

LES MYSTERES DU TEMPS



3 décembre 2018

Jean-Luc BOISSEL

LES MYSTERES DU TEMPS

1. Questions sur le temps

1.1 Qu'est-ce que le temps ?



1.2 Les différentes perceptions de temps

1.3 L'origine du temps

2. La mesure du temps

2.1 Les premiers instruments



2.2 Les mesures précises

2.3 Les repérages dans le temps

3. Le temps dans tous ses états

3.1 Le temps biologique, les horloges de nos cellules



3.2 Le temps quantique, le monde des particules

3.3 Le temps astronomique, l'espace-temps

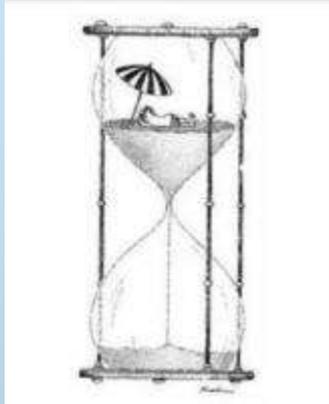


1. Questions sur le temps

1.1 Qu'est-ce que le temps ?

Comment le définir, le mesurer ? Quel est son fonctionnement ?
Quels sont ses liens intimes avec le vivant, la matière et l'espace ?
Occupe-t-il la même place selon les époques et les cultures ?

- Le temps des humoristes et des artistes





• Le temps des philosophes...

Platon : « *Le temps est l'image mobile de l'éternité immobile.* »

Saint-Augustin : « *Qu'est-ce donc que le temps ? Si personne ne me le demande, je le sais. Si je veux l'expliquer, je ne le sais plus.* »

John Archibald Wheeler : « *Le temps, c'est le meilleur moyen qu'a trouvé la nature pour que tout ne se passe pas d'un seul coup.* »

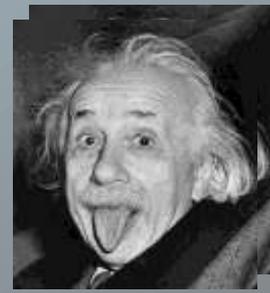
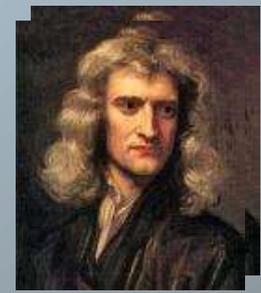


• Le temps selon les scientifiques...

Newton : « *Le temps absolu, vrai et mathématique, sans relation à rien d'extérieur, coule uniformément et s'appelle durée.* »

Einstein : « *Le temps est une propriété de l'univers, et non son cadre* »

Klein : « *Le temps est seulement ce qui permet qu'il y ait des durées. Il crée la discontinuité dans l'ensemble des instants.* »





Les deux sortes de temps

- Le temps physique, mesurable

Celui des horloges

Celui qui enregistre des durées

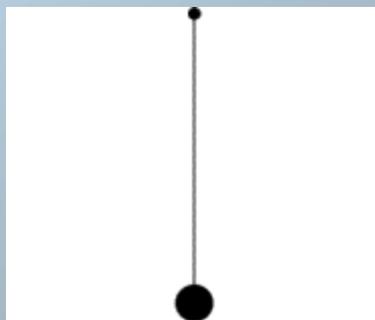
Celui qui considère uniquement le présent

- Le temps vécu, subjectif

Celui de notre conscience,

lié à nos représentations, nos sentiments, notre culture

Celui qui considère le présent, lié au passé proche et au futur immédiat



Exemple de la musique

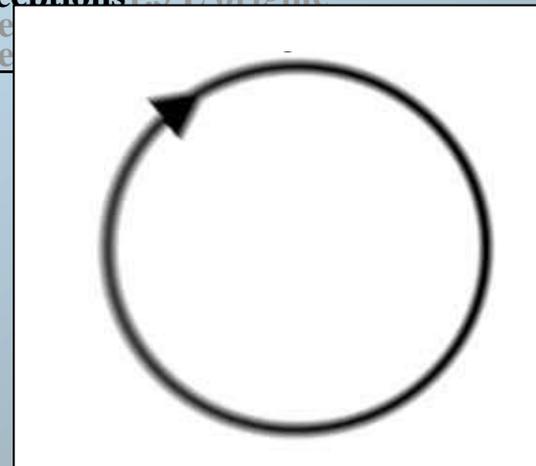


Exemple d'un corps en mouvement

1.2 Les différentes perceptions du temps

Temps cyclique et temps linéaire (sagittal)

- La vie est rythmée par des phénomènes naturels cycliques permettant de définir des durées : le jour et la nuit, les lunaisons, les saisons...

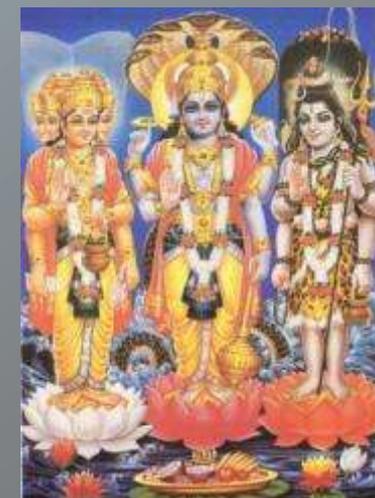


Une manière de vivre le temps

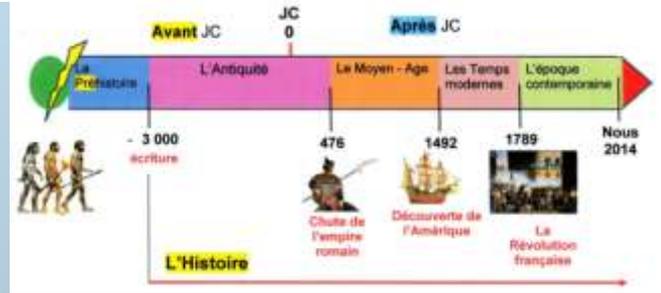
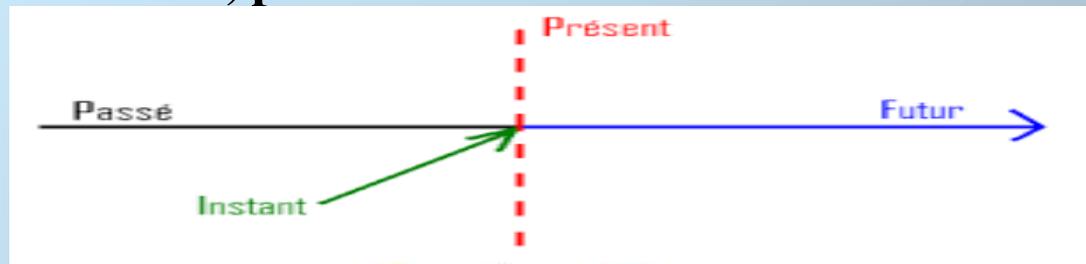


Exemple : La culture indienne (védisme), le bouddhisme et le cycle des réincarnations,

Les cultivateurs
et le cycle des saisons



- La vie est caractérisée aussi par des phénomènes qui se déroulent de manière constante, permettant de définir des instants



Une manière de vivre le temps dans le monde industriel

Exemple : La culture judéo-chrétienne :

le temps est borné par la Création et l'Apocalypse,
le temps considéré comme universel, car d'origine divine

L'écoulement d'une rivière





Vanité, ou Allégorie de la vie humaine
de Philippe de Champaigne

Le Temps ordonnant à la Vieillesse
de détruire la Beauté
De Pompeo Batoni

Le temps inversé

Pour les aymaras et les quechuas (peuples anciens des plateaux péruviens et boliviens), le passé, connu et visible, se trouve devant eux alors que le futur, inconnu et invisible, se trouve derrière eux.



Le temps suspendu

**Pouvant être ressenti grâce à la pratique de la méditation
Un entraînement à développer la conscience des instants présents.**

1.3 L'origine du temps

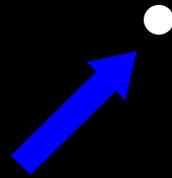
L'origine du temps coïncide avec l'origine de l'Univers...

...Mais les premiers instants de l'Univers restent un mystère !

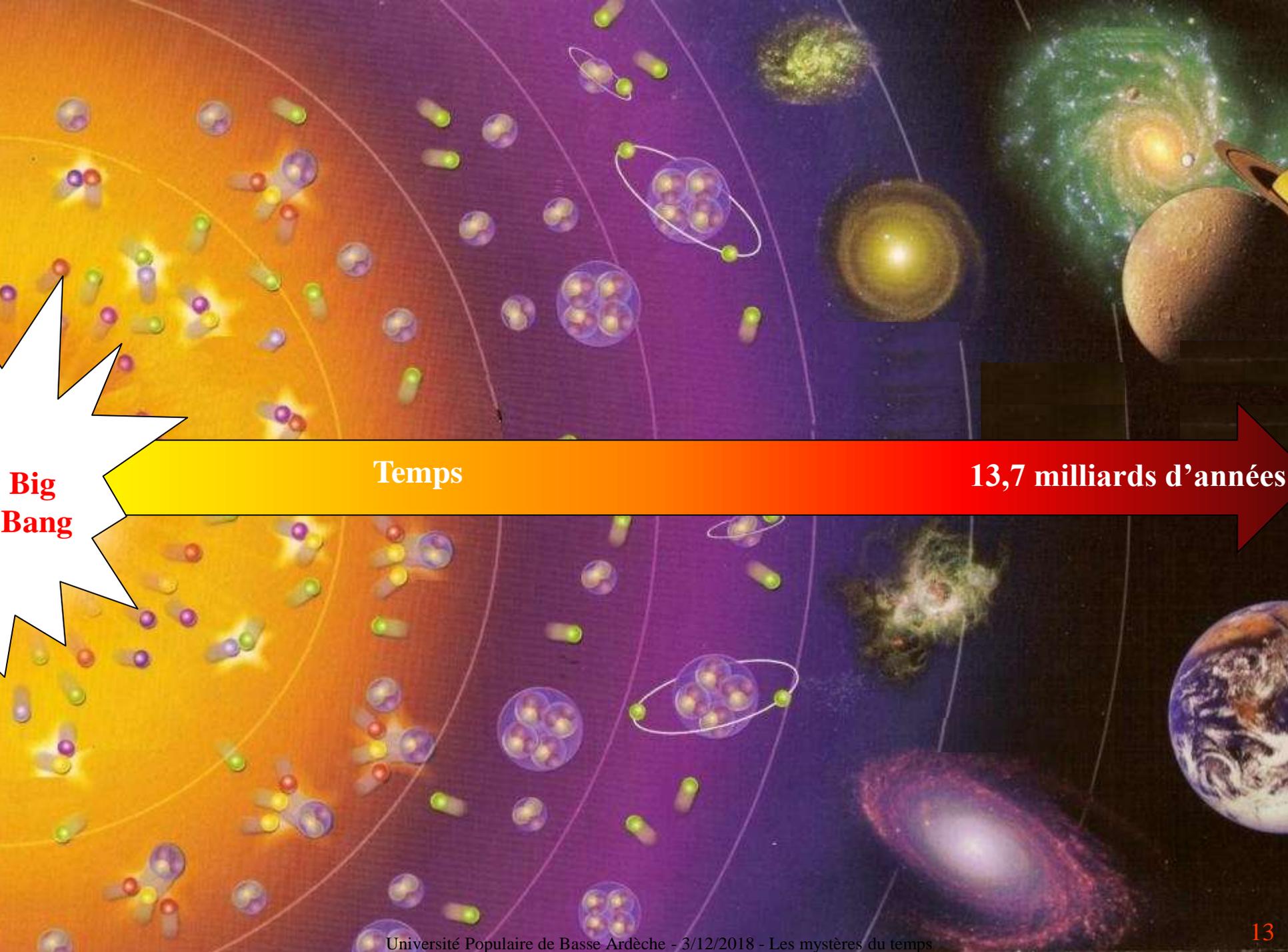
Au tout début :

Il y a 13,7 milliards d'années...

ni espace ni temps



**Univers :
Très petit
Très concentré
Très chaud**



**Big
Bang**

Temps

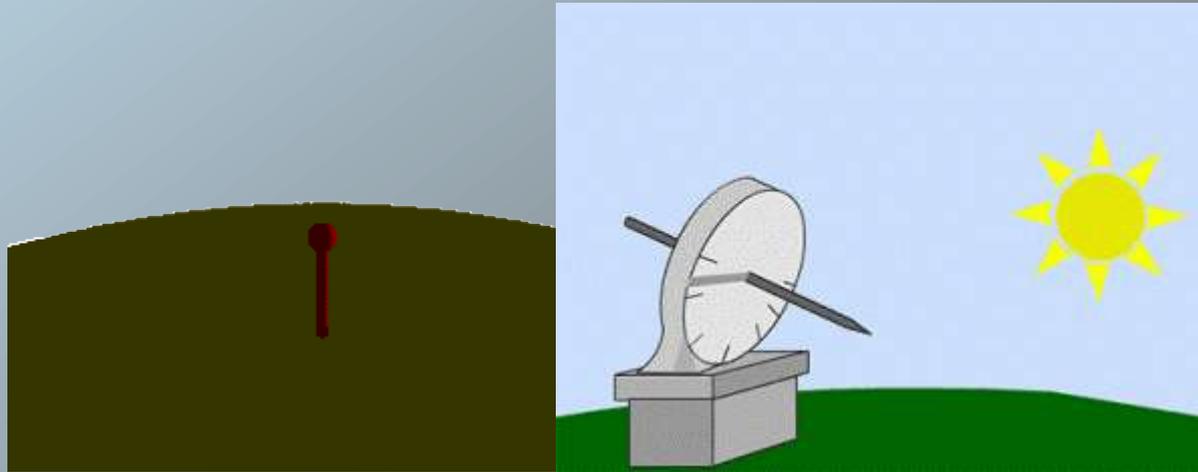
13,7 milliards d'années

2. La mesure du temps

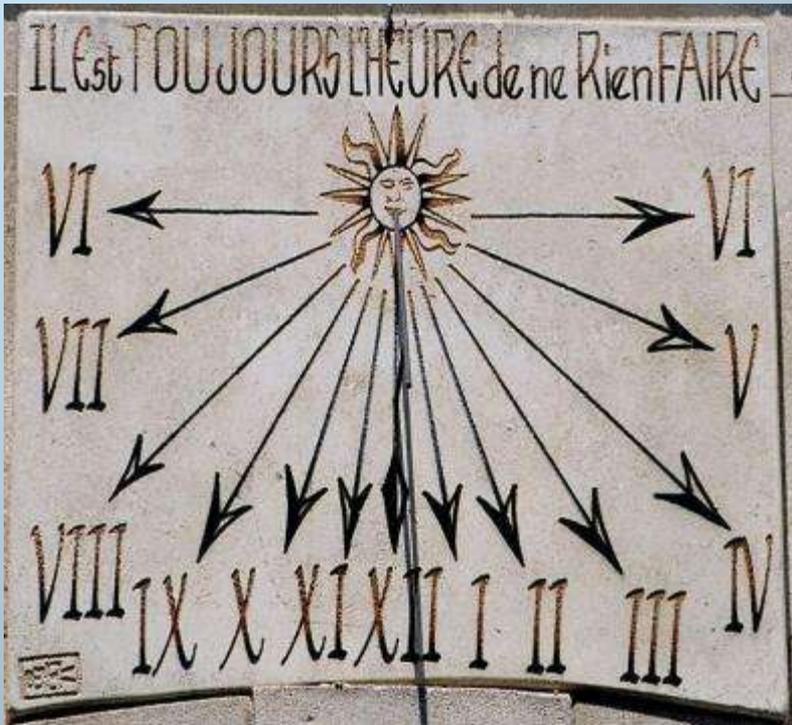
2.1 Les premiers instruments

■ Utilisation des mouvements périodiques du soleil

- Le gnomon utilise le déplacement de l'ombre d'un repère
Existait dans l'Antiquité: Stonehenge, Carnac, les pyramides
Des preuves en chine -2000, en Egypte -1500, à Babylone -1000



- Le cadran solaire, sur le même principe mais avec des repères plus précis



■ Utilisation des premiers instruments

- **La clepsydre**

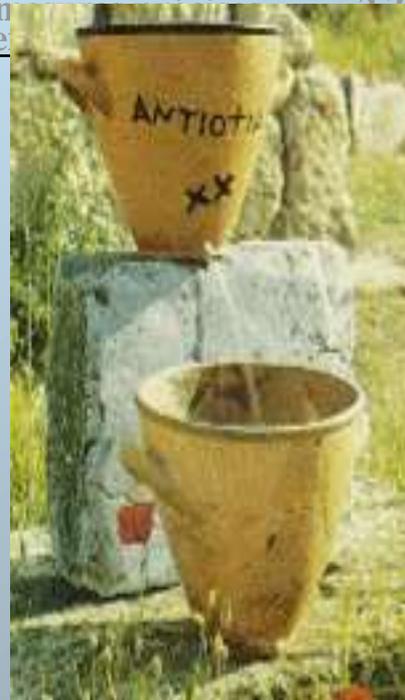
Apparue dans l'Égypte ancienne et en Grèce, pour limiter le temps de parole

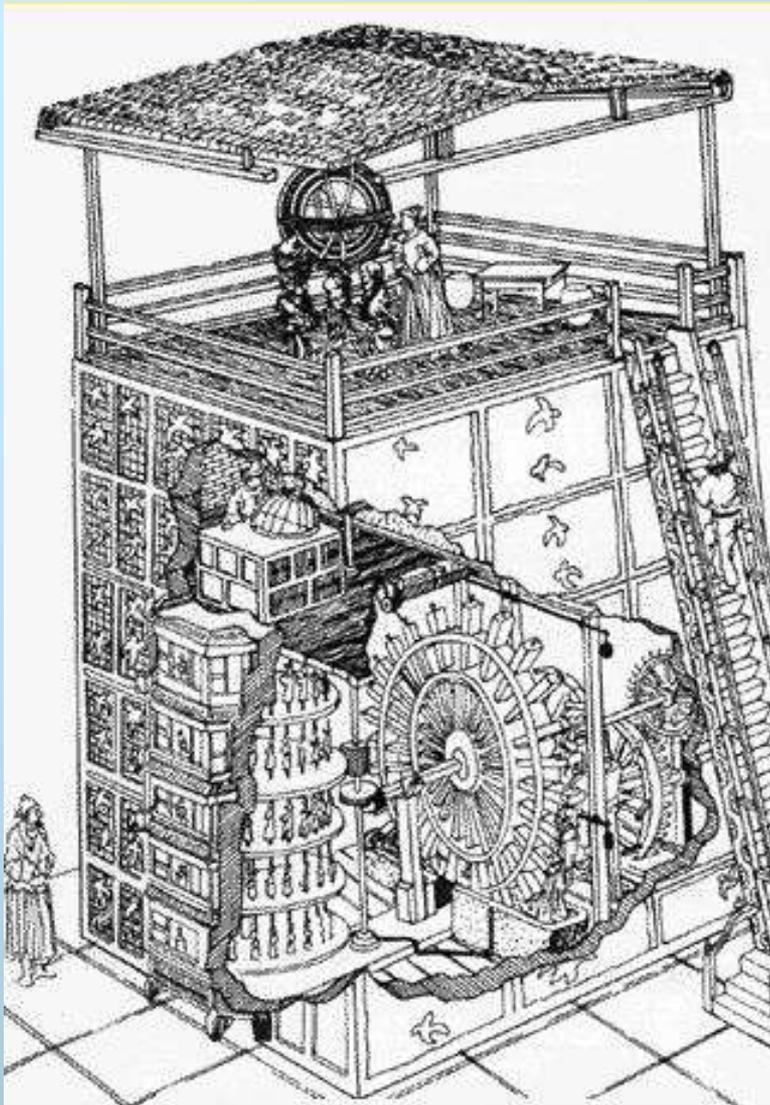
- **Le sablier**

Au Moyen-âge, plus précis
Utilisé sur les bateaux

- **La combustion**

Utilisée à partir du début du Moyen-âge





**Clepsydre de Su Sung, offerte vers
1090 à l'empereur de Chine**



**La roue du temps Budapest
Sablier retourné tous les ans**

- **L'horloge mécanique**

Système d'échappement à ancre inventé en 725 les chinois

Repris en occident en 1283 dans l'horloge à poids

Un élément moteur : un poids, un ressort

Un élément régulateur : le balancier

Un élément d'entretien : l'échappement

Premières horloges à une aiguille de 12 ou 24 heures

Horloges avec une cloche sonnant les heures

Premières horloges astronomiques : en 1300



Florence 1443



Salisbury 1386

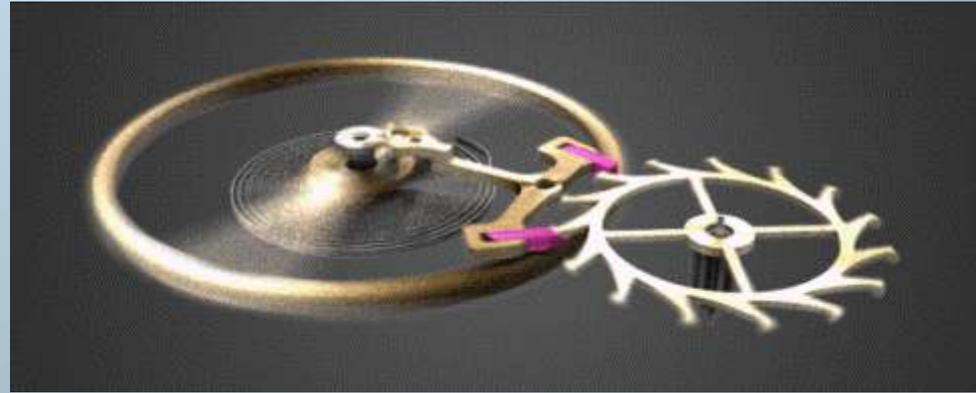


Prague 1381

Premières horloges sur les clochers : en 1400

Horloges d'intérieur, horloges de table : en 1500 (utilisation du ressort spirale)

Premières montres : en 1600



2.2 Les mesures précises

Horloge à quartz

- Horloge mise au point en 1947

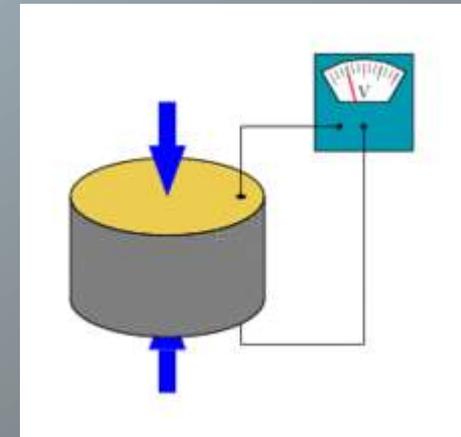
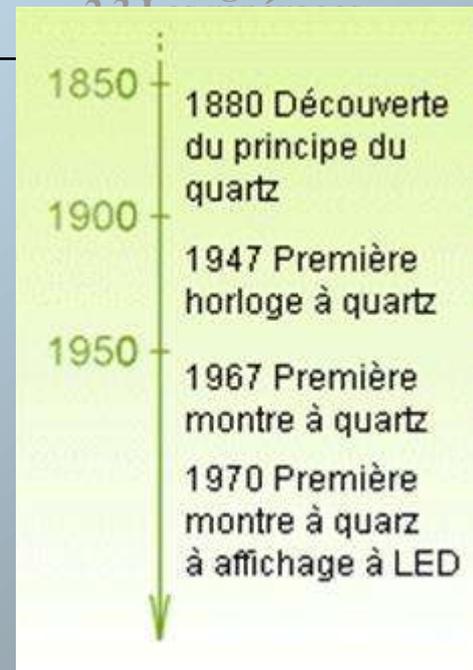
Sous l'action d'une compression
le cristal émet un courant électrique
effet piézo-électrique (1880)

Inversement, l'application d'un courant
électrique entraîne la déformation du cristal
32 768 fois par seconde

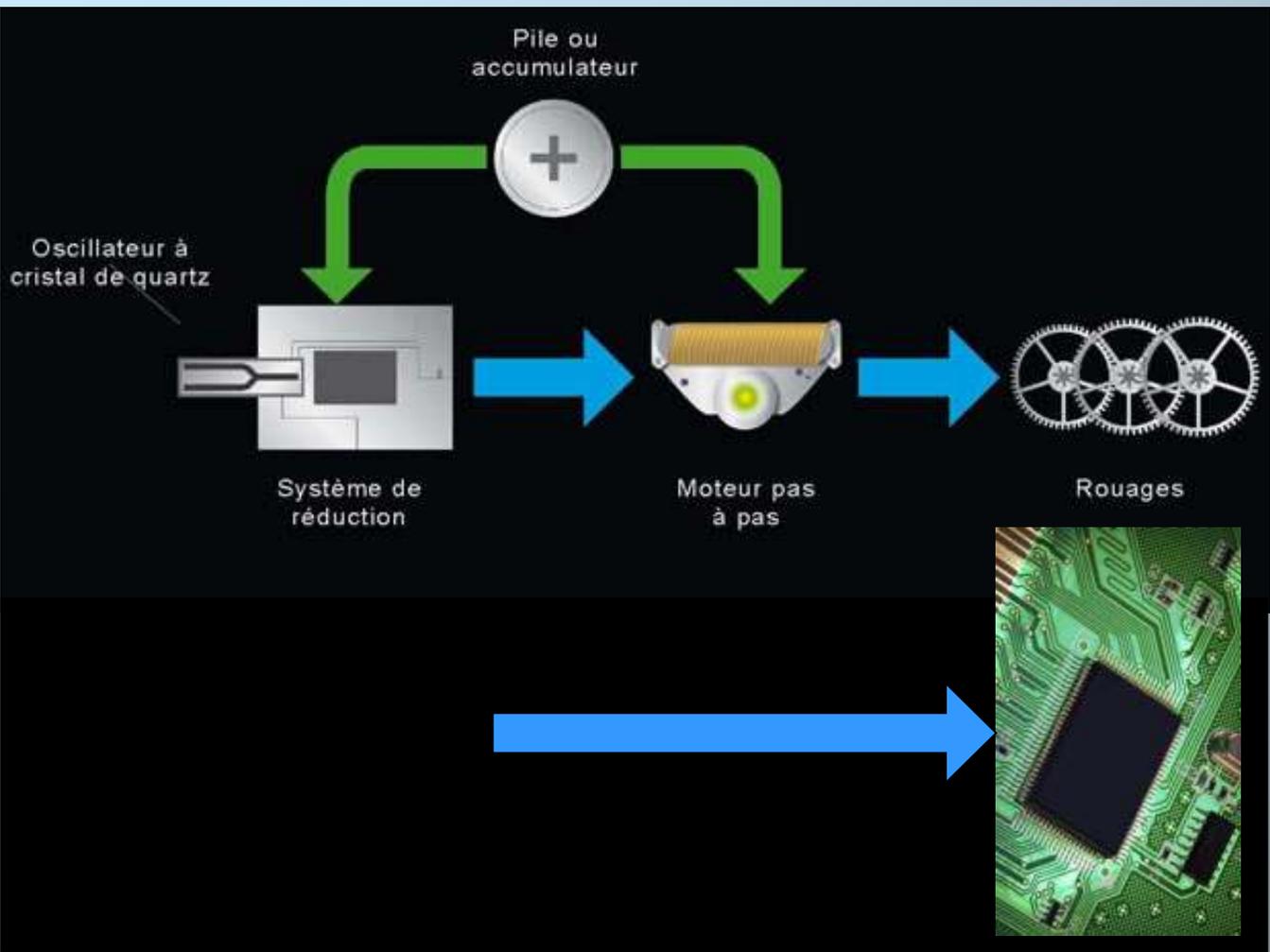
Précision : 1 seconde en 6 ans

dix fois plus grande que celle de la meilleure des montres mécaniques

La précision dépend de la stabilité du quartz : température, impuretés



- Première montre à quartz en 1967 et 1970

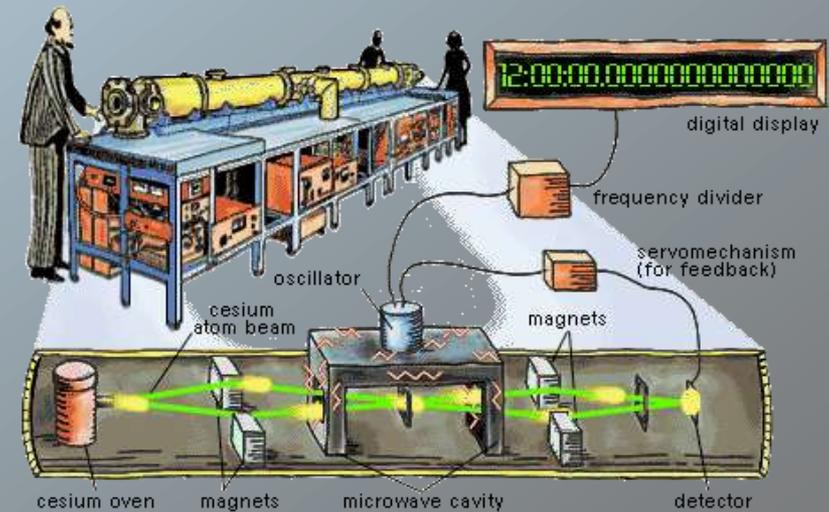


Les horloges atomiques

- La première horloge atomique mise au point en 1958

Basée sur le changement de niveau d'un électron dans les atomes (Césium)
Un atome absorbe ou émet de la lumière 9 192 631 770 fois par seconde
Cette oscillation est utilisée comme base de temps

Temps absolument indépendant
des conditions extérieures
(Rotation de la Terre, température...)

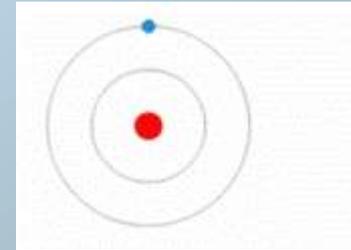


Précision : 1 seconde sur 100 millions d'années

2.3 Les repères dans le temps



Les définitions précises du temps



- Définition de la seconde, officielle depuis 1967 :

« *La seconde est la durée de 9.192.631.770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de Césium 133.* »

- Le **Temps Atomique International IAT** est l'échelle de temps basée sur les indications données par un réseau de plus de 400 horloges atomiques dans le monde

- Le **Temps Universel Coordonné UTC** 1972 (remplace le TU) échelle de temps adoptée comme base du temps civil international Il est réajusté constamment sur le Temps Atomique International TAI





Le temps universel coordonné en Europe l'hiver.

Légende :

- UTC
- UTC+1
- UTC+2
- UTC+3
- UTC+3:30
- UTC+4
- UTC+5

Les États définissent l'heure locale sur leur territoire à l'aide d'un décalage fixe par rapport au temps universel coordonné (UTC)

Repérage « social » du temps : le calendrier

Les calendriers sont basés sur les périodicités observées autour de nous
Mouvements du Soleil, de la Lune, alternance des saisons...

- La révolution de la Lune autour de la Terre :
29.5 jours 44 minutes et 3 secondes

Représente les mois de l'année (28 /31)

- La révolution de la Terre autour du Soleil :
365.242201 jours

Représente la durée de l'année



La difficulté du calendrier :

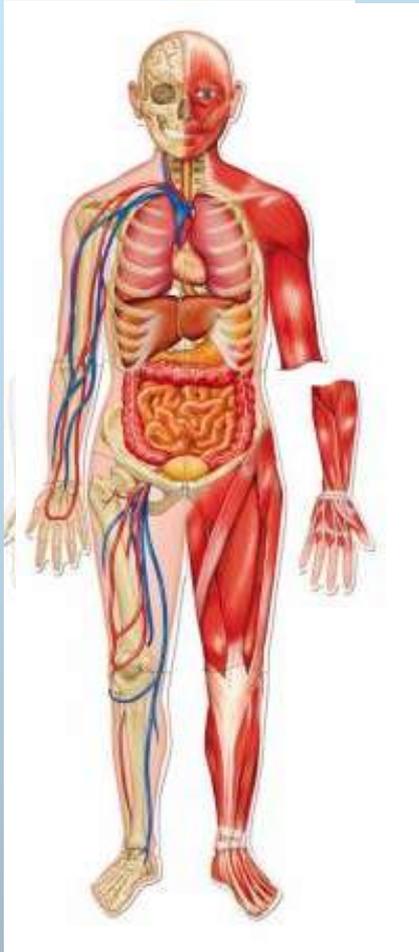
Il n'y a pas de jours entiers dans une lunaison et dans une année

Le calendrier utilisé aujourd'hui est le calendrier Grégorien défini en 1582 par le Pape Grégoire XIII (avec les années bissextiles)
Mais léger décalage de 1 jour tous les 3300 ans

3. Le temps dans tous ses états

3.1 Le temps biologique (les horloges de nos cellules)

Présentation... Ou petit rappel sur le vivant



Exemple chez l'homme :

Plus de 30 000 milliards de cellules

Plus de 300 sortes de cellules

La cellule est l'unité structurale du monde vivant

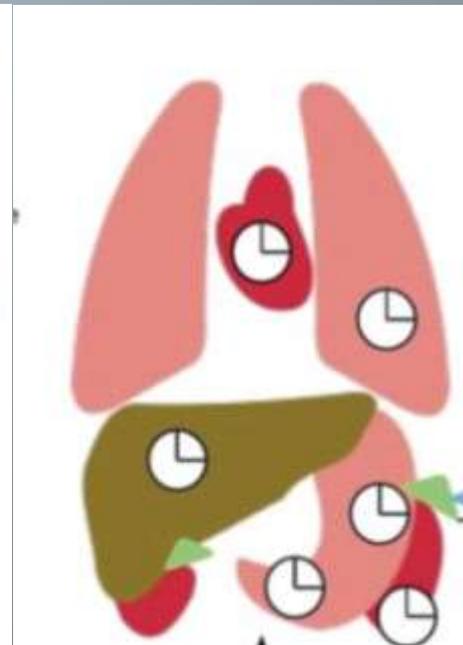
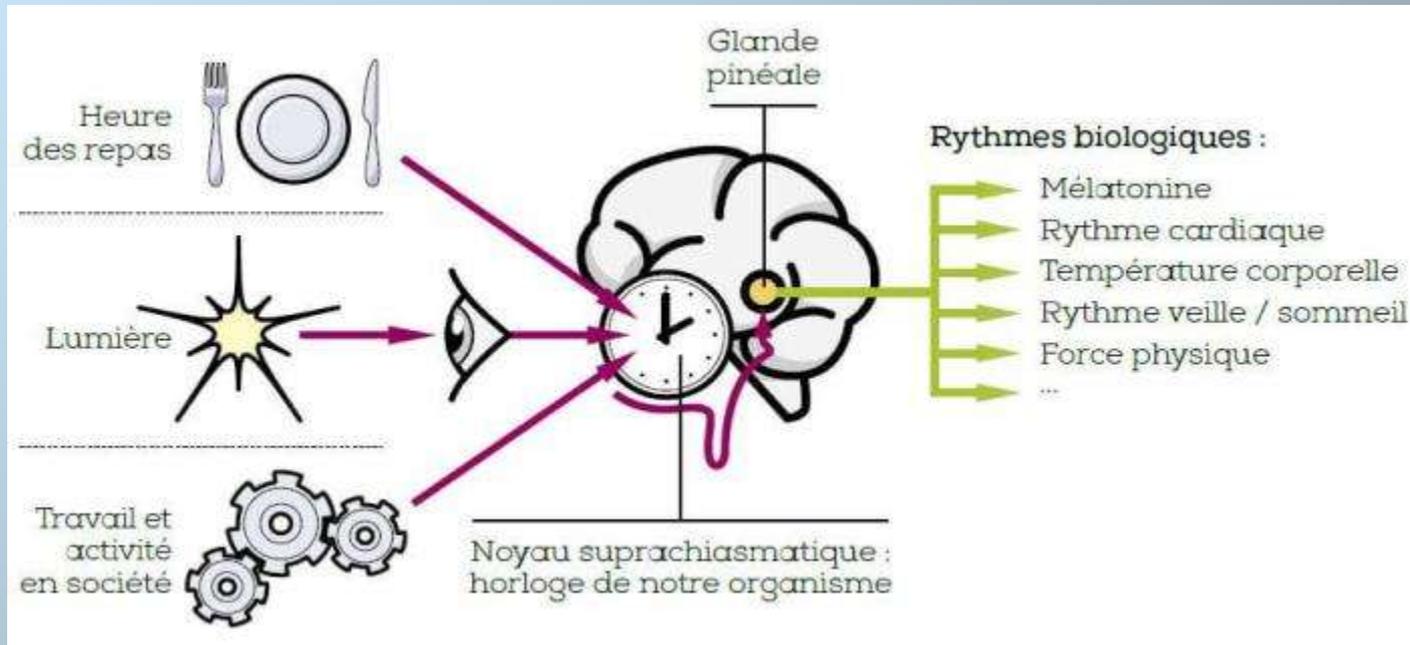
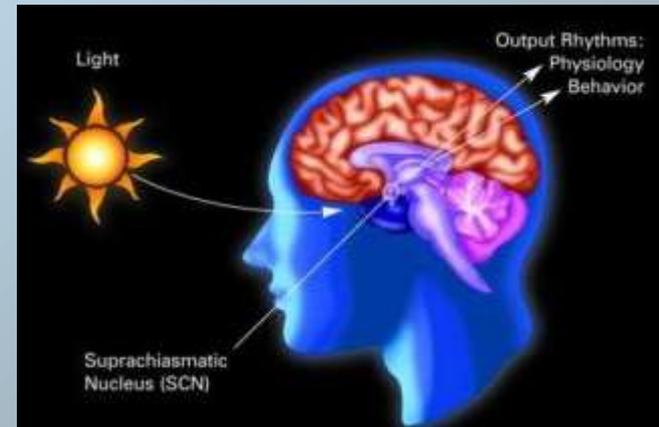
Dans chaque cellule : des réactions chimiques constantes

**Pour assurer les différentes fonctions
(croissance, protection, reproduction...)**

Pour coordonner les actions

Principe général

Chez l'Homme, l'horloge principale se trouve dans l'hypothalamus (Noyau suprachiasmatic)
 Elle s'exprime par une activité contrôlée et cyclique d'une quinzaine de gènes « horloge »



Mais chaque cellule possède une horloge propre qui lui indique les périodes d'activité et de repos

Quelques exemples

- Les rythmes circadiens (24H), importants chez l'homme

Température : maxi vers 17 h mini vers 03 h

Rythme cardiaque, force musculaire : augmentent le jour

Synthèse de protéines : maximales en début de nuit...



Michel Siffre (1962)

Pour bien fonctionner, notre horloge interne a besoin d'avoir un temps de repos suffisant et d'être régénérée (mise à l'heure) par la lumière naturelle

Mais il existe de nombreuses perturbations :

les saisons, la lumière artificielle, les écrans, les voyages, la latitude...

- Les rythmes circannuels

Défenses et immunité, réduites à la fin de l'hiver

Psychisme, avec une tendance dépressive en automne...

Rythmes importants chez les animaux (migration, hibernation)

- Les rythmes circatidaux, basés sur les marées (coraux, vers marins...)

- **L'étude de la drosophile (la mouche du vinaigre) 1971**

**Une petite bête facile à étudier
Une petite mouche à la vie bien réglée,
synchronisée sur des cycles de 24 h**



**Mais ces rythmes d'activité persistent dans l'obscurité permanente
chez des mouches nées de plusieurs générations d'ancêtres,
maintenues durant toute leur existence, dans l'obscurité**

**L'identification et le décryptage des protéines, effectués en 1990
Cet ensemble continue à battre en dehors de la cellule qui l'a fait naître
Le fonctionnement des horloges circadiennes du vivant est découvert**

3.2 Le temps quantique (le monde des particules)



Présentation ... Ou petit rappel sur la matière

- **Tout ce qui nous entoure est formé d'atomes :**

l'atmosphère, l'eau, les roches, les végétaux, les animaux...

Les atomes sont constitués de « particules élémentaires »



- **La mécanique quantique décrit le monde des particules élémentaires**

• **Qu'est-ce qu'une particule élémentaire ?**

Exemple :

L'hydrogène H

L'oxygène O

Exemple :

L'eau H₂O

Protons neutrons Noyau =

= quarks

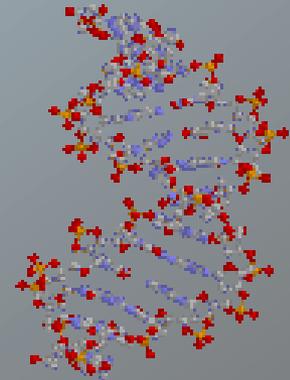
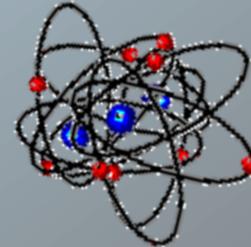
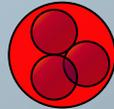
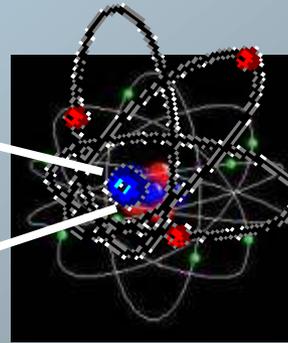
protons + neutrons

Atome =

noyau + électrons

Molécule =

assemblage d'atomes



Forces atomiques

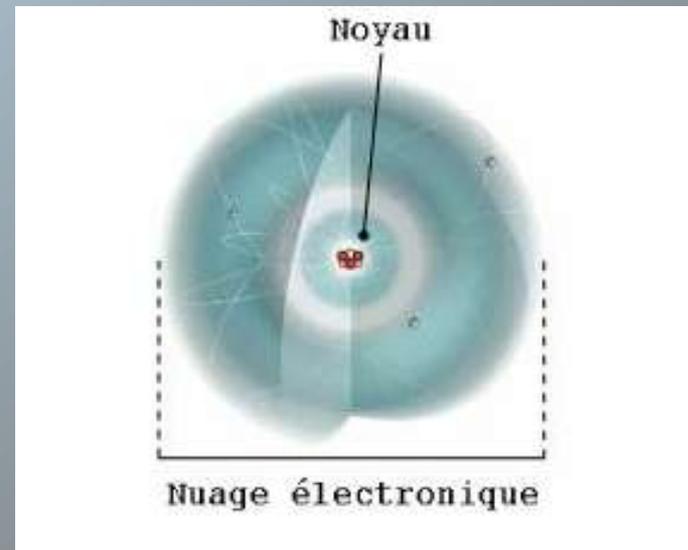
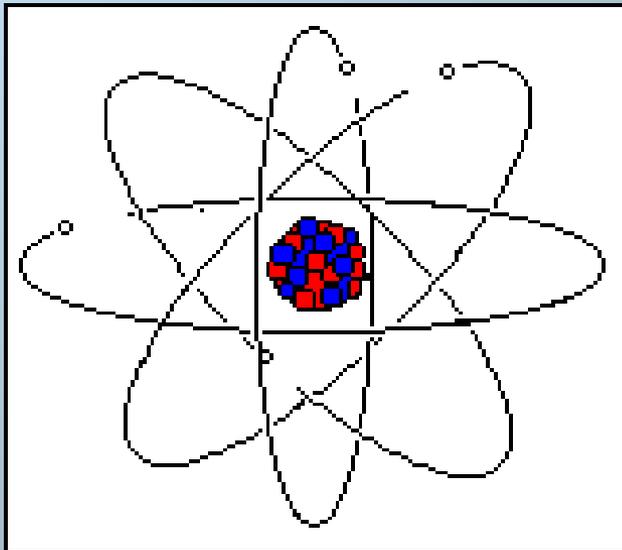
Forces électromagnétiques

• **Comment les atomes ont-ils été créés ? Par le Big Bang et par les étoiles**

■ Dans le monde étrange des particules ...

**L'électron n'est plus une particule qui tourne autour du noyau de l'atome
Il ne parcourt pas un chemin précis, mais une série de trajectoires possibles
Ce n'est plus un objet : c'est un nuage (onde). Il est invisible et insaisissable**

**La réalité nous échappe à jamais : instantanément, une particule peut
apparaître, disparaître, changer de direction sans raison
On peut seulement donner une probabilité du phénomène**



Conséquence : un drôle de temps pour les particules !

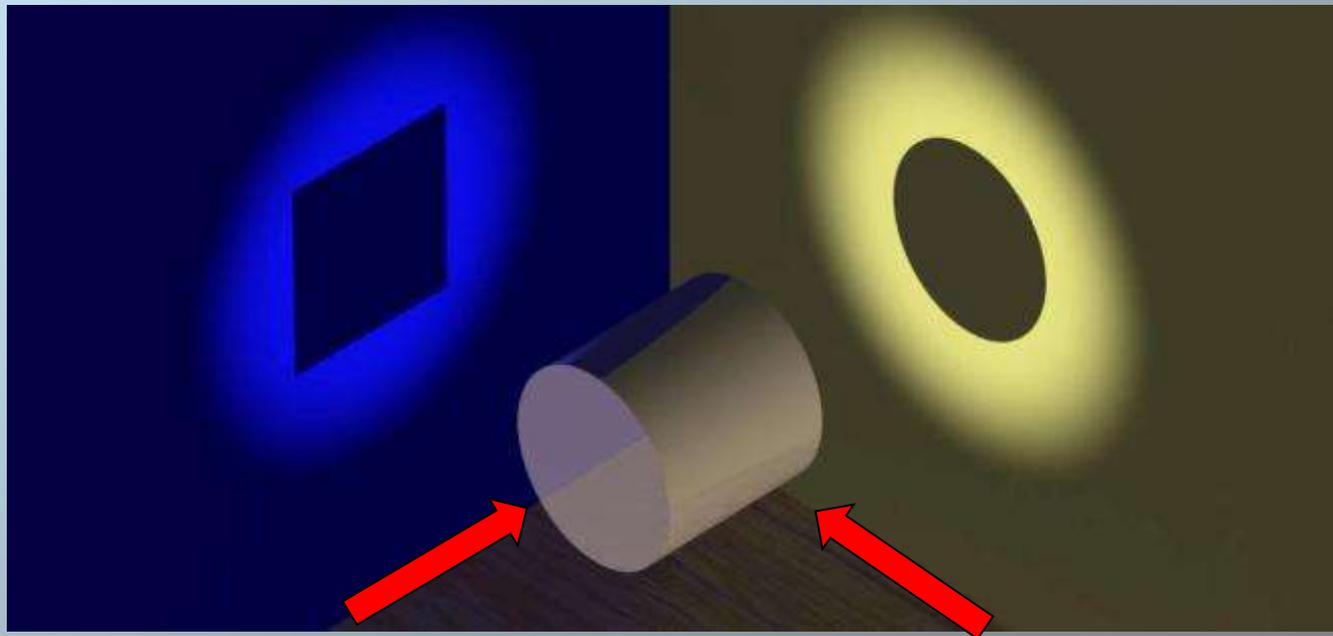
- **Une particule peut changer d'aspect, de caractéristique « instantanément »**

Il n'y a pas de temps de transition entre les deux aspects

Elle a les deux en même temps (principe de superposition)

Une mesure (observation) la figera, au hasard, dans un aspect

Une analogie :



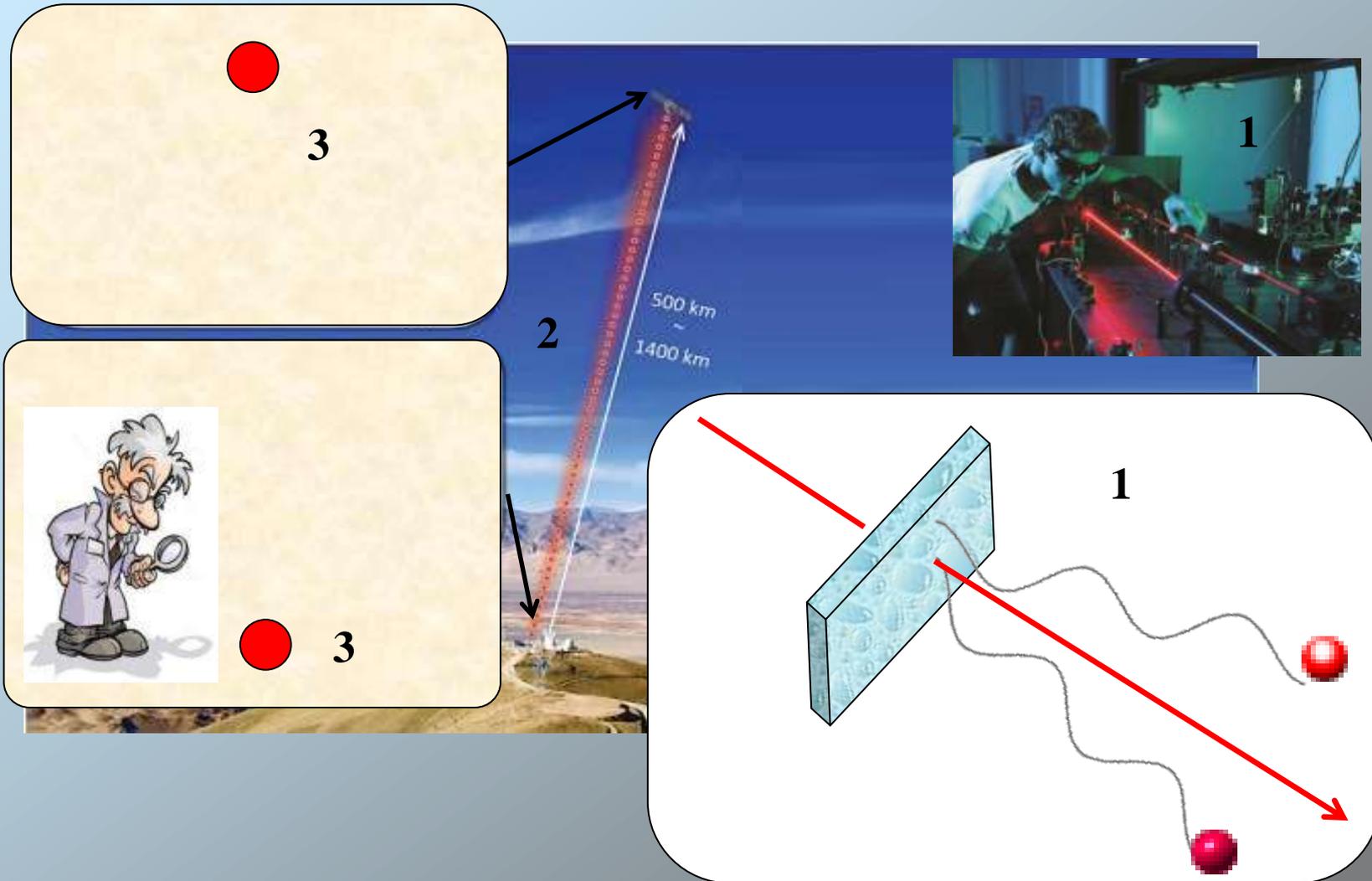
- **Entre deux particules « intriquées » (créées ensemble) le temps n'existe plus**

Une mesure sur une particule influence (fixe dans le même état) sa « jumelle », immédiatement, sans délai, à n'importe quelle distance

Création de particules quantiques jumelles (1)

Séparation de ces particules « intriquées » (2)

L'action sur l'une est instantanément transmise à l'autre (3)



Applications futures : téléportation, ordinateur quantique, cryptographie...

3.3 Le temps astronomique (l'espace-temps)

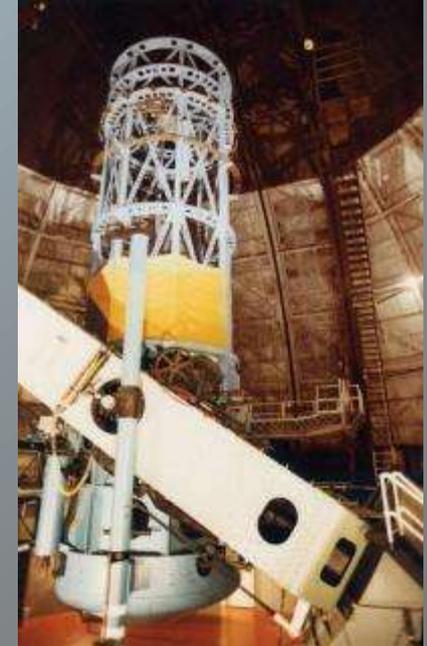
Présentation... Ou petit rappel sur l'espace

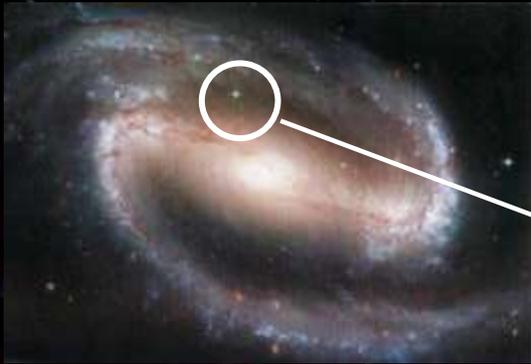


De quoi est constitué notre Univers à très grande échelle ?

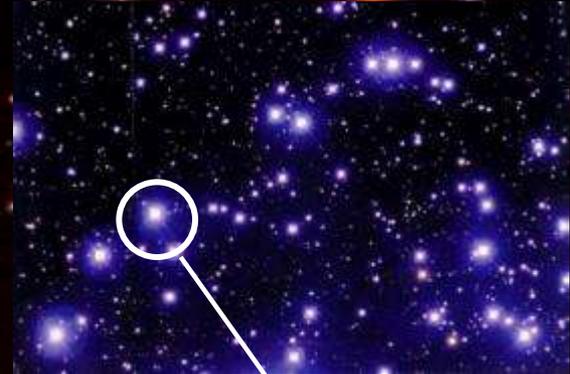
En 1925 Hubble découvre la structure de l'Univers :

Des milliards de galaxies...





Dans chaque galaxie : des milliards d'étoiles

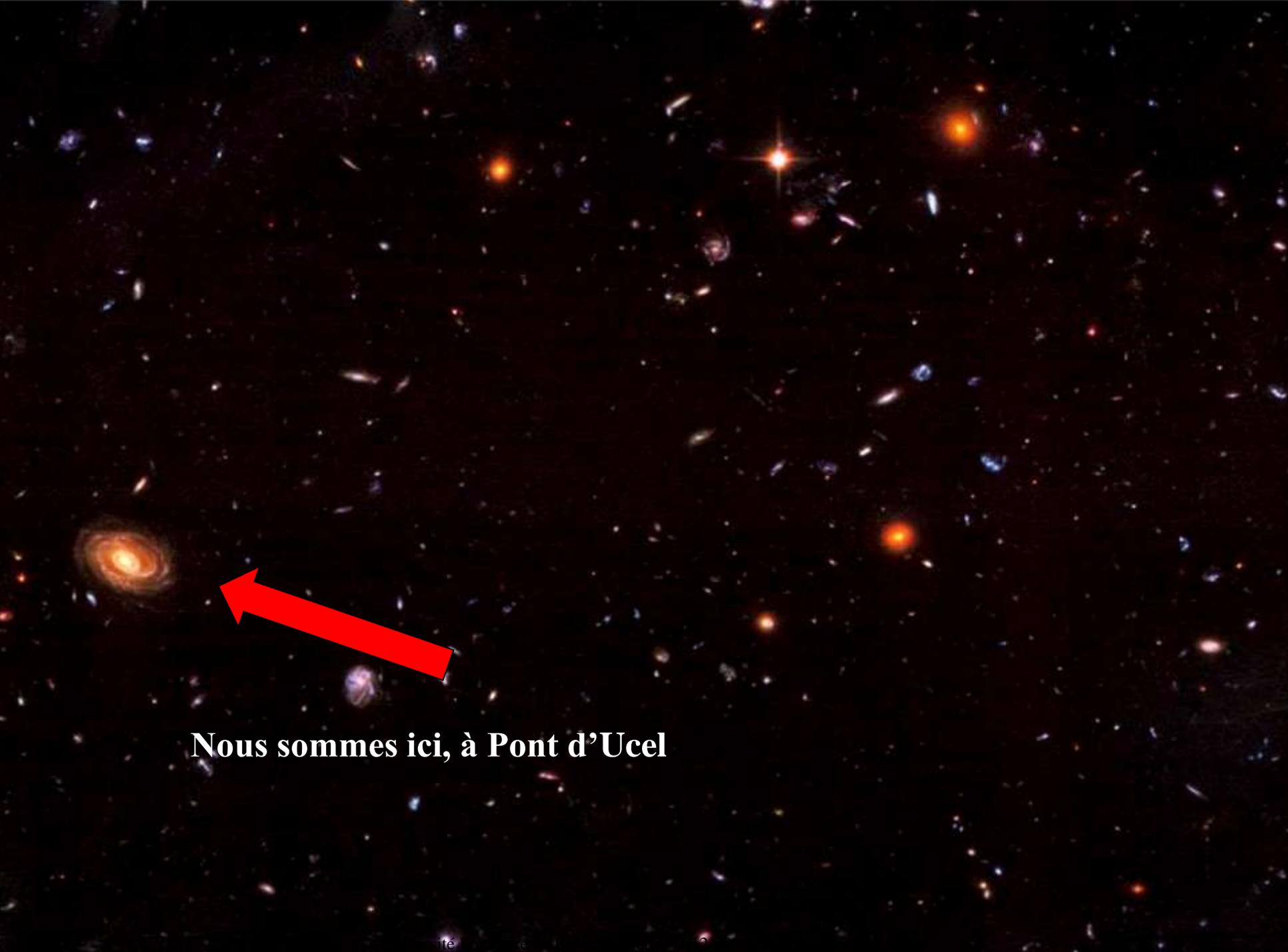


**Autour d'une étoile (Soleil),
notre planète Terre**



**Après la Big Bang, il y a 13 milliards d'années :
formation et évolution de milliards de galaxies**





Nous sommes ici, à Pont d'Ucel

Un Univers de galaxies

Le fonctionnement de cet Univers est basé sur la théorie de la relativité :

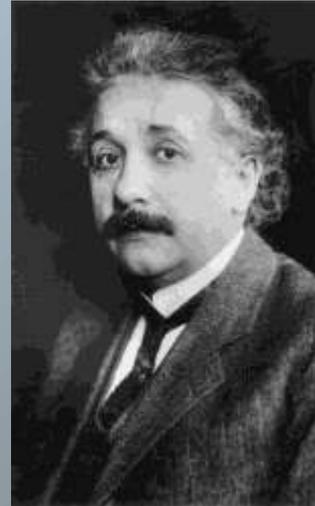
- 🕒 L'Univers forme un ensemble où l'espace et le temps sont liés
durée, masse et dimensions sont **relatives**

Conséquence 1

Laissez votre main une minute sur un fourneau, et cela vous semblera une heure. Restez assis à côté d'une jolie fille pendant une heure, et elle vous semblera une minute.

C'est cela la relativité.

Albert Einstein



- **Le temps n'est pas le même pour tout le monde**

L'écoulement du temps ralentit si la vitesse de déplacement augmente



Dans la fusée, le temps s'écoule moins vite que sur Terre

Mais ceci n'est détecté aisément que pour des vitesses proches de la lumière

La personne restée sur Terre voit revenir son jumeau plus jeune qu'elle

La personne qui revient sur Terre, en retrouvant son jumeau, voit le futur

- **Vérification expérimentale de la dilatation du temps en fonction de la vitesse**

En 1971 par Hafele et Keating

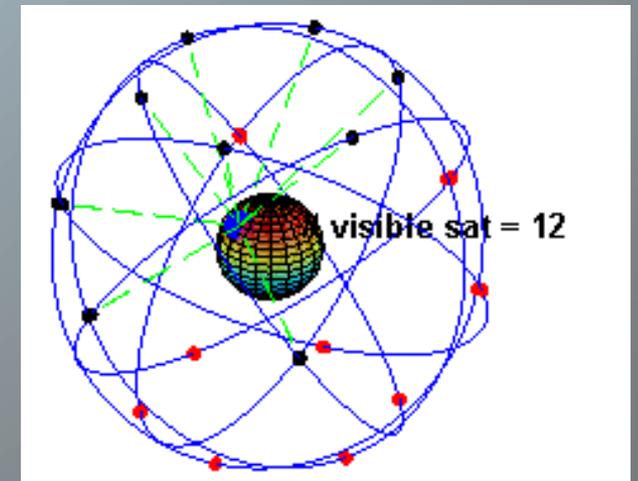
Mesure de quelques milliardièmes de secondes de différence entre les horloges embarquées et l'horloge de référence sur Terre (plus rapide)

Résultats en accord avec la théorie



Cette légère différence doit être prise en compte dans certains cas où la précision est nécessaire : les systèmes de géo localisation (GPS, Galileo)

Si la correction n'est pas effectuée ($v= 4 \text{ km/s}$) on obtient des écarts de localisation de 12 km !



Conclusion : les voyages forment la jeunesse

Un Univers de galaxies

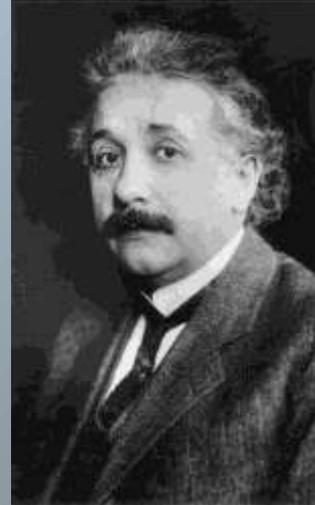
Le fonctionnement de cet Univers est basé sur la théorie de la relativité :

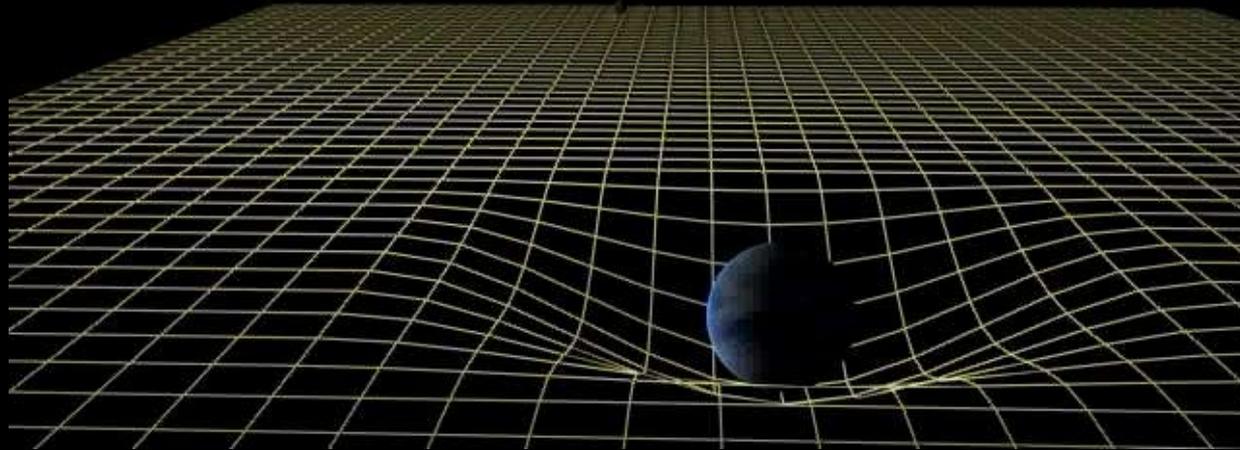
- 🕒 L'Univers forme un ensemble où l'espace et le temps sont liés
durée, masse et dimensions sont **relatives**

Conséquence 1

- 🕒 L'Univers est déformé sous l'influence des masses qu'il contient
Une masse (planète, étoile) entraîne une **courbure de l'espace**

Conséquence 2

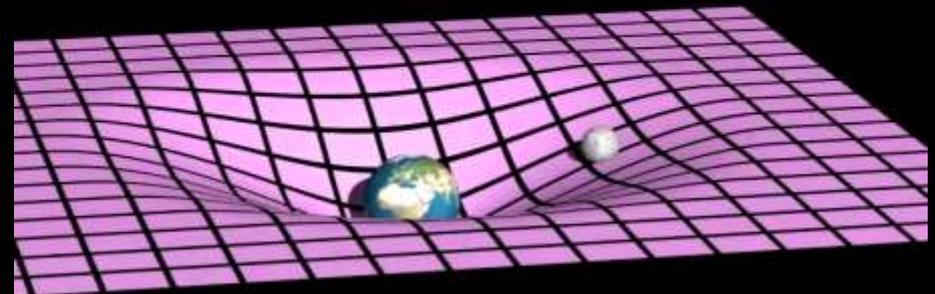




La gravitation selon Newton



La gravitation selon Einstein

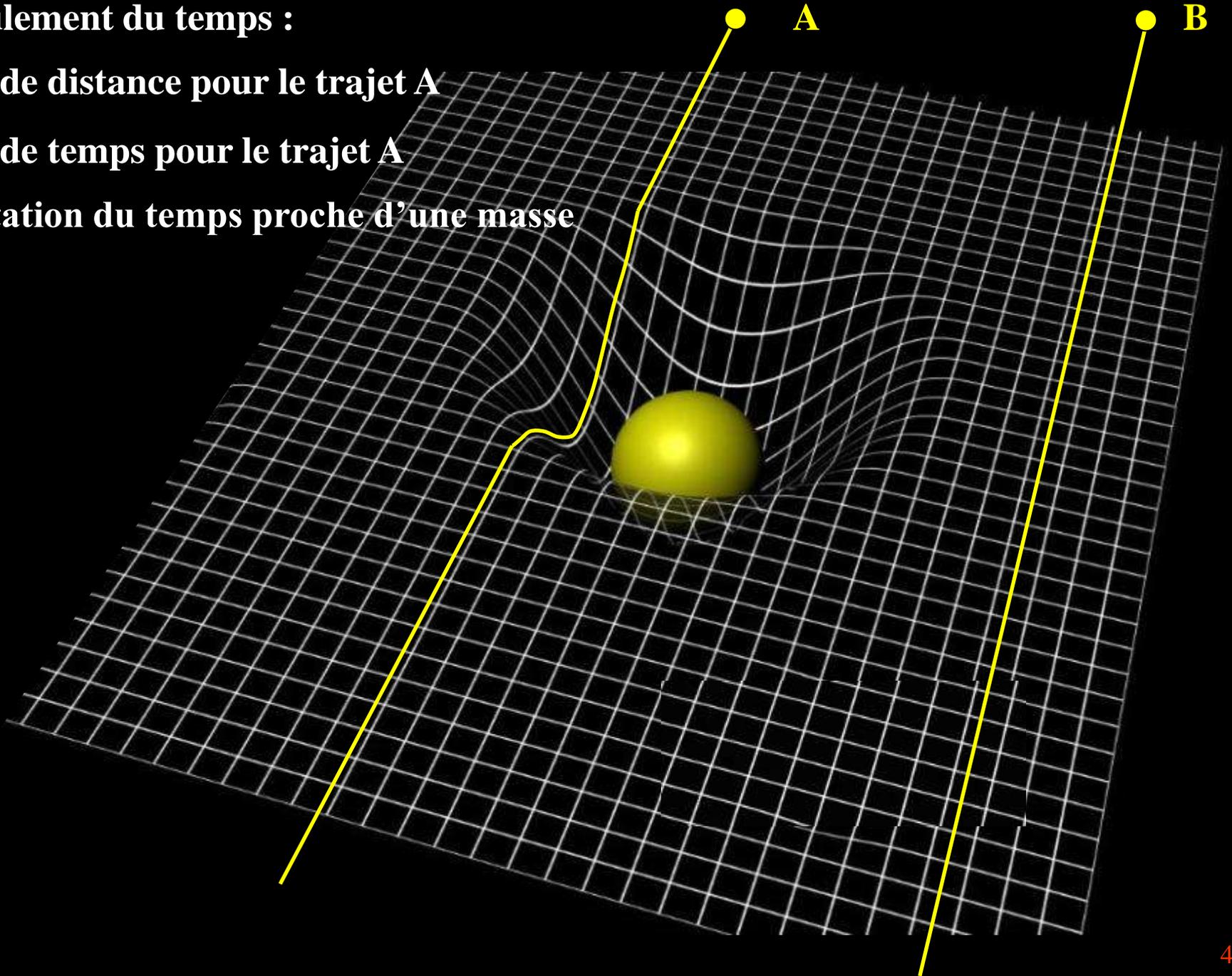


Ecoulement du temps :

Plus de distance pour le trajet A

Plus de temps pour le trajet A

Dilatation du temps proche d'une masse



- La gravitation modifie l'espace et donc le temps

L'écoulement du temps ralentit au voisinage d'une masse (importante)
Sur Terre (masse), le temps s'écoule plus lentement que dans l'espace

Exemple : dans la Station Spatiale ,
que se passe-t-il pour les astronautes ?

Ils sont à une altitude de 400 km

L'écoulement du temps augmente (+ vite)
de +3,7 μ s/j

Mais ils se déplacent à 27000 km/h

L'écoulement du temps diminue (- vite)
de -28,7 μ s/ j

Par rapport à la terre, ils vieillissent moins vite de -25 μ s/ jour **- 0,009 s / an**



**Conclusion : pour rester jeune, il vaut mieux dormir au rez de chaussée
qu'au premier étage (plus près de la Terre)
Vous gagnerez 1 millionième de seconde (0,000 001 s) en 79 ans !**

Un Univers de galaxies

Le fonctionnement de cet Univers est basé sur la théorie de la relativité :

- ⌚ L'Univers forme un ensemble où l'espace et le temps sont liés
durée, masse et dimensions sont **relatives**

Conséquence 1

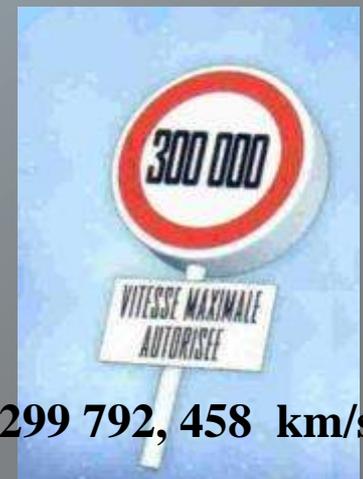
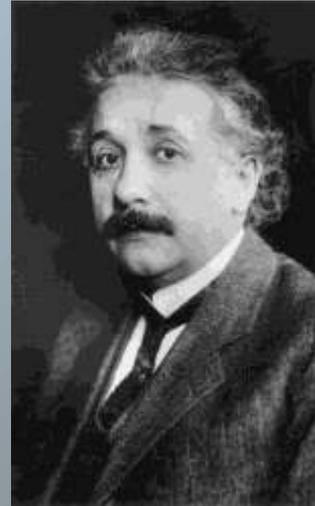
- ⌚ L'Univers est déformé sous l'influence des masses qu'il contient
La lumière se déplace en suivant la **courbure de l'espace**

Conséquence 2

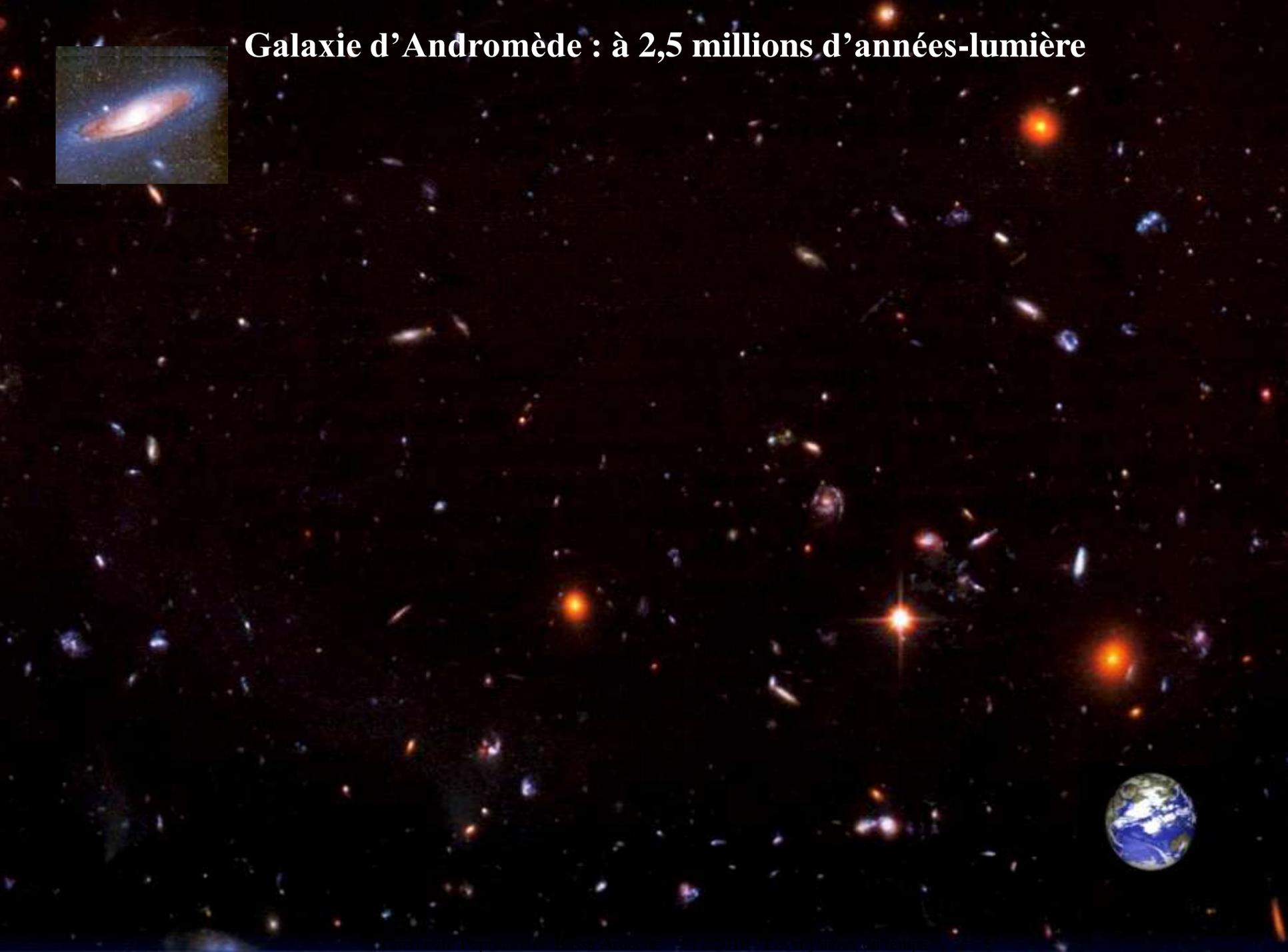
- ⌚ La vitesse de la lumière est **constante** dans l'Univers
Elle est indépendante de celui qui la mesure

Conséquence 3

$$C = 299\,792,458 \text{ km/s}$$



Galaxie d'Andromède : à 2,5 millions d'années-lumière





Galaxie d'Andromède : à 2,5 millions d'années-lumière

**Cette image a donc mis 2,5 millions d'années à nous parvenir
(à la vitesse de la lumière : 300 000 km/s)**

Mais pendant ces 2,5 millions d'années, la galaxie d'Andromède a évolué

**Voir loin, c'est voir dans le passé
Actuellement cette galaxie n'est plus la même**

**Conclusion : tout ce que je vois appartient au passé
Rien de ce que je vois n'existe, le présent est inconnaisable !**



Tout ceci n'est donc que du temps passé...

Et il est temps de terminer !



L'Homme a tenté de contrôler, de se représenter et d'étudier le temps pour l'appréhender, sans réellement parvenir à le cerner sous tous ses aspects. Il demeure un grand mystère de la science et de la pensée humaine, qui dépasse peut-être notre entendement.