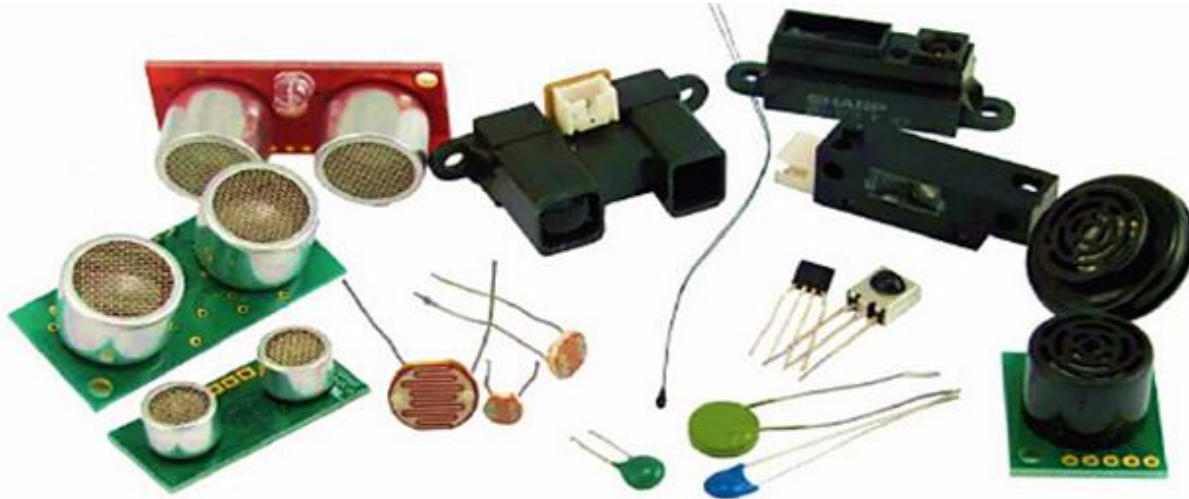


# CHAP. 3 : PERCEPTION POUR LA ROBOTIQUE

## LES CAPTEURS

# Typologies des capteurs



---

Les capteurs **proprioceptifs** permettent de mesurer l'état du **robot lui-même** (position ou vitesse des roues, charge de la batterie, etc.) tandis que les capteurs **extéroceptifs** permettent de **mesurer l'état de l'environnement** (cartographie, température, etc.).

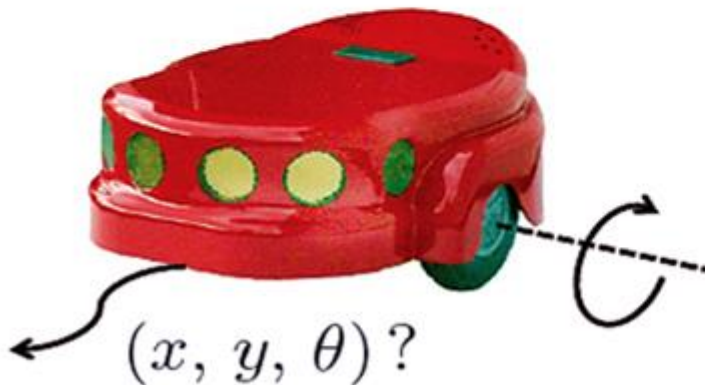
# Capteurs proprioceptifs (1)

L'**odométrie** : une technique permettant d'estimer la position d'un robot en mouvement. Le terme vient du grec hodos et metron.

## Exemple :

### **Robots à roues:**

On intègre des encodeurs rotatifs, pour avoir une estimation du parcours effectué.



# Capteurs proprioceptifs (2)

## Exemple de codeurs :

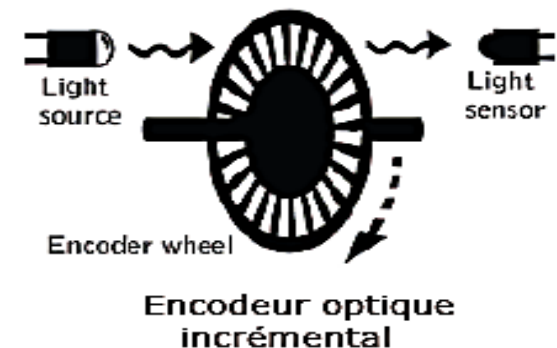
### Encodeurs rotatifs

Un encodeur rotatif est un dispositif qui convertit la *position angulaire* d'un axe ou d'un arbre en code analogique ou binaire

- Encodeurs mécaniques et optiques (les plus utilisés en robotique mobile, par ex. pour l'*odométrie*)
- **Deux types** d'encodeur:

- **Absolu**: la sortie de l'encodeur indique la position courante de l'axe (transducteur d'angle). L'information *n'est pas perdue* lorsque l'alimentation est coupée: elle est disponible à nouveau lorsque l'alimentation est rétablie

- **Incrémental** (ou **relatif**): la sortie de l'encodeur nous informe du mouvement de l'axe. Cette information est normalement traitée ultérieurement pour obtenir des mesures de vitesse, distance ou position

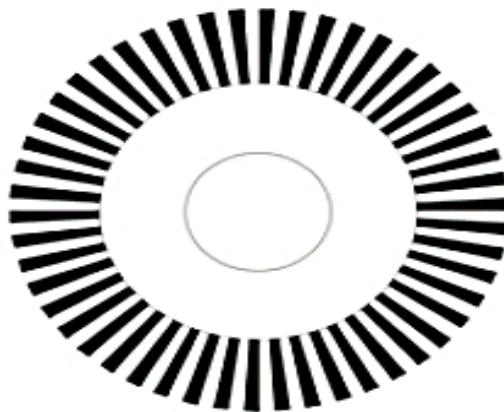
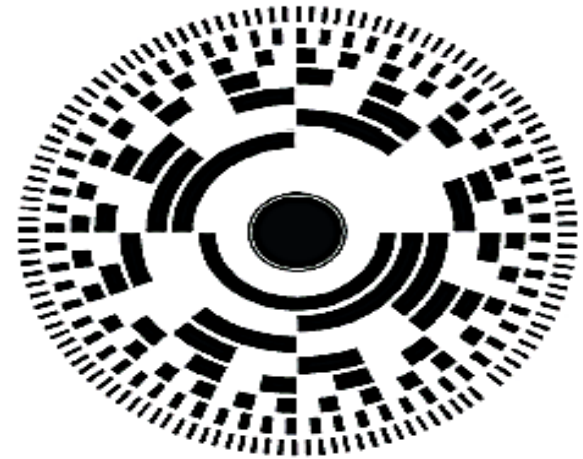


# Capteurs proprioceptifs (3)

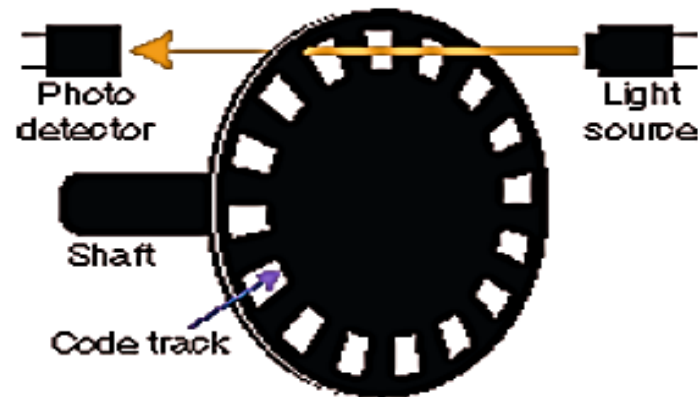
## Exemple de codeurs :

### Encodeurs rotatifs: exemples

- Encodeur optique absolu
- Encodeur optique incrémental



Disque rotatif



# Capteurs proprioceptifs (4)

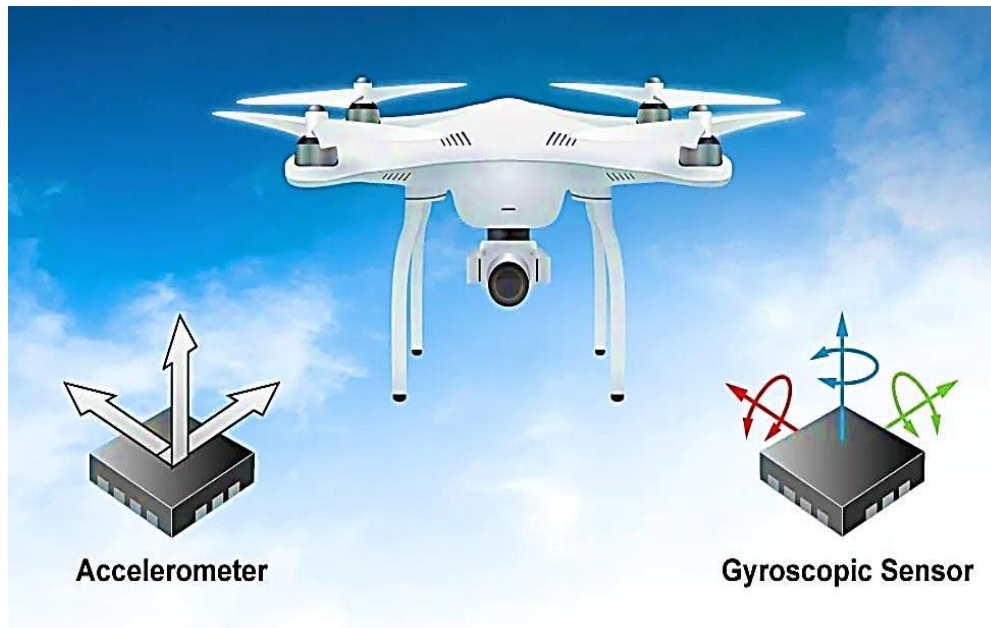
- **Accéléromètres**
  - Estimation de l'accélération sur 3 axes
  - Intégrés sur puce: dans les drones, smart-phones, airbags des voitures, consoles de jeu (Nintendo Wii), pacemakers, etc.
- **Gyroscopes (gyros)**
- **Centrales inertielles**
- **Inclinomètres (ou clinomètres)**
  - Mesure des angles par rapport à la ligne d'horizon (horizontale)
  - Très sensibles: résolution de  $0.01^\circ$
  - Applications: navigation des bateaux, commande de vol des avions





# Capteurs proprioceptifs (5)

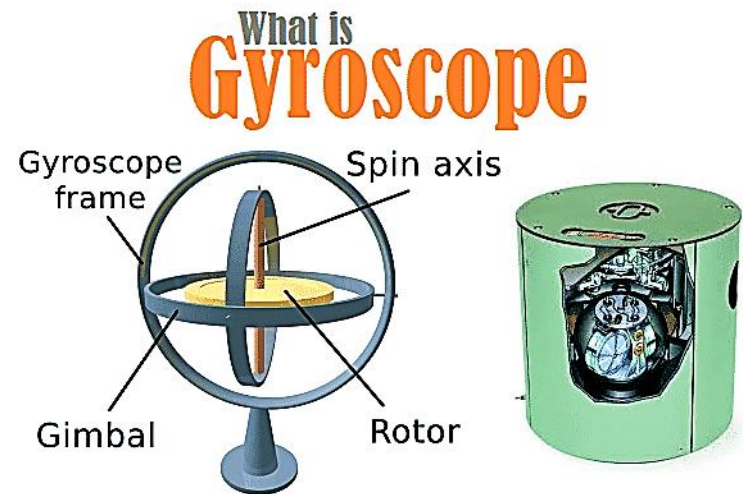
Un **accéléromètre** est un capteur qui, fixé à un mobile ou tout autre objet, permet de mesurer l'accélération non gravitationnelle linéaire de ce dernier. On parle d'accéléromètre même lorsqu'il s'agit en fait de 3 accéléromètres qui calculent les accélérations linéaires selon 3 axes orthogonaux.



# Capteurs proprioceptifs (6)

Un **gyroscope** est un dispositif qui permet de mesurer ou maintenir l'orientation et la vitesse angulaire d'un objet en utilisant le principe de la conservation du moment cinétique.

Il ressemble à une toupie avec 3 axes d'inclinaison.





# Capteurs proprioceptifs (7)

Une **centrale inertielle** est un système de navigation qui fournit l'orientation d'un mobile dans un espace 3D.

Aussi appelée centrale à inertie.



Un **inclinomètre (ou clinomètre)** est un capteur servant à mesurer des angles par rapport à la ligne d'horizon (ou horizontale).

Il permet de détecter précisément où se situe l'horizontale, il détermine en plus l'angle d'inclinaison par rapport à cette ligne horizontale.

# Capteurs extéroceptifs (1)

## Passifs

- Capteurs de contact (bumpers, capteurs d'effort)
- Magnétomètres
- Capteurs de vision
  - Technologies: linéaire, matrice CCD, CMOS, etc.
  - Plusieurs configurations (capteur single ou multiple, ex. stéréo) et « accessoires » (optique fisheye, miroirs, prismes, etc.)

## Actifs

- Systèmes basés balises (localisation dans un repère fixe)
- Sonars (ultrasons)
- Télémètres lasers
- Capteurs IR (infra-rouge)
- Radars (ondes radio)

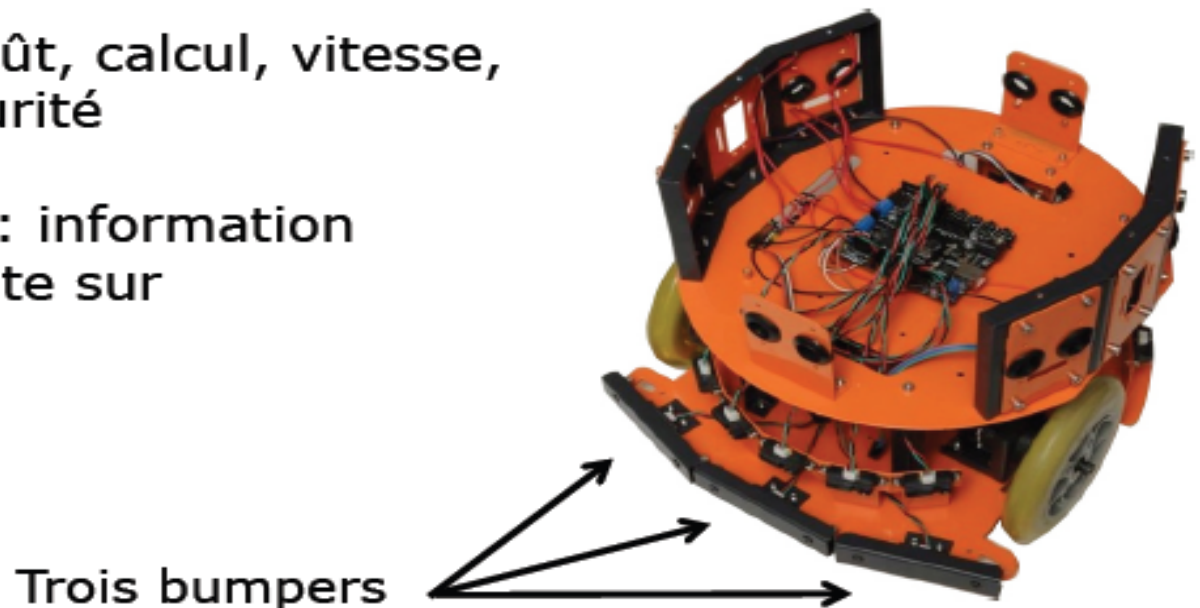
# Capteurs extéroceptifs (2)

## Capteurs de contact

Ils informent si le robot est en contact avec un objet (obstacle)

**1) Bumper** : information de contact tout ou rien (fonctionnement basé sur la pression: « boutons »)

- *Avantages*: coût, calcul, vitesse, robustesse, sécurité
- *Inconvénients*: information pauvre, contrainte sur l'environnement



# Capteurs extéroceptifs (3)

## Capteurs de contact

### 2) Capteur d'effort

- Permet de mesurer les efforts en *force* et/ou en *couple* (ex. sur l'effecteur d'un robot)
- *Capteur actif* : il traduit une variation de sa structure interne (en raison d'une force/couple) en signal électrique
- Inconvénients :
  - Coût élevé
  - Etalonnage
  - Fragilité
  - Plage de mesure faible

*Capteur d'effort  
piézoélectrique*



# Capteurs extéroceptifs (4)

## Capteurs de contact

### Capteurs d'effort: applications

#### 1) Mains robotiques



Peau flexible avec une matrice intégrée de transistors organiques



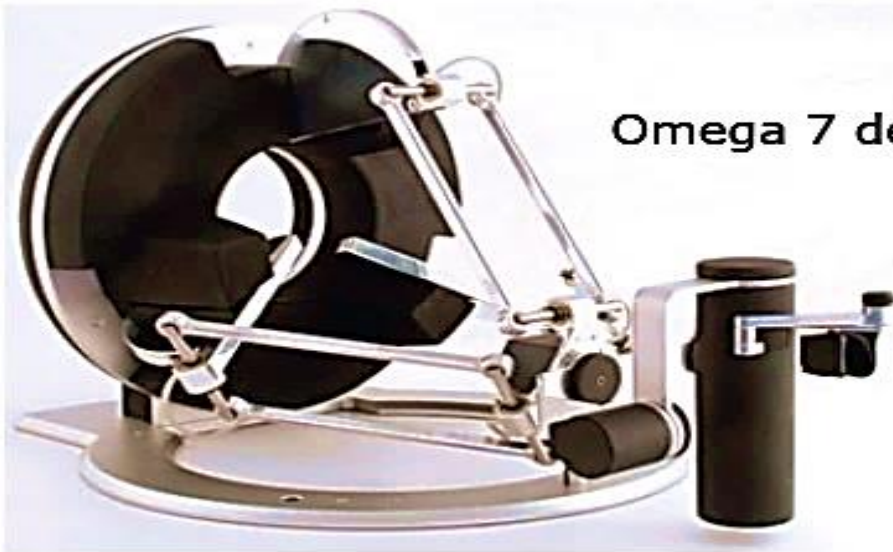


# Capteurs extéroceptifs (4)

## Capteurs de contact

### Capteurs d'effort: applications

**2) Interfaces haptiques** (du grec *haptikos* = "capable d'entrer en contact avec")



Omega 7 de *Force Dimension* (7 DDL)



Falcon de *Novint*



# Capteurs extéroceptifs (5)

## Capteurs de contact

### Capteurs d'effort: applications

#### 3) Robots industriels collaboratifs ("Cobots")



LBR IIWA ("lightweight", "intelligent industrial work assistant") de *KUKA*



YuMi de *ABB*  
("dual manipulation")

# Capteurs extéroceptifs (5)

## Capteurs de contact

### applications industrielles



Montage d'un moteur à pistons



Insertion d'une bobine dans un creux non chanfreiné



Reconnaissance de position et ébavurage

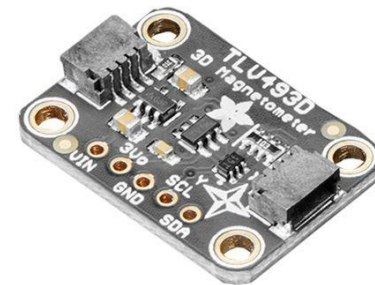
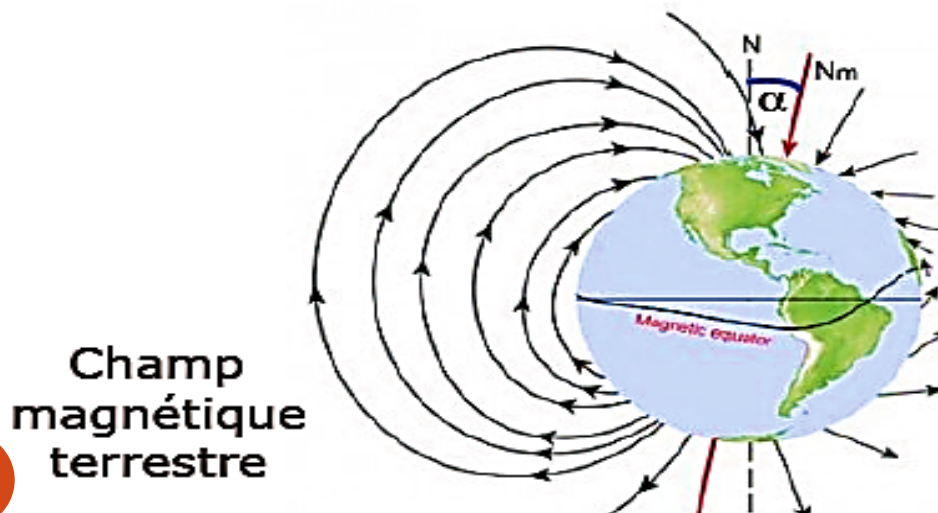


Emballage de pièces électroniques de forme irrégulière

# Capteurs extéroceptifs (6)

## Magnétomètres

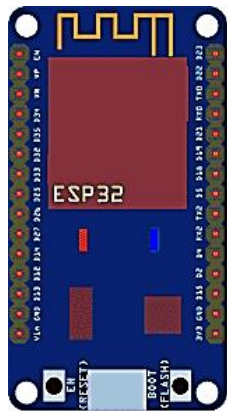
- Mesure de l'*intensité* ou de la *direction* (boussole/compas) du champ magnétique terrestre
- Magnétomètre vectoriel: à induction magnétique (fluxmètre), à saturation (fluxgate), à effet Hall, etc.
- En 2009, le prix d'un magnétomètre à 3 axes a chuté sous le seuil de 1\$ par appareil. Ils sont intégrés dans la plupart des smart-phones



# Capteurs extéroceptifs (7)

## GPS : *Global Positioning System*

Le Global Positioning System, originellement connu sous le nom de Navstar GPS, est un système de positionnement par satellites appartenant au gouvernement fédéral des États-Unis.



GPS NEO-6M Module





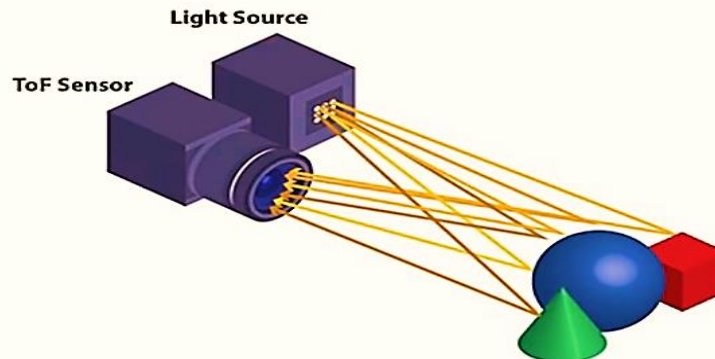
# Capteurs extéroceptifs (8)

## Capteur temps de vol

Un capteur à temps de vol **émet en continu une onde lumineuse sinusoïdale infrarouge** (partie invisible du spectre électromagnétique). Cette onde incidente est réfléchie par les objets du champ visuel du capteur puis enregistrée.

*« C'est la mesure du temps que met la lumière à revenir au capteur qui permet de déterminer sa distance aux objets »,*

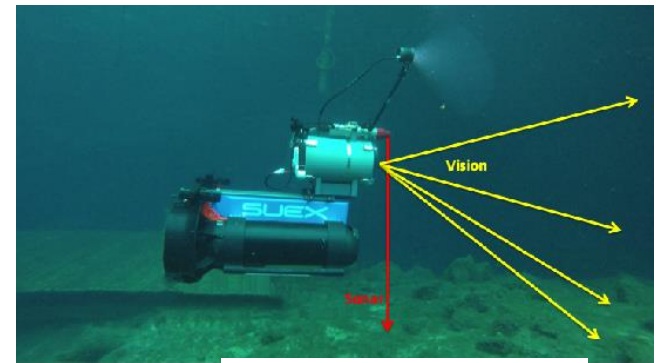
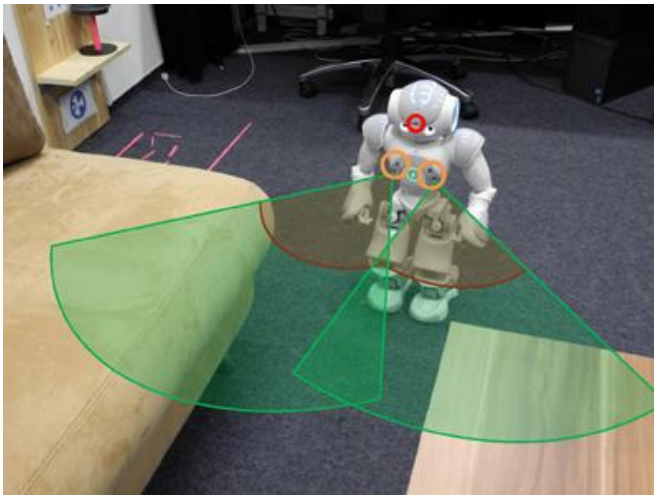
Le capteur ToF, un composant « actif »



# Capteurs extéroceptifs (9)

## SONAR

Le **Sonar** est un appareil utilisant les propriétés particulières de la propagation du son dans un milieu pour détecter et situer les objets en indiquant leur direction et leur distance.



Sonar sous l'eau

