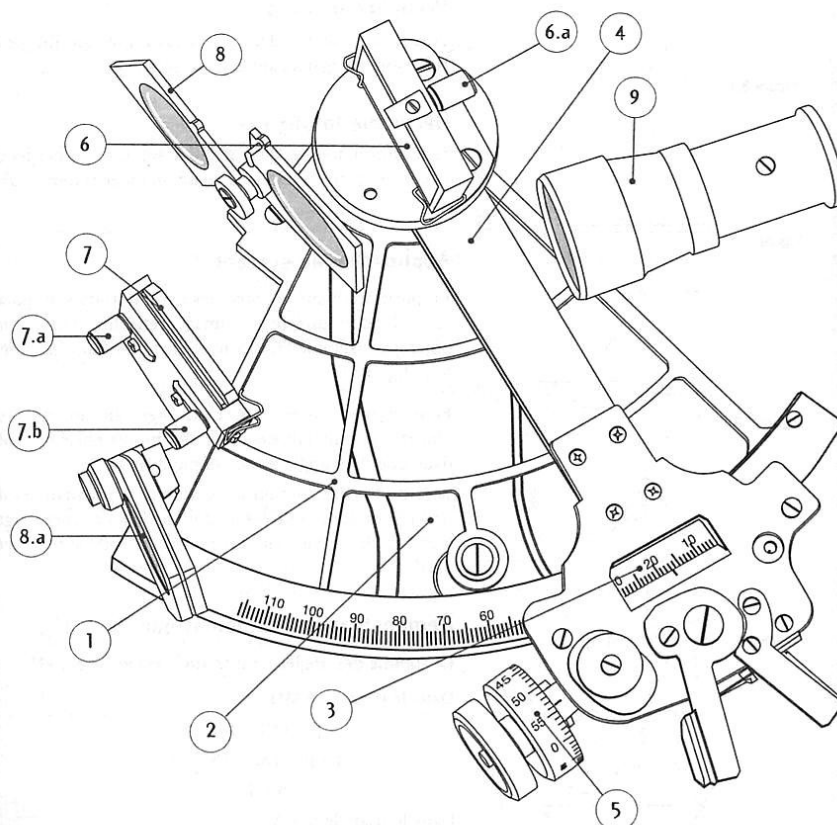


## PRÉSENTATION DU SEXTANT

Le sextant permet :

- d'obtenir la hauteur d'un astre au-dessus de l'horizon,
- de mesurer un angle entre deux amers.



### Description du sextant

- Le bâti Corps du sextant sur lequel sont fixés tous les éléments du sextant.  
En alliage en aluminium anodisé.
- La poignée Toujours prendre le sextant par la poignée.
- Le limbe Gradué en degré, vissé sur le bâti (en laiton).
- L'alidade Élément qui porte le grand miroir et pivote autour d'un axe situé en haut du bâti.  
A sa base se trouve un repère de lecture des degrés sur le limbe, le tambour et le levier de débrayage.
- Le tambour Complète les indications du limbe en fournissant une mesure en minutes.  
Un tour de tambour correspond à  $1^\circ$  sur le limbe ; gradué en minute d'arc.
- Le grand miroir Centré sur l'axe de rotation de l'alidade.  
Sa perpendicularité au plan de l'alidade est réglable par la vis 6a.
- Le petit miroir Il est divisé en deux, une moitié étamée, l'autre transparente.  
Il peut être réglé par deux vis, l'une pour la perpendicularité (7a) et l'autre pour le parallélisme (7b).
- Les filtres Utilisés pour éviter l'éblouissement du soleil.
- La lunette Généralement démontable :  
*Lunette de Galilée : qualité moyenne, répandue sur les petits sextants, grossissement x2, x4.*  
*Lunette prismatique : grossissement x 6.*  
*Lunette astrale destinée aux visées sur les étoiles, grossissement x8, x10.*

ENSM Le Havre <i>A. Charbonnel</i>	NAVIGATION ASTRONOMIQUE <i>LE SEXTANT</i>	V1.2 – 01/11 2/10
---------------------------------------	--	----------------------

## Le contrôle du sextant

Avant toute utilisation, il faut s'assurer que le sextant est correctement réglé en effectuant les opérations suivantes :

	Type d'opération	Fréquence
<b>rectification</b>	réglage de l'axe optique et des deux miroirs du sextant.	En début de voyage Erreur de collimation >3'.
<b>collimation</b>	mesure de l'erreur résiduelle du sextant.	Avant chaque observation.

## LA RECTIFICATION

### Vérifier le centrage de l'alidade et du limbe

L'axe de rotation de l'alidade doit passer exactement par le centre du secteur de cercle du limbe, sinon il y a une erreur d'excentricité.

Cette erreur dépend de la construction du sextant.

Sur les sextants modernes de bonne qualité elle est négligeable ; si ce n'est pas le cas, les corrections à apporter pour compenser cette erreur sont indiquées dans le coffret du sextant.

### Vérifier l'axe optique (pour information)

L'axe de la lunette doit être parallèle au plan du limbe.

Sur les sextants modernes, cette caractéristique est vérifiée à la construction ; il faut néanmoins savoir vérifier le parallélisme :

- Placer le sextant à plat.
- Poser à chaque extrémité du limbe les deux petites équerres fournies avec le sextant ;
- Tracer sur un mur situé à une trentaine de mètres une droite AB matérialisant l'arête supérieure des deux équerres
- L'image de la droite AB doit passer par le centre de la lunette ; sinon agir sur les vis fixées sur le collier porte-lunette.

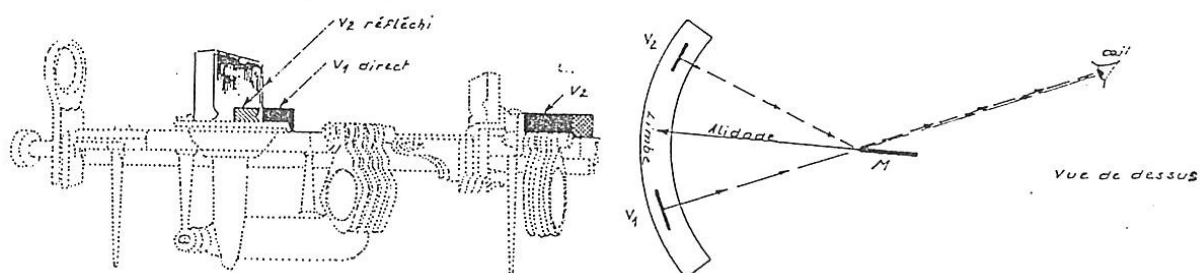
### Régler le grand miroir

Le grand miroir doit être perpendiculaire au limbe.

Sur les sextants modernes, ce réglage est effectué en usine.

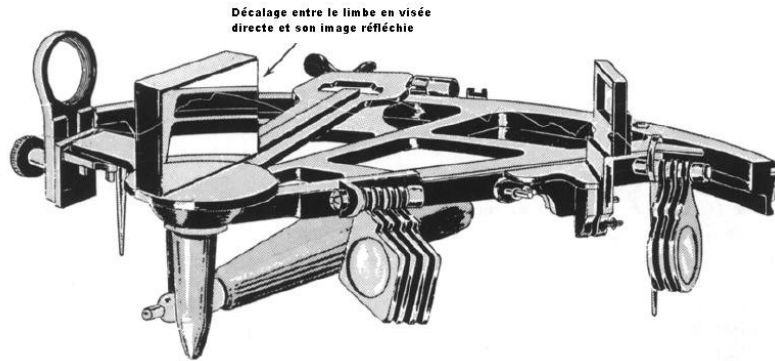
### Méthode avec équerres

- Poser le sextant à plat.
- Placer les équerres aux extrémités du limbe.
- Placer l'œil près du grand miroir et tourner l'alidade de façon à voir en même temps les deux équerres, l'une en visée directe et l'autre en visée réfléchi.
- Le bord supérieur des équerres doit être exactement au même niveau, sinon agir sur la vis du grand miroir.



### Méthode sans équerre

Idem que précédemment en utilisant le bord du limbe à la place des équerres.



### Régler le petit miroir

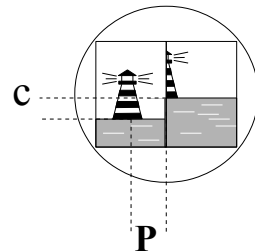
Le petit miroir doit être perpendiculaire au plan du limbe et parallèle au grand miroir.

NB : le parallélisme du petit miroir par rapport au grand miroir est appelé aussi collimation.

### Mauvais réglage du petit miroir

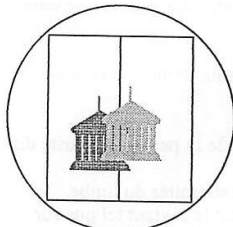
Si le petit miroir n'est pas correctement réglé, l'image directe et l'image réfléchie sont décalées : on peut alors observer des défauts de parallélisme (c) et de perpendicularité (p).

Pour supprimer ces défauts, on agit de proche en proche sur les deux vis de réglages.

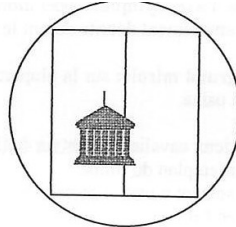


### Méthode pour régler le miroir

1. Amener l'alidade à zéro.
2. Viser un amer éloigné, un astre ou à défaut l'horizon.
3. Si l'image directe et réfléchie sont confondues, le petit miroir est bien réglé ; sinon agir sur les deux vis du petit miroir.

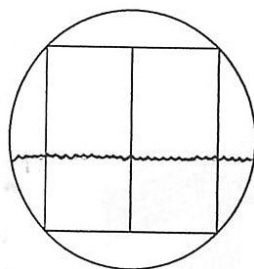


Petit miroir mal réglé

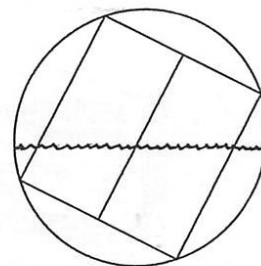
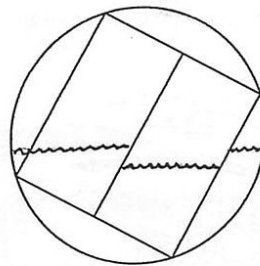


Petit miroir bien réglé

Attention si vous utilisez l'horizon pour régler, il faut incliner le sextant de 45° afin de faire apparaître un éventuel défaut de perpendicularité ("balancer" le sextant).



Petit miroir réglé verticalement, mais pas horizontalement!



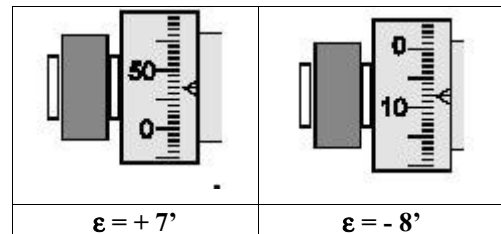
Petit miroir bien réglé

## LA COLLIMATION

Si après rectification, l'image directe et l'image réfléchie sont encore décalées sur le plan vertical, il faut déterminer l'erreur résiduelle de parallélisme (ou de collimation) pour pouvoir la prendre en compte dans les calculs de hauteurs par exemple.

### Principe général de la mesure de l'erreur collimation

1. Viser un amer éloigné, un astre ou l'horizon.
2. Régler l'alidade de manière à avoir l'image directe et réfléchie parfaitement confondues
3. Lire sur le tambour la valeur de l'erreur de collimation  $\epsilon$  :
  - $\epsilon > 0$  si avant le zéro du tambour,
  - $\epsilon < 0$  sinon.

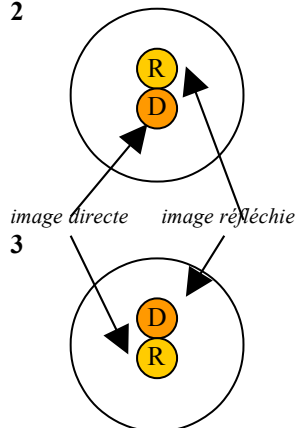


Le calcul de la hauteur de l'astre devra être corrigé de la collimation obtenue.

### Collimation par le soleil

Pour déterminer de manière précise l'erreur de collimation avec le soleil, on procède comme suit :

2



3

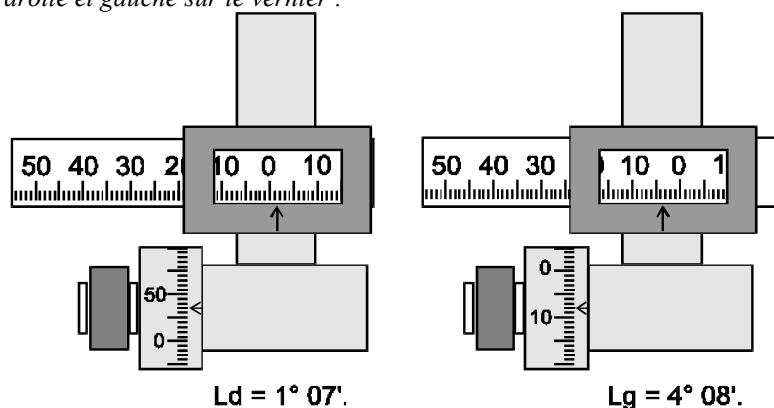
1. Choisir des filtres pour éviter l'éblouissement.
2. Amener le bord supérieur de l'image directe en contact avec le bord inférieur de l'image réfléchie ; la lecture est droite, elle est notée Ld.
3. Amener le bord inférieur de l'image directe sur le bord supérieur de l'image réfléchie ; la lecture est gauche, elle est notée Lg.
4. Calculer la collimation :

$$\epsilon = \frac{Ld - Lg}{2}$$

En comparant la valeur du  $\frac{1}{2}$  diamètre du soleil donné par les éphémérides nautiques au jour d'observation à celle déterminée par la formule ci après, on peut déterminer l'erreur de mesure de l'observateur :

$$\frac{Ld + Lg}{4} = \frac{1}{2} \text{ diamètre du Soleil}$$

Exemple de lecture droite et gauche sur le vernier :



## UTILISATION DU SEXTANT

### En navigation côtière

En navigation côtière, le sextant permet de déterminer une distance à partir d'un amer ou une position à partir de trois amers :

- **distance** : on mesure la hauteur d'un amer répertorié et on déduit la distance qui nous en sépare

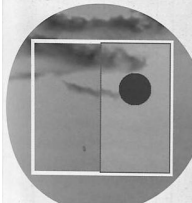
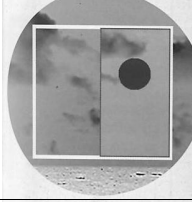
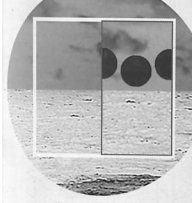

$$Distance(en M) = 1,85 \frac{hauteur\ connue(en\ m)}{hauteur\ mesurée(en\ min)}$$

- **position** : après avoir identifié sur la carte 3 amers caractéristiques A, B, C ; on relève les angles séparant A de B puis B de C. Par construction géométrique, notre position est connue de façon précise.

### Navigation hauturière

En navigation hauturière, le sextant permet de mesurer la hauteur d'astres ou étoiles et donc de déterminer sa position à partir de droites de hauteurs.

La précision du point est de 2 à 5' d'arc soit 1 à 5 M.

Comment opérer une visée	
	<p><b>1-Viser l'astre directement</b> Les curseurs du limbe et du tambour étant face à zéro, disposer les filtres pour éviter l'éblouissement et diriger la lunette vers le soleil.</p>
	<p><b>2- Descendre l'astre sur l'horizon</b> Faire coulisser l'alidade en conservant l'image du soleil dans la lunette. L'image de l'horizon entre dans le champ.</p>
	<p><b>3 –Régler les deux images finement</b> Lorsque la ligne d'horizon commence à apparaître dans la partie transparente du petit miroir balancer le corps du sextant latéralement comme un pendule en affinant la visée au tambour. En balançant le sextant, le soleil se rapproche un peu de l'horizon.</p>
	<p><b>4- Mesurer la hauteur observée</b> Quand la base du soleil touche l'horizon, bloquer l'instrument. Noter l'heure puis la hauteur observée.</p>

L'observation des étoiles et des planètes (hors soleil) s'effectuent à l'aube ou au crépuscule quand l'horizon est encore visible.

En cas de difficulté à trouver une étoile dans la lunette deux possibilités :

1. Garder les deux yeux ouverts.
2. Retourner le sextant à 180° et monter l'horizon vers l'étoile, puis reprendre le sextant à l'endroit pour affiner la mesure.

ENSM Le Havre	NAVIGATION ASTRONOMIQUE	V1.2 – 01/11
<i>A. Charbonnel</i>	<i>LE SEXTANT</i>	6/10

## ENTRETIEN

- Ne manipuler que par la poignée.
- Maintenir au sec (l'argenture des miroirs craint l'humidité).
- Éviter les écarts de températures.
- Rincer à l'eau douce, essuyer et le sécher s'il reçoit de l'eau de mer.

## CONDITIONS D'UTILISATION DU SEXTANT

### Conditions idéales

Sur une plateforme stable avec un horizon dégagé, un marin peut théoriquement obtenir une position avec une précision de 0,2 M :

- précision du sextant :  $0,1' = 0,1 \text{ M}$
- relevé à la seconde près :  $1 \text{ s} = 0,25' = 0,25 \text{ M}$  (car les astres se déplacent de  $15^\circ$  en 1h, soit  $0,25'$  en 1s)
- précision des éphémérides nautiques :  $0,1' = 0,1 \text{ M}$

### Paramètres affectant les relevés

Les paramètres affectant les relevés sont :

#### L'élévation de l'oeil.

Par mauvaise mer, la hauteur d'observation doit être aussi haute que possible.

En cas de brouillard ou de précipitations sur l'horizon, la hauteur de doit être la plus faible possible.

#### L'erreur d'index

à vérifier avant et après les relevés.

Les deux lectures sont ajoutées pour réaliser une moyenne

#### L'erreur de temps

ne pas utiliser le temps GPS, il peut avoir jusqu'à 5s d'erreur

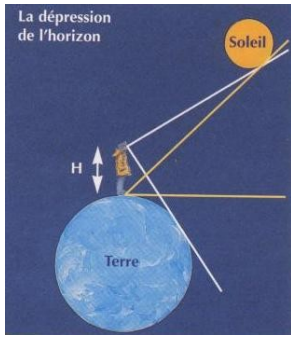

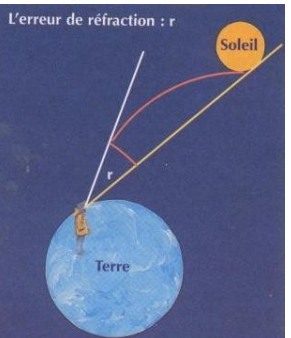
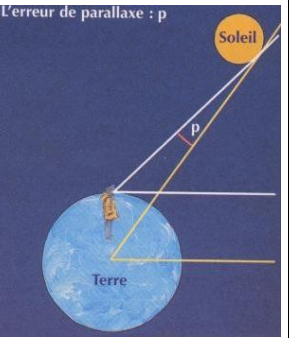
Une erreur d'une minute produit une erreur de position de 15M.

## DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR VRAIE

### Définitions

- **Hi = hauteur instrumentale**  
= hauteur lue sur le sextant après la visée.
- **Ho = hauteur observée**  
= hauteur instrumentale corrigée des erreurs du sextant (erreur d'excentricité et de collimation).
- **Hv = hauteur vraie**  
= angle entre l'horizon vrai (passant par le centre de la terre) et la droite joignant le centre de la terre à l'astre/étoile.  
= hauteur observée corrigée de
  - la dépression de l'horizon,
  - la réfraction astronomique,
  - La parallaxe,
  - Le  $\frac{1}{2}$  diamètre du soleil.

### Les erreurs et corrections à apporter

La dépression	Le 1/2 diamètre	La réfraction	Le parallaxe
 <p>La dépression de l'horizon</p>	 <p>Le demi-diamètre D/2 du Soleil</p>	 <p>L'erreur de réfraction : r</p>	 <p>L'erreur de parallaxe : p</p>
<p>Mesures fonction de la hauteur de l'oeil au dessus de l'horizon. =&gt; Correction de la dépression</p>	<p>Mesures supposées faites depuis le centre des astres. =&gt; Correction du 1/2 diamètre</p>	<p>Rayon lumineux courbé par la réfraction de l'atmosphère. =&gt; Correction de la réfraction.</p>	<p>Mesures supposées faites depuis le centre de la Terre. =&gt; Correction du parallaxe.</p>

### Formules correction de la hauteur

<b><math>H_o = H_i + \epsilon</math></b>	$\epsilon$ : erreur d'excentricité + collimation
<b><math>H_v = H_o - d - R + p \pm \frac{1}{2} D</math></b>	<p><math>d</math> : <u>dépression</u> fonction de l'élévation de l'œil et des conditions atmosphériques.  <math>R</math> : <u>réfraction</u> fonction de la hauteur de l'astre et des conditions atmosphériques.  <math>P</math> : <u>parallaxe</u> fonction de l'astre, de sa hauteur et de la date (seulement pour le Soleil, la Lune, Mars et Vénus).  <math>\frac{1}{2} D</math> : Demi-diamètre ; fonction de l'astre et la date (seulement pour le Soleil et la Lune).</p>

Dans les éphémérides nautiques ces corrections sont regroupées de la manière suivante (en fin d'ouvrages) :

Table VII	Corrections des hauteurs observées du soleil.
Table VIII	Corrections des hauteurs observées des étoiles et planètes.
Table IX	Corrections des hauteurs observées de la lune.

### Corrections de la hauteur selon l'astre

Correction des éphémérides	
<b>Soleil</b>	<p><u>Correction 1</u> = - Rm - d + p + 1/2 diamètre moyen.  <u>Correction 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si bord inf : variation du 1/2 diamètre.</li> <li>▪ Si bord sup : variation du 1/2 diamètre - diamètre moyen.</li> </ul>
<b>Étoiles et planètes (sauf mars et vénus)</b>	<p><u>Correction 1</u> = - Rm - d <span style="float: right;"><i>1/2 diamètre apparent et parallaxe négligeables</i></span></p>
<b>Mars ou vénus</b>	<p><u>Correction 1</u> = - Rm - d <span style="float: right;"><i>1/2 diamètre apparent</i></span>  <i>négligeable</i>  <u>Correction 2</u> = p</p>
<b>Lune</b>	<p><u>Correction 1</u> = d  <u>Correction 2</u> = - Rm + p + 1/2 diamètre  <u>Correction 3</u> = diamètre de l'astre si bord supérieur.</p>

*Rm = réfraction moyenne      -      d = dépression      -      p = parallaxe*

## DÉTERMINATION DE L'HEURE DU POINT D'ÉTOILE

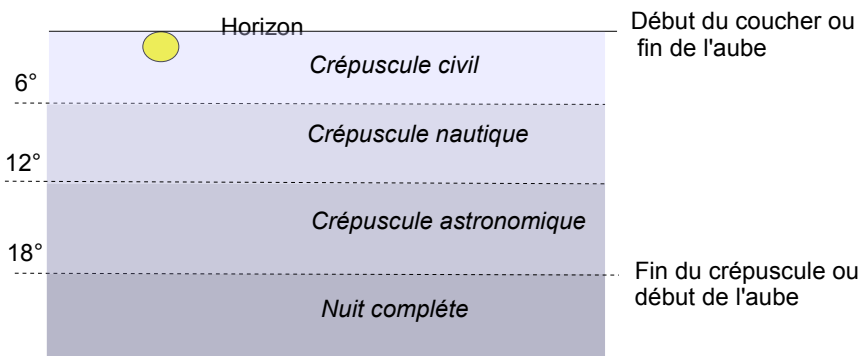
### Définition du crépuscule

Le **crépuscule** est la lueur atmosphérique présente avant le lever ou après le coucher du Soleil. Le terme désigne également le moment de la journée où cette lueur est visible. Le crépuscule du matin est communément appelé l'aube.

#### Crépuscule civil

Le crépuscule civil est la période où le centre du Soleil est situé à moins de 6° sous la ligne d'horizon.

Pendant le crépuscule civil, les planètes et les étoiles les plus brillantes apparaissent et il subsiste encore suffisamment de lumière pour que la plupart des activités ne nécessitent pas de sources de lumières artificielles.



#### Crépuscule nautique

Le crépuscule nautique est la période où le centre du Soleil est situé entre 6° et 12° sous l'horizon.

**Il s'agit du moment où les étoiles de deuxième grandeur deviennent visibles** ; en même temps, en mer, **la ligne d'horizon est toujours visible permettant ainsi de faire un point astronomique avec les étoiles**. À la fin de cette période, en soirée, ou à son début, en matinée, les dernières ou premières lueurs peuvent être discernées dans la direction du Soleil.

#### Crépuscule astronomique

Le crépuscule astronomique est la période où le centre du Soleil est situé entre 12° et 18° sous l'horizon. Pendant le crépuscule astronomique, et dans le cas d'un ciel dégagé de toute pollution lumineuse, les étoiles les plus faibles visibles à l'œil nu, vers la magnitude apparente 6, apparaissent. Du point de vue astronomique, il subsiste cependant suffisamment de lumière pour que les objets diffus comme les nébuleuses ou les galaxies ne puissent pas être observés dans des conditions satisfaisantes, même si cette lumière est imperceptible à l'œil nu.

Le soir, la fin du crépuscule astronomique marque le début de la nuit complète ; le matin, c'est la fin de la nuit, l'apparition des toutes premières lueurs de l'aube.

### Choix de l'heure d'observation

Pour obtenir un point précis en navigation astronomique, il est nécessaire de voir très nettement l'horizon tout en ayant un nombre d'étoiles suffisant pour faire un point.

**C'est pourquoi il est conseillé de réaliser un point d'étoile durant le crépuscule nautique : l'horizon est toujours illuminé par le soleil et dans le ciel les étoiles de 1ère et 2ème grandeurs sont visibles.**

### Calcul de l'heure d'observation au crépuscule

Les « *Éphémérides nautiques* » donnent un jour sur deux pour différentes latitudes:

- les heures de début et de fin du crépuscule,
- les heures de début et de fin de l'aube.



ENSM Le Havre	NAVIGATION ASTRONOMIQUE	V1.2 – 06/11
A. Charbonnel	LE SEXTANT	9/10

## MÉTHODES DU POINT ASTRONOMIQUE

Procédé	Matériel	Documents	Astre	Visées	Résultat (calcul/tracé)	Précision	Utilisation
<b>Latitude à la méridienne</b>	Sextant	Éphémérides nautiques	Soleil	Visée réalisée quand l'astre culmine.	latitude locale.	2 à 3' 1 à 3 M	faible
<b>Longitude à la méridienne</b>	Sextant	Éphémérides nautiques	Soleil	Visée avant culmination et une après à la même hauteur.	Longitude locale.	2 à 3' 1 à 3 M	très faible
<b>Droite de soleil</b>	Sextant Montre (en UT)	Éphémérides nautiques Tables HO 249	Soleil	2 visées opérées à plus de 3 h d'intervalle.	Intersection de deux droites.	2 à 5' 1 à 5 M	courante
<b>Droite de lune</b>	Sextant Montre (en UT)	Éphémérides nautiques Tables HO 249	Lune	2 visées opérées à plus de 3 h d'intervalle.	Intersection de deux droites.	2 à 5' 1 à 5 M	faible
<b>Droite de planète</b>	Sextant Montre (en UT)	Éphémérides nautiques Tables HO 249	Planète	2 visées opérées à plusieurs heures d'intervalles ou deux visées successives sur deux planètes différentes.	Intersection de deux droites.	2 à 5' 1 à 5 M	rare
<b>Droite d'étoile</b>	Sextant Montre (en UT)	Éphémérides nautiques Tables HO 249	étoile	2 visées opérées à plus de 3 h d'intervalle.	Intersection de deux droites	2 à 5' 1 à 5M	rare
<b>Point d'étoiles</b>	Sextant Montre (en UT)	Éphémérides nautiques Tables HO 249	étoiles	Plusieurs visées successives sur des étoiles différentes.	Intersection de plusieurs droites.	2 à 3' 1 à 3 M	rare

ENSM Le Havre	NAVIGATION ASTRONOMIQUE	V1.2 – 06/11
A. Charbonnel	LE SEXTANT	10/10

## BIBLIOGRAPHIE/SOURCES

Patrick Brassier - *Navigation astronomique* – Vuibert - nov.1999.

Voiles & voiliers - *Etoiles et point astro - Hors série n° 10 Voiles & voiliers* – 1996.

Caillou/Laurent/Percier - *Traité de navigation* – INFOMER

Bureau des longitudes – *Ephémérides nautiques 2003* – Edinautic - 2002 (les éphémérides astronomiques sont disponibles en ligne gratuitement sur <http://www.imcce.fr/ephemeride.html> à partir d'un formulaire).

N. Bowditch – *The american practical Navigator* - NIMA 2003 (disponible gratuitement sur <http://pollux.nss.nima.mil/pubs>)

JN Conan - *Présentation du sextant* – polycopié ENMM St Malo.

Y Petitbon - *Le sextant* - polycopié ENMM Nantes

NGA - *Sight Reduction Tables for Air Navigation vol 3 - Pub. 249– 1951 -NGA* (disponible gratuitement sur <http://pollux.nss.nima.mil/pubs>)