

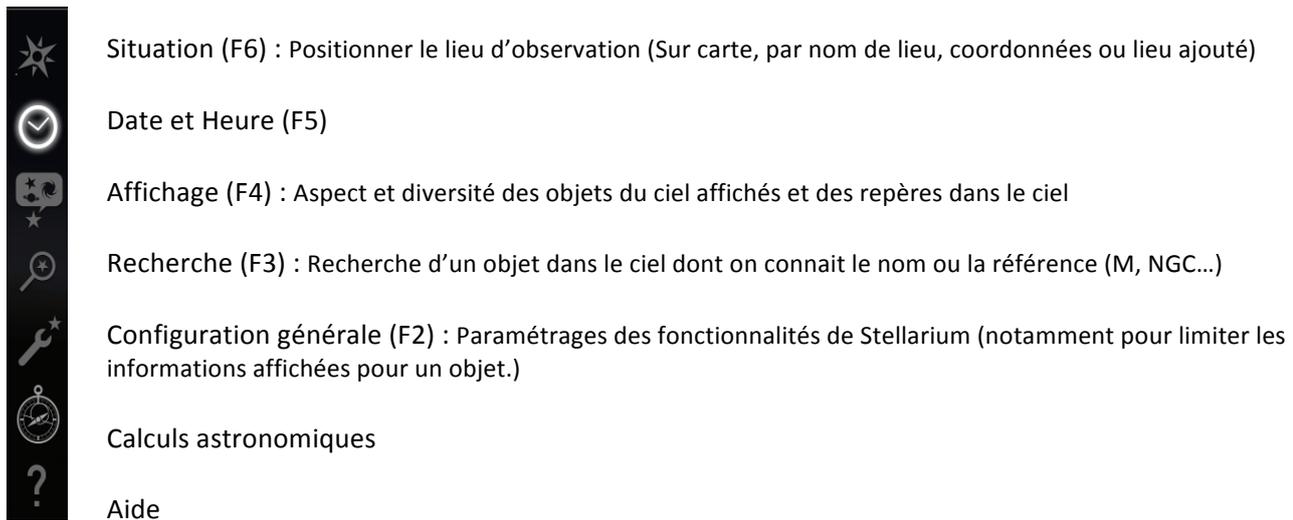
## Quelques simulations autour du temps dans Stellarium

### I – Pour prendre en main Stellarium

<https://stellarium.org/fr/> simulateur gratuit sur PC et Mac, et au code ouvert.

existe aussi en version web : <https://stellarium-web.org/>

Un premier menu apparait sur la gauche :



Une autre barre de menu apparait au bas de l'écran. Il est possible de fixer les 2 barres par les petites flèches dans le coin en bas à gauche.



Les fonctionnalités apparaissent en balayant les icônes avec la souris.

Configurer votre logiciel comme ci-dessus.

### II – Le mouvement du Soleil

#### 1) Durées dans le mouvement diurne du Soleil

Afficher la grille azimutale ; cette grille est-elle fixe par rapport aux étoiles ? **Non** ; Et par rapport à la Terre ? **Oui**

Compléter les heures dans le tableau suivant :

Date : <b>Le 04/12/2019</b>	Lever du Soleil Hauteur : <b>0°</b> <small>(ou sous l'horizon ?)</small>	Passage au méridien Azimuth : <b>180°</b>	Coucher du Soleil Hauteur : <b>0°</b>	Durée au dessus de l'horizon
Avec l'atmosphère (apparent)	<b>8h 04min 0s</b>	Heure : <b>12h 34min 45s</b> Hauteur : <b>22°30'</b>	<b>16h 59min 35s</b>	<b>8h 53min</b>
Sans atmosphère	<b>8h 10min 47s</b>	Heure : <b>12h 34 min 45s</b> Hauteur : <b>22°28'</b>	<b>16h 55min 46s</b>	<b>8h 45min</b>

Observer le sens du mouvement du Soleil dans le ciel : *d'Est en Ouest en suivant l'écliptique*

Recommencer les mêmes observations deux mois plus tard : **le 4 février 2020**

Compléter les heures dans le tableau suivant :

<b>Le 04/02/2020</b>	Lever du Soleil Hauteur : <b>0°</b>	Passage au méridien Azimuth : <b>180 °</b>	Coucher du Soleil Hauteur : <b>0°</b>	Durée au-dessus de l'horizon
Avec l'atmosphère (apparent)	<b>8h 03min 43s</b>	Heure : <b>12h 57min</b> Hauteur : <b>28°26'</b>	<b>17h 52min</b>	<b>9h 48min</b>
Sans atmosphère	<b>8h 06min 12s</b>	Heure : <b>13h 51min</b> Hauteur : <b>28°24'</b>	<b>17h 48min</b>	<b>9h 42min</b>

Observer le sens du mouvement du Soleil dans le ciel : *d'Est en Ouest selon l'écliptique*

Comparaisons : En un lieu donné, est-ce que le Soleil ...

- se lève-t-elle toujours dans la même direction ? **Non**
- a toujours le même parcours dans le ciel (sens et durée) ? **Sens : oui. Durée : non ; variable selon la date**
- culmine toujours à la même hauteur ? **Non, selon la date à cause de l'obliquité de la Terre**

Commenter l'écart dans la durée au-dessus de l'horizon avec et sans atmosphère : *C'est à cause de la réfraction par l'atmosphère qui montre le Soleil un peu plus haut qu'il ne l'est réellement. Le phénomène est plus marqué en incidence rasante.*

2) Durée d'un jour

Pour chacune des 2 dates précédentes, recommencer les mêmes observations 1 jour plus tard : **le 5 Décembre 2019 et le 5 Février 2020**

Compléter les heures dans les tableaux suivant :

<b>Le 05/12/2019</b>	Passage au méridien Azimuth : <b>180°</b>	Durée depuis le précédent passage au méridien
Avec l'atmosphère (apparent)	Heure : <b>12h 33min 50s</b> Hauteur : <b>22°22'</b>	<b>23h 59min 7s</b>

<b>Le 05/02/2020</b>	Passage au méridien Azimuth :	Durée depuis le précédent passage au méridien
Avec l'atmosphère (apparent)	Heure : <b>12h 57min 18s</b> Hauteur : <b>28°44'</b>	<b>24h 0min 14s</b>

Comment est défini un jour solaire ? *En un lieu c'est le temps entre deux passages successifs du Soleil au méridien.*

Quelle est sa durée ? **24 h en moyenne**

Est-elle constante ? **Non**

Pourquoi ? 2 paramètres : *l'obliquité de la Terre (inclinaison de l'axe) et l'excentricité de l'orbite (variation de la vitesse de déplacement de la Terre. Par contre la vitesse de rotation de la Terre est constante.*

3) Durées dans le mouvement annuel du Soleil

a) Déplacement apparent annuel

Afficher la grille équatoriale. Cette grille se déplace-t-elle par rapport aux étoiles ? **Non** ; Et par rapport à la Terre ? **Oui**

Afficher l'équateur de la date et l'écliptique de la date ; arrêter l'écoulement du temps.

Ajouter les constellations, leur nom et leurs limites.

Positionner le Soleil à l'intersection de l'équateur et de l'écliptique ; le jour où il va passer « au-dessus » de l'équateur.

Comment se nomme ce point ? **Le point vernal (ou gamma  $\gamma$ )**

Repérer la date ; à quoi correspond-elle ? **le solstice de printemps**

Relever les valeurs du déplacement en ascension droite (AD) du Soleil aux 4 changements de saison en 2020

Date	Déplacement en AD pour 1 jour (en minutes d'angle)	Angle en degré correspondant
Printemps :	<b>Le 20/03 : 3'38''</b>	<b>0,91°</b>
Eté :	<b>Le 21/06 : 4'10''</b>	<b>1,04°</b>
Automne :	<b>Le 22/09 : 3'36''</b>	<b>0,90°</b>
Hiver :	<b>Le 21/12 : 4'26''</b>	<b>1,1°</b>

Commenter les variations observées : **La Terre ne tourne pas sur une orbite circulaire mais elliptique. Elle la parcourt avec une vitesse variable**

Proposer une (des) explication(s) : **La deuxième loi de Képler.**

b) Le Soleil et les constellations du zodiaque

En face de quelle constellation se trouve le Soleil aujourd'hui ? **Le Serpenteire** Depuis quand ? **30/11** Jusqu'à quand ? **18/12**

Compléter le tableau :

Constellation	<b>Sagittaire</b>	<b>Capricorne</b>	<b>Verseau</b>	<b>Poissons</b>	<b>Bélier</b>	<b>Taureau</b>	<b>Gémeaux</b>
Nombre de jour de présence du Soleil	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>37</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>29</b>

Constellation	<i>Cancer</i>	<i>Lion</i>	<i>Vierge</i>	<i>Balance</i>	<i>Scorpion</i>	<i>Serpentaire</i>	
Nombre de jour de présence du Soleil	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	

Chercher celle de votre jour de naissance ; commentaires ? *Ce n'est pas forcément en accord avec le signe du zodiaque*

Remarque : Quels objets célestes se déplacent aussi au voisinage de l'écliptique ? *Les planètes*

c) Et les années bissextiles ?

Définition : *C'est une année divisible par 4 mais pas par 100 ; ou divisible par 400*

Positionner le Soleil au point vernal en 2020 : *0h00'01''*

Relever l'AD et recommencer en 2021, 2022, 2023 et 2023.

Relever le retard cumulé par an (en heures/minute d'angle). *Un peu moins d'1' par jour*. Quelle est la durée correspondante ? *6h par an*

Quel serait le retard cumulé au bout de 4 ans ? *Un jour*. Comment y remédier ? *Rajouter un jour tous les 4 ans le 29 février*.

### III – Repères de durées dans le mouvement des étoiles

1) Durées dans le mouvement nocturne

Compléter pour Rigel : *(Valeurs sans atmosphère)*

Date	<i>04/12/2019</i>	<i>05/12/2019</i>	<i>06/12/2019</i>
Direction au lever	<i>E-SE</i>	<i>E-SE</i>	<i>E-SE</i>
Heure du Lever	<b><i>15h33</i></b>	<b><i>15h29</i></b>	<b><i>15h24</i></b>
Heure de passage au méridien	<b><i>20h57min53s</i></b>	<b><i>20h53min58s</i></b>	<b><i>20h50min2s</i></b>
Décalage depuis le passage précédent	<i>(3'56'')</i>	<i>3'56''</i>	<i>3'56''</i>
AD	<i>5h15min28s</i>	<i>5h15min28s</i>	<i>5h15min28s</i>
DEC	<i>-8°10'54''</i>	<i>-8°10'54''</i>	<i>-8°10'54''</i>
Direction du Coucher	<i>O-SO</i>	<i>O-SO</i>	<i>O-SO</i>
Heure du coucher	<b><i>2h23</i></b>	<b><i>2h19</i></b>	<b><i>2h15</i></b>
Durée au-dessus de l'horizon	<b><i>10h50</i></b>	<b><i>10h50</i></b>	<b><i>10h50</i></b>

Définir un Jour sidéral : *En un lieu, c'est la durée entre deux passages successifs d'une étoile au méridien. Sa durée est de 23h56'4". (Voir démo dans les documents)*

2) Durées dans le mouvement annuel

Quels sont les paramètres constants pour une étoile d'une nuit à l'autre ?

*AD ; DEC et la durée au-dessus de l'horizon.*

## Quelques simulations autour du temps dans Stellarium

### Bilans :

#### Mouvement Journalier du Soleil et des étoiles

	Soleil	Etoiles
Trajectoire apparente	<i>Cercle parallèle à l'équateur</i>	<i>Cercle parallèle à l'équateur</i>
Sens du déplacement pour un observateur regardant face au Sud	<i>Est vers Ouest</i>	<i>Est vers Ouest</i>
Hauteur lors du passage au méridien	<i>Variable (selon date)</i>	<i>DEC = cste</i>
Coordonnées des lever et coucher	<i>Variable (selon date)</i>	<i>AD et DEC = cste</i>
Durée entre deux passages successifs au méridien	<i>24h (en moyenne)</i>	<i>23h56'4''</i>
Heure de passage au méridien	<i>12h (en moyenne)</i>	<i>Variable (selon date)</i>
Heures de lever et de coucher	<i>Variable (selon date)</i>	<i>Variable (selon date)</i>
Temps de présence au-dessus de l'horizon	<i>Variable (selon date)</i>	<i>Constant (selon DEC)</i>

#### Mouvement annuel du Soleil

Trajectoire	<i>Cercle écliptique</i>
Sens du mouvement	<i>d'Ouest en Est</i>
Déplacement angulaire moyen par jour	<i>1°</i>

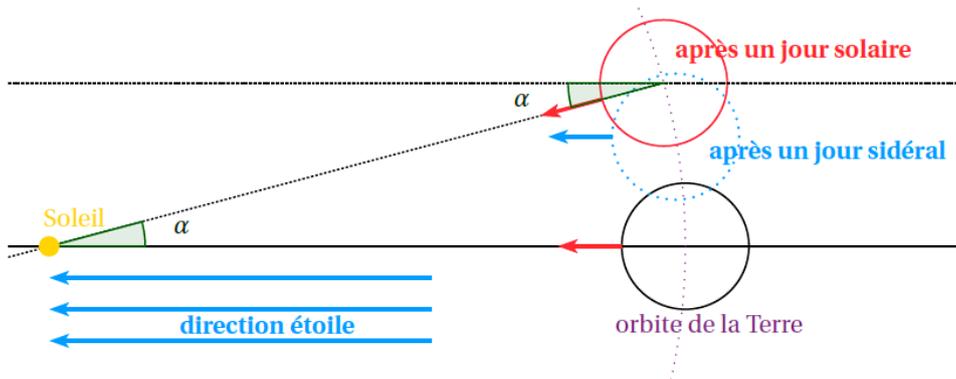
#### Pour aller plus loin :

- Dans Stellarium, à l'aide de la fenêtre Calculs astronomiques, faire un graphique de la hauteur du soleil en fonction de la date.
- Voir l'équation du temps
- Voir la course du Soleil sous d'autres latitudes (équateur, tropique, pôles)
- Voir la position de certaines étoiles particulières au cours de durées très longues (étoile polaire, étoile de Barnard) ; la position du point  $\gamma$ .

## Quelques simulations autour du temps dans Stellarium

### Documents :

#### Document 1 : Jour sidéral et jour solaire :



Calcul de la durée d'un jour sidéral : Le jour sidéral est le temps mis par la Terre pour tourner de 360° sur elle-même.

Considérons un observateur terrestre pour lequel le soleil passe au méridien.

En un jour sidéral, la Terre a avancé sur son orbite. Mais le Soleil n'est pas encore au méridien de l'observateur.

Il faudra que la Terre tourne encore pour retrouver le Soleil au méridien de l'observateur.

Il se sera alors écoulé un jour solaire, c'est à dire 24 heures.

En un jour solaire, soit 24 heures, la Terre a tourné d'un angle  $\alpha$  :

$$\alpha = \frac{360}{365,25} \text{° autour du Soleil}$$

et de  $(360^\circ + \alpha) = 360,9856^\circ$  sur elle-même.

On a  $\alpha \approx 0,9856^\circ$ .

Si elle tourne de 360,9856° en 24h (1 jour solaire), pour 360° (un jour sidéral), il faudra

$$J_{\text{sid}} \approx \frac{360 \times 24}{360,9856} \approx 23,9344 \text{ h soit } 23\text{h } 56\text{min et } 4\text{s.}$$

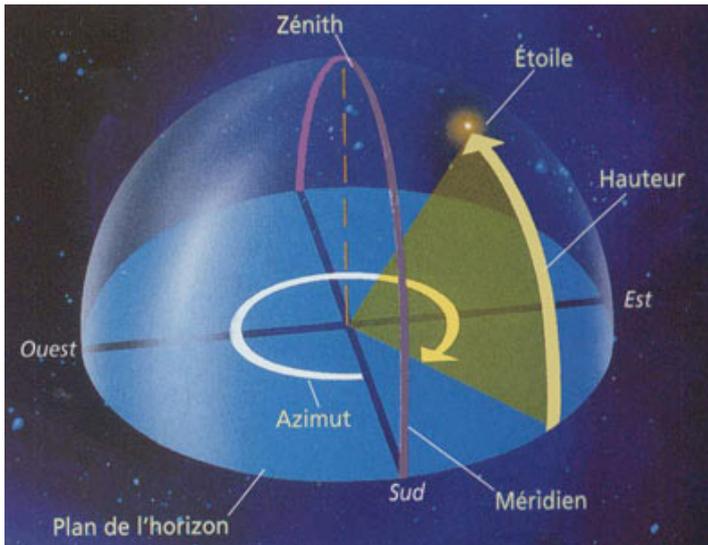
#### Document 2 : Les grilles de repérages célestes :

##### Grille azimutale :

L'azimut d'un astre est un angle mesuré dans le sens horaire dans le plan de l'horizon d'un lieu. Il est noté a en degrés.

La valeur zéro est prise au sud (en astronomie ; valeurs de -180 à +180) ou au nord (dans Stellarium ; valeurs de 0 à 360°).

La hauteur est l'angle sous lequel est vue l'étoile depuis le plan horizon du lieu. Elle est notée h en degrés. La référence à 0 est prise à l'horizon. (h vaut 90° au zénith du lieu)



(+) C'est un repère « naturel » pour l'observateur.

(-) Les coordonnées changent : en fonction du lieu d'observation ; et au cours de la nuit car elle sont liées à la Terre.

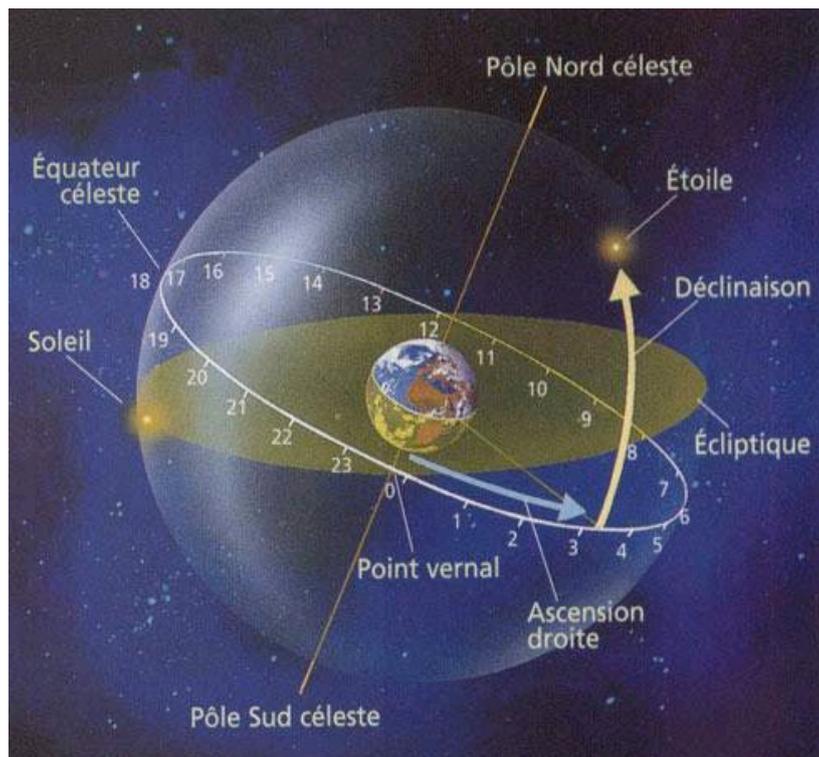
#### Grille équatoriale :

C'est un «équivalent » de la latitude et longitude terrestre sur la sphère céleste.

On projette l'équateur terrestre sur la sphère céleste. C'est ce plan de l'équateur céleste qui détermine la référence "0" de la déclinaison, et le cercle de l'ascension droite.

La déclinaison (DEC) est un angle en degré qui vaut 0 à l'équateur et +/-90 au pôle céleste.

L'ascension droite (AD) est un angle mesuré en heures d'angle (de 0 à 24 h d'angle pour représenter 360°). Le « 0 » des ascensions droites est pris au point d'intersection de l'équateur céleste et de l'écliptique au printemps. C'est le point vernal ou point « gamma ».



(+) Les coordonnées AD et DEC sont constantes pour une étoile lointaine indépendamment du lieu et de l'heure puisque cette grille est indépendante de la Terre.

(-) L'orientation, l'origine et les mesures sont plus délicats à placer et manipuler.

A des échelles de temps très longues, les coordonnées d'une étoile peuvent varier.

Les AD et DEC des planètes et objets du système solaire sont variables sur des échelles de temps courtes.