

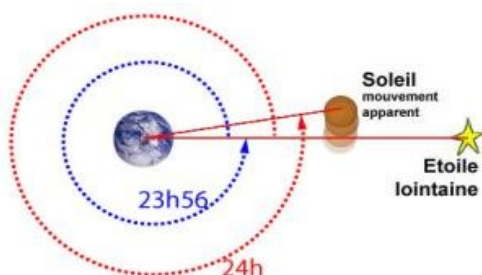
## LES ÉCHELLES DE TEMPS

### Temps universel (UT)

Cette échelle de temps est construite à partir de la rotation diurne de la Terre. C'est un temps astronomique.

<b>UT</b>	<b>24 h = une rotation de la terre sur elle même.</b> $\Leftrightarrow$ <b>1 s = 1/86 400 du jour solaire moyen.</b>
-----------	--

Illustration 1 : Jour solaire et jour stellaire



Mais on s'est aperçu que la Terre ralentissait en constatant que la Lune s'éloignait de la Terre d'une manière qui n'était pas en accord avec les calculs théoriques.

La rotation de la Terre est ralentie à cause des pertes d'énergie dues aux effets de la marée. Ce ralentissement est évalué à une dizaine de millisecondes par siècle.

Cette échelle de temps n'étant pas uniforme, on a donc cherché une autre échelle de temps.

*Nota : une deuxième définition (à partir de la révolution de la terre) a été adoptée pour définir le temps universel.*

### Le temps international atomique (TAI)

Le Temps atomique international est un temps stable basé sur l'observation de transitions atomiques. C'est un temps mathématique.

<b>TAI</b>	<b>24 h = un nombre défini de périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133</b> $\Leftrightarrow$ <b>1 s = 9.192.631.770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133</b>
------------	--

C'est en 1955 que le premier étalon de fréquence fut construit par L. Essen et J. Parry du National Physical Laboratory de Londres. Ces premiers travaux ouvrirent la voie à une nouvelle définition de la seconde qui vit le jour en 1967.

L'utilisation du Temps atomique international, très stable, va entraîner un décalage avec le temps universel (qui rappelons le se décale d'une dizaine de millisecondes par siècle).

Cet état de fait amènerait au bouts de x millénaires à avoir un décalage entre le midi TAI et le midi UT... Ce qui serait peu confortable (midi TAI pourrait avoir lieu à minuit solaire!).

Pour cela on a inventé le temps universel coordonné (UTC) qui fait le lien entre le TAI et UT et est l'échelle de temps utilisée dans notre vie.

### Le temps universel coordonné.

Le temps universel coordonné est un temps atomique, mais recalé de temps en temps pour rester en phase avec l'UT : une seconde est ajoutée de temps en temps le 31 décembre ou le 31 juillet, selon les variations de la rotation de la Terre, pour que l'échelle de temps atomique utilisée ne s'écarte pas de plus d'une seconde du temps astronomique qu'est le temps universel.

Cette échelle de temps atomique modifiée par l'ajout régulier d'une seconde s'appelle le Temps universel coordonné.

<b>UTC</b>	<b>UTC = TAI + n secondes</b>
------------	-------------------------------

Au 1er janvier 2017 (dernier recalage effectué) la différence entre TAI - UTC = 37 s.

## LES DIFFÉRENTS TEMPS UTILISÉS

🇬🇧 Notations anglo-saxonne		🇫🇷 Notations francophone	
GMT UT	Greenwich mean time Universal Time	Tcp Tco TU	Temps civil au méridien premier Temps civil au méridien origine Temps universel
TZ	Time Zone	Tcf	Temps civil fuseau
DZ	Description Zone	f	fuseau
LMT	Local Mean Time	Tcg	Temps civil du lieu géographique
ST	Standard Time		Temps légal
C ou CT	Chronometer Time		Temps du chronomètre
WT	Watch Time		Temps de la montre
CE	Chronometer Error		Erreur du chronomètre
WE	Watch Error		Erreur de la montre
F	Fast		En avance
S	Slow		En retard

### Le temps universel / Universal Time

Le temps universel (GMT/UT) est l'heure au méridien origine (Greenwich mean Time). C'est l'heure de référence en astronomie. On utilise parfois à la place du sigle UT les sigles T<sub>cp</sub> (temps civil au méridien premier) ou T<sub>co</sub> (temps civil au méridien origine).

$$\boxed{\text{TU} = \text{Tcp} = \text{Tco}}$$

$$\Leftrightarrow$$

$$\boxed{\text{GMT} = \text{UT}}$$

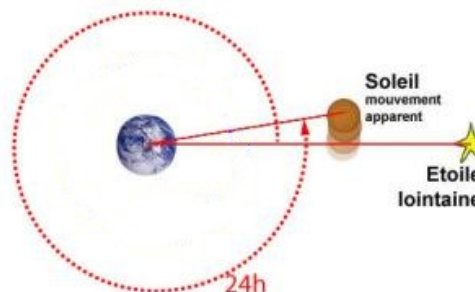


Illustration 2 : Jour solaire

Nota : Dans la marine marchande, il est courant d'utiliser dans les calculs nautiques le terme T<sub>co</sub> pour les heures rondes et T<sub>cp</sub> pour les heures non rondes, mais rigoureusement T<sub>cp</sub> et T<sub>co</sub> représente la même entité.

### Le temps local / Local mean Time

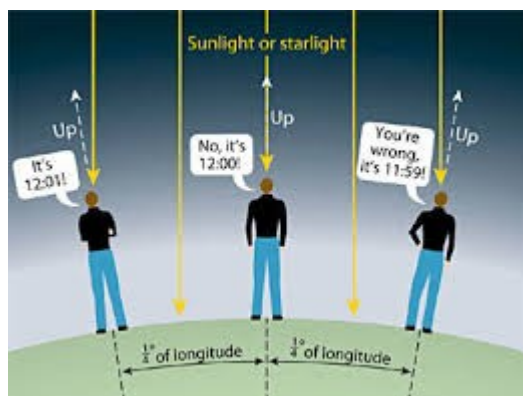


Illustration 3: Le temps local

Le temps local (à ne pas confondre avec le temps légal) est le temps/ l'heure solaire : l'heure que donnerait un cadran solaire, i.e. il est 12h quand le Soleil est au Zénith du lieu.... Sur un même méridien, le temps local est le même, mais il varie dès que la longitude  $G_e$  de l'observateur évolue.

$$\boxed{\text{Tcp} = \text{Tcg} + g \text{ avec } g = G_e/15}$$

$$\Leftrightarrow$$

$$\boxed{\text{GMT} = \text{LMT} + g \text{ avec } g = G_e/15}$$

Nota : le temps local est utilisée dans les éphémérides nautiques/Nautical Almanac pour donner les heures de lever et de coucher du Soleil.

## Le temps fuseau / Time Zone

Pour faciliter les changements d'heure pour les voyageurs, il a été défini des "fuseaux horaires". La Terre a été divisée en tranches horaires de 15° de longitude allant du fuseau 0 (Z) au fuseau +12(Y) vers l'ouest et au fuseau -12(M) vers l'est. Pour une position donnée de longitude  $G_e$  on se trouve dans un fuseau f. Le temps du fuseau ( $T_{cf}/TZ$ ) est l'heure unique d'un fuseau horaire.

$$T_{cp} = T_{cf} + f$$

$$f = DZ = \text{arrondi}\left(\frac{G_e}{15}\right)$$

$$GMT = TZ + DZ$$

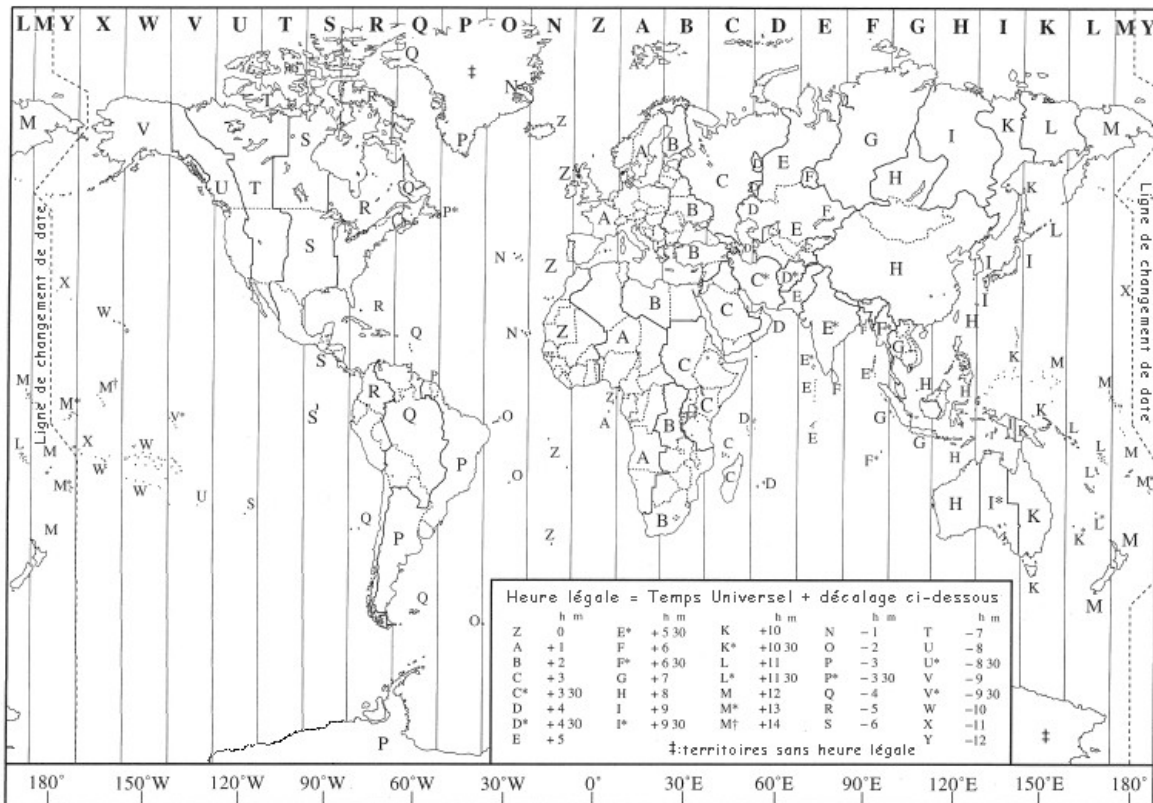


Illustration 4 : Carte des fuseaux

Remarques :

- Il n'existe pas de fuseau J car ce phonème n'est pas traduisibles dans toutes les langues.
- Le premier fuseau est centré sur le méridien de Greenwich (7,5E - 7,5°W).

## Le temps légal / temps en usage

Chaque pays définit son heure légale ou standard généralement proche de l'heure du fuseau horaire dans lequel se situe en majeure partie le pays et décalée d'un nombre entier d'heures (exceptionnellement on peut trouver des 1/2h voire des 1/4h).

$$\text{Temps légal / standard} = TU + n \quad (n \text{ positif ou négatif})$$

$$\text{Standard time} = GMT + n \quad (n \text{ positif ou négatif})$$

Remarques :

- Les pays très étendus en longitude adoptent plusieurs heures légales (par exemple aux USA, il y a 7 heures légales : Atlantique, Est, Central, Montagne, Ouest, Alaska et Hawaï, avec deux variantes : l'heure standard applicable en hiver et l'heure "de la lumière du jour" qui correspond à notre heure d'été puisqu'on l'applique en été en ajoutant une heure à l'heure standard).

A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS D'ASTRONOMIE NAUTIQUE</b>	V1.4 - 11/22
NAV-ASTRO	<b>TEMPS &amp; LIGNE DE CHANGEMENT DE DATE</b>	4/6

- Certains territoires comme le Groenland ou l'Antarctique n'ont pas d'heure légale propre : le Temps Universel y est donc utilisé.
- Tous les pays n'ont pas adopté un décalage d'un nombre entier d'heures avec le Temps Universel comme l'Inde qui a adopté 5 h 30 min.
- Les pays adoptant une heure d'été ajoutent une heure au décalage ci-dessous pour leur période d'été.

## Le temps du chronomètre et de la montre / chronometer or watch time



Illustration 5:  
chronomètre marine  
à suspension (XIXe)

### Généralités

En navigation astronomique, on relève le temps d'une observation par un chronomètre ou une montre. La précision du temps est très importante pour réaliser un point astronomique (contrairement à un point terrestre) . Il est nécessaire de **relever le temps à la seconde près** pour obtenir un point qualitatif en astronomie.

Dans la mesure du possible on cale l'heure du chronomètre (CT) ou de la montre (WT) sur GMT (puisque c'est l'heure qui sera utilisée dans les éphémérides / nautical almanac). Les montres et chronomètres digitaux sont idéaux pour mesurer l'heure d'une observation.

### Les erreurs

Le calage n'étant pas forcément parfait, il faut noter l'erreur du chronomètre (CE) ou l'erreur de la montre (WE). Le chronomètre/ montre peut être en avance (fast F) ou en retard (Slow S).

En outre un chronomètre ou une montre est gradué de 0 à 12h. Qu'il soit 17h ou 3h00, la montre (ou chronomètre) indiquera 3h. L'heure de la montre corrigée de son horaire donne l'heure UT modulo [12].

$$UT = WT + WE [12h]$$

$$UT = CT + CE [12h]$$

### Le calage

Des stations radios diffusent des top horaires pour caler les horloges. L'heure diffusée est l'UTC qui peut avoir un décalage d'au maximum 0,9s par rapport au temps GMT des éphémérides nautiques

L'erreur due au temps de transit de l'onde est de l'ordre de quelques microsecondes est totalement négligeable.

On considère donc que l'on cale nos montre sur un temps ayant une éventuelle erreur intrinsèque de moins d'une seconde et que l'on ne prendra pas en compte.

On cale la montre/ chronomètre à un top et on vérifie l'éventuel décalage lors d'un top suivant.

Les stations et heures de diffusion des top horaires se trouvent dans l'ALRS2 ou dans SH91.

## LIGNE DE CHANGEMENT DE DATE

L'existence de fuseaux horaires entraîne l'existence d'une "ligne de changement de date".

En allant vers l'Est, le Soleil va se lever plus tôt et donc, pour obtenir les heures locales on va ajouter une heure, puis deux, puis trois au temps universel en se déplaçant vers l'Est.

En allant vers l'Ouest ce sera le contraire : on retirera des heures au temps universel pour que midi reste à 12 heures...

Donc en allant vers l'Est on ajoute des heures : on arrive à la ligne de changement de date quand on a ajouté douze heures.

Par contre en utilisant le temps universel tout le monde est à la même heure et à la même date en temps universel, il n'y a donc rien à rajouter ou retrancher.

### En utilisant les heures Tcf/TZ

- Franchissement du méridien 180° en route à l'est : retrancher un jour
- Franchissement du méridien 180° en route à l'ouest : rajouter un jour

### En utilisant les heures TcP/UT/GMT :

Le changement de date se fait de manière transparente ;  
il n'y a pas à rajouter ou retrancher de jours.

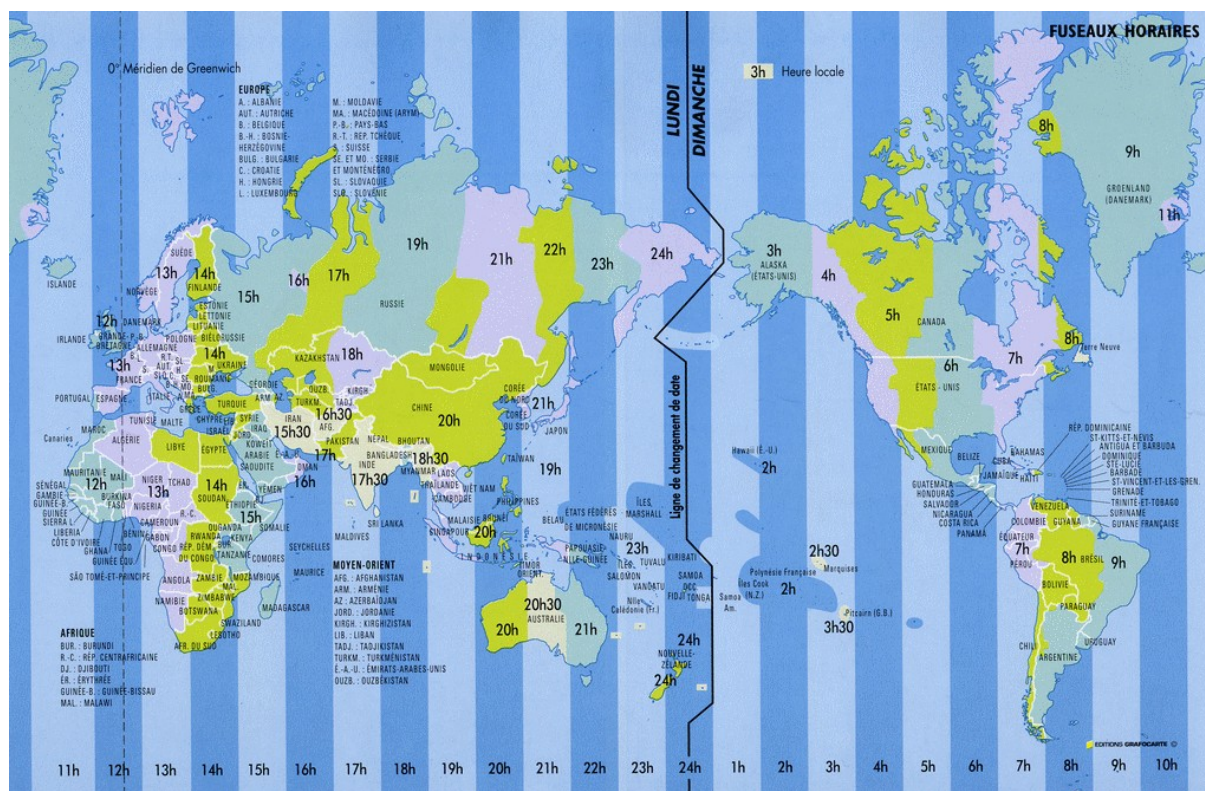


Illustration 6 : Les fuseaux horaires

A. Charbonnel	<b>ÉLÉMENTS D'ASTRONOMIE NAUTIQUE</b>	V1.4 - 11/22
NAV-ASTRO	<b>TEMPS &amp; LIGNE DE CHANGEMENT DE DATE</b>	6/6

## RESSOURCES

### Ressources internet

Astronomie pour l'IUFM : *Les échelles de temps*

[http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section1/page4/section1\\_6\\_1\\_4.html](http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section1/page4/section1_6_1_4.html)

Astronomie pour l'IUFM : *Ligne de changement de date*

[http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section2/page8/section1\\_6\\_2\\_8.html](http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section2/page8/section1_6_2_8.html)

### Crédit graphique

<i>Illustration</i>	<i>Source</i>
<i>Illustration 1: Jour solaire et jour stellaire</i>	ASM - <a href="http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section1/page2/section1_6_1_2.html">http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section1/page2/section1_6_1_2.html</a>
<i>Illustration 3: Le temps local</i>	<a href="http://www.wwnorton.com/college/astronomy/astro21/sandt/images/timediag.jpg">http://www.wwnorton.com/college/astronomy/astro21/sandt/images/timediag.jpg</a>
<i>Illustration 4: Carte des fuseaux</i>	<a href="http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section2/page7/section1_6_2_7.html">http://media4.obspm.fr/public/IUFM/chapitre1/souschapitre6/section2/page7/section1_6_2_7.html</a>
<i>Illustration 5: chronomètre marine à suspension (XIXe)</i>	<a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Chronom%C3%A8tre_de_marine#/media/File:Chronom%C3%A8tre_%C3%A0_suspension.jpg">https://fr.wikipedia.org/wiki/Chronom%C3%A8tre_de_marine#/media/File:Chronom%C3%A8tre_%C3%A0_suspension.jpg</a>
<i>Illustration 6: Les fuseaux horaires</i>	<a href="http://www.i-voyages.net/artzone/fuseaux_horaires.gif">http://www.i-voyages.net/artzone/fuseaux_horaires.gif</a>

