

**INSTRUMENTATION III :****MESURE DU NIVEAU**

Pour assurer le bon déroulement d'un procédé, il faut bien souvent stocker des « produits » intervenant dans ce procédé.

Par ailleurs, le stockage dans les réservoirs (ou capacités, mais ce nom peut avoir un autre sens, c'est pourquoi nous parlerons de réservoirs) doit être fait sous haute surveillance parce qu'une mauvaise estimation des niveaux des réservoirs peut entraîner un surcoût de la production, et des risques de rupture des réservoirs ou des canalisations (donc, un réel danger pour les personnes autour de l'installation).

C'est donc une mesure très importante dans la régulation.

Rappelons que les quatre grandes catégories de mesure sont :

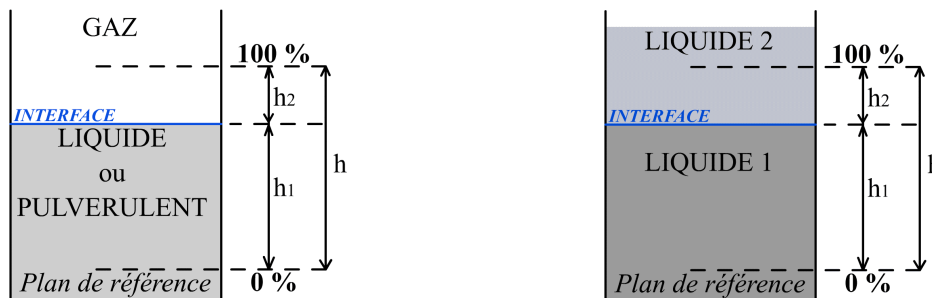
- la pression (Pressure)
- le niveau (Level)
- le débit (Flow)
- la température (Temperature)

**I DEFINITIONS**

On appelle « NIVEAU » un instrument permettant la mesure d'une hauteur  $h_1$  séparant dans un réservoir, un plan de référence et un plan de séparation

- **liquide-gaz** (surface libre du liquide)
- **solide en poudre ou en granulé** ( un **PULVERULENT**) – **gaz**
- **deux liquides non miscibles et de densité différentes**

Ce plan de séparation s'appelle l'**INTERFACE**



$h_1$  : hauteur mesurée ;  $h$  : hauteur mesurable ;  $h_2$  : hauteur calculable

Le résultat de la mesure s'exprime a priori en mètres, mais il est évident que cette unité de mesure ne présente aucun intérêt pour le procédé. C'est pourquoi, la hauteur mesurée sera donnée en pourcentage : **le plan de référence représente 0%** de l'étendue de mesure, tandis que  **$h$  représente 100%** de cette même étendue.

Il convient de distinguer :

→ **la détection de niveau** : signale qu'une hauteur prédéterminée est atteinte. Il s'agit d'un résultat en « Tout Ou Rien » ( T.O.R.). Cette hauteur prédéterminée fixe la position du capteur.

→ **la mesure de niveau** : mesure en continu le niveau au-dessus du plan de référence, c'est à dire que le transmetteur envoie un signal proportionnel à la hauteur mesurée.

Rappelons la hiérarchie des systèmes de contrôle dans une installation :

- **NIVEAU 1 : système de conduite.** Il comprend essentiellement l'instrumentation de contrôle du processus : capteurs, régulateurs, programmeurs, vannes régulatrices.
- **NIVEAU 2 : système de protection.** Il comprend une instrumentation de composition voisine de celle du niveau 1 , mais totalement indépendante fonctionnellement de ce niveau.
- **NIVEAU 3 : système de sécurité.** Il constitue la protection ultime du processus. Il ne contient pas d'instrumentation identique à celle des niveaux 1 et 2, mais des dispositifs fonctionnant sans énergie auxiliaire.

Ainsi, les **détecteurs** se retrouveront la plupart du temps dans le niveau 3 du procédé, alors que les appareils **pour la mesure** seront eux placés dans les niveaux 1 et 2.

Le tableau de la page suivante donne un catalogue ( NON EXHAUSTIF !!! ) de niveaux couramment utilisés dans les procédés.

## PRINCIPE

	OPTIQUE		TH. ARCHIMEDE		TH. HYDROSTATIQUE		ELECTRIQUE			ECHO		ABSORPTION
	<u>visuelle</u>	<u>Force</u>	<u>Pression hydrostatique</u>	<u>Résonance Conduction</u>	<u>Capacité admittance</u>	<u>Ultrasons</u>	<u>Radar</u>					<u>Rayons <math>\gamma</math></u>
PE NIVEAU	à glace	à flotteur à plongeur	à $\Delta p$ directe	à $\Delta p$ à sonde à sonde à sonde	à sonde à sonde à sonde	à sonde	à sonde	à sonde	à sonde	à sonde	à sonde	source + détecteur
INTERFACE GUIDE-GAZ Détection :		OUI		OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI			OUI
INTERFACE GUIDE-GAZ Mesure :		OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
INTERFACE LIQ-LIQ Détection :		OUI										
INTERFACE LIQ-LIQ Mesure :			OUI									

Précisons que le « OUI » signifie qu'il existe le type de capteur pour le type de mesure envisagée. Mais, il est évident qu'un capteur capable de faire des mesures, peut éventuellement être utilisé pour la détection grâce à un traitement numérique.....



## II NIVEAUX OPTIQUES

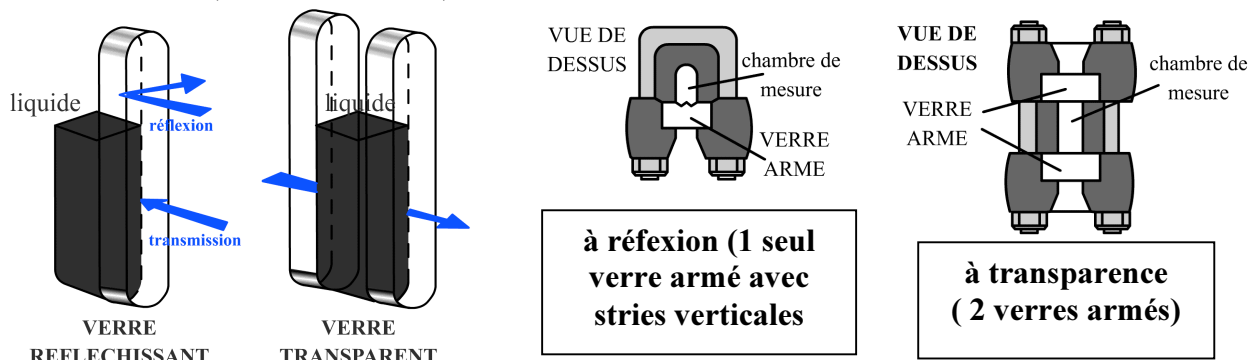
Il s'agit des niveaux à « verre » (ou Plexiglas...). Leur rôle est limité à celui d'indicateur local. Ils peuvent être consultés à tout moment par les agents intervenant sur l'installation, et sont un des derniers remparts pour la sécurité. Ils rentrent de plain-pied dans le niveau 3 du procédé.

On distingue :

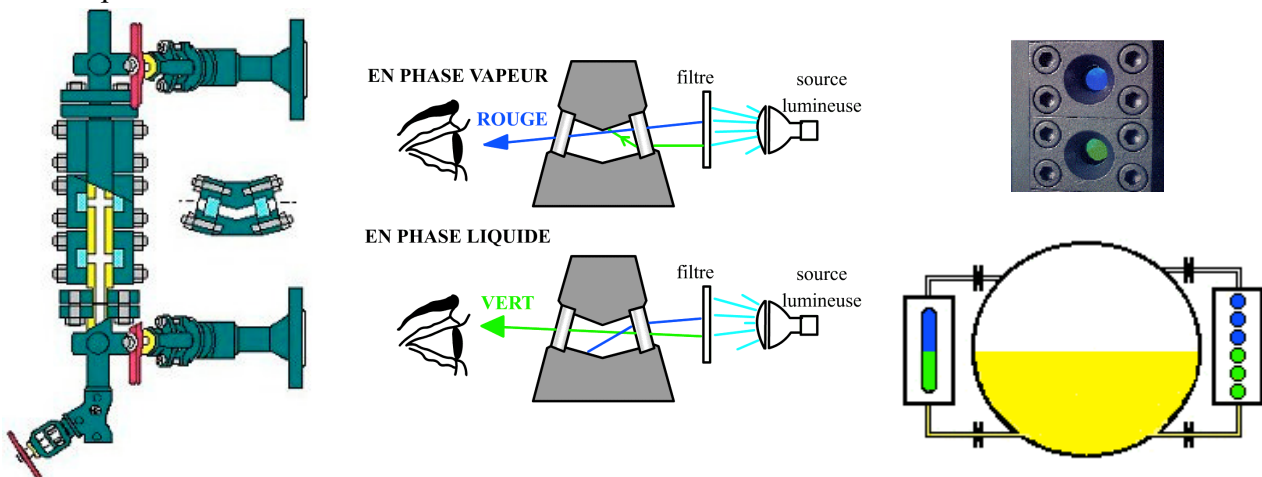
- **les niveaux à verre tubulaire** : classiques et très courants mais limités dans leur domaine d'emploi



- **les niveaux à verre armé** : conçus pour résister à des températures et pressions élevées, ils exploitent les propriétés de réflexion et de transmission de la lumière selon les indices des milieux (lois de Descartes).



- **les niveaux à verre bicolores** : obligatoire sur les chaudières pour des raisons de sécurité : le voyant apparaît vert au contact de l'eau liquide, et rouge au contact de la vapeur d'eau.



Type niveau	Application
à réflexion	<b>Interface LIQUIDE-GAZ pour liquides clairs tels que :</b> - eau - hydrocarbures légers
à transparence	<b>Interface LIQUIDE-GAZ pour liquides sombres</b> <b>Interface LIQUIDE-LIQUIDE</b>

### III NIVEAUX A FLOTTEUR

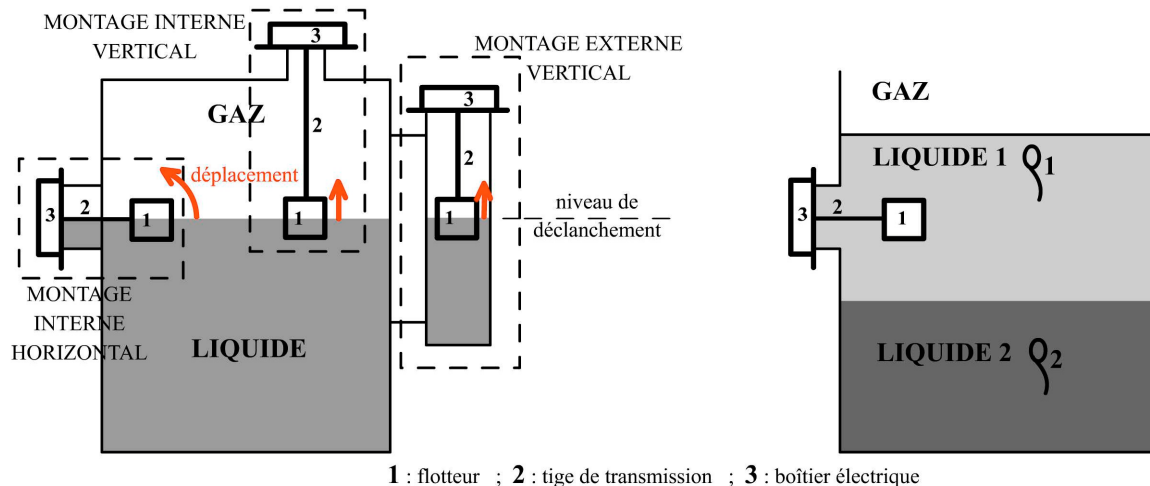
Ce type de niveau exploite la poussée d'Archimède développée par le fluide sur un corps nommé selon les cas FLOTTEUR, ou PLONGEUR.

#### 1) Niveau à flotteur « fixe »

Le flotteur, en général une sphère creuse métallique est soumis à la poussée d'Archimède

$\pi_A$  exercée par le liquide, laquelle se traduit par un **FAIBLE DEPLACEMENT** du flotteur, dont l'amplitude est limitée mécaniquement. Ce déplacement est suffisant pour commander un contact électrique, par transmission magnétique ( cf capteurs de déplacement.....).

Ces niveaux sont exclusivement des **détecteurs** de niveaux.

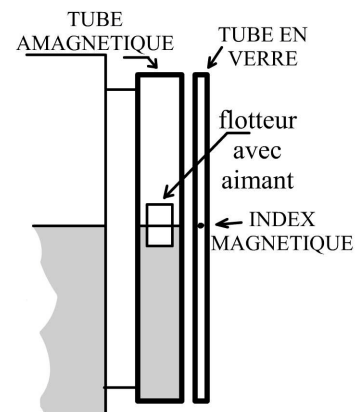


#### 2) Niveau à flotteur « mobile »

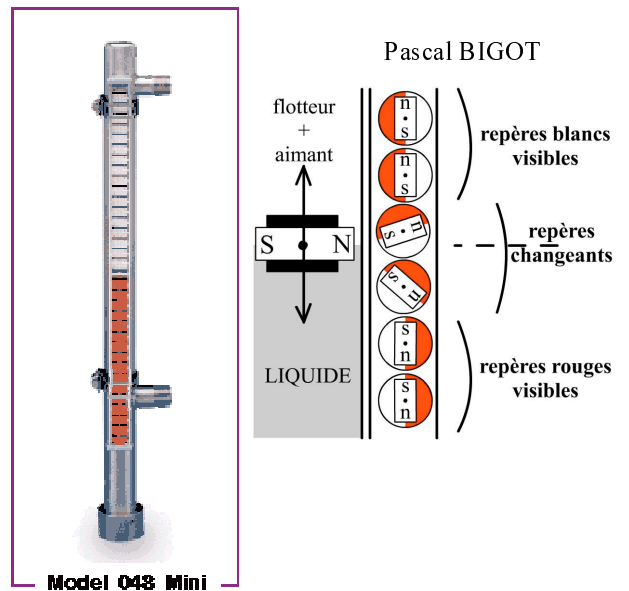
La poussée d'Archimède est ici utilisée pour maintenir le flotteur à la surface du liquide.

→ **INDICATEUR LOCAL** : entièrement métallique, avec transmission magnétique permettant de repérer la position du flotteur à l'intérieur du tube de mesure, soit par un index se déplaçant dans un tube en verre, soit par un basculement de volets ou de billes magnétiques.

Cet instrument remplace avantageusement les niveaux à glace dans des applications difficiles : corrosion, hautes pressions et/ou hautes températures.



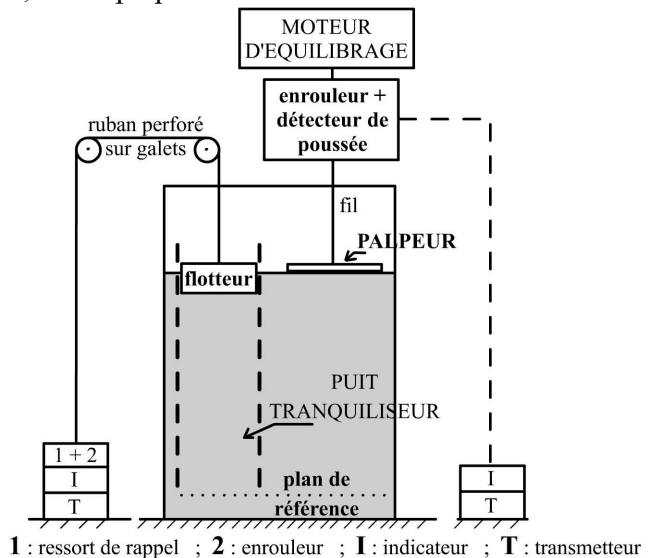
Le flotteur porte un aimant, et le niveau est constitué de billes ou petits volets aimantés. Au passage du flotteur les billes (ou volets) mobiles se retournent et présentent soit leur partie rouge (niveau liquide) soit leur partie blanche (niveau gaz).



→ **JUGES DE RESERVOIR** : soit à flotteur, soit à palpeur.

Le flotteur est maintenu par deux fils guides sur toute la hauteur du réservoir.

Le flotteur ou le palpeur se déplace généralement à l'intérieur d'une protection tubulaire qu'on nomme « puits tranquillisateur ».



### 3) Niveau à plongeur

Ces instruments sont aussi appelés « niveaux à déplacement » car leur principe repose sur la mesure de la poussée d'Archimède due au volume déplacé par l'immersion d'un plongeur cylindrique.

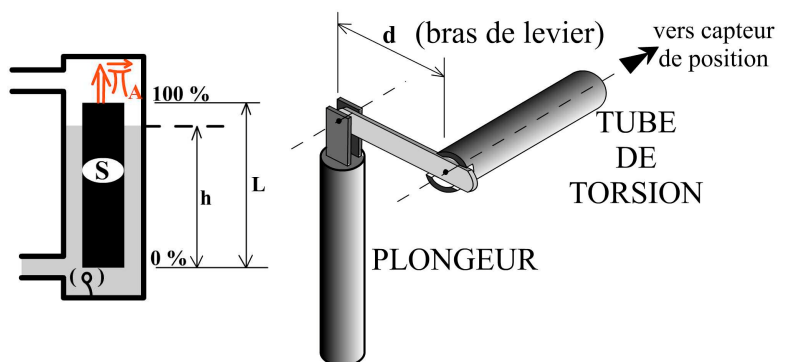
La poussée d'Archimède vaut, en norme :

$$\|\vec{\pi}_A\| = \rho \cdot S \cdot h \cdot g \quad \text{avec}$$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  ;  $h$  : hauteur immergée

$S$  : section du plongeur

$\rho$  : masse volumique du liquide



La poussée est donc proportionnelle à la hauteur immergée, donc, on peut exploiter cette force pour mesurer un niveau → **TRANSMETTEUR DE NIVEAU**.

La poussée peut être détectée par un tube de torsion, ou par la membrane antagoniste (c'est à dire opposée) d'un transmetteur de pression différentielle modifié pour cette application.

Typiquement, le déplacement du plongeur reste faible devant sa taille (de l'ordre de quelques centimètres....).

Dans le cas du tube de torsion, le déplacement du plongeur est « converti » en rotation de ce tube (typiquement de l'ordre de quelques degrés ...). Cette rotation est alors exploitée par un capteur de déplacement (effet Hall, effet inductif....).

**RAPPEL :** le moment de la poussée d'Archimède appliquée au tube de torsion s'écrit :  
Moment = (bras de levier) x (norme de la force) ce qui donne ici :

$$M(\pi_A) = \rho.S.h.g.d$$

et le tube de torsion s'oppose à ce moment par un « couple de torsion »

$$M_{TORSION} = -C.\theta$$

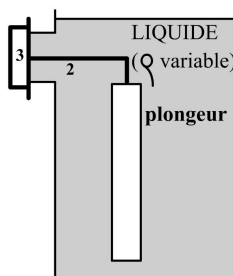
où **C est la constante de torsion** du tube (dépend de son diamètre, de sa matière notamment...).

Ces transmetteurs de niveaux à plongeur sont disponibles :

- en montage interne
- en montage externe, dans une chambre de mesure

Ils peuvent aussi être utilisés dans le cas d'une **interface LIQUIDE-LIQUIDE**.

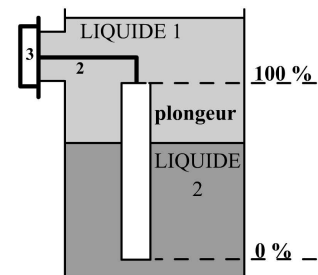
Mais cette utilisation n'est possible que si le plongeur est immergé en permanence dans les liquides à l'origine de cette interface.



Ces niveaux à déplacement peuvent encore être utilisés comme **DENSIMETRES**.

Cette utilisation n'est possible qu'avec les 2 conditions suivantes :

- liquide unique (ou mélange homogène)
- plongeur immergé en permanence



## IV NIVEAUX HYDROSTATIQUES

### 1) Principe

La différence de pression  $\Delta p$  en 2 points d'un liquide en équilibre se mesure par le poids d'une colonne de liquide de section unité, de hauteur égale à la différence de niveau  $h_1$  entre les 2 points considérés.

Bref, c'est notre relation d'hydrostatique vue en cours de physique ( $p_A - p_B = \rho g(z_B - z_A)$ ).

Les instruments de niveau hydrostatique sont basés sur :

- la mesure de la pression hydrostatique au-dessus du plan de référence dans le cas d'une interface LIQUIDE-GAZ
- la mesure de la différence de pression entre un point du plan de référence et un point d'altitude supérieure dans le cas d'une interface LIQUIDE-LIQUIDE

Il en résulte que pour un **réservoir OUVERT**, la mesure de niveau pour une interface LIQUIDE-GAZ peut s'effectuer avec un capteur de pression statique, alors que la mesure de niveau d'une interface LIQUIDE-LIQUIDE nécessite un capteur de pression différentielle. Pour un **réservoir FERME** (c'est à dire sous pression !) l'utilisation d'un capteur de pression différentielle est nécessaire que l'interface soit LIQUIDE-GAZ ou LIQUIDE-LIQUIDE.



Les transmetteurs de pression se présentent sous deux formes :

- les transmetteurs de pression « pour tous usages » (pression, débit, niveau) nécessitant des conduites de raccordement (conduites 1/2 pouce...)
- les transmetteurs de niveau à brides (en anglais « flange ») conçus spécialement pour la mesure de niveau. Ceux-ci possèdent soit une membrane sensible affleurante à la bride, soit une membrane installée à l'extrémité d'une extension (évite le dépôt dans la partie raccordement).

### **DECALAGE DU ZERO :**

Dans la spécification d'un niveau hydrostatique, il convient de prendre en compte la pression hydrostatique « X » exercée par le fluide de remplissage des conduites de raccordement côté Basse Pression (BP) et/ou côté Haute Pression (HP), qui s'ajoute à ou se retranche de la pression hydrostatique  $\Delta p$  mesurée.

Nous le verrons sur les différents cas étudiés par la suite.

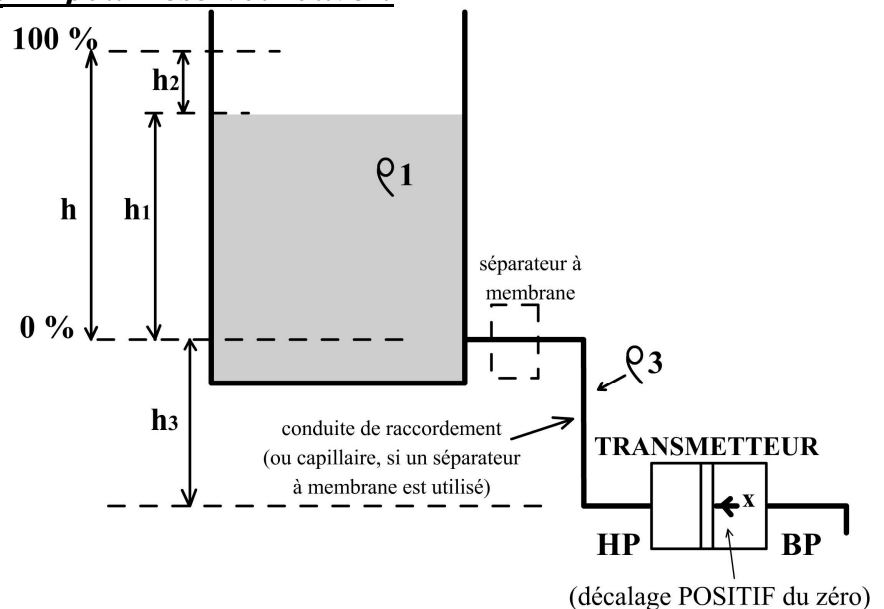
## **2) Interface LIQUIDE-GAZ pour réservoir ouvert**

DECALAGE :

X =

ETENDUE DE MESURE :

$\Delta p =$



Le montage ci-dessus est celui réalisé pour une interface LIQUIDE-GAZ, pour un réservoir OUVERT, avec un transmetteur de pression différentielle tous usage.

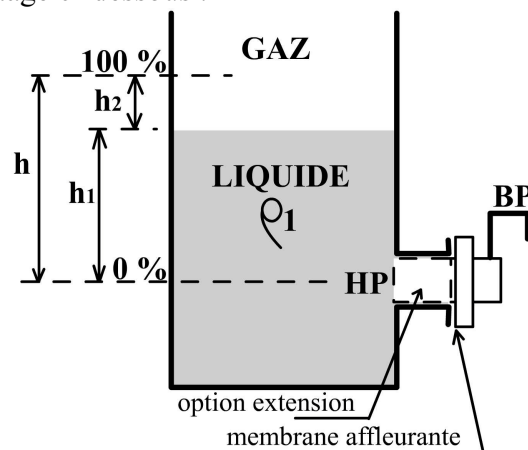
L'emploi d'un transmetteur à bride donne le montage ci-dessous :

DECALAGE :

X =

ETENDUE DE MESURE :

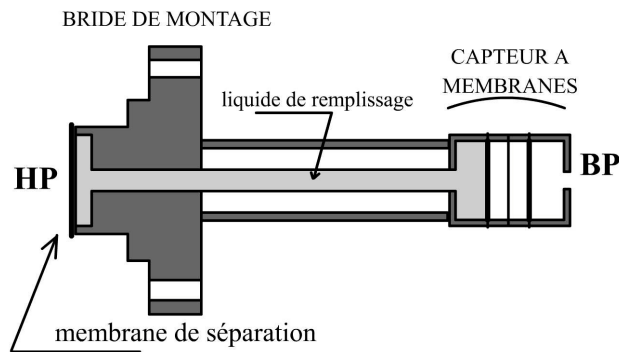
$\Delta p =$



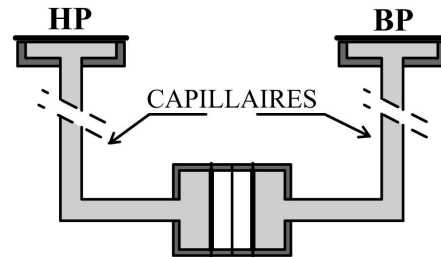
### REMARQUE : LE SEPARATEUR A MEMBRANE

Un séparateur à membrane (« diaphragm seal » en anglais) est un dispositif permettant d'éviter la mise en contact direct du fluide du processus avec le capteur. Ce dispositif consiste à intercaler un liquide de remplissage entre le capteur et une membrane mise en contact avec le fluide du processus, soit en MONTAGE RIGIDE pour mesure de niveau, soit par TUBES CAPILLAIRES (souples) pour toutes les autres applications. La pression s'exerçant sur la membrane du séparateur est transmise par le fluide de remplissage à la membrane de séparation du capteur, puis à la membrane de mesure.

#### MONTAGE RIGIDE :



#### TUBES CAPILLAIRES :



Le séparateur à membrane influe sur la réponse du transmetteur de pression. C'est pourquoi, bien souvent on a recours à un « **POT DE CONDENSATION** »

### 3) Interface LIQUIDE-GAZ pour réservoir fermé

Pour les deux montages ci-dessous :

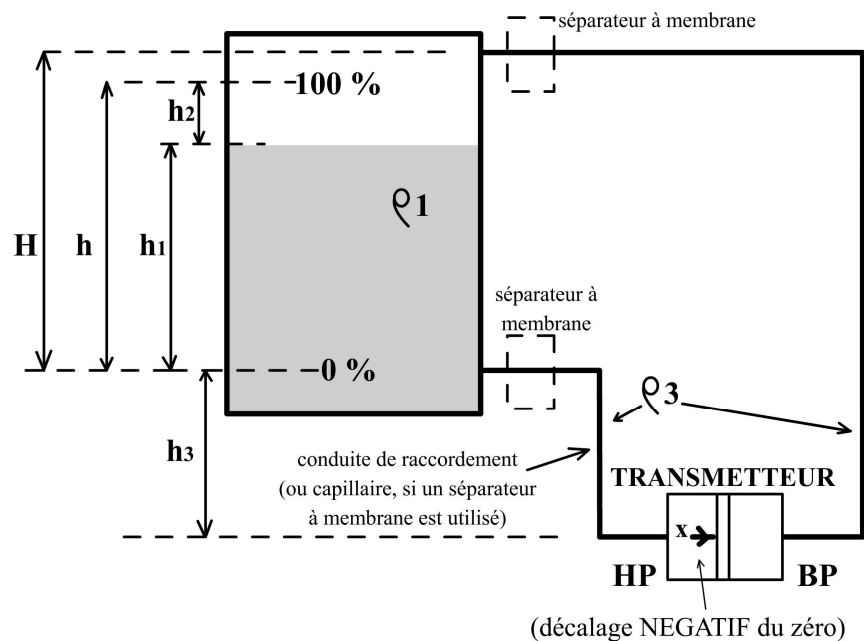
- toujours prendre  $H > h$  ( $H \sim 1,2 \cdot h$  environ) afin d'éviter le risque de plafonnement de la mesure au-dessous de la lecture 100% si la masse volumique  $\rho_1$  réelle est plus faible que celle utilisée pour le calcul
- ne jamais utiliser de colonne sèche côté BP, car risque de remplissage par condensation ou débordement ( $\rightarrow$  pot de condensation, séparateur à membrane...)
- prendre le même liquide de remplissage côté BP et côté HP

DECALAGE :

$X =$

ETENDUE DE MESURE :

$\Delta p =$

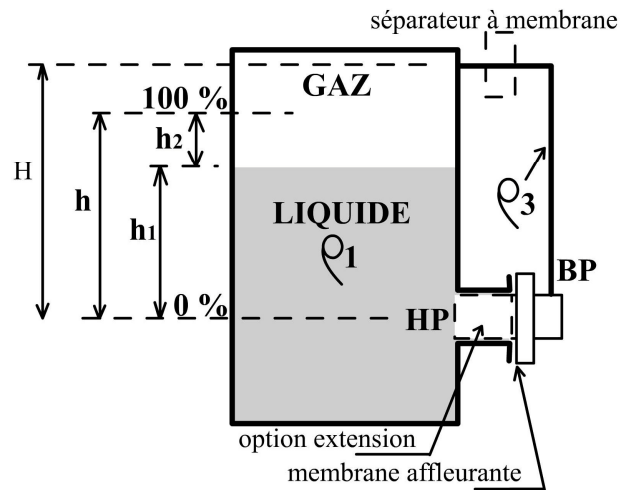


DECALAGE :

X =

ETENDUE DE MESURE :

$\Delta p =$



**4) Interface LIQUIDE-LIQUIDE pour réservoir ouvert ou fermé**

Pour les deux montages ci-dessous :

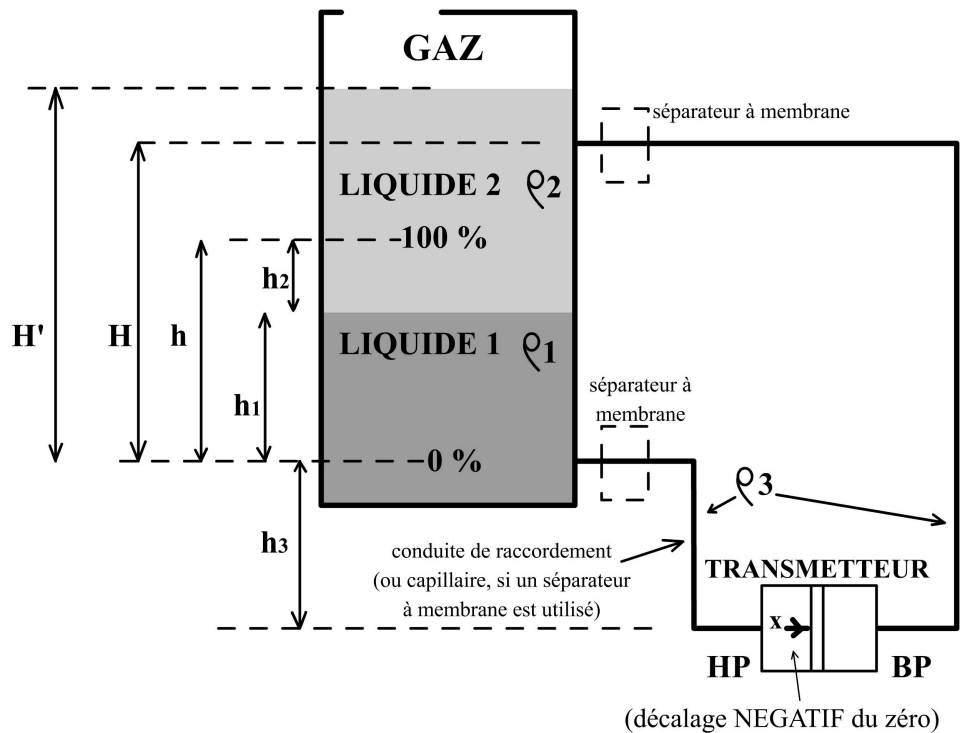
- toujours prendre  $H > h$  ( $H \sim 1,2 \cdot h$  environ) afin d'éviter le risque de plafonnement de la mesure au-dessous de la lecture 100% si la masse volumique  $\rho_1$  réelle est plus faible que celle utilisée pour le calcul
- mesure possible si  $H' > H$  en permanence
- prendre le même liquide de remplissage côté BP et côté HP (sauf si transmetteur à bride)

DECALAGE :

X =

ETENDUE DE MESURE :

$\Delta p =$

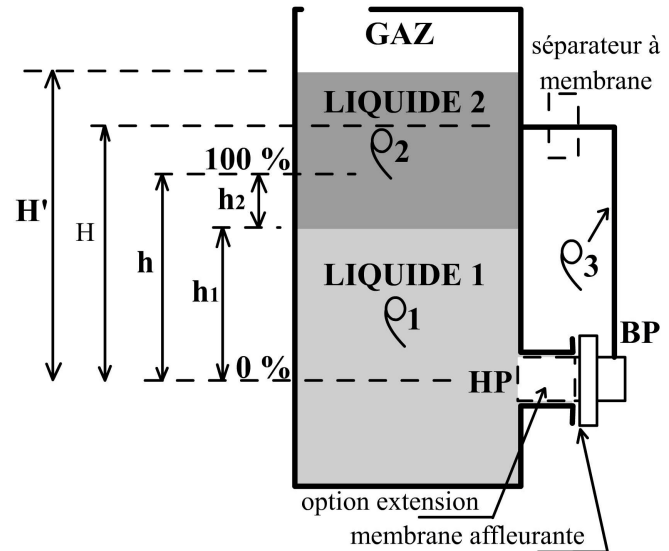


DECALAGE :

$X =$

ETENDUE DE MESURE :

$\Delta p =$



### 5) Interface LIQUIDE-GAZ à barbotage pour réservoir ouvert

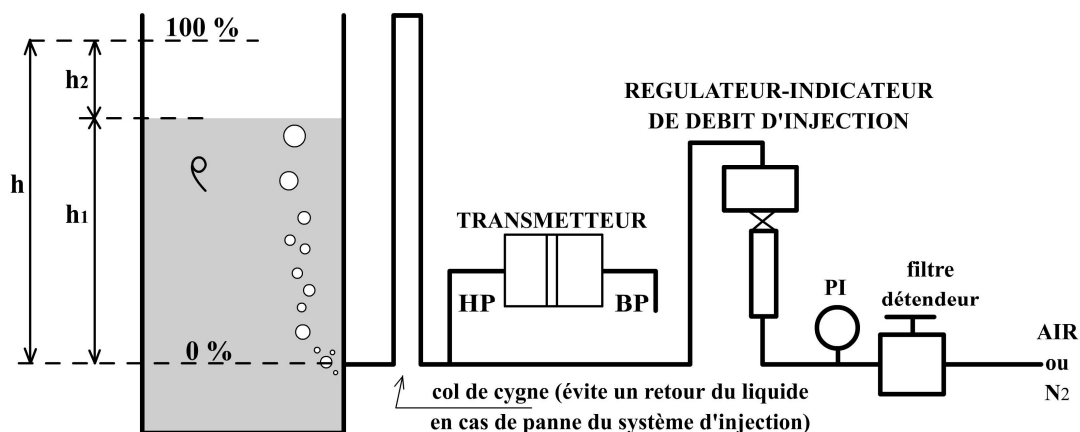
En insufflant un gaz en un point du plan de référence de manière à « juste » provoquer la sortie d'une petite bulle (bulle à bulle) on peut remonter à la hauteur. En effet, la bulle est en « équilibre finissant » et est soumise aux forces de pression du liquide (proportionnelles à  $h$ ) et aux forces pressantes de la canne de bullage. Autrement dit, la pression nécessaire à la formation de la bulle et à son départ de la canne de bullage est égale à la pression régnant au niveau de la sortie de la canne, c'est à dire «  $\rho.g.h$  ».

Cette méthode de mesure, utilisable uniquement sur des réservoirs ouverts, est intéressante à employer dans les cas suivants :

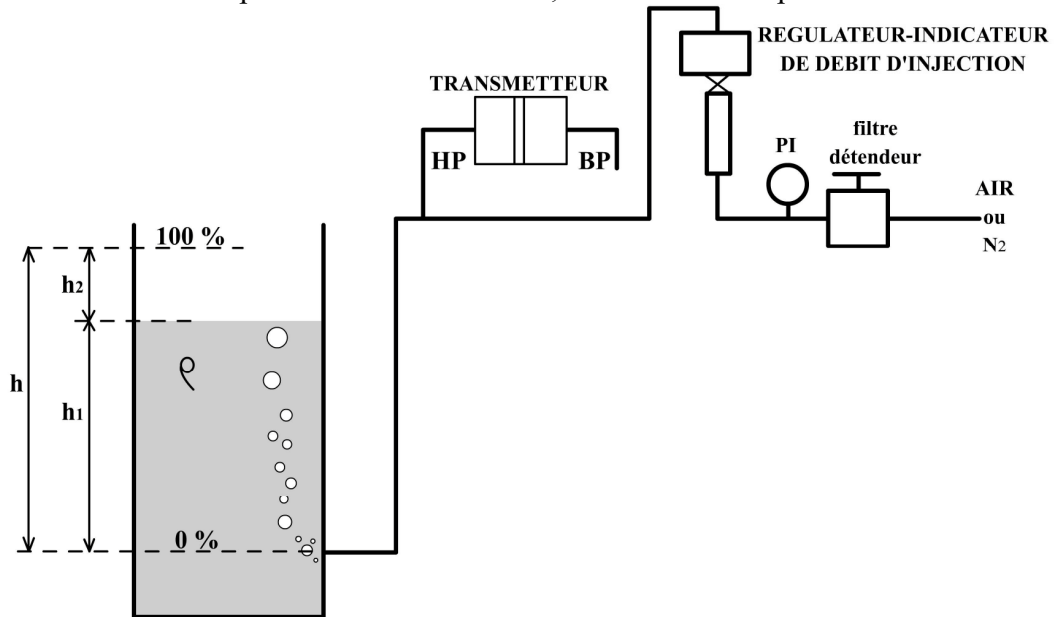
- liquide corrosif (il n'y a pas, avec cette méthode de contact entre le liquide, et le transmetteur)
- réservoir enterré ou puits de forage

L'inconvénient de cette méthode se situe sur la perte de charge. Le débit injecté doit être faible (bulle à bulle, c'est à dire  $\sim 1$  bulle par seconde) mais, alors les pertes de charge dans la canne peuvent induire une erreur sur la pression mesurée. Aussi préfère-t-on travailler à **débit constant** (faible, mais constant). Ce débit est choisi afin de pouvoir balayer toute la hauteur à mesurer. L'avantage d'un débit constant n'est pas d'éliminer les pertes de charge (impossible) mais de les rendre constantes sur l'étendue de mesure. Ainsi, un décalage du zéro, par étalonnage rend possible une mesure précise.

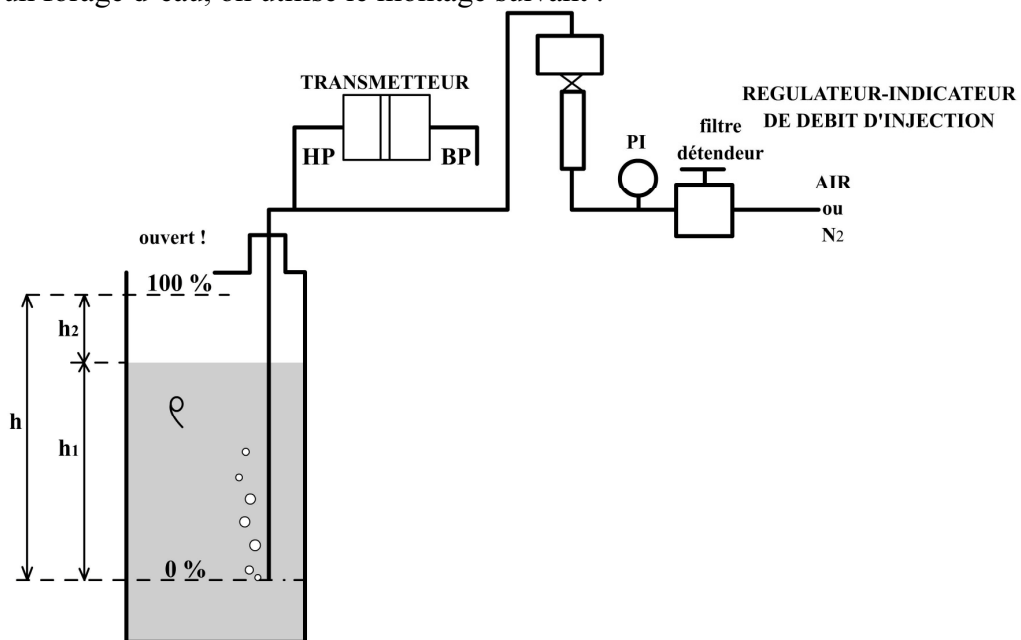
Le schéma ci-dessous présente une installation à la base du réservoir :



On peut aussi insuffler depuis la base du réservoir, mais avoir le dispositif au-dessus de lui :



Dans le cas d'un réservoir dénués de piquage au niveau du plan de référence, ou enterré, ou encore d'un forage d'eau, on utilise le montage suivant :

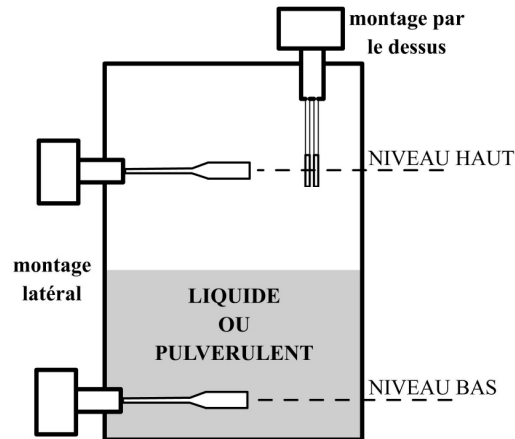


## V NIVEAUX BASES SUR DES GRANDEURS ELECTRIQUES

### 1) Niveaux à résonance (lames vibrantes)

Ce type de niveau est exclusivement pour la **détection**.

La partie sensible de ce détecteur est un résonateur constitué de 2 ou 3 sondes en forme de spatule associées à un diaphragme métallique. Cet ensemble est amené à sa fréquence de résonance par un oscillateur (à quartz par exemple) et cette fréquence est mesurée par un fréquencemètre. Lorsque le liquide (ou le pulvérulent) vient au contact des sondes (placées à la hauteur à détecter) il en résulte une diminution de la fréquence de résonance, qui est mesurée par le fréquencemètre. Ce qui peut alors déclencher une action.....

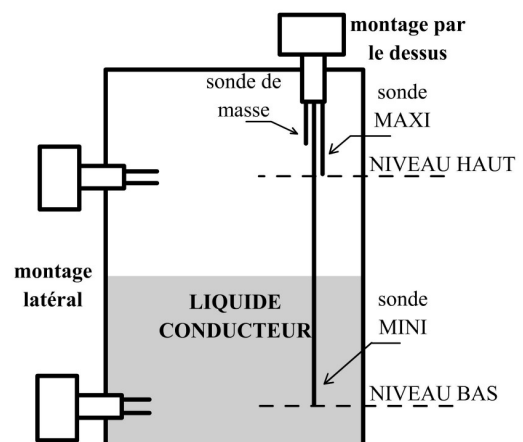


## 2) Niveaux à conduction

Il s'agit encore d'un **détecteur**. Ce type de détecteur n'est utilisable qu'avec des liquides CONDUCTEURS de l'électricité (conductivité  $> 5 \mu s.cm^{-1}$ ).

Une basse tension alternative est appliquée entre une sonde de masse, et une sonde de détection.

L'utilisation d'un courant alternatif a pour but d'éviter l'électrolyse du liquide et la corrosion des électrodes (c'est à dire la réaction, et la stagnation d'ions autour des électrodes...)



Ces remarques sont exactement celles faites en chimie lors des mesures de conductivité.....

Dès que le liquide conducteur dans le réservoir établit une liaison conductrice entre sonde de masse et sonde de détection, le faible courant qui circule provoque une chute de tension décelable utilisée pour commander un contact électrique.

Lorsque le réservoir est métallique, la masse de celui-ci peut remplacer l'électrode de masse.

## 3) Niveaux capacitifs

Ce type de niveau permet une utilisation en détecteur ou en transmetteur pour les liquides et les pulvérulents.

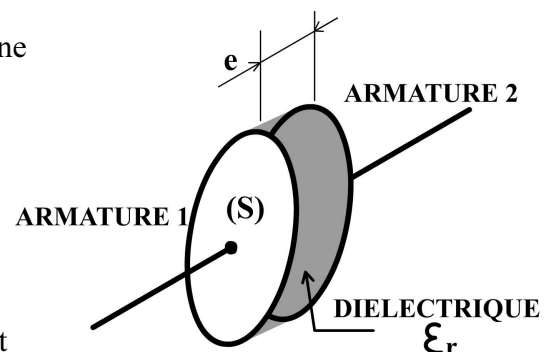
### **RAPPEL :**

Un condensateur est formé de 2 armatures en regard l'une de l'autre. On note « S » la surface des armatures en regard, et « e » la distance entre ces 2 armatures.

De plus, l'espace entre ces armatures est occupé par un isolant électrique caractérisé par sa permittivité relative (ou constante diélectrique) notée  $\epsilon_r$  (celle du vide est notée quant à elle  $\epsilon_0$ ).

Cette constante diélectrique dépend de la composition et de l'état physique de la substance, mais aussi, pour les champs variables, de la fréquence du champ électrique.

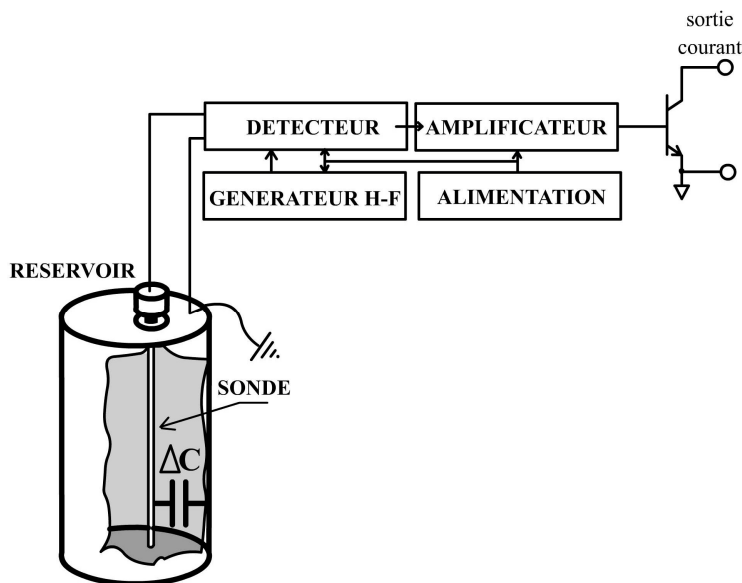
Dans le cas d'un condensateur plan (comme celui du schéma) on montre que la capacité du condensateur est donnée par :



$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \frac{S}{e} \text{ et s'exprime en farad (F)}$$

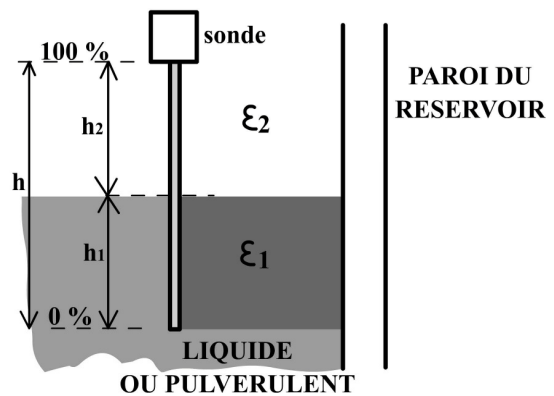
Quelques valeurs de permittivités relatives :

air	Vapeur d'eau 20°C	Eau 20 °C	Eau 100 °C	essence	fioul	Huile transformateur	Chlorure d'aluminium	farine	Plâtre
1,0005	1,0080	80	48	2	2,2	2,2	7,0	3,0	2,5



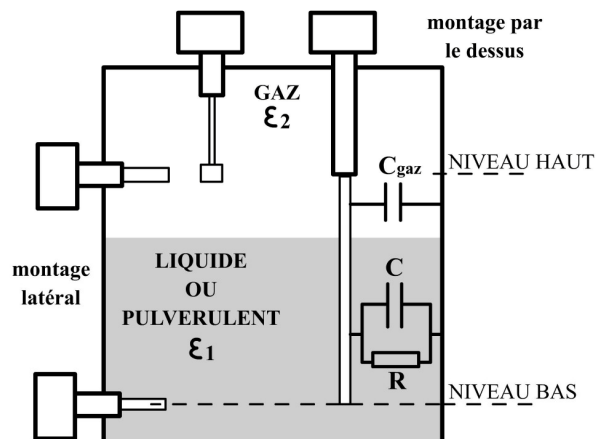
On peut appliquer cette relation à la mesure d'un niveau en considérant la capacité d'un condensateur dont les armatures sont constituées par une électrode (sonde) et par la paroi métallique du réservoir. Le condensateur formé est alors de type « condensateur cylindrique »

Lorsque l'électrode se trouve entièrement dans la phase gazeuse ( $h_1 = 0$ ) la capacité ne dépend que de la permittivité  $\epsilon_2$  du gaz. Quand le liquide, ou le pulvérulent monte dans le réservoir, il immerge la sonde, et le condensateur, formé par la sonde, la paroi du réservoir, et le liquide (ou le pulvérulent) voit sa capacité modifiée en fonction de la hauteur  $h_1$ . Ce principe peut être utilisé pour une



interface LIQUIDE-LIQUIDE si leur permittivité respectives sont très différentes eau-produit pétrolier par exemple).

Les méthodes utilisées pour mesurer les variations de capacités diffèrent selon les constructeurs. Dans tous les cas, la tension appliquée entre électrode et paroi est une tension sinusoïdale haute fréquence radio comprise entre 20 kHz et 2 MHz. On mesure soit la capacitance, soit l'admittance du circuit sonde + paroi.



Un moyen de mesure de la capacité repose sur la mesure du temps de décharge de la capacité sonde + paroi dans une résistance connue « R » :

$$\tau = R.C$$

#### 4) Niveaux à admittance

L'admittance est l'inverse de l'impédance.

On réalise un circuit sonde + paroi, comme ci-dessus et on mesure donc son admittance.

Celle-ci évoluera en fonction de la hauteur d'immersion de la sonde dans le réservoir.

Toutes les méthodes de pont vues dans le cours d'électricité peuvent être exploitables, la méthode sera choisie en fonction des propriétés électriques du liquide, ou pulvérulent stocké dans le réservoir.

L'avantage de cette méthode sur celle vue juste au-dessus est qu'elle peut donner de bons résultats pour des substances conductrices ou non.

## VI NIVEAUX UTILISANT LES ONDES

Ces niveaux s'appuient sur la propriété des ondes à pouvoir être réfléchies partiellement (ou encore, pour le 3- à être partiellement absorbées) par un obstacle. Ce sont les mêmes techniques qui sont utilisés dans le sonar (US) et le radar (EM).

### 1) Niveau à ultrasons

La fréquence ultrasonique est de l'ordre de quelques dizaines de kHz, et la célérité de l'onde est de l'ordre de 340 m/s.

L'installation doit prendre en compte les précautions nécessaires pour éviter les échos parasites sur les obstacles autres que la surface libre du liquide (pales d'un mélangeur, paroi du réservoir, canalisation de déversement...).

De plus, si la masse gazeuse du gaz n'est pas constante, la célérité n'est pas uniforme, ce qui peut

occasionner des erreurs importantes sur la mesure. La température et la masse volumique doivent notamment être uniforme sur le trajet des ondes US. On peut alors envisager une correction sur le transmetteur. Sinon, ce type de niveau ne peut être employé.....

#### **Rappel :**

Une onde dans un milieu uniforme, se propage avec une vitesse constante, qui est nommée célérité de l'onde et notée « c ».

Dans notre schéma, l'onde émise depuis la sonde (au sommet du réservoir) fonctionnant en **EMETTEUR**, met un temps

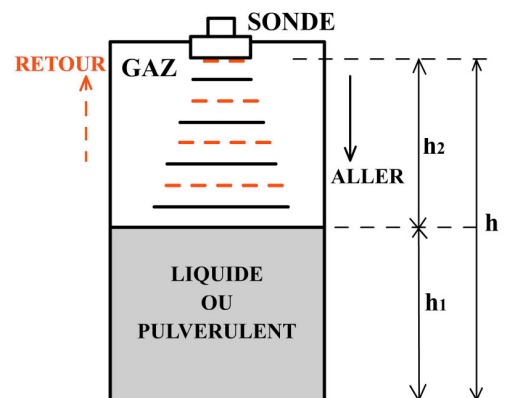
$$t_{ALLER} = c.h_2$$

Et, à son arrivée sur l'interface, elle est réfléchiée, et repart en sens inverse vers la sonde qui a basculé en RECEPTEUR. Le temps du retour est le même que celui de l'aller (même milieu !) :

$$t_{RETOUR} = t_{ALLER} = c.h_2$$

la sonde a mesuré le temps total mis par l'onde pour la durée d'un aller-retour, il est alors facile, à un calculateur d'en déduire  $h_1$  à partir des caractéristiques du réservoir :

$$h_1 = h - \frac{t_{TOTAL}}{2.c} = h - \frac{t_{ALLER}}{c}$$





## 2) Niveaux à radar

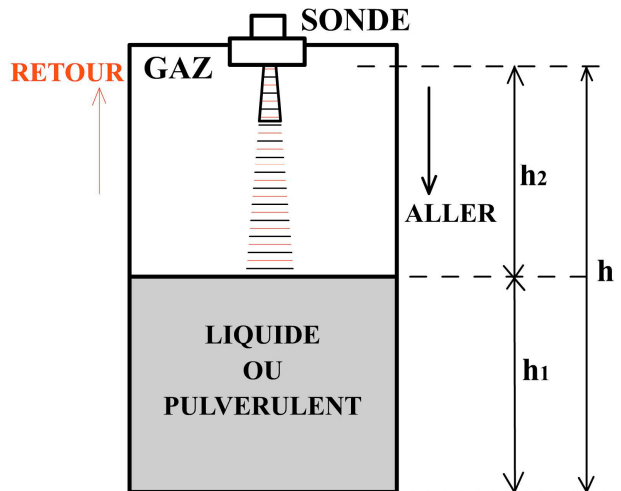
radar : Radio Detection and Ranging

La fréquence radar (ondes EM) est de l'ordre du GHz, et la célérité de ce type d'onde est celle de la vitesse de la lumière : 300 000 km/s

Le principe de la mesure est le même que celui exposé ci-dessus.

Les précautions sont identiques aussi à celles citées précédemment. Par ailleurs, il faut choisir une antenne présentant un angle le plus étroit possible, ce qui est réalisé avec une dimension de la sonde la plus grande possible, et une fréquence la plus élevée possible.

Par contre, l'avantage, ici, est l'insensibilité aux masses volumiques variables, et aux mousses jusqu'à 100 mm d'épaisseur.



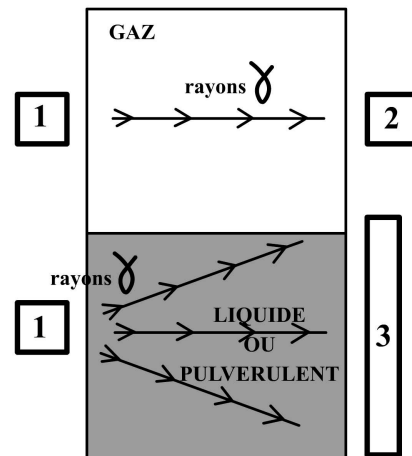
## 3) Niveau à absorption gamma

Dans ce domaine, on peut envisager des détecteurs et aussi des transmetteurs de niveau.

Le principe est basé sur l'absorption électromagnétique d'un rayonnement radioactif : **le rayonnement  $\gamma$** .

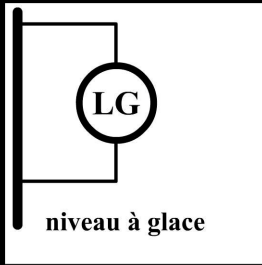
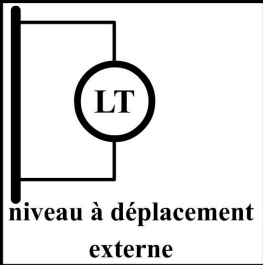
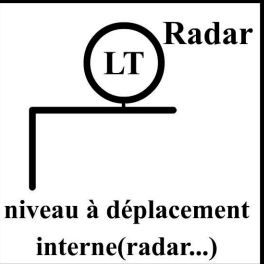
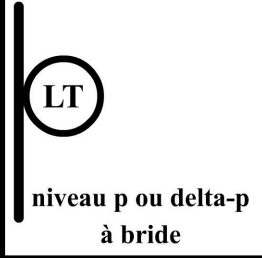
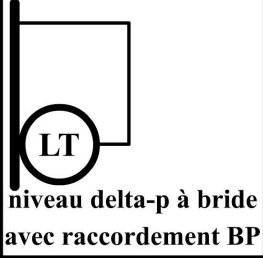
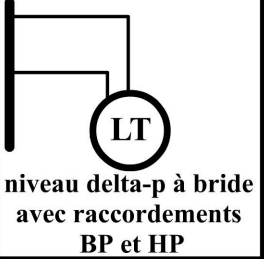
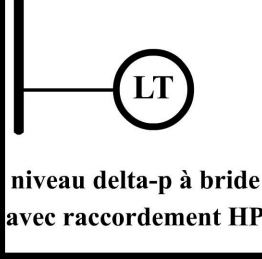
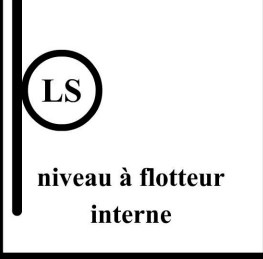
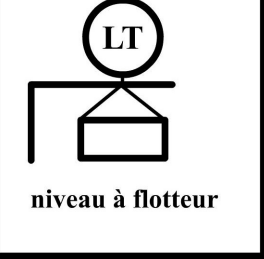
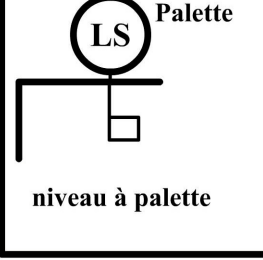
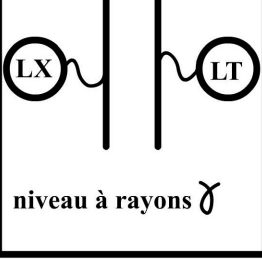
Ce type de rayons peut traverser des parois en acier épaisses, ce qui permet d'installer le dispositif de mesure (source et détecteur) à l'extérieur du réservoir.

- 1 : source radioactive (**cobalt 60** -5,2 ans- ou **césium 137** -30 ans-)
- 2 : détecteur (Geiger-Müller) ponctuel ou linéaire



Le détecteur compte les « coups » reçus (c'est à dire les particules). Ce nombre variera fortement lorsque le liquide ou le pulvérulent se sera interposé entre la source et le détecteur. Il est **IMPORTANT** de ne jamais perdre de vue que la source émet dans toutes les directions, même en dehors du champ du détecteur, même si « on ne voit rien ». **NE JAMAIS NEGLIGER LES RADIO-PROTECTIONS.**

**PAGE SUIVANTE, QUELQUES SYMBOLES DES DETECTEURS PASSES EN REVUE.....**

 <p>niveau à glace</p>	 <p>niveau à déplacement externe</p>	 <p>niveau à déplacement interne(radar...)</p>
 <p>niveau p ou delta-p à bride</p>	 <p>niveau delta-p à bride avec raccordement BP</p>	 <p>niveau delta-p à bride avec raccords BP et HP</p>
 <p>niveau delta-p à bride avec raccordement HP</p>	 <p>niveau à flotteur interne</p>	 <p>niveau à flotteur</p>
 <p>niveau à palette</p>	 <p>niveau à rayons <math>\gamma</math></p>	