

LA MESURE DE NIVEAU DANS LES LIQUIDES



Comme tous produits, des liquides sont stockés et gérés sur tous les sites de production de l'industrie dite de process. En effet ces sites industriels possèdent au moins une

cuve ou un réservoir pour stocker par exemple des matières premières ou un produit fini sous forme liquide. Ainsi, la mesure de niveau est un complément indispensable à ces installations pour une gestion précise de ces produits. C'est pourquoi nous vous proposons un tour d'horizon des technologies au service de vos mesures de niveau.

Qu'attendent les industriels de la mesure de niveau ?

L'optimisation de la gestion du stockage de liquides et donc de la mesure de niveau est une problématique présente sur bon nombre de sites industriels. Que ce soit du stockage de matières premières, de produits finis, voire de déchets de production en attente de traitement, la mesure de niveau continue devient indispensable. A cela il faut encore ajouter les exigences de productivité, de

traçabilité ou encore de sécurité des personnels et de protection de l'environnement qui font que l'industriel a besoin de savoir à chaque instant ce qu'il a précisément dans sa cuve. Le temps où l'on évaluait le contenu de sa cuve « à la louche » est bien révolu !

Par ailleurs, les process évoluent et les conditions de mesure de niveau sont toujours de plus en plus difficiles. De leur côté les constructeurs ont depuis longtemps

investi en recherche et développement pour offrir au marché des capteurs de mesure de niveau de plus en plus performants. En effet, aussi évident que cela puisse paraître, on attend avant tout d'un capteur de niveau qu'il donne une mesure fiable. Bien entendu, pensez-vous ? Pas tant que ça, combien de mesures de niveau approximatives faute de mieux en raison de hautes températures, mousses, faibles constantes diélectriques, produits colmatants et bien d'autres encore ? Si l'industrie ne peut se passer de capteurs de niveau, elle n'en exige pas moins un perfectionnement permanent qui repousse les limites, voire même ouvre de nouvelles perspectives.



Le capteur idéal ?

Ces dernières années les technologies de mesure de niveau ont connues un grand nombre d'améliorations, voire d'innovations comme en particulier avec l'arrivée en 1990 du capteur de niveau radar, puis en 1997 du radar filoguidé (TDR). Mais alors, y a-t-il un capteur de niveau idéal ?

Il n'y pas de réponse toute faite. Le plus important quand on veut une mesure de niveau, c'est d'avoir une mesure fiable ensuite tout dépend de l'application : du produit mesuré, de la géométrie de la cuve, de l'environnement dans lequel sera installé le capteur de niveau. On différencie les systèmes mesurant la masse (le poids) de ceux mesurant le volume, et les systèmes mécaniques des systèmes électroniques. Par conséquent, le choix est facteur des caractéristiques de l'application et du résultat ou plus exactement de l'unité de mesure que l'on veut obtenir. Mesurer la hauteur et afficher le poids, c'est exiger un peu plus du système qu'une simple variation de niveau.

Une vue détaillée sur les différents principes de mesure de niveau

1. Capacitif / Admittance

Ce principe se base sur la variation de capacité d'un condensateur, laquelle est liée à



la variation du matériau (diélectrique) placé entre ses deux armatures. Dans une cuve métallique, ce condensateur est formé par la sonde de mesure (tige ou câble) et par la paroi. Dans une cuve plastique, il faut en plus de la sonde de mesure de

référence, dont la construction est fonction de l'application. La variation de niveau du produit dans la cuve génère une variation de diélectrique, donc de la capacité du condensateur qui mesurée, est représentative du niveau. Le condensateur ne fonctionne que si les deux éléments sont complètement isolés l'un de l'autre. En mesurant des produits conducteurs, la tige ou le câble de la sonde est revêtu d'un isolateur, préservant ainsi la fonction du condensateur. Le téflon par exemple est un très bon matériau isolant. La mesure est linéaire si les deux parties du condensateur sont installées parallèlement. Bien entendu, la constante diélectrique du produit mesuré ne doit pas varier.

Ce principe peut rencontrer de sérieuses difficultés avec des produits chargés et colmatants. Toutefois, il existe aujourd'hui des électroniques spéciales, capables de tenir compte des variations de capacité mais aussi de la partie résistive d'un éventuel colmatage sur la tige qui est ainsi compensé (mesure de l'admittance). Aucune erreur n'est causée par les colmatages électriquement non-conducteurs.

2. Plongeur immergé / tube de torsion

Ce dispositif de mesure de niveau a eu un grand succès dans le passé. On le retrouve encore sur de nombreux sites industriels, car son fonctionnement et sa maintenance, bien que souvent assez lourde, est bien maîtrisée. Mais ce principe est en perte de vitesse par rapport aux systèmes de mesure de niveau actuels comme le radar.

Un corps non-flotteur est suspendu dans la cuve à une balance. Ce corps plongé dans une cuve remplie substitue le volume correspondant à sa partie immergée dans le liquide et décharge la balance du poids du liquide substitué. Le corps doit être aussi long que la plage de mesure. Son utilisation n'est donc par recommandée pour des cuves de grande hauteur.

Par sa méthode de détection purement mécanique, ce principe est toutefois très avantageux dans les cuves à hautes températures et hautes pressions.

3. Flotteur suiveur

C'est l'un des plus anciens principes de mesure de niveau utilisés. La conception est simple, un flotteur qui contrairement au plongeur ne coule pas, mais flotte à la surface du liquide, suit celle-ci dans ses déplacements. Un câble, guidé par des poulies et maintenu tendu par un contrepoids, transmet le déplacement du flotteur à un index dont la position est lue sur une règle graduée en hauteur de liquide. Ce dispositif sensible aux vagues et remous de la surface est plutôt destiné à la mesure de niveau de liquides non-agités. Il demande aussi un certain entretien lié à l'usure mécanique, la corrosion et les dépôts.

4. Mesure de pression hydrostatique

C'est l'un des principes de mesure de niveau les plus utilisés. Il s'agit d'une mesure indirecte: on mesure la pression hydrostatique exercée par la colonne du liquide contenu dans le réservoir. Pour ce faire un capteur de pression mesurant la pression statique du liquide est monté en bas de cuve ou immergé en version pendulaire du haut.

La partie sensible d'un capteur de pression est ce qu'on appelle une membrane, c'est à dire un élément qui a la capacité de se déformer. Lorsqu'on installe un capteur de pression en pied de cuve, le poids exercé par

la colonne de liquide déforme la membrane. Cette déformation est mesurée par le capteur et transformée en signal électrique pour donner une mesure de pression. En connaissant la masse volumique du produit, donc sa densité, on peut alors connaître la hauteur de produit et avoir une mesure de niveau. Cette caractéristique montre également la limite du principe qui est plutôt adapté à des mesures de niveau sur des produits à densité constante et bien déterminée. Par contre, cette mesure n'est pas influencée par l'ébullition, les mousses ou les vagues à la surface du liquide

Les membranes : il en existe de deux types, des membranes métalliques ou céramiques, le choix dépend évidemment de l'application donnée.

La cellule de mesure métallique sèche résiste mieux aux chocs de température et offre une résistance aux surcharges jusqu'à 25 fois la plage de mesure ! Voici une caractéristique importante dans le cas des faibles plages de mesure, inférieures à 1 bar, pour lesquelles on atteint facilement des pressions plus élevées. Au delà de 100°C, on utilise une cellule métallique sèche pouvant tenir à plus de 200°C, pour des températures encore supérieures on utilise des séparateurs. En effet, bien que la cellule supporte ces hautes températures au delà de 200°C, l'électronique, obligatoirement logée très près derrière la membrane n'y résisterait pas. Les signaux de mesure ne permettent pas encore la pose de longs câblages. Les membranes métalliques sont également proposées dans des aciers spéciaux et ont une résistance chimique différente de la céramique.

La cellule céramique, quant à elle, est robuste, arasante et sans fente. Elle est extrêmement précise (< 0,1%). Aujourd'hui les membranes céramiques existent même dans les petites tailles à partir de 1/2", de plus leur système d'étanchéité radiale permet d'avoir une exécution 100% arasante avec un joint parfaitement protégé. De fait, dans le recyclage du papier par exemple, toutes les déchets métalliques contenus dans la pâte à papier n'endommagent pas le joint.



A 0,1 bar, la résistance aux surcharges est de 80 fois la plage, à 1 bar encore 10 fois, et à partir de 10 bar de 2,5 fois. Les cellules de mesure sont très fiables en présence de faibles pressions.

La résistance à la dépression est simple à définir. La pression négative supportée sans dommage par les deux technologies est aussi grande que la plage de mesure.

5. Mesure de pression différentielle

Ce qui a été dit précédemment sur les membranes est valable ici également. Les domaines d'application sont les applications à hautes pressions : pression relative dans des réacteurs, gaz inertes mais aussi cuves sous pression ou sous vide.

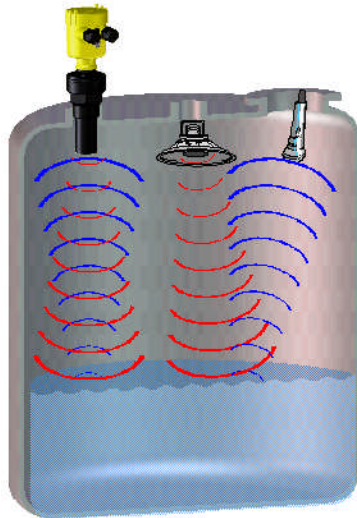
Les liquides dépassant 350°C peuvent être mesurés avec des séparateurs. La cellule de mesure proprement dite est de fait déportée dans ce cas dans un endroit plus favorable. Le liquide tampon des séparateurs doit être choisi en fonction du type de mesure. Dans des lieux froids par exemple, l'huile s'épaissira et une transmission ne sera plus possible. Les erreurs dues à des variations de température peuvent être évitées en posant les deux capillaires de liaison avec un soin tout particulier, ces deux lignes devant rester à la même température. Des membranes de séparation à grand diamètre peuvent égaliser une partie de la dilatation du volume dans l'huile et ainsi minimiser les sources d'erreurs.

6. Ultrasons

Ce principe de mesure de niveau est fondé sur la mesure du temps aller-retour d'une onde ultrasonique, après réflexion à la surface du produit (écho). Des impulsions acoustiques sont émises et reçues par des transducteurs : ceux-ci sont munis d'oscillateurs à disques piézo-électriques plus ou moins sophistiqués selon la distance de mesure et la capacité du produit à réfléchir le son. On sait par expérience que les surfaces dures offrent de bonnes propriétés de réflexion des ondes acoustiques tandis que les surfaces non-rigides les absorbent. On ressent la dureté d'un liquide lors d'un plongeon manqué de 3m au moment de l'impact sur l'eau. Les ondulations de la surface sont compensées par le traitement du signal.

Plusieurs caractéristiques influencent la propagation des ondes acoustiques (vitesse du son : 350m/s).

Tout d'abord la température du process, celle-ci est donc mesurée pour pouvoir compenser la mesure de niveau. La vitesse du son est également fonction de la densité du gaz, en effet certains gaz guident les ondes plus rapidement que



l'air d'autres plus lentement. Il est possible de compenser les erreurs du temps de propagation dues à des gaz divers ou mélangés, mais au prix d'importants efforts techniques. Dans la pratique on choisira dans ce cas plutôt la technologie radar. Les mousses quant à elles peuvent être détectées à partir d'une certaine densité. En présence de cuves encombrées générant des échos parasites, il y a possibilité de les mémoriser et de les éliminer. Pour ce qui est des agitateurs, le microprocesseur sait reconnaître et filtrer les échos en leur provenance. Ce procédé n'est toutefois pas recommandé en présence de vortex important dû à des agitateurs très rapides. Il n'est pas possible non plus de mesurer dans des cuves sous pression et à des températures >100°C.

Les ultrasons à plus hautes fréquences de 30 à 70 kHz ont une meilleure résolution de mesure, c'est avantageux pour de petites plages. Toutes les influences négatives telles que poussières, vapeurs, bruits, forte absorption, températures peuvent limiter la plage utile. En pratique une mesure de niveau jusqu'à 60m peut être réalisée.

L'avantage d'une mesure sans contact, rend les capteurs à ultrasons utilisables avec des produits très corrosifs, visqueux, colmatants et même solides en vrac, pulvérulents, granuleux.



7. Radar

Ce principe de mesure de niveau apparue depuis le début des années 1990 est en très forte progression ces dernières années. La mesure radar à impulsions est basée sur le même principe que l'ultrason, la différence se situant au niveau du type d'onde émise et détectée. Au lieu d'une onde ultrasonore, le radar utilise une onde électromagnétique à très haute fréquence (micro-onde) qui se propage à la vitesse de la lumière : 300.000 km/s. Cette onde immatérielle ne nécessite pas de support pour se propager, de fait cette mesure de niveau est largement insensible aux variations de température, pression, ciels gazeux, vapeurs, brouillards, poussières, bruits,...

Grâce aux derniers développements de cette technologie de mesure de niveau sans contact, les possibilités d'applications sont quasi-universelles. Il est aujourd'hui possible de mesurer tous les produits liquides, pâteux, corrosifs, colmatants, ou solides (pulvérulents ou granuleux) à partir d'une constante diélectrique de 1,4.

Des prolongements d'antennes cintrés peuvent également très bien guider les signaux radar vers le produit, même si le capteur est installé horizontalement sur la paroi de la cuve. Des prolongements en forme de « S » sont même possibles. Les antennes radar peuvent être refroidies à l'air ou au gaz. Avec de l'azote très froid, on arrive à refroidir suffisamment l'antenne pour mesurer l'acier liquide à plus de

1000°C. De même, il est possible d'installer un système de nettoyage de l'antenne comme pour la mesure de déchets biologiques où le lavage de l'antenne à l'eau bouillante est nécessaire toutes les 30 secondes pour éviter un colmatage de la graisse répandue par l'agitateur.

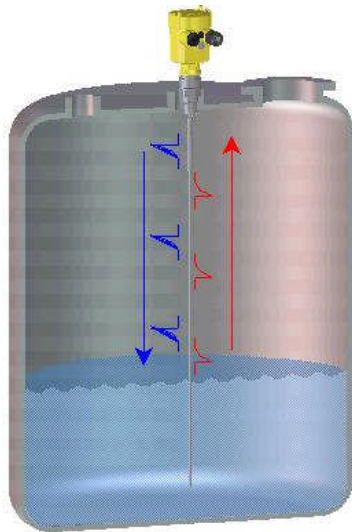
Un réservoir avec un toit en plastique (PVC, PP, PTFE,...) laissant passer l'onde sans trop l'affaiblir, permet d'effectuer une mesure avec le capteur placé à l'extérieur.

Un autre principe de mesure radar par modulation FMCW est aussi utilisé. Ce principe ne se base pas sur le temps de propagation mais sur une variation de fréquence. Il nécessite cependant une électronique plus complexe pour analyser et éliminer les échos parasites. De plus, l'onde étant émise en continu, la consommation

électrique est beaucoup plus importante. Ces capteurs radar ne sont donc souvent disponibles qu'en version 4 fils. Aujourd'hui certains capteurs radars FMCW avec mesure discontinue (une mesure par seconde) sont réalisables en technologie 2 fils.

8. Radar à impulsions guidées (TDR)

Ce procédé se base également sur la propagation d'ondes électromagnétiques mais celle-ci se déplacent le long d'un câble ou d'une tige. Lors de l'impact des ondes sur le produit à mesurer, une partie de l'énergie est



réfléchi vers l'émetteur. L'appareil mesure le temps de propagation de l'onde. De façon simplifiée, on peut dire qu'on utilise ici la mécanique du système capacitif en l'associant à l'électronique du radar.

Les avantages du radar à impulsions

guidées sont nombreux. Tout d'abord, le radar à impulsions guidées est insensible aux variations des caractéristiques du produit (masse volumique, température et pression), ce qui signifie qu'on peut changer la nature du produit dans la cuve. Le radar à impulsions guidées est également insensible aux mousses ou aux colmatages. De surcroît les ondes étant guidées, il peut être monté très près de la paroi de réservoir, voir dans des cuves très petites (< 1m) et encombrées sans être perturbé par des échos parasites. Sa mise en service est réduite au raccordement électrique puisque le capteur est déjà réglé en usine sur la longueur de sa tige ou de son câble. Il fonctionne sans pièce mécanique en mouvement donc sans usure et sans entretien.

Les dernières années, le développement de la technologie radar à impulsions guidées a permis également d'aller plus loin. Aujourd'hui, cette technologie permet également de mesurer l'interface entre deux liquides non-miscibles de densité différente. Et aussi grâce à des revêtements adaptés (PFA), le radar à impulsions guidées trouve aujourd'hui de nombreuses applications sur des produits agressifs. Muni d'un raccord hygiénique (clamp, SMS, union...), il est présent dans les secteurs exigeants de l'agroalimentaire et pharmaceutique.

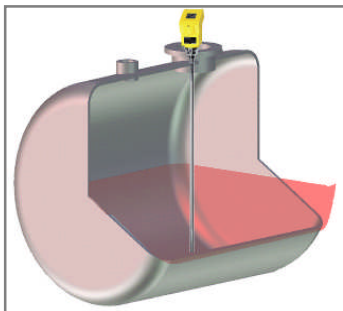
Une vue synthétique des différents principes de mesure de niveau

Principes de mesure	Produits et conditions de process							
	Liquides	Pâteux	Gaz liquides	Zone Ex	Très haute température	Très basse température	Produits très agressifs	Produits alimentaires
Capacitif / admittance	■	■	■	■	■	■	■	■
Plongeur / Tube de torsion	□		■	■	■	■	■	
Flotteur	□		■	■	■	■	■	
Pression hydrostatique	■	■	■	■	■	■	■	■
Pression différentiel	■	■	■	■	■	■	■	■
Ultrasons	■	■		■			■	■
Radar	■	■	■	■	■	■	■	■
Radar à ondes guidées	■	■	■	■	■	■	■	■

□	Seulement liquides non colmatants	■	Utilisation possible dans certaines limites	■	Utilisation sans restriction
---	-----------------------------------	---	---	---	------------------------------

Quelques exemples d'applications en mesure de niveau sur les liquides.

1. Mesure de niveau de fuel dans une cuve cylindrique couchée enterrée



La mesure de niveau de fuel est sur le plan de la mesure en elle-même peu complexe. Beaucoup de technologies usuelles comme notamment les

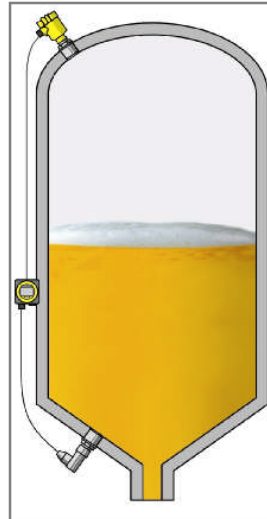
flotteurs, sondes capacitives, capteurs hydrostatiques et ultrasons, sont appropriées. Toutefois, sur les cuves cylindriques couchées, il n'y a souvent que peu de place pour insérer une mesure de niveau sur le trou d'homme. Ce dernier est souvent très encombré par les cannes d'aspiration, buse de remplissage, événements, etc...

Une solution constituée d'un **radar à impulsions guidées (TDR) avec tube guide d'ondes** s'avère particulièrement adaptée. En effet, la mesure de niveau s'effectue dans un tube ce qui la rend totalement imperturbable. Il n'y a aucun risque de blocage d'une quelconque pièce mécanique en mouvement, aucun risque d'échos parasites ou d'effet parabole. De surcroît, les faibles dimensions du tube (diamètre 21 mm), du raccord (3/4") et du boîtier, permettent un montage même sur un piquage très encombré. Par ailleurs, sa mise en service est des plus rapide et aisée car il est livré déjà réglé à la longueur correspondant à la hauteur de la cuve.



Radar à impulsions guidées avec tube guide d'ondes (diamètre 21 mm)

2. Mesure de niveau de moût de bière dans une cuve de fermentation (stockage intermédiaire)



Mesure de niveau hydrostatique avec compensation de la pression statique

Pour la mesure de niveau, les capteurs utilisés dans la production de bière doivent satisfaire à de nombreux critères. En effet, les conditions de process imposent l'utilisation de capteurs résistants aux variations rapides de températures et aux surpressions. D'autre part, il est nécessaire

d'employer des capteurs compatibles au nettoyage en place (NEP), disposant de fait de raccords process alimentaires. Précision et stabilité à long terme sont aussi des pré-requis. Un autre élément dont il faut tenir compte, est la présence quasi-systématique d'une mousse plus ou moins épaisse dans les cuves (chaudière à moût, cuves de fermentation, etc..).

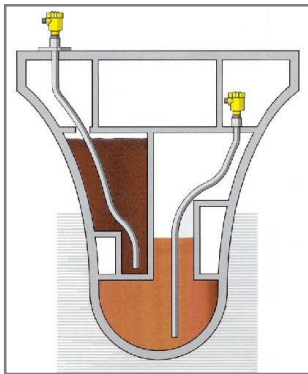
Dans ce contexte industriel, la mesure de niveau est le plus souvent réalisée par une mesure de pression différentielle. D'un côté on mesure la pression statique en sommet de cuve, et de l'autre la pression totale en fond de cuve (statique + hydrostatique). La différence entre les deux valeurs permet de déterminer avec précision le niveau, indépendamment des éventuelles épaisseurs de mousse à la surface du produit.

Pour réaliser cette mesure différentielle, l'utilisation de deux capteurs de pression relative au lieu d'un capteur différentiel permet de s'affranchir de l'emploi de capillaires et donc d'obtenir une très bonne précision et stabilité aux variations de température. Il existe des capteurs de pression 100% arasants, parfaitement adaptés à cette application avec compatibilité NEP et boîtier inox en protection IP 69K (tenue aux projections d'eau et de vapeur sous pression 80°C/100bar). Cette dernière protection est fortement

recommandée dans ces environnements très humides.

Cette solution offre alors une grande fiabilité pour une meilleure maîtrise du process et permet également d'investir moins de temps dans la maintenance.

3. Mesure de niveau de kérosène dans les réservoirs embarqués sur des porte-avions



Mesure de niveau avec radar sans contact monté sur tube guide d'ondes

Les porte-avions sont conçus pour une autonomie en mer maximale, ainsi tout le volume est optimisé et chaque cm³ utilisé. Les espaces vides et recoins sont donc souvent transformés en cuves de stockage complémentaires pour du carburant,

voire de l'eau potable. Les formes de ces cuves diffèrent de loin des standards connus et peuvent atteindre plusieurs étages de haut pour une capacité de 1 à plus de 100 tonnes. Pour la mesure de niveau, l'utilisation de capteurs hydrostatiques est souvent limitée par les angles de courbures et passage étroits qui rendent le montage très délicat, voire impossible.

L'utilisation d'un capteur radar sans contact monté sur un tube guide d'onde est ici la solution idéale. La mesure de niveau s'effectue indépendamment de la nature du produit et de la forme de la cuve. Le tube guide d'ondes de seulement 40 mm peut être cintré, voire coudé pour s'adapter à la forme de la cuve. Le montage du capteur en sommet de cuve sur le pont offre aussi l'avantage d'une bonne accessibilité.

Cette solution offre ainsi une mesure de niveau fiable et précise, ainsi qu'une maintenance facilitée par un accès direct sur la tête de sonde.

LES ATELIERS DE LA NIVEAUMETRIE

La fiche technique d'applications de VEGA - 04/07/2008 - FICHE N°141

<p>Caractéristiques process</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produit : pulpe de fruits • Conductivité : variable • Viscosité : variable • Température ambiante • Cure : l'acier inoxydable • Hauteur : 500 mm • Matériau : inox 	<p>Puige de fruits Détection de niveau Résistif</p> <p style="font-size: x-small;">Est ainsi utilisé sur toutes sortes de produits conducteurs à partir de 7,5 µS/cm, même viscoses : vina, confitures, cosmétiques, chocolat, produits laitiers, cosmétiques...</p>	
<p>Le contexte</p> <p>Dans une unité de production de jus de fruits, la pulpe de fruits bruts arrive par gravité après broyage dans une trémie de réception. La commande marche/arrêt de la vis d'extrusion du jus est assurée par relation de niveau de pulpe. Toutefois, bon nombre de détecteurs et sondes de niveau ne sont pas adaptés aux propriétés de conductivité de pulpe, ce qui a entraîné plusieurs déboîtements et marches à l'arrêt.</p>		
<p>La solution</p> <p>L'utilisation d'un détecteur résistif à auto-compensation a permis de régler l'installation. Ce détecteur dispose en plus des électrodes de mesure et de référence, d'une électrode de compensation qui offre un double avantage : la compensation automatique du contactage d'une part et l'ajustement de la sensibilité de fonctionnement lors de variations de résistivité d'autre part. Il n'y a donc aucun réglage à faire au démarrage de production (lèches, pommes, oranges, etc.). Par ailleurs, ce détecteur parfaitement adapté à la pulpe, ne présente aucun risque de générer un bourrage ou rétention de produit.</p>		
<p>Les avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aucun réglage malgré la diversité de fruits • Faible déperdition (cylindre sous vide de 100 mm de diamètre) • Sans maintenance • Peut se monter également sur des tuyauteries ou cuves en matière plastique 		

Encore plus d'exemples d'applications ?

Ces applications de mesure de niveau sont extraites des fiches techniques **LES ATELIERS DE LA NIVEAUMETRIE**. Pour la première fois, un constructeur propose à tous les acteurs de l'instrumentation, projeteurs, techniciens de maintenance, instrumentistes, automaticiens, exploitants, acheteurs, formateurs et étudiants, de partager son savoir-faire et son expérience en mesure de niveau, pression, interface et débit.

Ce service gratuit proposé par le constructeur VEGA permet de recevoir par e-mail des fiches pratiques à collectionner (25 fiches par an). Les fiches sont également disponibles sur Internet :

www.vega.fr/adn

Pour s'abonner, envoyez un courriel avec vos coordonnées professionnelles à l'adresse suivante : adn@fr.vega.com