

Pointage radar – TD n°11

CPA & TCPA, R, & V, des autres navires, courant subi

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

Dans les exercices, la position (azimut et distance) des échos est donnée à deux ou trois instants différents sur la même image radar. Ces trois points ne sont pas toujours parfaitement alignés car les navires suivent parfois une route sinuée en raison des mouvements de lacet (manque d'expérience du barreur, houle de ¼ avant, embarquées d'un voilier dans les rafales). On trace alors arbitrairement la route rectiligne moyenne de l'écho.

Mesure du CPA (Closest Point of Approach)

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

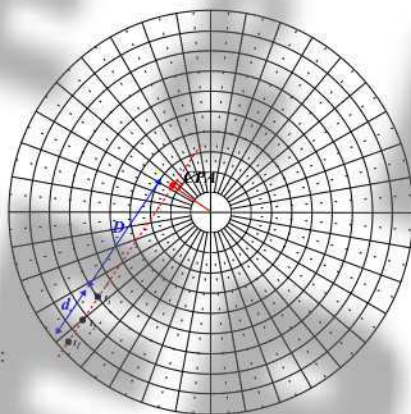
Calcul du TCPA (Time to CPA)

Mesurer la distance D entre la position actuelle de l'écho et le lieu du CPA puis la distance d entre l'écho actuel et le plus ancien. En notant Δt l'intervalle de temps en minutes entre l'écho actuel (t_3) et le plus ancien (t_1), on calcule :

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



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



Construction du vecteur-surface de l'autre navire

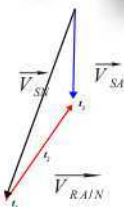
on prend pour cet exemple :

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

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

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

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



Mesure du courant subi

Le courant est le déplacement de l'eau (la surface) par rapport au fond (sur lequel est fixé le balisage), donc le déplacement contraire du fond par rapport à l'eau. Pour le mesurer, on cherche le déplacement

$\vec{V}_{SA}$ de l'écho d'un objet fixe sur le fond (tourelle, navire à l'ancre ou bouée dont la chaîne est tendue par le courant) par rapport à la surface, puis on calcule le sens opposé : $\vec{V}_{courant} = -\vec{V}_{SA}$:

$$\begin{cases} R_{courant} = R_{SA} \pm 180^\circ \\ V_{courant} = V_{SA} \end{cases}$$

Exercice 1

Un voilier navigue par visibilité réduite avec les éléments suivants :

route-surface $R_S = 085^\circ$

vitesse-surface $V_S = 7,5 \text{ nds}$

Il observe sur son radar l'image ci-dessous :

instant 1 à 16h00

instant 2 à 16h10

instant 3 à 16h20

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

1 Donner le CPA et TCPA du navire dont l'écho est un disque ●

2 Sachant que l'écho triangulaire ▲ est celui d'une bouée de casier, déterminer le courant subi par le voilier.

A 16h20 le voilier aperçoit le navire donnant l'écho carré ■ et reconnaît un radeau de survie avec une voile de fortune. Il manœuvre aussitôt pour le secourir.

On considère que le changement de route est immédiat et que la vitesse-surface $V_S = 7,5 \text{ nds}$ est conservée.

3 Mesurer la route-surface à adopter à 16h20 pour repêcher le radeau préciser à quelle heure le voilier abordera le radeau

Exercice 2

Un voilier navigue par visibilité réduite avec les éléments suivants :

route-surface $R_S = 215^\circ$

vitesse-surface $V_S = 10 \text{ nds}$

Il observe sur son radar l'image ci-dessous :

instant 1 à 08h00

instant 2 à 08h06

instant 3 à 08h12

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

1 Donner le CPA et TCPA du navire dont l'écho est un disque ●

2 Préciser la route-surface et la vitesse-surface des deux échos ● et ▲

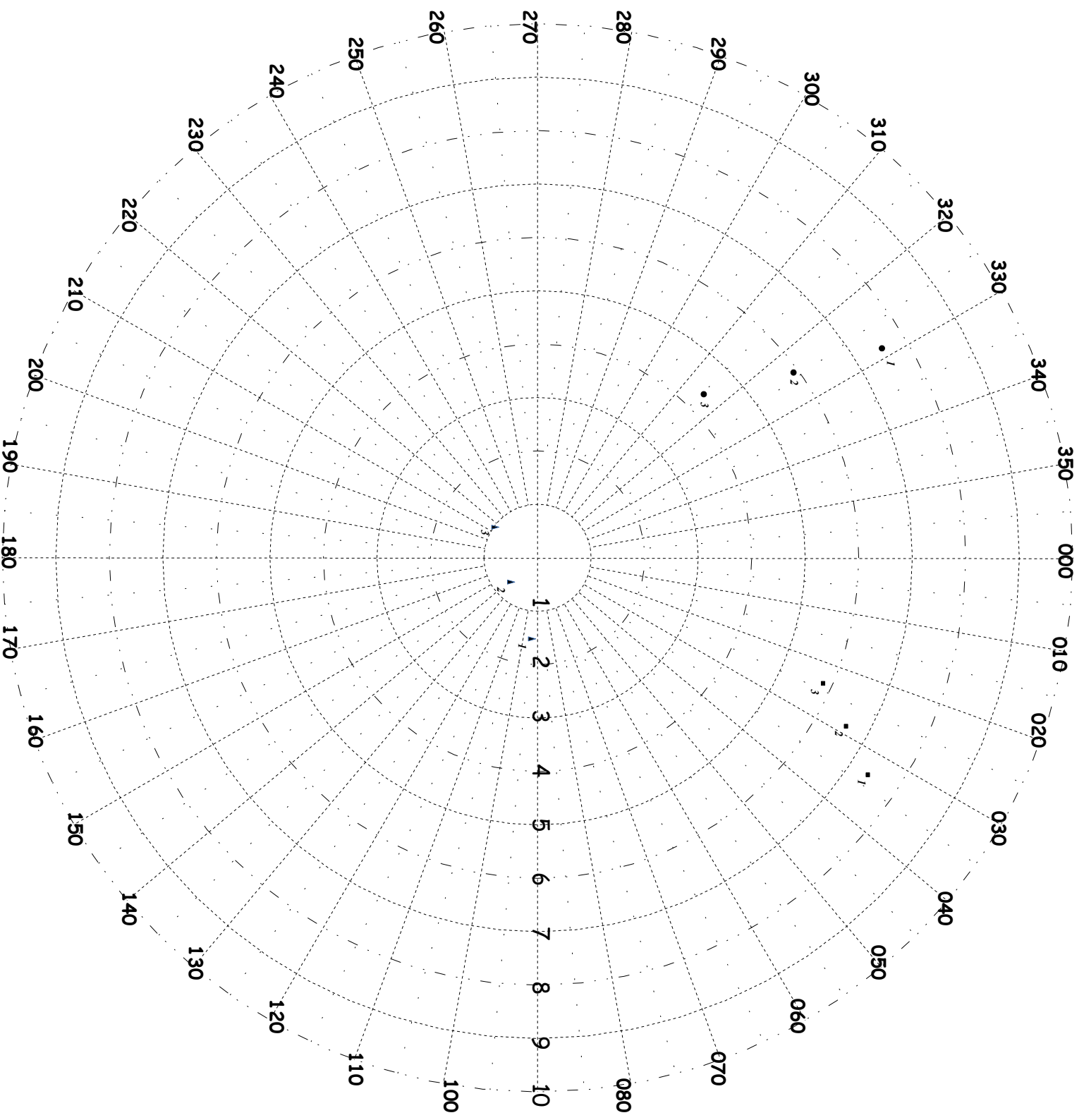
A 08h12 le voilier reçoit un appel VHF du navire de l'écho ▲ qui demande assistance. Il manœuvre aussitôt pour le secourir.

On considère que le changement de route est immédiat et que la vitesse-surface $V_S = 10 \text{ nds}$ est conservée.

3 Indiquer la route-surface à adopter à 08h12 pour aborder le navire à l'écho ▲

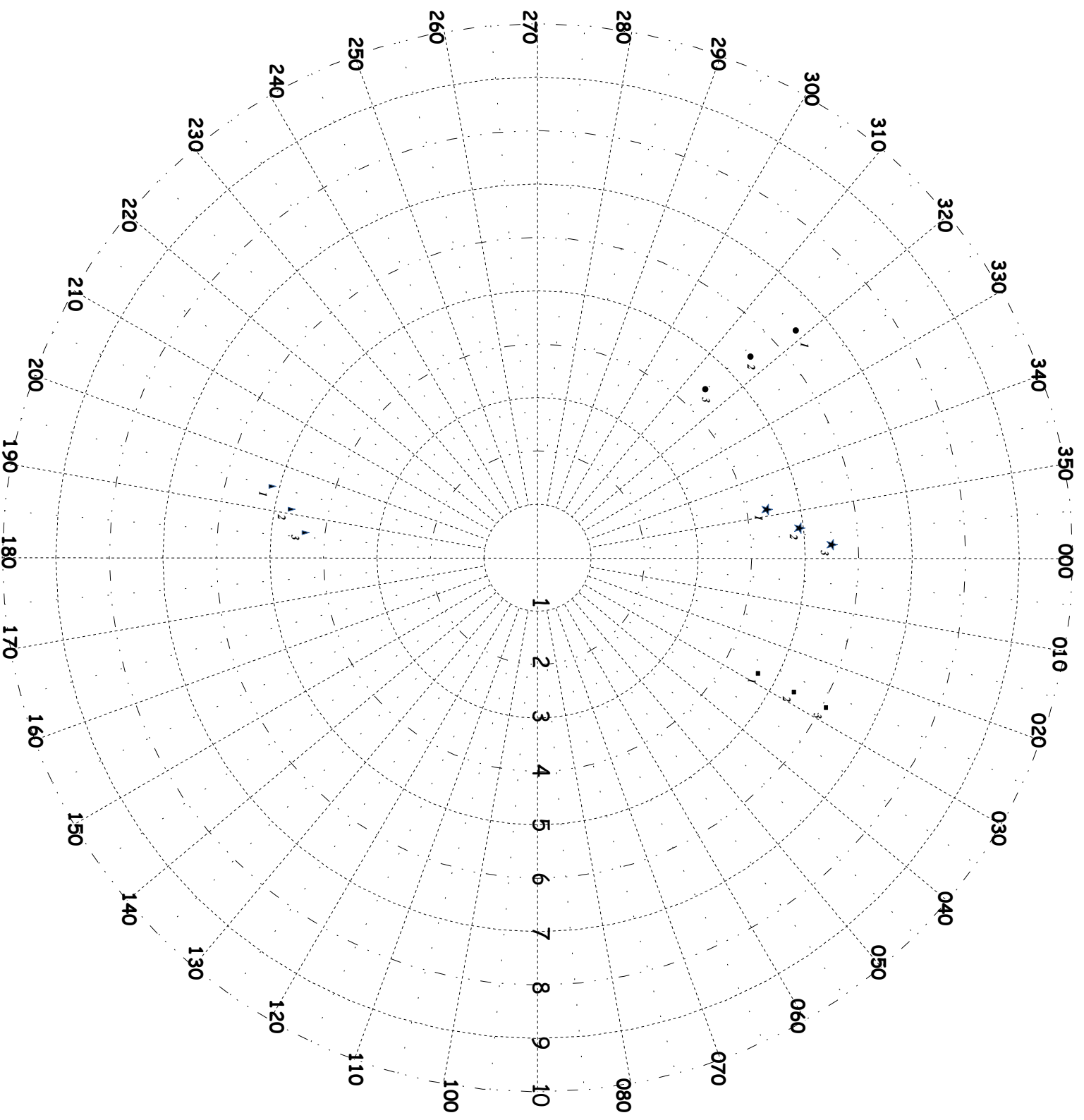
4 Avec cette route-surface, mesurer le nouveau CPA et TCPA du navire de l'écho ●

TD 11 Exercice 1



échelle : 1 M = 1 cm

TD 11 Exercice 2

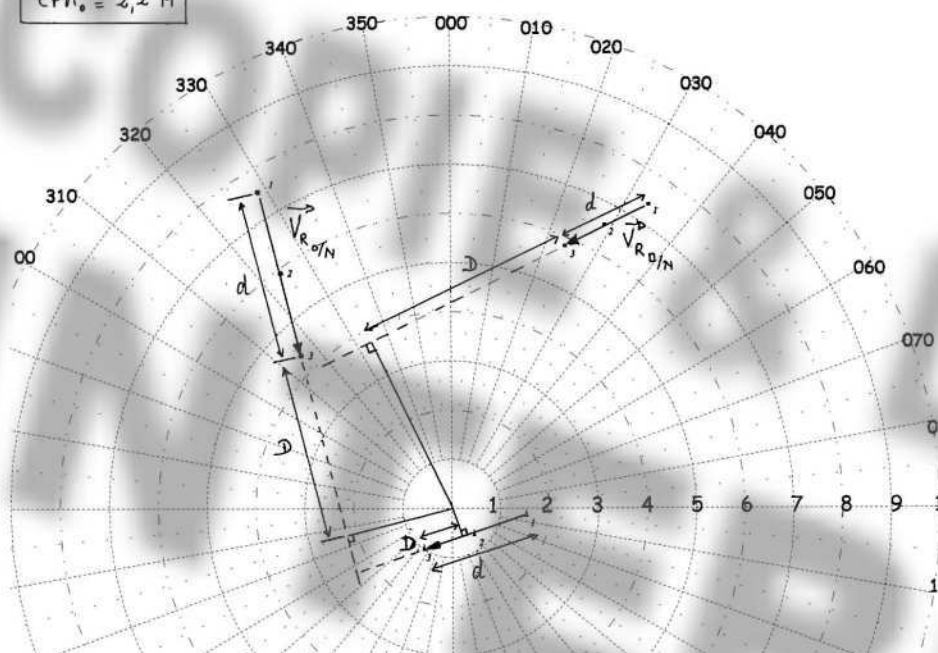


échelle : 1 M = 1 cm

Exercice 1 question ① CPA et TCPA de l'écho •

en prolongeant la trajectoire de l'écho • dans le sens de 1 vers 3 on trouve la distance entre le centre du radar (=mote marin) et cette trajectoire:

$$CPA_0 = 3,2 \text{ M}$$



$$TCPA = \frac{D}{d} \times \Delta t \quad \text{avec } D \text{ la distance (en cm) entre l'instant le plus récent (t}_3\text{)}$$

$$TCPA_0 = \frac{3,8 \text{ cm}}{3,45 \text{ cm}} \times 20 \text{ min}$$

$$TCPA_0 = 22 \text{ min}$$

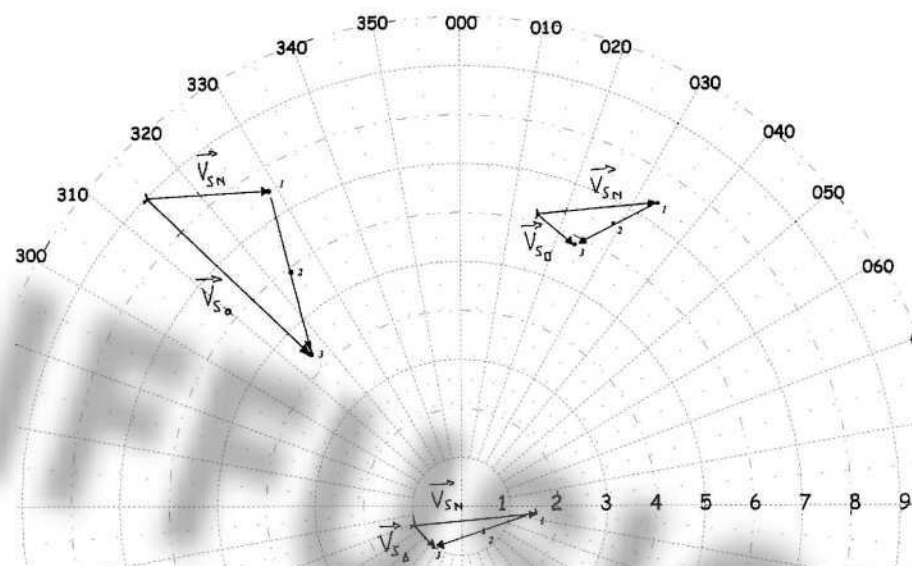
d la longueur du vecteur relatif (en cm) mesuré entre les instants t_1 et t_3
 Δt l'intervalle de temps entre t_1 et t_3
 ici: $16^h20 - 16^h00 = 20 \text{ min}$

donc le CPA de l'écho a aura lieu 22 min après $t_3 = 16^h20$ soit à 16^h42

- △ Alors, les radars calculent et affichent au temps réel le TCPA donc on donnera, par défaut dans les exercices et interrogations, le TCPA par rapport à l'instant le plus récent. De même on calcule $CPA_0 = 3,8 \text{ M}$; $TCPA_0 = 46 \text{ min}$
 $CPA_A = 0,6 \text{ M}$; $TCPA_A = \frac{-0,8 \text{ cm}}{2,2 \text{ cm}} \times 20 \text{ min} = -7 \text{ min}$
 le $TCPA_A$ est négatif car le CPA a eu lieu avant l'instant t_3 , soit à 16^h13 .

Exercice 1 question ②

△ Toutes ces résolutions reposant sur des constructions graphiques, il est normal que les résultats varient de quelques ° ou dixièmes de nœud.



Pour mesurer la vitesse du courant, c'est à dire du déplacement de l'eau sur le fond, on mesure le déplacement du fond, ou d'un objet qui lui est rattaché, par rapport à l'eau, c'est à dire à la surface puis on "retourne" de 180° : la bouée de caïen est reliée au fond par un bout qui est tendu par le courant. On suppose donc que le courant est "étalé" et identique sur toute la zone observée au radar.

La construction vectorielle permet de mesurer la vitesse - surface de la bouée de caïen:
 Donc le courant porte en sens inverse à la même vitesse:

$$\vec{V}_{S\Delta} = 135^\circ / 1,8 \text{ nds}$$

$$\vec{V}_{\text{courant}} = 315^\circ / 1,8 \text{ nds}$$

Pour les échos des deux autres marées:

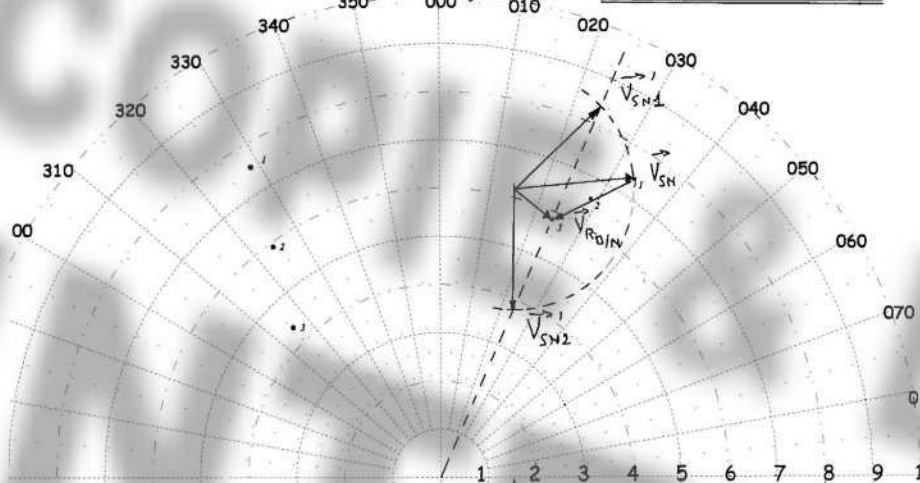
△ les deux vecteurs - surface se touchent toujours par l'origine

$$\vec{V}_{S0} = 133^\circ / 13,8 \text{ nds}$$

$$\vec{V}_{S1} = 129^\circ / 3 \text{ nds}$$

Exercice 1 question ③

Δ dessiner toujours le triangle des vitesses avec les vecteurs - surface finissant sur l'écho ou sa trajectoire, se touchant par l'origine : alors le vecteur relatif ira de notre $\vec{V}_{SN}$ vers l'autre $\vec{V}_{SA}$

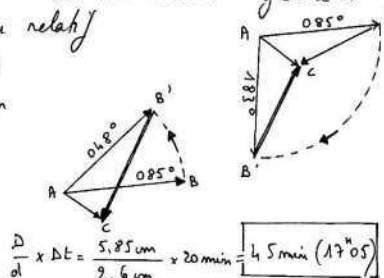


A partir de 11"20 on veut que la trajectoire de l'écho se dirige vers notre position (le centre du radar), donc que le triangle des vitesses se déforme pour obtenir un vecteur relatif sur cette trajectoire "en CPA nul" et dont le sens fait rapprocher le radar de notre manœuvre.

On envisage une manœuvre à vitesse constante donc notre vecteur - surface ne change pas de longueur mais seulement de direction R_{SN} : on le fait donc tourner autour de son origine en traçant un arc de cercle. Les solutions du triangle des vitesses donnant un vecteur relatif aligné avec la trajectoire "en CPA nul" sont les intersections de cette trajectoire avec l'arc de cercle : il y en a 2.

L'une $R_{SN} = 183^\circ$ donne un vecteur relatif éloignant l'écho de nous et l'autre $R_{SN}' = 048^\circ$ donne un vecteur relatif en rapprochement.

La durée de la manœuvre se calcule comme un TCPA : D : distance restante entre nous et d : longueur du nouveau vecteur relatif



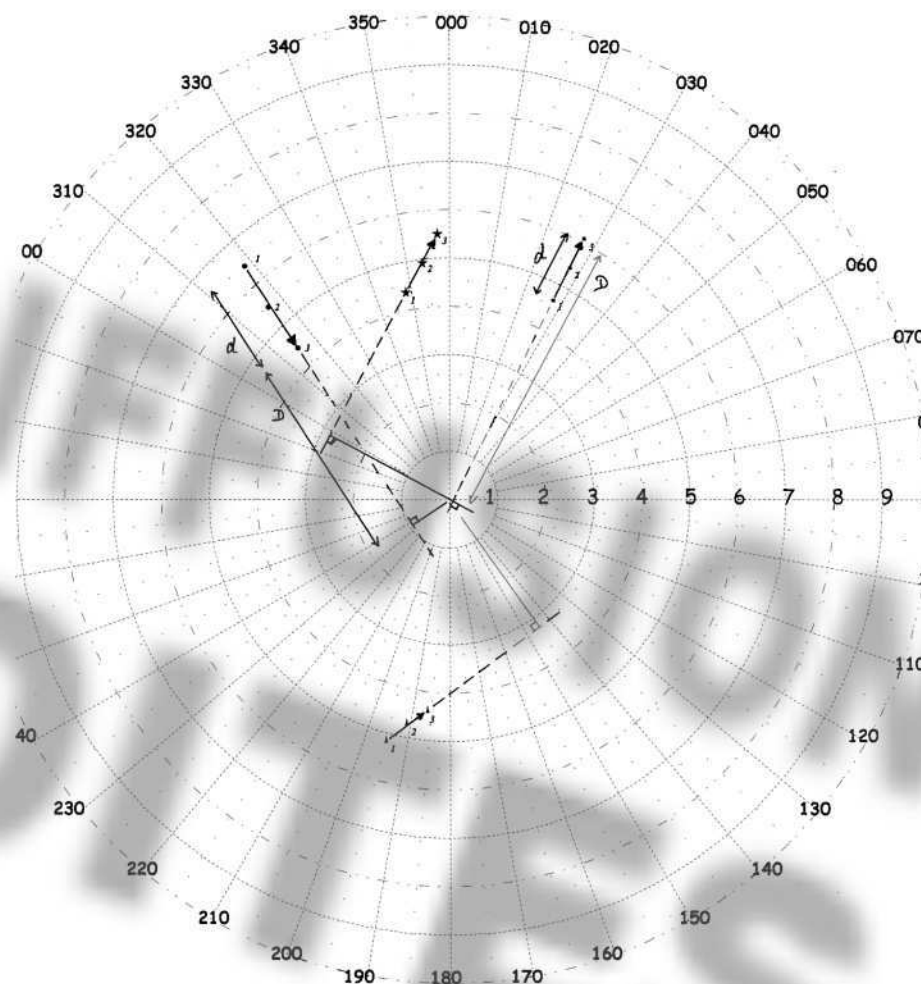
$$\frac{D}{d} \times \Delta t = \frac{5,85 \text{ nm}}{2,6 \text{ nm}} \times 20 \text{ min} = 45 \text{ min (17'05')}$$

Exercice 2 question ①

$$CPA_0 = 0,9 \text{ M}$$

$$TCPA_0 = \frac{D}{d} \times \Delta t = \frac{4,4 \text{ nm}}{2 \text{ nm}} \times 12 \text{ min} = 26,4 \text{ min} \approx 26 \text{ min}$$

soit à $08^\circ 12' + 0^\circ 26' = 08^\circ 38'$

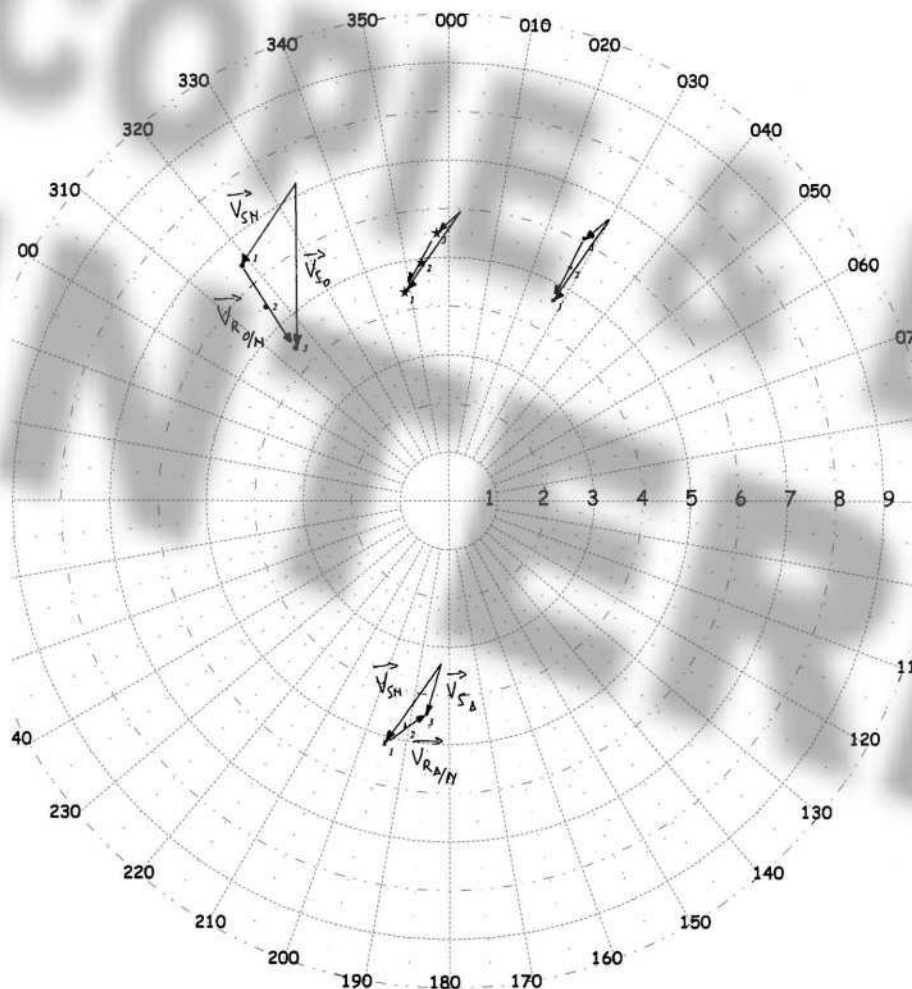


de même $CPA_{\square} = 0,1 \text{ M}$; $TCPA_{\square} = -\frac{6,1 \text{ nm}}{1,45 \text{ nm}} \times 12 \text{ min} = -50 \text{ min}$
 $CPA_{*} = 2,8 \text{ M}$; $TCPA_{*} = -4,1 \text{ min} < 0 \Rightarrow \text{CPA déjà passé}$
 $CPA_{\Delta} = 3,3 \text{ M}$; $TCPA_{\Delta} = +32 \text{ min} > 0 \Rightarrow \text{CPA à venir}$

Exercice 2 question ② la construction vectorielle permet de mesurer les vecteurs-surface :

$$\vec{V}_{S_0} = 180^\circ / 17 \text{ mds}$$

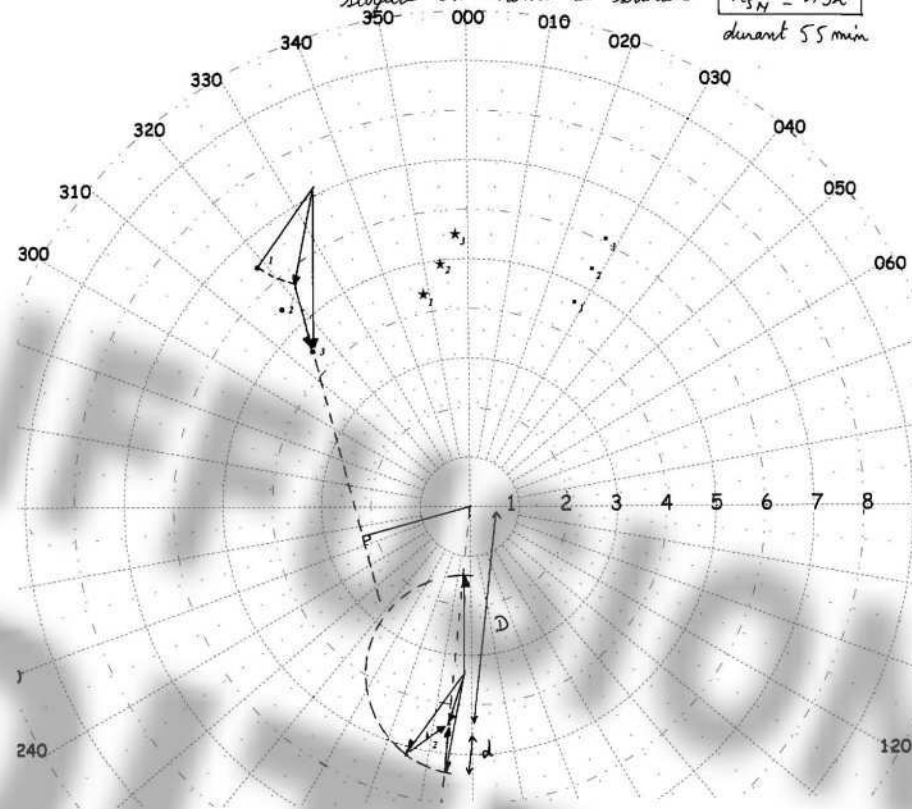
$$\vec{V}_{S_B} = 196^\circ / 5 \text{ mds}$$



Remarque : en supposant que les échos □ et * sont ceux de bouées ou balises entre lesquelles notre navire vient de passer, on peut mesurer $\vec{V}_{S_0} = \vec{V}_{S_*} = 230^\circ / 3 \text{ mds}$ et en déduire le courant : $\vec{V}_c = 050^\circ / 3 \text{ mds}$

Exercice 2 question ③

A partir de l'instant 3 on veut que l'écho A suive une trajectoire "en CPA nul" et en rapprochement. En faisant tourner notre vecteur surface on trouve la solution $R_{SN}' = 192^\circ$ durant 55 min



question ④ on trace le triangle des vitesses pour l'écho * après la manœuvre : $\vec{V}_{S_N} = 192^\circ / 10 \text{ mds}$
 $\vec{V}_{S_0} = 180^\circ / 17 \text{ mds}$
 le troisième côté du triangle est le vecteur relatif orienté dans le sens : de l'extrémité de $\vec{V}_{S_N}$ vers l'extrémité de $\vec{V}_{S_0}$ (= "du nôtre vers l'autre"). En prolongeant ce vecteur relatif on obtient la trajectoire de l'écho * après la manœuvre de 08^h12 :
 $CPA_0 = 2,3 \text{ M} ; T CPA_0 = 33 \text{ min après } 08^h 12 \text{ soit à } 08^h 45$