

ST2CSE

M1 2022-2023

remi.griot@efrei.fr





Chaine d'acquisition



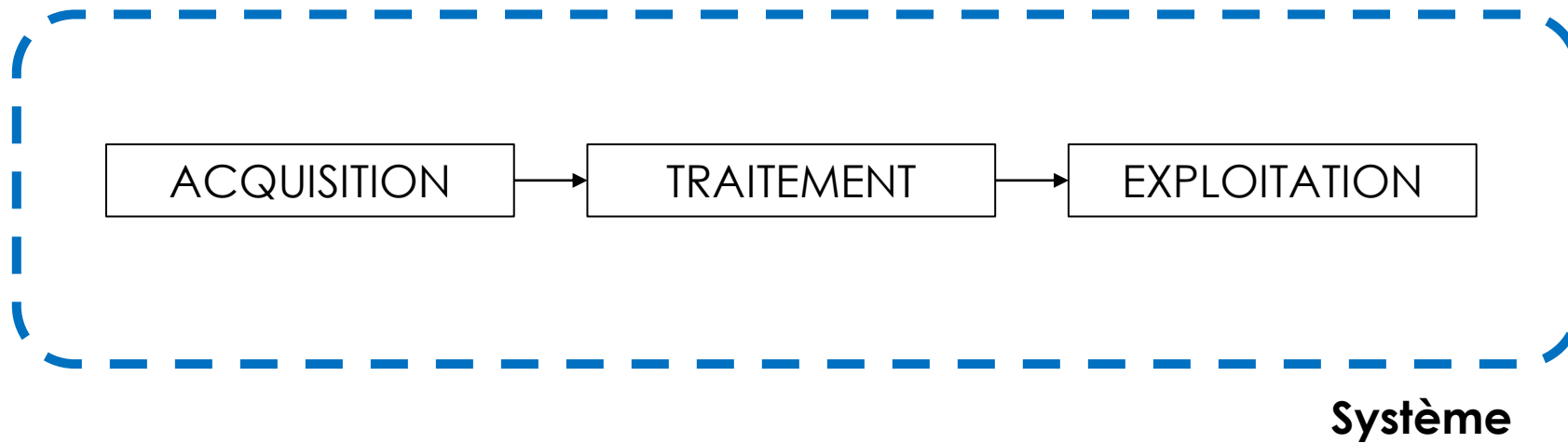
Chaine d'acquisition

Généralités



Chaine d'acquisition

Généralités



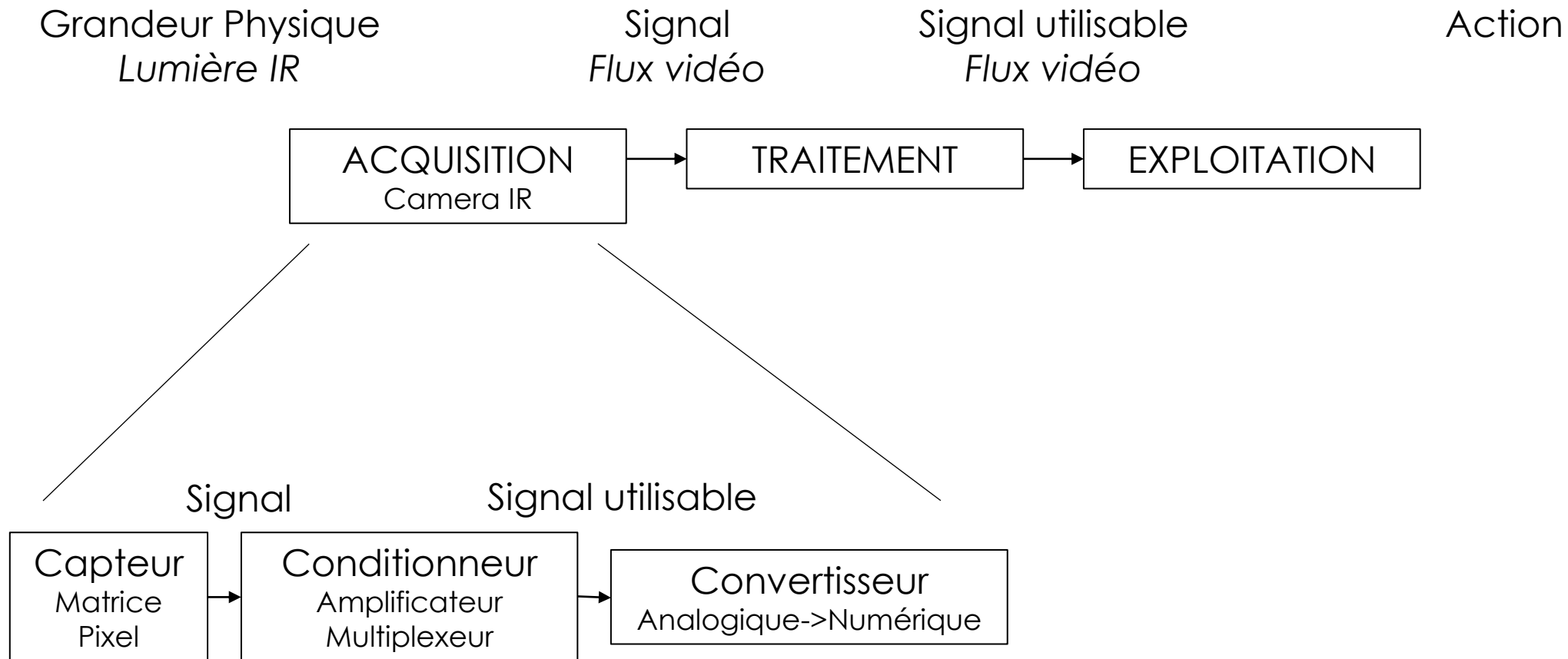
Chaine d'acquisition

Généralités



Chaine d'acquisition

Acquisition



Chaine d'acquisition

Traitement

Lumière IR

Signal

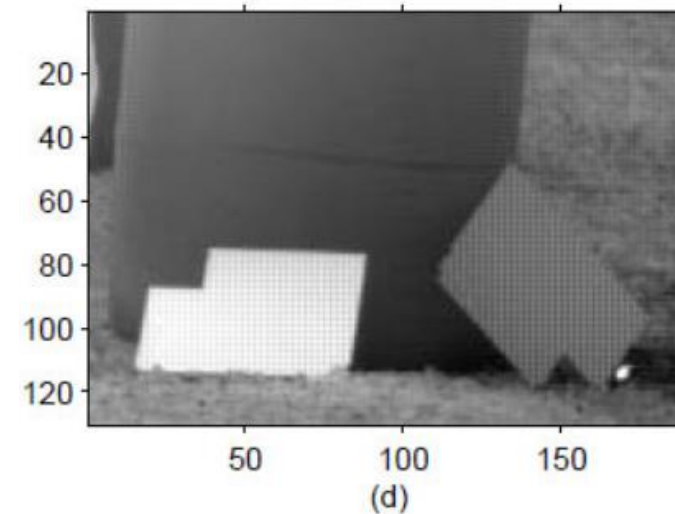
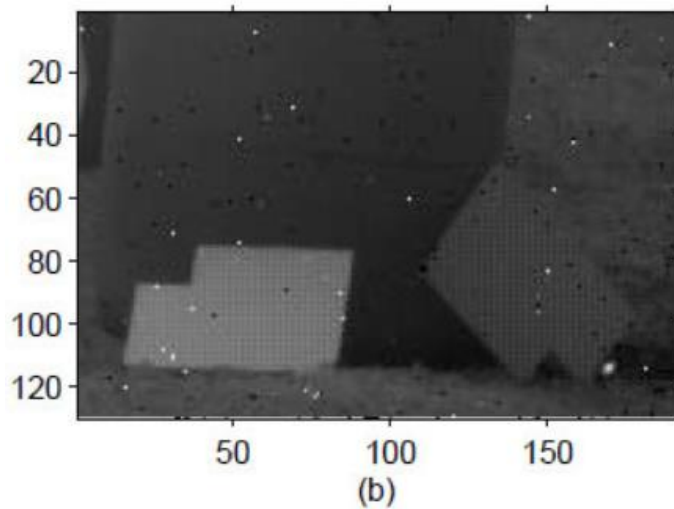
Signal exploitable

Action

ACQUISITION

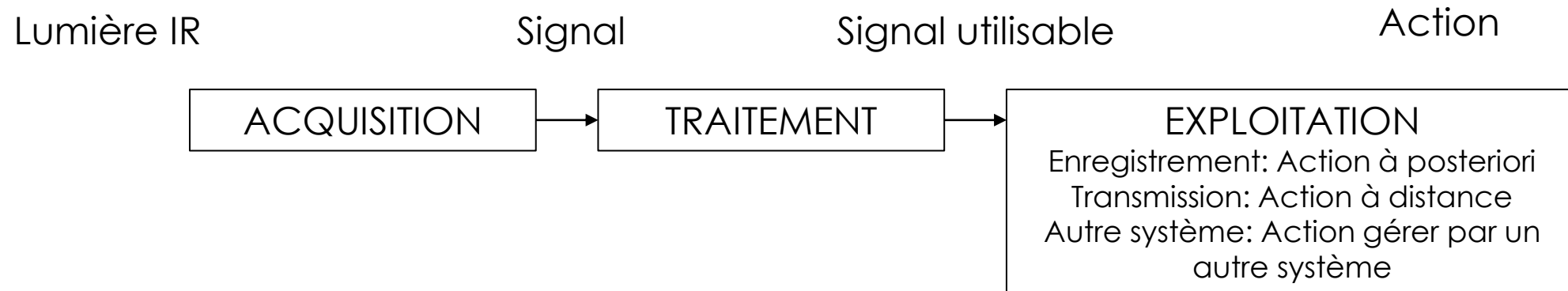
TRAITEMENT
Détection Pixels Morts
Réduction bruit
Filtrage

EXPLOITATION



Chaine d'acquisition

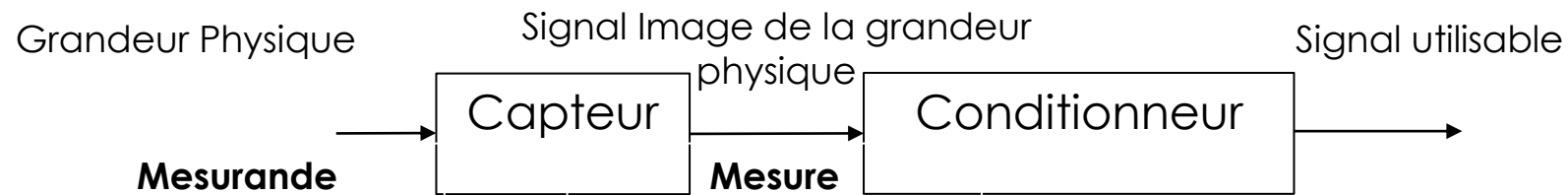
Exploitation



Chaine d'acquisition

Le capteur est un type de transducteur

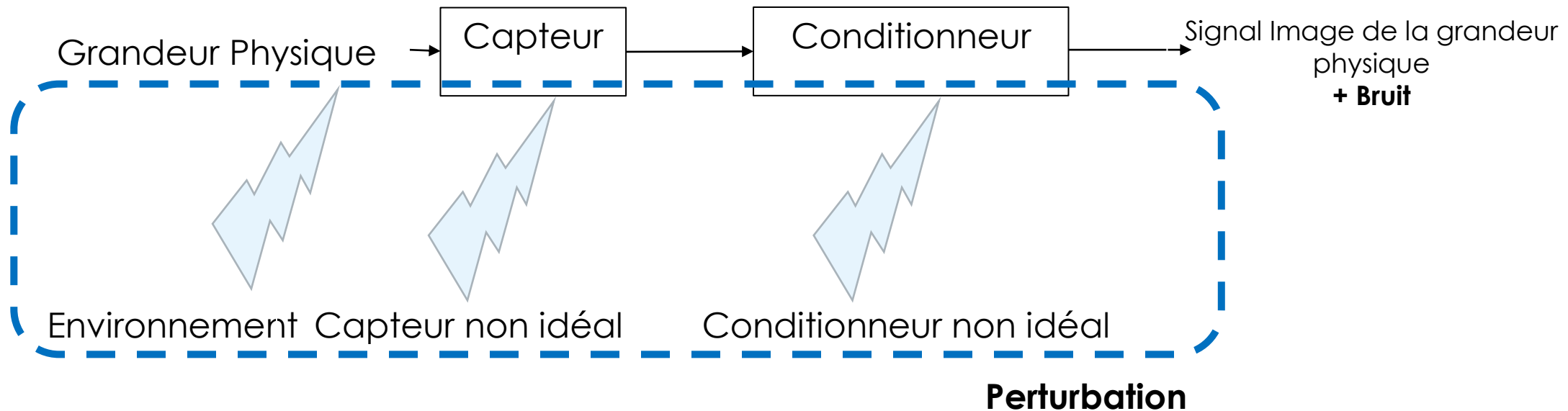
- ▶ **Mesurande**: Grandeur physique mesurée en entrée du capteur
- ▶ **Mesure**: Signal image en sortie du capteur
- ▶ Le conditionneur permet de conditionné le signal afin d'être exploitable



Chaine d'acquisition

Acquisition: Capteur idéal vs réalité

- ▶ **Mesurande**: Grandeur physique mesurée en entrée du capteur
- ▶ **Mesure**: Signal image en sortie du capteur
- ▶ Le conditionneur permet de conditionné le signal afin d'être exploitable



Chaine d'acquisition

Critères de choix d'un capteur

1. Performance/caractéristique du capteur
2. Contrainte lié au Projet – Système
3. Domaine d'utilisation ou plage du mesurande



Chaine d'acquisition

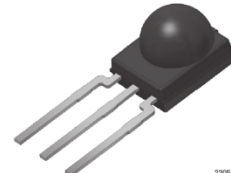
1. Performance / Caractéristique du capteur

► Statique: Mesure vs Mesurande

► Dynamique : Mesure(t) vs Mesurande(t)

VISHAY www.vishay.com **TSSP930..**
Vishay Semiconductors

IR Sensor Module for Reflective Sensor, Light Barrier, and Fast Proximity Applications



FEATURES

- Up to 2 m for presence and proximity sensing
- Up to 20 m distance for light curtain application
- Uses continuous AC signal or burst pattern of infrared light
- Small sensitivity scattering range
- PIN diode and sensor IC in one package
- Low supply current
- Shielding against EMI
- Visible light is suppressed by IR filter
- Insensitive to supply voltage ripple and noise
- Supply voltage: 2.0 V to 3.6 V
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912

ADDITIONAL RESOURCES

MECHANICAL DATA

Pinning:
1 = OUT, 2 = GND, 3 = V_S

APPLICATIONS

- Reflective sensors for hand dryers, towel or soap dispensers, water faucets, toilet flush
- Vending machine fall detection
- Security and pet gates
- Person or object vicinity switch
- Fast proximity sensors for toys, robotics, drones, and other consumer and industrial uses

DESCRIPTION

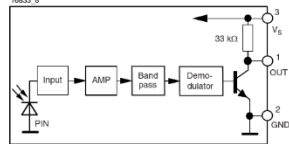
The TSSP930.. device is the latest generation of compact infrared detector module for presence, proximity, or light curtain applications. They provide an active low output in response to infrared bursts at 940 nm. The frequency of the burst should correspond to the carrier frequency shown in the parts table.

This component has not been qualified according to automotive specifications.

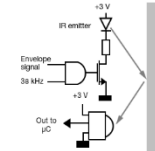
PARTS TABLE

Carrier frequency	Part Number
38 kHz	TSSP93038
56 kHz	TSSP93056
Package	Minimold
Pinning	1 = OUT, 2 = GND, 3 = V _S
Dimensions (mm)	5.4 W x 6.35 H x 4.9 D
Mounting	Leaded
Application	Presence sensors, fast proximity sensors

BLOCK DIAGRAM



PRESENCE SENSING



Rev. 1.2, 31-Jul-2019 1 Document Number: 82866

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc?91000



Chaine d'acquisition

2. Contraintes liés au projet

Contraintes non liées au mesurande

- ▶ Coût
- ▶ Fiabilité
- ▶ Mis en œuvre
- ▶ Consommation
- ▶ C.E.M
- ▶ Disponibilité
- ▶ ...



Chaine d'acquisition



3. Domaine d'utilisation

► Utilisation nominale

- Le capteur est utilisé dans l'étendue de mesurande spécifié par le constructeur. La mesure sera correcte

► Capteur soumis ponctuellement à des mesurandes au-delà du nominale.

- Au retour dans la plage nominale, la mesure est toujours correcte

► Capteur soumis à des mesurandes qui entraine une mesure erronée après retour dans la zone nominale.

- Le capteur doit être réétalonné



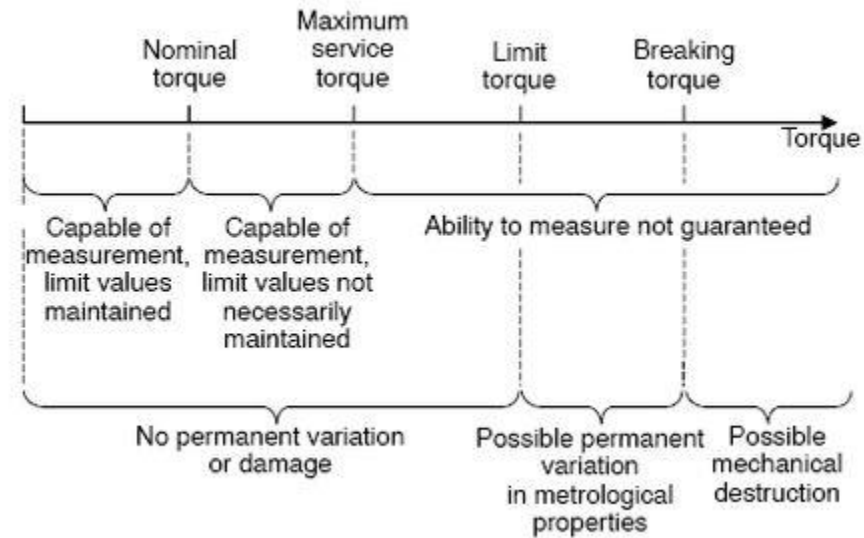
Le capteur est aussi spécifié pour fonctionner de façon nominale dans certaines conditions hors mesurande (CEM, Température, Alimentation...)



Chaine d'acquisition

Domaine d'utilisation d'un capteur

► Exemple de capteur de couple



Chaine d'acquisition

Caractériser le capteur (Marketing vs réalité)

- ▶ On peut considérer le capteur comme un système à part entière dont on va vérifier les caractéristiques statiques.
- ▶ La terminologie utilisé pour caractériser un capteur est normée (JCGM 200)
- ▶ Procédure en statique:

Procédure de caractérisation statique

1. Fixer une valeur de mesurande
2. Attendre la stabilité de la mesure
3. Relever la mesure et la comparer à celle d'un appareil référence (valeur vraie) => *Mesure Ref*



Chaine d'acquisition

Caractériser le capteur sur une mesure: Erreur

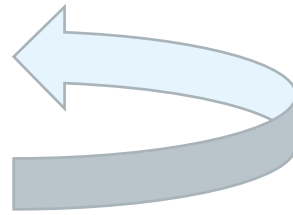
- ▶ *Exactitude / Erreur Absolue* = $| \text{Mesure} - \text{Mesure Ref} |$
 - Exprimée dans l'unité de mesure
- ▶ *Erreur Relative* = $\frac{(\text{Mesure} - \text{Mesure Ref})}{\text{Mesure Max}} \times 100$
 - Exprimée en pourcentage



Chaine d'acquisition

Procédure de caractérisation statique

1. Fixer une valeur de mesurande
2. Attendre la stabilité de la mesure
3. Relever la mesure et la comparer à celle d'un appareil référence (valeur vraie)=> *Mesure Ref*



A répéter afin de mesurer la **dispersion** (ou variabilité) des mesures pour une même mesurande



Chaine d'acquisition

Caractériser le capteur sur une campagne de mesure: Erreur

- ▶ Report de la campagne de mesure sur un histogramme
- ▶ Exemple
 - Mesure Ref = 0,526

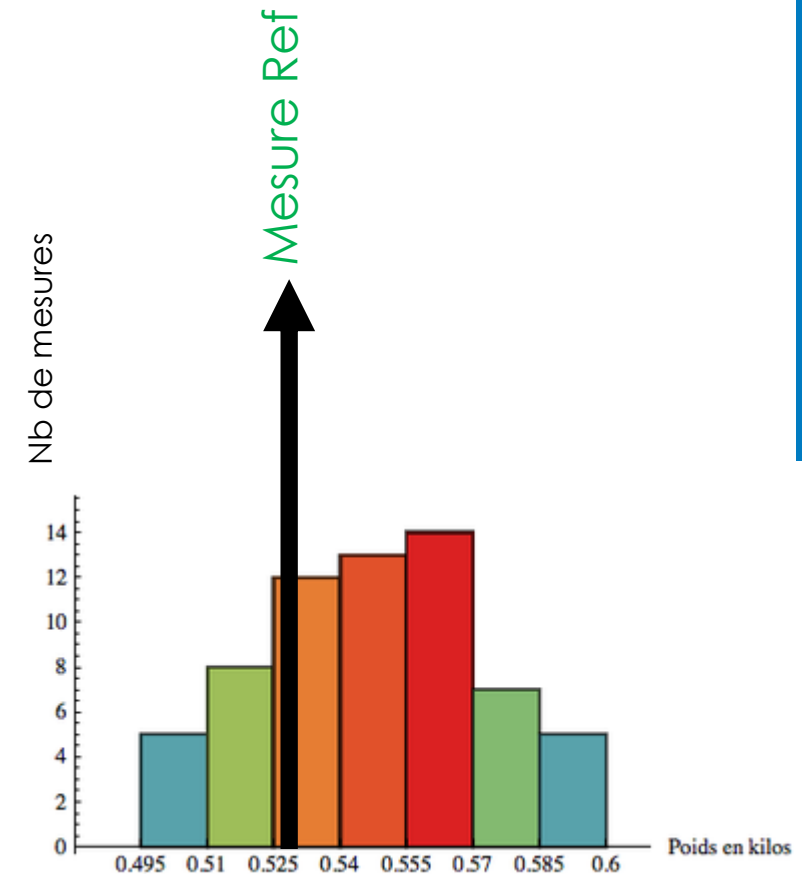
Durant ma campagne de mesure

Le capteur a renvoyé

5 mesures comprises entre 0,495 et 0,51

8 mesures comprises entre 0,51 et 0,525

11 mesures entre 0,525 et 0,54

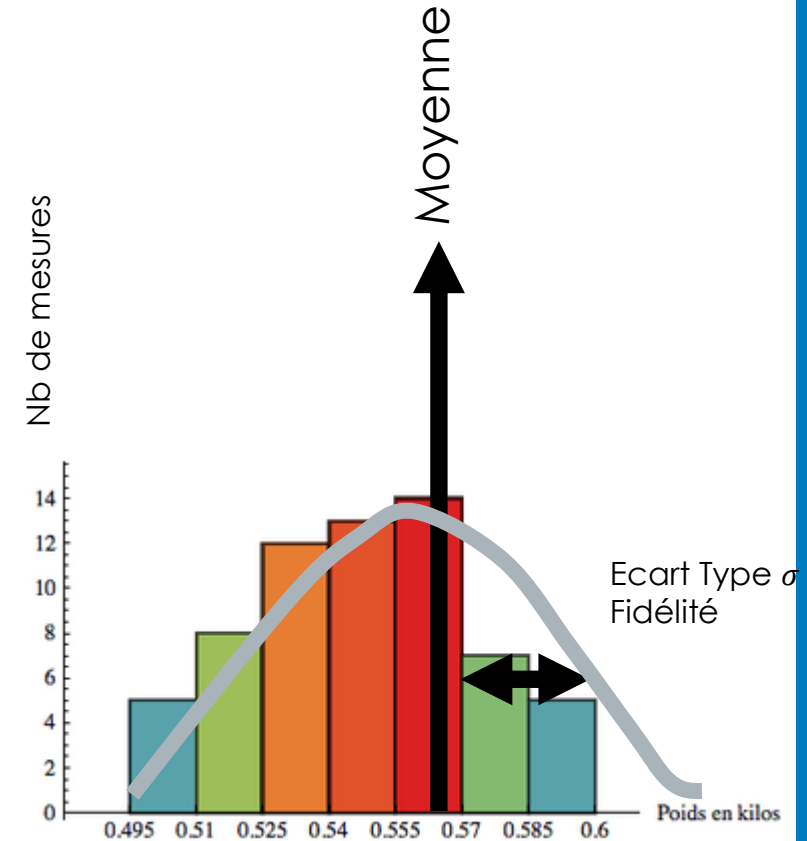


Chaine d'acquisition

Rappel mathématiques

- ▶ Moyenne \bar{m}
$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n Mi}{n}$$
- ▶ Moyenne des carrés des écarts à la moyenne
$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Mi - \bar{m})^2$$
- ▶ Variance
$$V = s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Mi^2 - \bar{m})^2$$
- ▶ Ecart type $s = \sqrt{V}$

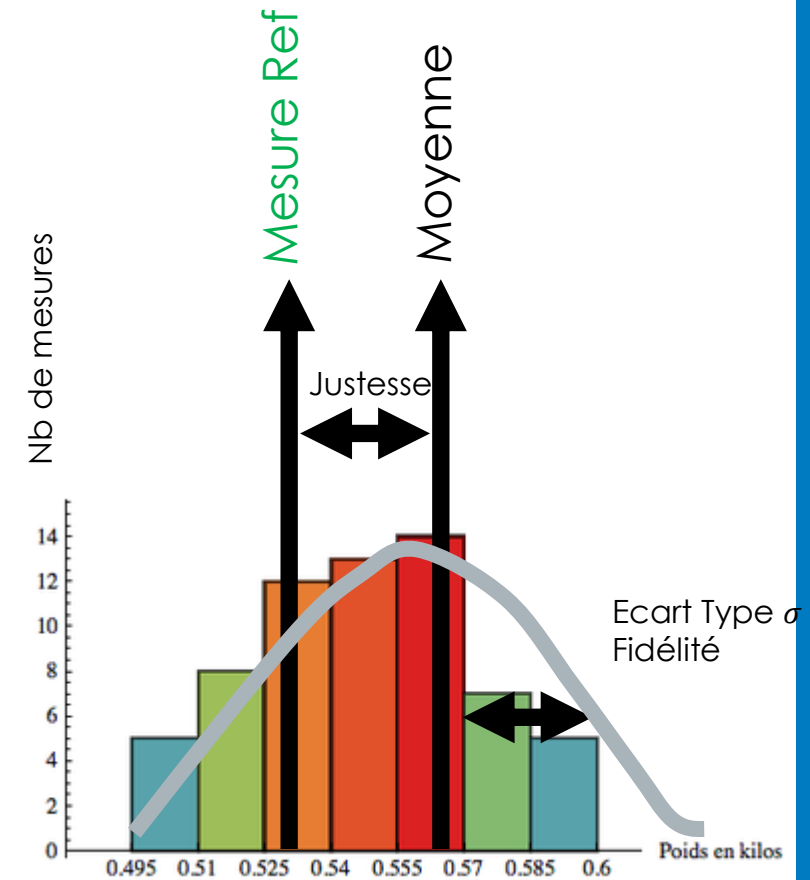
L'écart type est donné dans la même unité que les données originales (ici en kg)



Chaine d'acquisition

Application à la caractérisation de capteur

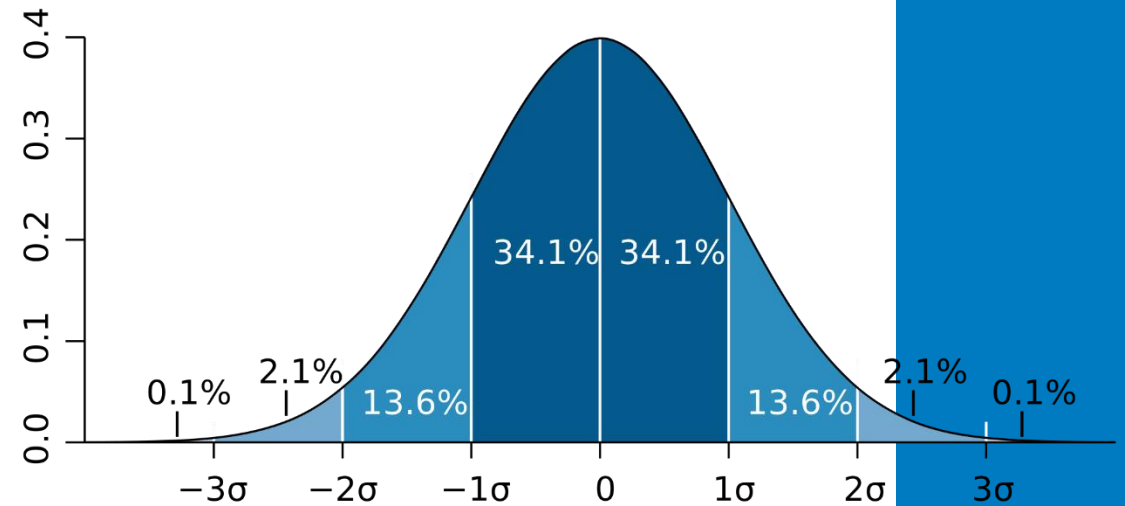
- ▶ **Fidélité** = Ecart type σ
 - Erreur aléatoire
- ▶ **Justesse** Biais $J = |\bar{m} - m_{ref}|$
 - Erreur systématique



Chaine d'acquisition

Loi normal

- ▶ $\pm \sigma$
 - 68.27 % des mesures seront comprises dans cet intervalle
- ▶ $\pm 2 \sigma$
 - 95.45 % des mesures seront comprises dans cet intervalle
- ▶ $\pm 3 \sigma$
 - 99.73 % des mesures seront comprises dans cet intervalle



Chaine d'acquisition

Jargon normé FR - EN

- ▶ Justesse  Trueness
- ▶ Exactitude  Accuracy
 - (concerne 1 mesure)
- ▶ Fidélité  Precision

JCGM 200:2008 (E/F)

2.15 measurement precision

precision
closeness of agreement between indications or measured quantity values obtained by replicate measurements on the same or similar objects under specified conditions

NOTE 1 Measurement precision is usually expressed numerically by measures of imprecision, such as standard deviation, variance, or coefficient of variation under the specified conditions of measurement.

NOTE 2 The 'specified conditions' can be, for example, repeatability conditions of measurement, intermediate precision conditions of measurement, or reproducibility conditions of measurement (see ISO 5725-3:1994).

NOTE 3 Measurement precision is used to define measurement repeatability, intermediate measurement precision, and measurement reproducibility.

NOTE 4 Sometimes "measurement precision" is erroneously used to mean measurement accuracy.

2.15 fidélité de mesure, f

fidélité, f
étroitesse de l'accord entre les indications ou les valeurs mesurées obtenues par des mesurages répétés du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées

NOTE 1 La fidélité est en général exprimée numériquement par des caractéristiques telles que l'écart-type, la variance ou le coefficient de variation dans les conditions spécifiées.

NOTE 2 Les conditions spécifiées peuvent être, par exemple, des conditions de répétabilité, des conditions de fidélité intermédiaire ou des conditions de reproductibilité (voir ISO 5725-3:1994).

NOTE 3 La fidélité sert à définir la répétabilité de mesure, la fidélité intermédiaire de mesure et la reproductibilité de mesure.

NOTE 4 Le terme « fidélité de mesure » est quelquefois utilisé improprement pour désigner l'exactitude de mesure.

2.14 measurement trueness

trueness of measurement
trueness
closeness of agreement between the average of an infinite number of replicate measured quantity values and a reference quantity value

NOTE 1 Measurement trueness is not a quantity and thus cannot be expressed numerically, but measures for closeness of agreement are given in ISO 5725.

NOTE 2 Measurement trueness is inversely related to systematic measurement error, but is not related to random measurement error.

NOTE 3 Measurement accuracy should not be used for 'measurement trueness' and vice versa.

2.14 justesse de mesure, f

justesse, f
étroitesse de l'accord entre la moyenne d'un nombre infini de valeurs mesurées répétées et une valeur de référence

NOTE 1 La justesse de mesure n'est pas une grandeur et ne peut donc pas s'exprimer numériquement, mais l'ISO 5725 donne des caractéristiques pour l'étroitesse de l'accord.

NOTE 2 La justesse de mesure varie en sens inverse de l'erreur systématique mais n'est pas liée à l'erreur aléatoire.

NOTE 3 Il convient de ne pas utiliser le terme « exactitude de mesure » pour la justesse de mesure et vice versa.

2.13 (3.5) measurement accuracy

accuracy of measurement
accuracy
closeness of agreement between a measured quantity value and a true quantity value of a measurand

NOTE 1 The concept 'measurement accuracy' is not a quantity and is not given a numerical quantity value. A measurement is said to be more accurate when it offers a smaller measurement error.

NOTE 2 The term "measurement accuracy" should not be used for measurement trueness and the term measurement precision should not be used for 'measurement accuracy', which, however, is related to both these concepts.

NOTE 3 'Measurement accuracy' is sometimes understood as closeness of agreement between measured quantity values that are being attributed to the measurand.

2.13 (3.5) exactitude de mesure, f

exactitude, f
étroitesse de l'accord entre une valeur mesurée et une valeur vraie d'un mesurande

NOTE 1 L'exactitude de mesure n'est pas une grandeur et ne s'exprime pas numériquement. Un mesurage est quelquefois dit plus exact s'il fournit une plus petite erreur de mesure.

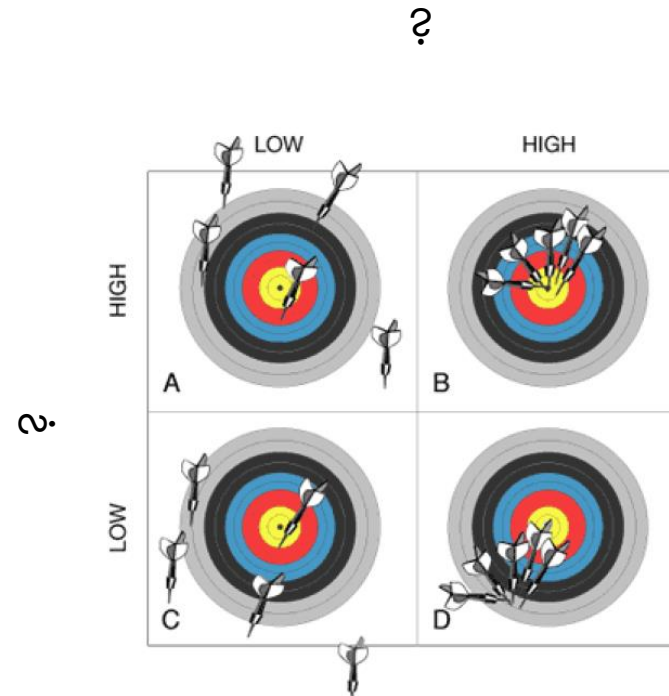
NOTE 2 Il convient de ne pas utiliser le terme « exactitude de mesure » pour la justesse de mesure et le terme « fidélité de mesure » pour l'exactitude de mesure. Celle-ci est toutefois liée aux concepts de justesse et de fidélité.

NOTE 3 L'exactitude de mesure est quelquefois interprétée comme l'étroitesse de l'accord entre les valeurs mesurées qui sont attribuées au mesurande.



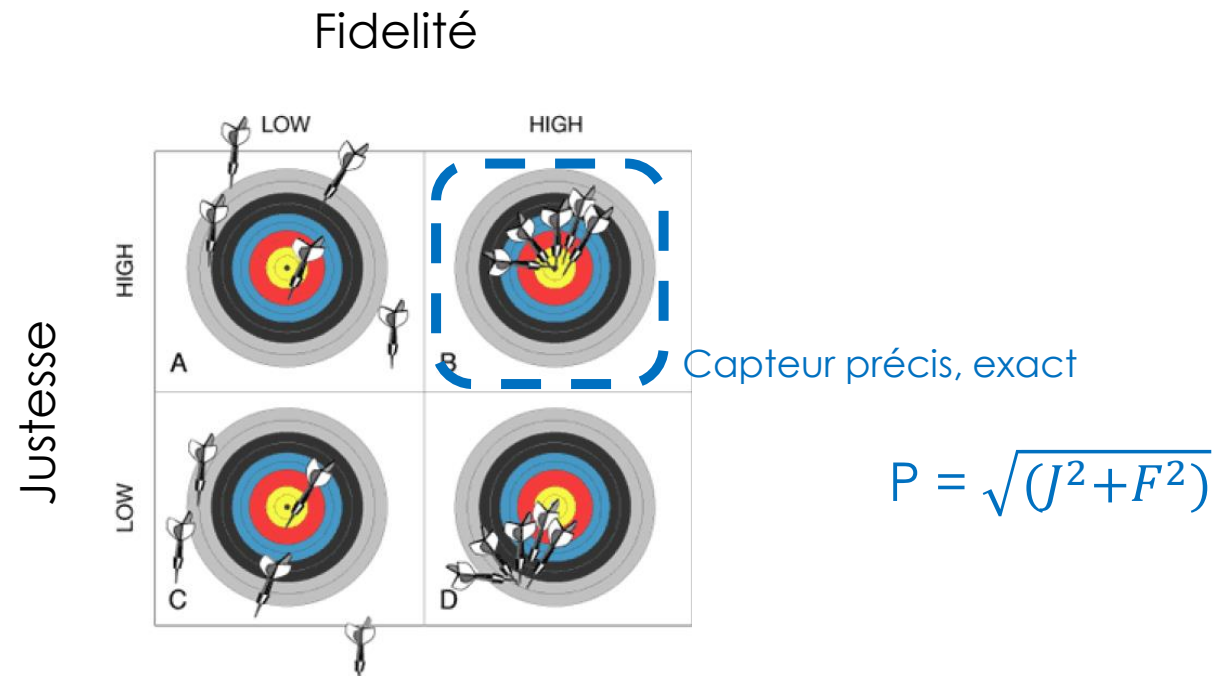
Chaine d'acquisition

Jargon normé FR - EN



Chaine d'acquisition

Précision



Chaine d'acquisition

Notions approfondies derrière la notion de justesse

Rappel: Justesse (Biais) $J = |\bar{m} - m_{ref}|$

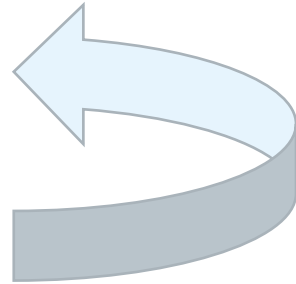
- ▶ Linéarité
- ▶ Résolution
- ▶ Hystérésis
- ▶ Dérive



Chaine d'acquisition

Procédure de caractérisation de l'erreur de linéarité

1. Faire une campagne de mesure
2. Calculer la moyenne des mesures
3. Placer dans un repaire orthonormé
Le point de coordonné
 $x = \text{mesurande}$
 $y = \bar{m}$



Faire varier la mesurande

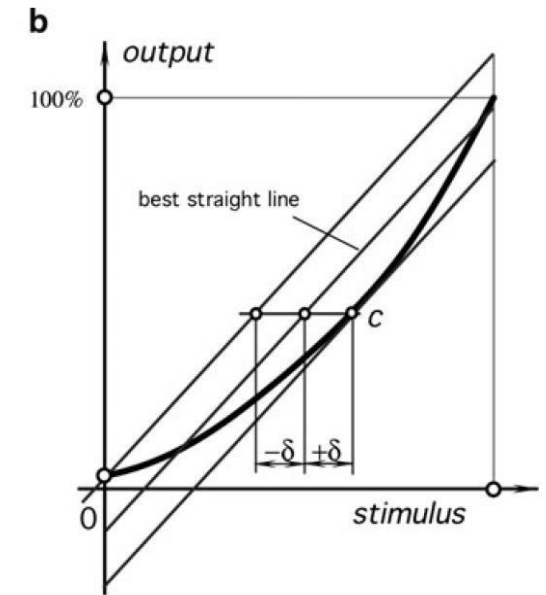
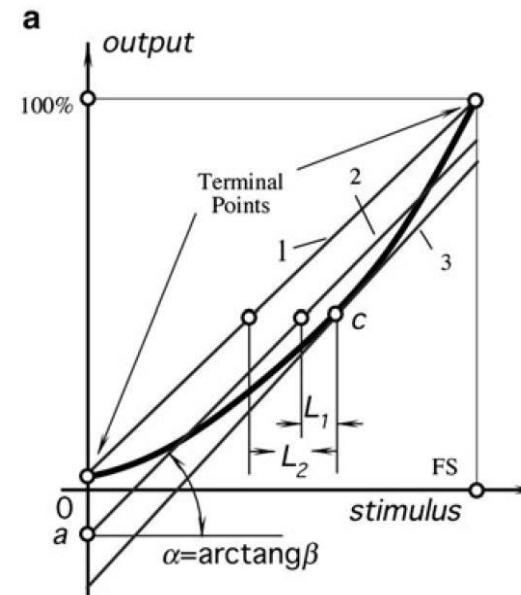
De cette façon, on obtient un nuage de point qui décrit la variation de la mesure en fonction de la variation de la mesurande



Chaine d'acquisition

Linéarité

- ▶ Si le capteur est linéaire, sa sortie est de la forme $y = ax + b$ (y est la mesure, x la mesurande). La mesure est alors proportionnelle au mesurande.
- ▶ L'erreur de linéarité exprime l'écart entre la linéarité supposé du capteur et les mesures effectués. Dans certains cas, la courbe de linéarité est connue.
 - Sonde de température PT100
- ▶ Comment calculé la courbe de linéarité? Autrement dit, comment retrouver a et b afin que l'écart entre les points de mesure et la courbe de linéarité soit le plus faibles?

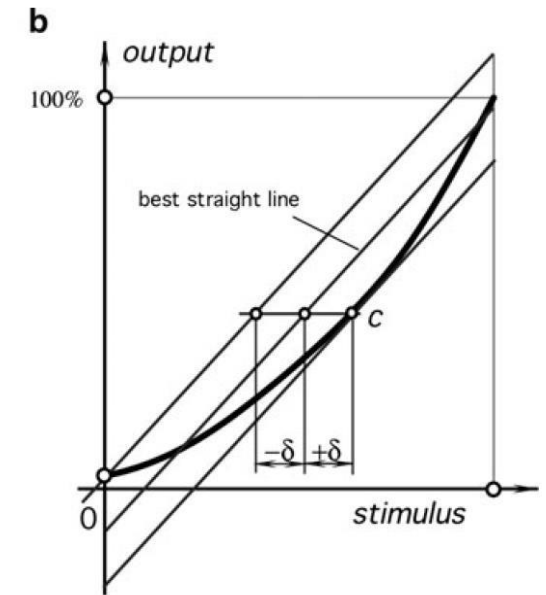
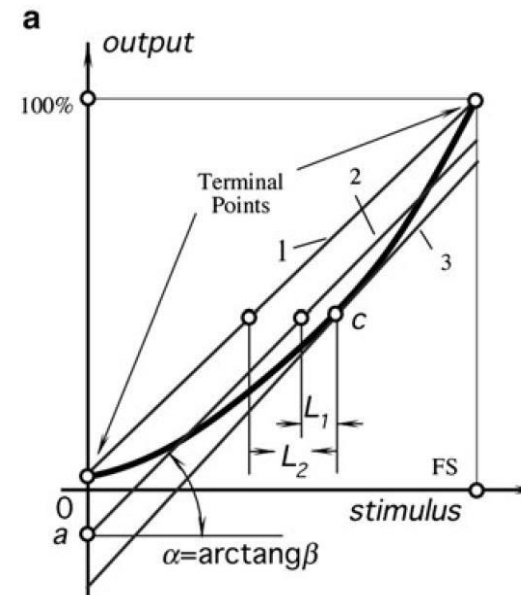


Chaine d'acquisition

2 méthodes pour retrouver le courbe de linéarité

- ▶ Méthode des points terminaux
- ▶ Meilleure estimation par la formule des moindres carrés

L'erreur de linéarité sera la distance maximum entre la courbe de mesure du capteur et la courbe de linéarité



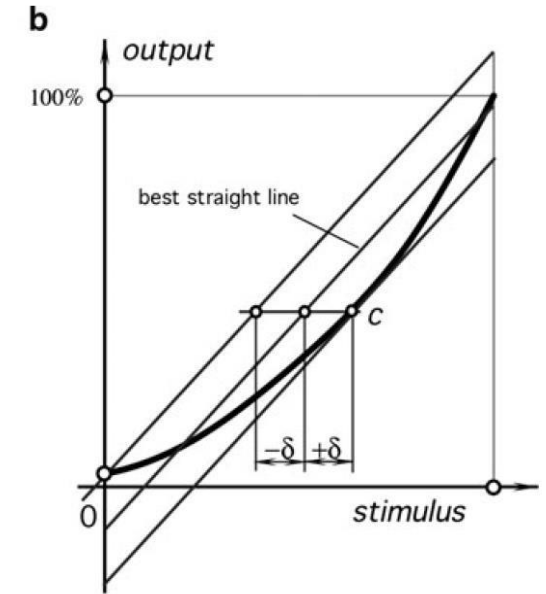
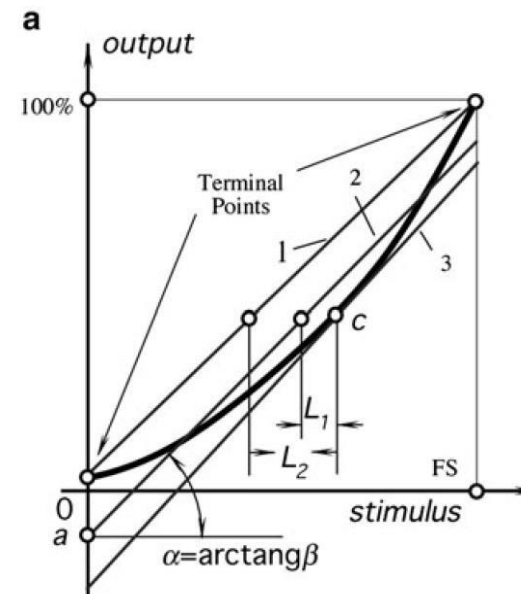
Chaine d'acquisition

Méthode de la meilleur estimée par la formule des moindres carrées

Il existe plusieurs façons de démontrer en quoi la formule des moindres carrés fournit les meilleurs estimateurs d'une régression linéaire simple.

On va utiliser ici les dérivées partielles

Rappel: La droite recherchée est celle qui résume le mieux le nuage de points formées par les mesures



Chaine d'acquisition

Méthode de la meilleur estimée par la formule des moindres carrées



Chaine d'acquisition

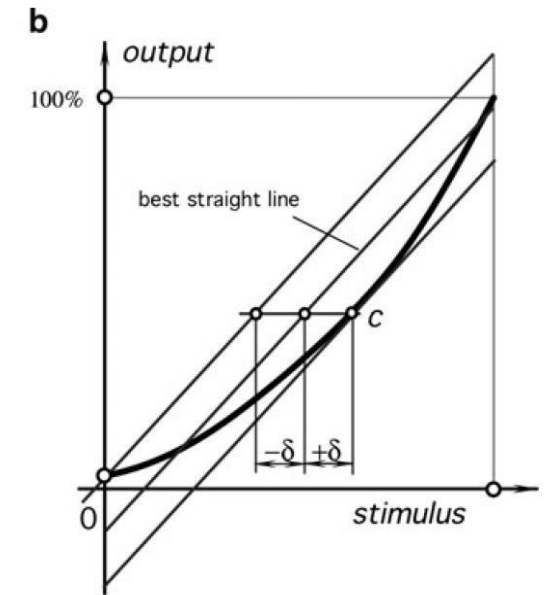
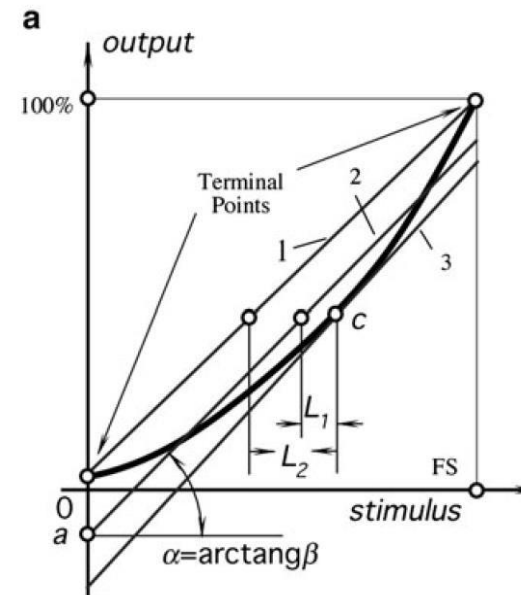
Sensibilité

- ▶ La sensibilité est le rapport de variation de la mesure sur le rapport de variation du mesurande

$$S = \frac{\Delta \text{Mesure}}{\Delta \text{Mesurande}}$$



Une capteur linéaire est donc un capteur dont la sensibilité est constante



Chaine d'acquisition

Application numérique sonde PT100

- ▶ La loi de linéarité est donné par

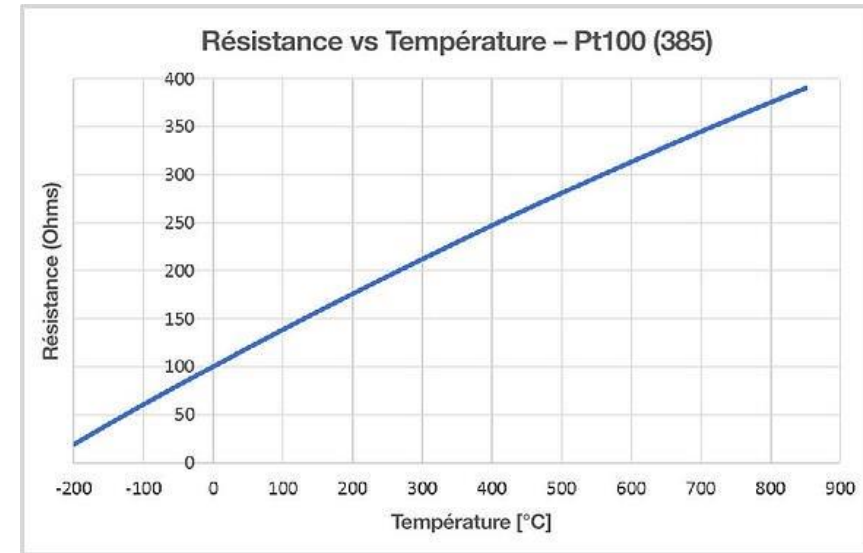
$$R(t) = R0 (1 + \alpha t)$$

Alpha étant le coefficient de température, variant d'un type de sonde à l'autre

$$\alpha = \frac{R100 - R0}{R0 * 100^{\circ}\text{C}}$$

R100 = résistance à 100 °C
R0 = résistance à 0 °C

- Calculer Alpha
- Calculer R(500°C)
- Calculer l'erreur de linéarité en ce point
- Calculer la sensibilité autour de 0°C et autour de 700
- En quel point la sonde est elle plus sensible?



Température [°C]	Température [°F]	Résistance [Ohms]
-200.00	-328.00	18.5201
-100.00	-148.00	60.2558
0.00	32.00	100.0000
100.00	212.00	138.5055
200.00	392.00	175.8560
300.00	572.00	212.0515
400.00	752.00	247.0920
500.00	932.00	280.9775
600.00	1112.00	313.7080
700.00	1292.00	345.2835
800.00	1472.00	375.7040
850.00	1562.00	390.4811



Chaine d'acquisition

Dérive en température

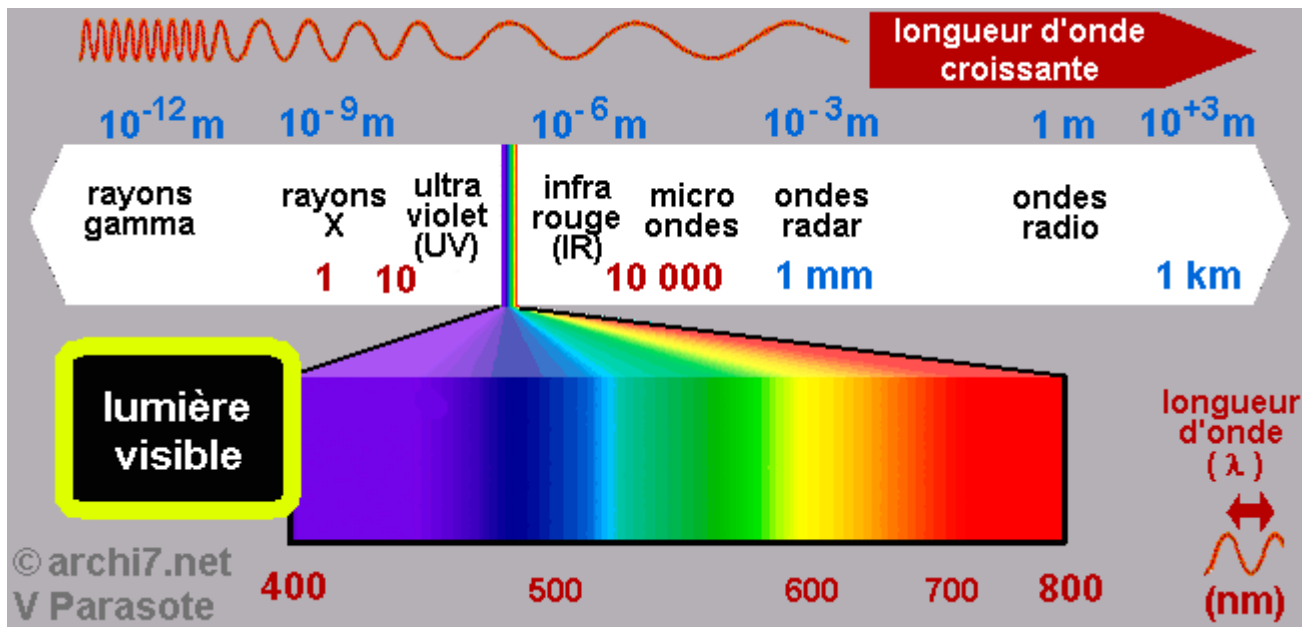
- ▶ La courbe de réponse du capteur peut évoluer selon la température
 - Dans le cas d'un capteur linéaire ($y = ax + b$)
 - Si a varie selon la température, on parle de dérive de la sensibilité
 - Si b varie selon la température, on parle de dérive du 0



Exemple: TSL2591

Capteur d'intensité lumineuse

- ▶ Rappel sur les longueurs d'ondes



- ▶ Description général du composant?
- ▶ Interface/Bus?
- ▶ Consommation (Tension/Courant) ?
- ▶ Spectre utile ?
- ▶ Tension niveau logique haut?
- ▶ Tension niveau logique bas?
- ▶ Plage de température de fonctionnement?
- ▶ Device ID (adresse et valeur) ?

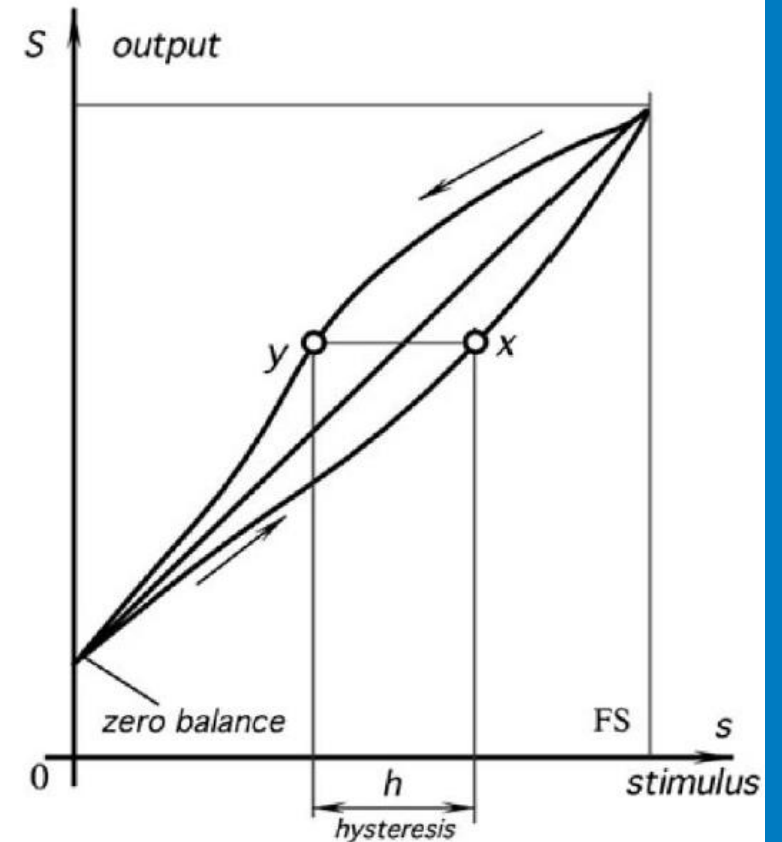


Chaine d'acquisition

Hystérésis

- ▶ La mesure pour une même mesurande varie selon le sens d'évolution de la mesurande

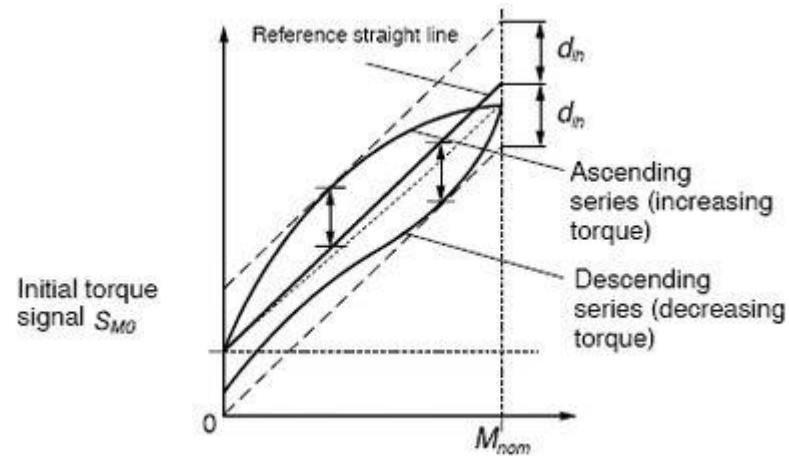
L'erreur d'hysteresis sera la distance maximum entre la courbe de mesure ascendante et la courbe descendante du capteur



Chaine d'acquisition

Hystérésis

- ▶ Exemple de réponse d'un capteur de couple



- ▶ Dans cet exemple, linéarité et hystérésis sont corrélées (les erreurs se combinent). Le constructeur fait donc le choix d'exprimer l'erreur d'hysteresis par la différence maximum entre la courbe de linéarité qu'il a calculé (*Reference Straight Line*) et points de mesure (descendant et ascendant)



Chaine d'acquisition

Résolution

- ▶ L'erreur de résolution se situera la plupart du temps au niveau de la conversion analogique -> numérique.
- ▶ La résolution s'exprimant :

$$Q =$$

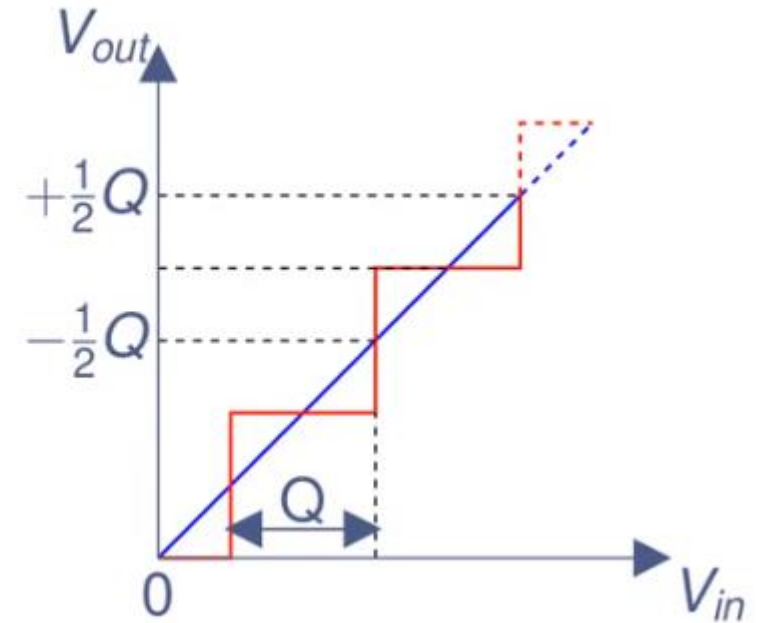
Digital Out

011

010

001

000



Chaine d'acquisition

Résolution

- ▶ L'erreur de résolution se situera la plupart du temps au niveau de la conversion analogique -> numérique.
- ▶ La résolution s'exprime :

$$Q = (Vin_{max} - Vin_{min}) / 2^{n_{bit}}$$

L'erreur de résolution s'exprime par le rapport $Q/2$



Chaine d'acquisition

Application numérique

► Setup



- Exprimer la résolution du convertisseur
- Exprimer l'erreur de résolution d'abord en V puis en Bar
- Exprimer l'erreur de résolution de façon relative



Chaine d'acquisition

Capteur passif - actif

▶ **Capteur Passif** (*self modulating*)

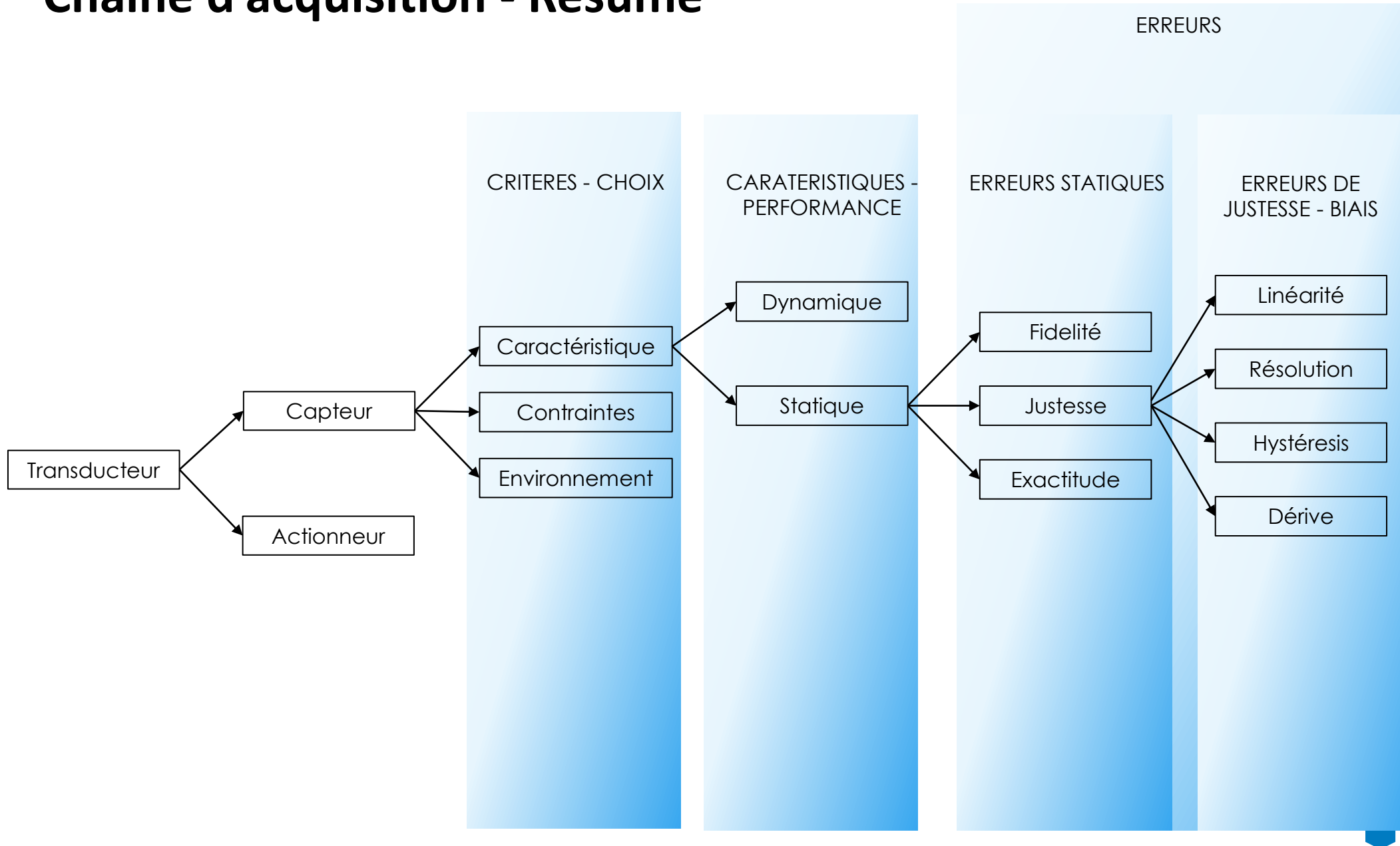
- Variation d'un paramètre du capteur qui sera fonction du mesurande. Afin de révéler la mesure, il est nécessaire « d'injecter » du courant ou une tension.
- Ex: Un capteur passif aura sa résistance, son inductance sa capacité qui varient.
- Ex: Capteur résistif de température $R = f(T^\circ)$. Il est nécessaire de faire circuler un courant dans la résistance pour obtenir une tension

▶ **Capteur Actif** (*passive*)

- Fournit une énergie en fonction du mesurande
- Nécessite une amplification
- Ex: Capteur piezo électrique. La force appliqué sur le capteur va créer une micro tension en sortie du capteur.

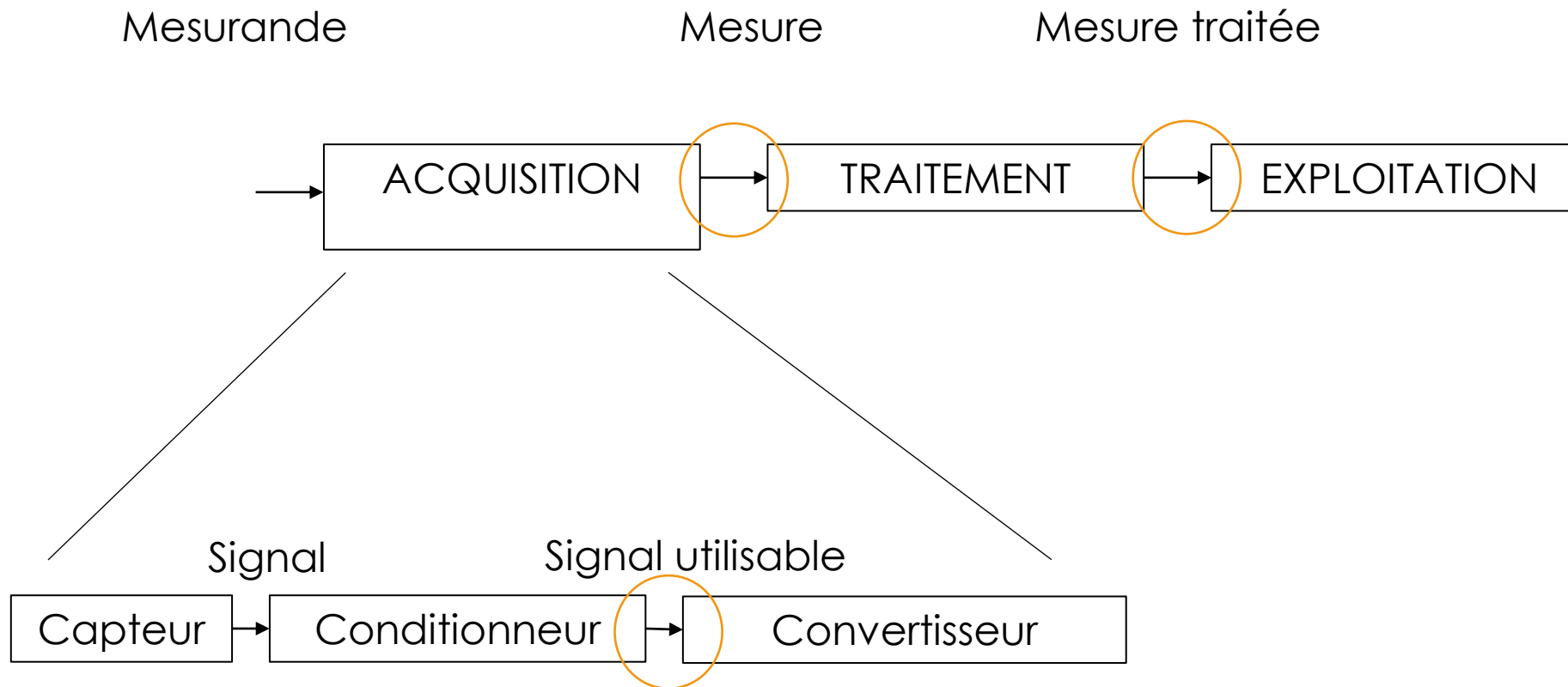


Chaine d'acquisition - Résumé



Bus

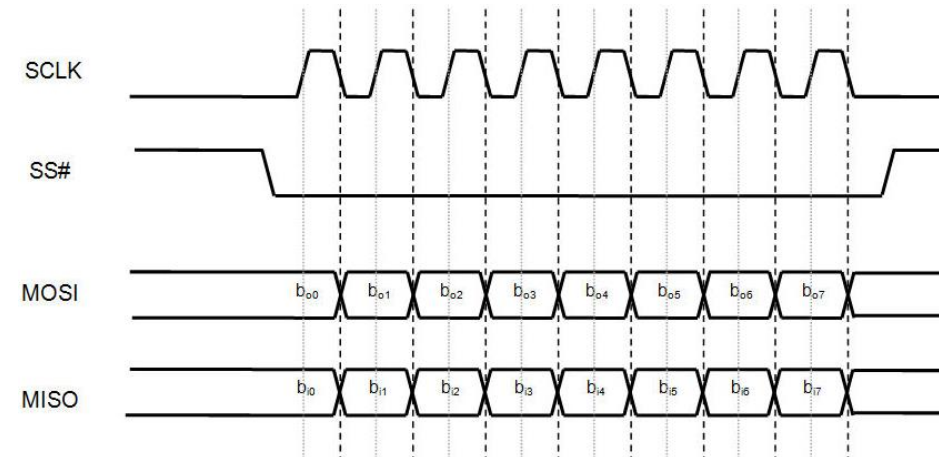
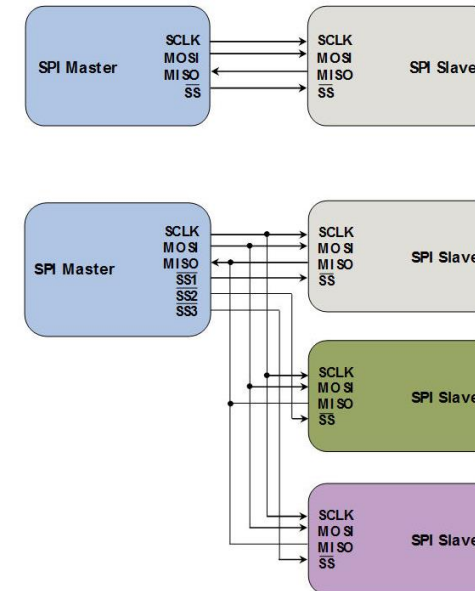
Rappel chaîne d'acquisition



Bus

Bus: Le bus informatique est la réunion des parties matérielles et immatérielles qui permet la transmission de données entre les composants participants. On parle de bus autant dans un processeur que pour un système à plusieurs composants

- ▶ Topologie
 - Niveau physique
 - Réseau
 - Filaire – Radio
 - Série - Parallèle
- ▶ Protocole
 - Niveau Logique
 - Règle de discussion

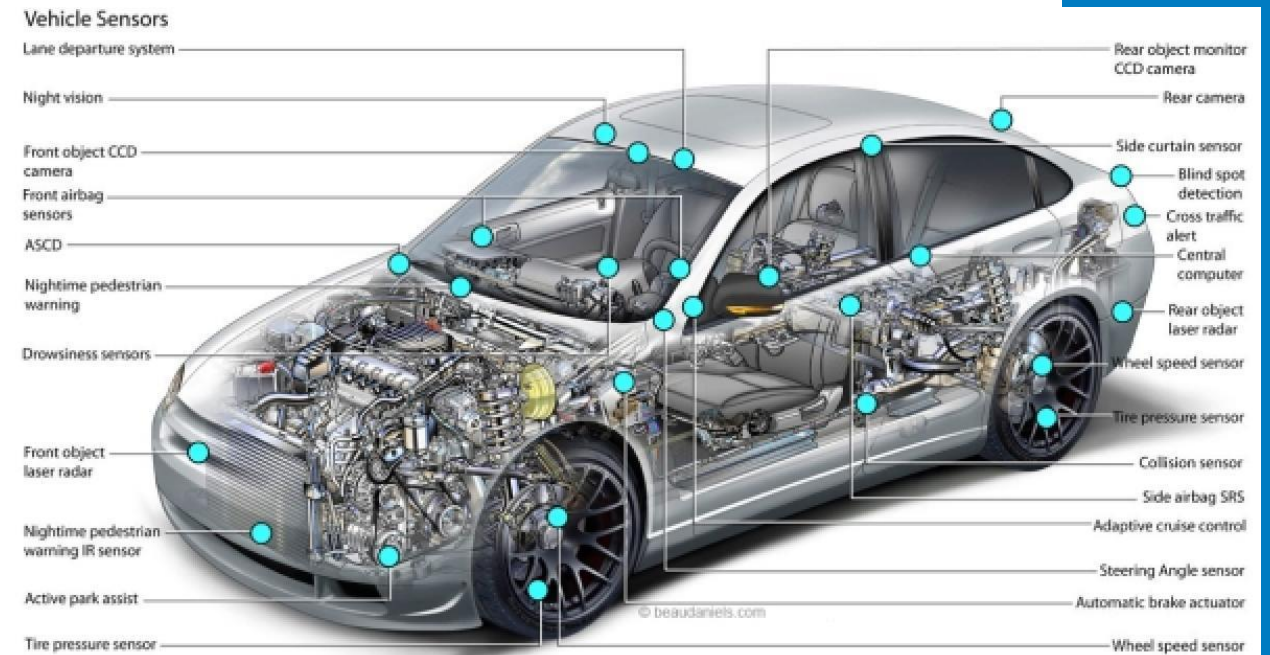


Bus

Topologie selon les systèmes

Exemple dans l'automobile

- ▶ Chaîne d'acquisition « courte »
 - Les données des capteurs sont utilisées sur place
- ▶ Filaire
- ▶ Temps réel strict
- ▶ Bus spécifiques (CAN, LIN, FLEXRAY)

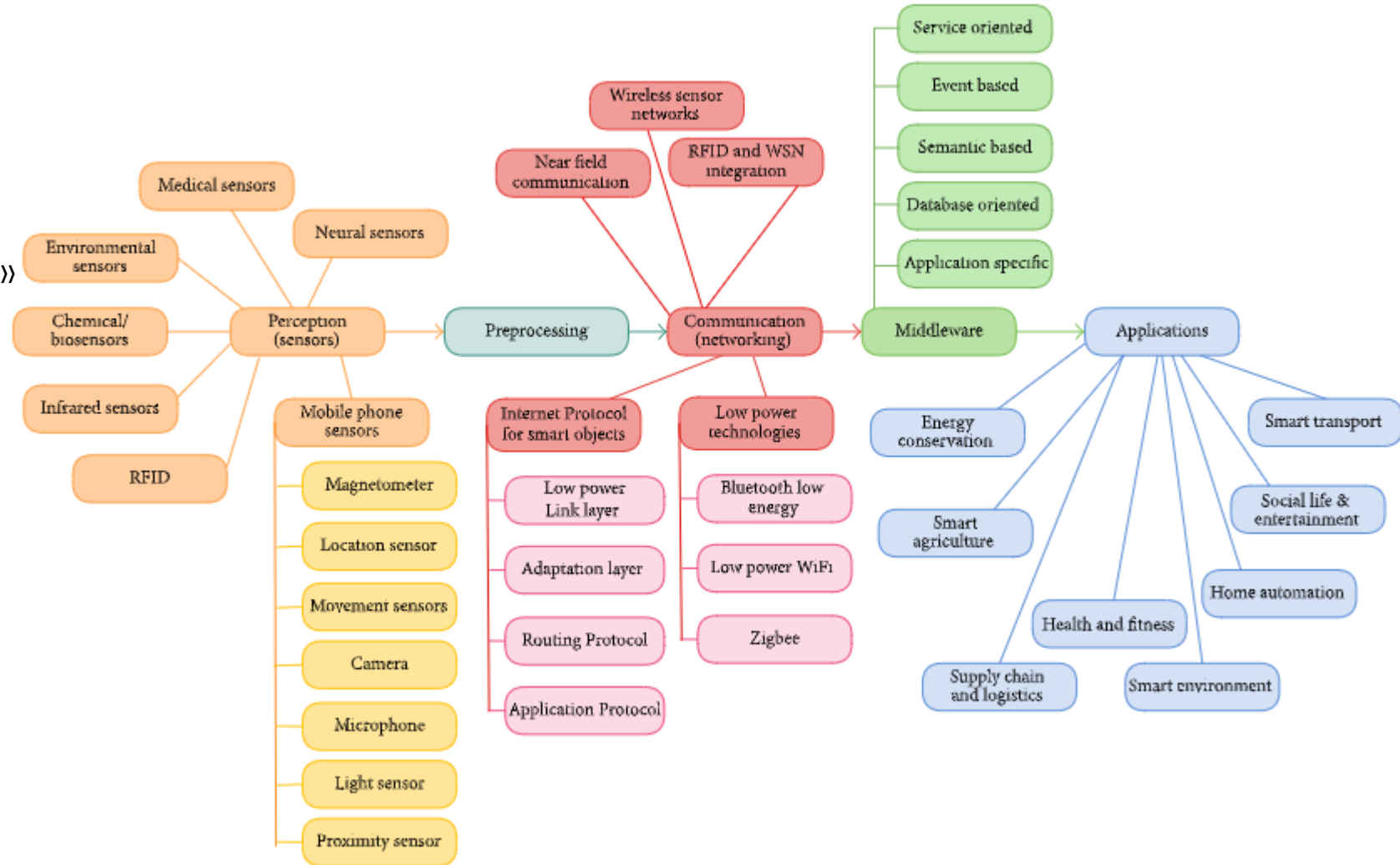


Bus

Topologie selon les systèmes

Exemple dans l'IOT

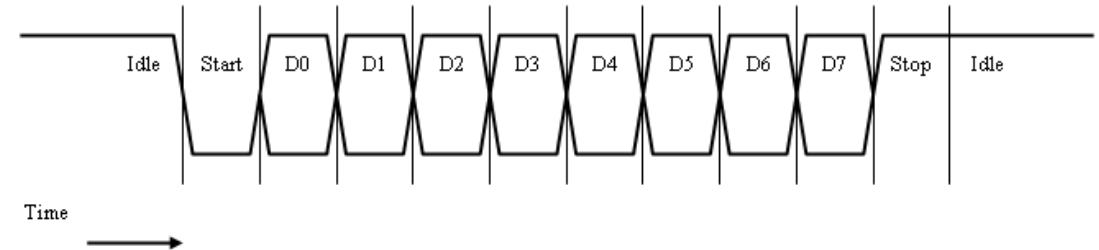
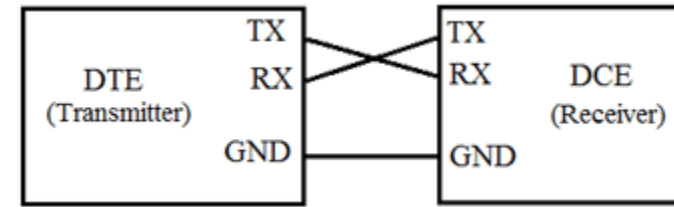
- ▶ Chaîne d'acquisition « longue »
 - Les données des capteurs sont utilisées à des fins multiples
- ▶ Radio et filaire
- ▶ Pas de contrainte temps réel
- ▶ Multiplicité de bus



Bus

Série – Serial – RS...

- ▶ 2 fils (RX-TX)
- ▶ Point à point (un maître – un esclave)
- ▶ Asynchrone
- ▶ Octet par octet
- ▶ Protocole robuste et peu coûteux, utilisé majoritairement en phase de mise au point et de débogage
- ▶ Serial over IP, Serial over USB



Serial Communication with a PC

The mbed Microcontroller can communicate with a host PC through a "USB Virtual Serial Port" over the same USB cable that is used for programming.

This enables you to:

- Print out messages to a host PC terminal (useful for debugging!)
- Read input from the host PC keyboard
- Communicate with applications and programming languages running on the host PC that can communicate with a serial port, e.g. perl, python, java and so on.

Hello World!

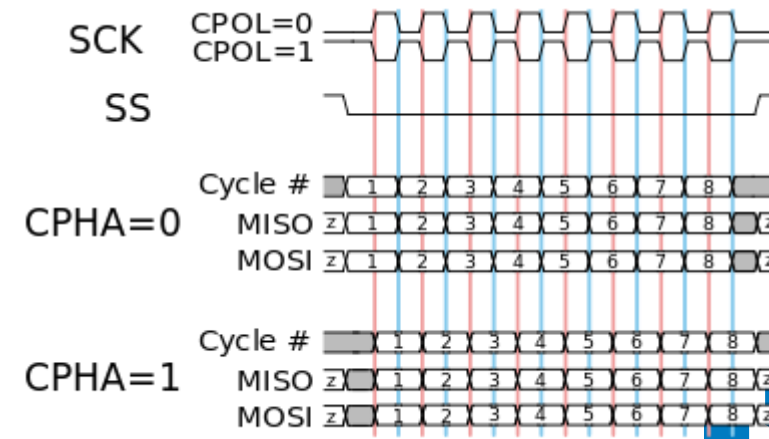
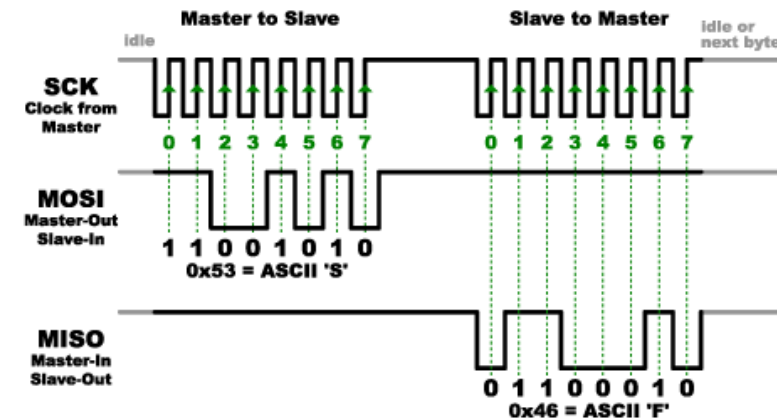
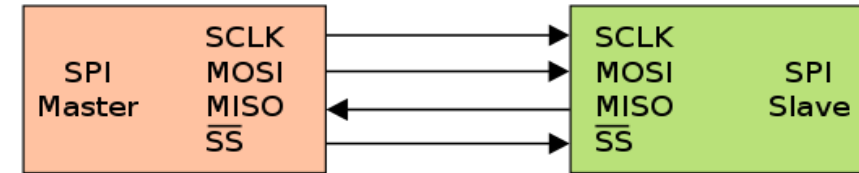
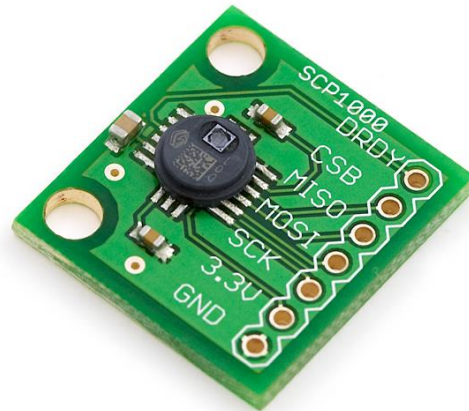
```
Hello World!  
1 #include "mbed.h"  
2  
3 Serial pc(USBTX, USBRX); // tx, rx  
4  
5 int main() {  
6     pc.printf("Hello World!\n");  
7 }
```



Bus

SPI

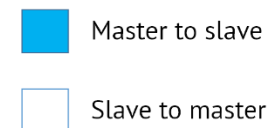
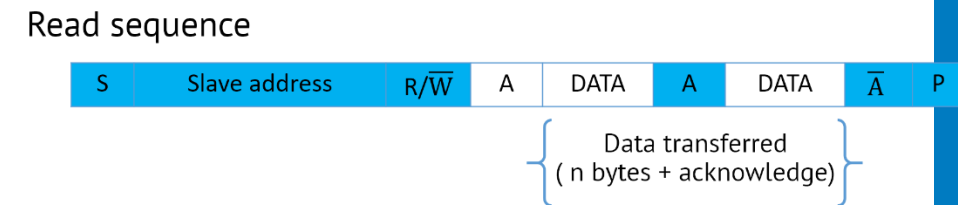
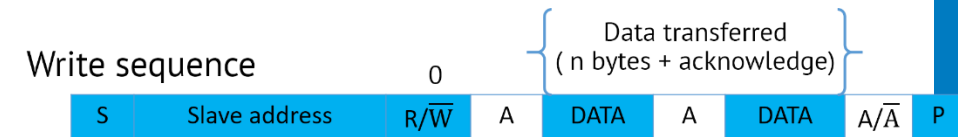
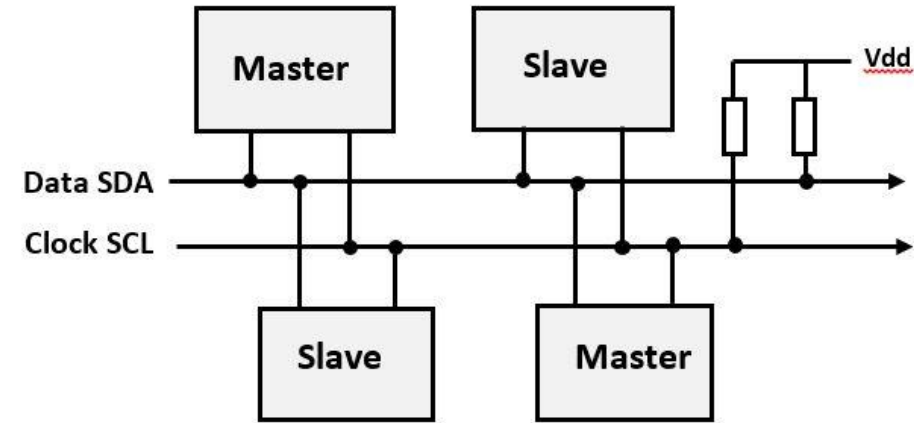
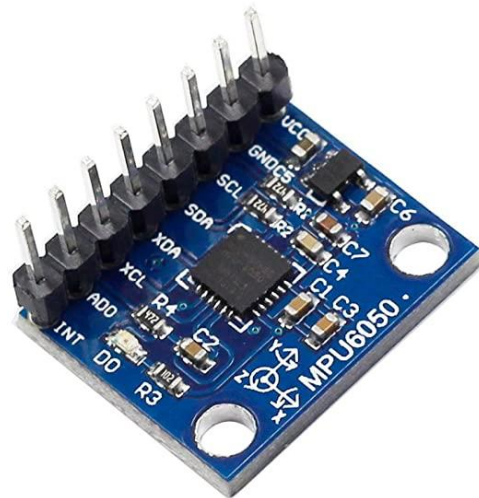
- ▶ 4 fils
- ▶ Un maître – plusieurs esclaves
- ▶ Synchrone
- ▶ Octet par octet, ou burst
- ▶ 1 MBits/s



Bus

I2C

- ▶ 2 fils
- ▶ plusieurs maîtres – plusieurs esclaves
- ▶ Synchrone
- ▶ Octet par octet, ou burst
- ▶ Bidirectionnel
- ▶ ~400 kBit/s



A = Acknowledge (SDA low)
 \overline{A} = Not acknowledge (SDA High)
S = Start condition
P = Stop condition

