

Jour et nuit

D'après le site « Astronomie et mécanique céleste » de l'UFE de l'observatoire de Paris

Jour sidéral, jour solaire moyen, jour solaire vrai

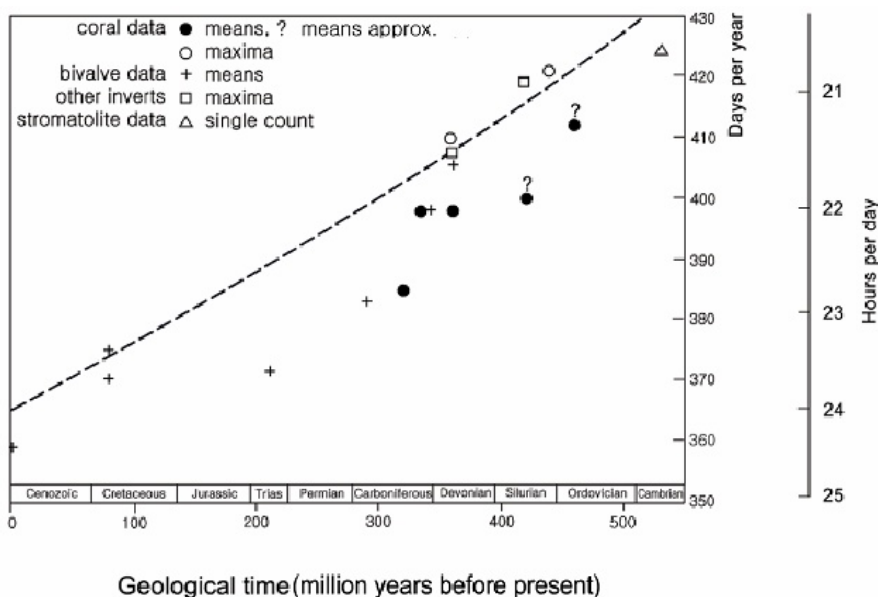
La Terre tourne sur elle-même, autour d'un axe passant par les pôles (**mouvement diurne**) : un tour complet (correspondant à deux passages successifs d'une même étoile au méridien) prend **23h56mn4s** : c'est le **jour sidéral (valeur à retenir !)**.

La durée du jour sidéral a beaucoup changé au cours des temps géologiques. Il a 300 millions d'années, le jour durait moins de 22 heures, et une année comptait 400 jours (jours solaires, voir plus loin). La vitesse de rotation de la Terre sur elle-même a constamment diminué, en raison de l'attraction de la Lune : elle crée des marées et déforme la croûte terrestre, ce qui agit comme un frein sur la rotation. Ce ralentissement (2 millisecondes par siècle) se poursuivra jusqu'à ce que la Terre présente toujours la même face à la Lune et tourne en même temps qu'elle : les jours dureront alors un mois, et la moitié de la Terre ne verra plus la Lune !

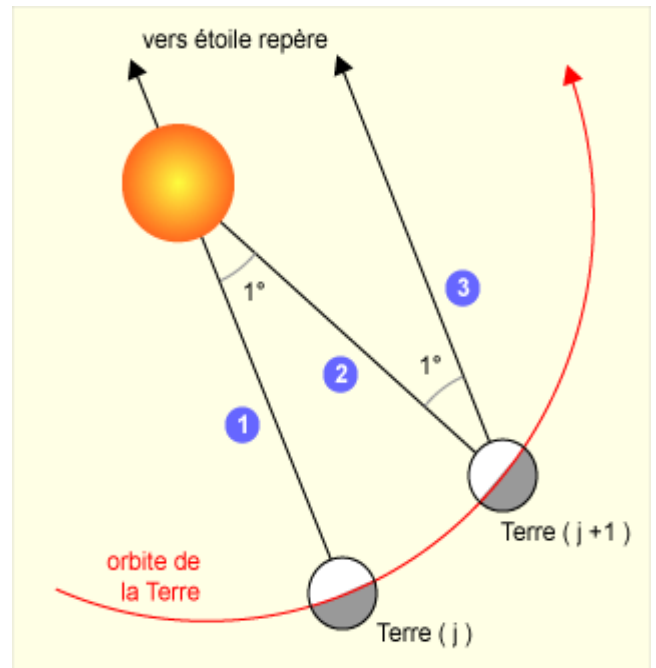
1. **Exercice d'application** : La figure ci-dessous montre les variations de la longueur du jour au cours du phanérozoïque, estimées à partir de données recueillies sur les coraux, les stromatolithes, les bivalves et d'autres invertébrés (stries de croissance, en particulier). La ligne en pointillés montre la décroissance progressive du nombre de jours dans une année. L'allongement de la durée du jour se fait au rythme de 2 millisecondes par siècle.

- En supposant constante l'orbite de la Terre, calculez la durée du jour il y a 65 millions d'années et 300 millions d'années (durées en heures, arrondies au dixième d'heure ; partir d'un jour solaire de 24 heures pour l'époque actuelle). Proposez un mécanisme pour cet allongement du jour.

- Dans combien d'années le jour durera-t-il 25 heures ? Montrez vos calculs.



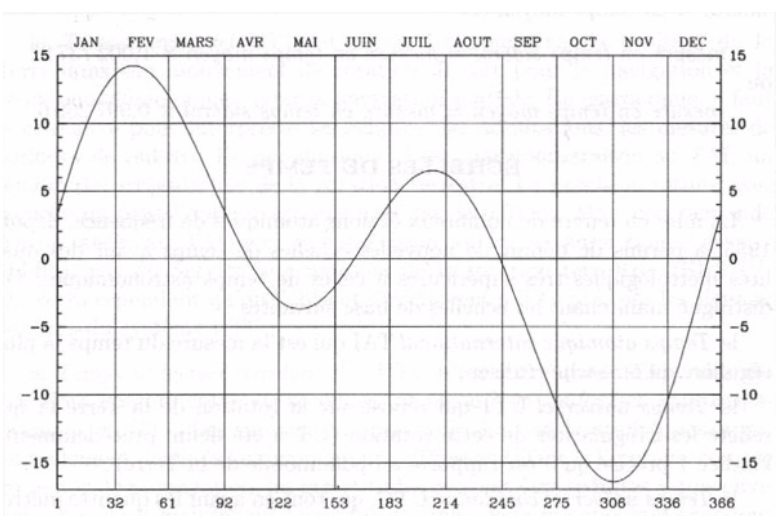
En plus de son mouvement de rotation sur elle-même, la Terre a un mouvement de rotation autour du Soleil (autour du centre de gravité Terre-Soleil, presque confondu avec le centre du Soleil...). C'est une **révolution**. Une conséquence de ce mouvement est qu'entre deux passages du Soleil au méridien céleste, la Terre a avancé sur son orbite : il faut tourner un peu plus pour revenir en face du Soleil. Par conséquent, le **jour solaire (24 heures) est plus long que le jour sidéral (23h56mn4s)**. Le temps sidéral local (TSL) avance donc de $24/23,934444 = 1,002739$ h en une heure solaire.



2. Exercice d'application (facile !): test écrit 2010. Comment changerait la longueur du jour solaire si le sens de rotation de la Terre changeait soudainement sans que change son sens de révolution ? a) 4 minutes plus court b) 4 minutes plus long c) 8 minutes plus court d) 8 minutes plus long e) inchangé (réponse à la fin du document)

3. Exercice d'application (facile !): test écrit 2011. Connaissant votre passion pour l'astronomie, vos amis vous ont offert une montre sidérale (qui montre l'heure sidérale). A 10h du matin, vous accordez cette montre avec votre horloge. Vous vous rendez à la gare le lendemain, en suivant l'heure indiquée par la montre sidérale, pour prendre le train de 8h00, mais le train n'est pas là. Que faites-vous ? a) J'attends le train car il sera là dans quelques minutes. b) Je rentre chez moi car le train est parti quelques minutes avant que j'arrive. c) J'attends le train car il sera là dans quelques heures. d) Je conclus que le train a été annulé.

Les choses se compliquent lorsqu'on considère que l'orbite de la Terre n'est pas un cercle mais une ellipse (dont le Soleil occupe l'un des foyers : voir les lois de Kepler dans la fiche « Système solaire »), et que la Terre ne la parcourt pas à une vitesse constante ! Du coup, la vitesse apparente du Soleil sur la voute céleste varie elle aussi. Par rapport au jour solaire moyen où le Soleil repasse au méridien au bout de 24h, le Soleil « vrai » est parfois légèrement en avance, parfois légèrement en retard. C'est cette différence entre le Soleil moyen et le Soleil vrai qui nous fait dire en janvier : "tiens, les jours rallongent plus le soir que le matin". En fait, c'est le midi vrai qui se déplace et arrive de plus en plus tard par rapport au midi moyen. Cet écart entre le midi moyen et le midi vrai est évidemment fondamental lorsque l'on construit un cadran solaire qui, lui, va donner le temps vrai du lieu. Cette différence est appelée "équation du temps". Elle atteint 16 minutes au maximum fin octobre.



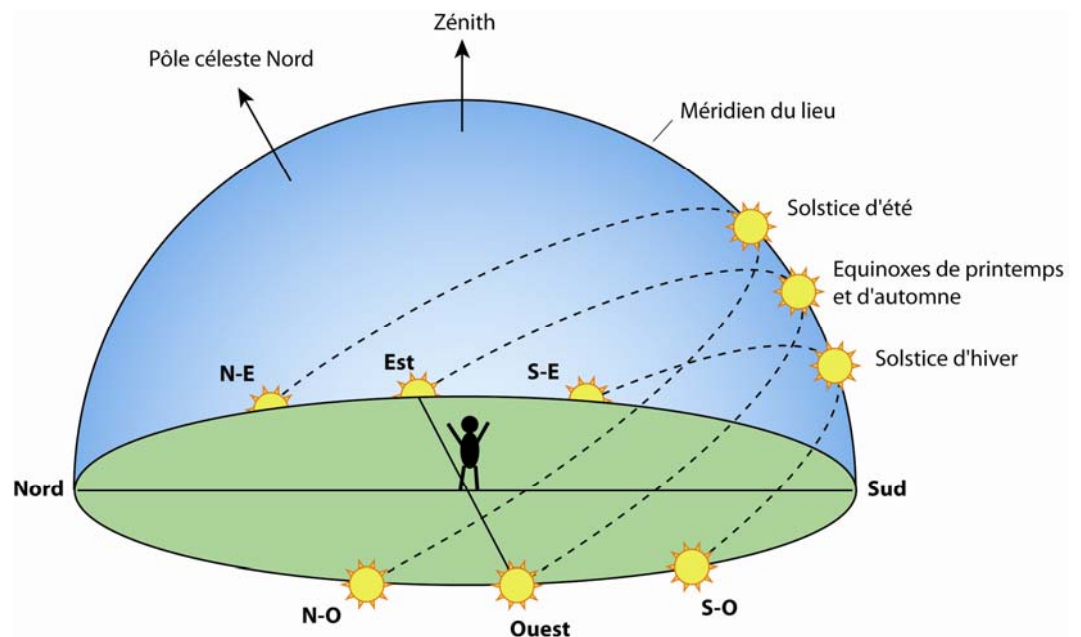
Equation du temps (en minutes) pour 1999 (Crédit : IMCCE/BDL)

Le jour et la nuit

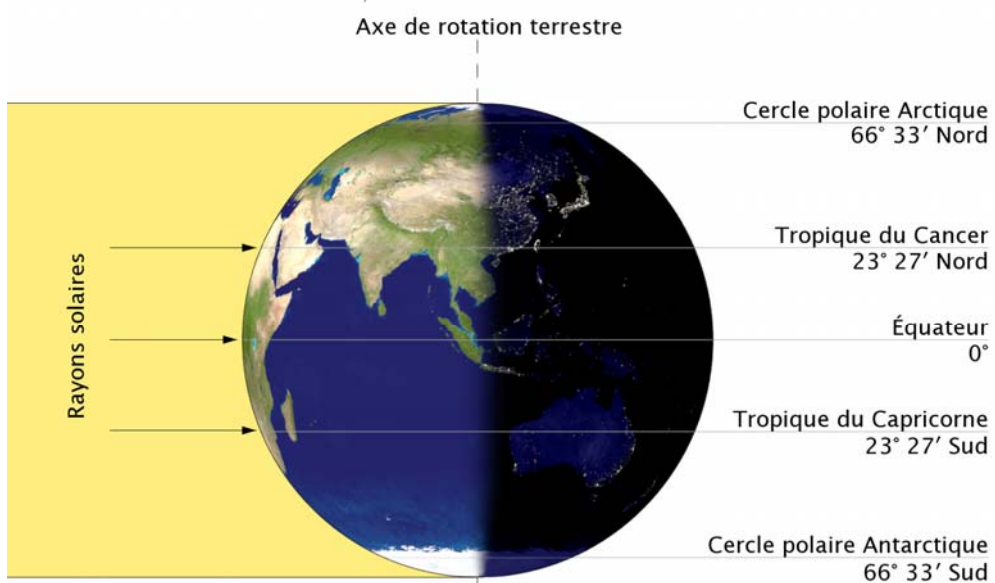
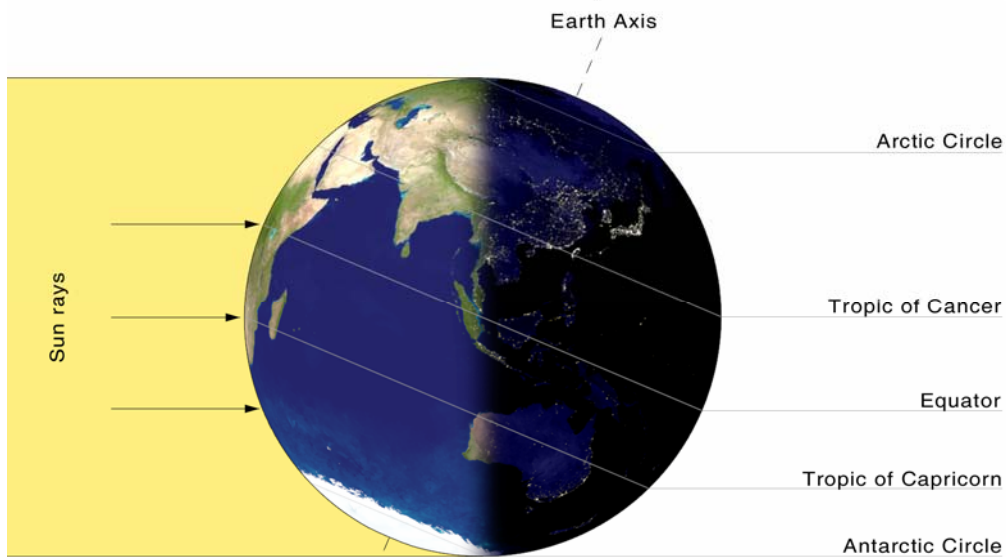
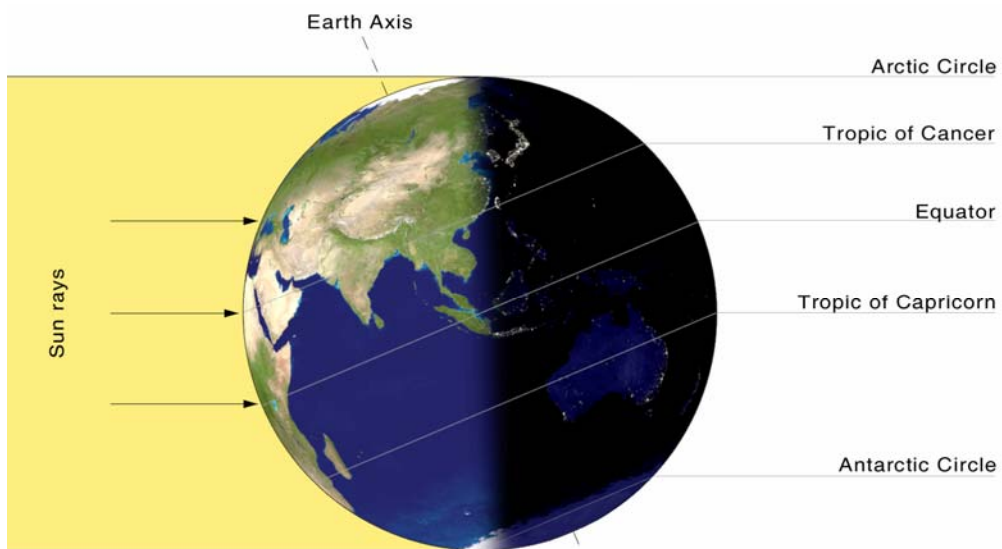
Nous savons tous que les durées du jour et de la nuit varient au cours de l'année. Pourtant, à tout moment, la moitié du globe terrestre est éclairée par le Soleil. Si l'axe de rotation de la Terre était perpendiculaire au plan de son orbite, jour et nuit dureraient 12 heures, à toutes les latitudes. Or l'axe de rotation de la terre est incliné sur le plan orbital, de $23^{\circ}27'$: du coup, **il n'y a qu'à l'équateur que jour et nuit durent 12 heures tout au long de l'année**. En hiver (hiver boréal ou hiver austral), les nuits sont d'autant plus longues qu'on se rapproche du pôle (nord ou sud). En été, c'est l'inverse.

Quelques faits sont à retenir et/ou à retrouver en réfléchissant sur les schémas ci-dessous !

- Lors du **solstice d'été** (le 21 juin en général), c'est le jour le plus long de l'année dans l'hémisphère nord, le plus court dans l'hémisphère sud. A la latitude de Paris ($48^{\circ}52' N$), le jour dure 16 heures, pour 8 heures de nuit. Plus au nord, les jours sont plus longs encore, et au niveau du **cercle polaire arctique** (latitude $66^{\circ}33' N$), le Soleil ne se couche pas ce jour là. On contemple alors le **soleil de minuit**. Au delà, le jour dure plus de 24 heures, et au pôle nord, le jour dure 6 mois, de mars à septembre ! Notez également qu'au niveau du **tropique du Cancer** (latitude $23^{\circ}27' N$), le Soleil passe au zénith ce jour là. Au nord du tropique du Cancer, c'est le moment où le Soleil monte le plus haut dans le ciel.
- Lors du **solstice d'hiver** (le 21 décembre en général), tout est inversé, et ce sont les habitants de l'hémisphère sud qui connaissent le jour le plus long de l'année. Le Soleil passe au zénith au niveau du tropique du Capricorne, et ne se couche pas au cercle polaire antarctique.
- A l'**équinoxe de printemps** (20 ou 21 mars) et à l'**équinoxe d'automne** (22 ou 23 septembre), les durées du jour et de la nuit deviennent égales (12 heures) à toutes les latitudes, car l'axe de rotation de la Terre est alors perpendiculaire aux rayons du Soleil. La « ligne » qui sépare l'hémisphère éclairé de l'hémisphère obscur, nommée **terminateur**, passe alors par les pôles. **Ce jour là, le Soleil se lève exactement à l'Est, et se couche exactement à l'Ouest**. A l'équateur, il passe au zénith.
- En été, dans l'hémisphère nord, le Soleil se lève au Nord-Est et se couche au Nord-Ouest. En hiver, il se lève au Sud-Est et se couche au Sud-Ouest.



Cette figure est dessinée pour une latitude de 55° Nord environ. Entraînez vous à la dessiner pour un observateur sur l'équateur ; sur le tropique du Cancer ; sur le cercle polaire arctique ; et au pôle Nord !



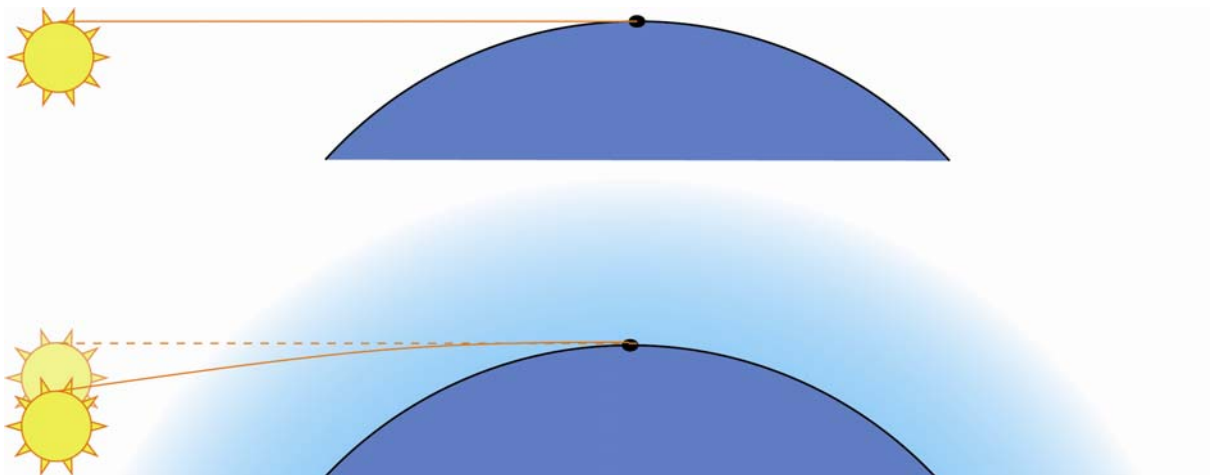
La Terre lors du solstice d'été, d'hiver et à l'équinoxe. Crédit :Przemyslaw "Blushade" Idzkiewicz

Sur Stellarium : Se rendre à la date des équinoxes et des solstices : apprécier les points de lever et de coucher du Soleil, la hauteur du Soleil sur l'horizon au passage du méridien céleste, enfin la durée du jour et de la nuit.

Se rendre au pôle nord pour apprécier la durée d'une « journée » et d'une « nuit » ! Se rendre à l'équateur lors d'un équinoxe et apprécier la hauteur du Soleil à midi (attention au fuseau horaire)!

Les limites du jour

Les heures de lever et de coucher du Soleil qui sont données dans le bulletin météo correspondent respectivement à l'apparition matinale du bord supérieur du disque du Soleil au dessus de l'horizon (idéalement, la surface de la mer), et à sa disparition sous l'horizon le soir. Si l'on calcule à partir des données astronomiques des heures théoriques de lever et de coucher, on a la surprise de constater que le Soleil se lève plus tôt en réalité, et se couche plus tard ! A quoi est dû ce « bonus de jour » ? A l'atmosphère, qui **réfracte** les rayons rasants du Soleil vers l'observateur ! Pour une atmosphère normale, la durée réelle du jour est allongée de 5 minutes à l'équateur et de 7 minutes aux latitudes moyennes.



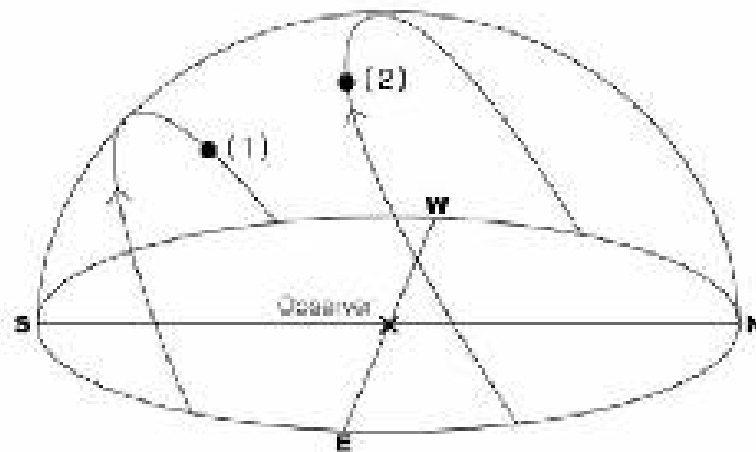
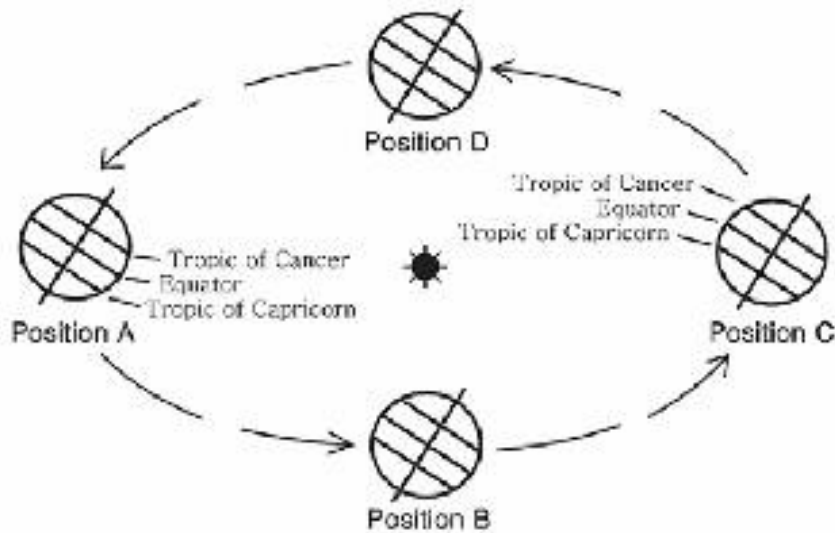
Une fois le Soleil couché, ce n'est pas encore la nuit noire. La lumière reste suffisante pendant un moment pour qu'on puisse lire un journal en plein air. C'est la définition du **crépuscule civil**, qui s'achève lorsque le bord supérieur du disque solaire est descendu de 6° sous l'horizon. A l'équateur, le crépuscule dure de 21 à 24 minutes, et à Paris, jusqu'à 44 minutes le 21 juin.

Quizz

Pourquoi le crépuscule dure-t-il moins longtemps à l'équateur qu'à la latitude de Paris ?
Indice : si vous avez dessiné la figure demandée page 3 pour l'équateur, vous tenez la réponse !

A l'équateur, le Soleil monte et descend verticalement dans le ciel (les deux pôles célestes étant sur l'horizon!), tandis qu'à la latitude de Paris, il a une trajectoire oblique sur l'horizon. Par conséquent, le Soleil descend plus vite à 6° sous l'horizon à l'équateur qu'à Paris, et le crépuscule dure moins longtemps.

4. *Exercice d'application (facile !)* : test écrit 2007. Décrivez la hauteur du Soleil à midi heure solaire aux 4 positions A, B, C, D de la Terre sur son orbite, pour un observateur à 40° de latitude nord. Puis indiquez la position pour laquelle on observe le trajet 1 du Soleil dans le ciel ; même question pour le trajet 2. (réponses page suivante)



2. Réponse : Si le sens de rotation de la Terre s'inversait, après que la Terre a avancé sur son orbite, le Soleil repasserait au méridien avant que la Terre reprenne la même position par rapport aux étoiles : le jour sidéral serait alors 4 minutes plus long que le jour solaire, qui augmenterait donc de 8 minutes !

3. Réponse : En 24 heures sidérales, il s'est écoulé 23h56 mn solaires. Vous êtes donc en avance de quelques minutes, attendez donc le train !

4. Réponse : Pour un observateur dans l'hémisphère nord, le Soleil est au plus haut dans le ciel (au dessus de l'équateur céleste) dans la position A (solstice d'été), au plus bas (en dessous de l'équateur céleste) dans la position C (solstice d'hiver), et entre ces deux positions (sur l'équateur céleste) en B et D (équinoxes). Le trajet 1 du Soleil dans le ciel correspond au solstice d'hiver (C), le trajet 2 au solstice d'été (A). S'il s'agissait des équinoxes B et D, le Soleil se lèverait exactement à l'Est et se coucherait exactement à l'Ouest.

Pour les valeurs numériques, voici la résolution pour le solstice d'hiver. A vous de trouver les autres.

