

Réseaux et informatique embarquée

2. Capteurs

Valentin Gies

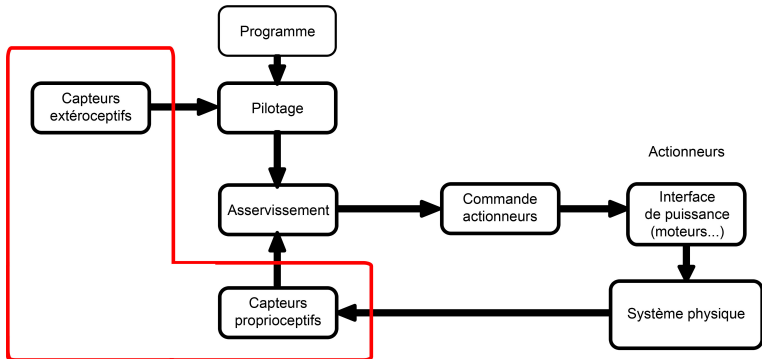
Université de Toulon (UTLN)

Plan du cours

- 1 Capteurs
 - Présentation générale
 - Typologie
 - Exemples

Capteurs

Positionnement dans une chaine mécatronique



Capteurs

Qu'est-ce qu'un capteur ?

- **Interface réel $\Rightarrow$ contrôle.**
- Permet de contrôler l'état du système : **capteurs proprioceptifs.**
- Permet de connaître l'environnement du système : **capteurs extéroceptifs**

Un capteur doit être :

- Adapté au **signal à mesurer** : vitesse, précision...
- Adapté à la **chaîne de traitement** : capacité de traitement
- Adapté à l'**application visée** : coût, robustesse, conditions de fonctionnement...

Capteurs

Caractéristiques générales des capteurs :

- **Débit d'information.**

- Intérêt : plus le débit est élevé, plus l'information est potentiellement riche.
- Inconvénient : plus le débit est élevé, plus il est difficile de traiter l'information.

- **Précision et robustesse** : une information de qualité permet de réduire les post-traitements.

- **Finesse** : aptitude à donner une valeur sans perturber le fonctionnement du système.

- **Niveau sémantique d'information** : un haut niveau d'information permet de réduire les post-traitements.

- **Consommation** : les consommations en mode actif et en veille sont à prendre en compte.

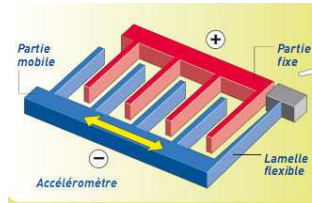
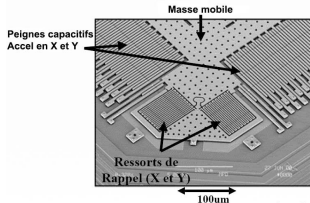
Panorama des capteurs utiles en mécatronique

- **Capteurs proprioceptifs** : contrôle du système
 - Mesure de l'**accélération** : accéléromètre...
 - Mesure de la **vitesse** : radar Doppler, gyroscope, génératrice tachymétrique...
 - Détection de **présence** : interrupteur, détecteur magnétique, capacitif, inductif...
 - Mesure de la **position** : odomètre, gyrocompas, magnétomètre, inclinomètre, balises et GPS...
- **Capteurs extéroceptifs** : connaissance de l'environnement
 - Capteurs **téléométriques** : laser, à ultrasons,
 - Systèmes de **vision** : caméra CCD, rétine artificielle, stéréovision.

Capteurs proprioceptifs : mesure de l'accélération

Micro-accéléromètre capacitif à MEMS

- Principe (ex : LIS3DSH)



- Consommation : $70\mu A$ actif (ICM 20948) - $1.8\mu A$ en veille
- Cout : 0.8\$
- Interfaçage : SPI ou I2C principalement.
- Extra feature : implante des machines à états pour filtrer à l'intérieur du composant.

Accéléromètre inertiel asservi (ex : Schaevitz)

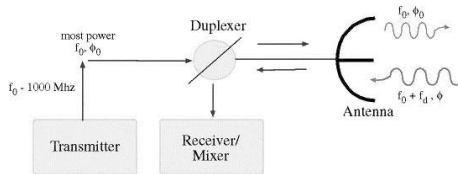
Block diagram of the closed-loop control system for the pendulum. The diagram shows a feedback loop starting from a "D.C. Output" which passes through a resistor R_o and a "Damping Network" before being fed back into the "Electronics Module". The "Electronics Module" also receives a "D.C. power input" and sends a signal to a "Servo Amp". The "Servo Amp" drives a "(C) Torque Motor" which is part of a mechanical assembly. This assembly includes a "Pendulous Mass" (A), a "Stop" (B), and a "Position Sensor" (B). The "Position Sensor" provides a "Self test input" to the "Damping Network". The entire system is enclosed in a "Sealed housing".

- Intérêt : pas de non linéarité due aux ressorts - grande précision
- Inconvénient : coût élevé

Capteurs proprioceptifs : Mesure de la vitesse

Radar Doppler

- Emission d'une onde de fréquence fixe
- Réception d'une onde de fréquence décalée en fonction de la vitesse relative du radar par rapport à la cible.



Capteurs proprioceptifs : mesure de la vitesse

Génératrice tachymétrique

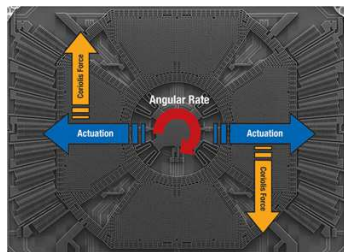
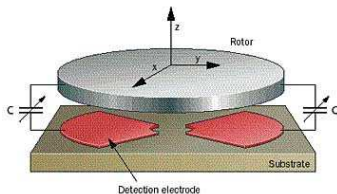
- Machine à courant continu montée en génératrice
- $U = K\Omega$



Capteurs proprioceptifs : mesure de la vitesse

Gyroscope à MEMS

- Principe (ex : LIS3MDL)

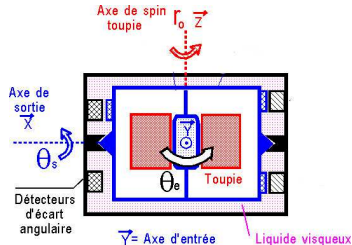


- Consommation : $1.2mA$ (ICM-20948) actif - $5\mu A$ veille
- Cout : 3\$
- Interfaçage : SPI / I2C.

Capteurs proprioceptifs : mesure de la vitesse

Gyroscopique classique

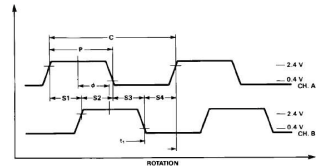
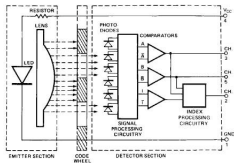
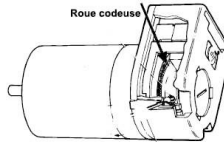
- Principe



- Intérêt : grande précision
- Inconvénient : coût très élevé

Capteurs proprioceptifs : mesure de la position

Odomètre



- **Inconvénient** : flux de données de bas niveau important.
- **Intérêt** : Peu coûteux et fiable.

Capteurs proprioceptifs : mesure de la position

Gyrocompas

- Gyrocompas : Gyroscope + intégration



- **Inconvénient** : intégration numérique $\Rightarrow$ dérive
En aéronautique : dérive $< 0.01^\circ/h$
Précision $\Leftrightarrow$ Prix.
- **Intérêt** : l'intégration est réalisée en interne : faible débit d'information de haut niveau.

Capteurs proprioceptifs : mesure de la position

Magnétomètre

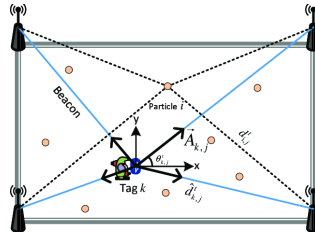
- Permet de connaître la valeur du champ magnétique sur 3 axes (ex : LIS3MDL)



- Consommation : $270\mu A$ actif (LIS3MDL 20Hz) - $2\mu A$ veille
- Cout : 0.8\$
- **Précision** : $0.014\mu T = 0.14mG$ (champ terrestre : $\simeq 40\mu T = 0.4G$ en France)
- **Inconvénient** : Offset $\pm 1000\mu T \implies$ Calibration obligatoire
- Communication : I2C / SPI

Capteurs proprioceptifs : mesure de la position

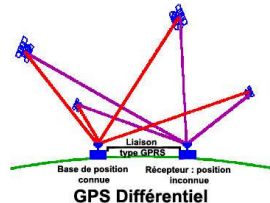
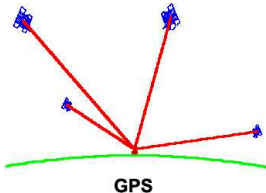
Balises



- **Inconvénient** : Nécessite un investissement sur le lieu de déplacement.
Imprécision de l'ordre de la longueur d'onde environ.
- **Intérêt** : Permet un positionnement en position sans dérive temporelle. Faible débit d'information de haut niveau.

Capteurs proprioceptifs : mesure de la position

GPS (balises satellites)



- **Intérêt** : Permet un positionnement en position sans balises au sol.
- **Inconvénient** : Fréquence d'échantillonnage max = 5Hz.
Imprécision absolue : environ 3m en mode différentiel.
- Consommation : 40mA en mode actif - 25μA en veille.
- Coût : 15\$
- Extra feature : informations de haut niveau (vitesse, cap...).

Capteurs extéroceptifs

Télémètre à ultrasons

- **Principe** : Mesure de temps de vol.



- **Inconvénient** : peu directionnel et sensibles aux perturbations ultrasoniques.
- **Intérêt** : Permet d'avoir une information de moyen niveau pour peu cher.
- **Communication** : SPI / I2C / Analogique / CAN

Capteurs extéroceptifs

Télémètre laser

- **Principe** : Mesure de temps de vol (très cher) ou triangulation (cher).



- **Inconvénient** : prix prohibitif pour la plus-part des applications grand public.
- **Intérêt** : Fiabilité et précision de la mesure.
- **Communication** : UART / SPI / I2C / Analogique

Capteurs extéroceptifs

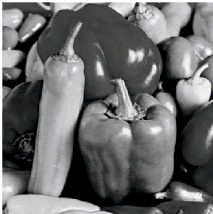
Systèmes de vision : Caméra CMOS



- **Inconvénient** : le débit de données est très élevé.
Données de bas niveau (intensité lumineuse).
Consommation assez élevée.
- **Intérêt** : Information riche (mais à exploiter).
- **Communication** : Ethernet / Firewire / USB3.0

Capteurs extéroceptifs

Systèmes de vision : Rétines artificielles



- **Inconvénient** : Pas encore développé en version industrielle.
- **Intérêt** : Débit d'information limité, information de qualité (haut niveau) sur des objets, utilisable simplement. Très faible consommation.

Questions ?

- Questions
- Contact : vgies@hotmail.com