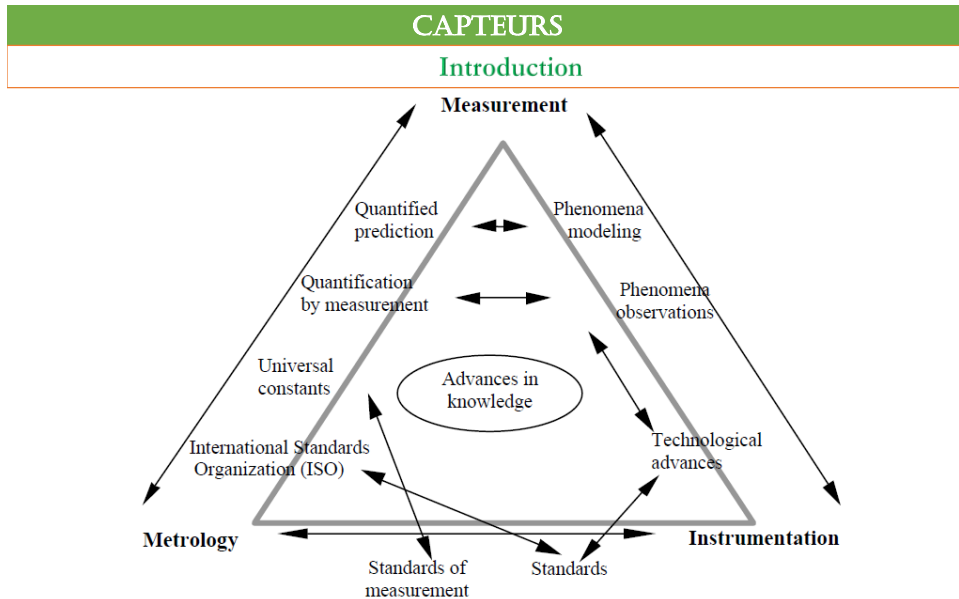


# CAPTEURS

Fahmi ALILA, Jamal FAJOUÏ, Bruno VELAY

## PLAN

- I. Introduction
- II. Chaîne de mesures
- III. Capteurs intégrés
- IV. Capteurs intelligents
- V. Capteurs déplacement
- VI. Erreurs des capteurs
- VII. Documentations des capteurs
- VIII. Limites d'utilisations
- IX. Exemples
- X. Travaux dirigés



**Figure 1.1.** *The MIM triangle: evolutions and permanent interactions of measurement, instrumentation, and metrology*

*Instrumentation & Measurement Series* : [Fundamentals of Instrumentation and Measurement](#) - **Dominique Placko**

3

**CAPTEURS**

**Présentation**

Le **mesurande** est la grandeur physique objet de la mesure : déplacement, température, pression, etc. L'ensemble des opérations expérimentales qui concourent à la connaissance de la valeur numérique du mesurande constitue son **mesurage**.

Le **capteur** est le dispositif qui soumis à l'action d'un mesurande non électrique présente une caractéristique de nature électrique (charge, tension, courant ou impédance) désignée par  $s$  et qui est fonction du mesurande :  $s = F(e)$ .  $s$  est la grandeur de sortie ou réponse du capteur,  $e$  est la grandeur d'entrée ou excitation (parfois notée «  $m$  » pour mesurande).

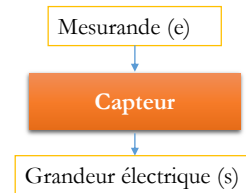
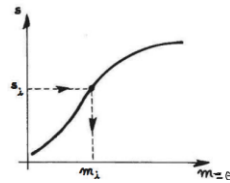


4

## CAPTEURS

### Présentation

La relation  $s = F(e)$  résulte dans sa forme théorique des lois physiques qui régissent le fonctionnement du capteur et dans son expression numérique de sa construction (géométrie, dimensions), des matériaux qui le constituent et éventuellement de son environnement et de son mode d'emploi (température, alimentation). Pour tout capteur la relation  $s = F(e)$  sous sa forme numériquement exploitable est explicitée par étalonnage : pour un ensemble de valeurs de  $m$  connues avec précision, on mesure les valeurs correspondantes de  $s$  ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage ; cette dernière, à toute valeur mesurée de  $s$ , permet d'associer la valeur de  $e$  qui la détermine :



$$ds = S \times de$$

$S$  est la **sensibilité** du capteur

Pour des raisons de facilité d'exploitation, on s'efforce de réaliser le capteur, ou du moins de l'utiliser, en sorte qu'il établisse une relation linéaire entre les variations  $\Delta S$  de la grandeur de sortie et celles  $\Delta E$  de la grandeur d'entrée :  $\Delta S = S \times \Delta E$ .

5

## MESURES DE POSITIONS ET DE DÉPLACEMENTS

### Présentation

#### Capteurs absolus :

Le capteur fournit un signal qui est fonction de la position de l'une de ses parties liée à l'objet mobile. **Exemple** : potentiomètre résistif, inductance à noyau mobile, condensateur à armature mobile, codeurs digitaux absolus, ...

#### Capteurs incrémentaux :

Le capteur délivre une impulsion à chaque déplacement élémentaire. La position et les déplacements sont déterminés par comptage des impulsions émises, ou décomptage selon le sens du déplacement.

#### Capteurs de proximité :

Ils sont caractérisés par l'absence de liaison mécanique avec l'objet dont ils mesurent la distance ou le déplacement.

6

## CAPTEURS

### Présentation

Un des problèmes importants dans la conception et l'utilisation d'un capteur est la constance de sa **sensibilité S** qui doit dépendre aussi peu que possible :

- de la valeur de l'entrée (linéarité) et de sa fréquence de variation (bande passante) ;
- du temps (vieillessement) ;
- de l'action d'autres grandeurs physiques de son environnement qui ne sont pas l'objet de la mesure et que l'on désigne comme grandeurs d'influence.

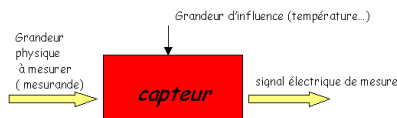
En tant qu'élément de circuit électrique, le capteur se présente, vu de sa sortie :

- soit comme un **générateur**, **S** étant une charge, une tension ou un courant et il s'agit alors d'un capteur **actif**;
- soit comme une **impédance**, **S** étant alors une résistance, une inductance ou une capacité : le capteur est alors dit **passif**.

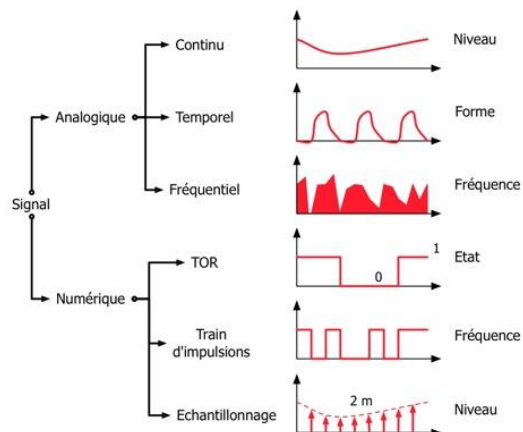
7

## CAPTEURS

### Présentation



Un **capteur** est un dispositif qui transforme l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable



### Capteur actif

- Effet thermoélectrique
- Effet piézo-électrique
- Effet d'induction électromagnétique
- Effet photo-électrique
- Effet Hall
- Effet photovoltaïque

### Capteur passif

- Résistif (Déplacement, température, luminosité)
- Capacitif
- Magnétique

8

## CAPTEURS

### Présentation

Capteurs **actifs** : principes physiques de base

Mesurande	Effet utilisé	Grandeur de sortie
	Thermoélectricité	Tension
	Pyroélectricité	Charge
	Photoémission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photoélectromagnétique	Tension
	Piézoélectricité	Charge
	Induction électromagnétique	Tension
	Effet Hall	Tension

9

## CAPTEURS

### Présentation

Capteurs **passifs** : principes physiques et matériaux

Mesurande	Caractéristique électrique sensible	Types de matériaux utilisés
	Résistivité Constante diélectrique	Métaux : platine, nickel, cuivre. Semi-conducteurs. Verres.
	Résistivité	Semi-conducteurs.
	Résistivité Perméabilité magnétique	Alliages de nickel, silicium dopé. Alliages ferromagnétiques.
	Résistivité	Matériaux magnéto-résistant: bismuth, antimoine d'indium.
	Résistivité Constante diélectrique	Chlorure de lithium. Alumine ; polymères.
	Constante diélectrique	Liquides isolants.

10

CAPTEURS

**Application 1 : Rôle des capteurs**

Identifier 8 capteurs équipant un véhicule, préciser la grandeur concernée.  
 Les classer par rôle : fonctionnement moteur, sécurité, confort...

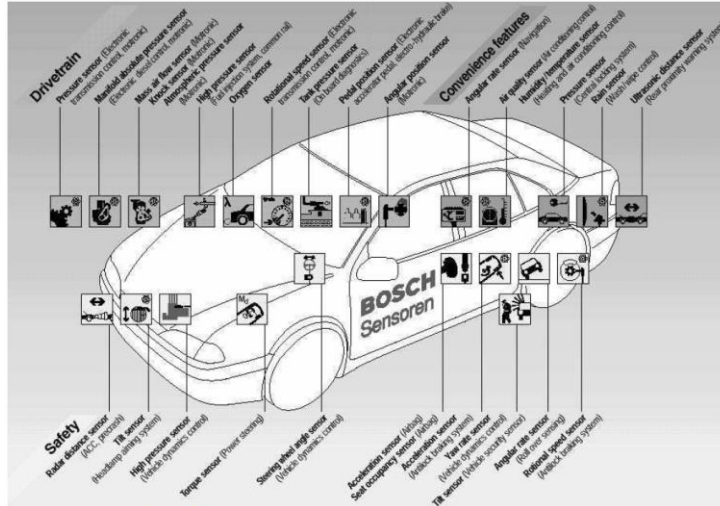


Figure 12.9. Car sensors (image courtesy of Robert Bosch GmbH)

Instrumentation & Measurement Series : Fundamentals of Instrumentation and Measurement - Dominique Placko 11

CAPTEURS

**Application 1 : Rôle des capteurs**

## CAPTEURS

### **Application 2 : Principales catégories de capteurs**

De façon générale, en milieu industriel, on identifie 6 principales catégories en fonction de leur rôle dans la chaîne de production :

1. Capteurs de process
2. Capteurs de contrôle-qualité des produits en cours de fabrication
3. Capteurs de contrôle-qualité des produits finis.
4. Capteurs de maîtrise des coûts
5. Capteurs de gestion de la sécurité
6. Capteurs de gestion de l'environnement

Expliciter ces rôles

13

## CAPTEURS

### **Application 2 : Principales catégories de capteurs**

14

## CAPTEURS

### La chaîne de mesures

La chaîne de mesure est constituée de l'ensemble des dispositifs, y compris le capteur, rendant possible, dans les meilleures conditions, la détermination précise de la valeur du mesurande.

À l'**entrée** de la chaîne, le capteur soumis à l'action du mesurande permet, directement s'il est actif ou par le moyen de son conditionneur s'il est passif, d'injecter dans la chaîne le signal électrique, support de l'information liée au mesurande.

À la **sortie** de la chaîne, le signal électrique qu'elle a traité est converti sous une forme qui rend possible la lecture directe de la valeur cherchée du mesurande :

- déviation d'un appareil à cadre mobile ;
- enregistrement analogique graphique ou oscillographique ;
- affichage ou impression d'un nombre.

C'est l'étalonnage de la chaîne de mesure dans son ensemble qui permet d'attribuer à chaque indication en sortie la valeur correspondante du mesurande agissant à l'entrée.

Sous sa forme la plus simple la chaîne de mesure peut se réduire au capteur, et à son conditionneur éventuel, associé à un appareil de lecture :

- thermocouple et voltmètre ;
- jauge de contrainte placée dans un pont de Wheatstone, avec pour instrument de lecture un galvanomètre ou un voltmètre.

15

## CAPTEURS

### La chaîne de mesures

figure 1

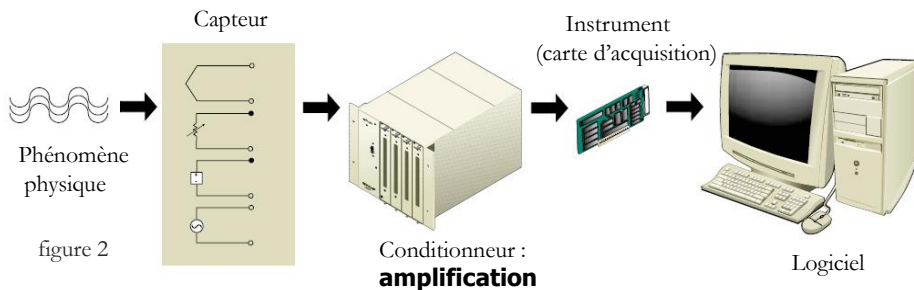


figure 2

16



## CAPTEURS

### La chaîne de mesures

Cependant les conditions pratiques de mesure telles qu'elles sont imposées par l'environnement d'une part et par les performances exigées pour une exploitation satisfaisante du signal d'autre part amènent à introduire dans la chaîne des blocs fonctionnels destinés à optimiser l'acquisition et le traitement du signal :

- circuit de linéarisation du signal délivré par le capteur ;
- amplificateur d'instrumentation ou d'isolement destiné à réduire les tensions parasites de mode commun ;
- multiplexeur, amplificateur d'instrumentation programmable, échantillonneur bloqueur, convertisseur analogique - numérique lorsque l'information doit être traitée par ordinateur (*figure 3*) ;
- convertisseur tension-courant ou tension-fréquence lorsque le signal doit être transmis à distance par câble (*figure 4*) ;
- modulateur de fréquence dans le cas de télémesure par voie hertzienne.

17

## CAPTEURS

### La chaîne de mesures

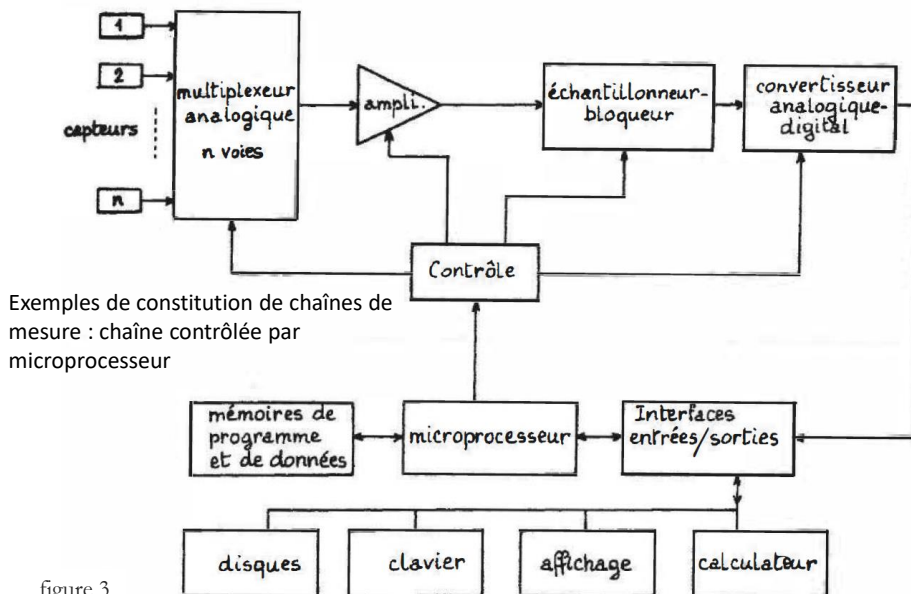


figure 3

18

## CAPTEURS

## La chaîne de mesures

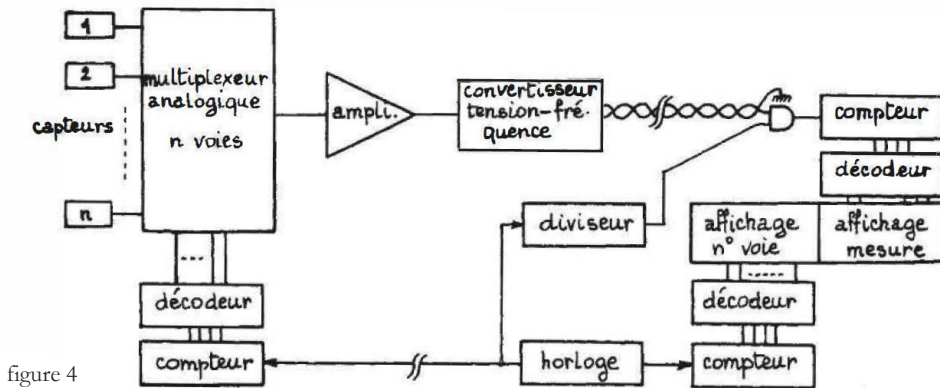


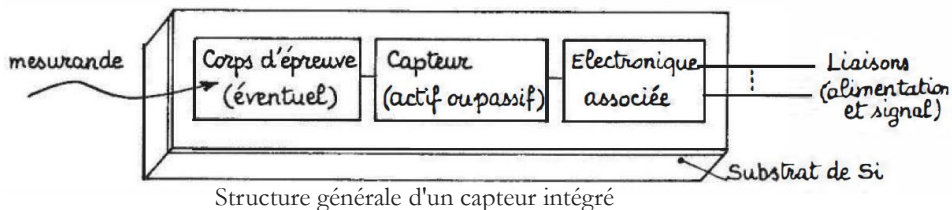
figure 4

Exemples de constitution de chaînes de mesure : chaîne avec conversion tension-fréquence des signaux permettant leur transmission bifilaire.

19

## CAPTEURS

## Capteurs intégrés



Structure générale d'un capteur intégré

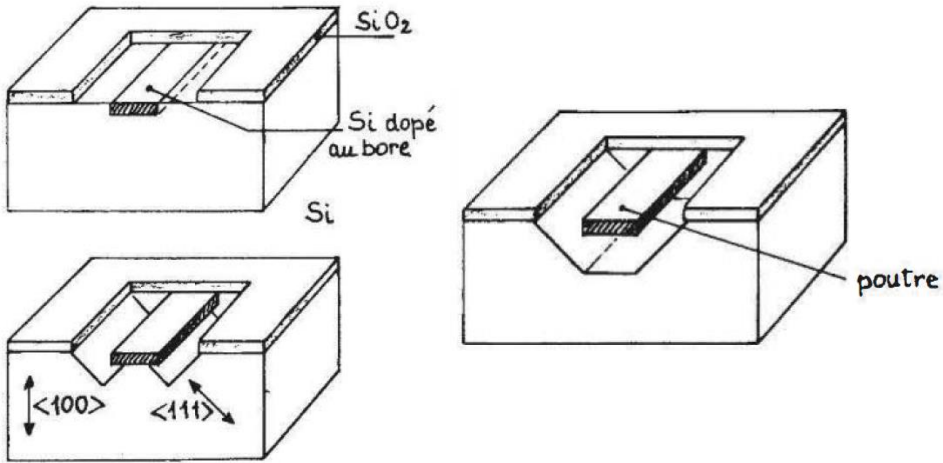
Un capteur intégré est un composant réalisé par les techniques de la Microélectronique et qui regroupe sur un substrat de silicium commun le capteur proprement dit, le corps d'épreuve éventuel, des circuits électroniques de conditionnement du signal (figure ci-dessous).

L'intégration apporte de multiples avantages : miniaturisation, diminution des coûts par la fabrication en grande série, accroissement de la fiabilité par suppression de nombreuses connexions soudées, interchangeabilité améliorée, meilleure protection vis-à-vis des parasites, le signal étant conditionné à sa source.

20

## CAPTEURS

## Capteurs intégrés

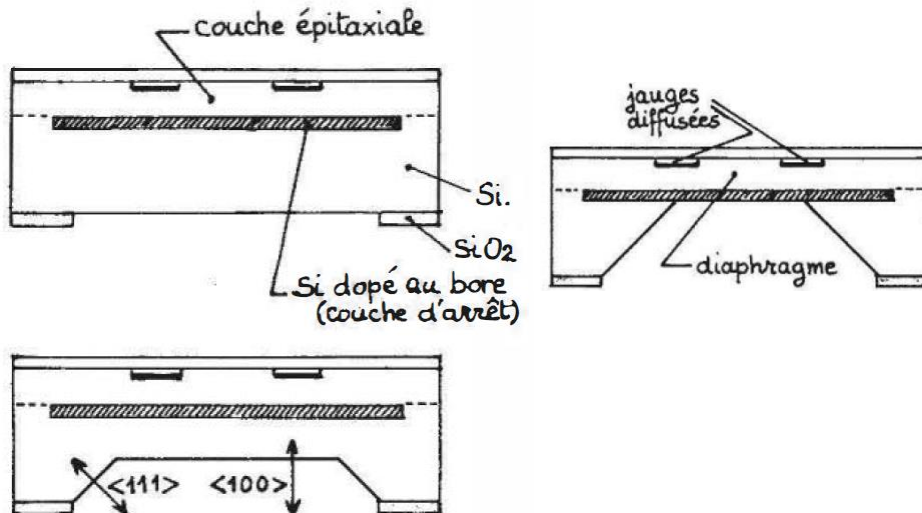


Phases successives de la réalisation de corps d'épreuve par attaque chimique anisotrope : poutre (accéléromètre)

21

## CAPTEURS

## Capteurs intégrés



Phases successives de la réalisation de corps d'épreuve par attaque chimique anisotrope : diaphragme

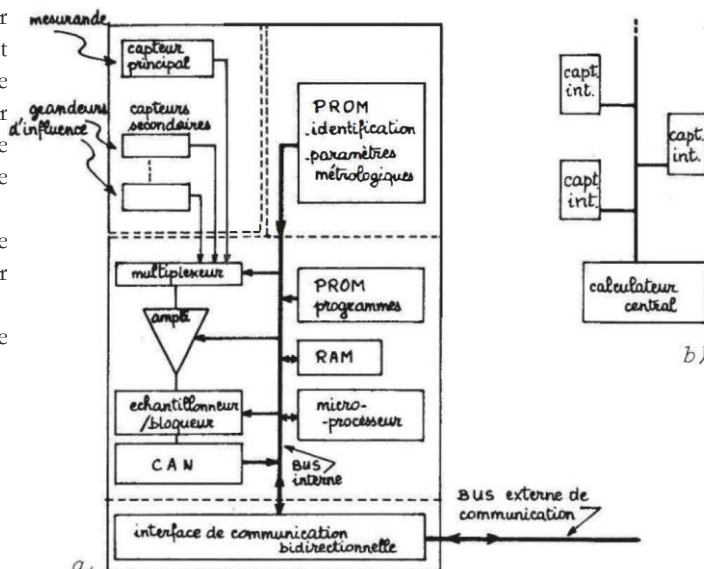
22

## CAPTEURS

### Capteurs intelligents

On désigne par capteur intelligent l'ensemble de mesure d'une grandeur physique constitué de deux parties (figure ci-contre) :

- une chaîne de mesure pilotée par microprocesseur ;
- une interface de communication bidirectionnelle.



Capteur intelligent : a) structure générale ; b) liaison par bus d'un ensemble de capteurs intelligents à un ordinateur central

23

## CAPTEURS

### Capteurs intelligents

La **chaîne de mesure** comporte :

- le capteur principal spécifique du mesurande étudié, et identifiable par un code stocké en PROM (Programmable Read On/y Memory : mémoire programmable à lecture seule) ;
- les capteurs secondaires propres aux grandeurs d'influence susceptibles d'affecter la réponse du capteur principal ;
- les dispositifs classiques permettant l'obtention sous forme numérique de la grandeur de sortie de chaque capteur : conditionneur, multiplexeur, amplificateur, échantillonneur-bloqueur, convertisseur analogique-numérique ;
- un microprocesseur affecté aux tâches suivantes : gestion de l'acquisition, correction de l'effet des grandeurs d'influence au moyen des paramètres stockés en PROM et des données fournies par les capteurs secondaires, linéarisation, diagnostic des capteurs.

L'interface de communication bidirectionnelle assure la liaison du capteur à un ordinateur central via un bus partagé entre plusieurs capteurs intelligents (figure b). Les messages porteurs du code du capteur concerné transitent par l'interface :

- soit dans le sens ordinateur vers capteur : configuration, autoétalonnage ...
- soit dans le sens capteur vers ordinateur : résultats de mesure, état de la chaîne (étendue de mesure, dépassements de gamme du mesurande ou d'une grandeur d'influence ...).

Le capteur intelligent offre des avantages spécifiques : configurabilité à distance ; crédibilité accrue des mesures et aide à la maintenance grâce aux informations d'état fournies ; répartition des tâches, déchargeant le ordinateur central.

24

## CAPTEURS

## Mesures de positions et de déplacements

Capteur de déplacement	Résistif	Inductif		Capacitif
Type	Potentiomètre	Inducteur variable	Transformateur différentiel	Capacité variable
Avantages	EM important Faible coût	EM important	EM important Bonne linéarité Excellente résolution Robustesse Fiabilité Faible encombrement	EM moyenne Robustesse Fiabilité
Inconvénients	Résolution limitée Vitesse limitée Durée de vie limitée	Linéarité moyenne Sensible aux champs magnétiques	Sensible aux champs magnétiques	Non linéarité Sensible à l'environnement

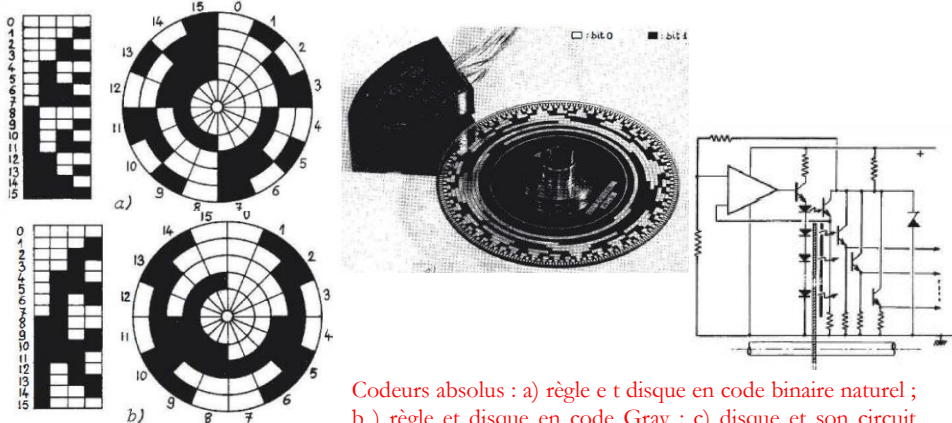
25

## CAPTEURS

## Mesures de positions et de déplacements : Capteurs digitaux

Codeurs absolus

Ce sont, pour les déplacements linéaires, des règles ou, pour les déplacements angulaires, des disques, divisés en N surfaces égales (bandes pour les règles, secteurs pour les disques) à l'intérieur desquelles est matérialisé le mot binaire associé à la position à traduire, selon un code et une technologie déterminés.



Codeurs absolus : a) règle et t disque en code binaire naturel ;  
b) règle et disque en code Gray ; c) disque et son circuit électronique de lecture

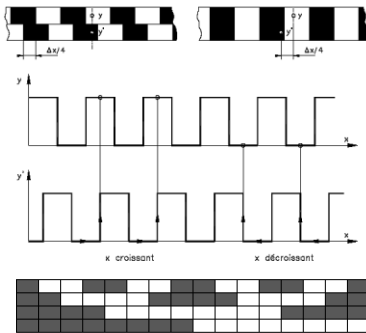
26

## CAPTEURS

### Mesures de positions et de déplacements : Capteurs digitaux

#### Codeurs incrémentaux (codeurs relatifs)

Il délivre une impulsion pour chaque déplacement élémentaire et permet de discriminer le sens du mouvement. Le déplacement, par rapport à une origine arbitraire, est connu par comptage des impulsions, la remise à zéro du compteur étant faite à la position prise pour origine. Les 2 pistes concentriques (disques) ou parallèles (règles) sont chacune divisées en  $N$  surfaces élémentaires égales, alternativement opaques et translucides, les surfaces de l'une des pistes étant décalées d'un quart de la période spatiale par rapport à celles de l'autre piste.



Une troisième piste, avec une unique surface élémentaire translucide est quelquefois ajoutée afin de permettre le comptage du nombre de tours ou la remise à zéro du compteur.

La lecture est assurée pour chacune des pistes par un émetteur (diode électroluminescente) et un récepteur de lumière (phototransistor) placés respectivement de part et d'autre de la règle ou du disque. Le dispositif de lecture est placé le long d'un axe perpendiculaire au déplacement de la règle ou le long d'un rayon du disque.

27

## CAPTEURS

### Les erreurs

L'erreur de **justesse** est l'erreur globale résultant de toutes les causes pour chacun des résultats de mesure pris isolément.

La **fidélité** est l'aptitude d'un appareil de mesure à donner des mesures exemptes d'erreurs accidentelles.

Erreur de linéarité

➔ Incertitude de mesure

Erreur d'hystérésis

28

**CAPTEURS****Application 3 : Conditions expérimentales**

Citez les grandeurs d'influences qui vous viennent à l'esprit, leur action.

29

**CAPTEURS****Application 3 : Conditions expérimentales**

30

## CAPTEURS

### Documentation des capteurs

**Sensibilité** : La sensibilité exprime la variation du signal de sortie d'un appareil de mesure en fonction de la variation du signal d'entrée.

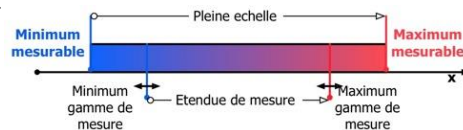
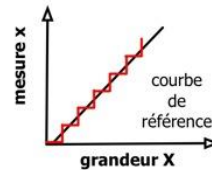
$$S = \frac{dI}{dG}$$

I: Indication donnée par l'essai  
G: Quantité de grandeur à mesurer

**Résolution** : La résolution est le plus petit écart entre deux valeurs, tel que l'appareil en donne une mesure différente.

**La précision** : La précision est l'aptitude d'un instrument à mesurer une valeur vraie.

**L'étendue de mesurage** : C'est le domaine de variation possible de la grandeur à mesurer. Elle est définie par une valeur minimale et une valeur maximale (FS: full scale).



**Étalonnage** : Ensemble des opérations établissant, dans les conditions spécifiées, la relation entre les valeurs de la grandeur indiquée par un appareil de mesure ou un système de mesure, ou les valeurs représentées par une mesure matérialisée ou par un matériau de référence, et les valeurs correspondantes de la grandeur réalisée par les étalons.

**Calibration** : est l'action qui consiste à régler l'instrument de façon à ce que le résultat corresponde à celle du calibre (calibration par résistance shunt d'un pont de jauge).

31

## CAPTEURS

### Documentation des capteurs

**Intervalle nominal des indications** (intervalle nominal ou calibre) : Ensemble des valeurs comprises entre deux indications extrêmes arrondies ou approximatives, que l'on obtient pour une position particulière des commandes d'un instrument de mesure ou d'un système de mesure et qui sert à désigner cette position

Un intervalle nominal des indications est généralement exprimé en donnant la plus petite et la plus grande valeur, par exemple «100 V à 200 V»

**Portées minimale et maximale** : Valeurs limites inférieure et supérieure de de l'intervalle nominal des indications.

**Valeur « pleine échelle »** : Valeur maximale de l'intervalle nominal des indications

**Dynamique de mesure** : Rapport entre la plus grande et la plus petite valeur, généralement exprimé en dB.

**Rangeabilité** : Rapport entre la largeur de l'étendue de mesure et la pleine échelle.

**Erreur de mesure** : Différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence.

Exemple : Le mercure se solidifie à  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  et s'évapore à  $357\text{ }^{\circ}\text{C}$ . L'intervalle nominal des indications d'un thermomètre au mercure optimal est  $[-35^{\circ}\text{C}; +350\text{ }^{\circ}\text{C}]$ .

32



## CAPTEURS

### Limites d'utilisation du capteur

Les contraintes mécaniques, thermiques ou électriques auxquelles un capteur est soumis entraînent, lorsque leurs niveaux dépassent des seuils définis, une modification des caractéristiques du capteur, telles qu'elles étaient connues par étalonnage préalable ou spécifications du constructeur. Il est donc indispensable que l'utilisateur soit averti des diverses limites d'utilisation d'un capteur et des risques qu'il encourt à les dépasser.

#### Domaine nominal d'emploi

Il correspond aux conditions normales d'utilisation du capteur ; ses limites sont les valeurs extrêmes que peuvent atteindre de façon permanente ou le mesurande, ou les grandeurs physiques qui lui sont associées ou les grandeurs d'influence, et ceci, sans que soient modifiées les diverses spécifications qui caractérisent le fonctionnement du capteur.

#### Domaine de non-détérioration

Lorsque les valeurs ou du mesurande ou des grandeurs physiques associées ou des grandeurs d'influence dépassent les limites du domaine nominal d'emploi mais restent inférieures aux bornes du domaine de non-détérioration les caractéristiques métrologiques du capteur risquent d'être modifiées ; cette altération est cependant réversible, le capteur retrouvant ses caractéristiques spécifiées lorsque les conditions de fonctionnement redeviennent celles du domaine nominal d'emploi.

33

## CAPTEURS

### Limites d'utilisation du capteur

#### Domaine de non-destruction

Lorsque les valeurs ou du mesurande, ou des grandeurs physiques associées ou des grandeurs d'influence dépassent les limites du domaine de non-détérioration tout en restant inférieures aux bornes du domaine de non-destruction les caractéristiques du capteur sont modifiées de façon irréversible ; la réutilisation du capteur, dans son domaine nominal d'emploi nécessite donc un nouvel étalonnage.

#### Étendue de mesure (E.M.)

Elle est définie par la différence des valeurs extrêmes de la plage du mesurande dans laquelle le fonctionnement du capteur satisfait à des spécifications données. La plage du mesurande correspondant à l'étendue de mesure est souvent identique au domaine nominal d'emploi pour ce qui est du mesurande ; elle peut cependant être plus réduite ou plus étendue selon la sévérité des critères du fonctionnement retenu.

34

## CAPTEURS

**Application 4 : Conditions expérimentales**

On considère le capteur suivant : Capteur de température Bosch NTC M12-L

Application		Mechanical Data	
Application	-30 ... 60 °C	Male Thread	M12x1,5
Storage Temperature Range	-30 ... 60 °C	Wrench Size	19 mm
Max. Vibration	300 m/s <sup>2</sup> , 50 ... 250 Hz	Installation Torque	15 Nm
Electrical Data		Weight w/o Cable	24,6 g
Characteristic	NTC	Characteristic	
Nominal Resistance ±5 %	2,5 kΩ @ 20 °C	Accuracy @ 25 °C	±1,4 °C
		Accuracy @ 100 °C	±3,4 °C
		Response Time $\tau_{63}$ in still water	< 10 s

Thermistance ayant un coefficient de température négatif (la résistance électrique du composant sensible décroît lorsque la température augmente).

Déterminez les caractéristiques suivantes:

- Intervalle nominal des indications
- Etendue de mesure Portée minimale
- Portée maximale
- Valeur pleine échelle
- Dynamique de mesure
- Rangeabilité
- Erreur maximale à 25°C
- Erreur maximale à 100°C

35

## CAPTEURS

**Application 5**

Un manuel donne la valeur du coefficient de dilatation linéique du cuivre pur à 20 °C,  $a_{20}(\text{Cu})$  comme étant égal à  $16,52 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  et énonce simplement que « l'erreur sur cette valeur ne devrait pas dépasser  $0,40 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  ».

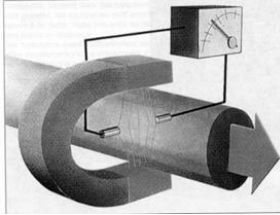
*Sur la base de cette information limitée, faire les hypothèses nécessaires et estimer l'incertitude-type de  $a_{20}(\text{Cu})$ .*

36

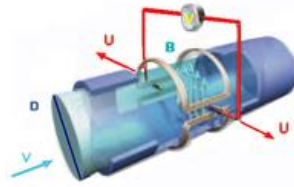
## EXEMPLES DE MESURES

### Débit

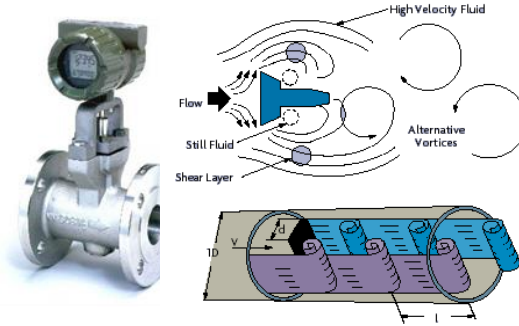
#### DEBITMETRE ELECTROMAGNETIQUE



Le débitmètre électromagnétique fonctionne suivant le principe de Faraday. Quand un liquide conducteur s'écoule perpendiculairement à travers un champ magnétique, une différence de potentiel électrique est créée au sein du liquide.



#### DEBITMETRE A VORTEX

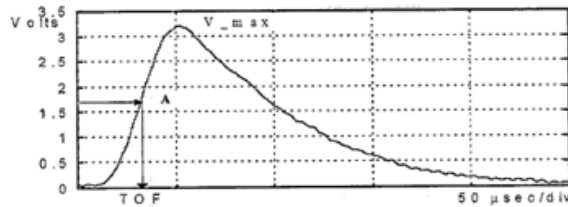
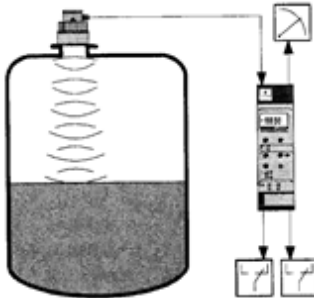


Un obstacle est placé au centre de la canalisation, souvent une barre droite perpendiculaire à l'axe de l'écoulement. Il en résulte une oscillation périodique du fluide, comme un drapeau qui flotte au vent, dont l'écoulement est perturbé par la hampe. En aval de l'obstacle se crée donc des tourbillons qui engendrent localement des variations de vitesse et de pression. On mesure alors la vitesse (à l'aide d'un détecteur à effet thermique) ou la pression (à l'aide d'un piézoélectrique), la fréquence de leurs variations est proportionnelle au débit volumique.<sup>37</sup>

## EXEMPLES DE MESURES

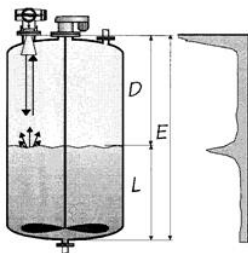
### Niveau

#### SYSTEMES PAR ONDES SONORES OU ULTRASONORES

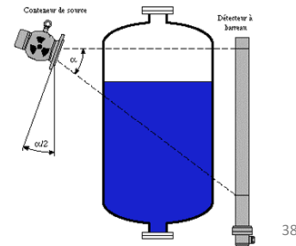


Vitesse des US dans l'air :  $V_s = 331.5 + 0.61 T$  ( $ms^{-1}$ ) où T est la température de l'air en °C.

#### Systèmes à micro-ondes



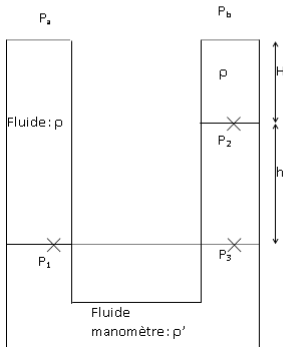
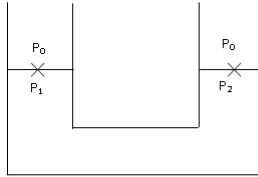
#### Absorption de rayonnement Gamma



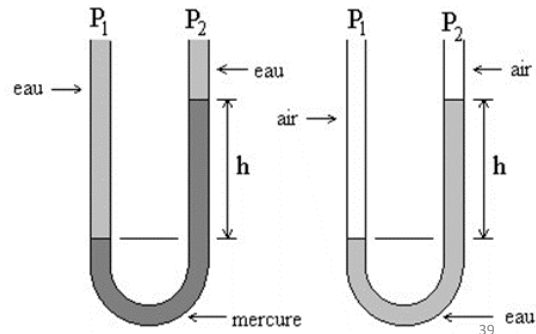
## EXEMPLES DE MESURES

## Pression

## MANOMÈTRE À TUBE



Dans chacun des deux cas décrit, relier la différence de pression  $\Delta P = P_2 - P_1$  à l'écart  $h$  entre les deux interfaces eau/mercure d'une part et air/eau d'autre part.

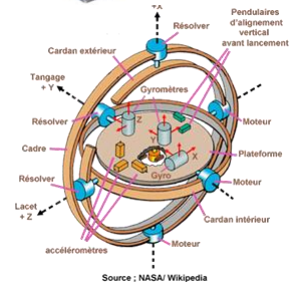


## EXEMPLES DE MESURES

## Accélération

## ACCÉLÉROMÈTRE

- L'accéléromètre est un capteur que l'on fixe sur des objets mobiles afin de connaître comme son nom l'indique son accélération. On peut donc déterminer par intégration la vitesse et la position de ce même objet.
- Selon sa complexité, il peut nous donner l'accélération selon **3 axes** : X, Y et Z.
- Lorsque l'on souhaite connaître la rotation on va faire appel à un **gyromètre** et pour avoir les 6 axes nous utiliserons une **centrale d'inertie**

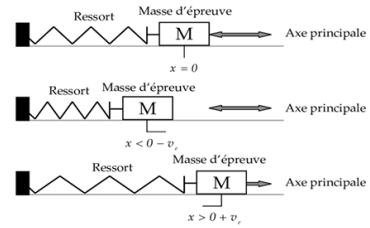
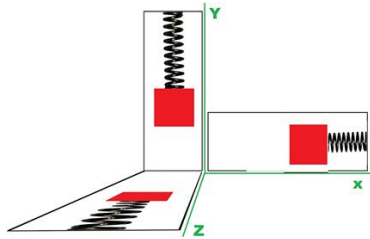


## EXEMPLES DE MESURES

## Accélération

## ACCÉLÉROMÈTRE

L'accéléromètre utilise un ressort et une masse afin de mesurer un déplacement, lorsque la masse va se déplacer par rapport au référentiel nous allons pouvoir mesurer son accélération en ainsi sa vitesse et sa position



L'accéléromètre 3 axes est composé de 3 système masse ressorts, cela permet de mesurer l'accélération dans 3 dimensions.

Loi fondamentale de la dynamique :  $\sum \vec{F} = m \times \vec{a}$

On peut les rencontrer dans quasiment tous les domaines : smartphone, montre, stabilisateur appareil photo, automobile...

41

# TD

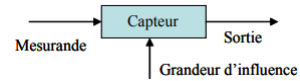
## APPLICATIONS DU COURS

### Exercice 1 :

1. Donnez une figure illustrant les différents composants d'un instrument électronique.
2. Qu'elle est la différence entre une PT100 et une Thermistance?
3. Expliquez la différence entre une caractéristique statique et une caractéristique dynamique d'un instrument. Donnez quelques exemples.
4. Définissez un instrument de premier ordre.

### Exercice 2 :

1. Quelle est la fonction réalisée par ce capteur ?
2. Qu'appelle-t-on mesurande?
3. a. Que représente la grandeur d'influence ? b. Comment doit être sa contribution au signal de sortie ? c. Peut-on utiliser un capteur pour mesurer une grandeur d'influence ? si oui donner un exemple.



43

## APPLICATIONS DU COURS

### Exercice 3 :

Compléter le tableau suivant des dimensions et des unités dans le système international relatif aux principales grandeurs :

Grandeur	Symbole utilisé	Dimension	Unités	Unités SI
Vitesse			m/s	
Vitesse angulaire	$\vec{\omega}$		rad/s	
Force			N (Newton)	
Travail	W		J (joule)	
Puissance	P		W(watt)	
Pression			Pascal	
Masse	m		Kg	
Masse volumique			Kg/m <sup>3</sup>	
Période	T		s	

44

## APPLICATIONS DU COURS

### Exercice 4 :

1. Donner la définition d'une grandeur physique et sa propriété fondamentale.
2. Une masse est mesurée à l'aide de deux unités U1 et U2. Le rapport de ces deux unités est  $R = \frac{U2}{U1}$
3. Quelle est la valeur du rapport des deux résultats de mesure ?
4. La livre anglaise ou pound (U2) vaut 0.453492 kg. En prenant le kilogramme pour (U1), quelle est la masse en kg de 0.275 pound ?
5. Le psi est l'unité de mesure anglo-saxonne "pound per square inch" de la pression. On donne les équations aux unités : {1} [inch] = {2.54 10<sup>-2</sup>} [mètre] {1} [pound] = {4448222} [Newton] Que vaut le psi dans le système international ? On rappelle que l'unité SI de pression est le Pascal et représente la pression exercée par une force de 1 Newton sur la surface de 1 mètre carré.

45

## CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS

### Exercice 5 :

Pour mesurer le débit d'un liquide dans un tube, une turbine peut être utilisée. Ce type de capteur est étalonné dans un environnement de 20°C et les caractéristiques « vitesses de rotation/débit liquide » obtenus sont résumées dans le tableau suivant :

Rotational speed (rd/s)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Liquid flow (kg/s)	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5

1. Expliquer le principe de fonctionnement de ce type de capteur,
2. Déterminer sa sensibilité à 20°C,
3. Le capteur est utilisé pour mesurer le débit d'un liquide à 50°C, lister les différentes erreurs qui peuvent être faites et préciser si elles sont systématiques ou aléatoires,
4. L'expérience réalisée à 50°C montre que les caractéristiques de la turbine changent comme suit:

Rotational speed (rd/s)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Liquid flow (kg/s)	0.1	0.35	0.64	0.85	1.1	1.6

Déterminer la sensibilité à 50°C

46

## CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS

### Exercice 6 :

Un capteur est étalonné dans un environnement à une température de 21°C. Les caractéristiques déflexion/charge sont illustrées dans le tableau suivant :

Charge (kg)	0	50	100	150	200
Déflexion (mm)	0	1	2	3	4

Quand il est utilisé à 35°C, ses caractéristiques changent comme suit:

Charge (kg)	0	50	100	150	200
Déflexion (mm)	0.2	1.3	2.4	3.5	4.6

1. La sensibilité du capteur à 21°C et 35°C. Que remarquez-vous ?
2. Calculer le décalage à zéro et l'écart de sensibilité à 35°C.

47

## CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS

48