

cité
des sciences &
de l'industrie

LA VILLETTE-PARIS

À DES ANNÉES-LUMIÈRE LIGHT-YEARS AWAY

Guide du médiateur

Exposition format medium
Medium-Sized Exhibition



Grand
Large



Medium



Petit
Small



Micro



A des années lumières

Exposition itinérante

Sommaire

Les centres du monde	p. 2
Mages et princes	p. 6
Cycles du temps	p. 9
Le ciel vu de plus près	p. 12
Temps et lumière	p. 15
Voir l'invisible	p. 18
Bouquet d'étoiles	p. 21
Architecture cosmique	p. 25
L'homme dans l'univers	p. 28

1.1 L'étoile disparaît

Que faire ?

Placez votre oeil sur le viseur, visez l'étoile polaire et faites glisser le viseur le long du globe terrestre en gardant toujours l'oeil près du viseur.

Que comprendre?

En déplaçant le viseur vers le sud, on voit l'étoile polaire glisser vers l'horizon nord. Lorsqu'un observateur se déplace du nord vers le sud ou du sud vers le nord, il verra disparaître les étoiles à l'horizon. Ceci ne peut se produire que si la Terre est ronde. Dans l'hypothèse d'une Terre plate, quelle que soit la position d'un observateur, l'étoile ne changerait pas de place dans le ciel. La notion de rotondité de la terre est très ancienne. C'est Pythagore qui, vers 500 av JC émet, pour la première fois, l'hypothèse que la Terre est ronde. Ensuite, les observations quotidiennes, notamment des marins, confirmeront cette idée.

Chiffre clé : circonférence de la Terre : 40 000 Km environ.

Objectif : r

Objectif : montrer que la Terre est ronde.



Commentaire : Soit une étoile, l'étoile polaire, qui est un point de repère lointain. La Terre étant une sphère, si l'observateur se déplace en direction du sud, l'étoile se rapproche de l'horizon. Si l'observateur se trouve placé à l'équateur, l'étoile se confond avec l'horizon et disparaît dès que celui-ci aborde les latitudes négatives.

Au contraire si l'observateur se trouve non loin du pôle nord, l'étoile polaire sera vue au zénith.

Imaginons l'hypothèse suivante, une "Terre plate"; dans ce cas, quelle que soit la position ou le déplacement d'un observateur, le repère stellaire ne changera pas de place dans le ciel.

La notion de rotondité de la Terre est très ancienne puisqu'il suffisait à un marin de descendre de Massalia (40°N) à Tripoli (30°N) pour se rendre compte du changement de position de l'étoile Polaire et donc de déduire que **la Terre est ronde.**

LES CENTRES DU MONDE

Avant les Grecs, la Terre était considérée plate ou carrée pour les Chinois.

Ce sont les disciples de Pythagore (570-480 avant JC) qui énoncent les premiers la sphéricité de la Terre. Pour eux, la forme de la Terre doit répondre à celle de la sphère céleste pour des raisons de logique et d'harmonie (étant admis qu'elle s'inscrit dans un univers sphérique). Ils appuient leur démarche sur l'observation des faits : observation des étoiles, des navires quittant le port (lorsqu'il disparaît à l'horizon, seul le mat reste apparent avant de disparaître à son tour) ou des éclipses de Lune au cours desquelles l'ombre portée de la Terre sur la Lune est toujours courbe. Aristote (384-322), dans les "Météorologies" estime que la sphéricité de la Terre est prouvée par l'évidence de nos sens.

En 230 avant JC, Ératosthène calcule la circonférence de la Terre : Deux villes sur le même méridien. Lorsqu'il est juste midi (pas d'ombre portée) dans la première ville (Syène), il calcule l'angle de l'ombre portée dans la deuxième ville (Alexandrie) se situant à 5000 "stades" (mesure de distance utilisée par les Grecs, équivalent environ à 157,7m) de Syène. Sachant la distance entre les deux villes et que l'angle calculé ($7,20^\circ$) représente une fraction de 360° , en faisant une règle de trois, il déduit la distance correspondant à 360° . Son résultat est, pour l'époque, très précis : 250 000 stades correspondant à 39 425 Km de circonférence (contre 40 075 km aujourd'hui soit 2% d'erreur).

Objectif : montrer que la Terre est ronde.

Commentaire : Soit une étoile, l'étoile polaire, qui est un point de repère lointain. La Terre étant une sphère, si l'observateur se déplace en direction du sud, l'étoile se rapproche de l'horizon. Si l'observateur se trouve placé à l'équateur, l'étoile se confond avec l'horizon et disparaît dès que celui-ci aborde les latitudes négatives.

Au contraire si l'observateur se trouve non loin du pôle nord, l'étoile polaire sera vue au zénith.

Imaginons l'hypothèse suivante, une "Terre plate"; dans ce cas, quelle que soit la position ou le déplacement d'un observateur, le repère stellaire ne changera pas de place dans le ciel.

La notion de rotondité de la Terre est très ancienne puisqu'il suffisait à un marin de descendre de Massalia (40°N) à Tripoli (30°N) pour se rendre compte du changement de position de l'étoile Polaire et donc de déduire que **la Terre est ronde.**

1.2 Lumière de saisons

Que faire ?

Positionnez l'arceau selon la latitude du lieu : zone tempérée ou tropicale et zone équatoriale au milieu.

Faites bouger le Soleil pour symboliser sa marche apparente durant une journée.

Pour chaque position, en maintenant la molette sur le côté et en bougeant l'arceau, modifiez l'angle d'incidence du Soleil selon les saisons en vous aidant des rapporteurs.

Que comprendre ?

On voit ici le mouvement du Soleil tel qu'il apparaît pour un observateur terrestre.

Il y a différentes hauteurs du soleil à midi, point culminant de sa trajectoire.

Le Soleil, au mois de décembre en zone tempérée est beaucoup moins haut par rapport à l'horizon qu'à la même période en zone équatoriale.

Les saisons sont plus marquées en pays tempérés que dans les zones équatoriales.

- Le mouvement apparent du Soleil autour de la Terre est dû à la rotation de la Terre autour de son axe en 1 jour.
- Les différences d'ensoleillement selon les saisons sont dues à l'inclinaison ($23^{\circ}5'$) de l'axe de rotation de la Terre lors de sa révolution en 1 an autour du Soleil.

Objectif : montrer les différentes positions du Soleil selon l'hémisphère et les saisons.

Ici sont décrits les effets des saisons vus **depuis la Terre**.

Commentaire : soit un disque qui représente la surface terrestre, inscrit dans un cercle métallique figurant la marche journalière du Soleil.

Une bille jaune (le Soleil) est déplacée manuellement le long du cercle : c'est la journée.

Le cercle aura une amplitude de positionnement de $+ 23^{\circ}5'$ à $- 23^{\circ}5'$ autour d'une position médiane (équateur céleste). Deux positions correspondent à deux dates saisonnières importantes : été et hiver. Un second point d'attache réglable sur le plateau permet au cercle un positionnement pour différentes latitudes, ainsi le visiteur comprendra que les saisons sont plus marquées en pays tempérés que dans les zones équatoriales.

En zone équatoriale, les saisons, peu marquées, se distinguent surtout par le taux d'humidité (saisons sèches et saisons des pluies).

1.3 Une révolution

Que faire ?

Faites tourner la Terre autour du Soleil. Un tour correspond à une année. Choisissez une ville dans l'hémisphère sud ou l'hémisphère nord et suivez-la durant une révolution terrestre. Que constatez-vous ?

En faisant tourner la Terre sur elle-même, observez le passage du jour à la nuit.

Que comprendre ?

Les saisons sont inversées selon les hémisphères. Dans l'hémisphère sud, à midi, le Soleil est au nord, c'est l'inverse dans l'hémisphère nord.

La Terre tourne autour du Soleil en 1 an : C'est la révolution. L'axe de cette révolution est perpendiculaire au plan de l'orbite décrite par la Terre : plan de l'écliptique (matérialisé par le bras qui relie le Soleil à la Terre).

Mais le plan de l'écliptique et le plan de l'équateur ne coïncident pas, de même que l'axe de rotation (1 j) et l'axe de révolution (1 an) : ils forment un angle de $23^{\circ}5$. Les saisons sont directement liées à l'inclinaison de la Terre pendant son parcours autour du Soleil. Les solstices correspondent aux moments d'inclinaison maximale : été 21 juin et hiver 21 décembre. Pour l'hémisphère nord Les équinoxes aux moments d'inclinaisons intermédiaires : 22 septembre, 20 mars.

Chiffre clé :

révolution : 365j 6h 9min 10s.

Objectif : montrer les effets de la rotation de la Terre.

Principe : la Terre tourne autour du soleil, celle-ci possède un axe de rotation incliné de $23^{\circ}5$ par rapport à la perpendiculaire au plan de l'écliptique (ou plan orbital). (Cet axe de rotation considéré comme fixe, passe non loin d'une étoile brillante, "la polaire".(*voir la précession des équinoxes)).

Au cours de l'année, les deux hémisphères seront plus ou moins ensoleillés, les maximums se nomment solstices (21 juin et 21 décembre).

Les positions intermédiaires, c'est à dire lorsque la Terre est "de profil" par rapport au Soleil, se nomment "équinoxes (21 mars et 22 septembre).

Cela s'appelle **les saisons**. Les saisons sont "inversées" selon les hémisphères, le 21 juin c'est l'été dans l'hémisphère nord mais l'hiver dans l'hémisphère sud.

L'amplitude de hauteur du soleil au méridien (Midi) est de 47° soit deux fois $23^{\circ}5$.

2.1 Question de point de vue

Que faire ?

Retrouvez la constellation du Scorpion.

Par les autres fenêtres vous voyez la forme que l'on pourrait apercevoir si nous étions situés très loin de la Terre, dans un autre endroit de la Voie lactée.

Que comprendre ?

La lecture du ciel, le dessin des constellations est due à un effet de perspectives. En effet les étoiles qui forment les constellations - dessins d'étoiles - sont des astres situés très loin les uns des autres et qui sous l'effet de perspective semblent "s'aplatir" sur la sphère céleste. Ainsi, vue de la Terre, la constellation du scorpion apparaîtra sous la forme d'un scorpion - ou d'un autre objet selon l'imaginaire du spectateur. Mais il suffirait de se déplacer de quelques dizaines d'années lumières dans une direction quelconque pour ne plus la reconnaître.

Chiffre clé :

6000 étoiles visibles à l'oeil nu.

Objectif : montrer que les étoiles ne se trouvent pas sur un même plan.

Principe : les étoiles se situent à des distances **considérables et différentes** ce qui induit pour l'observateur terrestre la sensation de sphère céleste.

Il ne peut percevoir le relief ni identifier la vraie nature des sources.

Sur terre une lampe de bureau très proche et un puissant lampadaire de stade lointain pourront paraître identiques alors qu'il n'en est rien en réalité, c'est la même chose pour le monde stellaire.

Considérons une constellation connue, la Grande Ourse ou, pour les natifs de l'hémisphère austral, la Croix du Sud (ici, le Scorpion), ce sont des points lumineux d'éclat différent formant le dessin de la constellation.

Nous sommes sur terre, sous la voûte céleste.

Considérons un point de vue différent loin de la terre, là, le dessin connu disparaît.

Ici le but est de démontrer l'aspect subjectif de la vision géocentrique au profit de **la notion de points de repères**.

Pour cela, à partir de constellations très connues, une "boîte à repères" montrera de face la constellation telle que vue sur terre et de profil, les distances relatives des étoiles telles que démontrées par l'observation (la figure de la constellation disparaîtra alors).

2.2 Eclipses

Que faire ?

Eclairez le Soleil en appuyant sur le bouton jaune. Choisissez une inclinaison du plateau grâce à la poignée sur le côté et faites faire un tour complet à la Lune. Y a-t-il une éclipse à chacun de ses passages devant le Soleil ?

Que comprendre ?

Non, sinon il y en aurait tous les 28 ou 29 jours. En inclinant le plateau, vous modifiez le plan de l'orbite de la Lune autour de la Terre. Lorsque l'orbite lunaire se confond avec le plan de l'écliptique, matérialisé par le plateau bleu, l'ombre de la Lune se projette sur la terre : vu de la Terre, c'est une éclipse solaire. Si le cône d'ombre de la Terre couvre la Lune, c'est une éclipse de Lune.

Le plan orbital lunaire forme un angle d'environ 5° par rapport au plan de l'orbite terrestre : il n'est pas systématique qu'il y ait des éclipses à chaque nouvelle Lune (éclipse de Soleil) ou à chaque pleine Lune (éclipse de Lune). Des éclipses se produisent environ tous les 6 mois. Le lent balancement de l'orbite lunaire produit un cycle d'éclipses totales appelé Saros.

Chiffre clé :

cycle du Saros = 18,6 ans.

Objectif : expliquer le phénomène des éclipses de lune et de soleil.

Principe : cacher, occulter, éclipser. Un observateur est balayé par l'ombre de la lune, c'est une éclipse de soleil.

L'ombre de la terre couvre notre satellite, c'est une éclipse de lune.

Si les plans orbitaux de la Terre et de la Lune étaient confondus nous observerions une éclipse de soleil à chaque nouvelle lune et une éclipse de lune à chaque pleine lune.

Or ce n'est pas le cas !

Le couple Terre-Lune tourne autour du Soleil en un an, la rotation orbitale de la Lune autour de la Terre est de 27j 7h 43min 11s.

Deux points de repère sont très importants :

1) le plan de l'écliptique, c'est le plan orbital des planètes assimilable à un disque "plat". (en réalité d'une épaisseur angulaire de $+ou - 3^\circ$).

2) Le plan de l'orbite lunaire qui forme un angle de 5° par rapport à l'écliptique.

La relation entre 1 et 2 est déterminante pour la constitution des cycles d'éclipses.

Les points de contacts entre 1 et 2 se nomment "noeuds".

Le plan orbital de la Lune est en rotation lente et les éclipses se produisent lorsque les "noeuds" sont dans l'alignement Soleil-Terre, c'est à dire tous les 18,6 ans. C'est le cycle du Saros (voir également cycle de Méton).

En dehors de ces périodes la Lune passe "en dessous ou au dessus" de la Terre, il n'y a donc pas d'éclipse.

2.3 La Terre est une toupie

Que faire ?

Faites tourner le plateau qui supporte la Terre dans le sens des aiguilles d'une montre. Le globe représente la voûte céleste. Pointez l'étoile à Ursa Minor puis allez doucement jusqu'à l'étoile à Lyra. Vous simulez ainsi le mouvement de toupie de la Terre durant environ 13000 ans.

Que comprendre ?

La Terre est inclinée de $23,5^\circ$ par rapport au plan de l'écliptique et, comme elle n'est pas une sphère parfaite (elle est aplatie aux pôles), elle se comporte comme une toupie : son axe de rotation modifie son orientation et tourne autour de l'axe de l'écliptique. La Terre met 25 760 ans pour effectuer cette précession. Ainsi, selon les époques, la Terre ne vise pas forcément ce qu'on appelle aujourd'hui l'étoile polaire (à Ursa Minor). Il y 1200 ans c'était une étoile de la constellation de la Girafe qui servait de Nord aux Vikings, dans environ 13000 ans ce sera à Lyra (Véga).

Le point vernal : point d'intersection entre l'équateur céleste et le plan de l'écliptique (filets rouges), varie donc également : c'est la précession des équinoxes. Il traverse une nouvelle constellation zodiacale tous les 2140 ans : une pierre dans le jardin des astrologues !

Chiffre clé : mouvements de la Terre : nouvelles cartes du ciel tous les 50 ans.

Objectif : expliquer la précession des équinoxes

Principe : le couple Terre-Lune est une fronde ou plutôt un couple de danseurs languides, notre planète est "perturbée" avec bonheur par son satellite.

Ainsi, l'un des effets secondaires de cette situation est le mouvement de précession des équinoxes.

C'est la lente rotation de l'axe de la Terre dont l'amplitude est de 47° . Le tour complet s'effectue en 25770 années.

Aujourd'hui l'axe des pôles vise au nord l'étoile polaire mais dans 14000 ans celui-ci visera dans la direction de l'étoile Véga.

Cela se traduit également par la lente dérive des points d'équinoxes vers l'ouest de $50''$ d'arc (intersection entre plan de l'écliptique et équateur céleste, ex : le 22 septembre, équinoxe d'automne qui se nomme point vernal ou point g).

En 25770 ans ce point g aura parcouru tout le zodiaque.

(C'est le gros caillou dans le jardin des astrologues, le point vernal il y a 6000 ans était dans le taureau le 22 septembre, il est aujourd'hui dans les poissons!).

3.1 Heures solaires

Que faire ?

Allumez la lampe. Tournez la Terre portant les cadrans solaires.
Lorsqu'il est midi à Paris, quelle heure est-il à Ankara (Turquie) ?
Pour trouver, lisez le cadran solaire correspondant.
Comparez avec les autres cadrans solaires.

Que comprendre ?

La Terre est éclairée par le Soleil lorsqu'elle tourne sur elle-même : il ne peut pas être midi en même temps partout sur Terre.
L'heure solaire est donnée par la position de l'ombre sur le cadran solaire.
Les stylets des cadrans sont orientés en fonction de la latitude de leur positionnement.
L'heure légale n'est pas l'heure solaire.
Dans des pays de très grandes tailles comme les Etats-Unis ou la Russie, il peut y avoir jusqu'à onze heures de décalage entre les parties occidentales et orientales du pays. Pour la France, pays de petite taille, une heure légale unique suffit. Cependant lorsqu'il est midi en heure solaire à Strasbourg, il n'est que onze heures à Brest.

• Heure légale = Heure solaire + E + L + C

E = correction apportée selon la date correspondant à la variation de la vitesse de la Terre autour du Soleil

L = longitude du lieu

C = correction légale du pays,
1 ou 2 heures selon les saisons

Chiffre clé :

rotation de la Terre autour de son axe
= 23,9 h.

Objectif :

montrer une façon de découper le temps en utilisant un cadran solaire.

Principe :

L'heure légale est égale à l'heure solaire + (E) équation du temps (correction apportée selon la date correspondant à la variation de la vitesse de la terre autour du soleil) + (L) longitude du lieu + (C) correction légale du pays (1 heure ou deux en plus selon les saisons).

$$H_{\text{légale}} = H_{\text{solaire}} + E + L + C$$

3.2 Quel jour êtes vous né ?

Que faire ?

A l'aide du calendrier perpétuel trouvez le jour de votre naissance.

Positionnez le mois, le siècle et l'année de la date de votre naissance. A partir de la date, suivez la ligne jusqu'aux jours de la semaine.

A l'aide de la calculette, vous pouvez convertir une date quelconque dans d'autres calendriers. Pour débiter, appuyez sur "ENT", puis sur la touche de votre calendrier usuel (grégorien ou musulman).

Ensuite, composez votre date de naissance. Puis appuyez sur la touche du calendrier dans lequel vous souhaitez la convertir.

Que comprendre ?

Les calendriers sont une base de découpage du temps qui est imprégnée voire assujettie aux principes religieux en vigueur dans chacun des pays. Aujourd'hui coexistent les calendriers grégorien, musulman, israélite et chinois.

Cependant pour correspondre à la réalité astronomique, que de tâtonnements !

Ainsi, le calendrier Julien (de Jules César), utilisé jusqu'en 1582 en occident présentait un décalage trop important avec les saisons.

Le calendrier grégorien corrige ce décalage.

Chiffre clé :

année tropique = 365 j 5 h48 m 46 s.

Objectif :

se rendre compte des écarts entre les calendriers usuels et la réalité astronomique, comparaison des différents calendriers.

Principe :

conversion de dates et calcul des concordances entre les calendriers.

Descriptif :

1 calendrier perpétuel pour chercher, à partir d'une date choisie, un jour dans le passé ou dans l'avenir.

1 calculette programmée pour convertir une date de calendrier grégorien en date de calendrier musulman ou julien.

3.3 A l'horizon

Que faire ?

Vous êtes un navigateur solitaire. C'est la nuit et vous désirez savoir où vous êtes. La position de votre bateau forme un angle avec l'étoile : mesurez-le grâce au rapporteur. Déplacez votre bateau le long de l'horizon terrestre et notez à nouveau l'angle formé avec l'étoile.
Que constatez-vous ?

Que comprendre ?

Lorsqu'un navigateur vise une étoile à l'aide d'un appareil muni d'un rapporteur, en général un sextant ou un octant, il constate pour une heure donnée, toujours la même, qu'en raison du déplacement du bateau, les angles qu'il va mesurer seront différents. La mesure de l'angle et la précision de l'heure sont déterminantes pour le positionnement sur la sphère terrestre. Ainsi donc, les marins ont eu besoin, jusqu'à l'invention des balises et des satellites : d'une horloge de précision et d'un sextant ou octant suffisamment précis.

Chiffre clé :

étoile la plus proche à 4 années-lumière.

Objectif :

se repérer, mesurer, évaluer, déduire.

Les objets astronomiques sont presque tous inaccessibles à la mesure directe (sauf cas d'objets proches tels que les planètes par échos radar ou autres).

D'autre part ceux-ci peuvent (pouvaient servir) comme points de repères pour la navigation ou la réalisation de cartes géographiques.

Selon le type d'expérience, navigation ou/et astrométrie, deux systèmes de mesures seront déterminants : Le temps et les valeurs angulaires permettent de déterminer sa position en mesurant des angles.

4.1 Les phases de Vénus

Que faire ?

Regardez dans la sphère en appuyant sur le bouton jaune.
Avec la poignée dorée, faites tourner doucement la planète Vénus autour de la source lumineuse, le Soleil.

Que constatez-vous ?

Que comprendre ?

Comme Galilée, vous constatez que Vénus présente des phases analogues à la Lune.

Vénus passe tantôt devant le Soleil, tantôt derrière : elle tourne autour du soleil.

La Terre tourne aussi autour du soleil.

Si c'était le soleil qui tournait autour de la terre il faudrait qu'il aille faire un tour autour de Vénus puis autour de Mercure, planètes qui présentent des phases analogues à la Lune, pour qu'on constate le même effet.

Deux autres découvertes de Galilée sont en faveur de l'héliocentrisme :

- en découvrant les montagnes de la Lune il montre que la Lune ressemble à la Terre : la Terre n'est pas un astre unique.

- il découvre les 4 satellites de Jupiter qui tournent autour de leur planète elle même en mouvement.

Pourquoi n'en serait-il pas de même pour la Lune avec la Terre ?

Objectif :

montrer que les planètes tournent autour du soleil.

Principe :

un observateur terrien constate que Mercure et Vénus (ou Mars et la Terre) montrent des phases.

C'est la preuve de l'héliocentrisme.

4.2 L'influence de la lune

Que faire ?

Faites tourner la Lune autour de la Terre et observez le mouvement du bourrelet océanique.

Que comprendre ?

Le bourrelet océanique fait toujours face à la Lune d'un côté et de l'autre de la Terre.

L'attraction de la Lune est la responsable des marées.

Les marées sont, en fait, une vibration entretenue par la masse de la Lune tournant autour de notre planète.

Les grandes marées sont provoquées par la conjonction de l'attraction lunaire et solaire.

Il existe également des marées continentales au cours desquelles les continents se soulèvent de + ou - 40 centimètres tous les jours, nous ne nous en apercevons heureusement pas.

La Lune freine la Terre, sans elle, les journées auraient 8 heures et les vents souffleraient à 160 Km/h.

Chiffre clé :

distance moyenne Terre-Lune = 384 401 Km.

Objectif :

visualiser le phénomène des marées océaniques.

Principe :

la Lune produit sur la terre une action gravitationnelle qui se traduit par un bourrelet océanique et terrestre.

Ce sont les marées.

C'est en quelque sorte une lente vibration entretenue.

4.3 Lumière décomposée

Que faire ?

Allumez la lampe, tournez le prisme et essayez d'obtenir, comme l'a fait Newton en son temps, un spectre continu de lumière blanche.

Que comprendre ?

Bien avant Newton, les hommes avaient constaté l'existence de l'arc-en-ciel.

C'est Newton qui scientifiquement a commencé l'exploration de ce qu'on appelle aujourd'hui le spectre de la lumière solaire.

La lumière solaire, ou lumière blanche, est un ensemble de longueurs d'ondes mélangées.

Lorsque cette lumière "mélangée" passe à travers un prisme, les lumières se mettent les unes à côté des autres comme sur une palette d'artiste.

• La lumière blanche est formée de couleurs que l'on peut restituer grâce aux prismes, ou grâce à tout objet permettant une dispersion des couleurs (par exemple un disque C.D).

Objectif :

montrer la composition de la lumière blanche telle qu'elle a été découverte par Newton.

Principe :

la lumière blanche est en réalité un mélange de plusieurs couleurs, lesquelles sont induites par des gradients de températures et différents composés chimiques de la source.

Telle quelle, la source n'offre que peu d'informations aussi est-il nécessaire de reconstituer l'ordre des radiations.

Cela s'apparente à une partition musicale ou à un piano reconstruit à partir d'un mélange de notes ou de mécanismes.

5.1 Typologie des ondes

Que faire ?

Les ressorts symbolisent différentes ondes lumineuses.

Chaque perle de couleur est un photon.

Le diamètre des ressorts correspond à l'amplitude du mouvement effectué par le photon.

Le nombre de spires correspond au nombre de mouvements pour une longueur donnée (fréquence).

Comparez les trois ressorts,

Quelle est l'onde la plus chaude, la bleue, la rouge ou la jaune ?

Que comprendre ?

En Physique, la longueur d'onde est un rapport entre la fréquence et la vitesse de la lumière.

Elle est inversement proportionnelle à la fréquence. C'est aussi la distance parcourue par l'onde pendant une période d'oscillation.

La lumière bleue a une fréquence très élevée donc une longueur d'onde petite.

Lorsqu'on se décale vers les parties rouges du spectre, c'est l'inverse : la fréquence est de moins en moins importante et la longueur d'onde est plus grande.

L'énergie du photon dépend de la longueur d'onde associée. Plus la longueur d'onde est courte, plus l'énergie est importante.

Chiffre clé :

$c = \text{vitesse de la lumière} = 300\,000 \text{ km/s}$.

Objectif :

visualiser la structure physique de la lumière.

Principe :

représentation analogique de la structure ondulatoire de la lumière, ou comment monter une onde corpusculaire.

Un ressort et une bille creuse pouvant glisser le long de celui-ci, le ressort montre bien deux points importants qui sont :

- 1) la fréquence, c'est le diamètre du ressort
- 2) l'amplitude, le nombre de spires comptées en un temps donné.

Variante ou en complément :

un fil (+ perle) attaché à une manivelle de façon excentrée, on tourne la manivelle et le fil ondule. On peut visualiser le cheminement de l'onde sur le fil.

5.2 Thermomètre à infrarouge

Que faire ?

Le pyromètre mesure la température d'un corps sans contact direct avec celui-ci, uniquement grâce au rayonnement infrarouge émis par la source.

En appuyant sur le petit bouton noir, mesurez, en changeant l'orientation du pyromètre, la température de différentes sources.

Que comprendre ?

Les sources ne sont pas forcément visibles.

Ainsi le corps humain émet surtout dans le domaine de l'infrarouge aux environs de 30°.

Une source lumineuse visible est beaucoup plus chaude qu'une source infrarouge.

Plus la fréquence augmente, plus l'énergie véhiculée est importante (voir la "Typologie des ondes").

Chiffre clé :

T° de l'univers : 3°Kelvin = -270° Celsius.

Objectif :

visualiser le rapport existant entre les différentes longueurs d'ondes et l'énergie de la matière observée.

Principe :

Lorsque l'intensité lumineuse augmente, l'ampoule change de couleur et sa température (donc l'énergie libérée) augmente.

Différentes sources de chaleur ou d'ondes sont associés à leur spectre réel et à la température ou l'énergie dégagée.

Prescriptif :

utilisation d'un petit pyromètre.

Selon l'intensité du courant on observe une variation du flux lumineux associée à une variation de couleurs et de température.

5.3 Relations espace-temps

Objectif :

illustrer le principe de la relativité générale.

Principe :

La "réalité" peut être différente selon différents "points de repères".

-Le paradoxe de Langevin:- La pierre angulaire de la théorie de la relativité c'est la constante c (vitesse de la lumière).

On parle de vitesse relativiste lorsqu'on se rapproche de C .

La conséquence troublante de la relativité est la compression du temps.

L'écoulement du temps se ralentit significativement au voisinage de C ou très près d'une masse infinie ce qui est équivalent.

-Voici un couple de jumeaux, l'un d'eux est un astronaute utilisant un vaisseau spatial dont les moteurs fonctionnent à l'anti-matière (Conversion Matière-Energie à 100%).

Cela permet à notre voyageur d'accéder à une vitesse de $0,999 C$ (après accélération progressive) et cela implique une masse qui tend vers l'infini pour son véhicule et lui-même.

Pour le voyageur il ne se passe rien de particulier hormis une vision étrange de l'univers à travers les hublots du vaisseau.

Le temps s'écoule normalement les heures sont les heures,

"Vulnerant omnes ultimat necat"

Alors quid ?

Le temps s'écoule différemment selon les référentiels, ainsi le temps du référentiel "vaisseau" passe 22* plus lentement que pour le référentiel "terre". Deux années pour le jumeau cosmonaute en seront 44 pour le jumeau terrien !

6.1 La masse cachée.

Que faire ?

En manipulant la poignée de la tige, déplacez la bille transparente. Faites la passer au dessus d'une des tâches jaunes situées au fond du récipient. Que se passe t-il ?

Que comprendre ?

La bille transparente fait ici office de lentille.

Elle simule l'effet produit par une grande masse invisible située entre l'observateur et un objet lointain.

On ne connaît environ que 20 % de la masse totale de l'univers, mais aujourd'hui, on révèle dans le cosmos des arcs lumineux dits arcs d'Einstein.

Ils sont en réalité dus à la présence d'énormes masses gravitationnelles indétectables qui, par leur présence, courbent le rayonnement lumineux issu de galaxies très lointaines et déforment leur image.

Si on calcule correctement les coefficients de déformation de ces arcs d'Einstein, on peut en déduire l'importance de la masse qui produit cette déformation.

Chiffre clé :

1 année-lumière
= 9 454 254 955 500 Km.

Objectif :

montrer de quelle façon a été découverte la masse cachée.

Principe :

un objet non visible peut, s'il est suffisamment massif, dévier les rayons lumineux.

Lorsqu'il s'interpose entre l'observateur et une source lumineuse lointaine, il révèle une image déformée (arcs d'Einstein).

Descriptif :

on utilise le principe de lentille gravitationnelle qui permet d'évoquer la présence de masse cachée.

Un récipient opaque rempli d'un liquide et comprenant au fond de celui-ci une petite image de galaxie (une fente laisse passer la lumière de façon à éclairer l'image) + un œilleton.

Une lentille de même indice de réfraction que le liquide (donc invisible) est fixée sur un axe mobile en translation.

On déplace celle-ci et l'image de la galaxie apparaît différemment lorsque les 2 objets sont dans l'axe optique.

6.2 Spectroscopie.

Que faire ?

Prenez le cylindre et observez le spectre solaire en regardant dans le tube. Repérez les 2 raies d'absorption qui représentent le "doublet du sodium".

Que comprendre ?

La source spectrale d'une étoile est son coeur, extrêmement chaud, entouré d'un corps froid : son atmosphère.

Le coeur du soleil atteint 16 millions de degrés alors que sa surface 6000°C seulement.

Sur un fond arc-en-ciel se trouvent des petites raies que l'on appelle raies d'absorption qui sont la signature des éléments chimiques constituant l'étoile.

Le fameux doublet du sodium, facilement reconnaissable, est équivalent en spectroscopie au "la" musical.

La spectroscopie, qui permet une étude approfondie d'une source, peut être utilisée à d'autres fins que l'étude des étoiles.

Le spectromètre permet de détecter différentes matières, notamment dans la recherche d'indices en police scientifique ou en mécanique pour l'analyse d'huiles industrielles par exemple.

Chiffre clé :

une étoile = 92 % d'hydrogène,
7% d'hélium,
0,001% d'azote, néon, ...

Objectif :

vision de spectres différents selon la composition des gaz.

Principe :

comparaison d'un spectre continu de lumière blanche avec un spectre de gaz (le Xénon). Un écran fluorescent permet en outre de visualiser des longueurs d'ondes invisibles à l'oeil nu, les UV.

Descriptif :

dans une boîte laissant apparaître les différents éléments sont placés la source lumineuse, le spectroscope + un écran à deux faces.

6.3 Les couleurs du déplacement

Que faire ?

En tirant sur la manette, sur le côté, déplacez la galaxie dans un sens ou dans un autre.

Que comprendre ?

Si une source est en mouvement, lorsqu'elle se rapproche de nous, il y a compression du front d'ondes. Lorsqu'elle s'éloigne, il y a dilatation du front d'ondes. C'est ce qui se passe quand on entend passer une voiture de pompiers, un avion, une mobylette ou une fanfare.

Ici, le ressort et la bille symbolisent le rayonnement du sodium, dont on retrouve le doublet sur un fond de spectre continu.

Lorsque la galaxie en mouvement se rapproche de l'autre, le doublet du sodium se décale vers la partie bleue du spectre. Lorsqu'au contraire, elle s'en éloigne, le doublet se décale vers la partie rouge.

En observant les galaxies, on constate en général que leur spectre se décale vers le rouge : les galaxies s'éloignent. Cet éloignement a donné naissance à l'élaboration d'un coefficient appelé red-shift décalage spectral vers le rouge. Si on le met en rapport avec les constantes cosmologiques on peut déduire la vitesse de fuite et la distance des galaxies.

Chiffre clé :

Andromède est à 2,3 millions d'années-lumière de la Voie lactée.

Objectif : expliquer l'effet Doppler/Fizeau dans le cadre de son utilisation pour déterminer les distances des galaxies.

Principe : imaginons une source sonore jouant le "la", cette source est au repos devant nous. Si l'on place notre instrument sur un support mobile en translation sur une distance significative, l'auditeur fixe, celui-ci entendra par exemple un "si" lorsque la source se rapproche et un "sol" lorsqu'elle s'éloigne. *C'est l'effet Doppler/Fizeau.*

Dans un cas il y a compression du "front d'onde" dans l'autre dilatation de celui-ci.

Ce phénomène est mis à profit dans le domaine de la spectroscopie pour la détermination des distances des galaxies lointaines.

Ici les "notes de musiques" sont des raies spectrales dûment identifiées tels que: doublets du sodium, etc.

Lorsqu'on observe une galaxie, les raies qui, sur un spectre de référence, doivent se situer à une place déterminée, se trouvent décalées vers la partie rouge du spectre galactique proportionnellement à la vitesse de récession de celle-ci.

En effet la plupart des galaxies observées s'éloignent de nous, c'est la résultante du "Big bang".

La partie rouge du spectre, c'est le domaine des grandes longueurs d'ondes, en musique on parlerait de "graves".

Le coefficient de décalage des raies spectrales ou "redshift" permet de déduire la vitesse de l'objet et donc sa distance en appliquant la constante de Hubble.

Descriptif : un tableau animé comprenant en partie haute, une bille symbolisant une source (par exemple : le sodium), de part et d'autre de celle-ci un ressort (figurant l'onde) fixé sur les parois latérales du tableau.

Au milieu du tableau, un spectre est représenté sur lequel peut "glisser" une paire de barrettes représentant le doublet du sodium. Barrettes et billes seront reliées.

En partie "basse" du tableau, la voie lactée est dessinée entourée d'autres galaxies.

Celles-ci sont associées à leurs spectres lesquels sont recouverts d'un petit plexiglas transparent sur lequel sont tracées quelques raies caractéristiques.

Galaxie et plexiglas sont reliés; une tige permet au visiteur "d'éloigner" les galaxies de la voie lactée et là il constate le "redshift".

Si possible, pour compléter la manip, un dispositif sonore (magnétophone) permettra aux visiteurs d'entendre des évocations de l'effet Doppler/Fizeau, comme un avion qui passe ou une moto.

7.1 Rapport de tailles : échelle et distances (la bobine à dérouler + maquette avec loupe)

Que faire ?

Sur le plateau qui représente le Soleil sont posées, à la même échelle, les planètes numérotées, de 1 à 9, de la plus proche du Soleil à la plus éloignée.

Il existe deux groupes de planètes : les planètes internes, telluriques et les planètes externes, gazeuses.

Jupiter est la plus grosse des planètes. Jupiter, Saturne, Neptune et Uranus sont des planètes géantes.

Bien que classée avec elles, Pluton est la plus petite de toutes.

Saturne a les plus grands anneaux.

Les anneaux de Neptune sont plus importants que ceux d'Uranus. Mercure est la plus proche du Soleil.

Vénus et la Terre sont jumelles mais la Terre est bleue.

Mars est la plus éloignée des planètes telluriques.

Essayez, en vous aidant de ces indices, de mettre un nom sur les numéros des planètes.

Que comprendre ?

Les planètes telluriques sont des corps rocheux comportant des silicates, du fer et du magnésium. Les Planètes gazeuses sont beaucoup plus grosses et constituées d'hydrogène, d'hélium, de méthane et d'ammoniac.

Pluton, classée dans les planètes externes, gazeuses car la plus éloignée du Soleil, peu connue encore actuellement, constitue une exception dans ce groupe : elle est très petite, plus petite que la Lune.

Objectif : montrer les ordres de grandeur du système solaire, diamètre des planètes en rapport aux distances qui les séparent et au diamètre du soleil.

NB: Il est impossible, dans une expo de taille modeste, de rendre simultanément les échelles de tailles et de distance des corps du système solaire. Il est nécessaire de scinder l'explication en deux parties.

Principe :

A) les distances : à l'aide d'une cordelette de 20m de longueur on positionnera l'emplacement des planètes par rapport au soleil. Il suffit de calculer par la règle de trois.

B) les tailles relatives des planètes : positionner sur un soleil en 2D des maquettes en relief des planètes, le tout à l'échelle. Si les plus petites planètes le nécessitent, une loupe sera utilisée.

7.1 Bis Rapports de distances.

Que faire ?

Dérouler le décimètre sur lequel sont positionnés des numéros, de 1 à 9, représentant les planètes, de la plus proche du Soleil à la plus éloignée.

Que pensez-vous des distances entre les planètes ?

Merci de bien vouloir ré-enrouler le décimètre pour le visiteur suivant.

Que comprendre ?

La Terre est à seulement 8 minutes lumière du Soleil.

Pluton en est à 5 heures lumière.

Entre Mars et Jupiter se trouve un grand espace occupé par la ceinture des astéroïdes d'où proviennent les météorites.

Après Pluton et Neptune, on rencontre un anneau de petits objets et de poussière : la ceinture de Kuiper.

Ces objets auraient été éjectés hors des orbites des planètes lors de la formation du système solaire.

Puis c'est le nuage de Oort, riche en comètes.

Quant aux limites du système solaire, elles se trouvent entre ce nuage et l'étoile la plus proche de nous, à 4 années-lumière ...

Objectif : montrer les ordres de grandeur du système solaire, diamètre des planètes en rapport aux distances qui les séparent et au diamètre du soleil.

NB: Il est impossible, dans une expo de taille modeste, de rendre simultanément les échelles de tailles et de distance des corps du système solaire. Il est nécessaire de scinder l'explication en deux parties.

Principe :

A) les distances : à l'aide d'une cordelette de 20m de longueur on positionnera l'emplacement des planètes par rapport au soleil. Il suffit de calculer par la règle de trois.

B) les tailles relatives des planètes : positionner sur un soleil en 2D des maquettes en relief des planètes, le tout à l'échelle. Si les plus petites planètes le nécessitent, une loupe sera utilisée.

7.2 Parcours d'étoiles

Que faire ?

Appuyez sur l'un des boutons, le bleu, le rouge ou le jaune. Observez le parcours des étoiles. Le Soleil est-il une étoile économe ?

Que comprendre ?

En appuyant sur un bouton, vous suivez les différentes phases de l'évolution d'une étoile et le temps qu'elle met à les parcourir.

Le fond représente le diagramme HR (Hertzsprung-Russel) : tableau de classification des étoiles en fonction de leur masse, de leur luminosité et de leur appartenance spectrale d'origine.

Plus les étoiles sont grandes, plus leur durée de vie est courte.

Corollairement une étoile de petite taille, économe en énergie, va avoir une durée de vie très longue.

Ici sont représentés 3 exemples :

une étoile de petite taille, bleue,

une étoile moyenne, jaune, équivalente au Soleil,

et une étoile de très grande taille, rouge.

La majeure partie de la vie d'une étoile se situe sur la séquence principale, c'est-à-dire le moment où l'étoile fusionne tranquillement son hydrogène avant le flash de l'hélium.

Objectif :

montrer les différentes familles d'étoiles selon leur couleur, leur taille, leur spectre et montrer que l'évolution des étoiles est différente selon leur catégorie.

Principe :

les étoiles sont des sphères autogravitantes régies par 2 forces principales : gravité et fusion.

Il existe une relation entre leur masse et leur luminosité.

Leur couleur indique également leur température de surface ainsi que des données sur leur composition chimique (par la spectroscopie).

Une grande partie de ces informations sont regroupées dans le diagramme Hertzsprung/Russel ou HR.

7.3 Usines à métaux

Que faire ?

Appuyez en même temps sur un bouton du tableau des éléments (inspiré du tableau de Mendeleïev) et sur un bouton du diagramme HR donnant le type d'étoile. Vous trouverez ainsi quels éléments peut produire chaque étoile. Lorsque l'étoile choisie peut produire l'élément en question, une petite lampe verte s'allume.

Au : or ; Cu : cuivre ; Kr : krypton ; U : uranium ; He : hélium ; Ca : calcium ; H : hydrogène

Que comprendre ?

Les éléments chimiques sont fabriqués par les étoiles.

De l'hydrogène au fer c'est la fusion des éléments qui permet la fabrication d'éléments de plus en plus lourd.

Les éléments plus lourds que le fer nécessitent, pour leur fabrication, une température que seule une explosion peut fournir.

Ils apparaîtront par processus catastrophique, lorsqu'une étoile explosera en supernovae.

Le Soleil, qui n'a pas de masse suffisante pour finir en explosant, ne produira que peu ou pas d'éléments lourds, au contraire, une grosse étoile comme Alpha Croix du Sud, qui sera responsable d'une supernovae, produira de l'or ou de l'uranium.

Dans le tableau des éléments, il y a 2 points de repère importants :

l'hydrogène, élément primordial

et le fer qui se situe à la limite entre fusion et processus de fabrication catastrophique.

Objectif :

montrer la diversité et l'importance de la production des étoiles au cours de leur existence.

Principe :

au cours de leur existence, les étoiles maintiennent leur équilibre par la fusion, or les réserves d'hydrogène (principal constituant d'une étoile) s'épuisent.

Pour continuer à exister, l'étoile, par le biais de la gravité, déclenche la fusion d'éléments de plus en plus "lourds" jusqu'au fer (température : 4 milliards de °C). Au delà, c'est la catastrophe, la novae. Dans les rémanents de novae ou supernovae se trouvent les éléments plus lourds que le fer.

Descriptif : Le jeu est constitué d'un diagramme HR (support), d'un tableau de Mendeleïev simplifié.

8.1 Le billard gravitationnel

Que faire ?

Lancez la bille en verre (sans déplacer la bille en acier), en la dirigeant vers les bords du billard. Que se passe-t-il ?

Que comprendre ?

La déformation du tissu représente la déformation autour d'une masse quelconque et simule un champ de gravité. C'est grâce à ce procédé que l'on peut, à l'aide d'une seule impulsion, faire voyager une sonde spatiale à travers tout le système solaire en utilisant les champs gravitationnels de chaque planète rencontrée.

L'espace épouse la courbe créée par une masse, ainsi la Lune tourne autour de la Terre parce que l'espace proche est courbé par la masse terrestre.

Les rayons lumineux suivent également les courbes de l'espace.

Chiffre clé :

le Soleil est 333 000 fois plus massif que la Terre.

Objectif :

montrer l'action de la gravitation sur la formation des astéroïdes et des planètes.

Principe :

la gravité est le moteur de la formation des corps célestes.

Il est délicat d'expliquer le concept de champs gravitationnel sans le recours à un support matériel.

8.2 Les roues du destin

Que faire ?

Tournez chaque disque et composez une formule de 3 chiffres. La vie est-elle possible sur cette planète ?

Disque 1 : 3 types d'étoiles

1 : géantes rouges, 2 : Jaune type Soleil, 3 : géantes bleues,

Disque 2 : 6 distances différentes entre la planète et l'étoile.

Disque 3 : 6 types de planètes différents

Telluriques : 1, type Vénus et Mercure ; 2, type Terre ; 3, type Mars.

Géantes gazeuses : 4, type Saturne ; 5, type Uranus ; 6, type Jupiter

Que comprendre ?

Le scénario le plus optimiste propose une seule possibilité sur 6000 cas :

une étoile de _type 2 (genre Soleil), une planète de gravité 1g, type Terre (2), située sur une orbite "habitable" à environ 150 millions de Km (rouge).

Les autres cas ne permettent pas de réunir les conditions optimales d'apparition de la vie.

Ces critères sont très importants pour permettre l'apparition de la vie mais ils ne sont pas les seuls.

En fait c'est une conjonction d'une multitude d'éléments dans un même temps qui favoriseront l'apparition de la vie.

Objectif : montrer de façon imagée quelques uns des composants essentiels à l'apparition de la vie dans l'univers.

Principe : rôle des molécules pré biotiques des nuages interstellaires, des météorites et des comètes, de la position de la planète, etc. , dans l'apparition de la vie sur terre.

8.3 L'univers en expansion

Que faire ?

Gonflez l'univers à l'aide de la pompe, que font les galaxies qui s'y trouvent.

Que comprendre ?

Chaque galaxie s'éloigne des autres. Ainsi, quel que soit le point de repère choisi, on verra toujours de son point de vue les autres galaxies s'éloigner. L'univers est en expansion. Ce phénomène est décrit par la loi de Hubble, énoncée par l'astronome américain du même nom en 1929.

$V = H \times d$ (V est la vitesse de la galaxie en Km/s, d est la distance en millions d'années-lumière et H est la constante de Hubble évaluée à environ 20 Km/seconde/millions d'années lumière. L'inverse de cette constante nous donne l'âge de l'univers.

Chiffre clé :

âge de l'univers : 13,7 milliards d'années à +/-200 millions d'années.

Objectif :

montrer l'architecture de l'Univers à l'échelle des galaxies.

Principe :

illustration de la récession par la manip du ballon.

On fixe des galaxies (schématiques) sur des cordeaux élastiques tendus sur un ballon de baudruche.

Le gonflement du ballon montre le principe de l'expansion de l'univers.

9.1 La voix de la matière

Que faire ?

Faites tourner le disque supérieur. A chaque fréquence ou longueur d'ondes de ce spectre correspond un type particulier d'observation, voire un type particulier d'émetteur.

Que comprendre ?

La lumière visible est une toute petite partie du spectre électromagnétique. Certains des rayonnements sont stoppés par l'atmosphère de la Terre. Les satellites, qui se trouvent au dessus de l'atmosphère terrestre permettent de détecter ces rayonnements. En bleu clair se trouve la "fenêtre atmosphérique", partie du spectre où les rayons ne sont pas freinés par l'atmosphère terrestre. Ainsi les ondes radio sont détectées par des récepteurs situés sur Terre. De nombreux projets de nouveaux récepteurs sont en cours aujourd'hui dans le monde entier, comme le VLT (Very Large Telescope) au Chili. Les molécules présentes dans l'univers sont découvertes aujourd'hui grâce aux radiotélescopes numériques (dont les plus beaux exemples se situent, en France, sur le plateau de Bure).

Chiffre clé :

64 milliards de neutrinos par cm² traversent la Terre chaque seconde.

Objectif :

télé-détections, télé-mesures et transmissions des données.

Les méthodes modernes d'observations, les télescopes et instruments d'aujourd'hui.

Principe :

montrer au visiteur l'étendue de la "fenêtre" d'observation actuelle (tout le spectre) et les instruments associés à chaque régions de celui-ci, ex : télescopes géants, radiotélescopes, sondes spatiales, satellites etc.

9.2 Planète occultée

Que faire ?

Prenez le cylindre, regardez dedans et appuyez sur le bouton jaune. Vous recherchez une planète lointaine, mais la lueur de l'étoile vous gêne. Actionnez la tirette sur le côté du cylindre. Que constatez-vous ?

Que comprendre ?

En masquant la source intense qui représente une étoile, on révèle ce qui se trouve autour. C'est exactement ce que font les astronomes avec des moyens très sophistiqués, pour découvrir d'éventuelles planètes extrasolaires.

Plus d'une dizaine ont été découvertes à ce jour.

Statistiquement, dans notre galaxie, on pourrait trouver quelques dizaines de millions de planètes géantes, plusieurs milliers de planètes telluriques et une étoile jeune sur 2 est entourée d'un disque de poussière qui pourrait être un système planétaire en formation .

On pourrait imaginer dans un avenir proche la découverte de planètes semblables à la terre. Ceci bouleverserait notre vision de l'univers et pourrait produire de nouvelles vocations d'aventuriers.

Objectif :

montrer l'exemple d'expériences très actuelles de techniques observationnelles telles que la découverte de planètes extrasolaires.

Principe :

explication concernant les caméras CCD hautes performances, les techniques d'occultations etc.

9.3 Dans quel monde vivons-nous ?

Que faire ?

Quelle est la forme de l'univers, et son avenir ?

Faites coïncider, en tournant le plateau supérieur, l'une des interprétations actuelles admises dans les milieux scientifiques avec l'image du fond du ciel.

Imaginez ce qui pourrait prendre la place du point d'interrogation.

Que comprendre ?

3 hypothèses sont le plus souvent admises aujourd'hui :

version 1 : espace de courbure nulle, euclidien, l'univers a une expansion limitée

Version 2 : espace hyperbolique à courbure négative, l'univers a une expansion infinie.

Version 3 : espace à courbure positive, l'univers se dirige vers un Big Crunch, c'est à dire vers une nouvelle contraction.

Etant donné l'extrême complexité du sujet et les très nombreuses théories qui s'affrontent et se contredisent parfois, nous en sommes réduits aux conjectures.

La cosmologie est avant tout une forêt de points d'interrogations où c'est finalement l'être humain qui est en question.

Objectif :

à propos de l'univers, quelles sont les grandes interrogations d'aujourd'hui ?