{ l/s}}{20 \text{ mA}}$

$\frac{I - 4}{20 - 4} = \frac{Q - 5}{10 - 5}$

$I = \frac{16}{5} (Q - 5) + 4$

$Q = 8 \text{ l/s}$

$I = \frac{16}{5} (8 - 5) + 4 = 13,6 \text{ mA}$

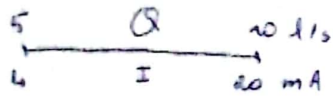
10/

$\frac{1,25}{5} \Delta P \quad \sqrt{\quad} \quad \frac{5 \text{ kPa}}{10 \text{ l/s}}$   
 $\frac{5}{4} \quad Q \quad \frac{10 \text{ l/s}}{20 \text{ mA}}$   
 $\frac{1,25}{4} \Delta P \quad \sqrt{\quad} \quad \frac{5 \text{ kPa}}{20 \text{ mA}}$

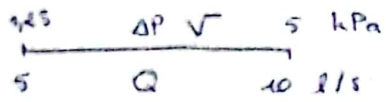
$\frac{I - 4}{20 - 4} = \sqrt{\frac{\Delta P - 1,25}{5 - 1,25}}$

$\Delta P = 3,75 \left( \frac{I - 4}{16} \right)^2 + 1,25 = 1,77 \text{ kPa}$

2me  
d) méthode :



$Q = ?$  (linéaire)


$$\Delta P = ? \quad (\text{radine})$$