

Mesure de niveau

La mesure de niveau est une mesure continue, c'est-à-dire que le capteur et son conditionneur délivrent un signal proportionnel au niveau de liquide dans le réservoir. À chaque instant, l'opérateur connaît exactement le volume du liquide (ou le volume encore disponible dans le réservoir).

Mesure par pesage

Il s'agit du plus ancien principe de mesure de niveau sans contact. Ce principe est toujours utilisé aujourd'hui à cause de sa précision pour la détermination de la masse du produit dans le réservoir.

Principe

Le réservoir est pesé. Le signal de sortie est directement proportionnel au poids mesuré. Il s'agit d'une mesure indirecte.

On a :

$$P = M_r \cdot g + M \cdot g = (M_r + r \cdot V) \cdot g$$

avec :

- M_r , masse du réservoir vide (kg)
- M , masse de liquide (kg)
- V , volume de liquide (m^3)
- r , masse volumique du liquide ($kg \cdot m^{-3}$)
- g , gravité

Dans le cas où la masse volumique du liquide est constante, la mesure est linéaire.

La précision de la mesure de la masse M de produit est bonne à condition que cette masse M soit supérieure ou de l'ordre de la masse M_r du réservoir.

Avantages

- La mesure s'effectue sans contact direct avec le produit ou sa vapeur. Cela implique que ce système de mesure est adapté aux liquides corrosifs, moussants,... et aux solides, quelle que soit leur granulométrie.
- La mesure de masse est très précise (incertitude globale $\pm 0,05\%$ à $\pm 0,1\%$) à condition que cette masse M soit supérieure ou de l'ordre de la masse M_r du réservoir.

Inconvénients

- Les variations de la masse volumique du produit modifient la mesure de niveau
- La mesure est sensible aux vibrations (ex : cas d'un réservoir avec agitateur)
- Ce type de mesure a un coût élevé
- Il est indispensable de procéder à une tare (réglage du zéro) avant toute mesure.

Méthodes hydrostatiques

Les méthodes hydrostatiques concernent toutes les mesures de niveau dont l'information fournie est une fonction continue de la hauteur de liquide.

Mesure par flotteur

Principe

Un flotteur, qui se maintient à la surface du liquide, est solidaire d'un capteur de position analogique (ex : potentiomètre) ou numérique (ex : roue codée). Ce capteur va délivrer un signal électrique proportionnel au niveau.

Il s'agit d'une mesure directe du niveau : c'est une hauteur ou un déplacement qui est mesuré.

Avantages

- Il s'agit d'une mesure directe de la hauteur du liquide et elle ne dépend pas de sa masse volumique
- Sur une grande étendue de mesure (plusieurs mètres), la mesure est précise.
- Dispositif simple et peu coûteux

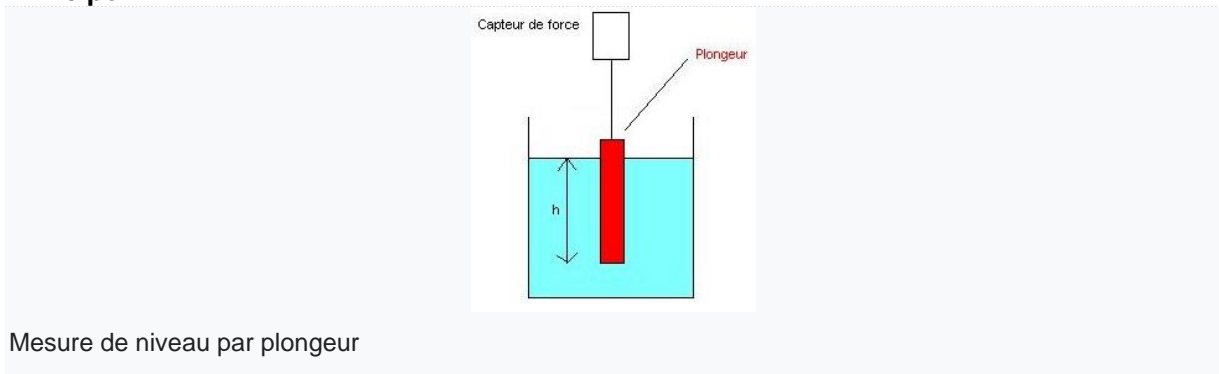
Inconvénients

- Ce type de mesure ne convient qu'aux liquides
- Sur une étendue de mesure inférieure à 1 mètre, précision de quelques millimètres (soit $\pm 0,5\%$)
- Le flotteur est en contact direct avec le liquide : les produits corrosifs sont donc à exclure
- la mesure est très sensible aux perturbations à la surface du liquide (vague, remous,...)
- Il est nécessaire d'entretenir régulièrement le système

Mesure par plongeur

Ce dispositif de mesure est basé sur le principe d'Archimède. Il a eu un grand succès dans le passé et est encore présent dans un grand nombre d'installations industrielle ; toutefois, ce dispositif perd du terrain actuellement au profit des dispositifs sans contact.

Principe



Mesure de niveau par plongeur

Un cylindre est immergé verticalement dans le liquide contenu dans le réservoir. La hauteur de ce plongeur doit au moins être égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir.

Le plongeur est suspendu à un capteur dynamométrique. Le capteur va mesurer une force F , égale à la différence entre le poids propre du plongeur et la force de poussée d'Archimède.

On a donc : $F = P - \rho \cdot g \cdot S \cdot h$

Avec :

- F , poids apparent
- P , poids du plongeur
- ρ , densité du liquide
- g , accélération de la pesanteur
- S , aire de la section du plongeur

Avantages

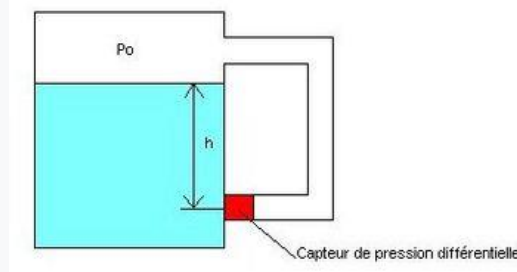
- Bonne précision
- la loi est linéaire
- La mesure n'est pas influencée par les modifications de surface du liquide (mousses,...)

Inconvénients

- Le plongeur est en mouvement et en contact avec le liquide.
- S'il y a des dépôts sur le plongeur, cela fausse la mesure.
- La mesure est modifiée par les mouvements du liquide.
- La mesure n'est valable que pour les liquides
- Le coût d'achat et d'entretien est important.

Mesure par un capteur de pression différentielle

Principe



Mesure de niveau par capteur de pression différentielle

On place un capteur de pression différentielle à la base du réservoir.

La pression mesurée par le capteur est égale à : $P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$

Avec :

- P_0 , pression au sommet du réservoir
- $\rho \cdot g \cdot h$, pression hydrostatique
- h , hauteur du liquide
- ρ , densité du liquide
- g , accélération de la pesanteur

Quelques précisions sur le capteur :

- Le corps d'épreuve du capteur est une membrane, soumise sur l'une de ses faces à la pression P et sur l'autre à la pression P_0 .

La déformation de la membrane est proportionnelle à la hauteur h .

Avantages

- Petit encombrement
- Pas ou peu de soucis dus à l'implantation du dispositif
- Possibilité d'utiliser un agitateur dans le réservoir car la mesure est complètement indépendante des mouvements du liquide.
- coût raisonnable
- grande étendue de mesure (quelques cm à plusieurs dizaines de m)
- loi linéaire et bonne précision

Inconvénients

- Contact entre l'appareil de mesure et le liquide
- Le dispositif n'est valable que pour des liquides

Détection de niveau

La détection de niveau est une mesure binaire, c'est-à-dire que le capteur délivre une information binaire indiquant si le niveau seuil défini est atteint ou pas. La détection de niveau ne permet donc pas de connaître le volume de liquide contenu dans le réservoir, mais permet de savoir si le liquide a atteint un seuil.

La détection de niveau haut va permettre de stopper un remplissage afin d'éviter que le réservoir ne déborde.

La détection de niveau bas va permettre de stopper l'extraction du produit, ce qui permet de garder un volume minimum dans le réservoir.

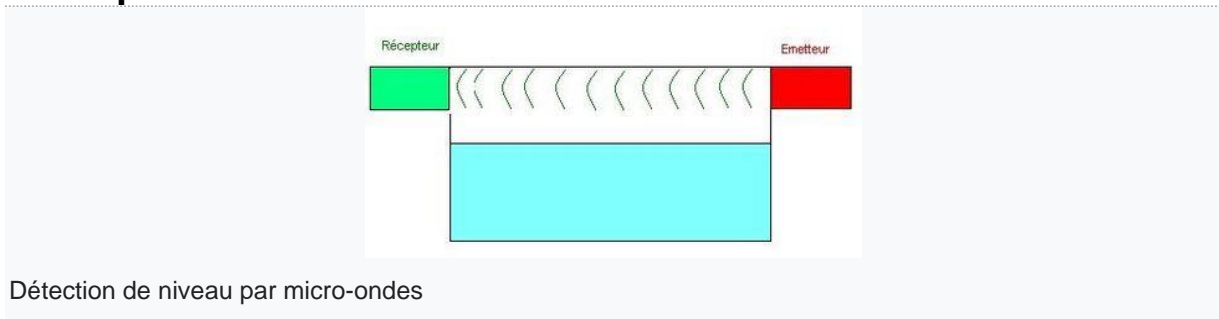
L'association d'une détection de niveau haut et d'une détection de niveau bas permet d'automatiser le remplissage et le vidage des réservoirs.

Les détecteurs de niveau sont des systèmes ayant en général un coût moins élevé que celui des dispositifs de mesure continue. Cependant, ce sont des systèmes très fiables car la sécurité des personnes et des installations reposent très souvent sur eux.

Les détecteurs de niveau délivrent un signal électrique lorsque le niveau atteint un seuil haut ou bas. Ils servent en général à fournir un signal d'entrée aux systèmes d'alarme ou d'arrêt, aux automates programmables, aux circuits logiques à relais ou aux simples signalisations sonores ou visuelles.

Détection par micro-ondes

Principe



Le rayonnement utilisé est électromagnétique, du domaine hyperfréquence (plusieurs GHz). Le faisceau d'ondes électromagnétiques est émis selon un axe horizontal.

Lorsque le produit s'interpose entre l'émetteur et le récepteur, le signal reçu par le récepteur est fortement atténué. Le circuit de traitement du signal change alors l'état de la valeur binaire de sortie.

La vitesse de propagation dans le volume gazeux situé au-dessus du liquide correspond à la vitesse de la lumière. Par conséquent, le temps de propagation de l'onde est quasiment indépendant de la nature du gaz, de sa température ou de sa pression : Ce qui est l'intérêt majeur de cette technique !

Le générateur est une diode de Gunn, de fréquence d'oscillation quelques GHz. Cette diode émet des paquets d'ondes de fréquence de répétition quelques kHz.

Le récepteur est une diode Schottky.

Avantages

- Ce dispositif permet une mesure sans contact.

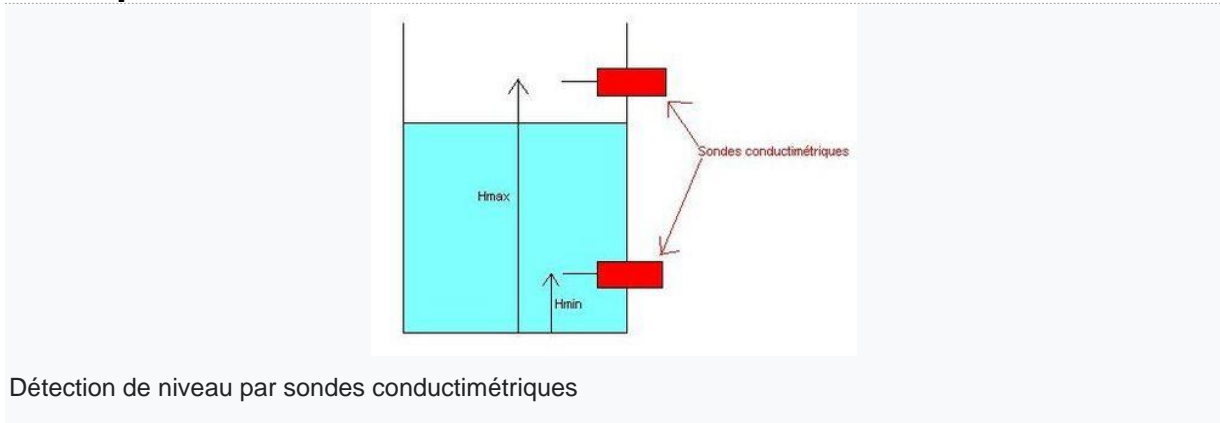
- Quasiment aucun entretien n'est nécessaire
- Cette méthode n'est pas influencée par les poussières ou vapeur
- Cette méthode convient aussi bien pour les liquides que les solides (poudre, granulés, vrac)
- La résolution est de l'ordre du mm

Inconvénients

- Les micro-ondes traversent le plastique, ce dispositif ne convient donc pas pour les produits plastiques.

Détection par sonde(s) de conductivité

Principe



Ce dispositif n'est utilisable qu'à la seule condition que le liquide dont on souhaite détecter le niveau soit conducteur (conductance minimale de l'ordre de $50 \mu\text{S}$), non corrosif et qu'il n'ait pas en suspension une couche isolante (ex : huile).

Plusieurs sondes sont placées horizontalement aux niveaux seuils souhaités.

Lorsque le niveau monte, le liquide arrive en contact avec la sonde. Un courant électrique s'établit alors, indiquant que le liquide vient d'arriver au niveau seuil.

Avantages

- Cette technique est simple et facile à mettre en œuvre.
- Son coût est modéré
- La détection de niveau est indépendante des caractéristiques physiques du produit

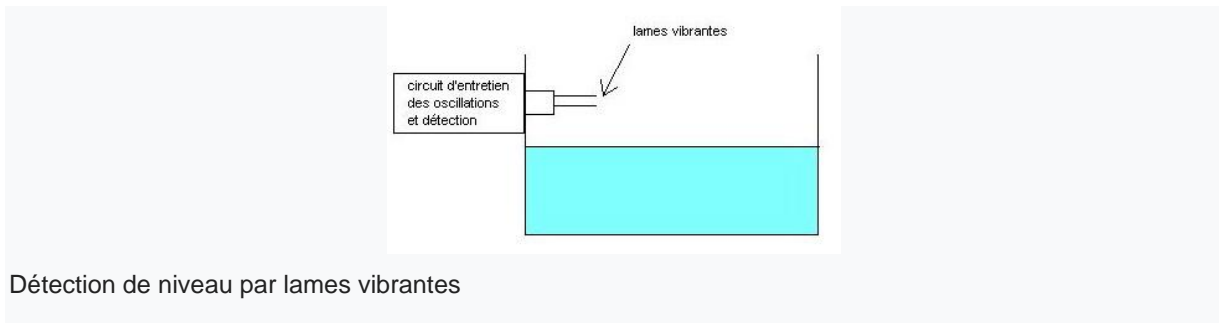
Inconvénients

Les conditions d'utilisation de cette technique dépendent du produit qui doit être :

- conducteurs électrique (eau, acides, solutions)
- peu corrosifs car cela détruit les électrodes
- peu chargé de particules susceptibles de se déposer.

Détection par lames vibrantes

Principe



Détection de niveau par lames vibrantes

Le dispositif est constitué des deux lames métalliques parallèles, fixées sur une membrane métallique. Les lames sont portées à leur fréquence de résonance (par effet piézoélectrique). La fréquence de résonance est choisie de manière à éviter toute perturbation de la fréquence du secteur (50 Hz).

Lorsque le produit arrive en contact avec les lames, la fréquence et l'amplitude de celles-ci sont diminuées. Un circuit électronique détecte ces variations et les traduit en un changement de signal de sortie "TOUT ou RIEN".

Remarque : les lames peuvent aussi bien être montées verticalement qu'horizontalement.

Avantages

Ce montage convient :

- aux liquides : même visqueux , assez corrosifs ou assez chargés de particules solides
- aux solides : en poudre, en grain (jusque 10 mm)

Ce dispositif est peu encombrant, robuste et quasiment sans entretien et sans usure.

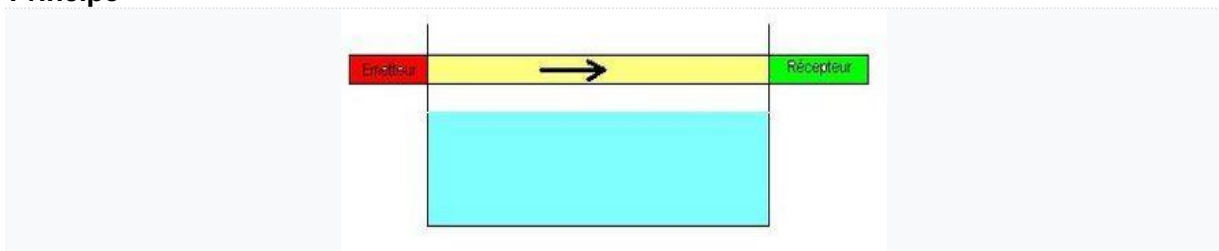
Inconvénients

- Les lames sont en contact avec le produit
- Les fluides très corrosifs ou très chargés de particules solides sont à exclure
- La pression maximale de service est limitée.

Détecteurs de niveau optiques

Ancien principe

Principe



Détection de niveau par méthode optique

Une lampe émet horizontalement un faisceau lumineux étroit et directif. Ce faisceau lumineux est détecté par une cellule photoélectrique.

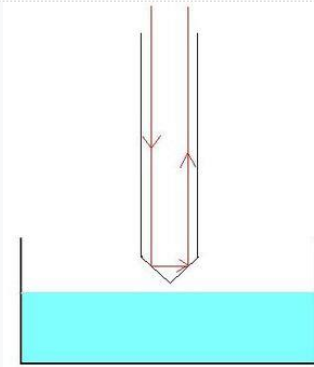
Lorsque le niveau monte, le faisceau lumineux traverse le liquide (transparent ou non). L'intensité lumineuse reçue est donc diminuée.

La plupart du temps, l'émetteur est une diode électroluminescente, choisie pour la faible puissance électrique dont elle a besoin.

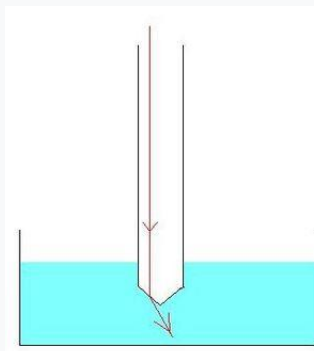
Le récepteur est une photorésistance, un phototransistor ou une cellule photoémissive.

Par fibre optique

Principe



Détection de niveau par fibre optique - le niveau seuil n'est pas atteint



Détection de niveau par fibre optique - le niveau seuil est atteint

Il est nécessaire que l'indice de réfraction du liquide soit différent de celui de l'air.

Lorsque le niveau est bas, le rayon lumineux incident est réfléchi à l'extrémité de la fibre optique et est détecté à sa sortie.

Lorsque le niveau est haut, le rayon incident est réfracté dans le liquide.

Quand le détecteur de sortie ne détecte plus le rayon lumineux en sortie, cela signifie que le niveau seuil est atteint.

Avantages

- Les méthodes de détection de niveaux optiques sont simples et faciles à mettre en œuvre.
- ce sont des dispositifs économiques

Inconvénients

- Ces dispositifs ne sont pas adaptés aux liquides agités, avec mousse ou comportant des particules solides (donc susceptibles de se déposer).
- Les méthodes optiques ne sont valables que dans des atmosphères pas trop denses ni changeantes.
- Un entretien régulier est indispensable.
- La température d'utilisation est limitée.