



## CAPTEURS-TRANSMETTEURS-INDICATEURS DE NIVEAU

### 1 OBJECTIFS GENERAUX DE LA MESURE

Par définition il s'agit de connaître :

- La hauteur d'un produit stocké dans un récipient; récipient rarement transparent et d'accès parfois délicat.
- La masse de produit disponible ou en cours de traitement; le niveau étant une image indirecte. On peut aussi mesurer la masse qui est une image indirecte du niveau.

#### 1.1 Le produit

Le produit dont on veut connaître le niveau peut-être:

- Un liquide (eau, lait, acide, huile, essence, chocolat fondu, yaourt...)
- Un solide en vrac ou pulvérulent (blé, lessive, sucre, minéral, ballast routier..)

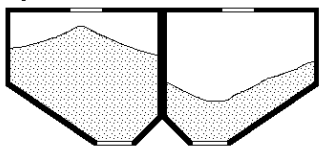
#### 1.2 Limites de la définition du niveau

En limitant la définition de niveau à une surface horizontale de limite, il existe des cas où cette définition ne convient pas ou mal. C'est le cas:

- De tous les produits solides en vrac qui forment un talutage tant au chargement qu'au soutirage. L'angle de talutage dépendant de la fluidité du produit qui est elle-même dépendante d'autres facteurs (humidité, forme des éléments, forces électrostatiques..). On peut-être amené à considérer :

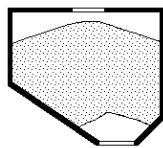
- Un niveau mini

Fig. CRS6\_1



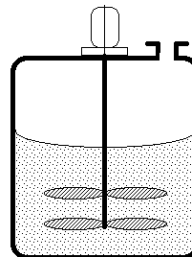
TALUTAGE LORS DU REMPLISSAGE  
OU DU SOUTIRAGE

- Un niveau MAXI

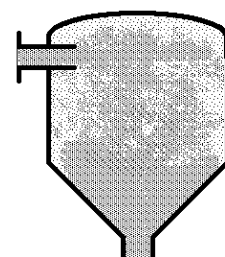


FORMATION D'UNE  
CAVERNE

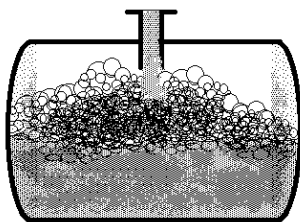
- Un niveau Moyen



LIQUIDE AGITE



POUSSIÈRE EN SUSPENSION



HAUTEUR DE MOUSSE  
AU-DESSUS DU PRODUIT

- Cas extrême où le produit ne coule plus (formation de caverne). Comment parler de niveau, le volume occupé n'est pas rempli de façon homogène.
- Difficulté à définir la limite de niveau (liquide agité, solide pulvérulent en suspension, mousse..)

### 2 OU MESURER LE NIVEAU

Dans les procédés industriels, tout comme dans chaque habitation, il est nécessaire de contrôler, d'une façon ou d'une autre, le niveau des fluides là où ils sont: l'eau dans l'évier, dans le lavabo, dans la machine à laver... Les eaux usées doivent ensuite être évacuées.

D'une façon plus générale, on peut dire que la mesure de niveau répond le plus souvent à un besoin:

- de gestion: il faut connaître les quantités de produit, afin de pouvoir réapprovisionner en temps utile, de calculer la valeur des stocks...



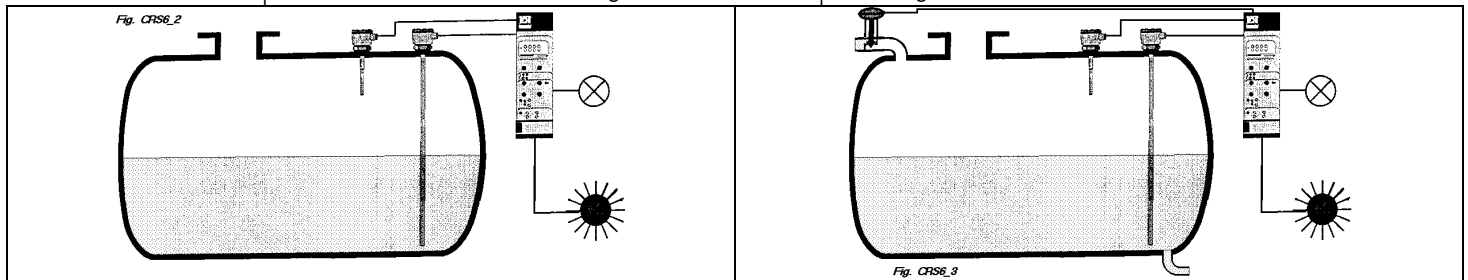
- d'automation: il faut connaître l'état d'un niveau donné pour pouvoir commander automatiquement une action, par exemple, commencer le chauffage d'un réacteur, lorsque le niveau de produit est atteint.
- de sécurité: il faut détecter un niveau haut pour éviter le débordement d'une cuve, un niveau bas pour éviter une marche à vide d'une pompe.

### 3 POURQUOI MESURER LE NIVEAU

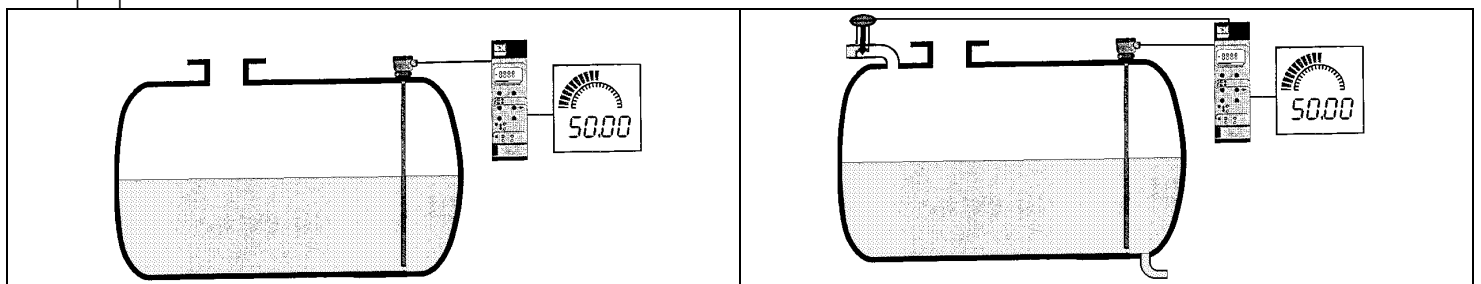
La mesure du niveau n'est pas une finalité en soi, mais elle est utilisée pour d'autres fonctions. Qu'entend-on exactement par mesure de niveau ?

#### 3.1 Simple détection ou mesure continue

- Une détection en TOR donne peu d'information sur la quantité de produit. On détecte le niveau par rapport à une hauteur prédéfinie. Utilisation en régulation TOR ou pour la gestion des sécurités.



- Une mesure continue permet de connaître à tout moment la hauteur restante. Information analogique proportionnelle au mesurande dans l'E-M considérée.



#### 3.2 Que faire de la mesure de niveau

##### 3.2.1 Signalisation

- Signalisation en TOR:  
Avertisseur lumineux ou sonore pour l'opérateur
- Signalisation en continu  
Pour un système de supervision. Synoptique dont l'évolution graphique est liée à une mesure.  
Gestion automatique de l'apparition des alarmes à l'écran quelque soit le synoptique présent.

##### 3.2.2 Commande

Le plus souvent, la mesure et la détection font partie de tout un automatisme. Il s'agit alors d'une fonction de COMMANDE. La détection d'un niveau bas permet par exemple, d'actionner l'ouverture d'une électrovanne qui reste ouverte jusqu'au moment où le niveau haut est atteint.

Elle reste ensuite fermée aussi longtemps que le niveau bas n'est pas franchi. Il s'agit d'une régulation entre 2 points.



### 3.2.3 Régulation

Maintenir un niveau à une valeur constante, malgré des perturbations. La mesure doit-être associée à un régulateur et une vanne de réglage. L'ensemble constituant une boucle de régulation qui gère l'apport de produit exactement en fonction des besoins réels.

### 3.2.4 Interface avec les systèmes

De plus en plus les valeurs sont centralisées sur un ordinateur ou un système de conduite. Dans ces applications, les transmetteurs intelligents (c-à-d communicants) apportent de nouvelles possibilités. Ces appareils ne se contentent plus de délivrer un signal exploitable par l'API, mais ils peuvent :

- Recevoir des informations de l'API, afin d'être configurés en fonction de l'utilisation de l'appareil.
- Effectuer du télé diagnostic.

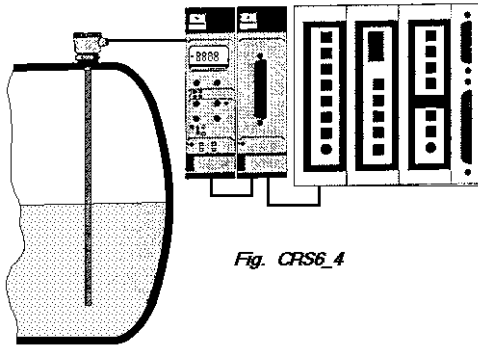


Fig. CRS6\_4

## 4 BILAN

### 4.1 Bilan des contraintes techniques du CCF

Que voulez-vous faire ?			
Détecter ?	Signaler ?	Mesurer ?	Réguler ?
Sur quel produit ?			
<u>Un Liquide</u> Est-il ? <ul style="list-style-type: none"><li>• Visqueux ?</li><li>• Corrosif ?</li><li>• Moussant ?</li></ul>		<u>Un solide</u> Est-il ? <ul style="list-style-type: none"><li>• Pulvérulent ?</li><li>• Granuleux ?</li><li>• En morceaux ?</li></ul>	
Quelles sont les caractéristiques de votre processus ?			
<ul style="list-style-type: none"><li>• La plage de niveau à mesurer</li><li>• Niveau de référence (fixe ou interface)</li><li>• La géométrie de la cuve</li><li>• Les pressions</li><li>• Les températures</li><li>• Les possibilités de montage dans la cuve</li><li>• Le mode de remplissage</li></ul>			
Quel prix ?			
Coût de l'équipement ?	Coût de l'installation ?		Coût de la maintenance ?



## 4.2 Bilan des technologies sur le marché

Quelques grandes lignes à retenir. Ces informations seront complétées dans la suite du cours.

Techniques de mesure	Pour liquides (L) et/ou Solides (S)	Hautes pressions (>10 bar)	Hautes températures (>100 °C)	Produits corrosifs	Produits colmatants	Produits moussants	Produits poussiéreux
Systèmes à flotteur	L	oui	oui	±	non	oui	
Systèmes à plongeur	L	oui	oui	±	non	oui	
Palpeurs	L/S	non	±	±	non	±	oui
Sondes capacitives	L/S	oui	oui	oui	oui**	oui	oui
Mesures de pression bulle à bulle	L	±	oui	oui	non	oui	
Mesures de pression hydrostatique	L	oui	oui	oui	±	oui	
Mesures à ultrasons	L/S	non	±*	oui	oui	non	±
Mesures radars	L/S	oui	oui	oui	oui	±	oui
Mesures radars guidés	L/S	oui	oui	±	±	oui	oui
Mesures par rayons γ	L/S	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Systèmes optiques	L/S	oui	±	oui	oui	±	±
Pesage	L/S	oui	oui	oui	oui	oui	oui

\* certains modèles à ultrasons peuvent supporter des températures jusqu'à 150 °C ou plus  
 \*\* sondes par admittance

## 5 COMMENT MESURER LE NIVEAU ?

- Le système universel de détection ou de mesure de niveau, utilisable dans toutes les applications, quelles que soient les conditions de service, n'existe pas. Au contraire, l'instrumentiste trouve sur le marché toute une panoplie de systèmes et de principes différents. [AnimTtekCorp](http://AnimTtekCorp)
- Chacun est utilisable dans certaines conditions bien précises.
- Ces limites, tout comme les contraintes d'emploi et de montage, sont principalement dues au principe physique mis en œuvre par l'appareil de mesure (propagation d'ondes sonores ou d'ondes lumineuses, valeur et stabilité d'un coefficient diélectrique, conductivité électrique...).

Un premier critère de sélection de l'ensemble des principes utilisables en mesure de niveau permet de distinguer les principes qui sont utilisables :

- Aussi bien sur les liquides que sur les solides
- Uniquement sur les liquides
- Uniquement sur les solides.

A l'intérieur de chacun de ces trois grands groupes, les appareils basés sur des techniques similaires sont encore rassemblés en familles.

### 5.1 Famille des systèmes visuels directs

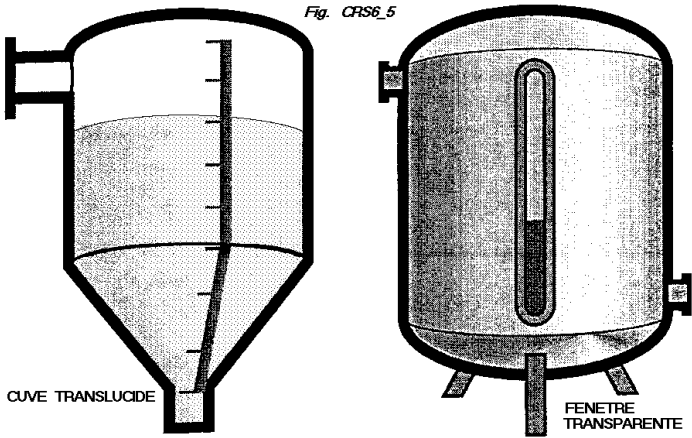
On lit directement le niveau sur place. Il n'y a pas de transmission à distance, ni de régulation. Deux groupes constituent cette famille.



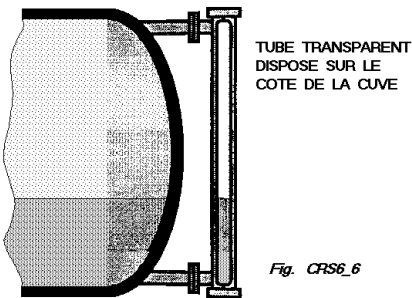
5.1.1 Lecture au travers de la paroi

Plusieurs systèmes existent:

- cuve transparente ou translucide, graduée
- fenêtre transparente, montée dans une paroi d'un réservoir opaque



[AnimFenetreCuve](#)  
[AnimTubeLateral](#)



- tube transparent, gradué, placé sur le côté de la cuve. Le tube est en communication avec la cuve dans sa partie inférieure et dans sa partie supérieure (vases communicants).

	<p><i>Notes sur procédures d'utilisation.</i></p>	<p>1 Glass pipe 2 Flange head 3 Gland seal connector 4 Drain cock 5 Screw 6 Screw plug</p>

Voir Stage Lacq





Caractéristiques communes et conséquences:

- système à lecture directe:
  - o il faut venir sur place
  - o ne permet pas une automatisation
- convient pour solides (sauf tube latéral) et pour liquides
- système statique; cependant, les conduites du tube latéral ne doivent pas s'obstruer (système à tube transparent)
- lecture par transparence, la paroi doit rester transparente:
  - o risque d'encrassement, d'attaque chimique, de rayures mécaniques, de coloration de la surface...
  - o .fenêtre et tube ne conviennent pas sur des produits dangereux. **Attention au risque de rupture.**
  - o température et pression limitées par la tenue des fenêtres et joints

**5.1.2 Jauge graduée**

	<p><b>Description:</b></p> <p><u>Plusieurs systèmes existent:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>jauge graduée</u>, introduite dans le récipient jusqu'à une butée, puis on la retire pour observer la trace du produit qui a mouillé la jauge. La jauge du carter d'huile d'une automobile en est l'exemple typique.</li> <li>- <u>pige ou règle</u> introduite dans un réservoir contenant du produit solide, jusqu'à buter sur le produit. La longueur de règle introduite représente le vide au-dessus du produit.</li> <li>- <u>règle graduée</u> placée dans un liquide. Elle doit rester visible pour la lecture. L'exemple de la mesure du niveau de cours d'eau est typique.</li> <li>- <u>ruban lesté</u>, pour les grands réservoirs. Il donne la hauteur des liquides (hauteur de mouillage du ruban) ou le vide restant pour les solides.</li> </ul>	
--	--	--

Caractéristiques communes et conséquences:

- système à lecture directe:
  - .il faut venir sur place
  - .ne permet pas une automatisation
- convient:
  - .pour liquides: jauge graduée, règle, ruban lesté
  - .pour solides: pige graduée, ruban lesté
- système statique
- lecture sur la jauge, pige ou règle:
  - .l'accès doit être facile
  - .la règle doit rester propre
- température assez limitée
- pression atmosphérique uniquement
- ne peut pas être utilisé sur des produits dangereux



## 5.2 Famille des systèmes mécaniques

Les appareils de cette famille comprennent une pièce mécanique en mouvement dans le réservoir ou silo. Cette pièce mécanique est en contact avec le produit à mesurer, soit en permanence, soit en intermittence.

Les conséquences immédiates sont:

- risque de corrosion et d'abrasion
- risque d'usure et de grippage

Cinq groupes forment cette famille.

### 5.2.1 Palpeur électromécanique



#### Description:

Placé en toit de réservoir ou de silo, ce dispositif déroule un fil ou une bande lestée par un contrepoids. On peut dire qu'il s'agit d'une automatisation de la bande lestée.

Un tambour (1) actionné par un moteur électrique déroule la bande (2) jusqu'au moment où le contrepoids touche le produit. La bande se relâche alors et un dispositif de détection (4) commande l'inversion de la rotation du moteur. La bande est totalement ré-enroulée. Pendant toute la descente du contrepoids (ou pendant sa remontée), un mécanisme (3) envoie régulièrement des impulsions électriques sur un compteur. Chaque impulsion correspond à une longueur de bande bien déterminée (par ex. 10 cm). La totalisation de ces impulsions donne donc directement la longueur de bande déroulée, c'est-à-dire la hauteur libre au-dessus du produit. La hauteur du produit en est déduite en soustrayant la hauteur libre de la hauteur totale du silo. Ceci est généralement fait directement par un compteur soustrayant.

#### Il existe plusieurs variantes:

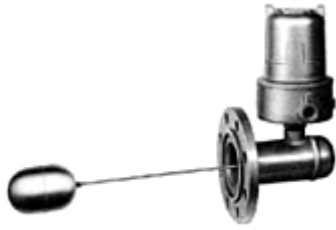
- la bande peut être remplacée par un fil ou un câble
- le contrepoids doit être adapté au produit

#### Caractéristiques et conséquences

- système de mesure par intermittence:
- demande une mise à jour régulière de la mesure
- ne convient pas à une détection
- convient à des silos de très grande hauteur (jusqu'à 70m)
- système mécanique, comprend des pièces avec usure (contrepoids et bande en contact avec le produit)
- le palpage ne doit pas être effectué pendant le remplissage (risque d'enfourer le contrepoids)
- il ne faut pas qu'il y ait de fortes turbulences dans le silo
- le contrepoids ne doit pas s'accrocher à des renforts dans le silo



## 5.2.2 Systèmes à flotteur



Tous ces systèmes ne conviennent que pour le niveau des liquides. [AnimFlotLateral](#)

[AnimFlotVertical](#)

Principe général:

Ces systèmes sont très répandus et existent en une multitude d'exécutions différentes, mais toutes basées sur le **principe de la poussée d'Archimède**:

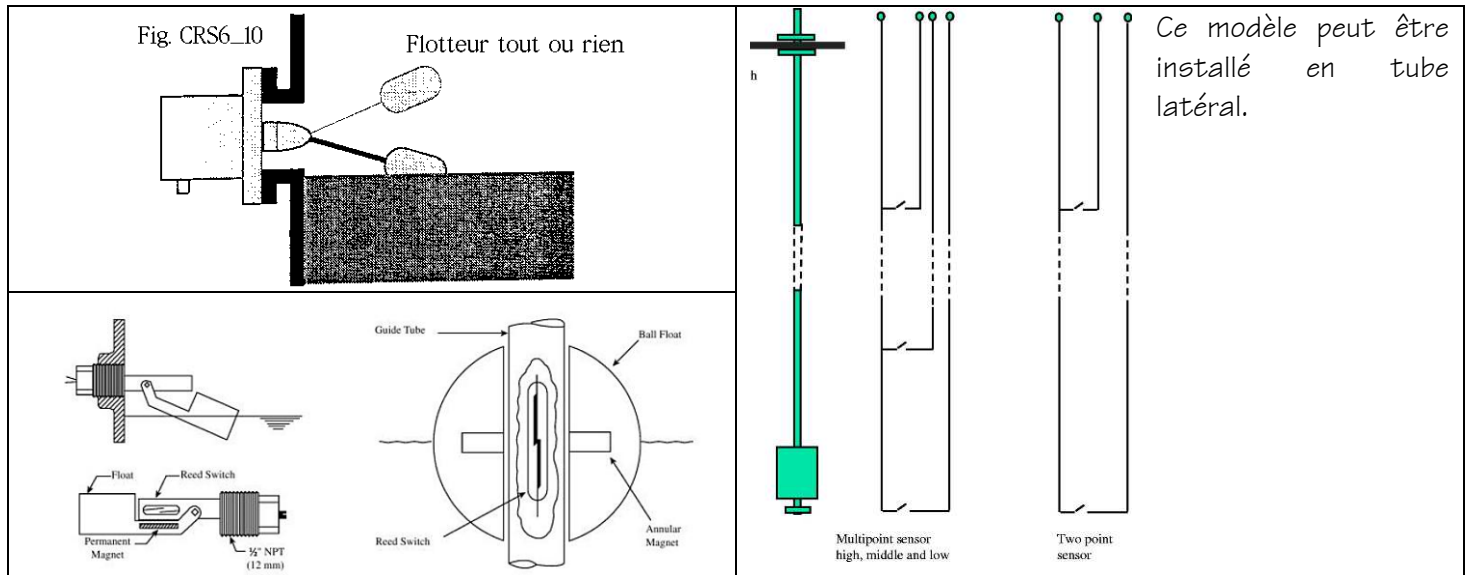
- un corps plongé dans un liquide reçoit une poussée vers le haut, égale au poids du liquide déplacé.

Il faut donc disposer d'un corps de densité apparente nettement inférieure à celle du liquide à mesurer (pour obtenir une bonne flottabilité).

### 5.2.2.1 Flotteur pour détection de niveau

**Description:**

Les flotteurs pour détection sont généralement équipés d'un contact électrique, actionné lorsque le flotteur passe de la position basse (absence de produit) à la position haute (présence de produit).







### 5.2.2.2 Flotteur indicateur ou transmetteur

#### Description:

Pour la mesure continue, c'est un flotteur indicateur ou transmetteur qui est utilisé.

Il existe différentes variantes:

<p>Fig. CRS6_11</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flotteur, avec indicateur visuel externe (1)</li> <li>• flotteur avec tambour enrouleur et indicateur ou codeur angulaire (2)</li> <li>• flotteur avec tube de guidage, aimant et index externe (3)</li> <li>• flotteur avec aimant et tubes avec contacts et chaîne de résistances (4)</li> </ul>	
	<p><a href="#">AnimFlotCouplagMagn</a></p> <p><a href="#">VidéoLIT</a></p>	<p>Minimum resolution 3mm</p>

#### Caractéristiques communes et conséquences:

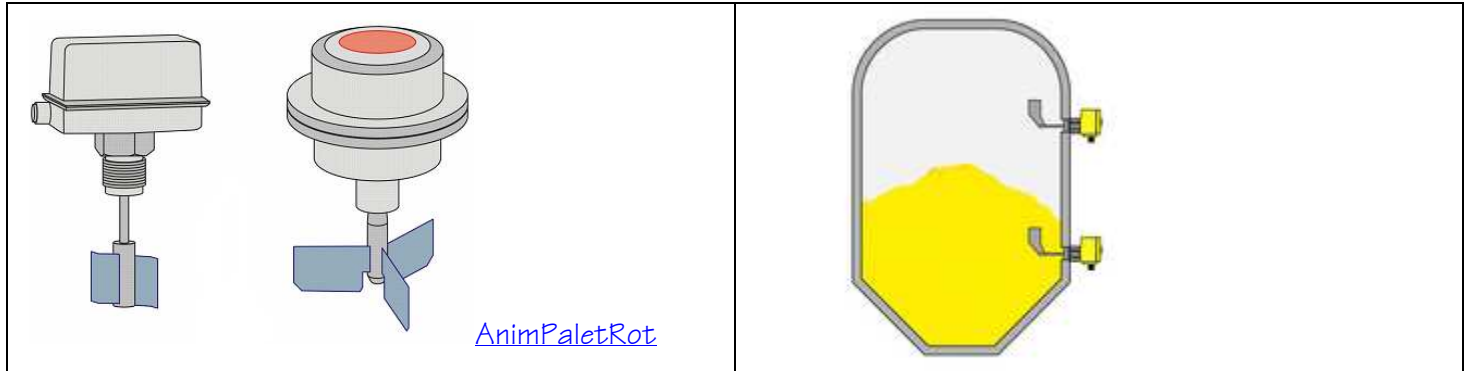
- pour mesure et détection
- conviennent uniquement pour liquides
- système mécanique:
  - risque de grippage du mécanisme s'il y a colmatage ou corrosion
  - les frottements de la tringlerie peuvent fausser la mesure
- l'enfoncement du flotteur dépend de la densité du produit mesuré:
- la précision varie avec la densité
- le flotteur est en contact avec le produit:
  - risque de percer le flotteur par la corrosion ou l'abrasion
  - risque de modification de la flottabilité, si le produit accroche sur le flotteur
- système simple, ne demande pas de connaissances particulières



### 5.2.3 Détecteur à palette rotative

**Description:**

Un moteur avec réducteur fait tourner une palette à une vitesse de quelques tr/mn. Quand le produit solide monte et touche la palette, celle-ci est freinée et arrêtée. Un limiteur de couple arrête le moteur et fait changer d'état un contact.



**Variantes:**

Le système existe pour montage latéral, montage en toit.

La longueur de la tige est variable. Souvent, il est possible de l'ajuster aux besoins.

Caractéristiques et conséquences:

- uniquement détection de niveau
- convient aux solides de faible ou moyenne granulométrie
- système mécanique, subit une usure puisqu'il y a pièce en mouvement
- la tige et la palette sont en contact avec le produit:
  - risque de corrosion ou d'abrasion
  - contraintes mécaniques importantes lorsque le détecteur est utilisé en niveau bas
- système simple, ne demandant pas de connaissances particulières

### 5.2.4 Détecteur à membrane



**Description:**

Une membrane de diamètre 100 à 200mm est montée sur la paroi du réservoir, de telle sorte que la membrane soit affleurante. Lorsque le produit monte au niveau de la membrane, il exerce une poussée sur cette dernière et la fait reculer. Elle actionne un micro-rupteur. Lorsque le produit dégage la membrane, celle-ci revient au repos et le contact est désactivé.

**Variantes:**

C'est surtout la nature de la membrane qui est adaptée aux caractéristiques du produit.

**Caractéristiques et conséquences:**

- uniquement en détection de niveau
- conviennent aux solides (faible ou moyenne granulométrie) et aux liquides
- la membrane est en contact avec le produit...
  - risque de corrosion et/ou d'abrasion
  - contraintes mécaniques importantes lorsque le détecteur est en niveau bas
- le montage est affleurant, d'où risque de détection permanente en cas de colmatage
- système simple, ne nécessitant pas de connaissances particulières



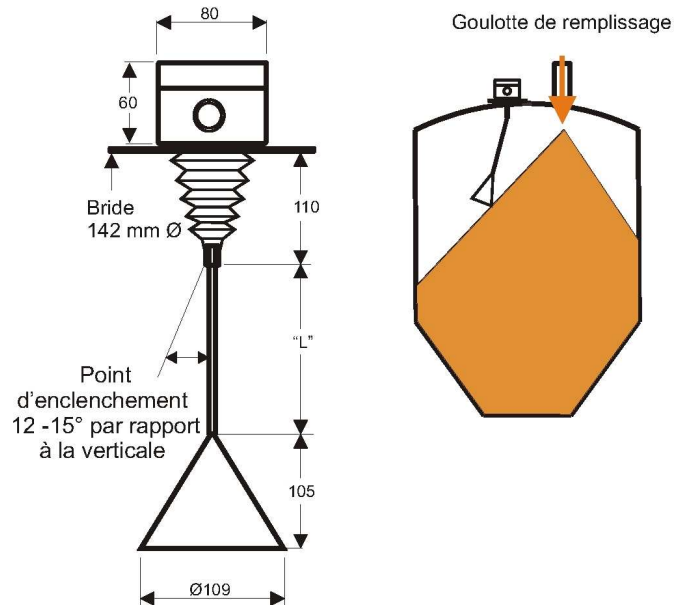
### 5.2.5 Détecteur pendulaire

#### Description:

Un corps oblong est suspendu au bout d'un câble. Le corps est vertical en l'absence de produit. A partir du moment où du produit (présentant un certain talutage) vient s'appuyer contre le détecteur, celui-ci bascule plus ou moins et un micro-rupteur est actionné.

#### Caractéristiques et conséquences:

- uniquement en détection de niveau
- convient aux solides de moyenne granulométrie, avec talutage
- en contact avec le produit:
  - risque de corrosion ou d'abrasion
  - contraintes mécaniques importantes, surtout en niveau bas
- système simple

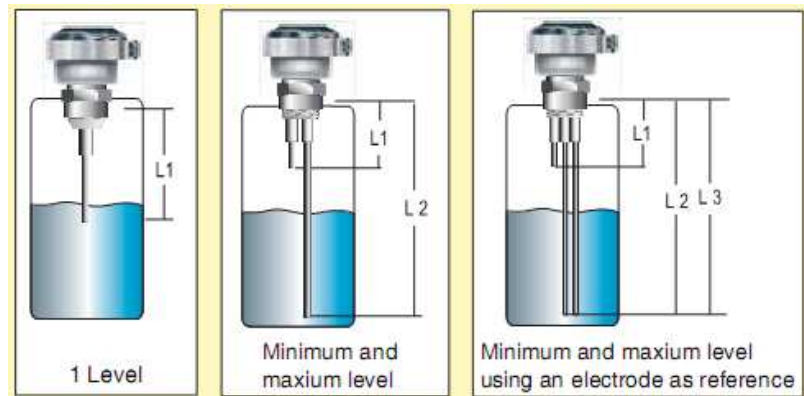
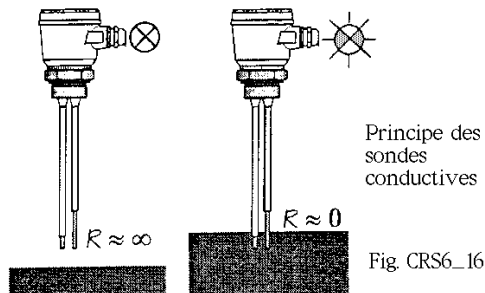


### 5.3 Famille des systèmes statiques, en contact avec le produit

Les appareils de cette famille comprennent toujours une pièce en contact avec le produit. Mais, à la différence de la famille précédente, cette pièce n'est pas mobile.

- Plus de risques d'usure ou de grippage.
- Risques de corrosion et d'abrasion.

#### 5.3.1 Sonde à conductance



#### Rappel: conductance électrique

La résistance électrique d'un matériau représente sa plus ou moins grande opposition au passage de charges électriques (électrons, ions). La conductance est l'inverse de la résistance (*Unité:.....*).

#### Description:

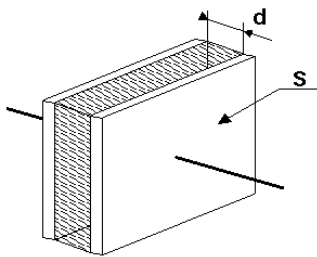
Deux électrodes sont introduites dans le réservoir et s'arrêtent juste à la hauteur du niveau à détecter. Un boîtier électronique contrôle la résistance électrique entre ces électrodes à l'aide d'une faible tension alternative pour éviter toute électrolyse. En l'absence de produit, il n'y a pas conduction entre les électrodes. Il faut évidemment que le produit soit suffisamment conducteur. Lorsque le réservoir est conducteur, c'est lui qui remplace une électrode.



Caractéristiques et conséquences:

- principalement en détection de niveau (il existe une technologie pour la mesure en continu)
- utilisé que sur les liquides
- système statique
- le liquide doit être conducteur
- l'électrode est en contact avec le produit:
  - risque de corrosion
  - risque de non-détection lorsque l'électrode est encrassée par des dépôts isolants
  - risque de détection permanente lorsque des dépôts court-circuitent les électrodes (condensation, mousses, boues...)
- des électrodes adéquates permettent pression et températures élevées

**5.3.2 Sonde capacitive**



**Rappel:** le condensateur

Contrairement à la conductivité qui s'intéressait à un déplacement de charges électriques, le condensateur est lié à la notion de stockage des charges. La quantité d'électricité stockée dépend en premier lieu de la capacité du condensateur.

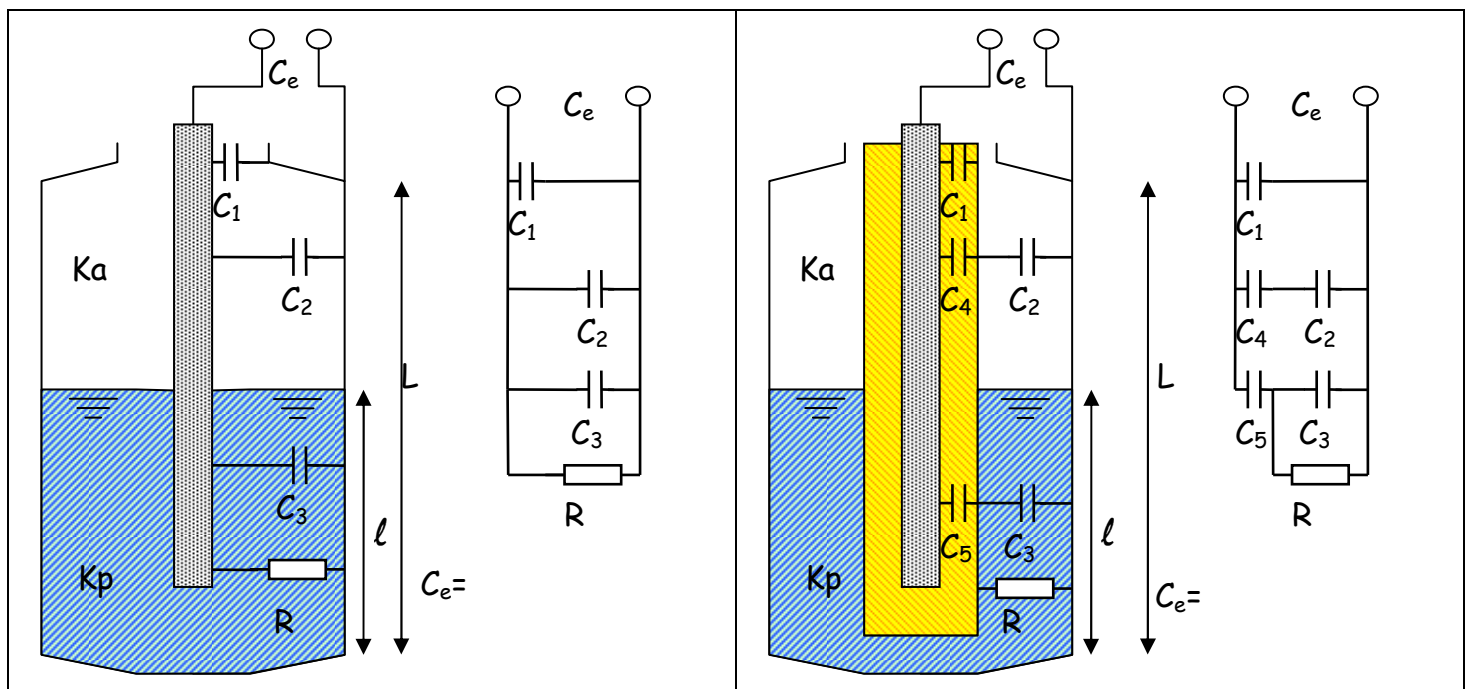
Rappel : la capacité du condensateur. Le condensateur est formé de 2 surfaces conductrices séparées par un isolant. Le condensateur plan dans l'air est un exemple simple. Sa capacité est égale à : [AnimCondensateur](#)

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \quad (\epsilon_0 : \text{permittivité de l'air } 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1})$$

Lorsque l'air est remplacé par un autre matériau, sa valeur est multipliée par une constante propre au matériau: la constante diélectrique.

La capacité d'un condensateur dépend des [surfaces en regard](#) des armatures, de la [distance entre armatures](#) et de la constante diélectrique de l'isolant.

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \quad (\epsilon_r \text{ permittivité relative par rapport à l'air})$$





## Description pour un liquide isolant et une cuve conductrice:

En mesure ou détection de niveau, le condensateur est formé d'une part à l'aide d'une sonde introduite dans le réservoir; d'autre part à l'aide des parois du réservoir. Nous obtenons ainsi les électrodes conductrices. Le diélectrique (c'est-à-dire le matériau placé entre les 2 électrodes) est formé soit par de l'air lorsque la sonde est découverte, soit par le produit lorsque la sonde est entourée de produit.

## Fonctionnement en tout ou rien:

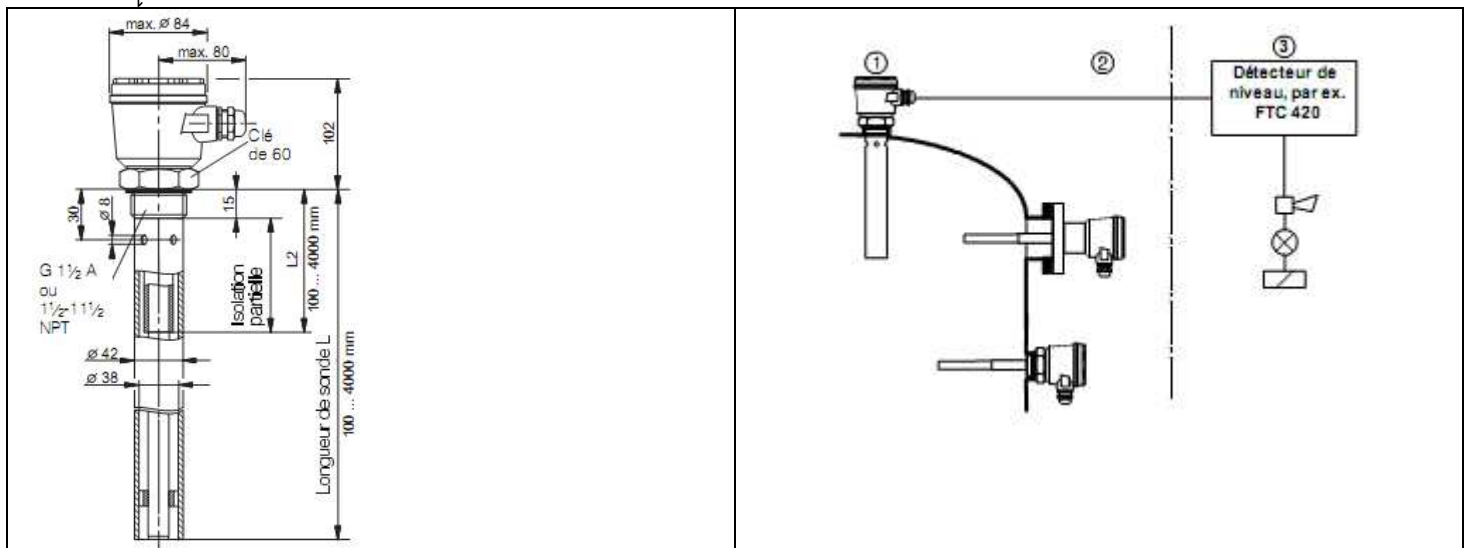
Lorsque la sonde est découverte (absence de produit), la capacité du condensateur est faible, déterminée par la constante diélectrique de l'air. L'augmentation de niveau remplace l'air par un produit dont la permittivité est plus grande. **Une augmentation de capacité est donc synonyme de présence de produit.**

## Fonctionnement en mesure continue:

La sonde doit pénétrer dans le réservoir sur toute la hauteur à mesurer. Lorsque le niveau est bas, le diélectrique du condensateur est uniquement de l'air. Au fur et à mesure que le niveau monte, le diélectrique "air" est graduellement remplacé par le diélectrique "produit". La capacité du condensateur augmente progressivement pour atteindre la valeur maximale lorsque le réservoir est plein. **Des réglages sur le transmetteur permettent de s'adapter aux coefficients des différents produits à mesurer.**

## Caractéristiques et conséquences:

- en détection et mesure de niveau (sur cuve conductrice ou non)
- employé sur liquides et solides (conducteur ou non)
- système statique
- la sonde est en contact avec le produit:
  - risque de corrosion
  - risque de détection permanente lorsqu'un colmatage ou de la condensation se fait au niveau du raccord de sonde
- grand choix de sondes en fonction des applications
- haute résistance à la pression, au chaud, au froid
- la variation de capacité dépend de la constante électrique du produit:
  - les réglages du transmetteur sont valables pour un coefficient donné (donc pour un produit donné)
  - ce coefficient doit rester bien stable. Cette stabilité est encore plus importante dans le cas de la mesure continue.
- système largement répandu
- permet souvent de mesurer une interface entre 2 produits
- dans certains cas précis, il est possible de réaliser une compensation automatique du coefficient diélectrique







5.3.3 Pression hydrostatique

Rappel: pression hydrostatique

Si un capteur est placé au fond d'un réservoir contenant un liquide, ce liquide exerce une pression égale à la masse de la colonne de liquide (hauteur multipliée par la masse volumique). Si la surface du liquide est elle-même déjà soumise à une certaine pression, cette dernière se rajoute à la pression précédente.

Description:

Un capteur de pression est monté en fond de réservoir ou est introduit par le haut. Lorsque le ciel gazeux est à la pression atmosphérique, un capteur de pression relative convient. Par contre, un capteur différentiel est nécessaire lorsqu'une pression s'exerce sur le liquide.

Variantes:

Les capteurs existent pour montage en fond de cuve ou pour montage par le haut du réservoir.

Les capteurs de pression sont du type relatif ou différentiel.

Liquid Level - Open Tank

Liquid Level - Closed Tank

- ✗ Rôle de chaque accessoire
- ✗ Procédures de mise en service
- ✗ Procédures de mise hors service
- ✗ Procédures d'étalonnage

⚠ **ATTENTION:** Pour un transmetteur de pression différentielle (ls↗ pour ΔP↗) les entrées HP(+) et BP(-) doivent toujours.....



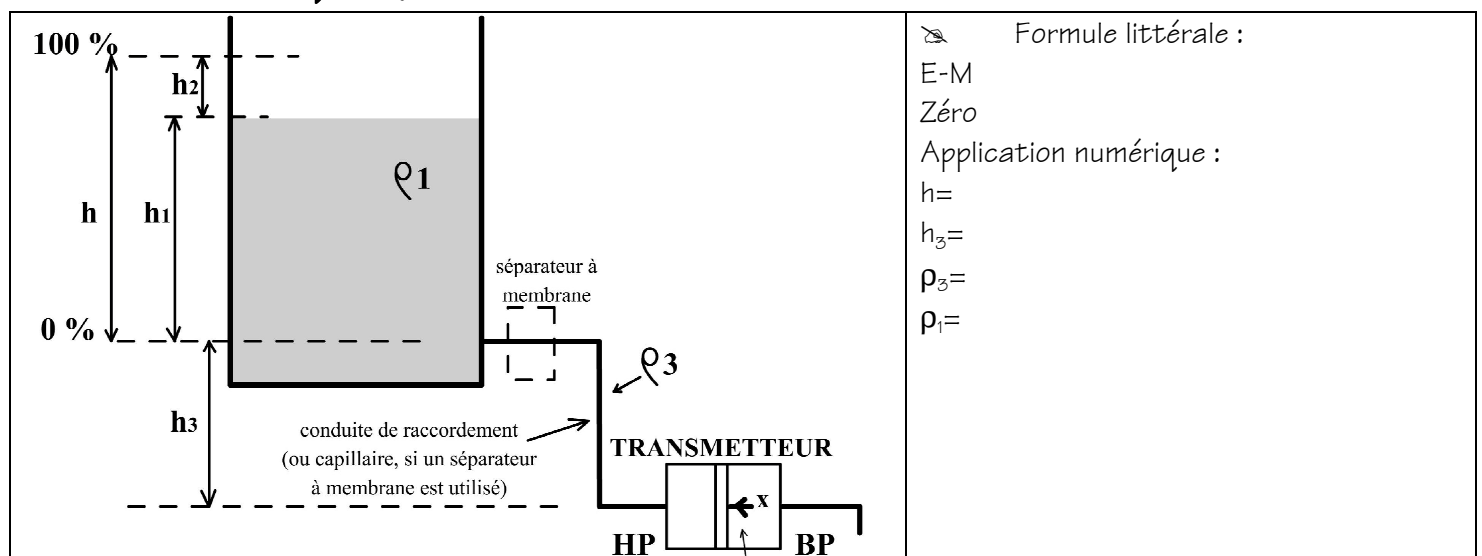
Caractéristiques et conséquences:

- utilisé en détection et surtout en mesure
- uniquement sur liquides, même chargés
- système statique
- capteur de pression en contact avec le produit: risque de corrosion
- utilise la pression hydrostatique:
  - la pression du ciel gazeux doit être compensée
  - il ne faut pas qu'une croûte se forme devant le capteur
  - les réglages du transmetteur sont valables pour une densité donnée
  - la densité doit être stable
  - la mousse n'est pas prise en compte dans la mesure
  - la pression du ciel gazeux doit rester dans le même ordre de grandeur que la pression hydrostatique
- grand choix des sondes en fonction de l'application

Méthode pour le choix et les réglages du transmetteur:

1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le réservoir est-il à la pression atmosphérique ? Oui ou Non</li> <li>• Y a-t-il un risque de condensation ? Oui ou Non</li> </ul> <p>Le produit peut-il être mis directement en contact avec la partie sensible du transmetteur ? Oui ou Non</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faire le schéma de l'installation avec le niveau du mesurande à 0%</li> <li>• Calculer la pression <math>HP_{0\%}</math> puis <math>BP_{0\%}</math></li> <li>• Calculer <math>\Delta P_{0\%}</math></li> <li>• Faire le schéma de l'installation avec le niveau du mesurande à 100%</li> <li>• Calculer la pression <math>HP_{100\%}</math> puis <math>BP_{100\%}</math></li> <li>• Calculer <math>\Delta P_{100\%}</math></li> <li>• <math>E-M = \Delta P_{100\%} - \Delta P_{0\%}</math></li> <li>• <math>Zéro = \Delta P_{0\%}</math></li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E-M_{\text{mini}}</math> du transmetteur <math>\leq E-M \leq E-M_{\text{maxi}}</math> du transmetteur</li> <li>• <math>Zéro_{\text{mini}}</math> du transmetteur <math>\leq Zéro \leq Zéro_{\text{maxi}}</math> du transmetteur</li> </ul>
4	Solutions standards <a href="#">Doc HOOKUPS</a> -Schneider

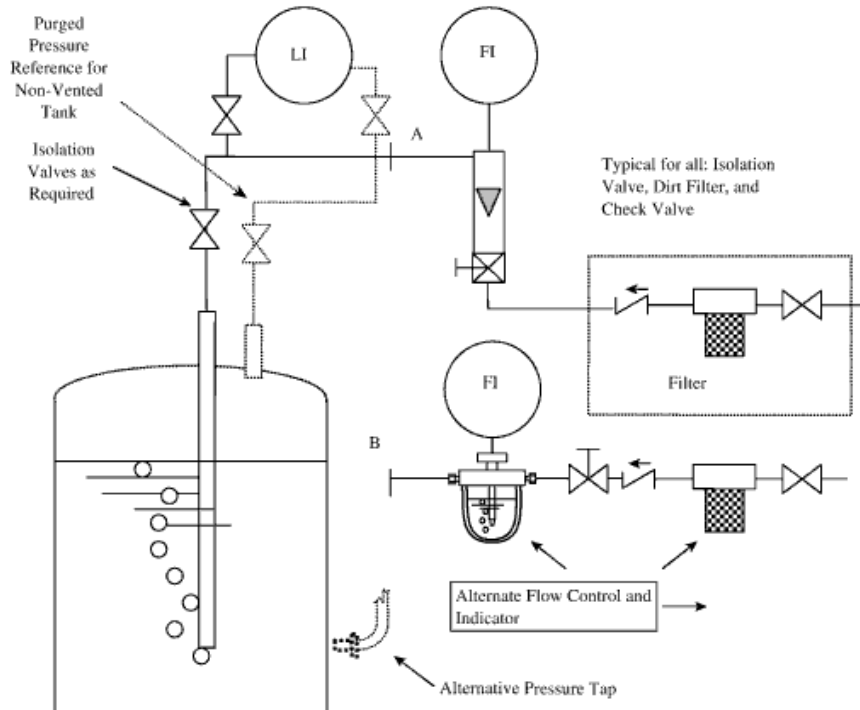
5.3.3.1 Interface liquide-gaz réservoir ouvert







### 5.3.4 Bulle à bulle



Cette méthode est en fait une variante de capteur de pression hydrostatique. Elle reprend des principes utilisés pour la mesure de pression avec une purge en continu. [AnimBullaBull](#)

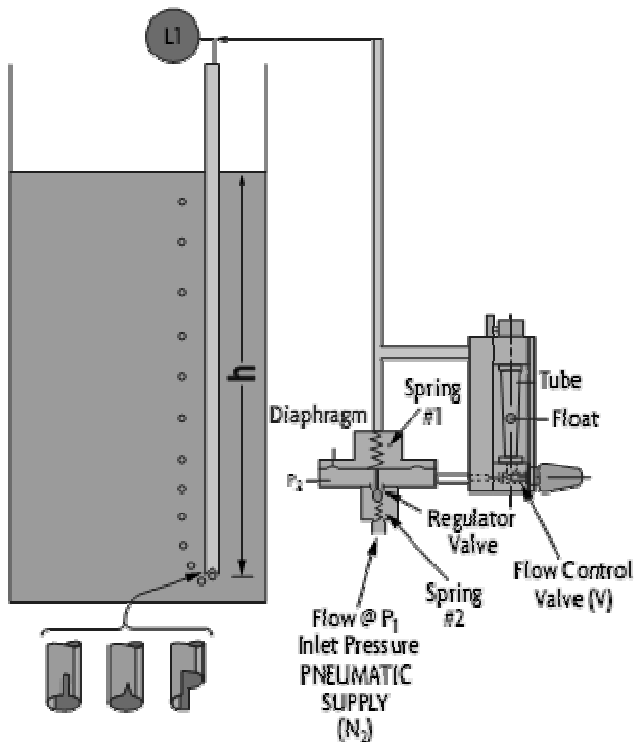
#### Description:

Un tube à faible section est immergé dans le réservoir. Le liquide qui remplit le tube va être repoussé par une injection de gaz à faible débit, de telle sorte qu'il se forme des bulles à l'extrémité inférieure du tube.

La pression nécessaire pour obtenir ces bulles est égale à la pression hydrostatique. Ce système n'est utilisé qu'avec des réservoirs sans pression. Il suffit de mesurer la pression nécessaire à la formation des bulles.

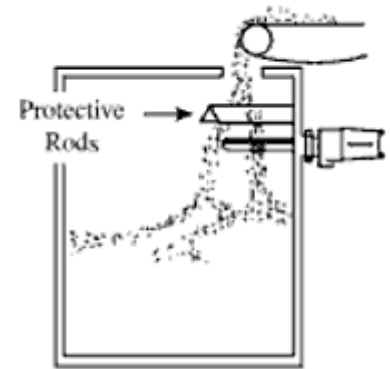
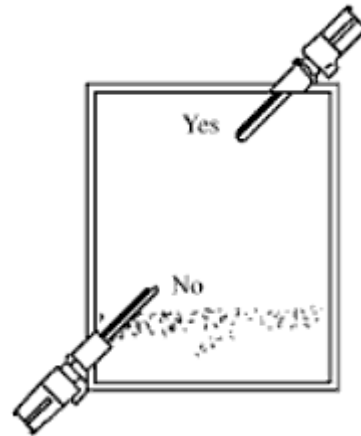
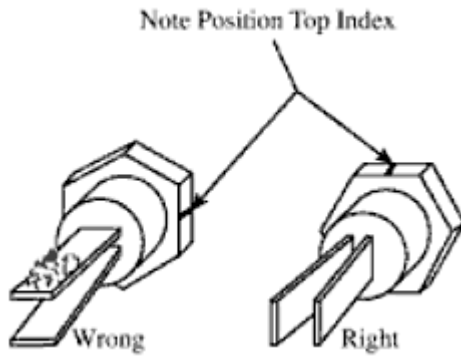
#### Caractéristiques et conséquences:

- utilisé en mesure de niveau
  - uniquement sur liquides même chargés
  - système statique
  - la canne est en contact avec le produit:
    - .risque de corrosion
    - .le matériau doit être choisi en conséquence
  - utilise la pression hydrostatique:
    - .peut être utilisé sur réservoir fermé avec un transmetteur de pression différentielle.
    - .il ne faut pas que la canne puisse se boucher
    - .les réglages du transmetteur sont valables, pour une densité donnée
    - .la densité doit être stable
    - .la mousse n'est pas prise en compte dans la mesure
- Utilisable pour une mesure de niveau d'interface



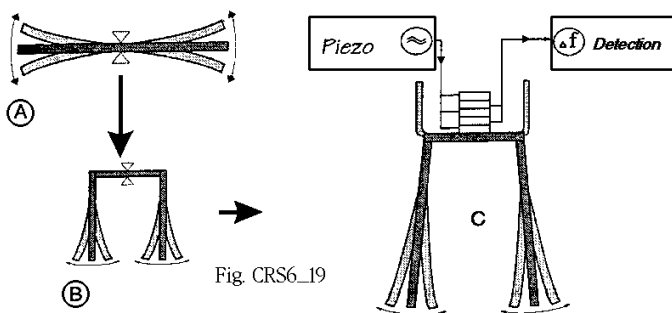


### 5.3.5 Vibronique



#### Rappel:

Un barreau fixé en son milieu vibre à une certaine fréquence et de façon symétrique lorsqu'il est excité (A). Cette fréquence, appelée fréquence de résonance, dépend des dimensions et de la nature du barreau. Il en est de même avec un diapason (B). Dans ce cas, le nœud des vibrations (point où l'amplitude est nulle) est bien défini et la fréquence des vibrations est bien plus stable.



#### Description:

Une fourche (C) se comporte comme un diapason et possède une fréquence de résonance bien définie lorsqu'elle vibre dans l'air. Elle voit une fréquence réduite dès qu'elle est immergée dans un liquide. Cet abaissement de la fréquence est donc synonyme de présence de produit. Une fourche semblable est utilisée pour la détection de produits solides. La différence est que c'est l'amplitude des vibrations qui change (avec généralement arrêt total des vibrations).

#### Variantes:

Selon les constructeurs, ces systèmes comprennent une tige simple ou une fourche. Les modèles sont également différents suivant qu'il s'agit d'un liquide ou d'un solide. Différentes constructions existent suivant le montage du détecteur (montage latéral, montage sur tube prolongateur, montage suspendu à un câble).

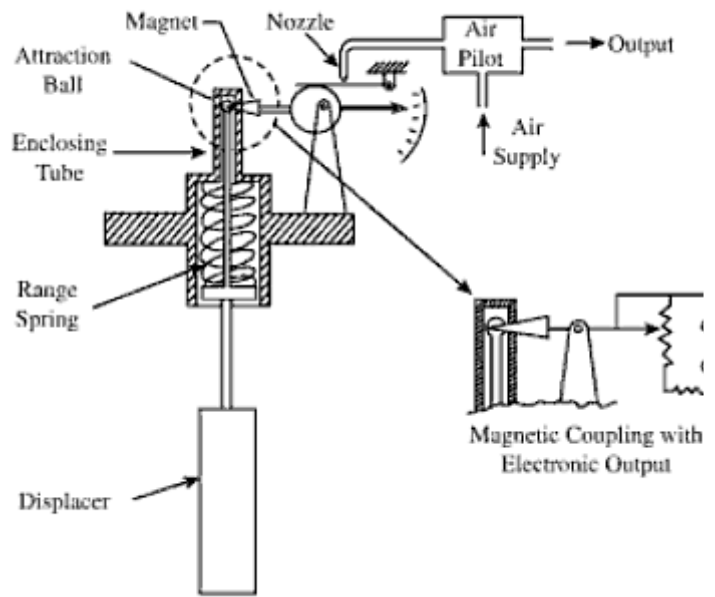
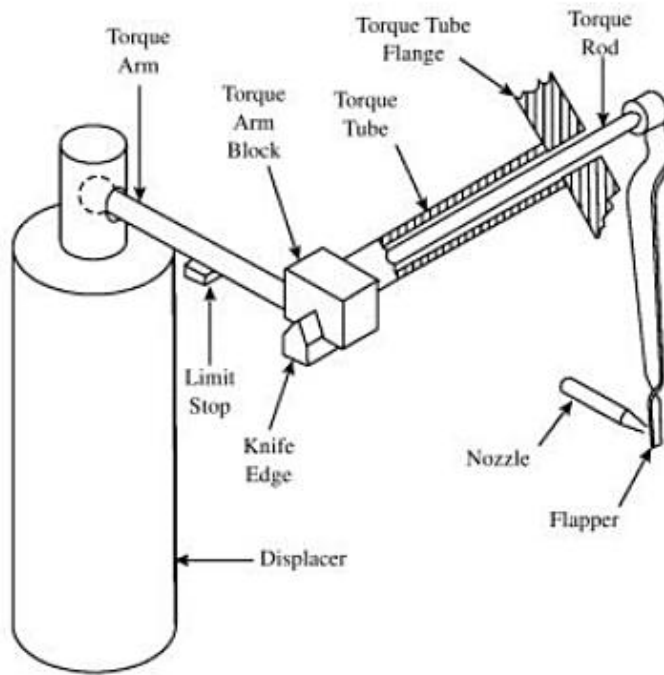
#### Caractéristiques et conséquences

- permet la détection de niveau
- convient pour liquides ou pour solides (granulométrie fine ou moyenne) suivant l'exécution
- système statique. La vibration des fourches n'engendre pas d'usure.
- les fourches sont en contact avec le produit:
  - .risque de corrosion
  - .risque de contraintes mécaniques importantes lorsque le capteur est en niveau bas. Une protection peut être nécessaire.
  - .un très fort colmatage risque de bloquer la fourche
- mise en œuvre très simple, ne nécessite pas d'étalonnage





### 5.3.6 Plongeur



#### Rappel:

Un long corps plongé dans un liquide est soumis à deux forces contradictoires:

- action de la pesanteur (son poids propre)
- poussée d'Archimède égale au poids de la masse du liquide déplacé
- Bilan des forces, équations et schéma blocs pour un système à tube de torsion

#### Description:

Un plongeur dont la longueur est au moins égale à la hauteur à mesurer est introduit dans le réservoir. Ce plongeur est suspendu au toit du réservoir. En l'absence de liquide, la force  $F$  est égale à la masse du plongeur. Lorsque le niveau monte, le poids apparent diminue d'une valeur égale à la poussée d'Archimède, donc à la hauteur de liquide.

#### Variantes:

Les variantes se trouvent dans les matériaux utilisés pour le plongeur, mais également dans le système d'appréciation de la force:

- ressort et transformateur différentiel
- ressort et transmission magnétique
- tube de flexion ou de torsion
- le plongeur peut être monté sur un tube en by-pass

#### Caractéristiques et conséquences:

- le système est essentiellement utilisé en mesure
- ne convient que pour les liquides
- le système est habituellement statique (tube de flexion ou de torsion) mais peut être avec déplacement (système à ressort)
- le plongeur est en contact avec le produit:
  - .risque de corrosion
  - .choix du capteur en fonction du produit
- la poussée d'Archimède dépend de la densité:



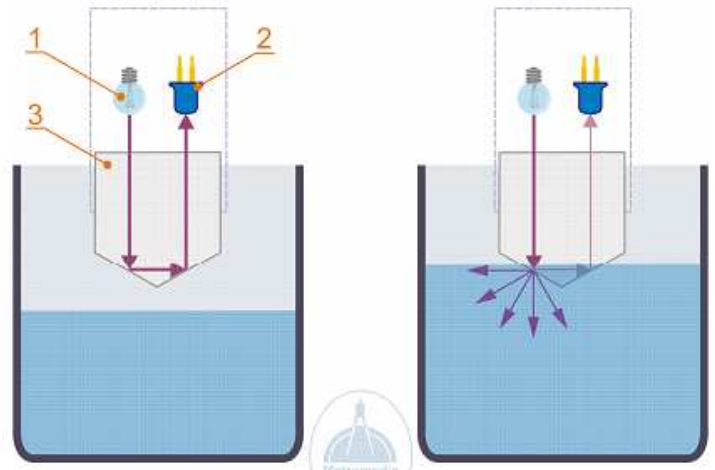
- .les réglages du transmetteur sont valables pour une densité donnée (pour un produit défini)
- .la densité doit être stable

### 5.3.7 Systèmes optiques

#### Description:

Un rayon lumineux peut être interrompu, dévié, réfracté, réfléchi, atténué ou diffusé lorsqu'un obstacle tel qu'un liquide ou un solide vient s'interposer sur son trajet. Les sources lumineuses peuvent être des ampoules spéciales ou des diodes électroluminescentes. Afin de réduire l'influence des lumières parasites, la lumière est souvent modulée.

La réfraction est le plus souvent utilisée. Un prisme placé dans l'air réalise une double réflexion du faisceau lumineux qui parvient ainsi au récepteur. Lorsque le prisme est immergé dans un liquide, il y a réfraction du faisceau. Le récepteur n'en reçoit plus qu'une infime partie.



#### Caractéristiques et conséquences:

- les systèmes optiques sont utilisés en détection
- le système est statique.
- le système est optique:
- le milieu et le ciel gazeux doivent être très propres

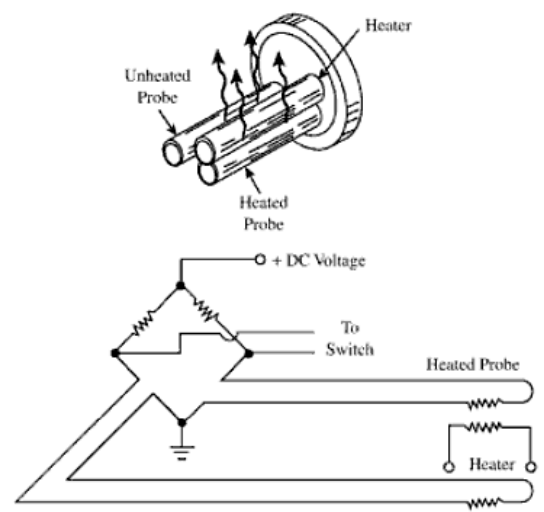
### 5.3.8 Dissipation thermique

#### Rappel:

Un élément chauffant dissipe son énergie différemment en fonction de la nature ou de la phase du milieu dans lequel il est plongé. Le coefficient de transfert thermique est meilleur lorsque l'élément chauffant est plongé dans un liquide que s'il reste dans l'air.

#### Description:

Une résistance chauffante est insérée dans un corps généralement métallique. Lorsque le corps est dans l'air ambiant, l'échange thermique entre le corps et l'air est faible et le corps s'échauffe. Par contre, l'échange avec un liquide est important et l'échauffement est plus faible quand la résistance se trouve entourée de liquide.





Caractéristiques et conséquences:

- utilisé en détection de niveau
- uniquement sur les liquides
- système statique
- capteur en contact avec le produit: risque de corrosion
- Système thermique:
  - présente une certaine inertie
  - les variations de température du milieu peuvent être interprétées comme étant des variations de niveau

**5.3.9 Systèmes par ondes guidées**

A classer dans cette famille mais sera présenté avec la famille des radars car le principe physique est commun. Voir §5.4.4

**5.4 Famille des systèmes statiques, sans contact**

Les appareils de cette famille n'ont plus de pièce en contact avec le produit, mais une sonde est éventuellement introduite par un orifice.

**5.4.1 Système par ondes sonores et ultrasonores**

Détermine le niveau par la mesure du temps de parcours, dans la phase gazeuse d'une cuve, d'une onde émise par une sonde placée au sommet.

Rappels: ondes sonores

Les ondes sonores et ultrasonores résultent de la mise en vibration de la matière (gaz, liquide ou solide). Elles sont caractérisées par leur fréquence. Les fréquences comprises entre 15 Hz et 15000 Hz sont audibles. Au-delà de 15000 Hz, on parle d'ultrasons.

Rappels: propagation des ondes

Ces ondes se propagent à une vitesse qui dépend de la nature du support et de sa température (lorsque le support est un gaz). [AnimPropagOndes](#)

Milieu	Vitesse	Milieu	Vitesse
Air 0°C	331 m/s	Liquides	env. 1500 m/s
Hydrogène	1284 m/s	Al, Fe	6000 m/s
Hélium	985 m/s	Plastiques	env. 2000 m/s
Air 80°C	376 m/s	Caoutchouc	env. 1500 m/s

Les ondes perdent de l'énergie quand elles se propagent, surtout dans les gaz. L'absorption est plus importante pour les hautes fréquences que pour les basses fréquences (1 m d'air à 45 kHz = 50 m à 10 kHz). La présence d'humidité, de poussières, de CO2 contribue à cette absorption.

Rappels: réflexion des ondes

Lorsqu'une onde rencontre une interface de deux milieux ayant des propriétés acoustiques différentes, cette onde est partiellement transmise et partiellement réfléchi. Plus les propriétés sont différentes, meilleure sera la réflexion et moindre sera la transmission. L'état de surface importe aussi:

- La surface de réflexion est lisse ou présente des irrégularités de très faible taille. La réflexion est bonne et se fait comme avec un miroir:
- dans la même direction, si la surface est perpendiculaire (A)
- aucune onde ne revient si le plan de réflexion est différent(B)



- la surface de réflexion comporte de grosses irrégularités (par exemple des blocs)), agissant comme une multitude de miroirs. La réflexion se fait dans toutes les directions, mais une quantité suffisante revient (C)
- La surface présente des aspérités de l'ordre du millimètre. Elle se comporte alors comme un diffuseur. L'onde sonore est envoyée dans toutes les directions. Il n'y a pas de réflexion (D).

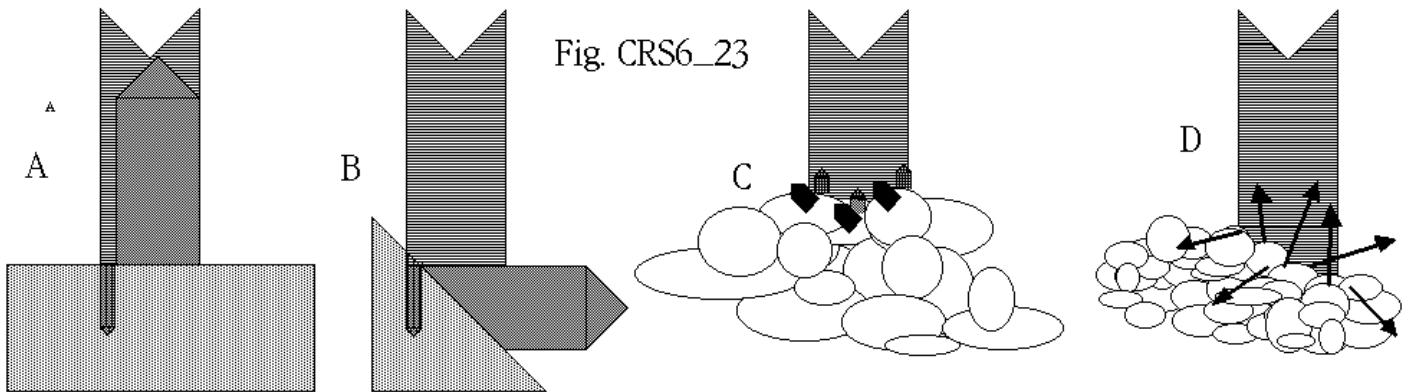


Fig. CRS6\_23

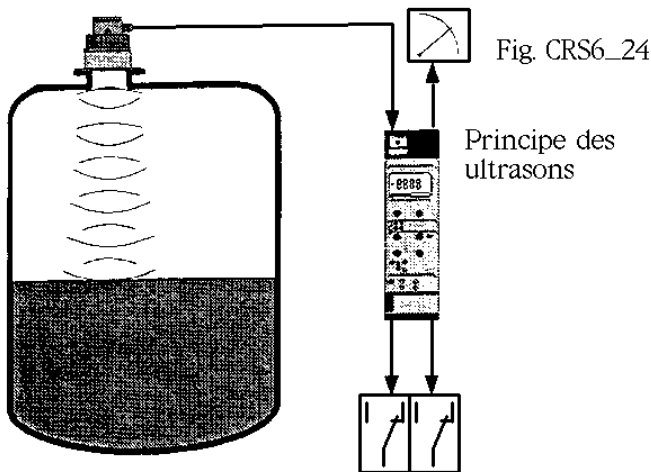


Fig. CRS6\_24

Principe des ultrasons

#### Description:

Une sonde émettrice-réceptrice est placée sur le toit du réservoir. Elle envoie un train d'onde sonore ou ultrasonore en direction du produit qui se comporte comme un réflecteur. Un écho revient sur le récepteur. Une électronique appropriée mesure le temps écoulé entre l'émission de l'onde et la réception de l'écho. Ce temps dépend de la distance émetteur-surface du produit. Ceci revient à dire que le temps dépend de l'état de remplissage du réservoir et le convertit en valeur de niveau.

#### Variantes:

De nombreuses variantes existent, tant en ce qui concerne les sondes que les électroniques.

FDU 80	FDU 81	FDU 82	FDU 83	FDU 84	FDU 85
5m	5m	10m	15m	25m	45m

Exemples de performances de sondes

Fig. CRS6\_25

#### Sondes:

- puissance émise
- .qualité de la réflexion
- .distance maximale mesurable
- fréquence de l'onde
- .absorption dans l'air

qualité de la réflexion

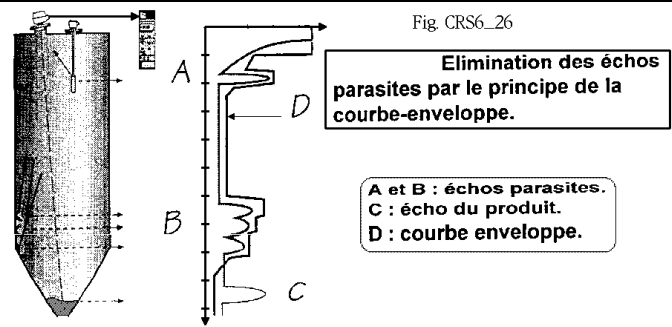
[AnimRadarPulse](#)

[AnimRadarPulseSolid](#)



### Electroniques:

Elles se distinguent surtout par la manière dont elles traitent le signal. Il faut savoir que dans certaines conditions de mesure, le signal représentatif de l'écho possède une très faible amplitude. Ce signal est souvent noyé dans un bruit très important. Il arrive fréquemment que des échos parasites (dus à des obstacles fixes dans le réservoir) possèdent une amplitude nettement supérieure à celle de l'écho utile. Une technique couramment utilisée consiste à masquer les échos indésirables, soit individuellement en programmant pour chacun la distance, soit collectivement selon la technique appelée du masque.



- L'appareil mesure sur le réservoir vide ou presque vide. L'amplitude et la distance des échos sont indiqués sur le diagramme ci-dessus. On y trouve également l'écho correspondant au produit (C).
- L'opérateur valide cet écho par une programmation sur l'appareil.
- L'électronique construit ensuite un masque qui "coiffe" les échos. Tout écho dont l'amplitude est inférieure à ce masque est éliminé.
- Seul l'écho réel est conservé.

### Caractéristiques et conséquences:

- les ultrasons sont généralement en mesure continue
- il existe également un système de détection par barrière (émetteur et récepteur séparés)
- le domaine d'application concerne aussi bien les liquides que les solides
- aucune pièce n'est en contact direct avec le produit
- système entièrement statique
- système par écho:
  - o il faut qu'il y ait un écho exploitable (réflexion de qualité suffisante, Atténuation non excessive de l'onde)
  - o la vitesse de l'onde dépend de la température (80°C max). Une compensation est efficace s'il n'y a pas de gradient de température
  - o la pression doit rester dans les limites acceptables, supérieure à 0,7 bar abs (le vide ne propage pas les ondes)

### 5.4.2 Système à micro-ondes

#### Rappel: ondes hyperfréquence (micro-ondes)

Les hyperfréquences sont des ondes électromagnétiques. A la différence des ondes acoustiques qui concernaient un déplacement de la matière, il s'agit ici du déplacement d'un champ électrique et magnétique. Les ondes radio, télévision, la lumière ont les fréquences ci-dessous.

C'est la permittivité qui va fixer la vitesse de propagation de ces ondes.

$c' = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r}}$	$h = \frac{c' \cdot t}{2}$	<p>Pour les gaz :</p> $\epsilon_r = 1 + (\epsilon_{rN} - 1) \times \frac{\theta_N \times P}{\theta \times P_N}$ $\epsilon_{rN} @ \theta_N, P_N$
---	----------------------------	---





Type d'ondes	Fréquence
ondes radio (GO)	150...250 kHz
ondes radio (FM)	88..10 MHz
ondes télévision VHF	160...220 MHz
ondes télévision UHF	470...800 MHz
ondes satellites	10,5...12,7 GHz
lumière infrarouge	300 GHz
ondes utilisées en niveau	5.8 GHz

### Rappel: propagation des ondes électromagnétiques

Elles se propagent dans le vide et dans les matériaux non-conducteurs. La vitesse de propagation est indépendante de la température, de la pression, de la présence de vapeur ou de poussières. Elle est de 3.10<sup>8</sup> m/s.

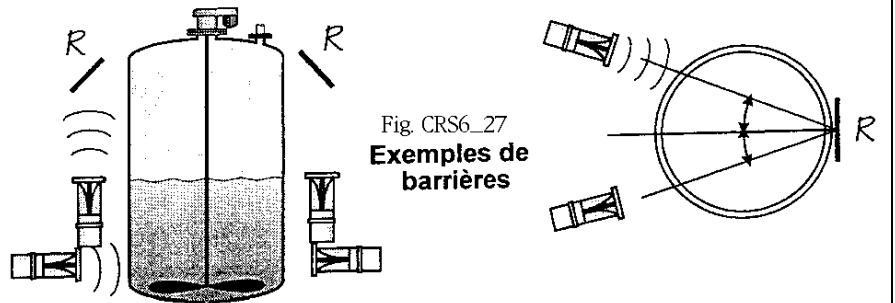
Il y a une certaine absorption de l'onde et on parle de "demi-épaisseur". C'est la distance au bout de laquelle l'intensité est diminuée de moitié:

Matériau	Demi épaisseur	Matériau	Demi épaisseur
Verre sans plomb	0.7 cm	Caoutchouc	4cm
PVC,PP,PTFE	quelques cm	amiante	8 cm
Panneau de particules	10 cm	contre-plaqué	23 cm

### Rappel: réflexion des ondes électromagnétiques

Les ondes électromagnétiques subissent une réflexion plus ou moins partielle, suivant la nature de l'obstacle qu'elles rencontrent. La qualité de réflexion dépend essentiellement de la différence du coefficient diélectrique du milieu de propagation et de celui de l'obstacle.

*si très différent => bonne réflexion*



### Description de la barrière tout ou rien:

Un émetteur et un récepteur sont disposés de part et d'autre du réservoir, à la hauteur à laquelle il faut détecter le niveau.

Les parois du réservoir doivent être réalisées en un matériau qui n'absorbe que faiblement les ondes.

Par contre, le produit absorbe fortement les ondes.

Au besoin, une ou deux plaques métalliques peuvent être utilisées comme réflecteur.

Description de la mesure continue:

Une antenne émettrice-réceptrice est installée sur le dessus du réservoir. Elle émet, en direction du produit, des courtes impulsions de micro-ondes. Le produit réfléchit les ondes et celles-ci sont captées par l'antenne.

L'appareil mesure le temps et en déduit:

- la distance "sonde-surface":

$$D = \frac{c.t}{2}$$

D =distance sonde-surface

c = vitesse de la lumière

t = temps de parcours



-\*- le niveau est donné par:

$$L = E - D$$

L = niveau

E = distance vide

Les mêmes techniques qu'en mesure par ultrasons peuvent être utilisées pour éliminer les échos parasites créés par des obstacles fixes (nervures, renforcement des cuves...).

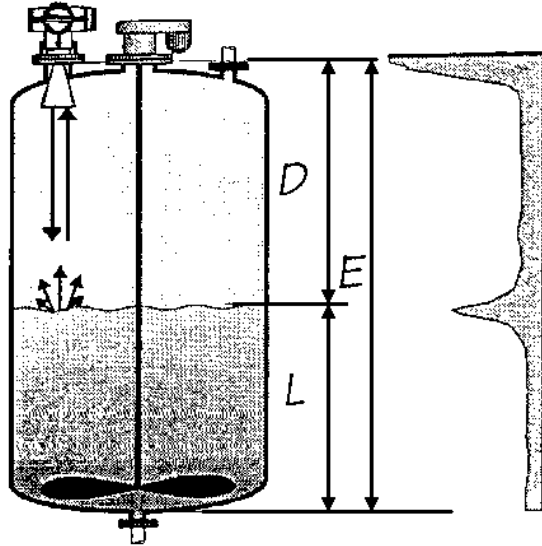


Fig. CRS6\_28

**Mesure continue  
par radar.**

[AnimEchoRadarCont](#)

#### Caractéristiques et conséquences:

- les hyperfréquences sont utilisées en mesure comme en détection
- le produit peut être liquide ou solide
- le système est statique, sans contact avec le produit.
- système par écho: il faut qu'il y ait un écho exploitable (le coefficient diélectrique du produit doit être suffisamment différent de celui de l'air ou du gaz)
- largement indépendant de la température et de la pression, de la présence de poussières ou de vapeurs.
- lorsque le coefficient diélectrique est suffisant, les variations de celui-ci sont sans importance.

### **5.4.3 Système à radio-isotopes**

#### Rappel: rayonnement gamma

Il s'agit d'un rayonnement électromagnétique de très haute fréquence (env. 10<sup>6</sup> fois plus élevée que celle des rayons ultra-violets). Il provient de la désintégration nucléaire de certains éléments tels que l'uranium, le cobalt, le césium...

#### Rappel: propagation

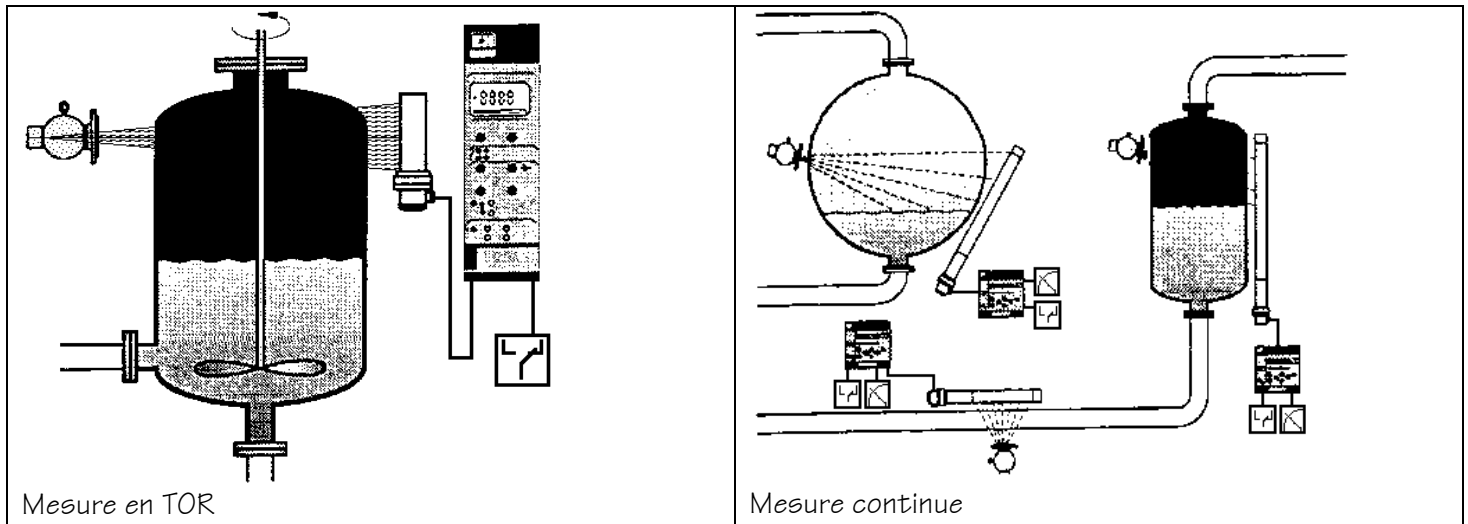
L'énergie de cette onde est telle qu'elle traverse la matière. Une partie de l'énergie est cependant absorbée et on parle de nouveau de demi-épaisseur. (Épaisseur dans laquelle l'intensité est réduite de moitié).

Pour le Co 60 & le Cs 137 nous avons les valeurs suivantes:

Matériau	Co 60	Cs 137
Plomb	12	9
Acier	15	12
Eau	120	90

Le tableau montre que le césium émet un rayonnement qui est plus facilement absorbé que celui du cobalt. Sa demi-épaisseur est plus faible. Les sources utilisées pour la mesure de niveau ont des puissances faibles. Par ailleurs, des protections sont mises en place afin que le rayonnement ambiant reste très en deçà des valeurs maximales

tolérées.



#### Description de la barrière tout ou rien:

Une source radioactive protégée dans un conteneur en plomb est placée sur la paroi externe du réservoir. Le conteneur est conçu de telle sorte que le rayonnement se fait sous la forme d'un faisceau dirigé dans le réservoir, en traversant la paroi.

Du côté opposé se trouve un détecteur qui reçoit le rayonnement résiduel, après absorption par les parois et le cheminement dans le réservoir. En l'absence de produit, l'intensité du rayonnement résiduel est encore suffisante pour être perçue par le détecteur. Par contre, la présence de produit sur le trajet du rayonnement provoque une forte atténuation. Le détecteur ne reçoit plus une intensité suffisante. Ceci permet de faire une signalisation.

#### Description de la mesure continue:

Une source radioactive, protégée par un conteneur de plomb est placée sur la face externe du réservoir, un peu au-dessus du niveau maximal à atteindre.

A l'opposé de la source, sur toute la hauteur à mesurer, se trouve un détecteur de radioactivité.

Le faisceau est dirigé vers l'intérieur du réservoir et est orienté de façon à atteindre toute la longueur de la sonde.

Cette sonde totalise tout le rayonnement reçu par le détecteur. Il est plus important lorsque le niveau est bas, puisque tout le détecteur est irradié. Il est presque nul lorsque le niveau est haut.

Variantes:

Suivant l'application, on utilise une source au cobalt ou au césium.

#### Caractéristiques et conséquences:

- le système gamma est utilisé sur liquides et sur solides.
- le système est statique et est entièrement à l'extérieur du réservoir. Aucun contact avec le produit et aucun percement du réservoir ne sont nécessaires.
- le système est quasi universel, mais relativement onéreux.
- comme pour tous les appareils utilisant des sources radioactives, des formalités administratives sont indispensables.

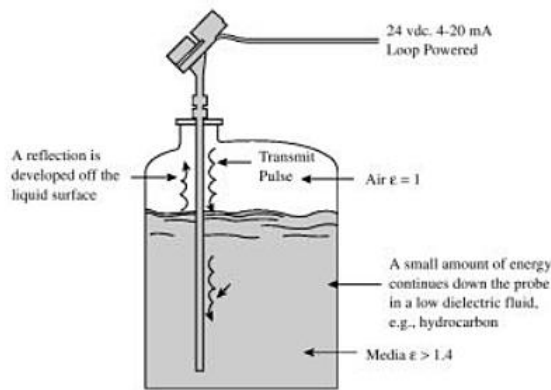
#### **5.4.4 Radar à ondes guidées**

La technologie TDR (Time Domain Reflectometry) utilise des impulsions micro-ondes de quelques nanosecondes et de faible puissance. Ces impulsions sont guidées le long d'une sonde qui est immergée dans le procédé. Lorsqu'une impulsion rencontre un milieu possédant une constante diélectrique différente, une partie de l'énergie est réfléchiée vers le transmetteur. Le temps écoulé entre l'impulsion émise (la référence) et l'impulsion reçue est converti en distance. Le niveau et l'interface sont alors obtenus par calcul. La puissance de la



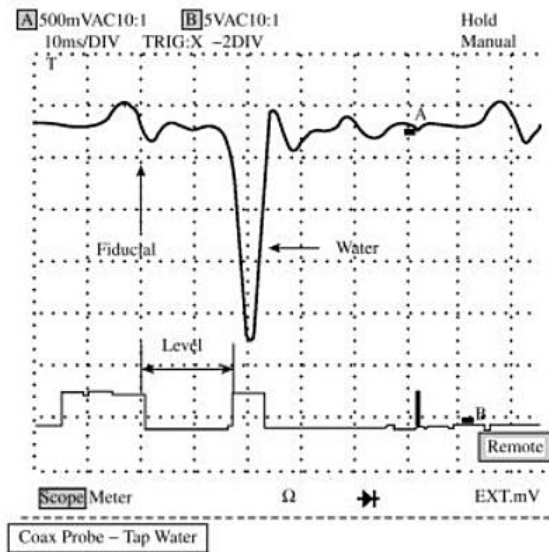
réflexion dépend de la constante diélectrique du produit. Plus la constante diélectrique est élevée, plus la réflexion sera puissante.

Cette technologie à ondes guidées présente l'avantage d'avoir un milieu stable pour le « transport » des ondes. La pression et la température n'ont pratiquement aucune influence.



**FIG. 3.14b**  
Fundamentals of guided wave radar level measurement.

In guided wave radar, the waveguide becomes a probe



## 5.5 Famille de systèmes indirects

Il ne s'agit pas d'une mesure directe de niveau, mais d'une autre grandeur physique telle que:

- La masse du produit (connaissant la densité on peut retrouver le niveau)
- Bilan matière (débit entrant - débit sortant) Voir cours débit

### 5.5.1 Pesage



#### Description

Le réservoir est monté sur un système de pesage en continu. Il doit être conçu dès sa fabrication pour le système de pesage. En général on utilise des pesons qui sont montés sous le réservoir.

S'agissant au départ d'une pesée, il faut ensuite en déduire le niveau. Lorsqu'il s'agit d'un liquide de densité constante, la conversion est sans problème.

[AnimJaugeContraintes](#)

[AnimCorpsEpreuve](#)

#### Caractéristiques et conséquences:

- C'est une mesure indirecte du niveau. Association avec un moyen de calcul
- Utilisable sur les liquides et solides
- Mesure statique sans contact avec le produit.
- Il faut tenir compte des interférents:
  - o Tare du réservoir
  - o Réaction des tuyauteries
  - o Réaction dynamique des écoulements (chute de produit)
  - o Vent, neige, pluie, verglas
  - o Dépôts sur les parois
  - o Voûtes ou effondrement des produits en vrac



## 6 QUI SUPPORTE QUOI

Au fur et à mesure de l'avancement du cours ,vous pouvez compléter ce tableau de synthèse en utilisant les réponses proposées.

<i>Techniques de mesure</i>	<i>Liquides et/ou Solides</i>	<i>Htes pressions (&gt;10 bars)</i>	<i>Htes températures (&gt;100°C)</i>	<i>Produits corrosifs</i>	<i>Produits colmatants</i>	<i>Produits moussants</i>	<i>Produits poussiéreux</i>
<i>Réponses possibles</i>	L, L/S, S	Oui, non, ±	Oui, non, ±	Oui, non, ±	Oui, non, ±	Oui, non, ±	Oui, non, ±
Systèmes à flotteur							
Systèmes à plongeur							
Palpeurs							
Sondes capacitives							
Mesures de pression bulle à bulle							
Mesures de pression hydrostatique							
Mesures à ultrasons							
Mesures radars							
Mesures radars guidés							
Mesures par rayons γ							
Systèmes optiques							
Pesage							



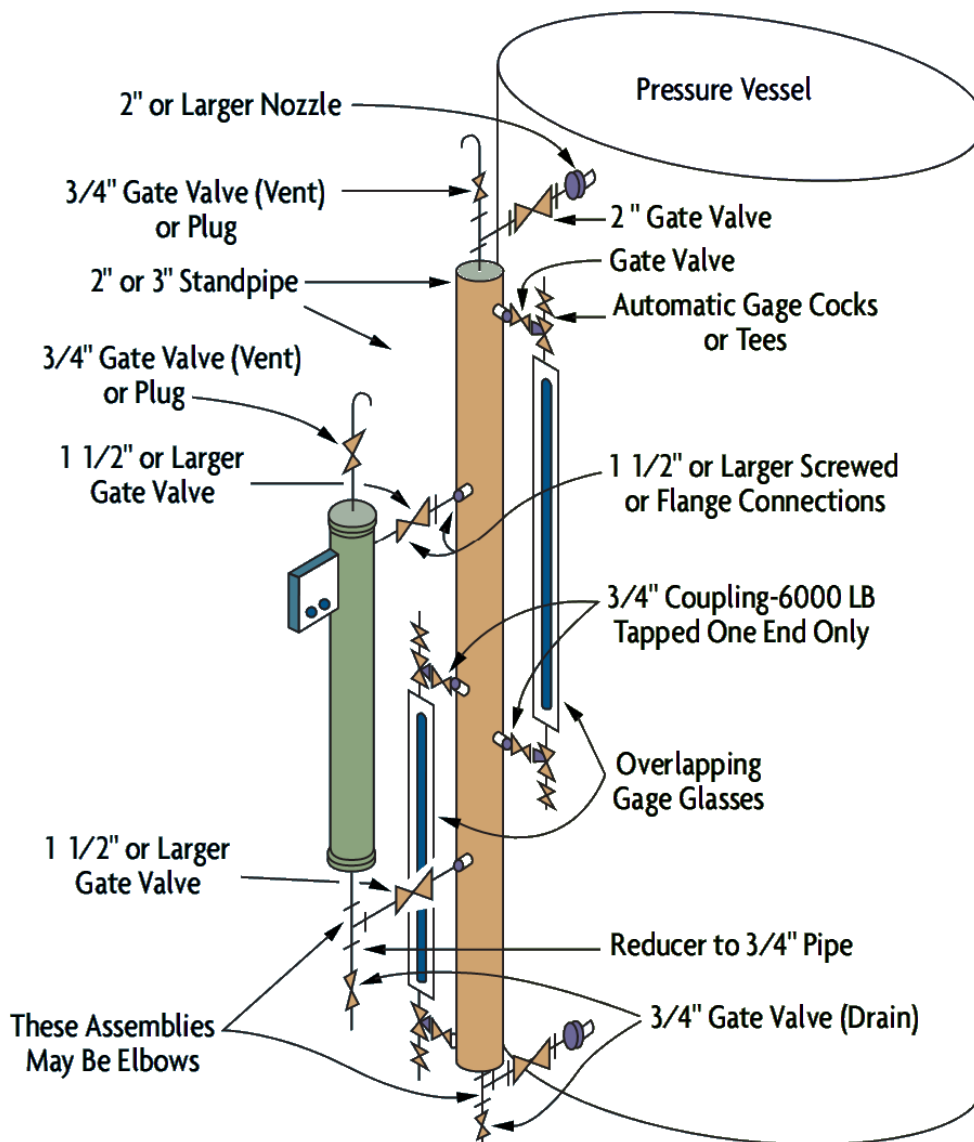


## 7 UN PEU DE P&ID

Principe	Symbolisation	Principe	Symbolisation	Principe	Symbolisation
Systèmes à flotteur		Mesures de pression bulle à bulle		Mesures radars guidées	
Sondes capacitives		Mesures de pression hydrostatique		Mesures par rayons γ	
Palpeurs		Mesures à ultrasons Mesures radar		Systèmes optiques	
Sonde conductivité		diaphragme		Laser	
Systèmes visuels		Thermique		Lames vibrantes	



## 8 UN EXEMPLE D'INSTALLATION



## 9 RESSOURCES

« Instrumentation industrielle » M. Grout DUNOD

« Carnet du régleur » Valance Editions

CD Rosemount 2002

<http://www.as-schneider.com/>

<http://www.omega.com/literature/transactions/volume4/>

<http://books.google.fr/> (faire une recherche avec : process measurement level liptak)

<http://www.sensormag.com/sensors/Archives/static/detail/429413>

<http://www.metromedia-online.com>

« Radar level measurement » Te user's guide Peter Devine VEGA Editions

« Mesures » disponible au CDI et certains articles sur <http://www.mesures.com>

Techniques de l'ingénieur Série R « mesures & contrôle » disponible au CDI

Sites de fabricants : Emerson, Vega , Endress-Hauser, Omega ...



## 10 SOMMAIRE

1	OBJECTIFS GENERAUX DE LA MESURE .....	1
1.1	Le produit .....	1
1.2	Limites de la définition du niveau.....	1
2	OU MESURER LE NIVEAU.....	1
3	POURQUOI MESURER LE NIVEAU.....	2
3.1	Simple détection ou mesure continue .....	2
3.2	Que faire de la mesure de niveau .....	2
3.2.1	Signalisation .....	2
3.2.2	Commande .....	2
3.2.3	Régulation .....	3
3.2.4	Interface avec les systèmes.....	3
4	BILAN .....	3
4.1	Bilan des contraintes techniques du CCF.....	3
4.2	Bilan des technologies sur le marché.....	4
5	COMMENT MESURER LE NIVEAU ?.....	4
5.1	Famille des systèmes visuels directs.....	4
5.1.1	Lecture au travers de la paroi .....	5
5.1.2	Jauge graduée .....	6
5.2	Famille des systèmes mécaniques.....	7
5.2.1	Palpeur électromécanique .....	7
5.2.2	Systèmes à flotteur .....	8
5.2.3	Détecteur à palette rotative .....	10
5.2.4	Détecteur à membrane .....	10
5.2.5	Détecteur pendulaire .....	11
5.3	Famille des systèmes statiques, en contact avec le produit.....	11
5.3.1	Sonde à conductance.....	11
5.3.2	Sonde capacitive.....	12
5.3.3	Pression hydrostatique .....	14
5.3.4	Bulle à bulle .....	17
5.3.5	Vibronique .....	18
5.3.6	Plongeur .....	19
5.3.7	Systèmes optiques .....	20
5.3.8	Dissipation thermique .....	20
5.3.9	Systèmes par ondes guidées .....	21
5.4	Famille des systèmes statiques, sans contact .....	21
5.4.1	Système par ondes sonores et ultrasonores .....	21
5.4.2	Système à micro-ondes .....	23
5.4.3	Système à radio-isotopes .....	25
5.4.4	Radar à ondes guidées.....	26
5.5	Famille de systèmes indirects.....	27
5.5.1	Pesage .....	27
6	QUI SUPPORTE QUOI .....	28
7	UN PEU DE P&ID .....	29
8	UN EXEMPLE D'INSTALLATION.....	30
9	RESSOURCES.....	30
10	SOMMAIRE .....	31