

Le grand récit de l'univers

Parcours de visite élèves
Sciences physiques et SVT - Lycée



Service Education

Novembre 2012



MINISTÈRE DE
L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE LA JEUNESSE
ET DE LA VIE ASSOCIATIVE

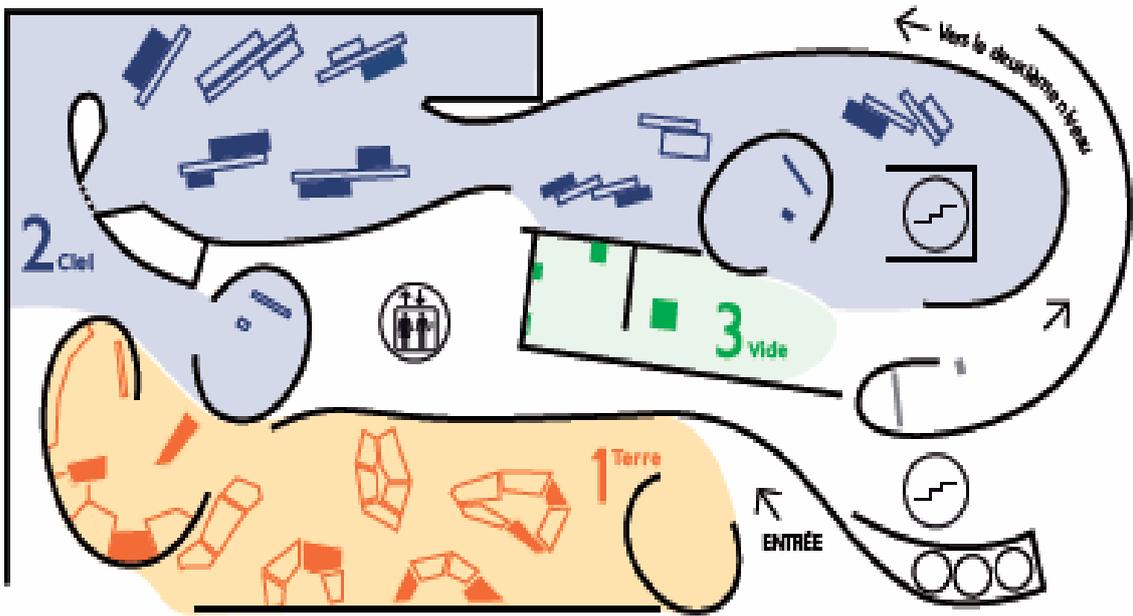
MINISTÈRE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE





1^{er} niveau de l'exposition

D'où vient la matière ?



Préambule :

Votre visite débute dans une petite salle (à gauche en entrant), plongez-vous quelques instants dans l'ambiance d'une balade en pleine nature, et écoutez le questionnement sur l'origine de la matière...

Salle 1 :

L'enquête commence sur Terre...

1 - Les roches volcaniques

▶ Roches, les apparences trompeuses

- ◆ A partir de quelle matière commune sont formés le granite, la rhyolite et l'obsidienne ?

De magma De sédiments De météorites

- ◆ Ces roches sont faites des mêmes minéraux. Pourtant elles ne se ressemblent pas. Leurs différences d'aspects nous renseignent sur leur...

Age Région d'origine Vitesse de refroidissement

▶ Des roches record

- ◆ Quelle est la roche qui couvre les 2/3 de la surface de la Terre ?

Le granite Le basalte La pierre ponce

▶ Parole de basalte

- ◆ Le magnétisme d'un basalte ne correspond pas toujours au magnétisme du lieu où il est trouvé. Pourquoi ?

Le basalte s'est à nouveau refroidi
 Le basalte s'est déplacé en conservant son magnétisme d'origine
 Le champ magnétique terrestre s'est inversé

2 - Les roches sédimentaires

► Mémoires de vie, d'environnement, de climat

- ◆ Voici cinq images (A, B, C, D et E) représentant différentes roches sédimentaires, elles retracent toutes des époques de la vie, de l'environnement, du climat, passées sur la Terre. A chaque image est associée une description, à vous de donner la bonne réponse !



Image A - © CSI/ C.Guillou



Image B © CSI/ C.Guillou



Image C - © CSI/ C.Guillou



Image D - © CSI/ C.Guillou



Image E- © CSI/ C.Guillou

Description	Image
Feuilles calcaires liées à l'activité d'algues bleues	
Goutte de pluie fossilisée (sur un morceau de grès)	
Rides d'oscillation fossilisées (sable fossilisé...)	
Coquillage fossilisé	
Grès avec empreinte de pistes d'animal	

▶ Parole de corail

- ◆ Ecoutez la « Parole de corail », elle vous donne des indices sur...

- Son âge
- La vitesse de rotation de la Terre

3 - Les roches métamorphiques

▶ Mémoires de faille – Mémoires de plis – Parole d'éclogite

- ◆ Où peut-on trouver des roches métamorphiques ?

- Dans les couches calcaires
- Au niveau des failles
- En zone montagneuse

- ◆ Le basalte peut-il se métamorphoser ?

- Oui
- Non

- ◆ Si oui, donnez un exemple ?

.....

4 - La datation

▶ Histoire de paysages

Démarrez l'animation, vous retrouverez cette image vers la fin du film !



- ◆ Retrouvez l'histoire géologique de ce paysage en classant les événements par ordre d'apparition :

- érosion
- sédimentation
- plissement

▶ **Dater les roches – Datation absolue**

Amusez-vous à dater des échantillons de carbone 14 en manipulant le compteur.

- ◆ **Quel est l'âge de l'échantillon fossilisé de droite ?**

.....

- ◆ **Qu'est-ce qu'une demi-vie ?**

.....

- ◆ **Complétez le tableau suivant en inscrivant les demi-vies correspondant aux atomes radioactifs :**

Atomes radioactifs	Demi-vies
Argon	
Carbone 14	
Rubidium/Strontium	

▶ **Les âges de la Terre**

- ◆ **A quel personnage doit-on la première tentative de la datation absolue ?**

- Lord Kelvin
- Ernest Rutherford
- Arthur Holmes

- ◆ **Quel âge donna-t-il à la Terre ?**

- 20 millions d'années
- 40 millions d'années
- 500 millions d'années

- ◆ **Actuellement, quel est l'âge estimé de la Terre ?**

- 1,6 milliard d'années
- 4,6 milliards d'années
- 6 milliards d'années

- ◆ **Par qui et par quelle méthode a-t-elle été réalisée ?**

.....

5 - Que racontent les météorites ?

▶ Danger chute de pierres – Matière extra-terrestre

- ◆ Comment s'appelle la météorite de structure homogène provenant du disque d'accrétion qui a formé notre système planétaire? C'est la météorite la plus courante dans l'espace :

.....

- ◆ Complétez le tableau suivant en associant un type de météorite à une partie de la Terre :

Types de météorites	Parties de la Terre
Achondrites basaltiques	
Lherzolites	
Sidérites	

▶ Il était une fois la Terre...

Découvrez à travers ce film, la formation du système solaire et donc de la Terre.

- ◆ Quelles sont les matières extra-terrestres qui ont constitué la nébuleuse primitive ?

.....

- ◆ Qu'est-ce que l'accrétion ?

- Une diffusion de petites matières extra-terrestres
- Un refroidissement des petites matières extra-terrestres
- Une absorption de petites matières extra-terrestres par les plus grosses

Salle 2 :

L'enquête se poursuit dans le ciel

1 - Etoiles

► Exploration de la Voie Lactée (sous la tente)

Cette simulation nous permet d'observer la Voie Lactée à partir de notre point de vue de terrien situé en périphérie de la galaxie.

Cherchez Proxima du Centaure (entre 320° et 310°) et lisez les informations que l'on obtient en effleurant le carré.

- ◆ Cette étoile est-elle visible à l'œil nu ?

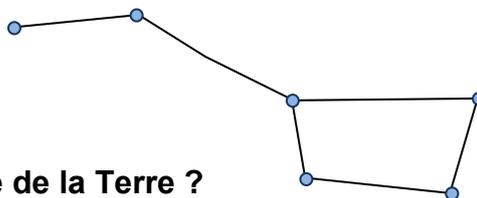
.....

- ◆ Cette étoile est-elle suffisamment chaude pour émettre des rayons X ?

.....

► Etoiles, les apparences trompeuses

Les étoiles appartenant à la constellation de la Grande Ourse n'appartiennent pas à un même plan !



- ◆ Quel est le nom de l'étoile la plus proche de la Terre ?

..... (Entourez-la sur le schéma)

- ◆ Quel est le nom de l'étoile la plus lointaine de la Terre ?

..... (Désignez-la par une flèche sur le schéma)

► La distance par la parallaxe

Cette installation permet de simuler la mesure de distance étoile - Terre par la parallaxe. Lancez la vidéo et suivez les instructions : mesurez la distance entre ce poste et une étoile dessinée sur le mur en face de l'installation.

- ◆ Votre mesure :

Mesure exacte :

- ◆ Si votre mesure est très différente de celle proposée, déterminez les sources d'erreurs possibles :

.....

▶ **La lumière des étoiles**

- ◆ **Lorsqu'on chauffe le filament de la lampe de 2200 K à 2900 K, comment varient les couleurs du spectre de la lumière ?**

Température	Couleurs présentes	Couleur correspondant au maximum d'intensité
2200 K		
2500 K		
2900 K		

- ◆ **Comment évalue-t-on la température à la surface d'une étoile ?**

.....

- ◆ **En lisant le diagramme de Hertzsprung et Russel, les naines blanches sont :**

- Plutôt froides et faiblement lumineuses
- Plutôt froides et fortement lumineuses
- Plutôt chaudes et faiblement lumineuses
- Plutôt chaudes et fortement lumineuses

▶ **La lumière infra-rouge**

Posez votre main sur le mur face à la caméra durant une dizaine de secondes, enlevez votre main et regardez l'écran :

- ◆ **Qu'observez-vous ?**
- ◆ **Quelle est la partie la plus froide de votre visage ?**

▶ **La matière des étoiles**

Tournez le rouleau jusqu'au « FER » et vérifiez si les raies d'émission de cet atome correspondent à certaines raies sombres du spectre de la lumière du soleil.

- ◆ **Pourquoi les raies du spectre du soleil apparaissent-elles sombres ?**

.....

2 - Galaxies

▶ La fuite des galaxies

- ◆ Quelles sont les deux méthodes de mesure de la distance d'une galaxie à la Terre ?

.....
.....
.....

Lancez la vidéo, écoutez l'introduction et choisissez « *Mesurer le décalage spectral* »

- ◆ Qu'est-ce que le « Redshift » ?

.....

- ◆ Comment l'interprète-t-on ?

- Par le fait que les galaxies sont fixes
- Par le fait que les galaxies se rapprochent les unes des autres
- Par le fait que les galaxies s'éloignent les unes des autres

- ◆ Quelle unité de mesure utilise t-on pour mesurer la distance d'une galaxie ?

- Le parsec
- Le mégaparsec
- L'année-lumière

Salle 3 :

Et si la réponse était dans le vide ?

► La matière d'avant les étoiles

Regardez cette vidéo renversante de 5 minutes :

- ◆ **A quoi Penzias et Wilson ont-ils assimilé le rayonnement fossile de l'Univers au tout début ?**
 - A des bruits de pigeons.
 - Au rayonnement thermique de l'atmosphère
 - Aux ondes de la station radio locale

- ◆ **A quel âge l'Univers a-t-il commencé à former les atomes primordiaux ?**
 - A quelques fractions de secondes
 - A 300 000 ans
 - A 3 millions d'années

- ◆ **A quoi sert un bolomètre ?**
 - A mesurer la température du fond du ciel
 - A mesurer la taille de l'Univers
 - A mesurer le vide interstellaire

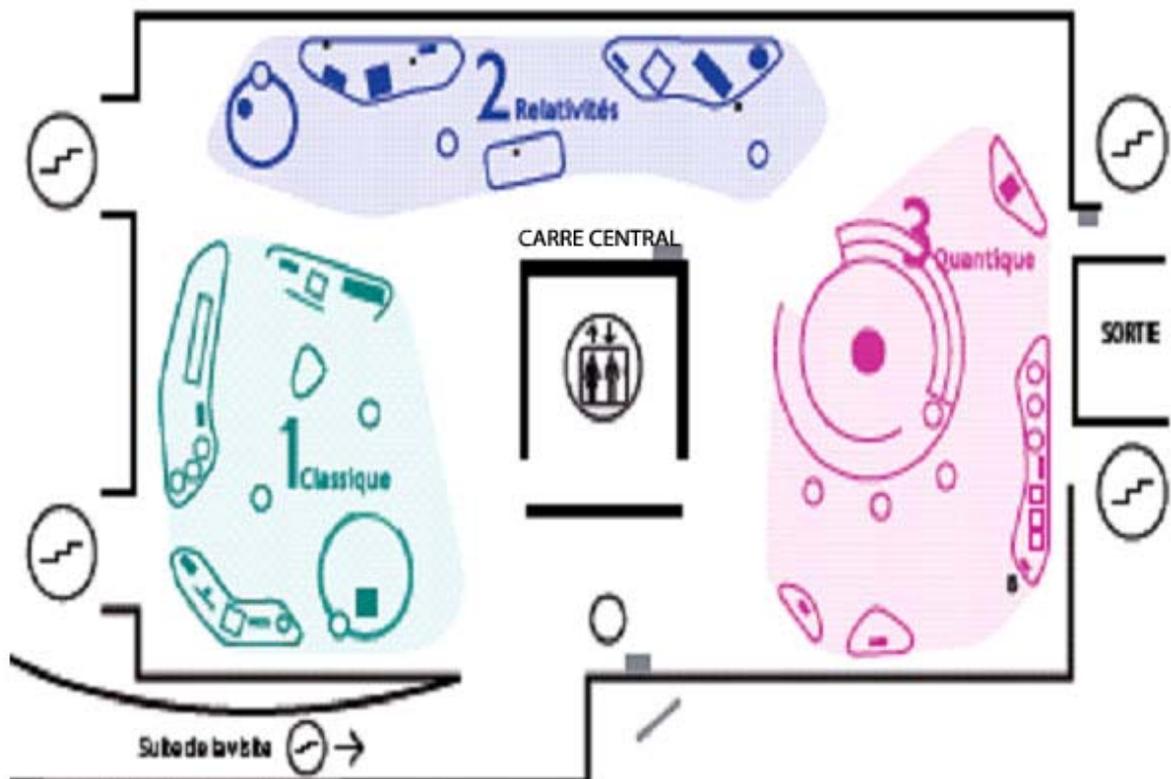
- ◆ **Que permet de montrer la cloche à vide ?**
 - Qu'il fait très froid dans l'univers
 - Que le vide ne modifie pas le champ magnétique
 - Que le son ne se propage pas dans le vide
 - Que la lumière se propage dans le vide

2nd niveau de l'exposition

Quelles lois physiques pour l'Univers ?



Salle1 Classique© CSI/ATTAL Jean-Pierre



Salle 1 :

Les lois de la physique classique

1 - La masse est conservée

- ♦ Qu'est-ce que l'étalon de masse ? Où se trouve-t-il ?

2 - Le mouvement est relatif

► Evolution des référentiels

- ♦ Comment est décrit le système géo-héliocentrique proposé par Tycho Brahé à la fin du XVI^e siècle?
 - Toutes les planètes tournent autour du soleil
 - Les planètes et le soleil tournent autour de la Terre
 - Les planètes tournent autour du soleil qui tourne autour de la Terre

► Points de vue sur le mouvement

Ecoutez l'introduction puis simulez les trajectoires dans le référentiel lié au centre de Neptune:

- ♦ Quelle est la trajectoire du Soleil dans ce référentiel ?
 - Une cycloïde
 - Une ellipse
 - Une trajectoire chaotique

► Les ruses de la Lune

- ♦ Pourquoi nous, terriens, voyons-nous toujours la même face de la lune ?
 - La Lune met autant de temps à faire un tour sur elle-même qu'à tourner autour de la Terre
 - La Lune tourne sur elle-même, l'autre face apparaît le jour mais on ne la voit pas
 - La Lune ne tourne pas sur elle-même

3 - La gravitation est une force

▶ **Newton et la gravitation**

Visionnez ce film qui dure 3 minutes.

- ♦ **La pomme tombe tout droit d'un arbre, la Lune tourne autour de la Terre : qu'est-ce qui différencie ces deux mouvements?**

La masse des corps impliqués Leur taille Leur vitesse initiale

- ♦ **Comment appelle-t-on la loi qui régit ces deux mouvements ?**

.....

4 - La synthèse

Ecoutez le document audio, il reprend ce qu'il faut retenir des lois de la physique classique.

- ♦ **Dans la colonne de droite du tableau suivant, entourez les bonnes réponses :**

Espace	absolu ou relatif ?
Temps	absolu ou relatif ?
Mouvement	absolu ou relatif ?
Matière	conservée ou non conservée ?
Vitesse de la lumière	constante ou variable ?

Salle 2 :

Les lois de la physique relativiste

1- La relativité restreinte en gestation

► Votre corps est énergie

Placez votre main sur le lutrin et un film va se déclencher pour vous expliquer la radioactivité naturelle qui se déroule dans notre corps.

◆ Comment appelle-t-on cette radioactivité :

α

β

γ

◆ Quelle équation de désintégration correspond à cette radioactivité ?

$e^- \rightarrow p + n + \nu_e$

$p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$

$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

◆ Que traduit la célèbre équation $E = mc^2$?

La célérité c est proportionnelle à E

E est sous forme d'énergie cinétique

La masse ne se conserve pas

► La vitesse de la lumière

◆ Actuellement, comment définit-on le mètre étalon ?

C'est 1 650 763,73 longueurs d'onde d'une radiation émise par le krypton 86

C'est la distance parcourue par la lumière dans le vide en $1/299\,792\,458$ s

Il est matérialisé par une règle en platine-iridium

2- Vers un nouvel espace-temps

▶ Le temps des muons

Visionnez le film, il dure 6 minutes.

◆ D'après la relativité restreinte, la lumière :

- Se propage à vitesse invariante
- Est le phénomène le plus rapide de l'univers
- Se propage à une vitesse différente selon l'espace-temps qu'elle traverse

◆ L'expérience des muons a permis de prouver :

- que la vitesse de la lumière est invariante
- que le temps et la distance sont relatifs au référentiel dans lesquels ils sont observés
- que la perception de temps et d'espace est indépendante de la vitesse
- la théorie de la relativité restreinte pour la première fois

▶ La chute des corps

Dirigez-vous en premier vers la table d'information intitulée : « le plomb et la plume ».

◆ Quelle interprétation Galilée a-t-il donné sur la chute des corps ?

.....
.....

L'installation, appelée aussi « tubes de Newton », permet de montrer la chute libre de deux corps dans l'air et dans le vide.

◆ Que constatez-vous ?

.....

3- Relativité générale : une nouvelle théorie de la gravitation

► Einstein et la gravitation

Visionnez ce film qui dure 5 minutes.

◆ Complétez les informations manquantes dans les deux colonnes du tableau :

Qui a dit ... ?	Nom du savant / époque
La masse pesante mesure la facilité d'un objet à se mettre en mouvement sous l'effet de la	
La gravitation est une, une attraction entre les	Newton / 1650
A tout objet est associée une masse inertielle qui correspond à l'intensité de la force nécessaire à le mouvement.	
Le mouvement causé par la gravitation et l'entraînement dû à un système qui accélère sont identiques.	
La gravitation n'est pas une force, mais une de l'espace et du temps, c'est la relativité.....	Einstein /

► Espace-temps, matière, gravitation

Voici une image représentant la Terre déformant l'espace-temps :



© CSI/ C.Guillou

◆ Pourquoi : « la Terre déforme-t-elle l'espace-temps ? »

- La Terre est une sphère
- La Terre est de la matière
- La Terre est attirée par une force provenant de l'Univers

► **Effets relativistes au quotidien**

- ◆ **Combien de satellites au minimum un récepteur GPS a-t-il besoin pour donner correctement la position ?**

1 2 3 4

- ◆ **Quel est le rôle de chaque satellite utilisé?**

.....

4- La synthèse

Ecoutez le document audio, il reprend ce qu'il faut retenir des lois de la physique relativiste.

- ◆ **Dans le tableau suivant, cochez les bonnes réponses :**

Relativité restreinte (masse, espace, temps, vitesse)	<input type="checkbox"/> La vitesse de la lumière peut être dépassée <input type="checkbox"/> La masse est une forme d'énergie <input type="checkbox"/> La masse d'un objet est prise en compte <input type="checkbox"/> Une horloge en mouvement marche plus lentement que lorsqu'elle est au repos
Espace-temps	<input type="checkbox"/> Est déformé par la matière <input type="checkbox"/> Modifie la trajectoire de la masse <input type="checkbox"/> Ne modifie pas la trajectoire de la lumière
Relativité générale	<input type="checkbox"/> Masse inerte et masse pesante ne sont pas équivalentes <input type="checkbox"/> La gravitation est l'expression de la déformation géométrique de l'espace-temps <input type="checkbox"/> Aucune interaction n'agit de façon instantanée

Salle 3 :

Les lois de la physique quantique

1- Introduction : votre corps est plein de « vide » ?

▶ Détecteur de muons

Montez sur la plate-forme du détecteur et visualisez les muons qui vous traversent :

◆ Que sont des muons ?

Des insectes se déplaçant très rapidement

Des particules cosmiques

Des électrons

◆ Combien de muons en moyenne traversent votre corps en une seconde ?

200 muons/s

5 muons/s

60 milliards de muons/s

2- Plongée dans le monde surprenant des atomes

▶ Expérience de Rutherford

◆ Qu'a découvert Rutherford grâce à son expérience ?

Le noyau des atomes

Les particules alpha

Les photons

◆ Pourquoi certaines particules passent à travers la feuille d'or en ligne droite ?

.....
.....

◆ Pourquoi d'autres sont-elles déviées ?

.....
.....

▶ **Le nombre d'Avogadro**

♦ **Qu'ont en commun 12 g de carbone et 197 g d'or ?**

- Leur nombre d'Avogadro
- Le nombre d'atomes contenu dans ces échantillons

♦ **Définir le nombre d'Avogadro et sa valeur :**

.....

▶ **Un atome, des structures**

♦ **Quel est le point commun entre du graphite et un diamant ?**

.....

♦ **Qu'est-ce qui est responsable de leurs propriétés si différentes ?**

.....

▶ **Vidéo : « Explorer l'atome »**

Explorez cette vidéo intégralement !

♦ **Quel est le rapport de taille entre le noyau et son atome (en moyenne) ?**

- 100 fois
- 1000 fois
- 10000 fois

♦ **Où se situent les quarks dans l'atome?**

- électron
- proton
- neutron

♦ **Quelle est la constitution d'un proton ?**

- 2 quarks *up* et 1 quark *down*
- 3 quarks *up*
- 2 quarks *down* et 1 quark *up*

♦ **Quelles sont les particules responsables de l'assemblage des quarks ?**

- Les bosons
- Les gluons
- Les photons

♦ **Quelles sont les particules responsables de l'interaction électromagnétique entre le nuage électronique et le noyau ?**

- Les gravitons
- Les gluons
- Les photons

3- La quantique : une physique de l'infiniment petit

▶ Etrangeté du monde quantique

Jouez aux deux premières questions et écoutez les commentaires.

♦ Un fer à cheval et un volcan rougissent-ils à la même température ?

♦ Qu'est-ce qu'un quanta de lumière ?

- Un ornithorynque
- Une onde exclusivement
- Un photon
- Un corpuscule exclusivement

▶ Matière, antimatière

♦ Qu'est-ce qu'un positon (ou positron) ?

.....

♦ Par qui et quand a-t-il été prédit ?

.....

4- Carré central

▶ Univers, particules et expérience

Ecoutez l'introduction puis choisir « Boson de Higgs » et « L'accélérateur de particules LHC et les détecteurs CMS et Atlas »

♦ De quoi serait responsable le boson de Higgs ?

- Du Big Bang
- De la charge électrique de toutes les autres particules
- De la masse de toutes les autres particules

Un peu d'actualité : ce boson, particule inventée par Higgs, a enfin été démasqué !

♦ **Quand cette découverte a-t-elle eu lieu ?**

Le 26 mai 1964

Le 10 septembre 2008

Le 4 juillet 2012

♦ **Quel type d'accélérateur de particules a permis de réaliser cette découverte ?**

Le LEP (collisionneur électron positon) du CERN à Genève

Le LHC (collisionneur proton proton) du CERN à Genève

Le TEVATRON (collisionneur proton antiproton) du Fermilab à Chicago

▶ **Théorie, observation ?**

♦ **Qui a dit « c'est seulement la théorie qui décide de ce qui peut être observé » ?**

Heisenberg

Schrödinger

Einstein

♦ **Cochez les particules ou propriétés d'abord prédites par la théorie puis observées, pensez à soulever les volets pour vous aider !**

L'antimatière

Le neutrino

Le boson de Higgs

Le trou noir

L'expansion de l'univers

Les quasars

Le fond diffus cosmologique

L'intrication quantique

5- Synthèse

Ecoutez le document audio, il reprend ce qu'il faut retenir de la physique quantique

♦ Dans le tableau suivant, cochez les bonnes réponses :

Lois de la physique quantique	<input type="checkbox"/> Ce sont les mêmes lois que celles de la physique classique <input type="checkbox"/> Les lois de la physique classique sont non opérantes car les objets sont infiniment petits <input type="checkbox"/> Ce sont des lois mathématiques décrivant des probabilités de présence d'objets quantiques <input type="checkbox"/> Elles ne sont pas validées car non observables
Objet quantique	<input type="checkbox"/> N'est ni une onde ni un corpuscule <input type="checkbox"/> Sa position et sa vitesse sont déterminées précisément
Matière et antimatière	<input type="checkbox"/> La masse est une quantité de matière <input type="checkbox"/> L'antimatière n'a pas de masse <input type="checkbox"/> L'antimatière a déjà été observée, créée et utilisée
Espace-temps	<input type="checkbox"/> Dépend de la matière qu'il contient <input type="checkbox"/> Est statique, sans courbure <input type="checkbox"/> C'est un espace mathématique sans équivalent avec le monde macroscopique

♦ Reliez la bonne définition à l'interaction correspondante :

Interaction gravitationnelle •	• Interaction pour rendre compte d'une forme de radioactivité
Interaction forte •	• Interaction non prise en compte car faible à l'échelle atomique par rapport aux autres forces existantes.
Interaction faible •	• Interaction pour lier les composants des noyaux
Interaction électromagnétique •	• Interaction pour associer les particules chargées entre elles

Les ressources documentaires

➤ Bibliographie

Les ouvrages qui suivent sont empruntables à la bibliothèque de la Cité (BSI) :

- **Le grand récit de l'Univers** – *Texte imprimé Bénédicte Leclercq, avec la collaboration de Laurent Jolivet, Etienne Klein, 2007 Editions Le Pommier, 231p*: C'est le livre de l'exposition permanente, un bon complément à l'issue de la visite avec de très belles photographies pour faire rêver et nourrir la curiosité sur l'origine du monde.
- **Le grand récit de l'Univers en poche** – *Texte imprimé Bénédicte Leclercq, avec la collaboration de Laurent Jolivet, Etienne Klein, 2008 Editions Le Pommier, 362p*: Ce livre est un récit de voyage qui reprend de manière posée les thèmes de l'exposition (matière, étoiles, galaxies, lois physiques...). Le récit est captivant et le glossaire bien fourni!
- **La Gravitation** - *Texte imprimé Chérif Zanani- 2002 - Éditions Ellipses, Paris, 237p*: Ce livre raconte l'histoire de la notion de gravitation et explique quelles ont été les différentes interprétations données au cours de l'histoire.
- **Pourquoi $E = mc^2$ et comment ça marche ?** – *Texte imprimé Brian Cox et Jeff Forshaw (traduit de l'anglais 2012 - Editions Dunod pour l'édition française, 206p*: C'est un ouvrage sur les mystères de la relativité. Des explications sont fournies sans avoir besoin d'un bagage particulier en mathématiques !

➤ Sitographie

Vous pouvez également consulter le site web d'Universcience ainsi que de nombreux sites sélectionnés en lien avec la thématique étudiée. En voici un :

- **La chimie au lycée sur le thème de la matière :**
<http://www.cnrs.fr/cnrs-images/chimieaulycee/THEMES/matiere/prezmati.htm>
Site du CNRS : Il permet de percer les mystères de la matière de façon très pédagogique.