

## Mesure de pression

Cours GPA -668  
Février 2003

20/01/2003

1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Mesure de la pression

- La mesure de pression est fondamentale, car plusieurs techniques de mesure de débit, niveau utilisent la mesure de pression.
- Bien sûr la mesure de pression est utilisée pour elle-même.

20/01/2003

2

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notions de base

- La pression d'un fluide est la force que celui-ci exerce, par unité de surface, perpendiculairement à cette surface.

$$P = \frac{F}{A}$$

20/01/2003

3

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notions de base (2)

- Cette pression est dite pression statique.

20/01/2003

4

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notions de base (3)

- Si le fluide est en mouvement, il y a apparition d'une pression dynamique.
- La pression totale sera la somme des pressions statique et dynamique:

$$P_T = P_S + P_D$$

20/01/2003

5

---

---

---

---

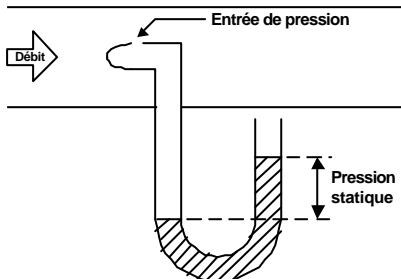
---

---

---

---

## La pression statique



20/01/2003

6

---

---

---

---

---

---

---

---

### La pression dynamique

$P_T - P_S = P_D$

20/01/2003 7

---

---

---

---

---

---

---

---

### Le principe de Pascal

- La pression exercée sur un fluide est transmise dans tous les sens et est appliquée perpendiculairement à la surface du fluide.

20/01/2003 8

---

---

---

---

---

---

---

---

### Le principe de Pascal (exemple)

$A_2 = 20 \text{ po}^2$

$F_1 = 125 \text{ lbs}$

$A_1 = 2 \text{ po}^2$

$F_2$

---

---

---

---

---

---

---

---

### Le principe de Pascal (exemple - 2)

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\Rightarrow F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 = \frac{20 \text{ po}^2}{2 \text{ po}^2} 125 \text{ lbs} = 1250 \text{ lbs}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

### Les unités de mesure

- Pascal (Pa): 1 N/m<sup>2</sup> (petite unité)
- kilo Pascal ou Méga Pascal
- Mesure de pression absolue
  
- Livre par pouce carrée: lb/po<sup>2</sup> ou psi
- En absolu « psia » en relatif « psig »

20/01/2003

11

---

---

---

---

---

---

---

---

### Conversions

- 1 psi = 6894,7 Pa
- 14,7 psi = 1 atmosphère
- 1 psi = 2,77 po. H<sub>2</sub>O
  
- 1 bar = 100 000 Pa
- 1 torr = 1 mm Hg = 133 Pa
- 1 atm. = 101 325 Pa

20/01/2003

12

---

---

---

---

---

---

---

---

### La pression absolue

- Le vide absolu est le zéro de référence.
- 1 atm. = 14.7 psia = 101.3 kPa
- Valeur toujours positive

20/01/2003

13

---

---

---

---

---

---

---

---

### La pression relative

- La pression atmosphérique est le zéro de référence.
- 1 atm. = 14.7 psia = 0 psig
- Valeur positive ou négative (vacuum)

20/01/2003

14

---

---

---

---

---

---

---

---

### La pression différentielle

- Si 0, cela implique que les deux pressions sont identiques.
- Valeur positive si coté haute pression à une pression supérieure à coté basse pression
- Valeur négative si l'inverse.

20/01/2003

15

---

---

---

---

---

---

---

---

## Techniques de mesure de pression

- Manomètres à section uniforme
  - Tube en U avec Hg: 0 - 130 kPa
  - Tube en U avec H<sub>2</sub>O : 0 - 20 kPa
- Manomètres à sections inégales ou à réservoir

20/01/2003

16

---

---

---

---

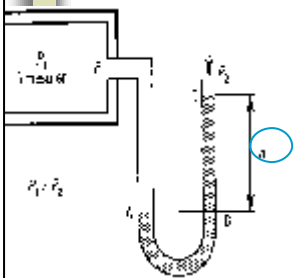
---

---

---

---

## Manomètre à section uniforme



- La différence de pression entre  $P_1$  et  $P_2$  dépend de la hauteur  $h$ :
- $P_1 - P_2 = rgh = DP$
- Sensible à T.

20/01/2003

17

---

---

---

---

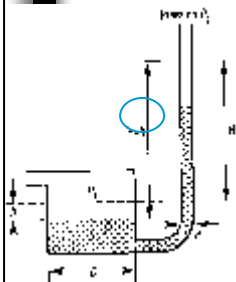
---

---

---

---

## Manomètre à réservoir



- La différence de pression entre  $P_1$  et  $P_2$  dépend de la hauteur  $h+H$ :
- $P_1 - P_2 = rg(h+H) = DP$
- Sensible à T.
- Si  $D/d > 15$  négliger  $h$  et mesurer seulement  $H$ .

20/01/2003

18

---

---

---

---

---

---

---

---

### Avantages/Inconvénients

- |                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| ■ ☎ Simplicité         | ☐ Fragile                            |
| ■ ☎ Coût peu élevé     | ☐ É.M. limitée                       |
| ■ ☎ Sensibilité élevée | ☐ Lecture visuelle                   |
| ■ ☎ Étalonnage facile  | ☐ Propreté                           |
|                        | ☐ Transmission à distance impossible |

20/01/2003

19

---

---

---

---

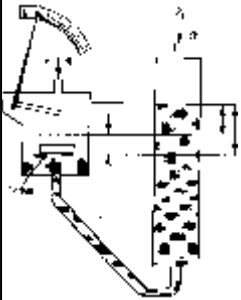
---

---

---

---

### Manomètre différentiel à réservoir à tube métallique



- La différence de pression entre  $P_1$  et  $P_2$  dépend de la hauteur  $h+H$ :
- $P_1 - P_2 = r g (h+H) = DP$
- Sensible à T.
- Mesure de h.
  - Rapport de section: 300 à 600

20/01/2003

20

---

---

---

---

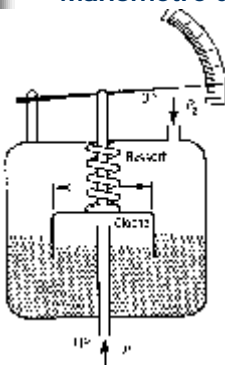
---

---

---

---

### Manomètre différentiel à cloche



- La différence de pression entre  $P_1$  et  $P_2$  provoque un déplacement de l'aiguille.

21

---

---

---

---

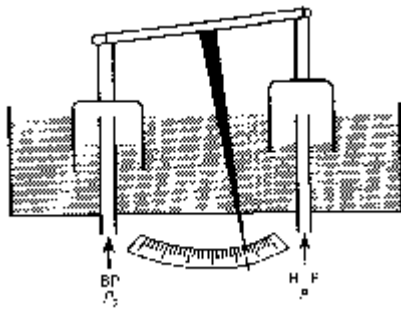
---

---

---

---

### Manomètre différentiel à double cloche.



20

22

---

---

---

---

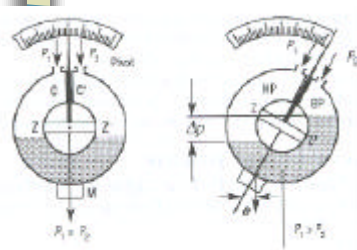
---

---

---

---

### Manomètre différentiel à tore pendulaire



- Différence de pression proportionnelle au sinus de l'angle de rotation

20/01/2003

23

---

---

---

---

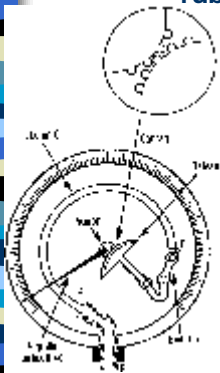
---

---

---

---

### Tube de bourdon



- La pression appliquée à l'entrée provoque une déformation d'un tube.
  - Tube en C
  - Tube en Hélice
  - Tube en spirale.

24

---

---

---

---

---

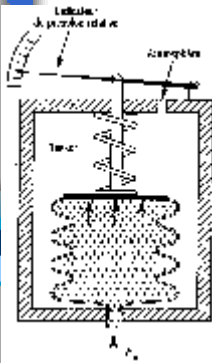
---

---

---



## Soufflets (Bellows)



- Mesure de l'allongement ou écrasement.

25

---

---

---

---

---

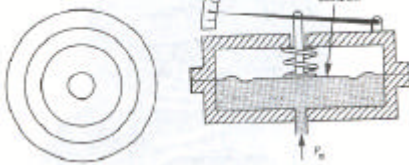
---

---

---

## Manomètres à membranes

- Mesure de la déformation ou des contraintes dans la membrane.
- Très utilisé



20/01/

26

---

---

---

---

---

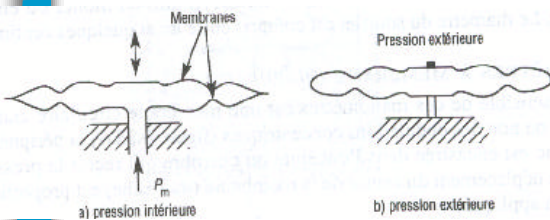
---

---

---

## Capsules anéroïdes

- Variante de la membrane



20/01/2003

27

---

---

---

---

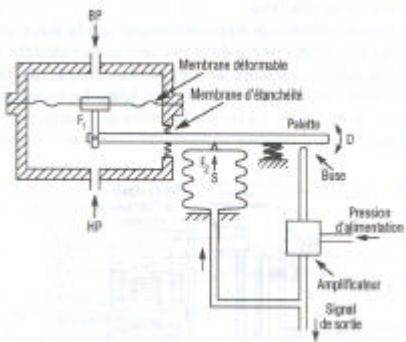
---

---

---

---

### Transmetteur de pression à équilibre de force



20/0

8

---

---

---

---

---

---

---

---

### Transduction à variation de capacité

- Variation de la distance entre les plaques (d).

$$C = \epsilon_r \frac{A}{d}$$

20/01/2003

29

---

---

---

---

---

---

---

---

### Transduction par mesure de déformation

- On peut mesurer la déformation élastique d'une membrane par l'utilisation d'une jauge de contrainte.

20/01/2003

30

---

---

---

---

---

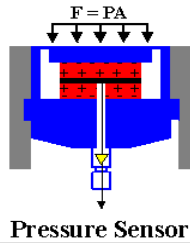
---

---

---

## Transduction piézoélectrique

- On peut mesurer la déformation de la membrane par la charge générée par un cristal piézoélectrique.



20/01/2003

31

---

---

---

---

---

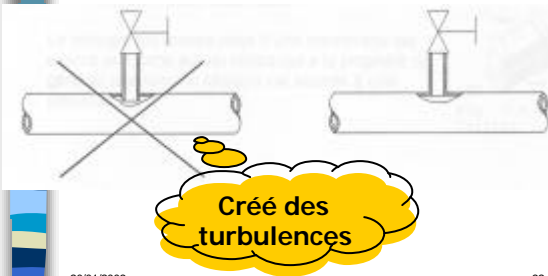
---

---

---

## Installation des manomètres

- Connexion sur une conduite



20/01/2003

32

---

---

---

---

---

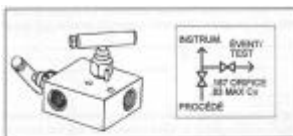
---

---

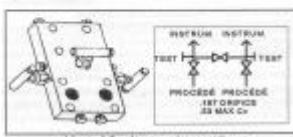
---

## Installation des manomètres

- Robinets d'isolation/calibration



robinets à 2 voies pour manomètre



robinets à 3 voies pour transmetteurs

20/01/2003

33

---

---

---

---

---

---

---

---

## Installation des manomètres

- Configurations typiques
  - Gaz non-corrosifs ou air
  - Gaz condensables ou vapeur
  - Liquides non-corrosifs
  - Liquides/gaz corrosifs

20/01/2003

34

---

---

---

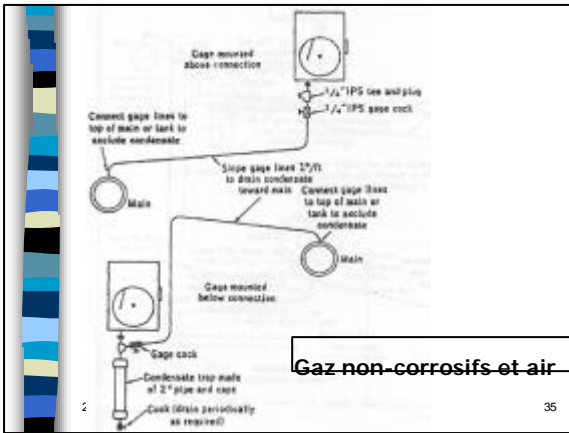
---

---

---

---

---



35

---

---

---

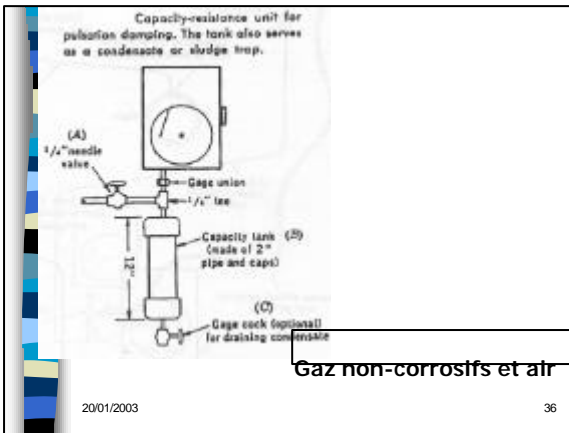
---

---

---

---

---



36

---

---

---

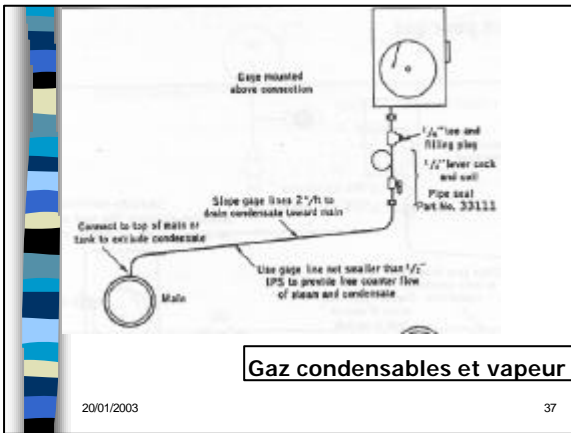
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

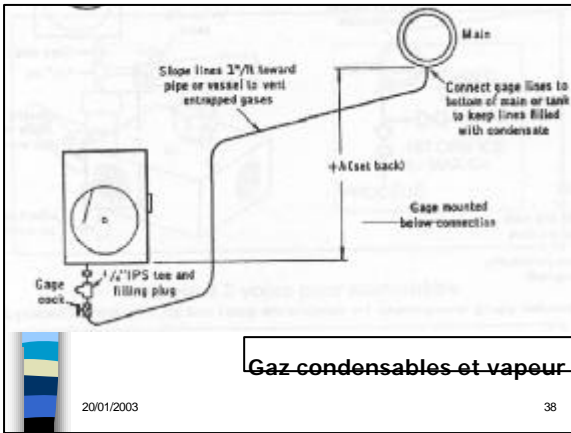
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

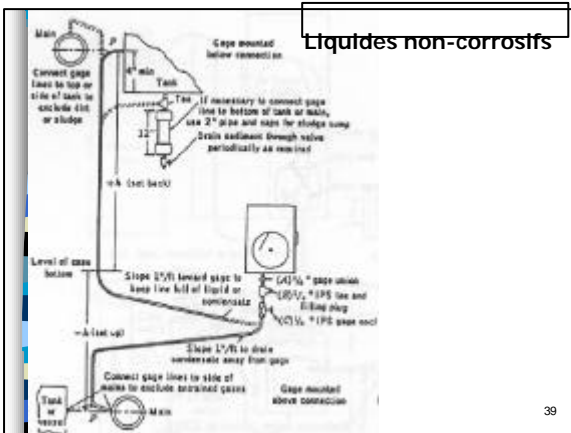
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

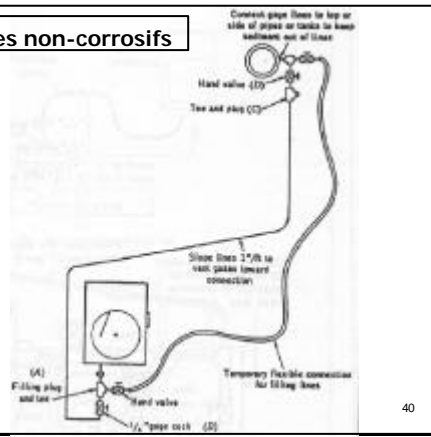
---

---

---

---

### Liquides non-corrosifs




---

---

---

---

---

---

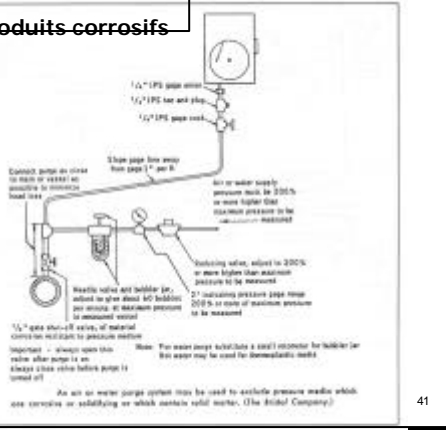
---

---

---

---

### Produits corrosifs




---

---

---

---

---

---

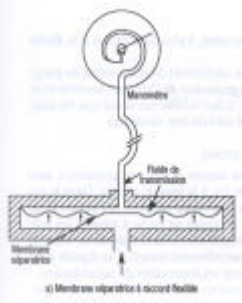
---

---

---

---

### Manomètre avec fluide de transmission



- Pour des applications avec des produits corrosifs ou ayant des particules en suspension

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Manomètre avec fluide de transmission

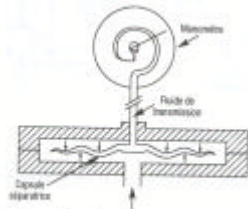


Figure 3.43 Capsule séparatrice (protection des manes)

- Pour des applications avec des produits corrosifs ou ayant des particules en suspension

20/01/2003

43

---

---

---

---

---

---

---

---