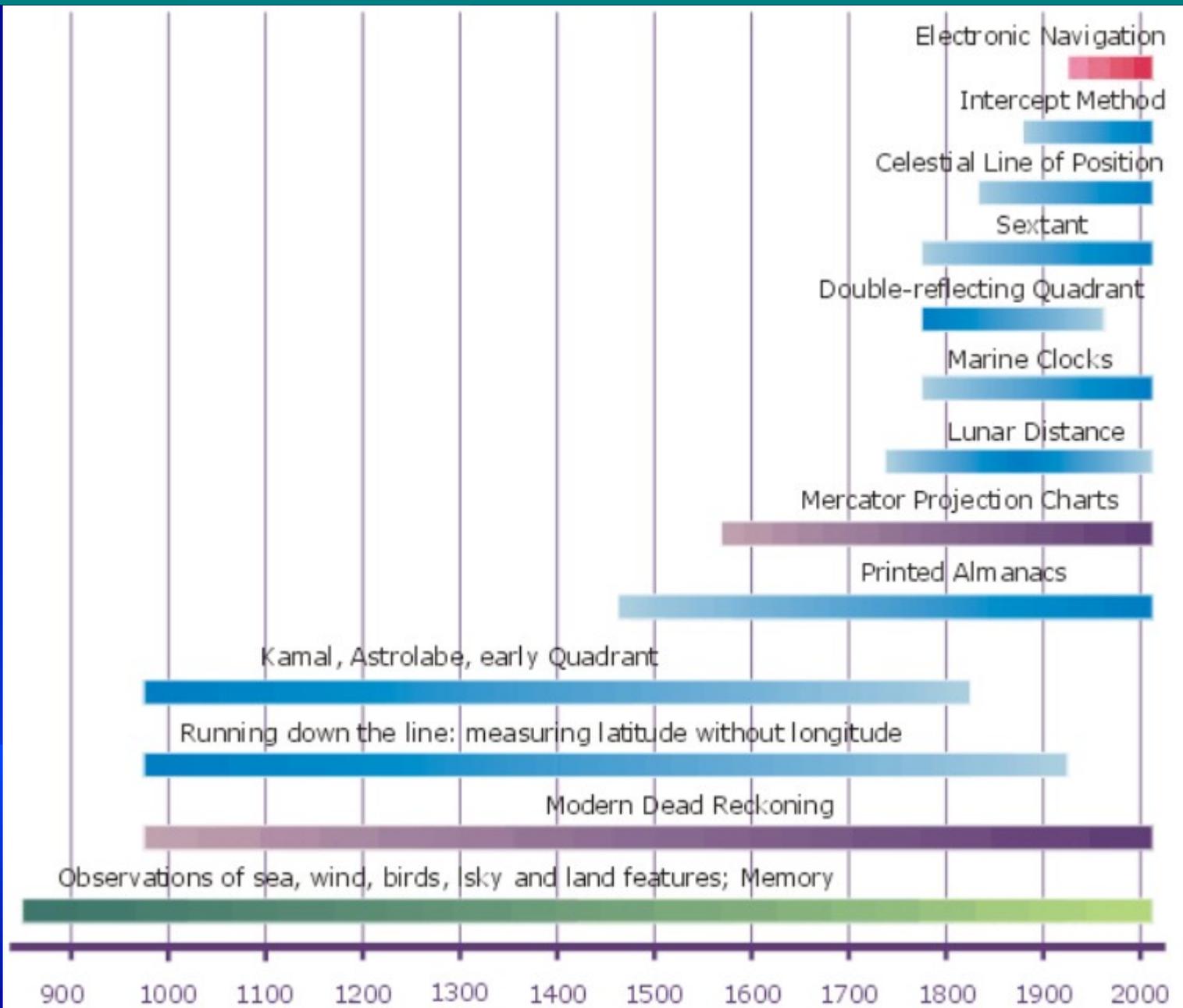


Droite de hauteur
Méthode de Marc de St Hilaire
Nautical Almanac



1- Principe de la droite de hauteur

2- Méthodologie de calcul et tracé

3- Exercices de calcul et tracé

4- Tracé d'un canevas local

5- Transport de droites de hauteur

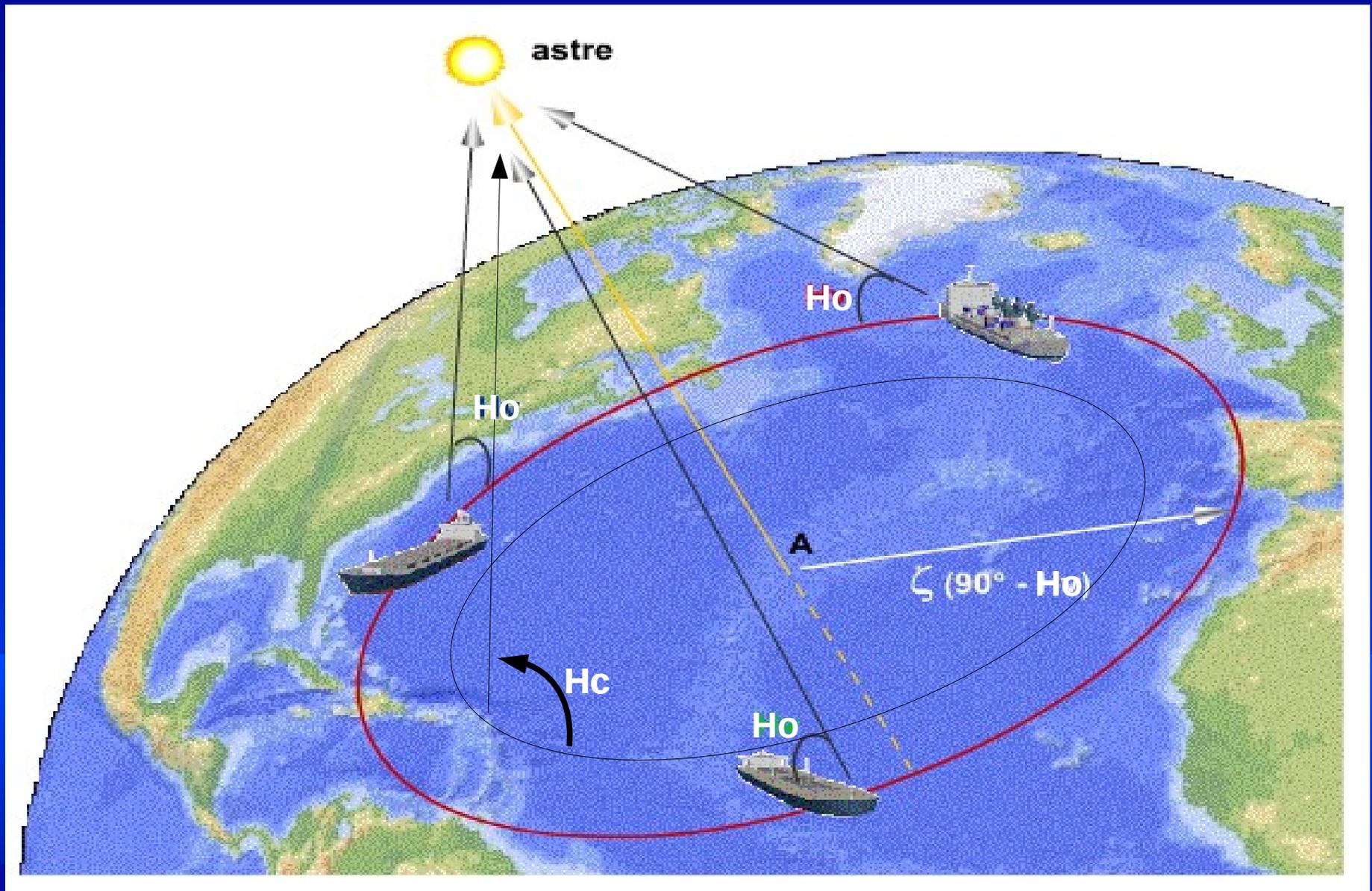
6- Exercices de transport

- 1 -

Principe de la droite de hauteur de Marcq de St Hilaire

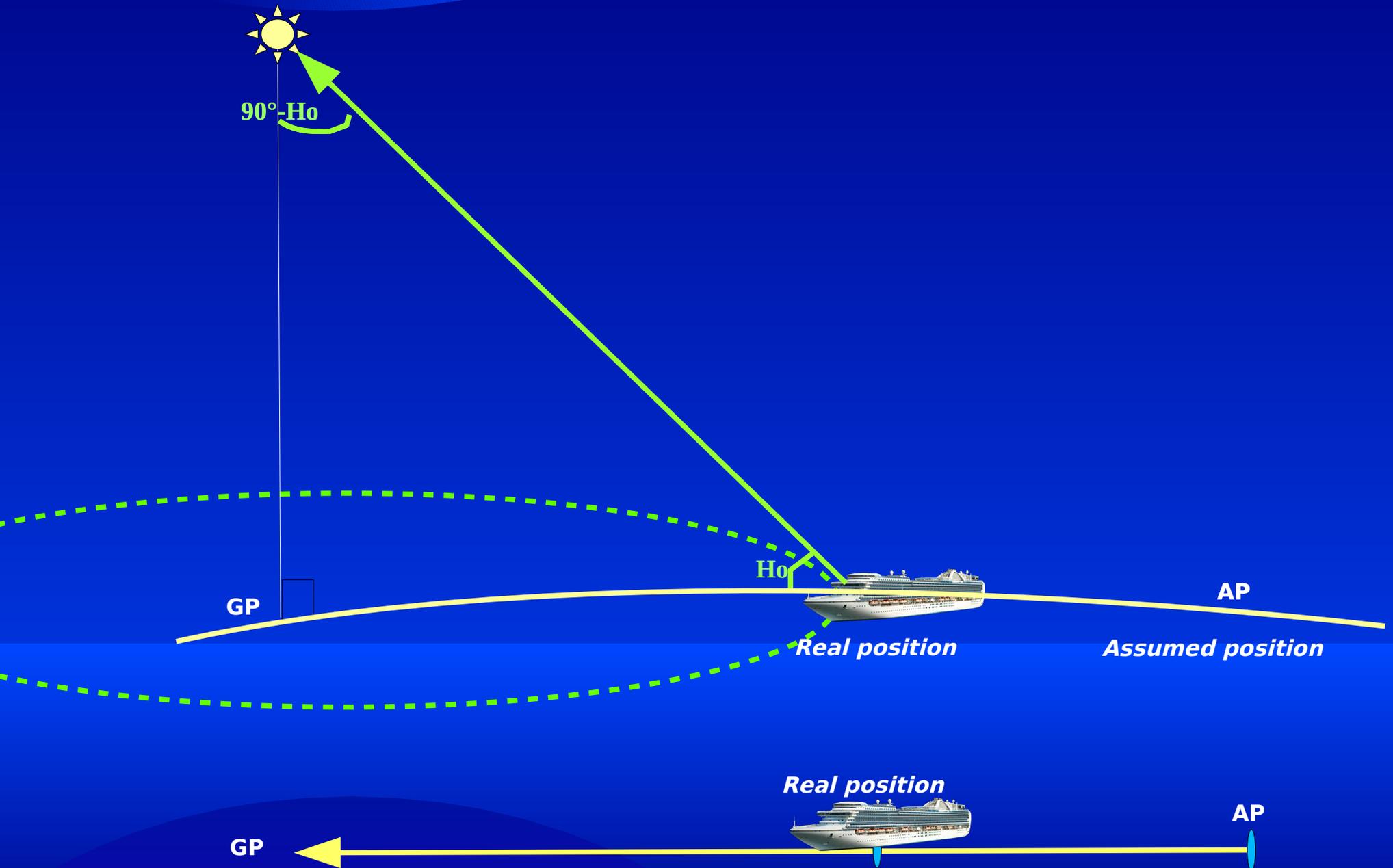
1- Principe de la droite de hauteur

Le cercle de hauteur : la hauteur estimée/calculée



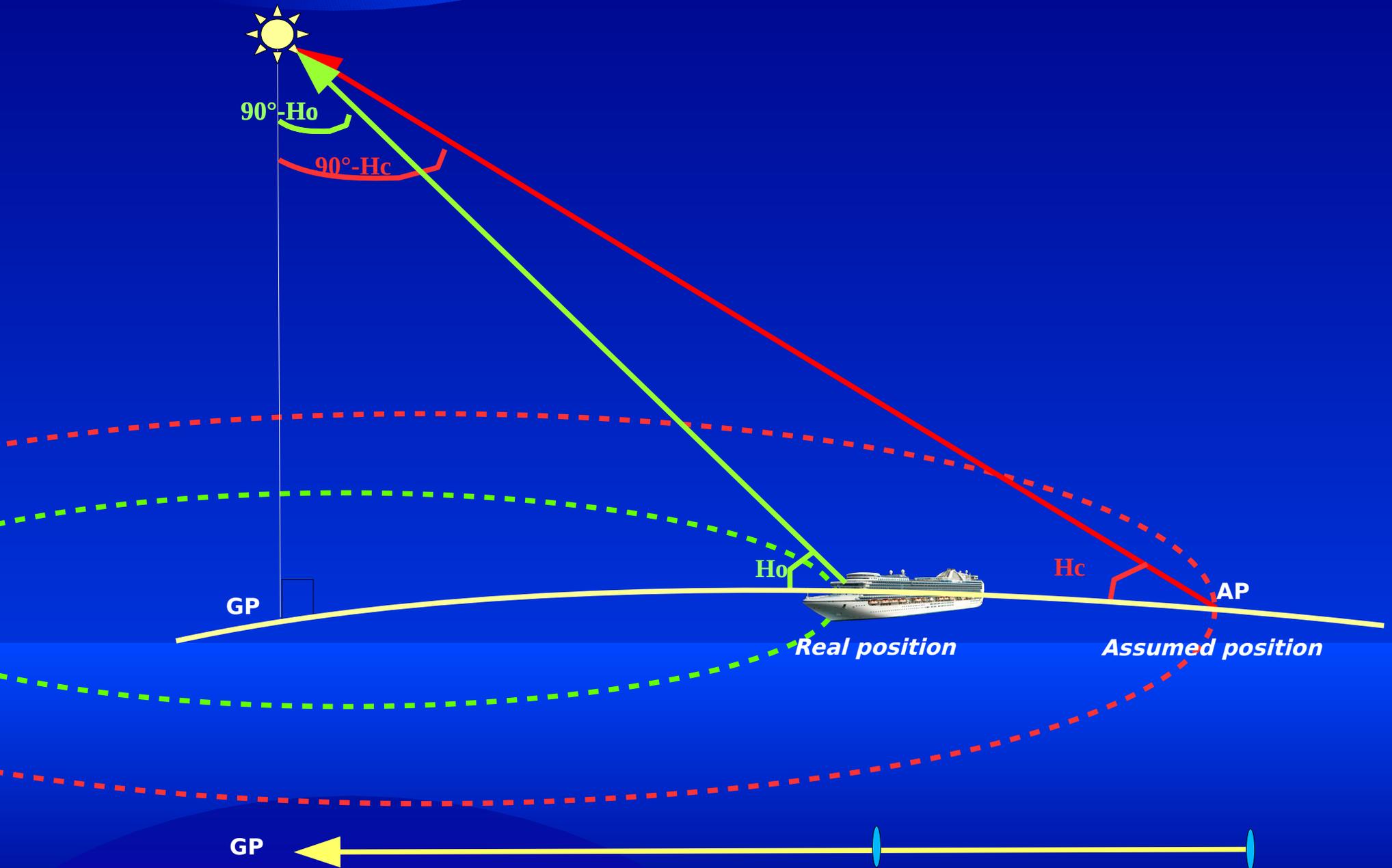
1- Principe de la droite de hauteur

L'intercept – Principe (1)



1- Principe de la droite de hauteur

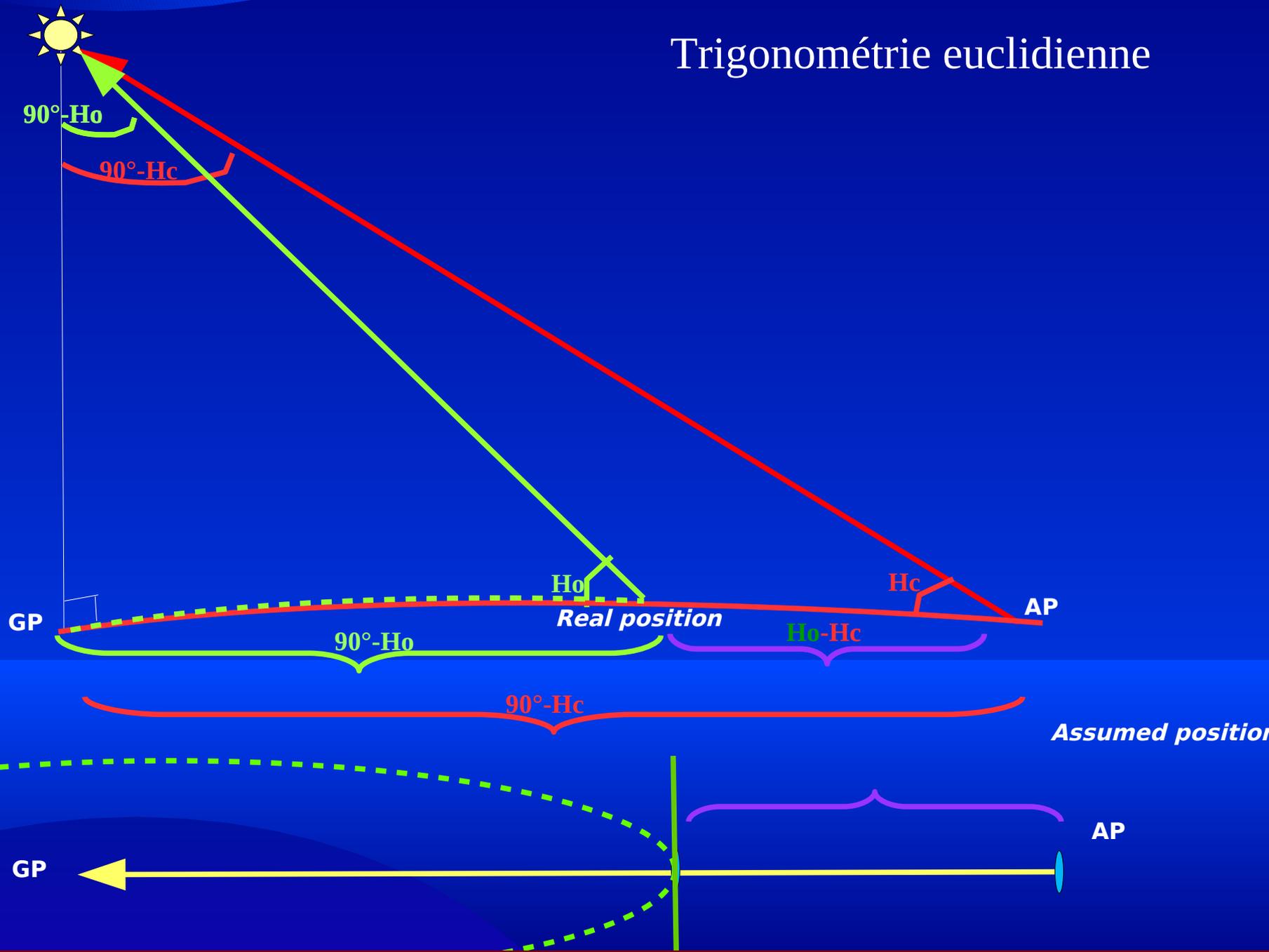
L'intercept – Principe (2)



1-Principe de la droite de hauteur

L'intercept – Principe (3)

Trigonométrie euclidienne



1- Principe de la droite de hauteur

2- Méthodologie de calcul et tracé

3- Exercices de calcul et tracé

4- Tracé d'un canevas local

5- Transport de droites de hauteur

6- Exercices de transport

- 2 -

Méthodologie

2- Méthodologie

Méthode de Marc Saint Hilaire

1- Déterminer la hauteur vrai

Mesurer au sextant la hauteur à la seconde pret

Corriger la mesure faite au sextant

2-Déterminer la hauteur calculée et le relèvement de l'astre pour la position estimée

A partir de l'heure, de la position et du nautical almanac déterminer à quelle hauteur que l'on devrait voir l'astre et dans quel relèvement on devrait le voir

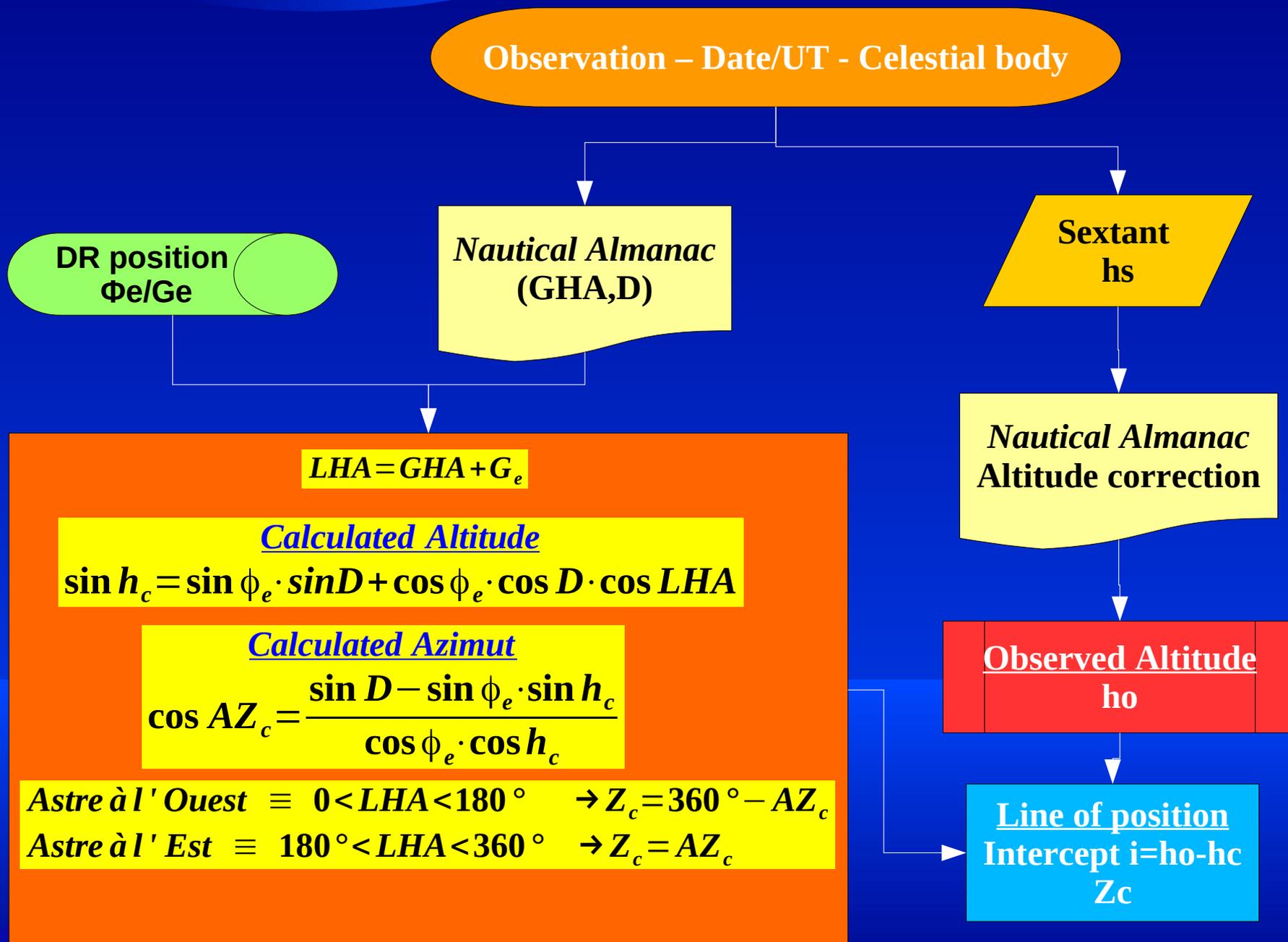
3- Déterminer l'intercept

4- Tracer la droite de hauteur

Tracer le relèvement à partir de la position estimée prise pour les calculs et tracer la droite de hauteur

2- Méthodologie

Le calcul de Hc



2- Méthodologie

Exemple de tracé – Énoncé

At 05h 13min 10s, DR position, $19^{\circ}20' N$, $116^{\circ}50' E$,
two simultaneous observations of stars were taken as follows:

1. Star 1 - Bearing $110^{\circ} T$, intercept $4'$ away.
2. Star 2 - Bearing $030^{\circ} T$, intercept $5'$ toward.

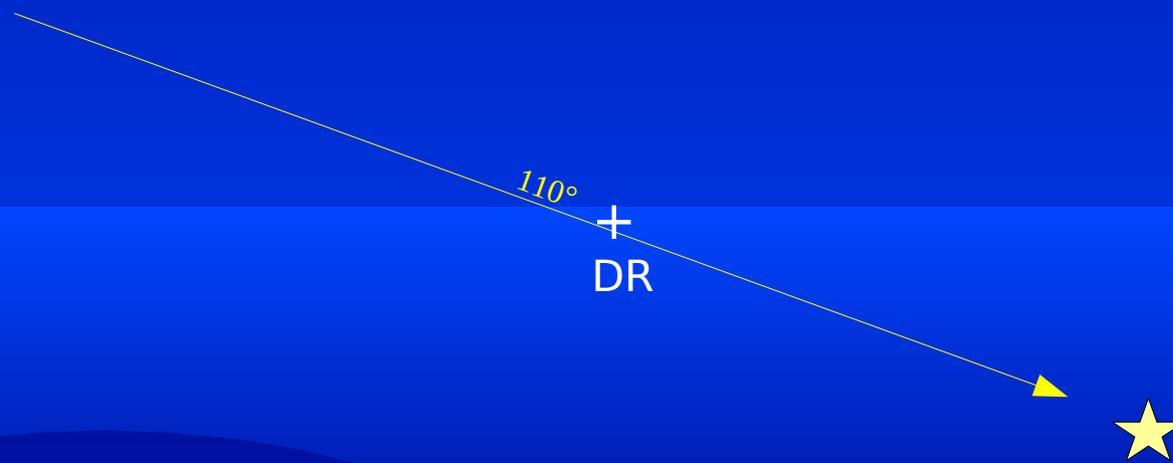
Find the ship's position

2- Méthodologie

Exemple de tracé – réalisation (1)

At 05h 13min 10s, DR position, $19^{\circ}20'N$, $116^{\circ}50'E$,
two simultaneous observations of stars were taken as follows:
1. Star 1 - Bearing $110^{\circ} T$, intercept $4'$ away.
2. Star 2 - Bearing $030^{\circ} T$, intercept $5'$ toward.
Find the ship's position

1-On trace le relèvement à partir
du point estimé



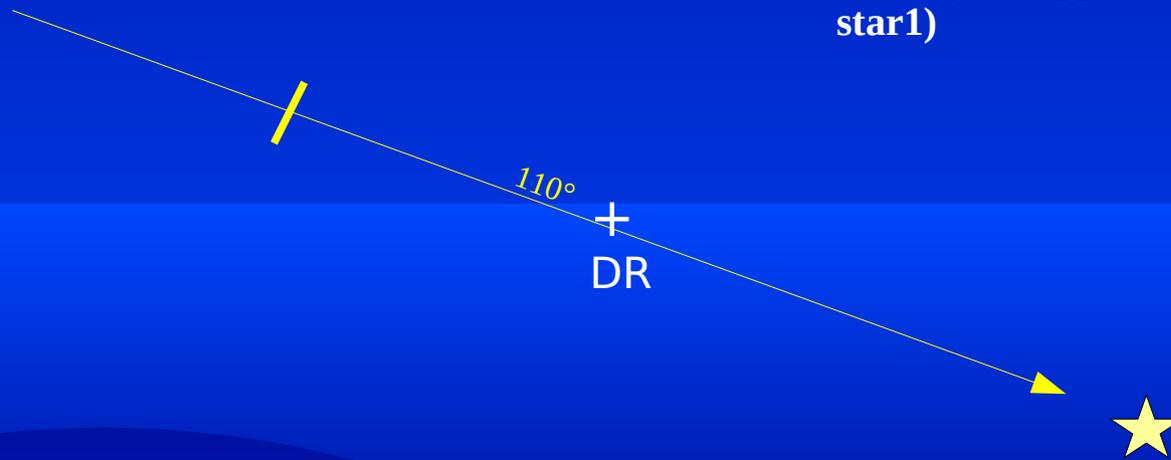
2- Méthodologie

Exemple de tracé – réalisation (2)

At 05h 13min 10s, DR position, $19^{\circ}20'N$, $116^{\circ}50'E$,
two simultaneous observations of stars were taken as follows:
1. Star 1 - Bearing $110^{\circ} T$, intercept $4'$ away.
2. Star 2 - Bearing $030^{\circ} T$, intercept $5'$ toward.
Find the ship's position

1-On trace le relèvement de la 1ere étoile à partir du point estimé

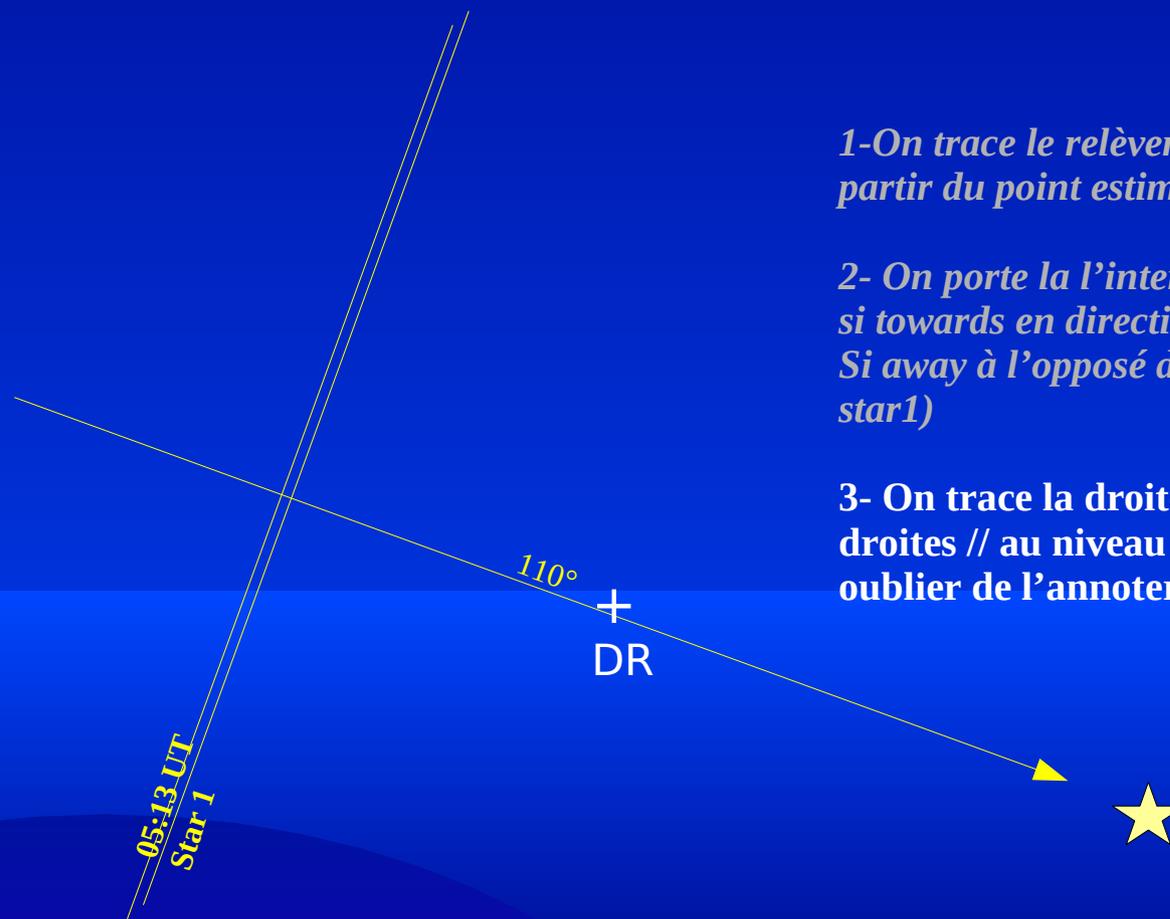
2- On porte la l'intercept sur le relevement :
si towards en direction de l'astre
Si away à l'opposé de l'astre (ici away pour star1)



2- Méthodologie

Exemple de tracé – réalisation (3)

At 05h 13min 10s, DR position, $19^{\circ}20'N$, $116^{\circ}50'E$,
two simultaneous observations of stars were taken as follows:
1. Star 1 - Bearing $110^{\circ} T$, intercept $4'$ away.
2. Star 2 - Bearing $030^{\circ} T$, intercept $5'$ toward.
Find the ship's position



1- On trace le relèvement de la 1ere étoile à partir du point estimé

2- On porte la l'intercept sur le relevement :
si towards en direction de l'astre
Si away à l'opposé de l'astre (ici away pour star1)

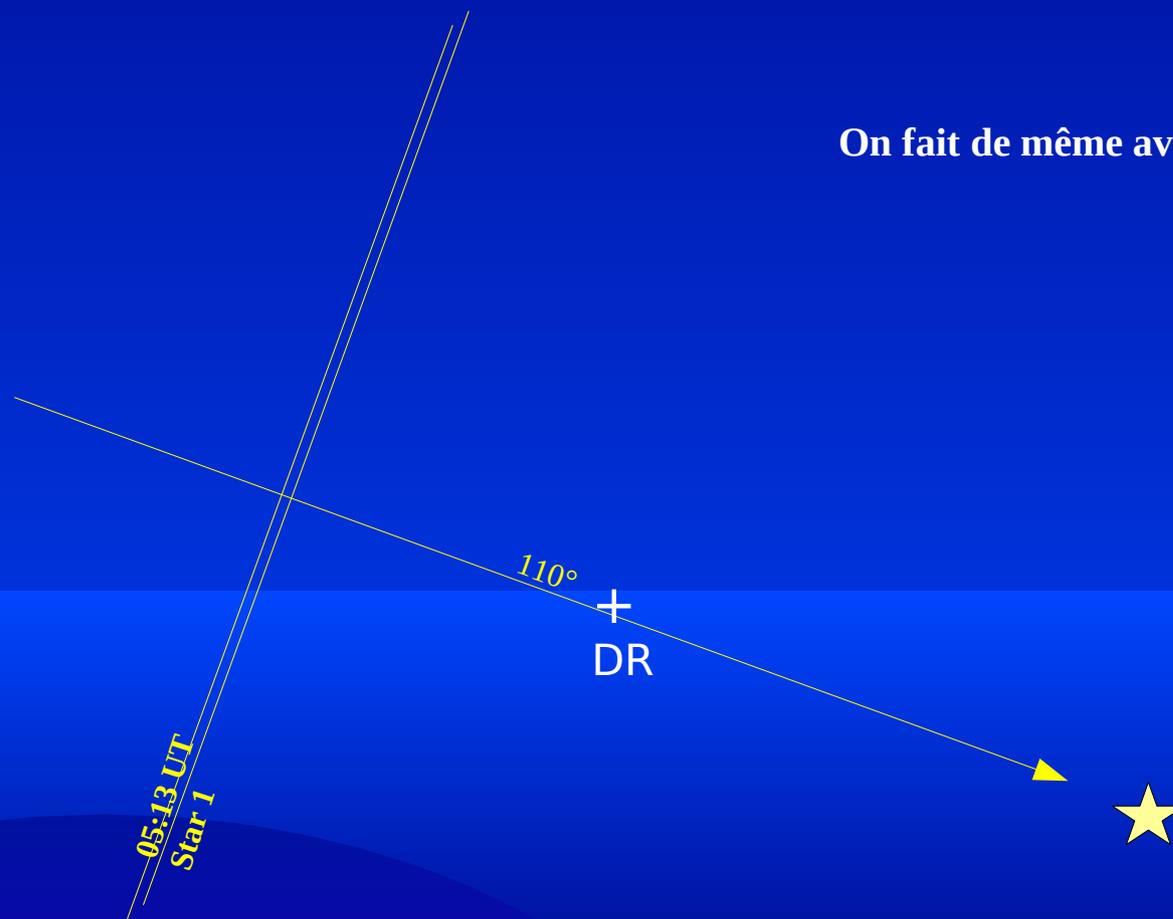
3- On trace la droite de hauteur (deux droites // au niveau de l'intercept) sans oublier de l'annoter (heure et astre)

2- Méthodologie

Exemple de tracé – réalisation (4)

At 05h 13min 10s, DR position, $19^{\circ}20' N$, $116^{\circ}50' E$,
two simultaneous observations of stars were taken as follows:
1. Star 1 - Bearing $110^{\circ} T$, intercept $4'$ away.
2. Star 2 - Bearing $030^{\circ} T$, intercept $5'$ toward.
Find the ship's position

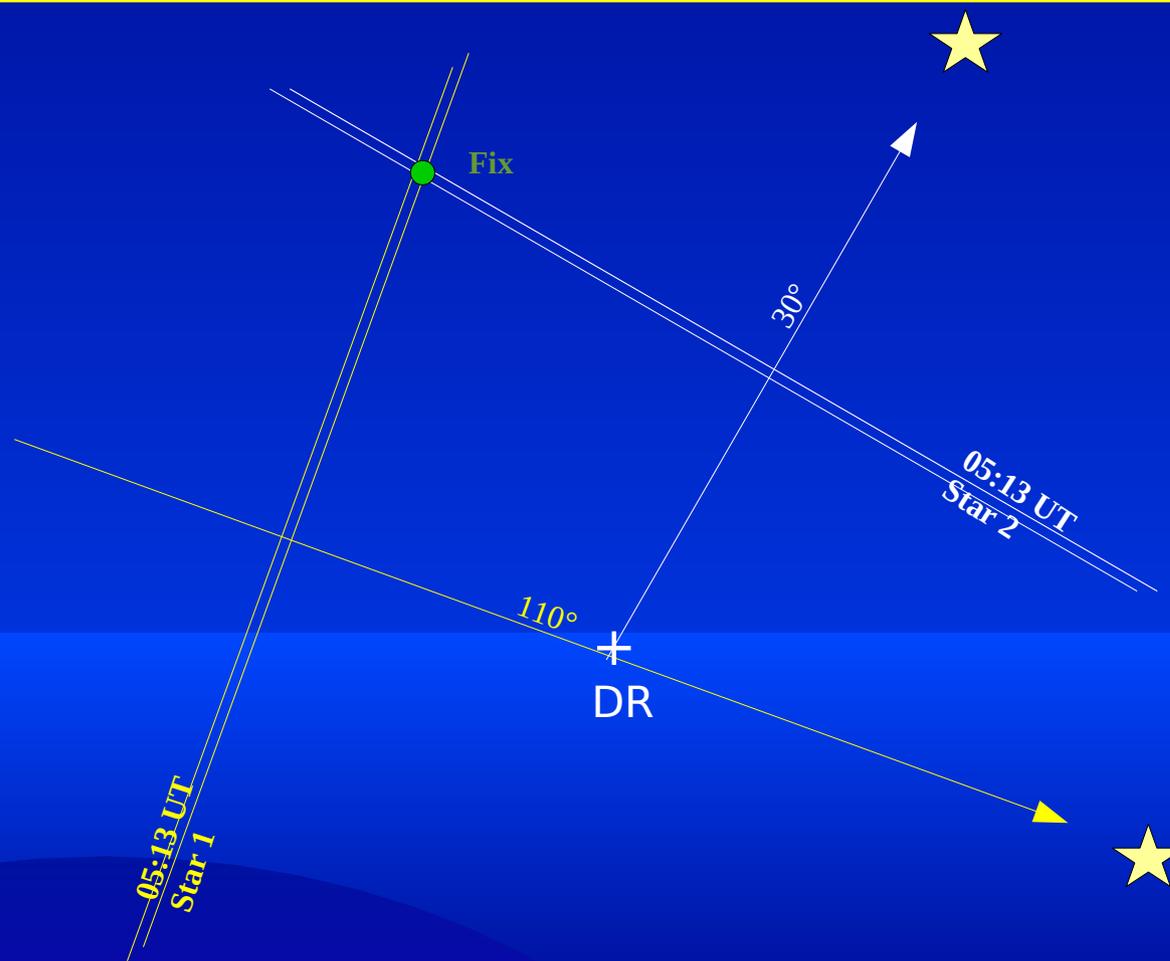
On fait de même avec la deuxième étoile.



2- Méthodologie

Exemple de tracé – réalisation (5)

At 05h 13min 10s, DR position, $19^{\circ}20'N$, $116^{\circ}50'E$,
two simultaneous observations of stars were taken as follows:
1. Star 1 - Bearing $110^{\circ} T$, intercept $4'$ away.
2. Star 2 - Bearing $030^{\circ} T$, intercept $5'$ toward.
Find the ship's position



- 1- Principe de la droite de hauteur
- 2- Méthodologie de calcul et tracé
- 3- Exercices de calcul et tracé**
- 4- Tracé d'un canevas local
- 5- Transport de droites de hauteur
- 6- Exercices de transport

- 3 -

Exercice

Droite d'étoiles

3- Exercice - Droite d'étoiles

Enoncé

*In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.
Observed Star Dubhe with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star Deneb with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc ; height of eye 15 m.
Find intercepts and positions lines.*

3- Exercice - Droite de hauteur d'étoiles

Correction – droite d'étoiles (1/4)

In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast when you make a **simultaneous observation** of **Dubhe** and **Deneb**.

Observed **Dubhe** Star with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star **Deneb** with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc ; height of eye 15 m.

Find intercepts and positions lines.

1- Find GMT

Chronometer Time	10h 21min 07s
Chronometer Error	- 4min 09s
Time GMT [12h]	10h 16min 58s
GMT	22h 16min 58s

3- Exercice - Droite de hauteur d'étoiles

Correction – droite d'étoiles (1/4)

In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.

*Observed **Dubhe** Star with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star Deneb with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc ; height of eye 15 m.*

Find intercepts and positions lines.

1- Find GMT

Chronometer Time	10h 21min 07s
Chronometer Error	- 4min 09s
Time GMT [12h]	10h 16min 58s
GMT	22h 16min 58s

3- Exercice - Droite de hauteur d'étoiles

Correction – droite d'étoiles (2/4)

In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.

Observed **Dubhe** Star with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star Deneb with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc; height of eye 15 m.

Find intercepts and positions lines.

2 – Find (GHA,LHA D) for Dubhe

	GHA γ	$265^{\circ} 38,0'$	<i>à l'heure ronde =22h00</i> <i>Trouvé dans le NA</i>	
	+ Δ GHA γ	$4^{\circ} 15,2$	<i>Pour $\Delta t = 156\text{min } 58\text{s}$</i>	
	= GHA γ	$269^{\circ} 53,2'$	<i>À l'heure précise =22h 15min 58s</i>	
	+ SHA*	$194^{\circ} 21,9'$	<i><-Lu dans le Nautical Almanac -></i>	D* = $61^{\circ} 51, 4'N$
	= GHA*	$104^{\circ} 15,1'$	$464^{\circ}15,1' [360^{\circ}]$	
	- Ge	- $32^{\circ} 40,0'$		
	LHA*	$71^{\circ}35,1'$		

4- Exercice - Droite de hauteur d'étoiles

Correction – droite d'étoiles (3/3)

In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.

Observed **Dubhe** Star with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star Deneb with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc ; height of eye 15 m.

Find intercepts and positions lines.

3- Calculate hc for Dubhe

$$\begin{aligned}\sin h_c &= \sin \phi_e \cdot \sin D + \cos \phi_e \cdot \cos D \cdot \cos LHA \\ &= \sin (40^{\circ} 25') \cdot \sin (61^{\circ} 51,4') + \cos (40^{\circ} 25') \cdot \cos (61^{\circ} 51,4') \cdot \cos (71^{\circ} 35,1') \\ &= 0,685 \\ \rightarrow h_c &= 43^{\circ} 14,7'\end{aligned}$$

$$H_c = 43^{\circ} 14,7'$$

4- Exercice - Droite de hauteur d'étoiles

Correction – droite d'étoiles (3/3)

In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.

Observed **Dubhe** Star with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star Deneb with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc; height of eye 15 m.

Find intercepts and positions lines.

4- Calculate Z_c for Dubhe

$$\begin{aligned}\cos AZ_c &= \frac{\sin D - \sin \phi_e \cdot \sin h_c}{\cos \phi_e \cdot \cos h_c} \\ &= \frac{\sin(61^{\circ} 51,4') - \sin(40^{\circ} 25') \cdot \sin(43^{\circ} 14,7')}{\cos(40^{\circ} 25') \cdot \cos(43^{\circ} 14,7')} \approx 0,78901\end{aligned}$$

$$\rightarrow AZ_c \approx 38^{\circ}$$

$$LHA = 71^{\circ} 35,1' \rightarrow Z_c = 360^{\circ} - AZ_c$$

$$Z_c = 322^{\circ}$$

3- Exercice - Droite de hauteur d'étoiles

Correction – droite d'étoiles (3/3)

In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.

Observed **Dubhe** Star with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star Deneb with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc ; height of eye 15 m.

Find intercepts and positions lines.

4- Calculate Z_c for Dubhe

$$\begin{aligned}\cos AZ_c &= \frac{\sin D - \sin \phi_e \cdot \sin h_c}{\cos \phi_e \cdot \cos h_c} \\ &= \frac{\sin(61^{\circ} 51,4') - \sin(40^{\circ} 25') \cdot \sin(43^{\circ} 14,7')}{\cos(40^{\circ} 25') \cdot \cos(43^{\circ} 14,7')} \approx 0,78901\end{aligned}$$

$$\rightarrow AZ_c \approx 38^{\circ}$$

$$LHA = 71^{\circ} 35,1' \rightarrow Z_c = 360^{\circ} - AZ_c$$

$$Z_c = 322^{\circ}$$

3- Exercice - Droite de hauteur d'étoiles

Correction – droite d'étoiles (3/3)

In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.

Observed **Dubhe** Star with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star Deneb with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc ; height of eye 15 m.

Find intercepts and positions lines.

5- Calculate ho for Dubhe

hs		43°32,0'
	+ IC	-2,3'
	+ Dip	-6,8'
ha		43° 22,9'
	+Alt. Main correction	-1,0'
	-30' for upper limb (Moon)	
	+U,L, correction for Moon	
	+Additionnal correction for Venus	
	+Additional refraction correction (non standard Temp/pression)	
ho		43°21,9'

3- Exercice - Droite de hauteur d'étoiles

Correction – droite d'étoiles (3/3)

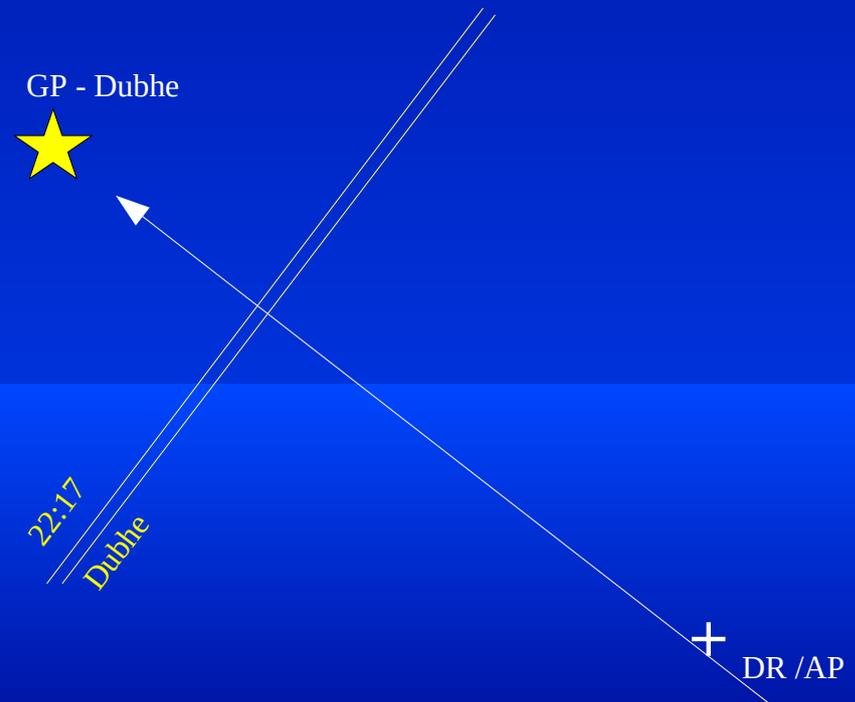
In the evening, 17th July 1981, at DR position $40^{\circ} 25'$, $32^{\circ} 40'W$, the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast.

Observed **Dubhe** Star with sextant altitude $43^{\circ} 32'$ and star Deneb with sextant altitude $38^{\circ} 12,3'$; index error $2,3'$ on the arc; height of eye 15 m.

Find intercepts and positions lines.

5- Calculate the intercept plot the line of position

ho		$43^{\circ}21,9$	
- hc	-	$43^{\circ} 14,7'$	
= i	+	$7,2'$	$Zc = 322^{\circ}$



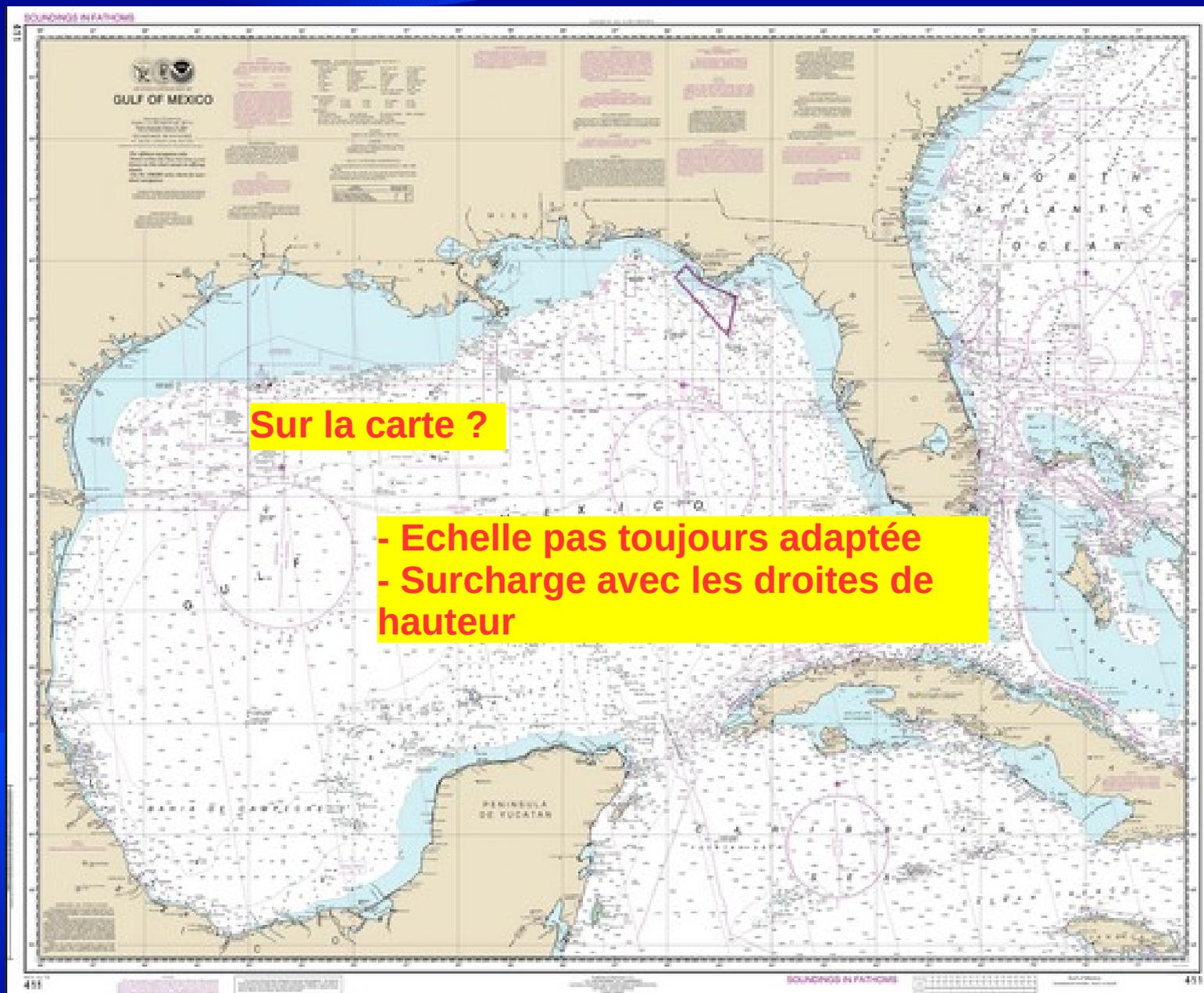
- 1- Principe de la droite de hauteur
- 2- Méthodologie de calcul et tracé
- 3- Exercices de calcul et tracé
- 4- Tracé d'un canevas local
- 5- Transport de droites de hauteur
- 6- Exercices de transport

- 4 -

LE CANEVAS LOCAL

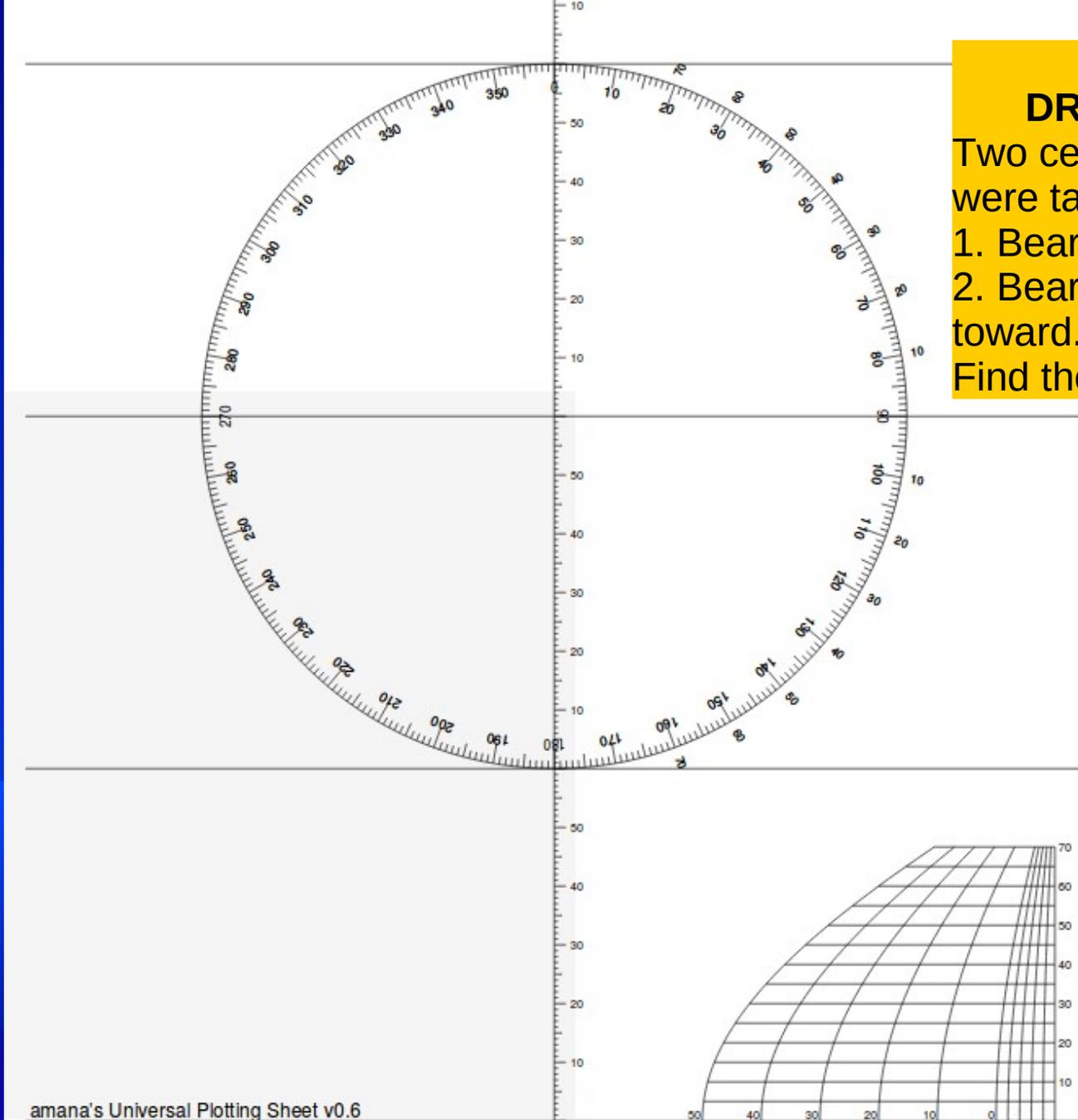
4- Canevas local

Le canevas – une nécessité ?



4- Canevas local

L'universal Plotting sheet (UPS)



APPLICATION

DR : $40^{\circ} 05,0'N$ / $131^{\circ} 45,0'W$

Two celestial observations of stars were taken simultaneous as follows:

1. Bearing $110^{\circ} T$, intercept $4'$ away.
2. Bearing $030^{\circ} T$, intercept $5'$ toward.

Find the ship's position

Idem en traçant un canevas de Mercator)

4- Canevas local

L'universal Plotting sheet (UPS)

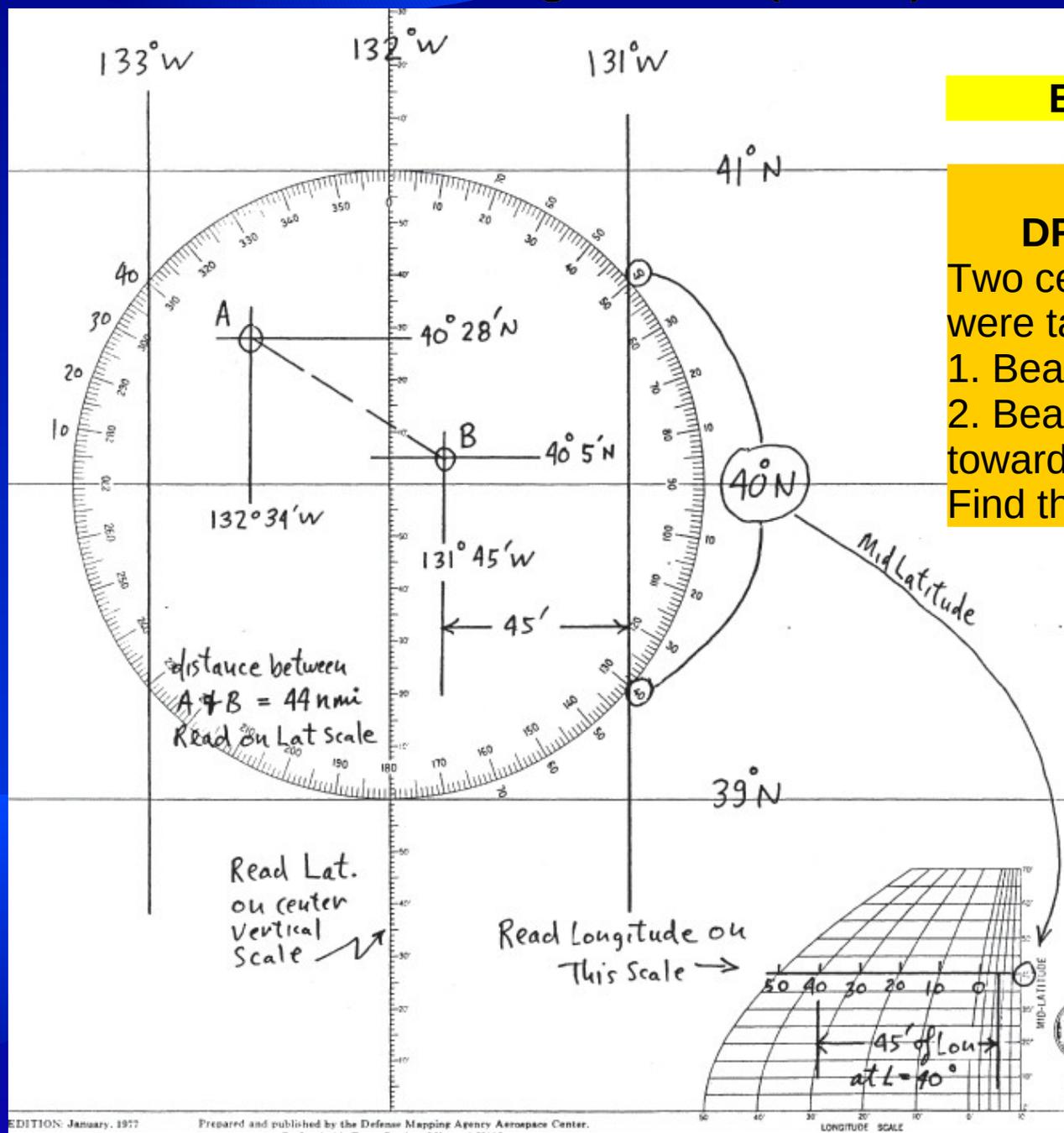
Exemple de d'utilisation

APPLICATION

DR : $40^{\circ} 05,0'N$ / $131^{\circ}45,0'W$

Two celestial observations of stars were taken simultaneous as follows:
1. Bearing $110^{\circ} T$, intercept $4'$ away.
2. Bearing $030^{\circ} T$, intercept $5'$ toward.

Find the ship's position



- 1- Principe de la droite de hauteur
- 2- Méthodologie de calcul et tracé
- 3- Exercices de calcul et tracé
- 4- Tracé d'un canevas local
- 5- Transport de droites de hauteur**
- 6- Exercices de transport

- 5 -

TRACES MULTIPLES & TRANSPORT DE DROITES DE HAUTEUR

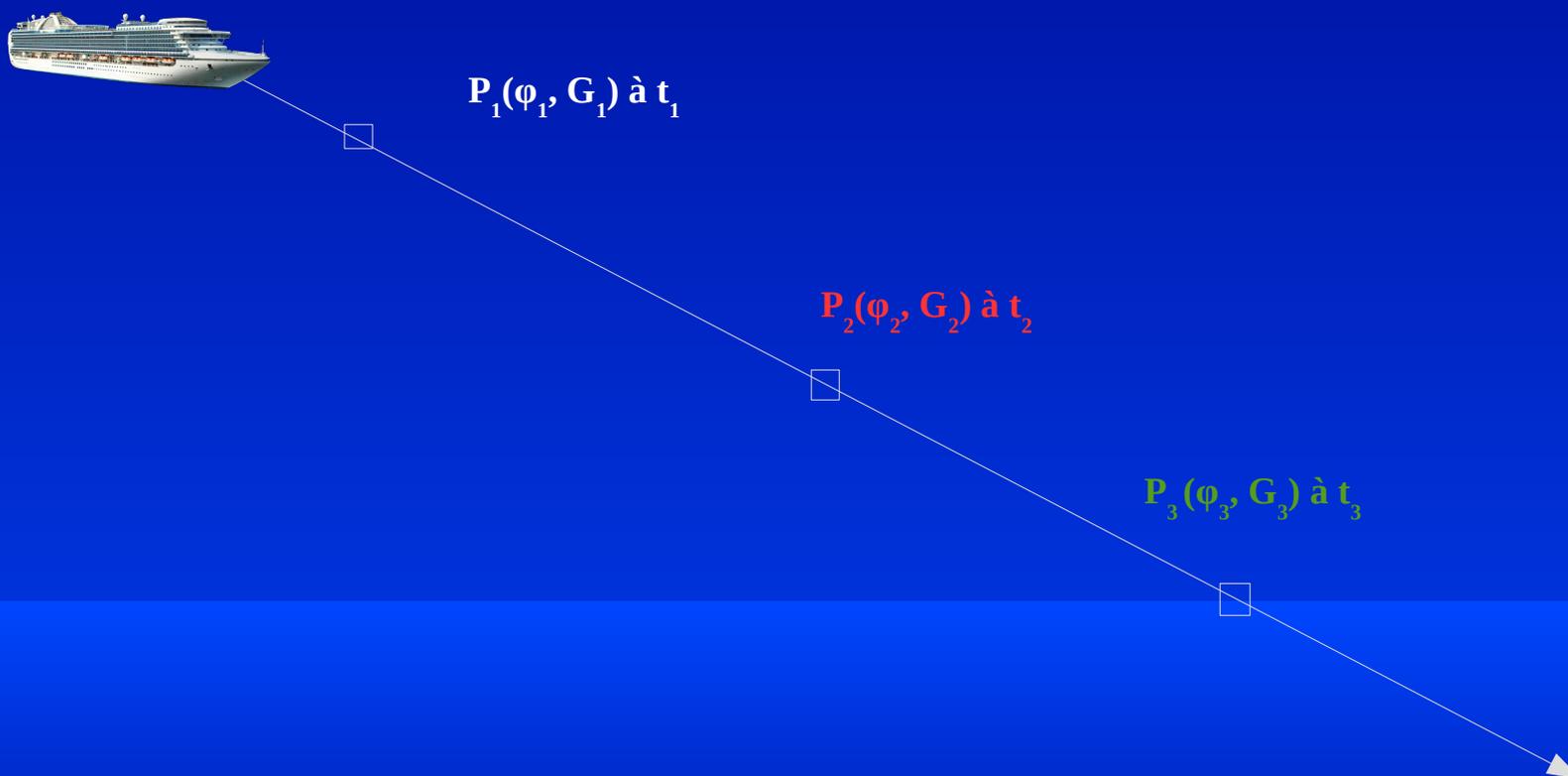
5- Transfert de droites de hauteur

a) Cas d'observations à intervalles de temps importants

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- Pour chaque observation, on utilise un **point estimée différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .



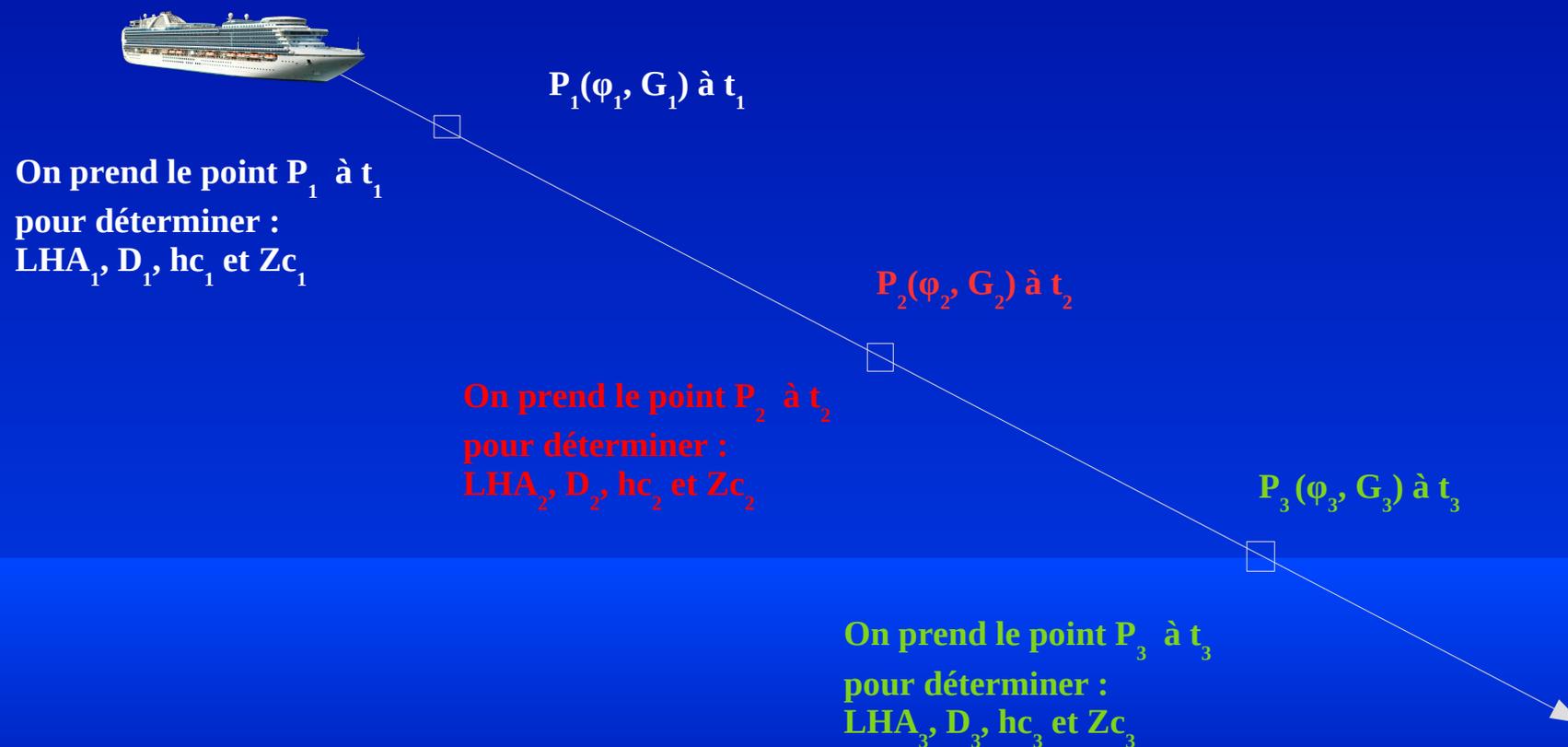
5- Transfert de droites de hauteur

a) Cas d'observations à intervalles de temps importants

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- Pour chaque observation, on utilise un **point estimé différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .



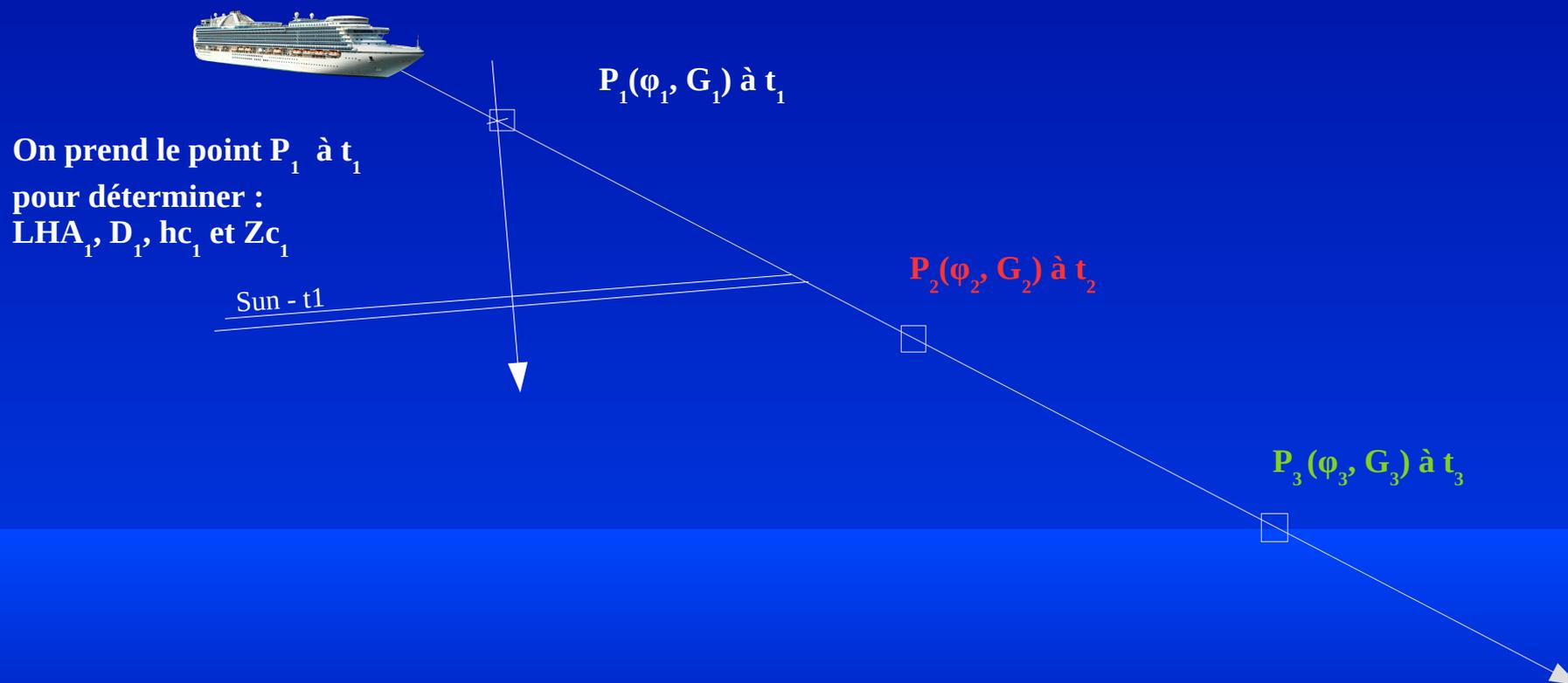
5- Transfert de droites de hauteur

a) Cas d'observations à intervalles de temps importants

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- Pour chaque observation, on utilise un **point estimée différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .



On prend le point P_1 à t_1
pour déterminer :
 LHA_1, D_1, hc_1 et Zc_1

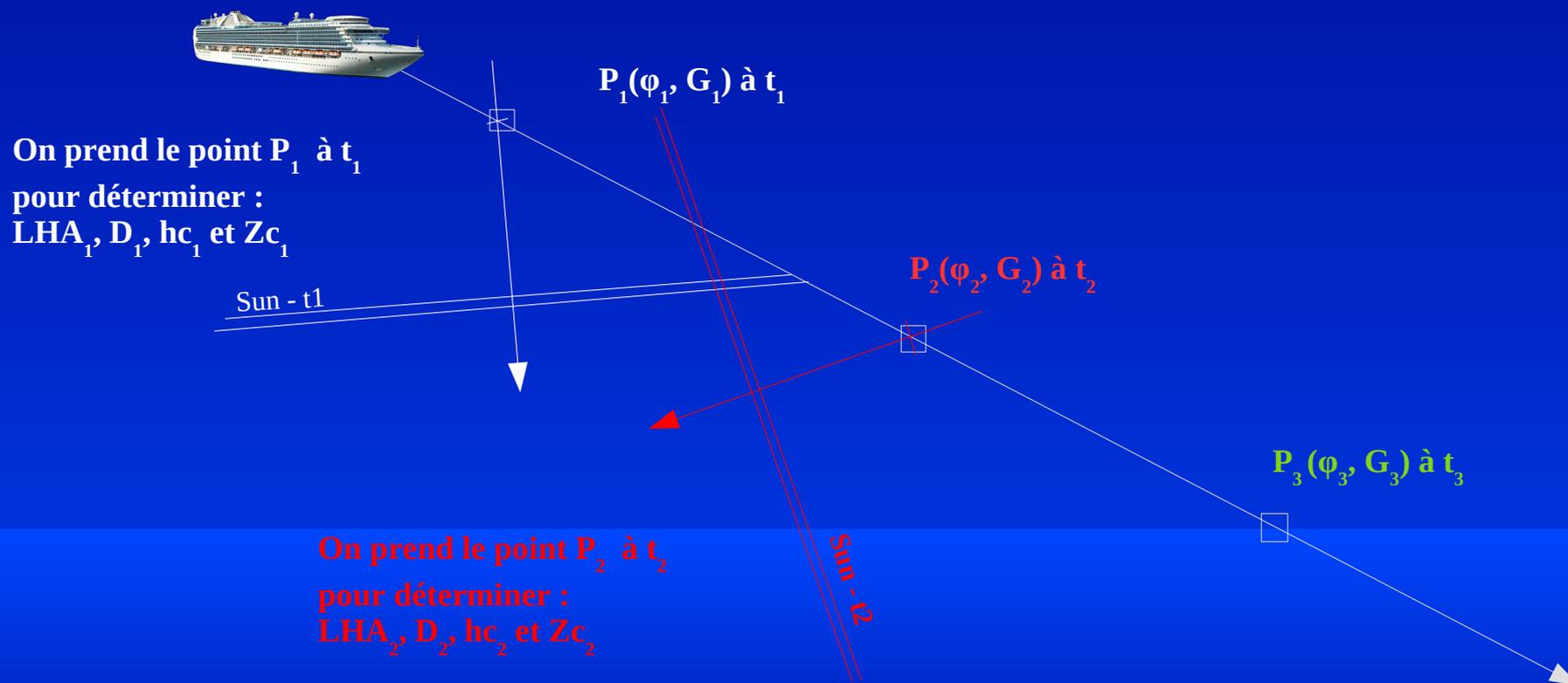
5- Transfert de droites de hauteur

a) Cas d'observations à intervalles de temps importants

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- Pour chaque observation, on utilise un **point estimée différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .



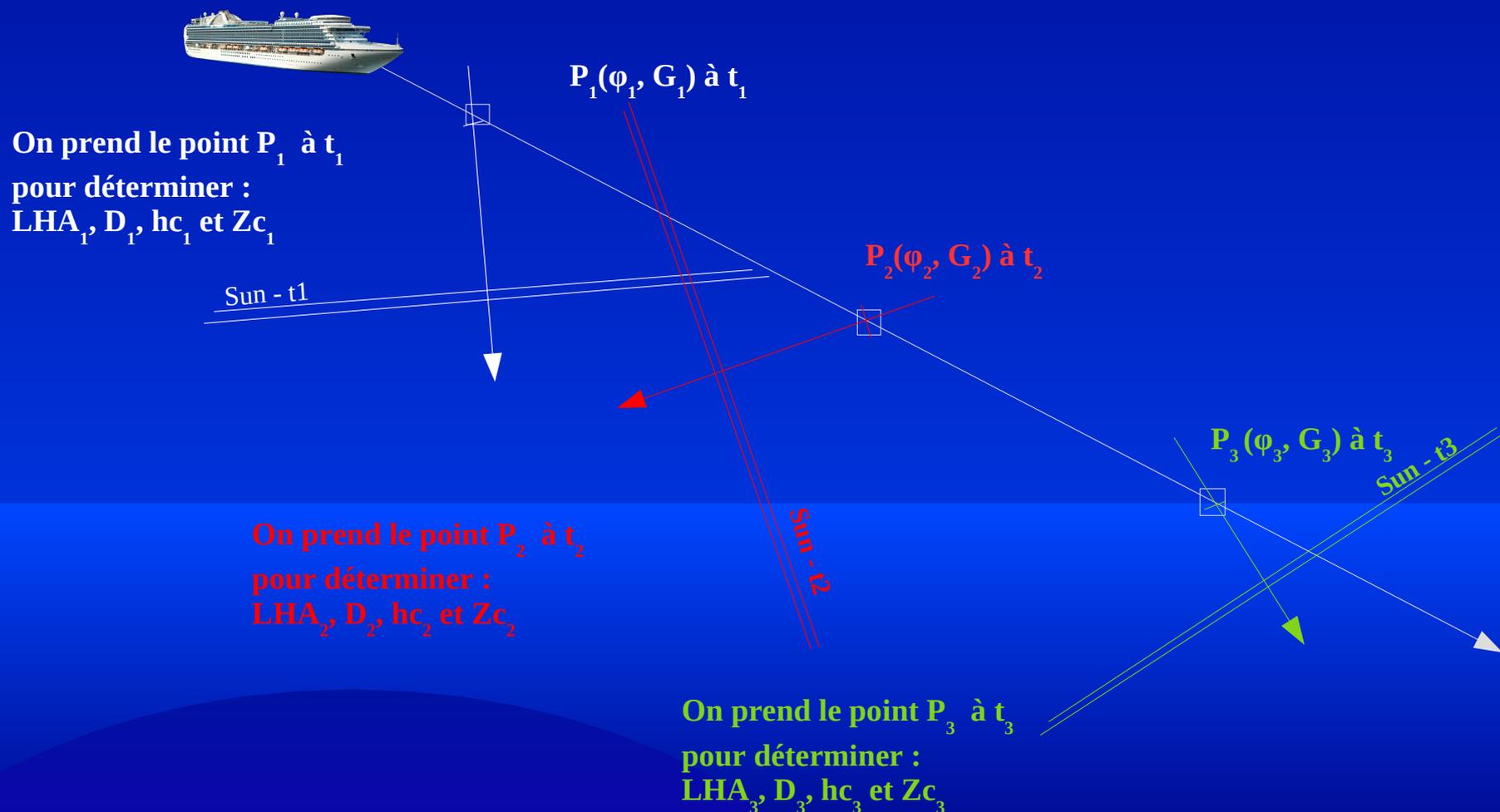
4- Transfert de droites de hauteur

a) Cas d'observations à intervalles de temps importants

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- Pour chaque observation, on utilise un **point estimée différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .



5- Transfert de droites de hauteur

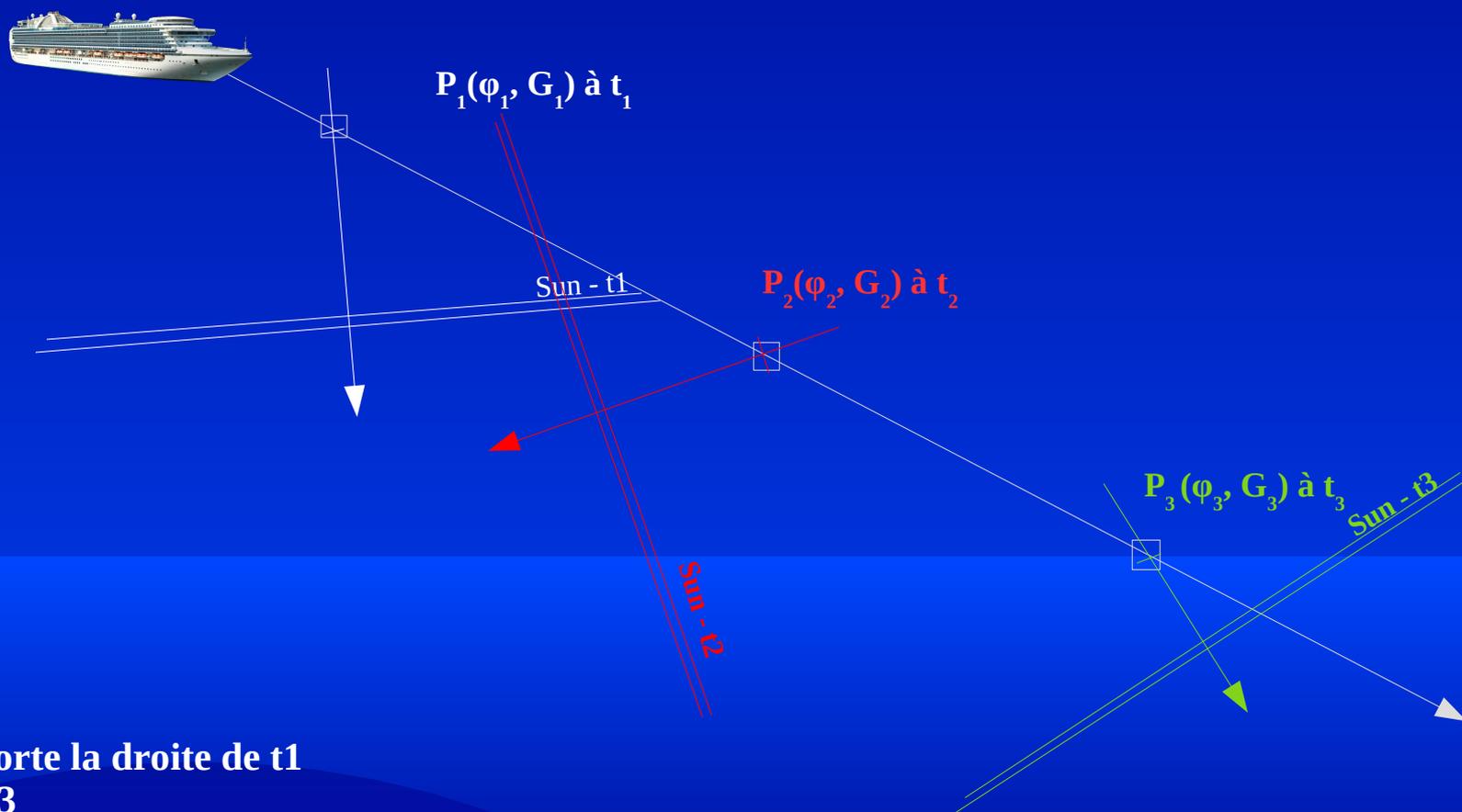
a) Cas d'observations à intervalles de temps importants

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- Pour chaque observation, on utilise un **point estimé différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .

2- On transporte de la distance parcourue dans le Δt dans le sens de la R_f



On transporte la droite de t_1
au temps t_3

5- Transfert de droites de hauteur

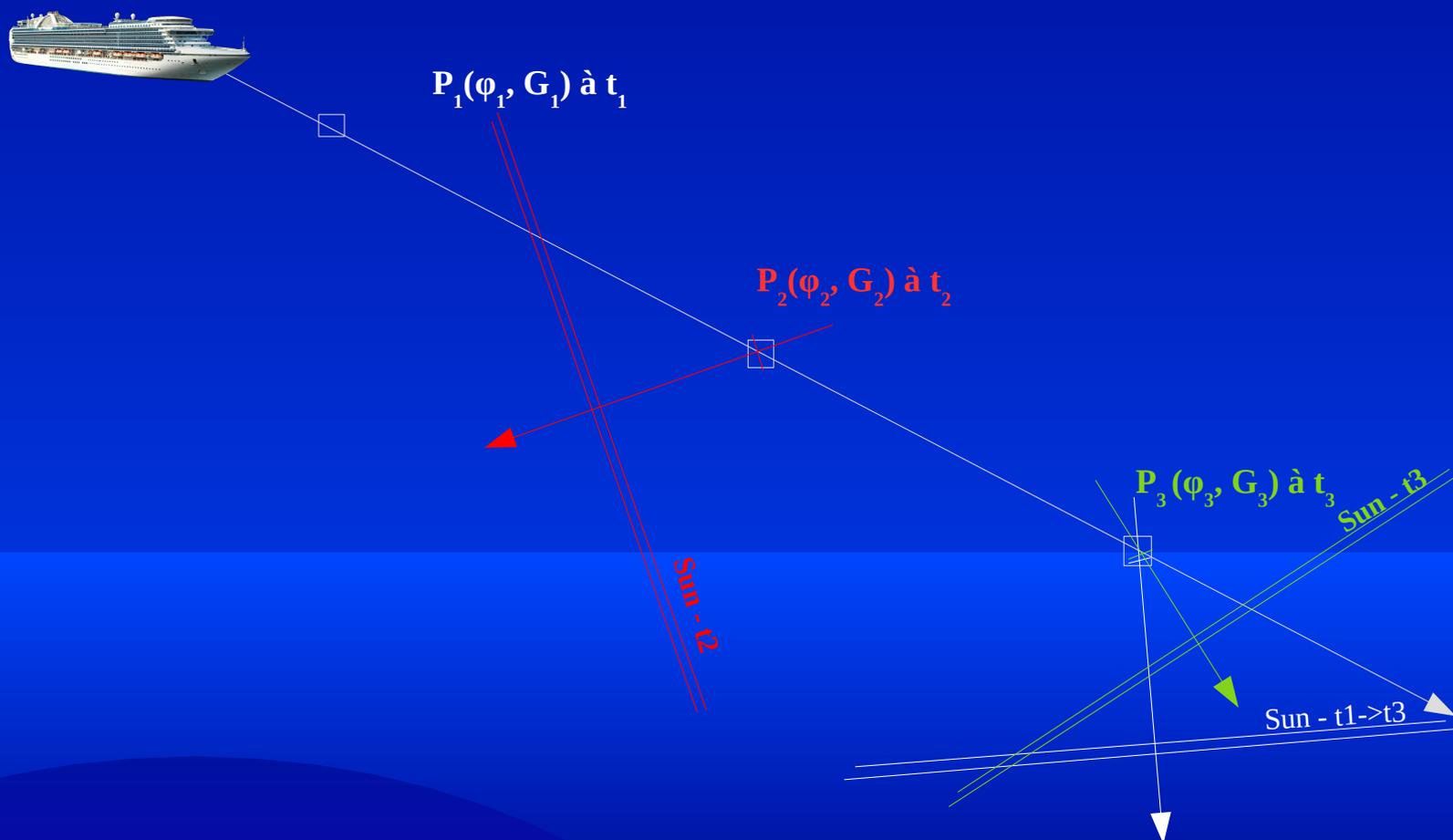
a) Cas d'observations à intervalles de temps important

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- Pour chaque observation, on utilise un **point estimé différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .

2- On transporte de la distance parcourue dans le Δt dans le sens de la R_f



5- Transfert de droites de hauteur

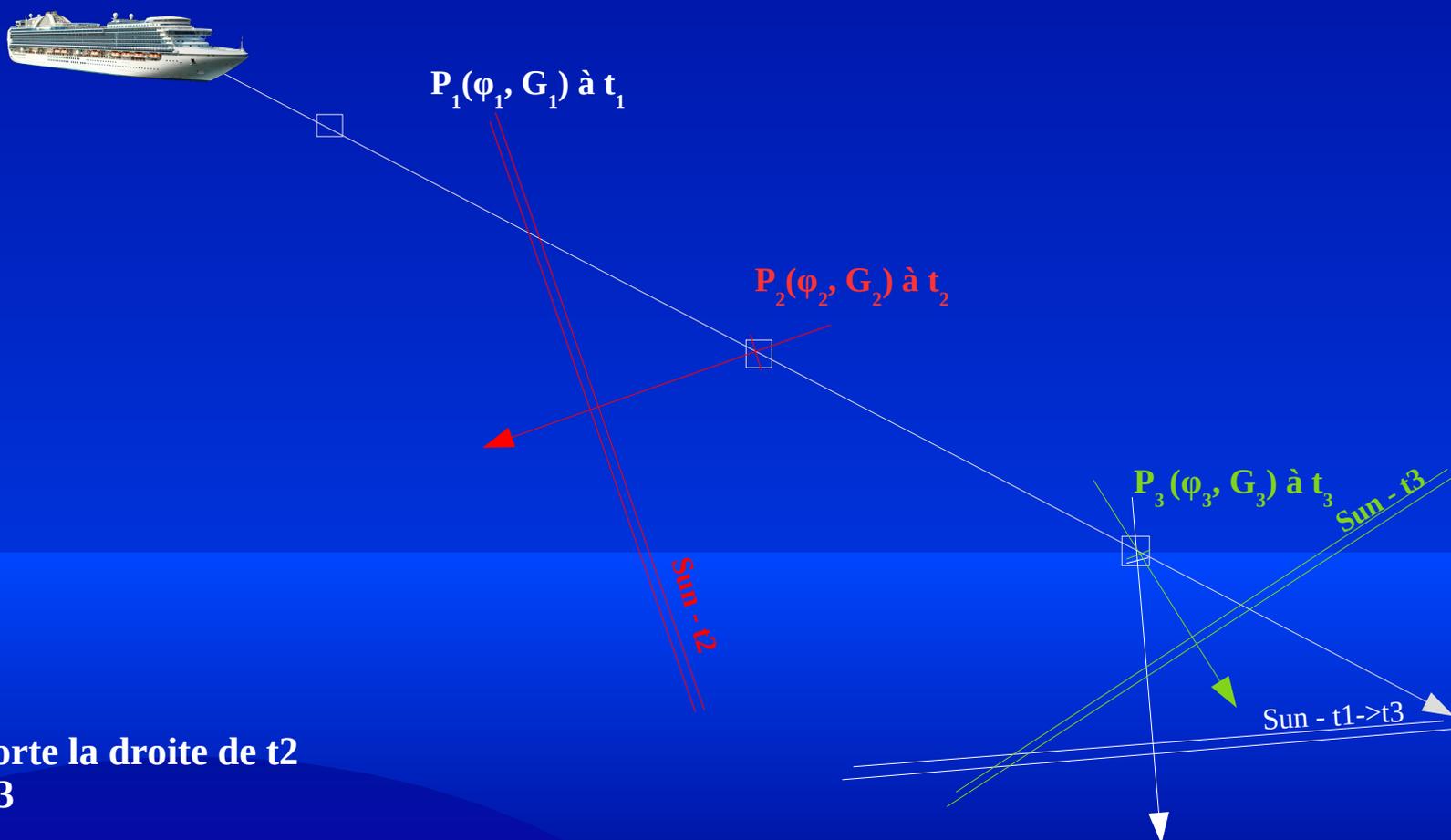
a) Cas d'observations à intervalles de temps important

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- Pour chaque observation, on utilise un **point estimé différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .

2- On transporte de la distance parcourue dans le Δt dans le sens de la R_f



On transporte la droite de t_2
au temps t_3

5- Transfert de droites de hauteur

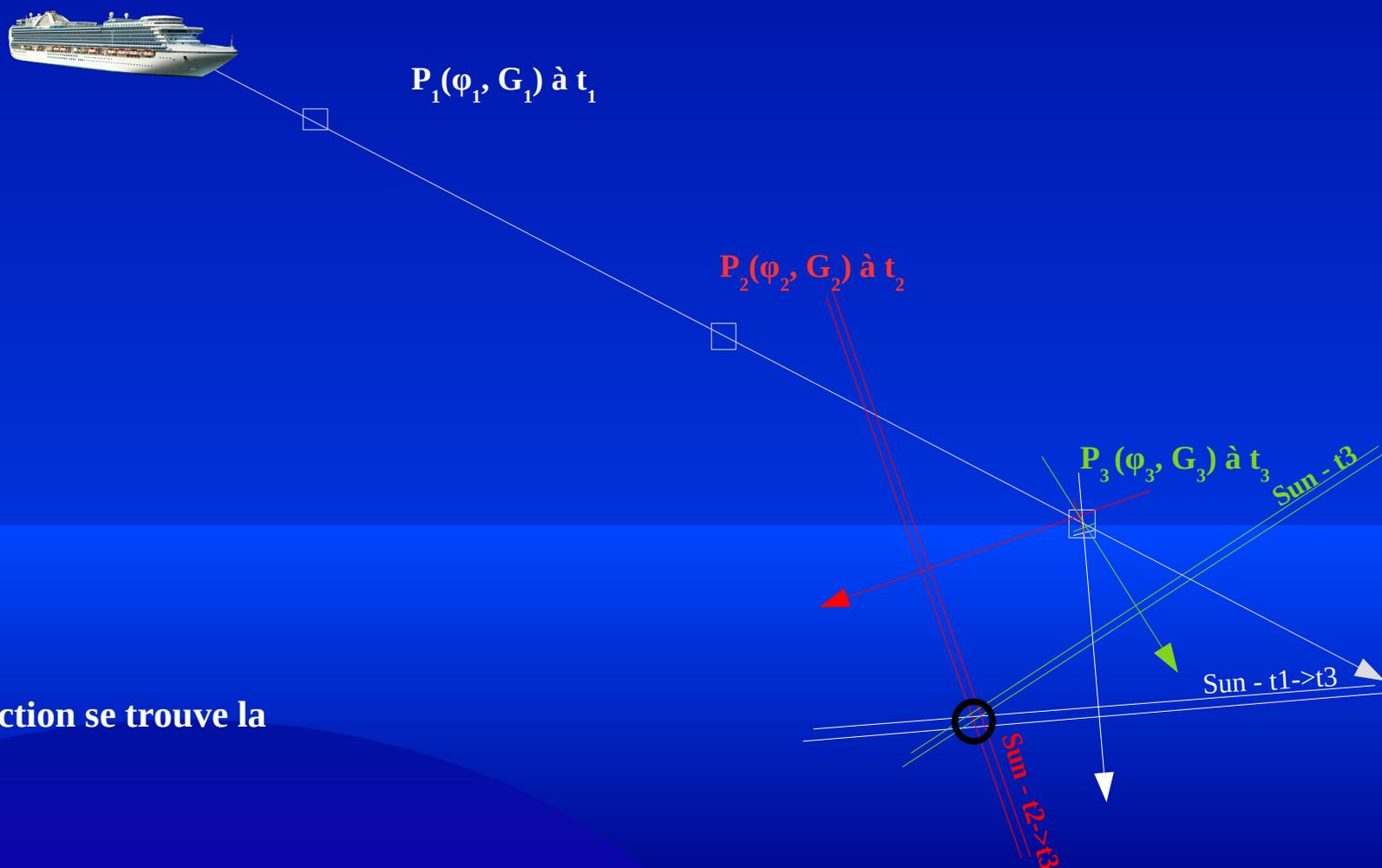
a) Cas d'observations à intervalles de temps important

Observations à intervalles importants

cas de l'observation d'un seul astre à différents moments – observations diurnes

1- - Pour chaque observation, on utilise un **point estimée différent** (P_1, P_2, P_3) pour les **calculs** et les tracés des droites de positions aux instants t_1, t_2, t_3 .

2- On transporte de la distance parcourue dans le Δt dans le sens de la R_f



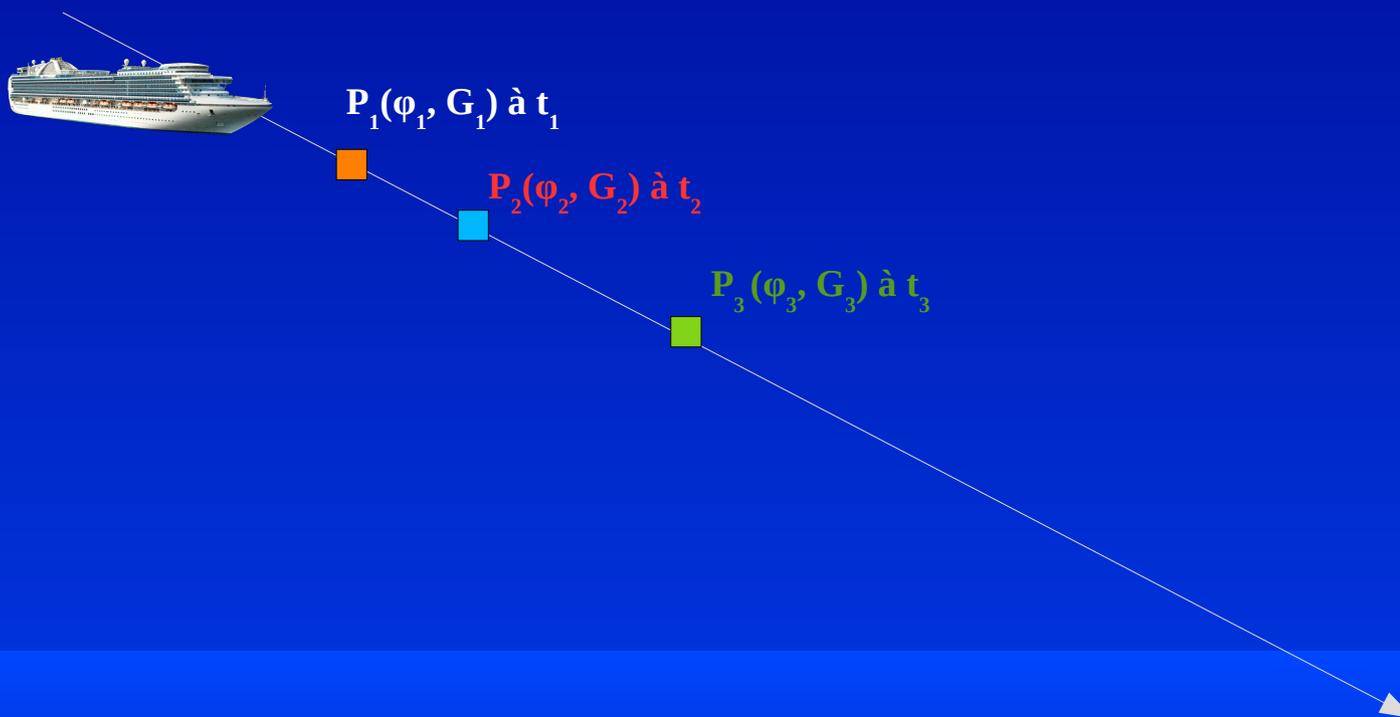
A l'intersection se trouve la position

5- Transfert de droites de hauteur

b) Cas d'observations à courts intervalles

Observations à courts intervalles cas du point d'étoiles

1- On utilise une position **estimée commune P3** pour le **calculs** des trois droites de hauteur (la dernière position généralement)



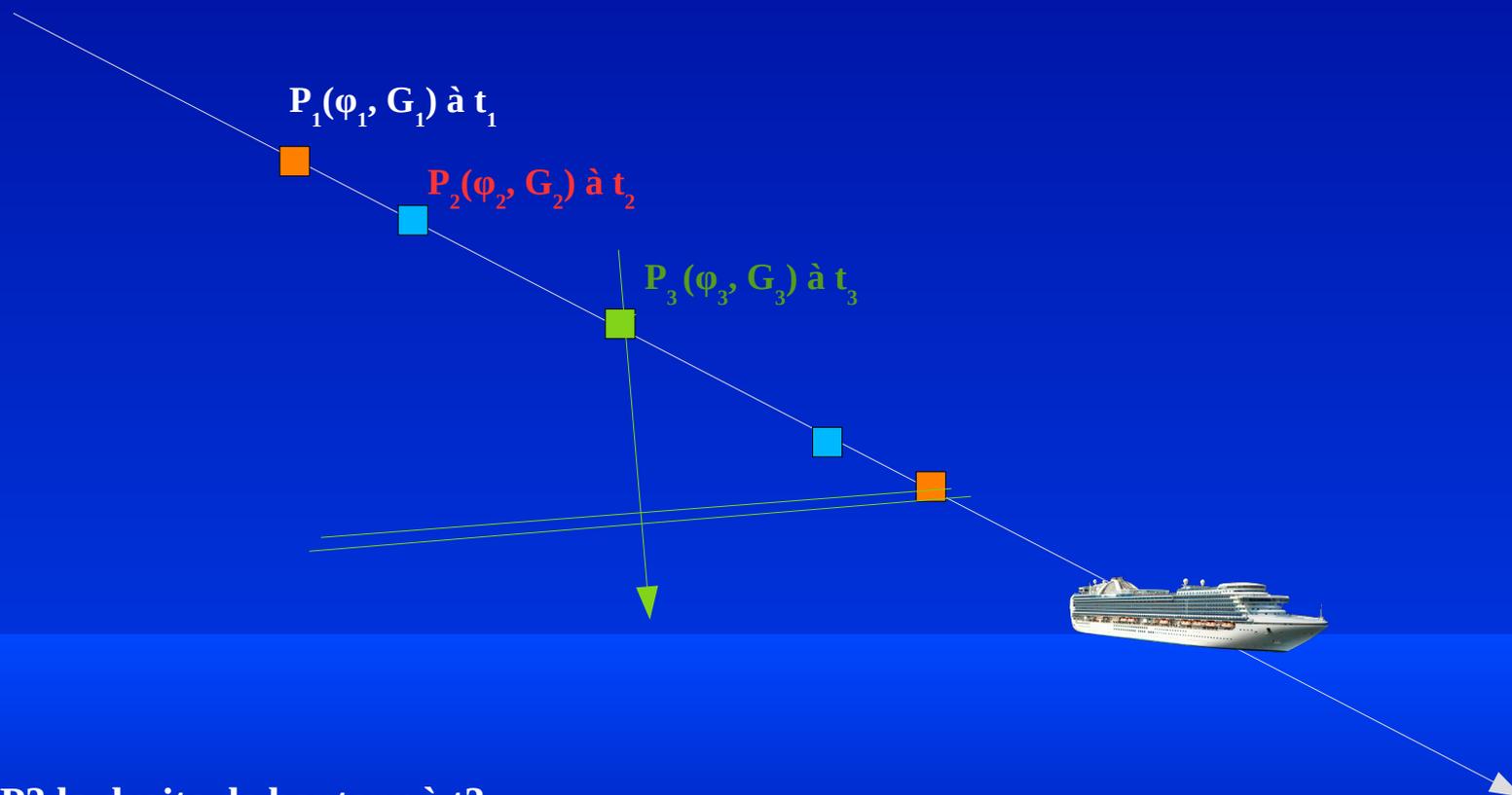
Au temps t_3 , et à la position P_3 ,
on détermine LHA_3, D_3
on détermine $Hc_1, Zc_1, Hc_2,$
 Zc_2, Hc_3, Zc_3

5- Transfert de droites de hauteur

b) Cas d'observations à courts intervalles

Observations à courts intervalles cas du point d'étoiles

1- On utilise une position **estimée commune P3** pour le **calculs** des trois droites de hauteur (la dernière position estimée généralement)



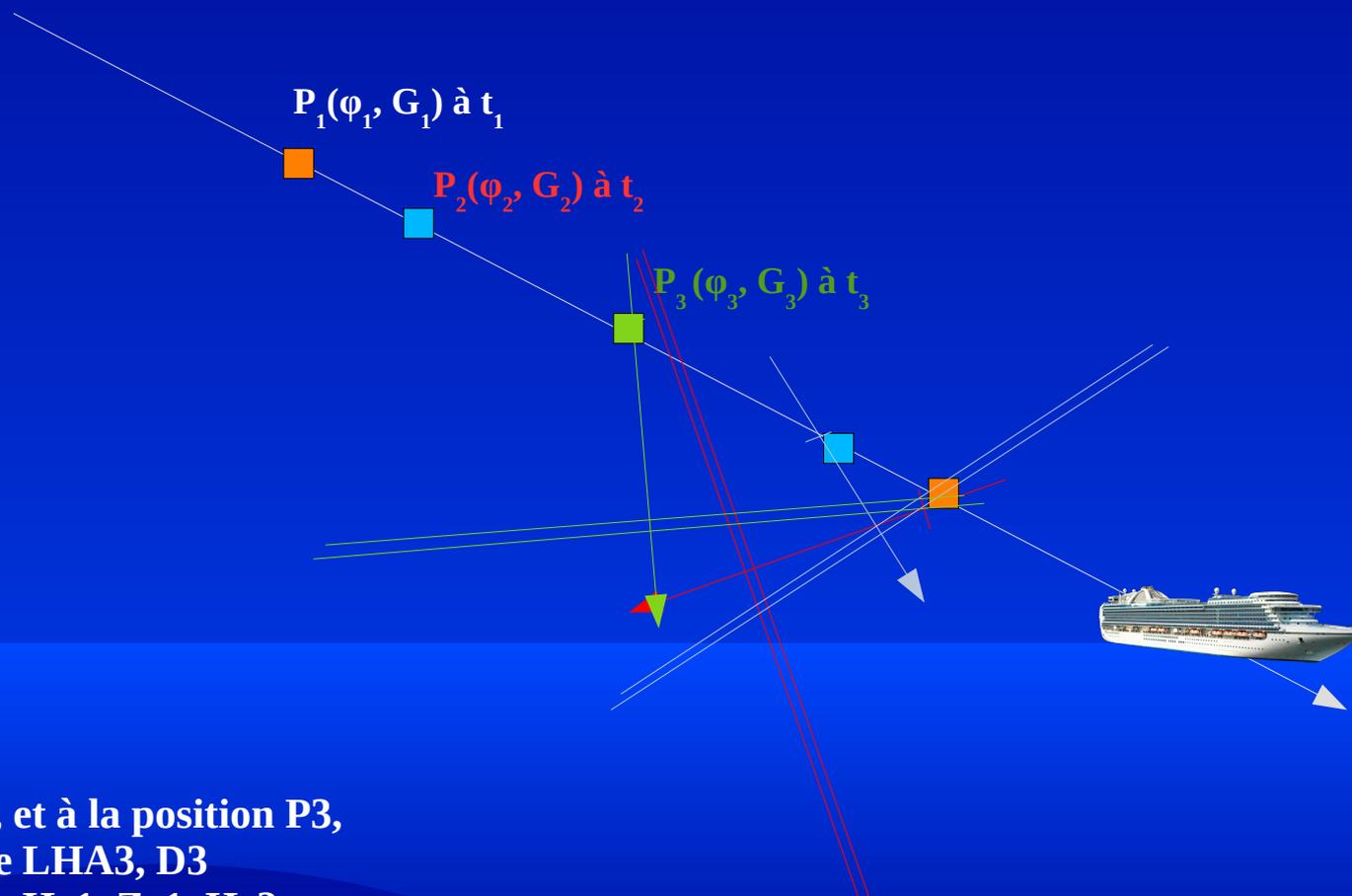
On porte en P3 la droite de hauteur à t3

5- Transfert de droites de hauteur

b) Cas d'observations à courts intervalles

Observations à courts intervalles cas du point d'étoiles

1- On utilise une position **estimée commune P3** pour le **calculs** des trois droites de hauteur (la dernière position généralement)



Au temps t_3 , et à la position P_3 ,
on détermine LHA_3, D_3
on détermine $Hc_1, Zc_1, Hc_2,$
 Zc_2, Hc_3, Zc_3

- 1- Principe de la droite de hauteur
- 2- Méthodologie de calcul et tracé
- 3- Exercices de calcul et tracé
- 4- Tracé d'un canevas local
- 5- Transport de droites de hauteur
- 6- Exercices de transport

- 6 -

EXERCICES DE TRANSFERTS DE DROITES DE HAUTEUR

5- Exercice – Transport de droite de hauteurs

5-1 Droites d'étoiles - énoncé

Un navire suit une route fond au 235° à la vitesse surface $V_s = 14$ nds, le courant est nul.

A 07:38 ZT, $\varphi_e = 45^\circ 44' N$ et $G_e = 012^\circ 00' W$.

On a trouvé pour les observations de 3 étoiles :

Alkaid ZT = 07h 32min 15s : $Z_c = 300^\circ$ / $H_o - H_c = 0,5'$

Arcturus ZT = 07h 38min 03s : $Z_c = 261^\circ$ / $H_o - H_c = 2,2'$

Schedar ZT = 07h 44min 07s : $Z_c = 041^\circ$ / $H_o - H_c = -3.7$

Tracer le point d'étoiles sur la carte pour 07h38 min

5- Exercice – Transport de droite de hauteurs

5-2 Droites de Soleil - énoncé

DR position at 09:00 WT, Aug. 13 is $28^{\circ} 30,4'S$ / $062^{\circ} 33,2 E$.

Course is $010^{\circ} T$ – speed 15 kts

While on this course, the 3 Sun lines listed below were taken ; you want to find your latitude and longitude at 16:20 WT.

WT	UT	Ho
10h 16m 05s	06h 16m 10s	$40^{\circ}59,9'$
12h 30m 00s	08h 30m 05s	$46^{\circ}47,1'$
16h 20m 08s	12h 20m 13s	$13^{\circ} 06,0'$

1- What data do we need to solve this problem

2- Explain how do you proceed :

if you used ST Hilaire calculation

if you used table HO249

3- Calculate the intercept and Azimut for the 3 sun lines (ask the instructor to give you the data)

4- Plot the lines to find your latitude and longitude.

5- Exercice – Transport de droite de hauteurs

5-2 Droites de Soleil - données

DR position at 09:00 WT, Aug. 13 is $28^{\circ} 30,4'S$ / $062^{\circ} 33,2 E$.

Course is $010^{\circ} T$ – speed 15kts

While on this course, the 3 sun lines listed below were taken ; you want to find your latitude and longitude at 16:20 WT.

WT	UT	GHA	D	Ho
10h 16m 05s	06h 16m 10s	$272^{\circ} 48,9'$	N $14^{\circ} 45,4'$	$40^{\circ} 59,9'$
12h 30m 00s	08h 30m 05s	$306^{\circ} 17,9'$	N $14^{\circ} 43,7'$	$46^{\circ} 47,1'$
16h 20m 08s	12h 20m 13s	$003^{\circ} 50,3'$	N $14^{\circ} 40,8'$	$13^{\circ} 06,0'$

