

V MESURE DE NIVEAU

Dans tous les secteurs de l'industrie, on a besoin de mesurer des niveaux pour évaluer des stocks de matière et, plus généralement, pour évaluer des quantités de matière (niveaux des réservoirs de stockage pour l'industrie pétrolière, chimique ou agro-alimentaire,...), pour s'assurer des conditions normales de fonctionnement d'un système (niveau de remplissage d'une cuve de mixage, niveau dans le ballon d'eau chauffée pour une chaudière, niveau d'eau dans le réacteur d'une centrale nucléaire...).

Les applications des mesures de niveau sont extrêmement diversifiées, et les contraintes imposées sur l'appareil de mesure sont nombreuses et variées :

- ✓ Les produits sont souvent liquides, mais ils peuvent aussi être solides ou gazeux.
- ✓ Pour certains de ces produits, les conditions de sécurité sont essentielles. Les mesures de niveaux demandent alors une grande précision, ou elles nécessitent des matériels qui ne risquent pas de provoquer une explosion (étincelle électrique).
- ✓ Il y a des applications où on évitera de devoir utiliser un capteur qui entre en contact avec le produit dont on mesure le niveau (verre en fusion, liquide fortement corrosif, par exemple...).
- ✓ Les fluides dont on mesure le niveau risquent plus ou moins d'encrasser la partie active (sensible) du capteur, par dépôt de poussière, par cristallisation, etc.

METHODES DE MESURE DE NIVEAU

Les méthodes de mesure et de détection de niveau les plus usitées peuvent être classées en trois familles à savoir : les méthodes hydrostatiques, les méthodes électriques et les méthodes sans contact.

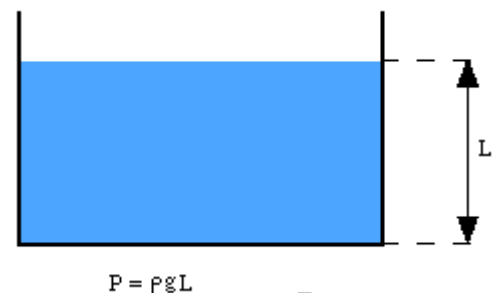
Quoi que, on peut citer en premier lieu **l'observation visuelle** qui est la méthode la plus simple pour évaluer un niveau dans une cuve. Comme son nom l'indique, elle consiste à constater visuellement le niveau à travers une fenêtre étanche disposée, par exemple, dans la paroi de la cuve ou dans une colonne disposée en dérivation, à la verticale le long de la cuve.

1. Méthodes hydrostatiques

Ces méthodes sont applicables aux liquides et le paramètre mesuré est une fonction de la hauteur

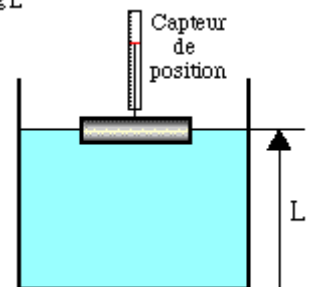
1.1. Rappel de physique

Dans un liquide homogène, en équilibre, la pression est la même en tout point d'un même plan horizontal. Ainsi la pression relative au fond du 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 ρ du liquide.



1.2. Flotteur

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



1.3. Plongeur

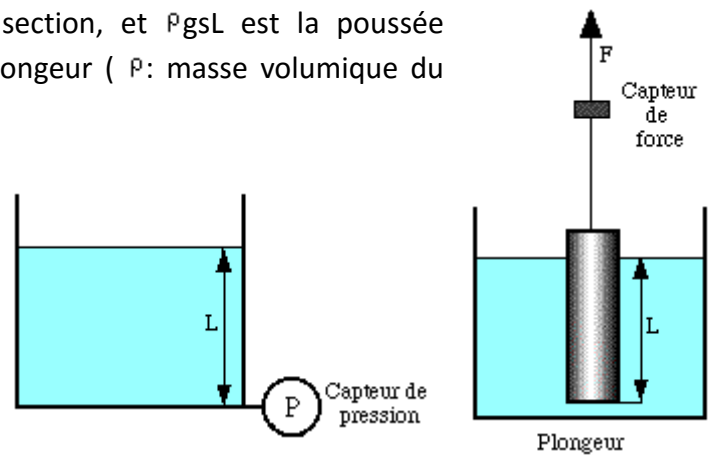
Le plongeur est un cylindre immergé dont la hauteur est au moins égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir. Il est suspendu à un capteur dynamométrique qui se trouve soumis à une force F (le poids apparent), fonction de la hauteur L du liquide : $F = P - \rho g L$

où P est le poids du plongeur, s est l'aire de sa section, et $\rho_{\text{gs}}L$ est la poussée d'Archimède s'exerçant sur le volume immergé du plongeur (ρ : masse volumique du liquide, g : accélération de la pesanteur).

1.4. Mesure de pression

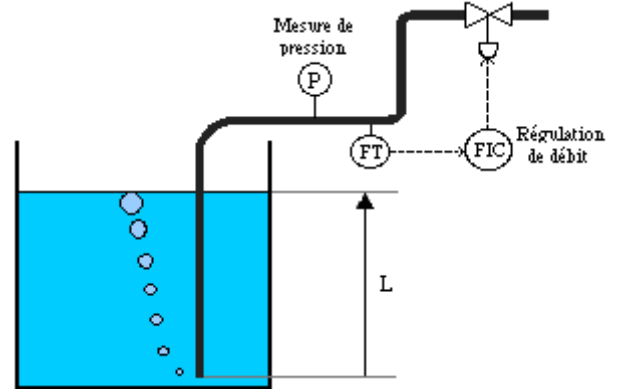
1.4.1 Principe de fonctionnement

Le capteur de pression mesure la pression relative au fond du réservoir. Cette pression est l'image du niveau L du liquide : $L = P / \rho g$



1.4.2 Mesure de niveau à bulles

Le bullage. Peu onéreuse, la technique du “bullage” est très utilisée. La précision obtenue sur la mesure de niveau est de l'ordre de 0,1% de la pleine échelle. Le principe est simple. Un tuyau plonge verticalement dans le liquide. A son extrémité supérieure (qui dépasse de la surface du liquide), on insuffle de l'air. Lorsque la pression à l'autre extrémité atteint (et dépasse légèrement) la pression du liquide, des bulles d'air commencent à sortir du tuyau (et remontent dans le liquide). On règle (et mesure) la pression pour rester à cette limite. On déduit la mesure de niveau de la mesure de pression (par calcul si le manomètre n'est pas gradué en niveaux). Ce dispositif s'appelle *bulle à bulle*, ou *sonde pneumatique*, ou encore *jauge hydrostatique*.

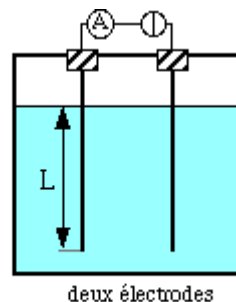


2. Méthodes électriques

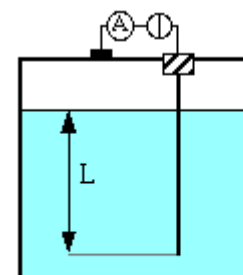
Ce sont des méthodes employant des capteurs spécifiques, c'est à dire traduisant directement le niveau en signal électrique. Leur intérêt réside dans la simplicité des dispositifs et la facilité de leur mise en œuvre.

2.1. Capteurs conductimétriques

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



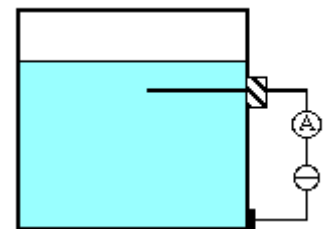
deux électrodes



une électrode et un réservoir métallique

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.

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. Cette méthode 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).



2.2. Capteurs capacitifs

Lorsque le liquide est isolant, un condensateur est réalisé soit par deux électrodes cylindriques, soit par une électrode et la paroi du réservoir si celui-ci est métallique. Le diélectrique est le liquide dans la partie immergée, l'air en dehors. L'implantation des électrodes pour mesure en continu ou en détection s'effectue comme pour le capteur conductimétrique.

La mesure ou la détection de niveau se ramène à la mise en variation de capacité qui est d'autant plus importante que la constante diélectrique ϵ_r du liquide est supérieure à celle de l'air ; on prend généralement comme condition d'emploi de la méthode $\epsilon_r > 2$. Dans le cas d'un liquide conducteur, on utilise une seule électrode recouverte d'un isolant qui constitue le diélectrique du condensateur dont l'autre est formée par le contact du liquide conducteur.

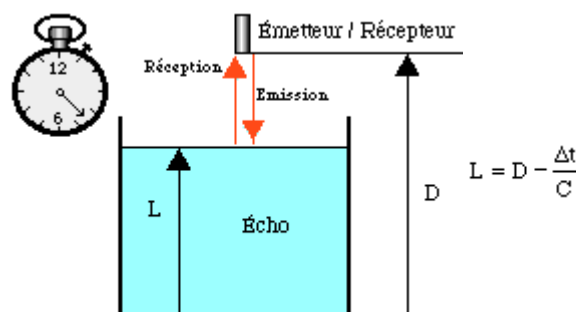
3. Méthodes sans contact

Ces méthodes, permettant une précision de 2 à 3 mm, sont applicables à tous types de produits et s'appuient sur l'interaction d'un rayonnement (optique, sonique, ultrasonique, radioactif, radioélectrique) avec le produit. Elles sont appréciées pour les produits en vrac, les produits corrosifs, les réservoirs sous haute pression et/ou haute température.

3.1. Ondes acoustiques

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'ondes acoustiques qui après réflexion sur la surface du liquide retournent vers le transducteur qui les convertit en signal électrique.

L'intervalle de temps Δt séparant l'émission de la réception du train d'ondes réfléchi est proportionnel à la distance du transducteur à la surface du liquide : il est donc fonction du niveau.

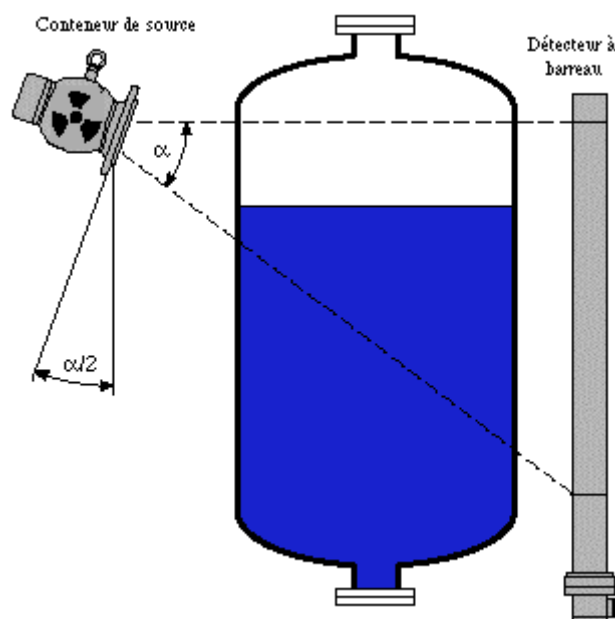


3.2. Radar

Le principe de fonctionnement est le même que celui des ondes acoustiques. Celles-ci sont alors remplacées par des ondes électromagnétiques qui présentent l'avantage d'avoir une vitesse indépendante de la composition du gaz traversé, de sa température, de sa pression et de sa densité.

3.3. Absorption de rayonnement gamma

La source et le détecteur sont placés à l'extérieur, de part et d'autre du réservoir ; cette disposition est particulièrement adaptée au cas de liquides très corrosifs ou sous haute pression ou à haute température. La source est un émetteur gamma. Le détecteur est soit une chambre d'ionisation soit un ou plusieurs tubes Geiger-Muller. La mesure est fiable et sans contact, indépendante des conditions 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.

4. 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	-	-	-	-	-	+	+	+
Pression maxi (bar)	4	4	350	500	500	3	64	1000
Température maxi (°C)	100	100	250	500	500	95	250	600