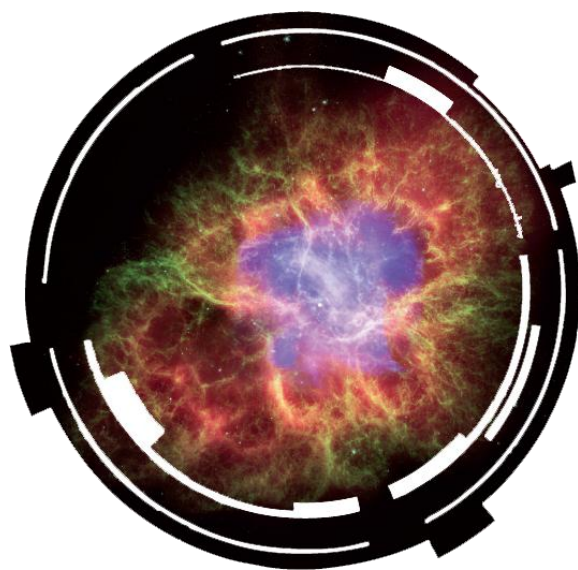


VISITA GUIDATA IN ITALIANO



Per la consultazione in loco, grazie.
Una versione pdf è disponibile sul sito www.lsm.fr

I PICCOLI SEGRETI DELL'UNIVERSO



I PICCOLI SEGRETI DELL'UNIVERSO

Benvenuti all'esposizione "I Piccoli Segreti dell'Universo" del Laboratorio Sotterraneo di Modane.

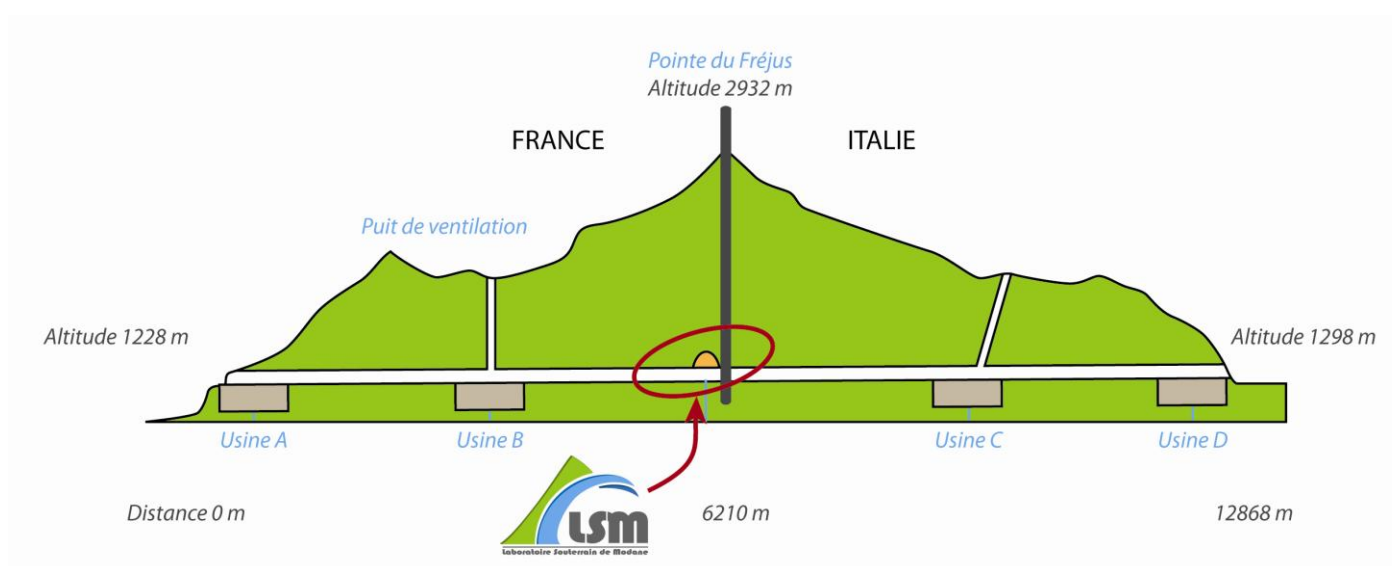
Attraverso questa esposizione, scoprirete perché gli scienziati di tutto il mondo cercano di svelare i misteri dell'universo, protetti dal massiccio alpino.

Il Laboratorio sotterraneo di Modane è un laboratorio per la ricerca scientifica del CNRS e del CEA (Centro Nazionale per la Ricerca Scientifica e Commissariato per l'Energia Atomica e le Energie Rinnovabili).

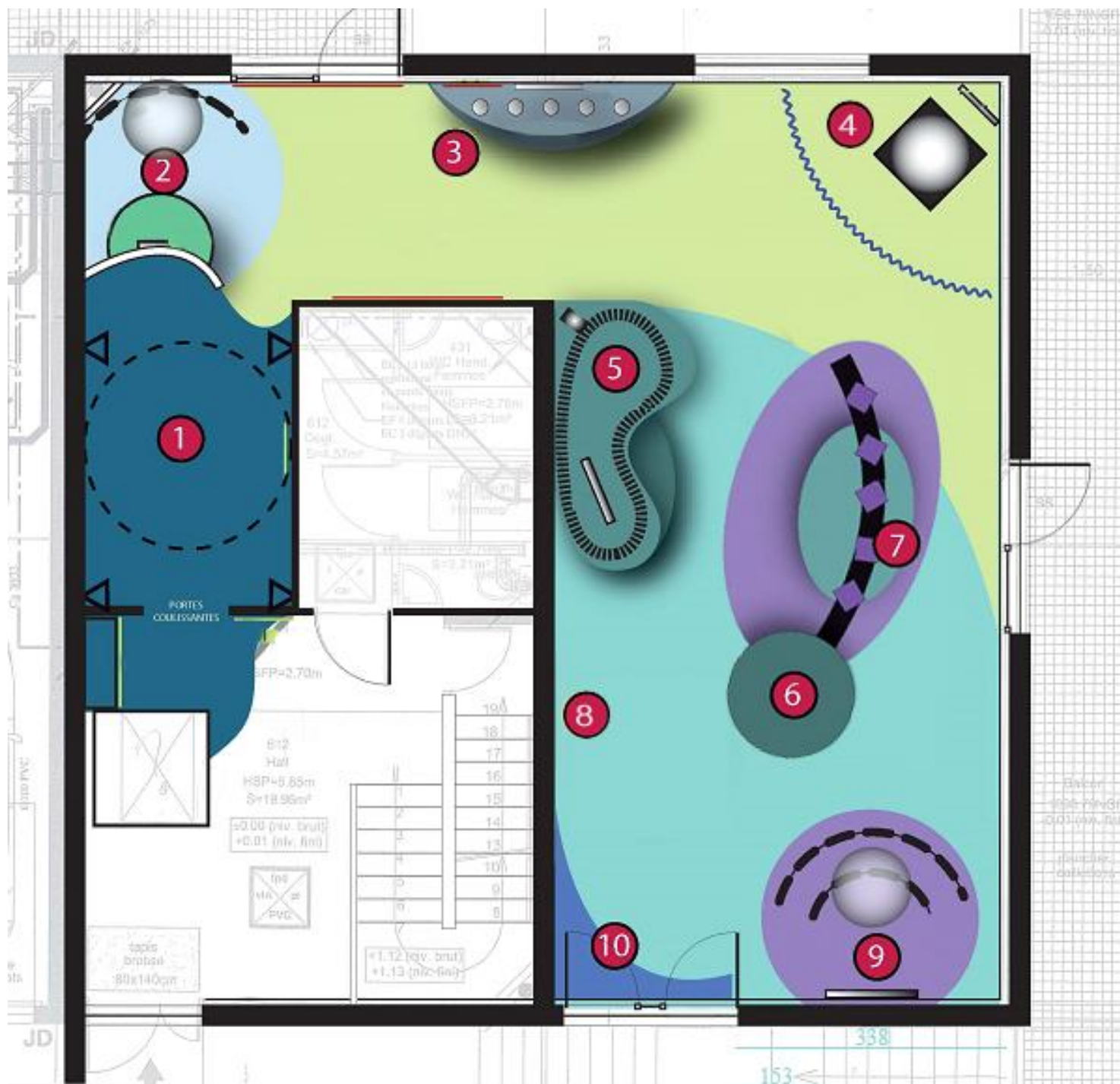
Il laboratorio esiste fin dal 1982, la sua caratteristica è di essere sotterraneo. E' situato a metà del tunnel del Frejus (lungo 13 km), a 1700 m. sotto la vetta del monte Frejus. Lo spessore della roccia e la sua composizione lo rendono il laboratorio più profondo d'Europa e il secondo al mondo, infatti è come se il laboratorio fosse a 4.800 metri sott'acqua.

Questa copertura rocciosa elimina quasi totalmente i raggi cosmici che provengono dal sole, dalle supernove (stelle di grande massa al termine della loro vita) e anche dai pulsar (stelle di neutroni). Da 8 a 10 milioni di raggi cosmici (soprattutto muoni), colpiscono ogni giorno ciascun metro quadrato della superficie terrestre. Nel laboratorio arrivano in media 4 raggi cosmici al metro quadrato al giorno.

Le misure che vengono effettuate all'interno del laboratorio non potrebbero essere realizzate all'esterno perché sarebbero coperte dal rumore di fondo dei raggi cosmici.

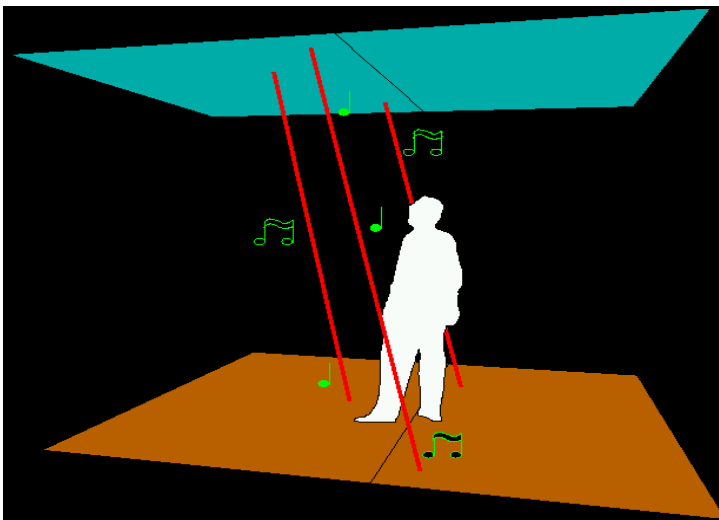


seguire i numeri su questo piano



1 Il Cosmofono

Entrate nel cosmofono e ascoltate, in diretta, la musica generata dai raggi cosmici. I raggi cosmici provengono dal sole e da fenomeni astrofisici violenti (esplosione di stelle, buchi neri, pulsar, ecc...) che avvengono nell'universo. Mettetevi al centro della stanza e guardate lo schermo: vedrete e sentirete una parte di raggi cosmici che ci stanno attraversando! Il flusso dei raggi cosmici primari, composto da protoni, nuclei di elio e altre particelle fa sì che il cosmofono emetta un suono semplice. Nel momento in cui penetra l'atmosfera, il raggio cosmico interagisce con i nuclei atomici dell'aria dell'atmosfera terrestre o con gli oggetti che incontra sulla sua traiettoria. In tal modo produce una moltitudine di altre particelle (pioni, kaoni, muoni, elettroni, neutrini), i cosiddetti ammassi cosmici e il cosmofono emette un altro suono... come una cascata.



Le particelle come i muoni (raggi cosmici) formano i costituenti elementari della materia : non li possiamo vedere, possiamo solo intercettarli. Il cosmofono evidenzia il passaggio dei muoni per mezzo dell'emissione di un suono. Esso è composto da 8 rivelatori associati ad altoparlanti. Così, ogni volta che un muone attraversa almeno due rilevatori (uno in alto e uno in basso), lo sentiamo passare e lo vediamo simultaneamente sullo schermo.

2 Filmati sul Laboratorio

Date un'occhiata dietro allo schermo del cosmofono e prendete posto. Vi proponiamo due filmati. Premendo il tasto blu, sotto lo schermo, vedrete una presentazione generale del laboratorio della durata di 6 minuti. Premendo il tasto verde, in soli 2 minuti scoprirete il progetto di ampliamento del laboratorio. Approfittando dei lavori di scavo della galleria di sicurezza del traforo, ci auguriamo di aumentare la superficie del laboratorio di almeno 7 volte, in modo da poter accogliere le generazioni future di scienziati.

- Tasto blu: filmato sul laboratorio
- Tasto verde: filmato sul progetto di espansione del laboratorio.

3 Storia di una “catena di scoperte”

E se ritornassimo alle origini?

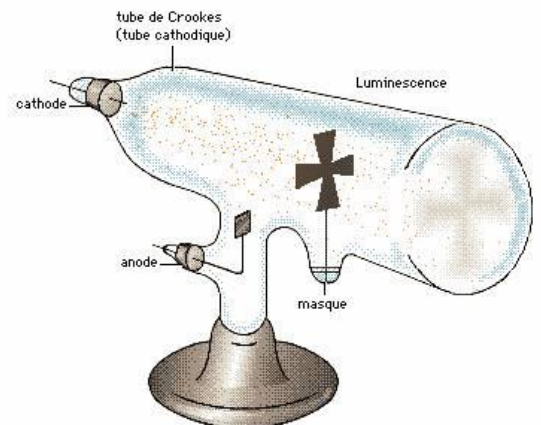
Sono qui presentati gli esperimenti che hanno permesso scoperte cruciali sulle particelle, la radioattività e il neutrino. Gli strumenti, che risalgono al XIX secolo, sono stati prestati da Maurice Chapellier. *Premendo successivamente i bottoni verdi si attivano le varie esperienze, mentre il bottone blu attiva un diaporama esplicativo.*

- *I tubi di Geissler-Plücker* : nel 1854, il soffiatore di vetro specializzato in vetri da laboratorio Geissler e il professore di matematica e fisica Plücker, scoprirono che, sigillando in un tubo un gas rarefatto ed esponendolo ad una tensione elevata tra due elettrodi, nel tubo si determina una scarica elettrica e il gas diventa luminescente. Osservarono anche che la luce emessa è caratteristica per ogni diverso gas racchiuso nel vetro ... e nacque così la spettroscopia !



- *Raggi X* : Dapprima Sir William Crookes diminuì ulteriormente la pressione all'interno dei tubi ed in tal modo nel 1879 scoprì l'esistenza dei raggi catodici (emessi dal catodo, l'elettrodo negativo).

In seguito Röntgen riuscì a rendere luminescente uno schermo di platinocianuro di bario anche dopo aver avvolto il tubo di Crookes con della carta nera. Mise poi la mano su uno schermo fotografico e si accorse che poteva vederne le ossa! Fu così che scoprì i raggi X e che si sviluppò la tecnica radiografica (radio, scanner, ..)



- *Radioattività naturale* : nel 1896 Henri Becquerel proseguì le ricerche sui misteriosi raggi X. Sviluppando una lastra fotografica venuta in contatto con del sale di uranio e lasciata in un cassetto, si accorse che la lastra si era impressionata nel buio totale. Ne dedusse che il sale di uranio emette dei raggi e che non vi è alcuna relazione né con la fluorescenza né con la fosforescenza: li chiamò allora “raggi uranici”. Questo fenomeno fu in seguito conosciuto con il nome di “radioattività”.



- *Radio e Polonio* : Marie Curie svolgendo la sua tesi di dottorato sui “raggi uranici”, da poco scoperti da Becquerel, cerca di determinare se questi sono una proprietà esclusiva dell’uranio, oppure se si tratta di un fenomeno più generale. Marie Curie esamina allora sistematicamente altre sostanze ed è così che si accorge che la pechblenda e la chalcopite (due minerali ricchi in uranio) sono più radioattivi dell’uranio stesso ! Essa emette allora l’ipotesi che altri elementi radioattivi sono presenti in tali minerali. In seguito ad una purificazione chimica della pechblenda il “polonio” è il primo elemento radioattivo scoperto da Pierre e Marie Curie nel 1898.



(Il nome di “polonio” è stato scelto in omaggio alle origini polacche di Marya Skłodowska-Curie). Fu solo più tardi che essi scoprirono il radio.

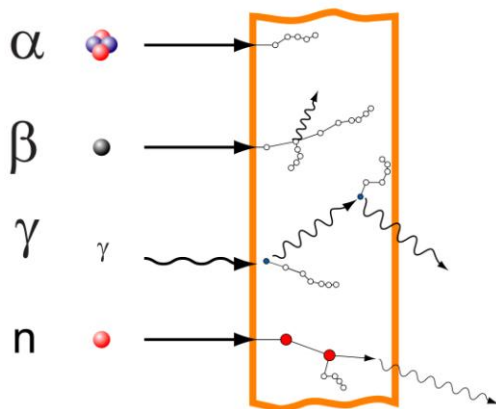
- *Ipotesi del Neutrino* : in Fisica esiste un principio immutabile : “nulla si crea, nulla si distrugge, mentre tutto si può trasformare” ; questo principio si applica in particolare all’energia. Ora le misure dell’energia dell’elettrone emesso nei processi di radioattività “beta” mostrano che questa non è costante ma varia da un decadimento all’altro di uno stesso nucleo (esperienza di Chadwick nel 1914) : una tale osservazione fece quindi vacillare un principio fondamentale della Fisica ... finché nel 1930 Wolfgang Pauli propose un’ipotesi audace : l’emissione di una seconda particella (insieme all’elettrone) elettricamente neutra, di massa molto piccola e interagente molto raramente con la materia : il neutrino.



(Il neutrino fu poi scoperto da Reines e Cowan nel 1956).

4 La Camera a nebbia

Spostate la tenda di plastica nera per scoprire la camera a nebbia...



Qualche accenno sulla radioattività: in natura, la materia è costituita, per la maggior parte, da nuclei di atomi stabili. E in parte minore da nuclei di atomi instabili. Questi ultimi presentano un eccesso di particelle (protoni, neutroni o entrambi) che li portano a disintegrarsi e a formare altri nuclei stabili o instabili. Si tratta di nuclei radioattivi perché durante la trasformazione emettono delle radiazioni ionizzanti. Le radiazioni si definiscono ionizzanti quando hanno sufficiente energia per rimuovere uno o più elettroni dagli atomi della materia con cui vengono in contatto.

Si presentano sia sotto forma di particelle, come i raggi alfa o beta, sia sotto forma di onde elettromagnetiche come i raggi X e gamma. Alcuni elementi sono altamente radioattivi (miliardi e miliardi di Becquerel), altri hanno una bassa radioattività (pochi Becquerel). Un Becquerel (Bq) è uguale a una disintegrazione al secondo.

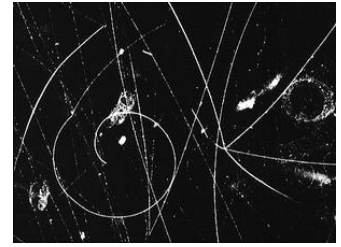
D'altronde, la durata di vita di questi elementi (durante la quale continuano ad emettere radiazioni) varia molto da un radionuclide all'altro. Viene chiamato "periodo radioattivo" il tempo che la materia radioattiva impiega a ridurre della metà il suo livello di radioattività. Così, se consideriamo 10 periodi radioattivi, significa che la radioattività è stata divisa per 1000. Questo periodo può andare da una frazione di secondo per il polonio-214 a 4,5 miliardi di anni per l'uranio-238. Siamo costantemente circondati dalla radioattività: quella dell'universo, quella nell'aria, come il radon, quella delle rocce che contengono tutte uranio, quella dei materiali che ci circondano, ... e la nostra: un essere umano di 70Kg contiene circa 7000 Bq, vale a dire che vengono emesse 7000 particelle al secondo.

Nel cosmofono il passaggio di un raggio cosmico è reso percepibile da un suono. Nella Camera a nebbia possiamo vedere la traccia lasciata da una particella radioattiva nella nebbia.

La tecnica: dei vapori d'alcool vengono messi a contatto con una lastra fredda ($- 30^{\circ}\text{C}$) in modo da avvicinarli alla condizione di saturazione. Se una particella ionizzante attraversa la camera così predisposta, essa provoca la formazione di goccioline di condensazione lungo la sua traiettoria (un fenomeno analogo a quello della formazione della scia di un aereo nell'atmosfera).

Si potranno allora vedere nella camera tracce lunghe e rettilinee (i muoni), tracce a zigzag (gli elettroni della radioattività beta) e tracce molto dense e corte (le particelle alfa). La camera che voi potete ammirare qui non è più utilizzata per gli esperimenti, ma è stata uno dei primi rivelatori di particelle.

Nessun elemento radioattivo è stato qui introdotto nella camera a nebbia : cio' che noi vediamo è la radioattività dell'ambiente : cio' mette in evidenza il fatto che tutti i materiali che ci circondano contengono degli elementi radioattivi. Nel laboratorio sotterraneo (LSM) la radioattività ambiente è un elemento di disturbo (rumore di fondo) per le esperienze che vengono quindi protette da appositi schermaggi



5 Il Trenino della radioattività

Tutto è radioattivo! Ve ne renderete conto voi stessi per mezzo dei vagoni carichi di diversi materiali naturali!

Scegliete un carico:

- Concime (contiene potassio ed uranio)
- Granito (contiene uranio e libera radon radioattivo)
- Sabbia di Guarapari (contiene un minerale radioattivo proveniente da processi di erosione)
- Lancette della sveglia (dipinte al radio per produrre della fluorescenza, sono proibite attualmente)
- Viaggiatori (potassio radioattivo nelle ossa)
- Radioattività ambientale



6 Rivelatori di radioattività

Su questo ripiano sono presentati i diversi rivelatori di radioattività. Fate girare la parte intermedia per trovare la combinazione giusta (luce verde).

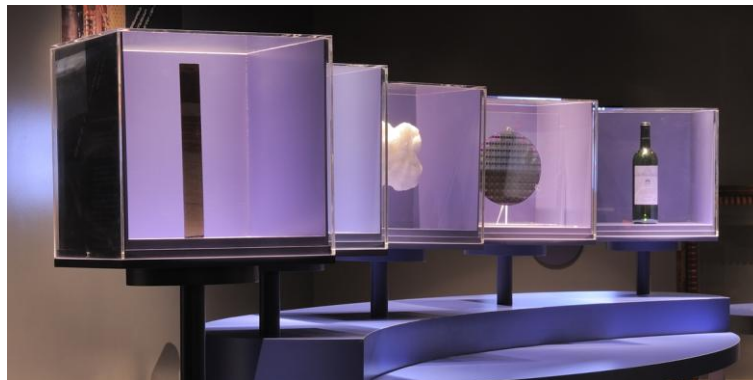
- Camera a fili
- Cristallo di Germanio
- Scintillatore plastico e fotomoltiplicatore
- Silicio in lamine



7 Applicazioni

In questi cubi sono presentati esempi di ricerca applicata.

- La datazione dei carotaggi dei sedimenti dei laghi, queste “carote” saranno poi analizzate da un laboratorio dell’Università della Savoia.
- Il piombo archeologico: piombo vecchio di almeno 1600 anni, che non è più radioattivo, utilizzato come schermaggio dei rivelatori.
- La radioattività delle nuvole: studiare i movimenti di agenti inquinanti radioattivi trasportati dalle nuvole.
- Studio della sensibilità dei microchip per sviluppare una nano elettronica più resistente.
- Verifica dell’annata dei grandi vini, misurando il Cesio137 (marcatore temporale) per smascherare eventuali frodi.

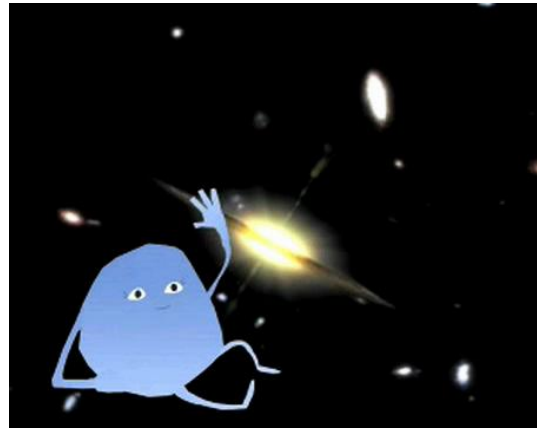
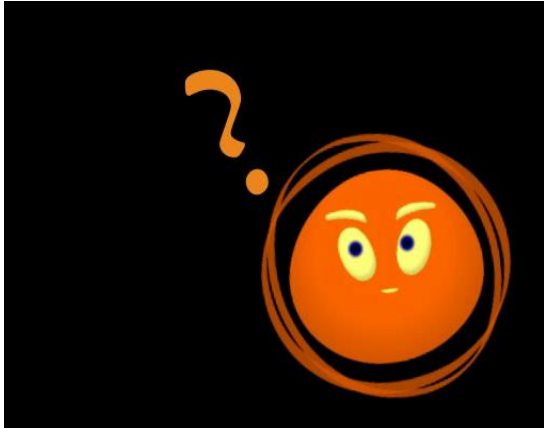


8 Pannelli e “maquettes”



9 Filmati: gli esperimenti di ricerca fondamentale (durata 5 minuti ciascuno)

Scoprite gli esperimenti più avanzati dell' LSM: Nemo 3 e Edelweiss 2.



Passiamo a un esperimento fatto proprio qui nel laboratorio: Edelweiss e la materia oscura dell'universo...

Ad oggi conosciamo solo il 5% dei materiali di cui è costituito l'universo e in questa percentuale è compresa la materia che compone gli esseri umani, la Terra, gli altri pianeti, tutte le stelle dell'universo... La parte del 75%, si chiama "energia oscura" e al riguardo i fisici possono dire: "Noi sappiamo di non sapere nulla". Il restante 25% riguarda la materia oscura scoperta attraverso l'osservazione dei movimenti delle galassie fin dagli anni '70, ma... non sappiamo ancora di cosa sia composta.

In seguito all'esperimento Edelweiss, collaborazione internazionale a cui hanno partecipato diversi laboratori francesi, russi, tedeschi,... si ipotizza che sia composta da WIMPs (particelle massive debolmente interattive). Queste particelle interagiscono molto debolmente con la materia, quindi dobbiamo mettere le probabilità dalla nostra parte per rilevare con successo. Trovandoci qui, sotto la montagna, con i materiali, oggetto dell'esperimento, anch'essi poco radioattivi e con una schermatura di piombo riusciamo ad ottenere solo un rumore di fondo molto basso. Usiamo dei rilevatori che sfruttano dei cristalli di Germanio, il materiale più puro a disposizione. Per arrivare ad osservare un piccolissimo innalzamento della temperatura, pari a un milionesimo di grado, il rilevatore dovrà operare ad una temperatura bassissima, prossima allo zero assoluto.

Il numero di rivelazioni ottenute è talmente basso (una per anno!) che bisogna aumentare la massa del rilevatore a cristalli di Germanio per aumentare le possibilità di catturare anche solo una minuscola particella. Quindi, l'obiettivo dell'esperimento è quello di arrivare ad una tonnellata di rilevatore.

10 Multimedia

Questo computer vi permette di accedere alla visita virtuale del laboratorio. Muovetevi di stanza in stanza, osservate ogni angolo del laboratorio come se ci foste. (La visita virtuale è accessibile sul sito internet del laboratorio all'indirizzo: www.lsm.fr)



Alcuni link selezionati a siti interessanti sono elencati nella pagina principale. È possibile trovare questa pagina sul sito internet www.lsm.fr

Traduction financée dans le cadre du Plan Intégré Transfrontalier des Hautes-Vallées – programme ALCOTRA 2007-2013

