

L'EPOPEE DES COSMICIENS A L'AIGUILLE DU MIDI

par

Jean-Marie Malherbe

Observatoire de Paris - Section de Meudon

Les Cosmiques: pour les alpinistes, cette curieuse dénomination évoque sans doute bien plus l'une des magnifiques voies d'ascension de l'Aiguille du Midi (dans le massif du Mont Blanc), que les difficiles recherches sur les rayons cosmiques qui furent menées à cet endroit pendant dix ans, jusqu'en 1955. Pendant l'Occupation, le CNRS devait créer là, sous l'égide du Professeur Louis Leprince-Ringuet (fig.1), un laboratoire scientifique destiné à l'étude du rayonnement cosmique et de ses applications à la physique nucléaire. Juché à 3613 m d'altitude sur des rochers surplombant le Col du Midi, il donnera à cette occasion le nom d' "Arête des Cosmiques" à l'épaule granitique qui permet, de là, d'escalader l'Aiguille du Midi.

Après l'arrêt des recherches en 1955, époque qui est aussi celle de la mise en service du téléphérique actuel de l'Aiguille du Midi, le laboratoire fut confié par le CNRS aux glaciologues de Grenoble. Une partie de la construction fut ensuite ouverte au public pour servir de refuge aux grimpeurs, point de départ idéal de nombreuses courses comme la splendide Traversée du Mont Blanc, certes possible depuis la première benne montant de Chamonix, mais alors combien plus pénible et risquée. Depuis quelques années, la cabane des Cosmiques n'existe malheureusement plus; dévastée par un incendie, elle aura néanmoins rempli une belle page de l'histoire scientifique du Mont Blanc, dont l'observatoire Vallot aux Bosses reste désormais le seul

vestige.

Mais tout d'abord, répondons à une première question: qu'est-ce que le rayonnement cosmique? Le terme "rayonnement", pourtant consacré, est impropre. En 1912, le physicien autrichien Victor Hess, s'élevant en ballon à 5000 m d'altitude, s'apercevait que ses appareils se déchargeaient pendant l'ascension. Il attribua cet effet à un hypothétique agent ionisant d'origine extra-terrestre qu'il baptisa "rayonnement cosmique". On sait depuis les années quarante que ce rayonnement est en fait constitué de particules électrisées de très grande énergie (essentiellement des noyaux d'atomes ayant perdu tout ou partie de leur cortège d'électrons) se propageant à une vitesse proche de celle de la lumière.

Seconde énigme, quelle est l'origine du rayonnement cosmique? Les astrophysiciens pensent aujourd'hui que ces particules ont été accélérées lors de phénomènes catastrophiques de l'évolution stellaire au sein de notre galaxie: supernovae ou étoiles explosives. On estime que les noyaux cosmiques mettent en moyenne plusieurs millions d'années avant d'atteindre la Terre, après avoir parcouru une distance égale à plusieurs fois le diamètre de notre galaxie! Néanmoins, un flux de rayonnement cosmique de basse énergie provient de notre étoile, le Soleil; on l'appelle "vent solaire", et il est d'autant plus vigoureux que l'activité de l'astre (qui se manifeste par des éruptions) est à son maximum, tous les onze ans. La composante galactique du rayonnement cosmique, la plus énergétique, possède une origine difficilement décelable. En effet, les trajectoires des particules électrisées sont déviées maintes fois par les champs magnétiques interstellaires après leur accélération; de ce fait, le rayonnement nous parvient de façon isotrope, c'est à dire qu'aucune

direction de l'espace n'est privilégiée. Le nombre de particules d'énergie donnée est d'autant plus faible que celle-ci est grande; mais elle peut atteindre des valeurs très supérieures à l'énergie maximale des particules produites par les gigantesques accélérateurs comme ceux du CERN à Genève. C'est là l'énorme avantage du rayonnement cosmique pour les physiciens: il offre des projectiles possédant une énergie inaccessible, dans l'état actuel des techniques, aux accélérateurs. Mais en contrepartie, la probabilité de capter des particules très énergétiques est infime, et il faut s'armer de patience; cela diminue le rendement des recherches et explique, à l'avènement des grands accélérateurs, l'abandon des travaux de physique nucléaire basés sur le rayonnement cosmique. Ces machines fournissent en effet, à des énergies certes plus basses, un flux de particules considérablement plus intense, dont on maîtrise la nature et les caractéristiques (ce qui n'est jamais le cas dans le rayonnement cosmique).

Eclaircissons maintenant un dernier point: pourquoi un laboratoire à 3600 m au col du Midi? Dans les années quarante, la seule façon d'étudier le noyau atomique est d'utiliser le rayonnement cosmique, puisque les grands accélérateurs modernes n'existent pas. Outre les particules cosmiques elles-mêmes (dites primaires), c'est aussi leur impact sur la matière que l'on étudie; cette rencontre brise les noyaux et réorganise les nucléons (éléments constitutifs du noyau) d'autant plus efficacement que le choc est énergétique, en créant des gerbes de particules secondaires. Leur analyse permet de mettre en évidence de nouvelles particules élémentaires (au même titre que le proton et le neutron) souvent éphémères et instables (comme les mésons et les hypérons). Lorsque l'on sait que la découverte de nouvelles familles de

particules passe par l'étude du produit de la collision entre une particule projectile et un noyau cible et que la richesse du phénomène est d'autant plus grande que l'énergie mise en jeu est importante, on comprend l'engouement des physiciens, à cette époque là, pour l'étude du rayonnement cosmique en tant qu'outil de physique nucléaire. Mais comme ce rayonnement percute les molécules de l'atmosphère terrestre avant d'atteindre le sol, il sera bien plus atténué au niveau des mers qu'en montagne; ainsi, pour avoir le maximum de chances de capturer une pluie de particules primaires de grande énergie et pas uniquement le produit de collisions avec le milieu ambiant (particules secondaires), il faut placer les observatoires le plus haut possible. La solution du ballon doit être éliminée en raison du besoin d'une énorme puissance électrique nécessaire à l'alimentation des bobines magnétiques des chambres de Wilson, détecteurs utilisés vers 1940 pour matérialiser les trajectoires et déterminer la nature et l'énergie des particules cosmiques observées. Ainsi était-il naturel de penser au col du Midi, à proximité duquel un téléphérique de service aboutissait depuis 1940 à une altitude très élevée (3600 m). La présence de ce câble (amariné à côté de l'abri Simond, au pied de la voie d'escalade de l'arête des Cosmiques) rendait possible l'installation d'une ligne électrique; ceci n'aurait pas été envisageable à l'observatoire Vallot, plus isolé, auquel on se borna simplement à exposer quelques plaques photographiques nucléaires composées d'une émulsion épaisse et concentrée (analysées au microscope, elles montrèrent des traces de l'interaction des rayons cosmiques avec la matière). C'est ainsi que les promoteurs du projet se décidèrent pour un emplacement situé à 300 m de l'arrivée du téléphérique du Col du Midi.

Le téléphérique du Col du Midi : une histoire mouvementée.

La construction du téléphérique du Col du Midi, abandonné depuis la mise en service de celui de l'Aiguille du Midi (1955), fut étroitement liée à l'idée d'établir un moyen mécanique d'accès au sommet même du Mont Blanc, grand pôle d'attraction des amateurs de montagne avant 1914. Revenons à la fin du siècle dernier. Nous sommes en 1896; un certain Saturnin Fabre, entrepreneur de travaux publics, est frappé par le développement à l'étranger (la Suisse en particulier) de lignes ferroviaires en direction des plus hautes cimes et propose d'étudier le projet d'un chemin de fer à crémaillère joignant Chamonix au Mont Blanc. Une commission comprenant Joseph Vallot, directeur-fondateur de l'Observatoire du Mont Blanc, est alors formée pour faire des propositions d'itinéraires en fonction de la géologie du terrain. C'est finalement un tracé souterrain au départ des Houches, via l'Aiguille du Goûter, qui sera retenu et la municipalité accordera une concession.

Mais en 1903, un projet concurrent de la commune de Saint Gervais, soutenu par le Conseil Général de Haute Savoie, se fait jour et finit par triompher. Il s'agissait d'atteindre l'Aiguille du Goûter (au départ du Fayet) par une voie ferrée à ciel ouvert, et de là, le Mont Blanc. En 1909, le premier tronçon du Tramway du Mont Blanc (Le Fayet - Saint Gervais - Col de Voza) est inauguré. En 1912, la crémaillère parvient jusqu'au Nid d'Aigle (2372 m), en direction du Goûter, mais n'ira jamais plus loin! Pendant ce temps, Joseph Vallot contre attaque et établit (1910) l'avant projet de construction du téléphérique de Chamonix à l'Aiguille du Midi: ainsi, tout espoir de transporter les touristes jusqu'au Mont Blanc n'est pas encore perdu, et au moment où le chantier du TMB s'interrompt pour toujours, un autre

démarre au hameau des Pélerins à 2 km au Sud Ouest de Chamonix, celui du futur téléphérique. L'objectif était de rejoindre le plus haut possible la route du Mont Blanc par les Grands Mulets. En 1914, les deux câbles de service: Les Pélerins - La Para (1685 m), La Para - Les Glaciers (2414 m) sont jetés, mais il faudra attendre 1927 (à cause de la guerre de 14 - 18) pour l'achèvement définitif des deux sections, dont le sommet se situe à la base de l'Aiguille du Midi sur la rive droite du Glacier des Bossons. Ce téléphérique, accessible aux touristes, raccourcissait déjà d'une demi-journée l'ascension du Mont Blanc par les Grands Mulets, qui ne se trouvaient plus qu'à deux heures de marche. Mais ce n'est qu'en 1938 que les travaux reprendront à plus haute altitude, non plus en direction de l'Aiguille, mais d'un gendarme situé près du col du Midi à 3600 m (fig.2). Ce point sera atteint en 1940 en deux tronçons de 1100 m de longueur, avec un relais intermédiaire et changement de benne situé à 3100 m au lieu dit l' "Arête", sur un contrefort rocheux de l'Aiguille du Midi. Ce n'était en fait qu'un rustique câble de 12 mm porteur-tracteur, l'appui intermédiaire entre le Col du Midi et la station des Glaciers reposant sur une simple poulie scellée dans les rochers de l' "Arête". Deux bennes, véritables caisses à savon (fig.3) constituées d'un rudimentaire plateau métallique de 150 cm avec un petit rebord de 20 cm, montaient et descendaient en même temps, l'une entre les Glaciers et l' "Arête", l'autre entre l' "Arête" et le Col. La sécurité de ce transporteur trop précaire fut améliorée ultérieurement par la construction d'un pylône, mais les frais s'arrêteront là et la section Glaciers - Col du Midi ne sera jamais ouverte au public, restant définitivement à l'état de monte-charges: en effet, l'ensemble des travaux a duré trop longtemps (près de 30 ans!), l'installation est obsolète, lente et peu sûre. Elle est abandonnée vers 1950

au profit d'un ambitieux projet présenté par un ingénieur italien, le Comte Lora Totino: Chamonix - Aiguille du Midi (3800 m) en seulement deux tronçons (avec relais au plan des Aiguilles) qui seront achevés en 1955 et constituent un véritable exploit technique pour l'époque. Et plus personne ne songe désormais à établir une gare au sommet même du Mont Blanc!

#### Construction du laboratoire des Cosmiques.

La liaison Chamonix - Col du Midi étant opérationnelle, même si ce n'est qu'à l'état de benne de service, Paul Chanson, capitaine du génie désireux de faire de la physique et grand montagnard, proposa à Louis Leprince-Ringuet, professeur à Polytechnique et spécialiste réputé du rayonnement cosmique, la construction d'un petit laboratoire à proximité du Col du Midi. Le projet fut accepté et financé par le CNRS. L'étude du rayonnement cosmique en tant qu'outil de physique nucléaire était, vers 1940, à la une de l'actualité scientifique. La compétition internationale était vive, et il fallait être rapide et efficace. Aucune machine ne pouvant générer des particules aussi énergétiques que celles présentes dans le rayonnement cosmique, des recherches en altitude s'imposaient, à cause de l'absorption atmosphérique, malgré tout le train de complications engendrées par les servitudes de la haute montagne.

L'implantation sélectionnée pour le laboratoire était une crête (fig.4 et fig.5) située entre l'arrivée du téléphérique (abri Simond) et le Col du Midi lui-même. On désirait pouvoir y travailler plusieurs mois continus et disposer d'une forte puissance électrique, ce qui compliquait la tâche. L'électrification était indispensable au fonctionnement des bobines d'un gros électro-aimant destiné à créer un champ magnétique intense, dans le but

d'incurver la trajectoire des particules cosmiques primaires ou secondaires (c'est-à-dire celles engendrées par l'impact d'un noyau primaire sur la matière), la mesure de la courbure renseignant sur des paramètres fondamentaux comme l'énergie, la masse et la charge. Les travaux de terrassement (fig.6) commencèrent en 1942 sur un emplacement loué 1 Franc symbolique à la municipalité de Chamonix. Ils s'avérèrent fort délicats, le terrain étant un amas de blocs de granite soudés entre eux par des langues de glace. La construction d'un chalet de bois de 12 m x 5 m fut entreprise en 1943 (fig.7): il y avait alors 3 pièces, dont un dortoir à 6 couchettes ressemblant à une cabine de navire, une cuisine-salle à manger et un laboratoire avec cabinet photographique, ouvrant sur un large balcon, et plus tard sur une terrasse (fig.4). L'acheminement des bois et des charpentes jusqu'au chantier fut réalisé grâce à un câble aérien de 300 m de portée tendu entre l'abri Simond et le laboratoire, et actionné par un simple treuil à main (fig.8)! Tous ces travaux durs et dangereux ne pouvaient être exécutés à la belle saison que par une équipe de guides (les Burnet, Ducret, Farini, Ravanel...) habitués à l'altitude, courageux, éprouvés et bien nourris. "A cette époque où les rations alimentaires étaient chichement mesurées, je dus recourir à l'abattage clandestin", écrit Paul Chanson; "j'ai ainsi pu m'assurer le concours de collaborateurs que les metteurs en scène de Premier de Cordée se disputaient à prix d'or au cours de cette saison"! L'intérieur du laboratoire était protégé contre la foudre par une cage de Faraday formée d'un quadrillage de bandes d'aluminium de 25 cm de largeur qu'il fallut souder sur place (fig.9). Les parois étaient isolées par un bourrage de laine de verre et doublées à l'intérieur de plaques d'isorel. Enfin, un parement en planches de 8 à 10 m de hauteur fut dressé sous le balcon et la terrasse, ce qui permettait d'agrandir



le bâtiment en installant des sous-sols comprenant entre autres un magasin et un dortoir annexe (fig.10). A une telle altitude, le travail en équipe était bien sûr de règle entre les quelques physiciens, techniciens, guides et porteurs composant le personnel du laboratoire. Ceci se traduisait par une participation de chacun à tous les actes de la vie courante (fig.11), dont les travaux ménagers (popote, vaisselle, corvée de neige pour la réserve d'eau); et pour certains, ravitaillement dans la vallée, ainsi que le transport d'appareils scientifiques et de tous les matériaux nécessaires à l'aménagement du chalet. Un technicien (Maurice Reposeur) était de surcroît chargé de la mise en oeuvre et du fonctionnement de l'ensemble de l'appareillage.

#### Les Cosmiques sous tension.

Il restait à tirer, pour commencer les études de physique, une ligne électrique aérienne triphasée de forte puissance. Le tracé adopté entre les Glaciers et le Col du Midi suivait à peu près celui du téléphérique; le support des conducteurs au Col était confié à un portique scellé au gendarme d'arrivée du monte-charge. Une simple portée permettait ensuite de franchir sur le glacier les 300 m séparant le refuge Simond du laboratoire. Cette ligne, prévue pour 15000 Volts, fut mise sous tension en 1943 (fig.12).

Une cabane, destinée à abriter un transformateur, fut construite à côté du laboratoire. En 1945, la Compagnie Française de Funiculaires de Montagne, responsable du téléphérique, installait un câble porteur de 25 mm permettant le transport de marchandises d'une tonne au lieu des 300 kg admissibles jusqu'alors. Grâce à cette opération, deux transformateurs - redresseurs de 25 kilo Watts purent être acheminés aux Cosmiques: ils étaient destinés à charger

une batterie de 400 accumulateurs Cadmium-Nickel, devant délivrer du courant continu à deux grosses bobines magnétiques parcourues par un courant de 500 Ampères sous 110 Volts et refroidies par un ventilateur placé à l'extérieur du bâtiment; ces bobines étaient capables de générer un champ magnétique uniforme et intense dans un volume d'une dizaine de litres contenant la chambre de Wilson (fig.13). Un petit groupe électrogène à essence prit aussi le chemin du chalet pour alimenter d'autres appareils de physique moins gourmands, comme des détecteurs et compteurs de particules cosmiques (fig.13). Le 31 août 1946, l'installation fut inaugurée en grande cérémonie et en présence de journalistes et de personnalités scientifiques; le ministre de la Guerre était représenté. Un repas avait été prévu par Madame Coutet, patronne de la Crèmerie du Mont Blanc, bien connue des travailleurs du téléphérique et du laboratoire, "qui vont se refaire chez elle lorsqu'ils reprennent pied dans la vallée". Les victuailles furent montées en même temps que les officiels, par la "benne", et servies, rapporte un témoin, "sur une magnifique table improvisée en tôle d'aluminium reposant sur quelques tréteaux, les chaises étant remplacées par des caisses. Madame Joliot-Curie avait, avec bonne humeur, aidé à l'épluchage des pommes de terre". De cet insolite établissement ainsi complété de son instrumentation scientifique, "se dégageait une mystérieuse odeur de... laboratoire et un ronflement doux de centrale électrique", put-on lire dans la presse. "On se croirait dans l'atelier un peu en désordre d'un dépanneur de postes de radio. Quant aux physiciens, ils ne sont pas en blouse blanche : seules les montagnes alentour en portent"!

La ligne électrique eut de nombreuses péripéties: en effet, tous les câbles étaient régulièrement sectionnés durant les tempêtes d'hiver et les givrages d'automne entre le refuge Simond et le laboratoire. Sur l'aérien de

service, la formation d'une gangue de glace de 30 cm de diamètre autour du filin fut parfois observée en quelques heures; le vent provoquait alors inévitablement la rupture de ces câbles démesurément alourdis par le givre. Un nouveau tracé plus abrité, mais plus difficile d'accès, fut étudié et devint opérationnel fin 1946 (pylônes P1, P2, P3 de la fig.4). Néanmoins, cela n'empêcha pas encore plusieurs pannes de courant, moins fréquentes qu'auparavant, mais plus longues en raison des difficultés d'intervention accrues, surtout par mauvais temps. Et fin 1947, c'est un gros conducteur armé et enterré qui se substitua à la ligne aérienne entre le refuge Simond et le laboratoire: enfin un câble à haute tension à l'abri des tempêtes! Mais en novembre 1947, des tronçons situés beaucoup plus bas (aux Glaciers), et qui n'avaient jamais lâché jusqu'ici, furent l'objet de ruptures; les trois phases sautèrent successivement, et comble de malchance, le téléphérique fut immobilisé par un fort givrage! La bourrasque retint alors les physiciens prisonniers au laboratoire, dorénavant privé d'électricité donc de chauffage. Et ce n'est qu'au bout de 10 jours d'angoisse, par  $-4^{\circ}$  de température intérieure, qu'une retraite fut envisageable par le Requin et la Mer de Glace; mais une équipe de guides de l'E.H.M. de Chamonix dut porter secours aux scientifiques qui, malgré leur expérience de la montagne, ne pouvaient quitter le laboratoire sans courir un danger mortel! Pour pallier ces coupures de courant, dont la répétition handicapait les recherches scientifiques, des crédits furent débloqués en 1949 par le CNRS pour l'acquisition d'un groupe diesel électrique de 100 chevaux; cette petite centrale était capable de débiter tout le courant nécessaire pour l'éclairage, le chauffage et l'alimentation des bobines et des autres appareils, c'est-à-dire qu'elle était suffisamment dimensionnée pour relayer purement et simplement la ligne à haute tension en cas de défaillance.

Mais ce n'était pas si facile! Où en effet loger une telle usine électrique et sa citerne de 5000 litres de combustible? On décida de faire sauter à petits coups de mines les rochers qui dominent la paroi Nord du laboratoire, en prenant bien soin de ne pas endommager celui-ci, pour y accoler un hangar de 6 m x 3 m. Environ 200 m<sup>3</sup> de granite furent ainsi évacués! Enfin, cette année-là fut aussi celle de l'abandon de la liaison téléphonique classique à fils montant de la vallée, aussi sujette aux pannes que l'électricité. Un émetteur-récepteur sur ondes courtes, muni d'une antenne dirigée sur la poste de Chamonix et à l'abri des intempéries, permit bientôt d'appeler Paris au plus fort de la tourmente.

Et c'est ainsi que là haut, conclut Louis Leprince-Ringuet, "dans des conditions réellement sportives, on réussit avec un câble électrique, une source locale d'énergie, des compteurs d'électrons, un petit appareil de Wilson, à étudier les particules de rayonnement cosmique jusque vers 1955..."

#### Remerciement

Toutes les photographies illustrant ce texte proviennent des archives du Professeur Louis Leprince-Ringuet. Qu'il soit vivement remercié pour l'abondante documentation mise à la disposition de l'auteur.

LEGENDE DES FIGURESfigure 1

Le Professeur Louis Leprince-Ringuet contemple son oeuvre... qui est aussi celle de son collaborateur Paul Chanson.

figure 2

Le gendarme d'arrivée du téléphérique à 3600m. On aperçoit à droite le rustique embarcadère de bois généralement verglacé et la benne, simple plateau métallique bien rarement horizontal suspendu à deux grosses roulettes!

figure 3

La benne du téléphérique. "Le plateau au départ était à peu près horizontal, mais plus on montait, plus la situation devenait inconfortable. Lorsqu'une panne de courant survenait brusquement, une redoutable oscillation prenait naissance dans le câble et secouait durement passagers ou matériel. Lorsque l'on posait le pied sur la rustique estacade inclinée et souvent gelée, la benne allégée bondissait brutalement vers le haut, entraînant le reste du corps..." (Louis Leprince-Ringuet).

figure 4

Haut : plan de situation du laboratoire, de l'abri Simond, du téléphérique, de l'aérien de service entre les deux chalets et des lignes électriques successives (dessin de Paul Chanson).

Bas : plan du laboratoire des Cosmiques (dessin de Paul Chanson).

figure 5

Le laboratoire (à droite du cliché) vu de la station supérieure du téléphérique domine la vallée Blanche et le Glacier du Géant.

figure 6

Les terrassements furent exécutés à la pioche et à la mine par une petite équipe de valeureux guides.

Haut : le commencement des travaux à la pioche.

Bas : le terrain, suffisamment aplani, est maintenant prêt à accueillir le laboratoire.

figure 7

La construction du laboratoire fut menée à bien par une équipe de quatre guides-menuisiers, dont l'un d'entre eux (Jacques Burnet, dit "Batiouret") assurait la direction et la coordination.

Haut : assemblage de la charpente.

Bas : montage des murs et des cloisons.

figure 8

Aérien de service destiné à la manutention des charges entre le laboratoire et l'arrivée du téléphérique (abri Simond).

Haut : l'embarcadère avec le treuil à main (à droite le refuge Simond).

Bas : les guides suspendus au câble devant les Grandes Jorasses (4208 m) et la Dent du Géant (4013 m) !

figure 9

Préparation et soudure des bandes métalliques devant constituer une cage de Faraday protégeant le chalet contre la foudre.

figure 10

Le laboratoire des cosmiques est achevé. Il se présente, dans un paysage de neige, roches et crevasses, sous l'aspect d'un grand chalet de sapin assis sur une vaste plate forme de bois qui, sur trois côtés, domine le vide.

Haut : Le Professeur Louis Leprince-Ringuet, face au Mont Blanc du Tacul (4248 m).

Bas : La terrasse et le balcon avec Paul Chanson, responsable de la station.

figure 11

Scènes de la vie aux Cosmiques.

Haut : la cuisine.

Bas : la salle à manger où se réunissait à l'heure des repas toute l'équipe de chercheurs, techniciens, guides et porteurs. Au fond, Eugène Nageotte, physicien responsable de la chambre de Wilson.

figure 12

Les guides tirent les câbles de la future ligne électrique (en toile de fond le Glacier des Bossons et la lointaine vallée de l'Arve).

figure 13

L'instrumentation scientifique du laboratoire.

Haut : La chambre de Wilson et les bobines magnétiques permettant de visualiser et de dévier la trajectoire des particules cosmiques.

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 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.

Bas : Compteurs de particules. On vit parfois un peu à l'étroit dans le laboratoire!





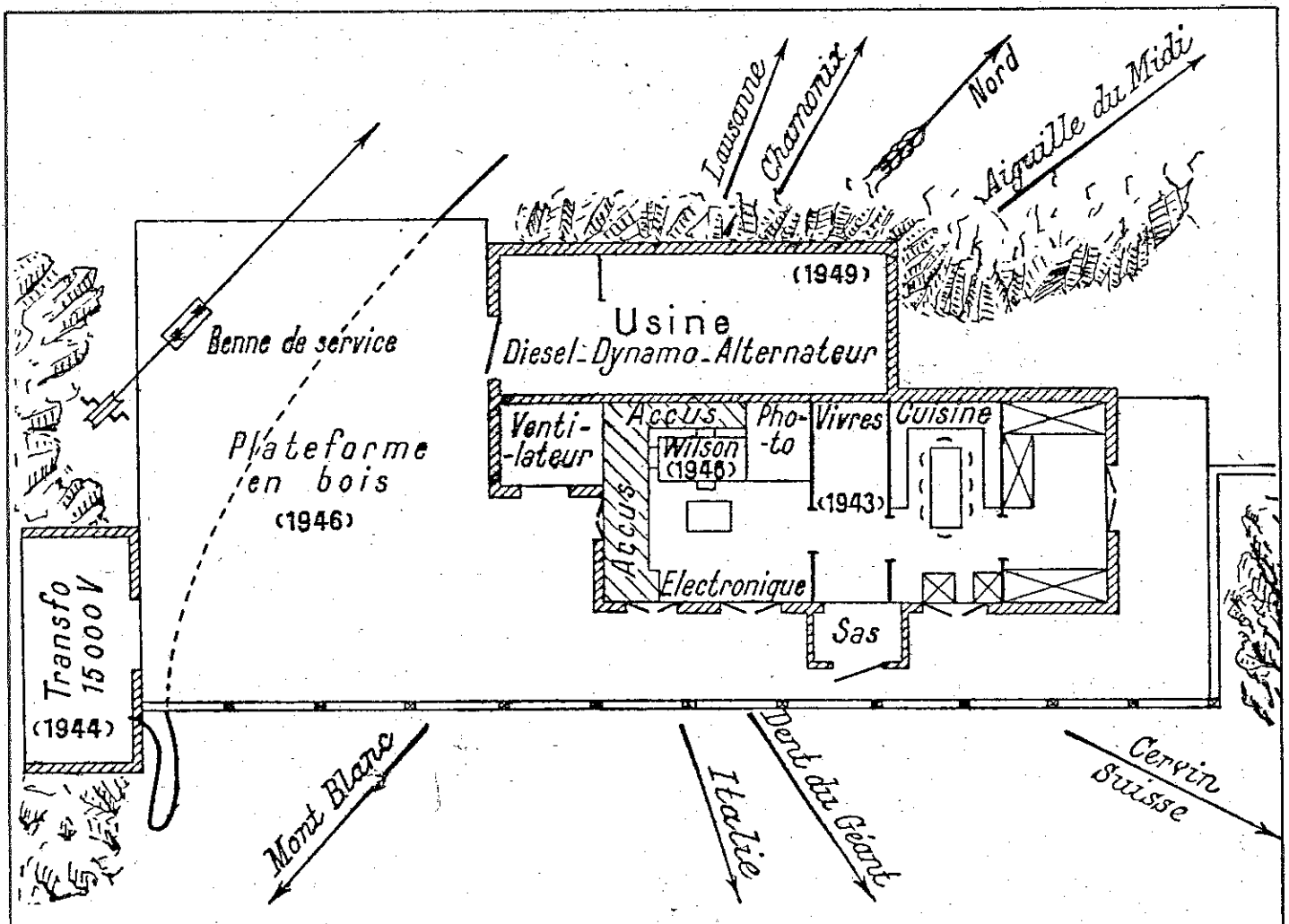
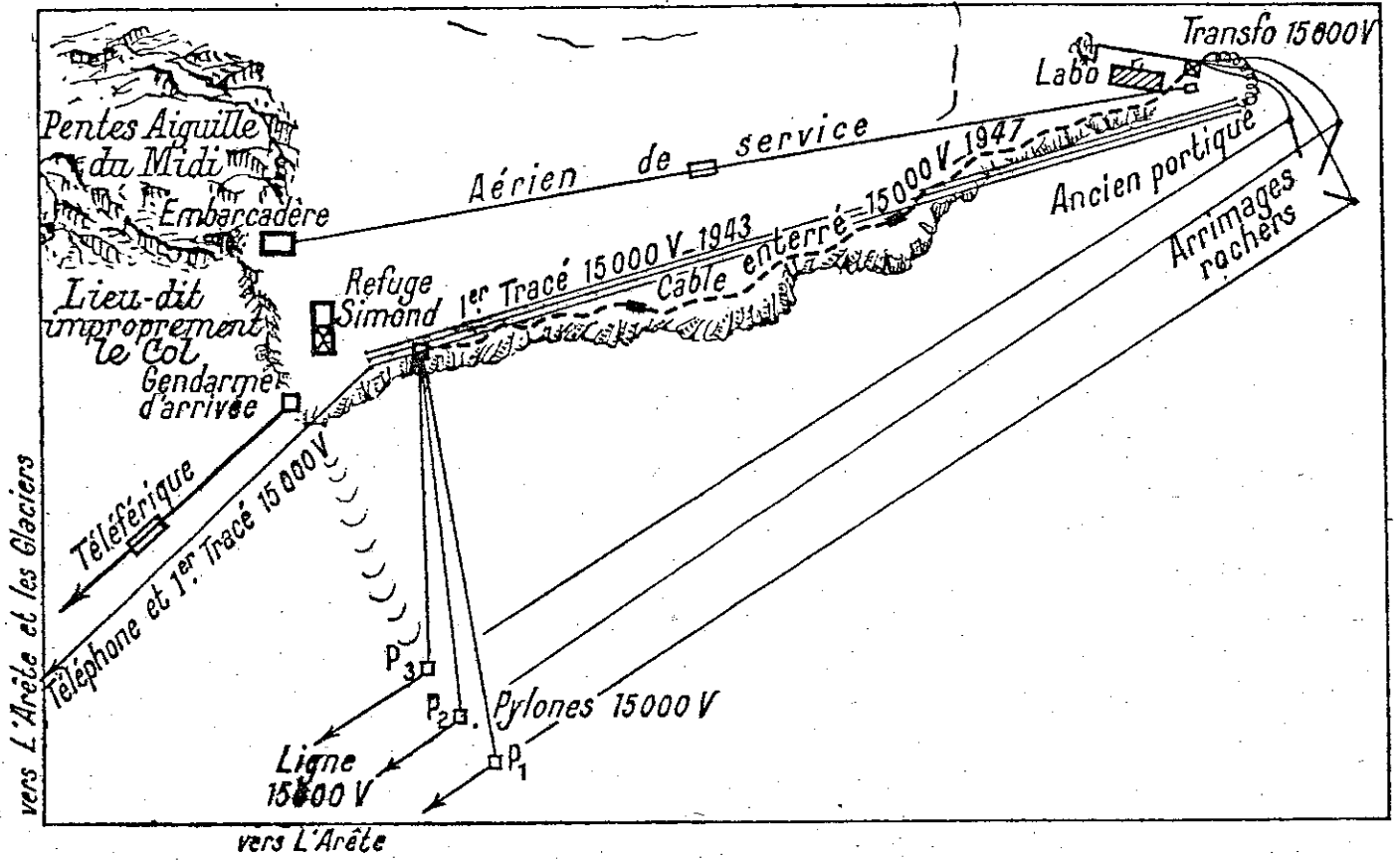
- Figure 1 -



- Figure 2 -



- Figure 3 -



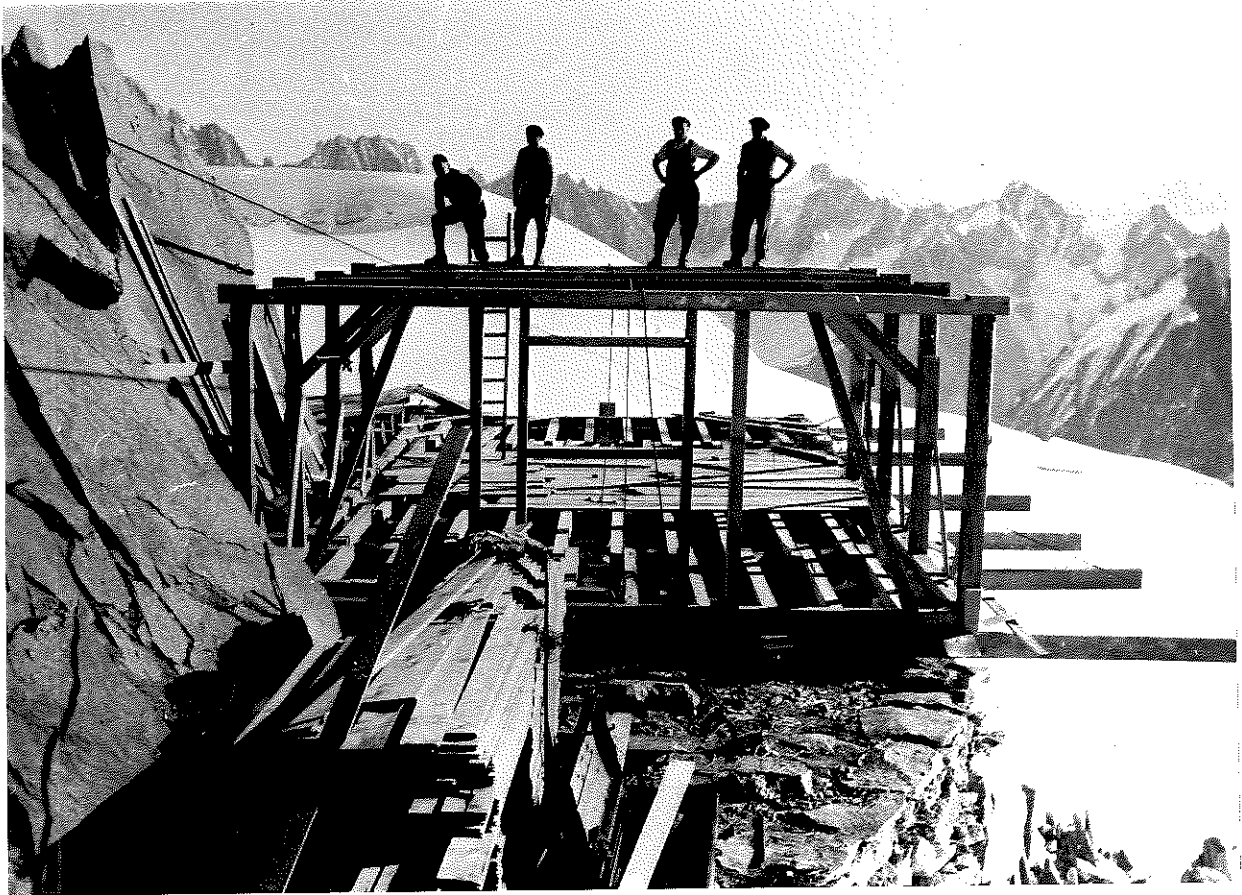
- Figure 4 -



- Figure 5 -



- Figure 6 -



- Figure 7 -

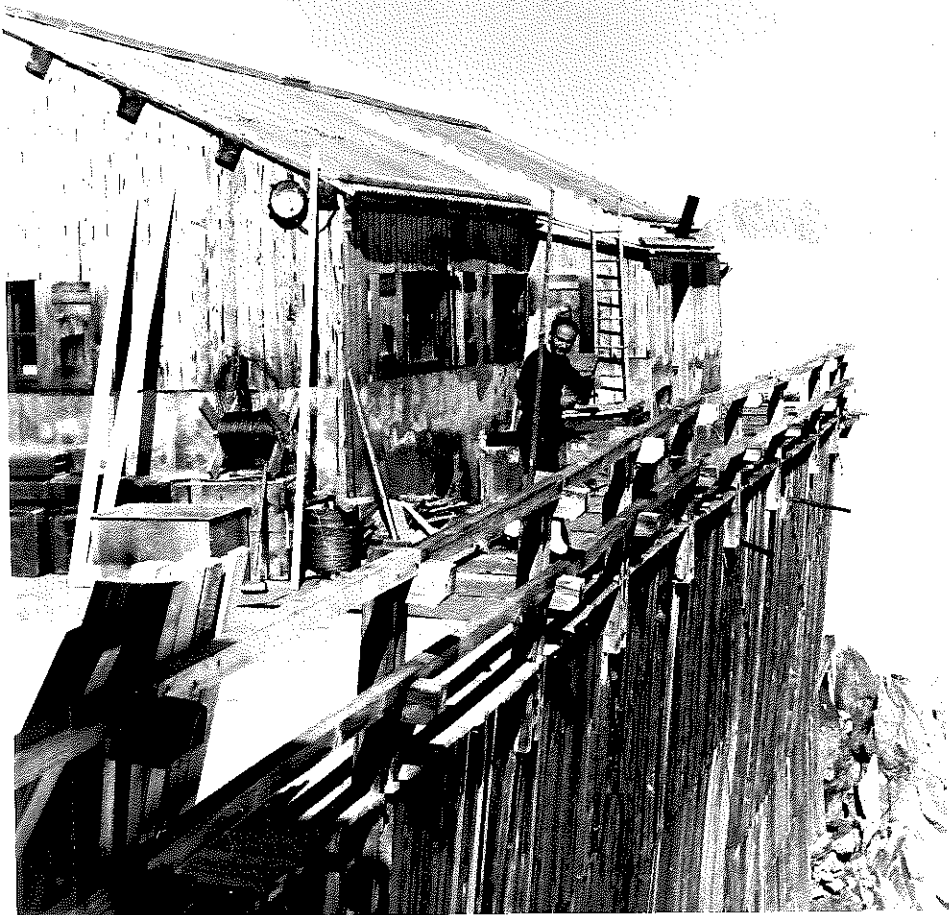
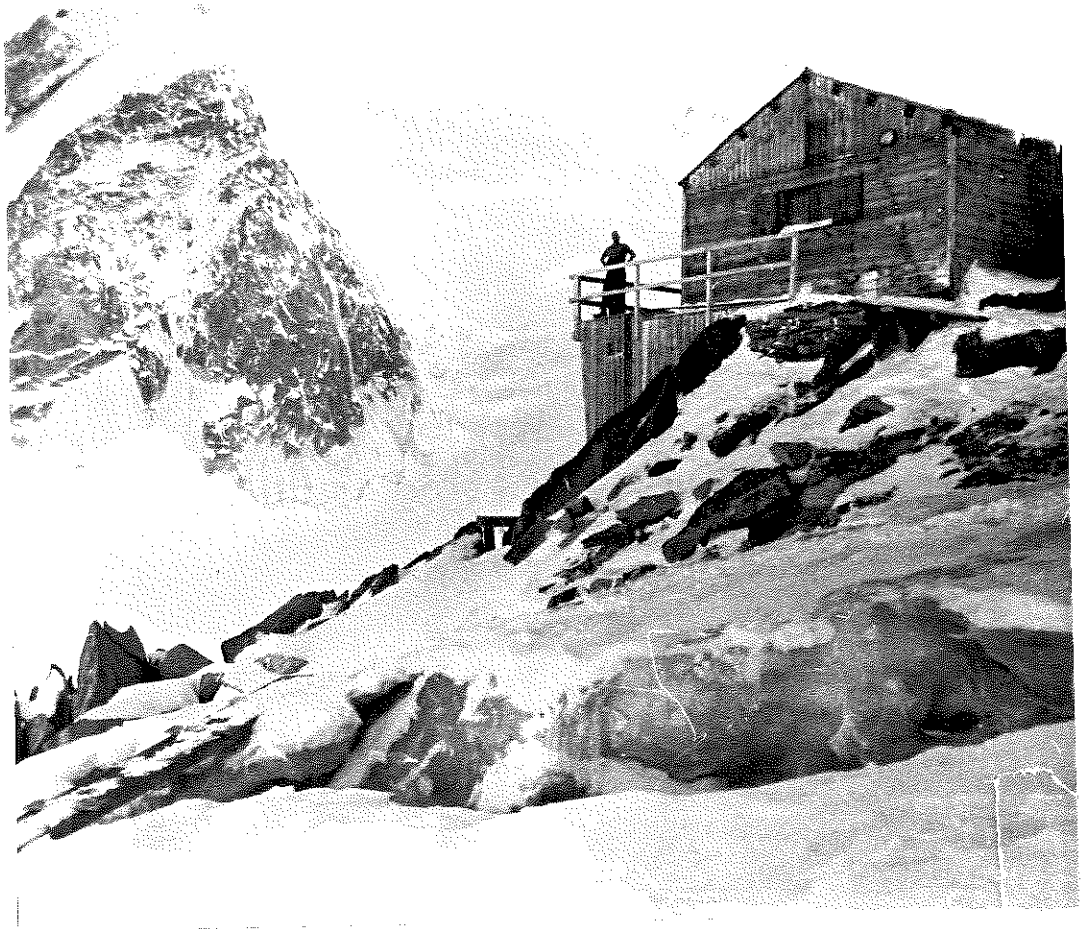


- Figure 8 -





- Figure 9 -



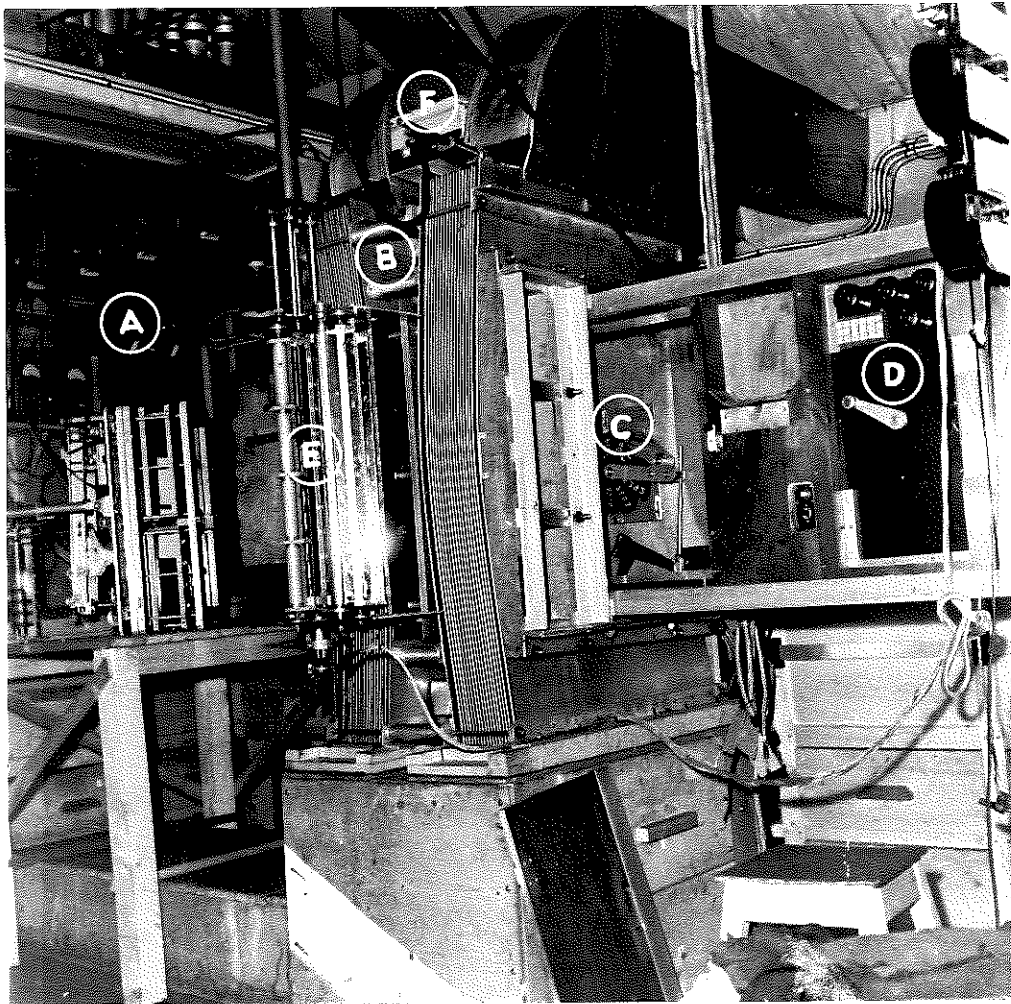
- Figure 10 -



- Figure 11 -



- Figure 12 -



- Figure 13