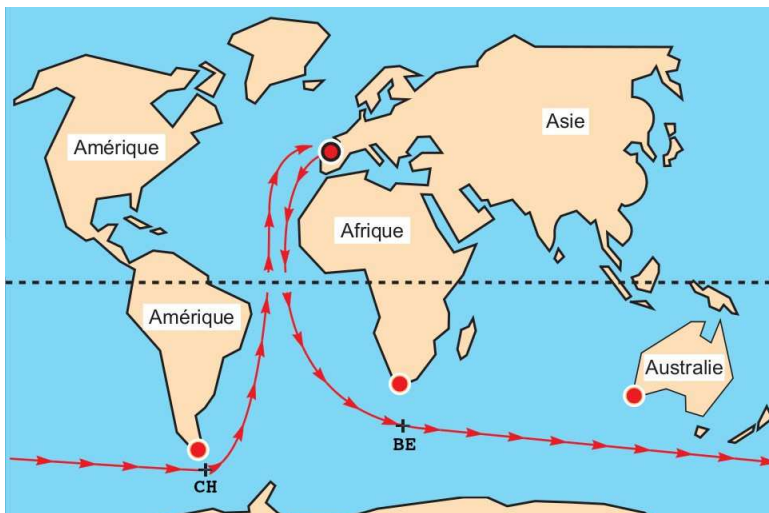


1^{ère} QUESTION (valeur = 10 points)
Loxodromie

Les concurrents du Vendée-Globe font le tour du monde à la voile en s'approchant du pôle Sud pour raccourcir leur trajectoire. Pour limiter les dangers (glace, vents violents) aux hautes latitudes, une zone d'exclusion est prévue. Pour simplifier, on suppose qu'ils parcourent un segment de loxodromie entre le point BE au cap de Bonne Espérance et le point CH au Cap Horn en naviguant vers l'Est.

$$\text{BE} \begin{cases} \varphi_1 = 36^\circ 07,9' S \\ G_1 = 019^\circ 05,2' E \end{cases} \quad \text{CH} \begin{cases} \varphi_2 = 56^\circ 09,2' S \\ G_2 = 067^\circ 52,7' W \end{cases}$$



1. Calculer la route-fond et la distance loxodromiques de BE à CH vers l'Est à $0,1^\circ$ et $0,1$ M près.

Pour les questions suivantes, on considère que la route-fond loxodromique est $R_F = 095,0^\circ$. On appelle 50èmes hurlants les latitudes comprises entre $50^\circ S$ et $60^\circ S$.

2. Calculer à $0,1'$ près la longitude G_C où la route-fond entre dans les 50èmes hurlants à $\varphi_C = 50^\circ S$.
3. Calculer à $0,1'$ près la latitude φ_D où la route-fond franchit le méridien $G_D = 180^\circ W$.

Formulaire

$\Lambda(\varphi) = \frac{180}{\pi} \cdot \ln \left(\tan \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \right) ; \quad \varphi = 2 \cdot \left[\arctan \left(e^{\frac{\pi \cdot \Lambda(\varphi)}{180}} \right) - 45 \right]$	
calcul de route-fond et distance	calcul du point d'arrivée
$l = \varphi_2 - \varphi_1$	$l = \frac{m_l}{60} \cdot \cos(R_f)$
$g = G_2 - G_1$	$\varphi_2 = \varphi_1 + l$
$\lambda = \Lambda(\varphi_2) - \Lambda(\varphi_1)$	$\lambda = \Lambda(\varphi_2) - \Lambda(\varphi_1)$
$R_{fq} = \arctan \left \frac{g}{\lambda} \right $	$g = -\lambda \cdot \tan(R_f)$
$m_l = \frac{60 \cdot l }{\cos(R_{fq})}$	$G_2 = G_1 + g$

φ	latitude
G	longitude
Λ	latitude croissante
l	variation de latitude
g	variation de longitude
λ	variation de latitude croissante
R_f	route-fond
R_{fq}	route-fond-quart
m_l	distance loxodromique

Nota :

1. Aucun document autorisé.
2. Toutes calculatrices autorisées sauf celles équipées de transmissions (téléphone, infra-rouge, wifi, bluetooth, etc)
Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle (sa note sera égale à zéro) sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours ».

2^{ème} QUESTION (valeur = 10 points)
Estime graphique

Les questions sont indépendantes. On utilisera les paramètres suivants pour l'estime :

variation gyroscopique	$W_g = 1,2^\circ \text{ W}$	dérive	5° par vent W
déclinaison	$15^\circ 50' \text{ W}$	courant	précisé à chaque question
déviations	dans la courbe jointe		

À 08h30 vous êtes au point AA et vous maintenez une vitesse-surface $V_s = 11,0$ nd pour vous rendre au prochain point de passage BB. On considère un courant ENE $2,0$ nd.

1. Déterminer le cap-compas et le cap-gyroscopique à ordonner au barreur, l'heure d'arrivée au point BB et préciser R_F , V_F , R_S , C_V et C_M .

En franchissant l'alignement des phares de King Bank (le plus proche, n°1) et de Great Island (le plus éloigné, n°2) vous relevez les phares : $Z_g = 210,5^\circ$ et $Z_c = 221,5^\circ$. Votre cap-compas à cet instant est $C_c = 140^\circ$.

2. Mesurer le relèvement vrai de l'alignement et calculer $W_{g \text{ obs}}$, W_{obs} , d_{obs} et d_{courbe}
puis préciser si la courbe de déviation est correcte
enfin calculer le cap vrai.

À 11h00 vous mesurez les relèvements des phares suivants :

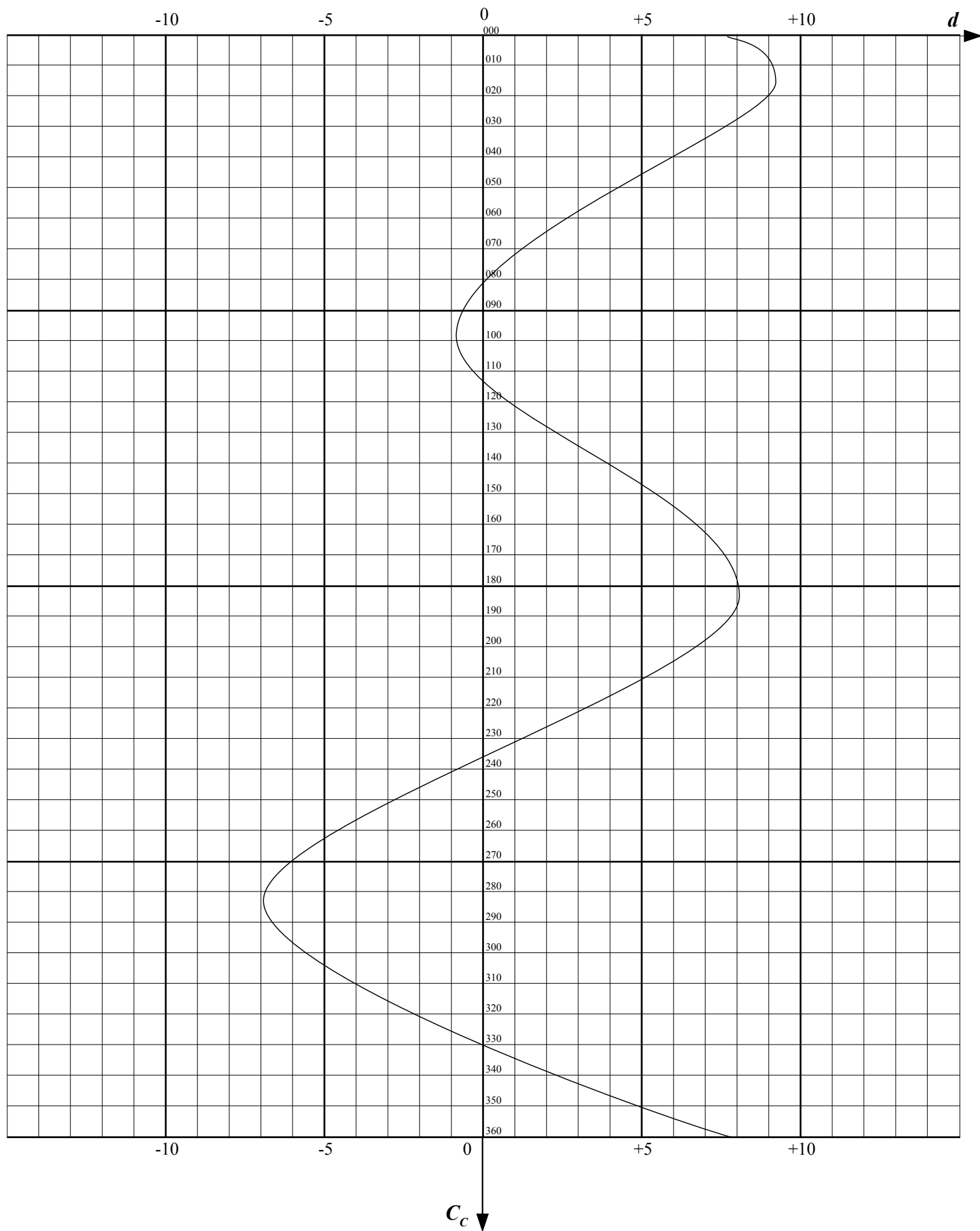
Great Island (n°2)	$Z_{g2} = 263,0^\circ$
Cape Reinga (n°3)	$Z_{g3} = 188,5^\circ$
North Cape (n°5)	$Z_{g5} = 143,0^\circ$

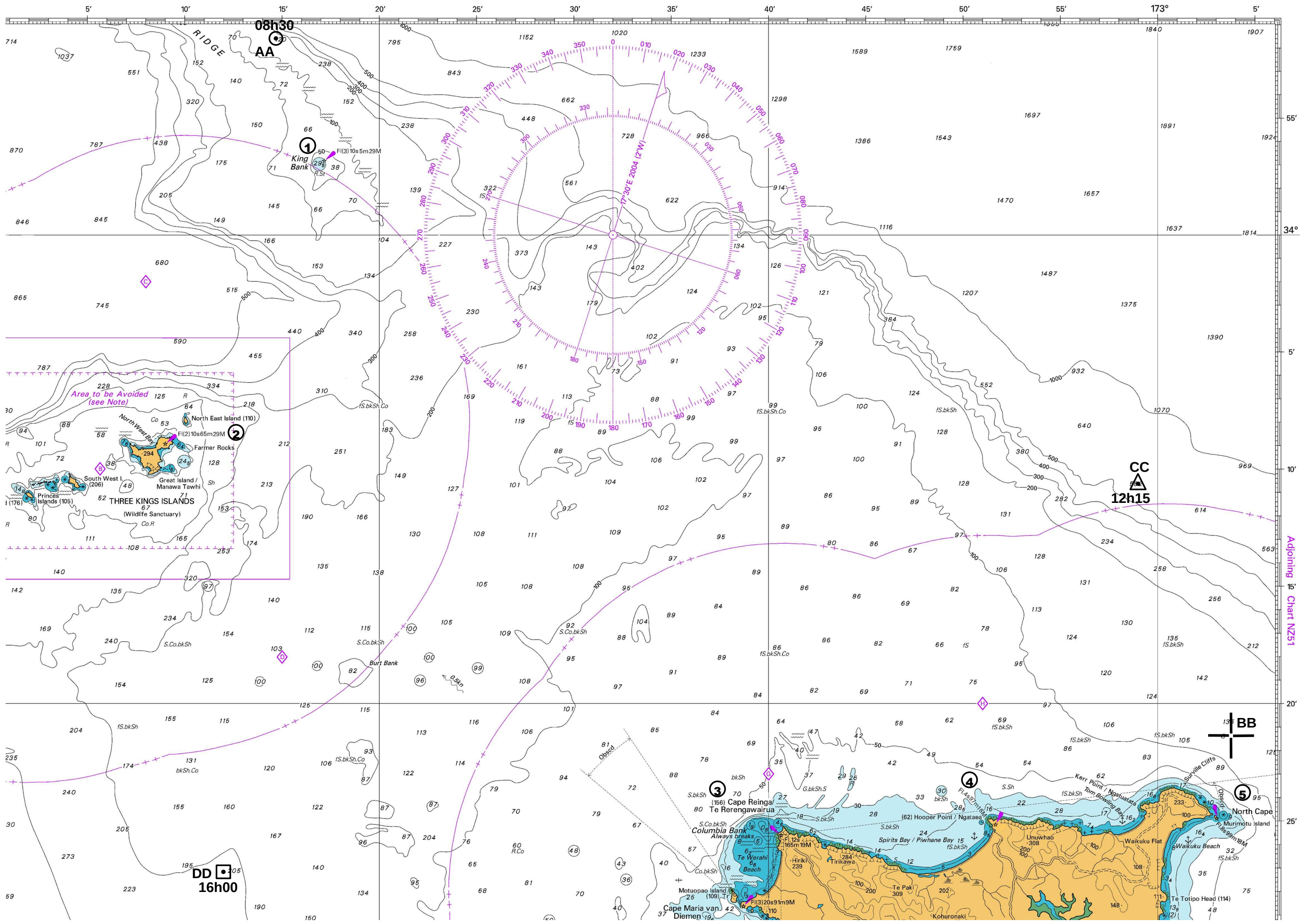
3. Porter le point de 11h00 avec le symbole adapté
puis mesurer son relèvement et sa distance à $0,1$ M près par rapport au phare de Hooper Point (n°4)
et les noter comme dans le journal de navigation.

À 12h15 vous êtes au point CC et souhaitez vous rendre au point DD à 16h00. Le courant porte à l'ESE à la vitesse de $V_c = 2,0$ nd.

4. Déterminer le cap-compas et le cap-gyroscopique à ordonner au barreur, la vitesse-surface V_s à adopter et préciser R_F , V_F , R_S , C_V et C_M .

COURBE DE DEVIATION





Adjoining Chart NZ51

Correction de la synthèse de navigation 1er semestre 2020-2021

Loxodromie

- ① du cap de Bonne Espérance (BE) vers le cap Horn (CH)
 $l = \varphi_2 - \varphi_1 = -20^{\circ} 01,3' < 0$ donc vers le Sud
 $g = G_2 - G_1 = +086^{\circ} 57,9' > 0$ donc et écart de longitude
 correspond à un déplacement vers l'Ouest.
 La route vers l'Est est obtenue par un
 écart de longitude $g = +086^{\circ} 57,9' - 360^{\circ}$
 soit $g = -273^{\circ} 02,1'$

$$\lambda = \Lambda(\varphi_2) - \Lambda(\varphi_1) = (-68,173^{\circ}) - (-38,796^{\circ})$$

$$\lambda = -29,377^{\circ}$$

alors $R_{FQ} = \arctan \left/ \frac{g}{\lambda} \right/ = S \ 83,855^{\circ} E$

et $R_F = 180^{\circ} - R_{FQ}$
 $R_F = 096,1^{\circ}$

$$m = \frac{60 \cdot |l|}{\cos R_{FQ}} = 11229,5 \text{ M}$$

la route - fond de BE vers CH par l'Est est $R_F = 096,1^{\circ}$ et
 la distance $m = 11229,5 \text{ M}$

- ② pour chercher un point intermédiaire sur la route loxodromique
 on utilise la formule $g = -\lambda \cdot \tan R_F$
 de BE vers G_c

$$\lambda = \Lambda(\varphi_c) - \Lambda(\varphi_1) = (-57,908^{\circ}) - (-38,796^{\circ}) = -19,112^{\circ}$$

$\alpha \quad g = -(-19,112^{\circ}) \cdot \tan 095^{\circ} = -218^{\circ} 27,0'$

$$G_c = G_1 + g = (019^{\circ}05,2') + (-218^{\circ}27,0') = -237^{\circ}32,2' + 360^{\circ}$$

$$G_c = +122^{\circ}27,8'$$

la longitude où la route-fond franchit $\varphi_c = 50^{\circ}S$ est $G_c = 122^{\circ}27,8'W$

③ de BE vers G_D

$$g = G_D - G_1 = +199^{\circ}05,2' > 0$$

cette valeur décrit une route vers l'Ouest alors que le sens de rotation choisi pour la régate est vers l'Est : $g = +199^{\circ}05,2' - 360^{\circ}$

$$g = -160^{\circ}54,3'$$

$$\lambda = \frac{-g}{\tan R_f} = \frac{-(-160^{\circ}54,3')}{\tan 095^{\circ}} = -14,078^{\circ}$$

$$\Lambda(\varphi_D) = \Lambda(\varphi_1) + \lambda = -52,874^{\circ}$$

$$\varphi_D = 2 \times \left[\arctan \left(\exp \frac{\pi \cdot (-52,874^{\circ})}{180} \right) - 45^{\circ} \right] = -46^{\circ}39,3'$$

la route-fond franchit le méridien $180^{\circ}W$ à $\varphi_D = 46^{\circ}39,3'S$

Estime graphique

① de AA vers BB on mesure $R_F = 126^{\circ}$ et $m = 50,5M$

$$\vec{V}_F / \begin{matrix} R_F = 126^{\circ} \\ V_F = ? \end{matrix} = \vec{V}_S / \begin{matrix} R_S = ? \\ V_S = 11,0 \text{ nml} \end{matrix} + \vec{V}_c / \begin{matrix} R_c = 067,5^{\circ} \\ V_c = 2,0 \text{ nml} \end{matrix}$$

sur la construction graphique du triangle des vitesses, on mesure

$$V_F = 11,9 \text{ nml} \text{ et } R_S = 135^{\circ}$$

$$\Delta t = \frac{m}{V_F} = \frac{50,5M}{11,9 \text{ nml}} = 4^h 15$$

$$R_s = 135^\circ$$

$$- \text{dér} = -(-5^\circ)$$

$$C_v = 140^\circ$$

$$- D = -(-15,8^\circ)$$

$$C_m = 155,8^\circ$$

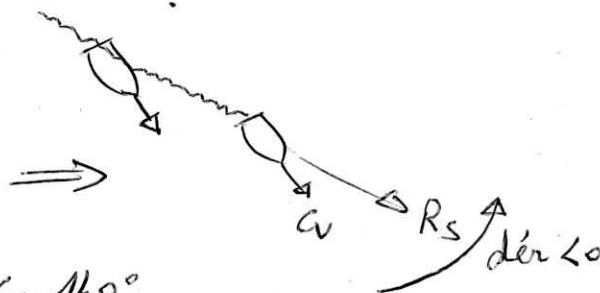
$$- d = -(+5,4^\circ)$$

$$C_c = 150,4^\circ$$

$$C_v = 140^\circ$$

$$- W_g = -(-1,2^\circ)$$

$$C_g = 141,2^\circ$$



$$C_c = 150,4^\circ / C_g = 141,2^\circ / \text{arrivée en BB à } 12^h 45 / R_F = 126^\circ / V_F = 11,9 \text{ nd}$$

$$R_s = 135^\circ / C_v = 140^\circ / C_m = 155,8^\circ$$

- ② sur la carte on mesure l'alignement au $Z_v = 209^\circ$
 $W_{g \text{ OBS}} = Z_v - Z_g = 209^\circ - 210,5^\circ = -1,5^\circ = 1,5^\circ \text{ W}$
 $W_{\text{OBS}} = Z_v - Z_c = 209^\circ - 221,5^\circ = -12,5^\circ$
 $d_{\text{OBS}} = W_{\text{OBS}} - D = (-12,5^\circ) - (-15,8^\circ) = +3,3^\circ$
 pour $C_c = 140^\circ$ on lit dans la courbe $d_c = +3,9^\circ$

$$W_{g \text{ OBS}} = -1,5^\circ / W_{\text{OBS}} = -12,5^\circ / d_{\text{OBS}} = +3,3^\circ / d_c = +3,9^\circ$$

la courbe de déviation est fautive de $0,6^\circ$ pour $C_c = 140^\circ$

$$C_v = C_c + W_{\text{OBS}} = 140^\circ + (-12,5^\circ) = 127,5^\circ$$

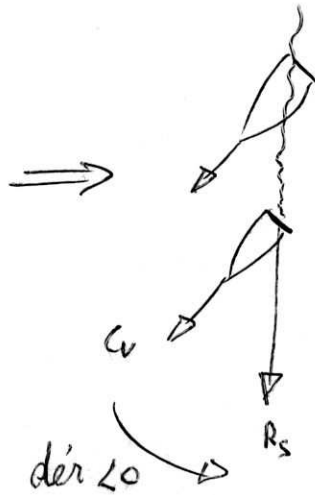
- ③ après avoir corrigé les Z_g avec W_g on trace les Z_v sur la carte

$$M^{\text{no}} \Delta: Z_v = 343^\circ / \text{phare de Hooper Point} / 21,5 \text{ M}$$

- ④ de CC vers DD on mesure $R_f = 247^\circ$ et $m = 42,5 \text{ M}$
 alors $V_F = \frac{m}{\Delta t} = \frac{42,5 \text{ M}}{3^h 45} = 11,3 \text{ nd}$
 $\rightarrow R_F = 247^\circ$
 $V_F = 11,3 \text{ nd} = \vec{V}_S \begin{cases} R_S = ? \\ V_S = ? \end{cases} + \vec{V}_c \begin{cases} R_c = 112,5^\circ \\ V_c = 2,0 \text{ nd} \end{cases}$

sur la construction du triangle des vecteurs - vitesses on mesure $R_S = 253,5^\circ$ et $V_S = 12,8 \text{ nd}$

$$\begin{aligned}
 R_s &= 253,5^\circ \\
 -der &= -(-5^\circ) \\
 C_v &= 258,5^\circ \\
 -D &= -(-15,8^\circ) \\
 C_m &= 274,3^\circ \\
 -d &= -(-6,8^\circ) \\
 C_c &= 281,1^\circ
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 C_v &= 258,5^\circ \\
 -W_g &= -(-1,2^\circ) \\
 C_g &= 259,7^\circ
 \end{aligned}$$

$ \begin{aligned} C_c &= 281,1^\circ / C_g = 259,7^\circ / V_s = 12,8 \text{ md} / R_F = 247^\circ \\ V_F &= 11,3 \text{ md} / R_s = 253,5^\circ / C_v = 258,5^\circ / C_m = 274,3^\circ \end{aligned} $

COURBE DE DÉVIATION

