

Pointage radar – TD n°12

manœuvre anti collision et retour à la route-surface initiale

Afin d'éviter les risques de collision et de prendre en compte les capacités de manœuvre du navire (délai de réaction du barreur ou du pilote automatique, diamètre de giration selon la vitesse et l'angle de barre) le chef de quart doit respecter une distance minimum de passage (DMP) avec les autres navires, voire avec les autres dangers (côte, hauts fonds, balisage, zones réglementées...). Chaque commandant fixe la DMP de son navire (éventuellement selon l'expérience de chaque chef de quart).

Le respect de cette DMP peut nécessiter une manœuvre selon :

- les CPA et TCPA des autres navires : lesquels sont « menaçants » ?
- la réglementation : qui est tenu de manœuvrer ?
- la visibilité : voit-on les autres navires ou non ?
- la manœuvre des autres navires : suffit-elle à respecter notre DMP ?

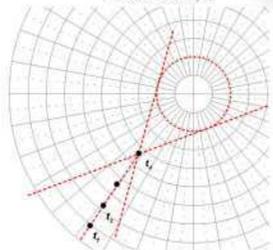
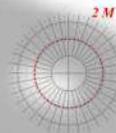
Remarques

- dans les exercices qui suivent (comme dans les sujets d'interrogations ou les exercices sur simulateur), les autres navires ne manœuvrent pas, même si la réglementation le leur impose ;
- pour simplifier les constructions géométriques, on considère que les changements de route et de vitesse sont instantanés : ceci est faux dans la réalité.

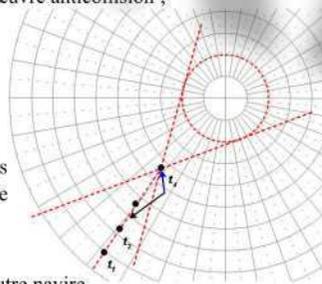
Construction géométrique

On considère que les CPA, TCPA, route & vitesse-surface des échos ont été mesurés (voir TD 11) et que l'heure de la manœuvre anticollision est fixée à l'instant t_4 . La méthode est expliquée en raisonnant avec un seul écho « menaçant » et une DMP de 2 M :

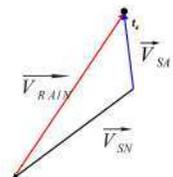
- connaissant la trajectoire de l'écho entre les instants t_1 et t_3 , prolonger ce déplacement pour prévoir sa position à t_4 ;
- tracer un cercle de 2 M autour de notre position (= le centre de la cible radar) ;



- tracer les droites passant par la position de l'écho à t_4 et tangentes au cercle de 2 M : elles représentent la trajectoire que l'on souhaite voir suivie par l'écho pendant la manœuvre anticollision ;



- redessiner le triangle des vitesses avec l'échelle de temps imposée par l'énoncé $\Delta t = t_3 - t_1$ et avec le vecteur-surface de l'écho \vec{V}_{SA} qui finit sur la position de l'écho à t_4



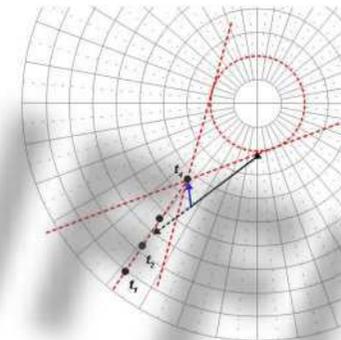
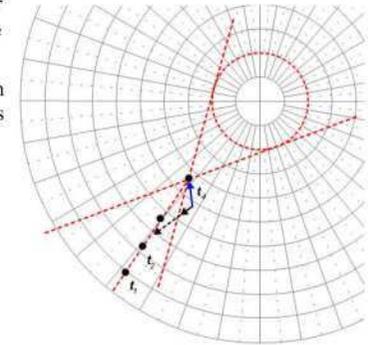
\vec{V}_{SA} vecteur vitesse-surface de l'Autre navire
 \vec{V}_{SN} vecteur vitesse-surface de Notre navire
 $\vec{V}_{RA/N}$ vecteur relatif de l'Autre par rapport à Notre navire

La **route-surface** est représentée par la **direction** du vecteur-surface \vec{V}_{SN}
 La **vitesse-surface** est représentée par la **longueur** du vecteur-surface \vec{V}_{SN}

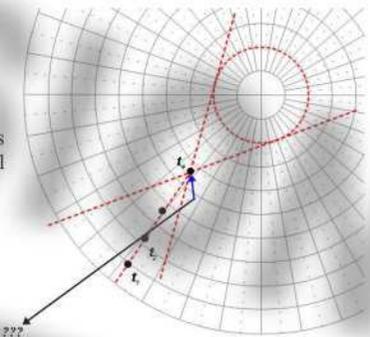
Manœuvre à cap constant : augmenter ou réduire la vitesse ?

En modifiant la longueur du vecteur-surface \vec{V}_{SN} , chercher une intersection avec une des droites tangentes au cercle de 2 M :

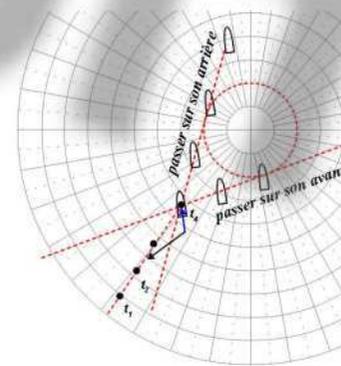
- en diminuant la vitesse-surface on trouve une solution, en marche avant, faisant passer l'écho sur la trajectoire dans notre Ouest ;



- en diminuant encore la vitesse-surface on passe par la valeur $V_s = 0$ nd : en diminuant encore on envisage de faire marche arrière sans changer de route-surface. On trouve une autre solution, en marche arrière, faisant passer l'écho sur la trajectoire dans notre Sud ;



- en augmentant la vitesse-surface on ne trouve pas d'intersection avec les droites tangentes au cercle de 2 M : il n'y a pas de solution en accélérant.



Interprétation des trajectoires : passe-t-on devant l'autre navire ?

Pour savoir si la manœuvre nous fait passer sur l'avant de l'autre navire, dessiner sa silhouette autour de la position de son écho à l'instant t_4 .

Recopier cette silhouette à différents points de chaque trajectoire puis en déduire laquelle nous fait passer sur l'avant de l'autre navire.

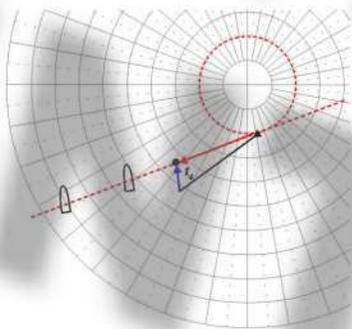
Interprétation des solutions : le vecteur relatif

Pour chaque solution trouvée, dessiner le vecteur relatif : il ferme le triangle des vitesses et son sens va de l'extrémité de notre vecteur-surface \vec{V}_{SN} vers l'extrémité de l'autre vecteur-surface \vec{V}_{SA} :

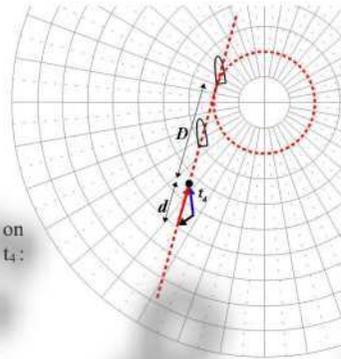
- en diminuant la vitesse-surface, on passe sur le travers tribord puis sur l'arrière de l'autre navire qui passe au plus près à 2 M.

Pour avoir un ordre de grandeur de la durée de la manœuvre, on peut effectuer un calcul de TCPA après l'instant t_4 :

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



- si l'on passe en marche arrière, l'écho de l'autre navire s'éloigne et on ne passera ni sur son avant ni sur son arrière.



Choix de la manœuvre à adopter

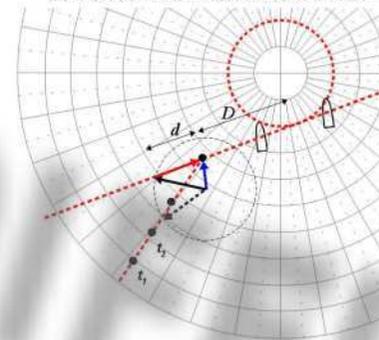
Chaque solution doit être analysée selon les critères suivants :

- la réglementation est-elle respectée ?
autre navire en vue ou non,
passage sur son arrière ou loin sur son avant,
manœuvre du navire non privilégié ou manœuvre d'urgence ;
- le retard est-il important avec cette manœuvre ?
durée de la manœuvre,
écart par rapport à la route ou retour en arrière ;
- les capacités de manœuvres sont-elles conservées ?
manœuvrabilité du navire compromise à vitesse nulle ou faible,
efficacité des safrans réduite en marche arrière, surtout par vent fort ;
- le changement de vitesse-surface ou de route-surface est-il réalisable en pratique ?
caractéristiques de la machine (battre en arrière peut nécessiter un redémarrage),
impossibilité d'atteindre de grandes vitesses en marche arrière,
durée et diamètre de giration à la vitesse actuelle,
lenteur de l'appareil à gouverner,
effet de pas.

Manœuvre à vitesse-surface constante : venir sur bâbord ou tribord ?

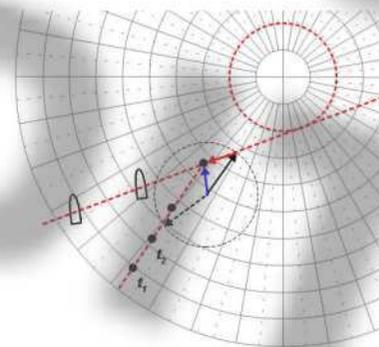
En changeant la direction du vecteur-surface \vec{V}_{SN} , chercher une intersection avec une des droites tangentes au cercle de 2 M :

- planter le compas traceur à l'origine de notre vecteur-surface \vec{V}_{SN} et tracer un cercle dont le rayon est la longueur de notre vecteur-surface ;
- repérer les intersections avec les droites tangentes au cercle de 2 M et mesurer les routes-surface correspondantes ;



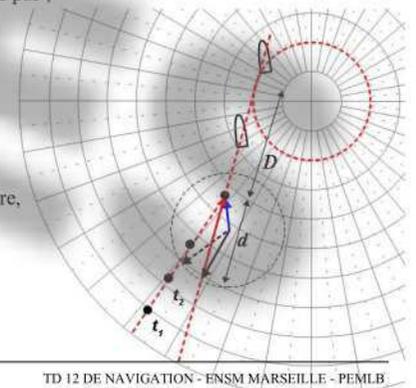
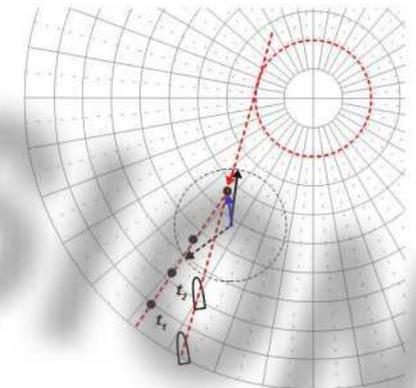
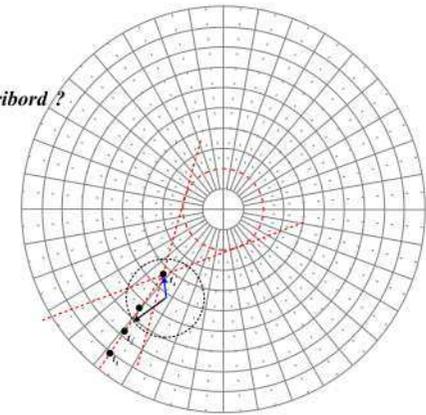
- en tournant sur tribord, une première solution :
fait passer sur l'avant du navire,
fait passer à 2 M de l'écho,
dure environ $2 \cdot \Delta t$;

- en tournant encore sur tribord, une seconde solution :
fait s'éloigner l'écho de l'autre navire,
fait revenir sur nos pas ;



- en tournant encore sur tribord, une troisième solution :
fait s'éloigner l'écho de l'autre navire,
fait revenir sur nos pas ;

- en tournant sur bâbord, une dernière solution :
fait passer sur le travers tribord du navire puis sur son arrière,
fait passer à 2 M de l'écho,
dure environ $1,5 \cdot \Delta t$;

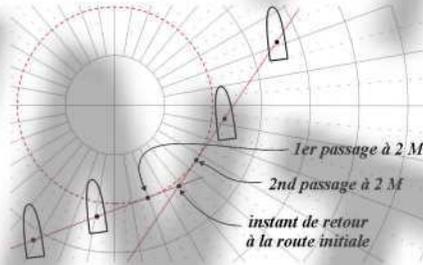


Heure de retour à la route ou vitesse-surface initiale

Afin de limiter le retard et l'écart par rapport aux routes tracées sur la carte, on cherche à revenir à la route ou vitesse-surface initiale le plus tôt possible, sans passer à moins de 2 M de l'écho.

Puisque l'on ne tient pas compte des diamètres de giration ni des durées des variations de vitesse, la trajectoire de l'écho fait un angle vif lors du retour à la route ou à la vitesse-surface initiale et risque de passer à moins de 2 M. Pour écarter ce risque :

- tracer une droite parallèle à la trajectoire de l'écho avant la manœuvre et tangente au cercle de 2 M ;



- chercher l'intersection entre les trajectoires de l'écho : celle pendant et celle après la manœuvre ; lorsque l'écho arrive à ce point, on peut revenir à la route ou à la vitesse-surface initiale ; l'écho passe une seconde fois à 2 M puis s'éloigne définitivement ;

- calculer l'heure de retour à la route comme un TCPA :

$$t_s = t_a + \frac{D}{d} \cdot \Delta t$$

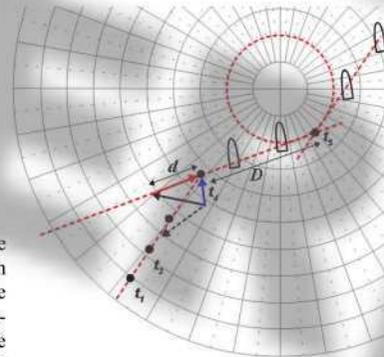
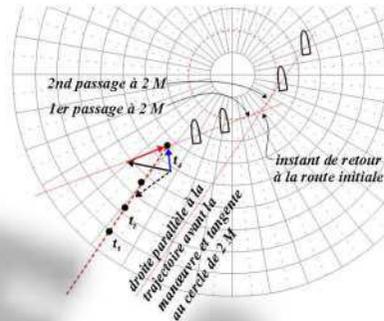
Remarque : dans la réalité, cette contrainte géométrique n'a pas lieu d'être car notre navire en giration décrit une courbe et tout changement de vitesse nécessite plusieurs minutes : si on revient à la route ou à la vitesse-surface initiale lorsque l'écho arrive à 2 M, il suit alors une trajectoire courbe qui épouse à peu près le cercle de 2 M puis s'éloigne en suivant la seconde tangente.

Méthode pour plusieurs échos à éviter par la même manœuvre

Pour la **nouvelle route** à adopter, chercher la solution avec un premier écho A puis vérifier qu'elle permet de respecter la distance minimum avec la trajectoire relative des autres échos. Si cette solution ne suffit pas pour un écho B, chercher une nouvelle solution avec cet écho B et vérifier qu'elle permet de respecter la distance minimum avec les autres échos. Etc, jusqu'à trouver une solution évitant tous les échos. En général, l'écho le plus rapide est celui qui nous contraint au plus grand changement de route : commencer par lui pour éviter de perdre du temps à tâtonner.

Pour l'**heure de retour à la route initiale**, chercher la solution avec l'écho qui a imposé la nouvelle route puis vérifier qu'elle permet de respecter la distance minimum avec la trajectoire relative des autres échos. Si cette solution ne suffit pas pour un écho C, chercher une nouvelle solution avec cet écho C et vérifier qu'elle permet de respecter la distance minimum avec les autres échos. Etc, jusqu'à trouver une solution évitant tous les échos.

Les trajectoires relatives doivent respecter la distance minimum **avant, pendant et après la manœuvre**.



Règlement pour éviter les abordages en mer (COLREG)

Section II. - Conduite des navires en vue les uns des autres

Art. 11. Champ d'application.

Les Règles de la présente section s'appliquent aux navires qui sont en vue les uns des autres.

Art. 12. Navires à voile.

- Lorsque deux navires à voile s'approchent l'un de l'autre de manière à faire craindre un abordage, l'un d'eux doit s'écarter de la route de l'autre comme suit :
 - quand les navires reçoivent le vent d'un bord différent, celui qui reçoit le vent de bâbord doit s'écarter de la route de l'autre ;
 - quand les deux navires reçoivent le vent du même bord, celui qui est au vent doit s'écarter de la route de celui qui est sous le vent ;
 - si un navire qui reçoit le vent de bâbord voit un autre navire au vent et ne peut pas déterminer avec certitude si cet autre navire reçoit le vent de bâbord ou de tribord, le premier doit s'écarter de la route de l'autre.
- Aux fins d'application de la présente Règle, le côté d'où vient le vent doit être considéré comme étant celui du bord opposé au bord de brassage de la grande voile ou, dans le cas d'un navire à phares carrés, le côté opposé au bord de brassage de la plus grande voile aurique (ou triangulaire).

Art. 13. Navire qui en rattrape un autre.

- Nonobstant toute disposition des Règles des sections I et II de la partie B, tout navire qui en rattrape un autre doit s'écarter de la route de ce dernier.
- Doit se considérer comme en rattrapant un autre un navire qui s'approche d'un autre navire en venant d'une direction de plus de 22.5 degrés sur l'arrière du travers de ce dernier, c'est-à-dire qui se trouve dans une position telle, par rapport au navire rattrapé, que, de nuit, il pourrait voir seulement le feu arrière de ce navire, sans voir aucun de ses feux de côté.
- Lorsqu'un navire ne peut déterminer avec certitude s'il en rattrape un autre, il doit se considérer comme un navire qui en rattrape un autre et manœuvrer en conséquence.
- Aucun changement ultérieur dans le relèvement entre les deux navires ne peut faire considérer le navire qui rattrape l'autre comme croisant la route de ce dernier au sens des présentes Règles ni l'affranchir de l'obligation de s'écarter de la route du navire rattrapé jusqu'à ce qu'il soit tout à fait paré et clair.

Art. 14. Navires qui font des routes directement opposées.

- Lorsque deux navires à propulsion mécanique font des routes directement opposées ou à peu près opposées de telle sorte qu'il existe un risque d'abordage, chacun d'eux doit venir au tribord pour passer à bâbord de l'autre.
- On doit considérer qu'une telle situation existe lorsqu'un navire en voit un autre devant lui ou pratiquement devant lui, de sorte que de nuit, il verrait les feux de mât de l'autre navire l'un par l'autre ou presque et/ou ses deux feux de côté et que, de jour, il verrait l'autre navire sous un angle correspondant.
- Lorsqu'un navire ne peut déterminer avec certitude si une telle situation existe, il doit considérer qu'elle existe effectivement et manœuvrer en conséquence.

Art. 15. Navires dont les routes se croisent.

Lorsque deux navires à propulsion mécanique font des routes qui se croisent de telle sorte qu'il existe un risque d'abordage, le navire qui voit l'autre navire sur tribord doit s'écarter de la route de celui-ci et, si les circonstances le permettent, éviter de croiser sa route sur l'avant.

Art. 16. Manœuvre du "navire non-privilegié".

Tout navire qui est tenu de s'écarter de la route d'un autre navire doit, autant que possible, manœuvrer de bonne heure et franchement de manière à s'écarter largement.

Art. 17. Manœuvre du "navire privilégié".

- Lorsqu'un navire est tenu de s'écarter de la route d'un autre navire, cet autre navire doit maintenir son cap et sa vitesse.
 - Néanmoins, ce dernier peut manœuvrer, afin d'éviter l'abordage par sa seule manœuvre, aussitôt qu'il lui paraît évident que le navire qui est dans l'obligation de s'écarter de sa route n'effectue pas la manœuvre appropriée prescrite par les présentes Règles.
- Quand, pour une cause quelconque, le navire qui est tenu de maintenir son cap et sa vitesse se trouve tellement près de l'autre que l'abordage ne peut être évité par la seule manœuvre du navire non privilégié, il doit de son côté faire la manœuvre qui est la meilleure pour aider à éviter l'abordage.

- c) Un navire à propulsion mécanique qui manœuvre pour éviter un abordage avec un autre navire à propulsion mécanique dont la route croise la sienne dans les conditions prévues à l'alinéa a) ii) de la présente Règle ne doit pas, si les circonstances le permettent, abattre sur bâbord lorsque l'autre navire est bâbord à lui.
- d) La présente Règle ne saurait dispenser le navire non privilégié de l'obligation de s'écarter de la route de l'autre navire.

Art. 18. Responsabilité réciproque des navires.

Sauf dispositions contraires des Règles 9, 10 et 13 :

- a) Un navire à propulsion mécanique faisant route doit s'écarter de la route :
- d'un navire qui n'est pas maître de sa manœuvre;
 - d'un navire à capacité de manœuvre restreinte;
 - d'un navire en train de pêcher;
 - d'un navire à voile;
- b) Un navire à voile faisant route doit s'écarter de la route :
- d'un navire qui n'est pas maître de sa manœuvre;
 - d'un navire à capacité de manœuvre restreinte;
 - d'un navire en train de pêcher.
- c) Un navire en train de pêcher et faisant route doit, dans la mesure du possible, s'écarter de la route :
- d'un navire qui n'est pas maître de sa manœuvre;
 - d'un navire à capacité de manœuvre restreinte.
- d) - Tout navire autre qu'un navire qui n'est pas maître de sa manœuvre ou qu'un navire à capacité de manœuvre restreinte doit, si les circonstances le permettent, éviter de gêner le libre passage d'un navire handicapé par son tirant d'eau; qui montre les signaux prévus à la Règle 28.
- Un navire handicapé par son tirant d'eau doit naviguer avec une prudence particulière, en tenant dûment compte de sa situation spéciale.
- e) Un hydravion améri, doit en règle générale, se tenir largement à l'écart de tous les navires et éviter de gêner leur navigation. Toutefois, lorsqu'il y a risque d'abordage, cet hydravion doit se conformer aux Règles de la présente Partie.

Section III. - Conduite des navires par visibilité réduite

Art. 19. Conduite des navires par visibilité réduite.

- a) La présente Règle s'applique aux navires qui ne sont pas en vue les uns des autres et qui naviguent à l'intérieur ou à proximité de zones de visibilité réduite.
- b) Tout navire doit naviguer à une vitesse de sécurité adaptée aux circonstances existantes et aux conditions de visibilité réduite. Les navires à propulsion mécanique doivent tenir leurs machines prêtes à manœuvrer immédiatement.
- c) Tout navire, lorsqu'il applique les Règles à la section I de la présente Partie, doit tenir dûment compte des circonstances existantes et des conditions de visibilité réduite.
- d) Un navire qui détecte au radar seulement la présence d'un autre navire doit déterminer si une situation très rapprochée est en train de se créer et/ou si un risque d'abordage existe. Dans ce cas, il doit prendre largement à temps des mesures pour éviter cette situation, toutefois, si ces mesures consistent en un changement de cap, il convient d'éviter, dans la mesure du possible, les manœuvres suivantes :
- un changement de cap sur bâbord dans le cas d'un navire qui se trouve sur l'avant du travers, sauf si ce navire est en train d'être rattrapé ;
 - un changement de cap en direction d'un navire qui vient par le travers ou sur l'arrière du travers.
- e) Sauf lorsqu'il a été établi qu'il n'existe pas de risque d'abordage, tout navire qui entend, dans une direction qui lui paraît être sur l'avant du travers, le signal de brume d'un autre navire, ou qui ne peut éviter une situation très rapprochée avec un autre navire situé sur l'avant du travers, doit réduire sa vitesse au minimum nécessaire pour maintenir son cap. Il doit, si nécessaire, casser son erre et, en toutes circonstances, naviguer avec une extrême précaution jusqu'à ce que le risque d'abordage soit passé.

Exercice 1

Votre navire est en route-surface $R_s = 230^\circ$ à la vitesse-surface $V_s = 9$ nds et vous observez l'image du radar, stabilisée en North Up avec l'information du compas gyroscopique dont la variation est nulle, réglée en mouvement relatif, navire au centre.

instant 1 à 07h00

instant 2 à 07h20

L'écho ■ est celui d'une tourelle.

- 1 Donner le CPA et TCPA du navire dont l'écho est un disque ● .
- 2 Déterminer la route-surface et la vitesse-surface des navires dont les échos sont ● et ▲ . Mesurer le courant.

A 07h25 vous manœuvrez pour passer à 2 M du navire dont l'écho est ● . La manœuvre consiste à modifier le cap seulement ou la vitesse seulement.

- 3 Étudier toutes les possibilités de manœuvre et juger de leurs avantages et inconvénients : réglementation, réalisation facile, durée de la manœuvre, écart par rapport à la route initiale...

A 07h25 vous manœuvrez sur tribord sans changer de vitesse ($R_{SN}' = 295^\circ$).

- 4 Calculer l'heure de retour à la route initiale, mesurer le relèvement et la distance du navire ▲ à cet instant, préciser le CPA et le TCPA de la tourelle ■ si vous revenez à la route initiale à cet instant.

Exercice 2

Un navire est en route au $C_v = 198^\circ$ à la vitesse-surface $V_s = 18$ nds et observe sur son radar l'image suivante, stabilisée en North Up avec l'information du compas gyroscopique dont la variation est nulle, réglée en mouvement relatif, navire au centre. Le vent et le courant sont nuls.

instant 1 à 08h00

instant 2 à 08h10

instant 3 à 08h20

- 1 Donner le CPA et TCPA du navire dont l'écho est un triangle ▲ , mesurer la route-surface et la vitesse-surface des navires dont les échos sont ● et ▲

Le navire portant le radar décide de manœuvrer à 08h25 sans modifier sa vitesse pour passer derrière le navire dont l'écho est un triangle ▲ sans s'approcher à moins de 2 M.

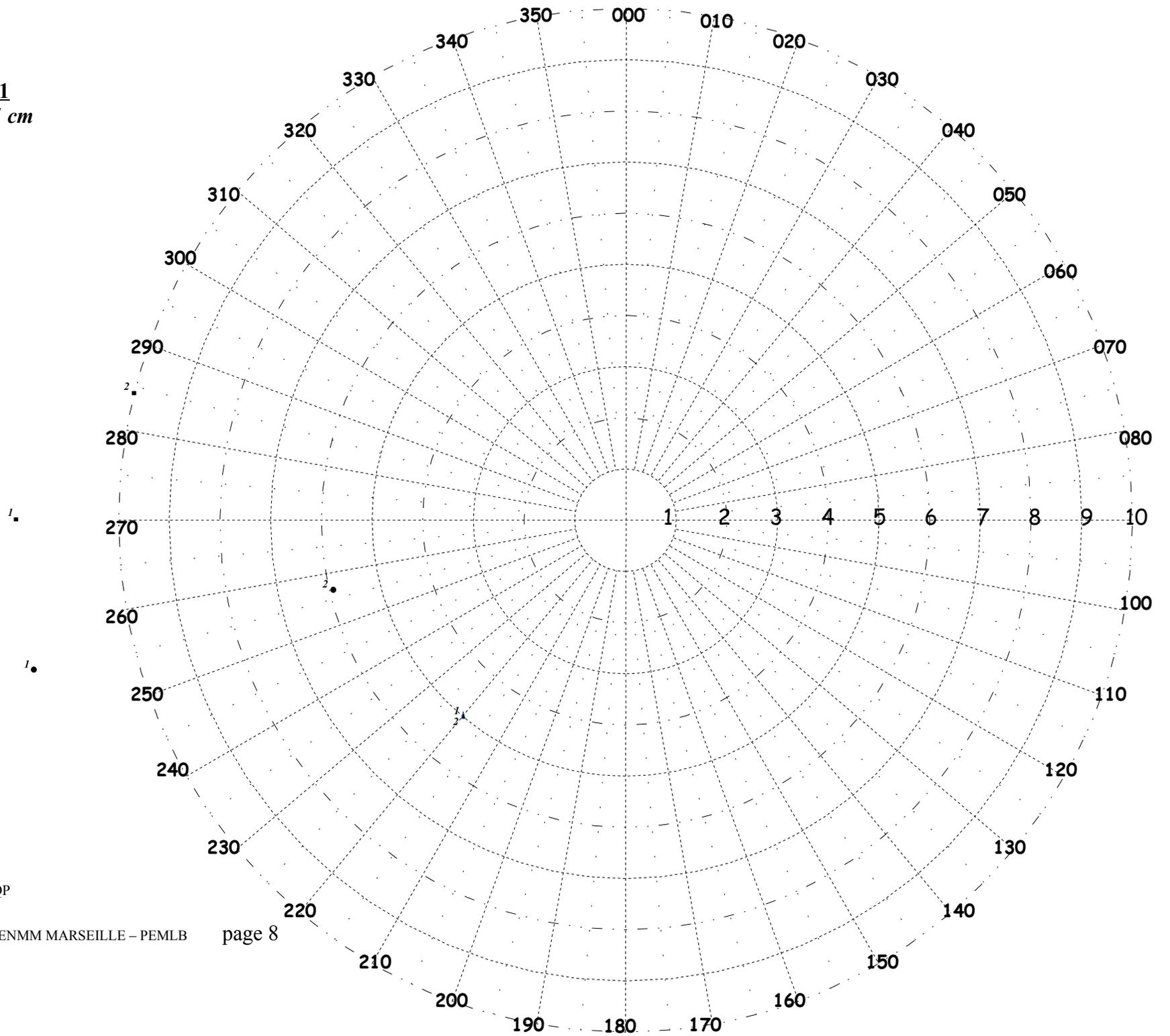
- 2 Déterminer la nouvelle route-que le navire doit adopter à 08h25, préciser l'heure à laquelle il peut revenir à sa route initiale, donner la position de l'écho ● à ce dernier instant en azimut et distance.

Le navire portant le radar manœuvre puis revient dès que possible à sa route initiale. A 09h00 il décide d'augmenter sa vitesse-surface à $V_s = 22,5$ nds pour se placer à 3 M dans le travers tribord du navire à l'écho ● .

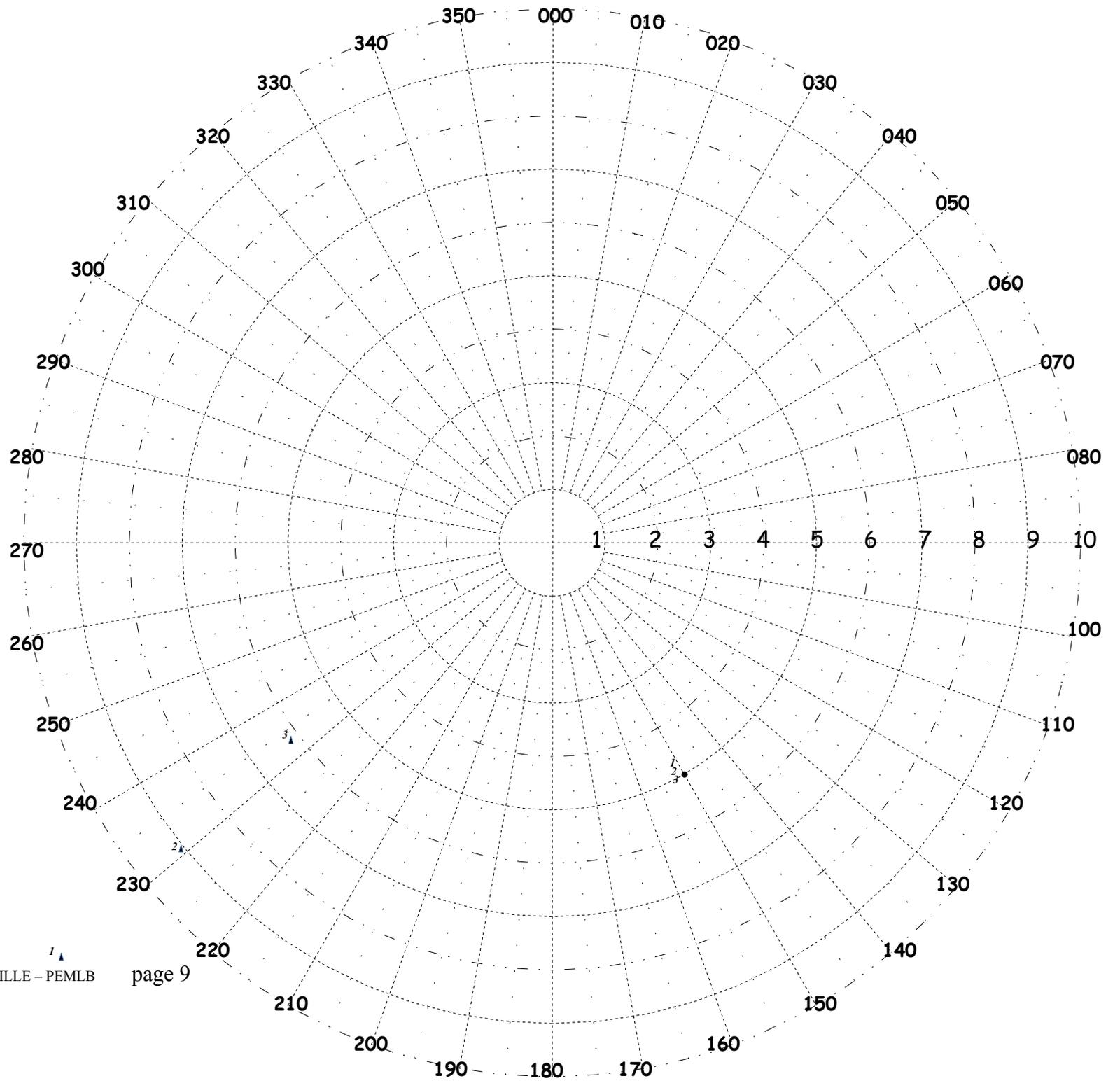
- 3 Déterminer la nouvelle route que le navire doit adopter à 09h00, préciser la durée de cette manœuvre.

TD 12 Exercice 1

échelle : 1 M = 1 cm



TD 12 Exercice 2
échelle : 1 M = 1 cm



Correction du TD n°12 : jointage radar, manœuvres anti-collision

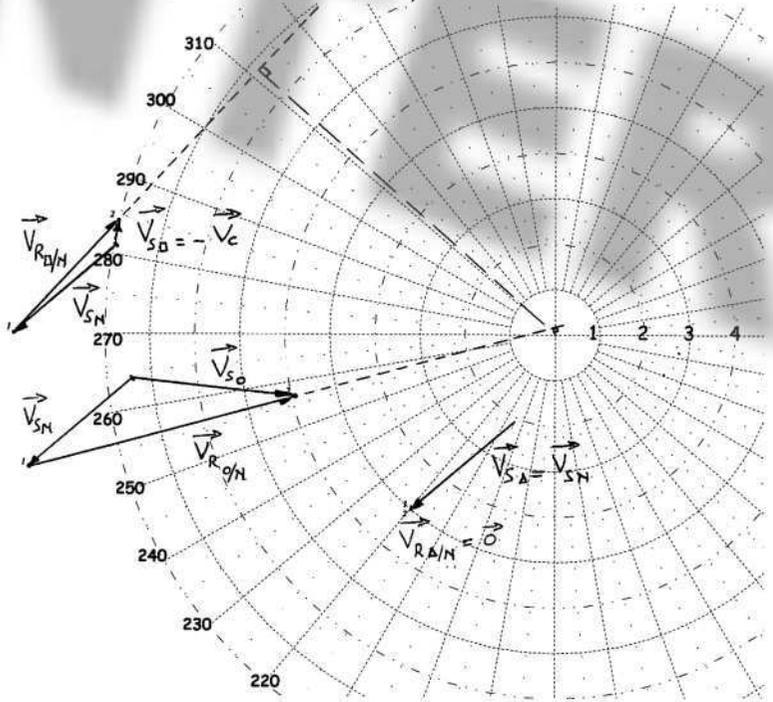
Exercice 1

① techniques détaillées au TD 11

	○	△	□
CPA	0,15M	5M	8,7M
TCPA	19min (07 ^h 39)	0min (07 ^h 20)	30min (07 ^h 50)
R _c	097°	230°	015° + 180° = 195° = R _c
V _s	10,8nds	9nds	1,5nds = V _c

le courant porte au 195° à 1,5nds

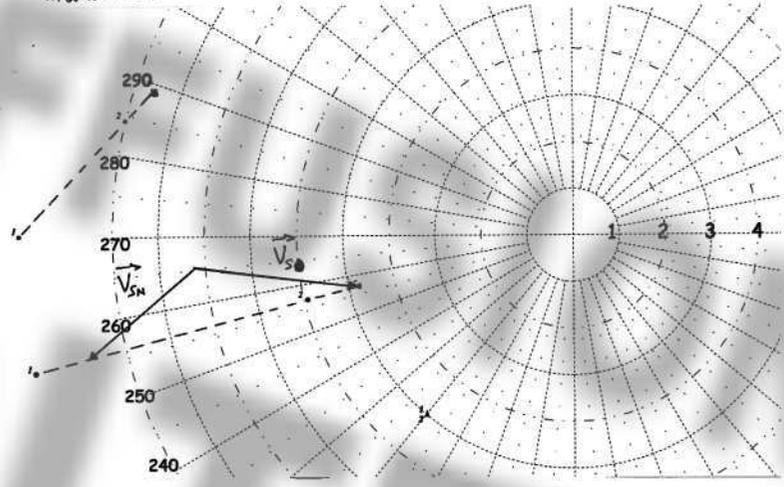
l'écho △ est immobile sur notre radar, il a donc la même route et la même vitesse - surface que notre navire : $\vec{V}_{S\Delta} = \vec{V}_{SN}$



③ → pour étudier la manœuvre à 07^h25, il faut prolonger la trajectoire des échos jusqu'à 07^h25 en supposant que chaque navire (et le courant) conserve sa route et vitesse de 07^h00 à 07^h20 et de 07^h00 à 07^h25

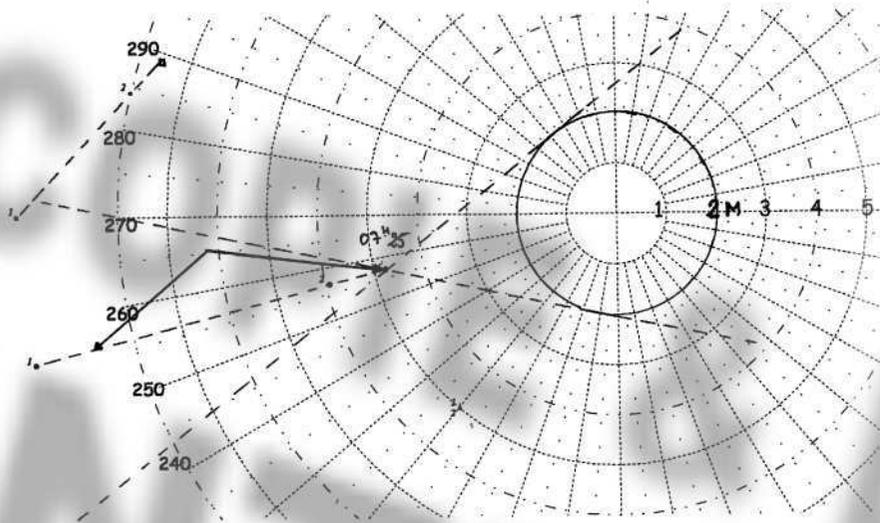
	de 07 ^h 00 à 07 ^h 20	de 07 ^h 00 à 07 ^h 25
écho ○	6,1 um	7,6 um
écho □	3,4 um	4,3 um
écho △	0 um	0 um

→ puisqu'on raisonne sur l'écho ○ il faut redessiner le triangle des vitesses avec \vec{V}_{SO} qui finit sur la position de l'écho ○ à 07^h25 et \vec{V}_{SN} d'avant la manœuvre.



→ pour que l'écho ○ passe à 2M, il faut que sa trajectoire après 07^h25 soit une droite tangente au cercle de 2M : tracer les droites tangentes au cercle de 2M et passant par la position de l'écho ○ à 07^h25

Remarque : pour faciliter l'interprétation des solutions, prolonger ces tangentes "avant" 07^h25



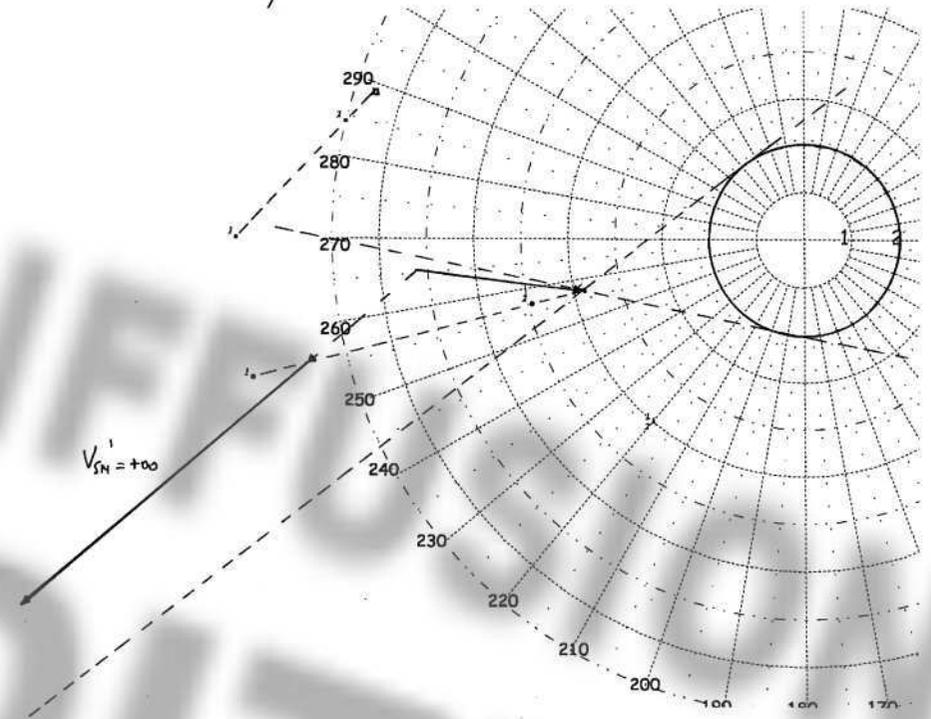
Manoeuvre à cap constant: augmenter ou diminuer la vitesse V_{SN}

la vitesse de notre navire est représentée par la longueur de notre vecteur - surface \vec{V}_{SN} :

- augmenter la vitesse correspond à rallonger notre vecteur;
- diminuer la vitesse correspond à raccourcir notre vecteur;
- stopper correspond à un vecteur - surface nul $\vec{V}_{SN} = \vec{0}$;
- balise en arrière correspond à une valeur de "longueur négative": le cap (= la direction du vecteur) ne change pas mais son sens est inversé ($\pm 180^\circ$).

en modifiant la longueur de \vec{V}_{SN} sans changer sa direction, on cherche à déformer le triangle des vitesses de manière à obtenir un vecteur relatif sur une des trajectoires; en résumé, on modifie la longueur de \vec{V}_{SN} en cherchant une intersection avec l'une ou l'autre des trajectoires tangentes à 2M.

→ en augmentant V_{SN} on ne trouve pas de solution: la direction de \vec{V}_{SN} est presque parallèle à la trajectoire et l'intersection est très éloignée, conduisant à une vitesse $V_{SN}' \approx +\infty$. En pratique, les machines de notre navire ne peuvent atteindre cette vitesse.

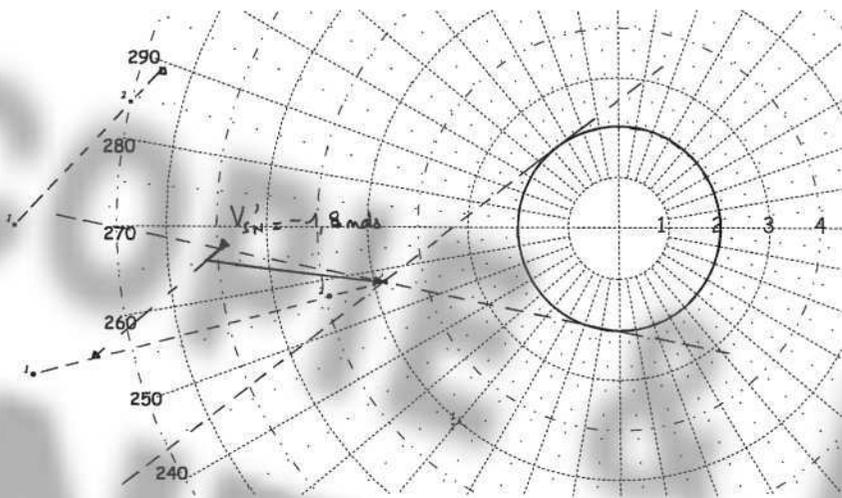


→ en réduisant V_{SN} on ne trouve pas de solution.

→ en stoppant $V_{SN} = 0$ on ne trouve pas de solution.

→ en allant en arrière à $V_{SN}' = -1,8$ nœuds on passe à 2M sur le travers la bord de l'autre manœuvre dure 26 minutes.

Attention! en pratique il est difficile de manœuvrer à vitesse faible, surtout en marche arrière: cette solution est à éviter.

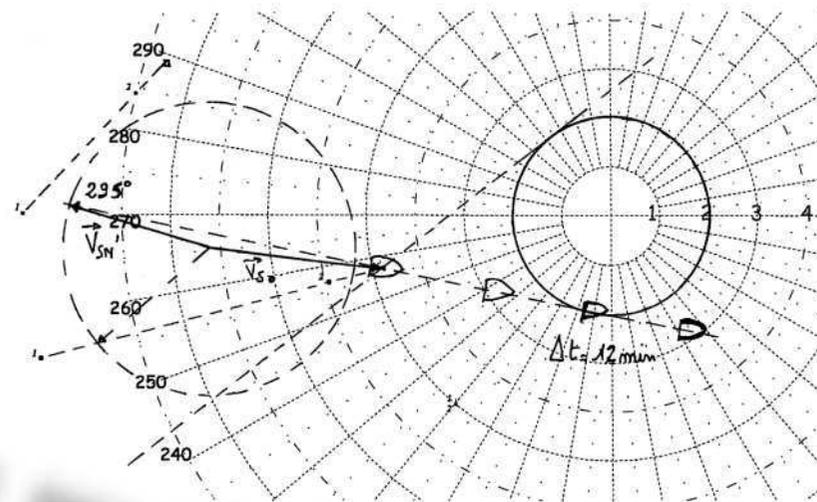


Manceuvre à vitesse constante : venir sur bâbord ou sur tribord

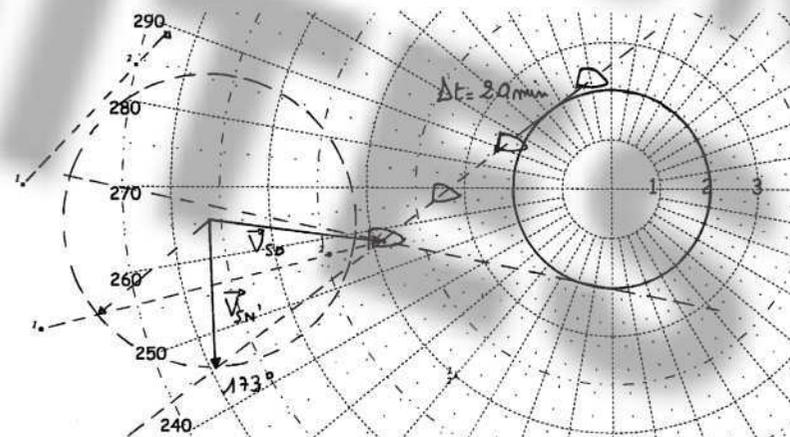
→ l'origine de notre vecteur \vec{V}_{SN} est commune avec celle du vecteur - surface de l'écho \circ . Puisque l'on ne peut pas agir sur le cap ou la vitesse de l'autre navire, cette origine des deux vecteurs - surface est immobile : c'est le centre du cercle que décrit notre vecteur \vec{V}_{SN} lorsque l'on modifie le cap mais pas la vitesse.

→ tracer le cercle centré sur l'origine de \vec{V}_{SN} de rayon égal à $V_{SN} = 1,8 \text{ mds}$ sur $\Delta t = 20 \text{ min}$, soit $3M$

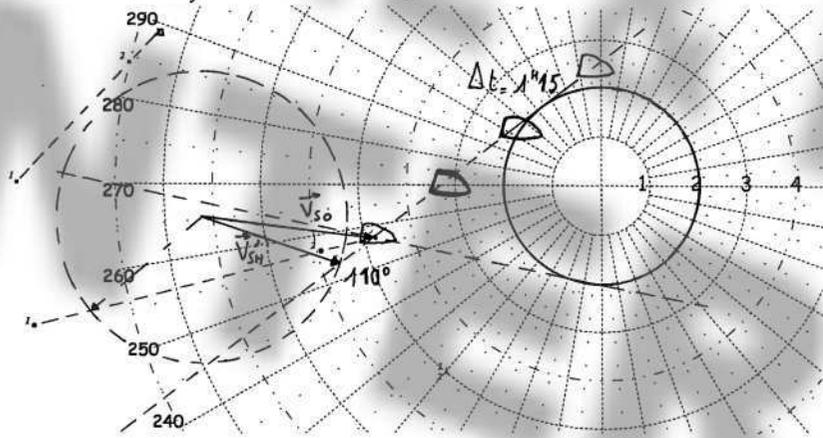
→ en tournant sur tribord à $R_{SN}' = 295^\circ$
on passe sur le travers bâbord du navire, à $2M$,
la manœuvre dure environ 12 minutes
cette solution est conforme à la réglementation quelle que soit la visibilité avec l'autre navire.



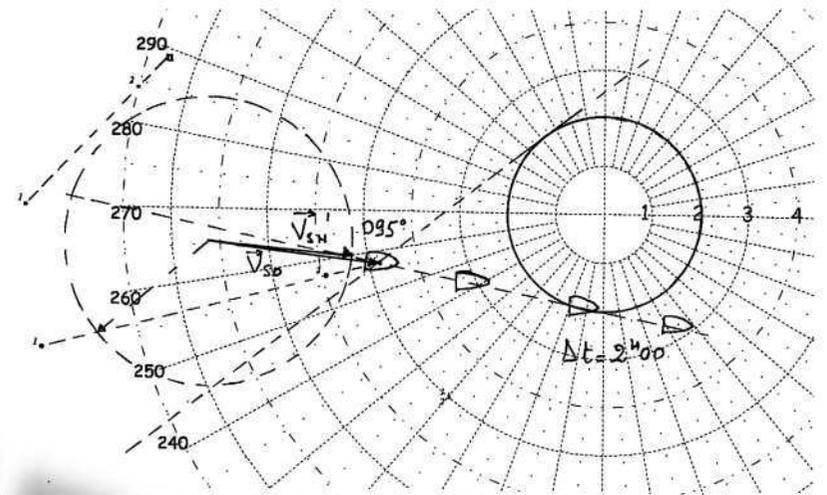
→ en tournant sur bâbord à $R_{SN}' = 173^\circ$
on passe sur l'avant de l'autre navire, à $2M$,
la manœuvre dure environ 20 minutes
cette solution est à éviter selon la réglementation si l'on voit l'autre navire car on croise sa route;
si on ne voit pas l'autre navire, cette solution est aussi à éviter car la réglementation dans ces cas recommande de ne pas venir sur bâbord.



→ en tournant sur bâbord à $R_{SN}' = 110^\circ$
 on passe sur l'avant de l'autre navire, à 2M,
 la manœuvre dure environ 1^h15 et nous fait revenir sur nos pas.
 Selon la réglementation, si l'on voit l'autre navire, cette
 solution est déconseillée car elle nous fait voyager la route de
 l'autre navire; si on ne voit pas l'autre navire, elle est
 à éviter car on tourne sur bâbord.
 Etant donné le retard accumulé, cette manœuvre est à exclure
 pour des raisons commerciales $\approx 2 \times 1^h15 = 2^h30$ ($\times 2$ pour l'aller
 et le retour après la manœuvre).



→ en tournant sur bâbord à $R_{SN}' = 095^\circ$
 on passe sur le travers bâbord de l'autre navire, à 2M,
 la manœuvre dure 2^h00 et nous fait revenir sur nos pas.
 Selon la réglementation, en vue de l'autre navire cette
 manœuvre est conforme; si l'on ne voit pas l'autre navire,
 elle n'est pas recommandée car on tourne sur bâbord.
 Cette manœuvre est très longue car elle consiste à se mettre
 en route parallèle à celle de l'autre navire et à se
 laisser doubler. La différence de vitesse étant seulement
 de 1,8 nœuds, cette manœuvre est à exclure pour éviter de
 perdre $\approx 2 \times 2^h00 = 4^h$ de retard! ($\times 2$ pour l'aller-retour).



en conclusion, la manœuvre la plus adaptée est de venir sur
 tribord sans changer de vitesse : $R_{SN}' = 235^\circ$

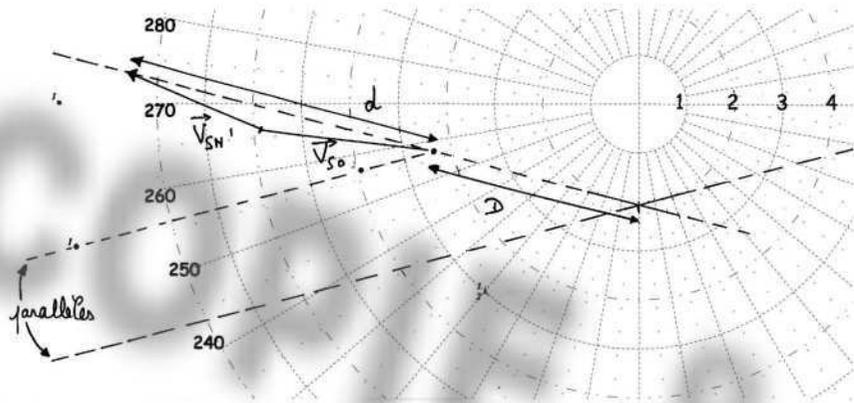
④ → pour le retour à la route initiale (on parle tantôt de
 la route-surface et pas de la route-fond), les constructions
 géométriques ne tiennent pas compte des cercles de giration:
 ce manque de réalisme oblige à "retarder" le retour
 pour éviter de faire passer l'écho à moins de 2M.
 Pour éviter ceci, on trace la trajectoire que l'écho doit
 suivre après le retour à notre route initiale:
 une droite tangente au cercle de 2M et parallèle
 à sa trajectoire avant la manœuvre.

→ l'intersection des deux trajectoires de l'écho, pendant
 la manœuvre et après le retour à la route initiale,
 est la position de cet écho à l'heure du retour.

On calcule cette heure comme un CPA :

$$07^h35 + \frac{D}{d} \times \Delta t = 07^h25 + \frac{4,5 \text{ km}}{6,5 \text{ km}} \times 20 \text{ min} = 07^h25 + 14 \text{ min}$$

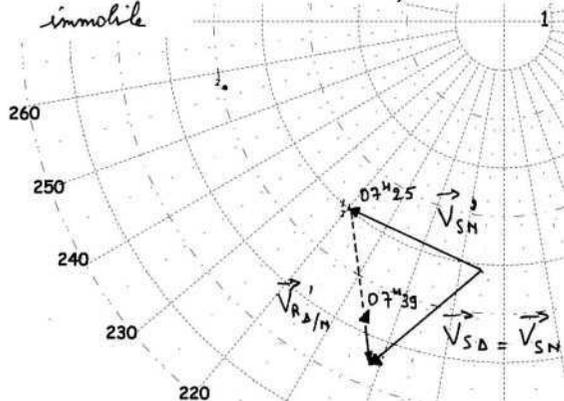
retour à $R_{SN} = 230^\circ$ à 07^h39



→ pendant les 14 minutes de manœuvre, l'écho Δ n'a plus la même route - surface que notre navire : il va donc se déplacer sur notre écran de radar. Pour déterminer sa trajectoire :

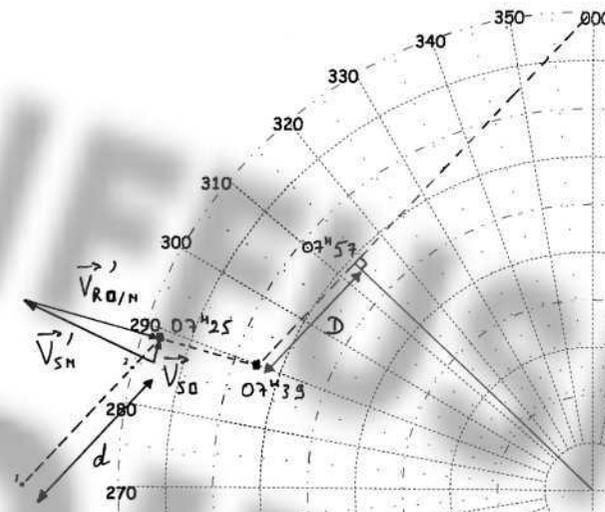
- dessiner notre vecteur - vitesse $\vec{V}_{S/N}$ durant la manœuvre sur $\Delta t = 20 \text{ min}$ qui finit sur le point où est l'écho à 07^h25 ;
- depuis la même origine que $\vec{V}_{S/N}$, tracer $\vec{V}_{S/D}$ ($230^\circ/9 \text{ mds}$)
- former le triangle des vitesses avec le vecteur - relatif $\vec{V}_{R/D/N}$ qui va de notre vecteur vers l'autre vecteur - surface.

Cette construction est faite sur $\Delta t = 20 \text{ minutes}$: en reportant le déplacement à 14 minutes par une règle de trois, on obtient la position de l'écho Δ à la fin de notre manœuvre. A partir de 07^h39 , nous reprenons la même route et vitesse que l'écho Δ donc il redevient immobile



a' partir de 07^h39
l'écho Δ est immobile
a' la position :
 $Z_v = 205^\circ/N / 6,8M$

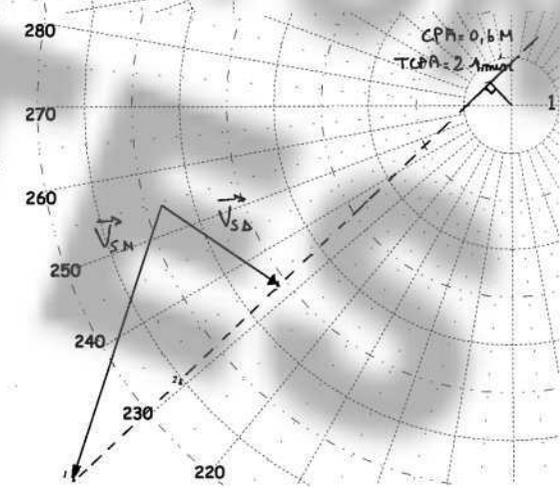
→ pour déterminer le nouveau CPA et TCPA de la tonnelle a' l'écho \square on procède d'abord de la même manière pour trouver la position de l'écho \square a' 07^h39 .
Après 07^h39 la trajectoire relative de l'écho \square est parallèle a' celle qu'il avait avant 07^h25 . On trace donc une droite passant par l'écho a' 07^h39 et parallèle a' la première puis on cherche le CPA le plus faible après 07^h25 : il est après 07^h39 .



si on revient a' la route initiale a' 07^h39 , le CPA de la tonnelle a lieu a' 07^h57 a' 6,9 M (TCPA = 18min)

Exercice 2

	0	Δ
CPA	5 M	0,6 M
TCPA	0 min	21 min
R_s	198°	123°
V_s	18 mds	9 mds

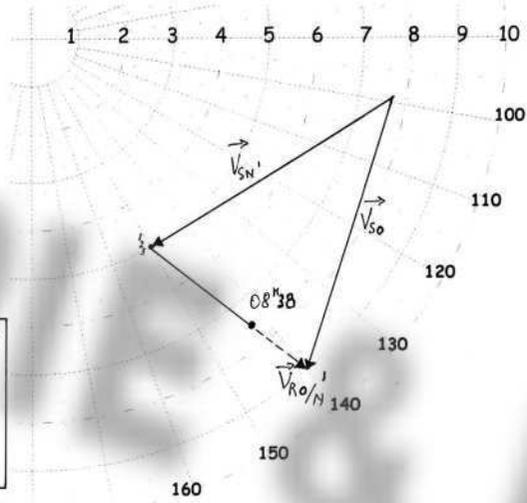


$$4,1M \times \frac{13 \text{ min}}{20 \text{ min}} = 2,7M$$

on place ainsi l'écho \bullet à 08^h38 qui redébutent immobile car son vecteur - vitesse est le même que le nôtre après la manœuvre.

écho \bullet : $Z_V = 142^\circ / N / 7,5M$

à 08^h25 il faut adopter $R_{SN}' = 239^\circ$ et revenir à $R_{SN} = 198^\circ$ à 08^h38 après 08^h38 l'écho \bullet s'immobilise dans le $Z_V = 142^\circ / N / 7,5M$



③ entre 08^h38 et 09^h00 l'écho \bullet reste immobile sur notre radar.

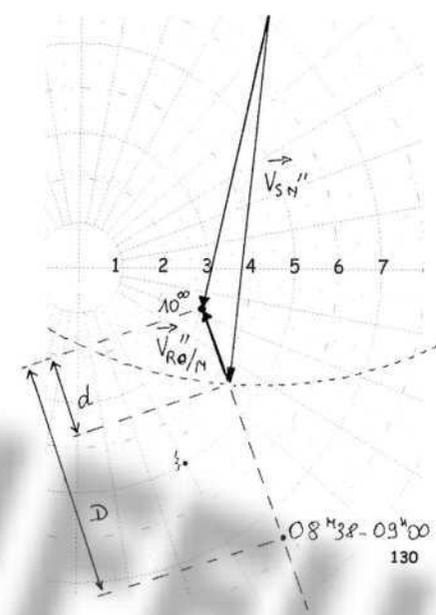
on manœuvre pour se placer à une position dans le giement travers tribord soit $\gamma = Td 090^\circ$ une depuis l'autre navire, dont la route-surface est $R_{S0} = R_{SN} = 198^\circ$. Alors, à la fin de cette nouvelle manœuvre, l'autre navire \bullet nous verra dans le relevement $Z_{V1} = C_V + \gamma$ soit $Z_{V1} \approx R_{S0} + \gamma = 198^\circ + 90^\circ = 288^\circ$ à une distance de 3M.

Donc son écho sera sur notre radar dans le $Z_{V2} = Z_{V1} \pm 180^\circ = 108^\circ$ à 3M.

la manœuvre à partir de 09^h00 consiste donc à faire décaler l'écho \bullet depuis sa position initiale $Z_V = 142^\circ / N / 7,5M$ à sa position finale $Z_{V2} = 108^\circ / N / 3M$.

On trace la droite passant par ces deux positions puis le vecteur surface de l'écho \bullet qui FINIT sur la position finale. Depuis son origine, on trace un cercle dont le rayon est notre nouvelle vitesse 22,5nd rapportée à $\Delta t = 20 \text{ min}$, soit 7,5M. Le cercle joue la trajectoire relative de l'écho \bullet en deux points. Pour choisir le bon, c'est à dire la route-surface à adopter, on utilise la solution qui donne un vecteur relatif de l'écho \bullet , durant la manœuvre, orienté ("du nôtre vers l'autre") de la position initiale vers la position finale de l'écho \bullet .

$R_{SN}'' = 190^\circ$



la durée de cette manœuvre est calculée comme un TCPA:
 $\frac{D}{d} \times \Delta t = \frac{4,8M}{1,6M} \times 20 \text{ min} = 60 \text{ min}$

à 09^h00 il faut adopter $R_{SN}'' = 190^\circ$ et $V_{SN}'' = 22,5 \text{ nd}$ et notre manœuvre sera "à poste" à 10^h00, soit une manœuvre de 1^h.