

LE POINTAGE RADAR

-

PAR

-

PIERRE CHIARI

PROFESSEUR DE L'ENSEIGNEMENT MARITIME

POINTAGE RADAR

BUT.

Déterminer les routes et vitesses des échos suivis au radar, prévoir les risques de collisions et trouver la manœuvre la plus sûre pour éviter les abordages.

SOMMAIRE

1. Définitions : routes, courant, vitesses, vecteurs.
2. Pointage en mouvement relatif stabilisé.
3. Détermination des caractéristiques cinétiques d'un écho (CPA, Route et vitesse).
4. Évaluation du risque d'abordage (distance du CPA, TCPA, gisement, inclinaison).
5. Conséquence d'un changement de route ou de vitesse du navire sur les éléments relatifs des échos : prédiction de manœuvre,
6. Retour du navire à sa route initiale.
7. Détection d'un changement de route ou de vitesse d'un écho.
8. Détermination de la direction et de la vitesse du courant.

1 - Définitions.

Écho.

Sur un écran radar, tout objet qui laisse une trace, est appelé un écho (on parle parfois de cible - de l'anglais "target"-). Un écho peut provenir d'un navire, d'une bouée, de tout autre type d'objet flottant ou bien d'un îlot, d'une tête de roche, d'un phare, de la côte... Sans visibilité, on classe les échos par leurs routes et leurs vitesses et l'on observe leurs positions relatives.

Les routes.

Sur une carte marine, une route est une droite orientée par le sens du mouvement d'un navire. On définit une route par une position et une direction. On confond souvent la route et sa direction, donnée par un angle de route, mesuré de 000° à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre (sens rétrograde) à partir de la direction du Nord géographique (Nord vrai).
On distingue.

– **La route fond R_f** , ligne droite qui relie deux positions successives du navire sur la carte, elle est caractérisée par sa direction. Exemple : $R_f = 225^\circ$.

Il y a deux types de routes fond.

1. La route fond prévue lors de la préparation d'une traversée, elle est tracée à priori en fonction des positions à atteindre et de critères de sécurité.
2. La route fond réellement suivie par le navire, connue qu'à posteriori, il faut deux positions observées pour déterminer sa direction et la distance parcourue.

– **le courant**, mouvement horizontal de l'eau de surface (sur laquelle le navire se déplace) par rapport au fond de la mer. Le courant est défini par une **direction** (où il porte) et une **vitesse** (ou force) en nœuds. Sa direction est matérialisée par la route fond d'un objet immobile par rapport à la surface de l'eau (bouée dérivante par vent nul).

– **la route surface R_s** , trace laissée par un navire sur la surface de l'eau, matérialisée par le sillage, sa direction est donnée par la somme du Cap vrai du navire et de la dérive due au vent. La distance parcourue sur cette route est donnée par un loch (sauf loch Doppler).

– **la route relative d'un écho [R rel. A/N]**.

C'est la direction du mouvement de l'écho **A** sur l'écran radar du navire **N**.

Ce mouvement, à la surface de l'eau, est relatif :

- à la vitesse surface du navire porteur du radar qui effectue le pointage de l'écho
- à la vitesse surface de l'écho pointé.

Les vitesses.

Le nœud est l'unité de vitesse d'un navire qui parcourt, d'un mouvement uniforme, une distance d'un mille marin en une heure.

$$m = V.t$$

La vitesse permet de calculer la distance parcourue en fonction de la durée du mouvement :

où **m** est la distance parcourue en milles,

V est la vitesse en nœuds,

t est la durée en heures décimales (1 h 18 min = 1,3 h).

Pour calculer rapidement avec des intervalles de temps brefs, les fractions d'heures sont plus pratiques que les heures décimales.

Exemple : 6 min = $1/10$ h ; 12 min = $1/5$ h ; 15 min = $1/4$ h ; 20 min = $1/3$ h ...

Un navire à 15 nœuds parcourt en 6 min $\Rightarrow 15 / 10 = 1,5$ M,

en 20 min $\Rightarrow 15 / 3 = 5$ M.

Les vitesses portent les mêmes noms que les routes qui leurs donnent une direction et un sens : vitesse fond, vitesse surface, vitesse du courant, vitesse relative de l'écho A par rapport au navire N.

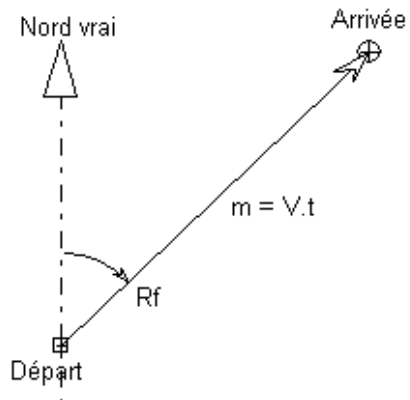
Vecteurs

On forme un vecteur en portant une longueur sur une droite orientée.

En navigation, on formera un vecteur, à partir d'un point sur une route, en portant la distance parcourue pendant une durée donnée. Le vecteur a le même nom que la route qui lui sert de support.

Un vecteur "route" aura une longueur en milles marins (~1 852 mètres).

Un vecteur "vitesse" aura une longueur en nœuds (1,852 km/h soit environ 0,5 m/s).

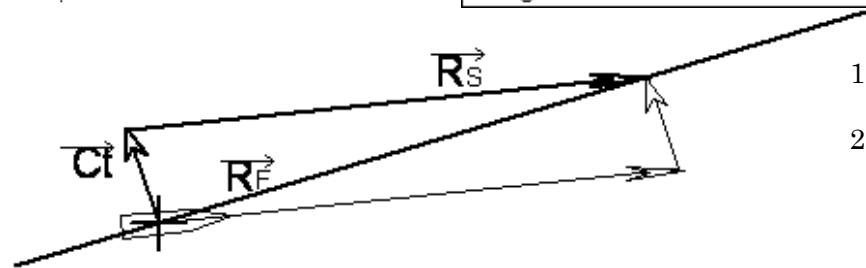


– **vecteur Route surface R_s** . On porte sur la route surface R_s la distance parcourue en surface (mesuré avec le loch) pendant **une durée t** .

– **vecteur courant C_t** . On porte dans la direction du courant la distance parcourue par un point de la surface de l'eau pendant **la même durée t** .

– **vecteur Route fond R_f** . On porte dans la direction de la route fond la distance parcourue par rapport au fond. C'est la somme des deux vecteurs précédents rapportés à la **même durée t** .

$$\text{longueurs des vecteurs en milles} : R_F = C_t + R_S$$



La somme de deux vecteurs forme un parallélogramme ou deux triangles que l'on construit de deux façons différentes.

1. Si la route fond et la vitesse surface sont données et le courant connu, la construction du triangle donne la route surface et la vitesse fond.
2. Si le courant, la route et la vitesse surface sont donnés, la construction du triangle donne la route et la vitesse fond.

– **Vecteur route relative**. Comme pour la route surface, on forme un vecteur sur la route relative en portant sur cette route la distance parcourue pendant une **durée t** .

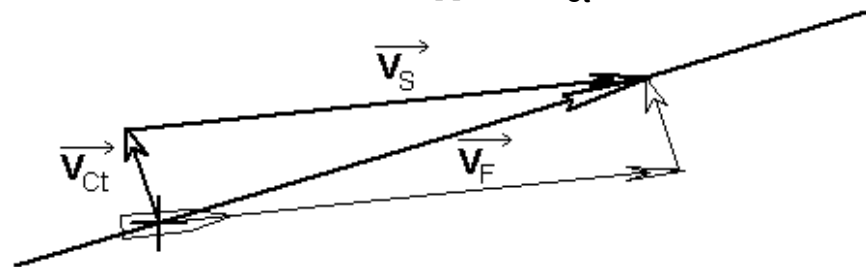
2 - Triangle des vitesses.

Ces triangles sont à l'origine des solutions à tous les problèmes de routes et de pointage radar.

– **Vitesse fond, vitesse surface, vitesse du courant.**

Le triangle construit avec des distances en milles pour une durée quelconque est semblable (mêmes angles) à un triangle où les longueurs des côtés sont les vitesses. En appelant V_{Ct} le vecteur vitesse du courant, V_S et V_F les vitesses surface et fond du navire on obtient :

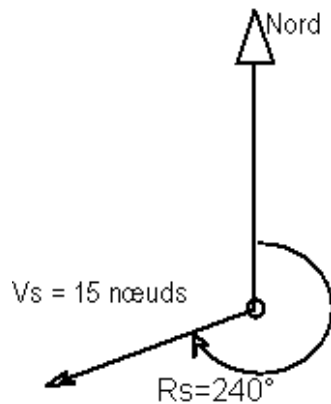
où les longueurs des côtés sont en nœuds (ou en milles pour une heure de route) avec une échelle indépendante de celle des distances.



Choix des échelles de représentation graphique.

Sur un graphique, la longueur d'un vecteur ne sera pas obligatoirement liée à l'échelle des distances (minutes de latitude). On fixera l'échelle pour obtenir des triangles ni trop petits, ni trop grands.

La plupart des exercices en pointage radar seront effectués avec l'échelle $1 / 100\,000^e$, soit 1,852 cm pour 1 mille marin (les règles de Cras ont souvent une graduation à cette échelle). Sinon, selon la plus grande distance à représenter, on vous imposera une échelle du genre 1 cm pour 1 mille ou 2 cm pour 1 mille.



Pour un triangle de vitesses l'échelle de 1 cm pour 1 nœud est souvent plus pratique que les unités de distance de la carte, mais attention avant porter une distance parcourue.

Pour construire des vecteurs, on choisira un intervalle de temps simple (6 min, 12 min) on calculera la distance parcourue pendant ce temps. Exemple : représenter à l'échelle 1 cm pour 1 M, le trajet d'un navire en route surface au 240° à la vitesse surface de 15 nœuds, sur un intervalle de temps de 12 min.

On a 12 min = 1/5^e d'heure, d'où la longueur du vecteur représentant le mouvement du navire : $1^{\text{cm}} \times 15 / 5 = 3 \text{ cm}$.

2 - POINTAGE EN MOUVEMENT RELATIF STABILISÉ.

En mouvement relatif, l'alidade permet d'observer les risques de collisions (échos en relèvements constants) plus rapidement qu'en mouvement vrai.

En mouvement relatif stabilisé, l'image radar est asservie au compas, si de plus la direction du Nord correspond au 000° du haut de écran, on dit que radar est en mouvement relatif stabilisé Nord en haut de l'écran.

Le mouvement relatif fait que le navire **N** reste fixe au centre de l'écran. La stabilisation de la direction du nord fait que, si le navire modifie sa route, seule sa ligne de foi, orientée suivant son cap vrai, changera de direction, la position instantanée d'un écho n'est pas modifiée, mais sa route relative évoluera.

Le pointage radar se fait en relèvements et distances, ce qui permet de travailler avec des positions relatives à la position du navire **N** mais les routes restent correctement orientées par rapport au Nord. Il en sera de mêmes pour les routes relatives des échos.

Dans le cas d'un radar en mouvement relatif pur, la direction en haut de l'écran est la ligne de foi du navire et les échos sont observés en gisements et distances. Il suffit de passer aux relèvements en ajoutant le cap vrai **Cv** aux gisements pour faire un graphique de manœuvre en mouvement relatif Nord en haut. **Zv = Cv + gis.**

Les constructions graphiques donneront les routes surfaces réelles, en négligeant la dérive due au vent, on aura une bonne idée de l'inclinaison du navire donnant l'écho pointé.

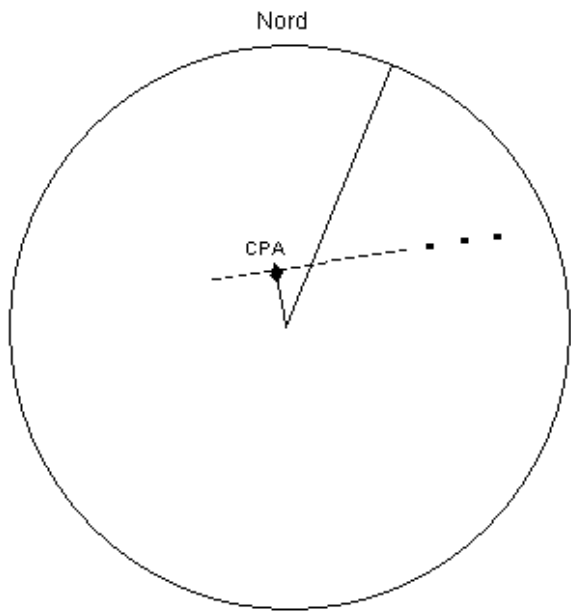
3 - DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES CINÉTIQUES D'UN ÉCHO.

3.1 CPA et TCPA (PRM et TPRM).

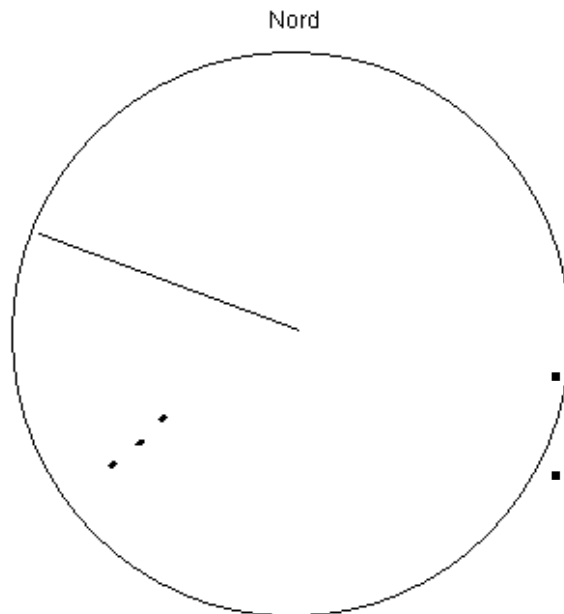
Sur la route relative de l'écho, le point le plus proche du navire porteur est appelé **CPA** (Closest Point of Approach) ou **PRM** (Point de rapprochement Maximum). Lorsque l'écho passera par ce point il sera à sa distance minimale du navire.

N.B. Les radars ARPA ne donnent, sous l'appellation de CPA, que la plus courte distance de passage de l'écho (appellation : CAD pour Closest Approach Distance).

Pour le construire, il suffit de projeter orthogonalement la position du navire (au centre de balayage de l'écran radar) sur le prolongement de la route relative de l'écho. Ce point est alors donné par un relèvement (perpendiculaire à la route relative) et une



Déplacement de A sur l'écran radar de N



Déplacement de N sur l'écran radar de A

Mouvement relatif stabilisé, Nord en haut pour les deux navires

distance (la plus courte distance de passage de l'écho CAD) par rapport au navire porteur du radar.

Exemples : L'écran radar représenté ci-dessus est sur l'échelle 6 milles, évaluer le CPA de A par rapport à N ? Réponse ...

Quel sera le CPA de N par rapport à A ? Réponse ...

- Heure de passage au CPA [TCPA].

L'heure de passage de l'écho à son CPA est appelée TCPA (ou TPRM).

Attention, cette expression désigne :

Soit l'instant du passage au CPA défini par une heure dans la chronologie du mouvement de l'écho par rapport au navire ;

Soit la durée qui reste avant le passage au CPA. Cette durée est comptée à partir de la dernière position pointée.

Cette donnée sera essentielle dans les critères d'évaluation d'un risque d'abordage, on ne manœvrera pas de la même façon :

pour un écho qui doit passer par son CPA dans une heure ;

pour un écho qui passera par son CPA dans les

cinq prochaines minutes.

N.B. Les radars ARPA ne donnent, sous l'appellation de TCPA, que la durée qui sépare le dernier pointage (automatique) du passage au CPA.

Le calcul d'un TCPA fait intervenir :

- l'heure Hre d'une des positions pointées,
- la distance m_{CPA} entre la position pointée A_{Hre} et le CPA,
- la vitesse relative déterminée par le pointage initial, soit V_{rel} .

On obtient : la durée avant passage au CPA : $t = m_{CPA} / V_{rel}$

l'heure dans la chronologie : $TCPA = Hre + t$.

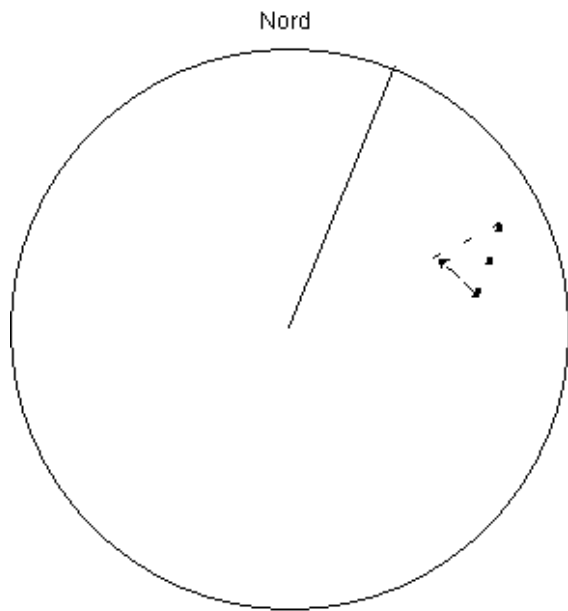
On peut aussi préférer une règle de trois à partir du pointage initial ou encore une évaluation graphique en reportant sur le prolongement de la route relative la distance parcourue pendant l'intervalle de pointage.

Exemple : Sur l'écran radar du navire N représenté ci-dessus (échelle : 6 milles), évaluer le TCPA de l'écho A sachant le pointage a été fait à 3 minutes d'intervalle depuis 08 h 15 min. Réponse ... minute

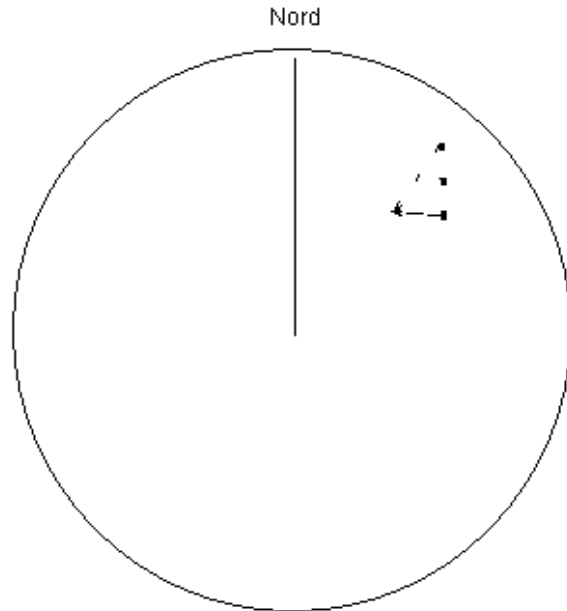
3.2 Route et vitesse surface d'un écho (Rs_A et Vs_A).

C'est la résolution d'un triangle de vitesses, construit à partir du vecteur route relative pointé sur l'écran qui permet, en fonction de la route et de la vitesse surface du navire N porteur du radar, de déterminer :

- la route relative et la vitesse relative de l'écho,



Mouvement relatif stabilisé, Nord en haut.



Mouvement relatif pur, cap en haut.

Déplacement de A sur l'écran radar de N si la vitesse de A était nulle.

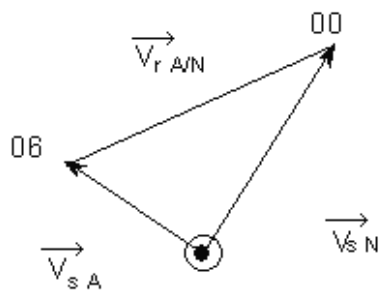
-

sa route et sa vitesse surface.

En pointillés fins : mouvement relatif de l'écho. En pointillés larges : mouvement relatif de l'écho si sa vitesse surface est nulle, dans ce cas le mouvement relatif de l'écho est l'opposé du mouvement en surface du navire N. La route surface de l'écho est matérialisée par le vecteur qui joint les extrémités des vecteurs relatifs.

– Relation entre la vitesse surface d'un écho, la vitesse surface du navire et vitesse relative.

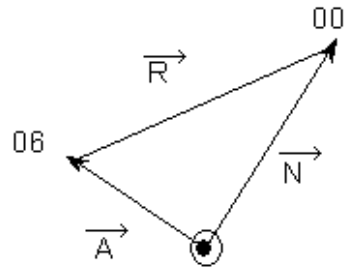
La somme du vecteur vitesse surface du navire **N** et du vecteur vitesse relative de l'écho **A** donne le vecteur vitesse surface de l'écho **A**.



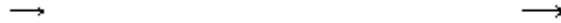
$$V_{s A} = V_{s N} + V_{r A/N}$$

Les longueurs en nœuds ne sont pas directement accessibles lors d'un pointage radar aussi on se servira d'un triangle dont les côtés sont des vecteurs "route". Leurs directions ne changent pas et leurs longueurs sont les distances parcourues pendant l'intervalle de temps entre 2 pointages

(de préférence 6 minutes = 1/10^e d'heure).



Avec les notations simplifiées :



N pour le vecteur route surface du navire porteur du radar,



A pour le vecteur route surface de l'écho,



R pour le vecteur route relative.

On a toujours la formule d'addition vectorielle :



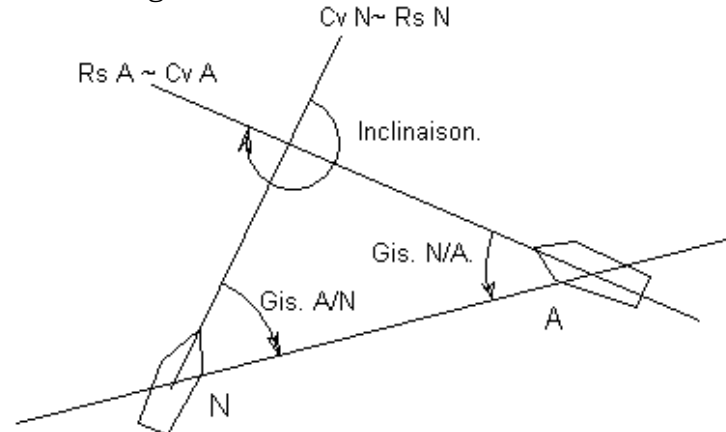
$$\mathbf{A} = \mathbf{N} + \mathbf{R}$$

où les longueurs des vecteurs sont en "milles marins".

4 - ÉVALUATION DU RISQUE D'ABORDAGE.

Distance du CPA. Il y a risque d'abordage quand cette distance est nulle ou faible.

Heure de passage au CPA. Le **TCPA** permet d'évaluer l'urgence d'une manœuvre.



Gisement de l'écho. Les manœuvres sont différentes pour un écho sur l'avant, par le travers, sur l'arrière, et selon le bord l'un des deux navires est "privilegié", d'où l'importance du gisement de l'écho pour prévoir une manœuvre.

Inclinaison. Ce terme ambigu désigne :

- Soit l'angle sous lequel les routes surfaces se coupent ($I = R_s A - R_s N$). Elle est obtenue en pointage relatif pur (quand la ligne de foi du navire porteur est orientée en haut de l'écran) à la place de la vitesse surface de l'écho dans le triangle des vitesses.

- Soit le gisement du navire N observé par le navire A.

La dernière définition permet de savoir qui est le navire privilégié et de choisir le type de manœuvre.

Le navire N est rattrapant s'il est dans le secteur du feu de poupe de l'autre navire (deux quarts $[22,5^\circ]$ sur l'arrière du travers). Dans ce cas, si l'autre navire peut observer N il doit le relever dans un gisement supérieur à $112,5^\circ$ bâbord ou tribord.

Il est indispensable pour prévoir une manœuvre de savoir quels sont les navires privilégiés, rattrapants, contre-bordiers ...

Situation rapprochée. Quand des navires sont en situation rapprochée, les manœuvres anticollisions qu'ils peuvent encore entreprendre, sont des manœuvres d'urgence. C'est pourquoi la prévision d'une manœuvre, faite à l'issue d'un pointage radar, aura pour objet d'éliminer les risques d'abordage, en donnant à votre navire une route et une vitesse qui l'empêcheront d'entrer en situation rapprochée avec les autres navires.

Exemple : Navires en CPA nul. un navire N en route au Nord à 15 nœuds relève au gisement constant Tribord 60° un écho au radar :

à 12 h 12 min à 9 milles,

à 12 h 18 min à 7,5 milles,

à 12 h 24 min à 6 milles.

Calculer l'heure du CPA, déterminer la route et la vitesse surface de l'écho.

Échelle : 1,852 cm pour 1 mille (règle de CRAS).

Solution. (faire le graphique dans le cadre suivant.

Dans ce cas de CPA nul, on a directement par calcul la route relative

$R A/N = 060^\circ + 180^\circ = 240^\circ$ et la vitesse relative $VR = (9 - 6)^M \times 5 = 15$ nœuds (déplacement de 3 milles en 12 min).

On peut aussi calculer le TCPA :

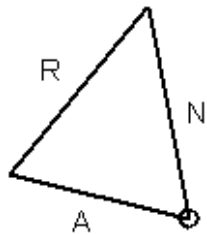
il reste 6 milles avant le CPA d'où $TCPA = 12 \text{ h } 24 + 12^{\text{min}} \times 6 / 3 = 12 \text{ h } 48 \text{ min}$.

La construction du triangle donne le reste des caractéristiques cinétiques de l'écho : route surface au 300° ; vitesse surface 15 nœuds.

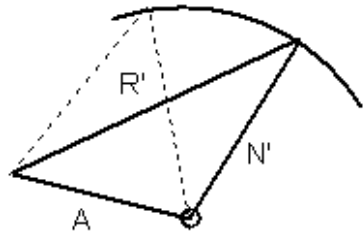
5 - CONSÉQUENCE D'UN CHANGEMENT DE ROUTE OU DE VITESSE DU NAVIRE SUR LES ÉLÉMENTS RELATIFS DES ÉCHOS : PRÉDICTION DE MANŒUVRE.

Si l'un des deux navires (porteur et écho) change de route, de vitesse ou des deux à la fois, la route relative (apparente sur l'écran radar) change de direction et la vitesse relative évolue aussi. On fait une prédiction de manœuvre en supposant que le navire privilégié conserve sa route et sa vitesse.

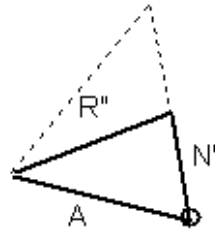
Exemple CPA nul.



Triangle initial



N vient à droite
sans changer de vitesse



N réduit son allure
sans changer de route

Cette construction vectorielle ne tient pas compte de l'inertie des navires, aussi après une manœuvre, il faut voir la trace des échos se stabiliser pour en apprécier l'efficacité et pouvoir exploiter un nouveau pointage. C'est pourquoi il est nécessaire d'introduire un "pied de pilote" et de toute façon de manœuvrer largement à temps.

La manœuvre du navire non privilégié doit être perceptible par l'autre navire, aussi par bonne visibilité le changement d'inclinaison doit être visible et par mauvaise visibilité il faut préférer les manœuvres qui modifieront franchement le vecteur de la route relative (en direction et en vitesse).

Tracer de la nouvelle route relative.

On impose soit :

- une *distance minimale de passage*, pour des navires de forts tonnages, on fixe le plus souvent à 2 milles la distance minimale de rapprochement. La nouvelle route relative doit être tangente au cercle de distance minimale centrée sur le navire N {voir 3e exercice}.
- un *point de passage de l'écho*, la nouvelle route relative doit passer par le point désigné en relèvement et distance par rapport au navire N.

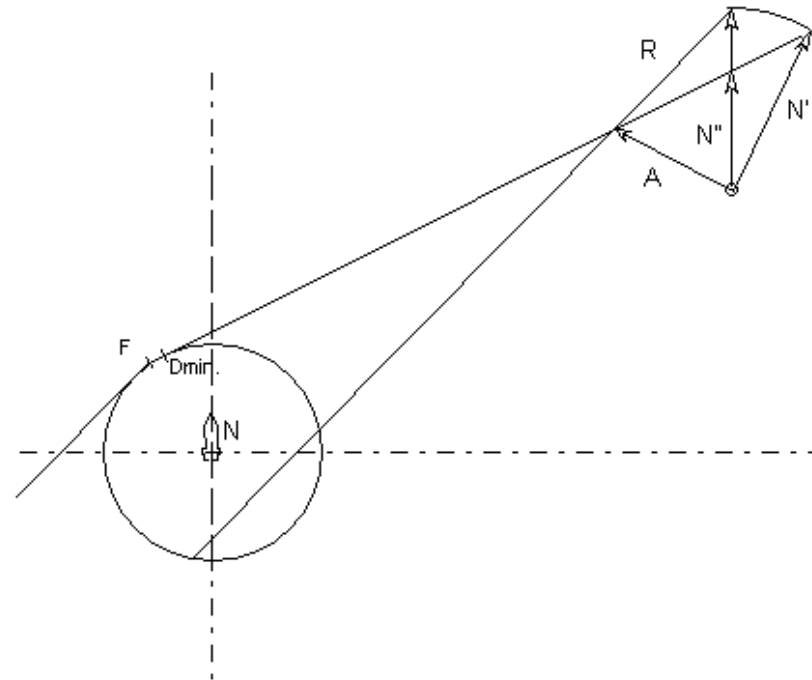
Exemples. Pour passer à l'Est à 1 mille d'une bouée, la route relative de la bouée devra passer par le point dans le 270° du navire N à 1 mille. Voir 4e et 5e exercices pour passer à distance minimale fixée ou par un point donné.

Choix de la manœuvre. La nouvelle route relative forme un nouveau triangle de vitesse dont le seul côté invariant est la vitesse surface de l'écho (puisqu'il est supposé qu'il maintient son cap et sa vitesse).

Il reste à choisir entre :

- le changement de route sans modifier la vitesse,
- le changement de vitesse sans modifier la route,
- ou encore, modifier la route et la vitesse.

Dans tous les cas, l'extrémité du nouveau vecteur route surface de **N** devra avoir son origine commune avec le vecteur route surface de **A** et son extrémité sur la nouvelle route relative. Le nouveau vecteur route relative de l'écho **R'** a son origine à l'extrémité de **N'**, son extrémité est commune à celle de **A**. La longueur du vecteur **R'** permet de prévoir le mouvement de l'écho sur sa nouvelle route relative (distance parcourue pendant l'intervalle de pointage).

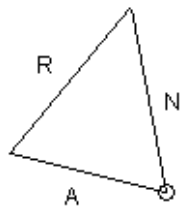


6 - RETOUR DU NAVIRE À SA ROUTE INITIALE.

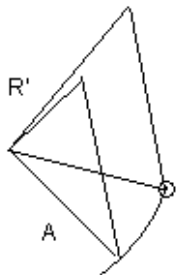
Peu après être passé par le point où la nouvelle route relative est tangente au cercle de sécurité (dont le rayon est la distance minimale de rapprochement fixée), l'écho passe par le point F obtenu par l'intersection de la route relative avec la parallèle à la route relative initiale tangente au cercle de sécurité. Le navire N peut alors revenir à sa route initiale, l'écho ne passera plus à l'intérieur du cercle de sécurité.

7 - DÉTECTION D'UN CHANGEMENT DE ROUTE OU DE VITESSE D'UN ÉCHO.

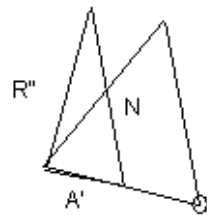
Si le navire N conserve sa route et sa vitesse et que le navire A change de route ou de vitesse, le triangle se déforme et donne la nouvelle route relative :



Triangle initial



A vient à droite
sans changer de vitesse



A réduit son allure
sans changer de route

Exemple : changement de route de l'écho suivi au radar par le navire N.

Du navire N, en route surface constante au 042° à 12,5 nœuds, on relève, à partir de 08 h 00, de 6 en 6 min, un navire à 8,0 M, 6,4 M et 4,8 M dans le même relèvement vrai 330° puis à 08 h 18 min au 312° à 3 M.

Donner les routes et vitesses successives du navire observé.

Échelle : 1 cm pour 1 mille.

Réponses. Jusqu'à 08 h 12 min, en route au $105,5^\circ$ à 17 nœuds.
De 08 h 12 min à 08 h 24 min, en route au 140° à 16 nœuds.

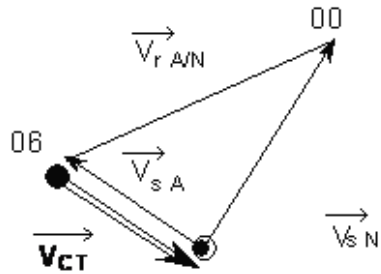
Commentaires. le navire A est non privilégié (il voit N sur tribord avant), il vient à droite pour passer à 2 milles dans le secteur arrière du navire N.

9. _____

8. DÉTERMINATION DE LA DIRECTION ET DE LA VITESSE DU COURANT.

Dans le triangle des vitesses, si l'écho A est une bouée où un marque du balisage ancrée sur le fond, sa vitesse surface observée et l'opposée du courant, en effet les relations :





$$V_F = V_S + V_{CT} \text{ et } V_F = 0$$

$$\text{impliquent : } V_{CT} = -V_S.$$

(Imaginer le sillage d'une bouée quand il y a du courant.)

Exemple : Déterminer le courant, manœuvrer par rapport à une bouée.

Le navire N observe une bouée cardinale EST, il suit une route surface au **215°** à la vitesse de **8 nœuds**. Il effectue le pointage de cette bouée (relèvements vrais et distances en milles) :
 00 h 00 min 223°/ N / 7,3'
 00 h 12 min 221°/ N / 5,7'

- Déterminer le CPA de la bouée et la valeur du courant.
- Quelle route surface le navire N doit-il prendre à 00 h 15 min pour passer par le point situé à l'EST de la bouée à la distance de 1 mille ?

Solution : faire le graphique à l'échelle : 1 / 100 000^e (règle de CRAS) ; sur feuille format A4 [297×210], grand axe vers le Nord, placer le centre de pointage à 15 cm du bord gauche et 10 cm du bord supérieur.

Réponses : CPA dans le 140° de N à 1M,
 le courant porte au 310° à 2,1 nœuds.
 Pour passer dans l'Est à 1 mille de la bouée, le navire N doit prendre à 00 h 15 min une route surface au 196°.

1^{er} Exercice.

Manœuvre pour passer à la plus courte distance donnée.

Heures	Gisements	Distances (milles)	Relèvements vrais
06 h 00 min	016,0°	7,2'	
06 h 06 min	014,5°	5,7'	
06 h 12 min	012,0°	4,1'	

D'un navire N, au Cv = 020°, vitesse surface 10 nœuds, sans dérive due au vent, on effectue le pointage radar d'un écho A en gisements et distances :

Calculer les relèvements vrais et porter le pointage dans le cadre suivant :

(échelle : 1,852 cm pour 1 mille ; axe N-S à 4 cm à droite du bord gauche ; axe E-W à 12,5 cm en dessous du bord supérieur du cadre suivant).

1 - Déterminer la route et la vitesse relative de l'écho, son CPA et son TCPA.

La route relative de A par rapport à N est donnée par l'orientation de la droite joignant les positions pointées soit : **R rel. A/N = 221,5°**.

La distance relative parcourue en 12 min est de 3,1 milles soit :
 $V_{rel} = 3,1 \times 5 = 15,5$ nœuds;

CPA de A. Le point de rapprochement maximum de l'écho est dans le relèvement vrai : $Z_v = R_{rel.} + 90^\circ = 221,5^\circ + 90^\circ = 311,5^\circ$ du navire N à la distance **0,7 mille** (à lire sur le graphique) que l'on pourra noter :

CPA de l'écho A : 311,5° / navire N / 0,7 mille.

N.B. En confondant CPA et plus courte distance de passage, on notera : CP/0,7'.

TCPA (Heure de passage au CPA).

La vitesse relative de l'écho : $V_{rel} = 15,5$ nœuds et la distance qui reste à parcourir avant le CPA : $m[CPA] = 4,1$ M à partir de la position à H = 06 h 12 min donnent : **TCPA = 06 h 12 min + 60^{min} x 4,1 / 15,5 = 06 h 28 min.**

On peut aussi préférer une règle de trois à partir du pointage à la minute 00. Distance au CPA = 7,2 M, en 12 min l'écho a parcouru 3,1 M sur la route relative, il mettra donc : $12^{min} \times 7,1 / 3,1 = 28$ min pour arriver au CPA

d'où : **TCPA = 06 h 12 min + 28 min = 06 h 28 min.**

2 - Déduire par le triangle des vitesses, réduit aux déplacements sur 12 min, la route et la vitesse surface de l'écho A.

→ → →

En portant le vecteur - N pour 12 min = 1 / 5^e d'heure : longueur $10^M / 5 = 2$ M orienté au $020^\circ + 180^\circ$ à partir de la première position de A, on obtient la route surface de l'écho entre l'extrémité de - N et celle de R soit : **Rs A = 251,5°**.

La longueur du vecteur A (2,9 cm) donne une distance parcourue de 1,45 M d'où une vitesse surface de $1,45 \text{ M} \times 5 = 7,25$ nœuds : **Vs A = 7,25 nœuds.**

3 - Déterminer la nouvelle route surface que le navire N doit prendre à 08 h 12 min (sans changer de vitesse) pour passer à la distance minimale de 1,5 mille du navire A. À quelle heure pourra-t-il reprendre sa route normale ?

La nouvelle route relative de l'écho A doit partir du point de 08 h 12 min et être tangente au cercle de sécurité de rayon 1,5 mille centré sur le navire N, d'où :
nouvelle route relative : **R'rel = 233°**.

Le cercle de vitesse du navire N (rayon 2 M pour 12 min), centré sur l'origine du vecteur route surface du navire A (à l'extrémité du vecteur opposé au vecteur vitesse surface du navire N) coupe cette route relative en 2 points. Le rayon de ce cercle qui aboutit au premier point d'intersection en venant à droite donne la direction de la nouvelle route surface que le navire N doit prendre, soit

nouvelle route surface de N : **Rs'N = 040°**.

Retour à la route normale (Rs N = 020°). Il faut que la route relative au 221,5° soit tangente au cercle de sécurité. L'intersection de cette tangente avec la route relative précédente (point F) est à 4,2 M du point de 06 h 12 min. La vitesse relative sur cette route donne une distance parcourue de 3,3 M en 12 minutes, l'écho passera par ce point à $06\text{ h }12 + 12^{\text{min}} \times 4,2 / 3,3 = 06\text{ h }27\text{ min}$.

Le navire N pourra reprendre sa route au 020° à **06 h 27 min**.

4 - Mêmes questions par réduction de vitesse sans changer de route.

S'il choisit la réduction de vitesse, Le navire N doit réduire à **4 nœuds**, la vitesse relative tombe à 2 M en 12 minutes, le navire N ne pourra pas reprendre sa vitesse initiale avant : $06\text{ h }12 + 12^{\text{min}} \times 4,2 / 2 = 06\text{ h }37\text{ min}$.

2e Exercice.

Manœuvre pour passer par une position relative définie en relèvement et distance.

D'un navire **N**, au **Cv = 260°**, vitesse surface **12 nœuds**, sans dérive due au vent, on effectue le pointage radar d'un écho A :

Heures	Relèvements vrais	Distances (milles)
12 h 00 min	340,0°	10,7 M
12 h 12 min	340,5°	8,7 M
12 h 24 min	341,0°	6,6 M

1. Déterminer sa route et sa vitesse relative.
2. Déterminer la plus courte distance de passage et le TCPA de l'écho suivi.
3. Déterminer la route et la vitesse surface de l'écho **A**.
4. Quelle route le navire **N** doit-il prendre à **12 h 36 min**, en venant sur la droite sans changer de vitesse pour passer **dans le sillage** du navire **A** à **2 milles** ?
5. Même question par réduction de vitesse à cap constant.

Sur feuille 297x210, grand axe vers le Nord, ou dans le cadre suivant, placer le centre de pointage au moins 21 cm en dessous du bord supérieur et à 11 cm à droite du bord gauche (voir cadre page suivante).

Échelle : 1 mille = 1 cm. Triangle des vitesses sur 24 min soit 2 / 5 h .

Réponses.

1. Route et vitesse relative de A : **R rel. A/N = 158,5° ; V rel = 10,3 nœuds**.
2. Plus courte distance de passage : **0,1 mille à 13 h 03 min**.
3. Route et vitesse surface de A : **Rs A = 214,5° ; Vs A = 14,1 nœuds**.
4. Porter la position du navire A à 12 h 36 min (dans le 158,5 à 2,1 M du point de 12 h 24 min) avant de porter la position relative du navire A en fin de manœuvre au 214,5° à 2 milles de N pour tracer la nouvelle route relative.
Pour trouver la route à prendre, il y a alors deux possibilités :

tracer la parallèle à cette route dans le triangle des vitesses déjà tracé, agrandir le triangle des vitesses à 36 min.
Le navire N doit gouverner au 312° jusqu'à 12 h 54 min.

5. Le navire N doit réduire à 8,5 nœuds jusqu'à 13 h 24 min.

3e Exercice.

Manœuvre du navire privilégié.

D'un navire **N**, au **Cv = 020°**, vitesse surface **10 nœuds**, sans dérive due au vent, on effectue le pointage d'un écho **A** :

Heures	Relèvements vrais	Distances (Milles)
08 h 00 min	339,5°	6,9 M
08 h 06 min	338,0°	5,4 M
08 h 12 min	336,5°	4,0 M

1. Déterminer sa route et sa vitesse relative.
2. Déterminer la plus courte distance de passage et le TCPA de l'écho suivi.
3. Déterminer la route et la vitesse surface de l'écho A.
4. Lequel des deux navires est-il privilégié ? A quelle heure l'écho **A** risque-t-il d'être à 2 milles du navire **N** ?

Sur feuille 297x210, grand axe vers le Nord, placer le centre de pointage au moins 15 cm en dessous du bord supérieur, la ligne Nord-Sud passera par le milieu de la feuille. Échelle : **1,852 cm pour 1 mille** ou 2 cm pour 1 mille.

Réponses.

1. Route et vitesse relative de A : **R rel. A/N = 163,5° ; V rel = 14,5 nœuds.**
2. Plus courte distance de passage : **0,5 mille à 08 h 28 min.**
3. Route et vitesse surface de A : **Rs A = 121,5° ; Vs A = 8,8 nœuds.**
4. Sans changement de route, A est à 2 milles de N à **06 h 20 min.**

4e Exercice.

Manœuvres possibles pour passer à une distance de sécurité.

Par vent nul et visibilité réduite, un navire **N**, en route surface **Rs = 270°**, vitesse surface **10 nœuds**, suit au radar l'écho d'un navire **A** :

Heures	Relèvements vrais	Distances (milles)
05 h 46 min	322,0°	8,0 M
05 h 52 min	323,0°	7,1 M
05 h 58 min	323,5°	6,2 M

1. Déterminer la route et la vitesse relative du navire **A**.
2. En déduire sa route et sa vitesse surface.
3. Prévoir les différentes manœuvres (à vitesse constante ou à cap constant) que le navire **N** peut exécuter à **05 h 58 min** pour ne pas passer à moins de **2 milles** du navire **A**. Toutes ces manœuvres sont-elles possible ? Quelle est, à votre avis, la meilleure ? Pourquoi ?
4. Ayant adopté la manœuvre qui lui semblait la meilleure, à quelle heure passera-t-il à 2 milles du navire **A** ?

Sur feuille 297x210, grand axe vers le Nord, placer le centre de pointage au moins 20 cm en dessous du bord supérieur et à 15 cm à droite du bord gauche.

Échelle : **1 mille = 1,852 m** à défaut **1 mille = 2 cm**.

Réponses.

1. Route et vitesse relative de A : **R rel. A/N = 137° ; V rel. = 9 nœuds.**
2. Route et vitesse surface de A : **Rs A = 210° ; Vs A = 7,6 nœuds.**
3. A vitesse constante N peut venir à droite au **310°** (à gauche au **253°** est déconseiller, A est sur l'avant à tribord de N), il peut aussi à cap constant réduire à **5,8 nœuds** mais il sera peu manœuvrant à cette vitesse.
4. Si le navire **N** vient au 310°, l'écho **A** passe à 2 milles à **06 h 25 min**.

5° exercice.

Manœuvre à vitesse donnée pour se placer en position relative par rapport à un écho.

Le navire **N** en route surface au **180°** à **19 nœuds** doit se placer à **0,5'** dans le **sillage** d'un navire relevé à **6 min** d'intervalle au relèvement **240°** à **5'** puis **4'**.

Quelle route **Rs'N** doit-il adopter à l'instant où il passe à 4 milles du navire ?

Sur feuille A4v (297x210), grand axe vers le Nord, placer l'axe N-S 15 à droite du bord gauche, l'axe E-W au moins 10 cm au dessus du bord inférieur.

Échelle : 1,852 cm pour 1 mille.

Réponse.

Il faut d'abord déterminer la route et la vitesse du navire **A**.

On trouve : **Rs A = 147°** à **17 nœuds**.

Pour adopter la nouvelle route du navire **N**, il faut tracer la nouvelle route relative du navire A, à partir du point A₀₆ dans le 240° de N à 4 milles, qui passera par le point A_{XX} dans le 147° de N à 0,5 mille. Le prolongement de cette route relative vient couper le cercle de vitesse du navire N, ce point est l'extrémité du vecteur vitesse de N à la route qui le conduit au point A_{XX}, ce vecteur est orienté au 189°.

A la minute 06 le navire N doit donc prendre la nouvelle route surface **Rs'N = 189°**, il arrivera 19 minutes plus tard dans le sillage du navire A.

6° exercice.

Réduction de vitesse à cap constant pour ne pas créer de situation rapprochée.

Sur feuille A4h (210x297), petit axe orienté vers le Nord.

échelle : 1,852 cm pour 1 mille.

Placer l'axe N-S à 5 cm du bord gauche, l'axe E-W à 5 cm du bord inférieur.

Le navire **N**, en route surface au **060°** à la vitesse de **15 nœuds**, observe au radar en mouvement relatif stabilisé Nord en haut de l'écran deux navires **A** et **B** :

Relèvements vrais et distances en milles marins.

Heures h min	navire A Zv / Dist.	navire B Zv / Dist.
00 00	029° / 5,7 M	079° / 8,5 M
00 06	029° / 4,0 M	078° / 6,7 M

1. Déterminer les CPA de A et B, leurs routes et vitesses surface.
2. Quelle vitesse, le navire N doit-il adopter à 00 h 06 min, pour ne pas créer de situation rapprochée à moins de 2 milles d'un navire ?
3. Sur quel navire devra-t-il régler son allure ?

Réponses.

- Navires : A B
CPA : nul 355° / N / 0,7'
TCPA : 00 h 20 min 00 h 28 min
Rs / Vs : 145° / 9 nœuds 315° / 7 nœuds
- N doit réduire à 5 nœuds (plus petite des deux vitesses).
- N doit manœuvrer pour le navire B (relevé sur tribord) mais pour ne pas créer de situation rapprochée à moins de 2 milles, il doit régler sa vitesse sur le navire A.

7e exercice.

Prévision de la position relative d'un navire après une manœuvre pour un autre navire.

Sur feuille A3 (420x297), grand axe orienté vers l'Est, placer l'axe N-S à 12 cm à droite du bord gauche et l'axe E-W à 10 cm au dessus du bord inférieur.

Échelle : 1,852 cm pour 1 M.

D'un navire **N**, au **Cv = 030°**, vitesse surface **12 nœuds**, dérive due au vent nulle, on effectue le pointage radar suivant :

	écho A	écho B
Heures	Zv / Dist. (mille)	Zv / Dist.(mille)
12 h 00 min	350,0° / 8,1 '	090,0° / 12,4 '
12 h 15 min	343,0° / 5,6 '	088,0° / 7,8 ' II -

- Déterminer pour chaque écho :

- le CPA et le TCPA,
- la route et la vitesse surface.

Prévoir les positions (en relèvements et distances relatifs au navire **N**) des échos **A** et **B** à **12 h 20 min**.

III - Quel cap le navire **N** doit-il adopter à **12 h 20 min** pour passer à la distance minimale de **2 milles** de l'écho **B** en le laissant à Bâbord.

IV - A quelle heure pourra-t-il revenir à sa route initiale ?

V - Quelle sera la position (en relèvement et distance relatifs au navire **N**) de l'écho **A** à cet instant ?

Réponses :

I	échos	CPA	TCPA,		échos	Rs	Vs
I - 1.	A	276,5° / 2,2 '	12 h 45 min	I - 2.	A	090°	5 noeuds
I - 1.	B	004,0° / 0,8 '	12 h 40 min	I - 2.	B	313°	17 noeuds

II - Positions (en relèvements et distances) des échos à **12 h 20 min**.

échos	Relèvement vrais	Distances (milles)
A	338°	4,8 '
B	086°	6,2 '

III - Cap vrai du navire **N**, adopter à **12 h 20 min** pour passer à la distance minimale de 2 milles de l'écho **B** en le laissant à Bâbord : **Cv_N = 065°**.

IV - Le navire **N** pourra revenir à sa route initiale à **12 h 35 min**.

V - Position (en relèvement et distance par rapport au navire **N**) de l'écho **A** à cet instant : **313,5° / N / 4,6 milles**.

8° Exercice.

Conséquence de la manœuvre du navire N pour un écho sur un autre écho.

Format A4 (297x210) grand axe vertical, axe NS à 5 cm du bord gauche et axe EW à 24 cm au dessus du bord inférieur.

Échelle : règle de CRAS, 1,852 cm pour 1 mille ou 2 cm pour 1 mille.

Le navire **N**, en route surface au **090°**, vitesse surface **17 nœuds**, observe au radar en mouvement relatif stabilisé Nord en haut, deux navires A et B.

Relèvements vrais et distances en milles.

HEURES h : min	écho A		écho B	
	ZV	DIST.	ZV	DIST.
00 : 00	107°	7,8'	157,5°	4,3'
00 : 06	108°	5,3'	158,0°	3,5'

- Déterminer les **CPA** et **TCPA** de **A** et **B**, leurs routes et vitesses surface.
- Quelle route doit prendre le navire **N** à la minute **06** pour passer à **2 milles** du navire **A** ?
- Quels seront le nouveau **CPA** et le nouveau **TCPA** de **B** ?

Réponses :

1.	Echos	CPA	TCPA	Rs	Vs
	A	195°/N/0,3'	00 : 19	312°	9,6 nœuds
	B	245°/N/0,2'	00 : 32	062°	15,5 nœuds

- Le navire N vient au 129° à 00 h 06 min.
- Nouveau CPA de B : 090° / 1,4 M, nouveau TCPA = 00 h 17 min.

9° exercice. Route de chasse.

On considère tout changement de vitesse ou de route comme instantané.

On conseille l'échelle : 1 cm pour 1 mille.

Sur feuille A4 (297x210) grand axe Nord-Sud, le centre de pointage sera placé à 1 cm du bord gauche et 24 cm du bord inférieur.

Sur le radar en mouvement relatif stabilisé, Nord en haut de l'écran, d'un navire **N**, en route surface au **210° à 12 nœuds**, on effectue le pointage d'un navire **A**, en route et vitesse constantes, que l'on veut rallier le plus rapidement possible, pointage en relèvements vrais et distances en milles :

HEURES	écho A
18 h 12 min	200° / 10,8 ^M
18 h 18 min	212° / 10,2 ^M

- Déterminer la route et la vitesse surface de l'écho **A**.

2. A **18 h 18 min**, le navire **N** prend une vitesse de chasse de **30 nœuds** et manœuvre pour se mettre en rapprochement en relèvement constant du navire **A**. Quelle route surface (route de chasse) doit-il prendre ?
3. A quelle heure arrivera-t-il à la distance de **2 milles** du navire **A** ?

Réponses. 1 - Route et vitesse de **A : 280° / 23,5 nœuds.**
 2 - Nouvelle route relative de A : $212^\circ - 180^\circ = 032^\circ$;
 d'où la « route de chasse » à 30 nœuds de N au **260°.**
 3 - Le navire N sera à 2 milles de A à : **19 h 00 min.**

10^e Exercice (pointage en annexe sur feuille "radar plotting shett").

Le navire **N**, en route surface au **300° à 12 nœuds**, suit au radar les échos **A,B,C** pointés à **00 h 00 min** et **00 h 12 min** sur la feuille jointe en annexe. Les cercles de distance sont à 2 milles (échelle de veille 8 milles) et le radar est en mouvement relatif stabilisé Nord en haut. L'écho **C** est une bouée de type : marque d'eaux saines.

1. Déterminer les **CPA** et **TCPA** des trois échos.
 2. Déterminer les routes et vitesses surface des échos **A** et **B**.
 3. Déterminer le **courant subi** par le navire **N**.
 4. A **00 h 15 min** le navire **N** vient au **330°** et réduit à **8 nœuds** (route et vitesse surface). Tracer les nouvelles **routes relatives** des trois échos.
 5. a - **A quelle heure** le navire **N** pourra-t-il reprendre sa route initiale sans créer de situation rapprochée à moins de **2 milles** des navires **A** et **B** ?
 b - Donner **la position** du navire **N** par rapport à la bouée **C** à cet instant ?
-

POINTAGE RADAR

TABLE DES EXERCICES

1^{er} Exercice	13
Manœuvre pour passer à la plus courte distance donnée.	
2^e Exercice	15
Manœuvre pour passer par une position relative définie en relèvement et distance.	
3^e Exercice	17
Manœuvre du navire privilégié.	
4^e Exercice	17
Manœuvres possibles pour passer à une distance de sécurité.	
5^e Exercice	18
Manœuvre à vitesse donnée pour se placer en position relative par rapport à un écho.	
6^e Exercice	18
Réduction de vitesse à cap constant pour ne pas créer de situation rapprochée.....	

7^e Exercice	19
Prévision de la position relative d'un navire après une manœuvre pour un autre navire.	
8^e Exercice	20
Conséquence de la manœuvre du navire N pour un écho sur un autre écho.	
9^e Exercice. Route de chasse	20
10^e Exercice (pointage en annexe sur feuille "radar plotting sheet").....	21