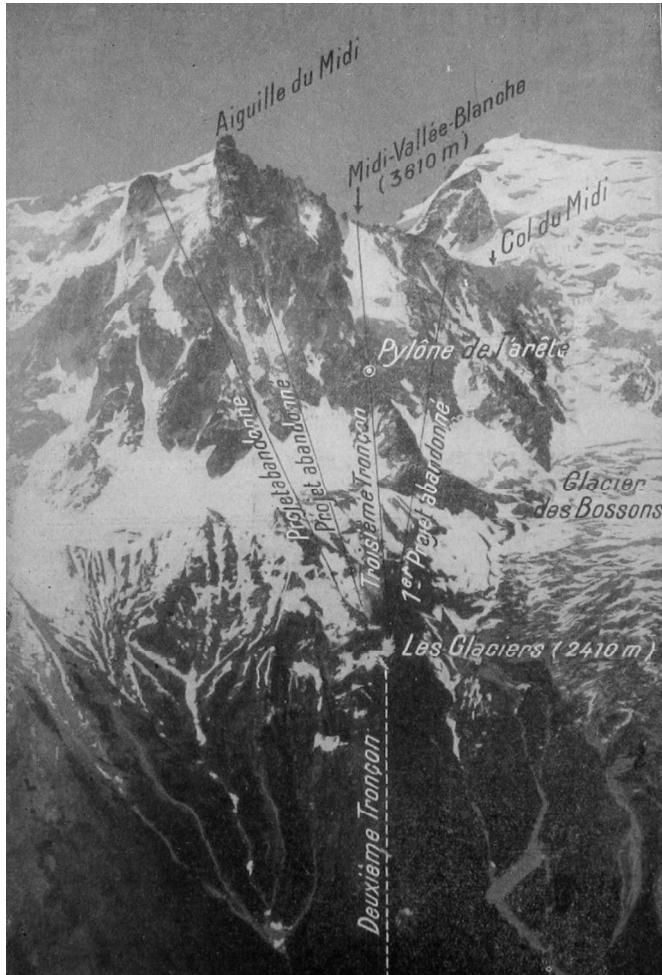


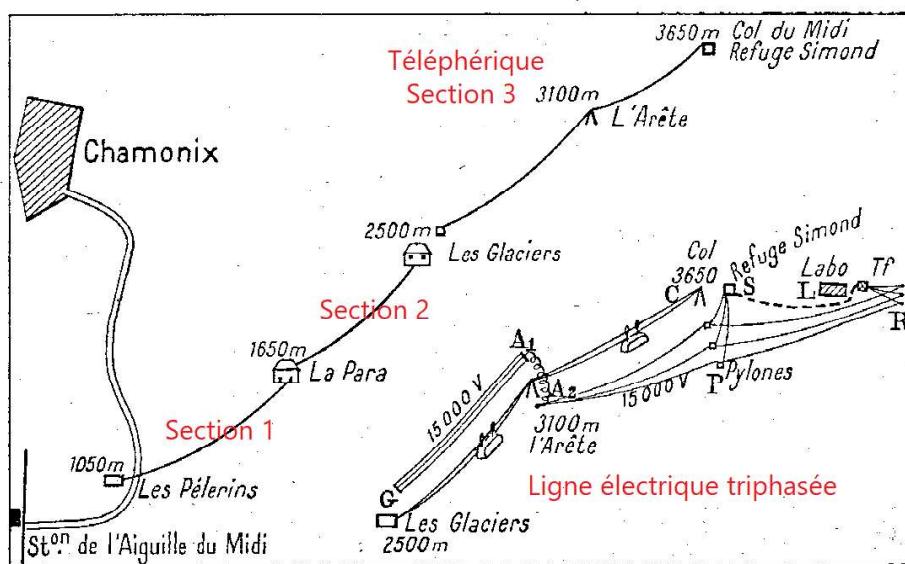
## ANNEXE 3

### LE LABORATOIRE DES COSMIQUES AU COL DU MIDI (3600 m)

#### 3- a) Le téléphérique des Glaciers (mis en service en 1927)



*Figure C1 : le téléphérique des Glaciers part du hameau des Pélerins, en aval de Chamonix. Il se compose de deux tronçons, le premier va des Pélerins (1050 m) à la Para (1600 m) et le second de la Para aux Glaciers à 2400 m. Le premier tronçon a été ouvert au public en 1924, après une longue interruption des travaux par la guerre ; le second a été ouvert en 1927. De là, plusieurs options existaient pour monter plus haut et discutées entre les deux guerres : un gendarme situé à 3610 m entre le col du Midi et l'Aiguille du Midi fut choisi. Collection de l'auteur.*



*Figure C2 : les sections 1 et 2 du téléphérique sont ouvertes en 1924 et 1927. Pendant la guerre, une benne de service sera installée sur la section 3 avec un pylône sur l'arête à 3100 m, permettant l'acheminement du laboratoire des cosmiques et de son lourd équipement (électro-aimant) nécessitant la pose d'une ligne électrique aérienne de 15000 V triphasée. Collection de l'auteur.*

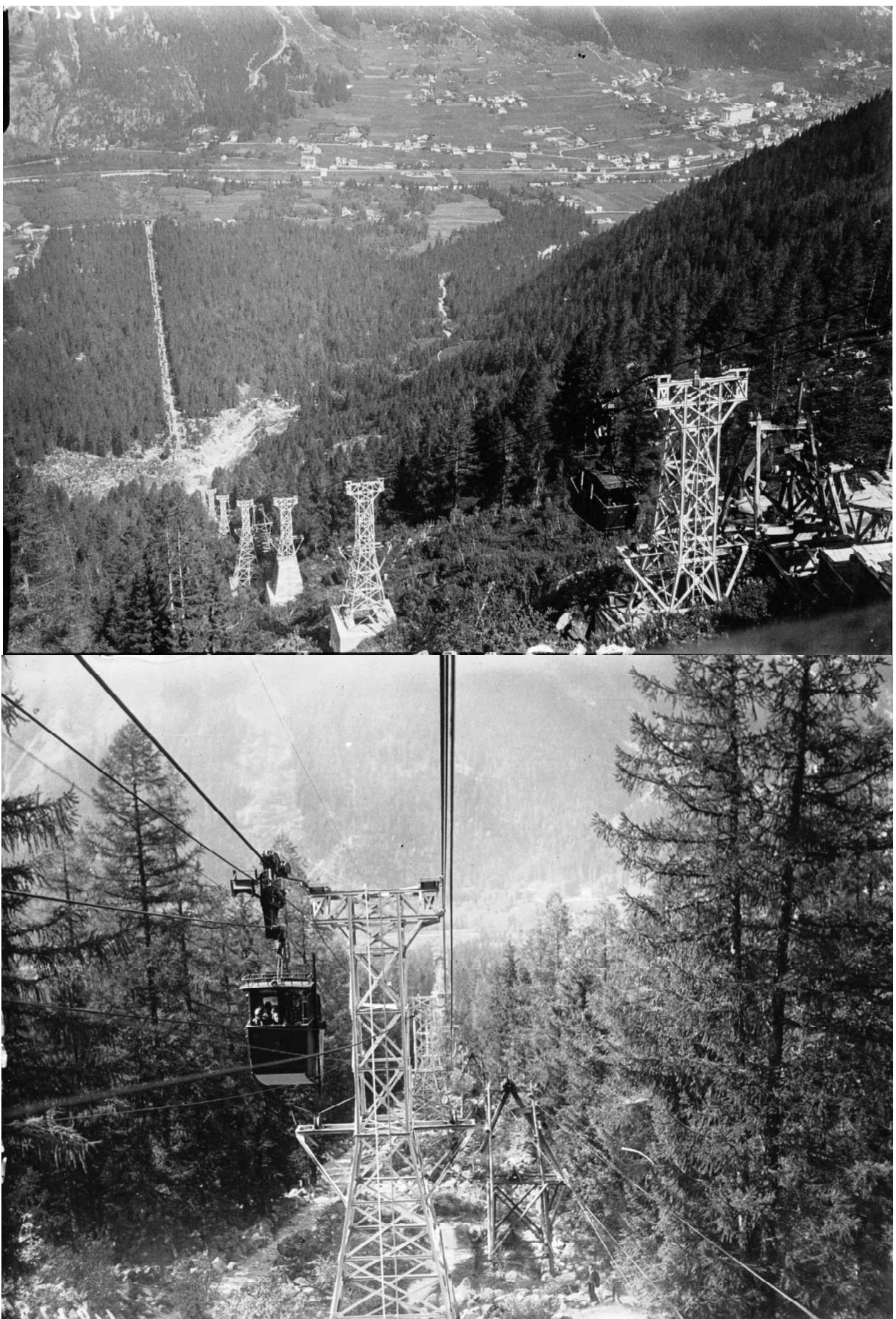


Figure C3 : la section I des Pelerins (1050 m) à La Para (1600 m) comporte des dizaines de pylônes rapprochés rendant la marche du téléphérique assez lente (crédit Gallica/BNF)

Le téléphérique des glaciers, de type va et vient, comportait deux cabines de 18 places et trois cables, un porteur, un câble frein sur lequel venaient se positionner des mâchoires, et un câble tracteur. Conçu avant la première guerre, et retardé par celle-ci, il y avait trop de pylônes avec en conséquence un débit modeste. Il conduisait sous l'Aiguille du Midi en bordure du Glacier des Bossons, chemin de la voie historique d'accès au Mont Blanc via Pierre Pointue, la Jonction et les Grands Mulets.



*Fig C4 : station des Glaciers 2400 m en construction avec ligne de chantier (collection de l'auteur)*



*Figure C5 : le téléphérique des Glaciers en hiver sert aux skieurs (collection de l'auteur)*



Fig C6 : Le téléphérique des Glaciers avec le glacier des Bossons au fond (collection de l'auteur)



Figure C7 : le téléphérique des Glaciers avec le glacier des Pélerins au fond (crédit Gallica/BNF)



*Figure C8 : le téléphérique tri-câble (porteur-frein-tracteur) des Glaciers en deux tronçons montant à 2400 m, avec la vallée de Chamonix dans le fond (collection de l'auteur)*

### **3 - b) Ligne de service du Col du Midi, ou ligne de chantier mise en service en 1940**

Nous reprenons ici quelques extraits d'un article de Paul Chanson, qui fut chargé par Leprince Ringuet de la responsabilité du laboratoire des Cosmiques, article paru le 1er Juin 1950 dans la revue "LE GENIE CIVIL".

« L'année 1938 marque la reprise des travaux du téléphérique au dessus de la station des Glaciers, à 2400 m, sous l'impulsion de M. de Peufeuilhoux. Ce n'est pas l'Aiguille du Midi elle même qui sera l'aboutissement du funiculaire aérien, mais un "gendarme" situé près du Col du Midi à 3600 m d' altitude. »

« Ce point sera atteint en deux tronçons de même longueur (environ 1100 m). Le premier tronçon, Glacier-Arête, est construit en 1938. Pour cela, des rouleaux de câbles de 4 mm et des poulies sont portées par les guides, en charges de 30 kg, jusqu'à l'arête de granite qui a donné son nom à ce point intermédiaire (altitude 3100 m). Le problème du Col du Midi, situé au dessus, était plus difficile à résoudre, car il était indispensable de monter des pièces de 80 kg à l'altitude de 3600 m. M. de Peufeuilhoux, ancien pilote de chasse, choisit la solution audacieuse, qui devait réussir, de confier à M. Guiron, du Fayet, la mission de parachuter au Col du Midi, avec son petit avion équipé d'un moteur de 300 chevaux, le matériel destiné à l'ancrage du premier câble de service. Au cours de l'été 1939, 25 colis furent ainsi lancés sur la neige fraîche et retrouvés grâce à un long ruban rouge indicateur. Les guides devaient, non sans péril, descendre jusqu'à l'Arête le câble de 4 mm par une série de rappels de 50 m. »

« En Automne 1939, la guerre est déclarée et il faut interrompre les travaux. Ceux ci sont repris le 15 Août 1940, et le 8 Septembre, la première ligne assurant le transport du personnel est inaugurée par M. Toubin, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Annecy. Au cours de l'hiver 1940-41, la ligne est coupée et une équipe de guides doit fouiller la neige pour récupérer le câble et rétablir la ligne de service. »

« C'est alors que commence la construction du laboratoire des rayons cosmiques, début Septembre 1942. Malheureusement, trois semaines après, un grave accident, au cours duquel M. de Peufeuilhoux, alors directeur de la Compagnie Française des Funiculaires de Montagne (CFFM) trouve la mort, provoque l'interruption du chantier. Les câbles entre les Glaciers et le Col du Midi sont coupés. Ce transporteur aérien, établi par M. de Peufeuilhoux , était constitué par un simple câble de 12 mm de diamètre porteur-tracteur, de deux portées égales de 1100 m de longueur. L'appui intermédiaire entre les Glaciers et le Col était une simple poulie dont le support était directement scellé dans le rocher de l'Arête (à 3100 m). Deux bennes, l'une entre les Glaciers et l'Arête, et l'autre entre l'Arête et le Col, montaient et descendaient en même temps. Pour augmenter la charge utile du transporteur, le câble avait été purement et simplement doublé par un deuxième câble semblable, placé à 15 cm du premier. Mais des solutions aussi audacieuses ne devaient avoir qu'un temps. »

« Au printemps 1943, la ligne fut rétablie plus simplement. Un seul câble porteur-tracteur de 12 mm soutenait deux bennes équilibrées, l'une montante, l'autre descendante. De cette manière, la charge utile était de l'ordre de 300 kg au maximum. Durant l'été 1943, s'achevait l'érection du pylône intermédiaire de l'Arête à 3100 m, destiné au téléphérique de service définitif tel qu'on peut le voir actuellement. L'acheminement des bois et des charpentes jusqu'à l'emplacement du futur laboratoire des Cosmiques fut réalisé grâce à un petit transporteur aérien de 300 m de portée à peu près horizontale, au dessus du glacier, entre le gendarme d'arrivée du téléphérique et le laboratoire ; cet aérien était servi par un simple treuil à main. En 1945, la CFFM installait sur le téléphérique, constitué jusqu'ici d'un simple porteur-tracteur de 12 mm, un câble porteur de 25 mm, permettant le transport de charges d'une tonne. Ceci facilita grandement le transport de charges lourdes vers le laboratoire (transformateur 15000 V, puis ultérieurement groupe électrogène diesel électrique). »

Les chasseurs alpins utilisèrent la benne de service pour défendre la Vallée Blanche pendant le second conflit mondial, la frontière italienne étant toute proche.



Fig C9 : benne de service entre les Glaciers (2400 m) et le col du Midi (3600 m, crédit LLR IN2P3)



Figure C10 : la benne de service près de la station inférieure (crédit Défense Nationale)

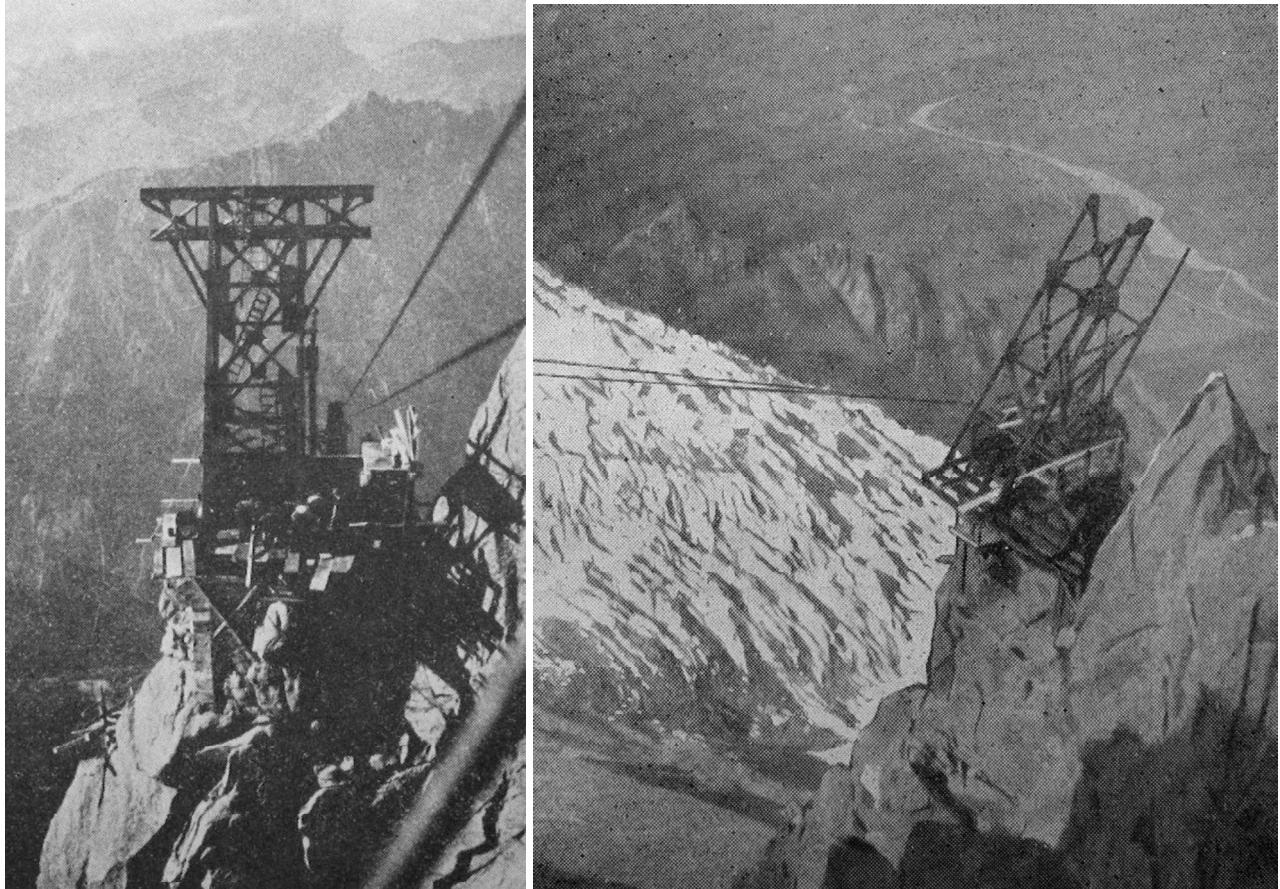
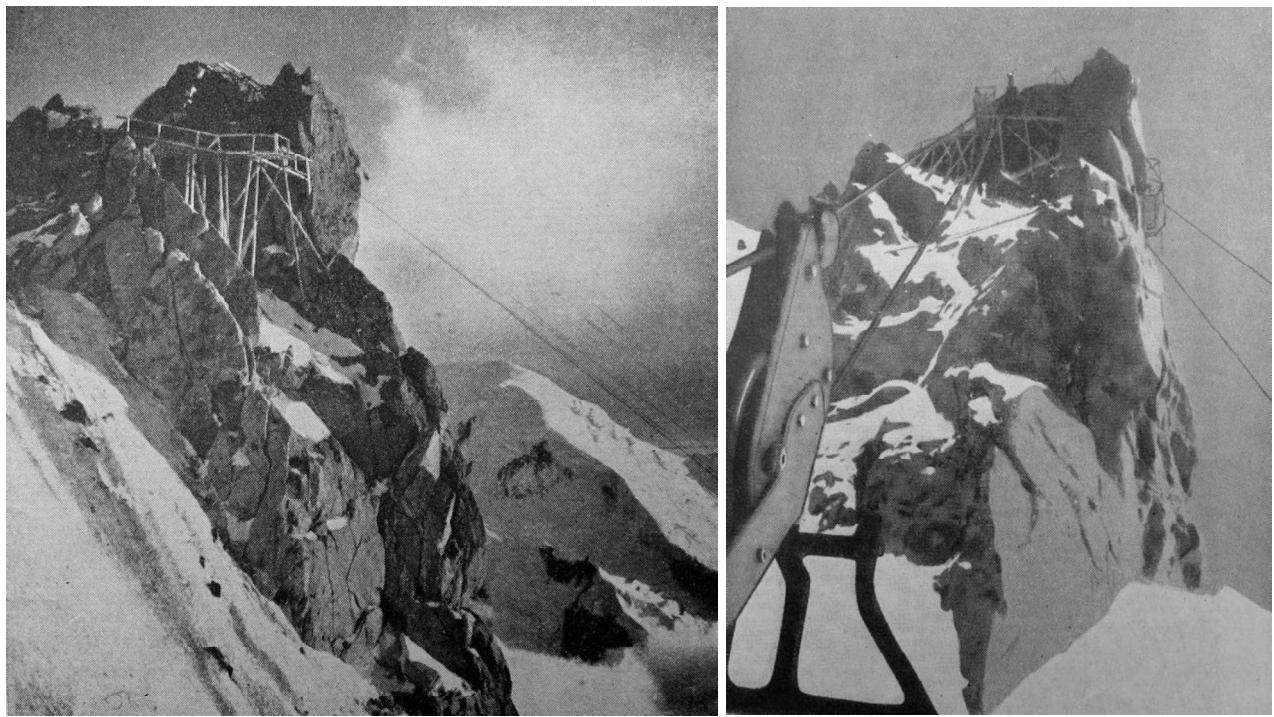


Figure C11 : le pylône intermédiaire sur l'arête à 3100 m (collection de l'auteur)



*Figure C12 : le point d'arrivée de la benne de service au gendarme à 3600 m et son débarcadère en bois ; un autre câble horizontal à treuil manuel de 300 m de long faisait ensuite la jonction avec le laboratoire situé un peu plus loin juste au dessus du col du Midi (collection de l'auteur).*



*Fig C13 : le gendarme d'arrivée de la benne de service à 3600 m et le débarcadère en bois ; un câble horizontal de 300 m faisait ensuite la jonction avec le laboratoire (collection de l'auteur).*



*Fig C14 : le gendarme d'arrivée de la benne de service à 3600 m et le débarcadère en bois ; un câble horizontal de 300 m de long faisait la jonction avec le laboratoire (collection de l'auteur).*

En vue d'établir la ligne définitive, après 1945, entre la station des Glaciers à 2400 m et le Col du Midi à 3600 m, qui devait comporter deux cabines transportant du public en va et vient, un système étrange de mise en tension des câbles fut réalisé, sous la forme d'un plan incliné de béton sur lequel roulait un chariot faisant contre poids. Cette installation insolite ne fut en fait jamais opérationnelle ; en effet, le téléphérique des Glaciers, dont les deux sections étaient ouvertes depuis 1927, était de conception obsolète, ce qui incita sa fermeture en 1951 et la recherche d'une solution moderne et rapide permettant de rallier directement Chamonix ville à l'Aiguille du Midi (3842 m) en deux portées, dont l'une sans pylône, véritable prouesse technique qui fut réalisée en 1955.



*Figure C15 : plan incliné pour la tension des câbles de la ligne des Glaciers (2400 m) au col du Midi (3600 m) par un chariot contre poids (collection de l'auteur)*

### 3 - c) Le téléphérique des Glaciers et la benne de service, ce qu'il en reste aujourd'hui

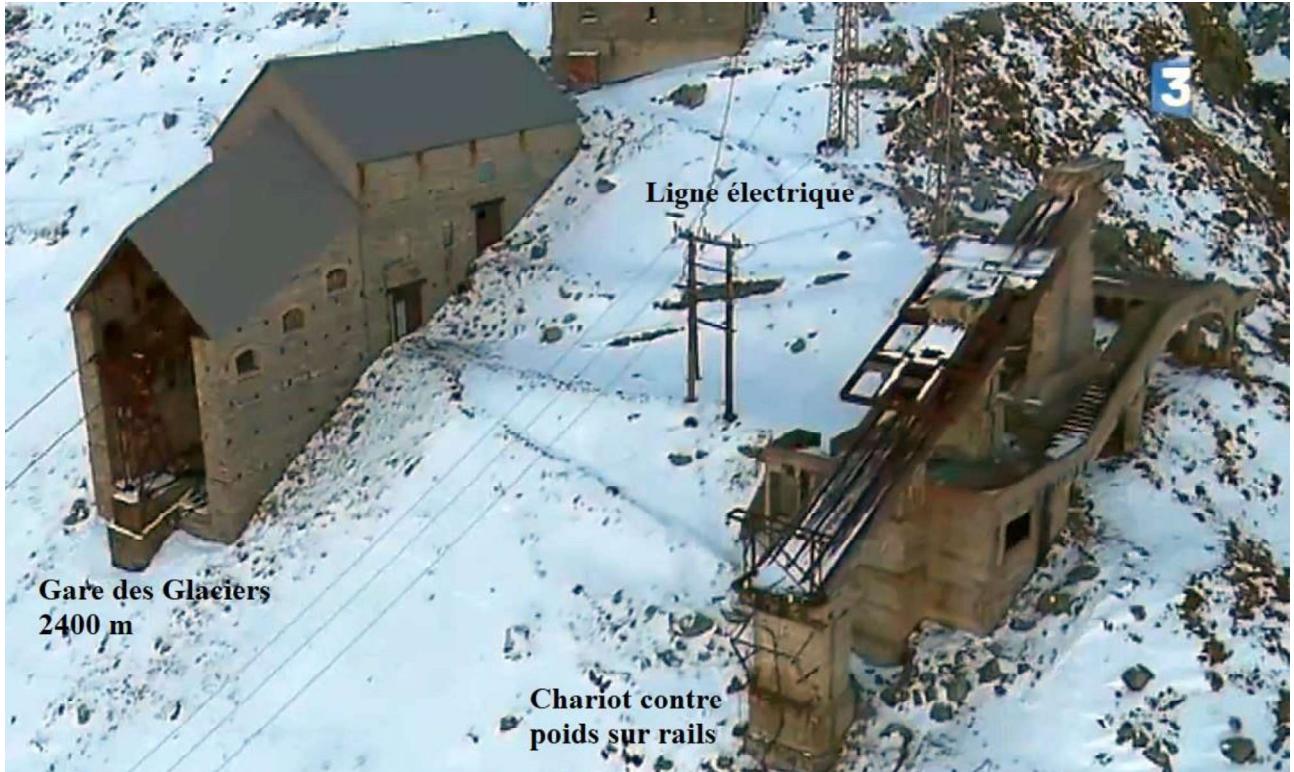


Figure C16 : en 2017, la station des Glaciers à 2400 m avec une cabine ; les restes du plan incliné à chariot mobile contre poids destiné au téléphérique à deux cabines vers le col du Midi (jamais réalisé, à droite), et la ligne électrique (crédit FR3 Rhône Alpes)

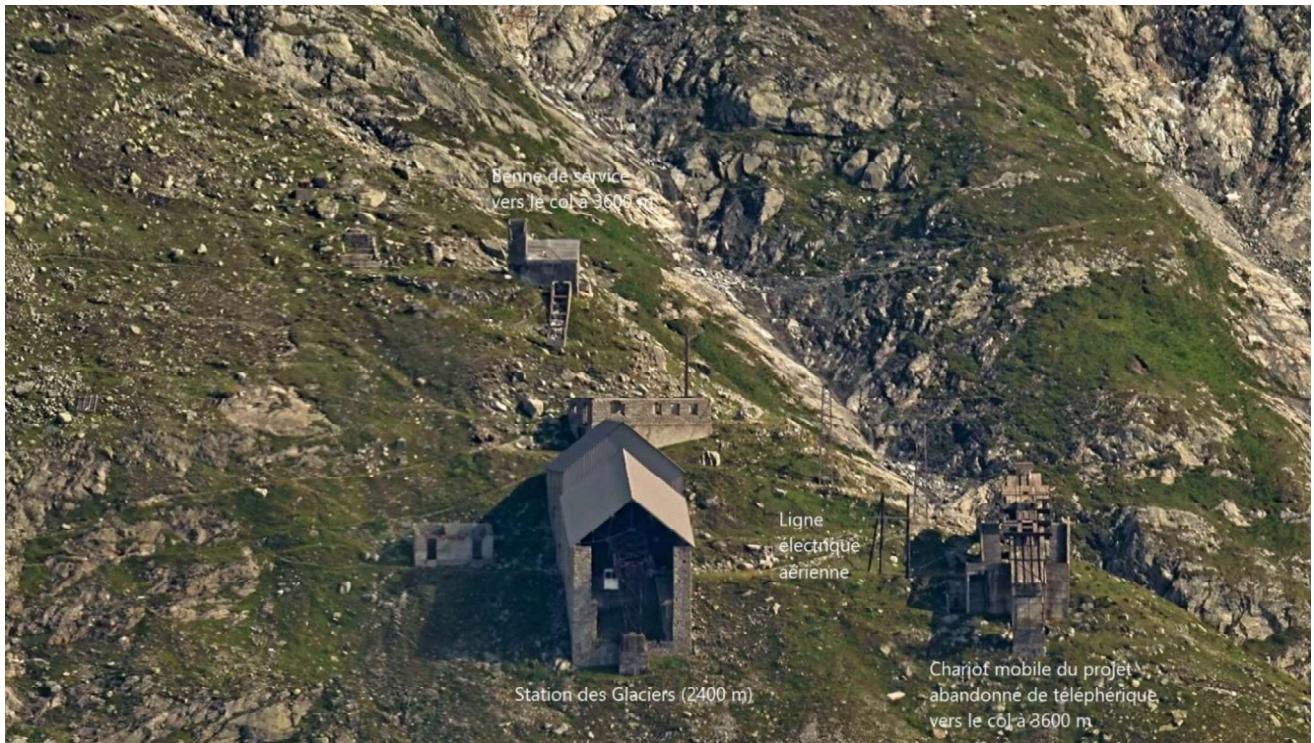


Figure C17 : en 2019, la station des Glaciers à 2400 m avec une cabine et son hôtellerie en ruine (au dessus) ; les restes du plan incliné à chariot mobile contre poids destiné au téléphérique à deux cabines vers le col du Midi (jamais réalisé, à droite), la gare de départ de la benne de service du col du Midi (en haut) et la ligne électrique (crédit Cyril Preiss, Gigascope)



*Figure C18 : en 1986, l'ancienne gare des Glaciers à 2400 m et les ruines de l'hôtellerie ; à droite le départ de la benne de service vers le col du Midi (à noter le petit contre poids sur rails juste à l'arrière) ; la ligne électrique ; tout à gauche, le plan incliné de béton supportant le chariot mobile destiné à la mise en tension des câbles du futur téléphérique à deux cabines vers le col, finalement jamais réalisé ; toutes les installations ont été abandonnées vers 1950 (photo de l'auteur)*



*Figure C19 : en 1994, le point d'arrivée (débarcadère) à 3600 m de la benne de service du col du Midi ; on aperçoit en contrebas l'unique pylône pour franchir l'arête à 3100 m (photos de l'auteur)*

Les ruines de la station des glaciers, de la gare de départ de la ligne de service et du plan incliné sont encore visibles sur les clichés de 2019. Le chariot mobile, rouillé, de mise en tension des câbles du futur téléphérique jamais réalisé, était encore présent en 1986 mais a été retiré.

Le débarcadère à 3600 m de la benne de service, les câbles et poulies, et le pylône sur l'arête à 3100 m étaient tous présents en 1994 et en 2015, ce pylône était même encore visible en 2019. Mais un important nettoyage a été mené à 3600 m fin 2017. Seul l'abri Simond subsiste en tant que refuge de secours, ainsi que la ligne électrique qui alimente les installations de l'Aiguille du Midi et le nouveau refuge des Cosmiques bâti en 1990 sur l'emplacement du vieux laboratoire. Celui-ci servait en effet de refuge (point de départ de nombreuses ascensions dont la traversée du Mont Blanc) depuis son déclassement scientifique dans les années 50 ; il fut incendié par accident en 1986.

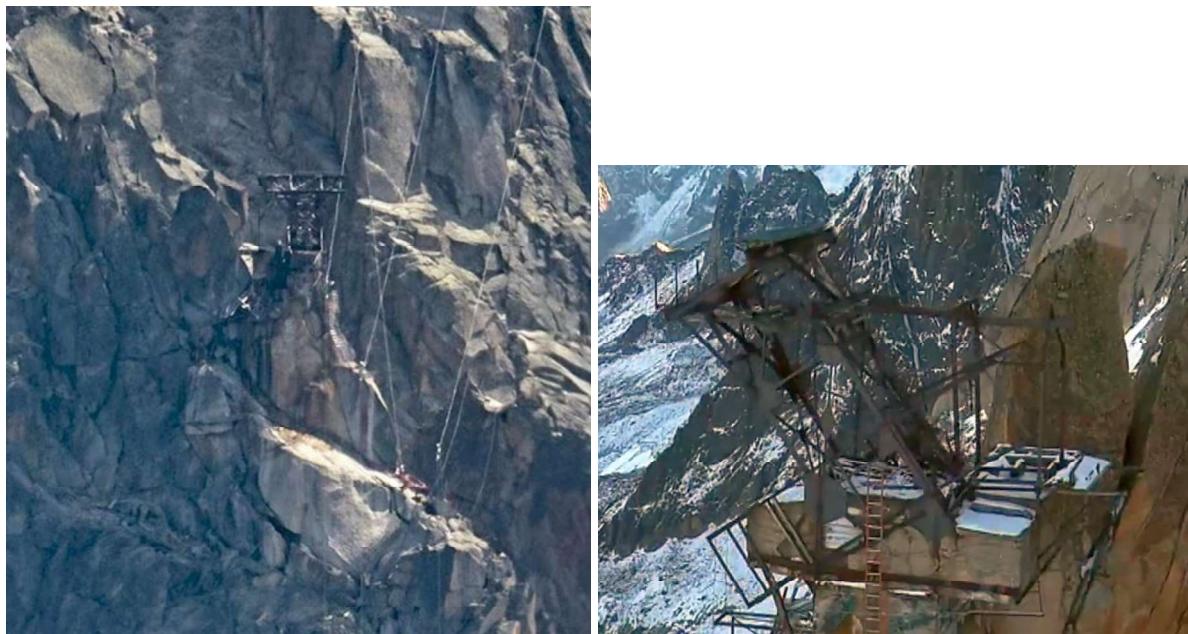


Figure C20 : l'unique pylône intermédiaire est toujours en place sur l'arête à 3100 m (crédit Cyril Preiss, Gigascope, 2019, à gauche, et FR3 Rhône Alpes, 2017, à droite)

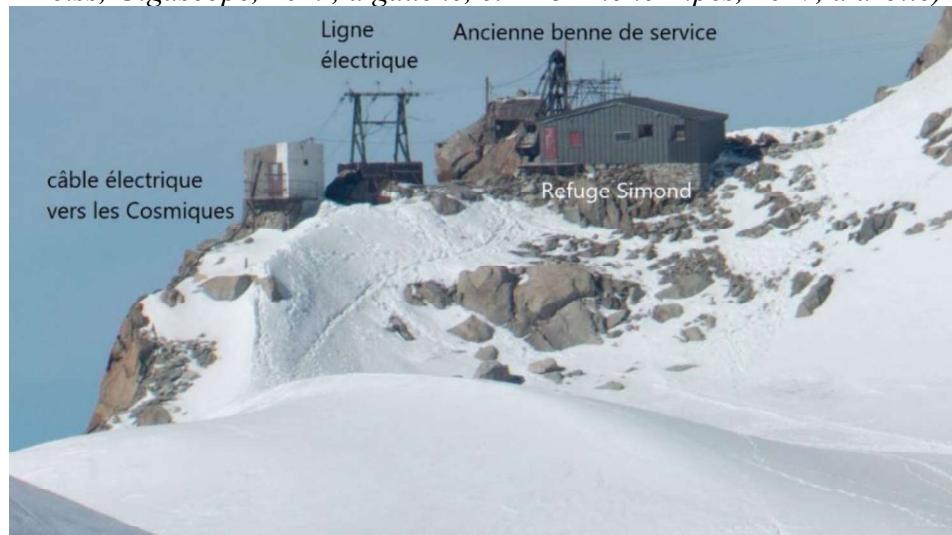


Figure C21 : en 2015, la station d'arrivée de la benne de service et de la ligne électrique avec le refuge Simond rénové (crédit Filippo Blengini, IN2WHITE) ; le site sera nettoyé en 2017.



Figure C22 : fin 2017, tout a été nettoyé à 3600 m, il ne reste plus que ce treuil témoin d'une belle épopée (crédit FR3 Rhône Alpes)



Fig C23 : en 2019, l'arrivée de la benne de service a été nettoyée (à gauche), le recent refuge des Cosmiques sur l'emplacement du vieux laboratoire est en place depuis 1990 et la ligne électrique triphasée reste indispensable à l'alimentation de l'Aiguille du Midi (crédit Cyril Preiss, Gigascope)

### 3 - d) Le laboratoire du Col du Midi

Paul Chanson nous a laissé les schémas ci-dessous. Le laboratoire, fondé en 1943, était situé sur une plateforme rocheuse à 300 m environ du gendarme d'arrivée de la benne de service juste au refuge Simond. Pour y acheminer le matériel, on avait donc tiré un câble transporteur aérien (animé par un simple treuil à main) partant de l'embarcadère situé à côté de l'abri Simond (figure C24).

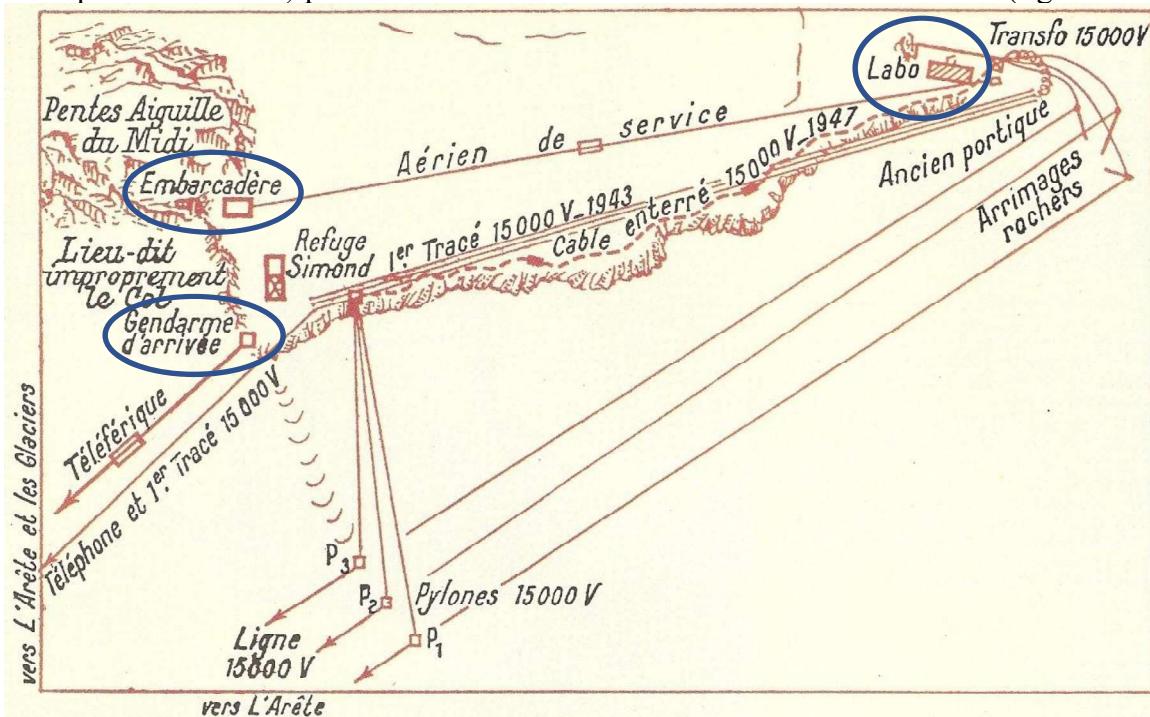


Figure C24 : plan des accès au laboratoire des cosmiques ; la benne de service arrive à un gendarme à 3600 m ; elle est suivie d'un câble horizontal jusqu'au labo (schéma de Paul Chanson)

Une ligne électrique était indispensable à l'alimentation d'un transformateur 15000 V, monté en 1944, pour créer un courant continu dans deux bobines d'Helmoltz baignant la chambre de Wilson (à partir de 1946) dans un champ magnétique ; elle arrivait aux 3 pylônes P1, P2, P3. D'abord aérienne entre ces pylônes et le laboratoire, elle fut ensuite enterrée en 1947, la rendant moins exposée aux intempéries, sévères à cette altitude. Un groupe électrogène de sécurité lui fut adjoint en 1949.



Figure C25 : l'embarcadère du câble aérien de service horizontal sur 300 m entre le refuge Simond (à droite) et le laboratoire (crédit LLR)

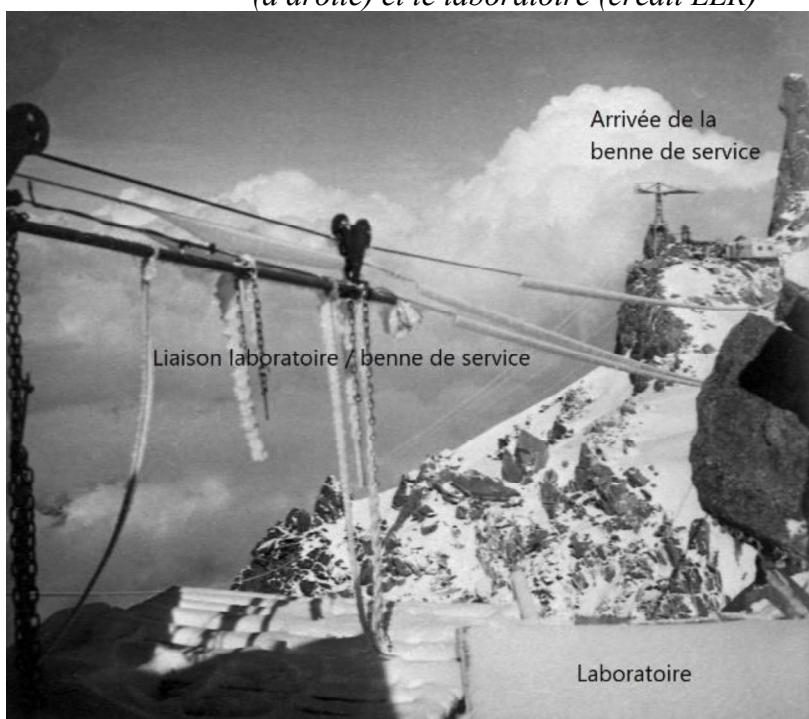


Figure C26 : le câble de chantier entre le laboratoire et l'arrivée de la benne de service où l'on voit la grue (crédit LLR)

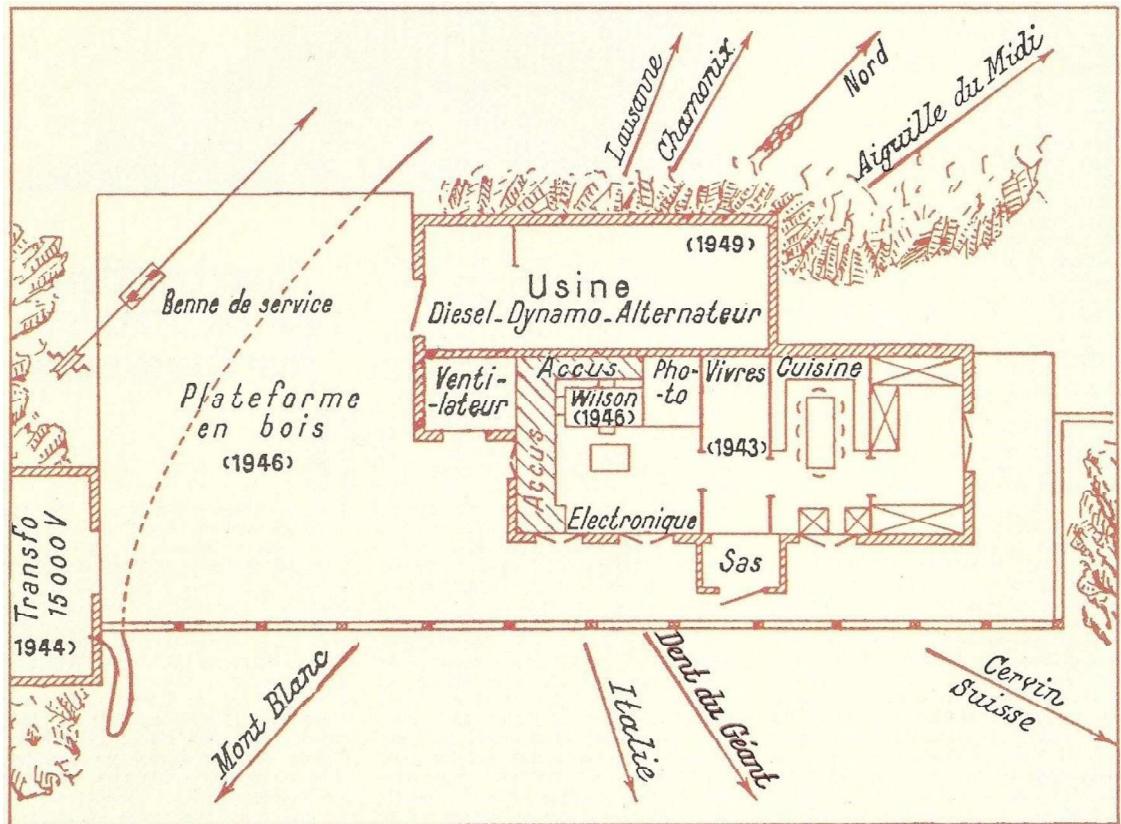


Figure C27 : plan du laboratoire des cosmiques ; le transformateur 15000 V sera complété par un groupe électrogène en 1949. La chambre de Wilson date de 1946. Un aérien de service horizontal fait la liaison sur 300 m avec la benne de service vers la vallée (schéma de Paul Chanson)

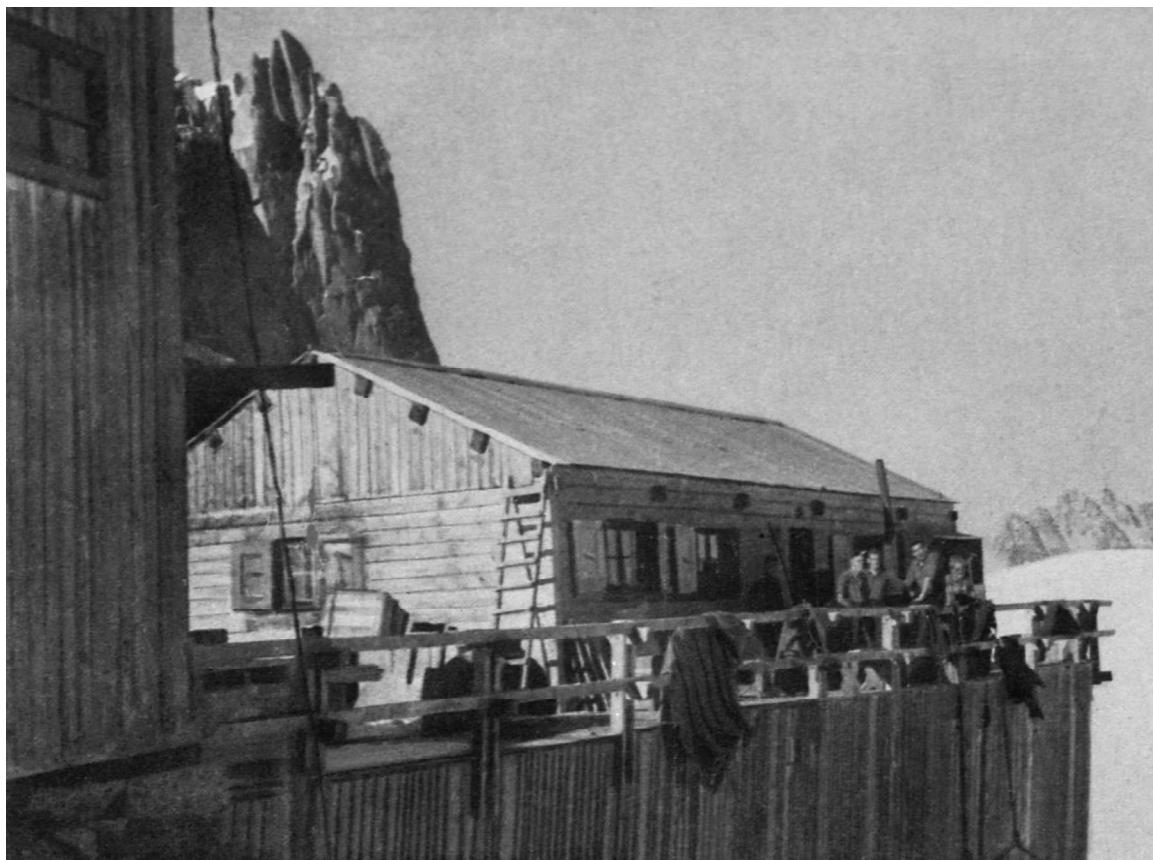


Figure C28 : le laboratoire et sa terrasse, à gauche l'abri du transformateur 15000 V (collection de l'auteur)



Figure C29 : le laboratoire et sa terrasse (crédit LLR)

Ancien laboratoire des rayons cosmiques au Col du Midi (3600 m); le nouveau refuge a été construit sur cet emplacement. Sur le balcon, Louis Leprince Ringuet devant le Mont Blanc du Tacul.

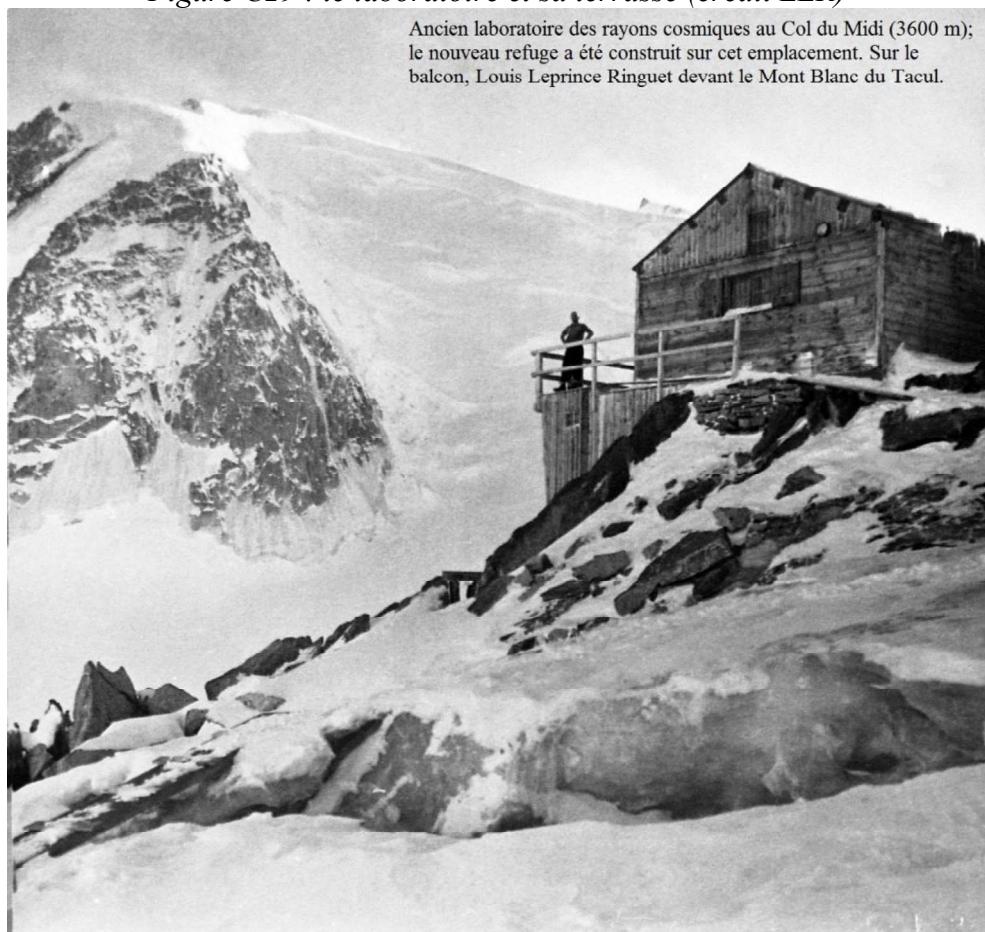
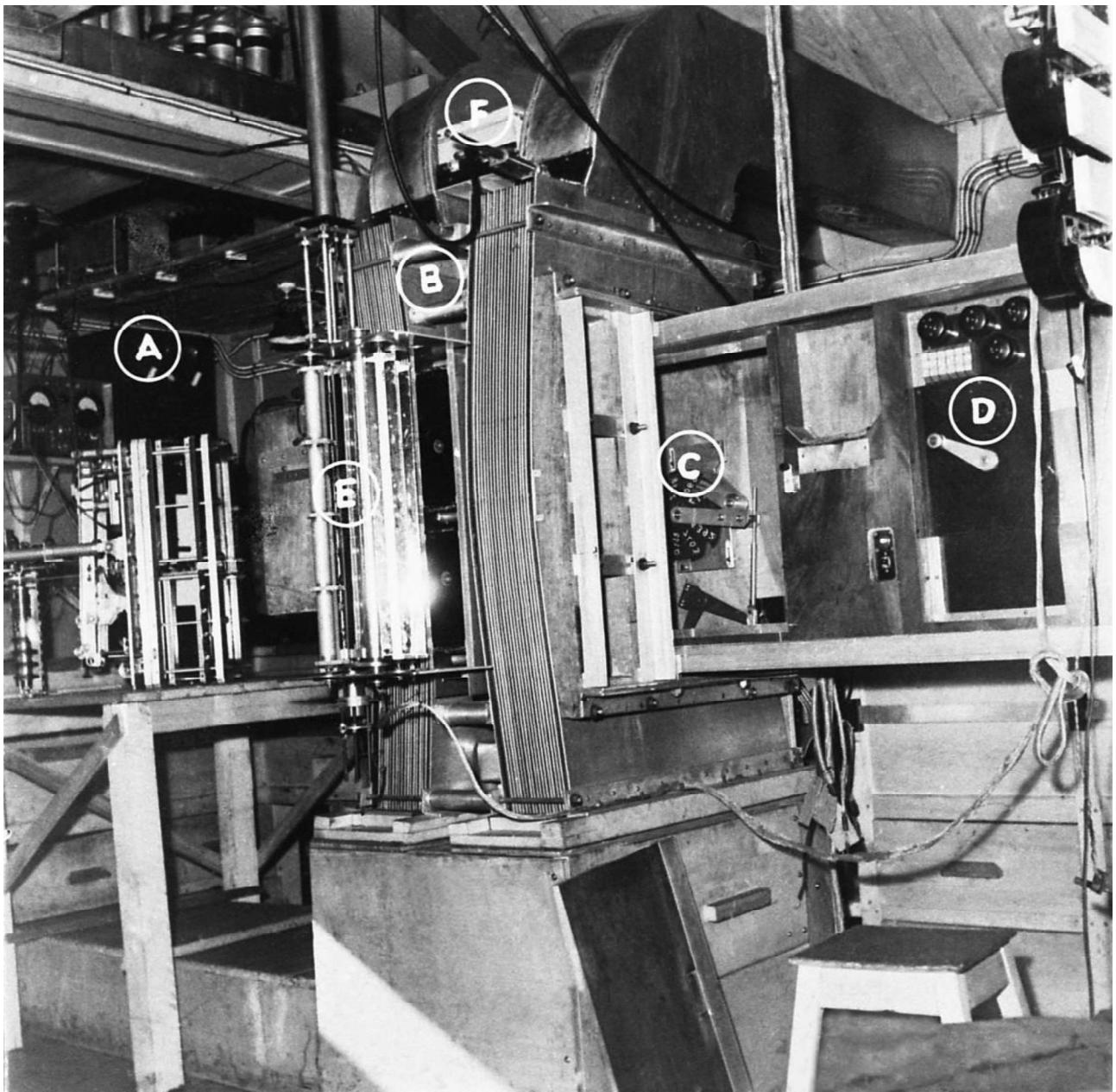


Figure C30 : Louis Leprince-Ringuet devant le laboratoire (crédit LLR)



*Figure C31 : la chambre de Wilson et les bobines magnétiques du laboratoire. (A) Démontée, la chambre proprement dite ; elle contient de la vapeur d'eau sursaturée qui se condense au passage d'une particule chargée et ainsi matérialise sa trajectoire (B) Les bobines de l'électro-aimant destiné à incurver la trajectoire des particules chargées pour mesurer leur énergie (C) DéTECTeur de particules actionnant la chambre au moyen de relais et d'amplificateurs (D) Appareil photographique (E) Flash illuminant la chambre (F) ventilateurs de refroidissement des bobines*

*(Crédit LLR)*

La chambre de Wilson contenait de la vapeur d'eau ou d'alcool à la pression partielle de vapeur saturante de sorte que le passage d'une particule puisse jouer le rôle de grain de condensation. On sait que la pression de vapeur saturante diminue avec la température, de sorte qu'une petite baisse brutale de température déclenchée en même temps que le passage de particules cosmiques va initier le processus de condensation. La transformation adiabatique associée, telle que  $PV^\gamma = \text{constante}$  ou  $T V^{\gamma-1} = \text{constante}$  implique une baisse de température par augmentation de volume, celui-ci se faisant par la chute d'un piston. Un détecteur de particules peut ainsi déclencher lors de la détection d'un cosmique le piston, le flash et l'appareil photo, la chambre étant placée dans le champ magnétique des bobines d'Helmoltz (refroidies par ventilation forcée de manière à évacuer la chaleur dissipée par effet Joule dans les conducteurs). Après 1949, l'équipe se tourna vers le Pic du Midi de Bigorre.

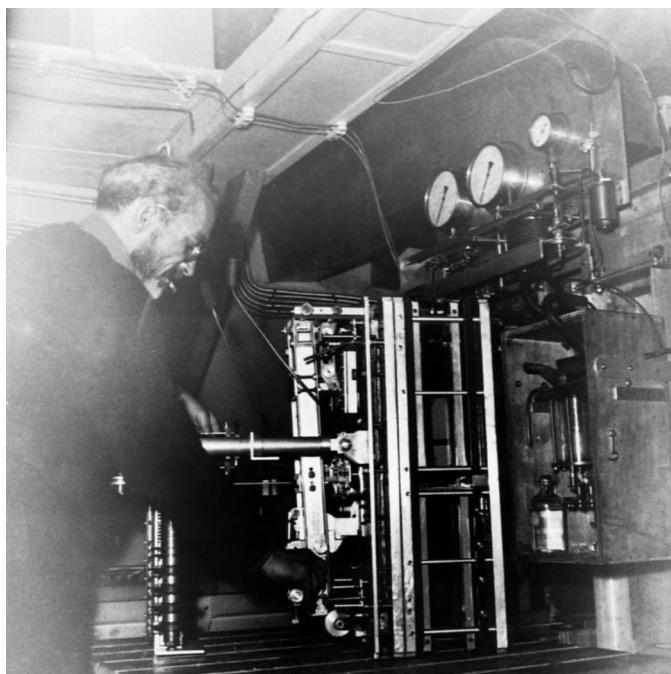


Figure C32 : la chambre de Wilson du laboratoire des cosmiques (crédit LLR)



Figure C33 : quelques scènes de la vie courante à 3600 m (crédit LLR et INA)