



UNITED STATES - EAST COAST  
MASSACHUSETTS

BUZZARDS BAY



*FURUNO*



*NUCLEUS*



*BRIDGE MASTER*

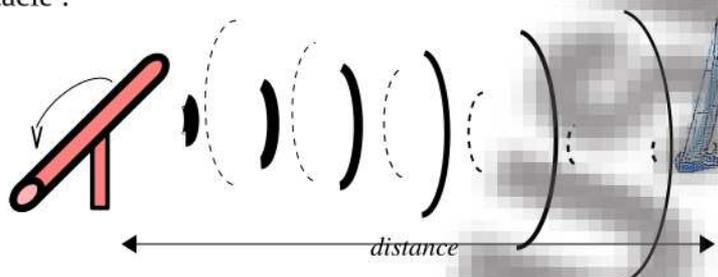
# ***LE RADAR***

# 1. Description théorique

## 1. Principe

Le radar a été inventé par les anglais durant la seconde guerre mondiale. Le principe, comme le sondeur acoustique dans l'eau, consiste à envoyer une onde électromagnétique dans l'air et à chronométrer la durée de l'aller-retour  $\Delta t$  après réflexion sur un obstacle. Puisque l'onde se déplace à la vitesse de la lumière  $c = 300\,000\text{ Km/s}$ , on peut calculer la distance entre et l'obstacle :

$$distance = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$$



Dans la direction où émet l'antenne, on mesure donc la distance des obstacles sur le chemin de l'onde radar : côte, autres navires, hélicoptère au ras de l'eau, mais aussi vagues, nuages denses.

En faisant tourner l'antenne sur tout l'horizon, on obtient une image radar « vue de haut » de la zone maritime entourant le navire, telle qu'elle est représentée sur la carte marine. Notre navire est au centre de l'image.

## 2. Vitesse de rotation d'antenne

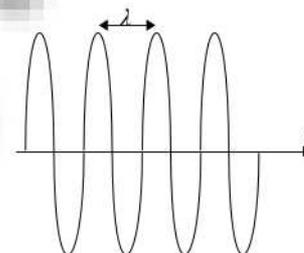
comprise entre 15 et 25 tours par minute

## 3. Longueur d'onde

Les radars de navigation en marine marchande et plaisance émettent des ondes électromagnétiques dont la longueur d'onde  $\lambda$  est :

- $\lambda = 3\text{ cm}$  (ou bande X) : navigation côtière, anti-collision ;
- $\lambda = 10\text{ cm}$  (ou bande S) : longue portée ( $\approx 60\text{ M}$ ), détection de petits obstacles, moins sensible aux échos parasites (clapot, pluie).

On parle parfois en **fréquence**  $f$  : elle est liée à la longueur d'onde par la formule : ainsi  $\lambda = 3\text{ cm}$  (ou bande X) correspond à  $f = 9\,000 \pm 30\text{ MHz}$  (SHF) et  $\lambda = 10\text{ cm}$  (ou bande S) correspond à  $f = 3\,000 \pm 10\text{ MHz}$  (SHF)



$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$f$ [GHz]	0.2	.25	0.5	1.0	2	3	4	6	8	10	20	40	60	110 GHz	600 THz
IEEE	HF	VHF	UHF	L	S	C	X	K <sub>u</sub>	K	K <sub>a</sub>	V	W			
Radar														Lidar	
$\lambda$ [cm]	150	60	30	15	7.5	5	3	1.5	0.75	0.5	0.3	cm			0.5 $\mu\text{m}$

## 4. Puissance

La puissance électrique consommée par un radar dépend principalement de la portée recherchée :

- radar côtier en bande X : environ 25 KW ;
- radar hauturier en bande S : environ 30 KW.

La majeure partie de la puissance est émise par l'antenne dans l'atmosphère, ce qui conduit à respecter une distance de sécurité pour le passage des personnes au voisinage de l'antenne (environ 1 m). D'autre part en raison des chocs possibles sur l'antenne en rotation, celle-ci est toujours stoppée avant le passage d'une personne : rotation + émission.

Il existe des radars de navigation de puissance moindre (radar équipant les voiliers et petits navires de plaisance) ou supérieure (surveillance portuaire, de Dispositif de Séparation de Trafic).

### 5. Lobe principal

La puissance émise par l'antenne est concentrée dans un cône appelé lobe principal, dont l'axe est perpendiculaire à l'antenne. Cet axe est représenté sur l'image radar et balaye sans cesse l'écran en tournant à la vitesse de l'antenne.

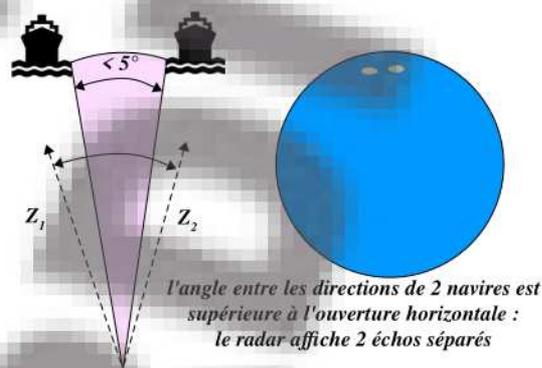
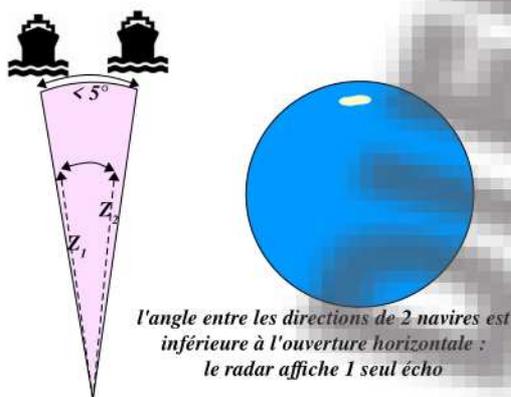
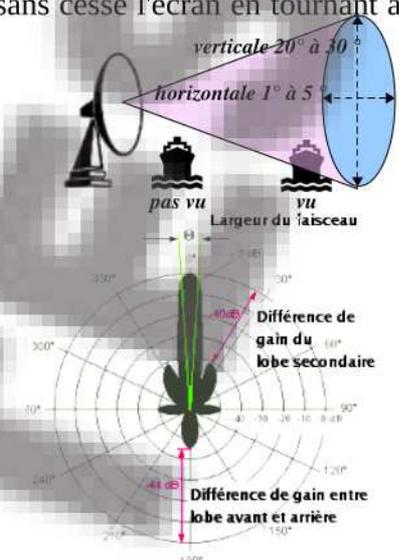
$$\alpha = \frac{k \cdot \lambda}{d} \text{ en } ^\circ$$

$k \approx 0,5$  constante dépendant de l'antenne  
 $d$  largeur de l'antenne en m  
 $\lambda$  en cm

Le lobe principal a une ouverture horizontale comprise entre 1° et 5° et une ouverture verticale comprise entre 20° et 30°, ce qui détermine des limitations d'emploi :

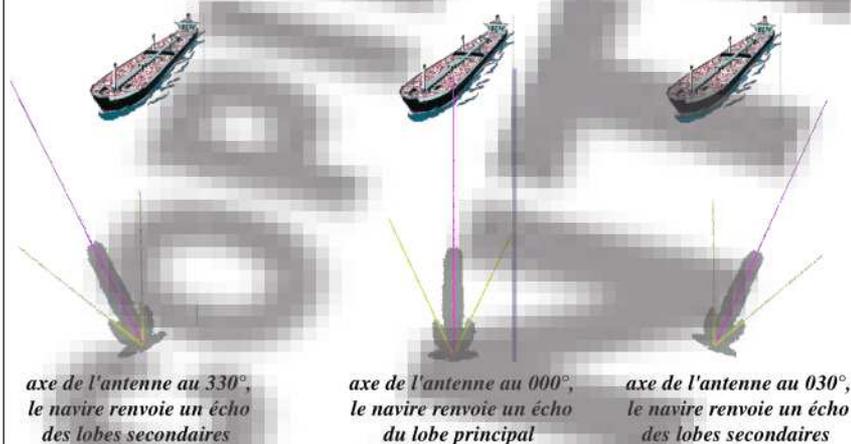
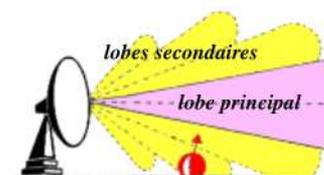
- **une zone aveugle** : les navires de faible hauteur et éloignés de quelques dizaines de mètres du radar passent en dessous du lobe principal et ne renvoient aucun écho ;

- **la discrimination en azimuth** : deux obstacles situés à des distances voisines et dont les directions font un angle inférieur à l'ouverture horizontale seront affichés comme un seul point sur l'image radar. Pour cette raison, on préfère mesurer des relèvements d'amers sur le compas que sur le radar.



Dans la pratique, une partie de la puissance émise par l'antenne est dissipée hors du lobe principal : il existe quelques directions où ces « pertes » sont plus fortes, constituant des lobes secondaires dans les plans horizontal et vertical. Ceci a plusieurs conséquences :

- comme sur le dessin ci-contre, un obstacle situé dans la zone aveugle du lobe principal pourra être détecté par les lobes secondaires.
- apparition d'échos parasites : un gros navire situé à proximité du radar renverra des échos provenant du lobe principal et des lobes secondaires.



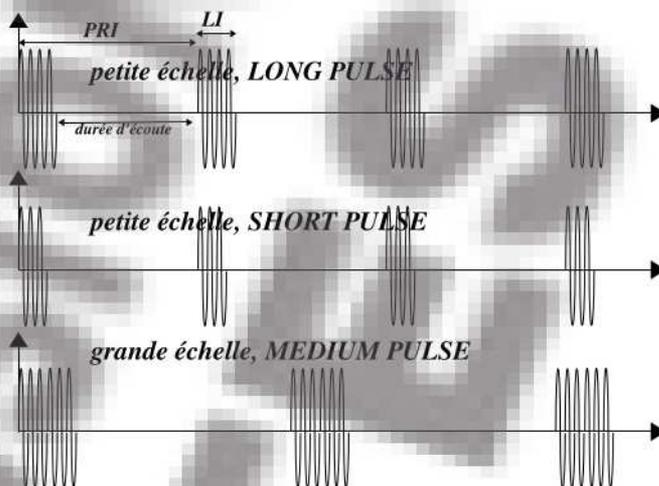
### 6. Longueur d'impulsion

Le radar émet les ondes par impulsions : une impulsion longue contient plus d'énergie et aura donc une meilleure portée et permettra de détecter de petits obstacles.

Mais l'image obtenue avec des impulsions longues sera moins nette : on pourrait comparer avec le grain ou les pixels d'un appareil photo.

Chaque échelle possède une à trois longueurs d'impulsion :

- SP (Short Pulse);
- MP (Medium Pulse);
- LP (Long Pulse).

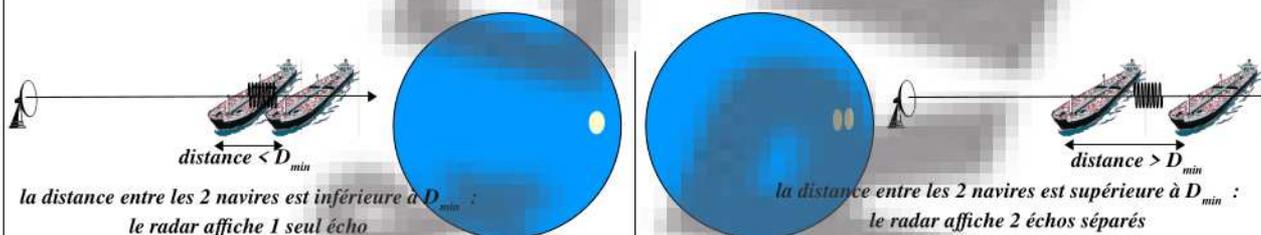
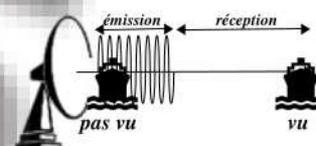


**LI** Longueur d'Impulsion (émission)  
**PRI** Période de Répétition d'Impulsion  
 Durée d'écoute (réception)

La distance  $D_{min}$  correspond au « grain » ou au « pixel » de l'image radar obtenue. Ce paramètre détermine deux phénomènes :

- **la zone aveugle** : à proximité du navire, les obstacles situés à une distance inférieure à  $D_{min}$  renverront un écho au radar avant que l'antenne ne bascule en réception ; l'image n'affichera aucun point pour visualiser cet obstacle.
- **la discrimination en distance** : deux obstacles séparés par une distance inférieure à  $D_{min}$  et situés dans la même direction renverront deux échos si proches qu'ils seront affichés comme un seul point sur l'image radar.

$$D_{min} = \frac{c \cdot LI}{2}$$



Exemples de LI et PRI :

	pour une même échelle	
	Longueur d'Impulsion LI	distance aveugle ou de discrimination $D_{min} = \frac{c \cdot LI}{2}$
SP	0,05 $\mu$ s	7,5 m
MP	0,25 $\mu$ s	37,5 m
LP	1 $\mu$ s = $10^{-6}$ s	150 m

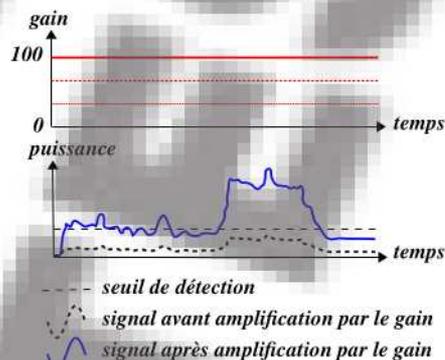
	pour des échelles différentes	
	Période de Répétition des Impulsions PRI	distance observable entre deux émissions $D_{max} = \frac{c \cdot PRI}{2}$
	1 s / 3 000	27 M
	1 s / 2 000	40 M
	1 s / 750	108 M

## 2. Traitements vidéo

### 1. Réglages de l'image

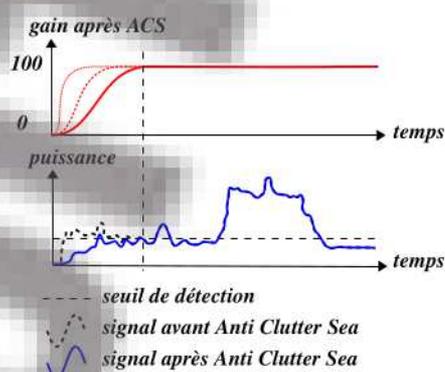
En plus des traditionnels réglages de contraste et luminosité de l'écran, l'image radar est optimisée par des filtrages destinés à mettre en évidence les échos intéressants (navire, côte) et à réduire ou éliminer les échos parasites (vagues, nuages, pluie).

- **le gain** agit comme un amplificateur du signal reçu par l'antenne : en dessous d'un seuil considéré comme le niveau de bruit électromagnétique ambiant, les échos ne sont pas affichés ; l'amplification du gain augmente le contraste entre échos de puissance faible (bruit, échos parasites) et forte (dangers nautiques). Le réglage du gain est une recherche de compromis entre la détection des petits échos de navire ou de la côte et la saturation par des échos parasites masquant les dangers.



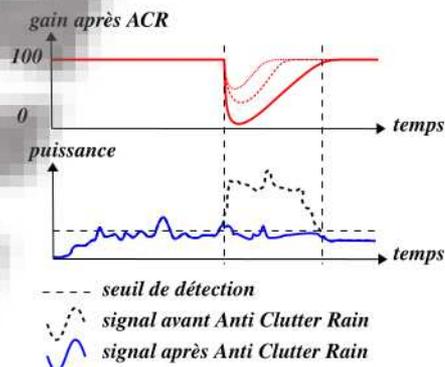
- **l'anti retour de mer (ACS : Anti Clutter Sea)** agit comme un gain variable avec le temps et démarre avec chaque impulsion radar : s'il est au minimum, ce filtrage ne modifie pas le gain. S'il est au maximum, il fait varier l'amplification de 0 à 100 % en quelques  $\mu$ s (1 micro-secondes =  $10^{-6}$  s), ce qui fait passer les premiers échos (près du navire) en-dessous du seuil de détection. Ces échos parasites sont dus aux réflexions des ondes radar sur les vagues, appelées « retour de mer ».

Le réglage de l'ACS est une recherche de compromis entre la détection d'éventuel danger au voisinage du navire et la saturation par ces échos parasites.



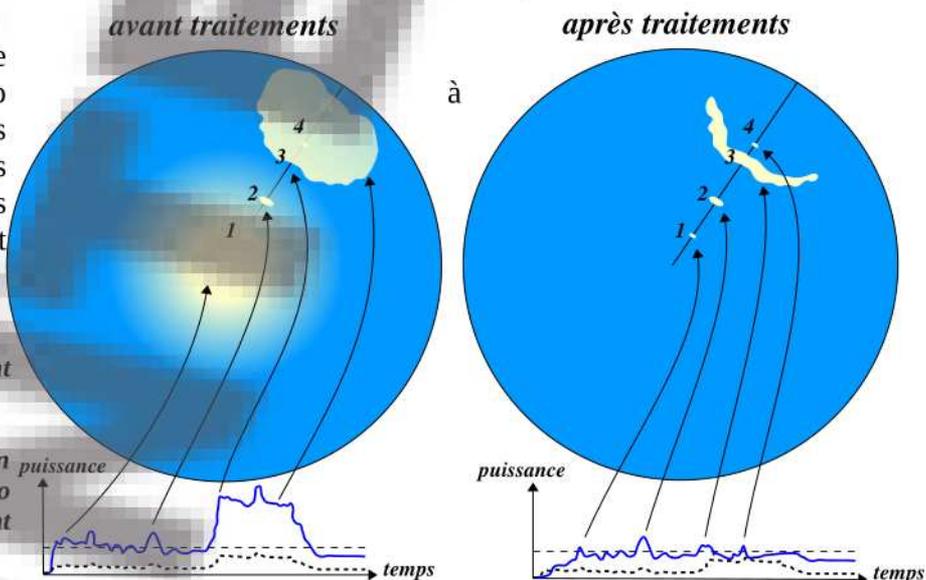
- **l'anti retour de pluie (ACR : Anti Clutter Rain)** agit comme un gain variable avec le temps et démarre lorsque la puissance augmente brutalement (front montant) : s'il est au minimum, ce filtrage ne modifie pas le gain. S'il est au maximum, il fait tomber puis remonter l'amplification en quelques  $\mu$ s (1 micro-secondes =  $10^{-6}$  s), ce qui modifie les très gros échos (nuage, grain, côte) en affichant seulement leur contour avant.

Le réglage de l'ACR est une recherche de compromis entre la détection d'éventuel danger sous l'écho des nuages et la saturation par l'écho de ces nuages.



Les illustrations ci-dessus montrent le signal reçu par l'antenne, faisant écho l'envoi d'une impulsion radar dans une même direction. Comparons les images radar avant et après les différents traitements, gain, ACS et ACR :

- 1 écho d'un petit navire masqué par le retour de mer et réapparu en augmentant l'ACS
- 2 écho d'un navire
- 3 écho du contour d'un gros nuage ou grain
- 4 écho d'un petit navire masqué par l'écho du nuage et réapparu en augmentant l'ACR



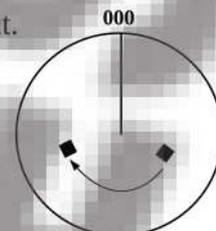
## 2. Orientation de l'image

Le radar est connecté au compas gyroscopique (ou magnétique fluxgate, ou réglage manuel du cap) et peut exploiter l'information de cap pour :

- redresser l'image avec le Nord en haut, comme sur la carte de navigation ;
- stabiliser l'image radar : même si le navire tourne, l'image conserve le Nord en haut.

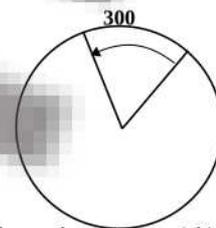
Il existe trois réglages possibles.

- **en Head Up « HU »** le cap du navire est figé en haut de l'écran et le périmètre de l'image est gradué en gisements : si le navire tourne à gauche, toute l'image tourne à droite ! Lorsque le navire fait des embardées pour suivre son cap, l'image tourne sans cesse à droite et à gauche : elle n'est pas stabilisée. C'est le réglage d'un radar sans connexion au compas ou en cas d'avarie de compas.



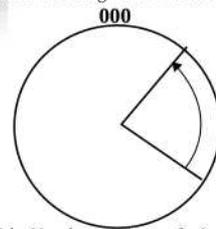
en HU le cap du navire est toujours figé en haut, même si le navire tourne : l'image n'est pas stabilisée

- **en Course Up « CU »** le radar stabilise l'image avec le cap du navire en haut de l'écran. Le périmètre de l'image est gradué en relèvements. Le cap affiché en haut est celui du navire au moment où l'on choisi « CU » : si le navire tourne à droite, l'image reste fixe mais la flèche de cap tourne à droite. Lorsque le navire fait des embardées pour suivre son cap, l'image reste stabilisée. C'est un réglage parfois utilisé en chenalage, dans un canal comme Suez.



en CU le cap du navire est réglé en haut puis la ligne de foi change si le navire tourne : l'image est stabilisée

- **en North Up « NU »** le radar stabilise l'image avec le Nord en haut de l'écran, comme la carte. Le périmètre de l'image est gradué en relèvements. Si le navire tourne à droite, l'image reste fixe mais la flèche de cap tourne à droite. Lorsque le navire fait des embardées pour suivre son cap, l'image reste stabilisée. C'est le réglage le plus courant pour un radar connecté au compas.



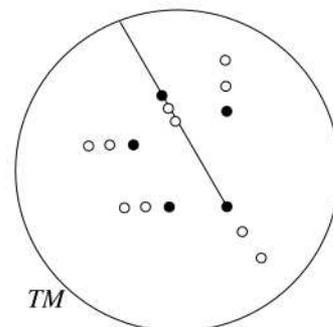
en NU le Nord est toujours figé en haut, seule la ligne de foi change si le navire tourne : l'image est stabilisée

 Si l'image est excentrée, les graduations sur le périmètre de l'écran peuvent être décalées des gisements ou relèvements. Les radars modernes tiennent compte de l'excentricité pour graduer le périmètre de l'écran.

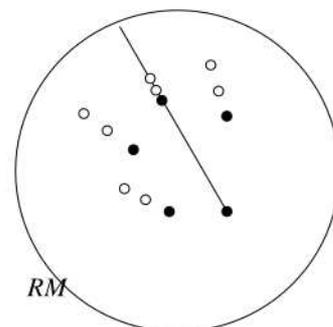
## 3. Animation de l'image

- **en mouvement vrai (TM = True Motion)**, le radar exploite l'information de cap (compas gyroscopique ou magnétique fluxgate) et de vitesse (loch, GPS) pour déplacer la position de notre navire sur l'image radar. Les échos apparaissent alors avec leur route-surface (ou route-fond), comme sur la carte électronique. Cette présentation est agréable pour l'œil mais :

- l'image est recalée lorsque notre navire arrive à 25% du rayon du bord de l'écran, obligeant l'œil à reprendre ses repères ;
- les échos en route de collision ne sont pas évidents à déterminer.



- **en mouvement relatif (RM = Relative Motion)**, notre navire reste figé au centre et le déplacement des échos correspond à leur route relative. C'est le réglage par défaut pour l'anti-collision.



### 3. Cas particuliers d'échos radar

#### 1. Portée radar

Les ondes radar subissent une réfraction sur les différentes couches de l'atmosphère dont la forme arrondie tend à augmenter la portée radar au-delà de l'horizon visuel. La formule ci-contre donne une estimation de la distance de détection dans une atmosphère standard :

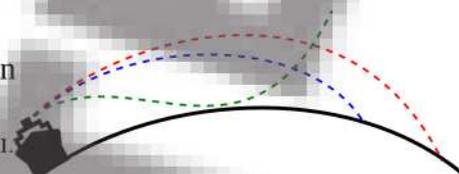
$$distance = 2,3 \cdot (\sqrt{h} + \sqrt{H})$$

distance en M  
h hauteur de l'antenne radar en m  
H hauteur de l'obstacle en m

- pression atmosphérique 1013 hPa, diminuant de 36 hPa quand l'altitude augmente de 300 m ;
- température 15°C, diminuant de 2°C quand l'altitude augmente de 300 m ;
- humidité 60% invariable avec l'altitude.

Lorsque l'atmosphère a un profil différent, la portée peut varier :

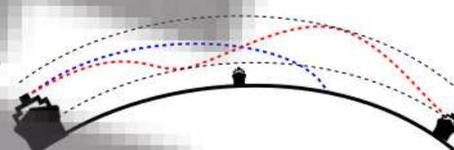
- une couche d'air chaud sur une mer froide engendre une sur-réfraction qui augmente la portée, parfois de 20% ;
- une couche d'air froid sur une mer chaude engendre une sous-réfraction qui diminue la portée



#### 2. Phénomène de conduit (ducting)

Dans certaines conditions d'atmosphère, avec un air froid sur une mer chaude et un air chaud et sec en altitude, les ondes radar sont emprisonnées entre des couches de l'atmosphère créant un guide d'ondes :

- des obstacles de faibles hauteur ne seront pas détectés au radar ;
- la portée peut être fortement augmentée et créer des échos erronés car décalé d'une impulsion.

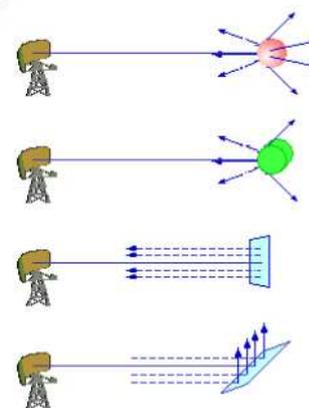


#### 3. Surface Equivalent Radar (SER, ou radar cross section RCS)

La SER, souvent utilisé pour les avions, désigne la capacité d'un objet, appelé « cible », à renvoyer l'énergie de l'onde radar vers l'antenne qui l'a émise. La cible est alors comparée à un réflecteur parfait, plat, orienté perpendiculairement à l'onde incidente et qui aurait une surface égale à la SER.

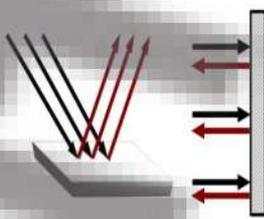
La SER d'une cible dépend de nombreux facteurs :

- le matériaux : eau, caoutchouc (-), bois, métal ;
- la rugosité de la surface : plane (-) ou accidentée ;
- la géométrie de la cibles : arrondie (-), angles droits ;
- les dimensions de la cible : petite (-) ou large ;
- la fréquence de l'onde radar : basse (-) ou élevée ;
- l'angle incident de l'onde radar sur la cible : de face (-) ou de profil.

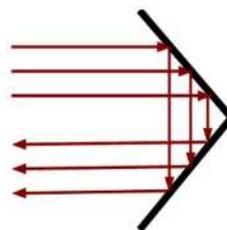


Cibles	SER [m <sup>2</sup> ]	SER [dB]
oiseau, avion furtif	0.01	-20
homme	1	0
bateau à cabines	10	10
gros avion civil	50	17
automobile	100	20
camion	200	23
réflecteur en trièdre	20379	43.1

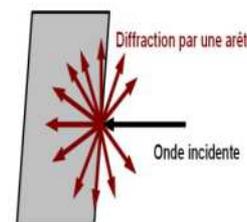
SER pour en bande X



réflexion spéculaire



réflexions multiples

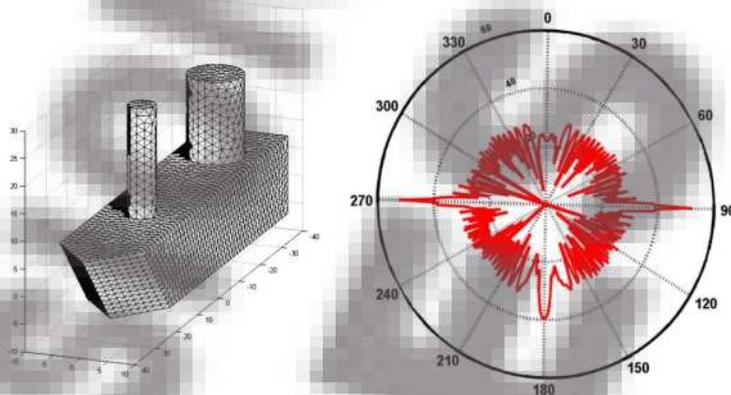


diffraction aux arêtes

L'énergie de l'onde incidente est partiellement :

- **absorbée** (transformée en chaleur),
- **diffusée** (dans des directions variées)
- **réfléchi** (une direction majoritaire).

La convention internationale SOLAS précise que tous les navires, sans considération de taille, doivent, s'ils font moins de 150 tonneaux, disposer d'un réflecteur radar (passif) ou d'autres moyens (réflecteur actif), pour permettre leur détection par les navires navigant au radar, tant en bande X que S.



SER d'un navire modélisée selon le gisement incident de l'onde radar : (Td) 000° soit de face, Td 090° soit du travers, etc. (Yacine Bennani)



réflecteur passif médiocre, 20 €  
34 x 34 x 47 cm



réflecteur passif, très insuffisant, 35 €,  
60 x 10 cm



réflecteur passif en feuilles d'aluminium réfléchissantes, recouvertes d'une enveloppe en polyéthylène, efficace, 200 €  
25 x 61 cm



réflecteur actif répondant aux radars de bande : X (600 €) ou S & X (1000 €) très efficace alimentation 12 V puissance 2 W

La **surface maritime** reçoit l'onde radar avec une incidence très faible mais la « rugosité » causée par les vagues crée une SER faible en bande S mais suffisante en bande X pour causer des échos parasites : le retour de mer.

#### 4. Normes OMI

La convention SOLAS V/12 de 1974 impose aux navires :

- un radar si le déplacement est supérieur 500 tonneaux ;
- deux radars si le déplacement est supérieur 1600 tonneaux.

La résolution A(614(15) du 19 novembre 1987 précise que les navires obligés d'avoir un radar doivent avoir au moins un radar de fréquence comprise entre 9300 et 9500 MHz (bande X).

La convention SOLAS modifiée en 2004 impose :

- un radar de 9 GHz aux navires à passagers dont le déplacement est supérieur 300 tonneaux ;
- un second radar de 3 GHz aux navires dont le déplacement est supérieur 3000 tonneaux.

Par dérogation de l'administration maritime, ce second radar peut être un radar de 9 GHz.

#### Autre cours, complet et synthétique :

description du radar : <http://www.splashmaritime.com.au/Marops/data/text/Radartex/Radartex.htm>

pointage radar : <http://www.splashmaritime.com.au/Marops/data/text/Radartex/Radarplottex.htm>

QCM illustré (en anglais) : <http://www.cram.com/flashcards/do7-radar-navigation-operational-level-2272910>

## 5. Point par distances radar

Le radar est l'instrument de prédilection pour mesurer des distances entre notre navire et les amers ou la côte. Lorsqu'on ne peut plus naviguer en vue des côtes en mesurant des relèvements (mauvaise visibilité, côte trop basse ou éloignée), on peut encore naviguer « au radar ».

**⚠ Les mesures de relèvement au radar sont imprécises en raison de l'ouverture du lobe d'antenne. Il est donc préférable de ne mesurer au radar que des distances !**

La position d'un écho peut être mesurée en y plaçant **le curseur** de la souris ; ses coordonnées sont affichées en temps réel en bas à droite de l'écran :

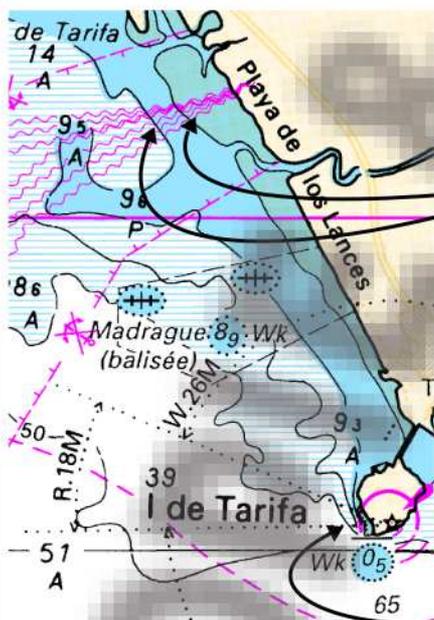
- azimut et distance du navire vers le curseur ;
- latitude et longitude du curseur si le GPS est connecté au radar.

Les **cercles de distance** (VRM : Variable Range Marker) sont des cercles vert ou rouge tracés autour du navire à une distance paramétrée par l'opérateur. Selon les constructeurs, l'un ou les deux cercles de distance peu(ven)t être centré(s) sur un écho ou un point quelconque de l'image radar.

Les **lignes de relèvement** (EBL : Electronic Bearing Line) sont des segments vert ou rouge tracés depuis navire dans un relèvement paramétré par l'opérateur. Selon les constructeurs, l'un ou les deux lignes de relèvement peu(ven)t être centré(s) sur un écho ou un point quelconque de l'image radar.

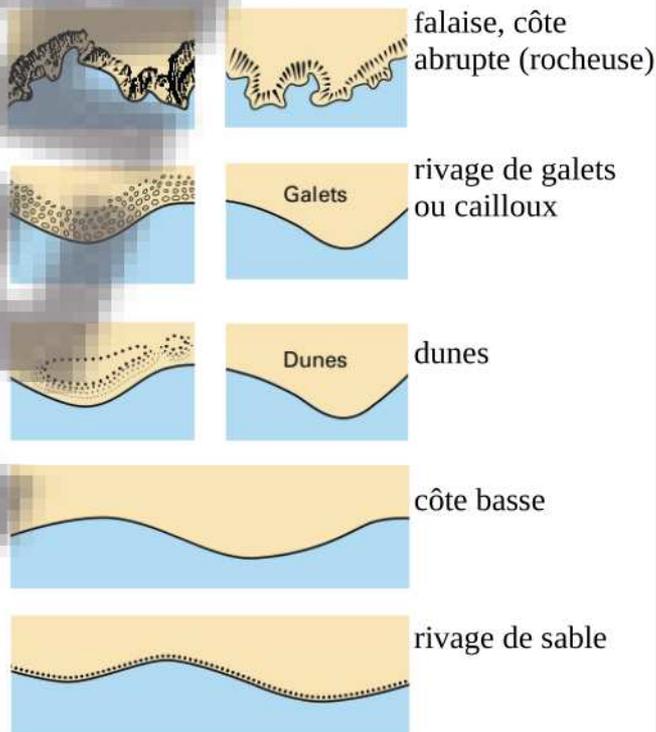
Il est possible de tracer **six anneaux** (rings) équidistants autour du navire. Cette fonction vient des anciens radars où le cercle de distance n'existait pas. La distance entre deux anneaux est donc 1/6ème de l'échelle : 1 M entre deux anneaux pour l'échelle 6 M, 8 M pour l'échelle 48 M...

L'endroit de la côte où est réfléchi l'onde radar dépend de sa nature géologique et de son inclinaison : sur une plage de sable en pente douce la hauteur de marée peut sensiblement déplacer le trait de côte ; une falaise rocheuse donne un excellent écho. La carte donne quelques indications sur les caractéristiques de la côte :



la présence de l'estran indique une côte plane : difficile de savoir où s'est réfléchi l'onde radar

des lignes de sondes et / ou courbes de niveau resserrées traduisent un relief accore : l'image radar correspond exactement au trait de côte de la carte



## 6. Pointage manuel des navires

Le pointage consiste à déterminer pour chaque écho son CPA, TCPA, route-surface et vitesse-surface. Ceci peut se faire à la main avec des constructions graphiques ou à l'aide de l'ordinateur couplé au radar appelé ARPA (Automatic Radar Plotting Aid).

Mesurer la position (azimut et distance) de l'écho à deux instants différents. Reporter sur la cible ces positions. Si ces positions sont mesurées à des instants éloignés, la mesure sera plus précise. Il peut être utile de mesurer trois positions car les navires suivent parfois une route sinueuse en raison des mouvements de lacet (manque d'expérience du barreur, houle de  $\frac{3}{4}$  avant, embardées d'un voilier dans les rafales). On trace alors arbitrairement la route rectiligne moyenne de l'écho.

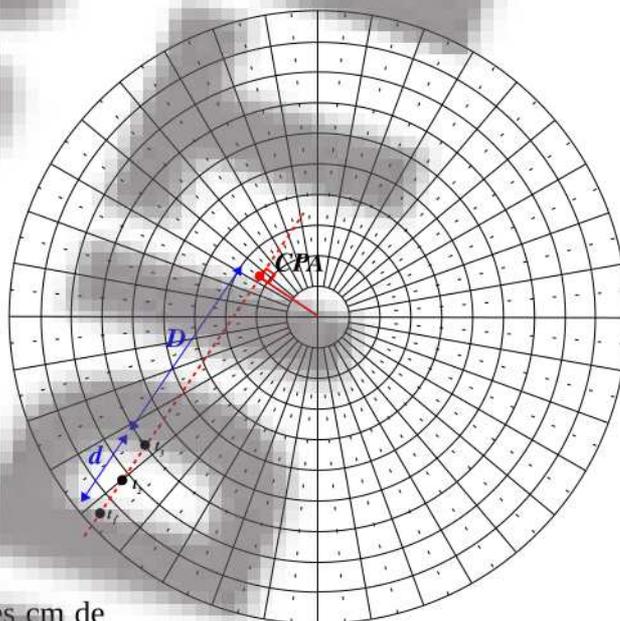
### Mesure du CPA

Prolonger le déplacement de l'écho et tracer la perpendiculaire à cette route qui passe par le centre de la cible : le CPA est la distance entre l'angle droit et le centre de la cible.

### Calcul du TCPA

Mesurer la distance  $D$  entre la position actuelle de l'écho et le lieu du CPA puis la distance  $d$  entre l'écho actuel et le plus ancien. En notant  $\Delta t$  l'intervalle de temps en minutes entre l'écho actuel ( $t_3$ ) et le plus ancien ( $t_1$ ), on calcule :

$$TCPA = \frac{D}{d} \cdot \Delta t \text{ en minutes}$$



D et d doivent être mesurés **dans la même unité** : les cm de la règle ou les M de la cible.

### Construction du vecteur-surface de l'autre navire

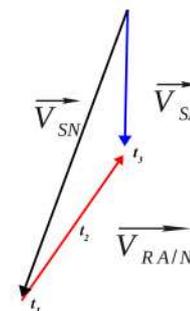
on prend pour cet exemple :

vecteur-surface de notre navire  $\vec{V}_{SN} = 200^\circ / 15 \text{ nds}$

instant 1 à 16h00 ; instant 2 à 16h10 et instant 3 à 16h20 donc  $\Delta t = 20$  minutes

Pour construire le triangle des vitesses  $\vec{V}_{RA/N} = \vec{V}_{SA} - \vec{V}_{SN}$  :

- tracer **notre** vecteur-surface  $\vec{V}_{SN}$  qui **fini**t sur l'écho le plus **ancien** sur la période  $\Delta t$
- depuis l'origine de notre vecteur-surface  $\vec{V}_{SN}$ , tracer **l'autre** vecteur-surface  $\vec{V}_{SA}$  qui **fini**t sur l'écho le plus **récent**
- mesurer la **route-surface** de l'autre navire avec la direction de son vecteur-surface  $\vec{V}_{SA}$
- mesurer la **vitesse-surface** de l'autre navire avec la longueur de son vecteur-surface  $\vec{V}_{SA}$  rapportée de  $\Delta t$  à 60 minutes pour l'exprimer en nœuds.



## 7. Pointage automatique : ARPA

L'**étude du contraste vidéo** permet à l'ordinateur couplé au radar, appelé ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), de suivre les échos dans une fenêtre : chaque fois que l'écho jaune sur fond bleu se déplace, la fenêtre est recentrée sur l'écho. Si le contraste vidéo est faible (écho perdu dans les parasites du retour de mer ou l'écho d'un nuage) la fenêtre de recherche risque de se séparer de l'écho : l'ARPA émet alors une alarme sonore et affiche en rouge « piste perdue » (lost target).

L'**ARPA étudie les échos** que l'opérateur pointe, ou acquiert (to plot), en les désignant avec le curseur puis en cliquant. L'écho est alors entouré d'une petite fenêtre carrée verte et affecté d'un numéro : 1. Les informations sur cet écho sont affichées à droite de l'image radar : seuls l'azimut (bearing) et la distance (range) sont disponibles immédiatement. Après quelques tours d'antenne (environ une minute) l'ARPA a suffisamment de points pour calculer :

- le CPA ;
- le TCPA ;
- la route-surface (course) ;
- la vitesse-surface (speed) du navire appelée « cible 1 » (target 1).

L'ARPA peut suivre 20 cibles différentes, d'où la nécessité :

- de ne pas poursuivre l'étude des échos ne représentant plus de danger ;
  - de ne pas pointer les échos des tourelles ou bouées identifiées à l'aide de la carte ;
- afin de « libérer les numéros » pour les nouveaux échos.

Des **zones de garde** (guard zone) permettent d'effectuer automatiquement cette acquisition : il s'agit de deux zones limitées en distance (mini/maxi) et en azimut (droite/gauche) dans lesquelles tout nouvel écho est aussitôt pointé automatiquement.

 Si l'écho d'un nuage entre dans une zone de garde, il risque de créer de nombreuses pistes et de bloquer tous les numéros disponibles ! Cette fonctionnalité n'affranchit donc pas le chef de quart d'adapter régulièrement les réglages de son radar (trafic, météo, état de la mer, proximité de la côte, vitesse du navire) ni de corrélérer les informations du radar avec l'observation visuelle.

**Les routes et vitesses des échos** peuvent être visualisées à l'aide de vecteur en choisissant :

- vecteur relatif (R vector), par défaut pour l'anti-collision, ou vecteur -surface (T vector) ;
- l'échelle de temps de 1 à 30 minutes.

L'ARPA permet de paramétrer des **alarmes selon le CPA et le TCPA** : si un écho a ses deux caractéristiques inférieures aux limites fixées par l'opérateur, l'ARPA émet une alarme sonore et affiche en rouge « alerte CPA sur la piste 1 » (target 1 CPA limit). Les vecteurs sont dessinés en vert en situation normale et deviennent rouge si l'écho est en-deçà des deux limites : CPA et TCPA.

 Les informations de route et vitesse des échos calculés par l'ARPA exploitent les paramètres de route et vitesse du navire selon les appareils connectés à l'ARPA :

- compas gyroscopique, magnétique ou satellitaire ;
- loch (vitesse-surface ou vitesse-fond, loch avant ou arrière s'il y en a plusieurs) ;
- GPS fournissant route-fond et vitesse-fond ;
- route et /ou vitesse manuelle en cas d'avarie sur un des appareils ou sur leurs connexions.

 Les informations calculées par l'ARPA (CPA, TCPA, route, vitesse) sont erronées si le navire-cible ou le navire portant le radar sont en giration : pour accorder confiance aux informations calculées par l'ARPA, **il faut compter environ une minute après que la route soit stabilisée.**

L'ARPA permet de **simuler des manœuvres anti-collision** (trial manoeuvre). Au préalable,

- afficher un cercle de distance (VRM) correspondant au CPA minimum imposé par le commandant ;
- régler les vecteurs en relatif et sur 20 à 30 minutes.

La simulation nécessite de paramétrer :

- le délai entre l'instant actuel et le début de la manœuvre ;
- la route anti-collision
- la vitesse durant la manœuvre.

Pendant la simulation, un « T » rouge clignote en bas de l'écran, la couleur des vecteurs ne dépend pas des éléments simulés et le délai diminue comme un compte à rebours. La simulation peut être démarrée (trial ON) ou stoppée (trial OFF ou délai à 0 minute).

 L'ARPA ne trouve pas la solution mais **l'opérateur doit tâtonner** pour trouver la combinaison de paramètres conduisant à une image où aucun vecteur ne rentre dans le cercle de CPA minimum.

 La simulation ne tient pas compte des courbes de giration ni des délai de montée / descente en allure des navires. Le chef de quart doit donc anticiper sa manœuvre selon les informations données dans la carte du pilote (pilot card) ou selon son expérience du navire.

La convention SOLAS modifiée en 2004 impose :

- un système d'aide au pointage (relèvement et distance) pour l'anticollision aux navires dont le déplacement est supérieur 500 tonnes ;
- un ARPA aux navires dont le déplacement est supérieur 10 000 tonnes.

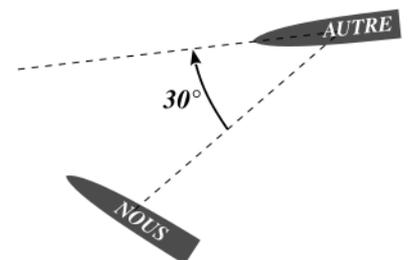
La résolution A.823(19) du 23 novembre 1995 définit les performances requises pour un ARPA.

**L'anti-collision à vue** : avant l'apparition du radar, on estimait le risque de collision en surveillant le relèvement des autres navires, par exemple toutes les 5 minutes en notant au marqueur sur les vitres de la passerelle  $Z_{V1}$ ,  $Z_{V2}$ ,  $Z_{V3}$ . Si le relèvement est constant et que le navire se rapproche (grossit dans les jumelles), alors il y a un risque de collision.

Si le relèvement change à la hausse, on dit que le navire « défile droite » (dans le sens des relèvements), à la baisse qu'il « défile gauche ». Un navire qui défile lentement (son relèvement change à peine) risque de passer à proximité du nôtre : une manœuvre anti-collision ou d'urgence doit être parée.

On appelle « inclinaison » le côté de l'autre navire que l'on aperçoit : si je vois son bâbord, il est en « inclinaison gauche ». Ce terme peut aussi désigner l'angle entre la direction « du navire vers nous » et son cap : « le navire est en inclinaison gauche 30° ».

Ainsi un navire en « inclinaison nulle » se dirige vers notre position actuelle mais, s'il est loin, ne représente pas un danger de collision : il passera sur notre arrière.

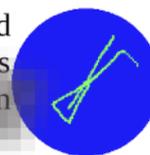


## 8. ARPA et AIS

L'AIS (Automatic Identification System) permet aux navires équipés d'échanger automatiquement par ondes VHF (portée d'environ 20 M) leurs informations :

- toutes les 2 à 10 secondes (selon la vitesse du navire et ses évolutions : un navire lent en route rectiligne répétera ses informations moins souvent) :
  - MMSI = Maritime Mobile Service Identity
  - heure UTC
  - position du navire en latitude et longitude
  - précision de la position : plus ou moins que 10 m
  - route-fond
  - vitesse-fond (à 0,1 nd près)
  - cap gyroscopique
  - taux de giration
  - vitesse surface
  - statut de navigation : under way, at anchor, etc
- toutes les 6 minutes :
  - indicatif d'appel
  - nom du navire
  - numéro OMI
  - longueur et largeur du navire
  - tirant d'eau
  - hauteur du navire au-dessus de sa quille
  - position à bord de l'antenne du GPS associé à l'AIS
  - type de navire ou de cargaison
  - destination et heure d'arrivée
  - routes à suivre
  - positionnement GPS ou DGPS
  - nombre de personnes à bord
  - message de sécurité – rédaction libre

Ces informations sont visualisées sur un écran dédié, le MKD (Minimum Keyboard Display) et, lorsque l'ARPA y est connecté, sur l'image radar. Pour les distinguer des cibles de l'ARPA, les cibles AIS sont représentées par des triangles. Elles ont aussi un vecteur de couleur verte ou rouge.



 Les informations calculées par l'ARPA sont élaborés par rapport à la surface (calculées avec les informations du loch et du compas gyroscopique) alors que les informations AIS sont calculées par rapport au fond (calculées avec les informations GPS). Il peut donc y avoir une différence en cas de fort courant / vent ou pendant des changements de route / vitesse des navires.

 **L'affichage des pistes AIS sur le radar est vivement déconseillé** car il semble, à tort, remplacer le pointage des nouveaux échos par le chef de quart :

- les navires ne sont pas tous équipés d'AIS : l'ARPA peut voir des navires que l'AIS ne signale pas ;
- si les informations AIS envoyées par un navire sont erronées (position, route ou vitesse), sa piste AIS sera représentée sur l'image radar avec une position ou un vecteur aberrants.

La corrélation des pistes ARPA (disque) et AIS (triangle) peut être effectuée sur la carte électronique (ECDIS).

## 9. Transpondeurs radar

Les transpondeurs radar sont des équipements électroniques capables de recevoir les ondes radar d'un navire, de mesurer leurs caractéristiques et d'émettre un signal électromagnétique adapté pour créer sur l'image radar du même navire un dessin particulier.

**La SART (Search And Rescue Transponder)** est une balise de détresse stockée à la passerelle des navires de commerce. Elle est démarrée et lancée à la mer pour marquer la position d'un homme à la mer ou d'un radeau de sauvetage. Elle répond aux radars de bande X ( $\lambda = 3 \text{ cm}$ ) en dessinant 12 points alignés en direction du centre du radar. Le point le plus proche est la position de la balise. En se rapprochant ( $< 0,2 \text{ M}$ ) les points deviennent des cercles.

La balise n'émet que si elle reçoit des ondes radar. Dans ce cas, elle émet aussi un flash lumineux.

**La RACON (RADar beaCON)** équipe certaines tourelles ou bouées et dessine sur l'image radar une lettre Morse. La lettre est précisée sur les cartes de navigation. La majorité des Racon ne répondent qu'aux radars de bande X ( $\lambda = 3 \text{ cm}$ ).

Si le trafic nautique est important au voisinage de la Racon, elle répond aux radars les plus puissants et selon sa disponibilité : elle ne peut s'adapter qu'à un radar à la fois. Sa lettre Morse n'apparaît alors que par intermittence.

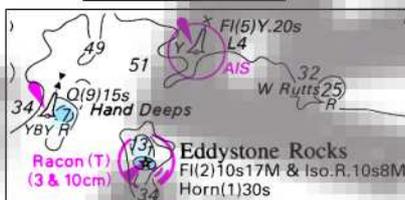
*il ne s'agit pas d'une SART car les points ne sont pas alignés avec la position de notre navire : peut-être un filet dérivant dont les bouées sont visibles par mer très calme ?*

*SART : on ne voit que les premiers points en raison de la petite échelle*

*il ne s'agit pas d'une SART car il n'y a que 4 points : peut-être un remorqueur tirant trois barges ? ou une balise RACON émettant la lettre J ?*

### Alphabet morse

A · ·	N · · ·
B · · · ·	O · · · ·
C · · · · ·	P · · · · ·
D · · ·	Q · · · · ·
E ·	R · · ·
F · · · ·	S · · · ·
G · · ·	T -
H · · · ·	U · · · ·
I · ·	V · · · ·
J · · · · ·	W · · · ·
K · · ·	X · · · · ·
L · · · · ·	Y · · · · ·
M · ·	Z · · · · ·



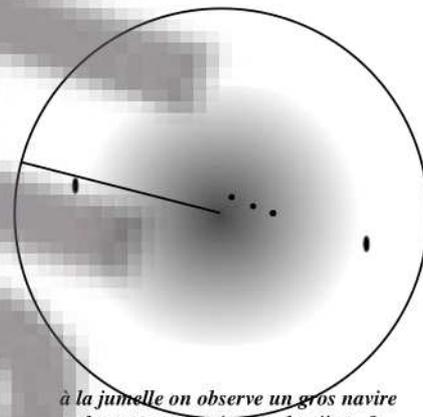
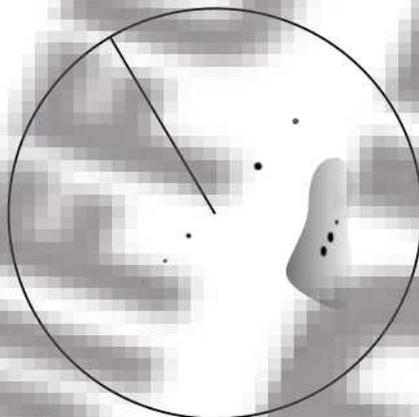
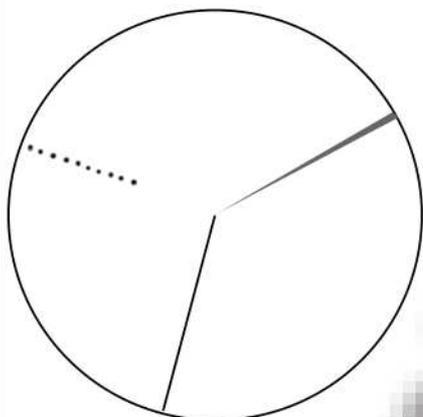
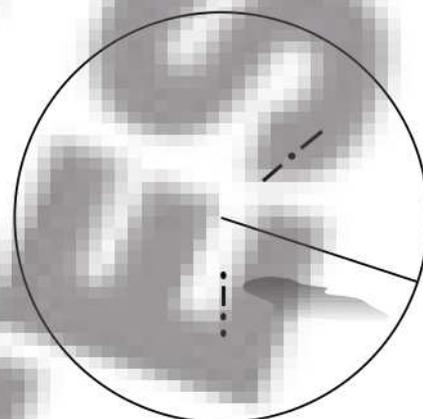
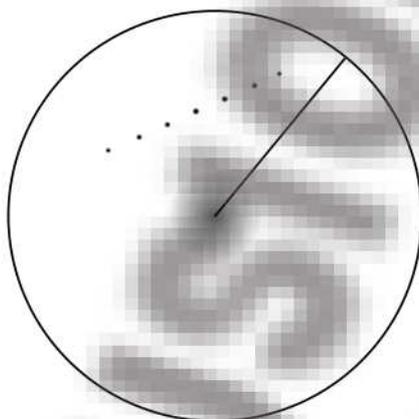
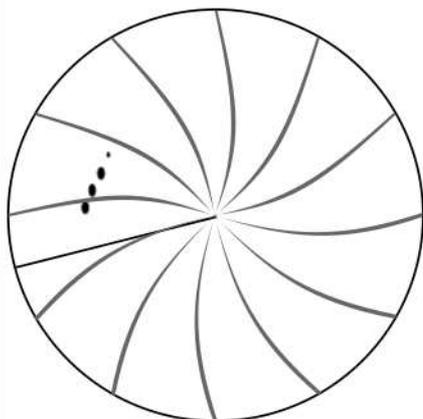
*RACON « K »*

*Il ne s'agit pas d'une RACON car les points et traits ne sont pas alignés en direction du centre du radar : peut-être un remorqueur tirant deux barges ?*

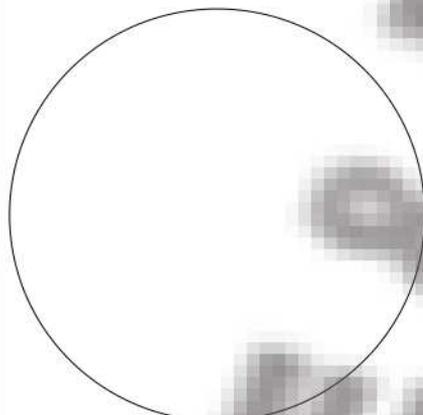


**Ramark**  
symbole RAMARK sur les cartes internationales

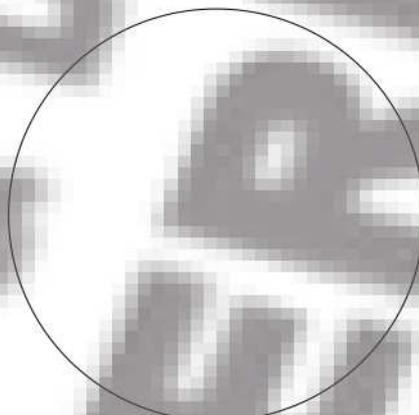
### 10. Analyse de phénomènes perturbant l'image radar



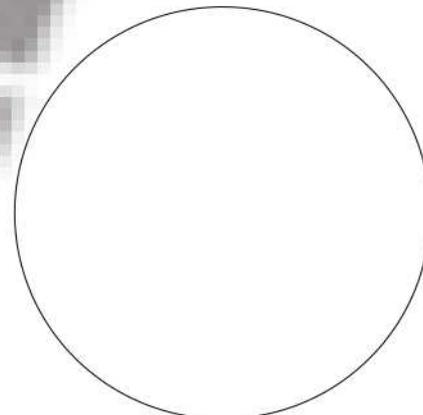
*à la jumelle on observe un gros navire devant nous mais rien derrière...?*



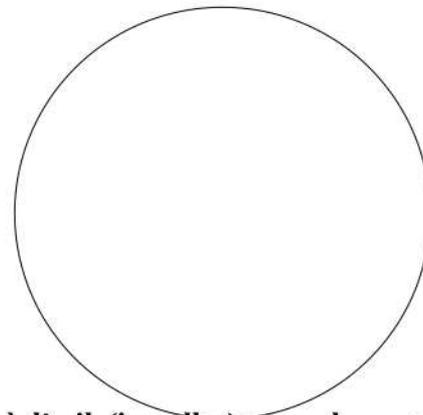
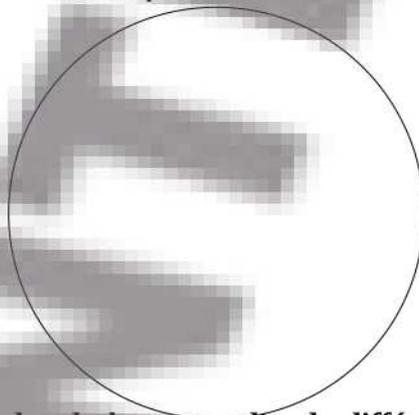
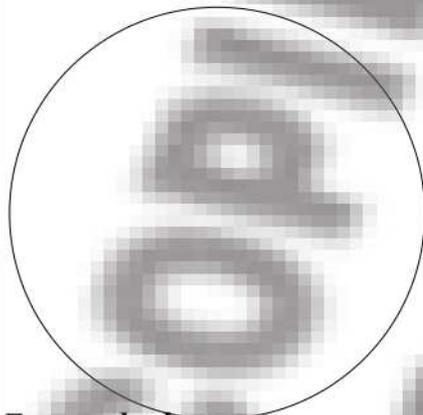
*écho d'un câble ou d'un pont*



*à la jumelle on observe un gros navire derrière nous mais pas son écho sur le radar...?*

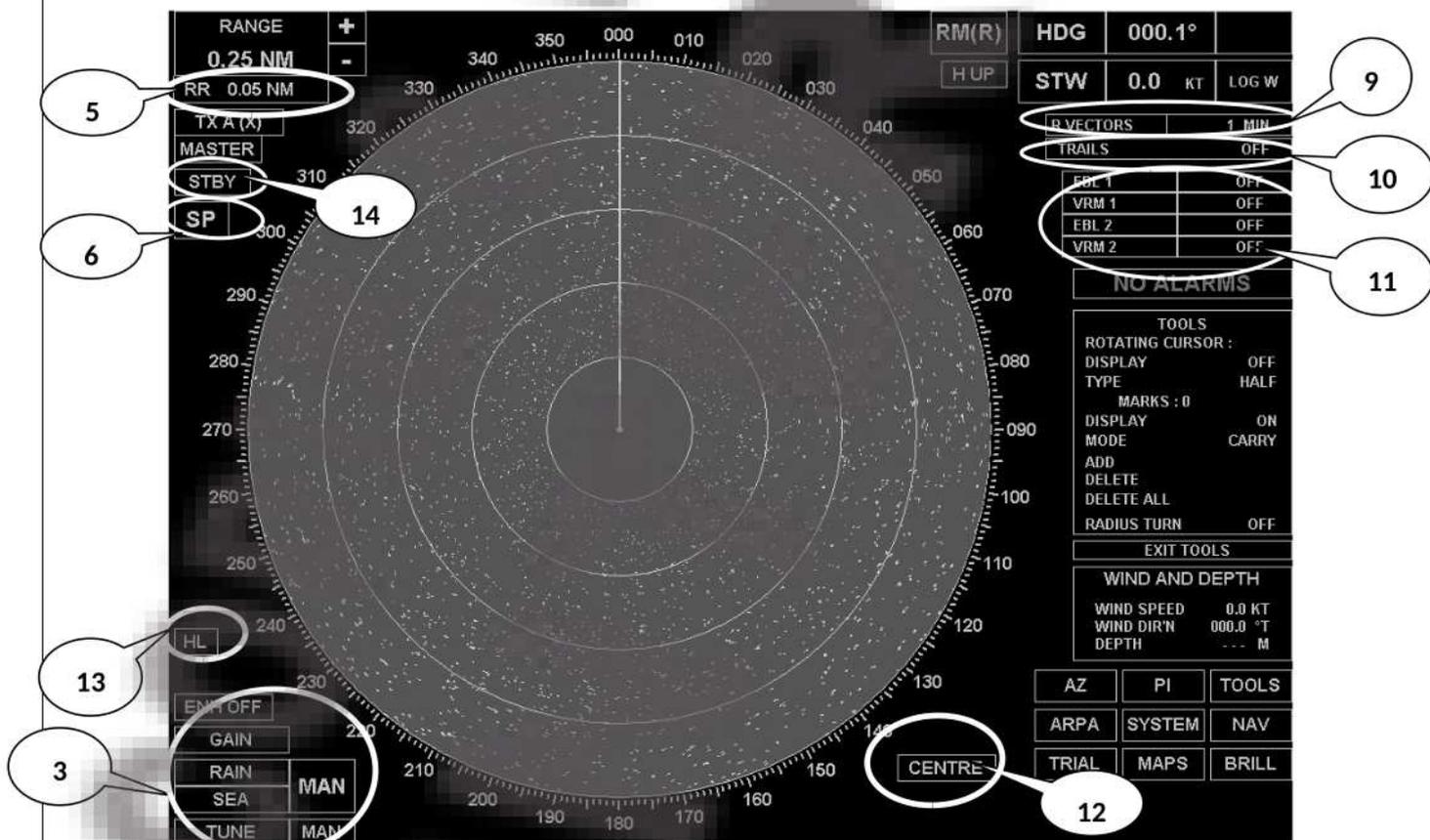
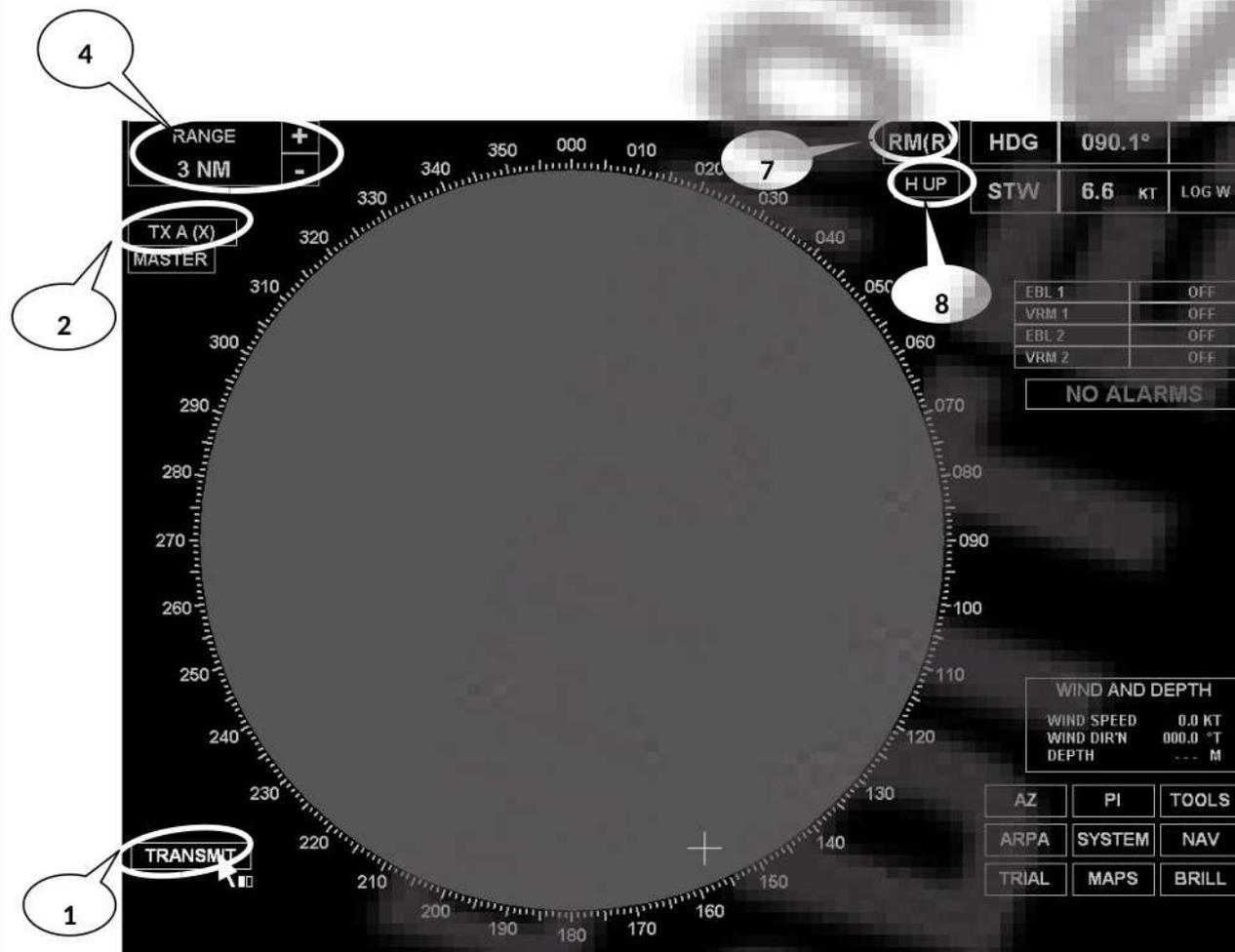


*toute l'image radar tourne... ?!*



**En cas de doute : comparer avec radar de longueur d'onde différente, à l'œil (jumelles), avec la carte (amer, île, bateau-feu, etc), l'AIS, l'écho douteux persiste-t-il plusieurs minutes ?**

# 11. Procédure de démarrage



Action sur le radar		Résultat	Simu
Choix du radar		Le radar sélectionné apparaît	
Antenne		S'assurer qu'elle soit claire	NON
Brillance		Affichage sur l'écran	NON
Transmit	1 	Émission / réception Ligne de foi et échos sur l'écran L'antenne tourne	
Choix du type de radar : 3 cm ou 10 cm	2 	Permute entre le radar 3cm et 10 cm	
Gain	3 	Pour une image correcte des échos	
Tune	3 	Règle l'accord en fréquence, manuel ou automatique Laisser en AFC (Automatic Frequency Control)	EN AUTO AFC
ACR et ACS	3 	Supprime les échos parasites dus aux grains et au retour de mer, manuel ou automatique	
Échelle	4 	Choisir l'échelle adaptée à la situation En situation rapprochée, passer en petite échelle	
Range Rings	5 	Afficher ou non les cercles fixes de distance	
Longueur d'impulsion	6 	Règle l'impulsion selon l'échelle choisie : LP seulement pour échelle > 12M SP seulement pour échelle < 0,5 M	
Relative Motion / True Motion	7 	Choix du mouvement : RM : Relative Motion + Relative Trails TM : True Motion	
N Up / C Up / H Up	8 	Pour sélectionner le mode d'affichage, stabilisé ou non	
Vecteurs	9 	Définit l'échelle de temps des vecteurs représentant la route des cibles	
Trails	10 	Définit l'échelle de temps des traces derrière les cibles : Short, Long, Perm, Off	
EBL / VRM	11 	Outils : - de relèvement : Electronic Bearing Line - de distance : Variable Range Marker Le VRM2 est de couleur rouge	
Centre	12 	Permet de décentrer l'image radar, soit par la touche centre, soit en glissant/déposant le centre (à moins de 75% du rayon d'écran)	
Heading Line (HL)	13 	Supprime temporairement la ligne de foi	
Stand By	14 	Pour stopper l'émission	

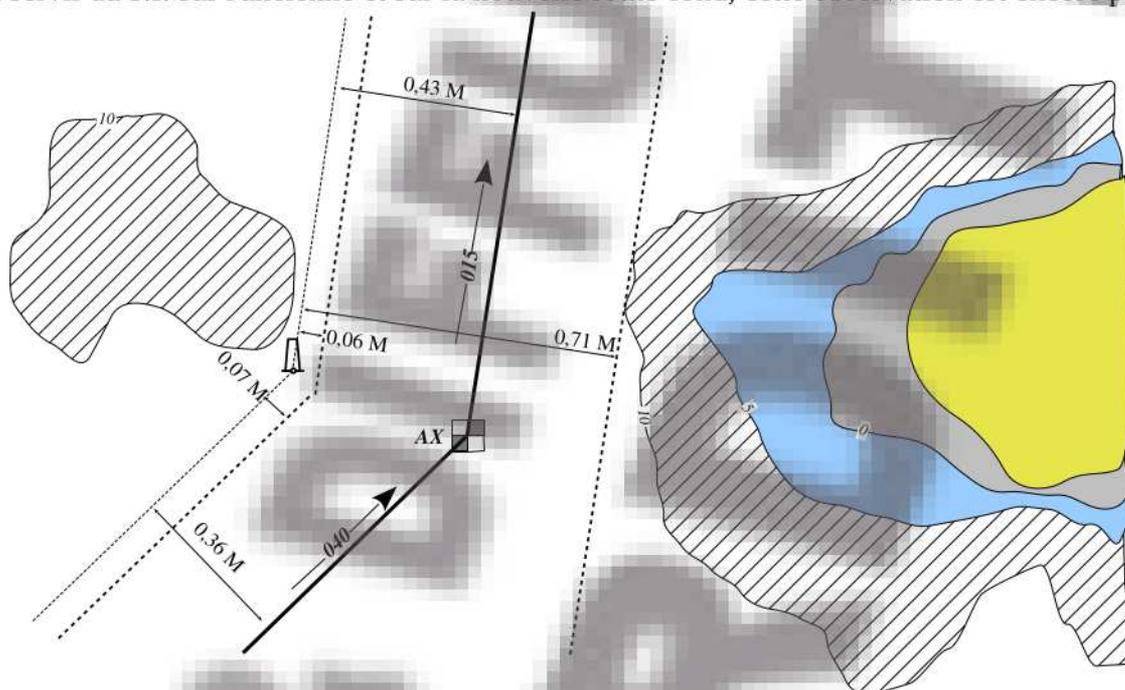
## 12. Les index parallèles

Le « Parallèle Index » ou « P.I. » est une ligne blanche que l'on peut afficher sur l'écran radar et la régler en relèvement par rapport au Nord et en distance par rapport à notre position sur le radar.

**Navigation sur P.I. :** pour une route-fond  $R_F = 125^\circ$  tracée sur la carte et laissant à tribord un amer radar (tourelle isolée sur l'eau, pointe rocheuse facile à identifier, etc) à 0,36 M, on peut afficher un P.I. orienté au  $125^\circ$  (ou  $305^\circ$ ) à une distance de 0,36 M sur notre tribord (soit au Sud-Ouest) :

- si l'écho de l'amer est superposé avec le P.I. nous sommes sur la route-fond ;
- si l'écho de l'amer est entre nous et le P.I. nous sommes à droite de la route ;
- si l'écho de l'amer est au-delà du P.I. nous sommes à gauche de la route.

**Point tournant avec P.I. :** si l'on affiche le P.I. associé à un amer radar pour notre prochaine route-fond, on peut observer son écho se rapprocher du P.I. c'est à dire notre approche du point tournant. Lorsque le même amer peut servir au P.I. sur l'ancienne et sur la nouvelle route-fond, cette observation est encore plus aisée.



**Marge de sécurité avec P.I. :** lors d'une navigation en eaux resserrées, la zone navigable sans risque d'échouement est balisée par des relèvements de garde sur des amers visuels ou de lignes droites parallèles à la route-fond. Ces dernières ne sont pas visibles dans le paysage mais peuvent être matérialisées sur le radar à l'aide de P.I. dont les distances sont mesurées sur la carte.