

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	1/13

GÉNÉRALITÉS

RADAR = Radio Detecting And Ranging

Le radar permet de localiser une cible en gisement et distance (y compris de nuit ou par mauvaise visibilité).

La cible peut être :

- un autre navire en anticollision,
- la côte ou un amer en positionnement.

Principe du radar à impulsion

Une onde électromagnétique est émise par l'antenne, elle se réfléchit sur la cible puis revient vers l'antenne (l'antenne fonctionne en émission puis en réception) :

- selon la position de l'antenne (capteur de position), le radar en déduit le gisement ;
- selon le temps de parcours de l'onde (aller/retour), le radar en déduit une distance.

Précision

Le radar de navigation est un instrument précis de lecture des distances ; il n'indique les directions que de manière approchée.

	Précision
Distance	1 à 2 % de la distance
Relèvement	2° à 3°

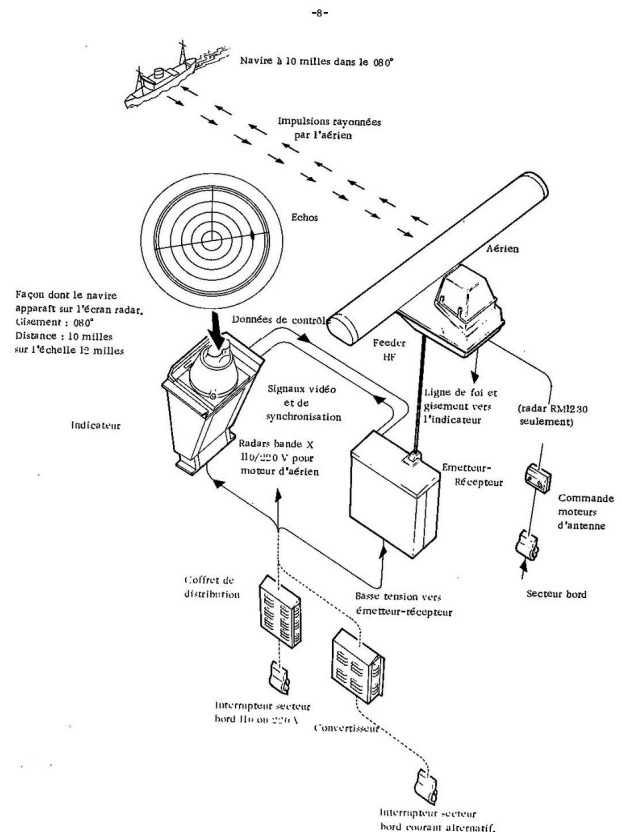


Illustration 1 : l'équipement radar

Portée radar: $P_{\text{radar}} = 2.23(\sqrt{h} + \sqrt{H})$

Elle est légèrement supérieure à la portée visuelle (portée optique : $P_{\text{opt}} = 2.08(\sqrt{h} + \sqrt{H})$)

Grandeurs et notations

T = période de l'onde
 λ = longueur d'onde
f = fréquence de l'onde
 $c = 3.10^8$ m/s = vitesse de propagation de l'onde dans le vide
 τ = durée d'impulsion

$$\lambda = c.T = c / f$$

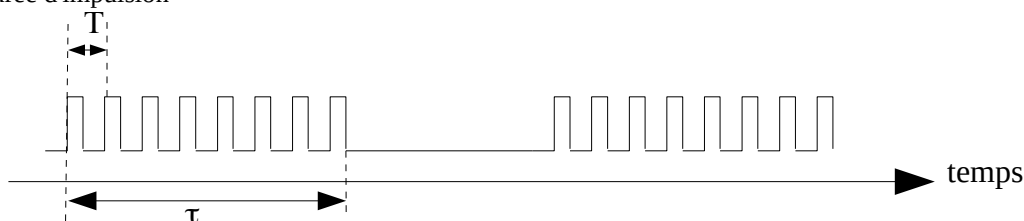


Illustration 2 : Période et durée d'impulsion d'une onde

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	2/13

Discrimination

La discrimination est la capacité d'un radar à distinguer deux cibles proches.

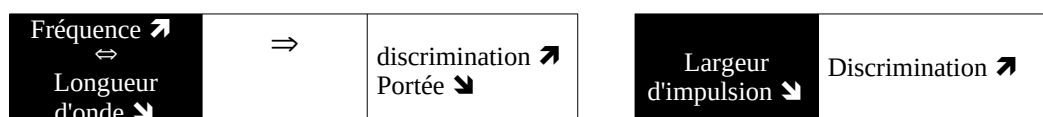
Un radar est capable de distinguer des objets situés dans un même azimut et distant d'au moins :

$d = 150 \tau$	d = distance minimale de discrimination (en m) T = période de l'onde (μs)
----------------------------------	--

d est aussi la distance minimale à laquelle une cible peut être détectée.

Plus la largeur d'impulsion est courte, meilleure est la discrimination.

Plus la longueur d'onde est courte, plus la fréquence de l'onde est élevée, meilleure est la discrimination.



Les parasites

L'image radar peut être "brouillée" par le retour de mer (retour de l'onde réfléchie sur le clapot de la mer) et par le retour de pluie (retour de l'onde réfléchie sur les précipitations météorologiques comme la pluie).

Les longueurs d'ondes les plus courtes sont celles les plus sensibles aux parasites.

Fréquences

La vitesse de propagation des ondes radio-électriques est la même qu'une onde lumineuse soit 300 000km/s

1-10 km	100 m - 1 km	10-100 m	1-10 m	10-100 cm	1-10 cm	1-10 mm	0,1-1 mm	10-100 μm	1-10 μm	
RADIO				MICRO-ONDES			INFRA ROUGE			
BF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF				

Le radar exploite des fréquences dans la gamme de fréquence UHF/SHF, gamme aussi utilisée pour les télécommunications, fours à micro-ondes et télévision.

La gamme de fréquence utilisée pour le radar en est subdivisée en 7 bandes, dont la bande X (9, 6GHz / 3,1 cm) et la bande S (3 GHz/ 9, 6cm) exploitée en navigation.

Types de radar : '3cm' ou '10cm'

Il existe deux types de radar pour la navigation maritime ; les radars 3cm et radars 10 cm.

Radar 10cm (bande S)	Radar 3cm (bande X)
Utilisation en navigation au large (grande portée) et par mauvais temps. Moins précis que le 3cm.	Utilisation en navigation côtière, la côte est mieux définie (appareil plus précis que le 10cm), anticollision plus précis, mais il est plus sensible aux conditions météorologiques que le 10 cm et a moins de portée. Moins coûteux que le 10cm.

Surface équivalente radar (SER) & visibilité des cibles au radar

Cible	SER
Bateau de plaisance	1 à 10 m ²
Chalutier	50 à 200 m ²
Pétrolier	100 à 5 000m ²
Paquebot	10 000 à 100 000 m ²

La surface équivalente radar ou SER est une grandeur proportionnelle à la puissance re-rayonnée par la cible vers le radar : plus une cible possède une SER importante, plus son écho sera fort sur le radar.

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	3/13

La portée:

Les paramètres affectant la portée du radar sont :

- la puissance moyenne émise,
- le facteur de bruit,
- la largeur d'antenne,
- la vitesse de rotation de l'antenne.

La polarisation de l'onde

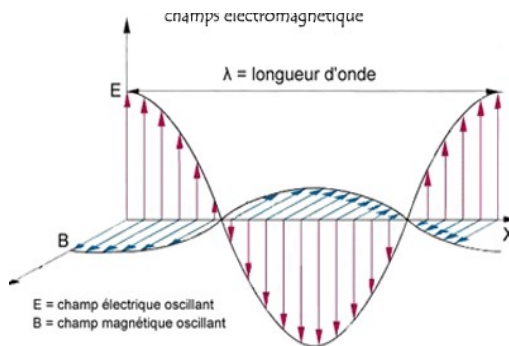


Illustration 3: Polarisation horizontale

L'onde électromagnétique émise par une antenne est composée d'une variation du champ électrique et du champ magnétique ayant des axes orthogonaux (à 90 degrés l'un de l'autre). **Le champ électrique détermine le plan de polarisation de l'onde.**

La polarisation peut être horizontale verticale ou circulaire.

Sur certains radars il est possible de choisir la polarisation de l'onde.

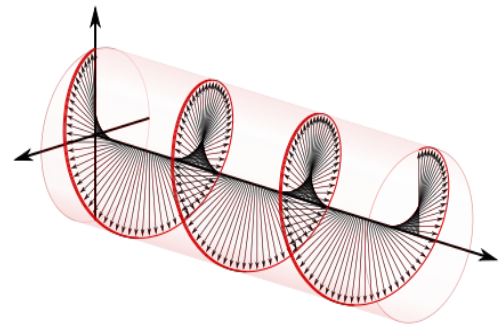


Illustration 4: Polarisation circulaire

Polarisation circulaire

Une onde polarisée circulairement est rétrodiffusée dans le sens opposé de rotation par une goutte de pluie sphérique. À la réception, l'antenne rejette les ondes polarisées dans la mauvaise direction ce qui permet de **filtrer les précipitations du signal radar.**

Par contre, la réflexion d'un navire aura une composante assez importante de la rotation originale pour être détectée puisque qu'un navire n'est pas sphérique.

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	4/13

PROCÉDURE DE MISE EN OEUVRE

Procédure

1. **Vérifier que l'aérien est libre de tout obstacle.**
2. Tourner l'éclairage du cadran complètement dans le sens horaire.
3. Placer le commutateur de fonctions sur STANDBY.
4. Placer le commutateur de fonctions sur SHORT PULSE.
5. Choisir la représentation en relatif stabilisé.
6. Régler l'échelle : sélectionner l'échelle 6 M.
7. Régler la **brillance** : la trace tournante doit être tout juste visible.
8. Régler le **gain** : le bruit de fond doit être tout juste visible.
9. Régler l'**accord**.
10. Régler l'**anti-retour de mer**.
11. Régler l'**anti-retour de pluie**.

Nota : si le radar est totalement désaccordé, régler l'accord avant le gain.

Commandes de réglage

Critères de réglage

Commande	Critère de réglage
Commutateur <i>(Switch)</i> STANDBY SHORT PULSE LONG PULSE	Effectuer les réglages en standby, puis passer en short ou long pulse selon les besoins de la navigation. appareil en état de service immédiat, <i>(mais magnétron non alimenté)</i> . émission impulsion courte : ▪ Plus grande discrimination en distance, ▪ Image plus précise ; ▪ Réduction des effets de pluie/grêle/neige. émission impulsion longue ▪ Portée plus importante, mais discrimination plus faible
Brillance	Augmenter la brillance jusqu'à apparition de la trace, puis diminuer légèrement. <i>La brillance n'a rien à voir avec la luminosité ; elle permet de décaler en tension le signal reçu</i>
Accord <i>(Tuning)</i>	Obtenir le maximum d'échos. <i>Le réglage de l'accord est facilité par un indicateur d'accord (TUNING INDICATOR).</i>
Gain	Obtenir un bruit de fond tout juste visible.
Anti-retour de mer <i>(Anti-clutter sea)</i>	Réduire les échos parasites/clapotis de manière à ce qu'ils apparaissent sous la forme de pointillés qui ne masquent pas les petits obstacles. <i>Cette commande diminue les retours de mers autour du navire (jusqu'à 3M) ; elle permet de réduire les effets de clapotis et les échos parasites que forment les vagues à faible distance. Attention à ne jamais pousser le réglage jusqu'à la suppression totale du clapotis, ce qui risque de supprimer des informations utiles).</i>
Anti-retour de pluie <i>(Anti-clutter rain)</i>	Obtenir la disparition d'échos diffus au profit de fronts. <i>Cette commande permet de faire varier le taux de différenciation appliqué à la vidéo ; elle permet de faire apparaître des échos masqués par les précipitations météorologiques (brouillard, pluie, neige...) ; seul le front sera visible. Attention risque de disparition des balises Racons.</i>

L'image est bien réglée lorsque vous reconnaissez sur l'image radar ce que vous voyez en optique : digues, traits de côtes, amers radar, navires....

Sur les radars récentes, une partie des réglages est réalisée automatiquement.

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	5/13

Action des réglages sur le signal

• La brillance

En modifiant la brillance on décale en tension le signal reçu

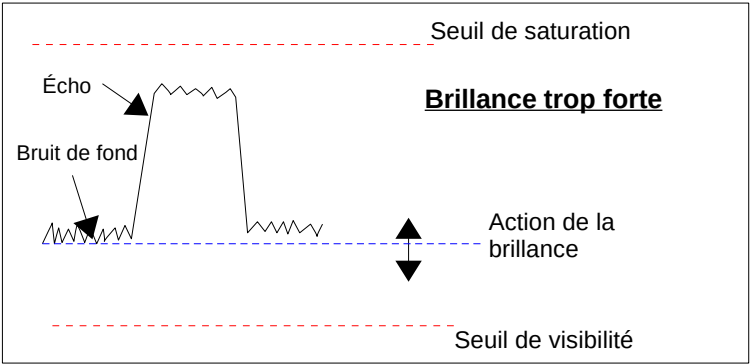
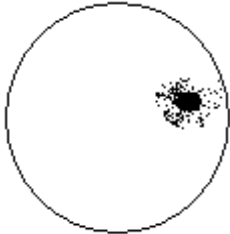
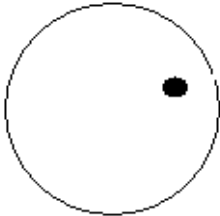
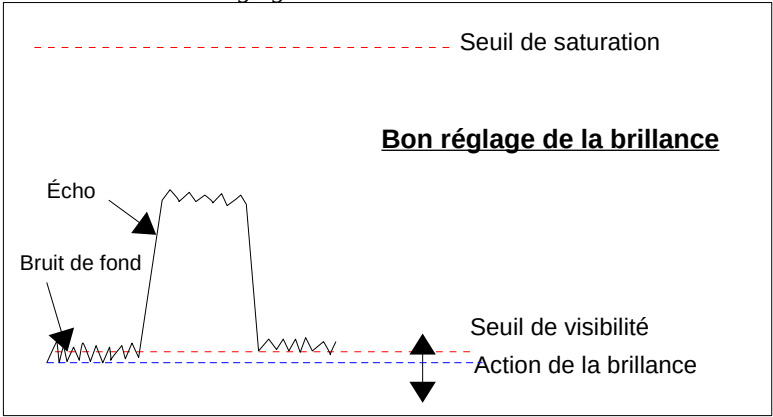


Illustration 5 : Réglage trop fort de la brillance



Mauvais réglage : le bruit de fond apparaît de manière trop importante

Illustration 6 : Bon réglage de la brillance



Le bon réglage de la brillance consiste à faire apparaître clairement les échos et à supprimer autant que possible le bruit de fond

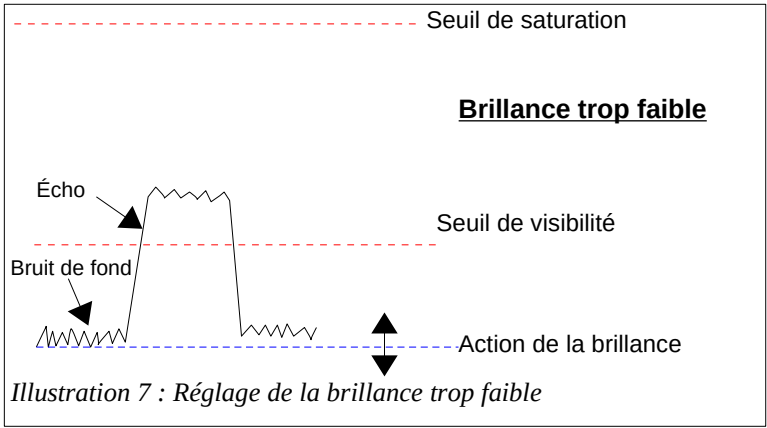
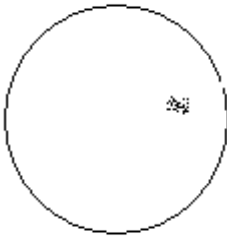


Illustration 7 : Réglage de la brillance trop faible



EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	6/13

- **Le gain**

Le gain est une amplification du signal reçu : le signal reçu est multiplié par un facteur k de manière à l'amplifier.

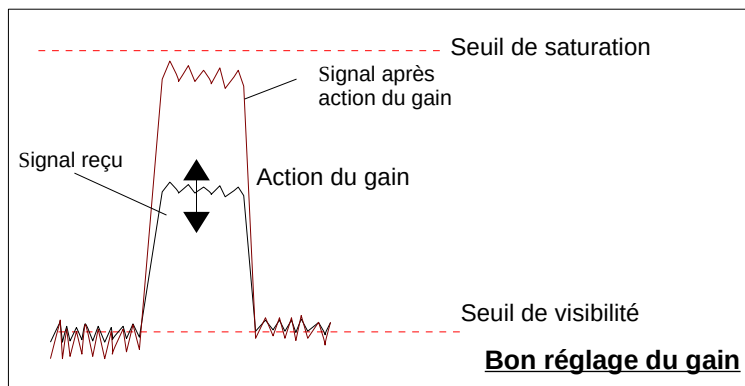
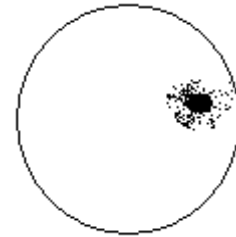


Illustration 8 : Bon réglage du gain



Mauvais réglage : le bruit de fond apparaît de manière trop importante

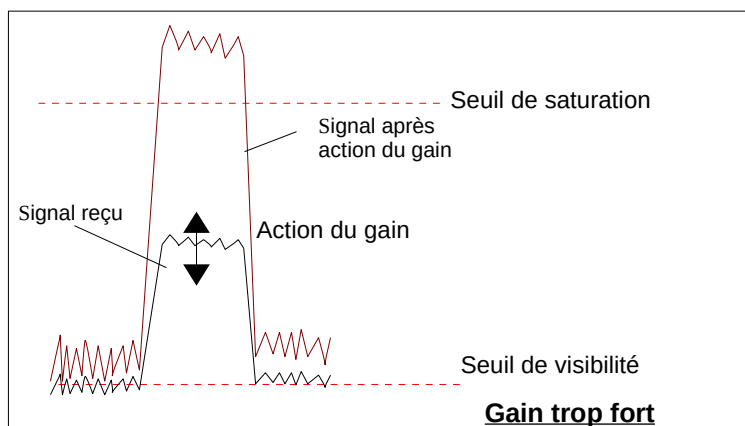


Illustration 9 : Réglage du gain trop fort



Le gain est trop fort ; l'écran est saturé.

Attention : le gain amplifie non seulement l'écho, mais aussi le bruit ; il faut donc éventuellement reprendre la brillance pour faire disparaître le bruit.

- **L'accord**

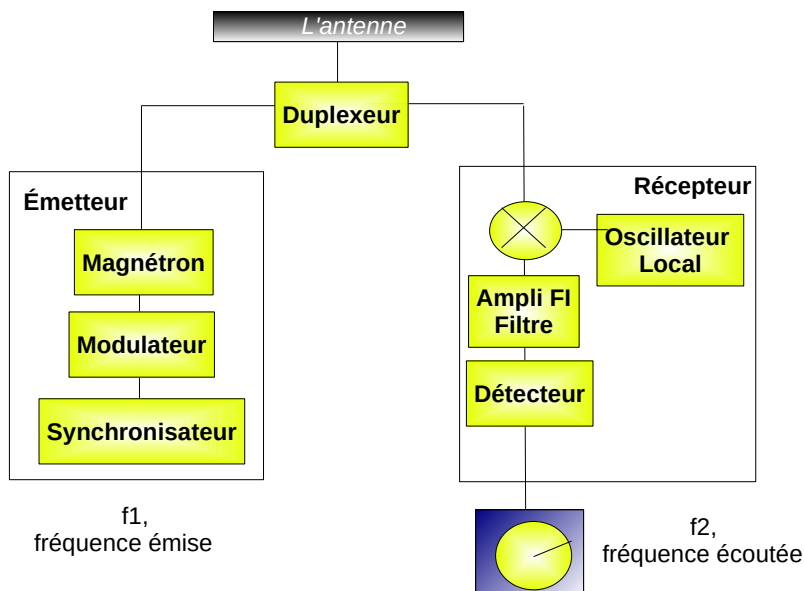


Illustration 10 : Synoptique du radar

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	7/13

- **L'anti-retour de mer**

L'anti-retour de mer consiste à diminuer le gain pour les distances proches (jusqu'à 3 M); pour cela on applique un filtre de pente variable au signal reçu.

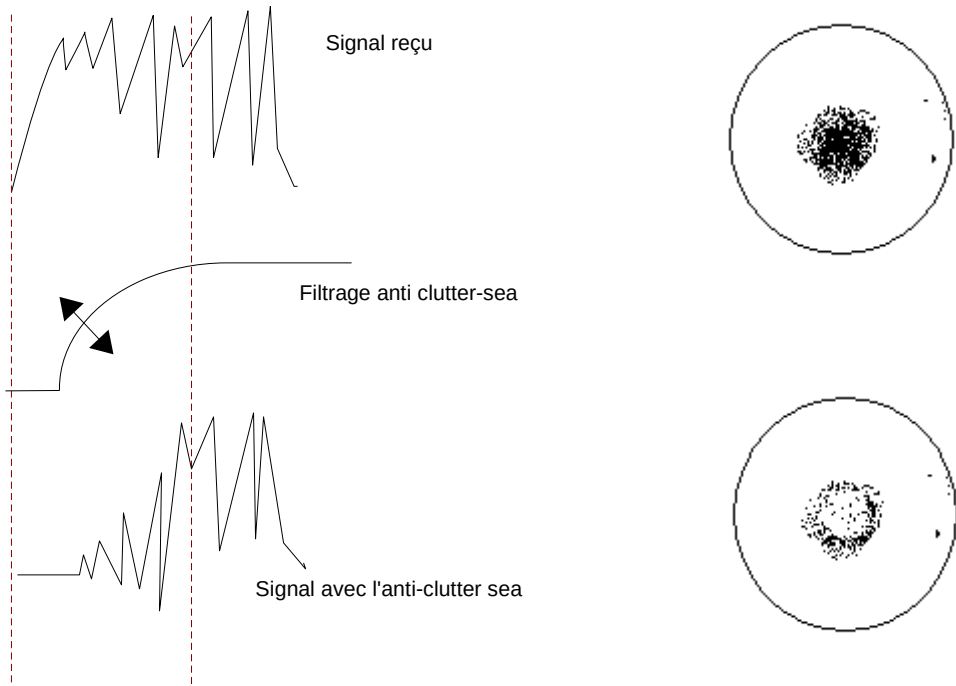


Illustration 11 : Filtrage de l'antiretour de mer

ATTENTION : L'anti-clutter sea peut supprimer des échos proches ; son utilisation doit être limitée et implique une veille visuelle ou auditive renforcée.

- **L'anti-retour de pluie**

Pour supprimer le fouillis du au retour de pluie, on utilise un filtre différentiel qui permet de visualiser les fronts montants et donc les contours des précipitations et les navires cachés dans les précipitations.

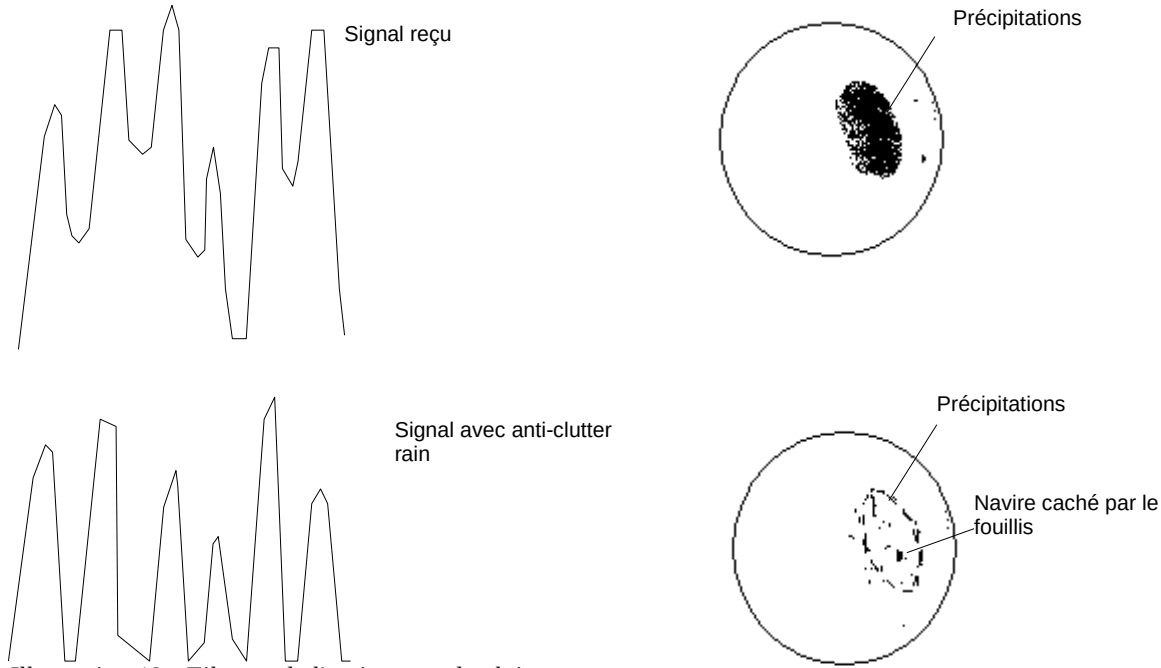
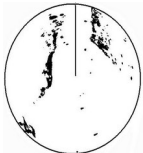
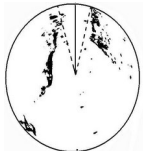


Illustration 12 : Filtrage de l'anti-retour de pluie

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 – 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	8/13

CHOIX DE LA PRÉSENTATION

Mouvement	Image	Représentation	Avantage	Inconvénient
RELATIF - Navire fixe. - Image radar mobile. - Possibilité d'excentrer l'image.	NON STABILISÉE <i>Pas de référence géographique</i>	Cap en haut / Head Up  La ligne de foi est fixe, dirigée vers le haut de l'écran	Image identique à la vue passerelle.	Image floue à chaque embardée (la ligne de foi reste immobile, c'est l'image qui bouge).
	STABILISÉE	Route en haut / Course Up  La ligne de foi est mobile, dirigée vers le haut de l'écran	- Image identique à la vue passerelle. - Image nette (non affectée par les embardées).	Calage de la ligne de foi en haut à reprendre à chaque changement de route => reprendre tous les pointages.
	<i>image radar asservie au gyrocompas, loch, GPS...</i>	Nord en haut / North Up  Nord en haut quelque soit la ligne de foi	- Image identique à la carte marine. - Image nette (non affectée par les embardées). - Calage automatique de l'image au cap du navire. - Pointage radar pour la détermination des CPA facile.	- Pointage radar à reprendre à chaque changement de cap. - Construction géométrique pour obtenir la route vraie. - Présentation déroutante quand cap vers le sud.
VRAI - Image radar fixe. - Navire mobile sur l'image.	STABILISÉE	Nord en haut / North Up  Nord en haut quelque soit la ligne de foi	- Image identique à la carte marine. - Cap lu directement sur l'image. - Changement de route des autres navires facilement visible.	- Recalage => saut d'images. - Relèvement uniquement à l'alidade électronique. - CPA et TCPA avec construction géométrique. - Dérive non prise en compte.

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	9/13

En mouvement relatif, il est possible d'excentrer l'image ; le centre du balayage n'est plus le centre de l'image :

- avantage : prévision sur l'avant ;
- inconvénient : utilisation de l'alidade électronique pour les relèvements.

Type de navigation	Mouvement	Image
Atterrissage	Mouvement vrai	Stabilisé
Navigation côtière	Mouvement vrai ou relatif	Stabilisé/ excentré ou non
Pilotage	Mouvement vrai ou relatif	Stabilisé
Anticollision	Mouvement vrai	Stabilisé

LIVRE D'EXPLOITATION RADAR

Il est recommandé de tenir un cahier radar :

- Cahier d'utilisation : heures de marches, problèmes rencontrés, secteurs d'ombres...
- Livre des obstacles ; portées selon les conditions météorologiques et nature de l'obstacle.

Mesure des zones d'ombres

Pour mesurer les zones d'ombres, deux méthodes sont possibles :

- observer l'écho d'un objet isolé (bouée sans réflecteur) lorsque le navire tourne lentement sur 360° à une distance d'un mille. On note alors les secteurs dans lesquels la bouée apparaît et disparaît ;
- repérer la zone d'ombre en réduisant au minimum l'anti-clapotis mer.

Les zones d'ombres sont généralement générées par les matures.

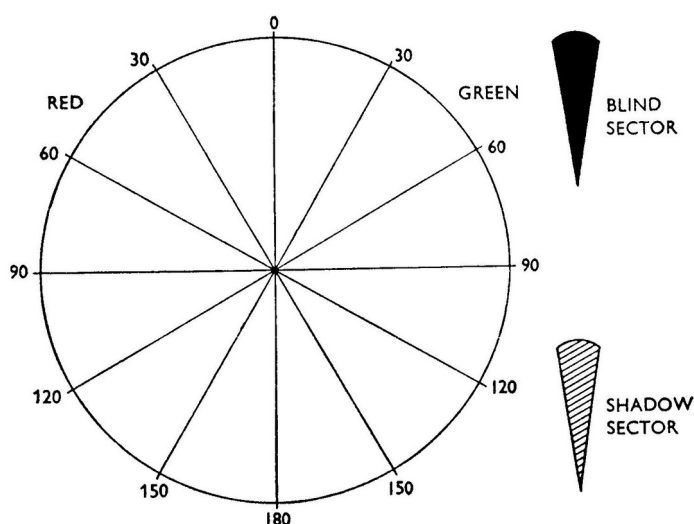


Illustration 13 : Schéma pour la mesure des secteurs d'ombre

Suivi des performance du radar

Il est recommandé d'assurer un suivi des performance du radar à savoir :

- contrôler le niveau de courant dans le magnétron sur le temps
- enregistrer le temps passé en transmission
- prendre une image du radar à un endroit donné et la comparer
- installer un moniteur de performance et contrôler périodiquement la réponse du radar.

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	10/13

Enregistrer le temps passé en transmission

La durée de vie d'un magnétron est de l'ordre de 2000 à 3000h en transmission (source furuno) pour espérer des performances optimales.

Prendre une image périodique du radar

Comparer l'image du radar à différents moment sur un même lieu permet de détecter d'éventuels dégradations du radar

Installer un indicateur de performance

L'indicateur de performance permet d'avoir un moyen effectif de vérifier les performance de son radar.
Le moniteur de performance transmet un signal codé à l'antenne. Le nombre d'arc qui est représenté à l'écran donne une indication sur l'état du radar

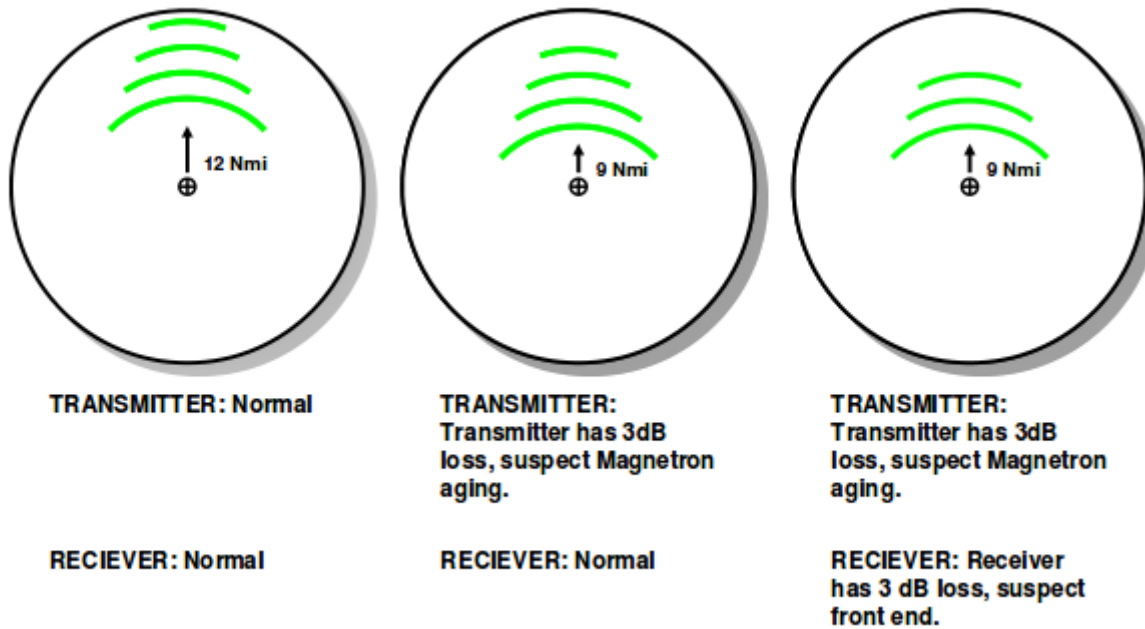


Illustration 14: Retours de l'indicateur de performance

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	11/13

INTERPRÉTATION DE L'IMAGE

Réglage de la brillance

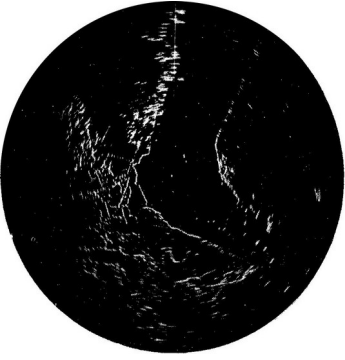
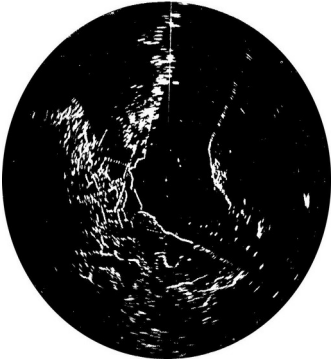
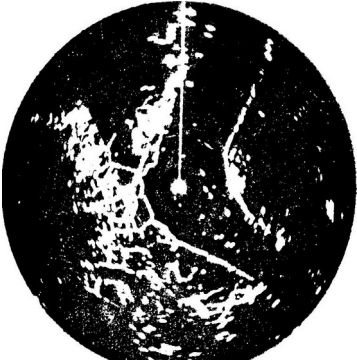
		
Brillance trop faible	Brillance normale	Brillance trop élevée

Illustration 15 : Image radar et brillance

Réglage du gain

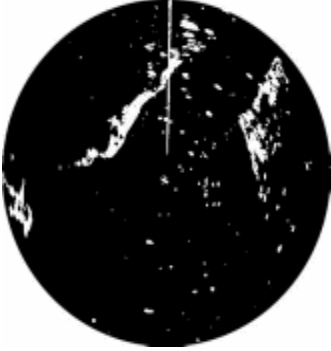
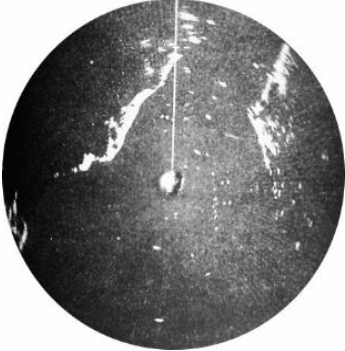
		
Gain trop faible	Gain normal	Gain trop élevé

Illustration 16 : Image radar et gain

Réglage de l'anti-retour de mer

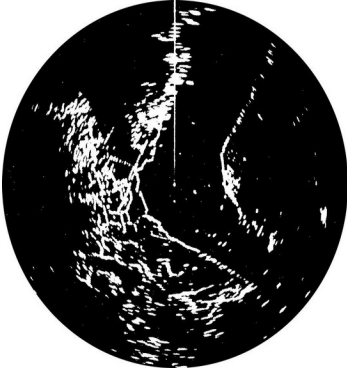
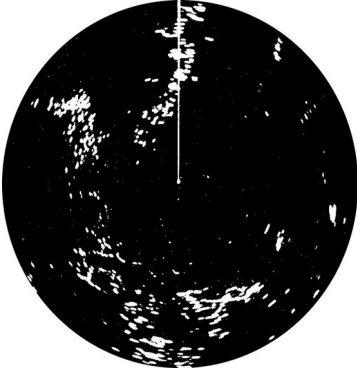
		
Anti-retour de mer trop faible	Anti-retour de mer normal	Anti-retour de mer trop élevé

Illustration 17 : Image radar et anti-retour de mer

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	12/13

Réglage de l'anti-retour de pluie

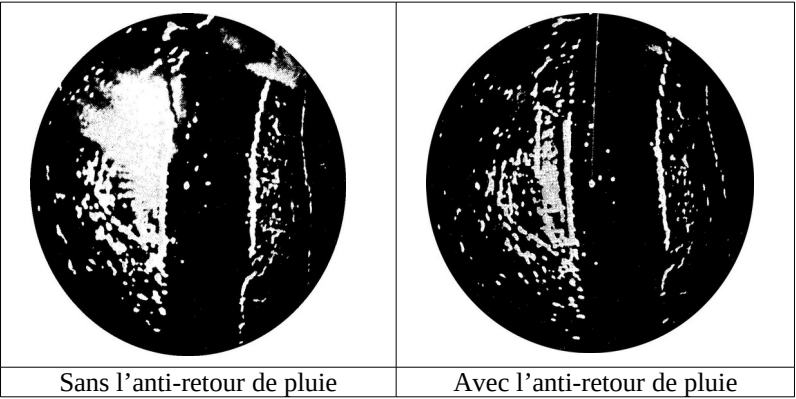


Illustration 18 : Image radar et anti-retour de pluie

Choix de la longueur d'impulsion

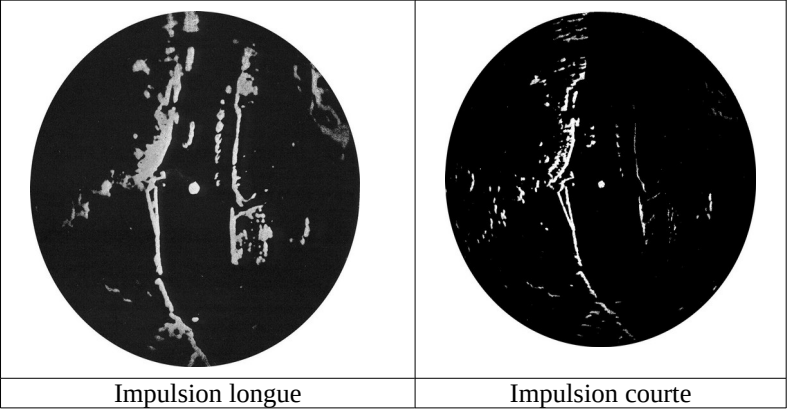


Illustration 19 : Image radar et largeur d'impulsion

Divers

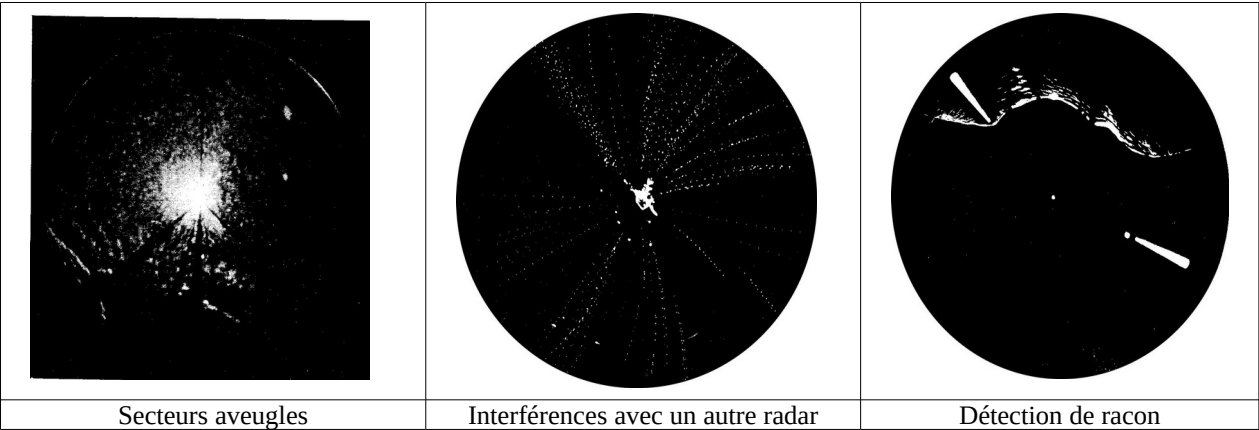


Illustration 20 : Images radar particulières

EQUIPEMENT	LE RADAR	V2.1 - 01/24
A. Charbonnel	SYNTHÈSE SUR LE RADAR	13/13

RESOURCES

Bibliographie

Collin, JM – *Le radar, théorie et pratique* - éditions Ellipses – collection Technosup – 2002 – prix 15€.

Approche plutôt mathématique et théorique du radar - un intéressant chapitre sur les SER.

Caillou & Percier - *Utilisation du radar à la mer* – Infomer – 1984.

Ouvrage très intéressant et complet sur l'utilisation du radar à la mer, mais le côté technique radar est obsolète.

Mastropietro – *Marine radars, principles of operation and characteristics* – Selenia, Marine division (Italy) - 1978.

NIMA - *Radar Navigation and Maneuvering board manual* (pub 1310) – NIMA (USA) - 2001.

Document complet sur la navigation radar et sur l'anticollision.

Téléchargeable gratuitement sur <https://msi.nga.mil/Publications/RNMB>

DECCA - *Manuel d'utilisation radar – GR16 – Decca* - CRM.

SSR Engineering Inc. , *Radar Performance Monitoring Recommendations* , consulté le 19/04/2016

téléchargeable gratuitement sur https://ssreng.com/pdf/RADAR_MONITORING_RECMD_V3_2.pdf

Crédit graphique

Illustration	Source
Illustration 1: l'équipement radar	DECCA - <i>Manuel d'utilisation radar - GR16 - Decca</i>
Illustration 2: Période et durée d'impulsion d'une onde	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 3: Polarisation horizontale	Extrait de www.entreterreetciel.net/geobiologie le 19/04/2016
Illustration 4: Polarisation circulaire	Wikimedia – polarisation circulaire - le 19/04/16
Illustration 5: Réglage trop fort de la brillance	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 6: Bon réglage de la brillance	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 7: Réglage de la brillance trop faible	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 8: Bon réglage du gain	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 9: Réglage du gain trop fort	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 10: Synoptique du radar	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 11: Filtrage de l' antiretour de mer	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 12: Filtrage de l'anti-retour de pluie	A. Charbonnel - licence identique au texte du document
Illustration 13: Schéma pour la mesure des secteurs d'ombre	DECCA - <i>Manuel d'utilisation radar - GR16 - Decca</i>
Illustration 14: Retours de l'indicateur de performance	
Illustration 15: Image radar et brillance	DECCA - <i>Manuel d'utilisation radar - GR16 - Decca</i>
Illustration 16: Image radar et gain	DECCA - <i>Manuel d'utilisation radar - GR16 - Decca</i>
Illustration 17: Image radar et anti-retour de mer	DECCA - <i>Manuel d'utilisation radar - GR16 - Decca</i>
Illustration 18: Image radar et anti-retour de pluie	DECCA - <i>Manuel d'utilisation radar - GR16 - Decca</i>
Illustration 19: Image radar et largeur d'impulsion	DECCA - <i>Manuel d'utilisation radar - GR16 - Decca</i>
Illustration 20: Images radar particulières	DECCA - <i>Manuel d'utilisation radar - GR16 - Decca</i>