

---

# CHAP. IV : CAPTEURS DE NIVEAU

Cours

2006-2007

---

## Table des matières

<b>1 Méthodes hydrostatiques</b>	<b>3</b>
1.1 Rappel de physique . . . . .	3
1.2 Flotteur . . . . .	3
1.3 Plongeur . . . . .	4
1.4 Mesure de pression . . . . .	4
1.4.1 Principe de fonctionnement . . . . .	4
1.4.2 Mesure de niveau à bulles . . . . .	5
1.4.3 Mesure en réservoir fermée . . . . .	5
1.5 Mesure de masse volumique . . . . .	6
<b>2 Méthodes électriques</b>	<b>6</b>
2.1 Capteurs conductimétriques . . . . .	6
2.1.1 Présentation . . . . .	6
2.1.2 Détection . . . . .	7
2.2 Capteurs capacitifs . . . . .	7
<b>3 Ondes acoustiques</b>	<b>7</b>
3.1 Principe . . . . .	7
3.2 Radar . . . . .	8
<b>4 Absorption de rayonnement gamma</b>	<b>8</b>
4.1 Principe . . . . .	8
4.2 Détection . . . . .	10
4.3 Mesure de densité . . . . .	10
<b>5 Comparaison des différentes méthodes</b>	<b>11</b>
<b>Exercices</b>	<b>12</b>
1 Mesure de niveau par flotteur . . . . .	12
2 Mesure de niveau dans un réservoir fermé à atmosphère avec condensation . . . . .	12
3 Mesure de l'interface de 2 liquides par bullage . . . . .	13
4 Mesure du niveau (d'après sujet de BTS de 1988) . . . . .	13
5 Extrait BTS 1998 . . . . .	14
<b>Évaluation - Année précédente</b>	<b>16</b>

## Table des figures

1	Mesure de niveau . . . . .	3
2	Principe mesure de niveau par flotteur . . . . .	3
3	Flotteur industriel . . . . .	3
4	Principe mesure de niveau par plongeur . . . . .	4
5	Plongeur . . . . .	4
6	Principe mesure de niveau par capteur de pression . . . . .	4
7	Capteur de pression . . . . .	4
8	Mesure de niveau par bullage . . . . .	5
9	Réservoir avec condensation . . . . .	5
10	Réservoir sans condensation . . . . .	5
11	Mesure de masse volumique . . . . .	6
12	Principe mesure de niveau par capteur de conductimétrique . . . . .	6
13	Capteur de niveau électrique . . . . .	7
14	Détection de niveau électrique . . . . .	7
15	Principe de mesure par ondes . . . . .	8
16	Capteur de niveau acoustique . . . . .	8
17	Source . . . . .	9
18	Recepteur . . . . .	9
19	Principe de montage pour une mesure avec deux récepteurs . . . . .	9
20	Monatage de detection de niveau . . . . .	10
21	Mesure de densité . . . . .	10
22	Schéma TI . . . . .	16
23	Régulation de niveau . . . . .	18
24	Calcul du niveau . . . . .	19

# 1 Méthodes hydrostatiques

## 1.1 Rappel de physique

Pour un liquide homogène donné, la pression relative en fond de réservoir est proportionnelle au niveau de celui-ci. La mesure de cette pression nous informe directement sur le niveau de liquide, mais dépend de la masse volumique du liquide. Dans la figure 1 on a la relation suivante :

$$P(Pa) = \rho(kg/m^3) \times g(m/s^{-2}) \times L(m) \quad (1)$$



Figure 1 – Mesure de niveau

## 1.2 Flotteur

Le flotteur se maintient à la surface du liquide. Il est solidaire d'un capteur de position qui délivre un signal électrique correspondant au niveau. Sa position est peu dépendante de la masse volumique de liquide.

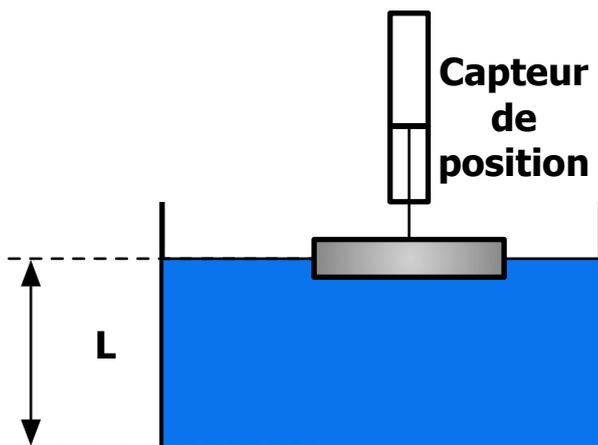


Figure 2 – Principe mesure de niveau par flotteur



Figure 3 – Flotteur industriel

### 1.3 Plongeur

Le plongeur est un cylindre immergé (fig. 4) dont la hauteur est au moins égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir. Il est suspendu à un capteur dynamométrique qui se trouve soumis à une force  $F$  (le poids apparent), fonction de la hauteur  $L$  du liquide :

$$F = P - \rho \times g \times s \times L \quad (2)$$

Avec  $P$  le poids du plongeur,  $s$  sa section et  $\rho \times g \times s \times L$  la poussée d'Archimède s'exerçant sur le volume immergé du plongeur ( $\rho$  : masse volumique du liquide,  $g$  : accélération de la pesanteur).

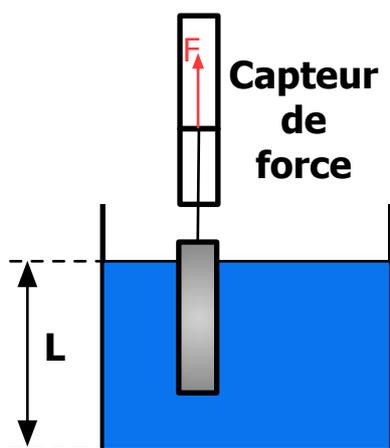


Figure 4 – Principe mesure de niveau par plongeur



Figure 5 – Plongeur

### 1.4 Mesure de pression

#### 1.4.1 Principe de fonctionnement

Un capteur de pression mesure la pression relative au fond du réservoir. Cette pression est l'image du niveau  $L$  du liquide (fig. 6).

$$L(m) = \frac{P(Pa)}{\rho(kg/m^3) \times g(m/s^2)} \quad (3)$$

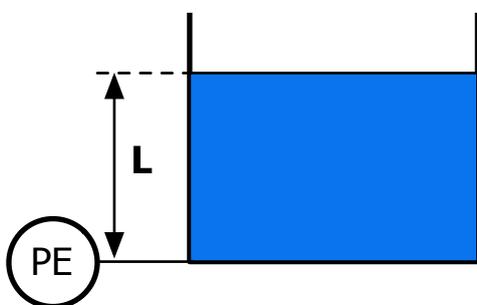


Figure 6 – Principe mesure de niveau par capteur de pression



Figure 7 – Capteur de pression

### 1.4.2 Mesure de niveau à bulles

Pour mesurer la pression, on peut utiliser un système à bulle (fig. 8). Le système comporte :

- Une canne d'injection ;
- Un manomètre mesurant la pression d'air de bullage ;
- Un contrôleur de débit visuel (dit bulleur) ;
- Un régulateur de débit ;

Le régulateur agit de manière à avoir un débit très faible. Ainsi, en négligeant les pertes de charges, la pression mesurée est la pression en bout de canne. P fournit donc une mesure du niveau L.

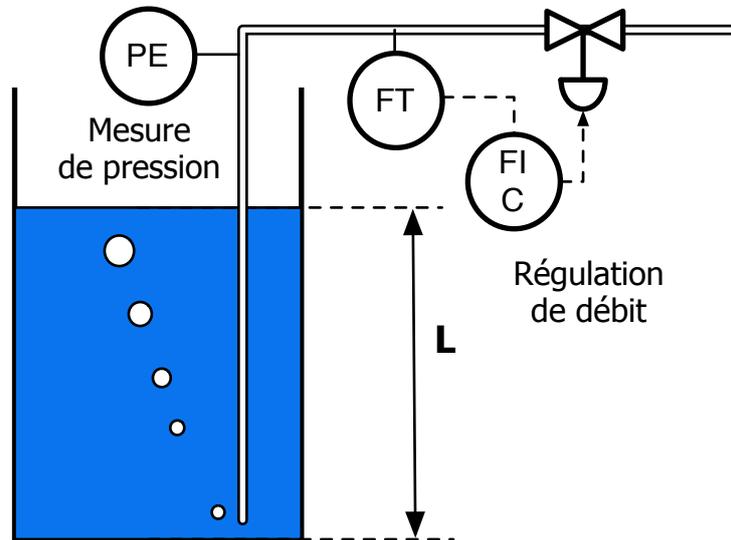


Figure 8 – Mesure de niveau par bullage

### 1.4.3 Mesure en réservoir fermée

Si le réservoir est fermé, on utilise un capteur de pression différentielle. Il existe alors deux montages différents. Si l'atmosphère est avec condensation, le montage utilisera une canalisation humide (figure 9). Si l'atmosphère est sans condensation, on utilisera un montage avec une canalisation sèche (figure 10).

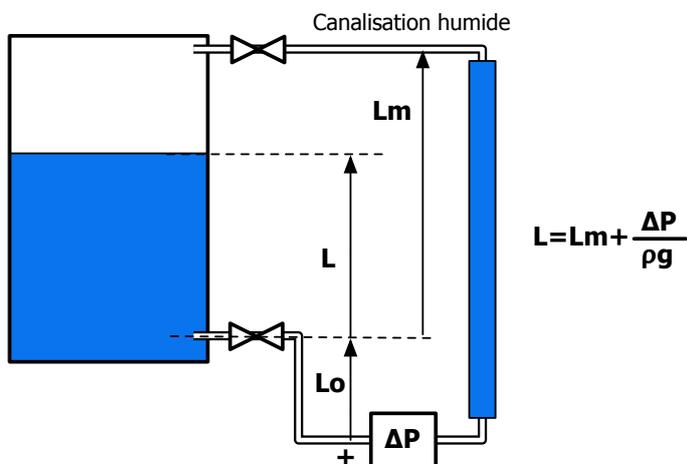


Figure 9 – Réservoir avec condensation  
 $\Delta P < 0$

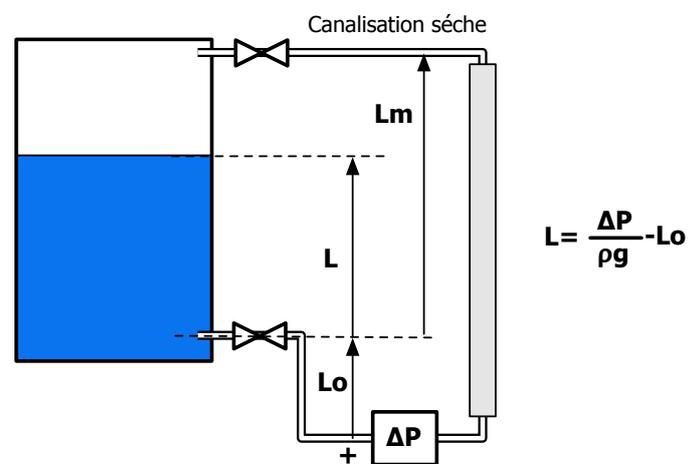


Figure 10 – Réservoir sans condensation  
 $\Delta P > 0$

## 1.5 Mesure de masse volumique

La mesure de la différence de pression ( $P1 - P2$ ) permet de connaître la masse volumique du liquide à l'intérieur du réservoir (fig. 11).

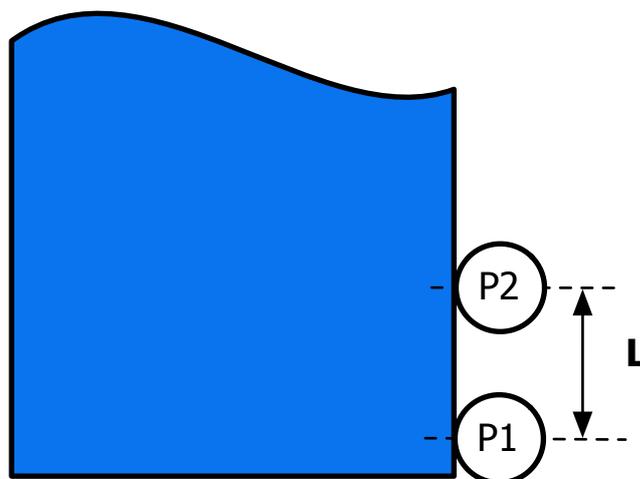


Figure 11 – Mesure de masse volumique

## 2 Méthodes électriques

Ce sont des méthodes employant des capteurs spécifiques, c'est à dire traduisant directement le niveau en signal électrique. Leur intérêt réside dans la simplicité des dispositifs et la facilité de leur mise en œuvre.

### 2.1 Capteurs conductimétriques

#### 2.1.1 Présentation

La sonde est formée de deux électrodes cylindriques, le rôle de l'une d'elles pouvant être assuré par le réservoir lorsqu'il est métallique (fig. 12). La sonde est alimentée par une faible tension (10 V) alternative afin d'éviter la polarisation des électrodes. En mesure continue, la sonde est placée verticalement et sa longueur s'étend sur toute la plage de variation de niveau. Le courant électrique qui circule est d'amplitude proportionnelle à la longueur d'électrode immergée, mais sa valeur dépend de la conductivité du liquide.

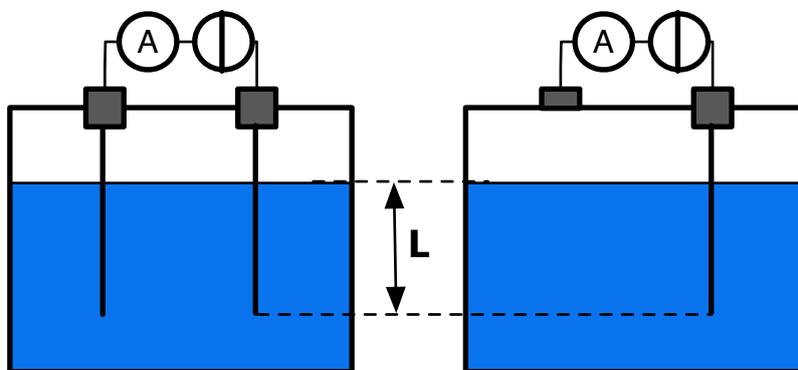


Figure 12 – Principe mesure de niveau par capteur de conductimétrique



Figure 13 – Capteur de niveau électrique

### 2.1.2 Détection

En détection, on peut, par exemple, placer une sonde courte horizontalement au niveau seuil. Un courant électrique d'amplitude constante apparaît dès que le liquide atteint la sonde (fig. 14).

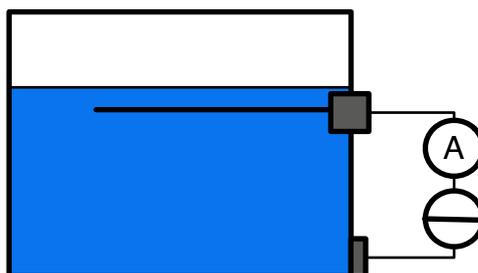


Figure 14 – Détection de niveau électrique

**Domaine d'utilisation** Il est utilisable uniquement avec des liquides conducteurs (conductance minimale de l'ordre de 50 S), non corrosifs et n'ayant pas en suspension une phase isolante (huile par exemple). La pression est comprise entre le vide et 160 bar et une température comprise entre  $-200^{\circ}\text{C}$  et  $250^{\circ}\text{C}$ .

## 2.2 Capteurs capacitifs

Lorsque le liquide est isolant, un condensateur est réalisé soit par deux électrodes cylindriques, soit par une électrode et la paroi du réservoir si celui-ci est métallique. Le diélectrique est le liquide dans la partie immergée, l'air en dehors. L'implantation des électrodes pour mesure en continu ou en détection s'effectue comme pour le capteur conductimétrique. La mesure ou la détection de niveau se ramène à la mise en variation de capacité qui est d'autant plus importante que la constante diélectrique  $\epsilon_r$  du liquide est supérieure à celle de l'air ; on prend généralement comme condition d'emploi de la méthode  $\epsilon_r > 2$ . Dans le cas d'un liquide conducteur, on utilise une seule électrode recouverte d'un isolant qui constitue le diélectrique du condensateur dont l'autre est formée par le contact du liquide conducteur.

## 3 Ondes acoustiques

### 3.1 Principe

En mesure continue, on utilise un transducteur fonctionnant successivement en émetteur et en récepteur. Ce transducteur (fig. 15) placé au sommet du réservoir émet, dans un cône de faible ouverture, des trains d'onde acoustiques qui après réflexion sur la surface du liquide retournent vers le transducteur qui les convertit en signal électrique. L'intervalle de temps  $\Delta t$  séparant l'émission de la réception du train d'ondes réfléchi est proportionnel à la distance du transducteur à la surface du liquide : il est donc fonction du niveau.  $\Delta t$  est inversement proportionnel à la célérité du son qui dépend de la température : celle-ci doit donc être mesurée afin que puisse être effectuée la correction nécessaire. Le transducteur est une céramique piézo-électrique pour les ondes ultrasonores (40 kHz par exemple), il est de type électrodynamique pour

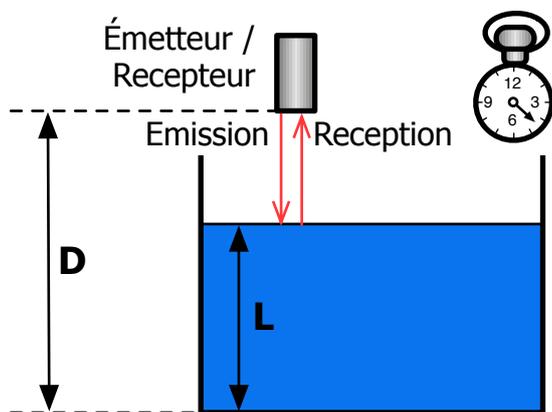


Figure 15 – Principe de mesure par ondes

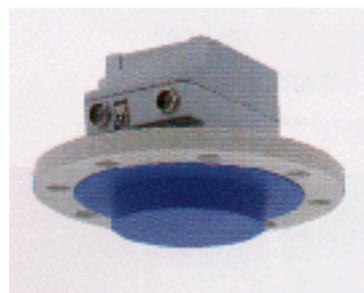


Figure 16 – Capteur de niveau acoustique

les infrasonores (10 kHz par exemple). Les ondes infrasonores qui sont moins atténuées par la propagation trouvent application pour la mesure de distances importantes (de 10 à 30 m) alors que les ondes ultrasonores procurent aux distances plus courtes une meilleure précision.

## 3.2 Radar

Le principe de fonctionnement est le même que celui des ondes acoustiques, celle-ci sont remplacée par des ondes électromagnétiques.

La vitesse des ondes électromagnétique est indépendante de :

- la composition du gaz ;
- la température ;
- la pression ;
- densité ;
- les turbulations.

## 4 Absorption de rayonnement gamma

### 4.1 Principe

La source et le détecteur sont placés à l'extérieur, de part et d'autre du réservoir ; cette disposition est particulièrement adaptée au cas de liquides très corrosifs ou sous haute pression ou à haute température. La source est un émetteur gamma. Le détecteur est soit une chambre d'ionisation soit un ou plusieurs tubes Geiger-Muller. La Mesure est fiable et sans contact, indépendante des conditions de process variables comme la pression, la température, la viscosité, la corrosivité, ou des éléments internes (par ex. pales d'agitateur).

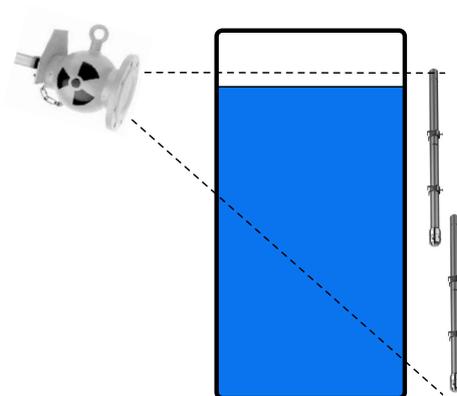
Le blindage de la source est réalisé de façon qu'il y ait émission d'un faisceau avec un angle d'ouverture qui balaie la hauteur totale du réservoir d'une part et du détecteur d'autre part (fig. 17). La montée du liquide dans le réservoir réduit progressivement l'intensité de dose reçue par le détecteur dont le courant de sortie décroît donc de façon continue, à mesure qu'augmente le niveau. Pour les grands réservoirs ou relativement étroits, la source d'émission peut être montée à une plus grande distance du réservoir. Dans ce cas, des mesures de sécurité supplémentaire sont nécessaires. Pour des étendue de mesure importante (fig. 19), plusieurs récepteurs peuvent être utilisés. L'emploi de deux sources peut être dicté non seulement pour des grande étendue de mesure, mais encore par l'exactitude de la mesure.



**Figure 17** – Source



**Figure 18** – Recepteur



**Figure 19** – Principe de montage pour une mesure avec deux récepteurs

## 4.2 Détection

En détection de niveau, la source et le détecteur sont placés en regard, au niveau du seuil à signaler. La source convenablement colmatée émet vers le détecteur un faisceau étroit et de faible divergence, le détecteur est monté horizontalement. Selon que le niveau du liquide est supérieur ou inférieur au seuil, le faisceau est ou non atténué par le liquide, ce qui se traduit en un signal électrique binaire par le détecteur.

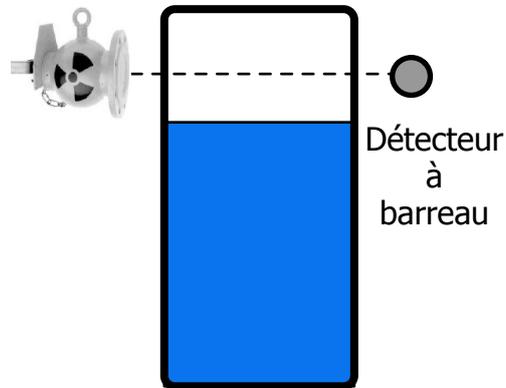


Figure 20 – Montage de détection de niveau

## 4.3 Mesure de densité

On pourra utiliser cette technique pour mesurer la densité du fluide. Le récepteur sera monté en parallèle avec la canalisation transportant le fluide (fig. 21).

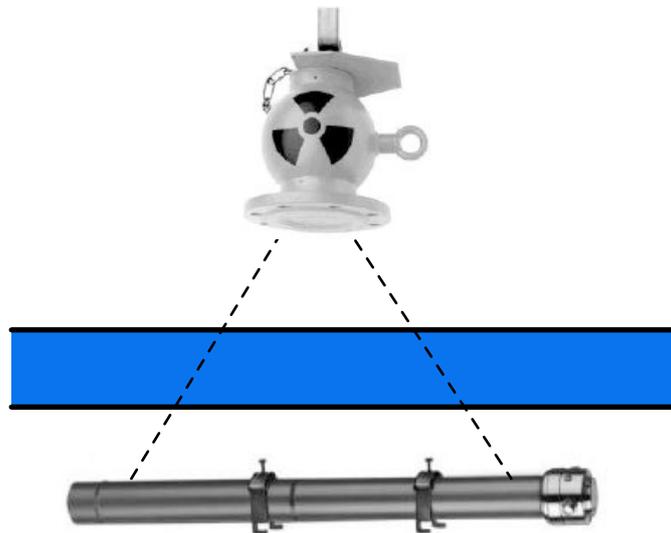


Figure 21 – Mesure de densité

## 5 Comparaison des différentes méthodes

	Flotteur	Plongeur	Mesure de pression	Capteurs conductimétriques	Capteurs capacitifs	Ondes acoustiques	Radar	Absorption de rayonnement gamma
Standard très bien connu	++	++	++	++	++	-	-	-
Utilisable sur cuve synthétique	++	++	++	-	+	+	-	+
Insensible à la mousse	+	+	++	-	-	-	-	-
Indépendant du diélectrique	++	++	++	+	-	+	+	+
Indépendant de la densité	-	-	-	+	+	+	+	-
Économique	+	+	+	+	+	-	-	-
Facilité d'étalonnage	+	+	+	-	-	+	+	-
Pas de risque de bouchage ou d'encrassement	-	-	-	-	-	+	+	+
Sans maintenance	-	-	-	-	-	+	+	+
Montage économique	-	+	-	+	+	++	++	++
Pression maxi (bar)	4	4	350	50	50	3	64	1000
Température maxi (°C)	100	100	250	500	500	95	250	600

# EXERCICES

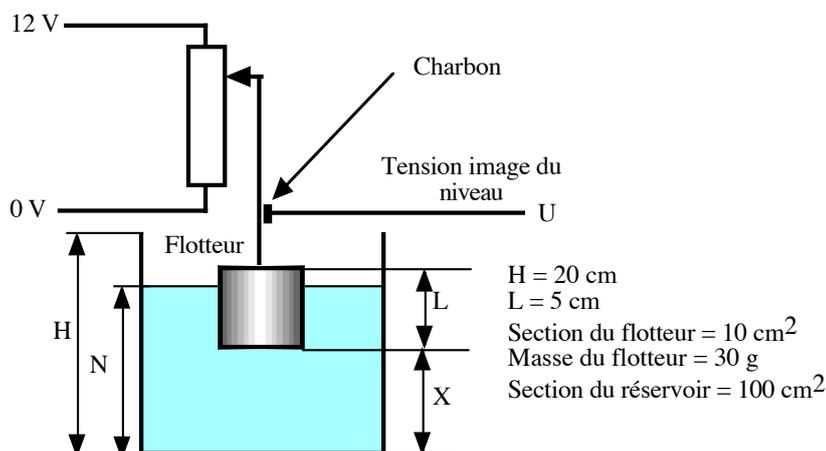
## Exercice 1 *Mesure de niveau par flotteur*

a) Représenter la grandeur  $X$  en fonction du niveau  $N$ , pour  $N$  compris entre 0 et  $H$ . La densité du liquide est 1,4.

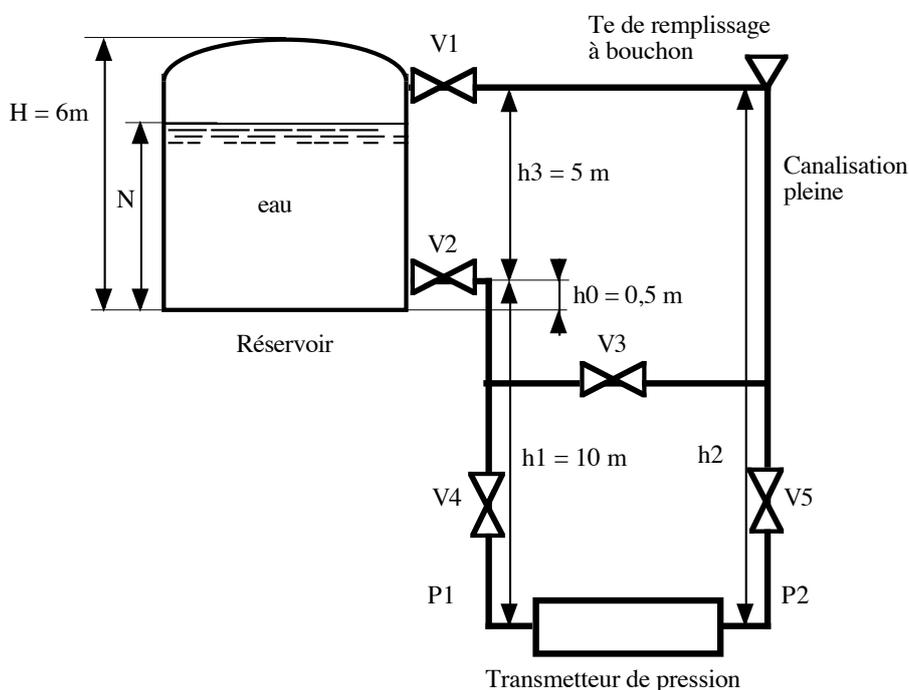
b) Représenter  $X$  en fonction du volume  $V$  du liquide.

c)  $U$  varie de 0 à 12 v, pour  $X$  compris entre 0 et  $X_{\max}$ . Quelle est la sensibilité du capteur en  $V/cm$ .

d) Quelle est la sensibilité du capteur en  $V/l$ .



## Exercice 2 *Mesure de niveau dans un réservoir fermé à atmosphère avec condensation*



a) Indiquez sur le dessin la partie du transmetteur qui est soumise à la pression la plus élevée.

b) Quel avantage trouvez vous à ce type de montage comparativement avec un montage utilisant une canalisation sèche ?

c) Représentez  $\Delta P = P2 - P1$  en fonction du niveau  $N$ , pour  $N$  compris entre 0 et  $H$ .

d) Calculez l'échelle (étendue de mesure) du transmetteur de pression différentielle.

e) Calculez le décalage de zéro du transmetteur à effectuer.

f) Quelles sont les vannes qui permettent d'isoler le transmetteur (pour une éventuelle réparation) ?

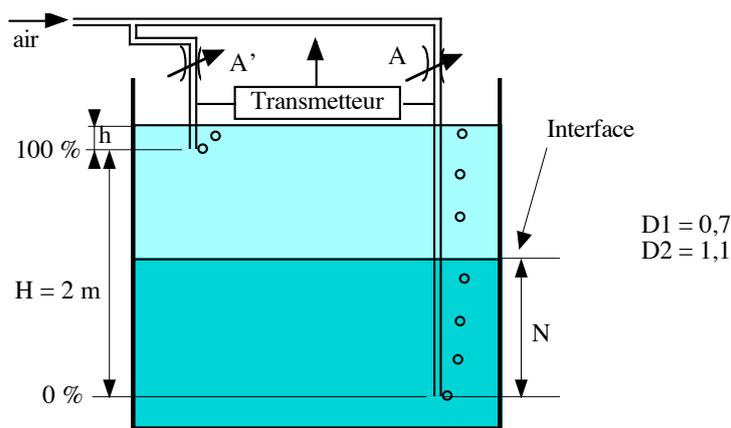
g) Donner l'état de chaque vanne (ouverte ou fermée) pour permettre d'étalonner le transmetteur (il faut que la pression coté HP soit égale à la pression coté BP pour étalonner le transmetteur à zéro, ceci quel que soit le niveau dans la chaudière), sans modifier le niveau du liquide dans la canalisation pleine.

h) On donne en annexe page 15 les caractéristiques techniques des transmetteurs de pression Platinum Standard. Choisir le transmetteur pouvant être utilisé et donnant les meilleurs résultats. Vous devrez justifier ce choix.

i) On considère que l'on règle le transmetteur de telle façon à avoir le signal de sortie maximum pour  $\Delta P = 0,4 \text{ bar}$ . On utilise la sortie 4-20 mA du transmetteur. Donnez la courbe signal de sortie en fonction du niveau (pour N compris entre 0 et H).

### Exercice 3 Mesure de l'interface de 2 liquides par bullage

On donne ci-après le schéma de principe d'un système de mesure de l'interface de 2 liquides par huilage.



a) Montrez que la mesure de la pression différentielle est l'image de la position N et que cette mesure est indépendante du niveau supérieur du liquide de densité D1.

b) Expliquez alors le principe utilisé pour la mesure de la position N.

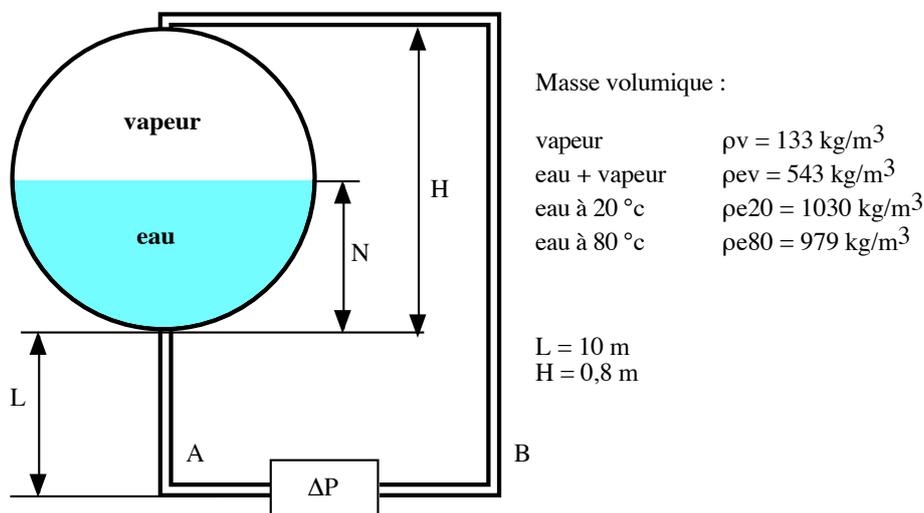
c) Calculez l'étendue d'échelle du transmetteur de pression différentielle.

d) Calculez la valeur du décalage de zéro du transmetteur à effectuer.

e) Quelle est la fonction des deux appareils repérés A et A' ? Justifiez leur présence.

### Exercice 4 Mesure du niveau (d'après sujet de BTS de 1988)

On donne ci-après le schéma de mesure du niveau de ballon de chaudière par transmetteur de pression différentielle.

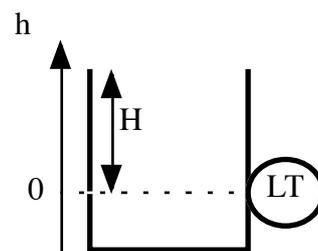


- a) Calculez l'échelle (étendue de mesure) du transmetteur de pression différentielle, les branches A et B étant à 80 °C. ( On demande la valeur de  $\Delta P$  pour le niveau haut et bas )
- b) Calculez le décalage de zéro du transmetteur à effectuer. (de telle façon que, lorsque le niveau dans le ballon est minimum,  $\Delta P = 0$ )
- c) Si la température de la branche B est à 20 °C et celle de la branche A à 80 °C, quelle sera l'incidence :  
 - sur l'échelle (étendue de la mesure)?  
 - sur le décalage de zéro?
- d) Précisez les positions HP et BP du transmetteur sur le schéma. Justifiez ces positions.
- e) Positionnez, sur le schéma, les vannes permettant de vidanger les colonnes A et B, d'isoler le transmetteur (pour une éventuelle réparation), d'étalonner le transmetteur (il faut que la pression coté HP soit égale à la pression coté BP pour étalonner le transmetteur à zéro, ceci quel que soit le niveau dans la chaudière).
- f) On donne ci-joint les caractéristiques techniques des transmetteurs de pression Platinum Standard. Choisir le transmetteur pouvant être utilisé et donnant les meilleurs résultats. Vous devrez justifier ce choix. On considère que l'on règle le transmetteur de telle façon à avoir le signal de sortie maximum pour  $\Delta P = 33$  mbar.
- g) Précisez la nature et la valeur du signal de sortie.
- h) Donnez la courbe signal de sortie en fonction du niveau.
- i) Avec quelle précision la mesure de niveau est-elle effectuée ? Donnez la valeur absolue de l'erreur faite.

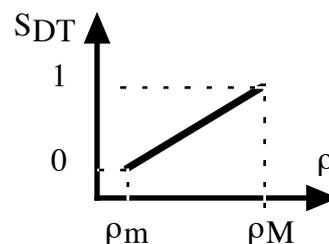
### Exercice 5 *Extrait BTS 1998*

Le niveau de lait de chaux dans le bac R2 est mesuré par un transmetteur à membrane affleurante. La masse volumique  $\rho$  de la solution varie, et sa valeur maximale est  $\rho_M$ . Le niveau  $h$  à mesurer évolue de 0 à H.

- a) Écrire l'équation de la sortie du transmetteur de niveau notée  $S_{LT}$ , en fonction de  $\rho$ ,  $\rho_M$ ,  $h$  et H (cette sortie s'exprime dans l'échelle de 0 à 1).



Les fluctuations probables de la masse volumique  $\rho$  de  $\rho_m$  (valeur minimale de  $\rho$ ) à  $\rho_M$  entraînent une erreur sur la connaissance du niveau. On décide de corriger cette mesure. Un densimètre DT, situé après la pompe de transfert, permet de mesurer la masse volumique du lait de chaux. Le réglage de cet appareil correspond au graphique ci-contre.



- b) Donner l'expression de  $S_{DT}$  en fonction de  $\rho$ ,  $\rho_m$ ,  $\rho_M$ .
- c) En utilisant les résultats des questions a) et b), exprimer  $h/H$  indépendamment de  $\rho$ .

## Annexe

## Caractéristiques techniques des transmetteurs de pression Platinum Standard

## INTRODUCTION

Tableau 1-7. Spécification des transmetteurs de pression relative intelligents Platinum Standard de type PTSDG

Les caractéristiques indiquées ci-dessous sont relatives aux transmetteurs avec membranes séparatrices en Hastelloy C276, huile silicone, origine de l'étendue de mesure réglée à zéro à une température de référence de 25°C.

PROPRIETES	CARACTERISTIQUES																																																			
<b>Etendue de mesure</b>	<p>Les bornes inférieure (0 %) et supérieure (100 %) de l'étendue de mesure peuvent être réglées à n'importe quelles valeurs de pression comprises dans les limites ci-dessous.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Types</th> <th colspan="2">Limites de l'étendue de mesure</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PTSDGB</td> <td>0 et + 7,5 kPa</td> <td>(0 et + 75 mbar)</td> </tr> <tr> <td>PTSDGC</td> <td>0 et + 30 kPa</td> <td>(0 et + 300 mbar)</td> </tr> <tr> <td>PTSDGD</td> <td>0 et + 90 kPa</td> <td>(0 et + 900 mbar)</td> </tr> <tr> <td>PTSDGF</td> <td>0 et + 500 kPa</td> <td>(0 et + 5 bar)</td> </tr> <tr> <td>PTSDGG</td> <td>0 et + 1800 kPa</td> <td>(0 et + 18 bar)</td> </tr> <tr> <td>PTSDGH</td> <td>0 et + 6000 kPa</td> <td>(0 et + 60 bar)</td> </tr> </tbody> </table> <p>De plus, leur différence (intervalle de mesure réglé) ne doit pas dépasser les valeurs minimales et maximales ci-dessous.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Types</th> <th colspan="2">Intervalle de mesure réglé</th> <th rowspan="2">Gain de réglage</th> </tr> <tr> <th>Minimal</th> <th>Maximal (Nominal)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PTSDGB</td> <td>0,4 kPa (3,8 mbar)</td> <td>7,5 kPa (75 mbar)</td> <td>1 à 20</td> </tr> <tr> <td>PTSDGC</td> <td>1,5 kPa (15 mbar)</td> <td>30 kPa (300 mbar)</td> <td>1 à 20</td> </tr> <tr> <td>PTSDGD</td> <td>4,5 kPa (45 mbar)</td> <td>90 kPa (900 mbar)</td> <td>1 à 20</td> </tr> <tr> <td>PTSDGF</td> <td>25 kPa (0,25 bar)</td> <td>500 kPa (5 bar)</td> <td>1 à 20</td> </tr> <tr> <td>PTSDGG</td> <td>90 kPa (0,9 bar)</td> <td>1800 kPa (18 bar)</td> <td>1 à 20</td> </tr> <tr> <td>PTSDGH</td> <td>400 kPa (4 bar)</td> <td>6000 kPa (60 bar)</td> <td>1 à 15</td> </tr> </tbody> </table>	Types	Limites de l'étendue de mesure		PTSDGB	0 et + 7,5 kPa	(0 et + 75 mbar)	PTSDGC	0 et + 30 kPa	(0 et + 300 mbar)	PTSDGD	0 et + 90 kPa	(0 et + 900 mbar)	PTSDGF	0 et + 500 kPa	(0 et + 5 bar)	PTSDGG	0 et + 1800 kPa	(0 et + 18 bar)	PTSDGH	0 et + 6000 kPa	(0 et + 60 bar)	Types	Intervalle de mesure réglé		Gain de réglage	Minimal	Maximal (Nominal)	PTSDGB	0,4 kPa (3,8 mbar)	7,5 kPa (75 mbar)	1 à 20	PTSDGC	1,5 kPa (15 mbar)	30 kPa (300 mbar)	1 à 20	PTSDGD	4,5 kPa (45 mbar)	90 kPa (900 mbar)	1 à 20	PTSDGF	25 kPa (0,25 bar)	500 kPa (5 bar)	1 à 20	PTSDGG	90 kPa (0,9 bar)	1800 kPa (18 bar)	1 à 20	PTSDGH	400 kPa (4 bar)	6000 kPa (60 bar)	1 à 15
Types	Limites de l'étendue de mesure																																																			
PTSDGB	0 et + 7,5 kPa	(0 et + 75 mbar)																																																		
PTSDGC	0 et + 30 kPa	(0 et + 300 mbar)																																																		
PTSDGD	0 et + 90 kPa	(0 et + 900 mbar)																																																		
PTSDGF	0 et + 500 kPa	(0 et + 5 bar)																																																		
PTSDGG	0 et + 1800 kPa	(0 et + 18 bar)																																																		
PTSDGH	0 et + 6000 kPa	(0 et + 60 bar)																																																		
Types	Intervalle de mesure réglé		Gain de réglage																																																	
	Minimal	Maximal (Nominal)																																																		
PTSDGB	0,4 kPa (3,8 mbar)	7,5 kPa (75 mbar)	1 à 20																																																	
PTSDGC	1,5 kPa (15 mbar)	30 kPa (300 mbar)	1 à 20																																																	
PTSDGD	4,5 kPa (45 mbar)	90 kPa (900 mbar)	1 à 20																																																	
PTSDGF	25 kPa (0,25 bar)	500 kPa (5 bar)	1 à 20																																																	
PTSDGG	90 kPa (0,9 bar)	1800 kPa (18 bar)	1 à 20																																																	
PTSDGH	400 kPa (4 bar)	6000 kPa (60 bar)	1 à 15																																																	
<b>Précision intrinsèque selon CEI 770 et SAMA PMC 31.1</b>	<p>La précision intrinsèque inclut l'influence de la linéarité basée sur les extrémités, de l'hystérésis, de la répétabilité et de la zone morte.</p> <p>Les valeurs indiquées sont fonction de la valeur de l'intervalle de mesure nominal (IMN) et de l'intervalle de mesure réglé (IMR) du transmetteur.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Types</th> <th colspan="2">Intervalle de mesure nominal (IMN)</th> <th>La précision intrinsèque est la plus grande des deux valeurs suivantes (en % de l'IMR) :</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PTSDGB</td> <td>7,5 kPa</td> <td>75 mbar</td> <td><math>\pm 0,10</math> ou <math>\pm 0,020 \times \text{IMN/IMR}</math></td> </tr> <tr> <td>PTSDGC</td> <td>30 kPa</td> <td>300 mbar</td> <td><math>\pm 0,10</math> ou <math>\pm 0,012 \times \text{IMN/IMR}</math></td> </tr> <tr> <td>PTSDGD</td> <td>90 kPa</td> <td>900 mbar</td> <td><math>\pm 0,10</math> ou <math>\pm 0,012 \times \text{IMN/IMR}</math></td> </tr> <tr> <td>PTSDGF</td> <td>500 kPa</td> <td>5 bar</td> <td><math>\pm 0,10</math> ou <math>\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}</math></td> </tr> <tr> <td>PTSDGG</td> <td>1800 kPa</td> <td>18 bar</td> <td><math>\pm 0,10</math> ou <math>\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}</math></td> </tr> <tr> <td>PTSDGH</td> <td>6000 kPa</td> <td>60 bar</td> <td><math>\pm 0,20</math> ou <math>\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}</math></td> </tr> </tbody> </table>	Types	Intervalle de mesure nominal (IMN)		La précision intrinsèque est la plus grande des deux valeurs suivantes (en % de l'IMR) :	PTSDGB	7,5 kPa	75 mbar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,020 \times \text{IMN/IMR}$	PTSDGC	30 kPa	300 mbar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,012 \times \text{IMN/IMR}$	PTSDGD	90 kPa	900 mbar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,012 \times \text{IMN/IMR}$	PTSDGF	500 kPa	5 bar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}$	PTSDGG	1800 kPa	18 bar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}$	PTSDGH	6000 kPa	60 bar	$\pm 0,20$ ou $\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}$																							
Types	Intervalle de mesure nominal (IMN)		La précision intrinsèque est la plus grande des deux valeurs suivantes (en % de l'IMR) :																																																	
PTSDGB	7,5 kPa	75 mbar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,020 \times \text{IMN/IMR}$																																																	
PTSDGC	30 kPa	300 mbar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,012 \times \text{IMN/IMR}$																																																	
PTSDGD	90 kPa	900 mbar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,012 \times \text{IMN/IMR}$																																																	
PTSDGF	500 kPa	5 bar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}$																																																	
PTSDGG	1800 kPa	18 bar	$\pm 0,10$ ou $\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}$																																																	
PTSDGH	6000 kPa	60 bar	$\pm 0,20$ ou $\pm 0,022 \times \text{IMN/IMR}$																																																	
<b>Stabilité sur une période de 12 mois (dans les conditions de référence)</b>	$\pm 0,1$ % de l'intervalle de mesure nominal																																																			
<b>Limite de surpression en fonctionnement</b>	<p>La pression minimale pour tous les types est de 3,4 kPa absolus.</p> <p>La surpression maximale dépend du type de boulons utilisés pour la fixation des brides du transmetteur.</p> <p>Acier au carbone : 25000 kPa (250 bar) 14000 kPa (140 bar) pour PTSDGH            Acier inox et NACE : 20000 kPa (200 bar) 14000 kPa (140 bar) pour PTSDGH</p>																																																			

# ÉVALUATION - ANNÉE PRÉCÉDENTE

Le transmetteur de niveau LT1 mesure la pression différentielle entre deux piquages (figure 22). Il est réglé

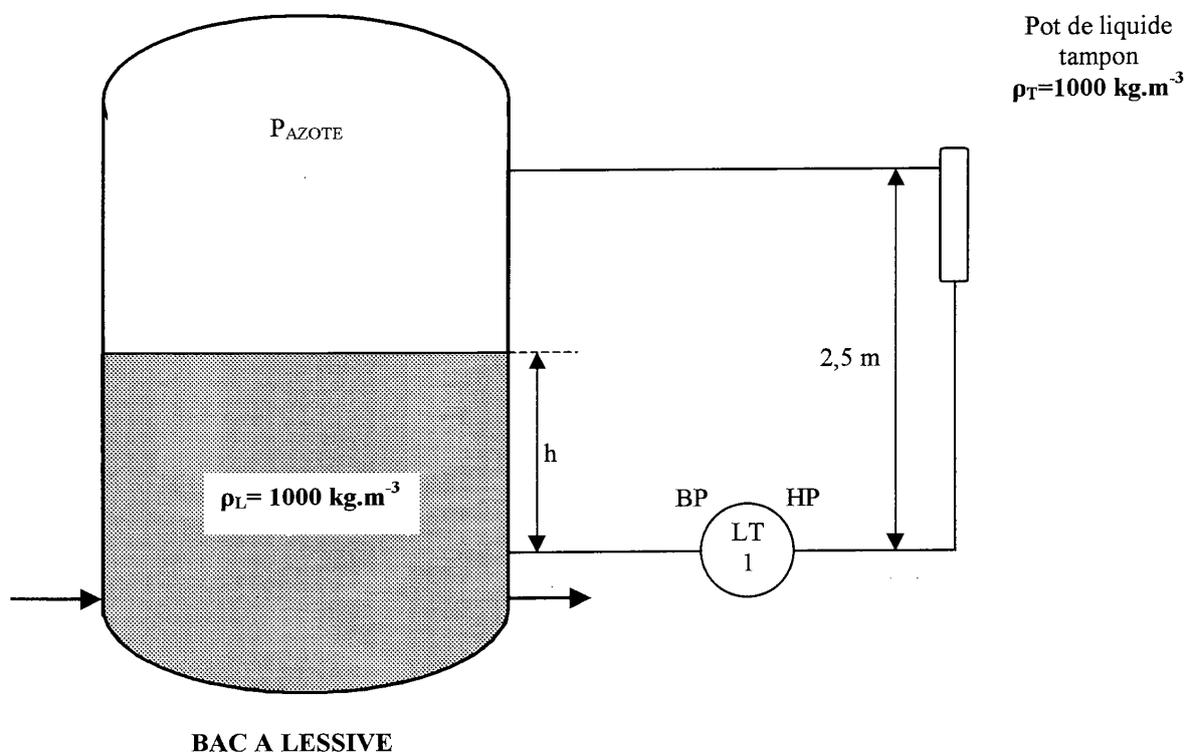


Figure 22 – Schéma TI

de façon que son signal de sortie augmente lorsque  $\Delta P = HP - BP$  diminue.

1) Quels avantages trouvez vous à ce type de montage par rapport à un montage utilisant une canalisation sèche ?

2) Réaliser, sur la figure 22, le schéma de montage complet du transmetteur en plaçant les différents éléments permettant une mesure correcte et les différentes vannes manuelles pour sa mise en service, sa vérification locale et sa maintenance.

La hauteur de liquide du côté de la chambre HP est toujours de 2,5 m grâce au pot de liquide tampon. La hauteur maximale mesurée  $h_{max}$  est de 2 m. Les chambres HP et BP du transmetteur de pression différentielle ont été raccordées comme indiqué sur le schéma.

3) Écrire l'équation  $\Delta P = f(h)$ . On prendra l'accélération de la pesanteur  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

4) Représenter la relation entre le niveau et la sortie courant du transmetteur.

5) Calculer l'échelle et le décalage de zéro du transmetteur.

6) D'après le tableau 1, donner le code du transmetteur que vous préconisez. Justifier votre réponse.

7) Donner la configuration de votre transmetteur en remplissant le tableau 2.

**Tableau 1** – Capteurs de pression

▪ **Modèle 8 DB : Pression différentielle basse**

Code des modèles	Étendue de mesure maximales (mbar ou hPa)	Étendues de mesure (mbar ou hPa)		Limite du décalage de zéro (mbar ou hPa)
		Minimales	Maximales	
8 D B A	6	1,00	6	-6 à +5
8 D B B	20	3,33	20	-20 à +16,67

▪ **Modèle 8 DM : Pression différentielle moyenne**

Code des modèles	Étendue de mesure maximales (mbar ou hPa)	Étendues de mesure (mbar ou hPa)		Limite du décalage de zéro (mbar ou hPa)
		Minimales	Maximales	
8 D M C	75	12,50	75	-75 à +62,50
8 D M D	275	46,00	275	-275 à + 229,00
8 D M E	750	125,00	750	-750 à +625,00
8 D M F	2000	333,00	2000	-2000 à +1667,00

▪ **Modèle 8 DH : Pression différentielle haute**

Code des modèles	Étendue de mesure maximales (bar ou $10^5$ Pa)	Étendues de mesure (bar ou $10^5$ Pa)		Limite du décalage de zéro (bar ou $10^5$ Pa)
		Minimales	Maximales	
8 D H J	6	1,00	6	-6 à +5,00
8 D H L	18	3,00	18	-18 à +15,00
8 D H N	70	11,70	70	-70 à +58,40

**Tableau 2** – Réglage du transmetteur

Type de sortie	4-20 mA
Type d'action	
Temps de réponse	20 ms
Unité physique primaire	kPa
Valeur basse de l'étendue de mesure	
Valeur haute de l'étendue de mesure	
Unité physique secondaire	cm
Valeur secondaire basse	
Valeur secondaire haute	
Fonction de sortie du transmetteur	

A présent, le transmetteur est réglé de manière à fournir un courant de 4 mA pour  $h=0$  m et un courant de 20 mA pour  $h=2$  m. La précision du transmetteur est de 0,2 % de l'étendue de mesure.

8) Représenter la relation entre la différence de pression  $\Delta P$  et le signal de sortie du transmetteur  $S_{DP}$  en %.

9) Même question avec le courant de sortie  $i$  du transmetteur et  $\Delta P$ .

10) Pour s'assurer du bon comportement du capteur, on mesure le signal de sortie en courant pour un niveau connu. On trouve :  $i=8,02$  mA pour  $h=0,50$  m. L'étalonnage est-il correctement réalisé compte tenu de la précision de l'appareil ?

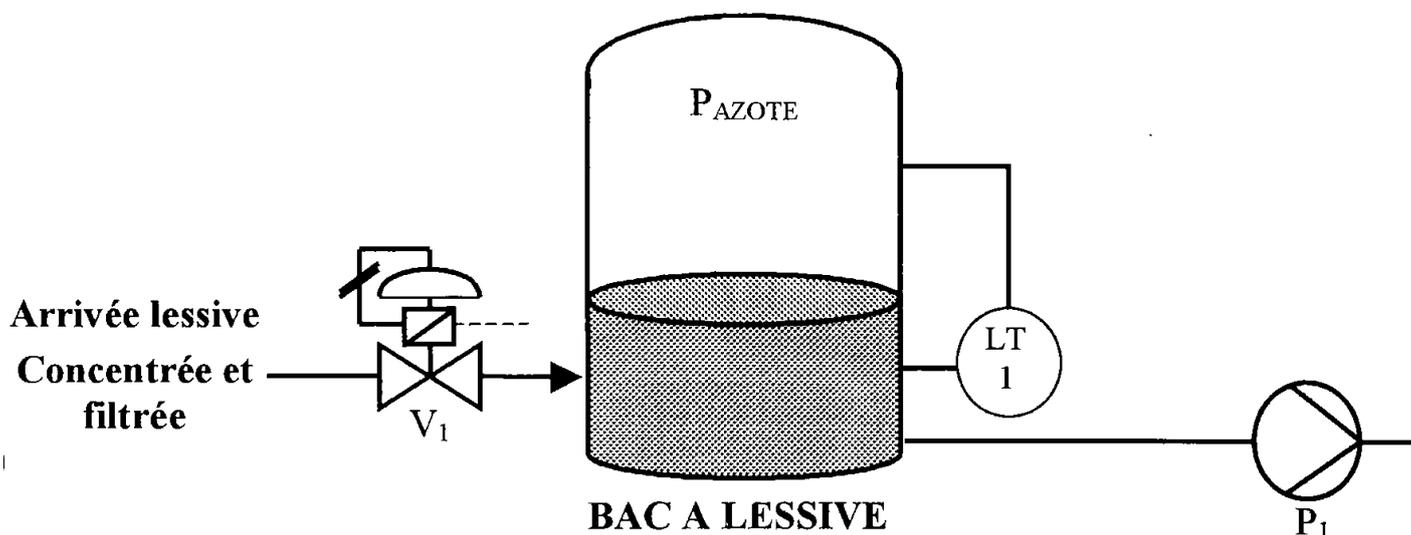


Figure 23 – Régulation de niveau

11) Sur le schéma figure 23, quel est le nom de l'élément  $P_1$  ?

12) Compléter sur la figure 23 le schéma T.I de la chaîne de régulation ( $LT1$ ,  $V1$ ) de telle sorte que le niveau reste constant.

13) Sachant que la vanne  $V1$  est de type FMA, préciser le sens d'action du régulateur utilisé. Justifier votre réponse.

À présent on décide de ne plus négliger la masse volumique  $\rho_a$  de l'azote. Elle est comprise entre  $10\text{ kg/m}^3$  sous 10 bars et  $20\text{ kg/m}^3$  sous 20 bars.

14) Représenter la relation entre la pression  $P_a$  de l'azote et sa masse volumique. Cette relation est linéaire.

15) Exprimer la différence de pression  $\Delta P$  aux bornes du transmetteur de pression différentiel en fonction du niveau  $h$  et de la masse volumique  $\rho_a$  de l'azote.

Pour mesurer la pression de l'azote, on place au sommet du réservoir un transmetteur de pression. Ce transmetteur est réglé de manière à fournir une sortie  $S_p = 0\%$  pour une pression de 10 bars et  $S_p = 100\%$  pour une pression de 20 bars.

16) Représenter la relation entre la pression et la sortie du capteur de pression  $S_p$ .

17) En déduire la relation entre  $S_p$  et la masse volumique  $\rho_a$ .

18) Exprimer la différence de pression  $\Delta P$  aux bornes du transmetteur de pression différentiel en fonction du niveau  $h$  et du signal  $S_p$ .

19) En déduire la relation entre le niveau  $h$ , la sortie du capteur de pression différentiel  $S_{DP}$  en % et la sortie  $S_p$ .

À présent on suppose que :

$$h(m) = \frac{200(12,5 \times 10^{-3}(S_p + 100) - S_{dp})}{S_p - 9,9 \times 10^3} \quad (4)$$

20) Exprimer la mesure du niveau  $h$  en % en fonction de  $S_{dp}$  et  $S_p$ .

21) Compléter le schéma TI figure 24, en faisant apparaître cette relation.

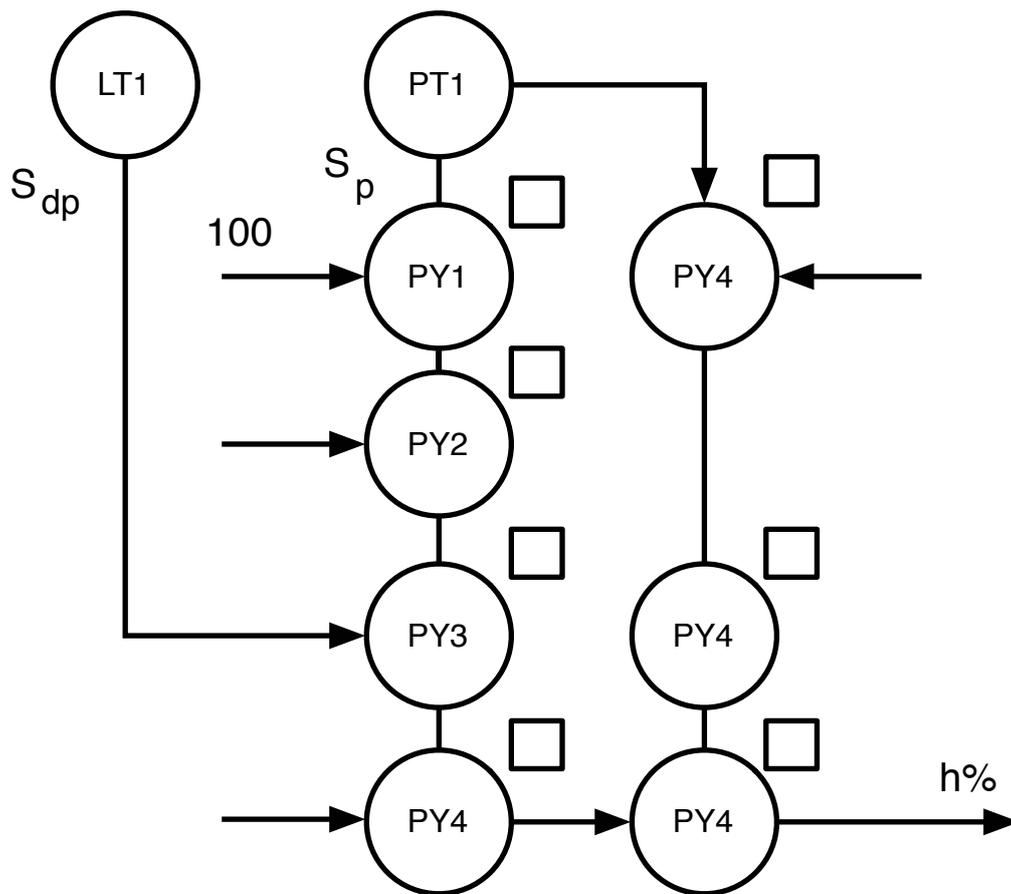


Figure 24 – Calcul du niveau