

Pointage radar – TD n°13

CPA & TCPA entre les autres navires, présentation au mouillage

Exercice 1

Votre navire est en route-surface $R_s = 345^\circ$ à la vitesse-surface $V_s = 15$ 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 13h12
instant 2 à 13h18
instant 3 à 13h24

1 Déterminer la route-surface et la vitesse-surface des deux échos.

Estimant que le navire à l'écho ▲ passe trop près, vous souhaitez manœuvrer à 13h30 en supposant que les deux autres navires conservent leur cap et leur vitesse. Vous envisagez deux manœuvres :

- venir à droite sans changer de vitesse pour passer à 1,5 M de l'écho ▲ ;
- stopper pendant 12 minutes puis reprendre la route et la vitesse initiales.

2 Mesurer la route à adopter et l'heure de retour à la route initiale pour la première manœuvre, le CPA de l'écho ▲ pour la seconde manœuvre et le CPA de l'écho ■ pour les deux cas.

3 Préciser le CPA et le TCPA du navire ▲ par rapport au navire ■ .

Exercice 2

L'image du radar est stabilisée en North Up avec l'information du compas gyroscopique dont la variation est nulle, en mouvement relatif avec le navire au centre.

Vous observez sur le radar les trois échos en rapprochement :

- écho d'une tourelle dans le Nord-Est ;
- écho d'un pêcheur dans l'Est ;
- écho d'un porte-conteneur dans le Sud-Sud-Est.

Les échos sont repérés à 09h10, 09h16 et 09h22.

Vous naviguez avec $R_s = 061^\circ$ et $V_s = 16$ nds par mauvaise visibilité.

1 Déterminer les CPA, TCPA, routes-surfaces et vitesses surface des navires, et le courant subi.

Vous manœuvrez à 09h25 sans changer de vitesse-surface pour passer à 1 M des navires.

2 Mesurer la route-surface à adopter à 09h25.

3 Calculer l'heure à laquelle vous pourrez revenir à la route-surface initiale $R_s = 061^\circ$.

4 A l'heure de retour à la route, préciser la position des trois échos par rapport à vous.

Vous reprenez la route initiale au 061° dès que possible et à 09h45 vous manœuvrez sans changer de vitesse pour aller mouiller sur un point situé à 4 M dans l'Est de la tourelle. On suppose que vous naviguez à 16 nds jusqu'au mouillage et qu'il faut 10 minutes pour la réduction d'allure et la présentation face au courant.

5 Donner la route-surface à adopter à 09h45.

6 Évaluer l'heure du mouillage pour prévenir le bosco.

Pointage radar – TD n°14

CPA & TCPA, R_s & V_s , manœuvres, route & vitesse-fond des navires

Exercice 1

Votre navire est en route-surface $R_{SN} = 300^\circ$ à la vitesse-surface $V_s = 18$ nd 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 23h12 instant 2 à 23h17 instant 3 à 23h22

La brume est épaisse et vous empêche de voir les autres navires. Vous entendez à la VHF les communications entre deux navires entrés en collision et un patrouilleur de service public venant à leur aide. Un de ces navires a jeté l'ancre et l'autre est stoppé à la dérive. Le courant estimé porte au Sud.

1 Mesurer la route-surface et la vitesse-surface des échos puis les identifier.

Vous souhaitez manœuvrer à 23h30 pour passer à 1,5 M en supposant que les autres navires conservent leur cap et leur vitesse. Vous envisagez deux manœuvres :

- changer de cap sans changer de vitesse ;
- changer de vitesse sans changer de cap.

2 Déterminez la solution pour chacune des manœuvre et l'heure de retour à $\vec{V}_{SN}$ initial.

3 Préciser le CPA et le TCPA du patrouilleur par rapport aux autres navires.

Finalement, à 23h30 vous effectuez un tour complet par bâbord avec 5° de barre : au bout de 13 minutes, vous revenez au même point sur l'eau et reprenez la route $R_{SN} = 300^\circ$. A 00h00 vous augmentez la vitesse-surface à 30 nd pour vous placer à 2 M derrière le navire à l'écho ★

4 Préciser la route-surface à adopter à 00h00 et la durée de la manœuvre.

Exercice 2

Votre navire est en route-surface $R_s = 137^\circ$ à la vitesse-surface $V_s = 16$ 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 16h11 instant 3 à 16h24

La haute température et la forte humidité lèvent une brume de chaleur qui vous empêche de distinguer les autres navires. Le lieutenant qui vient de vous passer le quart a aperçu à la jumelle les navires suivants :

- un voilier sous spinnaker en vent arrière ;
- un zodiac à l'ancre avec des plongeurs à l'eau (pavillon ALPHA) ;
- un gros yacht qui déjauge ;
- un chalutier en pêche ;
- une vedette à moteur, à l'arrêt à la dérive.

La météo est la suivante : courant NNE 3 nds et vent E.

1 Mesurer CPA, TCPA, route et la vitesse-surface de tous les échos puis les identifier.

Vous souhaitez manœuvrer à 16h30 sans changer de vitesse pour passer à 1 M de tous les navires, en supposant qu'ils conservent leur cap et leur vitesse.

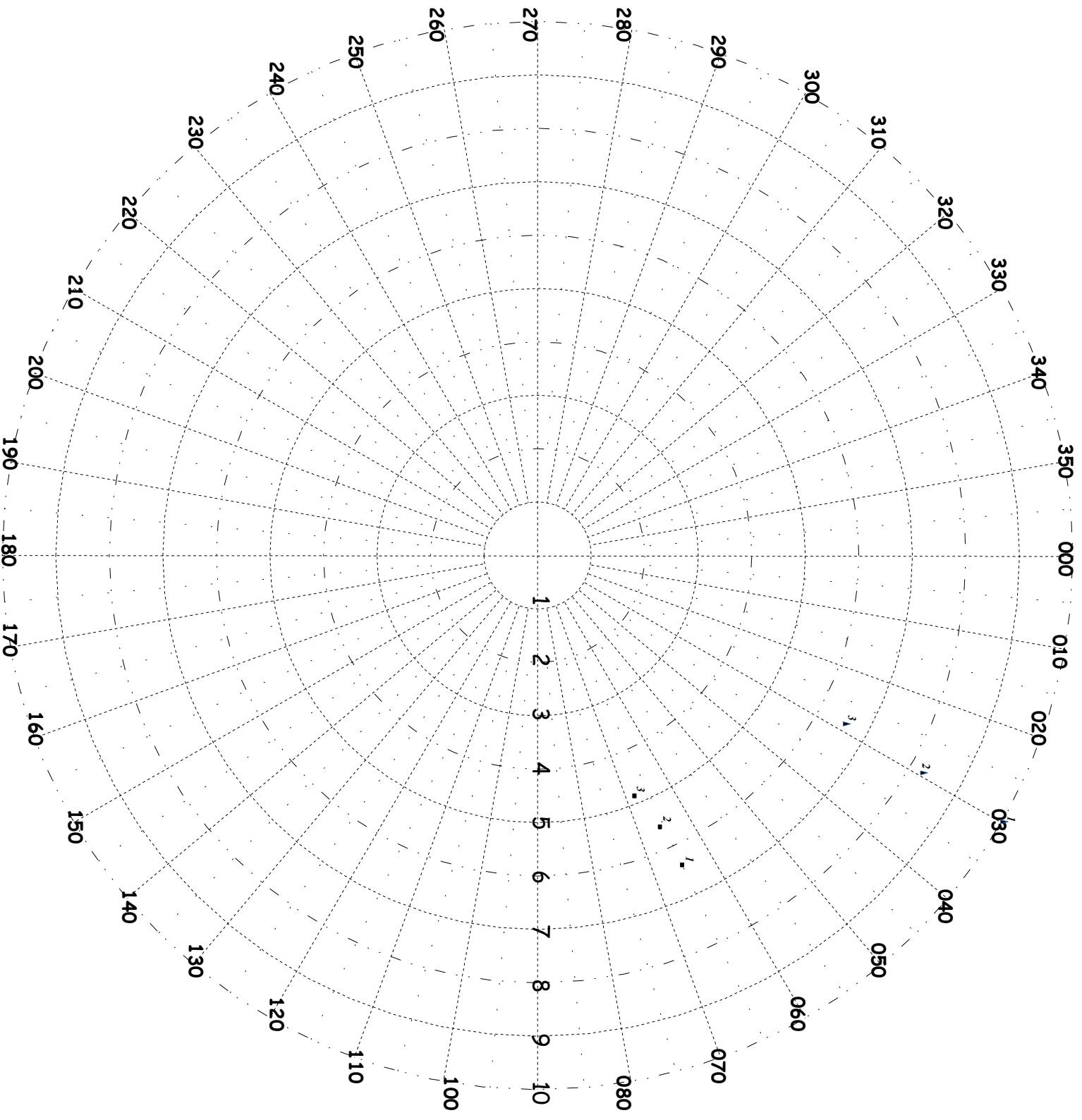
2 Déterminez la route-surface à adopter à 16h30 et l'heure de retour à la route initiale.

3 Préciser la position de tous les navires à l'heure de retour à la route initiale.

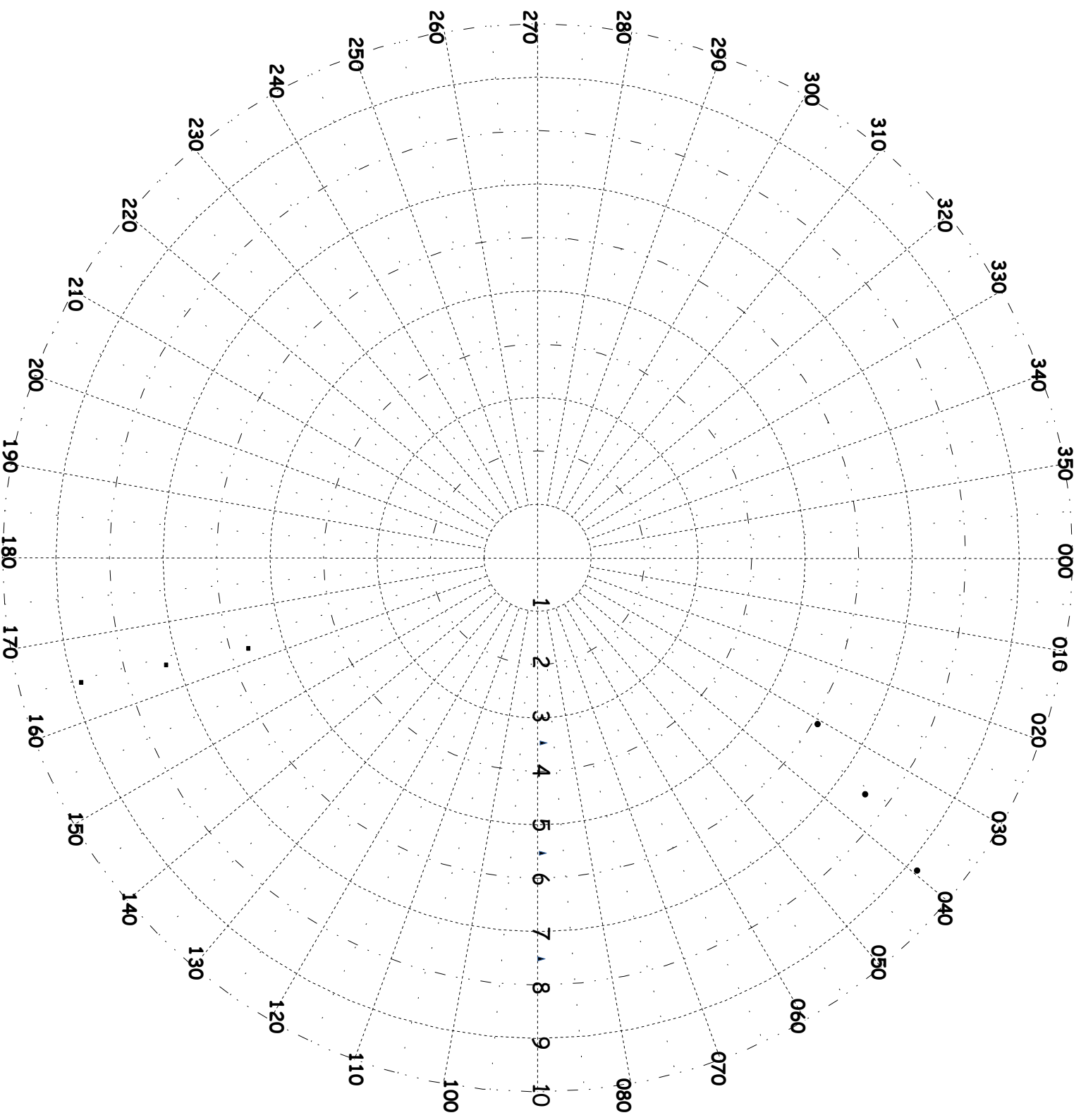
4 Préciser les CPA et TCPA de tous les navires à partir de 16h30 en supposant qu'on revient au plus tôt à la route initiale.

5 En utilisant la direction et la vitesse du courant données dans l'énoncé, donner la route-fond et la vitesse-fond de tous les échos.

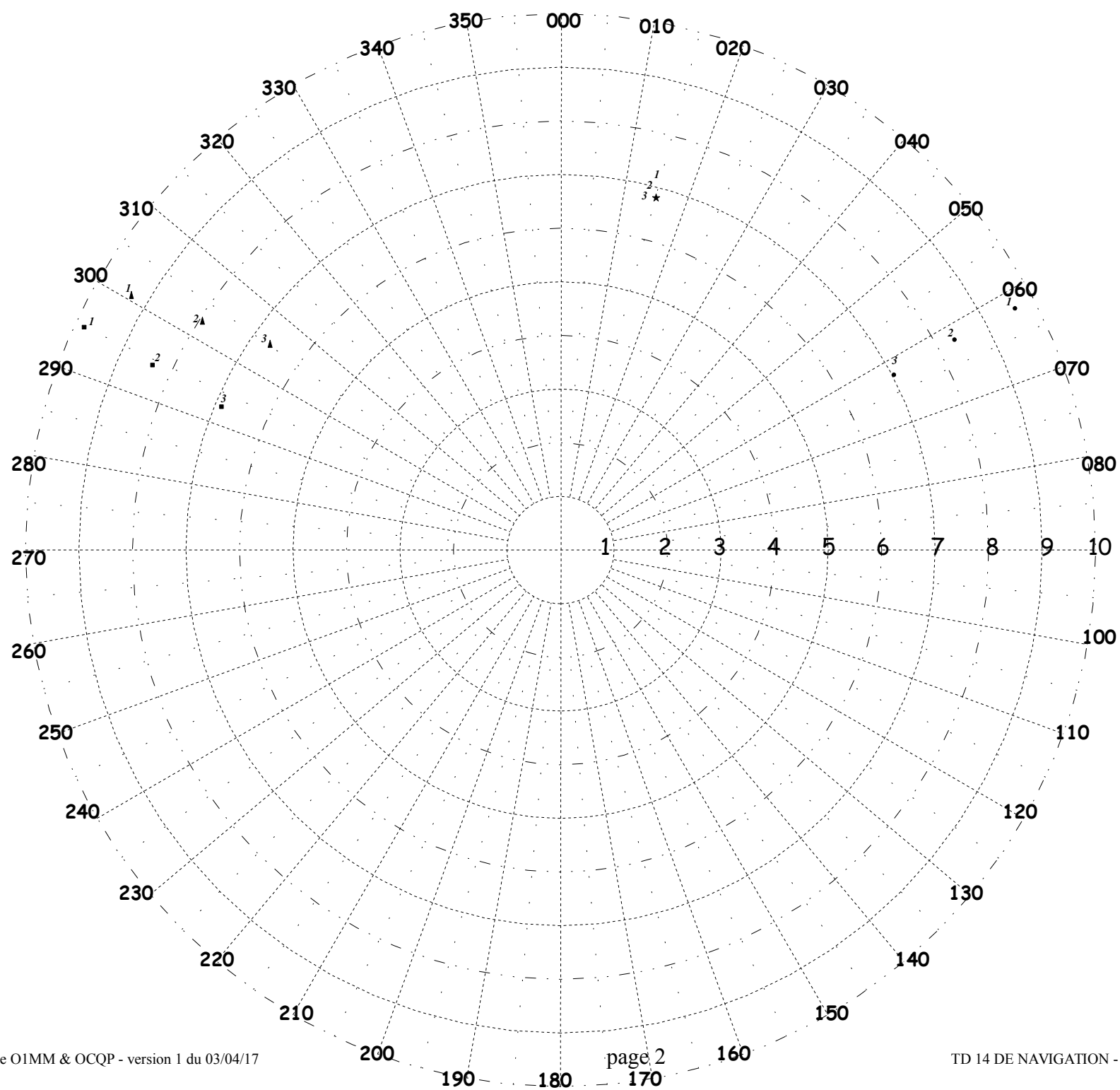
TD13 Exercice 1
échelle : 1 M = 1 cm



TD13 Exercice 2
échelle : 1 M = 1 cm

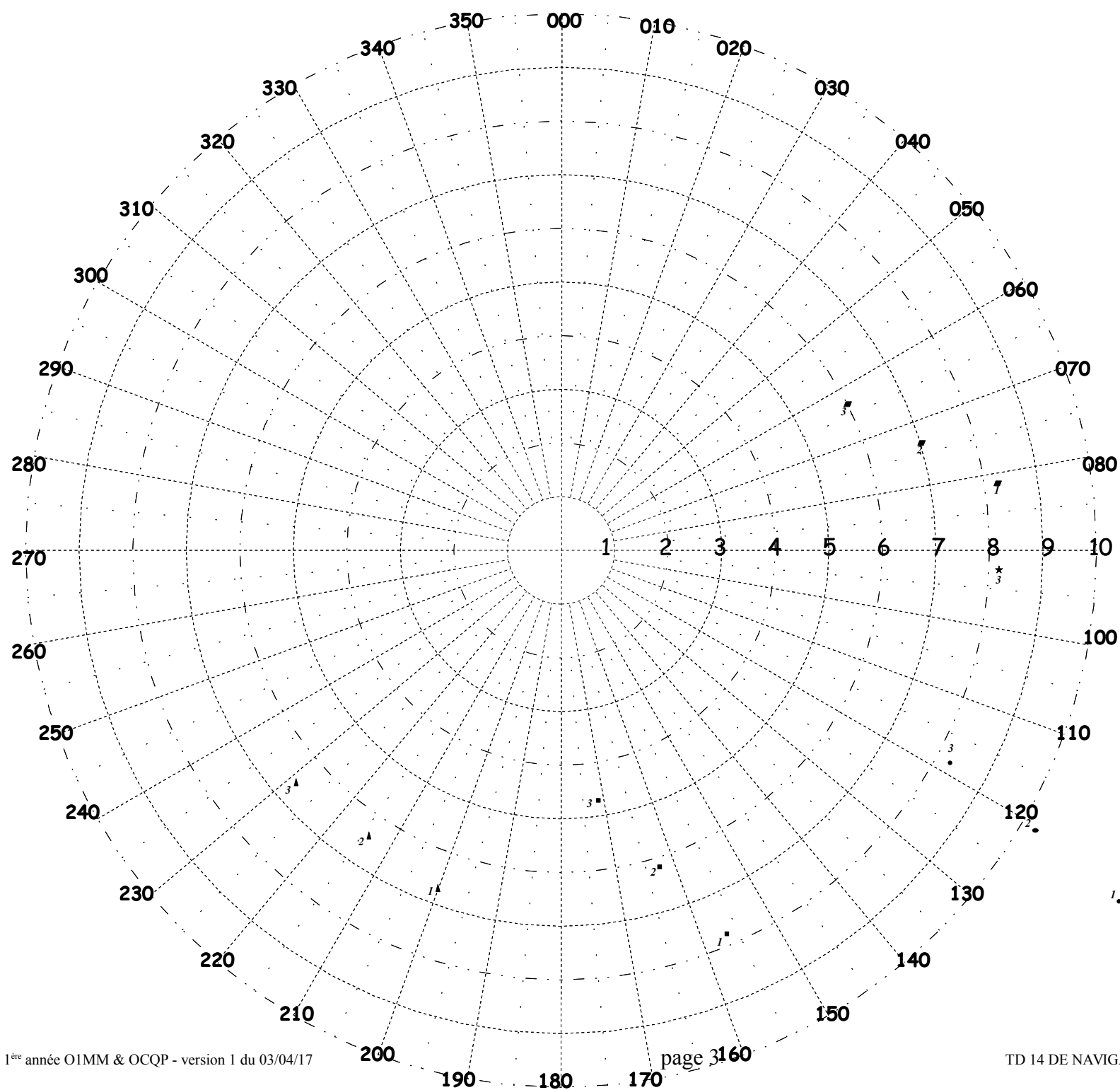


TD 14 Exercice 1
échelle : 1 M = 1 cm



TD 14 Exercice 2

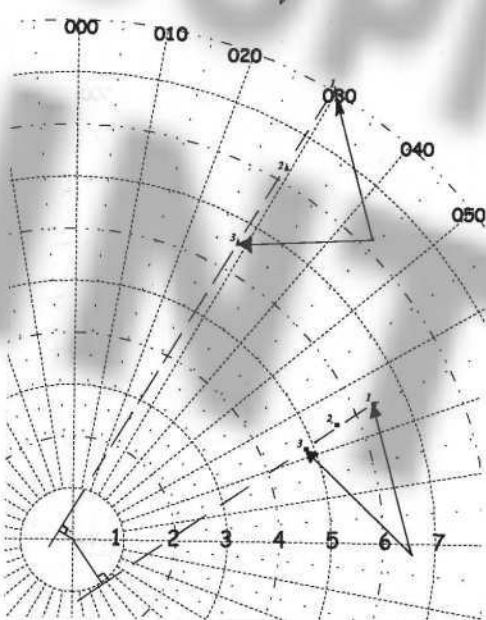
échelle : 1 M = 1 cm



Correction du pointage radar

TD 13 ① manœuvre anti-collision avec plusieurs navires

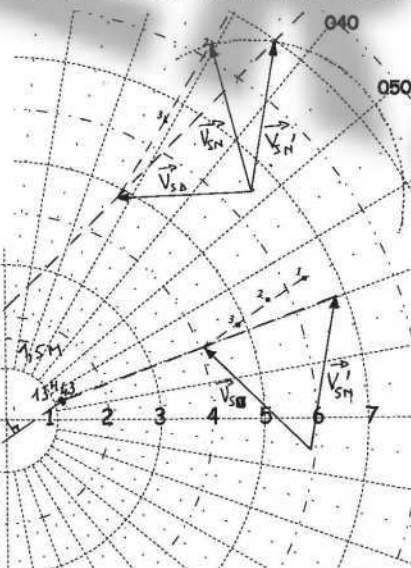
- ① pour déterminer la route et la vitesse-surface des échos Δ et $\square$, on dessine le triangle des vitesses : notre vitesse surface $\vec{V}_{SN}$ (34.5° ; 15 nd), le vecteur relatif de l'écho entre les positions 1 et 3 (de $13^\circ 12'$ à $13^\circ 24'$) puis le vecteur-surface de l'écho qui ferme le triangle, trace sur une échelle de temps de $\Delta t = 12 \text{ minutes}$



écho	Δ	$\square$
CPA	0,3M	1M
TCPA	23min	35min
R_s	268°	314°
V_s	13nd	14,5nd

② Manœuvre anti-collision:

→ si on est en vue les uns des autres, notre route vraie elle des deux autres et nous ne sommes pas rattrapant. Il faut donc que l'on manœuvre car ils sont sur notre tribord.



Notre manœuvre doit, si possible, ne pas nous faire passer sur l'AVANT des autres navires.

→ si on n'est pas en vue les uns des autres, chacun voit l'autre sur l'avant du travers et devrait manœuvrer.

Notre manœuvre, si on ne modifie pas la vitesse, devrait consister à venir sur tribord pour passer les deux navires.

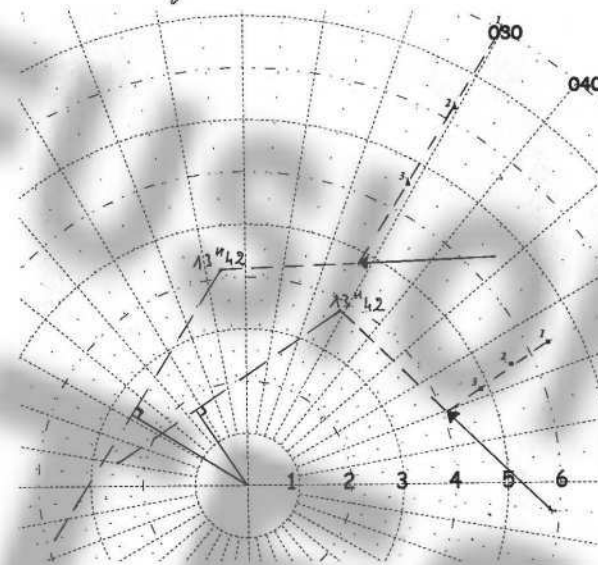
- * la première manœuvre envisagée vise à éviter seulement l'écho Δ en manœuvrant sur tribord pour passer à $1,5 \text{ M}$: $R_{SN} = 0.10^\circ$ durant 13 minutes. Avec cette manœuvre, la trajectoire de l'écho $\square$ est une route relative de $13^\circ 30'$ à $13^\circ 43'$ en CPA nul puis une route relative conduisant à un $CPA_{\square} = 0,3 \text{ M}$ à $13^\circ 50'$.

Cette manœuvre n'est pas satisfaisante car :

- elle ne permet pas d'éviter suffisamment le risque de collision avec l'écho $\square$
- elle augmente le risque de collision avec une route de collision durant 13 minutes alors que la réglementation suggère de manœuvrer "franchement" après que les autres navires vérifient que notre manœuvre écarte tout danger.

- * la seconde manœuvre envisagée consiste à stopper le navire de $13^\circ 30'$ à $13^\circ 42'$ puis à reprendre la route et la vitesse initiales. L'écho Δ a alors une trajectoire relative avec un $CPA_{\Delta} = 2,6 \text{ M}$ à $13^\circ 53'$ et l'écho $\square$ passe au $CPA_{\square} = 1,8 \text{ M}$ à $14^\circ 08'$.

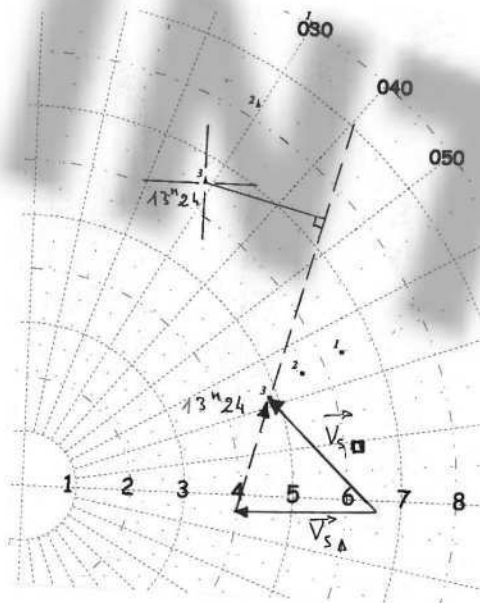
Cette solution semble donc plus raisonnable que la précédente. Dans la pratique il est délicat et long de stopper et de remonter à $V_{SN} = 15 \text{ nd}$ donc cette solution n'est pas réalisable avec un gros navire.



- ③ la recherche du CPA et du TCPA entre deux échos que l'on observe sur notre radar ne présente aucun intérêt pour la manœuvre ou notre propre anti-collision. Le but de cette construction est d'acquiescer l'agilité en exploitant le triangle des vitesses en "posant le radar sur un autre navire."

La méthode pour mesurer CPA et TCPA entre deux échos :

- choisir l'instant t pour le tracer et régler les deux échos à cet instant;
- choisir un des deux échos qui deviendra "notre navire", entre du radar;
- sur l'autre écho, construire le triangle des vitesses avec son vecteur surface qui finit sur sa position à l'instant t
- en prolongeant le vecteur relatif (de "notre" vers l'autre) on obtient la route relative de l'écho sur le radar de l'autre écho devenu "notre navire". Entre la position de l'écho ("notre navire") à l'instant t et la trajectoire relative de l'autre, on peut mesurer le CPA et l'heure du CPA (instant $t + TCPA$).



Pour la situation de notre exercice :

- on choisit l'instant $t_3 = 13^h 24$
- on place "notre radar" sur l'écho Δ qui devient fixe
- on trace le triangle des vitesses sur l'écho $\square$ à l'instant t_3 et le vecteur relatif orienté du "notre" ($\vec{V}_{S\Delta}$) vers l'autre ($\vec{V}_{S\square}$)
- en prolongeant la route relative de l'écho $\square$ sur le radar du navire Δ , on mesure son

$$CPA = 2,3 M \text{ à } 13^h 24 + 19 \text{ min} = 13^h 43$$

Remarque $CPA_{\Delta/\square} = CPA_{\square/\Delta}$ et $TCPA_{\Delta/\square} = TCPA_{\square/\Delta}$

la réponse à la question ③ est indépendante

- de l'instant choisi pour effectuer la construction
- de l'écho choisi pour faire "notre radar"

Correction du pointage radar

TD n° 13 (2) : manœuvre anti-collision avec plusieurs navires

①	○	△	□
CPA	2,55M	0,15M	0,6M
TCPA	20min	10min	21min
R_s	168°	321°	025°
V_s	1,5nd	10nd	26nd

Puisque l'écho $\circ$ est celui d'une bouée, on peut en déduire que le courant porte au $168^\circ + 180^\circ = 348^\circ$ à 1,5nd

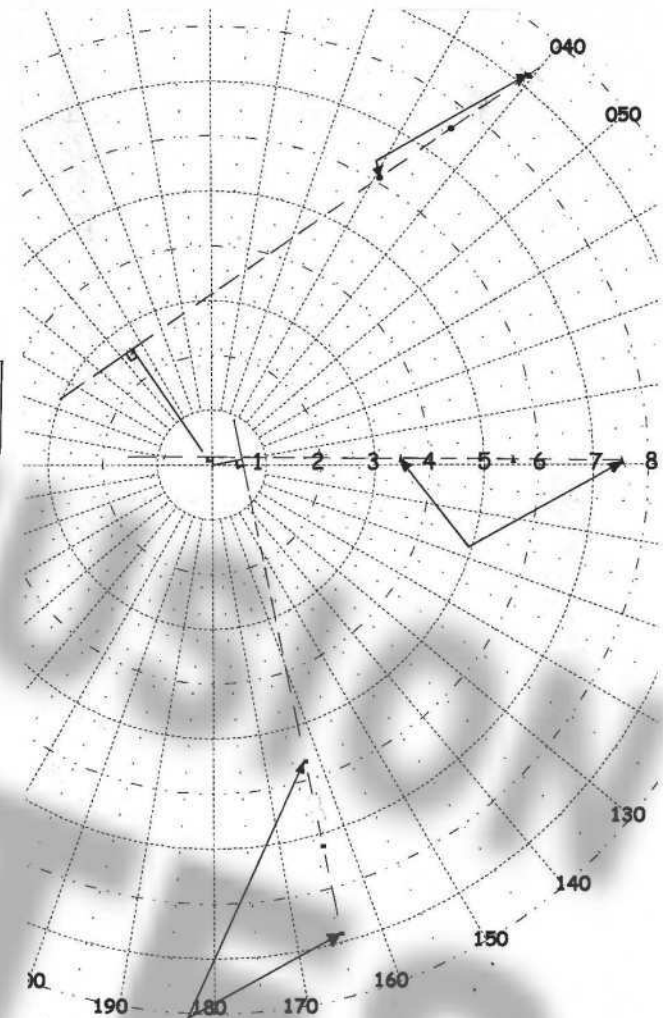
- ② Les navires ne sont pas en vue les uns des autres. L'écho Δ est sur l'AVANT de notre travers et la règle 19 suggère d'éviter de manœuvrer vers bâbord : il faut donc manœuvrer vers tribord.

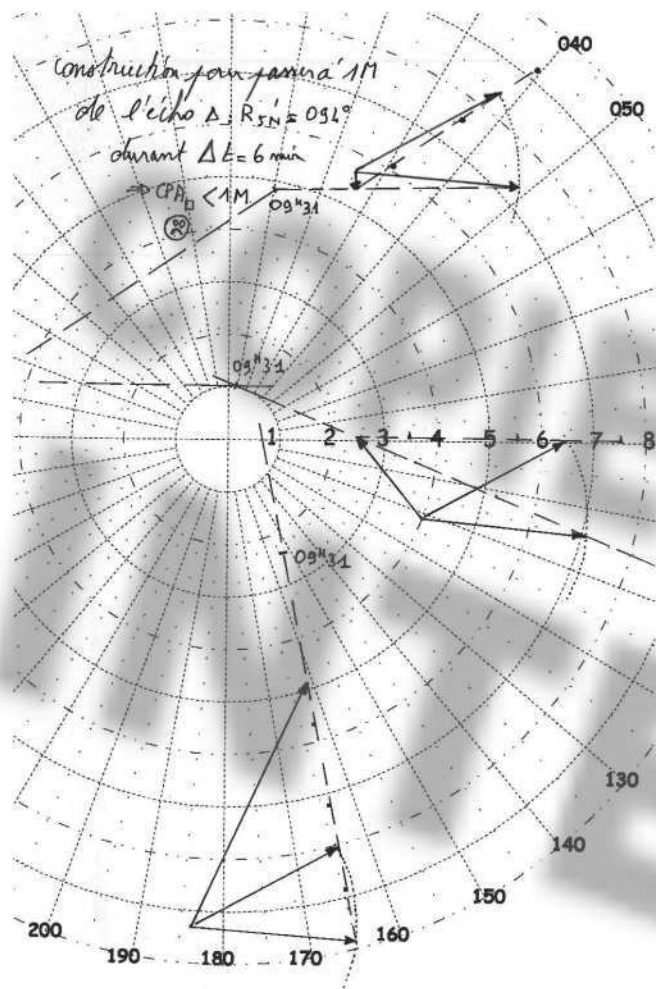
L'écho $\square$ est sur l'ARRIÈRE du travers, il faut donc éviter de manœuvrer dans sa direction, il conviendrait donc de manœuvrer sur tribord.

Dans cette situation, on

privilégiera une manœuvre

sur tribord passant à 1M des deux navires, franchement (= changement de cap important et brève sur le radar des autres navires) et à temps (= tôt pour éviter de revenir à des grands changements de route qui augmentent le taux de giration et réduisent les marges de manœuvre).





Si on raisonne sur l'écho Δ la route à adopter en venant sur tribord est $R_{SN}' = 091^\circ$ durant $\Delta t = 6 \text{ min}$.

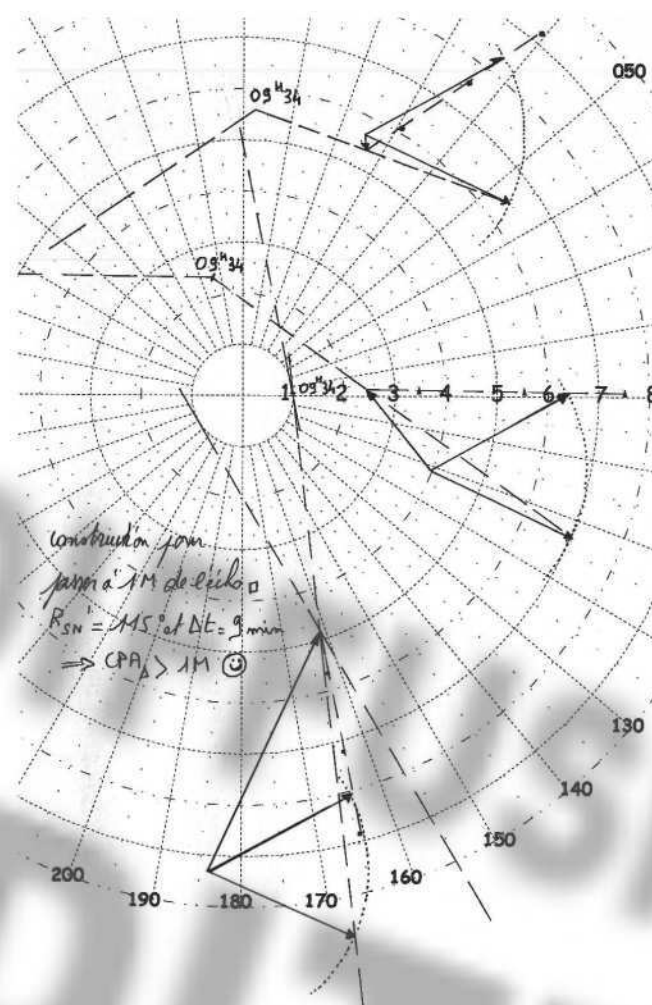
Mais pendant et après la manœuvre, l'écho □ a une trajectoire relative passant à moins de 1M. On pourrait imaginer d'adopter une seconde route $R_{SN}'' = 130^\circ$ pour passer l'écho □. En pratique, il vaut mieux éviter ces changements de cap intempestifs et adopter une route qui permet de passer au large des navires ayant des TCRA proches.

Si on raisonne sur l'écho □ (construction suivante), la route à adopter en venant sur tribord est

$$R_{SN}' = 115^\circ \text{ durant } \Delta t = 9 \text{ min.}$$

Ainsi l'écho Δ a un $CPA_\Delta = 1,5M$ et la tourelle un $CPA_\Theta = 4,5M$. Cette solution est satisfaisante pour la réglementation et, en raison de sa courte durée, ne fait pas prendre beaucoup de retard.

En pratique, un changement de cap de 54° à tribord puis à bâbord peut nécessiter plus que 9 minutes sur un gros navire. Lorsque l'on veut éviter un navire dont la vitesse est très supérieure à la nôtre, il faut effectuer de grands changements de cap ou anticiper beaucoup la manœuvre.



③ Avec la manœuvre choisie, il faut revenir à la route initiale $R_{SN} = 061^\circ$ à 09^h34 .

④ A 09^h34 , la position des autres échos est :

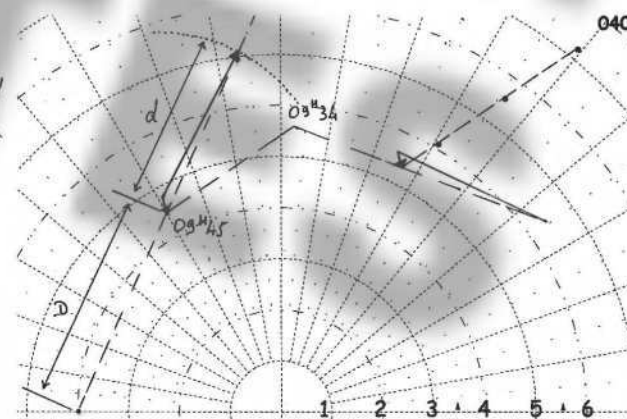
- Δ : $346^\circ/N / 2,4M$
- : $088^\circ/N / 1M$
- : $002^\circ/N / 5,6M$

⑤ de 09^h34 à 09^h45 l'écho de la tourelle suit une trajectoire sur le radar, parallèle à celle que l'écho avait de 09^h10 à 09^h25 . Si on mouille à 4M dans l'Est de la tourelle, alors elle aura son écho dans le $Z_v = 270^\circ/N / 4M$. On construit sa trajectoire relative après 09^h45 , il faut adopter $R_{SN}'' = 028^\circ$.

D'après le bras, si nous maintenons la vitesse à $V_{SN} = 16 \text{ nd}$ il faudra $\frac{D}{d} \times \Delta t = \frac{4,3 \text{ cm}}{3,5 \text{ cm}} \times 12 \text{ min}$ soit 15 minutes.

Compte tenu des 10 minutes pour réduire la vitesse et se présenter face au venant ($R_{SN}''' = 168^\circ$) le mouillage aura lieu à

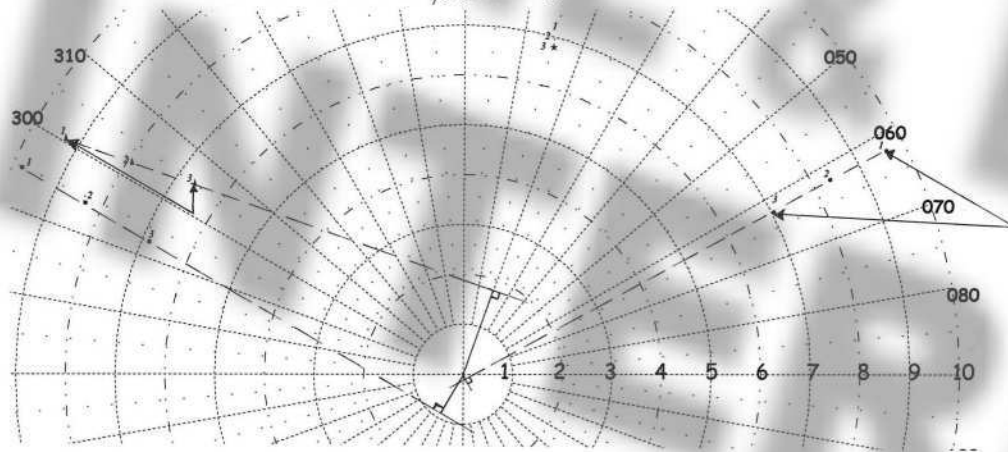
$$09^h45 + 15 \text{ min} + 10 \text{ min} = 10^h10$$



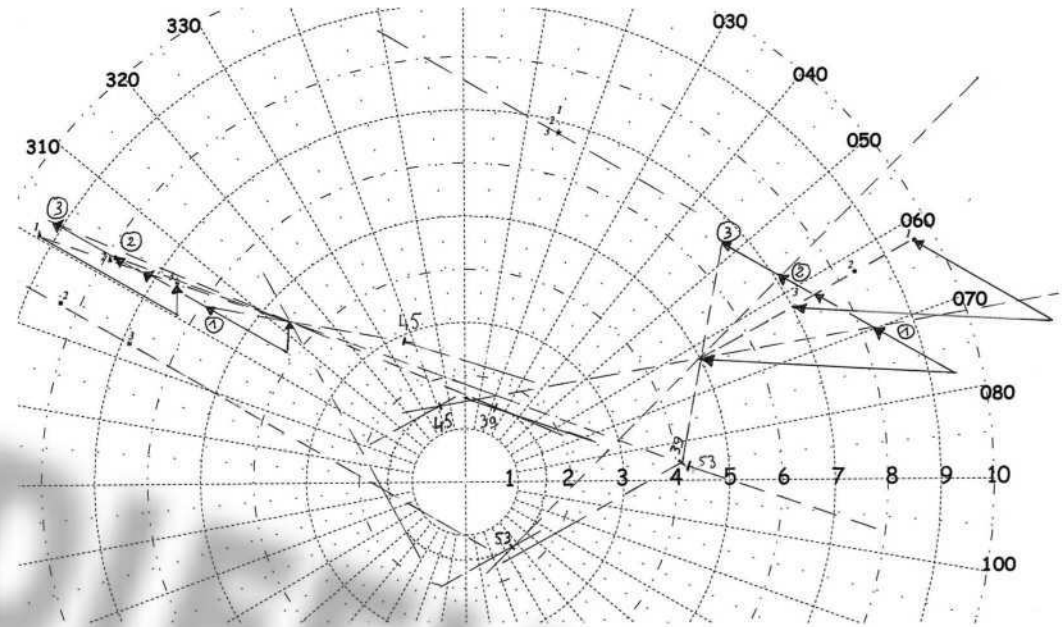
Correction du pointage radar
TD 14 ① anti-collision avec plusieurs navires

①	écho	CPA	TCPP	R_s	V_s	identification
	□	0,9 M	23 min	?	0 nd	stopé sans erre, c'est un navire à la dérive
	Δ	1,8 M	23 min	002°	3 nd	navire à l'arrière, vitesse apparente due au courant
	○	0,1 M	27 min	272°	29,4 nd	grande vitesse : c'est le patrouilleur
	☆	6,9 M	0 min	300°	18 nd	navire en route parallèle et même vitesse

A l'aide de l'écho du navire au mouillage, on peut préciser que le courant a une vitesse de 3 nd et forte du 182°



- ② Pour la manœuvre anti-collision, il faut suivre la règle 19 car la brume empêche de voir les autres navires. Il n'y a donc pas de hiérarchie entre les navires (à voile, non maître de sa manœuvre ...) et chacun devrait manœuvrer. On envisage d'abord un changement de route à vitesse constante. Les échos Δ et □ sont sur l'avant du travers, il est donc préférable de ne pas manœuvrer sur bâbord : il faut donc venir sur tribord. L'écho ☆ ne présente pas de risque de collision... sauf si on manœuvre sur tribord : jusqu'il est sur l'avant de notre travers, il faucha aussi manœuvrer sur tribord pour s'en écarter. L'écho ○ est sur l'arrière de notre travers tribord donc il vaudrait mieux ne pas échoier dans sa direction... Mais en raison de la manœuvre imposée par les échos Δ □ et ☆ il faut manœuvrer sur tribord pour écarter les quatre navires.



Manœuvre à cap constant

Dans ce cas, la trajectoire des échos □ (à la dérive) et ☆ (même cap que nous) les fait passer à un CPA respectivement de 0,9 M et de 6,6 M quelle que soit la vitesse choisie. Ça ne respecte donc pas le critère des 1,5 M, cependant l'écho qui pose "big prêt" est un navire à la dérive, stopé et sans erre : le risque de collision en passant à 0,9 M est nul et on peut demander au commandant une dérogation.

Le tracé conduit à 3 solutions :

①	$V_{SN}' = 10,7$ nd	$CPA_0 = 1,5$ M	$CPA_A = 2,2$ M	$\Delta t = 15$ min
②	$V_{SN}' = 22,8$ nd	$CPA_0 = 1,5$ M	$CPA_A = 1,8$ M	$\Delta t = 23$ min
③	$V_{SN}' = 30$ nd	$CPA_0 = 1,7$ nd	$CPA_A = 1,5$ M	$\Delta t = 9$ min

Les solutions ② et ③ nécessitent d'augmenter la vitesse : si notre navire ne peut y parvenir, elles ne sont pas réalisables. D'autre part elles font passer sur l'AVANT de l'écho ○ (le patrouilleur) : ce n'est pas interdit car il est "rattrapant", dans le secteur de notre feu de poupe : il doit manœuvrer aussi. La solution ① est réalisable et sa durée n'est pas excessive. C'est la plus réaliste car on perd plus facilement de la vitesse qu'on passe de 18 nd à 22,8 nd voire 30 nd ! Donc à 23"30 on adopte

$V_{SN}' = 10,7$ nd jusqu'à 23"45.

Manceuvre à vitesse constante

→ sur bâbord, ce qui est recommandé par la réglementation, il existe plusieurs solutions selon l'écho sur lequel on raisonne :

- ① $R_{SN}' = 303^\circ$ $CPA_\Delta = 1,5 M$ mais $CPA_\square < 1,5 M$
 - ② $R_{SN}' = 309^\circ$ $CPA_\square = 1,5 M$ mais $CPA_\Delta < 1,5 M$
 - ③ $R_{SN}' = 348^\circ$ $CPA_\Delta = 1,5 M$ mais $CPA_\square < 1,5 M$
 - ④ $R_{SN}' = 060^\circ$ $CPA_\square = 1,5 M$ alors $\Delta t = 19 \text{ min}$ à l'ave de l'écho Δ
- Les manœuvres ① et ② font des écarts de route insuffisants car la réglementation demande de manœuvres "franchement" pour que notre manœuvre soit bien visible sur le radar des autres marins.

Les manœuvres ③ et ④ font passer l'écho $\square$ à moins de 1,5 M avant même de pouvoir revenir à $R_{SN} = 300^\circ$: elles ne conviennent pas. La manœuvre ④ consiste à faire passer l'écho $\square$ à 1,5 M et sur l'arrière de ce navire. En raisonnant sur l'écho $\square$, la manœuvre se termine après $\Delta t = 6 \text{ min}$. Mais cette durée de manœuvre fait pour l'écho Δ après le retour à la route initiale $R_{SN} = 300^\circ$ à $CPA_\Delta = 0,9 M$: il faut donc raisonner sur l'écho Δ pour déterminer la fin de la manœuvre : $\Delta t = 19 \text{ min}$. Ainsi tous les échos passent à plus de 1,5 M pendant ou après la manœuvre :

$CPA_\square = 1,5 M$ à $23^\circ 36'$

$CPA_\Delta = 1,5 M$ à $00^\circ 19'$

$CPA_\square = 5,8 M$ à $00^\circ 13'$

$CPA_\star = 6,6 M$ à $23^\circ 33'$

à $23^\circ 30' : R_{SN}' = 060^\circ$
jusqu'à $23^\circ 45'$

→ sur tribord, ce qui est à éviter d'après la réglementation, il y a aussi plusieurs solutions :

⑤ $R_{SN}' = 280^\circ$ $CPA_\square = 1,5 M$ mais $CPA_\Delta = 0,9 M$

⑥ $R_{SN}' = 268^\circ$ $CPA_\square = 1,5 M$ durant $\Delta t = 15 \text{ min}$

La manœuvre ⑤ réduit le CPA de l'écho $\square$ qui passe à 0,9 M avant le retour à la route initiale $R_{SN} = 300^\circ$.

La manœuvre ⑥ dure $\Delta t = 15 \text{ min}$ et fait passer tous les échos à 1,5 M

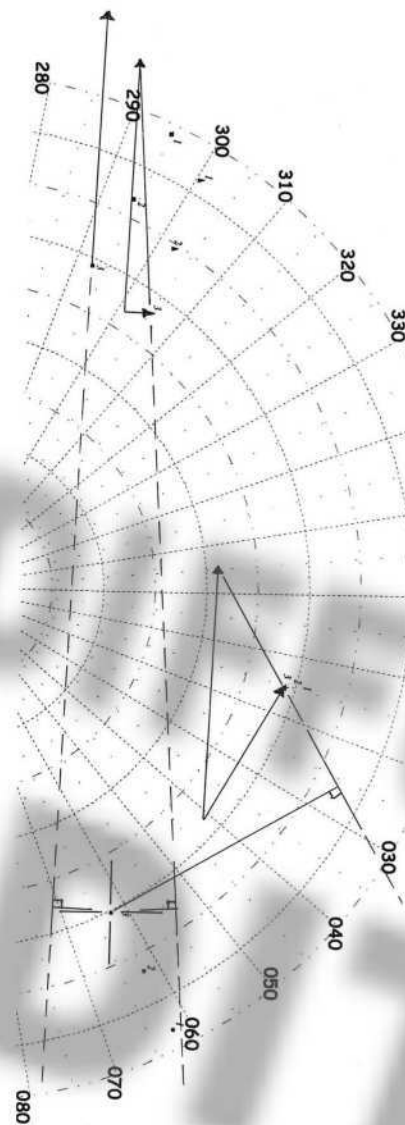
ou plus : $CPA_\square = 1,5 M$ à $23^\circ 45'$ (juste avant et après le retour à $R_{SN} = 300^\circ$)

$CPA_\Delta = 3,7 M$ à $23^\circ 37'$

$CPA_\square = 1,6 M$ à $23^\circ 55'$

$CPA_\star = 9,6 M$ à $23^\circ 45'$ (en éloignement durant $\Delta t = 15 \text{ min}$)

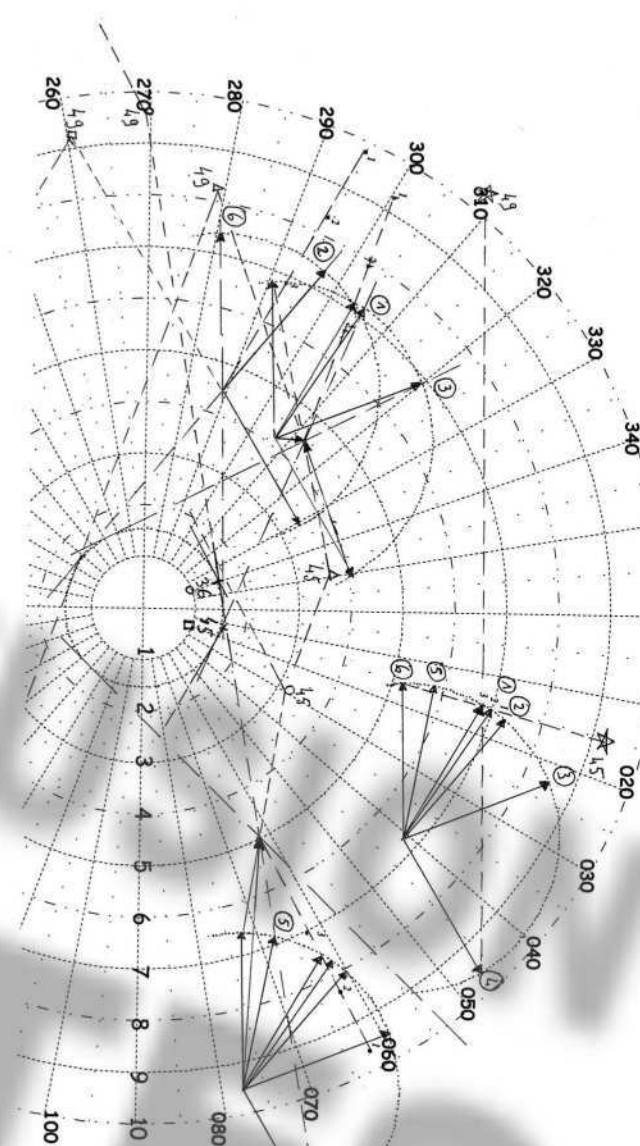
Puisque les manœuvres sur bâbord sont à éviter selon la réglementation et que les autres marins s'attendent à voir chacun respecter ces règles, on écarte ces solutions.



	CPA	TCPA
Δ	1,25 M	$23^\circ 46'$
$\square$	5 M	$23^\circ 30'$
$\star$	1,5 M	$23^\circ 47'$

- pour mesurer le CPA et le TCPA entre le manoeuvrant et les autres échos, on :

- "pose notre radar" sur l'écho du manoeuvrant,
- choisit l'instant 3
- pour la position des échos,
- construit le triangle des vitesses pour chaque écho
- prolonge le vecteur relatif pour mesurer CPA et TCPA.



③ Pour mesurer le CPA

et le TCPA entre le

manoeuvrant et les autres

échos, on :

- "pose notre radar" sur

l'écho du manoeuvrant,

- choisit l'instant 3

pour la position des échos,

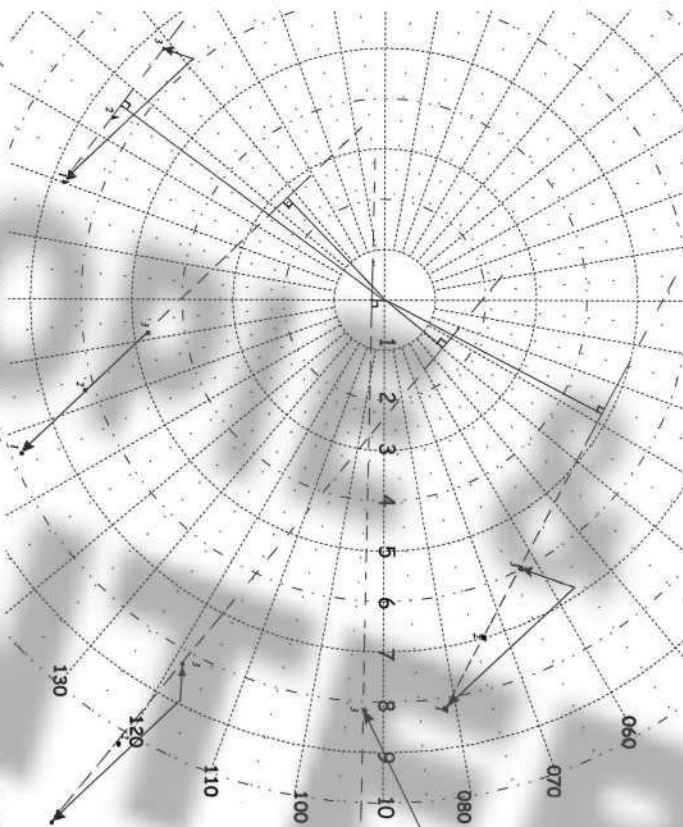
- construit le triangle des

vitesses pour chaque écho

- prolonge le vecteur relatif

pour mesurer CPA et TCPA.

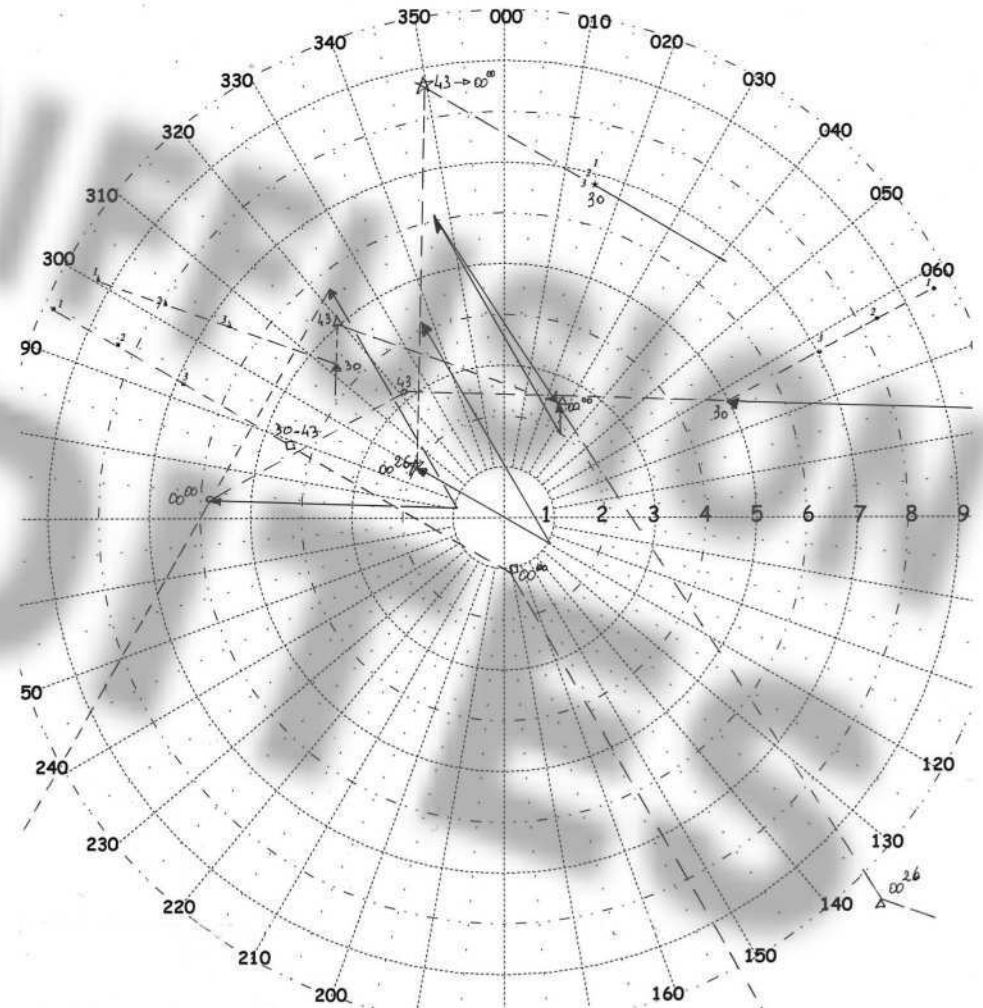
Le vent vient de l'est donc le vent en vent arrière a une route à l'ouest. Le vent vient au NW donc le gisement a l'avant a une route surface au SW. Le vent dérive (= son front d'eau dérive) a l'avant de la grande vitesse : c'est l'écho à 25,4nd. La route a l'avant a une vitesse surface nulle (à son gisement) qui pourrait la faire fonctionner comme un écho. Le résultat en route a une route nulle : 5,5nd est un peu rapide mais n'est pas à l'avant de la route à l'avant. On trouve de la route avant de la route à l'avant (2 à 4nd) mais avec la route à l'avant.



écho	CPA	TCPA	R _s	V _s	manœuvre
◇	4,9M	14min	198°	5,5nd	changement
★	0,35M	15min	243°	25,4nd	gros
○	1,5M	26min	213°	3,5nd	vitesse
□	2,8M	15min	?	0nd	à l'avant
△	6,5M	-5min	198°	2,8nd	gros

TD 14. ② : manœuvre anti-vitesse à plusieurs manœuvres

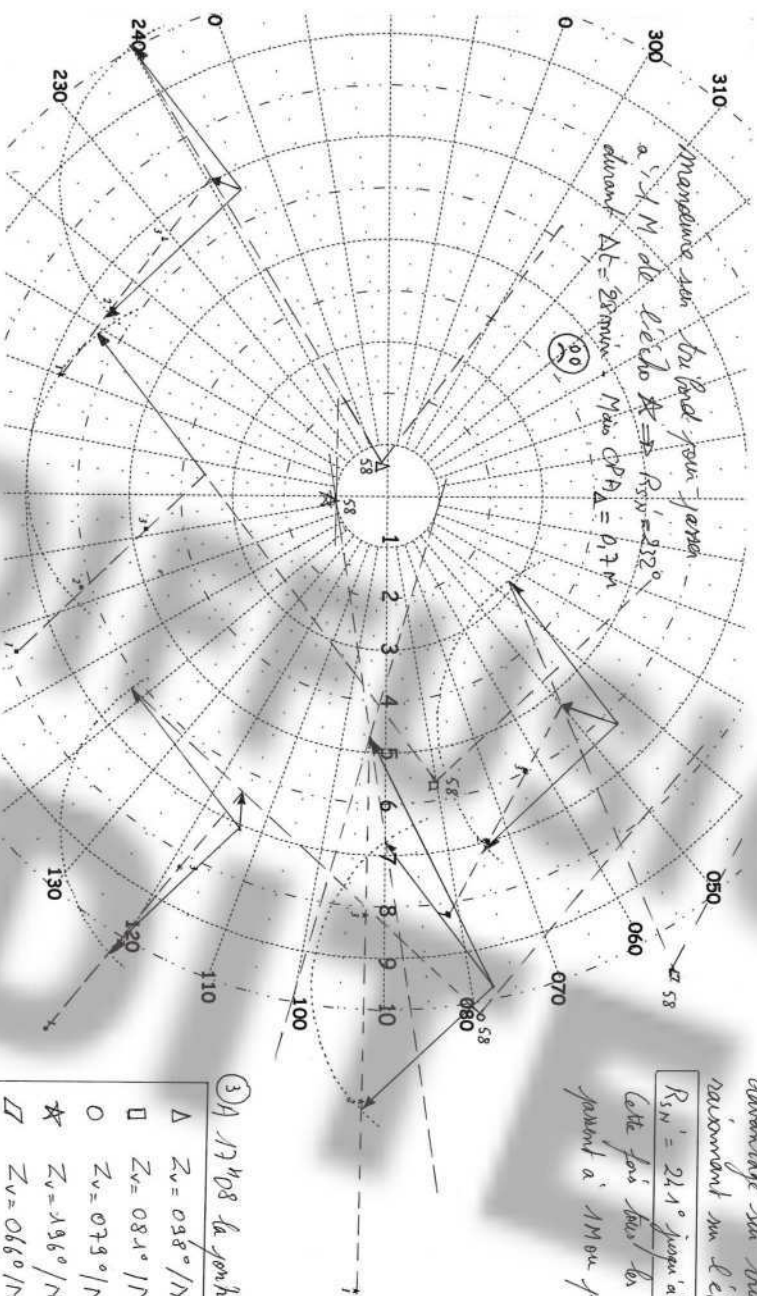
④ De 23°30' à 23°43', c'est comme si le navire s'était stoppé instantanément puis, après 13 minutes, était reparti. Durant ce temps, le vecteur relatif des échos est égal à leur vitesse surface : on prolonge ainsi leur trajectoire sur $\Delta t = 13$ minutes. De 23°43' à 00°00', la trajectoire de chaque écho est parallèle à celle qu'il avait de 23°12' à 23°43' : on la prolonge ainsi sur $\Delta t = 17$ min jusqu'à 00°00'.
A partir de 00°00' on change la route et on augmente notre vitesse à 30nd pour venir sur l'arrière de l'écho à 2M : on doit donc venir son écho venir sur notre radar dans le 300° à 2M : il faut adopter $R_{SN} = 330°$ durant 26min.



② Manœuvre anti-collision nous charge de vérifier la forme empêche de voir les autres navires dont il faut afficher la règle 19. Seul le navire a une CPA < 1M : jusqu'il est sur l'avant du travers, il faut éviter de manœuvrer sur bâbord, alors venir sur tribord. En venant de sud-ouest, les supérieurs à la nôtre, il faut venir à $R_{SN} = 232^\circ$ pour le faire passer à 1M. La manœuvre dure alors $\Delta t = 28$ min. Pendant cette manœuvre, les autres échelons se défilent sur le radar sans s'approcher à moins de 1M à l'exception de l'échelon D du golfe de Gascogne : il entre dans le cône de 1M autour de notre position peu avant la fin de la manœuvre. Il faut alors venir davantage sur tribord en raisonnant sur l'échelon A :

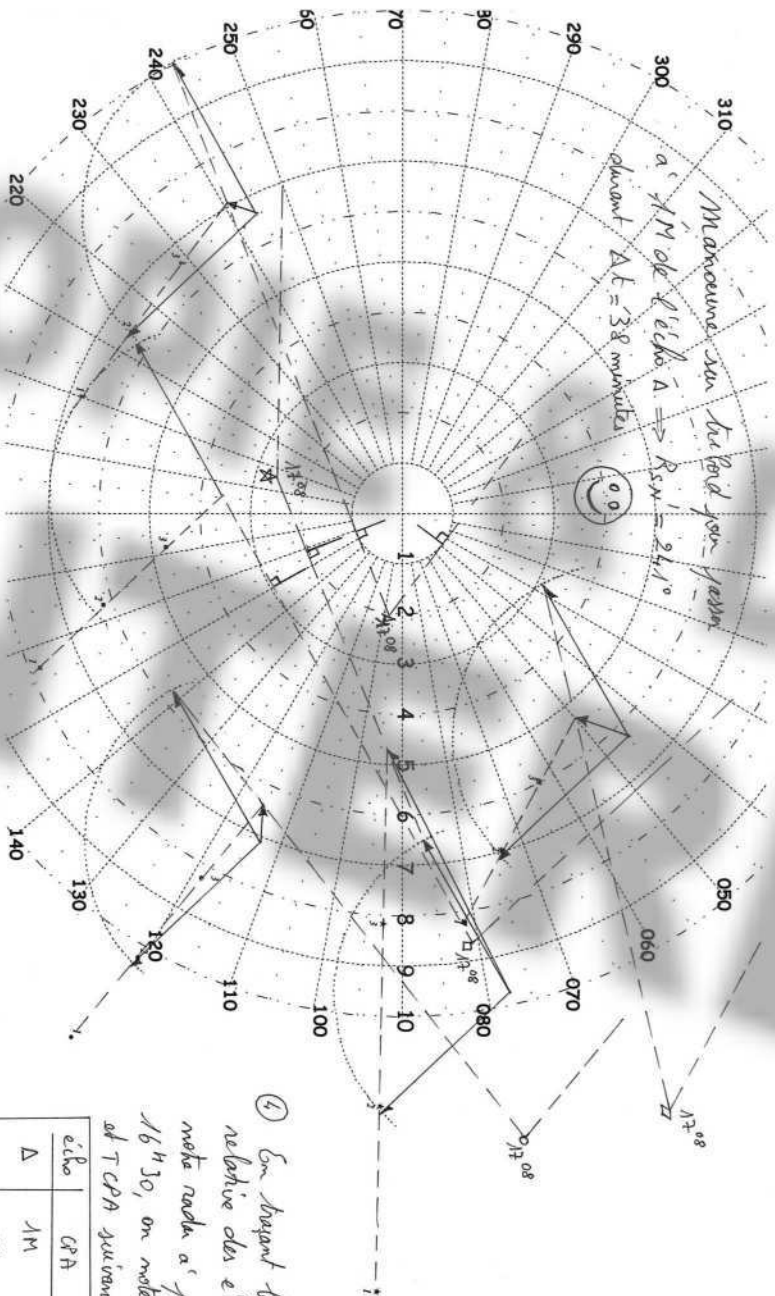
$$R_{SN}' = 211^\circ \text{ jusqu'à } 17^\circ 08'$$

Cette fois tous les échelons passent à 1M ou plus.



③ A 17h08 la position des échelons :

Δ	$Z_v = 098^\circ / N / 2M$
□	$Z_v = 081^\circ / N / 8,7M$
○	$Z_v = 073^\circ / N / 12,7M$
★	$Z_v = 196^\circ / N / 2,6M$
◇	$Z_v = 068^\circ / N / 13M$



④ En traçant la trajectoire relative des échelons sur notre radar à partir de 16h30, on note les CPA et T CPA suivants :

échelon	CPA	TCPA
Δ	1M	17h00
□	1M	17h15
○	2,9M	16h38
★	6,4M	16h30
◇	2M	16h58
◇	5,4M	16h30

⑤ En faisant une construction vectorielle comme pour l'échelon graphique $\vec{V}_r = \vec{V}_s + \vec{V}_c$ on mesure les vitesses fond des échelons :

échelon	R_F	V_F
Δ	?	0nd
□	015°	$2,8nd$
○	318°	$3,8nd$
★	218°	$23,5nd$
◇	199°	$2,7nd$