

PAUL HELBRONNER (1871-1938) ET LA GÉODÉSIE DE LA CORSE

JOSEPH PALMIERI

Professeur agrégé honoraire d'histoire et géographie

Président honoraire de la Société des sciences historiques et naturelles de la Corse

Note préliminaire. Les pages qui suivent reprennent, pour l'essentiel, les grandes lignes de l'intervention de l'auteur au colloque que la SSHNC avait organisé au mois de novembre 2009, en hommage à son fondateur, le chanoine Letteron, mais avec un développement qu'il n'aurait pas été possible, on le comprend, de faire tenir dans le temps alors imparti à chaque intervenant.

Cela ne saurait signifier, pour autant, que ce développement soit lui-même suffisant, tant le personnage de Paul Helbronner et son œuvre, même si celle-ci ne devait être considérée que dans ses rapports avec la Corse, dépassent très largement le cadre du présent article.

* * *

La présente communication a pour finalité une modeste contribution qu'il a paru très souhaitable d'apporter au rappel et à l'évocation de la vie et de l'œuvre géodésique, en tous points étonnantes, de Paul Helbronner, l'accent étant mis, sur la partie de cette œuvre consacrée à la Corse, et qui est essentielle.

De 1904 à 1928 (déduction faite des années de guerre, de 1914 à 1918, que l'auteur fit comme capitaine d'artillerie alpine), Paul Helbronner composa la monumentale *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, qui devait rénover complètement la géodésie, et par voie de conséquence, la cartographie de la partie française de la plus grande chaîne de montagnes de l'Europe. L'ouvrage compte XII très gros volumes, format 30x20, reliés toile rouge et édités chez Gauthier-Villars de 1910 à 1938. Le tome IX¹ est intitulé : «Jonction géodésique directe de la Corse au continent français – Chaîne méridienne de Corse – Mesure de l'arc de méridien des Alpes françaises» (1929).

1 Le tome IX de la «Description», qui est abondamment illustré (photographies d'appareils, cartes...) compte 1492 pages, dont un très grand nombre (correspondances surtout) sont imprimées en petits caractères et plus de 600 consacrées aux seuls calculs géodésiques (dont on n'a pu faire état ici que symboliquement).

L'ouvrage se divise en 3 livres :

- le premier, traitant de la jonction géodésique directe de la Corse au continent français, est divisé en 5 chapitres (dont l'historique de la jonction);
- le second est consacré à «La chaîne méridienne de Corse», 7 chapitres;
- le troisième à la «Mesure de l'arc de méridien de 39°, dit des Alpes françaises».

La «Jonction géodésique directe» dont il est question (les deux autres parties lui étant connexes) n'avait jamais pu être effectuée jusque-là. Le fait de l'avoir réussie, au cours de l'été 1925, fut pour Paul Helbronner un exploit, d'autant plus remarquable et retentissant que, non seulement il n'avait pas eu de précédent satisfaisant pour ce qui est de la Corse (et, pourrait-on ajouter, à l'échelon mondial, à conditions semblables d'exécution), mais aussi parce qu'il fut le produit de la volonté, de l'intelligence et du désintéressement d'un génial solitaire, qui voulut parachever son œuvre grandiose sur les Alpes françaises en y rattachant la Corse.

Cette prouesse technique et scientifique exceptionnelle, Helbronner la réalisa malgré des difficultés restées jusque-là rédhibitoires : distance, position de la Corse par rapport au continent français, dont elle est beaucoup plus éloignée que de l'Italie – ce qui avait été l'empêchement majeur sur le plan géodésique ; problèmes liés à l'insularité, au milieu maritime, générateur d'hygrométrie élevée, qui altère la pureté de l'atmosphère et la qualité des observations à grande distance, déjà très délicates à réaliser par elles-mêmes, etc.

À cela, il faut ajouter, au plan des inconvénients et obstacles rencontrés en Corse, une haute montagne, parfois plus difficile d'accès – donc plus malaisée à «stationner» – que certaines parties des Alpes, avec la logistique de l'époque, dont les possibilités étaient, de toute évidence, beaucoup plus restreintes que celles dont on peut disposer aujourd'hui (ne serait-ce qu'avec l'hélicoptère) ; ou encore, en ce qui concerne la transmission des données astronomiques et géodésiques des opérations, avec des moyens beaucoup plus aléatoires que ceux que l'on a pu mettre en œuvre depuis, en particulier, le G.P.S.

Ce travail monumental – il faut le souligner – n'allait rien coûter à l'État, cependant doté d'un «Service Géographique de l'Armée», puisque c'est Paul Helbronner qui en assumait totalement la charge financière forcément élevée, et les fatigues, dont on a peine à imaginer l'étendue et le poids écrasant pour un seul homme, (certes, très organisé, matériellement et au plan relationnel), durant un bon quart de siècle au total.

Ce désintéressement et ce dévouement plutôt rares, P. Helbronner les avait mis au service d'une passion, d'une ambition et de son pays, dont il déplorait le retard sur ses voisins, sur le plan cartographique et, parfois aussi, sur celui de la géodésie appliquée. Tout autant, c'est la science qu'il entendait aussi servir, avec la même passion.

Pourtant, sans aller jusqu'à dire que le nom et l'œuvre de Paul Hel-

bronner sont tombés dans l'oubli, force est de reconnaître qu'ils ne sont plus tellement présents dans les mémoires – à ne considérer que le grand public cultivé –, y compris en Corse.

Certes, à 3622 m, une pointe du massif du Mont-Blanc porte son nom et un téléphérique la relie à Courmayeur; certes, les archives scientifiques (Institut de France, I.G.N., Club Alpin, etc.) contiennent une information souvent de haut niveau sur l'auteur et son œuvre, et un historien, M. Nicolas Guilhot, en parle dans un article très documenté («Officiers-topographes et topographes-alpinistes dans les Alpes françaises, 1890-1940», *Le Monde des cartes*, in «Bulletin du Comité français de cartographie», mars 2007, 191, pp. 40-52) et dans sa thèse soutenue en 2005, à l'université de Lyon 2, sous le titre : *Histoire d'une parenthèse cartographique : les Alpes du nord dans la cartographie topographique française aux XIX^e et XX^e siècles*. L'École polytechnique à laquelle P. Helbronner avait appartenu, ne manque pas, non plus, de faire état de son nom et de son œuvre dans «Géodésie, topographie et cartographie», par C. Brezinski (Sabix, n° 39, 2005); Michel Couëtaux, dans «Cartographier la montagne – L'Alpe», lui a récemment consacré un article circonstancié (et critique); certains dictionnaires ou encyclopédies mentionnent Paul Helbronner; enfin, une «Association Helbronner» s'est créée.

Dans le passé, il n'en fut évidemment pas ainsi. Simples exemples : A. Ambrosi consacra un assez long et bel article, dans la *Revue de la Corse* de mars 1926, «au rattachement de la Corse à la France» par Paul Helbronner; la presse locale se fit l'écho de l'exploit; A. Albitreccia cite Helbronner dans sa si remarquable thèse sur «La Corse, son évolution au XIX^e siècle et au début du XX^e» et «Le Plan Terrier de la Corse au XVIII^e siècle» P.U.F., 1942; l'Académie des sciences, dont Helbronner sera membre, rendit compte fidèlement de ses travaux; des revues de vulgarisation scientifique, comme *La Nature* (éd. Masson), en firent de même (n° 2703, 23 janvier 1926, sur la «Jonction géodésique Corse-France continentale»); dès 1922, les *Annales de Géographie* en parleront en termes très élogieux sous la plume d'Emmanuel de Martonne; *L'Illustration* également, etc.

Ajoutons que le *Bulletin* (n° 481-484, pp. 125-166, 1929) a publié, à l'époque, un long et très circonstancié article de l'auteur lui-même, sur la «Jonction géodésique directe de la Corse au continent français», qu'il avait accomplie en 1925-1926.

Il revenait à Pierre Simi de sauver, en quelque sorte, l'honneur de la mémoire, pour la Corse contemporaine, par ces lignes, sobres et justes

(p. 347 de la 1^e édition de son *Précis de Géographie physique, économique et humaine de la Corse*) :

«Le sommet du Monte Cinto porte un des trois refuges Helbronner érigés par l'armée [en fait, une dizaine d'officiers et sous-officiers et deux cents hommes de troupe mis à la disposition de Paul Helbronner, lui-même chef d'escadron du cadre de réserve, un peu comme cela s'est fait pour les Alpes], en 1925. C'est un des trois sommets, avec le Rotondo et le Stello, dans le Cap, qui permet d'effectuer, en juillet et en août 1925, le rattachement géodésique [direct] entre la Corse et le Continent, calculs portant sur 371 km, la plus grande distance tentée alors dans une expérience géodésique» [en fait, un peu plus de 271 km; il s'agit sûrement d'une erreur d'impression; cf. aussi note 16, p. 261].

Cela dit, et sans oublier le titre même de la présente communication, on comprendra facilement qu'il ne soit pas possible de dissocier, dans ces quelques pages aussi, la «Jonction géodésique directe de la Corse au Continent français» de la *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, que la «Jonction directe» complétait logiquement. Il n'est pas davantage possible de «faire l'impasse» sur P. Helbronner lui-même, personnage atypique s'il en fût, où esprit géométrique et esprit de finesse, volonté inflexible et sensibilité parfois extrême (sans oublier, accessoirement, l'ironie, toujours légère et mesurée), où le «matheux», ancien d'«X», et l'artiste du crayon et celui du pinceau, sont en constante et féconde interaction, dans une intelligence curieuse de tout et littéralement protégée². Le militaire, le soldat qu'il fut, même s'il ne fit pas carrière dans l'Armée, sont là, aussi. On ne peut manquer de le remarquer : dans le vocabulaire employé («campagnes», «hommes», «occupation des stations» détachement «sous les ordres du sergent...» etc.); dans l'esprit de discipline consentie qu'il sut faire régner autour de lui, et d'abord par l'exemple donné par le chef; dans l'organisation – minutieusement programmée – du travail; dans l'utilisation systématique du temps imparti (ses innombrables correspondances en témoignent...). Ajoutons-y une capacité de travail vraiment hors du commun, déployée tant sur le terrain alpin que sur celui de la Corse, au service d'une grande et légitime ambition, que sa 54^e année, on va le voir, n'avait pas réussi à décourager (pas plus qu'un état de santé déjà assez incertain).

² Ce qui peut expliquer la densité extraordinaire de renseignements de toute sorte qu'il a recueillis sur le terrain, touchant aussi aux usages, traditions etc., et qui évoquent les *Histoires* d'Hérodote, dans un travail de géodésien..., mais en s'y intégrant toujours parfaitement ! Et quel style étincelant pour les exprimer !

La Corse allait susciter en lui une irrésistible fascination. Laissons parler l'auteur (Introduction générale du tome IX) :

«À peine avais-je pris ainsi la résolution de limiter à une seule vingtième campagne (qui devait s'appliquer à la fin des réseaux de détail des Alpes Maritimes), le développement sur le terrain de l'ensemble de mes triangulations, qu'un projet – plus ambitieux évidemment [affirmation très significative...] que tous ceux que j'avais pu jusque là si heureusement accomplir – s'imposait tout-à-coup d'une façon éclatante et impérieuse à mon esprit, où, à l'état latent, il devait probablement germer depuis plusieurs années. S'y étant installé en dominateur de toutes autres pensées, il n'allait me laisser aucun répit tant que son étude, minutieusement préparée, puis son heureuse exécution, si rapidement effectuée [cinq mois environ] n'eussent abouti à la sentence de Buffon» [qu'il cite plus haut, dans l'Introduction générale] : «À cinquante ans, les projets de l'homme sont soit avortés, soit mûris». [Helbronner a, alors, 54 ans...].

Malgré une touche hyperbolique, ces lignes – péremptoires – ont le mérite, à elles-seules, de révéler une grande part d'un tempérament où tout s'organise en fonction d'une sorte d'impératif catégorique, qui doit faire surmonter, coûte que coûte, obstacles et difficultés de toute nature (et Dieu sait qu'il n'en manquera pas, en Corse non plus!).

Certains ont cru voir, dans cette manière d'être, une sorte de boulimie, de dérèglement obsessionnel de l'esprit, une incoercible monomanie... Or, au vu de l'organisation du projet, de la conduite des opérations et des résultats obtenus, on ne saurait, sans légèreté, accréditer une telle façon de voir les choses. À la limite, on pourrait parler d'une manière d'éréthisme psychologique, de fébrilité qui, aiguillonnant sans cesse la volonté et l'intelligence, mais dans une totale maîtrise de soi et une parfaite et constante lucidité de l'action à mener, explique la réussite d'un projet indiscutablement très ambitieux, plus encore pour un seul homme, et que d'aucuns avaient considéré, au début, avec scepticisme. L'éclatant succès final balaiera les doutes, provoquant admiration et éloges, on peut dire unanimes. En témoignera, ce qu'écrira, plus tard, le général Georges Perrier, ancien condisciple d'Helbronner à l'École polytechnique, lui-même géodésien de renom et membre de l'Académie des sciences, dans la «Notice sur la vie et l'œuvre de Paul Helbronner (1871-1938)», déposée en la séance du 6 mars 1939 de l'Académie (Bibliothèque de l'Institut de France, qui nous a aimablement communiqué un exemplaire photocopié de ce document) :

«La 20^e campagne d'Helbronner [campagne de Corse] mit le comble à sa réputation de géodésien consommé.»

C'est très vrai, car on était en présence d'un exploit de taille, et

même sans précédent dans le cas précis qui nous occupe. Ces hauts faits valurent au grand géodésien d'être admis à l'Académie des sciences au fauteuil de Julien Haton de la Goupillière, le 30 mai 1927³ (sans compter les honneurs dont il sera question *in fine*).

PAUL HELBRONNER : QUELQUES TRAITS D'UNE VIE ET D'UN PERSONNAGE HORS-NORMES

Paul Helbronner naquit à Compiègne le 24 avril 1871, de Horace, Louis, Oscar Helbronner, docteur en droit et avocat à la cour de Paris, et de Hermance, Rebecca Saint-Paul son épouse, sans profession, l'un et l'autre domiciliés à Paris.

Cette naissance à Compiègne, «en la demeure de M. Gallois», pour reprendre les termes même de l'état-civil⁴, pourrait être, de prime abord, considérée comme une sorte de caprice du hasard – sauf que Paris est alors en pleine insurrection de la Commune (mars-mai 1871), dont le tragique dénouement était proche, et qu'il n'est pas impossible que la famille du nouveau-né ait cherché refuge chez des amis à Compiègne. Les deux témoins mentionnés sur l'acte de naissance sont M. et M^{me} Victor Saint-Paul (ce dernier, qui est l'aïeul du côté maternel, est domicilié aussi à Paris), et le docteur en médecine Alfred Fourrier, domicilié à Compiègne.

Le milieu social auquel appartient Paul Helbronner est donc un milieu bourgeois, aisé et cultivé (la famille Helbronner, de confession israélite, comptera trois autres enfants : Louis, mort à la guerre de 1914-18; Jacques, avocat, mort en déportation, en 1943; Mathilde, morte en déportation aussi). À l'âge de neuf ans, il perdra son père, sera élevé

3 Le bonheur de P. Helbronner fut brisé par la mort prématurée de son épouse, Hélène, survenue au mois d'octobre 1927, donc peu de temps après l'admission du savant géodésien à l'Académie des sciences. Hélène Helbronner avait suivi son mari en Corse, avec une de leurs filles. Il écrira ces lignes touchantes, en guise de dédicace posthume à sa femme, dans le tome IX de sa *Description détaillée des Alpes françaises* (où l'on trouve également une photo d'Hélène Helbronner) : «À la mémoire de ma chère femme Hélène Paul Helbronner, la collaboratrice de tous les instants qui jusqu'à sa dernière heure, pendant plus d'un quart de siècle dans une permanente abnégation, a subordonné chaque pensée et chaque décision de sa vie à la réalisation de mon œuvre. Elle en a encouragé les débuts, favorisé le développement et elle en éclairera la suite, même après sa mort, par le rayonnement de sa merveilleuse intuition et par l'éclat de son exceptionnel idéal» (20 oct. 1927).

4 Une photocopie du document nous a été communiquée par la mairie de Compiègne, grâce à l'aimable obligeance de M. Philippe Marini, maire de Compiègne et sénateur de l'Oise, que nous tenons à remercier encore ici.

par sa mère et un oncle, Paul-Henri Lévy, polytechnicien et académicien (in M. Coûteaux, *op.cit.*)

S'agissant des études de Paul Helbronner, on apprend, par la plume du général Perrier (notice citée), qu'après de :

«solides études [secondaires] poursuivies à Paris à l'École Monge (devenue aujourd'hui le lycée Carnot), il entra à l'École polytechnique en octobre 1892, en sortit en 1894 comme sous-lieutenant – élève d'artillerie à l'École d'Application de l'Artillerie et du Génie à Fontainebleau, où il passa deux ans avant d'obtenir son deuxième galon de lieutenant. Nous le connaissions alors comme excellent dessinateur, caricaturiste spirituel, ayant illustré avec verve les programmes de nos réjouissances d'école⁵. Ceux qui n'ont eu de relations avec lui que bien plus tard, au soir de sa vie, lorsque son pauvre corps était déformé par une horrible maladie, peuvent difficilement se le figurer tel que l'ont connu ses camarades d'école, svelte, apte à tous les exercices du corps, cavalier entraîné et élégant» (malgré les souffrances des dernières années de sa vie, il parviendra à mettre la dernière main, pour publication, à tous les volumes encore non parus

5 Il le restera, plus tard, à l'Académie des sciences, où il croquera quelque 250 portraits de collègues (sans doute à leur insu), pendant les séances de l'illustre institution, et sans que l'attention du savant «croqueur» en ait été, semble-t-il, affectée... Il «croquera» même son propre portrait !

On ne saurait oublier, non plus, l'artiste-peintre que fut P. Helbronner. Entre autres productions, il a laissé une magnifique fresque sur toile, de plus de 6 m de longueur, ayant pour objet la partie française de la chaîne alpine, du M^t-Blanc jusqu'au Mercantour. Elle illustre de manière saisissante la *Description géométrique détaillée des Alpes françaises* et traduit, en même temps, cette symbiose étonnante de l'artiste et du savant, de la rationalité et de l'imagination – mêlée à l'occasion de fantaisie mesurée – que l'on constate si souvent chez l'auteur (un exemplaire de la fresque existe à la Bibliothèque patrimoniale Tomaso-Prelà de Bastia).

Le grand géographe Emmanuel de Martonne avait, en 1922, dans les *Annales de Géographie*, signalé, sous le titre : «Les panoramas en couleurs du M^t-Blanc» par P. Helbronner, les talents très remarquables d'aquarelliste du savant géodésien. Sous la plume, habituellement très sobre d'un homme de science comme de Martonne, les éloges qu'il décerne à Helbronner ne peuvent être que parfaitement objectifs et fondés : «Le tour d'horizon complet du sommet du Mont-Blanc en 13 feuilles, les vues du Mont-Blanc depuis le Mont-Maudit (f. 14 à 16), depuis le Col du Géant (f. 17 à 19), depuis le Belvédère des Aiguilles Rouges (f. 20), depuis l'Aiguille du Taur (f. 21), et l'Aiguille du Moine (f. 22 et 23) forment un ensemble iconographique sans exemple [...]. Les couleurs prêtent au modelé une vigueur et un fini dont aucune photographie n'est susceptible ».

Même foisonnement de talents, que l'on trouve rarement si bien réunis dans une même personne, dans ses ex-libris, dont la composition reflète fidèlement la personnalité et l'œuvre de leur auteur. On y voit une toile d'araignée (triangulation «tramée» sur les Alpes), le compas et le pinceau (= la géométrie et l'art pictural), des profils de montagne relatifs au M^t-Blanc, à la Meije, au Pelvoux..., toutes cimes qui n'avaient plus beaucoup de secrets pour celui qui leur consacra une bonne partie de sa vie et tant d'efforts, que traduit si bien sa devise: «Perseverentia» (in document Paul Helbronner).

de la «Description», gagnant ainsi l'avant-dernière bataille contre la camarde, qui finira par avoir assez tôt raison de lui : à 67 ans⁶⁾).



Fig. 1 Paul Helbronner © École polytechnique

Paul Helbronner quittera l'Armée à l'époque de l'affaire Dreyfus (qui avait éclaté à la fin de 1894). Une très brève notice extraite du *Second siècle de l'Institut de France* (t. III, 1999) nous fait savoir que, de 1895 à 1902, il travaillera dans l'industrie métallurgique, en l'occurrence celle du grand maître de forges Alphonse Fould (à Pompey), dont il épousera la fille Hélène⁷; que, de 1907 à 1911, il sera chargé d'un cours libre de géographie mathématique et cartographique à la Faculté des Sciences de Nancy; qu'en 1912, il était docteur ès-sciences mathématiques et qu'il abordera le conflit de 1914-

18 avec le grade de capitaine d'artillerie (organisation et commandement des canevras de tir du 14^e Corps d'Armée). La notice rappelle aussi les opérations géodésiques «menées à titre individuel (Alpes et Corse)» par Helbronner; qu'il sera membre du Bureau des Longitudes à Paris et membre de la Commission de Topographie du Club Alpin français (fondateur) et du Comité national de Géodésie et de Géophysique. Suit la liste de ses principales publications, qui – en plus de la pièce capitale qui en est la *Description géométrique détaillée des Alpes françaises* – compte aussi deux volumes intitulés «Profils de confrères» et de nombreux articles, publiés dans les comptes ren-

6 Renseignements aimablement fournis par M. Olivier Bensaude, petit-fils de Paul Helbronner. «L'horrible maladie» dont parle le G^{al} Perrier est le *leontiasis ossea* que les médecins diagnostiquèrent en 1922 et qui, peu à peu, déformera son crâne (acromégalie), avec les souffrances physiques et morales que l'on peut imaginer... D'où, le port, quasi permanent, d'un large béret, pour dissimuler cette cruelle infirmité.

7 Cette union, comme le fait remarquer le G^{al} Perrier (*op. cit.*), apportait certainement un complément de moyens financiers considérable à Paul Helbronner, qui disposera ainsi, et mieux encore, d'une complète autonomie pécuniaire pour ses travaux, sans avoir à compter sur d'improbables aides officielles en argent. À ce propos, on sait que Teste-voidé (le si mal nommé !) et Bedegis, savants géodésiens pourtant, durent affronter de sérieux problèmes financiers, lors de la mise en route préalable et nécessaire de leurs travaux, au moment où débutait l'établissement du Plan Terrier (cf. A. ALBITRECCIA, *Le Plan Terrier de la Corse au XVIII^e siècle*, PUF, 1942).

pus de l'Académie des sciences (procès-verbaux de travaux ayant trait à des questions de géodésie et de géophysique).

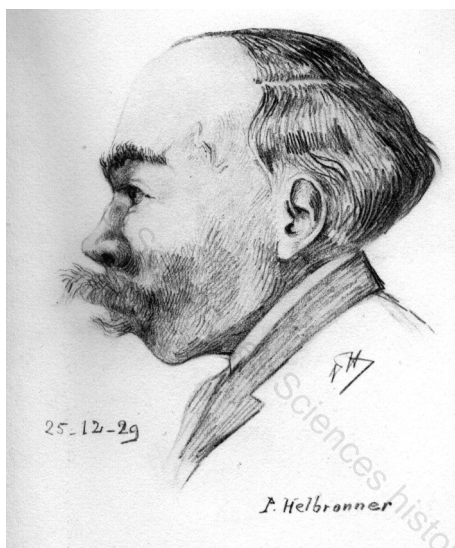


Fig. 2 Autoportrait (1929) © Association P. Helbronner

Ce qui est sûr, comme le montre clairement le général G. Perrier, c'est que la pratique de la haute montagne – l'alpinisme, pour tout dire – a bien déclenché la vocation de géodésien chez Helbronner, à partir de la contemplation de paysages grandioses n'ayant pas manqué de toucher, au plus profond d'elle-même, son «âme d'artiste», substrat de sa brillante intelligence. C'est ainsi que l'alpinisme fera entrer P. Helbronner dans la belle et presti-

gieuse cohorte des «Officiers-topographes et Topographes-alpinistes», dont parle si bien M. N. Guilhot dans l'article déjà mentionné au début, et où il leur a consacré des pages très instructives (Il en sera question à nouveau plus loin). En effet, en 1891 et 1892, Helbronner avait fait l'ascension du M^t-Blanc. Comme le dit le G^{al} Perrier (*op.cit.*) :

«il n'est pas téméraire de penser que sa vocation se décida au cours d'une semaine entière qu'il passa en août 1892 à l'observatoire des Bosses [massif du M^t-Blanc], en compagnie de l'éminent physicien Joseph Vallot, qui avait fondé cet observatoire trois ans plus tôt [...]. L'alpinisme l'entraîna à la photographie dans laquelle, comme en aquarelle, il devint bientôt un maître et enfin à la géodésie»,

Il s'illustrera, de manière exceptionnelle, dans cette dernière discipline, en refaisant la triangulation alpine entre 1903 et 1928 (ainsi que celle de la Corse).

Cet énorme travail – celui d'un seul homme, agissant à titre privé mais pas, pour autant, vraiment en «amateur», – avec une «foi extraordinaire» (G^{al} Perrier), fut le résultat de «66 mois sur le terrain, 18500 km² couverts par les triangulations d'ensemble fondamentales, 13000 km² par celles de détail, 1097 stations [occupées] au dessus de 2000 m (au total 1018 stations), 922 (environ) points trigonométriques déterminés, 15500 (environ) clichés photographiques» (*ibid.*). C'est à peine imaginable! Seules, une volonté opiniâtre, une ténacité extrême, un

sens accompli de l'organisation⁸, un savoir et une intelligence universels (aptes, notamment, à l'amélioration des moyens pratiques de l'action sur le terrain : instruments de visée, mires, etc.), permettent de comprendre ce qu'a été le fantastique bilan résumé par le G^{al} Perrier (mais où tout ne serait pas entièrement à prendre en détail. Cf. *Mesure de la Terre. 300 ans de géodésie française*, par J. J. Levallais, Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées).

On a signalé au début, qu'une rénovation de la cartographie des hautes montagnes françaises s'imposait dans les dernières décennies du XIX^e siècle, particulièrement en ce qui concernait les Alpes. Celles-ci commençaient à connaître de profonds changements : techniques (houille blanche, hydroélectricité) ; économiques (industrialisation de certaines vallées, tourisme de « sports d'hiver », et non plus seulement tourisme aristocratique ou « excursionnisme cultivé », (O. Hoiban, article cité de N. Guilhot, *op. cit.*) ; donc, humains⁹.

De plus, avec les systèmes d'alliances de l'époque de la « Paix armée », et du fait que l'Italie avait rejoint l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie dans la Triplice, les Alpes (plus que les Pyrénées, c'est évident) se trouvaient investies d'un rôle stratégique, non négligeable désormais. Tout cela allait dans le sens d'une rénovation – voire d'une refonte – de la cartographie existante, privée ou officielle, – en l'occurrence, le 1/80 000 ou « Carte d'État-major », dont la planimétrie, l'hypsométrie et l'exactitude laissaient parfois à désirer, plus particulièrement ici.

En septembre 1914, en effet, Paul Helbronner avait mis au point un nouveau canevas géodésique pour l'artillerie (son arme), sur la Somme, et sur un front de 25 km. Ce travail « rendit les plus grands services » (G^{al} Perrier). Il s'occupera encore, à la fin de la Grande Guerre, et avec la même compétence, de la « Section d'expériences de tir en montagne », dont il avait reçu le commandement.

La guerre de 1870 avait déjà montré l'insuffisante valeur pratique des cartes

8 Ce sens de l'organisation fait dire à M. Coûteaux (« La face cachée d'Helbronner ») que P. Helbronner fut « un chef d'entreprise terriblement efficace ». Certes, il sut s'associer des collaborateurs de premier ordre (astronomes, mathématiciens, etc.), qui l'aidèrent efficacement. Il n'empêche que le gigantesque travail qu'il a accompli est bien « son » œuvre – et une œuvre totalement désintéressée sur le plan financier.

9 La consultation de l'édition de 1914 du célèbre « tarif album » de la « Manufacture française d'armes et Cycles de Saint-Etienne » – l'ouvrage a 1204 pages imprimées en tout petits caractères ! – est révélatrice, à ce sujet (avec notamment l'essor du ski et des loisirs de montagne liés à la neige, sur luges, bobsleighs...), de changements qui préfigurent, certes modestement encore, le tourisme moderne en montagne. Ils vont s'amplifier au lendemain de la guerre et durant l'entre-deux-guerres, mettant en valeur tout l'intérêt de « l'or blanc », aussi bien pour les citadins avides d'air pur et d'exercice (femmes comprises), que pour ceux qui, sur place, allaient en tirer le profit que l'on sait.

françaises, comparées aux cartes prussiennes (... que les officiers allemands exploitaient d'ailleurs mieux que leurs homologues français, plus rompus aux opérations de type colonial qu'à la guerre de mouvement). Ces constatations, liées au pénible souvenir du désastre de 1870, pèseront d'un poids non négligeable dans la volonté de rénovation cartographique qui se manifestera dans certains milieux scientifiques et militaires français, à la fin du XIX^e siècle (cf. pour les Alpes).

La carte de France au 1/80 000, dite «Carte d'État-Major» (établie sur plans au 1/40 000), car levée par des Ingénieurs-topographes du «Service géographique de l'Armée» (devenu «Institut géographique national» – IGN – en juin 1940), était une carte en hachures, en noir et blanc. Établie à partir de la projection équivalente de Bonne, elle avait une présentation qui évoquait assez à celle de la carte au 1/86 400 de Cassini de Thury (qui remontait à Louis XV), qu'elle allait remplacer (cette dernière carte, avec sa curieuse échelle, avait été dressée antérieurement au système métrique et deviendra, de ce fait, obsolète après la Révolution. Elle n'était pas assez précise (ce qui peut s'expliquer en partie par le fait que certaines feuilles furent dressées par des géomètres n'ayant pas tous les capacités remarquables des Ingénieurs-géographes des Camps et Armées). Napoléon – artiller on le sait – avait critiqué cette imprécision en balistique et, dès 1802, fut créée une commission qui devait étudier une nouvelle carte. Après une longue gestation, et sous la vigoureuse impulsion de Louis Puissant, la mise en route du projet en 1824 et, finalement, la parution de la première feuille...en 1853 (la dernière, celle de Corte, est de 1880), la «Carte d'Etat-Major» couvrira le territoire national.

Les feuilles au 1/80 000 seront souvent agrandies au 1/50 000 par photogravure et, dans leur échelle originelle, elles serviront de fond cartographique aux cartes géologiques de la France, avant la parution de celles au 1/50 000.

L'une et l'autre cartes topographiques furent gravées, à l'origine sur des plaques de cuivre. La photogrammétrie et, surtout, les appareils Poivilliers permettant le traitement automatique d'une couverture de photographies aériennes dûment juxtaposées, allaient énormément faciliter, après 1925, l'établissement des nouvelles cartes en courbes de niveau et en couleurs au 1/20 000, 1/50 000, 1/100 000, etc., à la fois, plus précises, plus claires, plus complètes (à échelle égale), plus commodes d'emploi que la vénérable «Carte d'État-Major», qui resta, malgré tout, la production majeure de la cartographie française du XIX^e siècle et la «carte de base».

À noter aussi que ces changements de cartes impliquaient celui des systèmes de projection, ou procédés géométriques permettant de transposer une surface courbe (la surface terrestre) sur une surface plane (la carte), avec le moins de distorsion possible. Les nouvelles cartes abandonnèrent la projection de Bonne (projection dite équivalente) pour celle de Lambert (dite conforme), plus adaptée et déclinée en plusieurs variantes (ex. Lambert IV pour la Corse); les projections *équivalentes* conservant les rapports des surfaces, les projections *conformes* les rapports des formes. (N.D.A.)

D'où, l'idée d'une nouvelle carte de la France, à plus grande échelle (1/40 000 ou 1/50 000) en courbes de niveau et en couleurs, et à laquelle pensa Paul Helbronner à la fin de 1902. À cette idée se rallièrent des spécialistes éminents de la topographie et de la géodésie de haute montagne, comme Henri Vallot, les commandants Bourgeois et Prudent,

Franz Schrader (qui s'était illustré dans les Pyrénées centrales), le colonel Goulier qui avait formalisé le procédé de levé à «la planchette», très précis. (cf. article cité par N. Guilhot) et d'autres encore. Une nouvelle carte supposait une reprise d'ensemble de la géodésie de la chaîne alpine.

Le plus ambitieux, parce que le plus vaste et le plus difficile à mener, des travaux entrepris ou à entreprendre, dans le cadre de ce projet de nouvelle carte des Alpes françaises, sera ainsi celui de P. Helbronner. La *Description géométrique détaillée des Alpes françaises* allait débiter en 1904, et d'autant mieux que son auteur, en plus de ses si remarquables capacités intellectuelles, disposait désormais des moyens financiers de l'autofinancement. Il commencera par la Barre des Écrins, qu'il rattachera à la belle triangulation qu'Henri Vallot venait de réaliser pour le massif du M^t-Blanc, et étendra, de proche en proche, son imposant travail jusqu'à la Méditerranée.

L'œuvre de Paul Helbronner était au fond, aussi, une magnifique illustration de ce que N. Guilhot a appelé la «professionnalisation» des «Alpinistes-topographes» et de leur fructueuse collaboration avec les topographes militaires – encore qu'Helbronner, polytechnicien, ait agi alors et agira encore dans les Alpes et en Corse, (sauf pour les levés militaires qu'il fut chargé d'établir), comme un géodésien opérant à titre privé. Mais son audience et son renom étaient devenus tels (à partir de 1910-1911, en particulier, où parut le tome premier de sa «Description») que, non seulement l'Armée, comme on vient de le voir, mais aussi l'Administration ne pouvaient rester indifférentes à son travail (en particulier pour la Corse), et d'autant plus qu'il ne demandera que des concours purement matériels (des détachements de soldats pour l'accomplissement de certaines besognes), ou d'ordre technique (projecteurs aux postes d'observation; officiers habilités à procéder à leur maniement ou à celui des instruments de visée agissant en corrélation entre la Corse et le Continent).

Dans ces conditions, Paul Helbronner obtiendra de l'Armée, de la Marine, des milieux scientifiques et même des sphères gouvernementales, sans compter des administrations départementales, les concours matériels, humains et techniques dont il avait pu avoir besoin et l'appui de hautes personnalités.

Pour la jonction de la Corse, on trouve (énumération non limitative) les noms : du ministre de la Guerre (G^{al} Nollet, puis P. Painlevé), de celui de la Marine (Dumesnil); du G^{al} Mangin (XV^e Corps d'Armée, Marseille); du M^{al} Pétain; de l'amiral Fatou, préfet maritime de Toulon;

du G^{al} Rueff, gouverneur militaire de la Corse; du contre-amiral Pirot; du capitaine de frégate Ravel, président de la Commission d'Optique et de Télémétrie de Toulon; de Fayet, directeur de l'Observatoire de Nice; d'André Blondel, inspecteur général des Ponts et Chaussées (et «éminent électricien», P. H.); du mathématicien Hasse; des lieutenants de vaisseau Gruissot, Bourgeois, Emmanuelli; d'officiers et sous-officiers du 173^e R.I. : Moretti et Ottaviani (capitaines), Tardi et Mangin (lieutenants), sans oublier les hommes de troupe de la même glorieuse unité, et qui accomplirent, dans l'anonymat, bien des tâches pénibles, qui en auraient découragé plus d'un par ailleurs (cf. le cas du collégien de Corte¹⁰); quelques fidèles, comme l'ingénieur du P.L.M., Honnorat, des guides de haute montagne.

Pour autant, les facteurs favorables ne furent pas constants. Ainsi, des événements relevant de la conjoncture internationale du difficile après-guerre vinrent perturber parfois, mais sans jamais le bloquer, le fonctionnement de la mécanique de haute précision que fut, sur le Continent comme en Corse, l'entreprise de Paul Helbronner. Ce sera le cas avec l'occupation de la Ruhr par les troupes françaises en 1923 (décision de R. Poincaré, en représailles du non-paiement des «Réparations» par la République de Weimar); ou avec l'expédition du Rif contre Abd-el-Krim (1925); ou encore les événements du Levant, où la France se trouvait aussi engagée alors (mandats sur la Syrie et le Liban), contretemps qui entraînèrent des prélèvements d'effectifs sur ceux qui avaient été mis à la disposition d'Helbronner (en Corse, notamment), lequel, néanmoins, sut toujours habilement y suppléer.

C'était d'autant plus indispensable, en Corse, que des difficultés particulières à ce «pays de montagnes farouches dans la mer» (l'insupportable expression de Ratzel) surgissaient, ici, pour rendre le rattachement

10 Simple anecdote, dont Helbronner semble n'avoir pas pu se passer de faire état (les faits ayant dû passablement l'agacer...), à la page 335 du tome IX (la scène se passe sur le Cinto) :

«Entre-temps, un élève de première du collège de Corte, se faisant accompagner de quelques militaires du camp du lac [du Cinto], est venu me demander l'hospitalité pour la nuit, accordée naturellement bien volontiers, malgré un discours dénotant une méconnaissance complète de la vie en montagne et malheureusement aussi de certains principes du savoir-vivre... Venu pour ne pas manquer le lendemain le lever du soleil, il se déclara au moment nécessaire beaucoup trop fatigué de la nourriture et du couchage que nous avons pu lui offrir, pour pouvoir monter les quelques mètres de dénivelé qui le séparent du signal et même pour se lever avant le grand jour» (nihil novi sub sole !).

géodésique direct recherché, compte tenu des moyens géodésiques d'alors qui restaient ceux de la géodésie traditionnelle de terrain (cf. Annexes) particulièrement ardu : nature du relief, (120 sommets de plus de 2000 m de la Haute-Balagne au Haut-Rizzanese), d'accès très difficile, parfois, en haute montagne (mais P. Helbronner avait pour lui l'expérience acquise dans les Alpes); plus encore et principalement (on y a fait allusion au début), présence entre l'Île et le Continent français d'un *large espace marin dépourvu de relais insulaires* (comme il s'en trouve à l'Est, avec Capraia, l'Elbe et Monte Cristo), pas trop distants de la côte, permettant d'y appuyer une triangulation de base, dite aussi « fondamentale ». Ce fut d'ailleurs la raison essentielle (mais non la seule) de l'échec des précédentes tentatives de jonction directe au territoire français, effectuées au XIX^e siècle. La difficulté majeure, restée quasiment rédhitoire jusqu'à Helbronner, résidait dans l'impossibilité de trouver les moyens permettant, pour mettre en place cette triangulation, de surmonter une donnée naturelle inévitable : la *courbure de la surface terrestre*.

Ainsi, on peut admettre qu'à partir de 1m d'élévation, on découvre un horizon de 3,570 km; de 20 m, un horizon de 15,964 km; de 300 m, un horizon de 61,828 km; de 1000 m, un horizon de 122,886 km; de 3000 m, un horizon de 195,539 km (chiffres tirés de *La Terre et son histoire*, par Lucien Rudaux, «Que sais-je?», 1960). Du haut du M^{re}-Cinto, et avec les meilleures conditions de visibilité, on ne peut donc voir le littoral provençal, mais seulement le proche arrière-pays, à partir d'environ 550 m (cf. formule ci-dessous).

Les postes choisis par Helbronner étaient tous au-dessus de 700 m (cf. cartes) et modérément éloignés du littoral (surtout vers Nice) – ce qui n'est pas un avantage négligeable (par ex. pour les communications, la proximité des centres urbains). Le plus élevé – celui du M^{re}-Agel (1149 m) – pourra communiquer avec le Monte Stello (1305 m).

La Sabix (*op. cit.*) donne, pour ce genre d'évaluation, la formule simplifiée suivante :

$$\left[\frac{D - 3,6\sqrt{h_1}}{3,6} \right]^2 = h_2$$

où h_1 est l'altitude du lieu d'observation, h_2 celle du lieu observé et D la distance en km qui les sépare (les altitudes sont exprimées en mètres).

La formule suivante permet d'avoir la distance de l'« horizon de la mer » (ou « horizon apparent ») :

$$\frac{\sqrt{Rh}}{0,42} = D$$

où D est la distance de l'« horizon de la mer », h la hauteur en mètres de la station par rapport à la mer, R le rayon terrestre. (N.D.A.)

Cette courbure, on le sait, empêche toute visée d'un point-repère

au-delà d'une certaine distance – compte non tenu de plusieurs paramètres, comme l'humidité de l'air, cause de réfraction des rayons lumineux, et qui est toujours beaucoup plus élevée sur les espaces marins que sur les vastes étendues continentales, comme les déserts tropicaux. Il faut rappeler, pour ce qui est de la Corse, que la visibilité la plus nette s'observe plus particulièrement en hiver avec les vents de N-NE-NW (hautes pressions), qui nettoient l'atmosphère : c'est alors la *chiarantana*, où l'atmosphère, sèche et froide, est limpide comme un cristal. Il n'en est pas de même avec les vents de SE, SW, W, où le degré hygrométrique est fréquemment élevé, surtout près des côtes, ce qui, en augmentant la réfraction de la basse atmosphère, altère la propagation rectiligne des rayons lumineux, donc contrarie la précision des visées et signaux optiques, dont la géodésie d'alors avait expressément besoin. Or, Helbronner et son équipe furent contraints d'opérer « en été », pour des raisons météorologiques évidentes. Mais, alors, les orages, nonobstant les gros risques qu'ils peuvent comporter, dégagent l'atmosphère et la rendent très propices aux observations notamment nocturnes, (c'est ce qui se passa).

On conçoit aussi sans peine, que le fait de fréquenter durablement tant de hautes cimes, ne pouvait aller sans risques physiques – parfois mortels.

À cet égard – et même si l'on anticipe un peu sur le déroulement des opérations de la célèbre « Jonction » – on ne peut manquer de se souvenir de certains épisodes, dont le plus grave eut pour théâtre le sommet du Cinto, en août 1925 (nuit du 20 au 21 août?). Un ouragan effroyable (un *libeccio* d'une extrême violence « dont nul à Paris ne peut se faire une idée » P. H.) faillit anéantir, purement et simplement, le poste d'observation, l'abri (...édifié à grand peine), dans lequel Helbronner et ses compagnons manquèrent de peu de perdre la vie, en y cherchant refuge. La violence du « cyclone » (*sic*, P. H.) fut telle que les blocs de pierre, d'une cinquantaine de kg parfois, qui devaient assurer la stabilité de la toiture (solidement construite et rendue étanche par du carton bitumé), s'écroulèrent avec elle sur les occupants, plongés, du même coup, dans les plus épaisses ténèbres et avec 15 cm de neige ! Par miracle, on ne déplora que des blessés légers ; le matériel aussi ne sera pas gravement touché (cf. le très beau récit de l'auteur, pp. 387 à 392 du tome IX de la « Description »).

Des faits assez semblables eurent lieu sur le M^{te}-Stello, pourtant beaucoup plus bas que le Cinto, au mois de septembre 1925, et il neigea aussi, au mois d'août, sur le Rotondo (tout cela évoque des phéno-

mènes du même ordre, qui se produisirent sur le Mulhacèn, lors de la fameuse jonction géodésique Espagne-Algérie en 1879 – *fig. 3*).

BRÈVE RÉTROSPECTIVE ET GRANDS FAITS DE LA « JONCTION GÉODÉSIQUE DIRECTE DE LA CORSE AU CONTINENT FRANÇAIS »

Paul Helbronner, une fois encore, donne libre cours à sa pensée :

« Le fait, écrit-il, que le rattachement géodésique de l'île était envisagé depuis un siècle et demi, sans avoir reçu encore de solution directe satisfaisante, ne pouvait que stimuler mon espoir de parachever, par une opération recherchée vainement depuis si longtemps, le grand tissu que je tramais depuis près d'un quart de siècle sur toute la plus grandiose région de notre splendide Patrie » (in *BSSHNC, op.cit.*)¹¹.

En effet, à la fin de l'Ancien Régime et durant plus de la moitié du XIX^e siècle, plusieurs tentatives avaient eu lieu avec Tranchot, le capitaine Durand (1827) et les capitaines François Perrier, Bugnot et Proust (1863).

Tranchot, dont on a déjà dit quelques mots et qui fut réellement un très grand géodésien, avait choisi le Cap Corse et son extrémité septentrionale, comme point de départ de la triangulation de l'Île (tour de Tollare, *sic*), du fait que Tollare se trouve dans « la partie la plus tranquille (*sic*) de l'Isle de Corse » distante de « 92 mille toises » de son extrémité sud (soit près de 179 km, sur la base d'une toise valant 1,944 m, in Berthelot et Ceccaldi, *Les cartes de la Corse de Ptolémée au XIX^e siècle*, éd. Leroux 1939), valeur très proche de la réalité (184 km environ), mais qu'il fallait préciser encore, pour des raisons diverses. Il avait été chargé de rattacher le réseau trigonométrique continental de Cassini (carte mentionnée au 1/86 400) « à celui qui allait servir à l'établissement d'une carte topographique précise de la Corse »¹².

Tranchot effectua, depuis quelques points de départ en Corse, principalement le M^{te}-Stello, 1305 m (longtemps tenu pour le point culminant du Cap Corse, alors que la Cima delle Follice, au nord du Stello, a

11 Dans sa « Description », tome IX, Helbronner ne consacre pas moins de 270 pages (avec correspondances et notes imprimées en petits caractères...) à cet aspect historique capital de la géodésie et de la cartographie de la Corse à l'époque finimodern et contemporaine.

12 ... et prendre de court un projet italien de jonction par l'Italie, qui disposait d'un excellent Service géographique de l'armée (à Florence), dirigé par le G^{al} Loperfido, qui envisageait une liaison P^{ia} Artica – M^{te}-Settepani, dans l'Apenin ligure (mais obstacle du Cinto). Ambition personnelle et réaction patriotique poussèrent Helbronner à agir vite.

1324 m) et le M^{te}-Sant'Angelo (1218 m) au SW de Vescovato, le rattachement en question, en contournant le golfe de Gênes par le littoral toscan et les relais insulaires de Capraia et Elbe (M^{te}-Castello 447 m et M^{te}-Capanne 1019 m, (cf. en annexe, p. 281, carte *fig. 15*) sans pour autant prendre appui sur le Cinto. Des travaux de Tranchot et Bedegis, résulta la carte de l'Île de Corse en 8 feuilles au 1/100 000 (4 grandes et 4 petites), établies sous la direction du Colonel Jacotin et publiées sous les auspices du C^{te} Guillemillot. De très belle exécution, cette carte n'était, cependant, pas assez « renseignée » au double point de vue altimétrique et planimétrique.

« Par cette jonction indirecte, se trouvait fixé un côté de départ fondamental qui lui permettait d'établir le réseau de ses triangles insulaires » (P. Helbronner, *BSSHNC, op.cit.*) – réseau qui couvrira la Corse.

Dans les opérations ultérieures, on trouve d'abord le nom du capitaine Adrien Durand (1827), ingénieur-géographe choisi par le département de la Guerre (à l'époque, les ingénieurs-géographes sont des militaires) pour effectuer la triangulation primordiale de tout le Sud-Est de la France. À la différence de Tranchot, il visa, de certaines hauteurs proches du littoral provençal, le M^{te}-Cinto et le Paglia Orba (2525 m, qui avait été déjà visé par Tranchot). P. Helbronner (qui tenait pourtant en très haute estime la mémoire du capitaine) estimera – et c'est plausible – que l'une des causes de l'insuccès relatif du capitaine Durand fut la manière dont avait été pointée cette hauteur : non, comme il eût fallu, sur le sommet, mais sur la paroi orientale de la montagne (gros et large à-pic, arrondi et donc peu propice à des visées précises); à quoi s'ajoutaient des erreurs dans les distances entre points d'observation du Continent.

Quant aux capitaines Perrier, Bugnot et Proust, chargés de la triangulation de détail de la Corse pour la carte au 1/80 000, ils ne purent s'appuyer sur les travaux du capitaine Durand et reprirent la « base de départ » de Tranchot (qui n'était pas assez précise et large, pourtant), ce qui a fait dire à Helbronner :

« C'est ainsi que la carte dite de l'État-Major, de notre grande île méditerranéenne, est encore aujourd'hui fonction d'un canevas datant d'un siècle et demi ».

On s'en contenta durant un certain temps, car l'échelle de la carte d'État-Major au 1/80 000 étant assez petite, s'accommodait du canevas en question. De plus, les travaux des capitaines Perrier, Bugnot et Proust avaient permis des rectifications hypsométriques importantes, par exemple pour le M^{te}-Cinto, désormais reconnu comme le point culminant de la

Corse. En revanche – Paul Helbronner l’a bien noté – le levé de la carte marine de la Corse de Hatt et Bouillet, au 1/33400 (1892-1896), avait mis en évidence les insuffisances du canevas précédent, qui n’aurait pas davantage convenu à l’élaboration de la future carte au 1/50000.

Un événement géodésique de la plus haute importance incitera, plus de vingt ans après, Paul Helbronner à s’attaquer à la difficile «Jonction directe» entre la Corse et le Continent français : ce fut la célèbre jonction Espagne-Algérie (1879), réalisée conjointement par les gouvernements des deux pays, sous la responsabilité scientifique, du côté français, du commandant et futur général François Perrier – le père du général Georges Perrier, souvent cité dans ces pages – et du général Ibañez, du côté espagnol (plus, bien entendu, de nombreux géodésiens et techniciens de part et d’autre).

Cependant, les conditions d’exécution de la Jonction Espagne-Algérie avaient bénéficié, sur le plan géographique, d’un avantage naturel très considérable pour les visées et la construction du canevas géodésique : l’existence, sur chaque rivage, de côtes de départ plutôt parallèles. Quatre points essentiels seront retenus : du côté espagnol, le Mulhacén (point culminant de la Sierra Nevada ibérique et de l’Espagne 3550 m) et le Tetica de Bacares (Sierra Nevada, 2081 m); du côté algérien, le Mt Filhaoussen (1137 m), à l’est de Nemours (Ghazaouet) et le Mt M’Sabiha (584 m) à l’ouest d’Oran, cf. carte (*fig. 3*). D’où, un avantage très appréciable pour la construction d’un quadrilatère originel offrant la possibilité, à partir de signaux lumineux issus des stations situées sur chacun des quatre points définissant le quadrilatère, de viser les signaux lumineux des trois autres points de l’ensemble; de sorte que l’on obtenait, à partir de chaque sommet du quadrilatère «les deux angles compris entre les directions observées sur les 3 autres sommets» (*La Nature, op. cit.*) et que les lectures d’angle correspondantes «donnaient toutes garanties de précision» (*ibid.*).

Rien de bien comparable pour la Corse. L’orientation du relief, à très nette dominante NE-SW, ne permettait pas la construction d’un quadrilatère de départ comme le précédent. Helbronner fut contraint, de ce fait, d’étudier une autre représentation graphique et géodésique, d’où sortira la figure, certes complexe, inévitablement, schématisée sur la carte ci-jointe et ayant pour éléments constitutifs fondamentaux 7 stations : 4 sur le Continent et 3 en Corse. (*fig.5*)

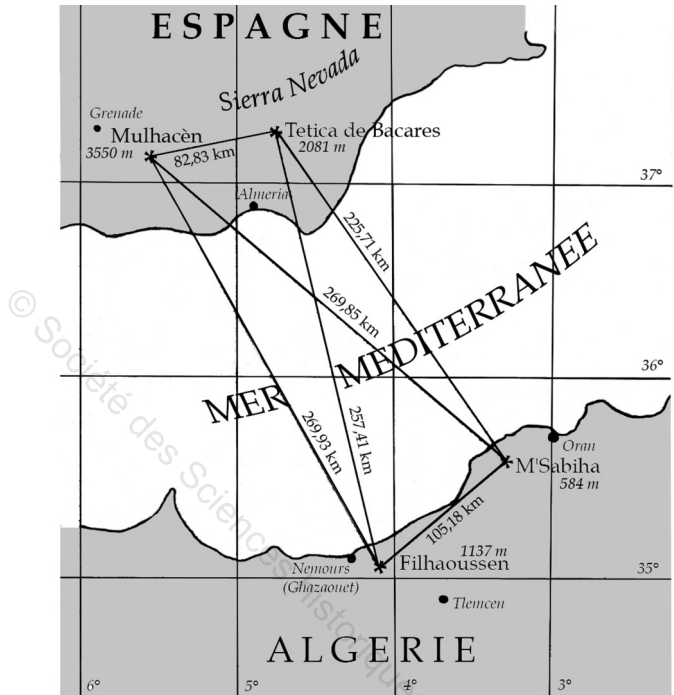


Fig. 3 Schéma de la jonction géodésique Espagne-Algérie

Ce furent le fort du Coudon, près de Toulon (702 m), le sommet de la Sauvette (779 m point culminant des Maures), les forts du M^e-Chauve d'Aspremont (840 m) et du M^e-Agel (1149 m) près de Nice. Ces forts étant, bien entendu, du ressort de l'autorité militaire, dont Helbronner, lui-même chef d'escadron du CR, put obtenir les concours nécessaires, notamment grâce au G^{al} Emile Mangin, qui s'était rendu célèbre durant la Grande Guerre (Mangin commandait, on l'a vu, la XV^e région militaire – Marseille – celle dont dépendait les forts). En Corse, furent retenus le M^{te}-Cinto, le M^{te}-Rotondo et le M^{te}-Stello. Sauf le Stello, les deux autres sommets n'avaient jamais été « stationnés ». Helbronner comprit que cela était absolument indispensable, du fait même de l'altitude du Cinto et du Rotondo, et de leur position par rapport à la Provence, si l'on voulait que la signalisation réciproque, entre le Continent et la Corse, pût fonctionner.

De cette façon, allait pouvoir être construit le «polygone complexe», (fig. 4) qui permettra la «Jonction directe» recherchée, dans les meilleures conditions de précision possibles. Son auteur en définit, dans l'article qu'il fit paraître dans le *Bulletin*, la composition fondamentale : un «quadrilatère continental de départ», très étiré vers l'Est, établi à partir des quatre sommets précités (du Coudon au M^e-Agel), pour le Continent; un «triangle insulaire d'arrivée» (Cinto - Rotondo - Stello). Corrélativement,

«le total des liaisons de sommets assurait au problème mathématique de la jonction un nombre très superflu de données et par suite d'équations de condition, me permettant, si les circonstances atmosphériques favorables devaient se faire attendre trop longtemps, de n'en utiliser que la plus grande partie et non la totalité». In *BSSHNC*, art. cit.

Il fallait maintenant concrétiser le projet sur le terrain même¹³, en procédant à l'occupation des stations, dont la position, de part et d'autre du bras de mer, définissait le «polygone complexe» fondamental. Cela supposait, en outre, un certain nombre de «stationnements» d'approche ou d'accompagnement, en Corse principalement, qui interviendront préalablement aux opérations de jonction (et ensuite; on citera quelques exemples après).

Il était indispensable, en même temps, de pouvoir disposer des moyens pratiques ou techniques les mieux au point, alors (pour ces derniers : instruments de mesure, de signalisation lumineuse, sources d'énergie électrique, etc.). Là encore, Paul Helbronner sut et put mettre les meilleurs atouts de son côté, mais toujours par une recherche et un engagement de tous les instants – on ne le dira jamais assez – dont son réseau de relations éminentes, très habilement constitué, contribuera, c'est certain, à assurer la magnifique efficacité.

¹³ Certains renseignements fondamentaux sur la Corse physique étaient encore pour le moins imprécis, ou erronés, au XIX^e siècle. Ainsi, le *Dictionnaire de Géographie de Vosgien* (1829) écrit : «l'intérieur de l'île est occupé par de hautes montagnes. Les plus considérables sont le M^{te}-Rotondo qui a 3,016 mètres d'élévation et le Monte d'Oro qui en a 2,644» (on remarquera l'usage de la virgule pour les milliers d'unité; il persistera jusque vers la fin du XIX^e siècle).

Le très intéressant *Abrégé de géographie de la Corse*, de F.-C. Marmocchi (1852), 291 p., donne 2400 m pour le M^{te}-Cinto, 2764 m pour le M^{te}-Rotondo

Le *Dictionnaire Universel d'Histoire et de Géographie* de M.-N. Bouillet (nouvelle édition de 1861) indique encore le M^{te}-Rotondo, comme point culminant de l'île, avec 2763 m. Par contre, «Le département de la Corse», par Adolphe Joanne (1880), donne bien le M^{te}-Cinto comme point culminant, mais avec 2816 m...

Les conditions d'accessibilité, d'occupation et de mise en service des quatre postes du Continent, d'une part, et des trois postes de Corse, d'autre part, n'étaient pas du tout les mêmes, c'est évident, à la fois pour des raisons géographiques, techniques ou encore administratives, ces dernières relevant, soit de l'Armée, soit de diverses administrations civiles (Eaux et Forêts, par exemple).

S'agissant des raisons géographiques, en plus des conditions inhérentes à la topographie complexe et massive de l'«Île-Montagne» qu'est la Corse, il fallait nécessairement prendre en compte la météorologie de la haute montagne insulaire entre le mois d'avril et le mois de septembre, dès lors que les travaux préparatoires et les stationnements étaient prévus dans cet espace de temps, les stationnements eux-mêmes ne pouvant avoir lieu que durant l'été. Or, la météorologie de la haute montagne corse – même si elle ressortit aux processus fondamentaux qui régissent les climats de mécanisme méditerranéen – diffère alors, parfois complètement, dans certaines de ses manifestations, de ce qui peut s'observer, à basse ou moyenne altitude, en Corse même, et dans les parties sub-littorales de la Provence ou du pays niçois. Sur la chaîne centrale corse – et ce sera bien le cas en 1925 – les tempêtes d'ouest (libeccio), et les orages violents accompagnés de chutes de grêle, ou de neige, avec une baisse brutale des températures qui peuvent, l'altitude aidant (de ce seul fait, diminution de 0,5 à 0,6 °C, par 100 m d'élévation) tomber au dessous de zéro, ne sont pas rares. Bien des excursionnistes, même chevronnés, l'ont appris à leurs dépens, voire au prix de leur vie! Rien de comparable, à pareille époque de l'année, dans les quatre stations continentales.

Paul Helbronner, comme à son habitude, avait pris des renseignements sur l'Île. Il avait bien saisi qu'il n'était pas possible, au mois d'avril encore, d'éviter complètement l'obstacle de la neige (neige hivernale restante et chutes printanières qui viennent s'y ajouter et qui ne sont pas rares alors, à partir d'une certaine altitude et avec une certaine exposition du relief au N-NW)¹⁴.

14 Quelqu'un, dans un village tout enneigé du Cap-Corse – un vingt avril ! (année non précisée : 2^e moitié du XIX^e s. ?) – n'en croyant pas ses yeux, se serait exclamé en relatant les faits : «*A lu vinti di neve, tre palmi d'aprile !*». Avec un peu moins de précipitation, il aurait dû dire : «*A lu vinti d'aprile, tre palmi di neve !*» («le vingt du mois d'avril, il y avait trois empan de neige !», soit une couche de 70 cm d'épaisseur, environ). Estimation sans doute exagérée, mais non totalement invraisemblable, avec certaines conditions météorologiques exceptionnelles, voire erratiques à moyenne altitude, mais non rares à partir de 800 à 1000 m en montagne.

En somme pour «stationner» le M^{re}-Cinto et le M^{re}-Rotondo (le Stello présentant beaucoup moins de difficultés), aux mois de juillet et août, il fallait profiter d'un créneau chronologique étroit, pendant lequel la préparation et la réalisation de l'infrastructure fonctionnelle (chemins d'accès aux futures stations, constructions en dur) devaient obligatoirement se faire. Cela explique la multiplicité des démarches auxquelles P. Helbronner dut fiévreusement procéder pour s'assurer les concours préalables, autres que financiers, dont il avait besoin pour mener à bien un travail difficile et qui allait mobiliser tous ses instants.

Pour assurer le dégagement des chemins d'accès muletiers et pédestres, acheminer matériaux, produits, appareils de visée, etc., les deux cents (voire plus, parfois) militaires du 173^e R.I. ne furent pas de trop. Il y avait, parmi eux, quelques hommes ayant une certaine pratique de la maçonnerie; ils seront affectés à la construction des «refuges» et des signaux, ainsi que de petits abris pour garantir les appareils des intempéries. Encore fallait-il avoir de l'eau, non seulement pour les usages «domestiques», sûrement limités à l'essentiel, mais aussi pour préparer les mortiers; il fallut en amener sur place, névés et glace ayant quasiment disparu en été.

Aux pages 270 à 272 du t. IX de la *Description*, on trouve force détails sur ces «refuges», bâtis avec de la pierre locale, jointoyée parfois avec de la terre glaise trouvée sur place (au Rotondo), ou avec un peu de ciment. Leur couverture comportait une charpente en bois, avec lattes et voliges, rendue étanche avec du carton bitumé (... ou de la «peau de ballon réformée»), le tout stabilisé par de grosses pierres posées à l'aplomb des murs. L'espace intérieur mesurait de 5,50 m à 7 m de longueur sur 2,50 m à 3 m de largeur; il comportait un petit «espace cuisine» et une cheminée. Le mobilier consistait en une table et quelques étagères en planches brutes; la literie, en une paille isolée du sol par des liteaux. L'éclairage était assuré par des lanternes à bougie, des lampes électriques de poche et une «forte lampe à acétylène». Au total, un habitat plutôt agreste, dont on s'accommodait sans doute, alors, assez facilement... Il est vrai que les durées d'occupation n'excédèrent pas une quinzaine de jours d'affilée par poste et, même si pour diverses raisons tenant au déroulement des opérations, les postes principaux pourront être occupés quelque temps après le mois d'août 1925 (ce fut le cas pour celui du M^{re}-Cinto – simple exemple – comme en témoigne une lettre du 13 sept. 1925, du lieutenant Giusti, à son «cher Commandant», qui se trouve, à ce moment-là, sur le M^{re}-Stello...).



Fig. 6 Refuge au sommet du Rotondo (Helbronner est assis)

Autre précaution indispensable : l'aménagement de relais – ou camps – intermédiaires entre les derniers villages ou secteurs habités (ex. Lozzi, pour le M^{te}-Cinto, Porretto pour le M^{te}-Stello, dans une mesure moindre dans ce dernier cas : très bon chemin muletier de ce hameau de Brando jusqu'au Stello). Ils se situaient, en principe, au point de rupture de charge entre le transport à dos de mulet (cinquante mulets prêtés par la batterie d'artillerie de Bastia) et le transport à dos d'homme ; soit : le secteur du lac du Cinto (à 1760 m) et celui du lac d'Oriente (à 2059 m), pour le Rotondo (*fig. 6*). À partir de là, la logistique continuait, certes, à fonctionner, mais au prix de gros efforts physiques et de risques pour les hommes, portant sur leurs épaules des poids de 20 à 30 kgs parfois, et qui devaient, avec ce barda, affronter escarpements et «cheminées» des derniers hectomètres à franchir, avant d'atteindre le sommet ! Ce fut particulièrement sensible dans le cas du M^{te}-Cinto, avec près de 1000 m de dénivellation entre le lac du Cinto et la cote 2710, pour une distance à vol d'oiseau d'environ 1,3 km à peine. Helbronner s'informa pour définir le meilleur itinéraire possible ; mais les réponses ne furent pas toujours claires et sûres (il semblerait même que les difficultés aient été parfois sous-estimées, y compris par le directeur des Eaux et Forêts de la Corse d'alors, Rotgès).

Les relais intermédiaires purent, une fois au moins, servir de base de repli pour Helbronner et son équipe, lorsque les conditions atmosphériques empêchèrent de demeurer sur place (ex. du 24 août 1925, sur le Cinto).

Il n'en allait pas de même, tant techniquement qu'au plan des conditions d'accès et de logement, avec les quatre stations continentales. Les forts étaient équipés (par ex. pour la production de l'électricité nécessaire) et correctement viabilisés. Seule, la station de La Sauvette, à plus d'une heure de marche de la route de Collobrières à Gonfaron, était dépourvue de ces avantages. Il faudra y aménager une plate-forme de fonctionnement (sans doute, avec beaucoup moins de difficultés que sur le M^{re}-Cinto...) et prévoir le logement sous la tente. En revanche, le Coudon, le M^{re}-Chauve d'Aspremont et le M^{re}-Agel, à l'entière différence des sommets de Corse retenus par Helbronner, présentaient toutes facilités d'accès et d'habitat.

Sur le plan technique et dans le contexte scientifique de l'époque, Paul Helbronner fera montre encore de sa science et de son expérience, en même temps qu'il mettra à profit – et on voit mal comment on pourrait le lui objecter, comme on l'a fait parfois, plus ou moins ouvertement – son réseau de relations et de compétences. Celles-ci lui permettront de faire avancer certaines initiatives ou opérations importantes (relevés astronomiques, calculs) qui, sans cela, lui auraient demandé beaucoup plus de temps. En tout état de cause, le fait même qu'il ait pu obtenir ces concours montre bien que ceux qui les lui accordèrent avaient compris que leur bénéficiaire et le but qu'il s'était assigné méritaient confiance, intérêt aide et dévouement.

En ce qui concerne l'appareillage, aussi bien fixe que mobile, Paul Helbronner fit édifier (ou reconditionner, dans le cas de signaux déjà utilisés depuis Tranchot) divers signaux, maçonnés ou non (entre autres, sur le Cinto et le Rotondo) et mettre en place des mires métalliques de 4 mètres de hauteur, analogues à celles qui avaient été placées, à sa demande, sur les sommets de la chaîne du Dauphiné-Provence qu'il avait triangulée antérieurement. Ces mires comportaient un pilier maçonné d'un mètre de hauteur environ, destiné à recevoir, comme le précise Helbronner lui-même, le miroir du projecteur électrique et l'instrument de mesure angulaire (*fig. 7 et 8*).

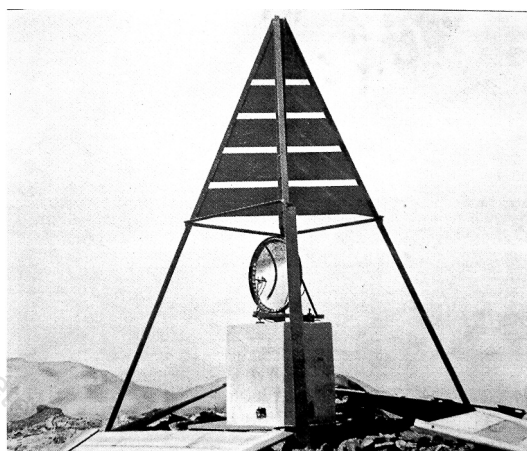


Fig. 7 Signal au sommet du Stello, avec le miroir du projecteur



Fig. 8 Le cercle azimutal en station au signal du Stello

Celui-ci était un cercle azimutal (*fig. 9*) – plus léger que ceux déjà employés sur le Continent donc plus facile à transporter – à deux microscopes de 182 mm [le cercle azimutal est une variante plus performante et commode du théodolite; les microscopes permettaient d'affiner la lecture des valeurs angulaires]. L'instrument avait été établi par la maison Chasselon spécialisée dans ce type de fabrications de précision, sur les indications d'Helbronner qui avait déjà utilisé ce genre d'appareil dans le Dauphiné et en Provence. Il lui fit adjoindre, en outre, une lunette plus puissante, «munie d'un micromètre oculaire à six fils permettant la multiplication rapide des pointés [ou action de

pointer une lunette de visée sur un objectif donné], en prévision des moments, que je pouvais supposer très courts de perception des points lumineux» (P. H. *Bulletin* cité). L'oculaire de la lunette fut doté d'un éclairage intérieur, fourni par une petite lampe à incandescence, alimentée par une pile sèche du commerce! L'oculaire comportait un micromètre de réglage.

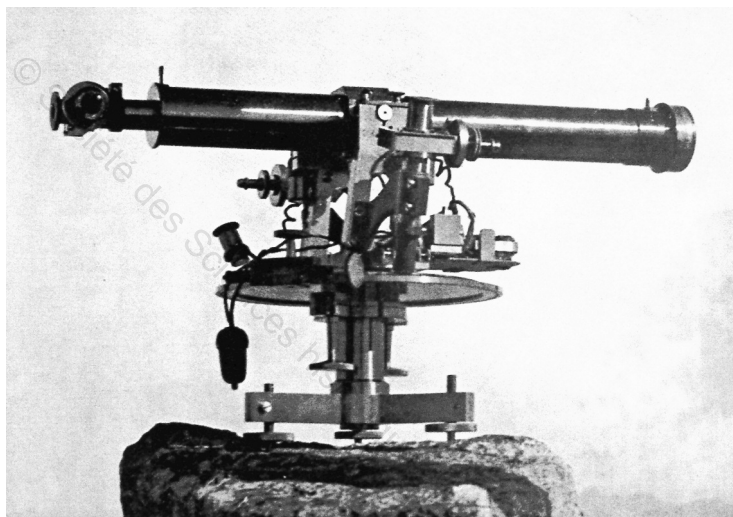


Fig. 9 Le cercle azimutal Chasselon

Helbronner fera preuve de la même capacité d'adaptation en matière d'*appareils de projection de la source lumineuse* et de *moyens de production* de celle-ci : lumière solaire, arc électrique ou lampe à incandescence? Il renoncera, du fait des conditions géographiques d'observation, aux *héliostats* (dont on dit quelques mots plus loin), de même qu'à l'arc électrique, qui avait été utilisé pour la jonction Espagne-Algérie, mais avait nécessité l'aménagement d'une petite centrale électrique à vapeur sur le Mulhacèn! Il ne pouvait être question d'en faire autant sur les trois sommets fondamentaux de Corse, ni même d'y installer des groupes électrogènes. D'où, le recours aux piles Wylef, suggéré par la Commission d'Optique de Toulon, dirigée par le Capitaine de frégate Ravel.

Même sens pratique pour s'adapter au mieux aux conditions locales de signalisation et de fonctionnement en recourant plus souvent aux miroirs paraboliques qu'aux lentilles. On trouvera, ainsi, un miroir parabolique de 1,10 m de diamètre au Coudon, un autre miroir de 1,50 m

de diamètre au M^t-Agel, des miroirs de 0,60 m de diamètre à La Sauvette et sur les sommets de Corse, enfin une lentille de 0,60 m de diamètre au M^t-Chauve.

Quant à la *production d'énergie électrique*, servant de source lumineuse nocturne pour les signaux (les visées diurnes étant moins fréquentes et ne s'avérant assez aisées que du Continent vers la Corse, à cause de la disposition de relief de l'arrière pays provençal), elle relèvera de deux sortes de moyens :

- soit, sur le Continent, de groupes électrogènes à essence existant déjà au Coudon et au M^t-Chauve, ou à monter (au M^t-Agel, projecteur automobile de D.C.A., dont le moteur chargera les accumulateurs utilisés pour fournir de l'électricité au système de projection lumineuse de la station);

- soit des piles Wylef, (*fig. 10*) à oxyde de cuivre, «se régénérant par chauffage et même par simple exposition solaire de l'électrode polarisée» (P. H.), ou encore des batteries (accumulateurs).

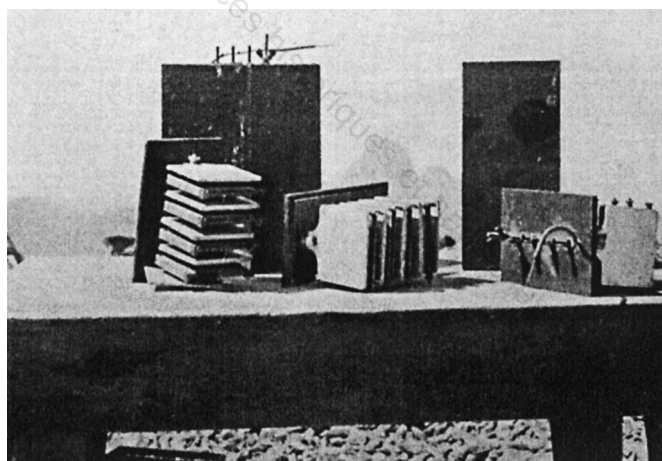


Fig. 10 Piles Wylef au sommet du Cinto

L'idée d'y recourir fut d'autant plus intéressante qu'elle permit de doter la station de La Sauvette et celles de Corse d'une source d'électricité commode (ne serait-ce qu'au point de vue du transport), et suffisante (il en faudra une trentaine de piles par poste d'observation. Cf. (*fig. 10*). Selon le cas, la puissance lumineuse des projecteurs alimentés par ces piles s'avérera très considérable.

Leur durée de fonctionnement, en continu, devait être de 8 heures, pour 80 à 100 nuits au total. Cela supposait que l'on amenât aussi sur les lieux les produits nécessaires à leur régénération : barils de soude,

cuves en fer pour la préparation du liquide électrolytique, électrodes de rechange...

Jusqu'aux relais du Cinto et du Renoso, ce furent les mulets de la batterie d'artillerie de Bastia qui transportèrent piles et autres produits; puis, c'est à dos d'homme qu'ils parvinrent aux deux stations (comme ce fut le cas pour le ravitaillement en vivres, en eau, les outils, le ciment, le bois de construction, etc. – sans oublier l'indispensable paratonnerre).

Les installations fondamentales étant en place dès la fin du mois de juillet, les opérations scientifiques de la Jonction directe allaient pouvoir commencer.

Dans la première quinzaine du même mois, Helbronner avait «débarqué» (sic) à Bonifacio. Il avait, sur l'invitation du ministre de la Marine pris place, à Toulon, sur le croiseur-cuirassé «Jules-Michelet», commandé par l'amiral Basire (flotte française d'Extrême-Orient), qui l'accompagnera, sur sa vedette, jusqu'au port.

Ce «débarquement» à l'extrémité sud de la Corse, n'était pas fortuit; il relevait, en fait, d'une stratégie méthodiquement élaborée par Paul Helbronner. Certes, pour différentes raisons, il avait envisagé de «stationner» le Rotondo (un des trois sommets fondamentaux de Corse, pour lui); mais, avant de s'y installer, il avait projeté de poser les jalons de la «triangulation primordiale», qu'il devait tramer sur l'île, de Bonifacio jusqu'au Stello, et articuler sur la «chaîne méridienne de Corse» qu'il allait définir, en ne perdant pas de vue un éventuel rattachement de la triangulation italienne de la Sardaigne à cette même chaîne méridienne (ce qui montre, s'il en était besoin, que le patriote, pourtant assez sourcilieux, qu'était Helbronner savait étendre, quand il en était besoin, le champ de la science au-delà des frontières politiques).

Pour construire cette «chaîne méridienne», P. Helbronner avait besoin de tout un ensemble de signaux, pour fixer, en quelque sorte «l'épine dorsale», de la triangulation projetée.

Quatre équipes de militaires provenant des compagnies de Bonifacio, Ajaccio, Corte et Bastia, et mises à sa disposition par le G^{al} Ruef (qui rendra visite à Helbronner sur le Rotondo¹⁵), se chargeront de leur construction. (17 signaux en pierres sèches, de 2 m de hauteur, installés sur une série de hauteurs réparties entre Bonifacio et la région bastiaise, et dont on trouvera la liste plus loin).

15 Le général Mangin en fera de même et le M^{al} Pétain fera parvenir une lettre chaleureuse à Paul Helbronner, sur ce sommet décidément prédestiné !

Une cinquième équipe, d'une dizaine d'hommes (plus trois «alpins» et le guide de 1^e classe, Prosper Faure de la Grave, fidèle par excellence des dix-huit campagnes d'Helbronner dans les Alpes, qui apportaient leur expérience précieuse de la haute montagne), était affectée au service personnel de Paul Helbronner (transport des appareils, approvisionnements, etc.). Elle fut placée sous le commandement du capitaine Moretti.



Fig. 11 L'équipe du capitaine Moretti (3^e à gauche). Au centre P. Helbronner en civil, coiffé de la «Tarte» des Chasseurs Alpains (Collection particulière)

Paul Helbronner allait encore déployer une activité prodigieuse, minutieusement chronométrée.

Après avoir «occupé» les stations de Pertusato, Santa Manza, Monte Bianco, Cerchio, Ovace et Vacca Morta, puis l'Incudine, la P^{ta} Pozzo-di-Borgo au NW d'Ajaccio et la citadelle d'Ajaccio (celle-ci pour les déterminations astronomiques d'ensemble), Paul Helbronner trouvait le moyen, après une halte en famille à Vizzavona, d'être le 31 juillet 1925 sur le Rotondo, là où son «logis» et les autres aménagements indispensables (dont la plate-forme d'observation au sommet même de la montagne), effectués sous les ordres du lieutenant Agostini, étaient achevés. Plus de 30 m³ de blocs avaient été nécessaires pour cela...(cf. *Bulletin, op. cit.*).



Fig. 12 Au sommet de la Pointe Pozzo di Borgo, 1925 (le capitaine Moretti avec ses décorations). À arrière-plan, P. Helbronner (Collection particulière)

Une fois encore, l'âme d'artiste d'Helbronner s'épanchait. De ce haut-lieu de la montagne insulaire,

«l'atmosphère était superbe, le panorama de toute beauté dans son coloris et sa limpidité, dans les contrastes de ses rochers, de ses neiges et de ses forêts, ceinturé, presque sur tout son tour d'horizon, par la mer, nuancée de toutes les teintes des bleus pâles et dorés...J'attendais, cependant, l'obscurité dans l'impatience, espérant dès ce premier tour, percevoir mes projecteurs de la région de Toulon» (*ibid.* pp. 153-154).

Quelques jours après, le 6 août, l'événement décisif si attendu survenait : les feux du Coudon et de la Sauvette (où se tenaient les auxiliaires d'Helbronner) étaient visibles depuis le Rotondo ! Helbronner, qui n'avait, cependant, pas eu la primeur de ce fait capital, exultait : «la plus grande distance [un peu plus de 271 km¹⁶] qui fût jamais entrée dans une opération géodésique» était franchie ! Le projecteur du Stello était aussi visible, le succès final enfin en vue...

Helbronner profita de quelques heureuses circonstances atmosphériques pour multiplier ses observations, ce qui lui permettra, par comparaisons successives, d'aboutir à des résultats tout à fait fiables.

Le 18 août, il était sur le Cinto – «le géant de la Corse» (P. Simi) – où allaient se déchaîner bientôt les éléments : non seulement les 20-21 août 1925, comme on l'a vu, mais encore le 24 août (ce qui avait obligé Helbronner et son équipe à se replier momentanément, on l'a vu aussi, au «camp du lac»). Phénomènes non exceptionnels, on le sait, de la haute montagne corse, en été, après la «*rinfriscata di Santa Maria*» notamment, et dont Helbronner ne semble pas avoir eu entièrement conscience ; mais avait-il, au demeurant, la possibilité d'agir autrement, du fait des multiples contraintes d'un programme très lourd, qui ne pouvait s'accommoder d'atermoiements ?

Entre les deux épisodes ci-dessus, il avait pu réaliser toute une série de visées supplémentaires sur trois projecteurs du Continent et sur le Stello. Il réitérera dans la nuit du 25 au 26 et, bénéficiant d'une atmosphère clarifiée par la pluie et «plus transparente que jamais», il allait connaître une nuit inoubliable» (sic) :

«pendant huit heures consécutives, sans autre arrêt que quelques minutes à minuit et demi pour absorber une tasse de liquide chaud, je ressentis l'une des plus grandes satisfactions scientifiques de ma vie, en pendant à celle qu'avait marquée au Rotondo, la première apparition du feu du Coudon, une vingtaine de jours auparavant ; mes cinq projecteurs lumineux, celui du Stello, dans l'île, à 60 kilomètres, et les quatre du continent, le Mont Agel à 198 kilomètres, le Mont Chauve à 206 kilomètres, la Sauvette à 236 kilomètres et le Coudon à 256 kilomètres, ne cessant pas de briller une seule minute d'un éclat intense, je les

16 L'affirmation est à nuancer (on y a déjà fait allusion), Helbronner l'a reconnu lui-même : il fallait ajouter *maritime* à «la plus grande distance». En effet, comme l'indique la notice du G^{al} Perrier, les distances entrant dans le polygone complexe «de la Jonction directe» avaient été dépassées, au début du xx^e siècle, par le «*Coast and Geodesie Survey*» des U.S.A., mais «dans des régions continentales, où de simples signaux solaires du jour avaient été visibles à des distances énormes en raison des circonstances climatiques absolument exceptionnelles [air sec, luminosité], qui jamais ne se rencontrent au dessus de la Méditerranée», soit : 350 km pour le côté Mount Shasta – Mount Helena, en Californie ; 294 km pour le côté Mount Ellen – Uncompahgre, dans l'Utah.

De telles distances, en atmosphère sèche et claire, pouvaient être franchies à l'aide d'héliostats, instruments permettant de projeter les rayons solaires en un point fixe, malgré le mouvement de la Terre, compensé par un mécanisme d'horlogerie, lequel fait tourner un miroir, qui reçoit les rayons solaires et les réfléchit sur une lunette fixe, de telle sorte que le mouvement du miroir accompagne celui du Soleil.

Paul Helbronner avait exclu l'usage des héliostats dans ses opérations de Corse, essentiellement pour des raisons d'insuffisante transparence atmosphérique dans les grandes distances maritimes où il allait opérer, et dans une zone proche d'un secteur de forte turbulence atmosphérique (minimum barométrique du golfe de Gênes).

pointais de 20 heures le soir à 4 heures du matin, recueillant ainsi en cette nuit exceptionnelle une trentaine de séries sur les cinq positions prévues» (*in Bulletin*, art. cité, p. 158).



Fig. 13 Au sommet de l'Incudine. Dédicace de P. Helbronner : « A mon ami le capitaine Moretti au sommet de l'Incudine » P. H. (Collection particulière)

Helbronner restera encore quelques jours sur le Cinto – « le belvédère culminant » – y poursuivra ses visées pour la « Méridienne de Corse » et la triangulation de détail de l'Île. Il en redescendra le 30 août, « occupant » au passage, la station géodésique de Calacuccia.

Toute une série de déterminations astronomiques et de calculs, assurés, notamment pour les premières, par le Directeur de l'Observatoire de Nice, M. Fayet et, pour les seconds, par M. Hasse, mathématicien, allaient permettre l'achèvement en 1926 (Helbronner effectuant, une « 2^e campagne de Corse », beaucoup moins astreignante que celle de 1925) du programme arrêté pour cette date.

Helbronner s'en est expliqué dans le compte rendu paru dans le *Bulletin* (*op. cit.*)

Ayant quitté la Corse le 19 septembre 1926, il occupera les stations du M^t-Chauve d'Aspremont, du M^t-Agel et du Coudon.

Aux deux premières, il réalisera de «nombreuses séries d'observations diurnes sur le Cinto et le Stello, dont les silhouettes se montrèrent durant plusieurs heures, et par la constatation au cours de calculs provisoires de leur remarquable concordance avec les résultats antérieurs des autres stations», ce qui laissait bien entendre que ces résultats étaient sûrs. «De plus, ajoute-t-il, les fixations géodésiques des foyers des deux projecteurs [du M^e-Chauve et du M^e-Agel] faisaient l'objet *de déterminations très précises*» (en particulier le rattachement du centre du grand projecteur de D.C.A. à la mire Helbronner du sommet du M^e-Agel). Du Coudon, Helbronner ne put, en raison de la saison déjà avancée, procéder aux visées nocturnes sur le Cinto «où, sous le commandement du lieutenant Giusti, des équipes de ravitailleurs et de manipulants s'étaient maintenus jusqu'à la fin d'octobre, ainsi que sur le Rotondo dont – dit encore P. H. – je supprimais pour la même raison, l'installation du foyer lumineux en direction des postes de Toulon». Au Coudon, toujours, il allait «opérer le rattachement très précis de la position de l'axe du projecteur, qui avait brillé pendant les trois mois précédents, à l'axe du grand mât central, repère de ma chère méridienne des Alpes». Pour La Sauvette, enfin, il s'en tiendra aux «observations de jour obtenues [par lui] en direction du sommet du Cinto en 1923», la moyenne des séries recueillies alors «rentrant avec une parfaite concordance dans la compensation provisoire où je venais de l'introduire en même temps que celle de toutes les autres stations» (*Bulletin, op. cit.*, p. 160).

Au total, lorsque Helbronner regagnera Paris, au début du mois de novembre, il a, dit-il, rassemblé «l'importante documentation destinée à la compensation d'ensemble définitive du polygone de jonction géodésique de la Corse que je venais de réaliser».

S'appuyant sur quinze angles (sur dix-neuf) de ce polygone, la «compensation» cf. (fig. 4) mettait en jeu neuf équations dites «de condition», dont quatre «dites aux angles» (c'est-à-dire basées sur la fermeture des triangles sphériques) et cinq «dites aux côtés» (c'est-à-dire «basées sur les concordances de rencontre de deux côtés et de la diagonale aboutissant à leur croisée pour chacun des quadrilatères en lesquels peut se décomposer le polygone total de jonction» (*ibid.*).

Elle fut obtenue par la méthode des «moindres carrés» (voir quelques explications en annexe) et avec une remarquable précision : environ une seconde sexagésimale par angle observé (le G^{al} Perrier donne très exactement + ou – 0"57 sexagésimale par application de la formule internationale de Ferrero)! Helbronner ajoutait, pour faire sim-

ple, qu'en planimétrie, cela représentait la fixation, à un mètre près, de chacune des trois positions fondamentales du Cinto, du Rotondo et du Stello – étonnant résultat pour l'époque! – la Corse se situant à 25 m plus à l'Est (selon Ambrosi, *op. cit.*) qu'on ne le supposait jusque-là¹⁷.

Ainsi se trouvait réalisé, avec un succès sans doute inégalé, le rêve de Paul Helbronner : la Jonction géodésique directe de la Corse au continent français.

Quant à la «Méridienne de la Corse», elle allait s'appuyer sur les points suivants (cotes définies par Helbronner, cf. pp. 685-686 du t. IX et carte; l'écriture des toponymes cités est celle de l'auteur avec quelques petites rectifications indiquées [...]) :

Monte Stello (1307 m); Monte Pigno (958 m); Monte Asto (1536 m); Monte San Pedrone (1765 m); Monte Cinto (2709 m); Monte San Appiano [Sant'Appiano] (1094 m); Monte Rotondo (2622 m); Pointe de Pozzo di Borgo (778 m); Sommet de l'Incudine (2129 m); Pointe de Furchioccoli [Furchiccioli] (1342 m); Pointe de la Vacca Morta (1320 m); Pointe d'Ovace (1347 m); Pointe du Cerchio [Punta al Cerchio] (327 m); Monte Bianco (324 m); Croix de la Trinité (225 m); Séma-phore de Pertusato (110 m); Monte Aragnasto [Aragnasco] (887 m).

«La triangulation primordiale de la chaîne méridienne de Corse était effectuée dans la totalité de la surface comprise entre le côté Cinto-Rotondo au Nord et le détroit de Bonifacio au Sud; les éléments de jonction dans le Sud de l'Île avec la Sardaigne étaient terminés; ceux prévus dans l'Est avec l'archipel toscan des îles de Capraja, d'Elbe et de Monte-Cristo étaient obtenus dans la proportion des trois-quarts» (BSSHNC *op. cit.*).

Helbronner, comme le fait remarquer le G^{al} Perrier (*op. cit.*) possédait, dès lors, une triangulation de 1^{er} ordre ininterrompue, depuis la rive sud du lac Léman jusqu'au détroit de Bonifacio.

Les observations astronomiques réalisées par le directeur de l'Observatoire de Nice, M. Fayet, à partir de six stations de Corse (Bastia, l'Île-Rousse, Ajaccio, Alistro, Pertusato et Calacuccia), en opérant avec un astrolabe à prisme et en s'aidant de signaux T.S.F., concouraient à améliorer la précision de l'enchaînement Continent-Corse, à préciser les

17 Dans l'article cité, A. Ambrosi considère qu'une dérive de la Corse vers la péninsule italienne (faisant peut-être référence à la théorie de Wegener naissante, 1912) est une vue de l'esprit. Or on sait, depuis, que «l'isthme Corso-sarde» a dérivé d'une trentaine de degrés depuis les Baléares jusqu'à sa position actuelle. La dérive a commencé à la fin de l'Oligocène, il y a une vingtaine de millions d'années.

déviation locales de la verticale (importance au plan de la géophysique), celle des segments de l'arc de méridien de la Corse ; au bout du compte, aussi, à améliorer la connaissance géodésique de la Terre.

Tant de travail, tant d'éclatants succès, une moisson d'une telle richesse ne pouvaient que valoir à Paul Helbronner, ainsi qu'à ses collaborateurs, les honneurs de la Nation.

Commençons par Paul Helbronner :

Le 20 février 1926, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, il faisait une conférence sur le résultat de ses travaux en Corse, devant l'Académie des sciences, réunie en séance extraordinaire, sous la présidence de Ch. Lallemand, également président de l'Union Géodésique Internationale. Le président Lallemand mit l'accent sur l'exploit qu'avait réussi Helbronner, en dépit d'une multitude de risques et d'obstacles, et concluait son propos par ces mots :

« Par la grandeur et l'importance des résultats obtenus, par l'énergie dont il a donné de magnifiques exemples, M. Helbronner s'est acquis l'admiration et la reconnaissance de tous ceux qu'intéressent les progrès de la géographie et le bon renom de la France dans le monde... »

Puis, le G^{al} Emile Mangin, commandant le XV^e Corps d'Armée remettait solennellement, au nom du Grand Chancelier de la Légion d'honneur et sur proposition du Ministre de la Guerre (décret du 22 déc. 1925)¹⁸, à M. Paul Helbronner, Chef d'escadron d'Artillerie de réserve », pour « l'œuvre grandiose » par lui réalisée, et qui « a eu son couronnement sur le territoire du XV^e Corps d'Armée que j'ai actuellement l'honneur de commander » (pp. 552-553 du t. IX de la « Description »...)

Le G^{al} Mangin rappela aussi qu'

« en août 1914 les cloches, sonnant dans les vallées des Alpes le tocsin de la mobilisation, avaient arraché le savant à son rêve. France d'abord, France avant tout ! Officier d'artillerie, vous servez glorieusement aux Armées sur le front Nord-Est, et bientôt vous nous dotez des premiers plans directeurs si indispensables à l'emploi de l'Artillerie dans la guerre de stabilisation » (*ibid.*).

Un peu plus loin, il ajoute que :

¹⁸ Paul Painlevé, président du Conseil et ministre de la Guerre avait « mis d'office au tableau » (pour être officier de la L. H.) P. Helbronner, dès le début de l'été 1925 – donc avant la *Jonction* et suite à l'utilisation par le S.G.A., de ses travaux de triangulation dans les Alpes. P. H. avait été informé de la proposition de Painlevé « par plusieurs voies différentes », dont « une lettre du M^{al} Pétain qui me rejoignait au sommet du Rotondo » (*ibid.*).

«maintenant le Service géographique de l'Armée¹⁹ exploite pour ses levés de précision les résultats de vos travaux; les officiers d'Artillerie des XIV^e et XV^e Régions les ont adoptés pour la solution de leurs problèmes de tir. Votre nom est connu partout dans nos Alpes. Nos jeunes Troupes de montagne saluent en vous le vivant exemple de ce que peut la volonté française au service d'un idéal scientifique et national» (*ibid.*, p. 554).

Firent l'objet de distinctions, divers «officiers et hommes de troupe qui ont pris une part spécialement active aux travaux de la Mission Helbronner pendant l'été 1952» :

Citations à l'ordre du Corps d'Armée :

- Capitaine Ottaviani (chef du Service Départemental d'E. P. de la Corse, pour les travaux effectués sur le Cinto : «il s'est parfaitement acquitté de cette tâche»;
- Lieutenant Agostini (173^e R.I.), pour «son activité féconde sur le Rotondo, où il a maintenu, malgré la fatigue, son détachement en excellent état moral»;

Citations à l'ordre de la Division :

- Capitaine Moretti (173^e R.I.) pour les éminents services rendus pour la signalisation trigonométrique et comme directeur des étapes de la mission Helbronner;
- Lieutenant Giusti (173^e R.I.), en poste au Cinto au cours des mois de septembre et octobre 1925, où il s'est montré excellent;
- Sous-lieutenant Mangin (173^e R.I.), pour ses excellents services au M^{re}-Stello;
- Sergent Chancel (159^e R.I.A.) (chef de l'équipe mise à la disposition personnelle d'Helbronner), «qui a donné de constantes preuves d'entrain et de dévouement».

Citations à l'ordre de la Brigade :

- Capitaine Roman, É.-M. du G^{al} commandant la subdivision de Toulon, chargé de la constitution des équipes militaires mises à la disposition de la Mission Helbronner : s'en est acquitté «avec zèle et dévouement»;
- Lieutenant Lepaul (173^e R.I.), pour sa haute compétence en électricité (projecteur de D.C.A. du M^{re}-Agel);

19 M. Michel Coûteaux (art. cité) affirme qu'Helbronner s'était montré (au début ?) assez réticent vis-à-vis du S.G.A., qu'il n'aimait pas voir, en quelque sorte, chasser sur ses terres...

- Sergent Farrucci (173^e R.I.) «pour son énergie, son dévouement et son intelligence»;
- Adjudant Bigeon (Télégraphistes Coloniaux), qui a dirigé avec énergie, compétence, zèle et dévouement le poste du Coudon;
- Sergent Laurain (Télégr. Coloniaux), en poste durant deux mois, sans être relevé, à La Sauvette;
- Sergent Schmidt (Télégr. Coloniaux) adjoint durant deux mois au chef de poste de La Sauvette et chef de poste à son tour, durant un mois, malgré «les rigueurs de la température»,
- Sergent Gavaudan (4^e bataillon du 18^e Génie), pour sa compétence et son zèle au poste optique du Coudon, «pendant plus de deux mois, de jour et de nuit»;
- Sergent Joly (même unité), en poste au M^l-Chauve, pour sa compétence et son dévouement;
- M^{al} des Logis Sire (1^{ère} Batt. 157^e R.A.P.), «excellent sous-officier, ayant des connaissances étendues en électricité et en mécanique; a rendu de précieux services au M^l-Agel» (projecteur de D.C.A.).

Citations à l'ordre du Régiment :

- Brigadier Arond (194^e R.A.I.T.), pour ses «excellents services» au M^l-Agel (projecteur de D.C.A.);
- Caporal Foucault (1^{er} Génie, Versailles, pour services rendus en matière de communications électriques entre le M^l-Chauve et la Corse (été 1925);
- Caporal Gurneur (Télégr. Coloniaux) pour services rendus au Coudon;
- Sapeurs Gilly, Combier, Gipaudet (4^e Bat. du Génie);
- Tirailleur Tach (Télégr. Coloniaux), pour son pénible service diurne et nocturne au Coudon.

Enfin, l'État-Major de la Préfecture maritime de Toulon (vice-amiral Fatou) adressait un «témoignage de satisfaction» au capitaine de frégate Ravel (président de la Commission d'Etudes pratiques d'Optique et de Télémétrie); au lieutenant de vaisseau Emmanuelli (même organisme); au lieutenant de vaisseau Gruillot, au lieutenant de vaisseau Bonnin; à l'officier de 2^e classe des Equipages Commainville, pour leur zèle, leur dévouement et leur compétence technique dans le fonctionnement de la Mission Helbronner.

À la date de 1926, Helbronner a déjà accompli la plus grande partie du travail sur le terrain qu'il s'était fixé.

L'« amateur » a acquis une renommée que certains officiels pourraient lui envier et à laquelle la réussite de la difficile et pourtant si brillamment réussie, « *Jonction directe de la Corse au Continent français* » n'avait pas peu contribué.

Certes, l'énorme butin de renseignements, d'observations et de données amassé par Paul Helbronner était loin d'être entièrement publié au moment où la consécration de son travail est célébrée avec éclat [1911 : sortie de presse du tome I; 1925 : t. VIII; 1929 : t. IX; 1930 : t. II; 1931 : t. III, IV, V; 1932 : t. VI et VII; 1935 : t. X; 1939 : t. XII, sortie posthume. À quoi s'ajoute – entre autres – une énorme masse documentaire entreposée au Musée Dauphinois, à Grenoble (cf. M. Coûteaux, art. cité).

On ne dira jamais assez combien l'œuvre d'Helbronner, déconcertante par son ampleur et sa richesse foisonnante propre à donner le tournis, et qui n'a pas échappé à la critique pour autant, mérite respect et admiration. Les techniques de la géodésie moderne n'y ont, somme toute, apporté le plus souvent que d'infimes retouches, entre autres pour la Corse.

Aussi, mérite-t-elle d'être tirée du semi-oubli dans lequel elle est tombée. Certains s'y emploient, et c'est hautement louable, d'autant qu'elle touche à des disciplines autres que la géodésie, comme la géomorphologie.

Puissent ces quelques pages y contribuer, modestement certes, afin que, en Corse comme dans les Alpes, le souvenir d'Helbronner, non seulement survive, mais « éclate plus brillant chaque jour dans le recul des ombres de l'histoire » – belle formule de Paul Helbronner à propos du capitaine Durand, dont il a été question dans ces pages (*in Bulletin, op. cit.*). Mais écoutons encore le G^{al} Perrier :

« Cet homme, qui durant toute sa vie était si orgueilleux de son œuvre et tenait en toute circonstance à ce qu'on lui rendît justice, disparut dans la mort avec une extraordinaire simplicité, refusant tous les honneurs et n'admettant à ses obsèques que sa famille la plus immédiate » (G^{al} Perrier *op. cit.*).

Que, de l'empyrée où il se trouve désormais, il éprouve la satisfaction ultime d'être compris par une postérité reconnaissante, qui se refuse à l'oubli de ces grandes figures du passé dont il fait si remarquablement partie!

Remerciements :

Nous remercions la Bibliothèque patrimoniale de Bastia (Fonds ancien) de nous avoir permis de consulter sur place le précieux ouvrage et de nous avoir fourni des photocopies de certains de ses passages.

Nous exprimons aussi notre gratitude aux responsables de la Bibliothèque de l'Institut de France (à M^{me} Chassaing en particulier) et à ceux de la Cartothèque de l'Institut Géographique National (spécialement à MM. Harmel, Bertrand et Bèzes) qui ont bien voulu mettre à notre disposition une précieuse documentation technique.

Notre gratitude va également à M. Olivier Bensaude, petit-fils de Paul Helbronner, qui a toujours accueilli avec beaucoup d'obligeance les demandes de renseignements que nous lui avons présentées.

Nous ne saurions oublier, dans ces remerciements, M. le professeur Michel Durand-Delga, bien connu de nos lecteurs, qui a bien voulu recueillir pour nous, notamment à l'Académie des sciences, divers renseignements ou informations qui nous ont beaucoup servi.

Il en va de même pour les descendants de la famille du Capitaine Moretti, qui ont bien voulu nous communiquer de fort belles photographies (dont on n'a pu, malheureusement, reproduire ici qu'une partie) dédiées par P. Helbronner lui-même à « son fidèle ami » le capitaine Moretti, que l'on a souvent mentionné dans le texte.

M^{me} Janine Serafini et M. Jean-Pierre Fontana sont associés à nos sentiments de gratitude, pour l'aide pratique si efficace et indispensable qu'ils nous ont généreusement dispensée.

ANNEXES

Il a paru utile de donner quelques indications ou définitions générales, visant à faire comprendre ce qu'est, pratiquement, la géodésie et ce qu'a pu être son évolution depuis l'Antiquité, jusqu'à la révolution de la géodésie spatiale contemporaine.

Ce faisant, l'auteur est bien conscient du fait que les observations qui suivent peuvent paraître bien insuffisantes au lecteur spécialiste, ou déjà initié à la géodésie (et elles le sont sûrement), sans pour autant éclairer, comme il se devrait, le lecteur profane... La difficulté est réelle!

Qu'est ce que la Géodésie?

Le mot *géodésie* (du grec *geodaisia* : littéralement, partage de la Terre), désigne la science qui a pour objet l'étude, mathématique et physique des dimensions de la Terre et de la forme du globe terrestre.

Par son étymologie, le mot *géodésie* est proche parent de *géométrie* de *géographie* et de *géologie*; l'histoire les a, au fond, toujours plus ou moins intimement associés. La géodésie répond, tout au moins à l'origine, à une curiosité première de l'esprit humain : que représente l'espace terrestre dans lequel on vit? Est-il borné? Quelle forme a la Terre? Quelles sont ses dimensions (sans compter sa place) dans l'Univers?

En tout état de cause, ces « Annexes » ont essentiellement trait ici à la *géodésie traditionnelle, classique, de terrain*, mettant en œuvre la *géométrie de la sphère* (triangles sphériques et leur projection plane, dans le procédé de la *triangulation*), la *trigonométrie* sphérique et plane (« résolution » des triangles) et un certain nombre de données géophysiques, relatives à la *gravimétrie* (ou étude de la valeur de la pesanteur *g* et de ses variations à la surface du globe). S'y ajoutent des données astronomiques (par ex. pour la détermination exacte des coordonnées géographiques d'un lieu). On est là à la confluence de la géodésie *géométrique* proprement dite, et de la géodésie *dynamique* – cette dernière ayant ouvert des perspectives intéressantes par ailleurs (par ex. pour la connaissance de la structure interne du globe; cf. P. Bouguer au XVIII^e siècle; les questions touchant à l'isostasie, etc.).

C'est cette géodésie, aux résultats si remarquables, mais qui exigeait un énorme travail de terrain (levés) et de cabinet (calculs), donc une somme d'efforts physiques et intellectuels dont on mesure parfois difficilement l'étendue et les innombrables difficultés, que pratiqua, on l'a vu, P. Helbronner, s'inscrivant ainsi dans une imposante lignée de savants qui s'origine à Ératosthène d'Alexandrie III^e av. J.-C., lequel donna le premier une mesure assez précise pour l'époque (et longtemps inégalée) de la longueur du méridien terrestre (à quoi il ajouta la détermination de l'angle du plan de l'écliptique et une méthode pour une table des nombres entiers).

Mesure d'Ératosthène (221 av. J.-C.), première et célèbre opération géodésique connue

Ératosthène (v. 275- v. 195 av. J.-C.) fut l'un des représentants les plus éminents de l'« l'École d'Alexandrie ». La ville, fondée par Alexandre le Grand, a été un très grand foyer de la civilisation hellénistique. Sa bibliothèque – dont Ératosthène fut un des bibliothécaires – comptait 750 000 volumes; son phare géant était également célèbre (l'une des « Sept merveilles du monde »).

Ératosthène, observe qu'au solstice d'été boréal (21 juin), à midi, les rayons du Soleil (RS sur la figure) éclairent le fond des puits à Syène, (actuellement Assouan, Hte-Egypte), située à peu près sur le tropique du Cancer, auquel les rayons solaires sont

perpendiculaires à cette époque de l'année. Ils se confondent donc avec la verticale (V) à Syène, ce qui leur permet de parvenir au fond des puits. Cf. *figure 14*.

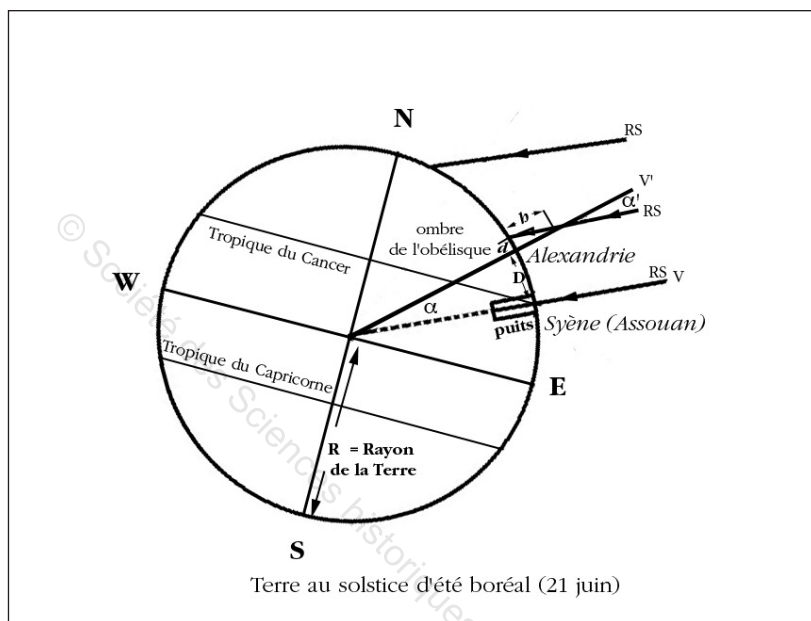


Fig. 14 Principe de la mesure d'Ératosthène (221 av. J.-C.)

Il n'en est pas de même à Alexandrie où, au même moment, les rayons du Soleil font un angle α' avec la verticale (V') d'Alexandrie (ils ne peuvent, dans ces conditions, y éclairer le fond des puits). Au solstice d'été, l'obélisque du même lieu projette une ombre sur le sol.

Ératosthène, supposant la Terre sphérique, mesure l'angle α' à partir de la hauteur de l'obélisque et de la longueur de son ombre. Il trouve $7,1^\circ$, soit $1/50$ de la circonférence terrestre.

On voit que l'angle α' et l'angle α sont égaux comme angles correspondants, déterminés par une même sécante (la verticale V') sur deux droites parallèles, les rayons du Soleil (qu'on admet parallèles, lorsqu'ils parviennent à la Terre, vu la distance qui la sépare du Soleil).

L'arc de cercle Alexandrie-Syène (les deux villes étant à peu près sur le même méridien), a la même valeur en degrés que α .

La distance Alexandrie-Syène était connue d'Ératosthène : $D = 5000$ stades. Il en déduit que la circonférence terrestre vaut : $5000 \times 50 = 250\,000$ stades.

Il y avait plusieurs stades utilisés à cette époque, avec l'équivalence du stade égyptien (157,5 m), on obtient 39690 km; avec celle du stade olympique grec (183 m), 45900 km, soit deux valeurs (la première en particulier) très proche de la réalité (environ 40000 km), et beaucoup plus satisfaisantes que celles de Poseidonios d'Alexandrie, (1^{er} siècle av. J.-C.), ou de Ptolémée au 11^{e} siècle après J.-C.

Il semblerait (mais, la bibliothèque d'Alexandrie ayant été incendiée plusieurs fois, dont une à l'époque de César, les travaux d'Ératosthène ont dû disparaître en grande partie)

qu'Ératosthène ait utilisé le *stade égyptien*, ce qui confère au résultat (comme au principe même) de sa mesure un intérêt tout à fait remarquable et mémorable – compte tenu des moyens d'observation et de mesure de l'époque.

La triangulation, fondement de la géodésie géométrique.

La Terre étant approximativement sphérique, tout travail de géodésie doit nécessairement intégrer cette donnée absolument capitale (c'est, d'ailleurs, ce que l'histoire de la science géodésique fait apparaître depuis ses origines). Un chemin «rectiligne» allant d'un lieu A à un lieu B de la Terre, est en fait approximativement un arc de cercle. Une idée résolument nouvelle fut celle de la *triangulation*. Elle consiste à remplacer la mesure directe de la longueur d'un arc de méridien par sa mesure indirecte au moyen d'un réseau, ou chaîne, de triangles s'articulant sur une portion de ce méridien. En effet, à partir de cette chaîne de triangles adjacents dont les sommets se situent alternativement de part et d'autre de l'arc AB du méridien à mesurer, on obtient, par résolution mathématique des triangles, la longueur de l'arc AB.

Les triangles ont, deux à deux, un côté commun et un sommet sur l'arc de méridien à mesurer. Le premier triangle doit avoir le point A comme sommet et le dernier triangle se terminer en B. À partir de la mesure de la longueur de l'un des côtés du premier triangle et de celles des angles, on détermine, à l'aide des formules de trigonométrie, les côtés de tous les triangles. On abaisse ensuite les hauteurs de tous les triangles sur le segment AB et l'on calcule ainsi les segments [AA'], [A'D'], et, de proche en proche la distance AB.

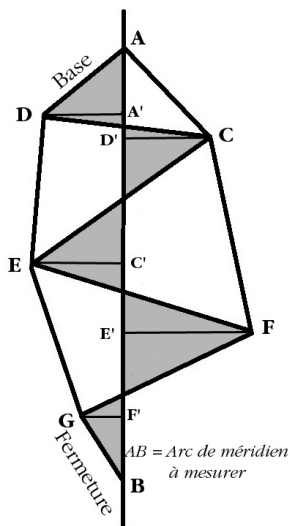


Fig. 15 Principe de la triangulation

Pour ce faire :

- On mesure les coordonnées astronomiques de A et B (longitude et latitude).
- Les sommets des triangles utilisés sont des points visibles – élevés – clochers, sommets bien dégagés, «signaux», mires.
- L'un des côtés (au moins) du premier triangle doit être connu : c'est la «base». Supposons, ici, que c'est [AD] – qu'il faut mesurer avec la maximum de précision (depuis la fin du XIX^e siècle, on a utilisé un fil en «invar», – alliage de fer et de nickel, à très faible dilatation, moins de 1 mm/km). De cette précision dépend le résultat final.
- Au moyen d'instruments optiques, (comme le théodolite, le cercle azimutal, etc.) on procède à la mesure des angles comme $\angle ACD$ et $\angle ADC$.
- On continue avec celle des angles $\angle DCE$ et $\angle DEC$;
- et ainsi de suite...
- Un autre élément essentiel du travail est la «fermeture» qui est la base de contrôle à l'arrivée». Avec

celle de «départ», elles représentent les seules mesures de longueur que l'on effectue sur le terrain. Cette mesure permet de valider les calculs. L'avantage de la triangulation est, qu'au lieu d'avoir à mesurer avec précision de grandes longueurs, on ne doit plus mesurer, au départ, qu'un seul côté d'un triangle beaucoup plus petit et des angles, mesures sujettes à des erreurs bien moindres que des mesures de distances *in situ*. Les for-

mules trigonométriques font le reste. Naturellement, puisque la Terre n'est pas plate, il faut utiliser, en principe, des formules de trigonométrie sphérique. Cependant, pour de petites distances, l'erreur est faible et c'est là, qu'interviennent les calculs de compensation, grâce aux formules dues au mathématicien Adrien Marie Legendre (1752-1833) permettant de corriger ces aléas de précision. Les corrections se font grâce à la « méthode des plus petits carrés » (dite aussi « des moindres carrés », qui « consiste à rendre minimum la somme des carrés (sic) des erreurs », de façon à parvenir à « l'état du système le plus proche de la vérité. » (in J.J. Levallois : *Mesurer la Terre*, op. cit.)

On doit aussi à Legendre une formule qui permet de calculer un triangle géodésique (sphérique) comme un triangle plan de mêmes longueurs de côtés, en retranchant à chaque angle le tiers de l'excès sphérique (M. Dupuy, H.-M. Dufour, *La géodésie*, « Que sais-je? », p. 47). Cf. aussi le théorème de Gauss (*ibid.*).

Une triangulation peut être de plusieurs « ordres ». La première, dans le déroulement des opérations, est dite de « premier ordre », ou « primordiale » (côtés des triangles entre 30 et 50 km). Viennent ensuite les triangulations de 2^e ordre, 3^e ordre, 4^e ordre (côtés de quelques km), plus détaillées.

On notera aussi que la *méridienne* d'un lieu est l'intersection de la surface terrestre avec le plan méridien du lieu. En France, la *méridienne* passe par l'observatoire de Paris (elle est à un peu plus de 2° de longitude à l'W du méridien de Greenwich à Londres). C'est sur elle que s'articule la NTF (Nouvelle triangulation française).

La forme de la Terre : rotondité, ellipsoïde de révolution et géoïde.

Pour ce qui est de la *forme* de notre planète, les hypothèses – ou considérations – les plus diverses eurent longtemps cours. Pour Homère, la Terre est un disque plat autour duquel coule le fleuve Océan; pour Hésiode (VIII^e s. av. J.-C.) aussi, il s'agit d'un disque, flottant sur les « eaux primordiales »; Anaximandre (VII^e s. av. J.-C.), Anaxagore et Démocrite (V^e) se la représentent cylindrique.

Si Thalès de Milet (VII^e s. av. J.-C.) avait affirmé que la Terre est sphérique, il semble bien que ce soit Aristote (IV^e s. av. J.-C.) qui, sur une intuition de Pythagore (?), en ait apporté la preuve, à partir de l'ombre-portée de la Terre sur la Lune, lors des éclipses de Lune (les contours de l'ombre de la Terre sur la surface lunaire sont constamment circulaires, ce qui ne peut s'expliquer que si le corps – la Terre – qui en est l'origine, est sphérique, ou sphéroïde).

Près de 2000 ans après, le *voyage de circumnavigation de Magellan* (1519-1521) allait en apporter la preuve concrète (en naviguant droit devant soi, on ne peut revenir à son point de départ sur une Terre plate).

Depuis la seconde moitié du XX^e siècle, les photographies prises par le moyen des satellites (et, un peu avant, par des fusées), celles des cosmonautes (Gagarine, 1961, White, 1965), sans compter les moyens satellitaires, le G.P.S. : « *Global Positionning System* », années 1970, U.S.A.), allaient balayer les dernières parcelles de doute qui pouvaient subsister quant à la rotondité de la Terre. Pourtant, au début du XX^e siècle encore, l'incrédulité n'avait pas totalement disparu partout (et peut-être pas seulement hors d'Europe) en ce domaine. André Cailleux, dans *La Terre et son histoire* (op. cit., 1978), rapporte une curieuse anecdote : « En 1920, un vieux sage afghan reprochait à un géologue français d'enseigner que la Terre est ronde : *Tu es jeune. Si tu avais fait, comme moi, le voyage de Kaboul à Téhéran, tu en aurais traversé des chaînes de montagnes et des vallées profondes ! Et tu saurais que la Terre n'est pas ronde !* ». Il eût pourtant suffi que le diamètre de notre globe fût seulement égal à la moitié de ce qu'il est

réellement, pour que l'affirmation erronée ou le simple doute n'aient jamais effleuré l'esprit de l'observateur le moins curieux, du fait même, alors, de l'évidente courbure apparente de l'horizon. (Cf. sur la Lune).

Signalons, au passage, que la *situation de la Terre dans l'espace* avait, au XVI^e siècle en particulier, suscité de vifs débats entre partisans du *géocentrisme* (la Terre fixe, au centre de l'Univers, étoiles, Soleil et planètes tournant autour d'elle : c'est le «mouvement apparent», le seul qui tombe d'emblée sous le sens...) et partisans de l'*héliocentrisme* (Terre et autres planètes tournant sur des *orbites* autour du Soleil), qui allaient l'emporter avec Copernic (1473-1543) et Galilée (1564-1642) qui s'était rallié aux idées de Copernic (ce qui lui valut des démêlés avec l'Eglise, attachée au Géocentrisme de Ptolémée, que l'on prétendait plus conforme aux Ecritures). Kepler (1571-1630) énoncera les trois lois qui régissent le mouvement de révolution des planètes.

La rotation de la Terre sur elle-même, selon l'axe des pôles, incliné de 23° 27' environ sur le plan de l'écliptique [rotation qui ne sera vraiment prouvée que par la fameuse expérience de Foucault au Panthéon (1851), l'existence du tourbillon, étudié par Descartes (1596-1650), lié à la «force axifuge» de la Terre, allant dans le même sens; de même que l'observation du gyroscope qui concilie rotation et révolution terrestres], n'est pas sans conséquences non plus en géodésie; et d'abord en ce qui concerne le renflement équatorial de notre planète, dont la force axifuge (terme plus exact que centrifuge), intervenant sur une masse fluide (à l'origine), rend compte, ce qui fait de la Terre un *ellipsoïde de révolution*, très voisin, certes, d'une sphère (rayon équatorial : 6378 km env.; rayon polaire : 6356 km env.). D'où un «indice d'aplatissement» de 1/297 si l'on s'en tient à l'ellipsoïde de Hayford (1909), 1/298,247 si l'on se réfère à l'ellipsoïde G.R.S. (données satellitaires) de 1967, valeurs très faibles dans les deux cas, mais non négligeables dans leurs conséquences géodésiques (Newton avait trouvé 1/230).

La démonstration du caractère elliptique de la forme de la Terre résulta – non sans débats prolongés – de la confrontation des mesures purement géodésiques *in situ*, effectuées sur des arcs de méridien donnés et avec l'aide de la triangulation, mise en œuvre pour la première fois par le hollandais Snellius (Willebrord Snell Van Royen, 1560-1626), en 1617 ou 1621 (arc Berg-op-Zoom – Alkmaar), avec les mesures gravimétriques, fondées sur les oscillations du pendule en différents points d'un méridien donné, la formule de base étant :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

où *T* est la «période» (ampleur de l'oscillation du pendule), *L*, la longueur du fil du pendule et *g* l'accélération de la pesanteur.

Si la valeur de *T* est plus grande, c'est que *g* est plus faible. C'est ce que l'on observe quand on se rapproche de l'Equateur (le rayon terrestre *y* est donc plus grand; d'où l'intérêt de la base de Kourou, en Guyane, pour le lancement des satellites).

En France, alors que J. Cassini soutenait que la Terre était renflée selon l'axe des pôles, les travaux, notamment de Picard (1620-1682), de Delambre (1749-1822), de César-François Cassini de Thury (1714-1784), fils du précédent; les expéditions de Clairaut (1713-1765) et Maupertuis (1698-1759) en Laponie; de P. Bouguer (1698-1758), de Jussieu (1704-1779), de La Condamine (1701-1774) au Pérou; de l'abbé de La Caille (1713-1762) au Cap de Bonne-Espérance, confirmèrent l'aplatissement de la Terre selon les pôles, comme Newton (1642-1727) l'avait établi avec ses lois sur «la gravitation universelle» et la célèbre formule :

$$F = K \cdot \frac{MM'}{D^2}$$

(F = force d'attraction entre deux masses M et M' ; D = distance les séparant; K = constante de la gravitation universelle). D'où, à l'époque, à Paris, des «lazzi» du genre : «Maupertuis a aplati le Globe mais aussi les Cassini» ou bien (Voltaire) à propos de la Condamine, Clairaut et Maupertuis, qu'ils étaient allés «chercher en des lieux pleins d'ennui / ce que Newton trouvait sans sortir de chez lui» (ce qui ne témoignait pas d'un sens aigu de la méthode expérimentale, car sans la comparaison des oscillations du pendule à Cayenne et à Paris, c'est-à-dire à des latitudes suffisamment distantes, on n'aurait pu démontrer gravimétriquement l'aplatissement terrestre) et confirmer les calculs des géodésiens cités plus haut).

L'ellipsoïde étant irrégulier, on a dû imaginer une forme idéalement «lisse», afin de définir correctement la verticale en un lieu donné : cette forme est le *géôïde* défini par la surface des océans qui se prolongerait sous les continents, avec la même propriété dynamique. «En tout point, le géôïde doit être orthogonal à la force de pesanteur, et réciproquement» (A. Cailleux, «La Terre et son histoire», p. 25). En fait, il en résulte une infinité de surfaces possédant cette même propriété : elles sont dites «*équipotentielles*», si bien que «le géôïde est la surface équipotentielle d'altitude zéro», par définition (*ibid.*) et que «la verticale d'un lieu est la droite perpendiculaire au géôïde en ce lieu» (*ibid.*). D'où, les variations de la verticale (auxquelles Helbronner avait attaché beaucoup d'importance, en Corse notamment).

En fait, il a fallu envisager un *ellipsoïde de référence*, se rapprochant le plus possible du géôïde et qui sert d'intermédiaire de calcul, de telle sorte que la verticale en un point fondamental de l'ellipsoïde coïncide avec la verticale physique calculée astronomiquement. À partir de ce point, la géodésie classique et – ou – spatiale, fait le reste, en opérant nivellement (= mesure des hauteurs) et planimétrie (= mesure des surfaces). Il est bien entendu que tout point du réseau ainsi construit se définit par ses «coordonnées cartésiennes» (du nom de Descartes, qui les a énoncées) et ses coordonnées «ellipsoïdiques». Les premières utilisent pour repère un système d'axes orthonormés, où se rattachent *abscisse*, *ordonnée* et *cote* dans un espace à trois dimensions; les secondes sont calculées par rapport à la normale menée à un ellipsoïde de révolution théorique; ce sont la *latitude*, la *longitude*, l'*altitude*, définies à partir de l'ellipsoïde de référence.

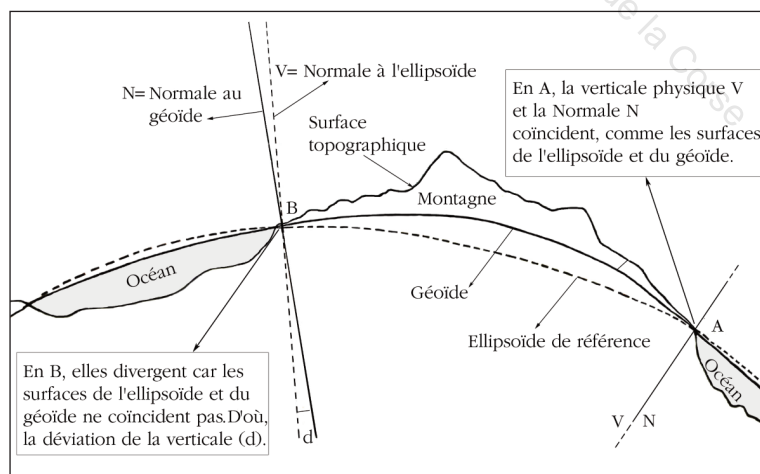


Fig. 14 Ellipsoïde de référence, géoïde et déviation de la verticale

Point et azimut de Laplace. (D'après Thibault-Martin PREVEL, «Glossaire topo-cartographique», <http://www.martinprevel.fr>).

Dans les réalisations géodésiques qui comportent «un point fondamental», tous les autres points ont été calculés de proche en proche, par triangulation, à partir de celui-ci et non à partir de mesures astronomiques.

Sur certains points du réseau, appelés «*points de Laplace*», on a effectué cependant des mesures astronomiques pour réorienter les figures géodésiques.

Ces mesures sont utilisées, non pour calculer la position du point mais pour déterminer l'image de la verticale physique en ce point et en déduire un *azimut astronomique* ramené au trièdre géodésique local. On met alors en évidence la *déviations relative* de la verticale (en ce lieu), laquelle est en général très faible (rarement supérieure à 1/10 000 de radian, soit 0,0064 gr. L'azimut de Laplace est l'azimut ainsi calculé. (Jusqu'à l'apparition des satellites, tout ensemble de coordonnées géodésiques ou système géodésique, nécessitait – au moins en un point – que l'on prît pour coordonnées géodésiques les coordonnées astronomiques observées).

Quelques indications bibliographiques.

Pour ceux qui voudraient approfondir un peu plus les notions touchant à la Géodésie.

- *La terre et son histoire*, par A. CAILLEUX, «Que Sais-je?», 1978 (et éditions antérieures par L. RUDAUX *et al.*).
- *La Géodésie*, par M. DUPUY et H.-M. DUFOUR, «Que Sais-je?», 1964.
- *La Cartographie*, par F. JOLY, «Que Sais-je?», 1985 (édition antérieure par André LIBAULT, 1972).
- *Mesurer la Terre, 300 ans de géodésie française*, par J.-J. LEVALLOIS, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1988, Paris (ouvrage très complet).
- *Géodésie, topographie et Cartographie*, par C. BREZINSKI, SABIX 2008. (<http://sabix.org/bulletin/b39/geodesie.htm1>) – Bulletin de l'École polytechnique. Mise au point claire et illustrée, facile à consulter en ligne. Abondante bibliographie.
- Internet, site de Thibault-Martin PREVEL, «Glossaire topo-cartographique», (<http://www.martinprevel.fr>).

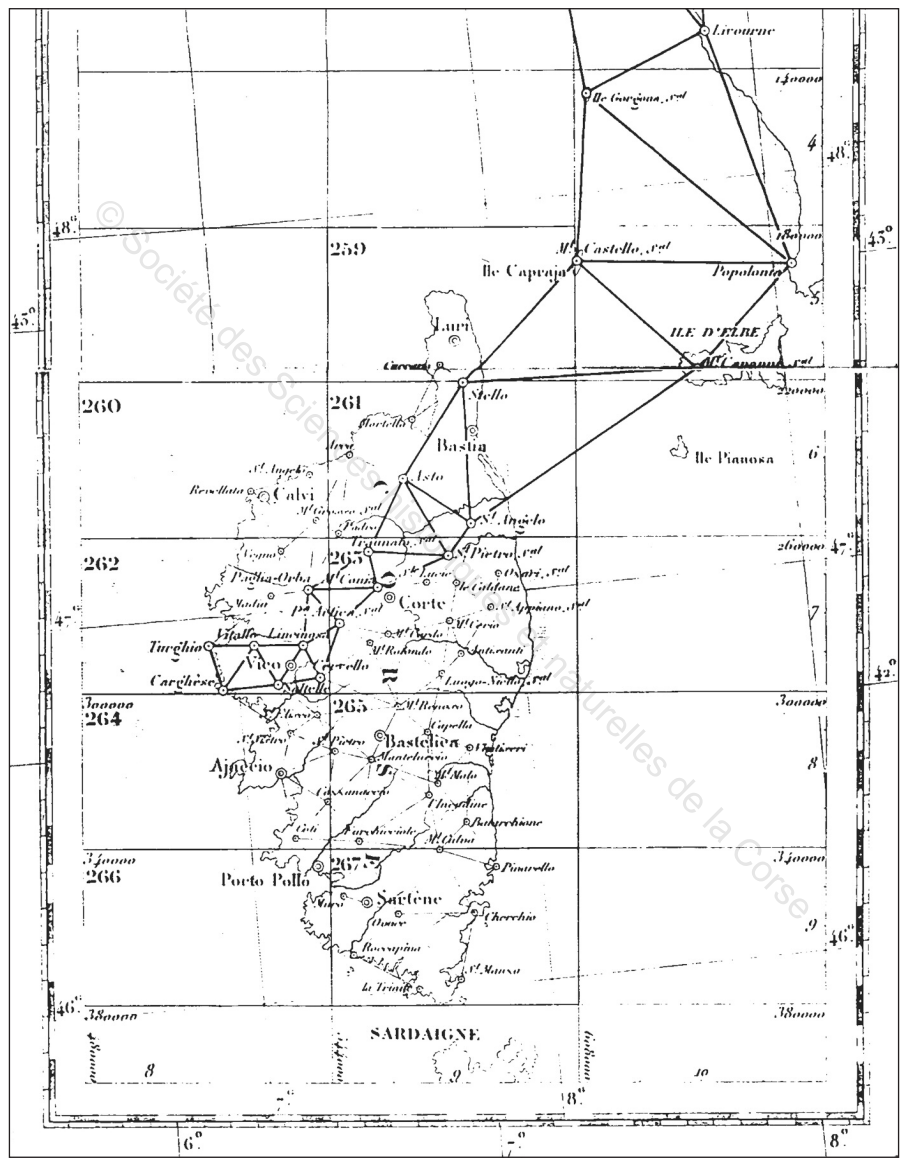


Fig. 15 Le rattachement géodésique de la Corse à L'Italie par Tranchot (1773-1790)

© Société des Sciences historiques et naturelles de la Corse