

Les systèmes, qu'ils soient simples ou complexes nécessitent l'acquisition de grandeurs physiques :

Exemple :

- Centrale météorologique (mesure de la température, direction et vitesse du vent, quantité d'eau)
- Aspirateur autonome (présence d'obstacles, niveau d'énergie restant dans la batterie, encrassement filtre, etc)
- véhicule (présence de la ceinture de sécurité, vitesse, pneu dégonflé, etc)

Ce présent cours est destiné à vous faire connaître les concepts de l'acquisition de mesure. En aucun cas tous les capteurs seront évoqués tant il sont nombreux. Il existe autant de capteurs que de grandeurs physiques mesurables !!

Les grandeurs physiques mesurables

Pour illustrer les nombreux capteurs sur le marché, je vous propose de vous rendre sur le site web de GoTronic où vous pourrez avoir un simple aperçu.

 ACCÉLÉROMÈTRES ET CAPTEURS SPATIAUX	 AIR	 BIOMÉTRIQUES	 CAMÉRAS
 CAMÉRAS THERMIQUES	 CHOC ET VIBRATIONS	 CODES-BARRES	 CONDUCTIVITÉ
 COURANT	 DÉBITMÈTRES	 COULEUR	 PRESSION

Je vous laisse le loisir de vous rendre sur le site de GoTronic pour voir les nombreuses solutions possibles !

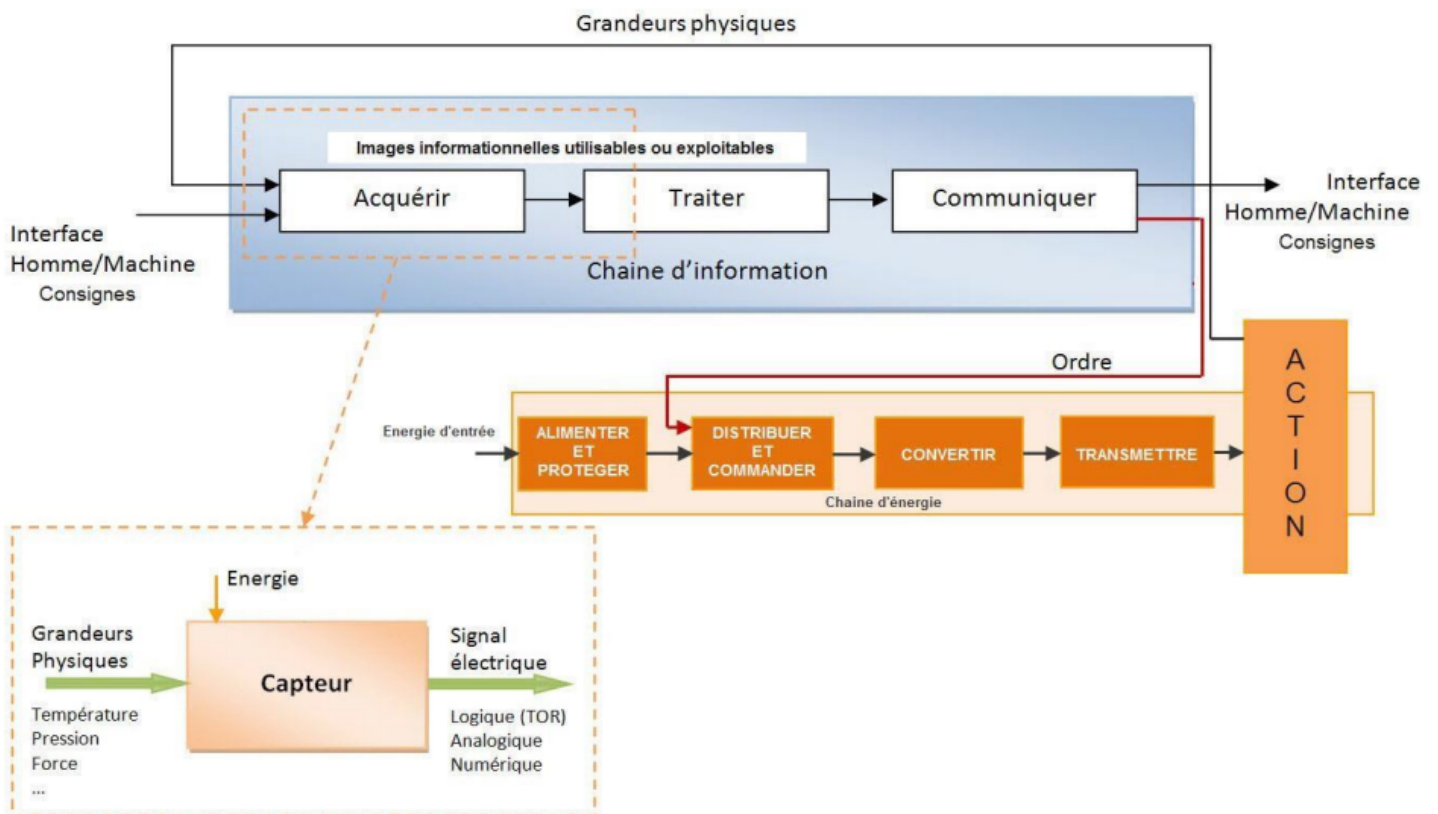
Les images présentées précédemment sont les solutions constructives (technologiques) permettant de mesurer les grandeurs physiques.

Les grandeurs physiques mesurables sont très nombreuses comme déjà dit.

Voici quelques exemples :

Pression Température Humidité Intensité du courant Tension électrique	Couleurs Distance / Angle Vitesse (translation et rotation) Accélération (translation et rotation)	Débits Force – Poids Latitude et Longitude Inclinaison Présence de personnes	Présence d'obstacles Rythme cardiaque Epreinte digitale Niveau
---	---	--	---

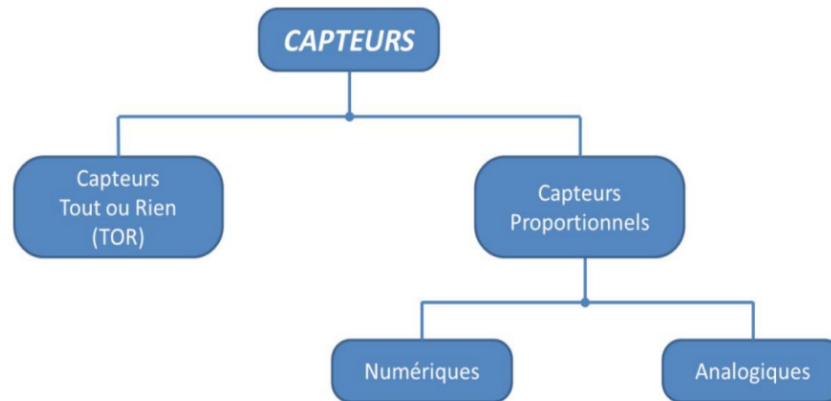
Situation des capteurs dans la chaîne d'informations et de la chaîne de puissance-énergie



Remarquez bien que les capteurs convertissent une grandeur physique en un signal électrique (dans la grande majorité des cas).

L'information fournie peut-être de trois types :

- **Logique** (Tout Ou Rien : TOR). Ex : la température de 20°C est dépassée ou pas.
- **Analogique** l'information, image de la grandeur physique, est transmise sous forme d'une tension analogique (Ex : 2,47V pouvant signifier une température de 20°C par exemple)
- **Numérique** : l'information, image de la grandeur physique, est transmise sous forme numérique (100110 pouvant signifier une température de 20°C par exemple)

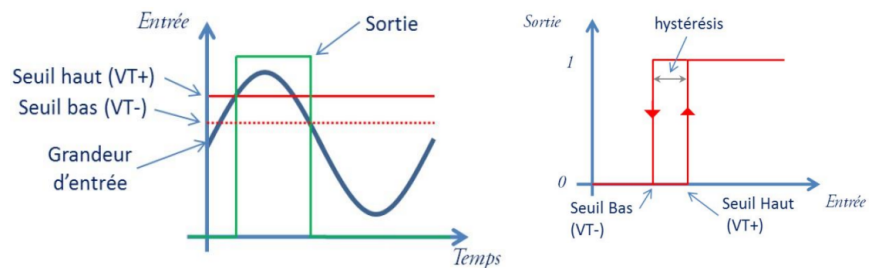


Les capteurs T.O.R

Ces capteurs délivrent une information binaire. Une valeur de seuil est définie. Lorsque la grandeur d'entrée est inférieure au seuil, la sortie du capteur est à 0, lorsque la grandeur d'entrée est supérieure au seuil, la sortie du capteur est à 1

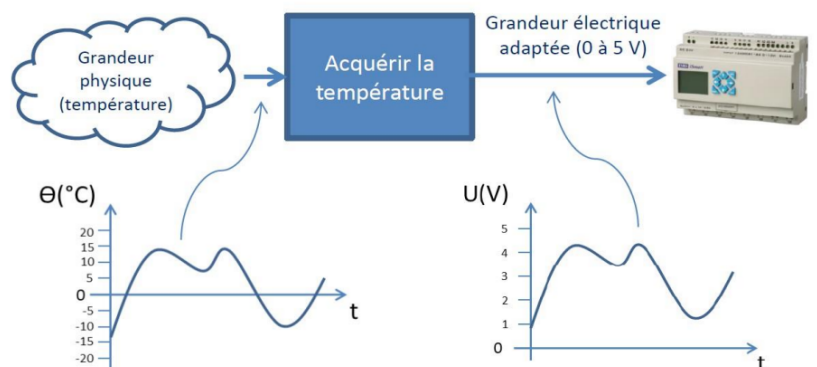


Dans la pratique, le capteur TOR possède deux seuils distincts, afin d'éviter que la sortie ne devienne instable lorsque l'entrée est très proche du seuil. Pour que la sortie du capteur passe à l'état haut il faut que la grandeur d'entrée passe au-dessus du seuil haut. Pour que la sortie du capteur passe à l'état bas, il faut que la grandeur d'entrée passe en dessous du seuil bas.



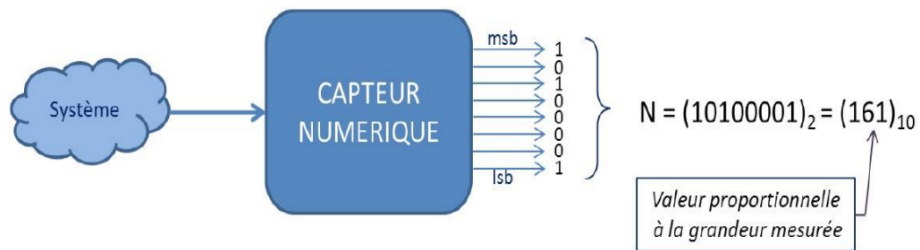
Les capteurs analogiques

Ils fournissent un signal (électrique en général) proportionnel à la grandeur mesurée.



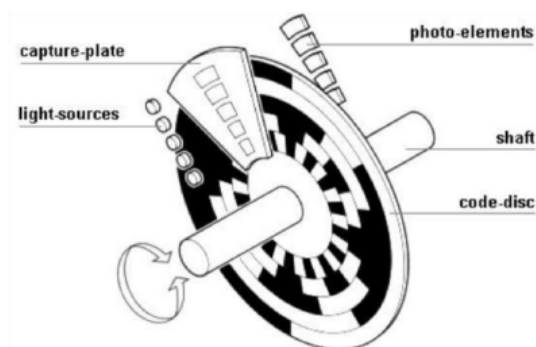
Les capteurs numériques

Ils fournissent des signaux numériques proportionnels à la grandeur à mesurer.



Exemple de capteur numérique mécanique (encore très utilisé) – Le codeur absolu

- Un codeur absolu est un capteur doté d'un axe rotatif et retournant un code binaire en fonction de la position angulaire de l'axe ;
- Le capteur est constitué d'un disque solidaire de l'axe, comportant des motifs pouvant être lus par un dispositif optique.

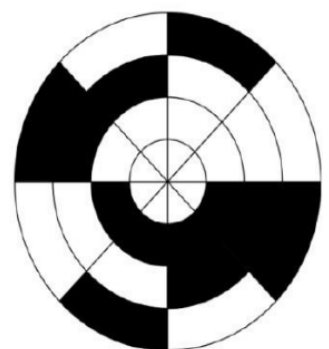


- En fonction de la position du disque, chaque détecteur renvoie une information binaire. Le code formé par l'ensemble des détecteurs indique la position angulaire de l'axe du capteur.

Encodage en binaire naturel

Le codage binaire naturel est facile à décoder, mais si les capteurs ne sont pas parfaitement synchronisés, des états transitoires erronés peuvent apparaître lors du passage d'un secteur à un autre. On préfère pour cela utiliser le codage GRAY (cf. ci-après)

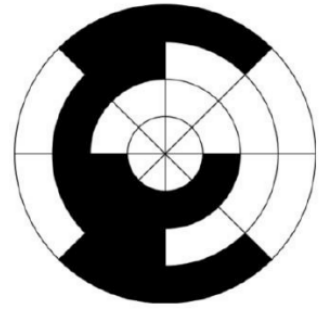
Standard Binary Encoding				
Sector	Contact 1	Contact 2	Contact 3	Angle
0	off	off	off	0° to 45°
1	off	off	ON	45° to 90°
2	off	ON	off	90° to 135°
3	off	ON	ON	135° to 180°
4	ON	off	off	180° to 225°
5	ON	off	ON	225° to 270°
6	ON	ON	off	270° to 315°
7	ON	ON	ON	315° to 360°



Encodage en code GRAY

Le code GRAY nécessite un décodage mais comme il n'y a qu'un seul bit qui change d'état (0/1) d'un secteur à l'autre, il évite les états erronés de transition.

Gray Coding				
Sector	Contact 1	Contact 2	Contact 3	Angle
0	off	off	off	0° to 45°
1	off	off	ON	45° to 90°
2	off	ON	ON	90° to 135°
3	off	ON	off	135° to 180°
4	ON	ON	off	180° to 225°
5	ON	ON	ON	225° to 270°
6	ON	off	ON	270° to 315°
7	ON	off	off	315° to 360°

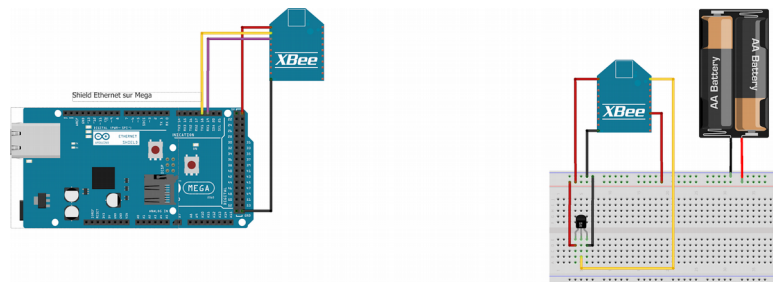


Capteur à sortie BUS

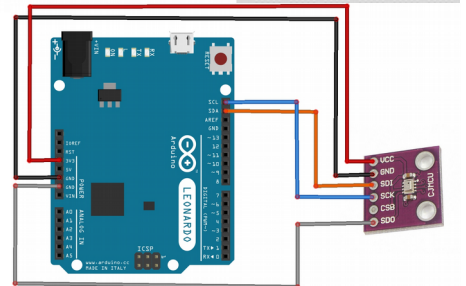
Avec l'avènement de l'électronique numérique, de nombreux capteurs mesurant des grandeurs physiques analogiques, restituent l'information sous forme numérique sur différents types de bus de communication (UART, RS232, SPI, I2C, CAN, DMX et bien d'autres)

Pour illustration...

Les modules Xbee radio-fréquences permettent de mettre en communication un capteur de température distant (ici en noir le breadboard) et une carte arduino. La carte Arduino échange les informations par le protocole UART.



Le capteur BMP280 (température, pression et humidité relative) communique ces grandeurs à la carte Arduino par l'entremise du protocole I2C.



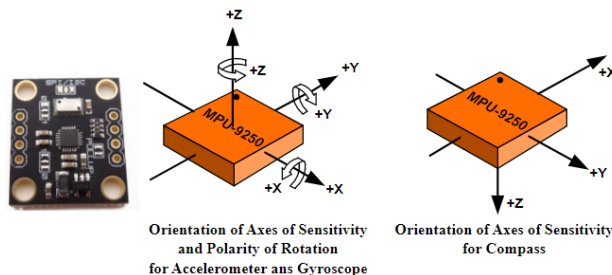
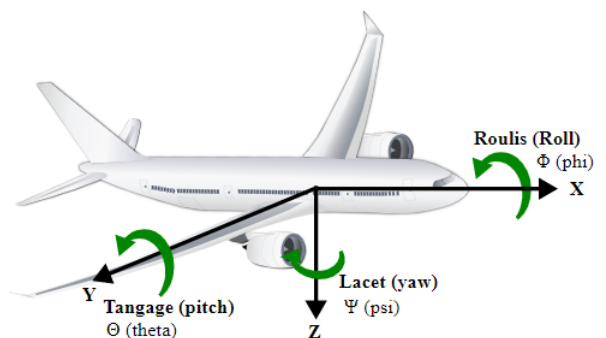
fritzin

Exemple de bus I2C : mise en situation d'une centrale inertielle MPU9250

Dans certaines situations, il est nécessaire de connaître les accélérations et les rotations (ex : pour stabiliser un drone).

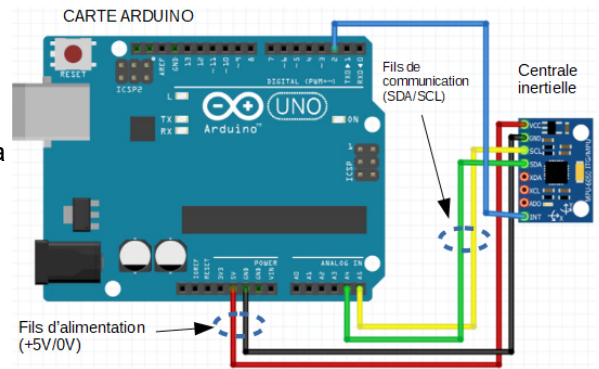
La centrale inertielle MPU9250 est équipée :

- de 3 accéléromètres (accélération linéaire sur les trois axes X Y et Z)
- de 3 gyroscopes (vitesse de rotation angulaires sur les 3 axes)
- un magnétomètre (mesure du champs magnétique sur les 3 axes).



Le câblage de cette centrale inertielle à une carte arduino est donné ci-contre.

Seuls les deux fils vert et jaune (notés « Fils de communication ») servent à transmettre les informations vers la carte Arduino !



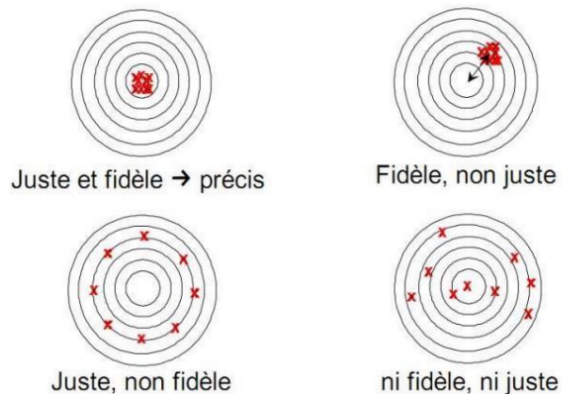
Caractérisation d'un capteur

Les capteurs sont caractérisés par les éléments suivants :

- **Etendue de la mesure** : valeurs extrêmes pouvant être mesurées par le capteur ;
- **Résolution** : plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur ;
- **Sensibilité** : variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée (exemple : le capteur de température LM35 a une sensibilité de 10mV/°C)
- **Précision** : aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie ;
- **Rapidité** : temps de réaction du capteur ;
- **Linéarité** : un capteur est linéaire si sa sensibilité est constante donc l'image de la grandeur mesurée est proportionnelle à la mesure.

Notion de précision et de fidélité

Justesse : un capteur est juste si ses valeurs ne changent pas quand on les compare à des valeurs étalon ou à des valeurs données par d'autres capteurs normalisés.



Fidélité : un capteur est fidèle si ses valeurs ne changent pas au cours du temps.

Notion de non-linéarité

En mesure on apprécie beaucoup les capteurs qui restitue un signal linéaire (proportionnel à la mesure). Cependant certains capteurs ne sont pas linéaires. Avec l'électronique numérique, il est possible d'interpréter très correctement les mesures effectuées en procédant à l'établissement de l'équation mathématique répondant à la caractéristique du capteur.

Les deux vidéos ci-après vous montre comment il est possible d'obtenir l'équation mathématique ne n'importe quelle courbe (l'exemple est fait sur un capteur de distance infrarouge SHARP).

