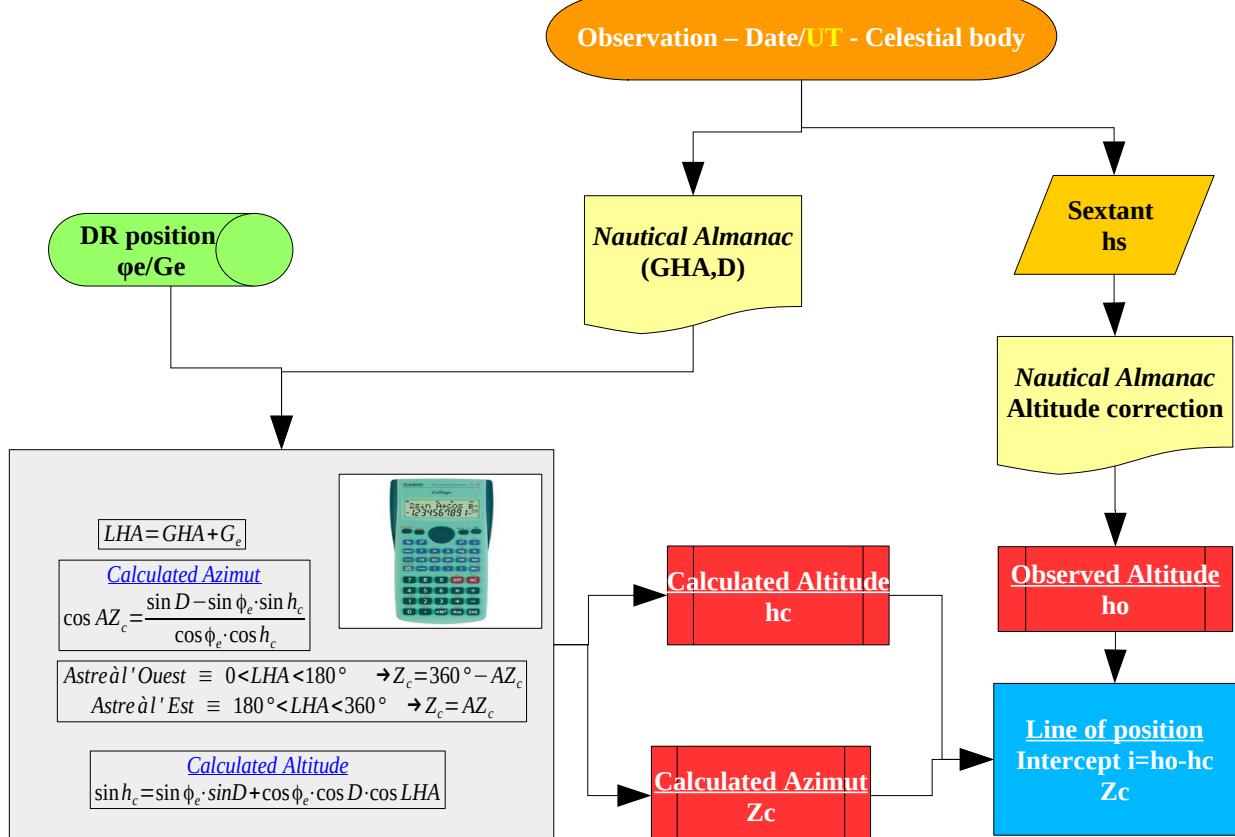


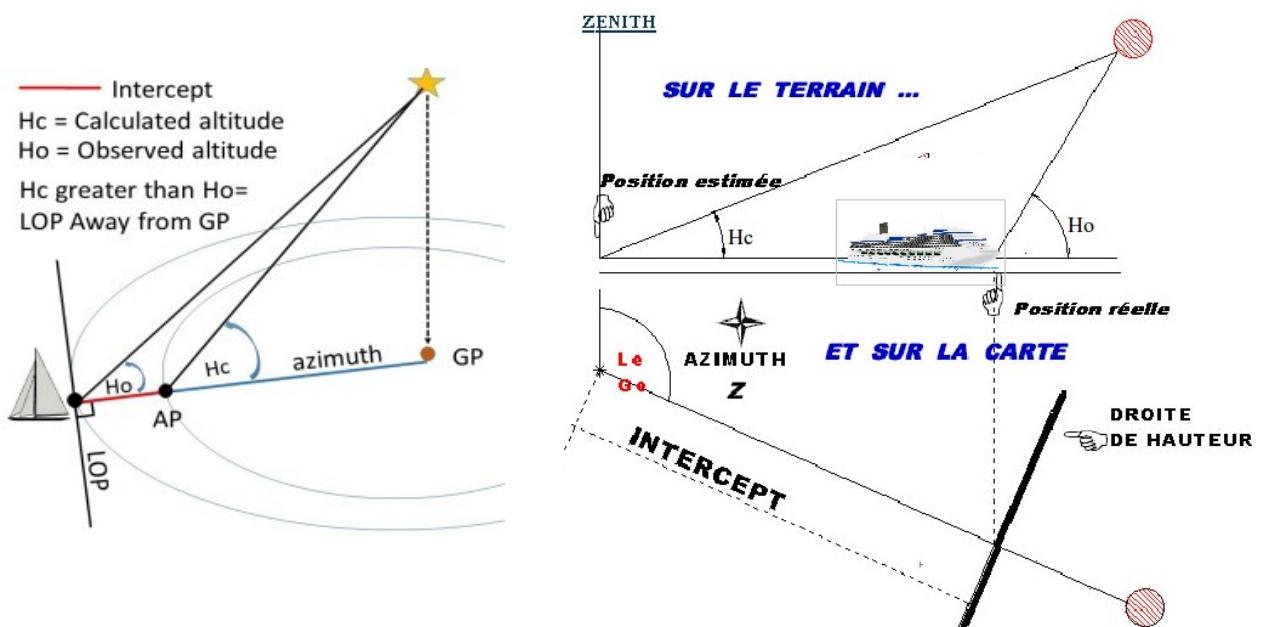
NAV-ASTRO	DROITES DE HAUTEUR	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE	1/12

## PRINCIPE DE LA DROITE DE HAUTEUR DE MARCQ ST HILAIRE

### Méthodologie

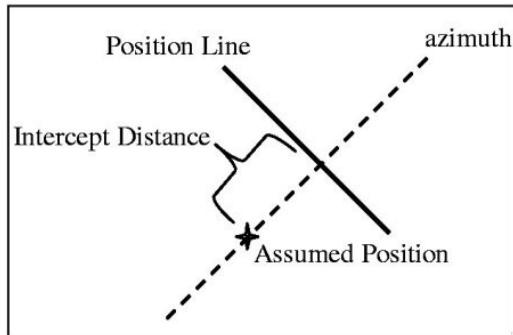


### Droite de hauteur



NAV-ASTRO	DROITES DE HAUTEUR	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE	2/12

## Tracé de la droite de hauteur



L'intercept  $i = ho - hc$  peut être positif ou négatif :

- si positif, on trace la droite perpendiculaire à l'azimut de l'astre à une distance  $i$  VERS (TOWARDS) l'astre ;
- si négatif, on trace la droite perpendiculaire à l'azimut de l'astre à une distance  $i$  A L'OPPOSÉ (AWAY) de l'astre.

### Exemple

On relève Dubhe à 22h13 et on détermine l'intercept et le relèvement suivant  
 $i = +7,2M / Zc = 322^\circ$

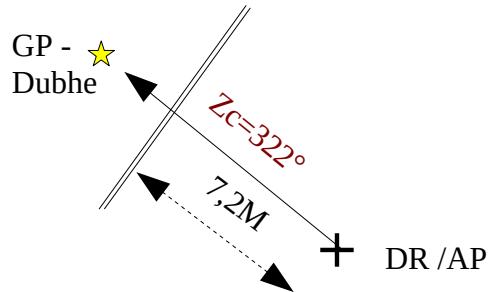


Illustration 2: Principe intercept

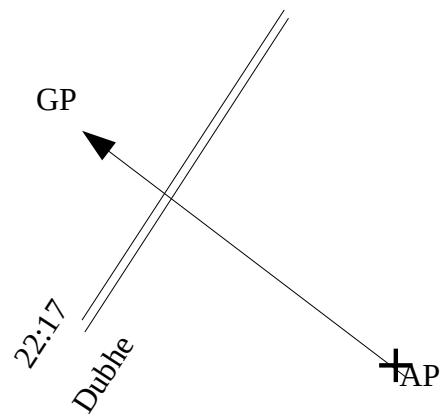


Illustration 1: Les notations et écritures des intercepts

## Procédure

### 1. Déterminer la hauteur observer

- Mesurer la hauteur  $H_s$  d'un astre au dessus de l'horizon
- Noter l'heure d'observation
- Corriger la hauteur sextant pour obtenir la  $Ho$  via le Nautical Almanac

### 2. Calculer la hauteur calculée

- Déterminer une position approchée **AP** (assumed position) ou une position estimée (**DR**) ; cette position doit, si possible se trouver à moins de 50M de la position réelle (voire même 100M sans que cela n'introduise trop d'erreur).
- Calculer la hauteur **Hc** and azimuth **Zc** pour un observateur placé à la position définie ci dessus.

### 3. Calculer l'intercept : $i = ho - hc$

### 4. Sur le plotting sheet

- Porter la position approchée (**AP**) ou la position estimée
- Tracer une droite dans la direction de l'azimuth **Zc**
- Mesurer la distance de l'intercept le long de la ligne d'azimut
  - vers l'astre si  $Ho > Hc$
  - à l'opposé de l'astre si  $Ho < Hc$ .
- Tracer une perpendiculaire à la ligne d'azimut : cette droite est la ligne de position.

NAV-ASTRO	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	3/12

## CANEVAS DE MERCATOR / PLOTTING SHEET



Illustration 3: Extrait de carte marine

Le point astronomique se détermine en portant les tracés sur un canevas de Mercator ou un plotting sheet ; d'une part parce que l'échelle de la carte n'est pas forcément adaptée et d'autre part parce que le tracé des droites de hauteur amène de la surcharge sur la carte.

On utilise donc des canevas de Mercator / plotting sheet pour garantir un schéma conforme (i.e. qui conserve les distances et permet de naviguer à cap constant).

### Le canevas traditionnel (échelle locale)

On détermine une échelle de longitude arbitrairement et on crée une échelle locale pour la latitude moyenne désirée (latitude du point estimée).

On crée une échelle locale (fonction de  $\cos \varphi_m$ ) :

- elle est constante sur les longitudes ;
- elle est croissante sur les latitudes ; mais cette croissance est faible jusqu'à 60°.

On peut considérer pour un canevas destiné à l'estime ou à la navigation astronomique que l'échelle des latitudes reste constante localement (15-20M) et **négliger l'influence des latitudes croissantes**.

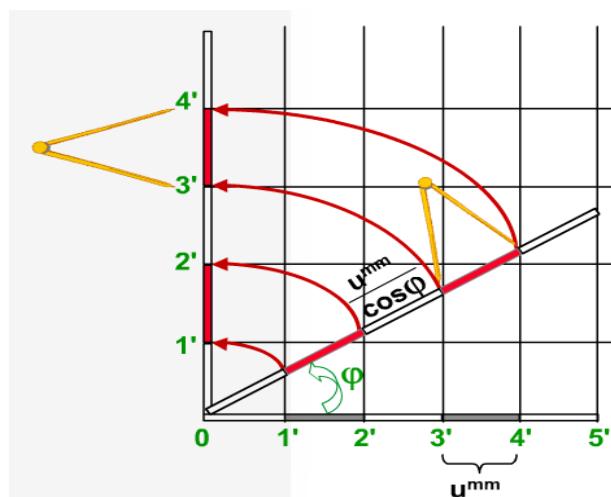
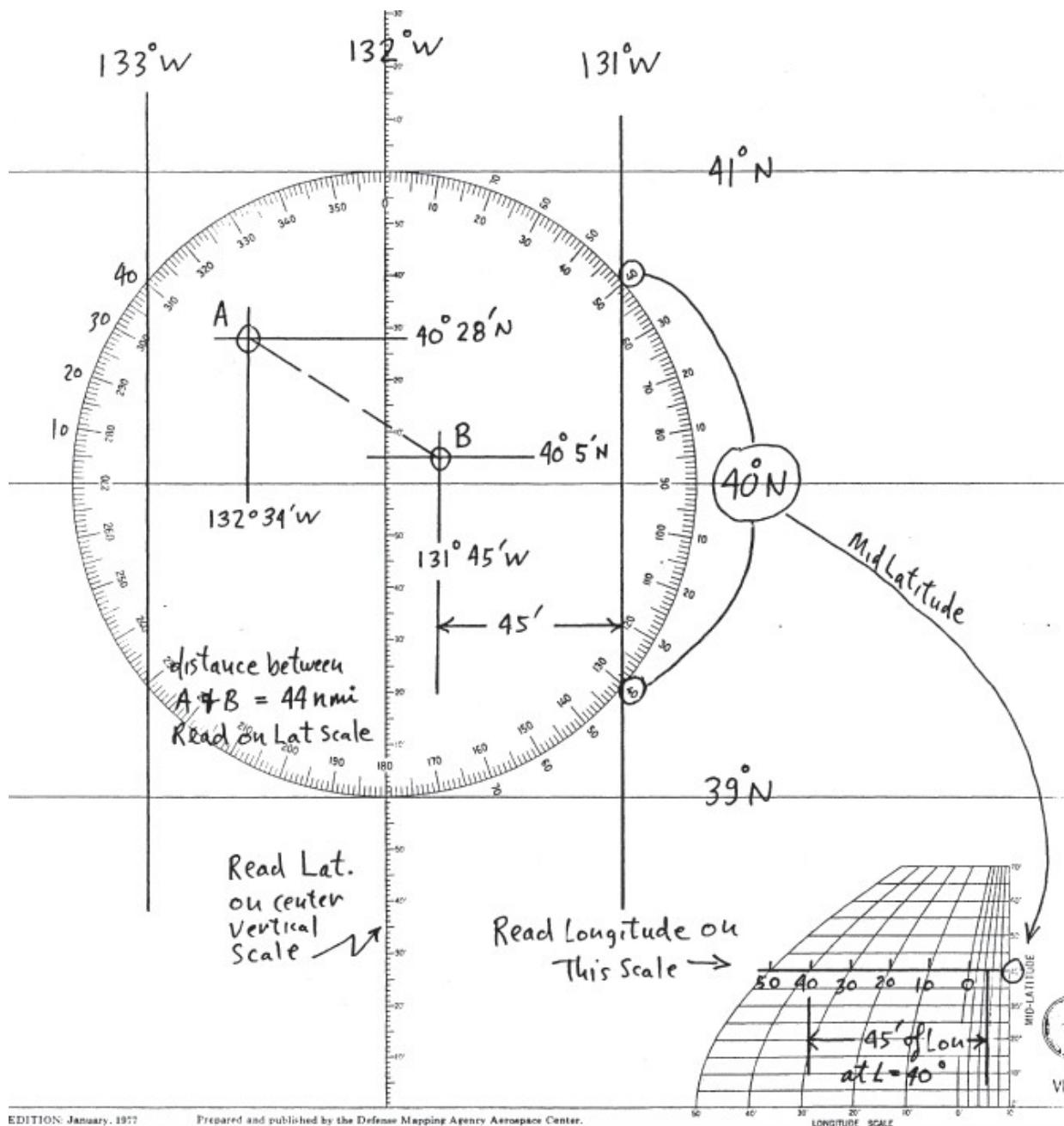


Illustration 4: Principe de construction d'un canevas de Mercator local

NAV-ASTRO	DROITES DE HAUTEUR	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE	4/12

### Universal Plotting sheet

Sur l'UPS l'échelle des latitudes est déjà définie ; un graphe permet de définir l'échelle des longitude  
Ci après un exemple pour une latitude de 40°N



EDITION: January, 1977      Prepared and published by the Defense Mapping Agency Aerospace Center.

Illustration 5: Universal Plotting sheet (UPS)

NAV-ASTRO	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	5/12

## EXEMPLE 1 – DROITE DE HAUTEUR D’UNE ÉTOILE

In the evening, 17th July 1981, at DR position  $40^{\circ} 25'N$ ,  $32^{\circ} 40'W$ , the chronometer showed 10h 21min 07s, chronometer error 4min 09s fast. Observed Star Dubhe with sextant altitude  $43^{\circ} 32,0'$  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.

### Define GMT

Chronometer Time	10h 21min 07s	
Chronometer Error	- 4min 09s	Fast - / Slow +
Time GMT [12h]	10h 16min 58s	<u>Time on 12h</u>
<b>GMT</b>	<b>22h 16min 58s</b>	<u>Time on 24h (on the evening =&gt; +12h)</u>

### Intercept for Dubhe

#### Define LHA et D for Dubhe

GH <sub>Ay</sub>	$265^{\circ} 38,0'$	NA - à l'heure ronde = 22h00
$+\Delta\text{GH}_A\gamma$	$4^{\circ} 15,2'$	Pour $\Delta t = 15\text{min } 58\text{s}$
= GH <sub>Ay</sub>	$269^{\circ} 53,2'$	À l'heure précise = 22h 15min 58s
+ SHA <sub>Dubhe</sub>	$194^{\circ} 21,9'$	NA
GHA <sub>Dubhe</sub>	$104^{\circ} 15,1'$	$464^{\circ} 15,1' [360^{\circ}]$
- Ge	- $32^{\circ} 40,0'$	
<b>LHA<sub>Dubhe</sub></b>	<b><math>71^{\circ} 35,1'</math></b>	<b>D<sub>Dubhe</sub> = <math>61^{\circ} 51,4'N</math></b>

#### Calculate hc

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

#### Calculate Zc

$$\begin{aligned}
 \cos AZ_c &= \frac{\sin D - \sin \phi_e \cdot \sin h_c}{\cos \phi_e \cdot \cos h_c} \\
 &= \frac{\sin(61^{\circ} 51,4') - \sin(40^{\circ} 25') \cdot \sin(43^{\circ} 14,7')}{\cos(40^{\circ} 25') \cdot \cos(43^{\circ} 14,7')} \approx 0,78901 \\
 \rightarrow AZ_c &\approx 38^{\circ} \\
 LHA &= 71^{\circ} 35,1' \rightarrow Z_c = 360^{\circ} - AZ_c \quad \boxed{Zc = 322^{\circ}}
 \end{aligned}$$

NAV-ASTRO	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	6/12

### Calculate ho

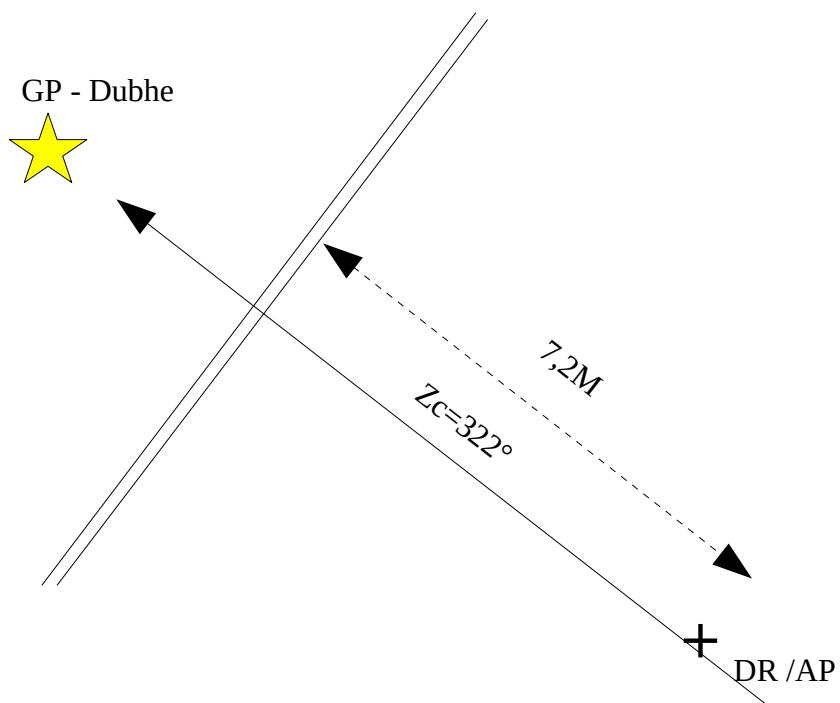
<b>hs</b>	<b>43°32,0'</b>
+ IC	-2,3'
+ Dip	-6,8'
<b>ha</b>	<b>43° 22,9'</b>
+Alt. Main correction	-1,0'
-30' for upper limb (Moon)	
+U,L, correction for Moon	
+Additionnal correction for Venus	
+Additional refraction correction (non standard Temp/pressure)	
<b>ho</b>	<b>43°21,9'</b>

### Calculate the intercept/LOP

ho	43°21,9'
- hc	- 43° 14,7'
= <b>i</b>	<b>+ 7,2'</b>

**Zc= 322°**

### Draw the LOP



NAV-ASTRO	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	7/12

## Intercept for Deneb

### Define LHA et D for Deneb

GHAY	NA - à l'heure ronde
+ $\Delta$ GHA	<i>Pour <math>\Delta t</math></i>
$\gamma$	
= GHA $\gamma$	À l'heure précise
+ SHA <sub>Deneb</sub>	NA
GHA <sub>Deneb</sub>	
- Ge	
<b>LHA<sub>Deneb</sub></b>	

**D<sub>Deneb</sub>** =

### Calculate hc

..

**Hc** =

### Calculate Zc

**Zc** = °

### Calculate ho

<b>hs</b>	
+ IC	
+ Dip	
<b>ha</b>	
+Alt. Main correction	
-30° for upper limb (Moon)	
+U,L, correction for Moon	
+Additionnal correction for Venus	
+Additional refraction correction (non standard Temp/pressure)	

NAV-ASTRO	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	8/12

<b>ho</b>			
-----------	--	--	--

Calculate the intercept/LOP

ho		
- hc		
= <b>i</b>		

**zc=**

Draw the LOP

NAV-ASTRO	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	9/12

## EXEMPLE 2 - DROITE DE SOLEIL OU PLANÈTE

At 0900 LMT, 25th October 1981, DR position  $43^{\circ}15'N$ ,  $38^{\circ}25'W$ , the chronometer shows 11h 40min 32s, chronometer error is 2m 20s slow. Sextant altitude of the sun's lower limb is  $24^{\circ}02.3'$ ; index error  $1.5'$  off the arc; height of eye 12 m. Find intercept and position line :

### Define GMT

LMT			Chronometer Time	
Ge			Chronometer Error	Fast - / Slow +
GMT <sub>(DR)</sub>			Time (12h)	
			<b>GMT(sight)</b>	Time on 24h

### Define LHA et D for Dubhe

GHA		NA - à l'heure ronde =
<b>+ΔGHA</b>		Pour $\Delta t$ =
= GHA		À l'heure précise =
- Ge		
<b>LHA</b>		À l'heure précise =

**D =**

**Hc =**

### Calculate hc

$$\sin h_c = \sin \phi_e \cdot \sin D + \cos \phi_e \cdot \cos D \cdot \cos LHA$$

"

**Hc =**

### Calculate Zc

$$\cos AZ_c = \frac{\sin D - \sin \phi_e \cdot \sin h_c}{\cos \phi_e \cdot \cos h_c}$$

**Zc =**

NAV-ASTRO	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	10/12

### Calculate ho

<b>hs</b>	
	+ IC
	+ Dip
<b>ha</b>	
	+Alt. Main correction
	-30' for upper limb (Moon)
	+U,L, correction for Moon
	+Additionnal correction for Venus
	+Additional refraction correction (non standard Temp/pressure)
<b>ho</b>	

### Calculate the intercept/LOP

ho	
- hc	
= <b>i</b>	

Zc=

NAV-ASTRO	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.2 – 03/22
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	11/12

## TRANSPORT DE DROITES DE HAUTEUR

### Observations séparées d'une durée de 1h à 4h

C'est le cas des observations diurnes où l'on observe un même astre à différents moments de la journée.

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

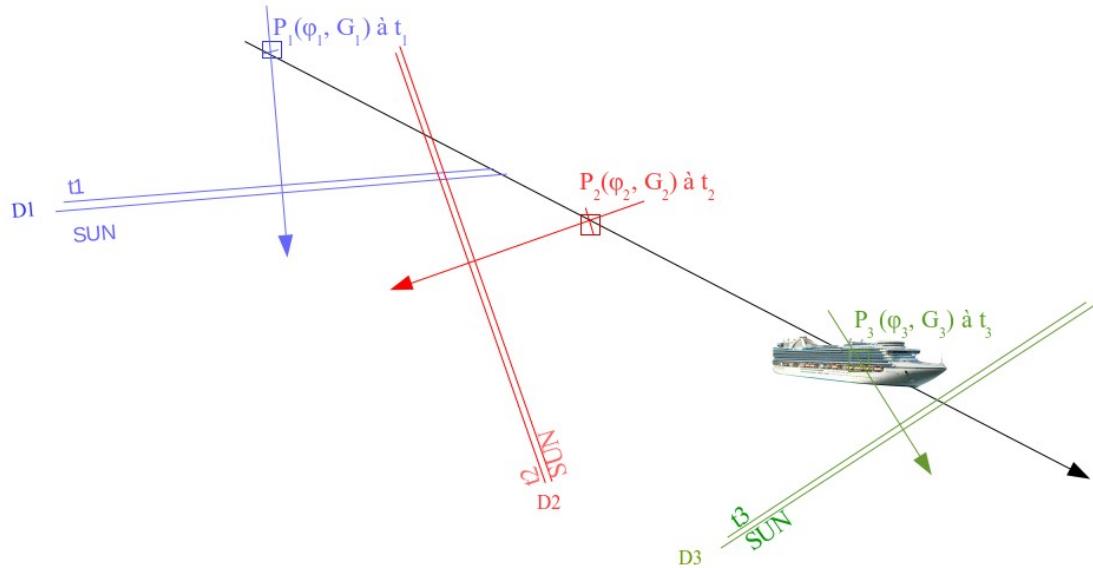


Illustration 6: Différentes droites de hauteur séparées par des durées importantes

2- Pour obtenir la position à l'instant  $t_3$ , on transporte les droites obtenues à  $t_1$  et  $t_2$  suivant la  $R_f$  et la distance parcourue entre  $(t_3, t_2)$  et  $(t_3, t_1)$

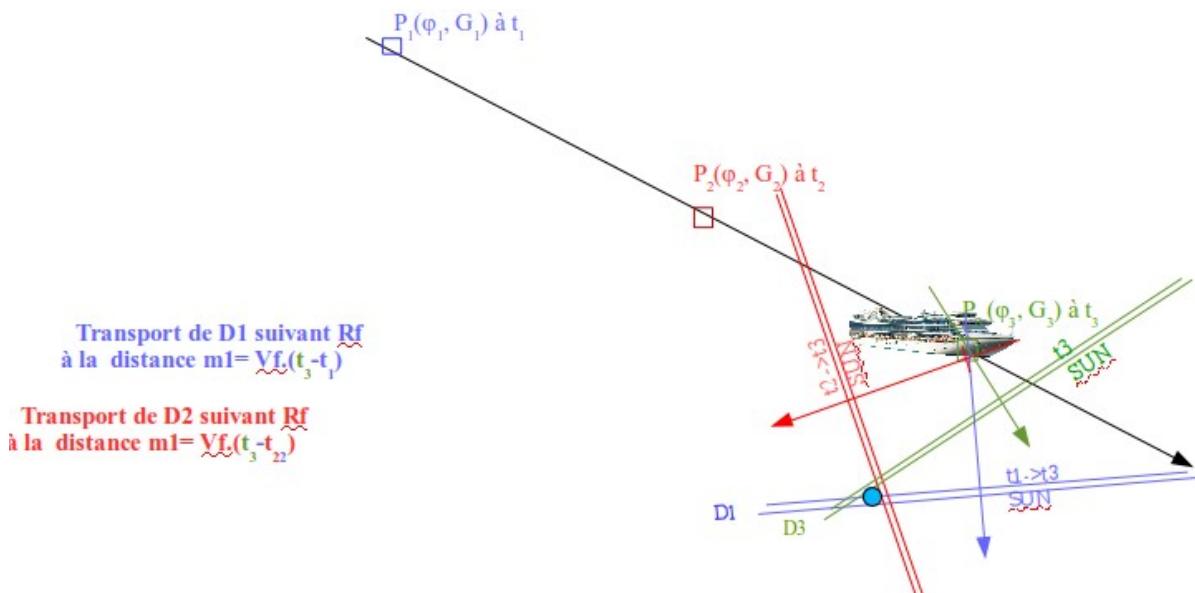


Illustration 7: Point par transport des droites de hauteur

ENSM Le Havre	<b>DROITES DE HAUTEUR</b>	V2.1 – 06/19
A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES – MARCQ ST HILAIRE</b>	12/12

## Cas d'observations quasi simultanées

Il s'agit d'observations crépusculaires séparées de quelques minutes.

1-On utilise un **point estimé commun 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  $\Delta t$  dans le sens de la Rf.

