

# Le Laboratoire Souterrain de Modane traque la matière obscure

**L'astrophysique se heurte depuis plusieurs décennies au problème de la masse cachée. Seulement 5 % de l'univers est connu. Une bonne partie du reste, au moins quatre fois plus, serait constituée de matière cachée (ou aussi matière noire, obscure ou manquante). Quelle est la nature de la masse cachée ? D'où vient-elle ? Comment s'est-elle répartie ? En pointe sur la question, le Laboratoire Souterrain de Modane va tenter d'intercepter avec une sensibilité accrue des particules de cette matière noire appelées "Wimps". C'est l'objet de l'expérience Edelweiss II, qui a été inaugurée le 31 mars dernier à Modane.**

d'été, en montagne, on aperçoit des myriades d'autres étoiles. Or, si depuis l'Antiquité les astronomes, puis les astrophysiciens ont pu dresser un inventaire assez complet de la matière visible du cosmos, on pense depuis environ 70 ans maintenant, que cette matière visible ne représente que 5% de la masse totale de l'univers ! Le mystère est donc là, dans les 95% restants, dont on ne sait rien, ou si peu, sinon qu'elle serait d'une nature différente de celle de la matière que nous connaissons.

## La chasse au Wimps est ouverte

« Des particules encore inconnues, présentes depuis le Big Bang, pourraient constituer en partie cette masse manquante », explique Gilles Gerbier, le directeur du Laboratoire Souterrain de Modane. On appelle ces particules des Wimps (un acronyme anglais signifiant particule massive faiblement interactive). Ces Wimps, capables de traverser la matière, sont des particules prévues par des modèles théoriques, notamment celui dit de "supersymétrie" (une extension du modèle standard expliquant la création de l'univers). Mais ils n'ont pas été encore détectés physiquement. D'où l'expérience menée au Laboratoire Souterrain de Modane.

Derrière la poésie de l'edelweiss, petite étoile des neiges qui a donné son nom au programme de recherche actuellement en cours au LSM, se cachent donc des savants qui vont tenter de piéger les Wimps. Et s'ils se cachent, ce n'est pas par goût de la tranquillité, encore qu'elle leur sied à merveille pour parfaire leurs travaux, mais parce que l'on ne pourra démontrer l'existence de ces particules qu'à l'abri des rayons cosmiques. « Vous ne parviendrez pas à écouter le tic-tac de votre montre à gousset place de la Concorde, à Paris, un samedi à midi », explique Michel Zampaolo, directeur technique et administratif du LSM. « Pour l'entendre, il vous faudra vous placer dans un autre lieu, silencieux et calme. Dans le cadre de l'expérience Edelweiss II, c'est un



Ph. B.C. - PCDT

Xavier-François Navick, chercheur chargé de l'expérience Edelweiss II et Luigi Mosca, chargé de mission "grands projets" du LSM. A gauche, les chercheurs allemands associés à Edelweiss II.

d'un wimps avec la cible de germanium, à condition que cette particule existe, devrait produire un infime réchauffement, de l'ordre du millionième de degré. Ce sera suffisant, c'est ce qu'il faut détecter. Edelweiss I n'avait détecté aucun Wimps, mais elle avait permis de démontrer la faisabilité de l'expérience, à l'aide de 3 bolomètres contenant 1 kg de germanium. L'objectif d'Edelweiss II est de gagner une plus grande sensibilité aux Wimps. L'expérience en cours comprendra dans un premier temps 28 bolomètres (9 kg de germanium), pour atteindre 120 détecteurs (40 kg de germanium), le tout abrité par un blindage anti-rayonnement de 100 tonnes de plomb et de polyéthylène (du plastique). Edelweiss II aura ainsi une sensibilité 100 fois plus grande qu'Edelweiss I. Les Wimps n'ont qu'à bien se tenir ●●●

Bruno CILIO

L'expérience Edelweiss II est une collaboration internationale rassemblant 6 laboratoires français : CEA/DSM (Dapnia et Drecam) à Saclay, deux labos du CNRS/IN2P3 (l'Institut de physique nucléaire de Lyon et le Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse d'Orsay), un laboratoire du CNRS/MIPPU (le centre de recherche sur les très basses températures à Grenoble), deux laboratoires du CNRS/INSU (L'Institut d'Astrophysique de Paris et l'Institut d'Astrophysique spatiale d'Orsay), deux laboratoires allemands (Le FZ Karlsruhe et l'Université de Karlsruhe) et un laboratoire russe (Le DLNP à Dubna).



Michel Zampaolo directeur technique et administratif du LSM :

Temple moderne de la science rationaliste, le Laboratoire Souterrain de Modane n'en est pas

Temple moderne de la science rationaliste, le Laboratoire Souterrain de Modane n'en est pas moins un haut lieu de mystères. Au moins autant que la chapelle du Charmaix, distante de quelques centaines de mètres, et où l'on vénère, depuis le Moyen Age, une énigmatique petite vierge noire. Au LSM, l'énigme est également obscure, mais d'une tout autre matière : on tente de déterminer l'existence de la Matière Noire de l'univers ! Nous ne sommes pas en pleine science-fiction et il ne s'agit pas de rêveries de professeurs Tournesol, Zorclub ou autre Champignac, mais d'une recherche partagée aujourd'hui par les plus grands laboratoires d'astrophysique de la planète !

**L'univers : 5% de matière lumineuse, et 95% de matière noire invisible !**

Car de l'univers, nous ne connaissons finalement bien que ce que nous en voyons, c'est-à-dire un ensemble de galaxies, de constellations d'étoiles observées depuis la plus haute Antiquité, de planètes, de nébuleuses, de nuages cosmiques, de bolides interstellaires...

À l'œil nu, on peut aisément apercevoir Bételgeuse, Bellatrix, Saïph et Rigel, les étoiles les plus lumineuses de la constellation d'Orion, pourtant située à 1500 années lumières de la Terre ! C'est leur lumière émise qui nous renseigne de prime abord sur cette présence de la matière, loin dans le cosmos. Et quand on regarde le firmament, par une claire nuit



**Gilles Gerbier, directeur du LSM :**

*Présentes dans l'univers depuis le Big Bang, des particules encore inconnues, les Wimps, pourraient constituer en partie la Matière Noire que les physiciens cherchent aujourd'hui à identifier. Le but de l'expérience Edelweiss II est de piéger ces wimps avec des détecteurs ultrasensibles, afin d'en démontrer l'existence.*



**Michel Zampaolo directeur technique et administratif du LSM :**

*Pour détecter les Wimps, nous devons d'abord éliminer tous les rayonnements parasites provenant de l'univers, de la terre elle-même et même ceux que nous produisons nous-mêmes, en tant que matière vivante : le corps humain génère environ 8 000 désintégrations radioactives par seconde...*

*peu la même chose. Pour détecter les Wimps, nous devons d'abord éliminer tous les rayonnements parasites, ceux provenant de l'univers et dont la terre est bombardée en permanence, ceux produits également par la terre elle-même et les différentes matières qui la constituent et même ceux que nous produisons nous-mêmes, en tant que matière vivante (le corps humain génère environ 8 000 désintégrations radioactives par seconde). »*

Situé sous 1700 mètres de roche qui le protègent du rayonnement cosmique, le Laboratoire Souterrain de Modane est donc le lieu idéal pour cette expérience. Les Wimps devraient donc être piégés (enfin, on l'espère) au cœur d'une "poupée russe technologique" dont chaque enveloppe constitue une protection contre les rayonnements parasites (le "bruit", comme disent les chercheurs). La montagne ne gomme pas tous les rayonnements, alors on a installé différents blindages autour du laboratoire Edelweiss II. L'air même est épuré du radon, un gaz naturel radioactif émanant du sous-sol. Seuls les Wimps pourront passer.

**Attendre qu'un Wimps touche la cible**

Le piège à Wimps installé au LSM dans le laboratoire Edelweiss II est une série de bolomètres, autrement dit des cristaux de germanium ultra-purs auxquels on couple un thermosenseur capable de détecter de très faibles variations de température. Les bolomètres sont placés dans un cryostat permettant d'atteindre des températures de quelques dizaines de millikelvins (soit près de -273°C). À ce zéro degré absolu, le choc

laboratoire du CNRS/INSU (L'Institut d'Astrophysique de Paris et l'Institut d'Astrophysique spatiale d'Orsay), deux laboratoires allemands (Le FZ Karlsruhe et l'Université de Karlsruhe) et un laboratoire russe (Le DLNP à Dubna).



L'air du laboratoire est épuré du radon, un gaz naturel émanant de la roche et dont la faible radioactivité pourrait parasiter les expériences.

Ci-dessous : L'air du laboratoire est épuré du radon, un gaz naturel provenant de la roche, dont la faible radioactivité suffit à "parasiter" les mesures réalisées dans le cadre des expériences en cours.

# de Modane de l'univers...



University of Oregon



Ph. B.C. - PCDT

Alexandre Juillard, chercheur chargé de l'expérience Edelweiss, explique aux visiteurs comment le laboratoire est protégé des rayonnements parasites. A l'extrême gauche, Michel L'Hour, archéologue sous-marin, dont les fouilles ont permis au LSM de se doter de plomb archéologique pour protéger les expériences en cours.

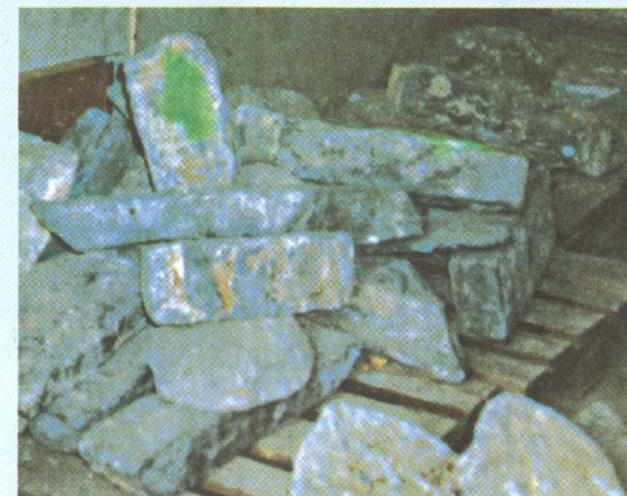
## Fritz Zwicky, découvreur de la matière noire



Ph. X

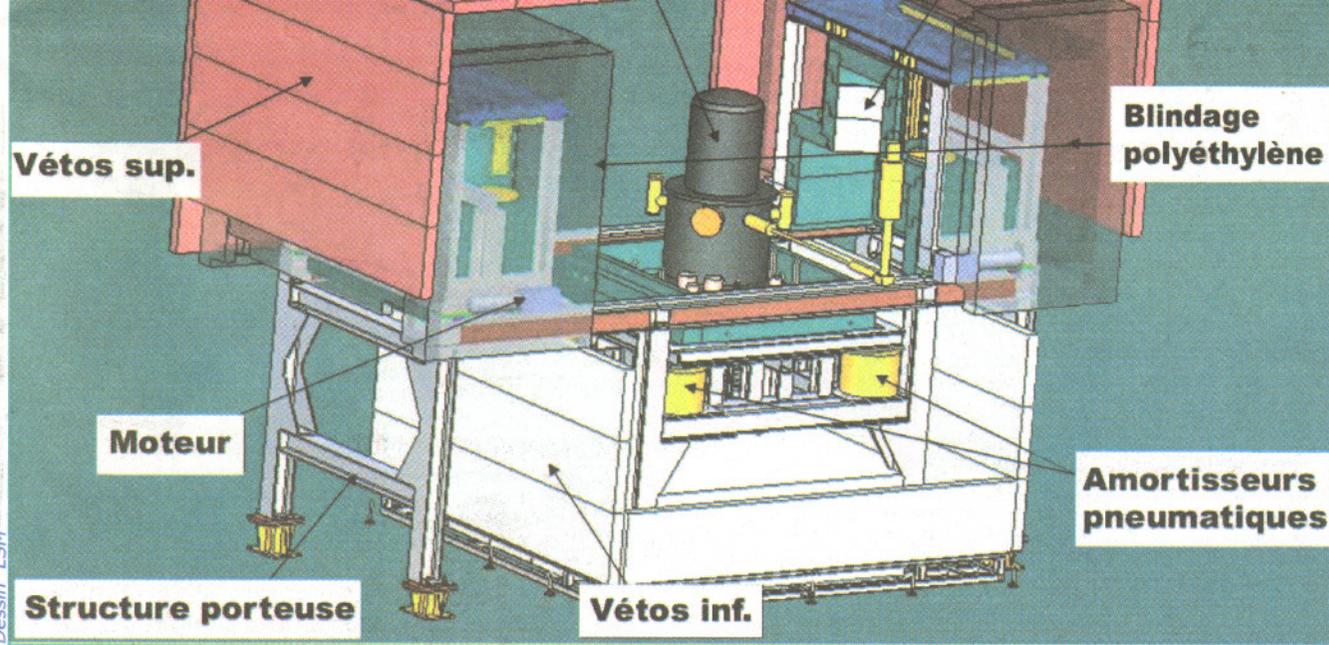
Fritz Zwicky (1898-1974) était un astrophysicien américano-suisse. En 1933, il étudie la distribution des galaxies de l'amas de la Chevelure de Bérénice. Il découvre alors qu'elles ne représentent pas la totalité de sa masse. Zwicky pressent alors qu'il existerait de la matière supplémentaire, invisible. A cette époque, sa théorie est jugée farfelue... Zwicky fut admiré pour ses idées novatrices, mais détesté également pour... son caractère épouvantable, notamment par ses étudiants qu'il terrorisait. Il faudra attendre les années 70 et l'avènement de techniques d'observation plus précises pour entendre parler à nouveau de la théorie de la masse cachée de Zwicky.

## Le plomb du blindage vient d'une épave antique !



Ph. LSM

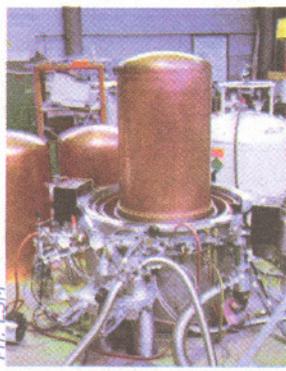




*Edelweiss II. Les détecteurs au germanium sont installés au coeur du Cryostat où la température est de - 273°. Si un Wimps, particule de matière noire, percute le germanium, il se produira un réchauffement infime de l'ordre du milliardième de degré. L'hypersensibilité du détecteur permettra de l'enregistrer et l'expérience aura réussi. Autour du cryostat sont installés différents blindages pour éliminer les rayonnements parasites (les chercheurs parlent de "bruit" parasite).*

Une communauté de chercheurs plus en plus large est actuellement concernée par la recherche d'un environnement présentant un très bas bruit radioactif (les rayonnements qui parasitent les expériences) ; au LSM se retrouvent dorénavant physiciens nucléaires, physiciens des particules, océanographes, astrophysiciens... Qu'il s'agisse de bancs de mesure équipés avec un cristal de germanium ou d'une expérience de détection de la Matière Noire dans la Galaxie, le blindage proche du détecteur est l'élément ultime qui permet de se protéger du fond radioactif (le "bruit"). On utilise habituellement le plomb comme blindage, et le plomb ancien est très recherché. En effet, lorsque le plomb est aujourd'hui extrait des mines il est contaminé par les éléments radioactifs naturels tels que l'uranium et le thorium. L'avantage du plomb dit "archéologique" est d'avoir été extrait des mines il y a plusieurs siècles : sa radioactivité due à la contamination naturelle a donc eu le temps de disparaître. C'est pourquoi des archéologues se sont trouvés à leur tour entraînés dans la recherche interdisciplinaire de plomb non radioactif ! La quête fut fructueuse : une épave antique, échouée en Bretagne au large des Sept Iles (Ploumanach, Côtes d'Armor) a fait l'objet de quatre campagnes de fouille entre 1984 et 1986. Dirigée par Michel L'Hour, l'équipe de la Direction des Recherches Sous-Marines a remonté à la surface 270 lingots de plomb antique. En septembre 1992, la Direction du Patrimoine du Ministère de la Culture a autorisé le responsable des fouilles à mettre à la disposition des physiciens les lingots présentant le plus faible intérêt archéologique. Il a été recyclé dans le blindage des espaces réservés aux expériences.

**Source : IN2P3**



*Au-dessus : Montage du cryostat d'Edelweiss en salle blanche au LSM. en novembre dernier.*

*Au-dessus, à gauche : Cryostat d'Edelweiss avec ses cloches de refroidissement.*

*A gauche : Détecteur de 320 grammes en Germanium.*

*Participants à l'inauguration : Les chercheurs du LSM et leurs correspondants allemands ; Sylvaine Astic, sous-préfète de St-Jean-de-Maurienne, Michel Bouvard, député de la Maurienne, Claude Vallet, maire de Modane, Pierre Schwartz, président de Maurienne Expansion, Michel Bailly, directeur de la SFTRF, Jacques Gauthier, directeur de l'Onéra, Jacques Ricard, directeur de LTF, Hubert Jeannin, directeur de la Galerie Euréka de Chambéry.*

