

Capteur de pression

Quelques définitions

Présentation de quelques manomètres

Capteur de pression

MEMS

Quelques définitions

Quelques définitions

- La pression est le rapport entre une force et une surface
 $P=F/S$
- Dans le système SI, l'unité de pression est le pascal (Pa) mais beaucoup d'autres unités peuvent être utilisés. cf. tableau ci-dessous

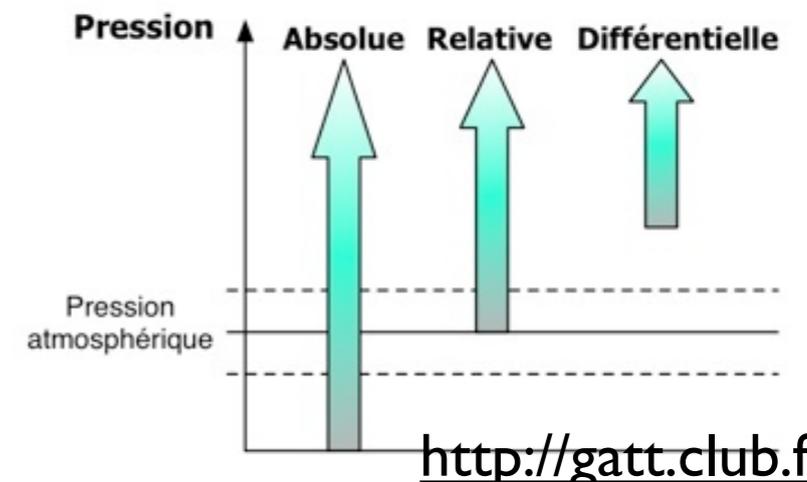
	Pascal(Pa)	bar (b)	Atmosphère
1 Pascal	1	$1 \cdot 10^{-5}$	$9.869 \cdot 10^{-6}$
1 bar	$1 \cdot 10^5$	1	0.987167
1 $Kg \cdot f/cm^3$	98039	0.98039	0.968
1 atmosphère	101325	1.01325	1
1 cm d'eau	98.04		
1 mm de mercure	133		
1 mb	102	$1 \cdot 10^{-3}$	
1 inch Hg	$3.386 \cdot 10^{-3}$		
1 psi	9892		
1 torr	133		

Quelques définitions

- La pression atmosphérique normale correspond à une hauteur de mercure de 760 mm à 0 °C sous une accélération normale de la pesanteur ($g = 9,8066 \text{ m/s}^2$). Elle est égale à 101325 Pa et est souvent exprimée en mbar.
- Dans le domaine du vide, on utilise le torr
- Pression absolue : c'est la pression réelle dans une approche physique
- Pression atmosphérique : c'est la pression absolue de l'atmosphère au niveau moyen de la mer. A 15 °C, elle vaut 1013 mbar. Elle peut varier de +/- 15 mbar avec la pluie et le beau temps

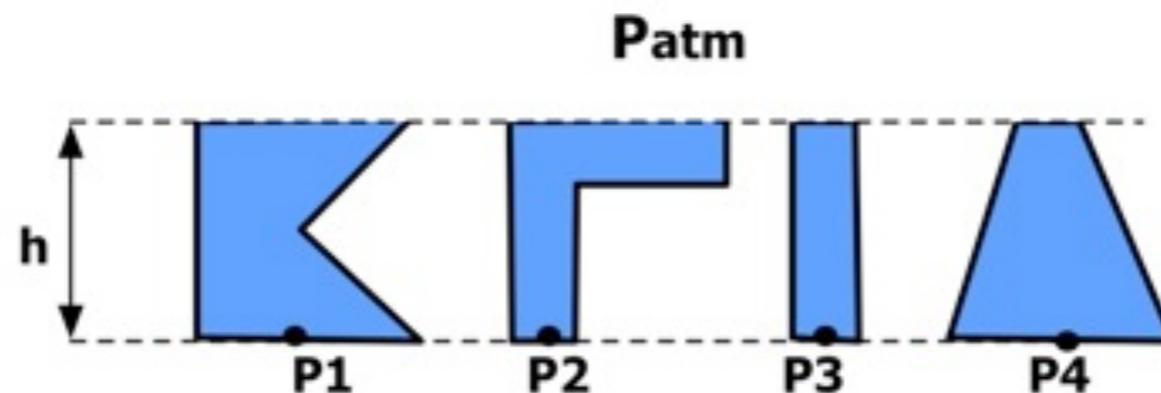
Quelques définitions

- La pression relative : c'est la différence de pression par rapport à la pression atmosphérique. Elle est le plus souvent utilisée car la plupart des capteurs sont soumis à la pression atmosphérique.
- La pression différentielle : c'est la différence de deux pressions, dont l'une sert de référence. Une pression différentielle peut donc être négative.
- le vide : il correspond à une pression absolue nulle. Ceci ne peut bien évidemment jamais être atteint. L'obtention et la mesure de vide "poussé" nécessite des techniques très particulières



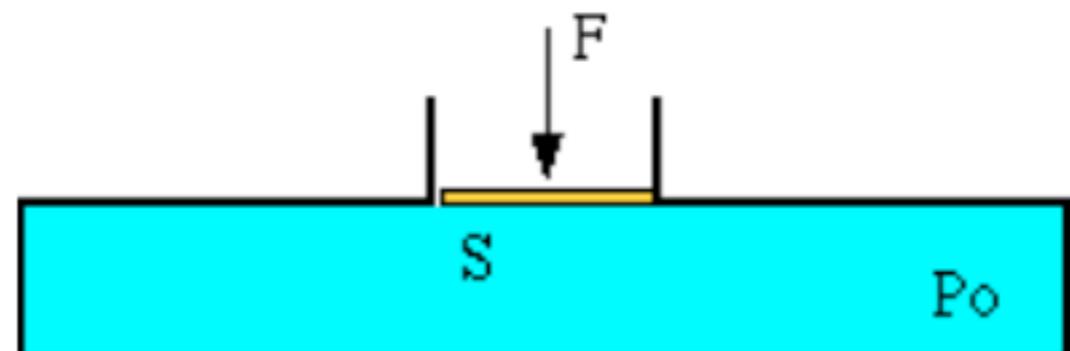
Pression pour les fluides

- Pression hydrostatique :
 - $P = \rho \cdot g \cdot z$
 - avec P la pression (Pa), ρ la masse volumique du fluide (kg/m^3), g la constante de gravitation (m/s^2) et z la hauteur de fluide



La pression au fond de ces 4 récipients est identique

- Compression d'un fluide

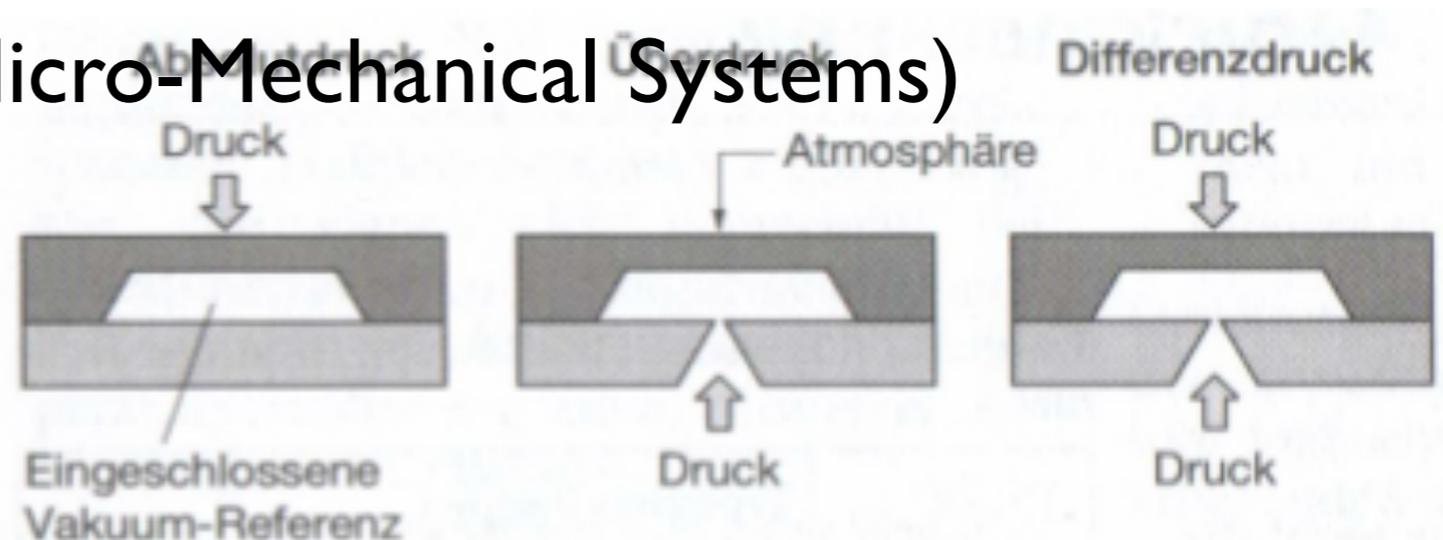


Pression pour les fluides

- Pression hydrodynamique : un fluide se déplaçant à une vitesse v crée une surpression donnée par $1/2 \cdot \rho \cdot v^2$.
- La pression totale d'un fluide est la somme des pressions existantes dans le fluide. Celle-ci est la même en tous points pour un fluide horizontal (incompressible et de viscosité négligeable). C'est le théorème de Bernouilli.

Principe de base

- On retrouve les deux possibilités “classiques” des capteurs passifs essentiellement :
 - Déformation d'un corps d'épreuve : sous l'effet de la pression, un élément mécanique se déforme. L'élément de déformation peut être une membrane, un tube, une capsule
 - Modification des propriétés d'un matériau
- Utilisation de MEMS (Micro-Mechanical Systems)

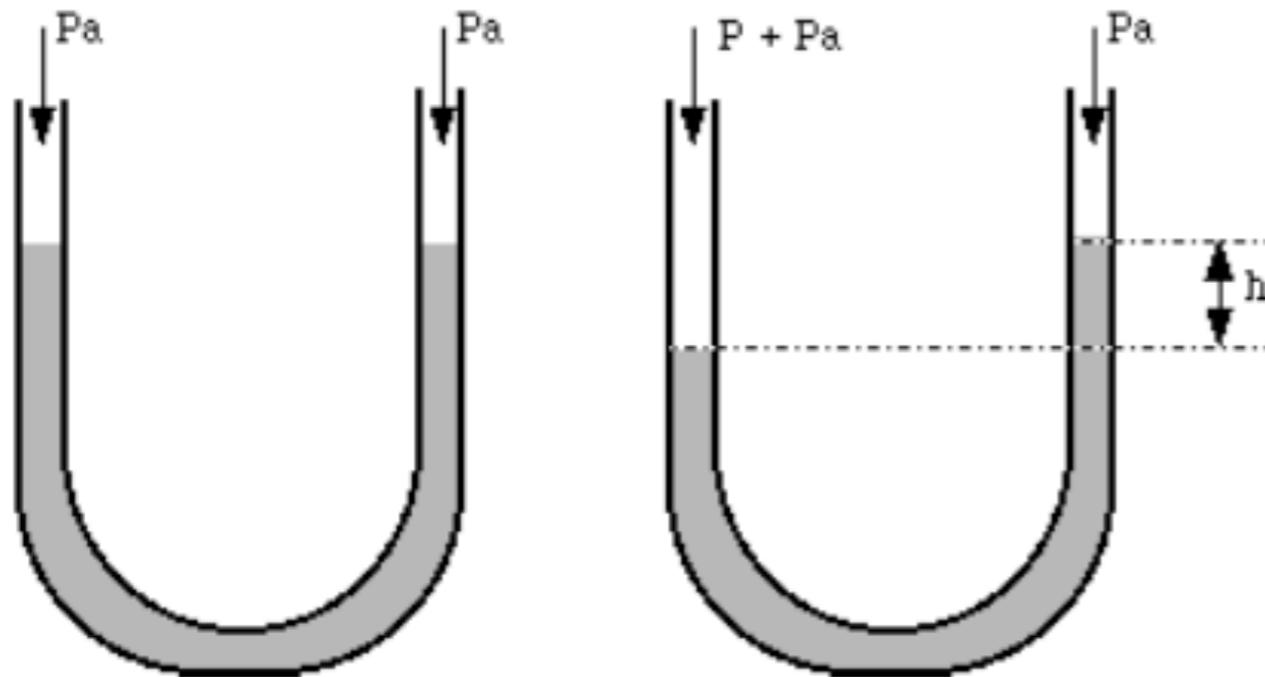


Exercices

- Exprimer la pression atmosphérique normale en cm d'eau
- Estimer la pression hydrostatique (en pascal) dans le fond d'une cuve remplie d'eau et de 5 m de hauteur

Présentation de quelques manomètres

Manomètres basiques

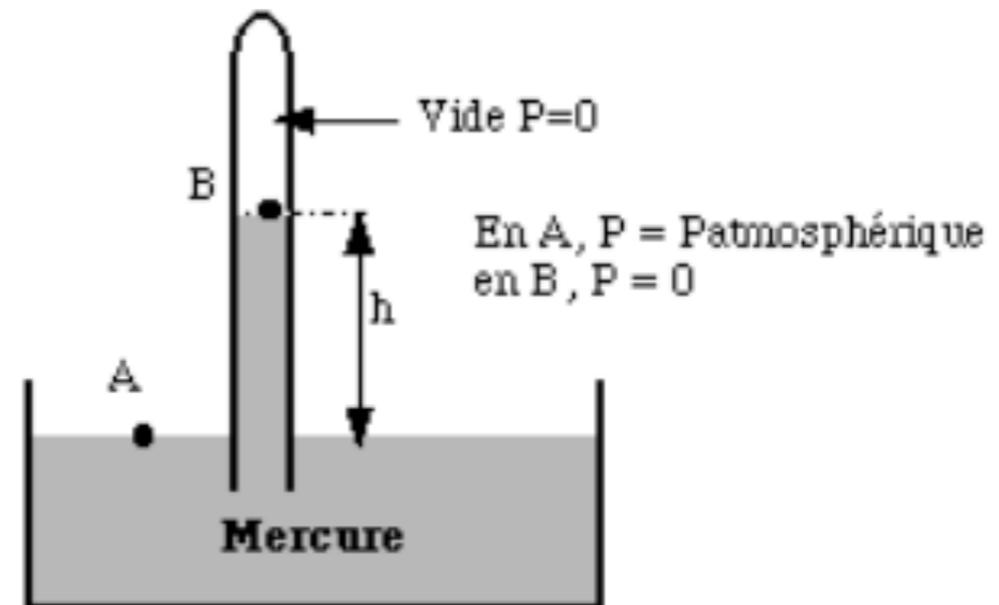
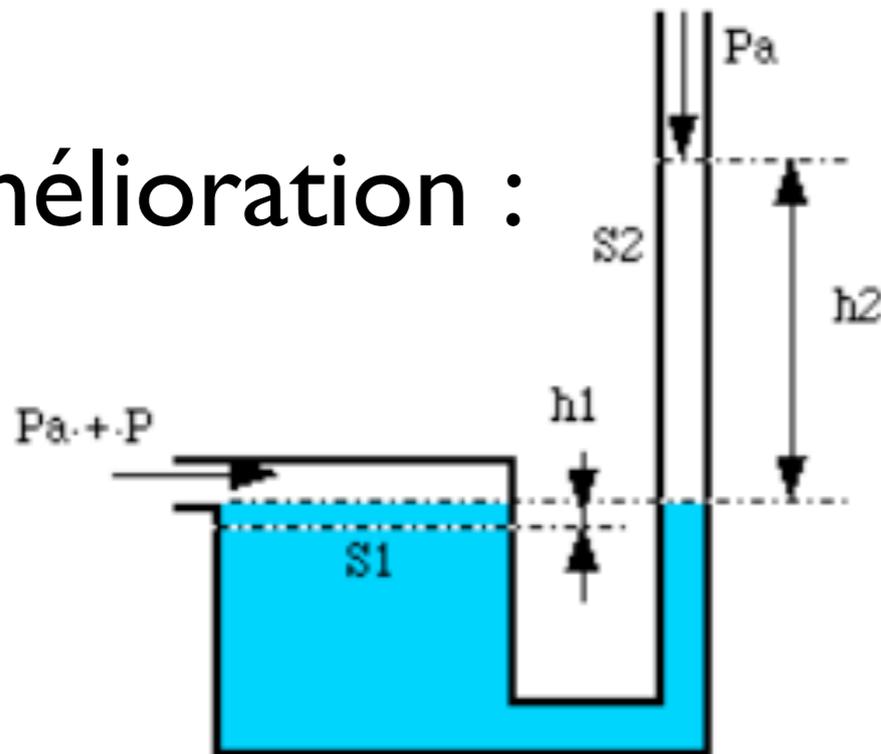


$$h = P / (\rho \cdot g)$$

=> capteur de niveau et corps d'épreuve = hauteur de liquide !

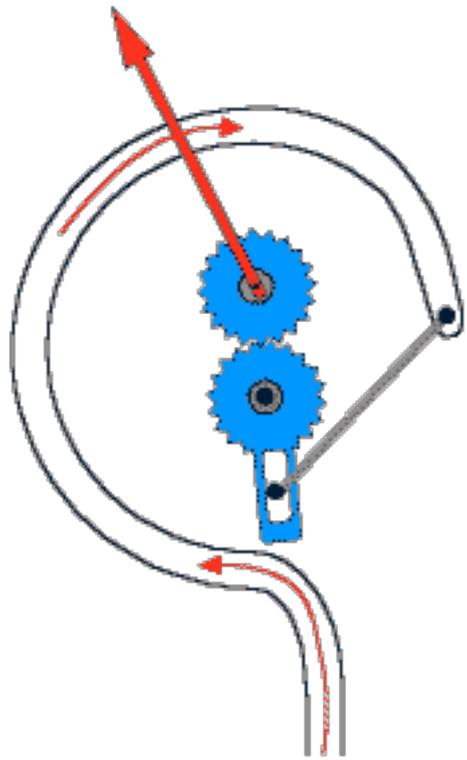
Baromètre de Torricelli : un tube en verre d'environ 90 cm de longueur, rempli de mercure, clos à une extrémité :

Amélioration :

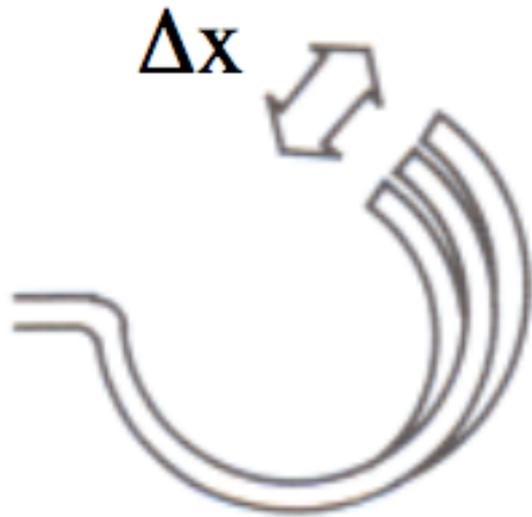


La hauteur h fournit une mesure de la pression atmosphérique. Pour une pression atmosphérique de 1013 mbars, $h = 0,7993m$.

Tube de bourdon

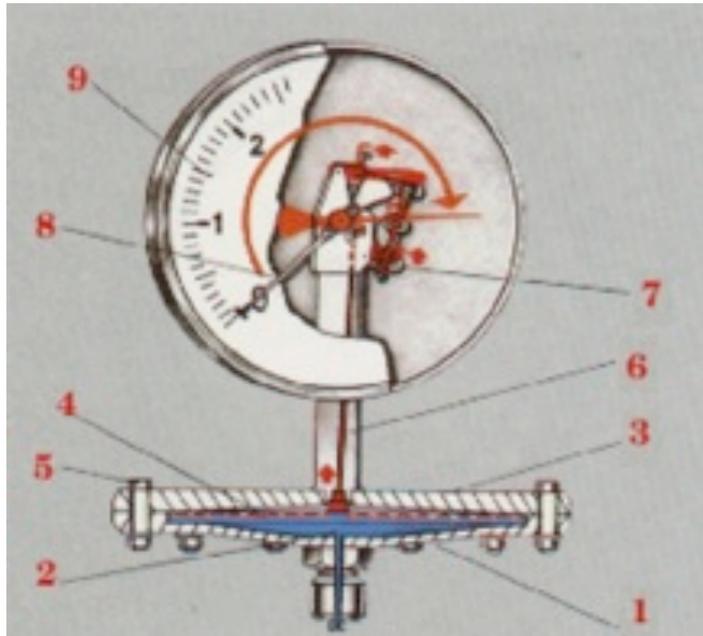


- La pression dans le tube modifie le rayon de courbure de celui-ci
- La déformation du tube est proportionnelle à la pression dans le tube
- Un dispositif à engrenage permet d'effectuer une lecture de la valeur
- Inventé par Eugène Bourdon (1808-1884)

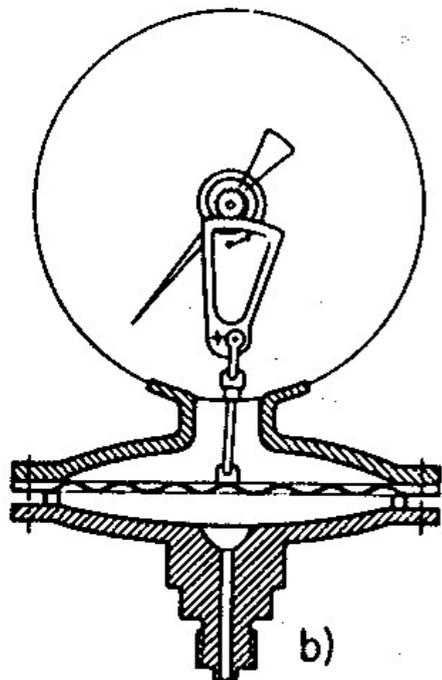


=> capteur de position et corps d'épreuve=position de l'extrémité du tube !

Manomètres à membranes



- La pression déforme une membrane
- La déformation est proportionnelle à la différence de pression de chaque coté de la membrane
- Un dispositif à engrenage permet une lecture de la pression



exercice : représenter la membrane pour les 3 cas de pression

PA
— —
PB

$PA = PB$

PA
— —
PB

$PA > PB$

PA
— —
PB

$PA < PB$

=> capteur de position et corps d'épreuve = position de la membrane !

**Capteur de pression
(i.e. grandeur électrique
en sortie)**

Deux exemples

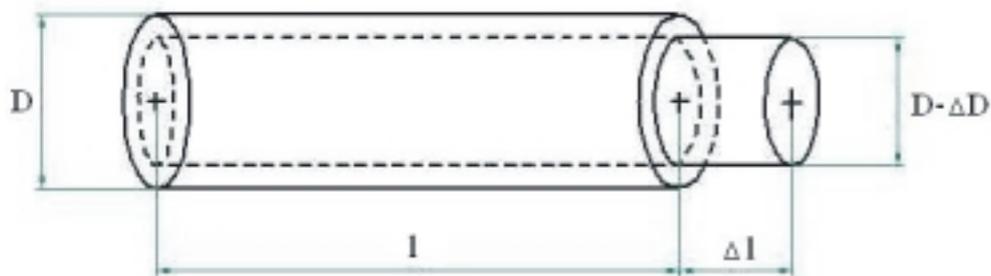
- Utilisations de jauges de contrainte : utilisation d'une membrane comme corps d'épreuve et les jauges de contraintes mesurent les déformations de la membrane
- Circuits intégrés utilisant un circuit en silicium : étude des caractéristiques des différents circuits
- Et bien d'autres exemples...

Jauges de contraintes

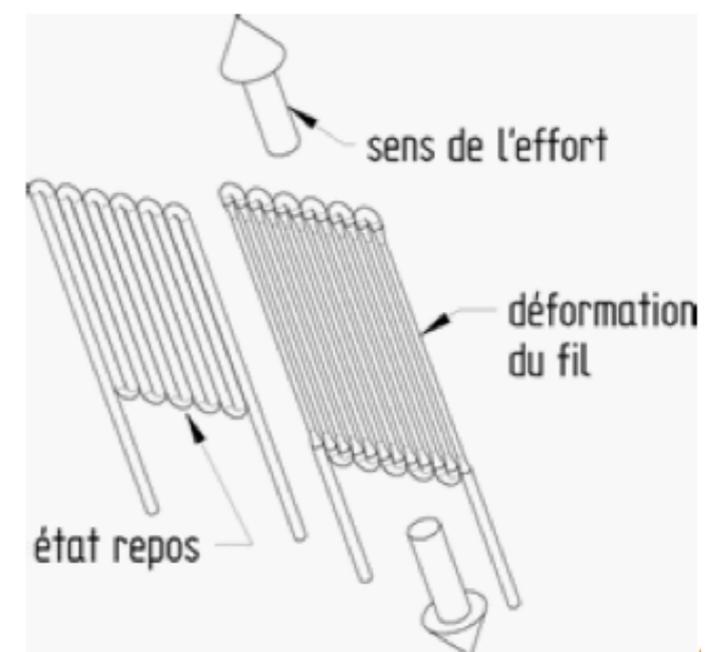
Présentation des jauges de contraintes

Définitions

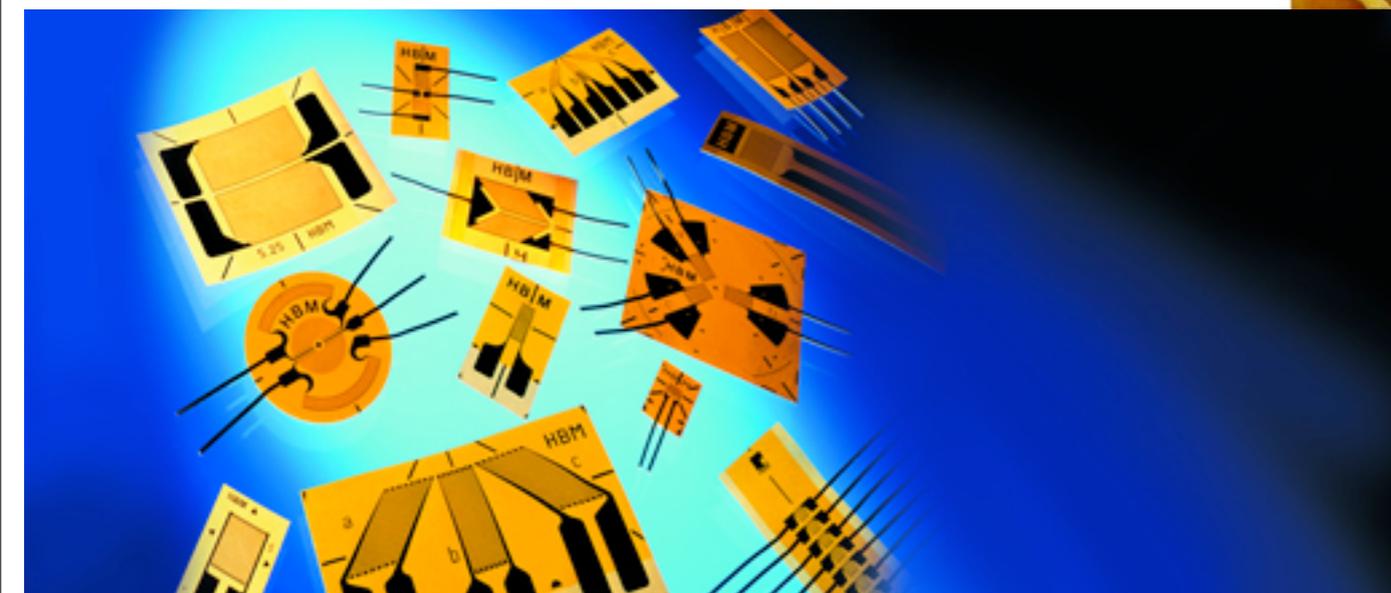
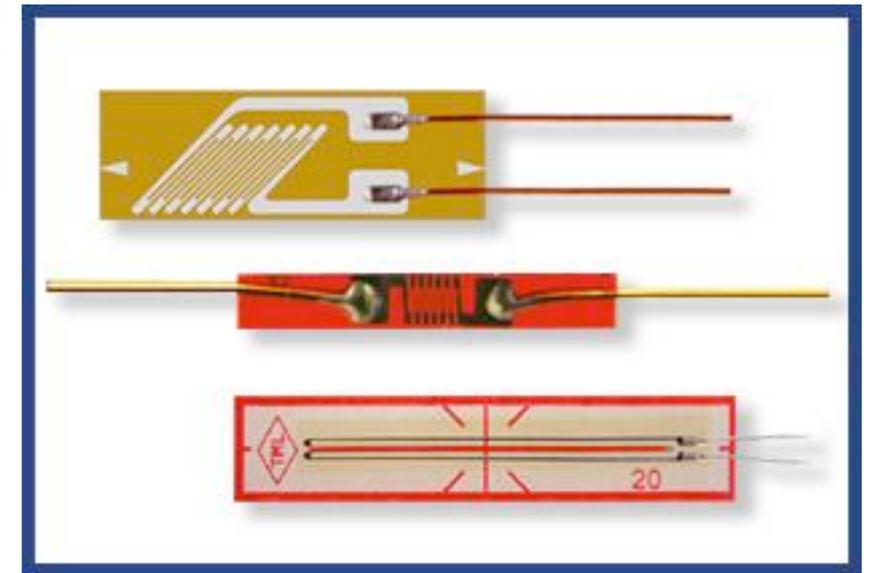
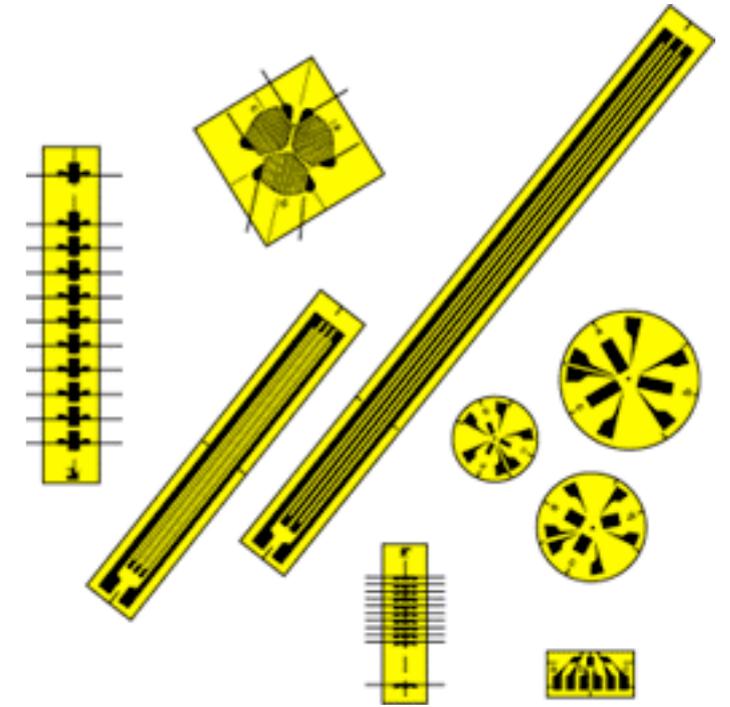
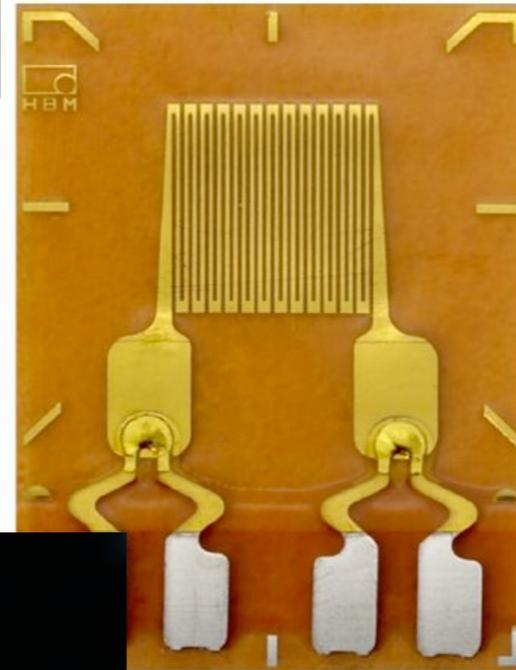
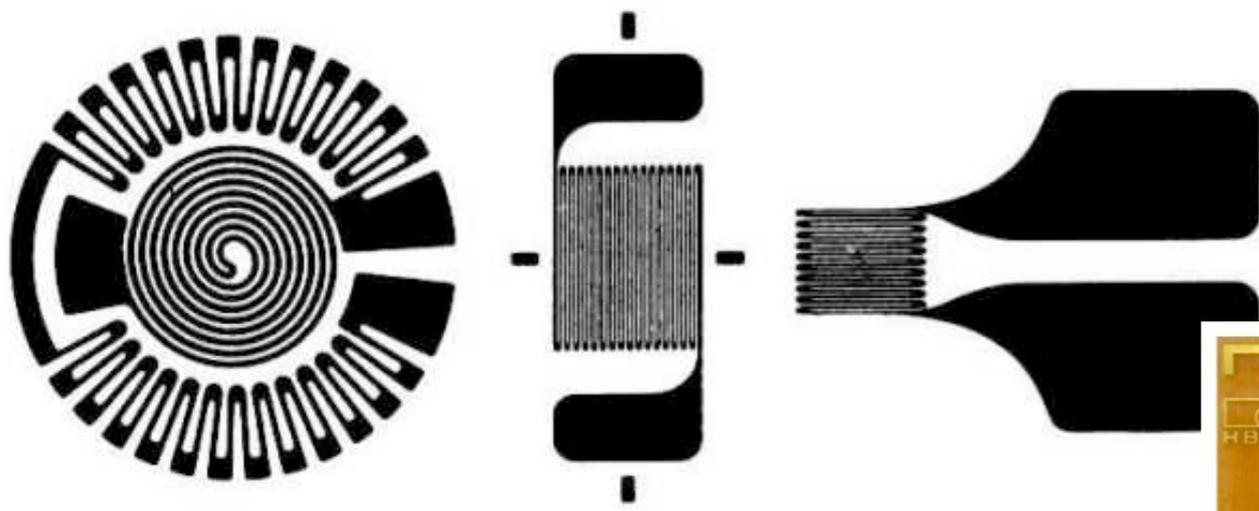
- Contrainte = allongement relatif $\varepsilon = \Delta l / l$
- une jauge de contrainte = résistance qui s'allonge suivant un seul axe \Rightarrow variation de résistance $dR/R = K \cdot \varepsilon$ en raison d'effets piézoélectriques + modification du volume
- K : facteur de jauge



ref wikipedia



Quelques photos



Matériaux utilisés

Le matériau composant les jauges doit avoir une bonne résistance à la fatigue une aptitude au soudage et une bonne tenue en température. On utilise les matériaux suivants :

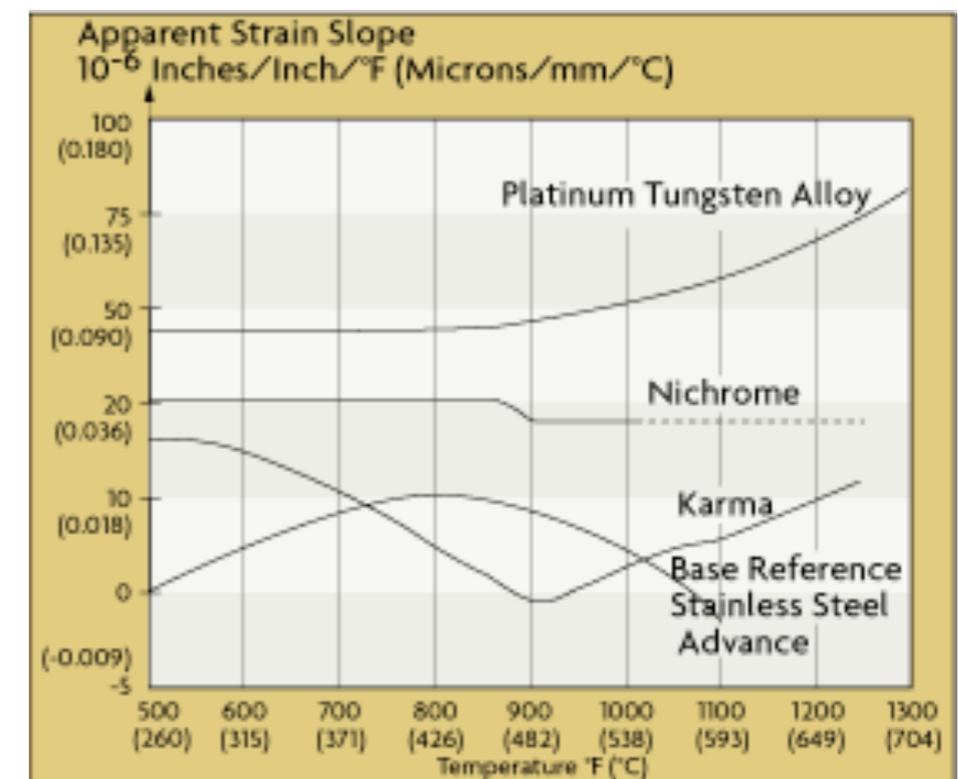
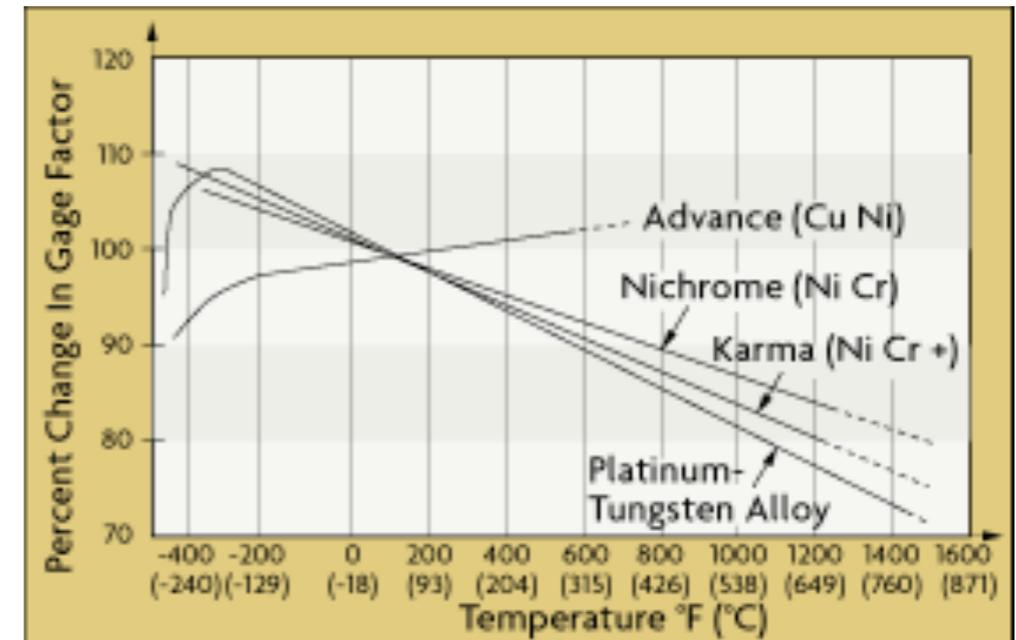
- [Constantan](#) (alliage 55% Cu, 45% Ni), couramment utilisé. Il supporte des températures de 200°C.
- Karma (alliage 74 Ni, 20 Cr, 3% Cu, 3% Fe), meilleur sensibilité et peut être utilisé jusqu'à 350°C.
- [Platine](#) – [Tungstène](#) (92% Pt, 8% W), plus cher mais présente une meilleure résistance à la fatigue. Il reste donc pour des utilisations spécifiques.
- [Semi-conducteurs](#) ([Silicium](#)). Ils ont une sensibilité bien meilleure (50 à 100 fois plus) mais ont une moins bonne linéarité et sont plus sensibles aux variations de température.

source : wikipédia

Facteur de jauge

Material	Sensitivity (S)
Platinum (Pt 100%)	6.1
Platinum-Iridium (Pt 95%, Ir 5%)	5.1
Platinum-Tungsten (Pt 92%, W 8%)	4.0
Isoelastic (Fe 55.5%, Ni 36% Cr 8%, Mn 0.5%) *	3.6
Constantan / Advance / Copel (Ni 45%, Cu 55%) *	2.1
Nichrome V (Ni 80%, Cr 20%) *	2.1
Karma (Ni 74%, Cr 20%, Al 3%, Fe 3%) *	2.0
Armour D (Fe 70%, Cr 20%, Al 10%) *	2.0
Monel (Ni 67%, Cu 33%) *	1.9
Manganin (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%) *	0.47
Nickel (Ni 100%)	-12.1

* Isoelastic, Constantan, Advance, Copel, Nichrome V, Karma, Armour D, Monel, and Manganin are all trade names owned by the respective owners.

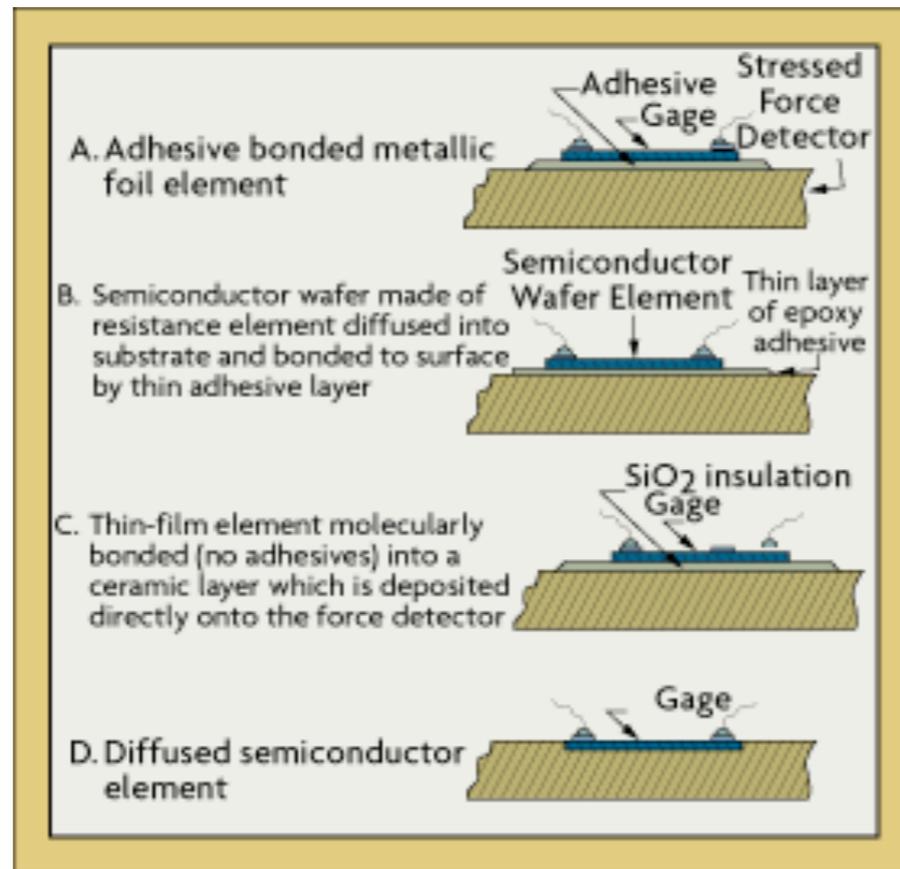
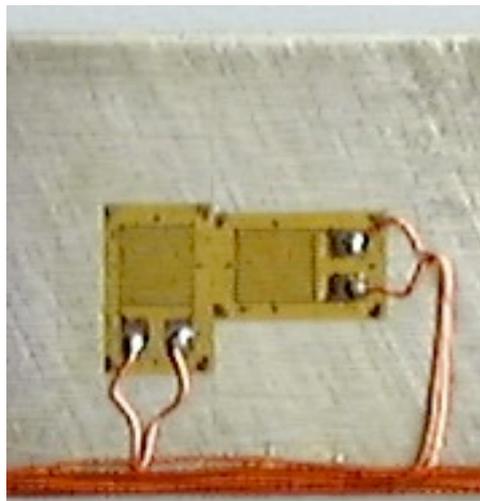


http://www.efunda.com/designstandards/sensors/strain_gages/strain_gage_sensitivity.cfm

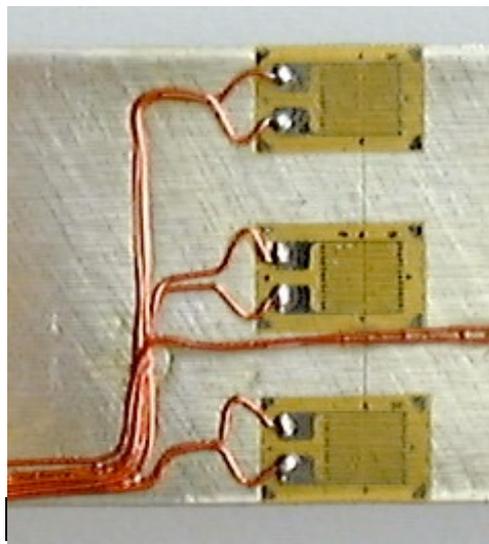
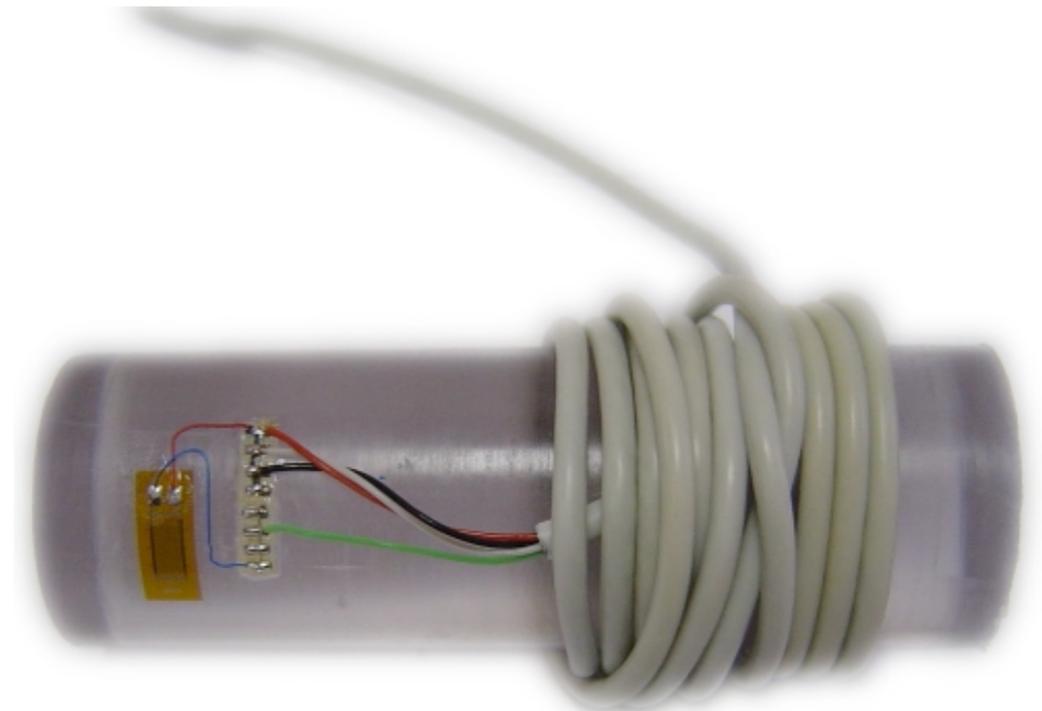
<http://www.omega.com/Literature/Transactions/volume3/strain.html>

Mise en oeuvre

- la jauge est réalisée sur un support souple et doit être collée sur la pièce dont on cherche la contrainte

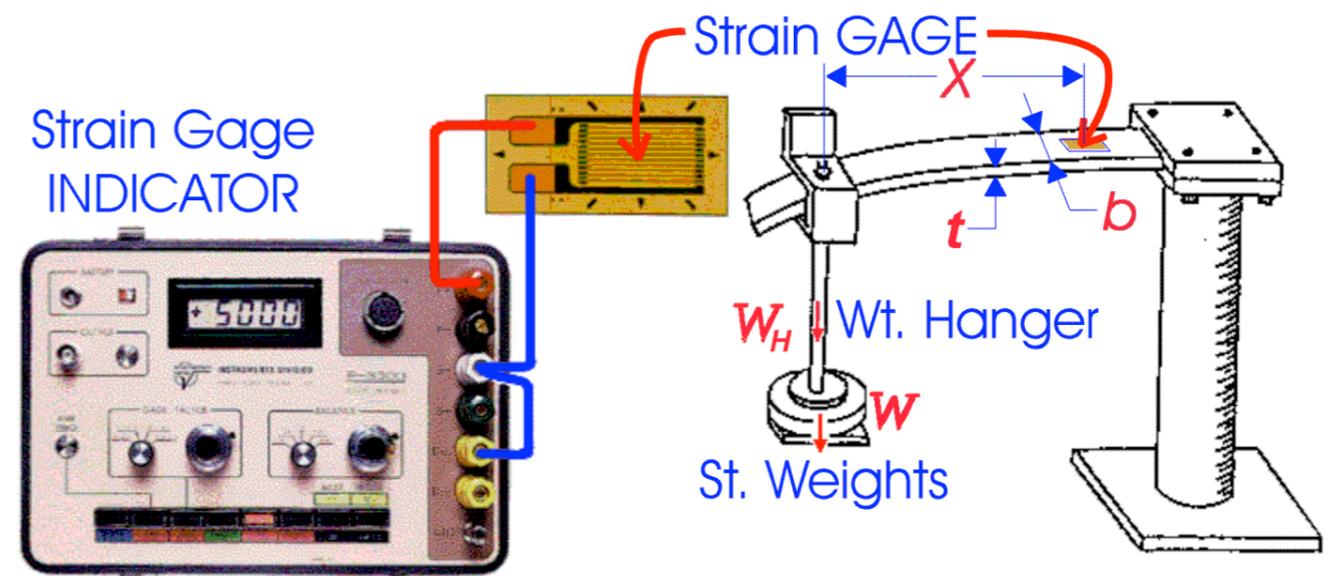
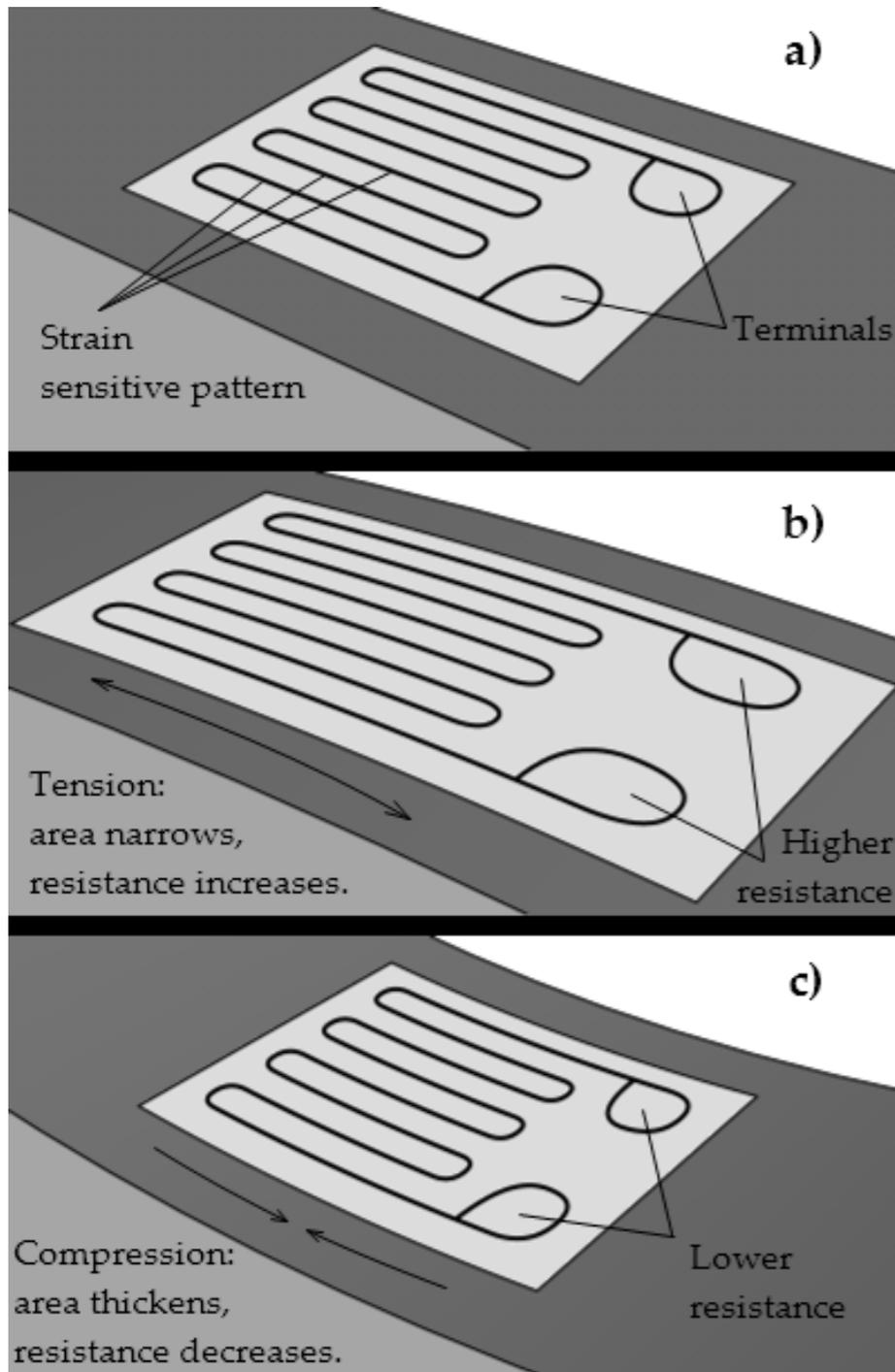


<http://www.omega.com/Literature/Transactions/volume3/strain.html>



Mise en oeuvre

- en fonction de la déformation, la jauge est étirée ou compressée



CANTILEVER BEAM STRAIN MEASUREMENT

ref wikipedia

**Capteur de pression
utilisant des jauges de
contraintes**

Jauges de contraintes

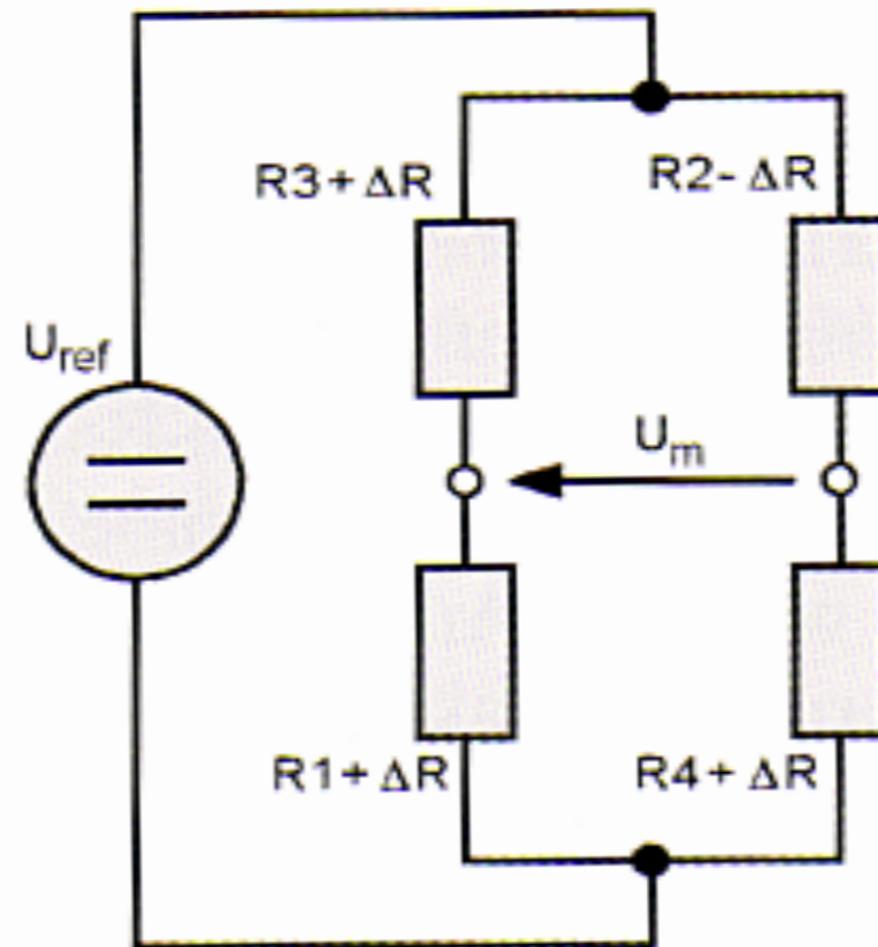
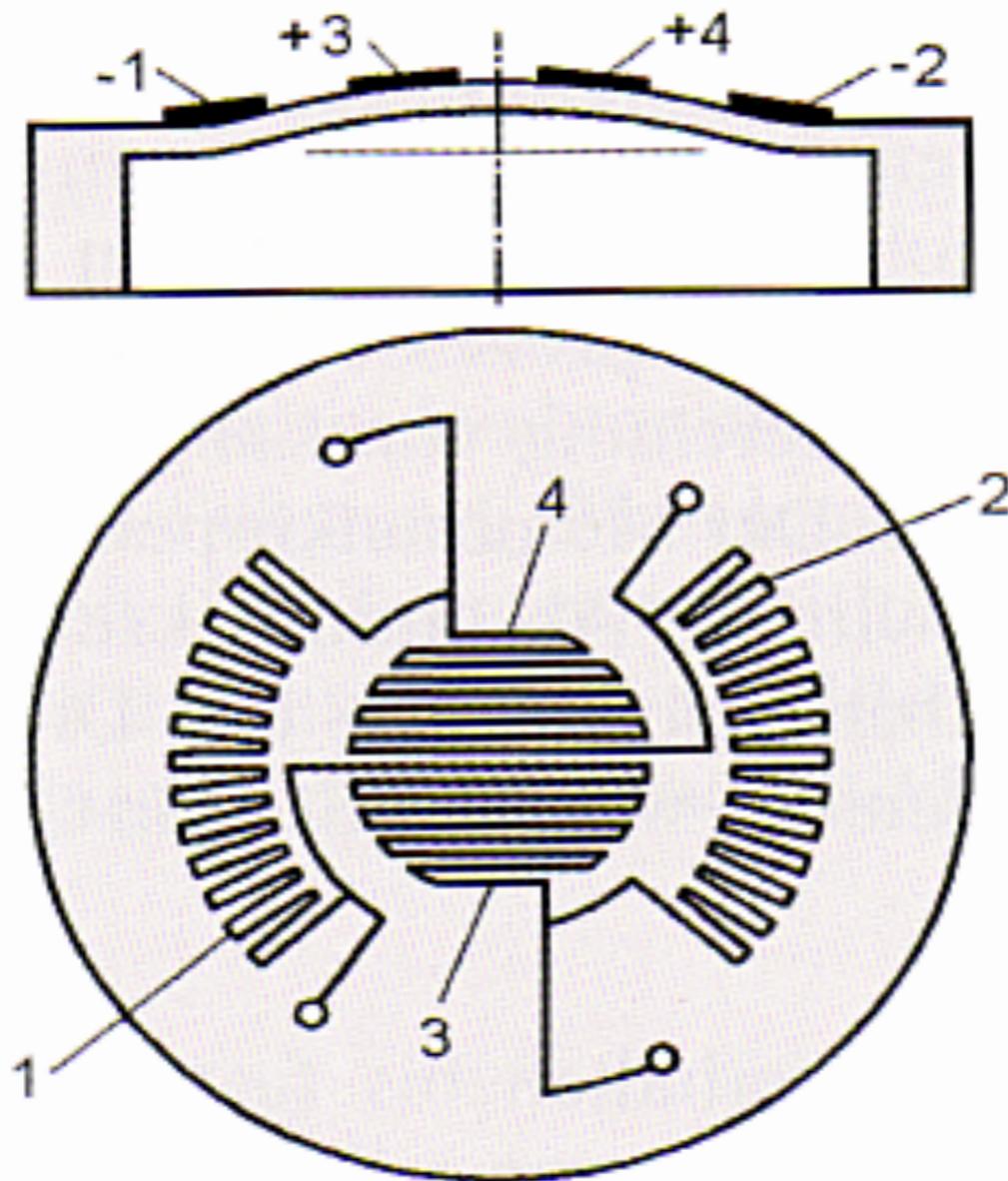
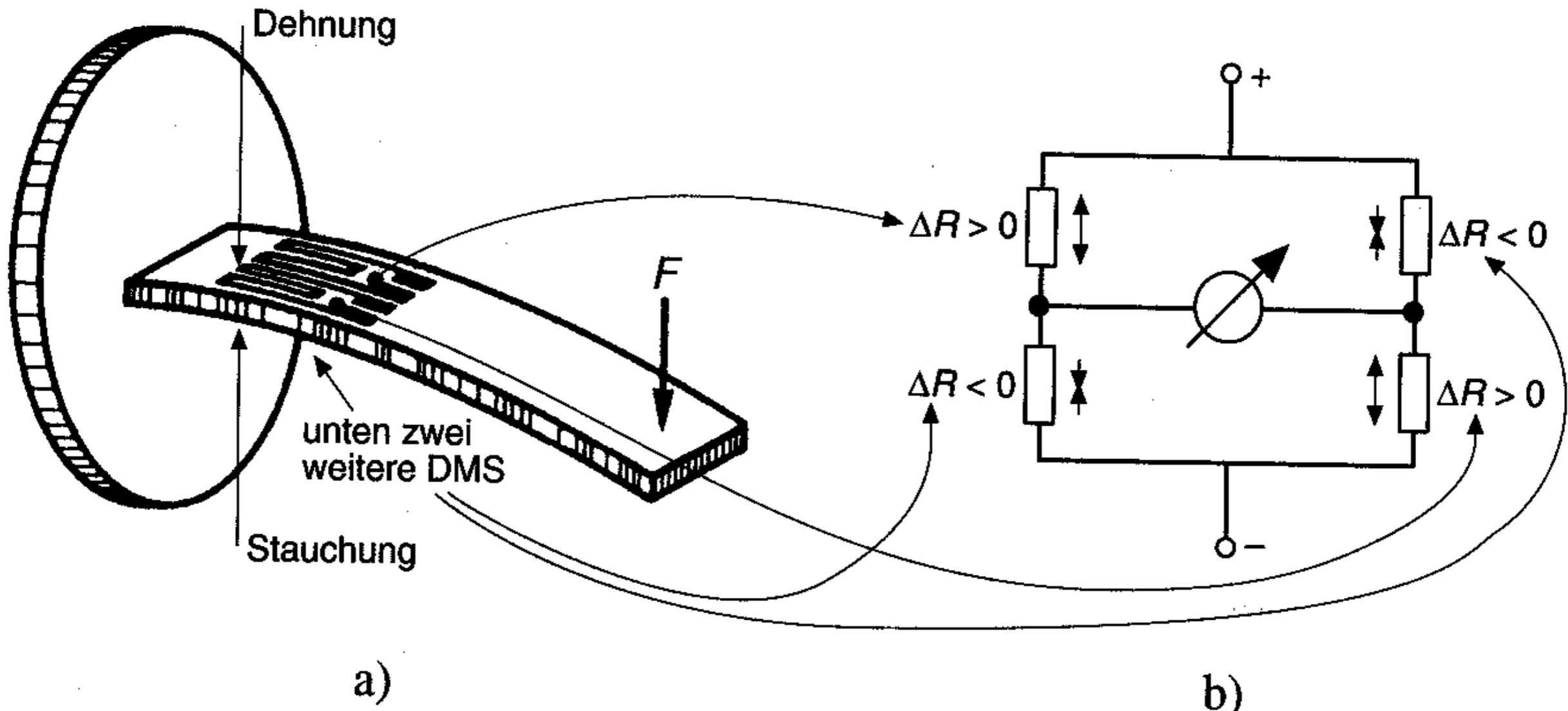


Figure from: Hesse, Schnell: Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation

Jauges de contraintes



Circuits intégrés capteur de pression

MEMS en silicium

- Coût de fabrication réduit
- Industrie microélectronique = 30 ans
d'investissement colossaux = grande maîtrise des
procédés de fabrications
- Facteur de jauge relativement élevé pour le
silicium
- Intégration monolithique (dans le même substrat)
de la membrane, de la jauge de contrainte, de
l'électronique de conditionnement

Un exemple de réalisation

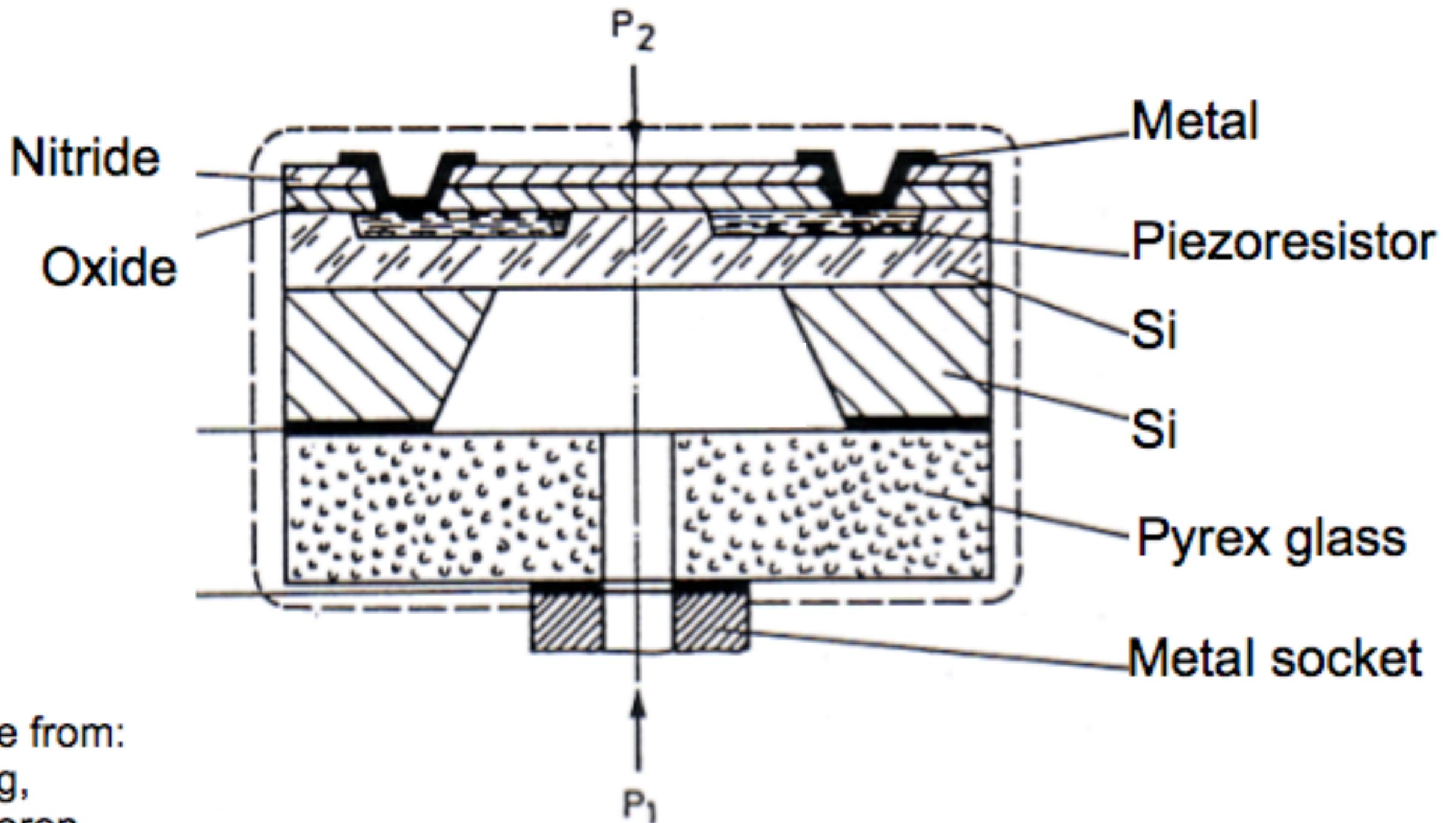


Figure from:
Bonfig,
Sensoren

Quelques composants

Integrated Silicon Pressure Sensor for Manifold Absolute Pressure, Altimeter or Barometer Applications On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

Motorola's MPX4115A/MPXA4115A series sensor integrates on-chip, bipolar op amp circuitry and thin film resistor networks to provide a high output signal and temperature compensation. The small form factor and high reliability of on-chip integration make the Motorola pressure sensor a logical and economical choice for the system designer.

The MPX4115A/MPXA4115A series piezoresistive transducer is a state-of-the-art, monolithic, signal conditioned, silicon pressure sensor. This sensor combines advanced micromachining techniques, thin film metallization, and bipolar semiconductor processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to applied pressure.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip.

Features

- 1.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Temperature Compensated from -40° to +125°C
- Durable Epoxy Unibody Element or Thermoplastic (PPS) Surface Mount Package

Application Examples

- Aviation Altimeters
- Industrial Controls
- Engine Control
- Weather Stations and Weather Reporting Devices

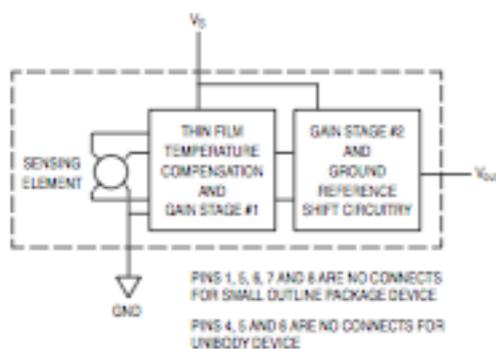


Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic



PIN NUMBER			
1	N/C	5	N/C
2	V _b	6	N/C
3	Gnd	7	N/C
4	V _{out}	8	N/C

NOTE: Pins 1, 5, 6, 7, and 8 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the lead.

MPX4115A MPXA4115A SERIES

INTEGRATED PRESSURE SENSOR
15 to 115 kPa (2.2 to 16.7 psi)
0.2 to 4.8 Volts Output

UNIBODY PACKAGE



MPX4115A
CASE 867



MPX4115AP
CASE 867B



MPX4115AS
CASE 867E

PIN NUMBER			
1	V _{out}	4	N/C
2	Gnd	5	N/C
3	V _b	6	N/C

NOTE: Pins 4, 5, and 6 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the lead.



Freescale Semiconductor, Inc. MPX4115A MPXA4115A SERIES
ARCHIVED BY FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. 2005

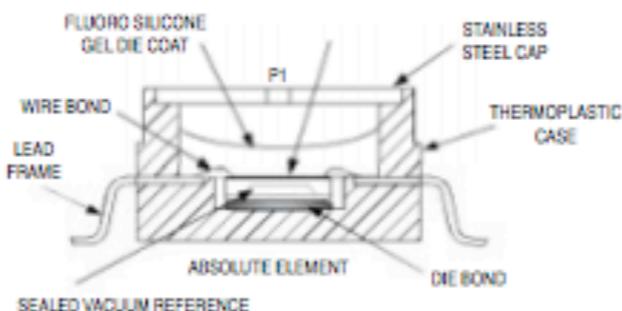


Figure 2. Cross Sectional Diagram SOP (not to scale)

Figure 2 illustrates the absolute sensing chip in the basic chip carrier (Case 482).

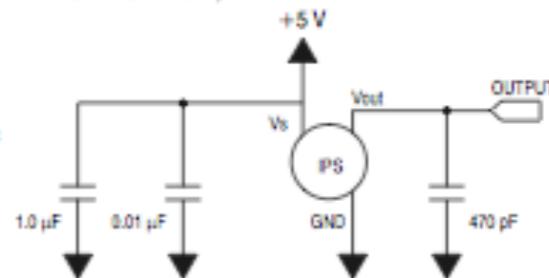


Figure 3. Recommended power supply decoupling and output filtering. For additional output filtering, please refer to Application Note AN1646.

Figure 3 shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the integrated sensor to the A/D input of a microprocessor or microcontroller. Proper decoupling of the power supply is recommended.

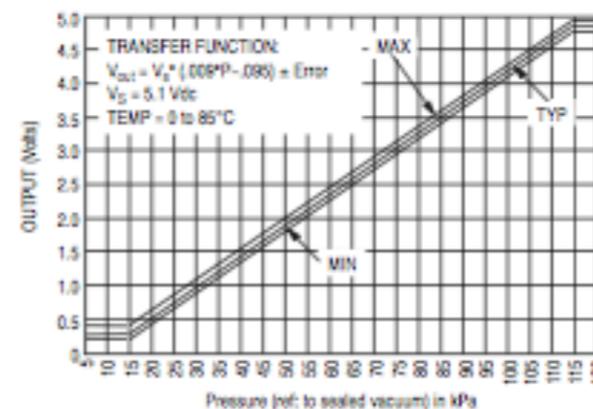


Figure 4. Output versus Absolute Pressure

Figure 4 shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical minimum and maximum output curves are shown for operation over 0 to 85°C temperature range. The output will saturate outside of the rated pressure range.

A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the silicon diaphragm. The

MPX4115A/MPXA4115A series pressure sensor operating characteristics, internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media other than dry air may have adverse effects on sensor performance and long-term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

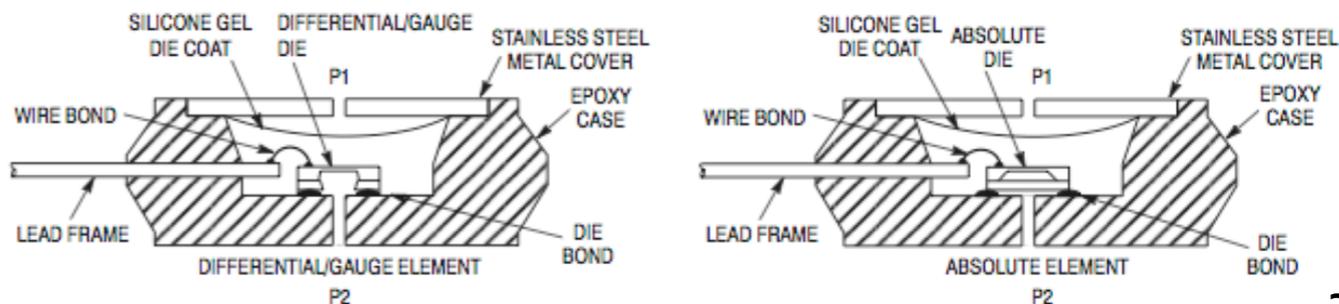


Figure 4. Cross-Sectional Diagrams (Not to Scale)

REV 4

© Motorola, Inc. 2001

For More Information On This Product,
Go to: www.freescale.com

Quelques composants

BMP085 Digital pressure sensor

Data sheet

Bosch Sensortec



BMP085 general description

The BMP085 is the fully pin- and function compatible successor of the SMD500, a new generation of high precision digital pressure sensors for consumer applications. The universal C-code SMD500/BMP085 ("BMP085_SMD500_API") is fully upward compatible to SMD500 and recognizes automatically the device ID. Customers already working with the SMD500 pressure sensor are invited to contact Bosch Sensortec as soon as they intend to switch-over to the BMP085 sensor for getting first-hand support.

The ultra-low power, low voltage electronics of the BMP085 is optimized for use in mobile phones, PDAs, GPS navigation devices and outdoor equipment. With a low altitude noise of merely 0.25m at fast conversion time, the BMP085 offers superior performance. The I²C interface allows for easy system integration with a microcontroller.

The BMP085 is based on piezo-resistive technology for EMC robustness, high accuracy and linearity as well as long term stability.

Robert Bosch is the world market leader for pressure sensors in automotive applications. Based on the experience of over 150 million pressure sensors in the field, the BMP085 continues a new generation of micro-machined pressure sensors.

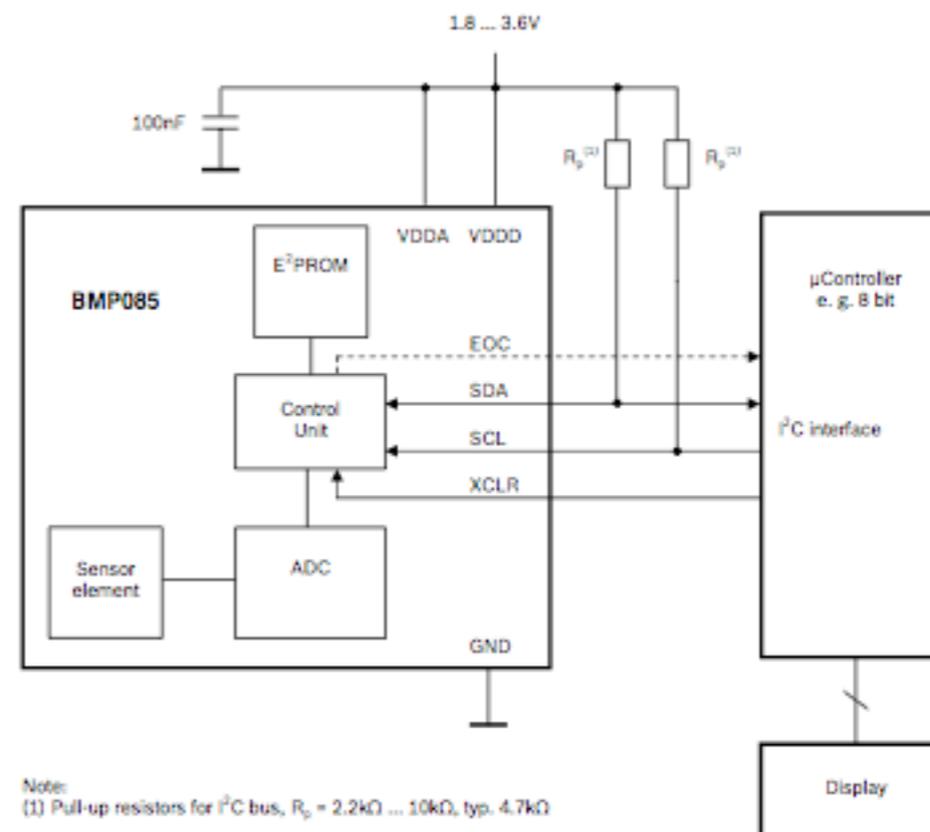


Key features

Pressure range:	300 ... 1100hPa (+9000m ... -500m above sea level)
Supply voltage:	1.8 ... 3.6V (V _{DDA}) 1.62V ... 3.6V (V _{DDC})
LCCB package:	Robust, ceramic lead-less chip carrier (LCC) package Small footprint: 5.0mm x 5.0mm Super-flat: 1.2mm height
Low power:	5µA at 1 sample / sec. in standard mode
Low noise:	0.06hPa (0.5m) in ultra low power mode 0.03hPa (0.25m) ultra high resolution mode < 0.1m possible with software averaging algorithm

- Temperature measurement included
- I²C interface
- Fully calibrated
- Pb-free, halogen-free and RoHS compliant,
- MSL 1

Typical application circuit:

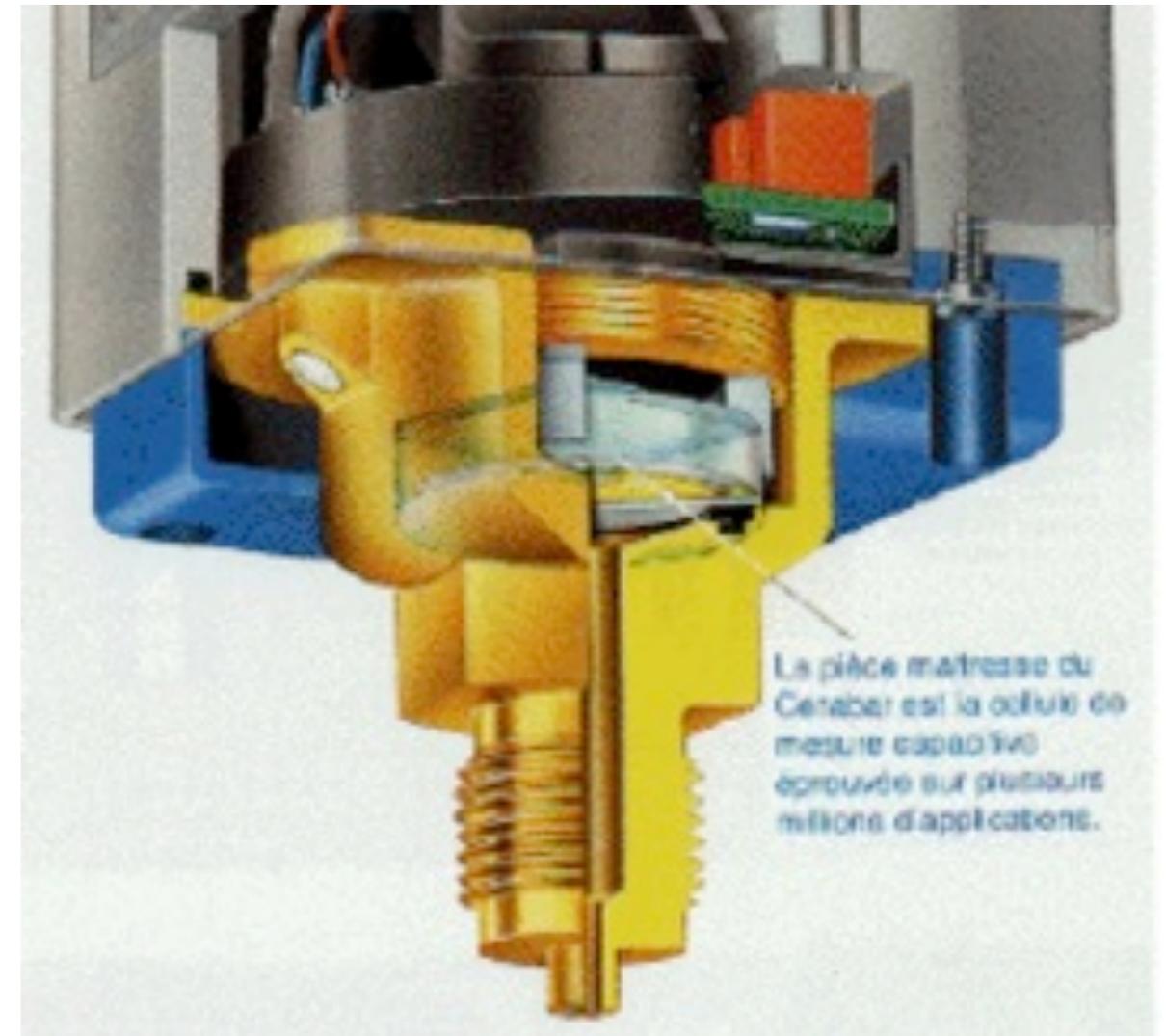
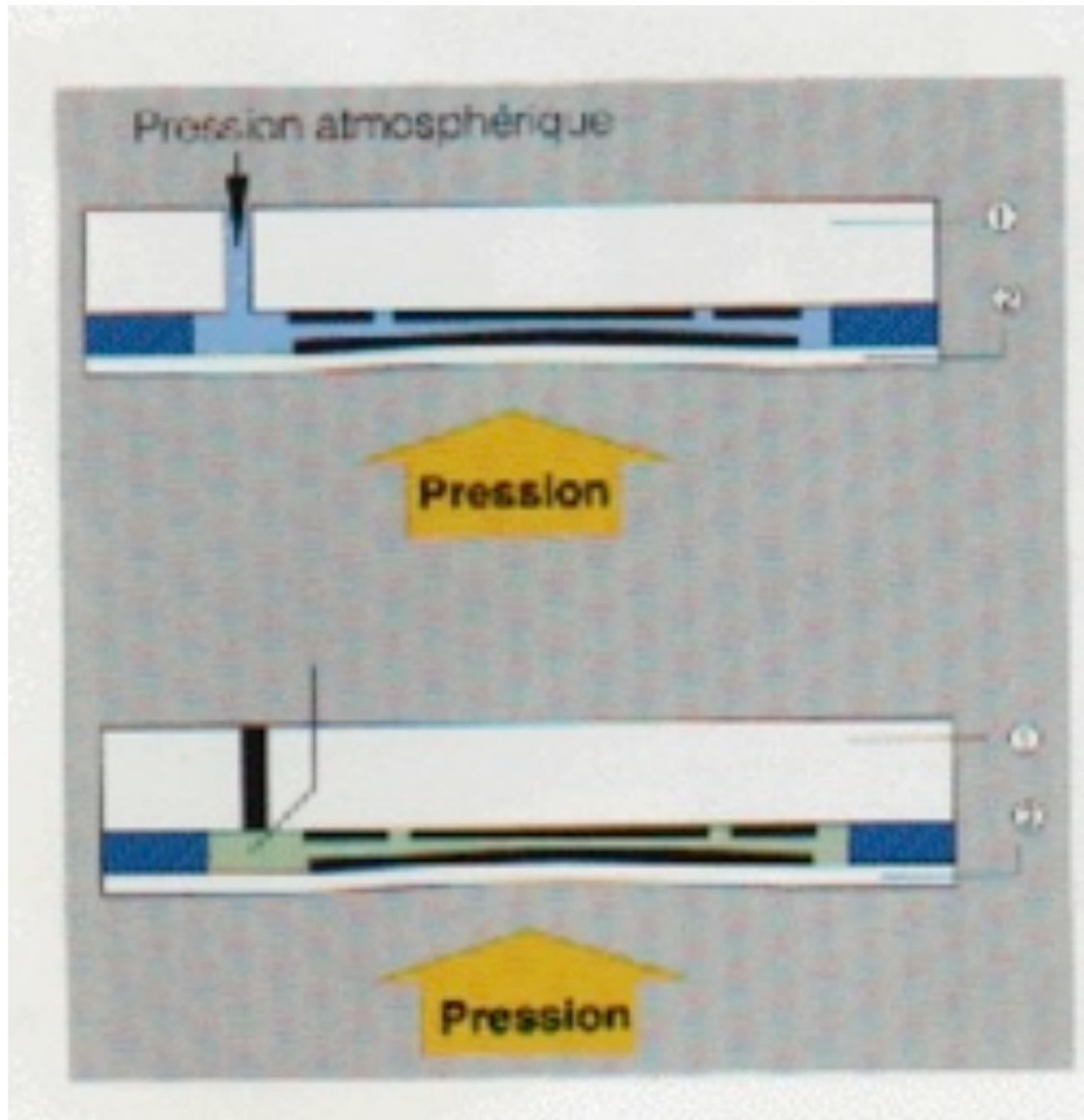


Note:
(1) Pull-up resistors for I²C bus, R_p = 2.2kΩ ... 10kΩ, typ. 4.7kΩ

**Et bien d'autres
exemples**

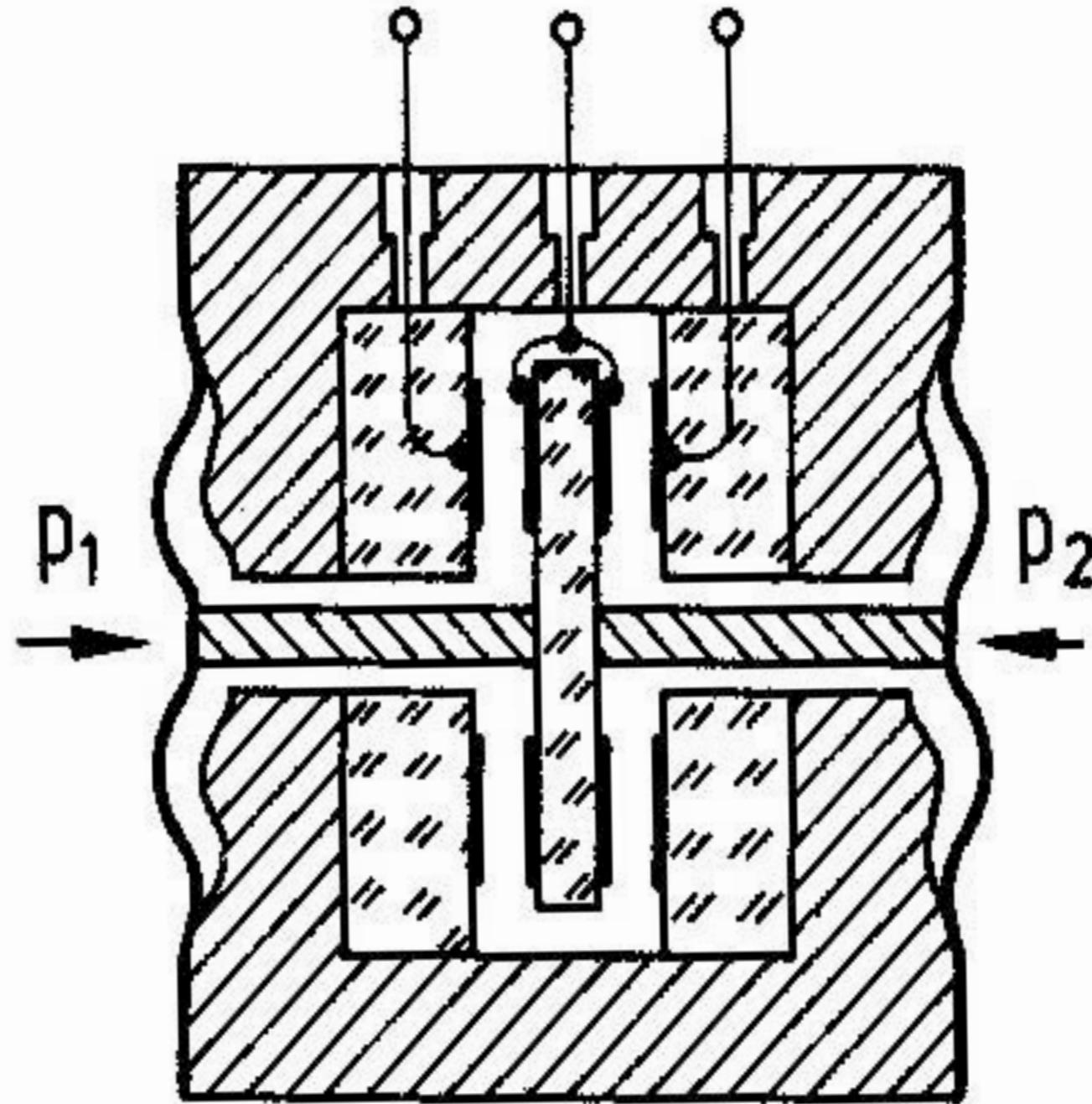
Capteur capacitif

Déformation d'une membrane



<http://gatt.club.fr/>

Capteurs inductifs



Capteur capacitif différentiel

