Les laboratoires souterrains: Applications aux géosciences

F. Piquemal
(Laboratoire Souterrain de Modane)

Avec l'aide de S. Gaffet
(Laboratoire Souterrain à Bas Bruit Rustrel)

Journée CNRS de l'astroparticules 7 septembre 2007

Laboratoires souterrains profonds et géosciences

Collaboration « naturelle » entre laboratoires souterrains et géoscience

- Les laboratoires sont un outil pour les géosciences

- Les géosciences permettent de caractériser l'environnement des laboratoires

Types de recherches et d'études menées à partir des sites souterrains (liste non exhaustive)

Exemples à partir des activités du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) de Rustrel

Applications pour les projets d'extension du Laboratoire Souterrain de Modane

Applications des géo-sciences

Pour l'astroparticules: Recherche d'événements rares, signaux très faibles, modulation dans le temps.

Nécessite une très bonne connaissance de l'environnement des cavités et des variations des « rayonnements » (Radon, neutrons, ondes electromagnétiques,…) → Géosciences

Variations en fonction du temps des « rayonnements »:
Variations hydrologie, sismologie, chimie,…. (éléments corrélés)
→ Variations taux de radon, flux et spectre en énergue des neutrons, environnement électromagnétiques ……

Caractérisation du massif: géologie, fractures, failles, hydrologie, Chimie…. et variation dans le temps

Applications des géo-sciences

Pour les géosciences

Possibilité instrumentation du site et forage : étude 3D, tomographie par transmission,….

Etude et compréhension du comportement d'un massif dans le temps: thermo-hydrodynamique, propriétés mécaniques, fracturation, fissuration, chimie, hydromécanique, couplage entre surface et nappe phréatique,

Réponses aux contraintes (sismologie, variations de température,..): couplage mécanique et électromagnétique, magnétisme, électricité,

Stockage du CO2 : étude in-situ de la réponse du massif et évolution, modélisation.

Etude géobiologie: vie dans les roches, influence des micro-organismes sur l'hydrologie …

2 sites profonds : Modane et Rustrel

Laboratoire Souterrain de Modane (LSM) (4800 m.w.e.)

CNRS/IN2P3 et CEA/DSM

http://www-lsm.in2p3.fr

Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) (1200 m.w.e.)

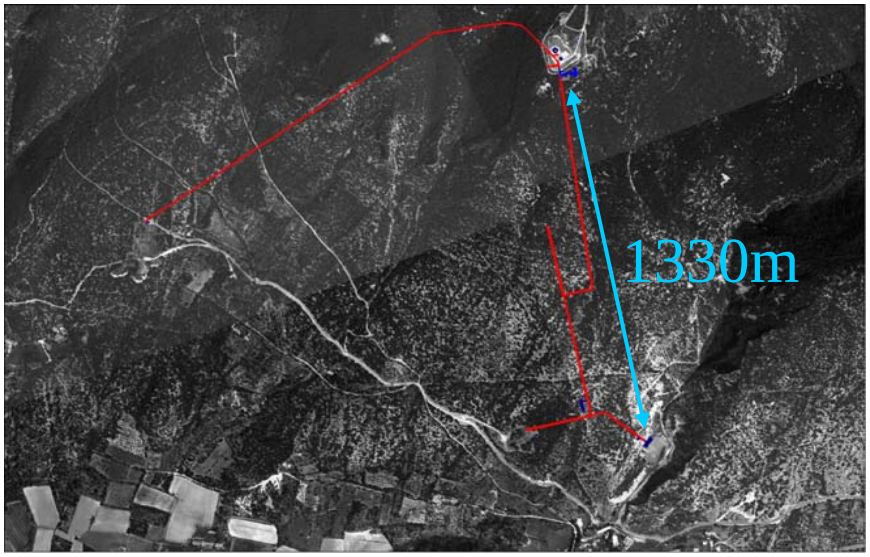
Université de Nice - Sophia-Antipolis
Observatoire de la Côte d'Azur
CNRS
CEA

http://lsbb.unice.fr

LABORATOIRE SOUTERRAIN À BAS BRUIT (LSBB)

LE LSBB : LABORATOIRE INTERDISCIPLINAIRE
MPPU et ST2I

- Sciences de la Planète et de l'Univers
- Physique
- Sciences et Technologie de l'Information et de l'ingénierie



Cavité blindée (à – 500 m)

Départements sectoriels de la DGRI

DSTP3 Département sciences de la terre et de l'univers, espace
DSTP2 Département physique
DSTP9 Département sciences et technologies de l'information et de la communication

Départements du CNRS

Département scientifique mathématiques, physique, planète et univers
Département scientifique sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie
Institut national de physique nucléaire et de physique des particules
Institut national des sciences de l'univers

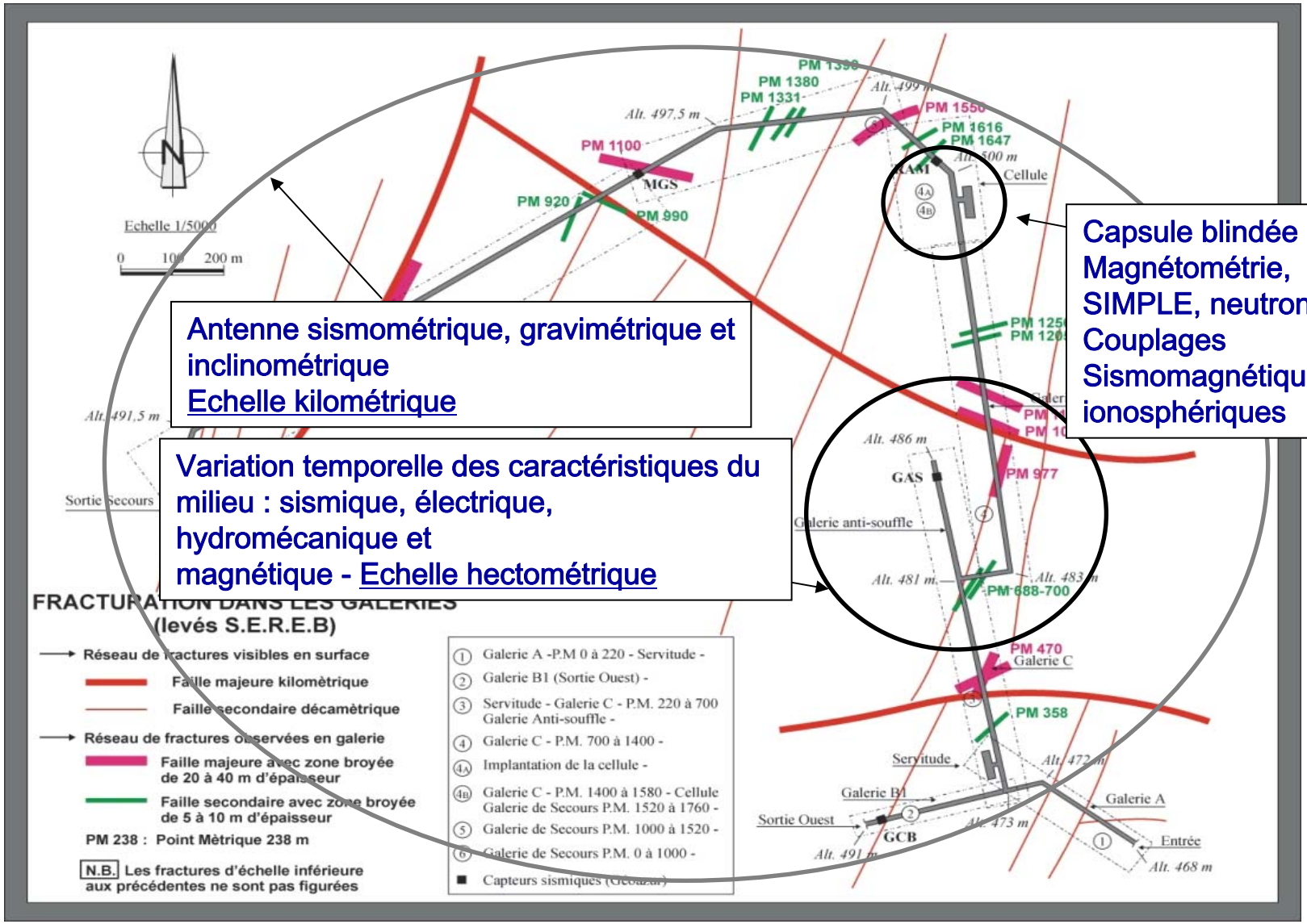
Etablissements

Université de Nice – Sophia-Antipolis
Observatoire de la Côte d'Azur
Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse
Université de Provence (Aix-Marseille I)
Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II)
Université Paul Cézanne (Aix-Marseille III)

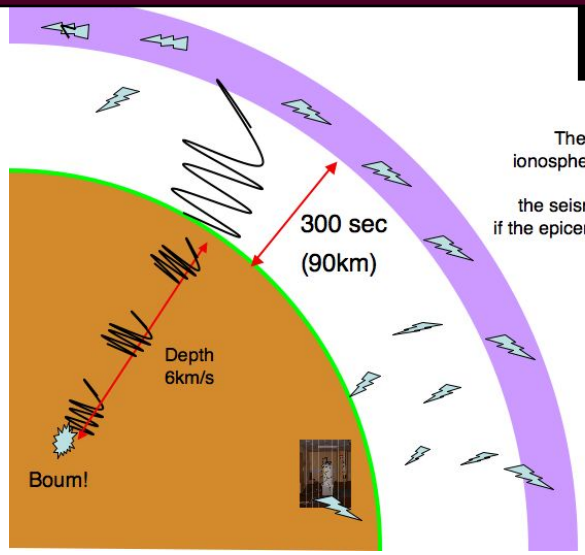
Partenaire

CEA/DAM Ile-de-France – Département Analyse, Surveillance, Environnement

LABORATOIRE SOUTERRAIN À BAS BRUIT (LSBB)

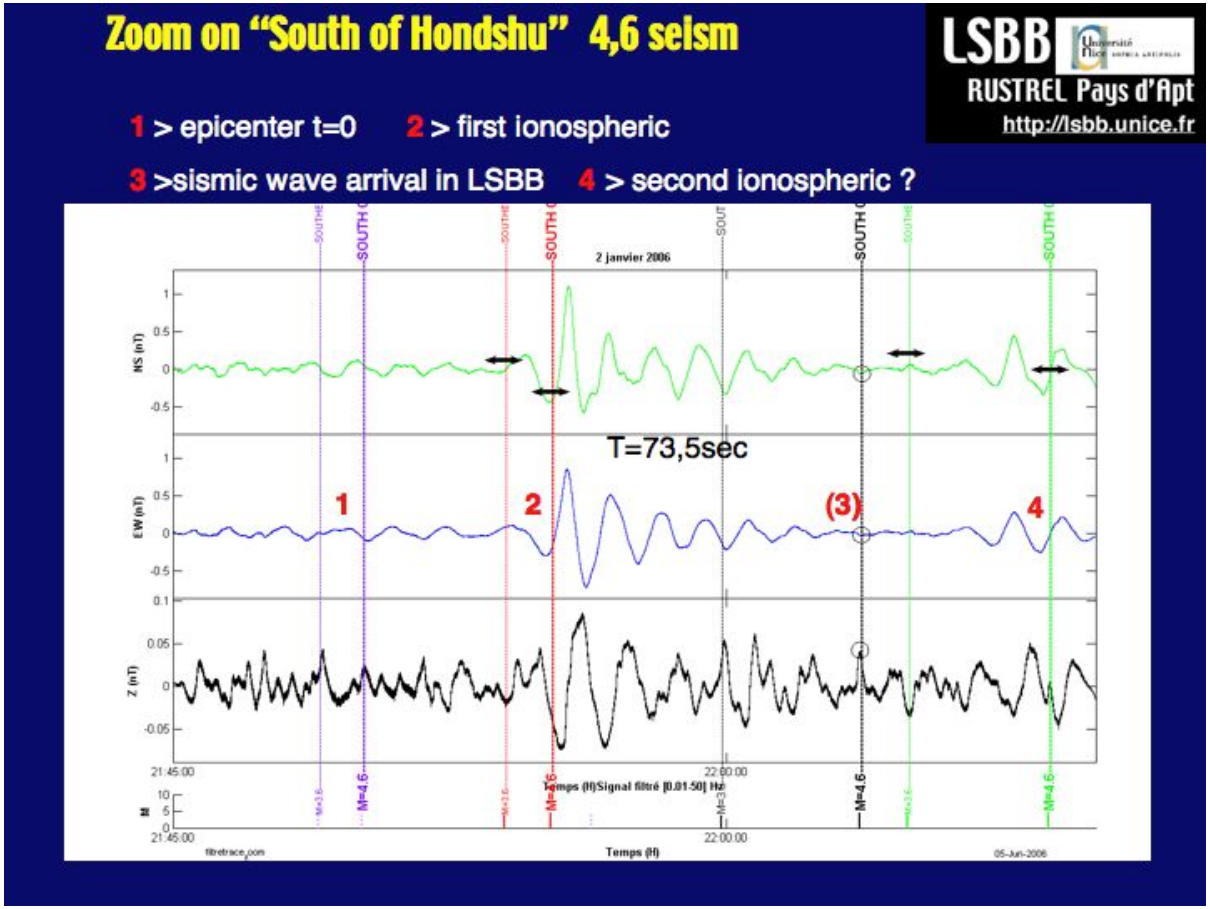


LABORATOIRE SOUTERRAIN À BAS BRUIT (LSBB)



The electromagnetic ionospheric signal arrives **before** the seismic ground wave if the epicenter is more than 2000km away

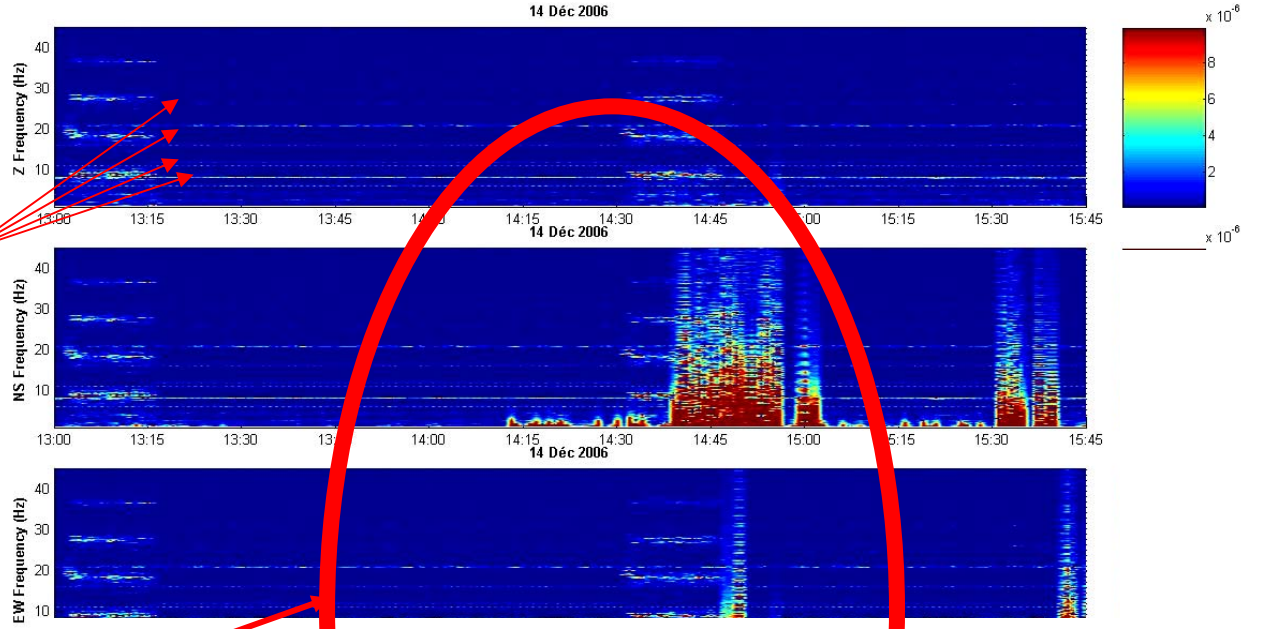
Mise en évidence des couplages sismo-ionosphériques



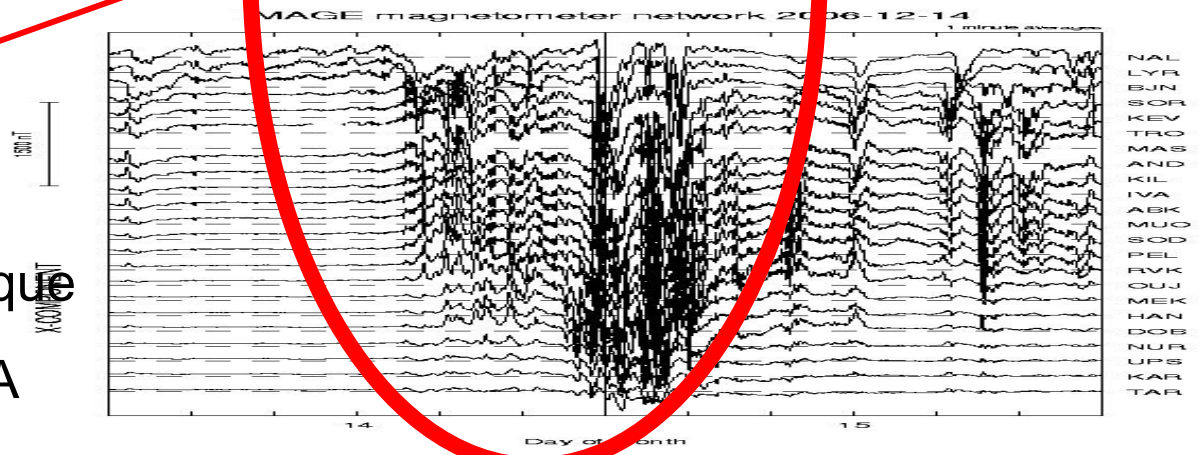
LABORATOIRE SOUTERRAIN À BAS BRUIT (LSBB)

Perturbation majeure en cavité terre-Ionosphère …

Ondes de Schumann (à environ 8 HZ, 14, 20 26, 32, 37, 43 Hz)



Comparaison des enregistrements magnétiques au LSBB et au pôle nord pendant l'orage magnétique du 14 décembre 2006.

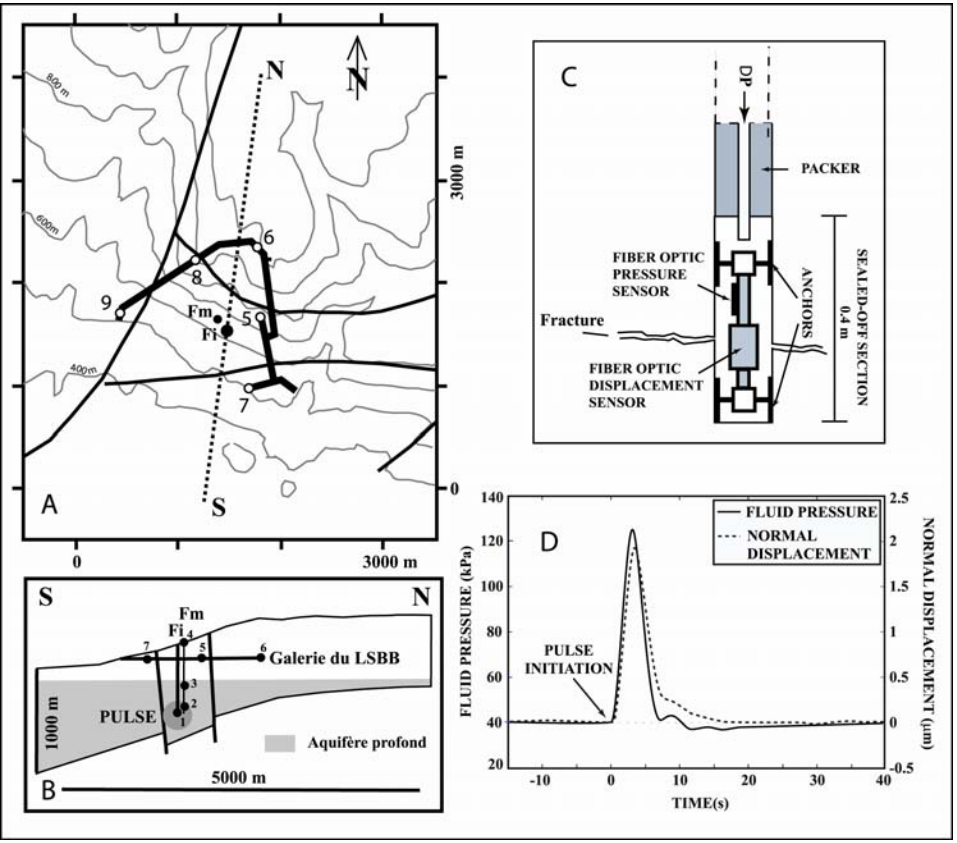


Développement métrologique en cours : Réseau SEFIRA SQUID numérique (LAHC,IENA)

Barroy, Waysand 2007

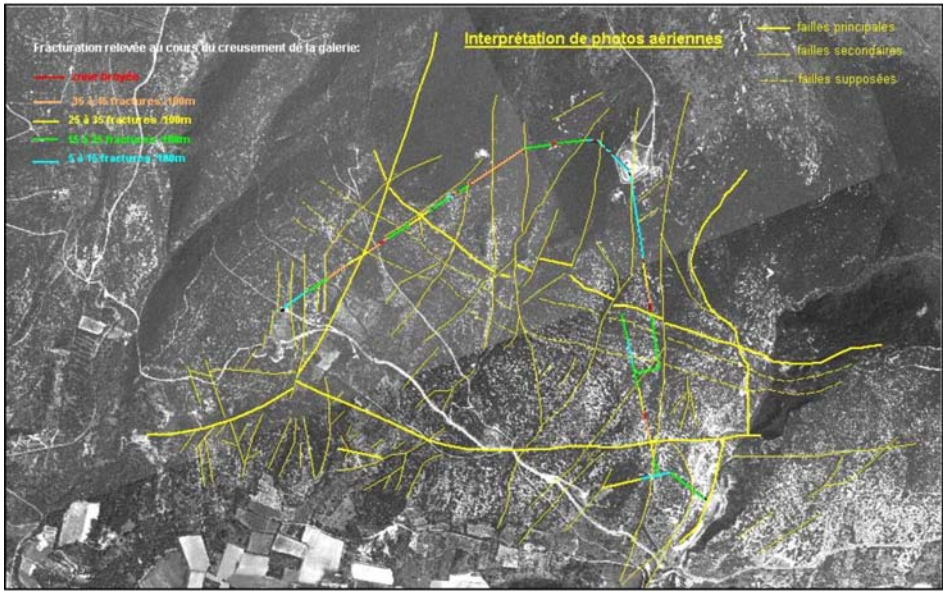
LABORATOIRE SOUTERRAIN À BAS BRUIT (LSBB)

Hydrogéologie et couplages hydromécaniques



Site unique pour son accès aléatoire aux écoulements de la zone non saturée et à la fracturation

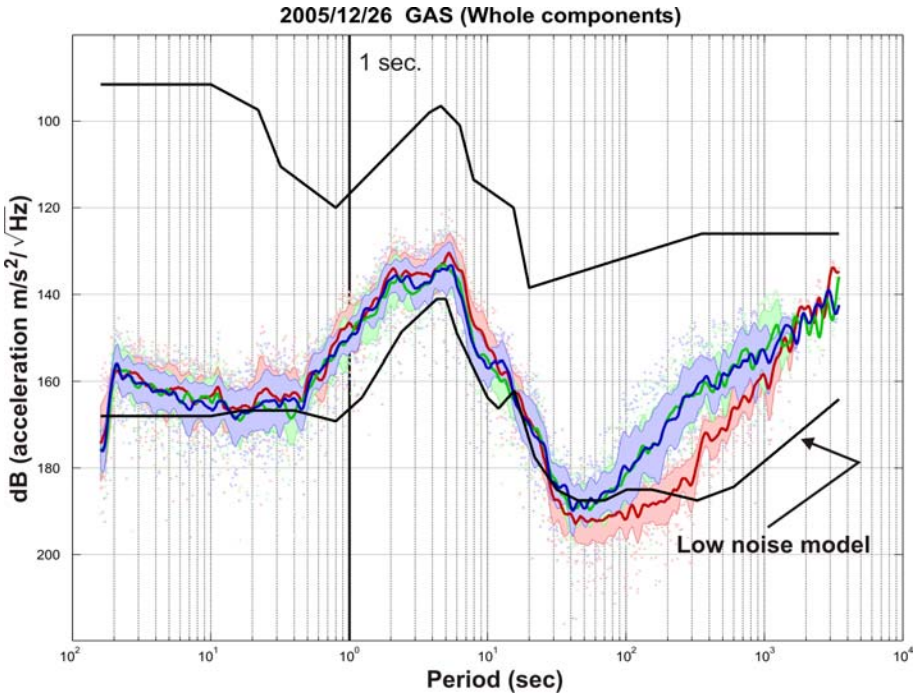
Instrumentation en forage pour le comportement et la modélisation hydromécanique



LABORATOIRE SOUTERRAIN À BAS BRUIT (LSBB)

SISMOMETRIE

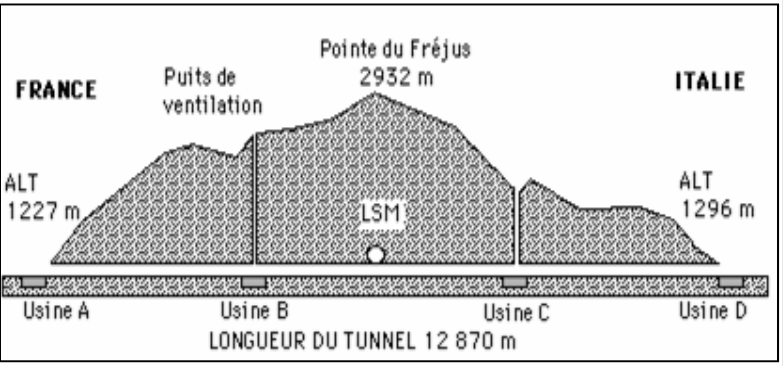
Caractérisation du
bruit sismique avant cloisonnements

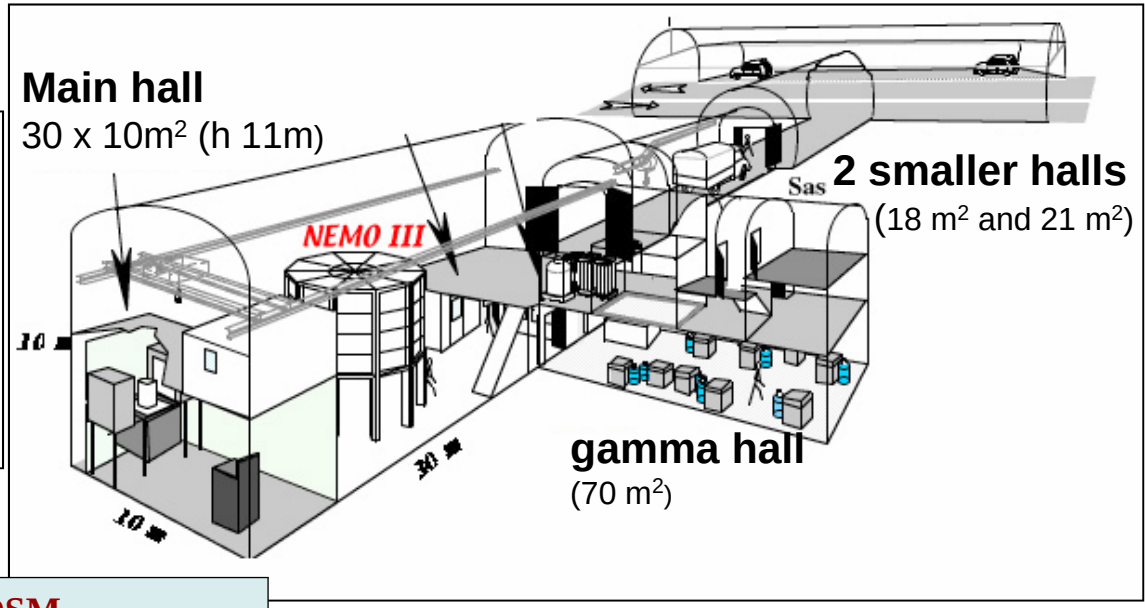


Métrologie :

- Etalonnage de capteurs sismométriques dans la galerie anti-souffle
- Participation au projet LISA (NASA/ESA)

Laboratoire Souterrain de Modane (CNRS/IN2P3 – CEA/DSM)





Operators	**CNRS/IN2P3 & CEA/DSM**
Location	**Fréjus Tunnel (Italian-French border)**
Excavation	**1983**
Underground area	**1 main hall (30m x 10m x 11m) + gamma spectroscopy hall (70 m²) + 2 secondary halls of 18 m² and 21 m²**
Depth	**1700 m (4800 mwe)**
Surface	**> 400 m²**
Permanent staff	**8**
Scientists users	**100**

Flux de muons

0.17 μ m^{-2} h^{-1}

Flux de neutrons

1.6 10^{-6} n cm^{-2} s^{-1} (0-0.63 eV)

4 10^{-6} n cm^{-2} s^{-1} (2-6 MeV)

Radon

15 Bq/m³

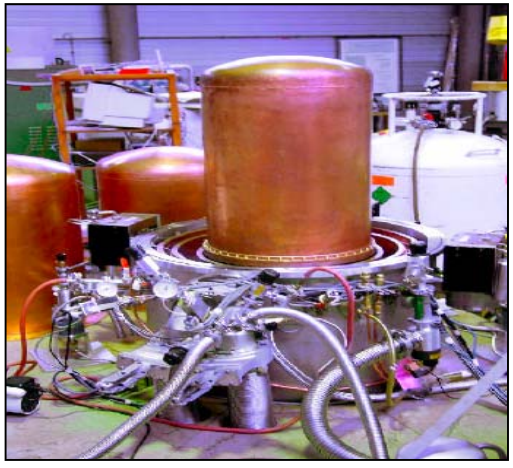
(150 m³/h air à20 mBq/m³)

Laboratoire Souterrain de Modane

ASTROPARTICULE

Neutrino : NEMO III

Matière noire: Edelweiss



Neutrino: TGV

R&D SuperNEMO: BiPo

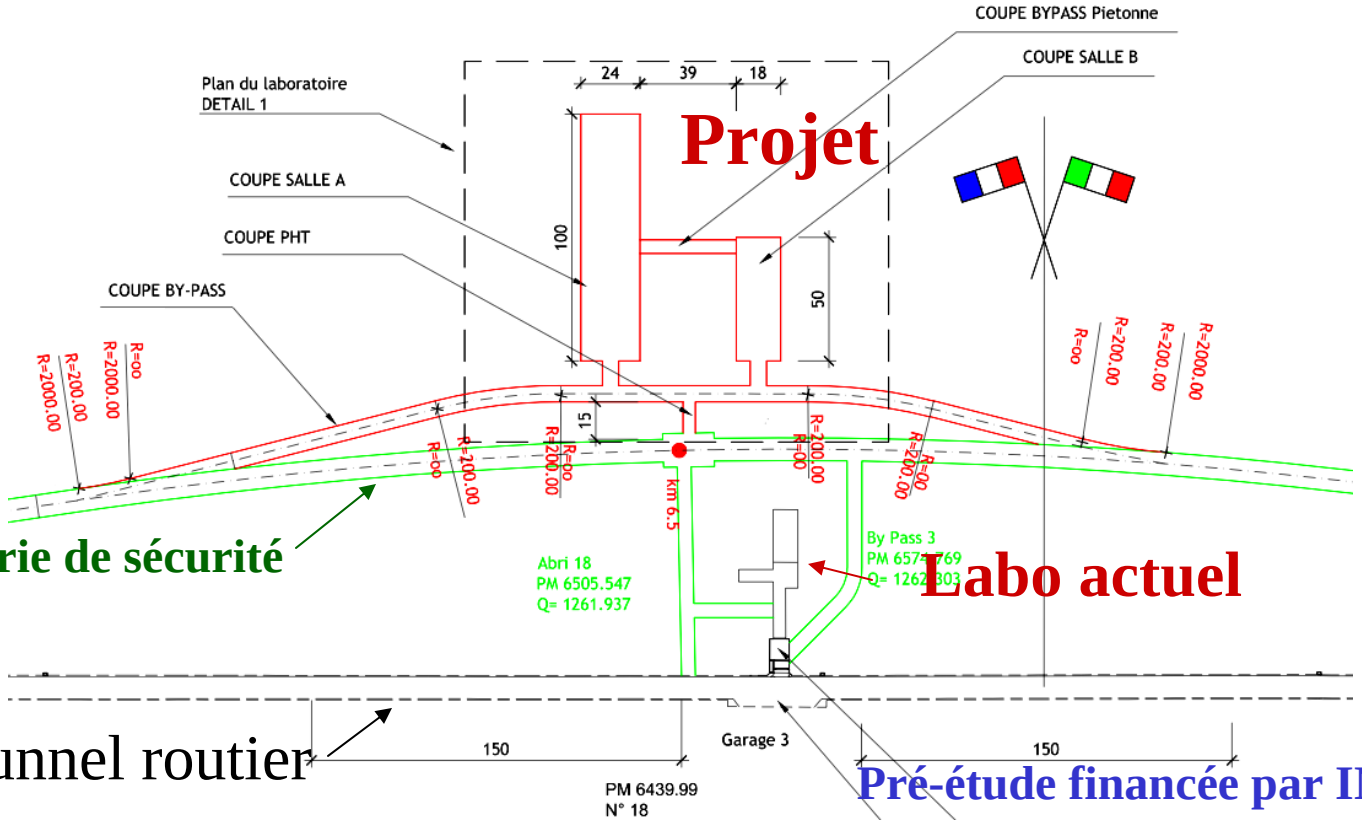
Eléments Super lourds: SHIN

Sélection matériaux, environnement et applications

Projet d'extension

Doublement du tunnel du Fréjus par une galerie de sécurité: décision du financement prise par la commission intergouvernementale le 12/12/07

Opportunité de creuser une nouvelle cavité pour la prochaine génération d'expériences double bêta, matière noire,…



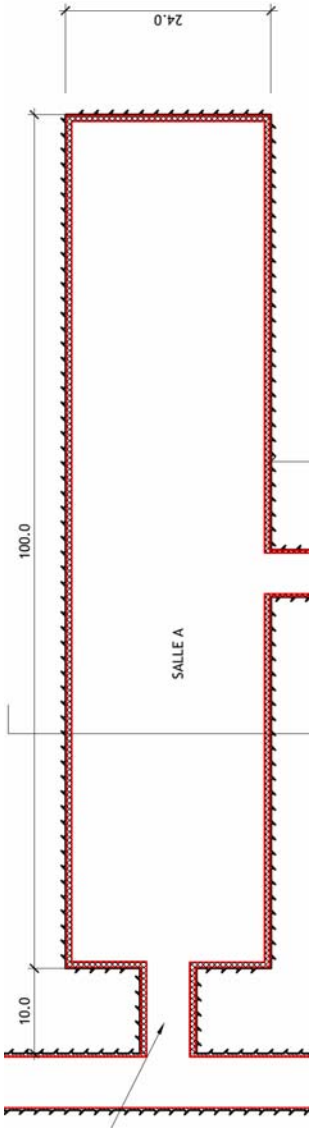
Galerie de sécurité

Labo actuel

Tunnel routier

Pré-étude financée par IN2P3 et PPARC

HALL A (SuperNEMO type)



COUPE TYPE SALLE A

SECTION EXCAVEÉ 375 m²

SECTION UTILE 320 m²

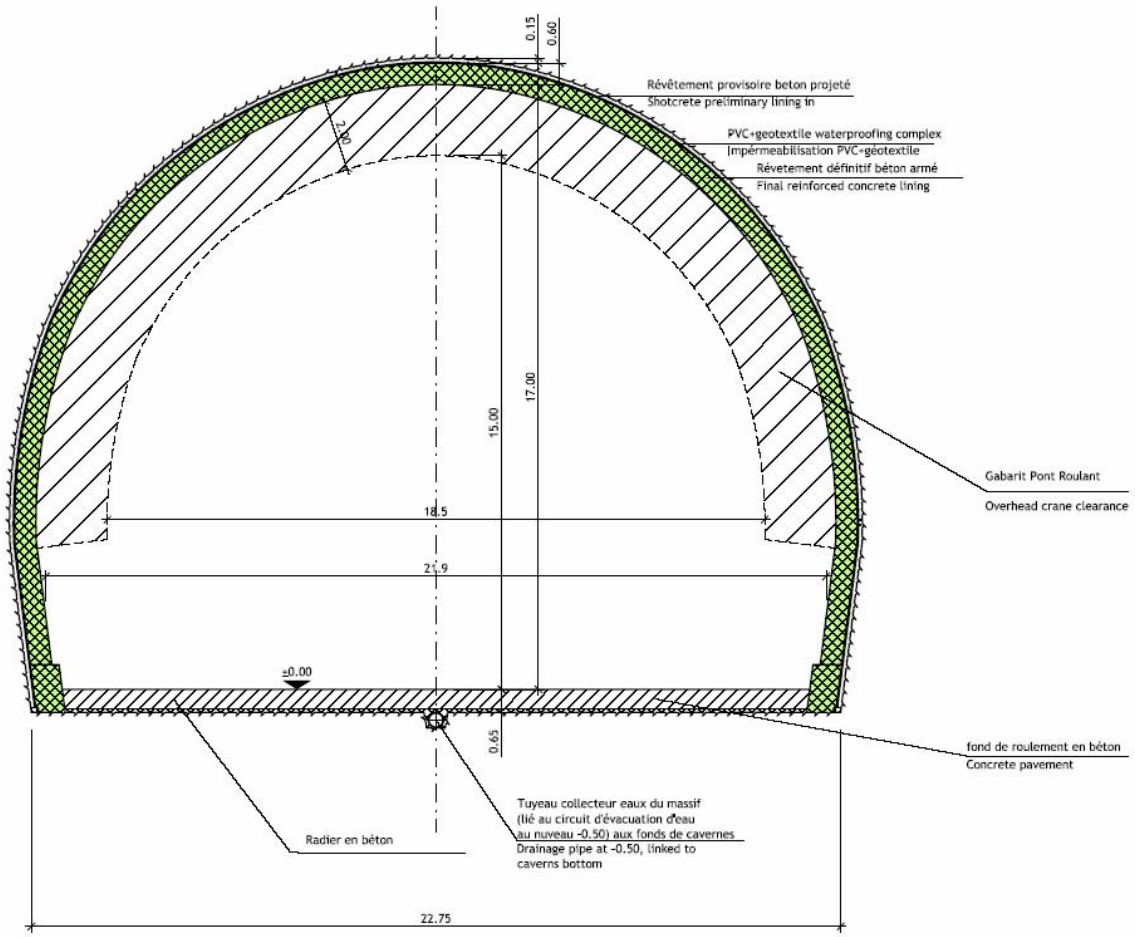
1:100

CAVERN A CROSS SECTION

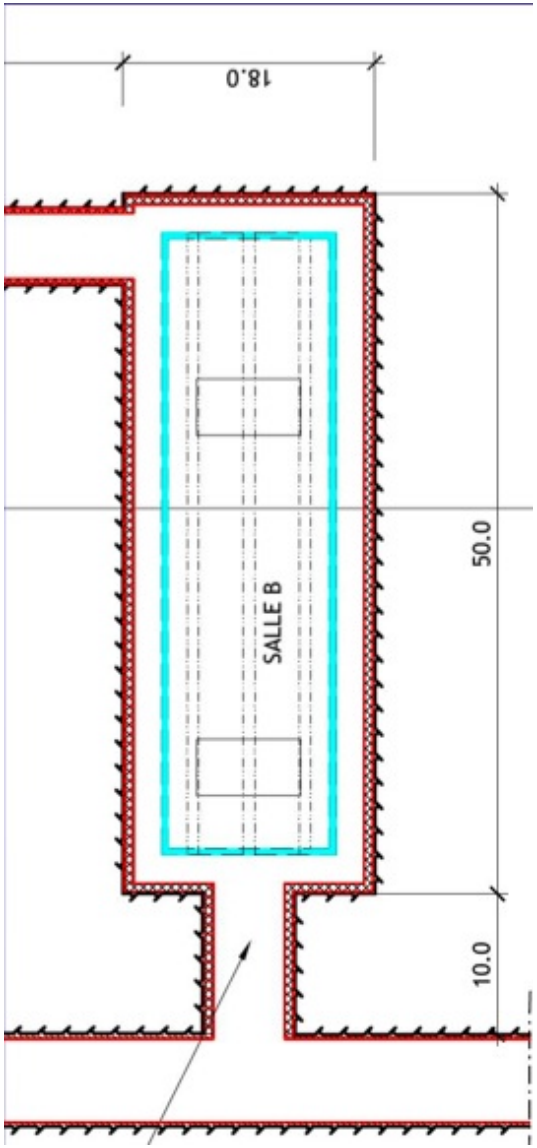
EXCAVATED AREA 375 m²

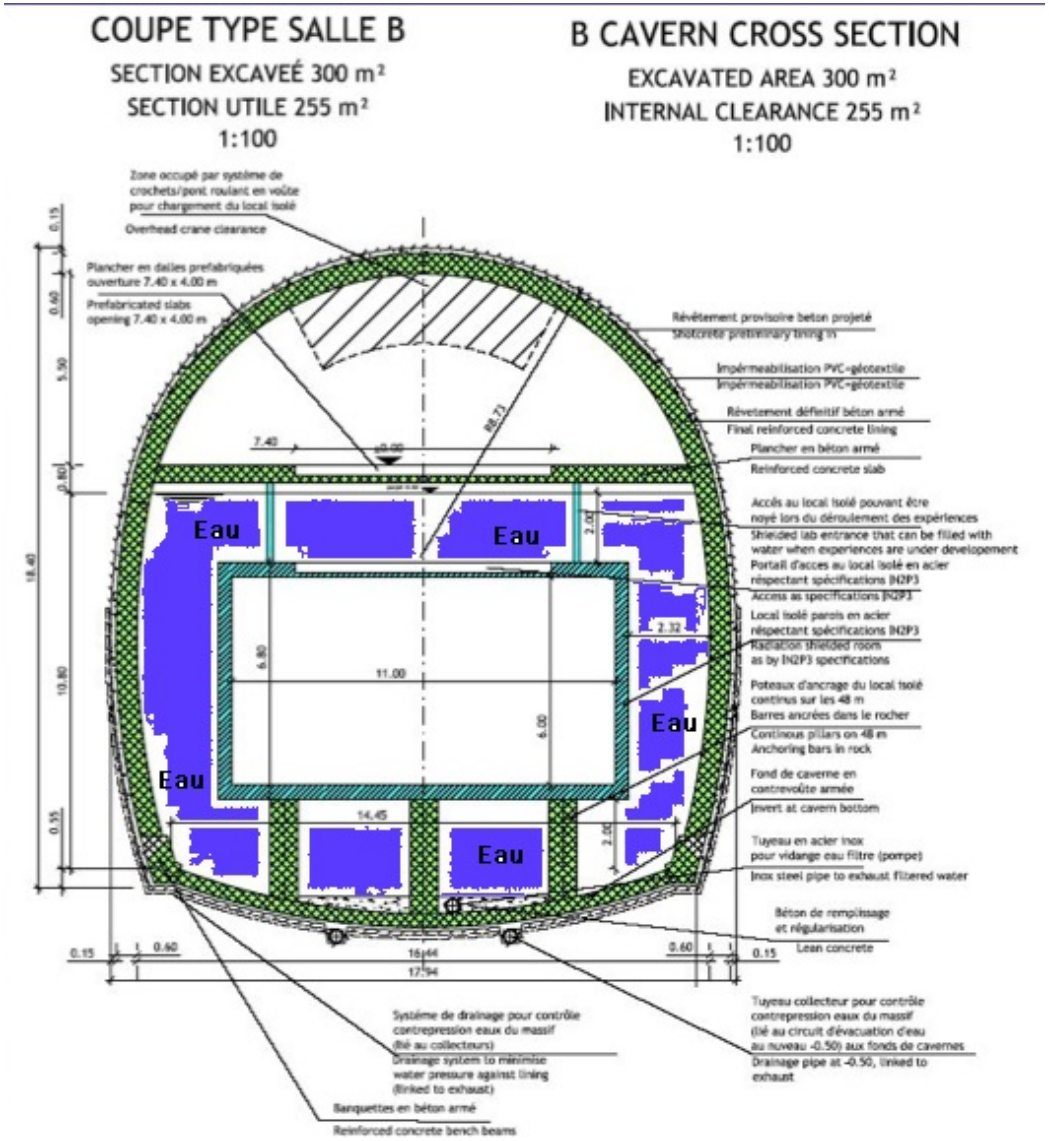
INTERNAL CLEARANCE 320 m²

1:100



HALL B: Dark matter (EURECA, liq.Xe,…)

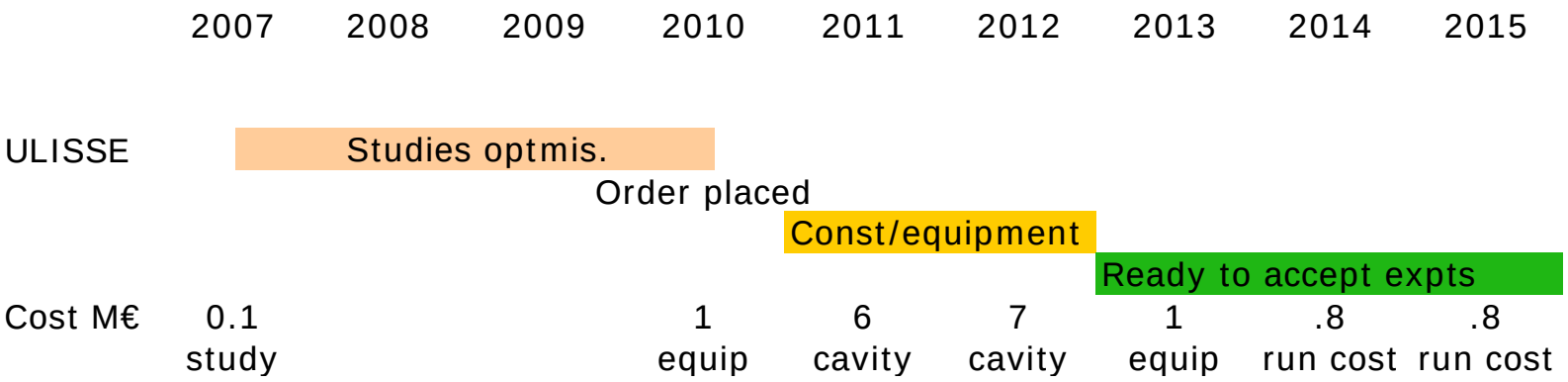




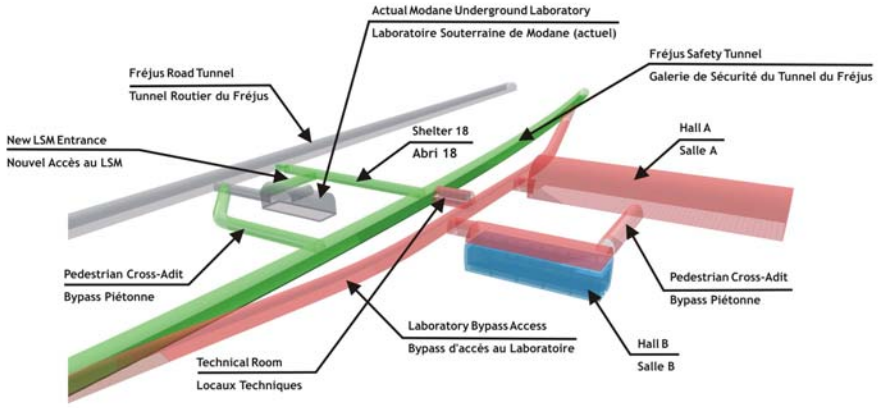
Calendrier et coûts

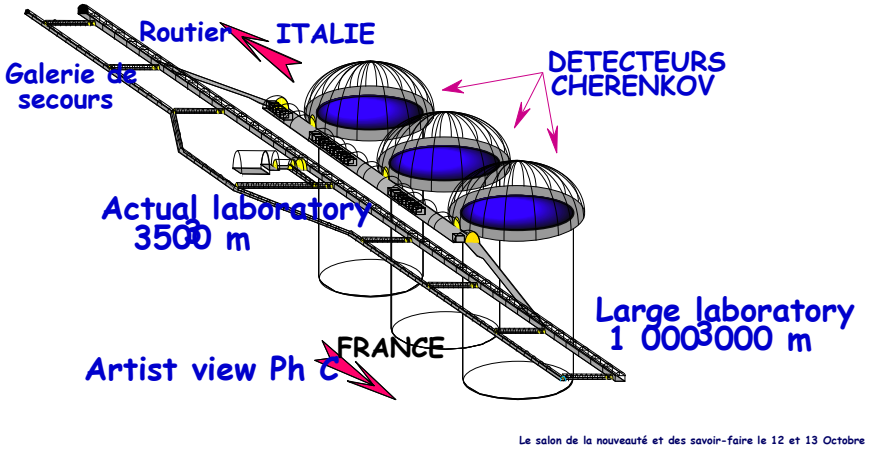
Galerie de sécurité creusée en 2011

ULISSE timetable



Projets d'agrandissement du LSM





Le salon de la nouveauté et des savoir-faire le 12 et 13 Octobre 2002 . LSM.

Projet à 60 000 m3 (2012 ?)

LOMBARDI SA
INGEGNERI CONSULENTI

Projet à 100 000 m3 (2020 ?)

Intérêt potentiel pour les géosciences:

- Mesures des caractéristiques avant et après creusement (gravimétrie, sismométrie,…) → modélisation pour détecter grandes cavités à des profondeurs de 1000 m
- Etude du massif

Conclusion

Intérêt important des géosciences pour accéder aux laboratoires souterrains (très présent dans le projet US DUSEL). Grand nombres de domaines concernés.

Intérêt pour l'astroparticule pour la caractérisation des sites et leurs variations temporelles

LSBB: Programmes de géoscience en cours dans divers domaines

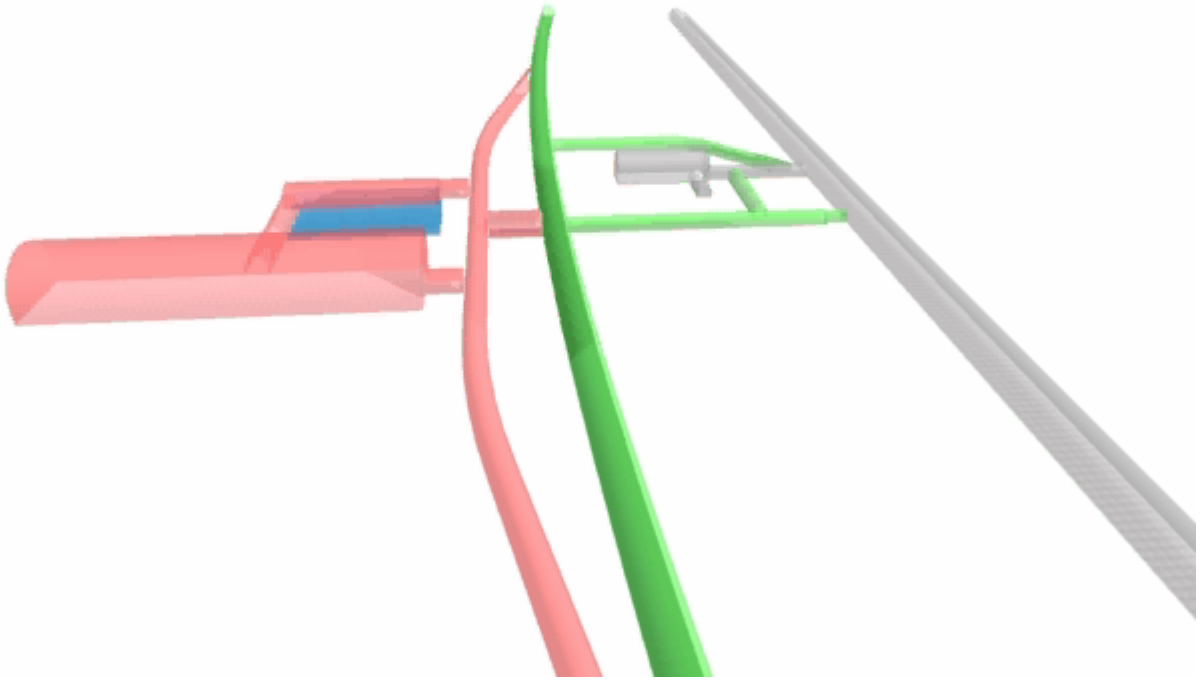
LSM: Potentiel avec les projets d'agrandissement

LSM et LSBB participent à l'écriture de la proposition pour ILIAS-NEXT centrée autour de la physique dans les laboratoires souterrains profonds: Réseaux des laboratoires souterrains et utilisation des laboratoires par les sciences autres que l'astroparticule

Organisation d'un workshop conjoint LSM-LSBB, 21-23 novembre 2007 (à confirmer) sur le futur des astroparticules et les aspects interdisciplinaires relatifs notamment aux géosciences pour les 2 laboratoires.

Projet d'agrandissement à 60 000 m3

LOMBARDI SA
INGEGNERI CONSULENTI



LABORATOIRE SOUTERRAIN À BAS BRUIT (LSBB)

5 thématiques principales de recherches en interaction

Caractérisation du milieu et de ses déformation à différentes échelles spatiales et temporelles

Coord. : Jean Virieux et Alessandra Ribodetti

Processus poro-élastiques, fonctionnement hydro-géologique et variations du champ magnétique aux fréquences sismiques

Coord. : Yves Guglielmi et Laurence Jouniaux

Caractérisation, modélisation des couplages sismo-magnéto - ionosphériques

Coord. : Rémi Blancon et Georges Waysand

Interaction matière – rayonnement non photonique

Coord. : Thomas Girard et Pierre Salin

Nanostructures – nanoélectronique – aléa logique

Coord. : Jannie Marfaing et Karine Castellani