



# Mesures et Instrumentations

## Mesure de niveau

Amor Gharsalli

### Attention !

Ce produit pédagogique numérisé est la propriété exclusive de l'UVT. Il est strictement interdit de le reproduire à des fins commerciales. Seul le téléchargement ou impression pour un usage personnel (1 copie par utilisateur) est permis.

# Mesure de Niveau

## I/ Méthodes hydrostatiques

### 1. Rappel de physique

Pour un liquide homogène donné, la pression relative au 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  $\rho$  du liquide.

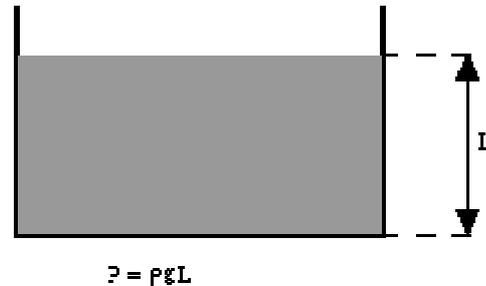


Figure 1 : principe de mesure hydrostatique

### 2. Flotteur

Le flotteur est composé d'un système maintenu à la surface du liquide et solidaire d'un capteur de position.

Le capteur transmet un signal électrique qui correspond au niveau du liquide dans le réservoir.

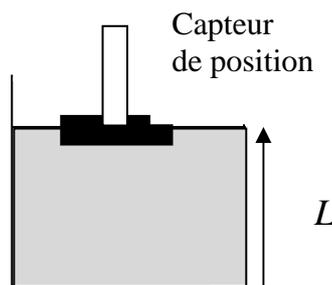


Figure 2 : principe d'un flotteur



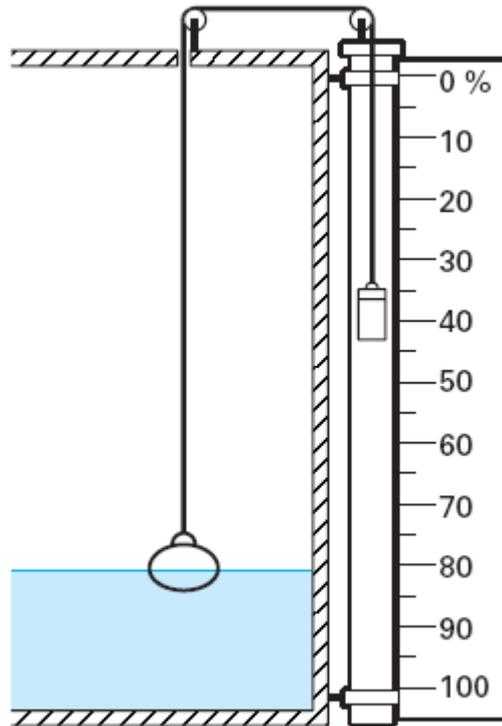
### 3. Plongeur

Le plongeur est un système immergé au fond réservoir, 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 :

$$F = P - \rho g S L$$

où  $P$  est le poids du plongeur,  $S$  est l'aire de sa section, et  $\rho g S L$  est la poussée d'Archimède s'exerçant sur le volume immergé du plongeur.

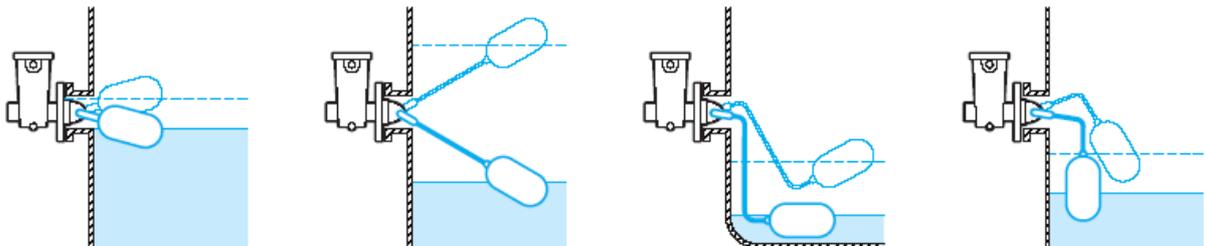
$$d'où \quad L = (P - F) / \rho g S$$



**Figure 3 : Indicateur de niveau à flotteur et contrepois**  
(doc. BAMO Mesures)

#### 4. Détecteur à tige articulée

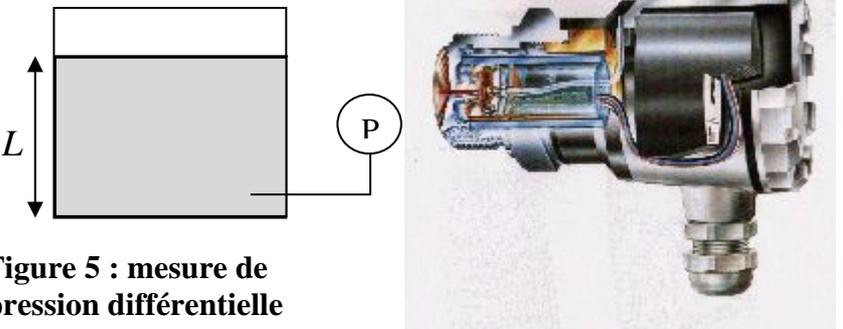
Le flotteur est supporté par un système ou une tige articulée (figure 4) comportant un aimant encapuchonné agissant magnétiquement à travers une paroi sur un aimant en opposition actionnant un contact électrique. Ce système, fiable, ne contrôle en général qu'un seul niveau à la fois. Il est utilisé pour la régulation d'un niveau (ouverture et fermeture du fonctionnement des pompes).

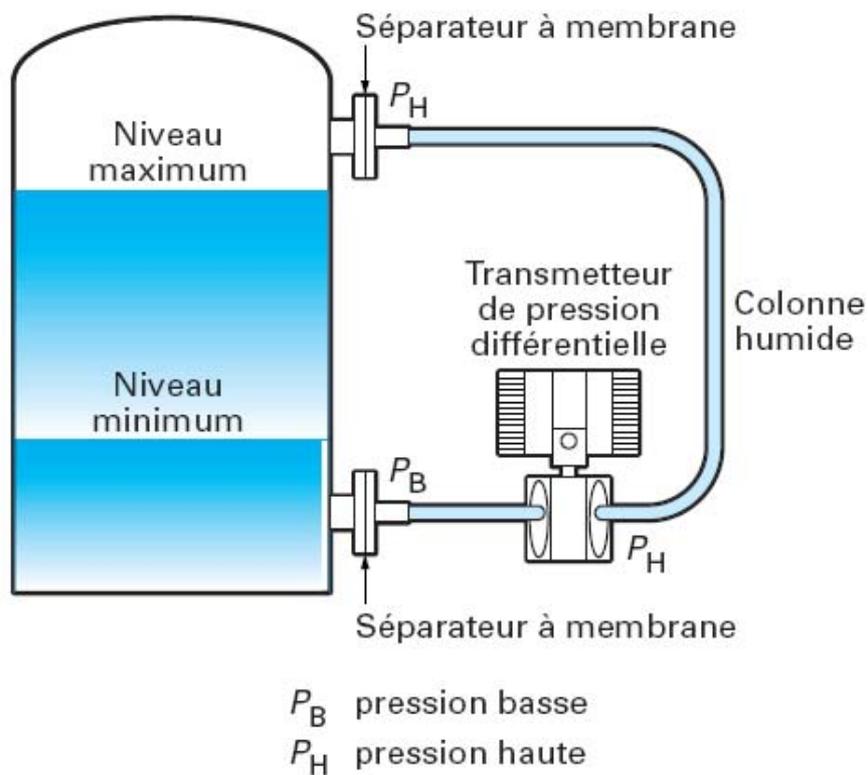


**Figure 4 – Détecteurs à tige articulée : différents montages**

## 5. Mesure de pression

### 5.1 Principe de fonctionnement

<p>Le capteur de pression mesure la pression relative au fond du réservoir. Cette pression est fonction du niveau <b>L</b> du liquide :</p> $L = P/\rho g$	 <p><b>Figure 5 : mesure de pression différentielle</b></p>
--	---



**Figure 6 – Montage d'un transmetteur de pression différentielle avec des séparateurs à membrane (doc. Foxboro)**

## 5.2 Mesure de niveau à bulles

Pour mesurer la pression, on peut utiliser un système à bulle.

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 de débit contrôle celui-ci de manière à avoir un débit très faible. Ainsi, en négligeant les pertes de charges, la pression  $P$  est la mesure de la pression en bout de canne.  $P$  fournit une mesure de  $L$ .

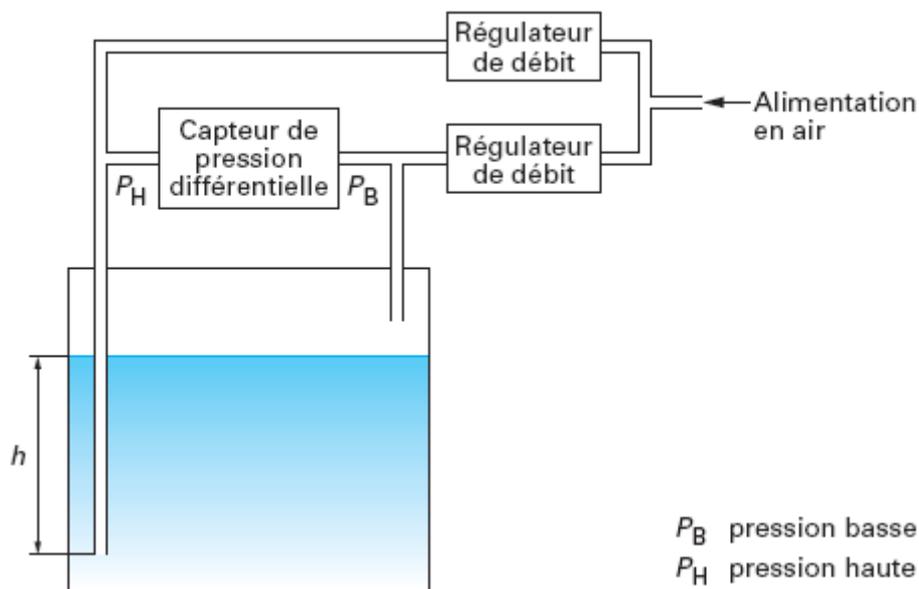


Figure 7– Mesure de niveau  $h$  par bullage dans un réservoir pressurisé

## 6. Mesure de la masse volumique

La mesure de la différence de pression  $P_2 - P_1$  permet de connaître la masse volumique du liquide à l'intérieur du réservoir :

$$\rho = (P_2 - P_1) / gL$$

## II/ Méthodes électriques

Dans ce cas on utilise des capteurs qui traduisent directement le niveau en signal électrique. Leur intérêt réside dans la simplicité des dispositifs et la facilité de leur mise en œuvre et dans leur utilisation en régulation et en automatisme.

### 1. Capteurs conductimétriques

#### 1.1 Principe

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. La sonde est alimentée par une faible tension (10 V) alternative afin d'éviter la polarisation des électrodes.

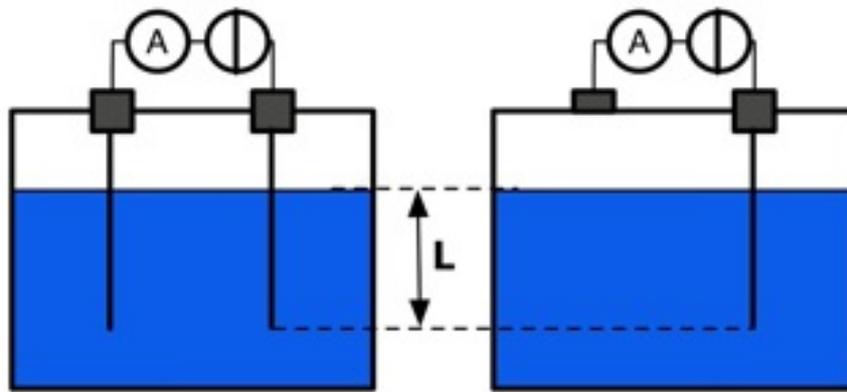


Figure 8– Principe de mesure de niveau par capteur conductimétrique

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.

#### 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.

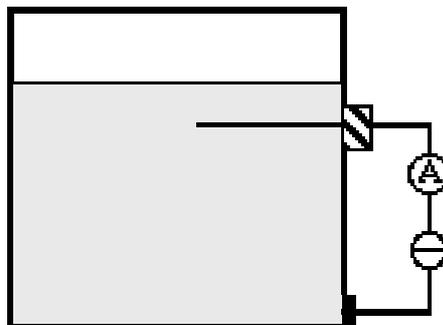


Figure 9– Principe de détection de niveau par capteur conductimétrique

### 1.3 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  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 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.

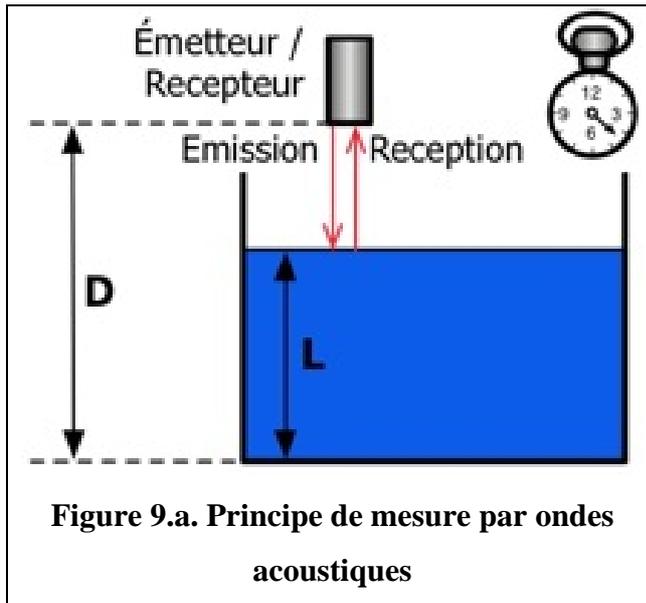


**Figure 8– Capteurs capacitifs (doc. I T E C A SOCADEI)**

### III/ Ondes acoustiques

#### 1. Principe

En mesure continue, on utilise un transducteur fonctionnant successivement en émetteur et en récepteur. Ce transducteur 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.



**Figure 9.b. Capteur de niveau par ondes acoustiques**

#### 2. Radar

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

La vitesse des ondes électromagnétiques est indépendante de :

- La composition du gaz
- La température
- La pression
- Densité
- Turbulations



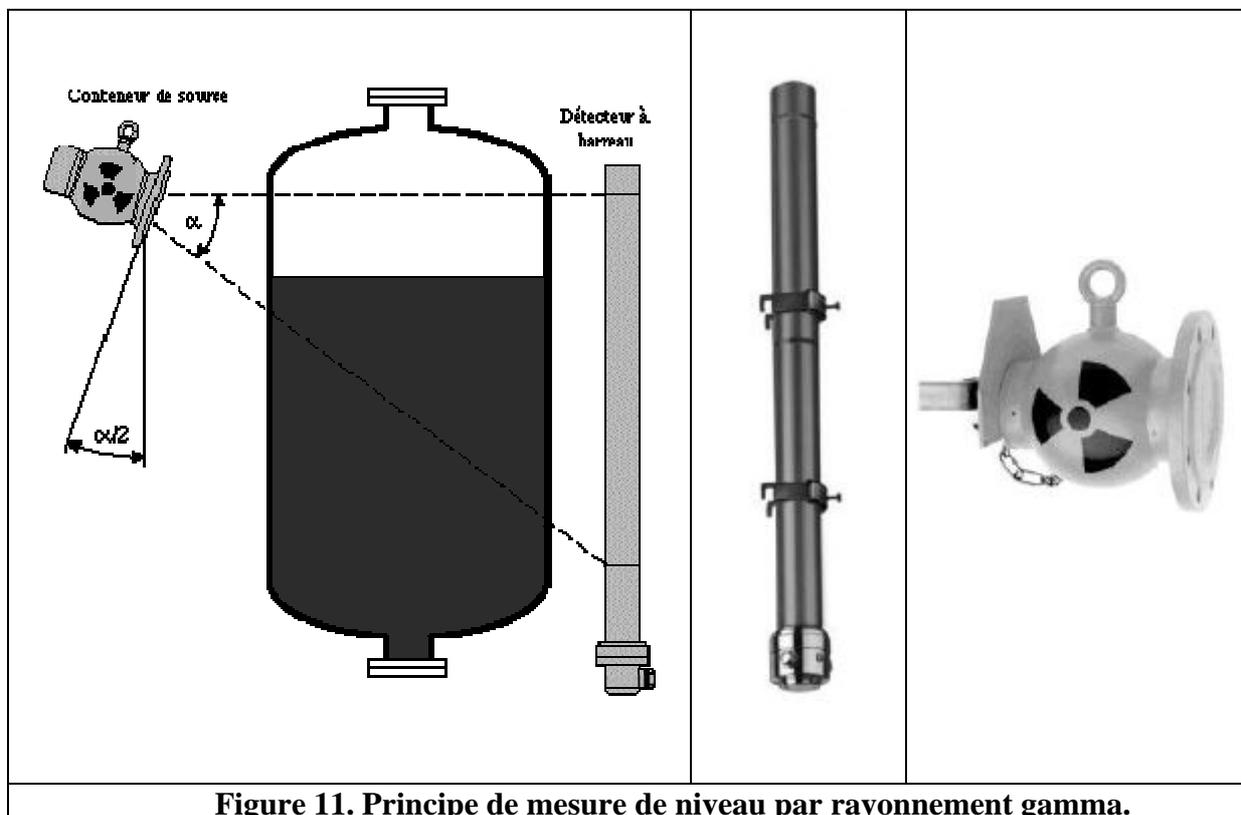
**Figure 10. Capteur de niveau par ondes électromagnétiques (Radar).**

## IV/ Absorption de rayonnement gamma

### 1. Principe

La source et le détecteur sont placés à l'extérieur, de part et d'autre du réservoir (figure 11) ; 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).

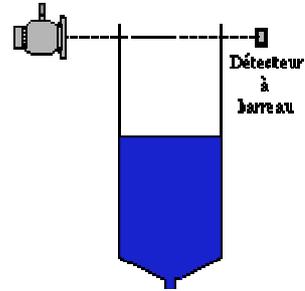
Le blindage de la source est réalisé de façon qu'il y ait émission d'un faisceau avec un angle d'ouverture tel qu'il balaie la hauteur totale du réservoir d'une part et du détecteur d'autre part. La montée du liquide dans le réservoir réduit progressivement l'intensité de dose reçue par le détecteur 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 étendues de mesure importante, plusieurs récepteurs peuvent être utilisés. L'emploi de deux sources peut être dicté non seulement pour des grandes étendues de mesure, mais encore par l'exactitude de métrage.



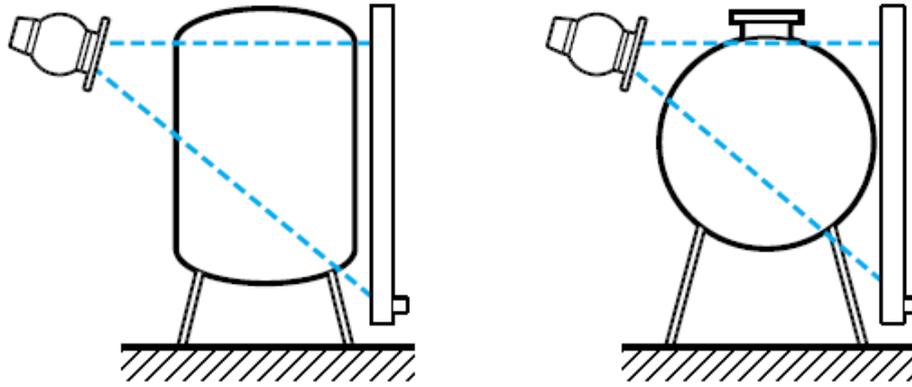
## 2. Détection

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.

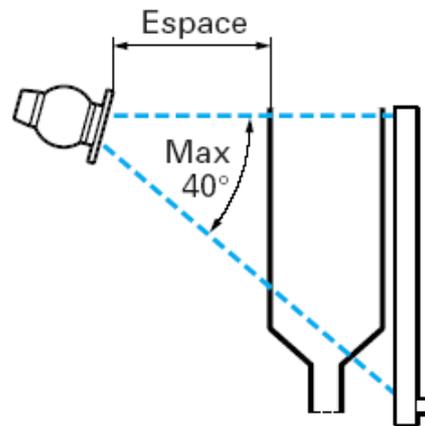
Selon que le niveau du liquide est supérieur ou inférieur au seuil, le faisceau est ou non atténué par le liquide, ce qui se traduit en un signal électrique binaire par le détecteur.



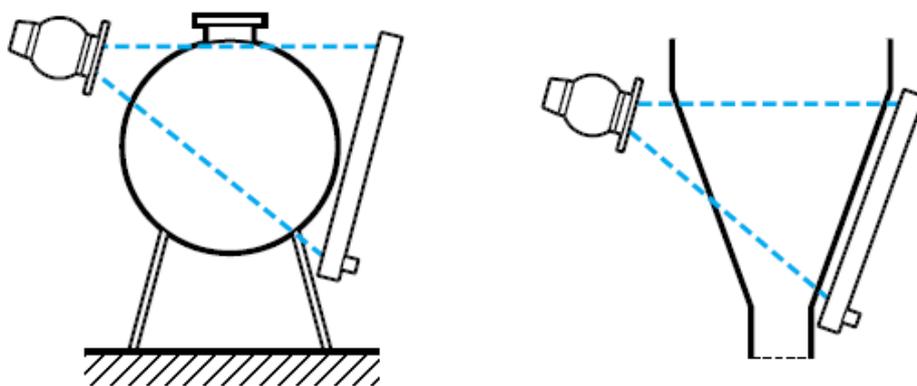
**Figure 12. détection de niveau par rayonnement gamma.**



**(a) et (b) montages classiques**



**(c) correction de l'influence de la forme de la trémie en partie basse, qui introduit une non-linéarité**

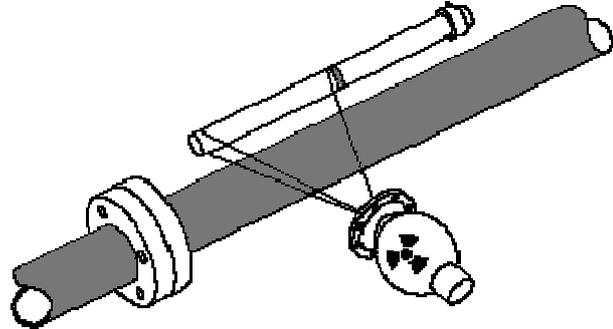


**(d) et (e) correction de non-linéarité par inclinaison du compteur**

**Figure 13. Mesure de niveau en continu avec une seule source et un compteur à scintillation linéaire (doc. Endress et Hauser)**

### 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.



**Figure 14. mesure de densité par rayonnement gamma.**

## V/ Règles pratiques

- Il est déconseillé d'établir un poste de travail permanent ou un lieu de passage fréquenté à proximité d'une source.
- Il faut essayer de matérialiser le parcours du faisceau, s'il est « dans l'air », par des guides pour empêcher le personnel de passer la main ou le corps au cours d'une quelconque opération.
- Ne jamais oublier de clore le conteneur à clef, s'il doit y avoir intervention du personnel dans le réservoir ou le silo. La pénétration en zone surveillée doit faire l'objet d'une stricte réglementation.
- En cas d'incendie, d'inondation ou d'une autre catastrophe, il faut prévenir immédiatement les services du feu et de sécurité et rechercher la source parmi les débris avec un compteur de Geiger-Müller portatif.
- Tenir une comptabilité précise des sources : activité, date de livraison, implantation dans les unités, etc. (obligation d'ailleurs légale !).
- Prévoir un endroit le plus isolé possible pour le stockage des sources, la déposer pendant travaux, etc.
- Faire appel aux spécialistes pour toutes natures d'opérations.

## VI/ 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	500	500	3	64	1000
Température maxi (°C)	100	100	250	500	500	95	250	600

## VII/Systèmes propres aux solides

### 1. Détecteur à palette rotative

Il s'agit d'un dispositif très simple (figure 15), comportant un moteur muni d'un réducteur qui fait tourner, avec un faible couple et une vitesse de rotation de l'ordre de quelques tours par minute, une palette ou une roue à ailettes. Quand le produit monte et vient au contact de la partie en rotation, le mouvement est freiné ou arrêté. Un limiteur interne de couple actionne alors un contact d'alarme et stoppe le moteur. Si le produit redescend, la palette se trouve débloquée et le limiteur désactivé fait repartir le moteur, libérant le contact d'alarme.

Le système existe pour montage latéral et pour montage en toit. Dans ce dernier cas, l'élément de contact rotatif peut être situé à l'extrémité d'un câble relié à la sortie du réducteur.

#### Applications :

- Détection de niveau haut, intermédiaire, bas ou bourrage
- Tout type de silo, trémie ou filtre
- Tout type de pulvérulents ou granulés

#### Avantages :

- Appareil robuste en fonte d'aluminium
- Différentes pâles pour une large utilisation
- Montage sur bride (DRO S) ou sur manchon (DRO X)
- Voltages : 110-220VAC, 24-48VAC, 24 ou 48VDC



Figure 15. Détecteur à palette rotative (doc. I T E C A SOCADEI)

## 2. Détecteur à membrane

Il s'agit d'une membrane (figure 16) affleurant la paroi d'un silo, d'un diamètre de l'ordre de 100 à 200 mm et réalisée en élastomère particulièrement résistant à l'abrasion. Lorsque le produit vient au contact avec le diaphragme, la pression appliquée fait déformer ce dernier et actionne un microrupteur. Quand le produit redescend, il libère le diaphragme et désactive le microrupteur.



Figure 16 – Détecteur à membrane pour solides (doc. I T E C A SOCADEI)

### Application :

- Détection de niveau haut sur trémie, silo en agro-alimentaire
- Détection de hauteur sur tapis de convoyage

### Avantages :

- IP 68
- Version écologique avec contacts argent, sans mercure
- Longueur réglable de détection
- Température maximale de 90°C
- Angle multidirectionnel de détection de 20°
- Fonctionnement simple sans alimentation électrique
- Appareil très économique

## 3. Détecteur pendulaire

Une sorte de poire en fonte est suspendue à une chaîne ou à un câble au-dessus de l'endroit où s'accumule le produit. Lorsque ce dernier arrive à sa hauteur, la poire perd sa verticalité et une bille métallique qui est logée au cœur se déplace et actionne un microrupteur. La poire peut être munie d'ailettes ou d'extensions destinées à faciliter le basculement. Elle se trouve particulièrement bien placée en talus (figure 17)

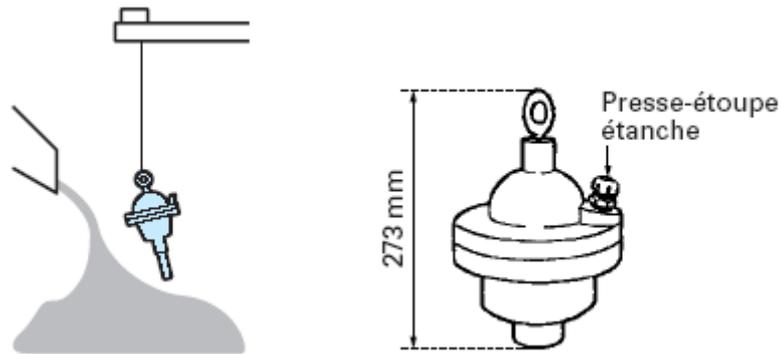


Figure 17 – Détecteur pendulaire (doc. Auxitrol)



Figure 17 – Détecteur pendulaire (doc. I T E C A SOCADEI)

Application :

- Détection de niveau haut sur trémie, silo en agro-alimentaire
- Détection de hauteur sur tapis de convoyage

Avantages :

- IP 68
- Version écologique avec contacts argent, sans mercure
- Longueur réglable de détection
- Température maximale de 90°C
- Angle multidirectionnel de détection de 20°
- Fonctionnement simple sans alimentation électrique
- Appareil très économique

## Bibliographie et media-graphie

1. <http://btscira.perso.sfr.fr/>
2. Techniques de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle (R 2 012)
3. Documents technologiques **I T E C A SOCADEI Web site : [www.iteca-socadei.com](http://www.iteca-socadei.com)**