

EXEMPLES

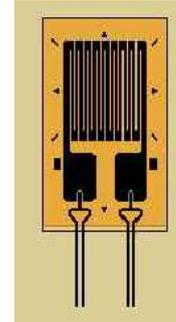
- Les **capteurs analogiques** délivrent une information qui varie **continûment** (RLC UI fréquence etc.).



PHmétrie (mesure de tension produite par les électrodes)



Mesure de température à partir du courant généré par une photodiode IR

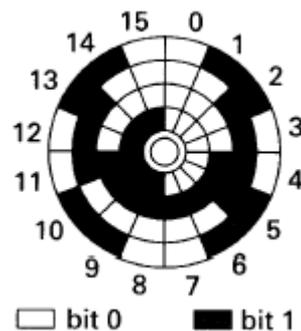


Jauge d'extensométrie (suivi de la variation de R avec la déformation)

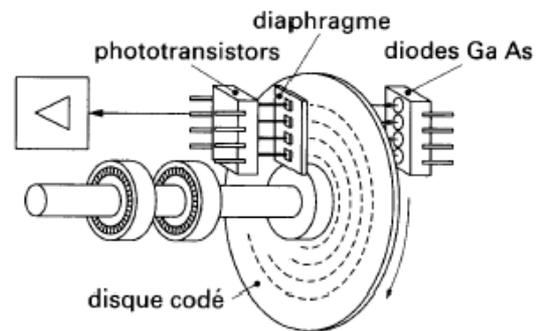
- Les **capteurs numériques** délivrent l'information sous la forme d'un **nombre entier**. Ils sont appelés aussi **codeurs ou compteurs** (exemples : codeurs incrémentaux, pluviomètre à auget basculant...).



Mesure de vitesse du vent (direction et valeur)



codeur de position angulaire (à code Gray)



- Les **capteurs logiques**, souvent appelés **détecteurs**, délivrent une information binaire.



Capteur magnétique de présence de boucle de ceinture de sécurité auto (effet Hall)



Détecteur de fumée

Application 1

Identifier 8 capteurs équipant un véhicule, préciser la grandeur concernée.

Les classer par rôle : fonctionnement moteur, sécurité, confort...

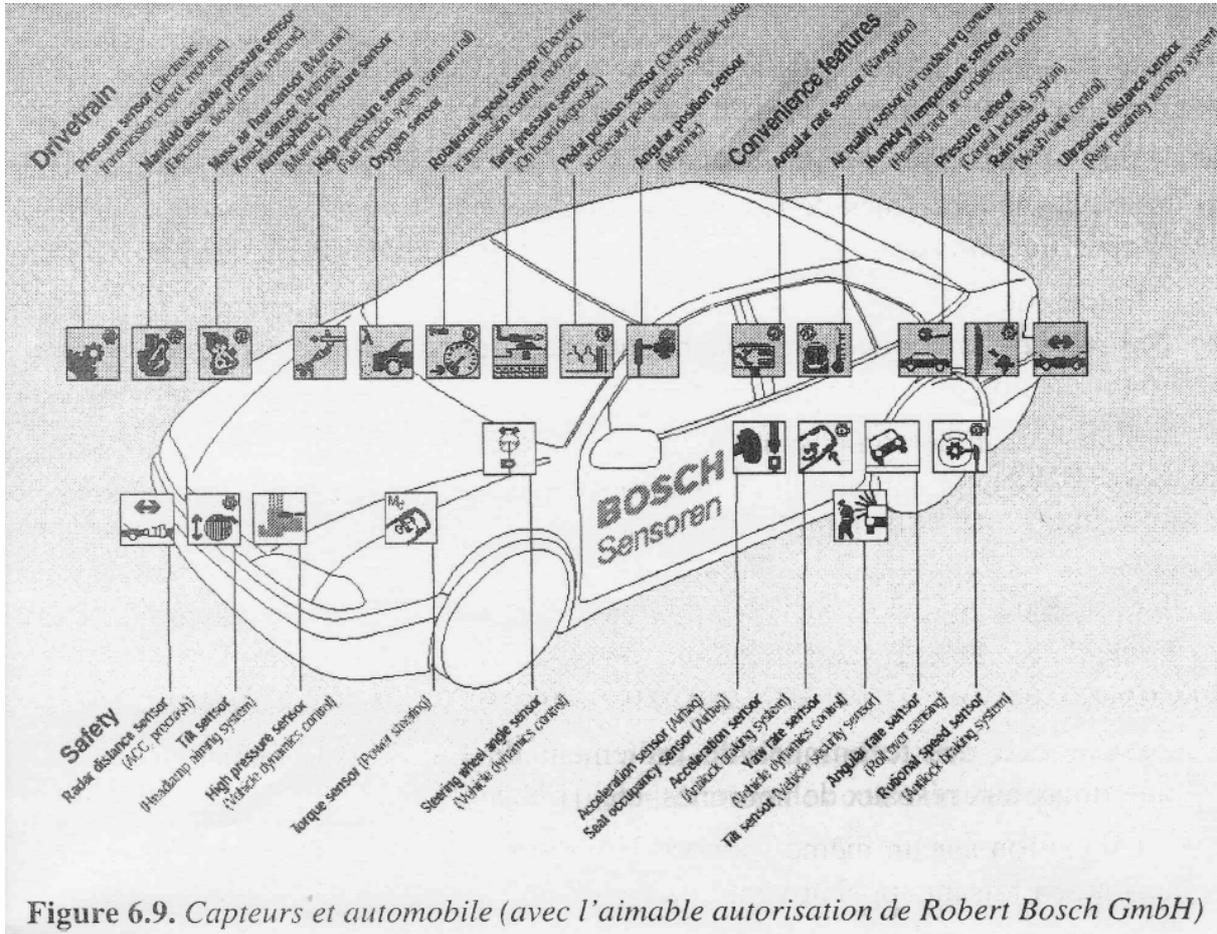


Figure 6.9. Capteurs et automobile (avec l'aimable autorisation de Robert Bosch GmbH)

[Du composant élémentaire au système tome2 par D. Placko & all Hermès éd 2000 p 280]

Motorisation :

Pression (circuit de transmission), pression (alimentation carburant), débit d'air, cliquetis, pression atmosphérique, pression (injection carburant), sonde Lambda (teneur en O₂ du mélange dans le carburateur).

Vitesse de rotation de l'arbre moteur (compte-tour), pression dans le réservoir (niveau de carburant), angle de la pédale d'accélérateur, vitesse de rotation des roues.

Confort :

Horizontalité du véhicule, qualité de l'air (température et humidité), fermeture centralisée des portes dès le roulement, détecteur de pluie, distance par ultra son (aide au stationnement).

Sécurité :

Distance par le Radar anti collision, ?, ?, couple moteur, angle du volant, accéléromètre d'airbag, occupation des sièges, accéléromètre pour ABS, accélération angulaire (prévention « tête à queue »), choc et secousse (antivol, alarme), vitesse de roue (ABS)

Et encore d'autres, absents de cette figure (non produit par ce fournisseur ?) :

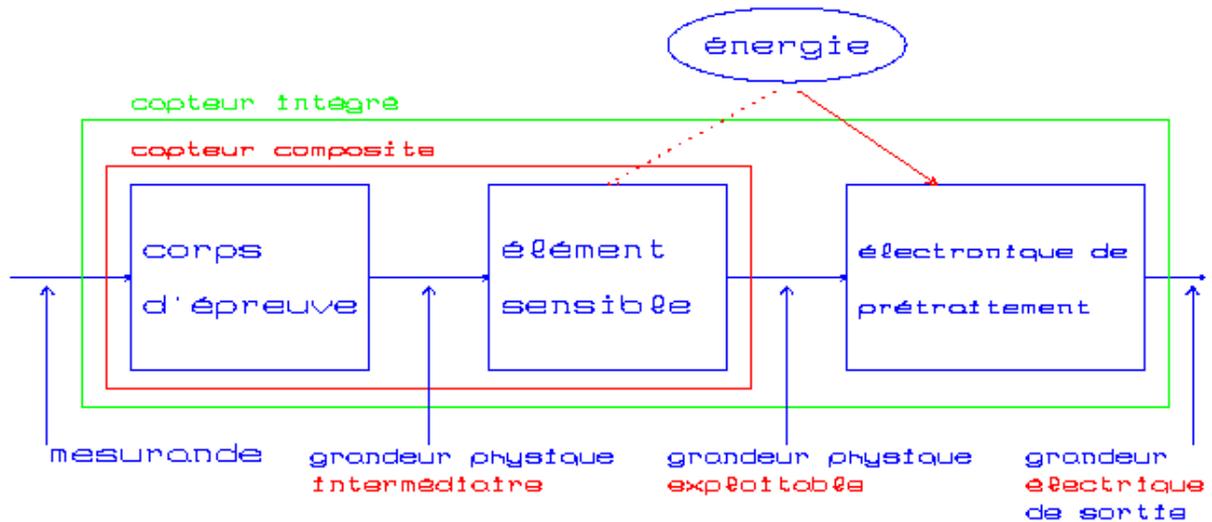
température circuit de refroidissement moteur, température de l'air admis, angle de position du papillon d'admission Pression et température des pneus, détecteur de ceinture de sécurité bouclée ou de porte fermée etc.

Structure générale d'un capteur

Diagramme fonctionnel

De nombreux capteurs ont un **diagramme fonctionnel** du type suivant :
(en particulier les capteurs d'accélération, les jauges de contrainte ...)

A noter :



Le **corps d'épreuve** est un élément qui réagit sélectivement aux variations du **mesurande**. Il transforme le mesurande en une autre grandeur physique mesurable. **L'élément sensible** est lié au corps d'épreuve et traduit ses réactions en une grandeur physique exploitable.

Le **transfert d'énergie** peut être direct ou par étapes.

VIM

Mesurage

[measurement] ensemble d'opérations ayant pour but de déterminer la valeur d'une grandeur.

Mesurande

[measurand] grandeur soumise à un mesurage.

Résultat d'un mesurage

[result of a measurement] résultat obtenu par mesurage.

Principe de mesure

[principle of measurement] base scientifique d'un mesurage.

Exemples de capteurs

Ex1 avec contact

Gaz d'échappement / transfert de chaleur vers un Thermocouple/ réponse en tension

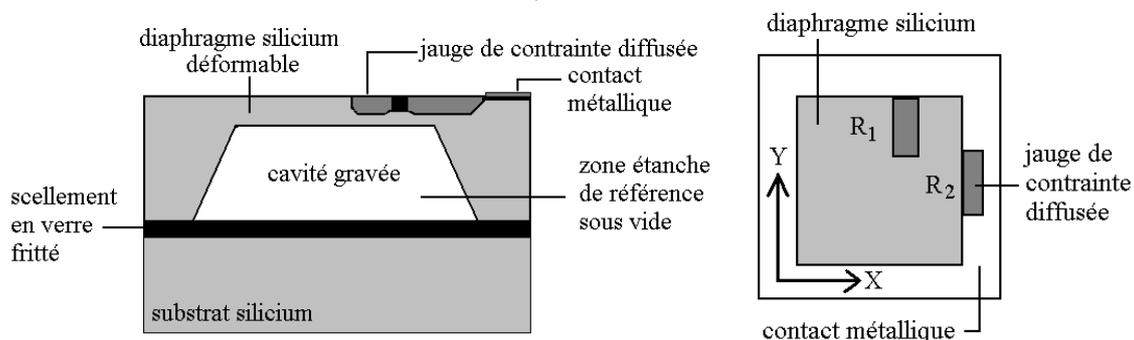
Le transfert d'énergie est direct du milieu vers l'élément sensible
(le thermocouple est aussi le corps d'épreuve s'il n'y a pas d'élément de protection)

Ex2 sans contact

Disque de freinage échauffé / transfert par rayonnement vers une photodiode IR/ réponse en courant

Ex3 capteur de pression

La force de pression déforme la membrane qui est le corps d'épreuve.
La jauge de contrainte (élément sensible) est déformée à volume constant : longueur et surface du conducteur change, la résistance électrique change.
Le fonctionnement a plus d'une étape, le transfert d'énergie peut ne pas être direct vers l'élément sensible)



Pour info

- Le capteur est essentiellement constitué de deux couches de silicium collées entre elles dont l'une est évidée par gravure. La cavité ainsi formée est étanche et mise sous vide, lors de la fabrication, avec une pression d'air résiduel très faible. Cette **pression interne de référence supposée nulle** en fait un **capteur de pression absolue** $\Delta P = P_{\text{ext}} - P_{\text{int}} = P_{\text{extérieur au diaphragme}} - 0$.
- Si le substrat est percé d'un **trou relié à l'extérieur** par un tube capillaire, il s'agit d'un **capteur de pression différentielle** $\Delta P = P_{\text{ext}} - P_{\text{int}} = P_{\text{extérieure au diaphragme}} - P_{\text{extrémité du capillaire}}$
- La partie amincie de la couche supérieure de silicium forme un **diaphragme déformable** selon la contrainte mécanique qui lui est appliquée. Cette déformation en 2D est suivie par **deux jauges de contrainte** intégrée à la membrane dont **les résistances varient proportionnellement à la déformation et donc à la contrainte imposée**. Il s'agit donc à la base de capteurs de forces.

Ex4 : Accéléromètre MEMS pour déclenchement d'airbag (ou pour Wii, inclinomètre etc.)

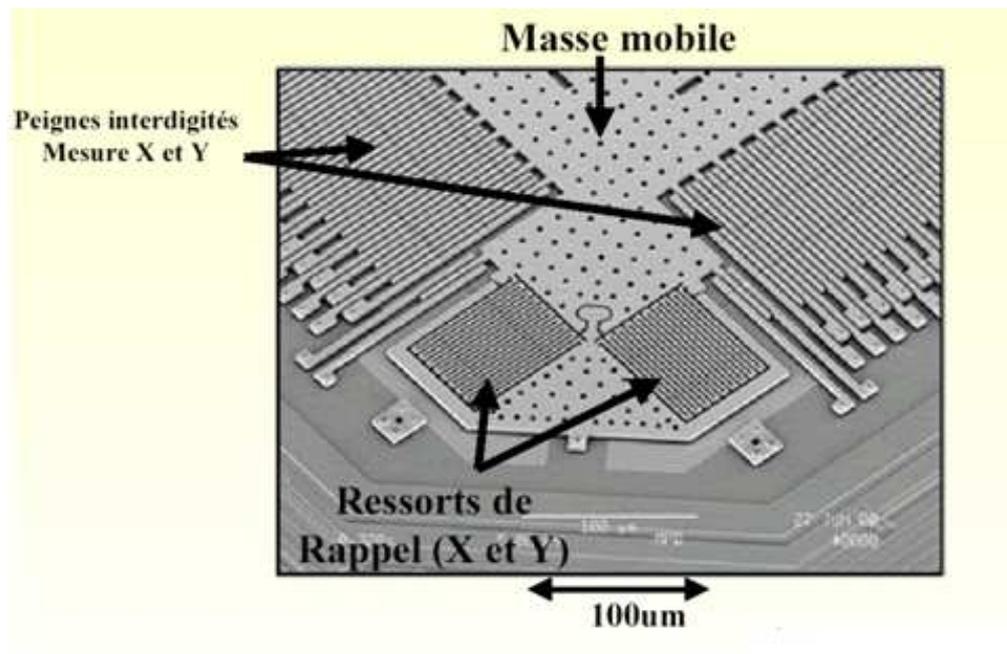
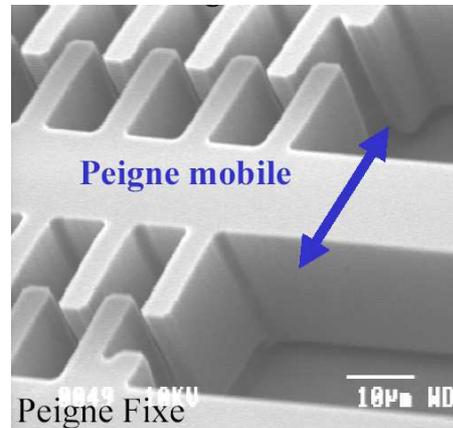
L'accéléromètre est solidaire du châssis du véhicule.

Une étude détaillée du mouvement de la partie mobile du capteur permet d'évaluer l'accélération négative du véhicule.

Son déplacement est suivi par deux capteurs capacitifs en série.



Capteur capacitif du déplacement de la partie mobile de l'accéléromètre



Images : Analog Devices 2002

Les étapes du conditionnement électronique du signal permettent de disposer d'une tension de sortie très simple :

$$V_{\text{out}} = S \cdot a + b$$

où a est l'accélération à mesurer !

Mesurande ?

corps d'épreuve ?

grandeur physique intermédiaire ?

Elément sensible ?

Grandeur physique exploitable ?

Grandeur de sortie ?

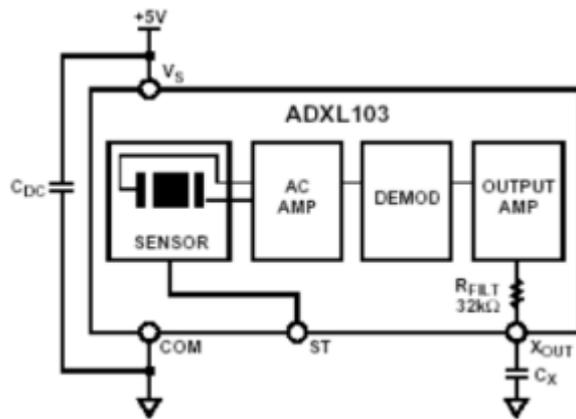
Lire le data p3 :

Que représente b ?

Que représente S ?

Montrer la cohérence avec la plage de valeurs d'accélération mesurables par le capteur et la tension d'alimentation du capteur

Capteur linéaire ?



Mesurande ? a : accélération du support sur lequel est fixé l'accéléromètre : le véhicule
corps d'épreuve ? la partie mobile qui reçoit de l'énergie mécanique lors d'un choc déclenchant l'airbag.

grandeur physique intermédiaire ? $d(a)$: déplacement de la partie mobile

Elément sensible ? le condensateur formé par les éléments du peigne

Grandeur physique exploitable ? la capacité $C(d)$ de ce condensateur, $C(a)$

Grandeur de sortie ? s la tension produite à partir de C par l'électronique intégrée, donc $s(a)$

Accélération de la pesanteur $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$

Alimentation (supply) 5V

$b = 2.5 \text{ V}$ tension moyenne pour $a = 0 \cdot g$

$S = 1000 \text{ mV} / g = 1 \text{ V} / g$

$a_{\text{max}} = 1.7 \text{ g}$ d'où $s_{\text{max}} = 2.5 + 1 \cdot 1.7 = 4.2 \text{ V} < 5\text{V}$

$a_{\text{min}} = -1.7 \text{ g}$ d'où $s_{\text{min}} = 2.5 - 1 \cdot 1.7 = 0.8 \text{ V} > 0\text{V}$