

### I. But du TP

Prendre conscience de la taille énorme de l'univers, et mémoriser certaines distances.

### II. L'univers avec Celestia

#### 1) Introduction

Lancer Word ; ouvrir le fichier indiqué ; lancer Celestia ; une fois les deux logiciels lancés, il est possible de passer de l'un à l'autre avec la combinaison de touches *Alt-tabulation*.

#### 2) Prise en main de Celestia : levé de Soleil sur Terre

1. Tout en maintenant la touche *Ctrl* enfoncée, cliquez : [ici](#) et répondez « Oui » au message qui survient : vous vous retrouvez dans Celestia ; agrandir sa fenêtre au maximum. Au clavier, taper R (r majuscule) jusqu'à voir *High res textures* en bas à gauche pendant un instant, ceci pour afficher la surface de la terre avec la meilleure qualité possible. Vous êtes à 2600 km à la verticale du lycée ! Regardez la date et l'heure en haut à droite : nous sommes le premier jour de septembre 2005.
2. Voyons maintenant le ciel d'Annecy, vers l'est, le matin du premier jour de septembre, vers 6h49 : [ici](#) (toujours avec *Ctrl* enfoncée). Remarquez votre vitesse en bas à gauche : 0m/s. Nous allons mettre les moteurs en marche en appuyant sur la touche F2. Après quelques instants d'accélération, observez votre vitesse (en bas à gauche) : 1 km/s ! C'est une vitesse que vous n'atteindrez sans doute jamais vous-même puisque c'est à peu près celle d'un avion de chasse qui vole à Mach 1. Même un avion de ligne va moins vite, puisque à part le Concorde qui n'est plus en service, il n'existe aucun avion de ligne supersonique.
3. Surveillez aussi votre altitude : en haut à droite, vous voyez le nom de l'astre (Earth : la Terre), et votre distance au sol : environ 500 m. Grâce aux touches [↓] (flèche vers le bas) et [↑] (flèche vers le haut) **maintenez votre altitude aux alentours de 500m**. Vous voyez le sol défiler sous vos yeux pendant que vous volez vers le Soleil levant. Si votre altitude diminue trop et passe sous 0, vous vous êtes en principe crashé, mais c'est sans gravité, il suffit de remonter avec [↓] pour « ressortir » de sous la Terre.
4. Lorsque votre altitude est à peu près stabilisée, vérifiez que vous êtes bien sanglé à votre siège, et essayons de faire un tonneau, à l'aide de la touche [←] ou de [→] (sac plastique sous le siège :-). Encore quelques instants, et vous devriez pouvoir admirer le levé de Soleil. Lorsque le Soleil se lève, coupez les moteurs avec [S] (comme « stop »). Remarquez que votre vitesse repasse à 0 en quelques secondes. En cas de problème, cliquez [ici](#) pour admirer le levé du Soleil.
5. Pressez la touche [P] : le nom des planètes apparaît et vous remarquez que Mercure (Mercury, en anglais) est visible au dessus du Soleil. Pressez sur la touche [\*] sur le pavé numérique afin de regarder dans la lunette arrière du cockpit : repérez Uranus puis regardez à nouveau vers l'avant, avec [\*].
6. Appuyez sur la touche [M] pour afficher le nom des satellites. Levez un peu votre regard avec la touche [↓] : remarquez la Lune (Moon...) qui est visible comme un fin croissant. On voit bien que la partie de la Lune qui est brillante, est celle qui est tournée vers le Soleil. Saturne est aussi présente un peu plus haut.
7. Pressez sur les touches [/] : les constellations s'affichent : pour connaître leur nom, appuyez sur [=] : on voit la constellation du Lion, et on remarque que la lune et Saturne sont dans le Cancer.

En résumé : [↓] et [↑] pour monter et descendre, [F2] pour avancer à 1km/s, [S] pour stopper, [←] ou [→] pour faire un tonneau, [P] pour afficher les planètes, [\*] pour basculer entre vue avant et vue arrière du cockpit, [M] pour voir les noms des satellites, [/] pour voir les formes des constellations, [=] pour voir leur nom.

#### 3) Départ pour la Lune

8. Allons maintenant faire un petit tour sur la Lune. Cliquez sur la Lune : en haut à gauche de l'écran, les renseignements qui apparaissent concernent la Lune. [C] pour centrer la Lune dans l'écran, [F] pour verrouiller l'ordinateur de navigation de votre vaisseau sur la Lune (Voir en bas à droite : Follow : Moon), [F2] pour mettre les moteurs en marche à 1 km/s. En sortant de l'atmosphère, après quelques secondes, le fond du ciel devient noir. Noter la distance Terre Lune (à retenir).
9. A l'aide de la touche [A], accélérons à 11 km/s ([A] pour accélérer, [Z] pour ralentir, [S] pour stopper), la vitesse d'Apollo 11 qui a été sur la Lune en 1969, c'est-à-dire 40 000 km/h. Rendez-vous compte, votre vaisseau se déplace à la vitesse la plus grande jamais atteinte par un humain. Remarquez que notre distance diminue d'environ 10 km à chaque seconde... Observez une minute : remarquez-vous un changement dans le « paysage » ?
10. Pas de changement notable dans le paysage ni à propos de la taille apparente de la Lune : à cette vitesse pourtant énorme, il faudrait attendre 9 h pour atteindre la Lune : nous n'avons pas le temps... Nous allons donc faire quelque chose d'impossible sur les vaisseaux spatiaux d'aujourd'hui : nous allons utiliser des moteurs spéciaux qui vont nous propulser beaucoup beaucoup plus vite... Accélérons jusqu'à 1600 – 1900 km/s, au lieu de 11 km/s ! C'est si rapide qu'on pourrait faire deux tours de Terre en une minute (quelle est la circonférence de la Terre ??)...
11. Approchez-vous patiemment jusqu'à 10 000 km de la Lune (surveillez la distance qui vous sépare de la Lune dans le coin supérieur gauche) sans vous crasher ! Si vous vous êtes crashé, cliquer [ici](#). Pourquoi voit-on la Lune comme un disque noir ? Et bien début septembre, on était à la nouvelle Lune. Faire un « clic-droit-glisser » (c'est-à-dire cliquez sur la Lune avec le bouton droit de la souris, et, tout en maintenant ce bouton de la souris enfoncé, faites glisser la souris pour faire tourner la Lune comme si vous la teniez en main) pour observer la Lune sous toutes les coutures... Vous voyez là des zones de la Lune qui ne sont jamais visibles depuis la Terre...

12. Revenez [ici](#). Cherchez maintenant Venus et Jupiter, vers le bas, « en-dessous » du Soleil, qui sont très proches l'une de l'autre, au moins apparemment. Pour vous aider, pressez [O] qui affiche les orbites des planètes. Si vous n'avez pas trouvé, cliquez [ici](#). Mais Venus et Jupiter sont-elles voisines ? Disons qu'elles sont dans la même direction... Pour mieux comprendre, [H] (comme Home, la maison, le foyer) pour sélectionner le Soleil, [F] pour verrouiller sur lui, et clic-droit-glisser pour changer la perspective. Voir par exemple [ici](#) : vous vous rendez compte que Jupiter est bien plus éloigné que Vénus.

### 4) En route pour Jupiter

13. Sélectionner Jupiter en cliquant dessus ou bien en faisant avec shift-5 au clavier (shift est la touche que vous utilisez pour mettre un caractère en majuscule : elle comporte une flèche large orientée vers le haut : ⤴). Puis [C] pour la centrer Jupiter dans l'écran ; [P] pour voir ou cacher son nom ; remarquer que la distance est d'environ 6 ua (unité astronomique ; au en anglais) c'est-à-dire 6 fois la distance Terre Soleil.
14. Jupiter est donc à 2000 fois la distance Terre Lune ! Pour aller jusqu'à Jupiter, nous devons aller beaucoup beaucoup plus vite que nous sommes allés sur la Lune : nous allons y aller à la vitesse de la lumière (notée « c ») ce qui est impossible, et de loin, avec les vaisseaux actuels.
15. Mais avant d'entamer le voyage vers Jupiter, pour se rendre compte à quel point la vitesse de la lumière est grande, plaçons nous tout d'abord devant la terre ([ici](#)) avec la Lune en ligne de mire, au fond. Vérifiez en tapant [M] au clavier que vous avez bien repéré la Lune, et appuyez sur [F4] pour fixer votre vitesse à c puis sur [S] pour stopper dès que vous avez dépassé la lune... Accrochez-vous à votre siège, et rappelez-vous du temps qu'il vous a fallu tout à l'heure pour faire le trajet Terre Lune. A la vitesse c, il vous faut à peine plus d'une seconde pour atteindre la Lune !
16. En avant pour Jupiter donc : replacez-vous à proximité de la Lune avec Jupiter pour objectif ([ici](#)), appuyer sur « F4 ». Remarquez votre vitesse dans le coin inférieur gauche. Que remarquez-vous à propos de votre distance jusqu'à Jupiter ?
17. Eh oui, la vitesse de la lumière, c'est très rapide, mais pas encore assez pour aller sur Jupiter : il nous faudrait 40 minutes pour l'atteindre. De même, un vaisseau qui envoie un message radio doit attendre 80 min (1 h 20 min) pour obtenir une réponse... ce qui ne facilite pas le dialogue... Nous allons donc utiliser des moteurs qui propulsent à une vitesse impossible dans le cadre de la physique actuelle : une vitesse supra-luminique de 500c !! Tout d'abord, [S] pour stopper, puis cliquez [ici](#) pour revenir près de la Lune avec Jupiter au milieu de l'écran, puis [G] (comme « go ») pour dire « vas-y maintenant ! ».
18. Vous allez vous approcher avec une vitesse énorme de 500c environ puis vous vous arrêter devant Jupiter (si vous avez bien stoppé vos moteurs avec [S]...).
19. Examinons un peu les satellites de Jupiter : pour cela, revenez un peu en arrière en appuyant sur la touche [Fin], et remettons la vue à plat avec les touches [←] ou [→], celles que nous avons utilisées pour faire un tonneau tout à l'heure. Masquez les orbites avec [O] pour dégager un peu la vue. Nous allons enfin laisser le temps s'écouler 100 fois plus vite que le rythme normal. Tous ces réglages sont fait dans [cette vue](#).
20. On voit bien les quatre satellites découverts par Galilée en 1610 : Callisto, Ganymède, Europe et Io (Rappel : [M] pour voir/masquer les noms des satellites).
21. Remarquez le transit de Io dans l'écran : [ici](#). Io est un satellite où règne une activité volcanique intense, en fait la plus intense de tout le système solaire, ce qui explique sa couleur jaune due au soufre éjecté par de nombreux volcans. N'hésitez pas à reculer franchement (touche [Fin]), à afficher les orbites ([O]) puis à faire tourner Jupiter sur elle-même (clic droit-glisser). Voyez l'enchevêtrement des orbites des satellites de Jupiter : [ici](#) par exemple.
22. Pour finir notre tour du système solaire, une petite visite à Saturne s'impose : essayez d'y aller par vous-même (shift-6, C, G puis éventuellement [←] ou [→]). Sinon, cliquez [ici](#). Faites un clic-droit-glisser pour faire tourner Saturne et tout son système de satellite. Remarquez que les anneaux sont transparents, ainsi que l'ombre de Saturne sur les anneaux. Les anneaux sont en fait des morceaux de roche et de glace de tailles variables : d'un grain de sable à un gros immeuble.
23. En vous éloignant avec [Fin], repérez un satellite un peu rouge. Faites un clic droit dessus. C'est Titan : sélectionnez-le et allez y faire un tour (C puis G, ou cliquez [ici](#) en cas de difficulté). Titan est le plus gros satellite du système solaire, et son atmosphère d'azote (comme sur la Terre) laisse penser que la température pourrait y être pas trop froide, malgré son éloignement du Soleil. La NASA y a envoyé une sonde nommée CASSINI en 1997 qui est arrivée en janvier 2005 et a laissé le module HUYGENS atterrir, ou plutôt « atitannir ». Voyez [la fin du vol de Cassini](#). Lorsque la sonde est proche de Titan, cliquez sur [.] pour verrouiller sur les deux objets en même temps.

### 5) Les limites de notre système solaire

24. Jusqu'à maintenant, votre voyage vous a cantonné dans le système solaire, c'est-à-dire une région somme toute assez proche de la Terre. Cela s'est passé assez vite parce que vous aviez une vitesse bien plus rapide que quoique ce soit qui existe dans l'univers. Mais l'espace est beaucoup, beaucoup, beaucoup, **beaucoup** plus grand que ce que vous avez visité jusqu'ici. Par exemple, même à la vitesse de la lumière (celle qui nous mène de la Terre à la Lune en 1s), il faudrait 4h pour aller jusqu'à [Pluton](#), la planète la plus éloignée du Soleil.
25. Et au-delà de Pluton, le système Solaire continue encore avec le domaine des **comètes** qui sont de grosses boules de glace et de rochers qui s'éloignent très loin du Soleil dans l'espace noir et froid. Justement, allons en visiter une : [ici](#).
26. C'est la comète de Halley qui fait un tour autour de Soleil en 76 ans, qui est repassée les dernières fois en 1910, en 1986 et qui sera à nouveau à proximité du système solaire intérieur en 2062. Le halo bleu que vous voyez est formé de gaz qui sont éjectés de la comète : remarquez qu'il est toujours dans la direction opposée au Soleil. Faites un « clic-droit-glisser » pour vous en rendre compte.
27. Les comètes s'éloignent très loin du Soleil : cliquez [ici](#) pour vous rendre compte où « vivent » les comètes. Le Soleil est là, devant vous, au milieu de l'écran, mais tellement loin qu'il apparaît comme un simple point. Appuyez sur [B] au clavier pour afficher le nom de certaines étoiles ; les orbites des planètes ne sont même plus visibles (en appuyant sur [O]) tellement nous sommes loin. Le Soleil est situé à une distance de 10 000 milliards de kilomètres. C'est une distance tellement gigantesque que les astronomes lui ont donné un nom spécial :

c'est une année lumière (abrégié a.l. ou ly, comme light-year en anglais) : il s'agit de la distance parcourue par la lumière en une année. Faites un clic-droit-glisser, juste pour « le fun » et manipuler le système solaire entier dans votre main...

28. A l'endroit où vous êtes, la température est de  $-250^{\circ}\text{C}$  : si vous sortiez de votre vaisseau sans combinaison chauffée, vous vous seriez mort en quelques secondes et transformé en un bloc de matière solide et complètement gelée. Il n'y a absolument aucun bruit autour de vous : le son a besoin d'air pour se propager et il n'y a pas d'air dans l'espace. C'est un vide complètement silencieux.

### 6) Le royaume des étoiles

29. Devant vous, des milliers d'étoiles. Choisissez-en une : à quelle distance est-elle ? Laquelle est la plus proche de nous en dehors du Soleil ? Son nom est Rigel Kentaraurus A, ou, plus simplement alpha du Centaure. Cliquez [ici](#) pour la localiser. C'est le point brillant au centre de l'écran. Faites un clic-droit-glisser pour la voir sous différents angles.
30. Notez sa distance : 4,39 al : c'est une distance, pas une durée. Une année lumière est la distance parcourue par la lumière en un an. Souvenez-vous tout à l'heure comme vous bougiez vite sur le trajet Terre Lune à la vitesse de la lumière : il suffit de multiplier cette vitesse (300 000 km/s) par le nombre de secondes en un an pour obtenir une année lumière.
31. On obtient alors  $1 \text{ al} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$  soit environ 10 000 milliards de km ou encore 9 460 000 000 000 km. L'étoile la plus proche, alpha du Centaure est donc à 41 530 000 000 000 km !
32. Si vous allumiez vos moteurs à la plus grande vitesse jamais atteinte par un engin construit par l'homme (la sonde Voyager I de la NASA volait à 63 000 km/h, ce qui n'est tout de même pas rien), combien de temps vous faudrait-il pour l'atteindre ? La réponse est « très grande » : 75 000 ans !!! Et ce, pour atteindre l'étoile la plus proche.
33. On peut penser à cette distance d'une autre façon : pour l'atteindre, un vaisseau mettrait 3 700 générations : s'il était assez gros pour emmener des familles, vos descendants n'atteindraient pas l'étoile la plus proche de notre Soleil avant 3 700 générations de vos arrière arrière... petits enfants.
34. Et pourtant cette distance n'est rien, absolument rien, une « goutte d'eau dans la mer », par rapport à ce qui va suivre...
35. Cliquez sur une autre étoile, n'importe laquelle, et faites [C] puis [F] pour verrouiller sur elle, puis un clic-droit-glisser. Le nombre d'étoiles est très grand : 200 milliards, rien que dans notre galaxie. Trouvez –en une qui est à plus de 1000 al et recommencez [C], puis [F], puis clic-droit-glisser. Notez son nom et sa distance dans la feuille de réponses.
36. Qu'est-ce qu'une étoile ? Eh bien c'est une énorme boule de gaz. Ce gaz n'est pas en train de brûler comme on l'a cru longtemps, comme brûlerait le gaz de votre gazinière, mais il subit des réactions nucléaires, des réactions de fusion thermonucléaires, comme celles qui ont lieu dans une bombe atomique. Ce sont ces réactions qui permettent de dégager autant d'énergie, et pendant aussi longtemps. Le Soleil existe depuis 5 milliards d'années et pour 5 milliards d'années encore.
37. Examinons une étoile un peu spéciale : Bételgeuse. Comparons Bételgeuse et le Soleil : cliquez [ici](#) pour voir Bételgeuse. Remarquez sa couleur. Dans Celestia, faites [ctrl-U] pour couper la vue en deux. Cliquez dans la partie droite, puis [ici](#). Bételgeuse et le Soleil sont vus tous les deux depuis la même distance d'environ 8 ua.
38. On se rend compte que Bételgeuse est beaucoup plus grosse que le Soleil : en fait son rayon est 546 fois plus grand que celui du Soleil : si Bételgeuse était à la place du Soleil, l'orbite de la Terre serait dans l'étoile !! C'est pourquoi Bételgeuse est appelée une super géante rouge. Les astronomes ont depuis longtemps classés les étoiles en catégories, un peu comme un bestiaire. Faites [ctrl-D] pour revenir à une seule vue.

### 7) Les galaxies et Au-delà

39. Pour l'instant nous avons fait une balade dans une assez petite région autour du Soleil : dans un rayon d'environ 1000 al. Nous avons ainsi parcouru 1/400 000 000ème (un quatre cent millionième) de la distance entre la terre et le point le plus éloigné de l'univers observable dans un télescope. Allons un peu plus loin : prochaine étape : les galaxies.
40. Qu'est-ce qu'une galaxie ? Allez à la fiche de réponse et notez ce que vous pensez que c'est.
41. Cliquez [ici](#). Vous êtes très très loin de la Terre, devant notre galaxie, la Voie lactée. C'est un énorme groupe d'étoiles, de poussière de planètes et de gaz. Le Soleil, le système solaire et la Terre sont quelque part dans ce gigantesque amas. Eh oui, cet amas diffus est en fait constitué de milliards d'étoiles, environ 100 à 200 milliards.
42. Pour vous rendre compte de la taille de la galaxie, cliquez [ici](#). Vous vous trouvez face à la Terre avec la voie lactée à l'arrière plan. Nous allons sortir de la galaxie en utilisant nos « moteurs impossibles » et en les poussant vraiment jusqu'à des vitesses gigantesques. Appuyer sur [A] pour mettre les moteurs en marche, puis sur [Q] pour inverser la poussée et partir en arrière. Puis, restez appuyé longuement sur la touche A jusqu'à atteindre la vitesse incroyable de 15 ou 20 al/s (notée ly/s dans le coin inférieur gauche de l'écran). Vous voyez le Soleil s'éloigner, ainsi que les étoiles. Au bout d'un moment, vous ne voyez plus d'étoiles qui défilent : Celestia ne représente « que » 100 000 étoiles, mais en fait, la voie lactée en contient 2 000 000 de fois plus !!
43. Après vous être éloigné de quelques centaines d'al, appuyez encore sur [A] pour atteindre la vitesse de 500 à 600 al/s, puis, lorsque vous êtes à environ 60 000 a.l., appuyez sur [S] pour stopper. Appuyez sur [Ctrl-K] pour mettre en évidence l'objet sélectionné, en l'occurrence la Terre : elle apparaît dans un petit losange rouge. Faites un clic-droit-glisser pour orienter la galaxie différemment et observer notre place dans la galaxie : vous êtes en train de jouer avec la Voie Lactée... ! La Voie Lactée est une galaxie spirale, et le système solaire est dans l'un des bras spiral, le bras d'Orion.
44. Vous avez sans doute remarqué que l'espace semble vide autour de la voie lactée. Rendez-vous [ici](#), pour mieux s'en rendre compte. Nous sommes alors à 100 000 al « au-dessus » de la Voie Lactée. Sur la droite, on distingue une autre galaxie spirale, en fait, notre voisine, j'ai nommé M31, ou la Galaxie d'Andromède. Faites un clic gauche dessus afin de voir sa distance et notez-la sur la feuille de réponses.
45. Si vous vous déplacez à la vitesse de la lumière, il vous faudrait 3 millions d'années pour l'atteindre, et si vous vous déplacez à la vitesse de la navette spatiale de la NASA, et bien il vous faudrait... plusieurs milliards d'années pour l'atteindre. Dans Celestia c'est plus simple : appuyer sur [G] pour y aller, et faite un clic-droit-glisser. Admirez la belle spirale et remarquez qu'elle possède deux compagnons plus petits : ce sont aussi des galaxies, satellites d'Andromède, nommées M32 et M110.

46. Peut-être vous dites-vous que nous ne devons pas être loin du bout de l'univers. En fait, nous n'en sommes même pas proche (du bout de l'univers) : nous avons découvert la galaxie voisine de la nôtre, mais l'univers contient environ 120 milliards de galaxies. Nous ne pouvons pas vraiment les compter, ce nombre n'est qu'une estimation à partir de photographies.
47. C'est ici que les moteurs de notre vaisseau nous abandonnent. Nous ne pourrions pas aller plus loin. Mais pour vous donner une idée de cette myriade de galaxies, regardez cette incroyable photo prise par le télescope spatial Hubble d'une toute petite portion du « ciel profond ». Cette portion du ciel n'est pas plus grande que la taille d'un grain de sable tenu à bout de bras.
48. Seuls quelques-uns de ces points sont des étoiles : la plupart sont des galaxies situées bien plus loin qu'Andromède. Mais ces galaxies ne sont pas représentées dans Celestia pour des problèmes de puissance de calcul des ordinateurs. Rappelez-vous que chaque galaxie contient des milliards d'étoiles, et qu'il y a des milliards de galaxies.
49. L'univers a-t-il une fin ? Question difficile à laquelle aucune réponse définitive n'a encore été apportée. Une estimation récente propose que l'univers aurait un « diamètre » de 180 milliards d'années lumière. Mais certains scientifiques pensent que l'univers est infini, ou bien qu'au-delà de notre univers, d'autres univers existeraient, comme autant de « bulles » isolées les unes des autres.
50. En revanche, on sait que notre univers a un âge qui est estimé autour de 13 à 15 milliards d'années. En effet, toutes les galaxies s'éloignent les unes des autres, à l'image de pépites de chocolat dans un gâteau qui serait en train de gonfler dans le four. C'est l'astronome Edwin Hubble qui a découvert en 1930 cette expansion de l'univers : la conclusion logique qui en découle est que dans le passé, l'univers était plus petit, et donc plus chaud, et plus dense.
51. Les successeurs de Hubble ont élaboré la théorie du Big Bang qui a été depuis corroborée par de nombreuses observations et qui est admise par la grande majorité des physiciens..., mais ceci est une autre histoire.



### III. Questions

---

#### 1) La Terre et ses alentours

1. Dans quelle direction doit-on se déplacer pour atteindre le Soleil levant ?
2. Quelle est la distance Terre Lune ?
3. Donner la définition d'une unité astronomique (au)?
4. Quelle est la vitesse de la lumière, en km/s?
5. Combien de temps faudrait-il à un rayon de lumière pour aller de la Lune à Jupiter ?
6. Qu'y a-t-il de particulier à la surface de Io ?
7. De quoi sont formés les anneaux de Saturne ?
8. Quelle est la température dans l'espace aux limites du Système Solaire ?

#### 2) Vers les étoiles

9. Comment s'appelle l'étoile la plus proche de nous, hormis bien sûr notre Soleil ?
10. Donnez la définition d'une année-lumière ?
11. Convertir une année lumière en km?
12. A quelle distance se trouve alpha du Centaure, en al ? Et en km ?
13. A la vitesse de Voyager I, combien de temps faudrait-il à un vaisseau pour atteindre cette étoile ?
14. Donner le nom d'une étoile à plus de 1000 a.l. Quelle est sa distance ?
15. Dans quelle catégorie d'étoiles range-t-on Bételgeuse ?

#### 3) Le monde des galaxies

16. Qu'est-ce qu'une galaxie ?
17. Quel est le nom que nous avons donné à notre galaxie ? Combien d'étoiles contient-elle ? Quel est son diamètre ?
18. Dans quel bras de notre galaxie sont situés le Soleil, la Terre, et tout le système solaire ?
19. A quelle distance se trouve M31, la galaxie d'Andromède ?
20. A combien évalue-t-on le nombre de galaxies dans notre univers ?
21. Quel âge a notre univers ?
22. Qu'est-ce que le Big Bang ?

### IV. Pour en savoir plus

---

- Pour télécharger Celestia : <http://www.shatters.net/celestia/>
- Pour obtenir des plugins (d'autres étoiles, les planètes de « Star Wars », les vaisseaux de « 2001, l'odyssée de l'espace »...) : <http://www.celestiamotherlode.net/>

### V. Commandes de contrôle Souris/Clavier pour Celestia

#### Commandes de contrôle Souris :

Clique-gauche maintenu avec déplacement : orienter la caméra

Clique-droit maintenu avec déplacement : orbiter l'objet sélectionné

Roulette : ajuster la distance par rapport à la sélection

Clique-droit + Clique-gauche maintenus avec déplacement : ajuster la distance par rapport à la sélection

Ctrl + Clique-gauche maintenu avec déplacement : ajuster la distance par rapport à la sélection

Maj + Clique-gauche maintenu avec déplacement : changer le champ de vue (ex. => vue télescopique)

Clique-roulette : basculer le champ de vue entre 45 degrés et le champ précédent (ex. => vue télescopique)

Clique-gauche : sélectionner un objet

Double clique-gauche : centrer la sélection

Clique-droit : afficher le menu contextuel

#### Commandes de contrôle (raccourcis) Clavier :

##### **Navigation :**

H : Sélectionner le Soleil (Home)

C : Centrer l'objet sélectionné (Center)

G : Aller à l'objet sélectionné (Goto)

F : Suivre l'objet sélectionné (Follow)

Y : Se mettre en orbite synchrone par rapport à l'objet sélectionné

: : Verrouiller l'objet sélectionné

" : Chasser l'objet sélectionné (l'orientation est basée sur la vitesse de la sélection)

T : Pister l'objet sélectionné (garder l'objet sélectionné centré sur l'écran)

DEBUT : Se rapprocher d'un objet

\* : Vue à 180° (regarder en arrière)

FIN : S'éloigner d'un objet

Echap : Annuler un déplacement ou un script

Maj+C : Centrer/orbiter -- centrer l'objet sélectionné sans changer la position de l'objet de référence.

Flèches directionnelles Gauche / Droite : Pivoter la caméra dans le plan de l'écran

Flèches directionnelles Haut / Bas : Pivoter la caméra dans un plan vertical

Maj+Flèches : Orbiter un objet

1-9 : Sélectionner les planètes présentes autour d'une étoile

##### **Temps :**

Espace : Arrêter le temps

L : Accélérer le temps > 10x plus vite

K : Ralentir le temps > 10x moins vite

J : Inverser le temps

! : Régler le temps sur la date actuelle

? : Afficher le temps de trajet de la lumière entre l'observateur et l'objet sélectionné

- : Activer / Désactiver l'inclusion du temps de trajet de la lumière dans la date de simulation actuelle.

##### **Affichage des Noms et Repères :**

= : Activer / Désactiver l'affichage du nom des constellations

B : Activer / Désactiver l'affichage du nom des étoiles

E : Activer / Désactiver l'affichage du nom des galaxies

M : Activer / Désactiver l'affichage du nom des lunes

W : Activer / Désactiver l'affichage du nom des comètes et astéroïdes

N : Activer / Désactiver l'affichage du nom des astronefs

P : Activer / Désactiver l'affichage du nom des planètes

& : Activer / Désactiver l'affichage du nom des repères

V : Basculer entre les différents niveaux d'affichage du texte d'information

##### **Options de rendu :**

I : Activer / Désactiver l'affichage des textures de nuages

U : Activer / Désactiver l'affichage des galaxies

O : Activer / Désactiver l'affichage des orbites des planètes

/ : Activer / Désactiver l'affichage des constellations

^ : Activer / Désactiver l'affichage des nébuleuses  
% : Basculer entre les différentes tables de couleur des étoiles  
; : Activer / Désactiver l'affichage de la grille céleste  
[ : Si Magnitudes Automatiques DESACTIVÉES : baisser la magnitude limite (moins d'étoiles visibles)  
Si Magnitudes Automatiques ACTIVÉES : baisser la magnitude limite à 45°  
] : Si Magnitudes Automatiques DESACTIVÉES : augmenter la magnitude limite (plus d'étoiles visibles)  
Si Magnitudes Automatiques ACTIVÉES : augmenter la magnitude limite à 45°  
{ : Diminuer l'intensité de la lumière ambiante  
} : Augmenter l'intensité de la lumière ambiante  
( : Diminuer la luminosité des galaxies indépendamment de celle des étoiles  
) : Augmenter la luminosité des galaxies indépendamment de celle des étoiles  
, : Réduire le champ de vue  
. : Élargir le champ de vue  
Retour arrière : Annuler la sélection courante  
Ctrl+A : Activer / Désactiver l'affichage des atmosphères  
Ctrl+B : Activer / Désactiver l'affichage des limites des constellations  
Ctrl+E : Activer / Désactiver l'affichage du rendu des ombres des éclipses  
Ctrl+K : Activer / Désactiver l'affichage des marqueurs  
Ctrl+L : Activer / Désactiver l'affichage des textures nocturnes  
Ctrl+P : Activer / Désactiver le marquage de l'objet sélectionné  
Ctrl+S : Basculer entre les différents styles de rendu des étoiles : points flous, points, échelles de disques  
Ctrl+T : Activer / Désactiver l'affichage du rendu des queues des comètes  
Ctrl+V : Basculer entre les différents chemins de rendu supportés  
Ctrl+W : Activer / Désactiver l'affichage en mode "fil de fer"  
Ctrl+X : Activer / Désactiver l'anticrénelage  
Ctrl+Y : Activer / Désactiver les Magnitudes automatiques = adaptation automatique de la visibilité des étoiles en fonction du champ de vue  
r R : Diminuer ou augmenter la résolution des textures  
+ : Basculer entre les textures "artistique" et "monde connu" des planètes

### Vues multiples :

Ctrl+R : Scinder la vue verticalement  
Ctrl+U : Scinder la vue horizontalement  
TAB : Basculer entre les différentes vues actives  
DEL : Supprimer la vue active  
Ctrl+D : Supprimer toutes les vues sauf la vue active

### Voyage spatial :

F1 : S'arrêter  
F2 : Régler la vitesse sur 1 km/s  
F3 : Régler la vitesse 1,000 km/s  
F4 : Régler la vitesse sur celle de la lumière  
F5 : Régler la vitesse sur 10x la vitesse de la lumière  
F6 : Régler la vitesse 1 ua/s  
F7 : Régler la vitesse 1 al/s  
A : Augmenter la vitesse  
Z : Diminuer la vitesse  
Q : Inverser la direction du déplacement  
X : Régler la direction du déplacement vers le centre de l'écran

### Clavier numérique :

4 : Virer à gauche  
6 : Virer à droite  
8 : Pivoter vers le bas  
2 : Pivoter vers le haut  
7 : Pivoter vers la gauche  
9 : Pivoter vers la droite  
5 : Arrêter la rotation

### Manette de jeu :

axe X : Pivoter horizontalement  
axe Y : Pivoter verticalement  
bouton de gauche : Pivoter vers la gauche  
bouton de droite : Pivoter vers la droite  
bouton 1 : Plus lentement  
bouton 2 : Plus vite

### Autres :

D : Lancer la démo  
F8 : Activer / Désactiver l'utilisation de la manette de jeu  
F10 : Effectuer une capture d'image  
` : Afficher le nombre d'images rendues par seconde  
Entrée : Sélectionner un objet en tapant son nom  
Ctrl+C, Ctrl+Inser : Copier une URL dans le Presse-Papier