

Robotique mobile: Navigation des véhicules autonomes



Introduction

Janvier 2025 – Pr Jean-Philippe BRUNET

RADAR (RAdio Detection And Ranging)

- Un radar actif classique se compose
 - D'un émetteur qui émet une impulsion radio de fréquence et de forme précise, très directive à un instant précis.
 - D'un récepteur également très directif qui analyse les échos recus et extrait et date très précisément tout ce qui ressemble a l'impulsion émise
 - Certains récepteurs, dits « Doppler » vont également analyser la fréquence du signal reçu et en déduire la vitesse de la cible
 - Un dispositif annexe (moteur, déphaseur électronique) permet de connaitre la direction du faisceau émis et comme il est très directif d'en déduire la direction de la cible.
 - Seuls les échos de premier plan sont visibles

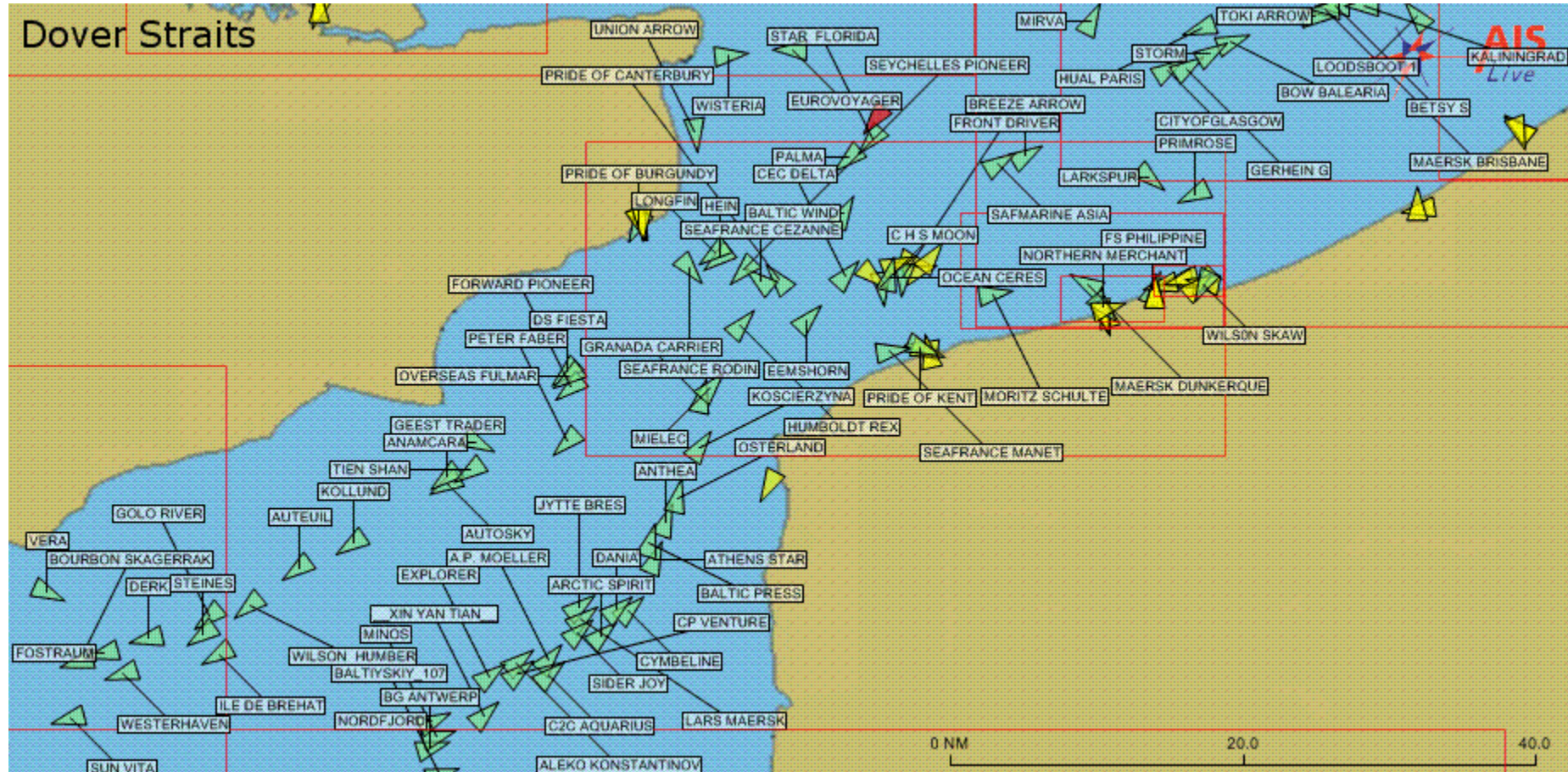
Limitations

- La puissance d'émission multipliée par le gain d'antenne (PIRE: Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) est une puissance 4ieme de la distance => Il faut 16 fois plus de puissance pour émettre deux fois plus loin.
 - Toutefois si on utilise la même antenne en émission et en réception le gain s'applique 2 fois.
 - Il est plus intéressant de doubler l'antenne que la puissance d'émission
- On ne voit que les premiers plans
- De faux échos (vagues, oiseaux) vont pouvoir nous gêner

Quizz

- Un écho émis dans la direction 41° par rapport à l'axe du bateau revient au bout de $151,47\mu\text{s}$
 - Quelle est la distance de la cible?
 - En coordonnées cartésiennes dans un repère où l'axe x est l'axe du navire, quelle est la position de la cible
 - Si le navire est à la position $[48,2000 \ -5,0000]$ quelle est la position de l'écho
 - Pouvez-vous en déduire ce qu'on a détecté?
- Un radar de 5W a une portée de 20 km. Sans changer les antennes on veut lui donner une portée de 200 km. Quelle est la nouvelle puissance d'émission nécessaire.

AIS: Automatic identification system



Tout navire de plus de 300T doit être équipé

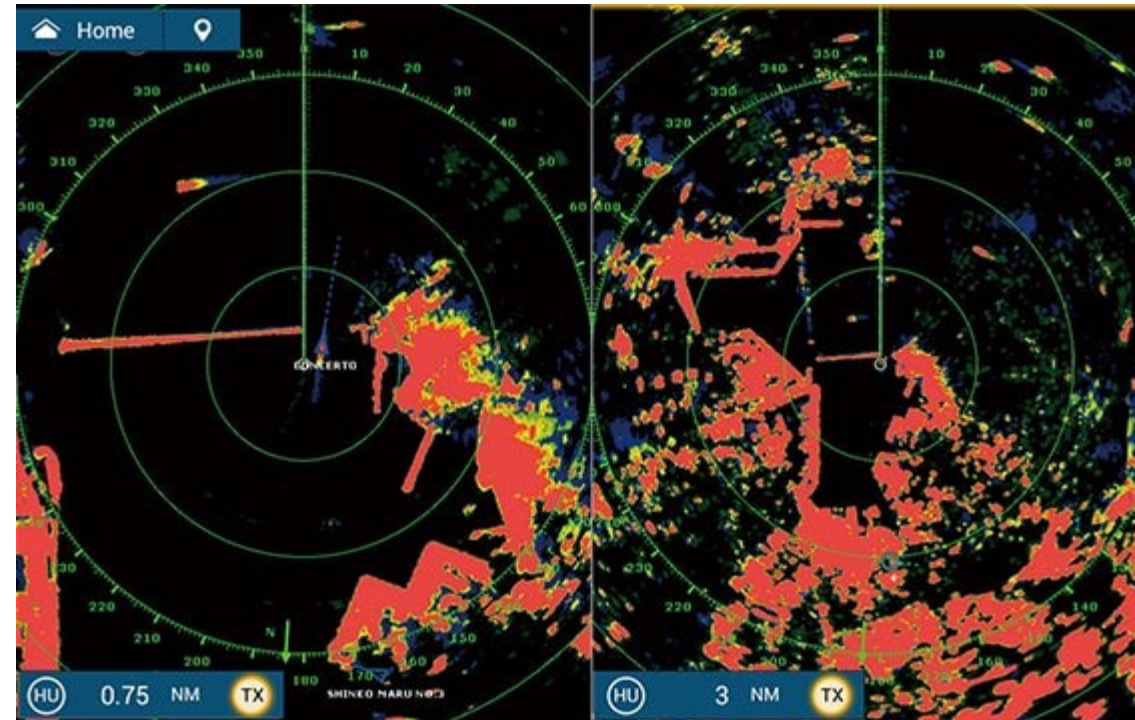
- Un émetteur à 9600 b/s modulé en GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) émet en VHF sur 161,975 MHz et 162,025 MHz des paquets de 168 ou 440 bits.
- Ces paquets contiennent des informations sur le bateau, son indicatif, sa longueur, sa vitesse, sa position, son cap
- Un dispositif complexe de répartition dans le temps (TDMA) empêche les navires de se brouiller mutuellement
- Un récepteur permet de recevoir les signaux de tous les navires voisins et de les localiser

Exemple de radar moderne multimode



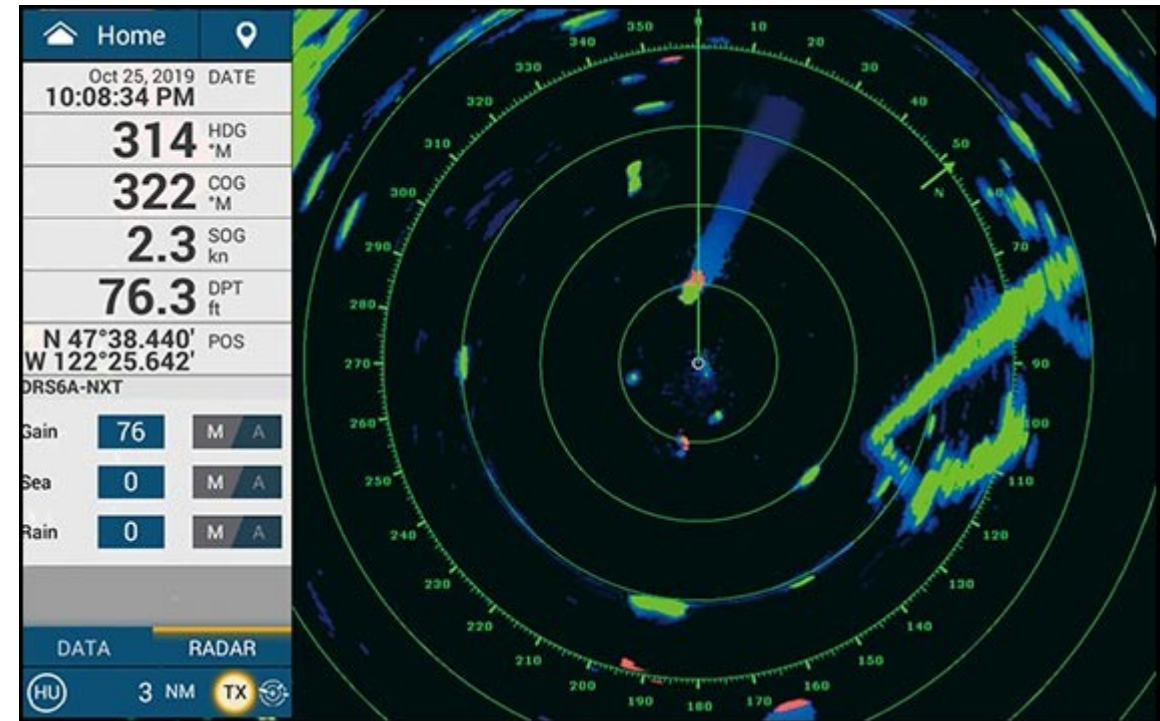
Double portée

- La technologie de balayage simultané permet un double balayage progressif pour afficher et mettre à jour deux images radar, à la fois longue et courte portée.
- Cela peut être utilisé pour avoir un écran avec le gain réglé pour localiser les oiseaux et les bouées, et l'autre écran Radar pour naviguer.



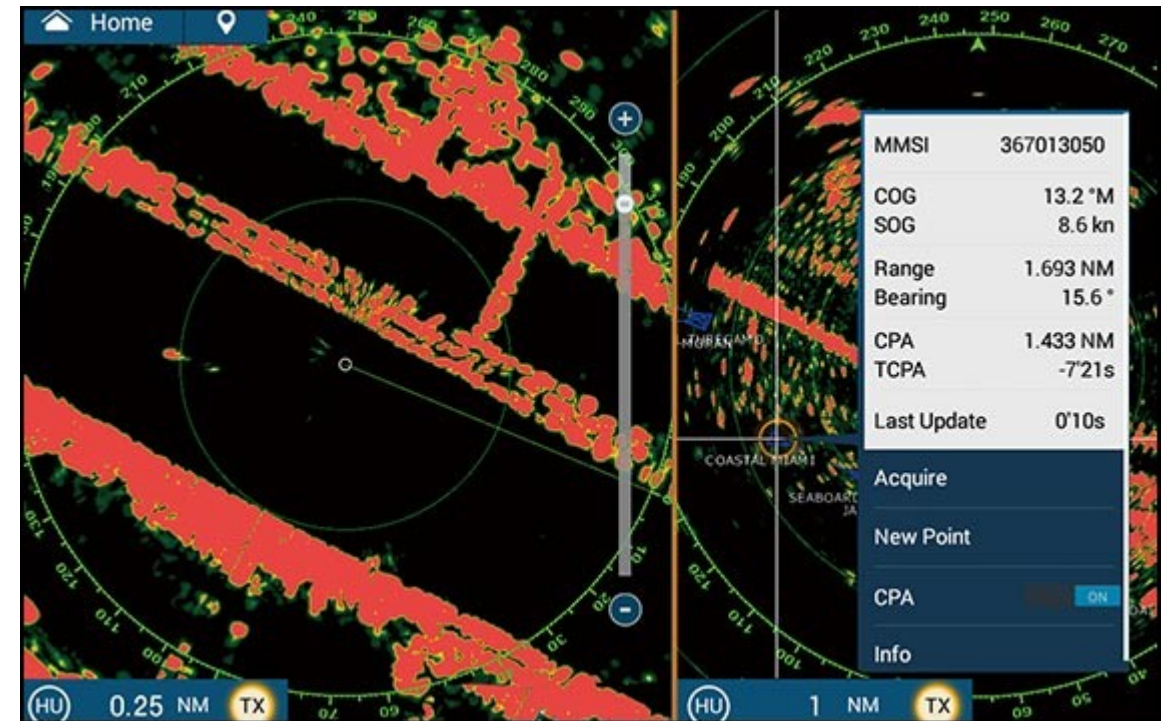
Analyse de cible

- Cette fonction affiche les cibles qui s'approchent de vous et change automatiquement de couleur pour aider à identifier les cibles potentiellement dangereuses.
- Les échos verts sont des cibles immobiles ou qui s'éloignent de vous, tandis que les échos rouges sont des cibles dangereuses qui se dirigent vers vous



Couplage AIS (Automatic Identification System)

- Le radar peut être couplé avec un récepteur AIS qui va permettre de renseigner et d'identifier les échos en utilisant les informations transmises par le transpondeur AIS de la cible.
- Dans les radars de défense maritime, une alarme est générée si la position détectée diffère de la position déclarée.



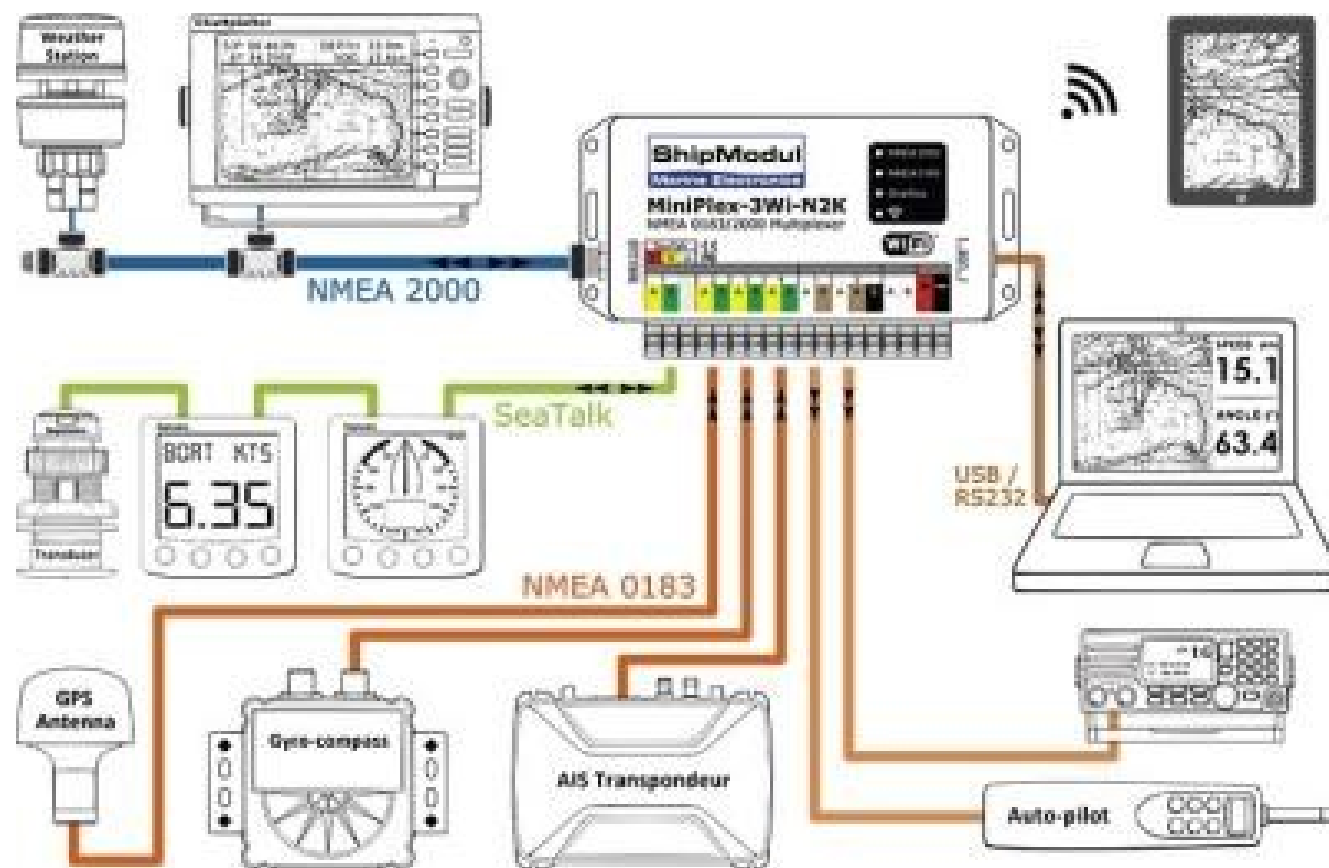
Les BUS de navigation, les normes NMEA

- Outre les protocoles propriétaires, des standards de bus ont été définis pour l'échange des données issus de capteurs de navigation (GPS/GNSS, radar, sondeur, récepteur AIS...)
- Les normes que vous rencontrerez le plus souvent sont au standards NMEA: **National Marine Electronics Association**
 - Ces normes sont sous copyright et nécessitent pour les obtenir de payer 2000\$ à l'association mais en pratique elles ont fait l'objet de rétro ingénierie et sont facilement accessibles sur le web
- La norme NMEA 183 ancienne est dominante, basée sur une liaison série RS422 (symétrique) à 4800 bps
- La norme NMEA2000 est basée sur ethernet et le protocole UDP

Trame NMEA

- La norme NMEA 0183 utilise un simple protocole de communication série ASCII qui définit comment les données sont transmises dans une « phrase » d'un « locuteur » à plusieurs « auditeurs » à la fois.
- Grâce à l'utilisation de répéteurs intermédiaires, un locuteur peut avoir une conversation unidirectionnelle avec un nombre presque illimité d'auditeurs
- à l'aide de multiplexeurs, plusieurs capteurs peuvent parler à un seul port d'ordinateur.
- Les trames commencent par un identificateur qui donne leur type et sont encodées en CSV (Comma Separated Values) et terminées par une checksum

Utilisation du bus NMEA



Exemple de trame NMEA

- Les trames commencent par un \$ pour les capteurs, un ! Pour la radio
- Sondeur:
 - \$SDDBT,,,10.2,M,,*1A
- Compas:
 - \$HCHDM,262.1,M*29
- GNSS:
 - \$GPRMC,140851,A,4321.359,N,00524.421,E,000.0,360.0,260500,000.5,W*63
- Girouette/Anémomètre
 - \$WIMWD,292.4,T,,,15.6,N,,*2B

\$GPGGA,064036.289,4836.5375,N,00740.9373,E, 04,3.2,200,M,,,,0000*0E

- Type de trame : GP pour signal GPS de type GGA
- 064036.289 Indique l'heure sous forme : hhmmss.sss
- 4836.5375,N Au format en minutes décimales: DDMM.MMMM
- 00740.9373,E Longitude 7,682288° Est = 7°40'56.238" Est
- 1 Type de positionnement (le 1 est un positionnement GPS)
 - (0 = invalide ; 2 = GPS différentiel GPSD; 3 = Mode PPS)
- 04 Nombre de satellites utilisés pour calculer les coordonnées
- 3.2 Précision horizontale ou HDOP (Horizontal dilution of precision)
- 200.2,M Altitude 200,2, en mètres
- ,,,,0000 D'autres informations peuvent être inscrites dans ces champs
- *0E Somme de contrôle de parité, un simple XOR sur les caractères entre \$ et *