ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE MARITIME

O1MM **Synthèse de Navigation**

Semestre S6 **Durée : 1h30min** **2018-2019**

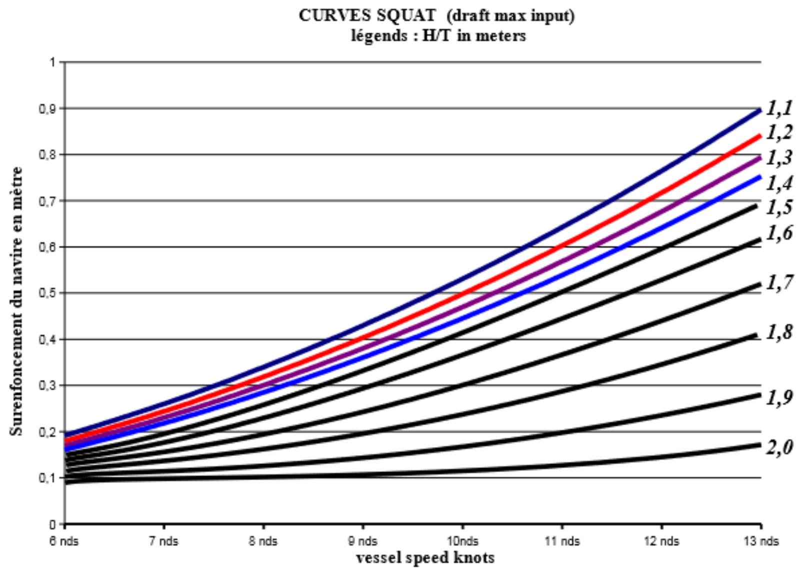
Exercice 1 : Orthodromie et voyage planning (10 points)

	Longueur = 291 m Largeur = 46m TE_{max} =11.4 m Port en lourd = 94 575 tonnes Fuel utilisé : Fioul lourd (FO) Puissance 20 MW Consommation FO journalière à 15 nœuds : **100t/J**
Prévisions lors de l'arrivée à la réunion	**-** Hauteur d'eau : 0,2 m < H < 0,5 m - Pression 1018 hPa - Courant nul - Vent de NNW force 2/3 - Vitesse de chenalage 10 nœuds

MASTER STANDING ORDERS

Under Keel Clearance	*inside ports*	*10 % max draught*
	fairways outside ports	*15 % max draught*
	ocean passage	*20 % max draught*
Minimun depth for	*No Go Area*	*1,1 x max draught*
	Margin of Safety	*1,2 x max draught*

Squat curve for $1{,}1 \leqslant \dfrac{depth}{draught} \leqslant 2$



Alors que vous êtes lieutenant navigation sur l'*Akham* un gazier qui navigue au tramping, vous décharger votre cargaison à Valparaiso. Vous devez ensuite rejoindre Sydney pour un nouveau chargement.

Le commandant vous demande de préparer la navigation vers votre prochain port d'escale.

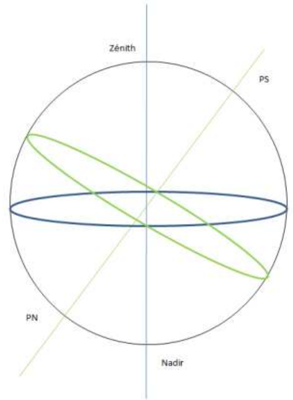
	Valparaiso	***Sydney***
Latitude	33°2,3' S	33°52,4'S
Longitude	071°37,6' W	151°12,3'E

1. Citer quelles sont les 4 phases qui constituent le voyage planning. Expliquer brièvement en quoi chacune d'elle consiste.

2. Lors de la 2ème phase vous préparez votre traversée et le tracé de vos routes sur les cartes marines. Justifiez de l'intérêt de suivre une orthodromie plutôt qu'une loxodromie en répondant aux questions suivantes :
    a. Montrer que la distance orthodromique vaut approximativement 6115 milles, puis calculer l'angle de route initial et les coordonnées du vertex.
    b. Sachant que la distance loxodromique est de 6867 milles, et que le prix du FO est de 370 euros la tonne. Calculer le gain en euros réalisé en suivant l'orthodromie à la vitesse de 15 nœuds.

3. Vous préparez ensuite votre arrivée à Sydney :
    a. Déterminer les profondeurs limites pour les « No Go Area » et les « Margin of Safety».
    b. Calculer la hauteur d'eau à l'aide des prévisions de la **page 1** de l'énoncée.
    c. Calculer les sondes limites pour les « No Go Area » et les « Margin of Safety».
    d. Calculer le surenfoncement maximal pour une sonde minimum, trouvée dans le chenal d'arrivée, à 13,5 m.
    e. Calculer l'UKC minimum correspondant à la sonde minimum de 13,5m. Respecte-t-il les consignes du commandant pour une navigation dans les chenaux ? Justifier votre réponse.

Exercice 2 : Schéma de la position du soleil à la méridienne (2 points)



Voir schéma pleine échelle à l'annexe III

1. Sur le schéma de **l'annexe IV** que vous rendrez avec la copie, placer les indications suivantes :
    - L'horizon
    - L'équateur
    - Le point Q (intersection entre l'équateur et le méridien supérieur du lieu)
    - L'astre lors de son passage au méridien supérieur du lieu : astre à la méridienne. (**On prendra arbitrairement D plus nord que φ**)
    - La latitude
    - La distance zénithale $\zeta=90°-H$
    - La hauteur H de l'astre

2. Donner la formule précise permettant de calculer la latitude de l'observateur dans ce cas précis.

Exercice 3 : Droite de hauteur soleil (8 points)

Mercredi 26 juin 2019 vous arrivez du large vers la côte Est de l'île de la Réunion.
Les éléments de l'estime sont les suivants :

Route-fond *Rf = 220°*
Vitesse-fond *Vf = 12 nœuds*

Vous observez le soleil à ***09h00 TU+4***, à ***la méridienne*** et *à* **16h30 TU+4. L'estime sera recalée sur le point astronomique complet de 16h30min.**

La collimation est c = +1,1' et la hauteur de l'œil est de 32 m.

- A *9h00 TU+4* la position estimée est :

$\varphi_1 = 20°\,12{,}3'\,S$
$G_1 = 057°12{,}8'E$

Vous observez le bord inférieur du soleil

$Hi_1 = 25°\,45{,}2\,'$ et $\varepsilon = +\,1{,}5\,'$ et après quelques calculs, $Z_1 = 49{,}7°$ *et* $i_1 = +6{,}5\,M$

- Vous calculez ensuite que la méridienne aura lieu à *12h15min28s TU+4*.

A cette heure-là, votre position estimée est :

$\varphi_2 = \;20°\,33{,}0'\,S$
$G_2 = \;056°\,54{,}2'\,E$

Et vous observez le bord inférieur du soleil

$H_{i2} = 45°55{,}4\,'$ et $\varepsilon = +\,1{,}2\,'$ et après quelques calculs, vous obtenez la latitude de la méridienne telle que : $\varphi mer = 20°39{,}0'\,S$

- A *16h30 TU+4* la position estimée est :

$\varphi_3 = 21\,°00{,}0'\,S$
$G_3 = 56°30{,}0'E$

et vous observez le bord inférieur du soleil

$Hi_3 = 13°40{,}8\,'$ et $\varepsilon = +\,1{,}6\,'$ et après quelques calculs, $Z_3 = 302{,}3°$ et $i_3 = -\,15{,}2M$

1. Calculer, à partir de la position (φ_1, G_1) à 9h00, que l'heure de la méridienne aura bien lieu à *12h15min28s TU+4*.
2. Démontrer que la latitude de la méridienne est : $\varphi mer = 20°39{,}0'\,S$
3. Tracer sur la carte de **l'annexe IV** le point astronomique à 16h30 TU+4 et donner les coordonnées géographiques de ce point, sachant que le point (φ_3, G_3) de 16h30 a déjà été calculé en transportant les points de 9h00 et de 12 h15min 28s suivant l'estime.

ENSM
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE MARITIME

Annexe I

Mercredi 26 juin 2019

Heure U.T.	SOLEIL AHvo	SOLEIL D	LUNE AHao	LUNE v	LUNE D	LUNE d	LUNE π	Lever du Soleil: Début de l'aube	Lever du Soleil: Lever	Lever du Soleil: Z	Coucher du Soleil: Z	Coucher du Soleil: Coucher	Coucher du Soleil: Fin du crépus.	LATI-TUDE	Lever et coucher de Lune: Lever	Var p. 10°	Coucher	Var p. 10°
h	° '	° '	° '	'	° '	'	'	h m	h m	°	°	h m	h m	°	h m	m	h m	m
00	179 22,7	**N** 23 23,9	272 03,6	15,7	**S** 5 05,8	11,1	54,4	A.T.N.	S.A.H.	-	-	S.A.H.	C.T.N.	**70 N**	0 49	0,3	11 38	2,7
01	194 22,5	23 23,8	286 38,3	15,7	4 54,7	11,1	54,4	A.T.N.	S.A.H.	-	-	S.A.H.	C.T.N.	**68**	0 44	0,1	11 42	2,5
02	209 22,4	23 23,7	301 13,0	15,7	4 43,6	11,1	54,5	A.T.N.	S.A.H.	-	-	S.A.H.	C.T.N.	**66**	0 39	0,0	11 44	2,4
03	224 22,3	23 23,7	315 47,7	15,7	4 32,4	11,2	54,5	A.T.N.	1 33	21	339	22 32	C.T.N.	**64**	0 35	0,1	11 47	2,3
04	239 22,1	23 23,6	330 22,4	15,7	4 21,3	11,2	54,5	A.T.N.	2 11	29	331	21 54	C.T.N.	**62 N**	0 31	0,2	11 49	2,2
05	254 22,0	23 23,6	344 57,1	15,7	4 10,1	11,2	54,5											
								0 52	2 37	35	325	21 28	23 13	**60 N**	0 28	0,2	11 51	2,1
06	269 21,9	**N** 23 23,5	359 31,8	15,7	**S** 3 58,9	11,2	54,5	1 42	2 58	39	321	21 08	22 23	**58**	0 25	0,3	11 53	2,0
07	284 21,7	23 23,4	14 06,5	15,7	3 47,7	11,2	54,5	2 12	3 15	43	317	20 51	21 53	**56**	0 23	0,4	11 54	2,0
08	299 21,6	23 23,4	28 41,2	15,7	3 36,4	11,3	54,5	2 34	3 29	46	314	20 37	21 31	**54**	0 21	0,4	11 55	1,9
09	314 21,5	23 23,3	43 15,9	15,7	3 25,2	11,3	54,6	2 52	3 41	48	312	20 24	21 13	**52 N**	0 19	0,5	11 57	1,8
10	329 21,3	23 23,2	57 50,6	15,7	3 13,9	11,3	54,6											
11	344 21,2	23 23,2	72 25,3	15,7	3 02,6	11,3	54,6	3 07	3 52	51	309	20 13	20 58	**50 N**	0 17	0,5	11 58	1,8
								3 37	4 14	55	305	19 51	20 28	**45**	0 13	0,6	12 00	1,7
12	359 21,1	**N** 23 23,1	86 59,9	15,7	**S** 2 51,3	11,3	54,6	4 00	4 32	58	302	19 33	20 06	**40**	0 10	0,7	12 02	1,6
13	14 20,9	23 23,0	101 34,6	15,7	2 40,0	11,3	54,6	4 18	4 48	60	300	19 18	19 48	**35**	0 07	0,8	12 04	1,5
14	29 20,8	23 23,0	116 09,3	15,7	2 28,6	11,4	54,6	4 33	5 01	62	298	19 05	19 32	**30 N**	0 04	0,9	12 05	1,5
15	44 20,7	23 22,9	130 43,9	15,6	2 17,3	11,4	54,6											
16	59 20,5	23 22,8	145 18,6	15,6	2 05,9	11,4	54,7	4 58	5 23	65	295	18 43	19 08	**20 N**	L.A.H.	-	12 08	1,4
17	74 20,4	23 22,8	159 53,2	15,6	1 54,5	11,4	54,7	5 18	5 42	66	294	18 24	18 47	**10 N**	L.A.H.	-	12 10	1,2
								5 37	5 59	67	293	18 06	18 29	**0**	L.A.H.	-	12 12	1,2
18	89 20,3	**N** 23 22,7	174 27,9	15,6	**S** 1 43,1	11,4	54,7	5 54	6 17	66	294	17 49	18 12	**10 S**	L.A.H.	-	12 14	1,1
19	104 20,1	23 22,6	189 02,5	15,6	1 31,6	11,4	54,7	6 11	6 35	65	295	17 30	17 55	**20 S**	L.A.H.	-	12 16	1,0
20	119 20,0	23 22,6	203 37,1	15,6	1 20,2	11,5	54,7											
21	134 19,9	23 22,5	218 11,7	15,6	1 08,7	11,5	54,7	6 30	6 56	63	297	17 09	17 36	**30 S**	L.A.H.	-	12 19	0,8
22	149 19,7	23 22,4	232 46,2	15,6	0 57,3	11,5	54,8	6 40	7 09	62	298	16 57	17 25	**35**	L.A.H.	-	12 20	0,8
23	164 19,6	23 22,3	247 20,8	15,5	0 45,8	11,5	54,8	6 52	7 23	60	300	16 43	17 13	**40**	L.A.H.	-	12 21	0,7
								7 06	7 40	57	303	16 26	17 00	**45**	L.A.H.	-	12 23	0,6
24	179 19,5	**N** 23 22,3	261 55,3	15,5	**S** 0 34,3	11,5	54,8	7 22	8 00	53	307	16 05	16 44	**50 S**	L.A.H.	-	12 25	0,5
								7 29	8 10	51	309	15 55	16 36	**52 S**	L.A.H.	-	12 26	0,5
	1/2 Diam.=15',7	d=0',1	1/2 Diam.=14',9		Age=21,5 j		PL	7 37	8 21	49	311	15 44	16 28	**54**	L.A.H.	-	12 27	0,4
								7 47	8 34	46	313	15 32	16 19	**56 S**	L.A.H.	-	12 29	0,4

CORRECTION DES HAUTEURS OBSERVEES DU SOLEIL.

(- réfraction moyenne - dépression + parallaxe + demi-diamètre)

BORD INFERIEUR, PREMIERE CORRECTION.

Hauteur Observée	ELEVATION DE L'OEIL: 24 m	26 m	28 m	30 m	32 m	34 m	36 m	38 m	40 m	42 m	44 m	46 m
° '	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'	'
7 00	+ 0,1	- 0,3	- 0,6	- 0,9	- 1,3	- 1,6	- 1,9	- 2,1	- 2,4	- 2,7	- 3,0	- 3,2
7 20	+ 0,4	0,0	- 0,3	- 0,6	- 1,0	- 1,3	- 1,6	- 1,9	- 2,1	- 2,4	- 2,7	- 2,9
7 40	+ 0,7	+ 0,3	0,0	- 0,4	- 0,7	- 1,0	- 1,3	- 1,6	- 1,9	- 2,1	- 2,4	- 2,7
8 00	+ 0,9	+ 0,6	+ 0,2	- 0,1	- 0,4	- 0,7	- 1,0	- 1,3	- 1,6	- 1,9	- 2,2	- 2,4
8 20	+ 1,1	+ 0,8	+ 0,5	+ 0,1	- 0,2	- 0,5	- 0,8	- 1,1	- 1,4	- 1,7	- 1,9	- 2,2
8 40	+ 1,4	+ 1,0	+ 0,7	+ 0,3	0,0	- 0,3	- 0,6	- 0,9	- 1,2	- 1,4	- 1,7	- 2,0
9 00	+ 1,6	+ 1,2	+ 0,9	+ 0,6	+ 0,2	- 0,1	- 0,4	- 0,7	- 0,9	- 1,2	- 1,5	- 1,8
9 20	+ 1,8	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,1	- 0,2	- 0,5	- 0,8	- 1,0	- 1,3	- 1,6
9 40	+ 2,0	+ 1,6	+ 1,3	+ 0,9	+ 0,6	+ 0,3	0,0	- 0,3	- 0,6	- 0,8	- 1,1	- 1,4
10 00	+ 2,1	+ 1,8	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,8	+ 0,5	+ 0,2	- 0,1	- 0,4	- 0,7	- 0,9	- 1,2
10 20	+ 2,3	+ 1,9	+ 1,6	+ 1,3	+ 1,0	+ 0,6	+ 0,3	+ 0,1	- 0,2	- 0,5	- 0,8	- 1,0
10 40	+ 2,5	+ 2,1	+ 1,8	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,8	+ 0,5	+ 0,2	- 0,1	- 0,3	- 0,6	- 0,9
11 00	+ 2,6	+ 2,2	+ 1,9	+ 1,6	+ 1,3	+ 1,0	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,1	- 0,2	- 0,5	- 0,7
11 30	+ 2,8	+ 2,5	+ 2,1	+ 1,8	+ 1,5	+ 1,2	+ 0,9	+ 0,6	+ 0,3	0,0	- 0,3	- 0,5
12 00	+ 3,0	+ 2,7	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,7	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,8	+ 0,5	+ 0,2	- 0,1	- 0,3
12 30	+ 3,2	+ 2,8	+ 2,5	+ 2,2	+ 1,8	+ 1,5	+ 1,2	+ 0,9	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,1	- 0,1
13 00	+ 3,4	+ 3,0	+ 2,7	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,7	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,8	+ 0,6	+ 0,3	0,0
13 30	+ 3,5	+ 3,2	+ 2,8	+ 2,5	+ 2,2	+ 1,9	+ 1,6	+ 1,3	+ 1,0	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,2
14 00	+ 3,7	+ 3,3	+ 3,0	+ 2,6	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,7	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,9	+ 0,6	+ 0,3
15 00	+ 3,9	+ 3,6	+ 3,3	+ 2,9	+ 2,6	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,7	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,9	+ 0,6
16 00	+ 4,1	+ 3,8	+ 3,4	+ 3,1	+ 2,8	+ 2,5	+ 2,2	+ 1,9	+ 1,6	+ 1,3	+ 1,1	+ 0,8
17 00	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,6	+ 3,3	+ 3,0	+ 2,7	+ 2,4	+ 2,1	+ 1,8	+ 1,5	+ 1,3	+ 1,0
18 00	+ 4,5	+ 4,2	+ 3,8	+ 3,5	+ 3,2	+ 2,9	+ 2,6	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,7	+ 1,4	+ 1,2
19 00	+ 4,7	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,6	+ 3,3	+ 3,0	+ 2,7	+ 2,4	+ 2,1	+ 1,9	+ 1,6	+ 1,3
20 00	+ 4,8	+ 4,5	+ 4,1	+ 3,8	+ 3,5	+ 3,2	+ 2,9	+ 2,6	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,8	+ 1,5
22 00	+ 5,1	+ 4,7	+ 4,4	+ 4,1	+ 3,7	+ 3,4	+ 3,1	+ 2,8	+ 2,6	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,7
24 00	+ 5,3	+ 4,9	+ 4,6	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,6	+ 3,3	+ 3,1	+ 2,8	+ 2,5	+ 2,2	+ 2,0
26 00	+ 5,5	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,5	+ 4,1	+ 3,8	+ 3,5	+ 3,2	+ 3,0	+ 2,7	+ 2,4	+ 2,1
28 00	+ 5,6	+ 5,3	+ 4,9	+ 4,6	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,7	+ 3,4	+ 3,1	+ 2,8	+ 2,6	+ 2,3
30 00	+ 5,8	+ 5,4	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,4	+ 4,1	+ 3,8	+ 3,5	+ 3,3	+ 3,0	+ 2,7	+ 2,4
32 00	+ 5,9	+ 5,5	+ 5,2	+ 4,9	+ 4,6	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,7	+ 3,4	+ 3,1	+ 2,8	+ 2,6
34 00	+ 6,0	+ 5,7	+ 5,3	+ 5,0	+ 4,7	+ 4,4	+ 4,1	+ 3,8	+ 3,5	+ 3,2	+ 2,9	+ 2,7
36 00	+ 6,1	+ 5,8	+ 5,4	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,5	+ 4,2	+ 3,9	+ 3,6	+ 3,3	+ 3,0	+ 2,8
38 00	+ 6,2	+ 5,8	+ 5,5	+ 5,2	+ 4,9	+ 4,6	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,7	+ 3,4	+ 3,1	+ 2,9
40 00	+ 6,3	+ 5,9	+ 5,6	+ 5,3	+ 4,9	+ 4,6	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,8	+ 3,5	+ 3,2	+ 3,0
45 00	+ 6,5	+ 6,1	+ 5,8	+ 5,4	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,5	+ 4,2	+ 3,9	+ 3,7	+ 3,4	+ 3,1
50 00	+ 6,6	+ 6,3	+ 5,9	+ 5,6	+ 5,3	+ 5,0	+ 4,7	+ 4,4	+ 4,1	+ 3,8	+ 3,5	+ 3,3
55 00	+ 6,7	+ 6,4	+ 6,0	+ 5,7	+ 5,4	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,5	+ 4,2	+ 3,9	+ 3,7	+ 3,4
60 00	+ 6,8	+ 6,5	+ 6,1	+ 5,8	+ 5,5	+ 5,2	+ 4,9	+ 4,6	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,8	+ 3,5
70 00	+ 7,0	+ 6,7	+ 6,3	+ 6,0	+ 5,7	+ 5,4	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,5	+ 4,2	+ 4,0	+ 3,7
80 00	+ 7,2	+ 6,8	+ 6,5	+ 6,2	+ 5,8	+ 5,5	+ 5,2	+ 4,9	+ 4,7	+ 4,4	+ 4,1	+ 3,8
90 00	+ 7,3	+ 7,0	+ 6,6	+ 6,3	+ 6,0	+ 5,7	+ 5,4	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,5	+ 4,3	+ 4,0

CORRECTION DES HAUTEURS OBSERVEES DU SOLEIL.
BORD INFERIEUR, DEUXIEME CORRECTION.

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
' + 0,3	' + 0,2	' + 0,1	' 0,0	' - 0,2	' - 0,2	' - 0,2	' - 0,2	' - 0,1	' + 0,1	' + 0,2	' + 0,3

CORRECTION DES HAUTEURS OBSERVEES DU SOLEIL.
BORD SUPERIEUR, DEUXIEME CORRECTION.

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
' -32,3	' -32,2	' -32,1	' -32,0	' -31,8	' -31,8	' -31,8	' -31,8	' -31,9	' -32,1	' -32,2	' -32,3

Annexe II : Formulaire

Orthodromie

- m_o distance orthodromique
- A angle entre cercle orthodromique et méridien du point de départ (<180°)
- V route-fond orthodromique initiale (<360°)
- ϕ_v latitude du vertex
- G_v longitude du vertex
- Δt durée du 1[er] tronçon de loxodromie
- V_f vitesse-fond
- α correction de Givry
- R_f route-fond du 1[er] tronçon de loxodromie

$$g = G_2 - G_1 \text{ ; chemin le plus court pour } |g| < 180°$$

$$m_o = 60 \cdot arcos\left(\sin(\varphi_1)\cdot\sin(\varphi_2) + \cos(\varphi_1)\cos(\varphi_2)\cos(g)\right)$$

$$A = arcos\left(\frac{\sin(\varphi_2) - \sin(\varphi_1)\cdot\cos\left(\frac{m_o}{60}\right)}{\cos(\varphi_1)\cdot\sin\left(\frac{m_o}{60}\right)}\right) \qquad \begin{cases} g > 0 \Rightarrow V = 360° - A \\ g < 0 \Rightarrow V = A \end{cases}$$

$$|\varphi_v| = arcos\left(\cos(\varphi_1)\cdot\sin(A)\right) \qquad \begin{cases} A < 90° \Rightarrow \varphi_v > 0 \\ A > 90° \Rightarrow \varphi_v < 0 \end{cases}$$

$$G_v = G_1 \pm arcos\left(\frac{\tan(\varphi_1)}{\tan(\varphi_v)}\right) \qquad \begin{cases} g > 0 \Rightarrow signe + \\ g < 0 \Rightarrow signe - \end{cases} ;$$

$$\alpha = \frac{\Delta t \cdot V_f}{120}\cdot\sin(V)\cdot\tan(\varphi_1) \quad ; \quad R_f = V + \alpha$$

Astronomie *(notations anglaises entre parenthèses)*

Φ_e	latitude estimée de l'observateur (L, lat)
G_e	longitude estimée de l'observateur (λ, $long$)
AH_{vo}	angle horaire du soleil depuis le méridien 000°W (GHA)
AH_{ag}	angle horaire de l'astre depuis le méridien du navire G_e (LHA)
AH_{so}	angle horaire sidéral depuis le méridien 000°W ($GHA\,\gamma$)
AV_a	ascension verse de l'étoile (SHA)
P	angle au pôle (p)
D	déclinaison de l'astre (d, Dec)
Az	azimut calculé (Z)
Z_e	azimut estimé (Z_n)
i	intercept (a)
H_v	hauteur vraie de l'astre (H_o)
H_i	hauteur instrumentale (H_s)
H_e	hauteur estimée (H_c)
ϵ	excentricité
c	collimation
l_d	lecture du sextant à droite de zéro
γ	variation horaire de l'écart en longitude du soleil et du navire (en °/heure)
$corr$	correction (réfraction lumineuse, dépression de l'horizon, parallaxe, ½ diamètre de l'astre
N_v	distance zénithale, avec un signe ±

$$AH_{ag}=AH_{ao}-G_e \quad ; \quad AH_{ag}=AH_{so}+AV_a-G_e$$

$$si\ AH_{ag}<180° \Rightarrow astre\ à\ l'Ouest \Rightarrow P=AH_{ag}$$

$$si\ AH_{ag}>180° \Rightarrow astre\ à\ l'Est \Rightarrow P=360-AH_{ag}$$

$$H_e=\arcsin\left|\sin(\Phi_e)\cdot\sin(D)+\cos(\Phi_e)\cos(D)\cos(P)\right|$$

$$Az=\arctan\left(\frac{\sin(P)}{\cos(\Phi_e)\cdot\tan(D)-\sin(\Phi_e)\cdot\cos(P)}\right)$$

$$Az=arcos\left(\frac{\sin(D)-\sin(\Phi_e)\cdot\sin(H_e)}{\cos(\Phi_e)\cdot\cos(H_e)}\right)$$

$$|Az|=\arcsin\left(\frac{\cos(D)\cdot\sin(P)}{\cos(H_e)}\right)$$

$$astre\ à\ l'Est \Rightarrow Z_e=Az$$

$$astre\ à\ l'Ouest \Rightarrow Z_e=360-Az$$

$$H_o=H_i+\epsilon+c \quad ; \quad c=\frac{l_d-l_g}{2} \quad ; \quad i=H_v-H_e$$

$$H_v=H_o-d-R+p+½\,diam=H_o+corr1+corr2$$

$$\gamma=15^{°/heure}+\frac{V_f\cdot\sin R_f}{60\cdot\cos\Phi_e} \quad ; \quad T_{cf\ méridienne}=T_{cf}+\frac{P}{\gamma}$$

$$\Phi_{mér}=N_v+D$$

$$N_v=\pm(90-H_v)\ ;\ \pm du\ signe\ de\ (\Phi-D)$$

$$T_{cf\ lever}=T_{co\ lever\ Ephemerides}+\frac{G}{15}-f$$

Fuseaux horaires

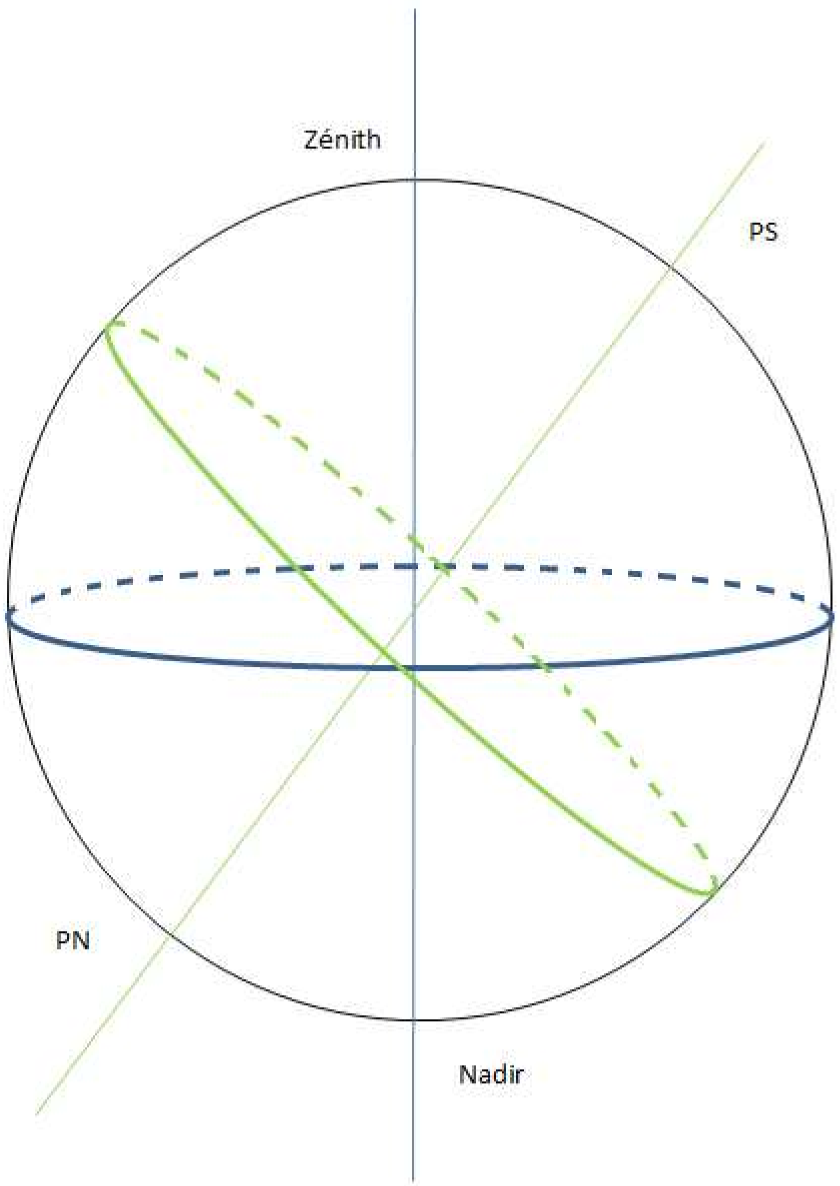
T_{co}	heure au fuseau de Greenwich
T_{cf}	heure au fuseau local (= $TU-f$)
T_{cg}	heure au méridien local
f	numéro du fuseau

$$T_{co}=T_{cf}+f=T_{cg}+G$$

relation heure & longitude : 1 heure = 15° de G *(ou 4s = 1' de G)*

Correction à ajouter ou à retrancher aux hauteurs de la marée en fonction de la presssion barométrique.								
Pression barométrique en hectopascals	963	973	983	993	1003	1013	1023	1033
Correction en mètre	+ 0,5	+ 0,4	+ 0,3	+ 0,2	+ 0,1	0	− 0,1	− 0,2

Annexe III : Shéma méridienne - A rendre avec la copie



Annexe IV : Fond de carte ile de la Réunion - A rendre avec la copie

Correction de l'interrogation commune de navigation L3 S5
janvier 2020

Orthodromie

① de Valparaiso à Port Arthur

$\Delta G = g = G_A - G_D = (-147°51') - (+071°37') = -219°28'$

ce changement de longitude décrit un voyage plus long que le demi tour de la terre $|g| > 180°$

Il vaut mieux partir dans le sens opposé en suivant un trajet plus court (sous réserve qu'il n'y ait pas de danger nautique) :

$g = -219°28' + 360° = +140°32' > 0$

cette nouvelle valeur de g est positive, le trajet le plus court est donc vers l'Ouest.

② $m_0 = 5742{,}1\ M$

calcul de la distance loxodromique :

$\Delta\varphi = l = \varphi_A - \varphi_D = -10°07'$

$\Delta\Lambda(\varphi) = \lambda = \Lambda(\varphi_A) - \Lambda(\varphi_D) = (-47{,}924°) - (-35{,}032°)$

$\lambda = -12{,}892°$

$R_{FQ} = \arctan\left|\frac{g}{\lambda}\right| = 84{,}759°$

$m_l = 6644{,}7\ M$

$\boxed{m_l - m_0 = 902{,}6\ M}$

③ $A = 152{,}222°$

$|\varphi_V| = 67°\ 00{,}1'$

$A > 90°$ donc $\varphi_V < 0$

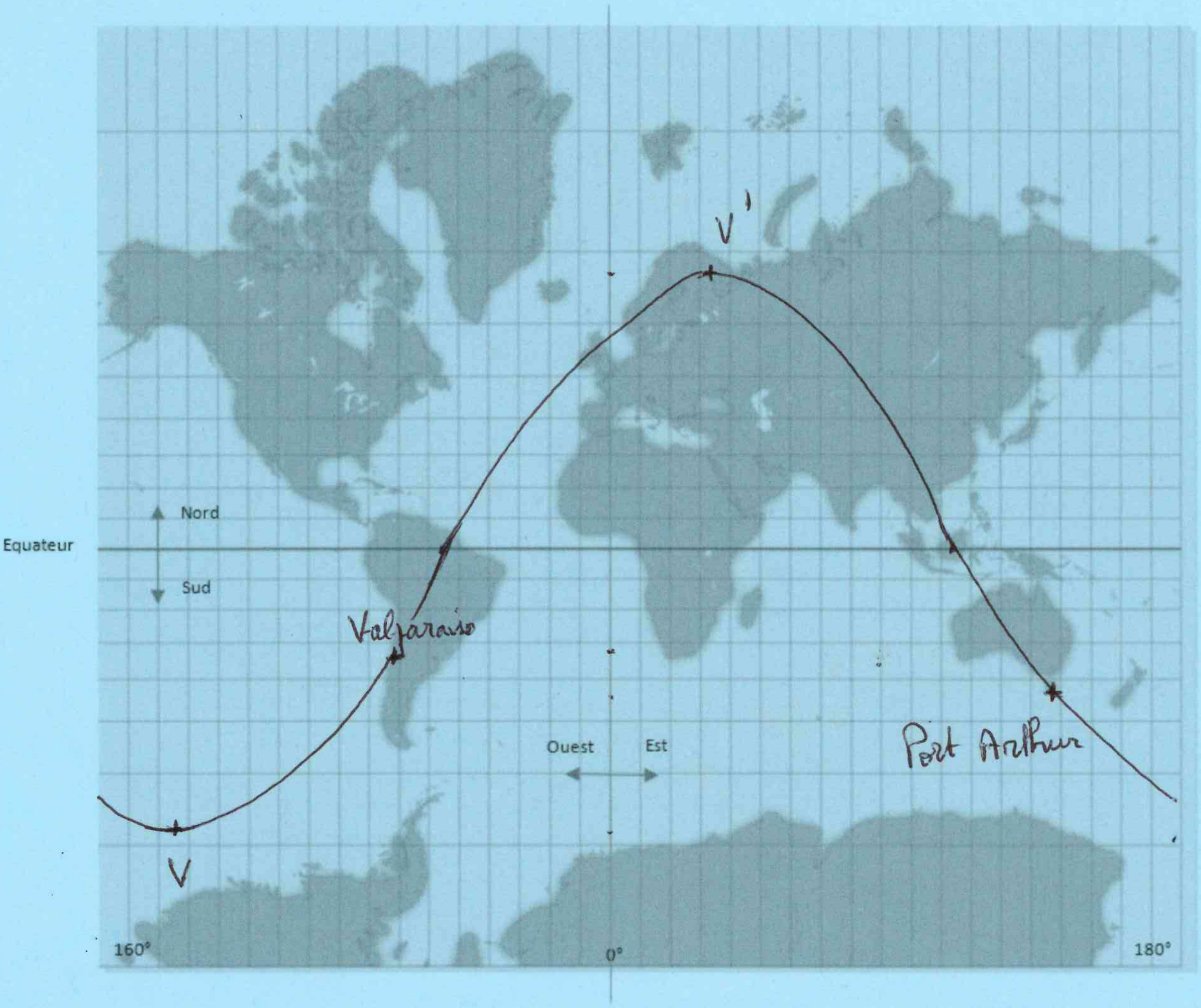
$G_V = G_D + \arccos\left(\frac{\tan\varphi_D}{\tan\varphi_V}\right)$

car $g > 0$

$$\boxed{V \begin{cases} \varphi_V = 67°00{,}1'S \\ G_V = 145°35{,}7'W \end{cases}}$$

ENSM
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE MARITIME

Annexe 1 : Canevas de Mercator



⑤ a) $G_{V1} = G_D \oplus \arccos\left(\frac{\tan\varphi_D}{\tan\varphi_{V1}}\right)$ avec $\varphi_{V1} = \varphi_{V2} = 55°S$

↳ car on part vers l'Ouest

$G_{V2} = G_A \ominus \arccos\left(\frac{\tan\varphi_A}{\tan\varphi_{V2}}\right)$

↳ car on arrive de l'Est vers A

$$\boxed{\begin{array}{l} G_{V1} = 134°31,9'\,W \\ G_{V2} = -196°49,5 + 360° = 163°10,5'\,W \end{array}}$$

b) de D à V1 $\quad \Delta G = g = 62°54,9'$ et $m_{o1} = 2896,9\ M$

de V_1 à V_2 $\quad \Delta G = g = 28°38,6'$

$m_{V1V2} = 60 \cdot |\Delta G| \cdot \cos\varphi_{V1} = 985,7\ M$

de V_2 à A $\quad \Delta G = g = +311°01,5' - 360° = -48°58,5'$

$m_{o2} = 2003,7\ M$

$$\boxed{\begin{array}{l} \text{longueur du trajet mixte} = m_{o1} + m_{V1V2} + m_{o2} = 5886,3\ M \\ m_\ell - m_{\text{mixte}} = 758,5\ M \end{array}}$$

⑥ a) $G_{V1} = G_D + \arccos\left(\frac{\tan\varphi_D}{\tan\varphi_{V1}}\right)$ (pour la première ortho)

donc $\cos(G_{V1} - G_D) = \frac{\tan\varphi_D}{\tan\varphi_{V1}}$

et $\boxed{\varphi_1 = \arctan\left(\tan\varphi_{V1} \cdot \cos(G_{V1} - G_1)\right)}$

b) avec $G_1 = 080°\,W$ $\quad \boxed{\varphi_1 = 39°38,9'S}$

⑦ de D au point de passage n°1

$\Delta\varphi = \ell = -6°36,9' < 0 \Rightarrow$ vers le Sud

$\Delta G = g = +8°23,0' > 0 \Rightarrow$ vers l'Ouest

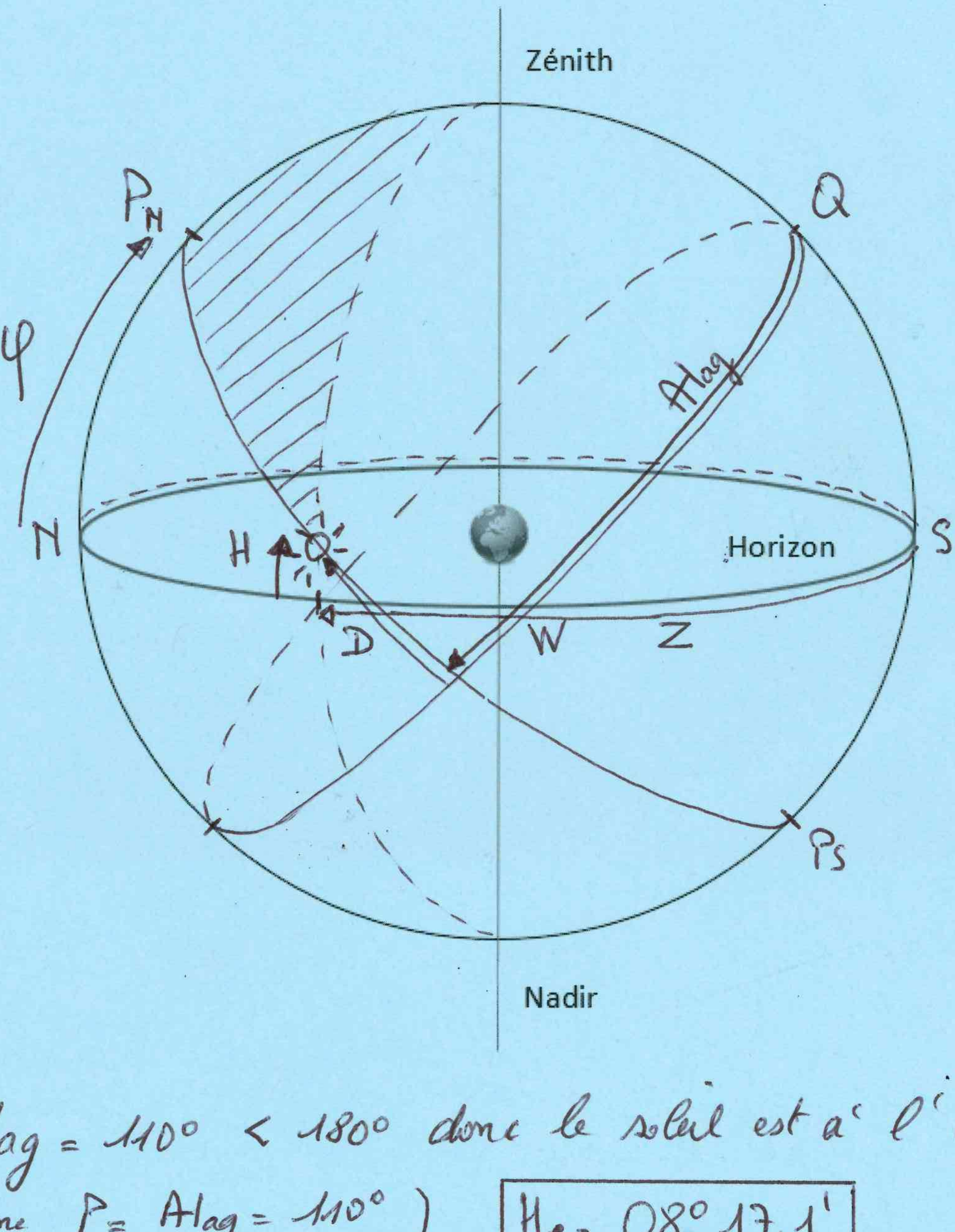
$\Delta N(\varphi) = \lambda = N(\varphi_1) - N(\varphi_D) = (-43,253°) - (-35,032°) = -8,221°$

$R_{FQ} = \arctan\left|\frac{g}{\lambda}\right| = S\ 45,561°\ W$

$$\boxed{R_{F1} = 180° + R_{FQ} = 225,6° \;;\; m_{\ell 1} = 566,8\ M \;;\; \Delta t = 28^h 20min}$$

ENSM
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE MARITIME

Annexe 2 : Sphère



$A_{lag} = 110° < 180°$ donc le soleil est à l'Ouest du navire

donc $P = A_{lag} = 110°$
$\varphi = 45° N$
$D = 30° N$

$\boxed{H_e = 08° 17,1'}$

$A_z = 055,3°$
soleil à l'Ouest

$Z_v = 360° - A_z$

$\boxed{Z_v = 304,7°}$