

Les premières déterminations d'altitudes des sommets des Pyrénées

■ Raymond D'HOLLANDER

1. Introduction

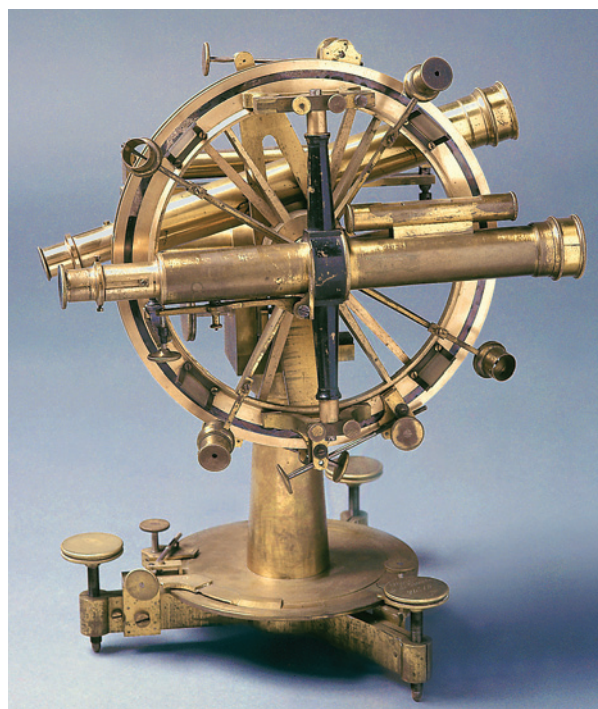
A la fin du siècle des lumières et jusqu'en 1816 on dénombre pour les sommets des Pyrénées :

- des déterminations d'altitudes assez précises mais qui ne seront publiées qu'en 1877,
- des déterminations d'altitudes imprécises, voire mauvaises.

On ne sut qu'en 1817 que le sommet des Pyrénées est le Nethou (Pic d'Aneto), dont l'altitude fut déterminée avec une erreur de 78 m.

Le grand pyrénéiste Ramond avait toujours cru, même après 1817, à la suprématie du Mont Perdu, car il est constitué de calcaires et qu'en principe ceux-ci, roches sédimentaires, se trouvent au dessus des granites et en particulier au dessus de ceux du massif de la Maladetta.

Il faut attendre la triangulation de la chaîne des Pyrénées par les ingénieurs géographes pour connaître après 1827 les premières altitudes précises des grands sommets pyrénéens.



© Menet/IGN, DR

Cercle répétiteur de Gambey n°15, Paris 1825.

2. Procédés utilisés pour la détermination des altitudes

■ 2.1. Le nivellement trigonométrique ou géodésique

Soient deux points A et B dont on veut mesurer la dénivellée dn_A^B . Soit Dh_1 la distance horizontale entre ces deux points, soit i_1 l'angle vertical que fait la visée AB avec la direction de l'horizon. La dénive-

lée entre A et B est (fig. 1) :

$$dn_A^B = Dh_1 \operatorname{tg} i_1$$

Le nivellement trigonométrique comporte deux variantes :

- celui qui est associé à une triangulation (2.1.1.),
- celui qui est effectué en mesurant seulement les angles verticaux sur le terrain et les distances sur une carte (2.1.2.).

2.1.1. Le nivellement trigonométrique ou géodésique associé à la triangulation

Le principe de la triangulation avait été imaginé dès 1533 par le Flamand Gemma Frisius, mais la première triangulation réellement effectuée fut celle réalisée en 1615 aux Pays-Bas par Snellius. Durant près de quatre siècles la méthode de la triangulation

Figure 1

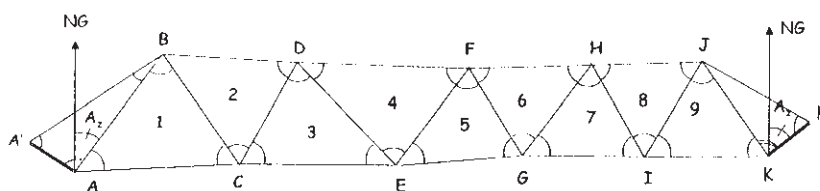
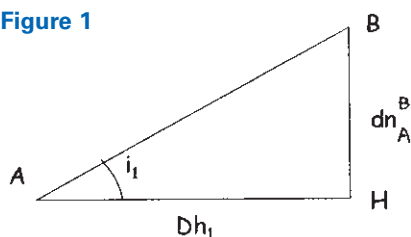


Figure 2 : chaîne de triangulation.

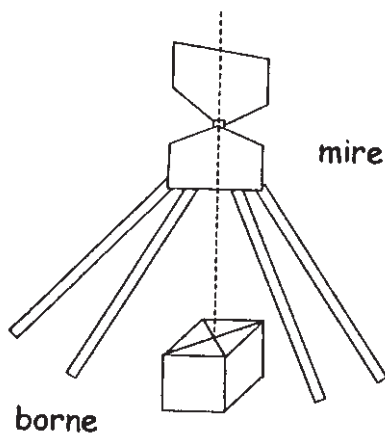


Figure 3

- ■ ■ fut exclusivement utilisée pour établir les canevas des cartes topographiques.

Le principe de la triangulation apparaît sur la figure 2. On recherche dans la zone à cartographier les points hauts, où l'on place des bornes et au dessus de celles-ci on érige des signaux à axe vertical bien défini pour les visées azimutales (fig. 3). Quant aux visées servant à la détermination des altitudes, elles sont faites sur l'un des deux côtés horizontaux des deux panneaux ou à la pointe de ceux-ci. L'axe vertical du signal est centré au dessus de la borne et on centre aussi sur celle-ci un théodolite, avec lequel on mesure les angles horizontaux et verticaux. Sur la figure 2 les angles horizontaux mesurés sont ceux des neuf triangles numérotés 1 à 9 et des deux triangles terminaux AA'B et KK'J. On ne mesure que les longueurs AA'et KK' que l'on appelle *bases aéodésiques*.

Dans le triangle AA'B la connaissance de AA' et des angles en A et A' permet de calculer la longueur du premier côté AB. Dans le triangle ABC la longueur AB étant connue, de même que les angles en A, B, C, on peut calculer les longueurs AC et BC. Dans le triangle 2 la connaissance de BC et des trois angles permet de calculer BD et CD, cette dernière longueur servant à calculer les longueurs DE et CE dans le triangle 3 et ainsi de suite... On obtient finalement par le calcul la longueur de la 2^e base (KK')_e. On compare celle-ci à celle obtenue par la mesure directe de KK'. La différence (KK')_e - (KK') doit être faible. L'obtention de cette différence constitue ce qu'on appelle *l'accord des*

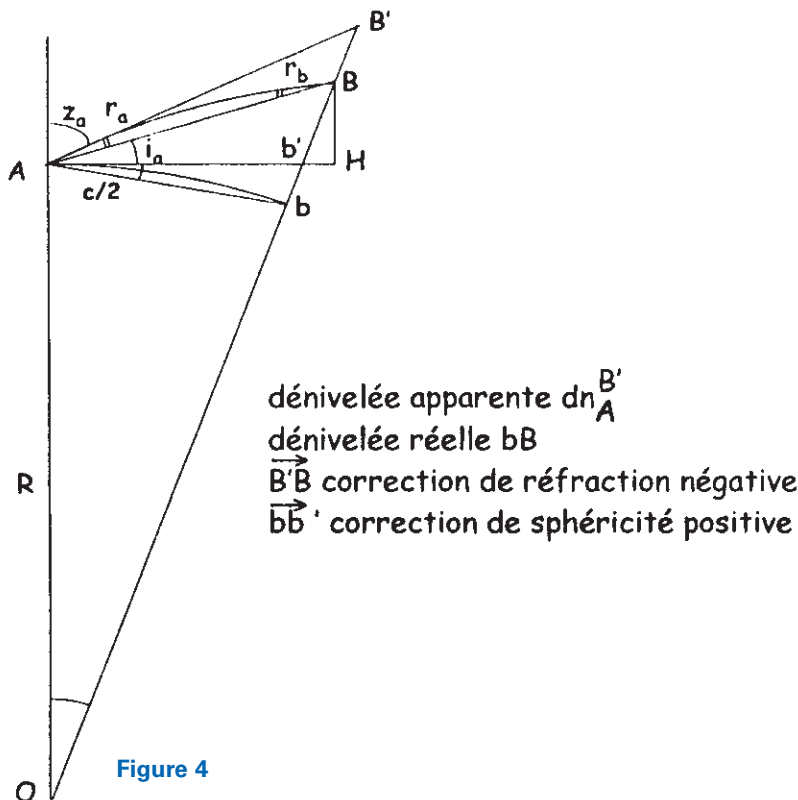


Figure 4

bases. En même temps que l'on mesure les angles horizontaux, on procède à la mesure des angles verticaux, par exemple i_1 pour le côté AB. Si Dh_1 est la longueur de ce côté, on obtient la dénivelée : $dn_A^B = Dh_1 \text{ tg } i_1$. On calcule de même les dénivelées entre B et C, entre C et D, etc. Si on connaît l'altitude du point de départ HA, on pourra en déduire par l'enchaînement AB, BC, CD,... JK l'altitude du point K :

$$(Hk)_e = HA + dn_A^B + dn_B^C + \dots dn_L^K$$

Si on connaît l'altitude H_K du point d'arrivée, on forme la différence :
 $fa = (H_K)_e - H_K$, qui constitue *l'écart de fermeture altimétrique*, qui doit être faible.

Il est préférable d'utiliser l'adjectif *trigonométrique* pour les côtés courts, l'adjectif *géodésique* s'appliquant à des côtés longs, pour lesquels il y a lieu de tenir compte de la courbure terrestre et de la réfraction atmosphérique, qui courbe les rayons lumineux entre A et B. L'angle que fait la tangente à la courbe du rayon lumineux avec la corde correspondante est l'*angle de réfraction* r qui peut varier de façon sensible dans le courant de la journée et sous l'influence des conditions météo-

rologiques ; il croît aussi avec la longueur de la visée. Dans ces conditions, sur la figure 4, le point B est vu dans la direction AB' ; il faut faire une correction négative amenant B'en B, que l'on appelle la *correction de réfraction*.

Si on opère à longue distance, il faut tenir compte du fait que la surface de niveau qui passe par A n'est pas un plan horizontal, mais une surface complexe, que pour simplifier on assimile à une sphère dont le rayon a pour grandeur la valeur moyenne du rayon terrestre : environ 6 400 km. Si la surface de niveau qui passe par A rencontre la verticale de B en b, la dénivellée correcte est bB alors que l'on calcule HB, très proche de b'B (fig. 4), de sorte qu'il faut apporter à la dénivellée HB une correction voisine de bb', que l'on appelle la *correction de sphéricité*, qui est positive.

Pour s'affranchir autant que possible des aléas de la réfraction atmosphérique, on s'astreint à opérer à des heures comprises entre 10 heures et 16 heures (solaires) en excluant les visées de début de matinée ou de fin d'après-midi. On répartit les observations des angles verticaux sur plusieurs jours et on prend des moyennes. On

montre qu'on améliore la précision des résultats en effectuant des visées réciproques et si possible simultanées.

2.1.2. Le nivellement trigonométrique ou géodésique lorsque la distance est mesurée sur une carte

Pour la détermination des altitudes des sommets des Pyrénées, on a plusieurs fois mesuré les angles verticaux sur le terrain en prenant les distances horizontales : soit sur la carte de Cassini, soit en déterminant la position des points visés à partir des points connus par des observations au graphomètre ou à la planchette. La carte de Cassini est à l'échelle 1 : 86 400, de sorte qu'un millimètre sur la carte représente 86,40 m sur le terrain. La mesure sur la carte se faisant avec une certaine erreur, celle-ci se répercutait sur la mesure de la dénivelée et cela d'autant plus que la visée était plus inclinée.

2.2 Le nivellement barométrique

En 1643, *Toricelli* effectue sa fameuse expérience avec un tube à mercure, expérience connue à Paris en 1644. En 1647, *Pascal* publie ses "Expériences nouvelles touchant le vide". Pour lui, une colonne barométrique d'eau ou de mercure équilibre le poids de l'atmosphère ; partant de ce principe, il conçoit en novembre 1647 sa célèbre expérience du Puy-de-Dôme et il propose à son beau-frère *Périer* de l'exécuter. Il s'agit de vérifier que l'épaisseur de l'air étant moindre, la colonne de mercure montait moins haut au sommet du Puy-de-Dôme qu'à son pied à Clermont-Ferrand.

L'expérience réalisée le 19 septembre 1648 confirme l'hypothèse de Pascal. A Clermont-Ferrand la hauteur du mercure est 26°3'5 soit 71,2 cm, au sommet du Puy-de-Dôme, la hauteur du mercure est de 23°2'0 soit 62,7 cm. Le principe du *nivellement barométrique* était né. Il suffit de mesurer la pression atmosphérique et d'autres paramètres aux deux points A et B dont on veut connaître la dénivelée. A la fin du XVII^e siècle et au cours du XVIII^e siècle on utilisa plusieurs formules donnant la dénivelée en fonction des pressions observées, en attendant qu'au début du XIX^e siècle le grand mathématicien *Laplace* établisse la for-

mule barométrique qui porte son nom. Donnée d'abord avec une certaine valeur d'un coefficient, le fin baromètreur qu'était *Ramond*, le célèbre pyrénéiste, arriva à persuader Laplace qu'il devait modifier le coefficient qui intervenait dans la formule.

Pour obtenir des résultats corrects, il faut s'affranchir des variations de pression dues aux conditions météorologiques. Il ne faut pas opérer ni aux heures matinales ni aux heures de la soirée. Il faut faire les mesures de pression aux points dont on veut obtenir la dénivelée au même instant, ce qui nécessite deux opérateurs opérant simultanément avec deux baromètres différents.

2.3 Le nivellement direct ou de précision

Le nivellement direct, qualifié aussi de géométrique ou de nivellement de précision, comporte l'exécution d'une série de *nivelées* au niveau, telles que celle entre P et Q (fig. 5). A mi-distance de P et Q, on place un *niveau à lunette*, composé essentiellement d'une *lunette* et d'une *nivelles* mobiles autour d'un axe vertical. La nivelles s'apparente à celle d'un niveau de maçon. Lorsqu'on cale la bulle de la nivelles, on rend l'axe optique de la lunette horizontal. Aux deux points P et Q on place des *mires parlantes* comportant des plages centimétriques de couleurs alternées et des graduations décimétriques ; les mires sont dressées verticalement par

des porte-mires. Après avoir calé la bulle, on effectue la visée arrière sur la mire placée en P ; sur le fil horizontal de la lunette on lit la graduation p de hauteur Pp. On tourne le niveau de 180° et on vise la mire avant placée en Q ; après avoir calé la bulle, on lit sur le fil horizontal de la lunette la graduation Q de hauteur Qq. La dénivelée entre P et Q est : $dn_p = Pp - Qq$.

Pour déterminer un ensemble d'altitudes au niveau le long d'un itinéraire, on effectue un *cheminement* comportant plusieurs nivelées telles que celle entre P et Q. On part d'un point A d'altitude connue. On calcule de proche en proche les altitudes des différents points de station des mires... P, Q..., on aboutit à un point B d'altitude connue H_B. La différence entre l'altitude obtenue par le cheminement (H_B)_e et H_B constitue l'*écart de fermeture altimétrique* du cheminement, qui doit être faible.

3. Les déterminations d'altitudes des sommets pyrénéens par les précurseurs

La première mesure de dénivelée au baromètre semble être celle effectuée en 1774 par *Darcet* et *Gaspard Monge* entre le Pic d'Ayré et Luz. La dénivelée obtenue en toises, convertie en mètres, était : 1 708 m.

On note ensuite par nivellement trigonométrique et mesure des distances

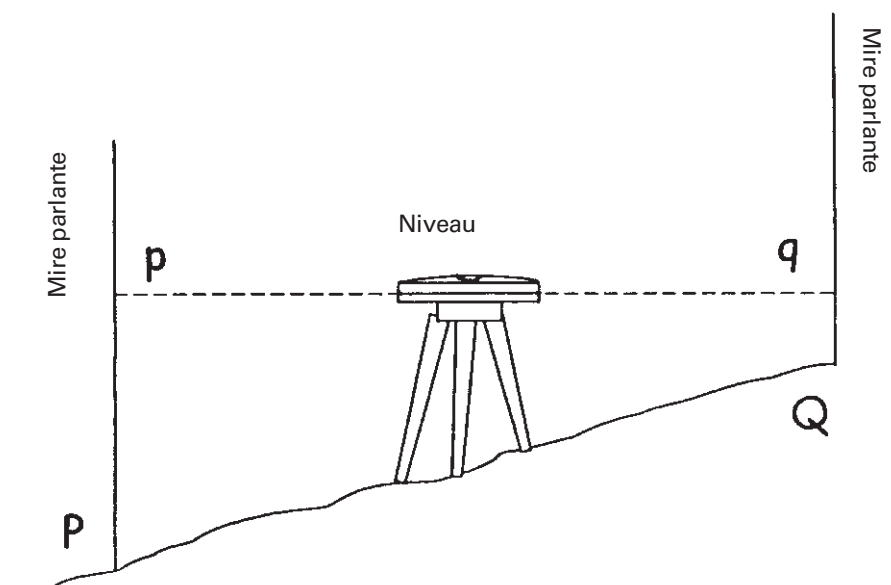


Figure 5

- sur la carte de Cassini (voir 2.1.2) les altitudes suivantes, obtenues en 1775, converties de toises en mètres :
 - pour le Vignemale 3 700 m, au lieu de 3 298 m, par Laroche,
 - pour le Pic du Midi d'Ossau 2 887 m, au lieu de 2 884 m, par Flamichon,
 - pour le Pic du Midi de Bigorre 2 855 m, au lieu de 2 877 m (1), par Flamichon aussi,
 - pour le Canigou 2 813 m, au lieu de 2 784 m, par Rocheblave.

4. Les déterminations d'altitudes des sommets par la Commission de délimitation de la frontière avec l'Espagne de 1786 à 1795

Cette commission était composée de huit Français et de huit Espagnols, dont les chevilles ouvrières pour la détermination des altitudes furent : du côté français l'ingénieur géodésien *Junker* et du côté espagnol le géodésien *Heredia*.

Ces deux ingénieurs étrennèrent un instrument de mesure d'angles horizontaux et verticaux révolutionnaire pour l'époque : *le cercle répétiteur de Borda* (2), qu'utiliseront par la suite *Delambre* et *Méchain* dans les travaux de triangulation de la Méridienne de France, qui ont été à la base du système métrique. Ce cercle répétiteur appelé "cercle entier" par Junker, par opposition aux quarts de cercle utilisés jusqu'alors, comporte deux lunettes et un seul cercle gradué que l'on peut rendre vertical ou placer dans le plan des deux visées faites depuis la station. L'angle de l'espace ainsi mesuré doit être ensuite réduit à l'horizon avant les calculs. Ce cercle permet d'appliquer le procédé de la *répétition*, qui consiste à juxtaposer sur le cercle gradué plusieurs fois l'angle à mesurer, en ne faisant qu'une lecture de graduation initiale et une finale. Avec 10 répétitions on obtient un angle pour lequel l'erreur de graduation du cercle et aussi l'erreur de lecture sont divisées par 10. On conçoit l'amélioration de précision qui en résulte. Les déterminations d'altitudes ont été effectuées par nivellement trigonométrique associé à une triangulation. Les ingénieurs ont pris de grandes précautions pour s'affranchir des aléas

de la réfraction atmosphérique, en effectuant la plupart du temps des visées réciproques, non simultanées, mais à des jours différents aux mêmes heures de la journée. Junker est parti du niveau des marées de vives eaux à St Jean de Luz ; pour comparer les altitudes obtenues aux altitudes modernes il faut tenir compte du décalage entre le niveau des marées de vives eaux et le niveau moyen de l'Atlantique par rapport auquel se rapportent les altitudes actuelles. En convertissant les toises en mètres et en tenant compte de ce décalage, on observe des résultats assez précis dans le Pays Basque. Les écarts se situent entre 0 et 5 mètres sauf en ce qui concerne le Mendaour pour lequel l'écart est de - 11 m et le Mendilaz pour lequel l'écart est de + 9 m.

Les résultats deviennent moins précis au fur et à mesure que l'on s'écarte de l'Atlantique. Dans la zone comprise entre la limite du Pays Basque et le Mont Perdu la plupart des écarts sont compris entre 0 et 10 mètres, avec toutefois - 14 m pour le Pic d'Anie, 72 m pour le Vignemale et 81 m pour le Pic du Midi de Bigorre. On se perd en conjectures sur les raisons de ces deux importants écarts : fautes de calcul ? fautes de report des altitudes dans la publication qu'en a faite le capitaine du génie *Prudent* dans l'*Annuaire du Club Alpin* de 1877 ? Les altitudes ont été portées sur une carte de "Construction à l'échelle du 1 : 200 000 de la triangulation exécutée de 1786 à 1795 sur la frontière des Pyrénées par les ingénieurs géographes des Camps et Armées". Les travaux de terrain furent interrompus en 1793 par la chute de *Robespierre*. Prévus tout le long de la chaîne des Pyrénées, ils s'arrêtèrent dans la région du Mont Perdu. La commission fut dissoute en 1795 et les altitudes obtenues ne furent publiées qu'en 1877, donc 82 ans plus tard.

5. Les déterminations d'altitudes des sommets pyrénéens par Vidal et Reboul de 1786 à 1816

En 1790 *Vidal* (3) et *Reboul* (4) publient dans les "Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Toulouse" un article intitulé "Exposition d'un nivelle-

ment fait dans les Pyrénées pendant les mois de Juillet et Août 1787". Ils y exposent les opérations de nivellement direct au niveau effectuées entre le château de Sarniguet à 10 km au nord de Tarbes et le Pic du Midi de Bigorre, "embrassant un espace vertical" de 2 670 m sur une "ligne horizontale" de plus de 78 km, de façon à réaliser une "montagne graduée" permettant de déterminer la hauteur des lieux par simples observations "barométriques". La méthode utilisée s'apparente à celle décrite dans 2.3 pour un *cheminement*, mais en fait il s'agit de ce qu'en topométrie on appelle une *antenne*, car il n'y a pas de fermeture altimétrique. Les auteurs indiquent qu'ils faisaient leurs observations sur les mires parlantes avec deux "niveaux" identiques placés entre les mires et en contrôlaient au fur et à mesure les résultats. Ils continuaient lorsque ceux-ci concordaient aux erreurs d'observation inévitables près et recommençaient leurs observations dans le cas contraire. Dans la dénivelée entre Sarniguet et le Pic du Midi l'écart entre la dénivelée totale de Reboul et celle de Vidal, convertie en mètres, est de 0,47 m, ce qui peut laisser croire à des observations assez précises, compte tenu de la longueur de l'antenne : 78 km. En fait, l'erreur sur cette dénivelée est de 48,5 m ce qui est considérable pour un nivellement considéré comme de précision. La cause de cette grossière erreur semble provenir des "niveaux". Ceux-ci, construits par Vidal, étaient des instruments composites, pouvant par rotation de la lunette dans un plan vertical mesurer aussi des angles verticaux ; c'étaient donc des *niveaux-éclimètres* dont le réglage devait être difficile.

Dans une note de bas de page ils indiquent : "*ce n'est pas à la vallée d'Aran qu'appartiennent les sommets les plus élevés* (5), *comme l'attestent quelques voyageurs*". Ils concluent leurs notes par : "*enfin que celui qui domine toute cette partie de la chaîne : le Mont Perdu ne surpasse le Pic du Midi que de 153 toises*", soit 298 m (en fait l'écart est de 479 m).

- En 1789 Vidal calcule les altitudes des plus grands pics pyrénéens. Pour le

sommet des Pyrénées, il y a doute entre le Mont Perdu et la Maladetta, le Posets est 3°, le Vignemale 4°.

- En 1817 Reboul seul publie dans les *Annales de chimie et de physique* un article de 26 pages intitulé "Nivellement des principaux sommets de la chaîne des Pyrénées". Il utilise le procédé de nivellement trigonométrique décrit en 2.1.2. Les distances horizontales sont arrondies à la centaine de toises la plus voisine, l'erreur sur la distance est donc au plus de 50 toises soit 97,45 m. Pour une visée de pente 10 % l'erreur correspondante sur la dénivelée est 9,7 m. L'article donne les résultats obtenus pour 51 sommets.

Le sommet du Pic du Midi a pour altitude 1 493 toises soit 2 909 m, d'où une erreur de $2\,909 - 2\,877 (6) = 32$ m. Cette altitude de 2 909 m est obtenue de la façon suivante :

- 1) Reboul part de l'altitude d'un bief du canal du Midi situé à Toulouse, altitude déterminée avec précision par les ingénieurs de Riquet par rapport à la Méditerranée ;
- 2) à cette altitude il ajoute, d'une part la dénivelée entre le bief du canal du Midi et Sarniguet déterminée au baromètre avec une erreur de - 10,5 m, d'autre part, la dénivelée entre Sarniguet et le Pic du Midi, fautive de + 48,5 m comme nous l'avons vu ci-dessus. Dans la somme de ces deux dénivelées, il y a compensation, ramenant l'erreur à : $+ 48,5 - 10,5 = 38$ m ;
- 3) Reboul a l'idée saugrenue de faire intervenir la dénivelée entre le Canigou et le Pic du Midi mesurée depuis Toulouse avec des visées de plus de 100 km de long ;
- 4) Reboul fait intervenir une altitude obtenue à Tarbes ;
- 5) Il effectue enfin une sorte de moyenne pondérée de tous ces résultats donnant finalement au Pic du Midi une altitude fautive de 32 m ; la chance a voulu que les opérations 3) et 4) ramènent l'erreur de 38 m à 32 m.

Voici les résultats concernant les cinq plus hauts sommets des Pyrénées :

- Néthou 3 482 m, au lieu de 3 404 m, écart + 78 m ;
- Posets 3 437 m, au lieu de 3 367 m, écart + 70 m ;

- Mont Perdu 3 404 m, au lieu de 3 355 m, écart + 49 m ;
- Cylindre 3 369 m, au lieu de 3 328 m, écart + 41 m ;
- Vignemale 3 353 m, au lieu de 3 298 m, écart + 55 m.

On observe des écarts encore plus élevés sur :

- Le Pic des Crabioules occidental 3 215 m, au lieu de 3 116 m, écart + 99 m ;
- Pic de Rious ou Montarto d'Aran 2 940 m, au lieu de 2 826 m, écart + 114 m ;
- Montcalm 3 250 m, au lieu de 3 078 m, écart + 172 m.

Ces écarts systématiquement positifs proviennent essentiellement de l'instrument composite niveau-éclimètre utilisé, mesurant les angles verticaux avec une erreur systématique et avec une précision nettement insuffisante et accessoirement du manque de précautions prises pour s'affranchir de l'effet de la réfraction atmosphérique sur des visées souvent trop longues. Reboul a eu la chance de classer correctement en tête le Pic oriental de la Maladetta qu'il baptise *Néthou* (avec un h), francisation d'Aneto, nom du village espagnol le plus proche. Pour l'altitude de celui-ci il prend la moyenne entre une détermination de 1766 toises et une autre de 1 809 toises, soit 43 toises d'écart ou 84 m. D'autres moyennes sont calculées dans des conditions comparables. Les contemporains de Reboul, dont Ramond, pouvaient ainsi, d'après la publication de 1817, avoir une idée de la mauvaise qualité des résultats de Reboul.

6. Les déterminations d'altitudes de Ramond

Ramond fréquenta les Pyrénées à partir de 1787, où il se trouvait à Barèges avec le *cardinal de Rohan*. En montant au Pic du Midi il rencontre cette année là, au lac d'Oncet, Vidal et Reboul effectuant le nivellement au niveau du Pic. Ramond se souviendra longtemps de cette rencontre.

De 1787 à 1798 il parcourt les Pyrénées et procède à des déterminations

diverses d'altitudes. En 1802 il fait l'ascension du Mont Perdu et en détermine l'altitude au baromètre : 3 364 m au lieu de 3 355 m, avec une erreur de seulement 9 m, ce qui est assez remarquable. En 1805 il lit à l'Académie des Sciences son "mémoire barométrique", où il fait état de sa "détermination plus exacte du coefficient de M. de Laplace" (voir 2.2).

En 1815 il fait à l'Institut la lecture d'un mémoire intitulé "Application des nivellements exécutés dans le Puy de Dôme (7) à la géographie physique". Dans une série d'altitudes d'Auvergne il intercale pour comparaisons plusieurs altitudes qu'il a déterminées dans les Pyrénées. Il meurt le 27 mai 1827 ; dans une des dernières notes qu'il a écrites avant sa mort, il se remémore la rencontre qu'il a eue en 1787, donc 40 ans auparavant, au lac d'Oncet, avec Reboul et il s'exprime ainsi à son sujet : "*Il avait un baromètre dont il se servait fort mal, tandis qu'un apothicaire de Barèges lui faisait les observations correspondantes sans rien y comprendre*" (8).

7. Les déterminations barométriques de Parrot en 1817

Le docteur Parrot de Carlsruhe, né en 1791 est d'origine allemande et de nationalité russe. A 20 ans il s'est fixé comme tâche de mesurer barométriquement la limite des neiges éternelles dans le Caucase, les Alpes, les Pyrénées. Outre son projet de déterminer les limites des neiges éternelles des Pyrénées, il se propose d'en étudier la végétation et il veut savoir s'il y a une différence de niveau entre l'Océan Atlantique et la Méditerranée. Le 4 septembre 1817 il se rend à St Jean-de-Luz, le 5 septembre il y lit le baromètre au niveau moyen de l'Atlantique. Il parcourt à pied toute la chaîne pyrénéenne ; il passe par les cols en barométrant toutes les deux heures de sept heures du matin à six heures du soir. La première observation du matin est faite au dernier point déterminé la veille. Ses rapports sont en allemand ; il donne ses altitudes en mètres avec deux décimales, ce qui est évidemment excessif et illusoire.

Contentons nous d'évoquer son ascen-

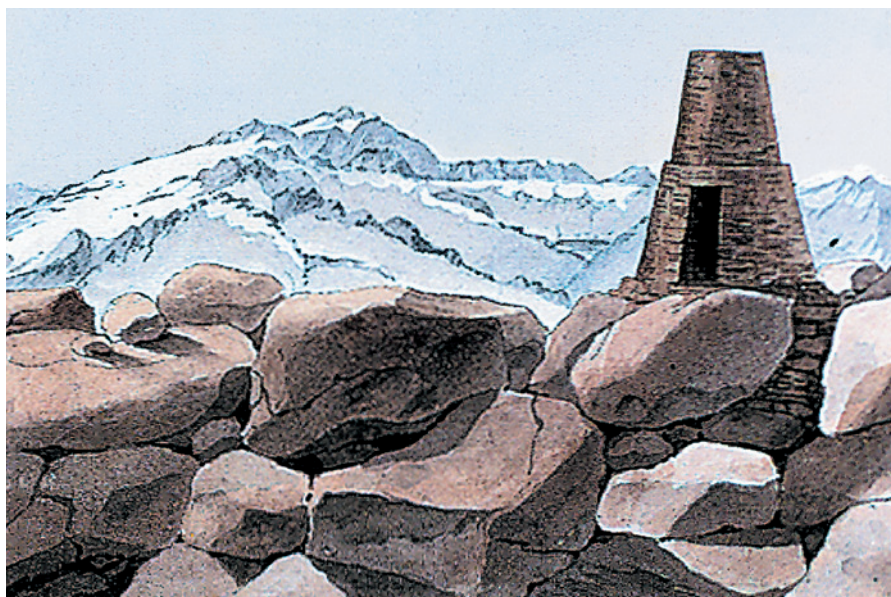
■ ■ ■ sion à la Maladetta avec le guide Pierre Barrau. Après être passé à l'Hospice de France et au Port de Venasque, il bivouaque au lac de Paderne le 29 septembre au soir. Le lendemain il part à cinq heures du matin, détermine l'altitude du glacier de la Maladetta. Il fait l'ascension du "vrai sommet de la Maladetta" ; avec 3 m de rocher terminal, l'altitude est 3 310 m. A propos du Néthou, il s'exprime ainsi : "Il doit avoir 60 m de plus que le Pic de la Maladetta et 20 m de plus que le Mont Perdu" (en réalité, le Néthou dépasse le Mont Perdu de 49 m). Le retour s'effectue rapidement par le port de la Picade, le pas de l'Escalette, l'Hospice de France jusqu'à Luchon, d'où la nouvelle sensationnelle est immédiatement envoyée à Toulouse : "la Maladetta est gravisée" (9).

Parrot n'avait pas le souci exclusif de déterminer des altitudes de sommets ; il détermine aussi des altitudes de cols, de bases de glaciers, de lacs, etc. Il termine son itinéraire le 27 octobre au Canet ; il y fait une observation barométrique au niveau de la Méditerranée et trouve que le niveau de celle-ci est inférieur de 4,10 m à celui de l'Océan Atlantique. On admet actuellement que le niveau de la Méditerranée est inférieur de 0,30 m à celui de l'Atlantique. Dans l'ensemble les résultats de Parrot sont très médiocres, voire mauvais. On note des écarts dépassant parfois 40 m par rapport aux altitudes modernes.

8. Autres déterminations d'altitudes au début du XIX^e siècle

En 1803 le géologue *Louis Cordier* publie dans le Journal des Mines de Messidor an XII un "Rapport fait au Conseil des Mines sur un voyage à la Maladetta par la vallée de Bagnères de Luchon dans les Pyrénées – 17 Vendémiaire an XI", soit 23 septembre 1802. Il y est indiqué que la Maladetta aurait 47 m de moins que le Mont Perdu.

En 1813 *Dralet*, conservateur des Eaux et Forêts à Toulouse donne dans sa "Description des Pyrénées" en deux volumes, publiés à Paris, neuf altitudes des sommets les plus remarquables des Pyrénées, empruntées à Reboul,



© Menet/IGN, DR

Signal du Pic de Maupas, aquarelle par Peytier et Hossard. Reconnaissance 1825, observations 1826.

mais ne concordant pas avec les altitudes que celui-ci publiera en 1817.

9. La triangulation des Pyrénées par les ingénieurs géographes (1825 à 1827)

■ 9.1. La description de la Chaîne des Pyrénées par Corabœuf.

Tel est le titre du rapport officiel qui occupe 70 pages dans le Mémorial du Dépôt général de la Guerre, Tome VI, édité en 1832 sous la direction de *L. Puissant*. La base géodésique de départ est celle qui avait été mesurée par *Delambre* au voisinage de Perpignan sur la méridienne de France, qui a servi à l'établissement du système métrique. La chaîne a pour côté de vérification la longueur d'une base mesurée en 1827 dans les environs de Dax ; c'est la base de Gourbera sur la chaîne de raccordement entre la chaîne des Pyrénées et la chaîne parallèle de Rodez (voir haut de la fig. 6). La partie Est de la chaîne des Pyrénées, du Crabère à la Méditerranée a été reconnue et observée par l'ingénieur Géographe *Corabœuf*, qui avait la responsabilité des travaux de toute la chaîne et pour adjoint l'ingénieur géographe *Testu*. Dans un premier projet Corabœuf avait prévu de stationner le Pic de Rious ou Montarto d'Aran, ce qui aurait donné une chaîne assez rectiligne (voir fig. 7).

Par suite de l'interdiction des autorités espagnoles de stationner le Montarto, Corabœuf a dû effectuer une sorte de déviation de la chaîne vers le Nord, pour y inclure le point géodésique "Gardan de Montagu" baptisé par la suite "Tour d'Ausseing". La partie occidentale de la chaîne entre l'Océan et le Crabère (fig. 6) a été reconnue et observée par les ingénieurs géographes *Peytier* et *Hossard*. La reconnaissance, comportant le choix des stations et la construction des signaux, a été effectuée en 1825 tout le long de la chaîne. Chaque station de haute montagne était marquée par une pierre maçonnée à la chaux et au sable au niveau de sol, avec une croix gravée et le millésime. Dans les stations moins élevées était mise en place une borne (voir fig. 3). Les signaux de haute montagne étaient constitués d'un cône tronqué circulaire construit en pierres sèches.

Les instruments de mesure des angles horizontaux et verticaux étaient deux cercles répéteurs de Gambey du même principe que le cercle répéteur de Borda. La base de Gourbera a été mesurée avec les mêmes règles de platine de 2 toises (3,90 m) qui avaient été utilisées par *Delambre* sur la base de Perpignan. On conçoit la lourdeur des opérations consistant à mettre bout à bout avec précision des règles d'un peu moins de 4 m de long sur une distance

Figure 6

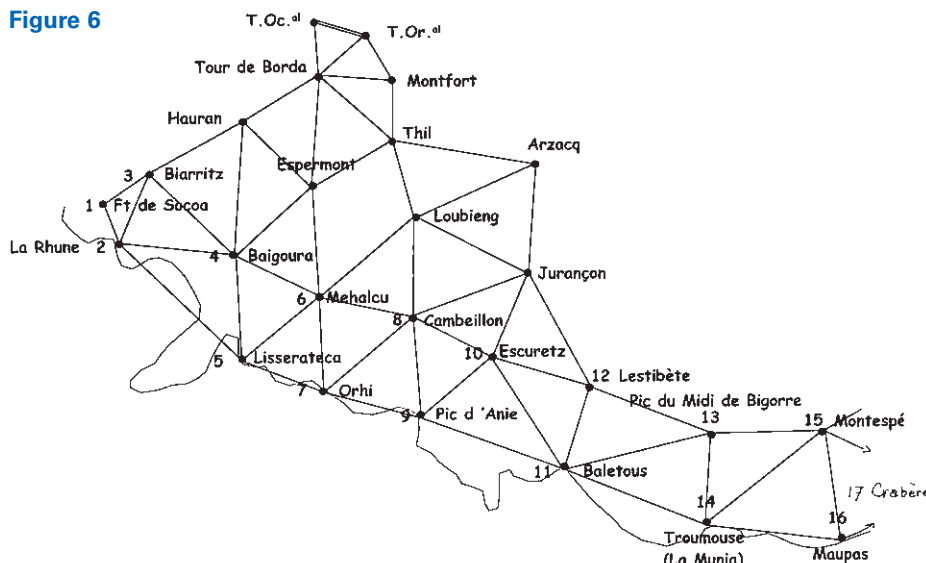
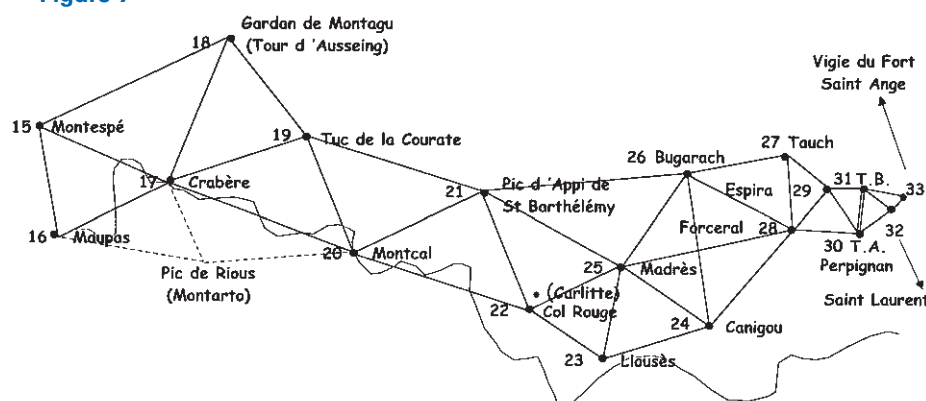


Figure 7



N°	Sommet	Altitude	N°	Sommet	Altitude	N°	Sommet	Altitude
1	Fort de Socoa	8,43	12	Lestibète	1850,94	23	Lioussès	2831,61
2	La Rhune	900,14	13	Pic du Midi	2876,74	24	Canigou	2785,23
3	Biarritz	68,96	14	Troumouse	3086,25	25	Madres	2470,83
4	Baigoura	897,14	15	Montaspé	1848,56	26	Bugarach	1230,64
5	Lisseraticca	1408,58	16	Maupas	3110,15	27	Tauch	879,15
6	Mehalcu	648,38	17	Crabère	2628,85 2630,52	28	Forcerai	507,46
7	Pic d'Ohri	2016,63	18	G. de Montaigu	628,34	29	Espira	455,17
8	Cambeillon	659,96	19	Tuc de La Courate	1422,40	30	T.S.Base	31,14
9	Pic d'Anie	2504,25	20	Montcalm	3079,51	31	T.N. Base	12,65
10	Escuretz	1440,63	21	St Barthélémy	2348,83	32	St Laurent de S	30,11
11	Balaïtous	3145,85	22	Col Rouge	2805,81	33	Vigie Fort St Ange	5,33

Tableau 8

d'environ 12 km. Les opérations de mesure ont duré 3,5 mois, d'Avril à juillet 1827. La mesure déduite de l'enchaînement à partir de la base de Perpignan est : $B_e = 12\,220,769$ m. La mesure directe est $B = 12\,220,031$ m. L'accord des bases se fait donc avec une erreur $B_e - B = 0,738$ m sur un tra-

jet d'environ 500 km. Dans la partie occidentale de la chaîne le nivellement des Pyrénées ne concerne qu'une partie des triangles.

Sont numérotés de 1 à 16 sur la figure 6 les sommets qui concernent l'enchaînement des altitudes depuis l'Océan jusqu'au point 17, le Crabère

l'Océan jusqu'au point 17, le Crabère (voir tableau 8). La fig. 7 représente la partie Est de la chaîne où les sommets nivelés ont les numéros 17 (le Crabère) à 33, près de la Méditerranée (voir le tableau 8 où les flèches indiquent le sens du calcul). On met ainsi en évidence pour le point 17, le Crabère, l'une sous l'autre, deux altitudes différant de 1,67 m. Mais l'enchaînement des altitudes peut s'effectuer de quatre autres manières, dont la moyenne des différences est selon Corabœuf de 0,73 m. Se référant à des calculs de probabilités de Puissant, Corabœuf conclut : *"cette moyenne 0,73 m ne sortant pas de la limite des erreurs probables nous devons en conclure que les deux mers ont le même niveau ou du moins que leur inégalité, si elle existe, doit être très peu sensible"* (10). Remarque : Sur les figures 6 et 7 nous avons respecté les graphies des noms de stations utilisées par Corabœuf dans ses schémas de triangulation. Dans le tableau 8 nous avons rétabli les graphies actuelles.

Triangulation de 2^e ordre.

Alors que la longueur moyenne des côtés de la triangulation de 1^{er} ordre étudiée ci-dessus est de l'ordre de 30 km, les longueurs des côtés de la triangulation de 2^e ordre varient entre 10 et 15 km. Les points géodésiques de 2^e ordre sont en général obtenus par le procédé de l'*intersection* en visant le sol des sommets à partir des points de 1^{er} ordre. Corabœuf donne ainsi les altitudes de 122 points de triangulation de 2^e ordre, parmi lesquels figurent les géants des Pyrénées, de plus de 3 000 m : le Vignemale, le Cylindre, le Mont Perdu, le Cambielle, le Neouvielle, le Posets, le Perdighero, le Quairat, le Néthou...

Toutes les altitudes, aussi bien celles des points de 1^{er} ordre que celles des points de 2^e ordre, coïncident au mètre près avec les altitudes modernes ; ce sont les premières altitudes précises des sommets des Pyrénées. Par la suite : l'achèvement de la triangulation de 2^e ordre, la triangulation de 3^e ordre, les travaux topographiques de la carte d'Etat-major fourniront les premières altitudes précises des sommets moins importants des Pyrénées.

■ 9.2. "L'odyssée" (11)

des ingénieurs géographes dans les Pyrénées.

Béraldi a pu avoir accès aux "Archives de la Guerre" et aux archives du "Service géographique de l'Armée" qui a succédé en 1888 au "Dépôt général de la Guerre", maître d'œuvre de la triangulation de la France et des premières éditions de la carte d'Etat major au 1 : 80 000, dont la triangulation des ingénieurs géographes constitue la charpente. Il a pu consulter un certain nombre de documents parmi lesquels figurent les dessins des signaux et les "tours d'horizon" observés aux sommets de 1^{er} ordre. Des reproductions de certains de ces documents figurent dans l'ouvrage "Balaïtous et Pelvoux". Il a pu aussi lire des récits relatant les péripéties qui ont marqué la reconnaissance et les observations des ingénieurs géographes. C'est ainsi qu'en Août 1826 les conditions météorologiques sont épouvantables au Balaïtous. Peytier et Hossard y sont bloqués par la neige ; manquant de vivres ils envoient des hommes au ravitaillement, mais par suite d'une tempête de neige ces hommes ne pourront pas accéder au sommet. La mort dans l'âme Peytier et Hossard sont obligés de quitter le signal laissant sur place le cercle répéteur. Avec le froid qui sévissait, sans vivres, sans possibilité de se chauffer, c'eût été la mort assurée s'ils étaient restés au sommet. Ils remonteront plus tard terminer leurs observa-



Temple de Philae, Assouan, Egypte. Inscription commémorant le point le plus au Sud atteint par l'expédition (1799). On y lit le nom de Corabœuf, ingénieur géographe qui devait opérer dans les Pyrénées.



© Menet/IGN, DR

Signal du Pic du Crabère, aquarelle par Corabœuf et Testu.

tions. Corabœuf et Testu ont rencontré des difficultés du même ordre au Montcalm. On ne peut qu'admirer le courage, le sens du devoir et les efforts physiques déployés par les quatre ingénieurs en trois étés, durant lesquels ils ont effectué des observations précises et obtenu des résultats remarquables. L'altitude qu'ils ont donnée pour le Néthou (Pic d'Aneto) : 3 404 m figura longtemps sur les cartes et atlas. Grand a été, à partir de 1860 l'étonnement des pyrénéistes, parmi lesquels on compte des Anglais, de constater que le sommet qu'ils venaient de gravir présentait des vestiges laissés 35 ou 40 ans plus tôt par les ingénieurs géographes (12) ; ces pionniers du pyrénéisme étaient convaincus avant leur ascension que celle-ci constituait une "première", ce qui n'était pas le cas.

Il convient d'évoquer la formation qu'ont reçue les ingénieurs géographes des Pyrénées. Ils ont tous effectué leurs études à l'Ecole Polytechnique, nouvellement créée en 1794 par Monge, qui resta plusieurs années président du Conseil de perfectionnement de l'Ecole. Durant cette période, outre un enseignement scientifique de qualité, l'Ecole dispensait l'enseignement et la pratique de plusieurs techniques telles que la topographie, la cartographie, l'art des fortifications, des constructions publiques, d'architecture ; c'était bien une école polytechnique, caractère qu'elle a perdu en partie lorsque Laplace devint président du Conseil de perfectionnement et encore de nos jours. Après deux ans

d'études à l'Ecole Polytechnique les ingénieurs géographes recevaient leur spécialisation à l'Ecole des ingénieurs géographes. On peut expliquer ainsi pourquoi Corabœuf, qui avait été affecté en 1798 à l'Armée d'Orient et faisait partie de la campagne d'Egypte, détermina à 21 ans la longitude et la latitude d'Alexandrie, triangula le delta du Nil et mesura la hauteur des Pyramides.

9.3. Commémorations diverses des travaux de triangulation des ingénieurs géographes

- Sur la façade des thermes Chambert, à Luchon à droite de l'entrée, a été apposée en 1925 une plaque commémorant le centenaire de la reconnaissance du Maupas par Peytier et Hossard.
- Sur la route d'Argelès à Arras-en-Lavedan, près d'Argelès-Gazost, a été érigé, aussi en 1925, un monument ressuscitant à ses dimensions exactes, mais en maçonnerie, la tourelle en pierres sèches du Balaïtous construite en 1825 par Peytier et Hossard (13).
- Sur un assez récent refuge à 2 060 m, au plan de l'Aribet, fut apposée en 1962 une plaque, tout près de l'ancienne cabane, où Peytier et Hossard campèrent plusieurs fois avant de faire leurs ascensions au Balaïtous.
- Enfin le Musée Pyrénéen du Château fort de Lourdes possède divers documents concernant Peytier et Hossard et même les piquets de la tente dressée en 1826 par les deux ingénieurs. ●

Raymond D'HOLLANDER

Ancien directeur de l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques.
Ingénieur général géographe honoraire.

Bibliographie

1. **BERALDI (Henri)**, Cent ans aux Pyrénées, 1898.
2. **BERALDI (Henri)**, Balaitous et Pelvoux, 1907-1910.
3. **BERALDI (Henri)**, Le sommet des Pyrénées, 1923.
4. **BARRERE (Maurice)**, "Une station géodésique en 1826 dans les Pyrénées, les ingénieurs géographes Peytier et Hossard" in "Actes du Congrès national des Sociétés savantes", Paris 1959 (géographie).
5. **BLANCHET (Jacques)**, "Le Pic d'Aule de

- Reboul" in n°38 de Pyrénées, p. 133 à 136.
6. **BAUDRIMONT (Henri)**, Carte des stations de Junker (autour du Vignemale) en 1792. Cette carte illustre l'article ci-après.
 7. **MAURY (Luc)**, "Ascensions au Vignemale (Junker 1792)" in n° 90 de Pyrénées, p. 131 à 139.
 8. Trois siècles de cartographie dans les Pyrénées, catalogue de l'exposition du Musée Pyrénéen au Château fort de Lourdes (Juin à Octobre 1978).
 9. **VINET (Emile)**, "Le Pic du Midi : Relever le signal géodésique" in n° 202 de Pyrénées, 2000, p. 147 à 156.
 10. **RODES (Michel)**, "Les Officiers géodésiens aux Pyrénées 1825-1827 et 1848-1851" in n° 2 de Vues d'en haut les Pyrénées, Les Feuilles du Pin à Crochet, Pau, 2001.
- (1) L'altitude déterminée en 1827 par les ingénieurs

géographes Peytier et Hossard et matérialisée alors par une borne, maintenant disparue, était de 2 876,74 m.

(2) Astronomes et géodésiens ont toujours eu le souci d'accroître la précision des mesures d'angles par des améliorations apportées à la construction des instruments, mais aussi par les méthodes d'observation, telles que la répétition et la réitération, de sorte qu'on atteint actuellement une précision de l'ordre du décimilligon = $1/10^4 \times \pi/200 = 1/636\,620$; c'est l'angle sous lequel on voit 1cm à 6 365 m. Le gon est la nouvelle appellation du grade.

(3) Vidal, astronome, a eu un observatoire personnel à Mirepoix et il a été directeur de l'Observatoire de Toulouse.

(4) Reboul était simple étudiant en 1787 ; en 1817 il est membre correspondant de l'Académie des Sciences.

(5) Allusion à la Maladetta qui en fait se trouve en Aragon.

(6) Altitude du Pic du Midi avant construction de bâtiment ORTF, voir note 1.

(7) En 1806 il avait été nommé préfet du département du Puy-de-Dôme.

(8) Il s'agissait de respecter la simultanéité des observations de Reboul sur les pentes du Pic du Midi avec celles faites à Barèges, pour obtenir des dénivelées correctes des stations de Reboul par rapport à Barèges.

((9)Le Nêthou (pic d'Aneto) sera gravi pour la première fois en 1842 par le Russe Platon de Tchihatchef.

(10) rappelons que l'on admet actuellement que la Méditerranée est plus basse de 0,30 m par rapport à l'Océan Atlantique.

(11) Mot qu'utilise Beraldi dans Balaitous et Pelvoux pour décrire les exploits des ingénieurs géographes des Pyrénées.

(12) Les ingénieurs géographes campaient sous la tente lors de leurs observations, près du sommet, selon les directives de Corabœuf.

(13) Voir l'article d'Emile Vinet (Bibliographie 9). La page 133 de cet article contient deux photographies du monument d'Argelès-Gazost aux ingénieurs géographes du parallèle des Pyrénées.

Remerciements

La rédaction de XYZ est heureuse de remercier M. Michel Clin, professeur émérite de géologie (université de Bordeaux III), directeur général de la publication de la Revue "Pyrénées", président de l'Association des Amis du "Musée pyrénéen de Lourdes", d'avoir donné son autorisation à la publication dans XYZ de l'article sur "Les premières déterminations d'altitudes des sommets des Pyrénées", article qu'il a bien voulu présenter lui-même aux lecteurs de XYZ.

L'article présenté ici sous la signature de R. D'Hollander a paru dans une livraison trimestrielle de la revue érudite "Pyrénées", consacrée aux études dont le Musée Pyrénéen du Château-Fort de Lourdes est le centre, et vouée à l'illustration d'un patrimoine culturel régional. Cette revue, marquant son intérêt pour les questions de mémoire en matière de géodésie et de topographie, a souvent traité de la patiente exploration de la chaîne pyrénéenne, des efforts déployés il y a deux siècles pour en fixer la géographie, et finalement, les bases de la cartographie. Le souci des premiers explorateurs fut la détermination des altitudes et la recherche du sommet dominant, avec rédaction de récits descriptifs. R. D'Hollander a offert à la revue "Pyrénées" ce qui lui manquait : la révision critique des démarches opératoires successives et de leur perfectionnement, jusqu'à la triangulation de première ordre, ou "Grande Triangulation", qui fixa en cette occasion de nombreuses altitudes correctes (1825-1827). Le numéro 215 de "Pyrénées" paru en septembre 2003 comporte, outre cet article fondamental, d'une part l'évocation d'une première figuration de la position et de l'altitude des sommets, produite en 1848 par Emilien Frossard en forme de diorama et dont un exemplaire est au Musée Pyrénéen, d'autre part sous la plume de l'érudite Alain Boumeton l'histoire de deux scientifiques associés, Henri Reboul et Jean Vidal, qui, bien que n'ayant sans doute pas vraiment atteint la performance, ont laissé pour souvenir à la fin du dix-huitième siècle et au début du dix-neuvième, celui d'un grand explorateur et celui d'un brillant opérateur des plus hauts sommets pyrénéens.

Michel Clin