

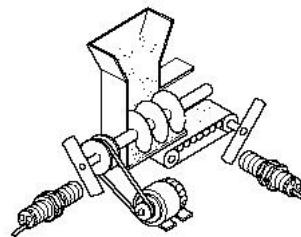
## L'électricité au service des machines

Mardi 6 janvier 2004  
Bonjour !

1

### Contrôle de rotation

- Application particulière des capteurs de position pour contrôler la rotation d'un arbre
- Signaler
  - surcharge
  - glissement
  - bloquage
- par mesure du temps entre 2 impulsions
- Mesure de la vitesse par conversion fréquence - tension



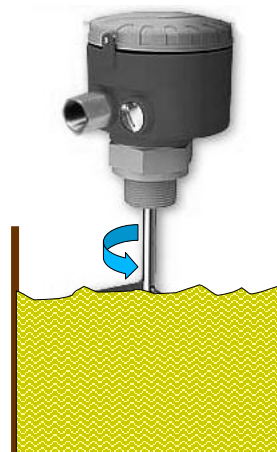
## Mesures de niveau

- Niveau de liquides, de solides granuleux ou de poudres
- Différents principes selon la nature du produit à mesurer

	Palettes	Lames vibrantes	Electromécanique	Flotteur	Conductifs	Capacitif	Ultrasons	Pression hydrostatique	Radar	Radio-isotopes
Liquides conducteurs		X		X	X		X	X	X	X
Liquides non-conducteurs		X		X		X	X	X	X	X
Solides	X	X	X				X		X	X
Etendue de mesure [m]			50	50		10	50	250	30	
Précision %			5	5		1	1	0.5	1	

## Palettes

- Utilisation pour contrôle de niveau de poudres ou granulés (céréales)
- La palette tourne librement hors du matériau à détecter
- Elle est bloquée quand le niveau atteint le détecteur



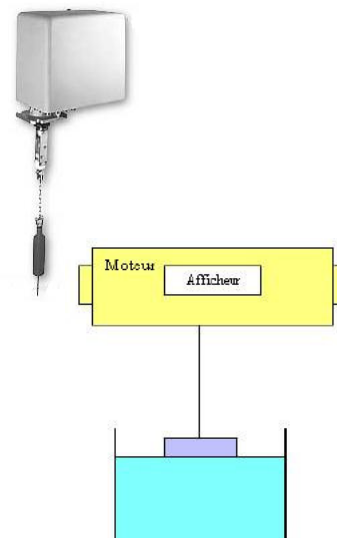
## Lames vibrantes

- Utilisation contrôle de niveau de tout type de produits
- Lorsque les lames sont libres elles vibrent à leur fréquence de résonance
- Quand elles sont recouvertes elles vibrent à une autre fréquence
- Appareils très robustes et peu coûteux



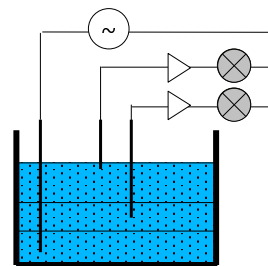
## Electromécanique

- Niveau de silos ou réservoirs de grande hauteur
- Un contrepoids ou un flotteur suspendu à un câble est descendu dans le réservoir
- Quand il entre en contact avec le produit le câble se détend, le moteur inverse son sens de rotation et remonte le contrepoids
- Mesure du niveau par la longueur de câble déroulé



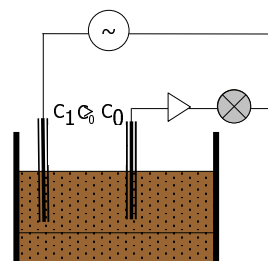
## Conductif

- Produits conducteurs
- Electrodes montées de manière à ce que leur extrémité inférieure soit à la cote du niveau à détecter
- Quand une électrode touche le produit, elle ferme le circuit électrique:  
la sortie du capteur change d'état
- Utilisation d'une source basse tension alternative pour éviter l'électrolyse



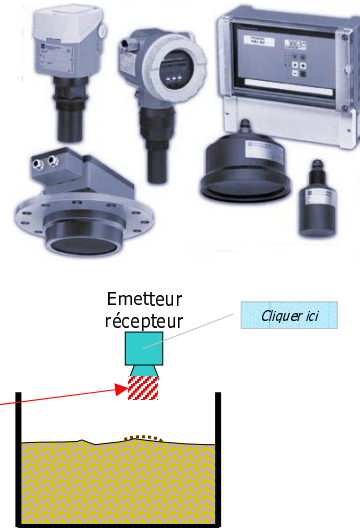
## Capacitif

- Pour produits non conducteurs  
huile, pétrole
- Tige conductrice isolée du réservoir
- Sonde découverte:  
diélectrique est l'air  
capacité =  $C_0$
- Sonde recouverte:  
diélectrique est le produit  
capacité  $C_1 > C_0$
- Détection de la variation de  
capacité pour faire changer  
la sortie



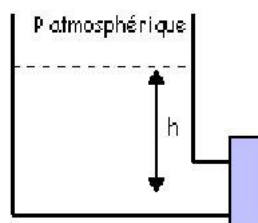
## Ultrasons

- Tout type de produit réfléchissant une onde sonore
- Capteur émet une onde sonore
- Réfléchi par la surface du produit
- Capteur reçoit l'écho et mesure le temps de propagation
- Temps proportionnel à la distance
- Zone "morte" à proximité du capteur ( $\sim 10..50$  cm)
- Identique avec onde radar



## Pression hydrostatique

- Tous les liquides
- Mesure dépend de la masse volumique
- Pression au fond du réservoir dépend de la colonne de liquide  
⇒ proportionnelle à la hauteur



## Mesures de température

- Différentes technologies
- **Thermostats**  
faible coût, sécurité
- **Résistances** variables avec la température  
grand public et industrie
- **Thermocouples**  
industrie, très basse et hautes températures
- **Pyromètres**  
mesure sans contact, très hautes températures

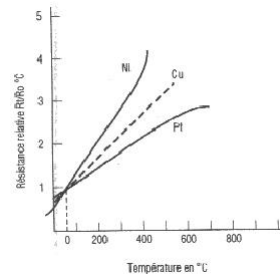
## Thermostats

- Information binaire en fonction d'un seuil
- Deux métaux ayant des coefficients de dilatation thermique différents sont soudés ensemble.
- Flexion du bilame si la température change
- Etendue de mesure  
- 50 ° à 500 °C
- Précision  $\pm 1\%$
- Klixon pour la protection des moteurs



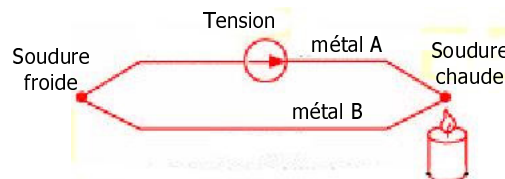
## Résistances

- La résistance d'un conducteur varie avec la température
- $R = \rho \cdot l / A$
- avec  $\rho = \rho_0 (1 + \alpha T)$
- Matériaux
  - platine Pt -200..800 °C ±0,2 %
  - nickel Ni -100..150 °C ±1 %
  - cuivre Cu -100..150 °C ±0,2 %
  - tungstène W 70..2700 °C ±2 %
- Composants électroniques ±0,5 %
  - PTC: R augmente avec T -100..250 °C
  - NTC : R diminue avec T
  - semiconducteurs: -50..150 °C

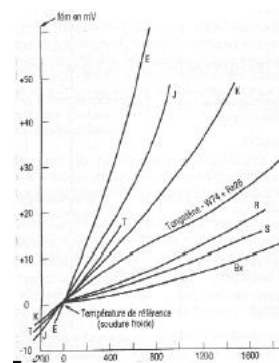


## Thermocouples

- Lorsque deux conducteurs de métaux différents sont connectés ensemble en 2 points, et que ces jonctions sont à des températures différentes, une tension apparaît.



- Types normalisés
  - T : Cuivre / constantan -192..+400 °C
  - J : Fer / constantan -194..+870 °C
  - E : Chromel / constantan 0..+1000 °C
  - K : Chromel / Alumel 0..+1370 °C
  - R,S : Platine / Rhodium 0..+1700 °C



## Pyromètres optiques

- Mesure sans contact
  - de corps en mouvement
  - matériaux en fusion
  - objets de faible masse (films)
  - de flammes.
- Temps de réponse très court
- La longueur d'onde du rayonnement est fonction de la température
- Etendue de mesure - 300 à 3000 °C
- Précision  $\pm 5$  °C



## Mesures de débit

- **Débit volumique**  $Q_v = A \cdot v$  [m<sup>3</sup>/s]
- vitesse d'un fluide traversant une section connue
- **Débit massique**  $Q_m = \rho \cdot Q_v$  [kg/s]
- quantité de matière déplacée par unité de temps



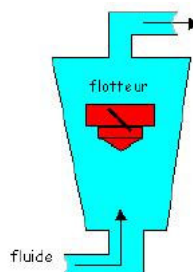
## Mesures de débit principes

- Différents principes selon la matière et le procédé

	Flotteur	Turbine ou piston	Electromagnétique	Ultrasons	Doppler	Pression différentielle	Venturi et lame versante	Vortex	Corolis (massique)	Massique thermique
Liquides conducteurs	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Liquides conducteurs non-	X	X		X	X	X	X	X	X	
Gaz	X					X		X	X	X
Vapeur	X					X		X		
Précision %	10	0,2	1	0,5	5	2	3	1	1	1
Dynamique	1..10	1..50				1..4	1..4	1..20	1..50	1..10

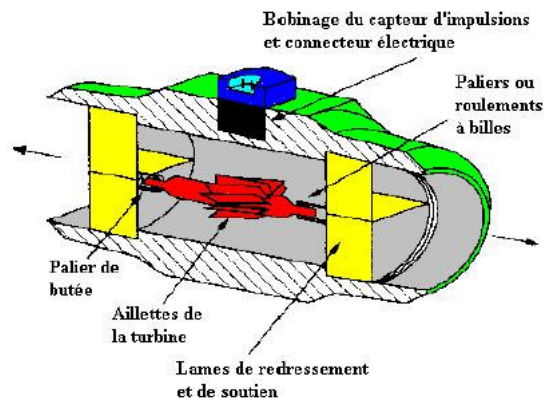
## Flotteur (rotamètre)

- Donne une indication du débit
- Flotteur placé dans un tube conique gradué
- reste en suspension au point où la différence de pression créée par la circulation du fluide équilibre le poids



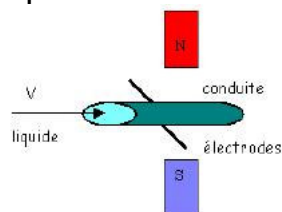
## Turbine, piston rotatif

- Fluides peu visqueux: eau, alcools, carburants, acides, gaz liquéfiés, liquides cryogéniques
- Très précis
- Ecoulement du fluide entraîne la rotation d'une turbine
- Vitesse de rotation du rotor proportionnelle à celle du fluide, donc au débit volumique total.



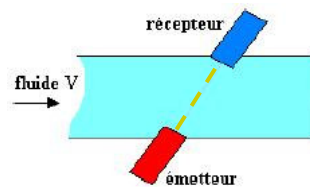
## Electromagnétiques

- Pour liquides conducteurs visqueux ou pâteux
- Pas de pièces en mouvement
- Pas de pertes de charge
- Mesure la tension induite dans un conducteur rectiligne traversant un champ magnétique
- Tension proportionnelle à la vitesse du fluide



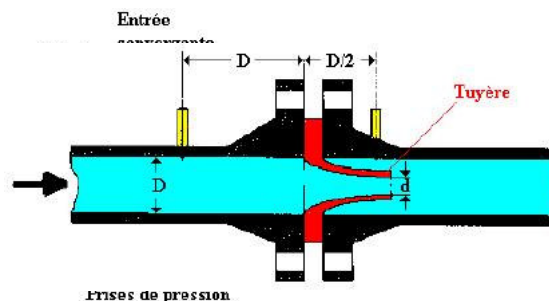
## Ultrasons

- Fluides non conducteurs à écoulement turbulent
- Pas de pièces en mouvement
- Pas de pertes de charge
- Mesure le temps de propagation d'une onde ultrasonore dans le fluide
- Temps de propagation dépend de la vitesse du fluide



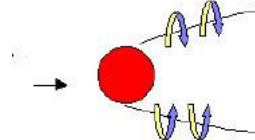
## Pression différentielle

- Débit de liquides ou de gaz à écoulement turbulents
- Mesure la perte de charge due au changement de section d'une conduite (Bernouilli)
- Différence de pression entre l'amont et l'aval du rétrécissement est proportionnelle au **carré** de la vitesse d'écoulement
- Rétrécissement par
  - diaphragme
  - tube Venturi
  - tuyère



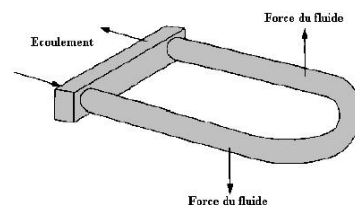
## Vortex

- Débit importants de liquides et gaz
- Grande vitesses du fluide
- Génération de tourbillons par un corps hydrodynamique placé dans l'écoulement du fluide
- Nombre de tourbillons proportionnel à la vitesse



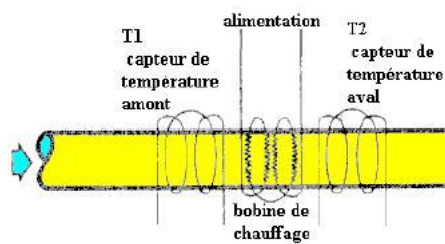
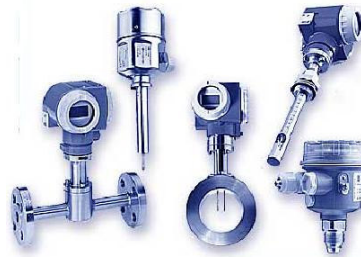
## Coriolis

- Débit massique pour liquides propres
- la force de Coriolis est, dans un système en rotation, la force qui agit perpendiculairement sur la masse en mouvement
  - Tube en U vibre
  - dans le coude le fluide s'oppose à la vibration du tube
  - cette force tord le tube
  - amplitude de la torsion proportionnelle au débit



## Massique thermique

- Débit massique de gaz
- Transfert calorifique dans le gaz
- Résistances chauffantes, montées autour du tube
- Circulation du fluide provoque un déséquilibre thermique
- Déséquilibre proportionnel au débit



## Exercices