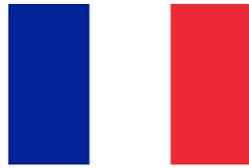
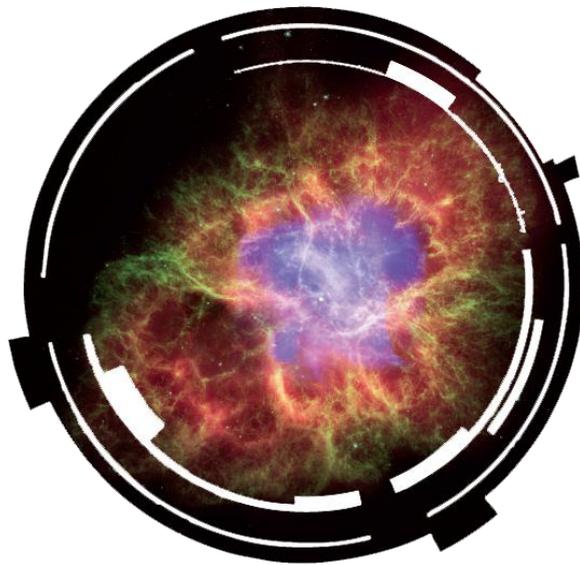


GUIDE DE VISITE EN FRANÇAIS



Consultation sur place, merci.
Une version pdf de ce fichier est disponible sur le site internet www.lsm.fr

PETITS SECRETS DE L'UNIVERS



EXPO : PETITS SECRETS DE L'UNIVERS



Bienvenue dans l'exposition "Petits secrets de l'Univers" du laboratoire souterrain de Modane.

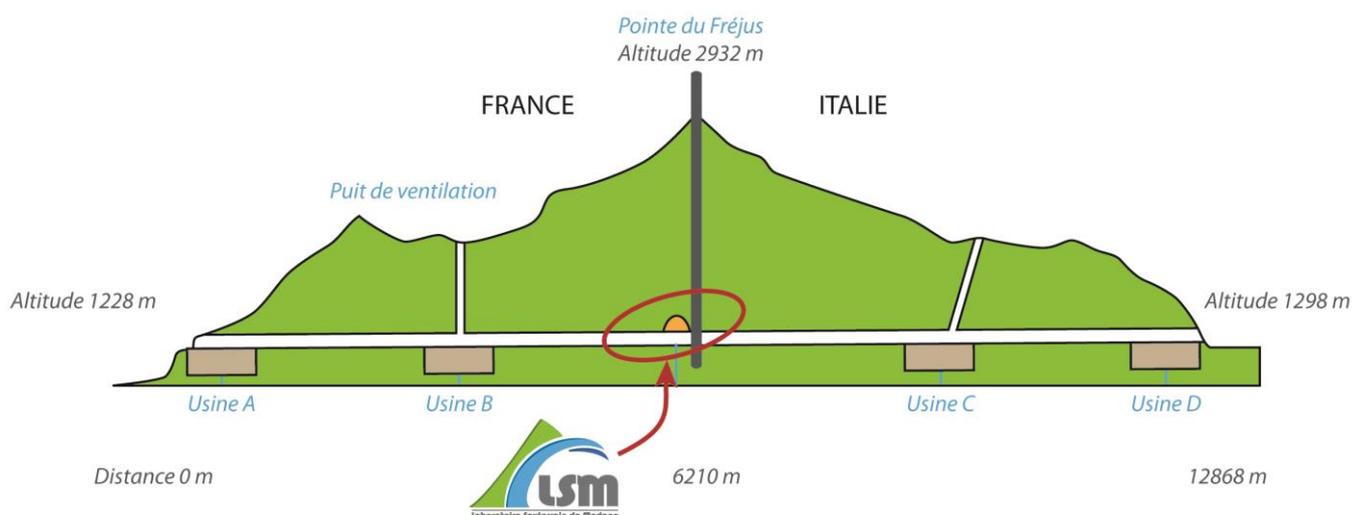
Avec cette exposition vous allez découvrir pourquoi des scientifiques du monde entier cherchent à percer les mystères de l'univers sous la protection du massif alpin.

Le laboratoire souterrain de Modane (LSM) est un laboratoire de recherche scientifique du CNRS et de l'UGA (Centre National de la Recherche Scientifique et Université Grenoble Alpes).

Creusé en 1982, il est situé au milieu du Tunnel du Fréjus (13 km de long), à 1700 m sous la pointe du Fréjus. L'épaisseur de roche et sa composition en font le laboratoire le plus profond d'Europe et le 2^{ème} plus profond du Monde, c'est comme si le laboratoire était à 4800 m sous l'eau !

Cette couverture rocheuse supprime presque totalement les rayonnements cosmiques provenant du soleil (qui est une grosse centrale nucléaire), des supernovae (étoiles en fin de vie) ou encore des pulsars (étoiles à neutrons). Chaque jour, 8 à 10 millions de rayons cosmiques (sous forme de muons) atteignent chaque m² de la surface de la Terre. Dans le laboratoire, il n'y a plus que 4 muons par m² et par jour.

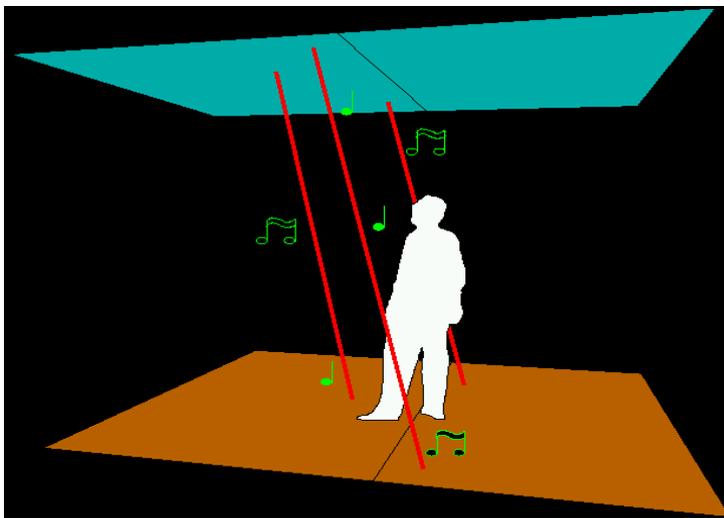
Les mesures effectuées dans le laboratoire ne pourraient pas être réalisées à l'extérieur puisqu'elles seraient noyées dans le "bruit de fond" des rayonnements cosmiques.



Suivez les numéros sur le plan ...

1 Le Cosmophone

Entrez dans le cosmophone et écoutez en direct la musique générée par les rayons cosmiques. Les rayons cosmiques proviennent du soleil et de phénomènes astrophysiques violents (explosions d'étoiles, trous noirs, pulsars, ...) qui se produisent dans le cosmos. Placez-vous au centre de la pièce, regardez l'écran et vous verrez et entendrez une partie des rayons cosmiques qui nous traversent ! Le flux de rayons cosmiques primaires est composé de protons, de noyaux d'hélium, et d'autres particules, le cosmophone émet un son simple pour ce rayonnement. Lorsqu'il pénètre dans l'atmosphère, le rayon cosmique interagit avec les noyaux atomiques de l'air de l'atmosphère terrestre ou avec des objets qu'il rencontre sur sa trajectoire. Il produit alors une multitude d'autres particules (pions, kaons, muons, électrons, neutrinos), ce sont les gerbes cosmiques, le cosmophone émet un autre son, comme une cascade.



Comme toutes les particules, on ne peut pas voir les muons mais on peut les détecter.

Le cosmophone matérialise le passage des muons par l'émission d'un son. Il est composé de 8 détecteurs couplés à des haut-parleurs.

Ainsi, à chaque fois qu'un muon passe par 2 détecteurs (un en haut, un en bas), on l'entend passer et on le voit sur l'écran.

2 Les films sur le laboratoire

Jetez un œil derrière l'écran du cosmophone, installez-vous ! Deux films vous sont proposés. En appuyant sur le bouton bleu situé sous l'écran, vous pourrez découvrir une présentation générale du laboratoire d'une durée de 6 minutes, en appuyant sur le bouton vert, vous découvrirez en 2 minutes le projet d'extension du laboratoire. En profitant des travaux de creusement de la galerie de sécurité du tunnel, nous souhaitons multiplier par 7 le volume du laboratoire afin d'accueillir les prochaines générations d'expériences.

- Bouton bleu : [film sur le laboratoire](#) (durée 6 minutes)
- Bouton vert : film sur le projet d'extension (durée 2 minutes)

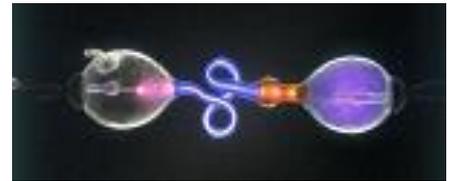
3 Une histoire de découvertes en chaîne

Et si nous remontions le temps ?

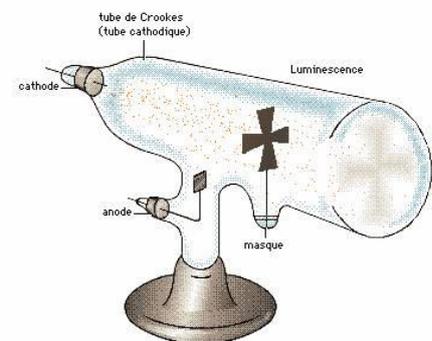
Sont présentées ici les expériences ayant conduit aux découvertes cruciales sur la radioactivité et plus tard sur le neutrino et les particules. Les objets datant du XIX^{ème} siècle ont été prêtés par Maurice Chapellier.

En appuyant sur les boutons verts, l'expérience se déclenche, le bouton bleu lance un diaporama explicatif.

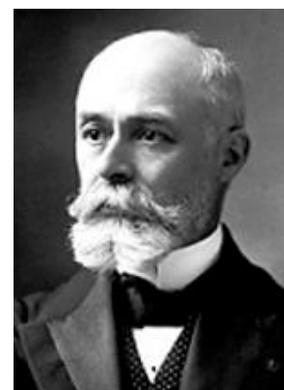
- *Les tubes de Geissler Plücker* : en 1854, Geissler, souffleur de verre spécialisé dans la verrerie de laboratoire et Plücker, professeur de mathématiques et sciences physiques, découvrent qu'après avoir enfermé un gaz sous faible pression lorsqu'une tension élevée est appliquée entre deux électrodes, une décharge s'effectue dans le tube et le gaz devient luminescent. Ils observent que la lumière émise est caractéristique du gaz enfermé ... la spectroscopie est née !



- *Rayons X* : Sir William Crookes abaisse la pression à l'intérieur des tubes et découvre en 1879 l'existence des "rayons cathodiques" (issus de la cathode (électrode négative)). En 1895 Konrad Wilhelm Röntgen observe qu'un écran de platinocyanure de baryum devient luminescent alors qu'il avait enveloppé le tube de Crookes dans du papier noir. Après plusieurs expériences il découvrit qu'il pouvait voir ses os ! Ainsi sont nés les rayons X dont l'utilisation en radioscopie et radiographie se développa très rapidement.



- *Radioactivité naturelle* : en pensant (ce qui s'avéra faux) que qu'à toute fluorescence était associé un rayonnement pénétrant Henri Becquerel développe une plaque photographique mise en contact avec le sel d'uranium. Même laissée dans un tiroir il s'aperçoit qu'elle est quand même impressionnée. Il conclut que le sel d'uranium émet des rayons et qu'il n'y a aucun lien avec ni avec la fluorescence, ni avec la phosphorescence, il les nomme "rayons uraniques". Ce phénomène sera connu par la suite sous le nom de radioactivité.



- *Radium et Polonium* : Marie Curie effectue sa thèse sur les rayons uraniques et cherche à savoir si l'émission des rayons de Becquerel sont spécifiques de l'uranium et de lui seul, ou s'il s'agit d'une propriété plus générale. Marie Curie examine systématiquement si d'autres substances présentent cette propriété remarquable d'émettre spontanément des rayonnements. la pechblende et la chalcopite (2 minéraux riches en uranium), apparaissent plus radioactifs que l'uranium lui-même ! Elle émet l'hypothèse que d'autres corps radioactifs sont présents dans les minéraux. Après une purification chimique, le Polonium est le premier élément radioactif découvert par Pierre et Marie Curie en juillet 1898 dans leurs recherches sur la radioactivité de la pechblende. Au mois de décembre de la même année, ils découvrent le radium. Le mot polonium a été choisi en hommage aux origines polonaises de Marie Skłodowska-Curie.



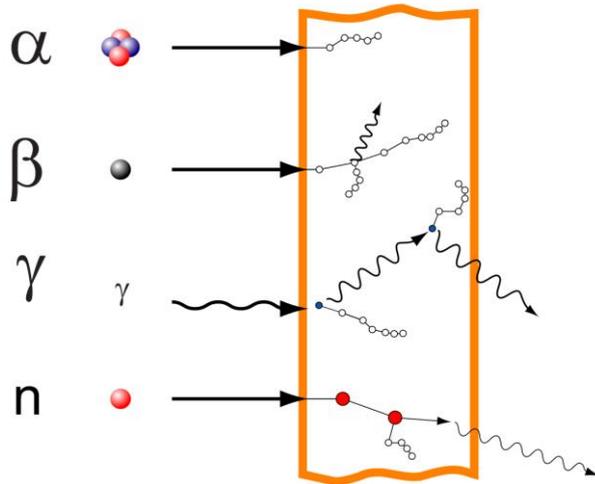
- *Hypothèse du neutrino* : En physique, il existe un principe immuable : "rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme", ce principe est aussi vrai pour l'énergie. Les mesures de l'énergie émise par la radioactivité Bêta montrent que l'énergie emportée par l'électron est variable. Cette observation fit vaciller la physique ...mais en 1930, Wolfgang Pauli proposa une hypothèse permettant d'expliquer les spectres bêta sans violer le principe de conservation de l'énergie. Cette hypothèse était l'existence d'une nouvelle particule : le neutrino. Cette particule devait avoir une masse très faible et interagir faiblement avec la matière, elle emporterait l'énergie manquante mais ne serait pas détectée.



Ces découvertes sont les lointains points de départ de techniques d'imageries médicales : radio, scanner, ...

4 La chambre à brouillard

Poussez le rideau de plastique noir pour découvrir la chambre à brouillard ...



Petit rappel sur la radioactivité : Dans la nature, la plupart des noyaux des atomes constituant la matière sont stables. Les autres, ont des noyaux instables : ils présentent un excès de particules (protons, neutrons, ou les deux) qui les conduit à se transformer par désintégration en d'autres noyaux stables ou non. On dit alors qu'ils sont radioactifs car en se transformant ils émettent des rayonnements ionisants. Les rayonnements sont dits ionisants lorsque leur énergie est suffisante pour éjecter un ou plusieurs électrons des atomes de la matière qu'ils rencontrent.

Ils se présentent, soit sous forme de particules tels les rayonnements alpha ou bêta, soit sous forme d'ondes électromagnétiques tels les rayons X et gamma. Certains éléments sont très radioactifs (milliards de milliards de becquerels), d'autres ont une faible activité (quelques becquerels). Un Becquerel (Bq) est égal à une désintégration par seconde.

Par ailleurs, la durée de vie de ces éléments (durée pendant laquelle ils émettent des rayonnements), est très variable d'un radionucléide à l'autre. On appelle période radioactive le temps au bout duquel une matière radioactive perd naturellement la moitié de sa radioactivité. Ainsi au bout de 10 périodes radioactives, la radioactivité d'un produit est divisée par 1 000. Cette période peut aller par exemple d'une fraction de seconde pour le polonium 214 à 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238. Ainsi nous sommes entourés de radioactivité en permanence, celle qui vient du cosmos, celle qui est dans l'air comme le radon, celle qui vient de la roche qui contient toujours de l'uranium, celle qui vient des matériaux qui nous entourent, ... et la nôtre aussi (un être humain de 70kg fait environ 7000 Bq, soit 7000 particules qui sont émises chaque seconde).

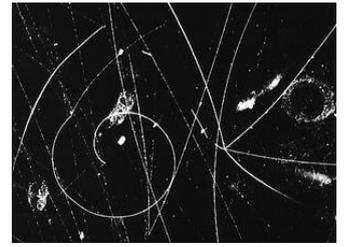
Dans le cosmophone, le passage d'un rayon cosmique est matérialisé par un son. Dans la chambre à brouillard, nous pouvons voir la trace laissée par une particule de radioactivité dans un brouillard.

La technique :

De la vapeur d'alcool refroidie au dessus d'une plaque (-30°C), est prête à se transformer en brouillard. Si une particule ionisante traverse la chambre à ce moment-là, elle provoquera la formation de gouttelettes de condensation le long de sa trajectoire.

On peut voir dans la chambre des traces longues très rectilignes (les muons), des traces en zigzag (les électrons de la radioactivité bêta) et des traces très denses et courtes (les alphas). Vous pouvez admirer cette chambre qui n'est pas utilisée pour des expériences, mais dont l'ancêtre a été un des premiers détecteurs de particules avec en particulier la découverte de l'électron positif.

Aucune radioactivité n'a été ajoutée dans la chambre, ce que nous voyons est la radioactivité ambiante, elle met en évidence que tous les matériaux qui nous entourent émettent de la radioactivité. Au laboratoire, comme pour les rayons cosmiques, le bruit de fond doit être supprimé, on utilise pour cela différents types de blindages autour des expériences.



5 Le petit train de la radioactivité

Tout est radioactif ! Avec les différents wagons chargés de matériaux naturels, vous allez pouvoir vous en rendre compte par vous-mêmes !

Choisissez un chargement :

- Engrais (contient du potassium et de l'Uranium)
- Granit (contient de l'Uranium et dégage du radon radioactif)
- Sable de Guarapari (inclut un minéral radioactif, la monazite, provenant de l'érosion)
- Aiguilles de réveil matin (peintes avec une trace de radium pour entretenir la phosphorescence, interdit de nos jours)
- Voyageurs (potassium radioactif dans les os)
- Radioactivité ambiante



6 Les détecteurs de radioactivité

Sur cette table vous sont présentés les différents détecteurs de radioactivité. Faites tourner la partie intermédiaire pour trouver la bonne combinaison (lumière verte).

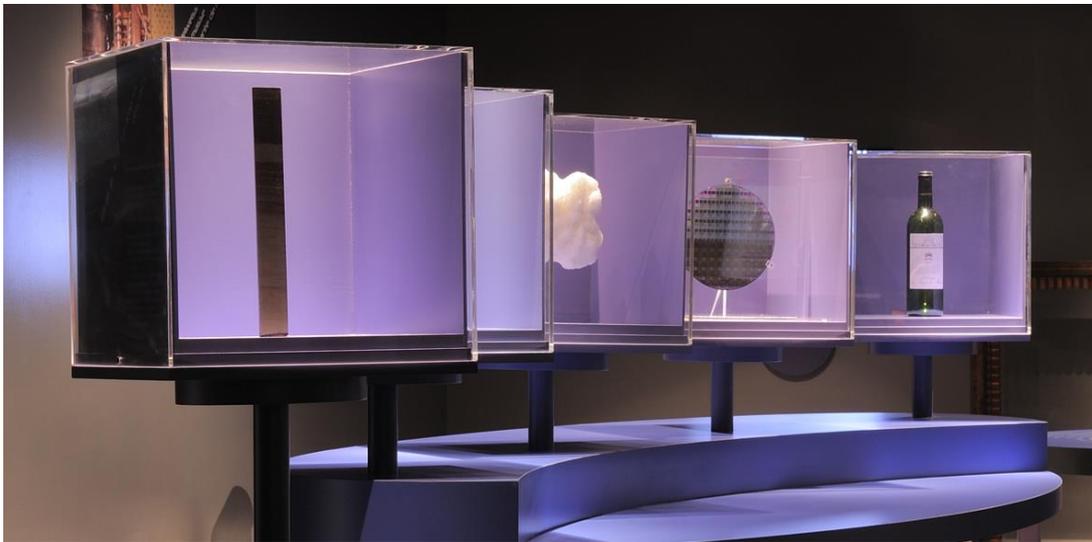
- Chambre à fils
- Cristal de Germanium
- Scintillateur plastique et photomultiplicateur
- Silicium en lamelles



7 Les applications

Dans ces cubes vous sont présentés des exemples de recherche appliquée.

- La datation des carottes de sédiments des lacs, ces carottes seront ensuite analysées par un laboratoire de l'Université de Savoie.
- Le plomb archéologique : plomb vieux de 1600 ans, qui n'est plus radioactif, utilisé au plus près du détecteur.
- La radioactivité des nuages : étudier le mouvement des éventuelles pollutions radioactives transportées par les nuages.
- Etude de la sensibilité au rayonnement des puces électroniques pour développer une nanoélectronique plus résistante.
- Vérification du millésime des grands crus, en mesurant le Césium 137 (marqueur temporel) pour détecter les fraudes éventuelles.

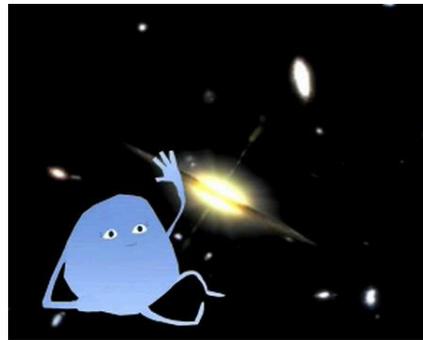
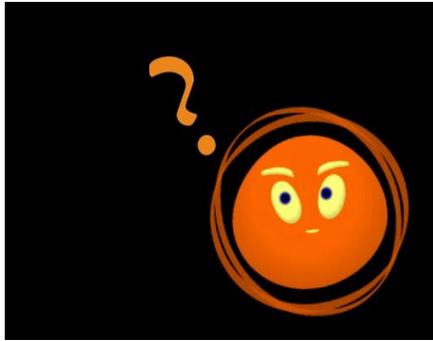


8 Les panneaux et les maquettes



9 Films : les expériences de recherche fondamentale (durée 5 minutes chacun)

Découvrez les expériences phares du LSM : Nemo 3 et Edelweiss 2



Zoomons sur une des expériences réalisées au laboratoire : Edelweiss et la matière noire de l'univers ...

Actuellement nous ne connaissons que 5% de la composition de l'univers, ces 5% comprennent la totalité de la matière qui nous compose (les êtres vivants, la Terre, les autres planètes, toutes les étoiles de l'univers ...) Pour ce qui est du reste, 75% s'appelle l'énergie sombre et là-dessus les physiciens peuvent juste déclarer : « Nous savons que nous ne savons rien ». Il reste alors 25% et ça c'est de la matière noire, on en est certain depuis les années 1970 par l'observation des mouvements des galaxies ... mais on ne sait pas encore de quoi elle est composée.

L'expérience Edelweiss, collaboration internationale à laquelle participent plusieurs laboratoires français, russes, allemands, ... émet l'hypothèse qu'elle est composée de WIMP's. Ces particules interagissent très faiblement avec la matière, c'est pourquoi nous devons mettre toutes les chances de notre côté pour essayer de la détecter :

En étant sous la montagne, avec des matériaux composant l'expérience eux-mêmes très faiblement radioactifs et avec un blindage important en plomb, on obtient un bruit de fond très bas. Nous utilisons des détecteurs en cristaux de Germanium, matériau le plus pur que l'on sache fabriquer. Le cœur du détecteur est à une température proche du zéro absolu, pour parvenir à détecter une élévation d'un millionième de degré !

Le nombre d'évènement possible étant très faible (un par an !), il faut augmenter la masse de détecteur au Germanium pour augmenter les chances de capturer une aussi minuscule particule ... l'objectif de l'expérience est d'atteindre 1 tonne de détecteur.

10 Multimédia

Surfez sur les différents sites proposés pour en savoir plus ...

Cet ordinateur vous permet d'accéder, entre autres, à la visite virtuelle du laboratoire. Déplacez vous de pièce en pièce, observez chaque recoin du laboratoire, comme si vous y étiez.



● A l'extérieur : Sculpture

Une sculpture de l'artiste Maricke

