

## II. — COMUNICAZIONI E RELAZIONI

### Ricerche preliminari sopra i Ghiacciai italiani del Monte Bianco

(CAMPAGNA DEL 1897)

Nota del socio prof. FRANCESCO PORRO (1).

Il rilevamento delle fronti glaciali di Pré-de-Bar e di Triolet, ed il collegamento con quella di Frébouzie, si sono appoggiati ad una poligonale avente lo sviluppo di sei chilometri e mezzo, tra un punto in faccia al ghiacciajo di Prè-de-Bar, poco sotto i casolari di tal nome (Stazione I), ed un picchetto piantato nel cortile della casa di caccia Savoye, da noi abitata a Lavachey (Stazione XXII).

Per orientare la poligonale, si sono puntati dalle prime tre stazioni i segnali trigonometrici sulle cime del Mont Dolent, della Tête Bernarde, della Chêarfière, e di una punta innominata, quotata 2705 metri sulla carta dell'I. G. M. e su quella svizzera, e collocata lungo la costola rocciosa che scende dalla Chêarfière sopra il vallone di Belle Combe.

Inoltre si è determinato astronomicamente un azimut nella Stazione III, mediante osservazioni solari. Da questo azimut si sono dedotti quelli di tutti i lati della spezzata, senza ricorrere alle osservazioni dei punti geodetici, le quali rimangono come utili elementi di controllo.

Diamo qui sotto, per ognuno dei vertici della rete, la distanza dal vertice successivo, l'azimut della congiungente, e le coordinate ortogonali X e Y, calcolate logaritmicamente a sette decimali e ricalcolate mediante le tavole del prof. Jadanza, per controllo. Come origine degli assi è stata presa la Stazione XXII, dalla quale pure si sono contate le quote, indicate nella penultima colonna. Le altitudini sul livello del mare si ricavarono aggiungendo alle singole quote l'altitudine di Lavachey, data in 1,641 m. dalla carta dell'I. G. M..

Non occorre aggiungere che le coordinate sono dirette secondo il meridiano e secondo la perpendicolare al meridiano dell'origine: la X indica dunque la distanza dal meridiano di Lavachey, la Y la distanza dalla perpendicolare.

Per il modo con il quale i calcoli sono condotti, è evidente che l'azimut, indicato per una stazione determinata, è quello sotto il quale la stazione stessa è veduta dalla stazione successiva. Gli angoli, dati dal tacheometro in misura centesimale, sono stati convertiti in misura sessagesimale.

(1) Continuazione e fine. Vedi fascicolo precedente, pag. 862.

| STAZIONE       | D STANZA | AZIMUT  | X         | Y         | QUOTA    | ALITUDINE |                    |
|----------------|----------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|--------------------|
|                | metri    |         | metri     | metri     | metri    | metri     |                    |
| XXI .          | 75,54    | 350°57' | - 11,88   | + 74,60   | - 0,96   | 1640,0    |                    |
| XX .           | 287,38   | 92 39   | - 275,20  | + 61,31   | + 26,84  | 1667,8    |                    |
| XIX .          | 356,41   | 7 17    | + 320,38  | + 414,84  | + 41,18  | 1685,2    |                    |
| XVIII          | 99,46    | 70 6    | + 413,90  | + 448,69  | + 51,13  | 1692,1    |                    |
| XVII           | 104,94   | 88 32   | + 518,81  | + 451,38  | + 51,13  | 1692,1    |                    |
| XVI .          | 111,93   | 59 50   | + 615,58  | + 507,63  | + 60,83  | 1701,8    |                    |
| XV .           | 98,35    | 29 20   | + 663,76  | + 593,37  | + 66,81  | 1707,8    |                    |
| XIV .          | 181,09   | 28 45   | + 750,86  | + 752,14  | + 74,28  | 1715,3    |                    |
| XIII .         | 352,39   | 25 38   | + 903,31  | + 1069,85 | + 88,86  | 1729,9    |                    |
| XII .          | 521,27   | 54 31   | + 1327,77 | + 1372,43 | + 118,85 | 1759,9    |                    |
| XI .           | 492,23   | 28 2    | + 1559,11 | + 1806,86 | + 115,97 | 1756,0    |                    |
| X .            | 377,24   | 34 59   | + 1775,42 | + 2115,94 | + 117,15 | 1758,2    |                    |
| IX .           | 375,36   | 61 31   | + 1954,43 | + 2445,83 | + 132,23 | 1773,2    |                    |
| VIII .         | 562,05   | 38 38   | + 2305,34 | + 2884,88 | + 155,96 | 1796,0    |                    |
| VII .          | 404,48   | 349 44  | + 2233,25 | + 3282,88 | + 159,40 | 1800,4    |                    |
| VI .           | 211,16   | 349 52  | + 2196,10 | + 3490,75 | + 188,82 | 1829,8    |                    |
| IV .           | 497,46   | 14 56   | + 2324,29 | + 3971,41 | + 294,69 | 1935,7    | Distanza dalla VI. |
| V .            | 390,22   | 284 34  | + 1946,61 | + 4069,58 | + 312,81 | 1953,8    | Distanza dalla IV. |
| III .          | 435,72   | 65 26   | + 2505,44 | + 4367,68 | + 298,70 | 1939,7    | Distanza dalla IV. |
| II .           | 287,28   | 45 36   | + 2710,69 | + 4568,68 | + 351,32 | 1992,3    |                    |
| I .            | 259,58   | 7 21    | + 2743,90 | + 4826,13 | + 376,53 | 2017,5    |                    |
| XII <i>bis</i> | 322,97   | 44 44   | + 1130,62 | + 1299,17 | + 92,11  | 1733,1    | Distan. dalla XIII |

A questa poligonale si sono riferiti i punti dei ghiacciai e delle rispettive morene geometricamente determinati. Le rispettive distanze dalle stazioni, con g'i azimut, e le quote, risultano dai quadri qui appresso calcolati:

## GHIACCIAIO DI PRÉ-DE-BAR.

*Punti collimati dalla stazione I*

| Numero d'ordine | DISTANZA<br>dalla<br>stazione | AZIMUT<br>contato dal Nord<br>astronomico | Quota rispetto al     |                      |                     |                                                     |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
|                 |                               |                                           | centro<br>di stazione | piano<br>di Lavachey | livello<br>del mare |                                                     |
|                 | metri                         |                                           | metri                 | metri                | metri               |                                                     |
| 1               | 100,36                        | 47° 58'                                   | + 30,55               | 407,08               | 2048,1              | Segnale n. 1, sulle rocce di sinistra.              |
| 2               | 118,65                        | 53 21                                     | + 47,16               | 423,69               | 2064,7              | Rocce calcaree sopra la morena laterale sinistra.   |
| 3               | 156,33                        | 37 50                                     | + 55,05               | 431,58               | 2072,6              | Rocce come al n. 2.                                 |
| 4               | 109,01                        | 17 26                                     | + 31,32               | 407,85               | 2048,9              | Morena laterale sinistra.                           |
| 5               | 149,69                        | 9 33                                      | + 35,63               | 412,16               | 2053,2              | Idem                                                |
| 6               | 213,69                        | 353 52                                    | + 55,21               | 431,74               | 2072,7              | Idem                                                |
| 7               | 239,59                        | 3 30                                      | + 69,88               | 446,41               | 2087,4              | Idem                                                |
| 8               | 294,60                        | 9 23                                      | + 90,03               | 466,56               | 2107,6              | Idem                                                |
| 9               | 385,61                        | 342 13                                    | + 115,72              | 492,25               | 2133,3              | Idem                                                |
| 10              | 511,70                        | 336 4                                     | + 161,92              | 538,45               | 2179,5              | Radice morena laterale sinistra.                    |
| 11              | 588,68                        | 327 25                                    | + 159,89              | 536,42               | 2177,4              | Orlo sinistro del ghiacciaio.                       |
| 12              | 525,78                        | 298 59                                    | + 132,67              | 509,20               | 2150,2              | Orlo destro del ghiacciaio                          |
| 13              | 425,43                        | 287 52                                    | + 92,67               | 469,20               | 2110,2              | Idem                                                |
| 14              | 444,64                        | 281 24                                    | + 81,70               | 458,23               | 2099,2              | Morena laterale destra.                             |
| 15              | 416,68                        | 279 5                                     | + 67,89               | 444,42               | 2085,4              | Morena laterale destra: presso le rocce.            |
| 16              | 394,39                        | 277 20                                    | + 87,61               | 464,14               | 2105,1              | Morena laterale destra.                             |
| 17              | 356,21                        | 271 32                                    | + 36,27               | 412,80               | 2053,8              | Idem                                                |
| 18              | 311,94                        | 271 49                                    | + 18,04               | 394,57               | 2035,6              | Grosso macigno sulla morena laterale destra.        |
| 19              | 351,96                        | 264 8                                     | + 32,29               | 408,82               | 2049,8              | Ai piedi delle rocce che scendono dai Monts Rouges. |

| Numero d'ordine | DISTANZA<br>della<br>stazione | AZIMUT<br>contato dal Nord<br>astronomico | Quota rispetto al     |                      |                     |                                                     |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
|                 |                               |                                           | centro<br>di stazione | piano<br>di Lavachey | livello<br>del mare |                                                     |
|                 | metri                         |                                           | metri                 | metri                | metri               |                                                     |
| 20              | 335,88                        | 256° 41'                                  | + 6,11                | 382,64               | 2023,6              | Sulle rocce che scendono dai<br>Monts Rouges.       |
| 21              | 326,86                        | 248 44                                    | — 19,57               | 356,96               | 1998,0              | Segnale n. 2, sopra un macigno<br>di granito rosso. |
| 22              | 377,87                        | 250 14                                    | + 6,53                | 383,06               | 2024,1              | Sulle rocce.                                        |
| 23              | 152,80                        | 254 19                                    | — 33,75               | 342,78               | 1983,8              | Sul ghiacciaio, poco sopra la<br>bocca.             |
| 24              | 142,85                        | 253 37                                    | — 35,71               | 340,82               | 1981,8              | Bocca del ghiacciaio.                               |
| 25              | 81,53                         | 271,38                                    | — 25,38               | 351,15               | 1991,2              | Sulla fronte del ghiacciaio.                        |
| 26              | 116,91                        | 327 33                                    | — 2,55                | 373,98               | 2015,0              | Sull'orlo sinistro del ghiacciaio.                  |
| 27              | 207,52                        | 333 31                                    | + 17,81               | 394,34               | 2035,3              | Idem                                                |
| 28              | 310,71                        | 331 23                                    | + 44,08               | 420,61               | 2061,6              | Idem                                                |
| 29              | 116,86                        | 6 10                                      | + 27,59               | 404,12               | 2045,1              | Morena laterale sinistra.                           |
| 30              | 117,85                        | 66 29                                     | + 45,64               | 422,17               | 2063,2              | Morena frontale.                                    |
| 31              | 131,90                        | 114 14                                    | + 42,19               | 418,72               | 2059,7              | Idem                                                |
| 32              | 185,27                        | 156 55                                    | + 32,17               | 408,70               | 2049,7              | Idem                                                |
| 33              | 231,00                        | 178 7                                     | + 0,92                | 377,45               | 2018,4              | Idem                                                |

*Punti collimati dalla stazione II.*

|    |        |        |         |        |        |                         |
|----|--------|--------|---------|--------|--------|-------------------------|
| 35 | 160,86 | 315 23 | — 25,26 | 326,06 | 1967,1 | Morena frontale antica. |
| 36 | 170,97 | 275 19 | — 44,73 | 306,59 | 1947,6 | Idem                    |

*Punti collimati dalla stazione III.*

|    |        |        |         |        |        |                                                     |
|----|--------|--------|---------|--------|--------|-----------------------------------------------------|
| 37 | 162,61 | 73 1   | + 53,76 | 352,46 | 1993,5 | Morena frontale antica.                             |
| 38 | 109,84 | 142 3  | + 12,16 | 310,86 | 1951,9 | Idem                                                |
| 39 | 247,38 | 301 57 | + 40,67 | 339,37 | 1980,4 | Morena antica del Triolet, sotto<br>i Monts Rouges. |

| Numero d'ordine | Distanza della stazione | Azimut contato dal Nord astronomico | Quota rispetto al  |                   |                  |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|
|                 |                         |                                     | centro di stazione | piano di Lavachey | livello del mare |

## GHIACCIAIO DI TRIOLET.

*Punti collimati dalla stazione IV.*

|    | metri  |         | metri   | metri    | metri  |                                         |
|----|--------|---------|---------|----------|--------|-----------------------------------------|
| 40 | 223,29 | 102° 1' | - 67,80 | + 226,89 | 1867,9 | Morena frontale esterna (più antica).   |
| 41 | 262,12 | 96 31   | - 66,11 | + 228,58 | 1869,6 | Morena frontale esterna.                |
| 42 | 144,93 | 111 49  | - 45,04 | + 249,65 | 1890,7 | Idem                                    |
| 43 | 212,83 | 128 59  | - 74,41 | + 220,28 | 1861,3 | Idem                                    |
| 44 | 285,80 | 137 49  | - 76,28 | + 218,41 | 1859,4 | Idem                                    |
| 45 | 334,15 | 145 3   | - 77,57 | + 217,12 | 1858,1 | Idem                                    |
| 46 | 388,87 | 151 47  | - 77,32 | + 217,37 | 1858,4 | Idem                                    |
| 47 | 452,42 | 158 54  | - 84,87 | + 209,82 | 1850,8 | Idem                                    |
| 48 | 64,34  | 325 38  | + 17,18 | + 311,87 | 1952,9 | Vertice della morena laterale sinistra. |
| 50 | 305,27 | 279 13  | - 23,07 | + 271,62 | 1912,6 | Fronte del ghiacciaio.                  |
| 51 | 404,40 | 265 14  | - 25,92 | + 268,77 | 1909,8 | Bocca occidentale del ghiacciaio        |

*Punti collimati dalla stazione V.*

|    |        |        |          |          |        |                                                                       |
|----|--------|--------|----------|----------|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| 53 | 298,00 | 93 49  | - 0,52   | + 312,29 | 1953,3 | Innesto della morena laterale sinistra sulle rocce della IV stazione. |
| 54 | 302,31 | 78 2   | + 19,29  | + 332,10 | 1973,1 | Segnale n. 3, nelle rocce sopra la morena laterale sinistra.          |
| 55 | 512,86 | 317 31 | + 153,98 | + 466,79 | 2107,8 | Masso sull'orlo del sasseto quasi nell'asse del ghiacciaio.           |
| 56 | 463,27 | 325 13 | + 136,20 | + 449,01 | 2090,0 | Masso sull'orlo del sasseto nell'asse del ghiacciaio.                 |
| 57 | 437,93 | 312 33 | + 131,38 | + 444,19 | 2085,2 | Masso a destra dell'asse del ghiacciaio.                              |
| 58 | 503,88 | 297 26 | + 154,25 | + 467,06 | 2108,1 | Cresta della morena laterale destra.                                  |
| 59 | 300,35 | 279 10 | - 94,02  | + 406,83 | 2047,8 | Idem                                                                  |
| 60 | 243,22 | 249 11 | + 40,65  | + 353,46 | 1994,5 | Idem                                                                  |

| Numero d'ordine | Distanza della stazione | AZIMUT<br>contato dal Nord<br>astronomico | Quota rispetto al     |                      |                     |                                                   |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------------------------------------|
|                 |                         |                                           | centro<br>di stazione | piano<br>di Lavachey | livello<br>del mare |                                                   |
| 61              | 280,89                  | 246° 44'                                  | + 41,19               | + 354,00             | 1995,0              | Segnale n. 4, sulle rocce sopra la morena destra. |
| 62              | 307,83                  | 215 4                                     | - 19,42               | + 293,39             | 1934,4              | Cresta della morena laterale destra.              |

*Punti collimati dalla stazione VI.*

|    |        |        |         |        |        |                                                       |
|----|--------|--------|---------|--------|--------|-------------------------------------------------------|
| 63 | 391,39 | 19 10  | + 41,96 | 230,78 | 1871,8 | Innesto morena frontale interna su rocce stazione IV. |
| 64 | 315,75 | 32 37  | + 19,27 | 208,09 | 1849,1 | Morena arcuata continuazione precedente.              |
| 65 | 239,47 | 47 5   | + 9,81  | 198,63 | 1839,6 | Morena arcuata interna.                               |
| 66 | 181,77 | 57 14  | + 7,12  | 195,94 | 1836,9 | Idem                                                  |
| 67 | 105,97 | 65 36  | + 2,21  | 191,03 | 1832,0 | Idem                                                  |
| 68 | 153,73 | 159 42 | - 25,42 | 163,40 | 1804,4 | Altra morena più interna.                             |
| 69 | 84,19  | 202 22 | - 11,05 | 177,77 | 1818,8 | Morena più interna.                                   |
| 70 | 206,35 | 213 5  | - 18,02 | 170,80 | 1811,8 | Estrema morena esterna frontale.                      |
| 71 | 260,00 | 232 31 | + 0,18  | 189,00 | 1830,0 | Morena laterale destra.                               |
| 72 | 277,24 | 257 56 | + 14,56 | 203,38 | 1844,4 | Idem                                                  |
| 73 | 276,55 | 281 23 | + 35,14 | 223,96 | 1865,0 | Idem                                                  |

*Punti collimati dalla stazione VII*

|    |        |        |         |        |        |                          |
|----|--------|--------|---------|--------|--------|--------------------------|
| 74 | 540,79 | 30 23  | + 61,16 | 220,56 | 1861,6 | Morena frontale esterna. |
| 75 | 482,42 | 35 56  | + 59,48 | 218,88 | 1859,9 | Idem                     |
| 76 | 428,70 | 39 56  | + 56,21 | 215,61 | 1856,6 | Idem                     |
| 77 | 358,73 | 44 25  | + 50,68 | 210,08 | 1851,1 | Idem                     |
| 78 | 289,47 | 51 11  | + 31,94 | 191,34 | 1832,3 | Idem                     |
| 79 | 232,38 | 62 30  | + 24,50 | 183,90 | 1824,9 | Idem                     |
| 80 | 192,97 | 70 41  | + 19,97 | 179,37 | 1820,4 | Idem                     |
| 81 | 155,13 | 81 30  | + 12,36 | 171,76 | 1812,8 | Idem                     |
| 82 | 118,44 | 92 19  | + 2,94  | 162,34 | 1803,3 | Idem                     |
| 83 | 88,99  | 120,21 | - 1,17  | 158,23 | 1799,2 | Idem                     |

| Numero d'ordine | DISTANZA<br>della<br>stazione | AZIMUT<br>centato dal Nord<br>astronomico | Quota rispetto al     |                      |                     |                                                  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------------------------------------------|
|                 |                               |                                           | centro<br>di stazione | piano<br>di Lavachey | livello<br>del mare |                                                  |
|                 | metri                         |                                           | metri                 | metri                | metri               |                                                  |
| 84              | 74,49                         | 135° 16'                                  | — 4,16                | 155,24               | 1796,2              | Uscita dalla morena del torrente del Pré-de-Bar. |
| 85              | 68,50                         | 175 44                                    | — 0 98                | 158,42               | 1799,4              | Morena frontale esterna: monticello.             |
| 86              | 65,44                         | 196 40                                    | — 2,22                | 157,18               | 1798,2              | Altra elevazione della morena frontale.          |
| 87              | 53,94                         | 205 43                                    | — 5,05                | 154,35               | 1795,4              | Uscita del torrente del Triolet.                 |
| 88              | 49,20                         | 244 46                                    | + 0,40                | 159,80               | 1800,8              | Morena frontale.                                 |
| 89              | 106,48                        | 280 45                                    | + 11,55               | 170,95               | 1812,0              | Idem                                             |
| 90              | 81,35                         | 301 7                                     | + 7,59                | 166,99               | 1808,0              | Torrente del Triolet.                            |
| 91              | 59,66                         | 354 46                                    | + 5,25                | 164,65               | 1805,7              | Torrente del Pré-de-Bar.                         |

Le tabelle precedenti forniscono il materiale sufficiente per una determinazione geometrica degli elementi topografici relativi alle fronti glaciali di Pré-de-Bar e di Triolet, e del rispettivo apparato morenico antico e recente: serviranno quindi di fondamento sicuro ad ogni valutazione successiva delle vicende di queste due importanti colate di ghiaccio, occupanti i due valloni nell'estremo N.E. del versante italiano del gruppo che prende nome dal sovrano delle Alpi. Perchè nulla manchi alla nostra esposizione, aggiungeremo le osservazioni di controllo, che si ottennero, come dissi, collimando dalle stazioni della poligonale alcuni vertici della rete trigonometrica dello Stato.

| Stazioni | Punti trigonometrici collimati | Azimut   |
|----------|--------------------------------|----------|
| I        | Δ Testa Bernarda               | 245° 47' |
|          | Δ Mont Dolent                  | 351 41   |
|          | Δ m. 2705 presso Chêarfière    | 217 3    |
|          | Δ Chêarfière                   | 223 4    |
| II       | Δ Mont Dolent                  | 338 37   |
| III      | Δ m. 2705 presso Chêarfière    | 179 19   |
|          | Δ Mont Dolent                  | 334 58   |
|          | Δ Testa Bernarda               | 205 41   |

Il segnale N. 1 è scolpito sul calcare nero di uno sperone che si stacca dalla cresta di confine verso la Svizzera, dirigendosi esattamente a Sud, sino a perdersi nel manto morenico del Pré-de-Bar. La roccia schistosa, a strati e sfaldature quasi verticali, con vene di calcite bruna, sporge tra i massi morenici di granito a grossa grana (ghiardone), che si spingono ancora più alto.

Il segnale N. 2 è sopra un masso granitico rossiccio alla sommità della morena antica interposta tra il Pré-de-Bar e il Triolet, presso il rivo sopra accennato, e sul lembo del sentiero che conduce al Grapillon. Il sentiero si tiene per un tratto sul culmine della morena. Alla sua destra (a monte) sempre schisti calcarei.

Il segnale N. 3 è sul sentiero. Porta scritto (colorato a minio, come gli altri segnali) 1897: e sotto, scolpito: N. 3  $\div$  (nelle rocce sopra la morena sinistra del Triolet).

Il segnale N. 4 è scolpito sulle rocce a destra della morena N. 4  $\div$  1897.

Le rocce a N.-N.-O. del segnale N. 2, presso i punti designati con i numeri 19 e 20, sono arrotondate e striate.

La Stazione III è posta sopra un'eminanza rocciosa formata di schisti calcarei neri, nel letto del torrente, sul quale scende a picco per ben 30 metri. La scistosità è quasi verticale, e nel senso del corso d'acqua.

GHIACCIAIO DI FRÉBOUZIE. — I punti del ghiacciaio di Frébouzie determinati mediante misure angolari dai vertici della poligonale sono i seguenti:

92: Morena antica: limite del ghiacciaio nel 1816, secondo una tradizione riferita da Barmaz.

93: Altro punto della medesima morena frontale. Si può ritenere che questi punti diano la massima espansione del ghiacciaio nella fase di aumento della prima metà del secolo decimonono.

94: Segnale N. 5, sulla sinistra del ghiacciaio.

95: Pietra sull'estremità inferiore del ghiacciaio, coperta da detriti.

96: Bocca del ghiacciaio, visibile dalla strada di valle.

I primi due punti (92 e 93) sono stati osservati con tacheometro e stadia dalla Stazione XV: ne ricaviamo tosto le coordinate:

| Numero d'ordine                       | 92                    | 93                    |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Distanza dalla Stazione:              | 503 <sup>m</sup> ,12  | 395 <sup>m</sup> ,07  |
| Azimut dal Nord astronomico:          | 355°13'               | 348°29'               |
| Quota rispetto al centro di stazione: | + 48 <sup>m</sup> ,40 | + 26 <sup>m</sup> ,40 |
| Quota rispetto al piano di Lavachey:  | 115 <sup>m</sup> ,21  | 93 <sup>m</sup> ,21   |
| Quota rispetto al livello del mare:   | 1756 <sup>m</sup> ,2  | 1734 <sup>m</sup> ,2  |

Dei punti 94, 95, 96 gli azimut sono stati determinati come segue :

|                  | Punto 94 | Punto 95 | Punto 96 |
|------------------|----------|----------|----------|
| Stazione XII bis | —        | —        | 286° 47' |
| » XIII           | —        | —        | 300 23   |
| » XIV            | —        | —        | 316 15   |
| » XV             | 334° 0'  | 326° 58' | 323 32   |
| » XVI            | 337 19   | 330 37   | 327 16   |
| » XVII           | 341 46   | 335 15   | —        |
| » XX             | 353 20   | —        | —        |

Per ricavare da questi azimut e dalle coordinate delle stazioni le coordinate dei singoli punti, osservo che, dette X e Y le coordinate di una stazione, x e y quelle di un punto, A e D l'azimut e la distanza di questo da quella, si ha

$$x - X = D \sin A, \quad y - Y = D \cos A.$$

Eliminando D, si ottiene un'equazione di condizione della forma

$$a x + b y + c = 0,$$

dove

$$a = \cos A, \quad b = -\sin A, \quad c = Y \sin A - X \cos A = -(a X + b Y)$$

La risoluzione del sistema di 5 equazioni relativo al punto 96 ci dà, applicando il metodo dei minimi quadrati, le seguenti equazioni normali:

$$\begin{aligned} + 2,21536 x + 2,16483 y - 3268,85 &= 0, \\ + 2,16483 x + 2,78464 y - 4496,70 &= 0. \end{aligned}$$

Di qui si ricavano i valori delle coordinate del punto stesso rispetto alla solita origine (Stazione XXII):

$$X_{96} = -426^m,23, \quad Y_{96} = +1946,17.$$

Analogamente si ottengono le equazioni normali per i punti 94 e 95:

$$\begin{aligned} (94) \quad & \left. \begin{aligned} + 3,55146 x + 1,16230 y - 2419,00 &= 0, \\ + 1,16230 x + 0,45227 y - 908,44 &= 0, \end{aligned} \right\} \\ (95) \quad & \left. \begin{aligned} + 2,28682 x + 1,26474 y - 2021,57 &= 0, \\ + 1,26474 x + 0,71319 y - 1141,41 &= 0, \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned} X_{94} &= +149,47, \quad Y_{94} = +1624,50; \\ X_{95} &= -58,14, \quad Y_{95} = +1703,54. \end{aligned}$$

Le quote di questi tre punti si ricavano con semplicissimo calcolo dalle loro altezze angolari misurate sull'orizzonte delle singole stazioni e dalle loro distanze da queste. Calcolate le distanze mediante la

$$(x - X)^2 + (y - Y)^2 = D^2$$

si ha subito, dette  $\alpha$  le altezze:

$$h = D \operatorname{tg} \alpha.$$

Alla  $h$  bisogna aggiungere l'altezza dell'istrumento e la quota della stazione, per avere la quota del punto collimato. Ogni stazione darà una quota: la media aritmetica si adotta come quota definitiva.

Ecco i risultati:

Quota del punto 94:

Dalla Stazione xv = 382,91, dalla xvi = 385,31, dalla xvii = 384,05, dalla xx = 385,90.

L'accordo è più che soddisfacente: adottato come quota definitiva (sulla Stazione xxi):

metri 384,54,

e sul livello del mare metri 2025,5.

Quota del punto 95:

Dalla Stazione xv = 405,84, dalla xvi = 405,38, dalla xvii = 404,86,

con accordo ancor migliore: e in media, sulla Stazione xxi:

metri 405,36,

e sul livello del mare metri 2046,4.

Quota del punto 96:

Dalla Stazione xii bis = 516,76, dalla xiii = 533,79, dalla xiv = 532,94, dalla xv = 520,18, dalla xvi = 526,04.

Le forti discordanze tra questi cinque valori sono perfettamente giustificate in primo luogo dalla grande distanza del punto dalle stazioni (tra 1600 e 1800 metri), poi dal notevole dislivello, infine dall'incertezza del punto collimato, definito come « bocca visibile del ghiacciaio ». È quasi certo che il punto così individuato non fu il medesimo ad ogni stazione, mutando l'aspetto della fronte glaciale veduta dai successivi vertici della poligonale. Ad ogni modo, data l'impossibilità di una identificazione più sicura, possiamo ritenere che la quota della bocca del ghiacciaio fosse, sulla stazione xxii, di

metri 525,94,

e sul livello del mare di metri 2166,9.

La distanza tra i punti 92 e 95 misura presumibilmente la retrocessione del ghiacciaio dal 1816 al 1897: essa è del medesimo ordine di grandezza di quella osservata nel vicino e similmente orientato bacino del Triolet.

Tutto il rilevamento dei tre ghiacciai principali della Valle Ferret essendo appoggiato alla poligonale da Lavachey e Pré-de-Bar, non è sembrato superfluo riferire il luogo del picchetto nella Stazione XXI ad un punto di facile identificazione nell'avvenire. Si è scelto a tale uopo un grosso macigno addossato alla casa di Lavachey, la cui posizione è stata determinata come segue:

Dalla Stazione XXI:

$$x = + 11,41 \quad y = - 64,16, \text{ Quota} = + 2,34.$$

Dalla Stazione XXII:

$$x = - 0,49, \quad y = + 10,49, \text{ Quota} = + 1,32.$$

Ricordando le coordinate e la quota della stazione XXI rispetto alla XXII:

$$x = - 11,88, \quad y = + 74,60, \text{ Quota} = - 0,96.$$

otteniamo, per il luogo della pietra rispetto all'ultima stazione:

$$x = - 0,47, \quad y = + 10,44, \text{ Quota} = + 1,38.$$

I risultati sono concordanti: in media avremo, nel sistema di riferimento adottato:

$$x = - 0^m,48, \quad y = + 10^m,47, \text{ Quota} = + 1^m,35.$$

\*  
\* \*

La fronte del ghiacciaio della Brenva, con gli apparati morenici antichi e recenti che ne dipendono, è stata rilevata con tacheometro e stadia il 24 agosto 1897. Si è fatto stazione sopra un grosso trovante della morena laterale sinistra, a poca distanza dal Châlet Joseph Proment. Le letture azimutali si sono ridotte al vero azimut astronomico, mediante una determinazione di tale elemento, eseguita con osservazioni solari.

Nel quadro che segue diamo i risultati del rilevamento, e cioè: la distanza di ogni punto dal centro di stazione, espressa in metri e ridotta all'orizzonte; l'azimut assoluto; la quota sul piano orizzontale della stazione; un cenno monografico per ciascun punto.

| Punto | DISTANZA | AZIMUT    | QUOTA    | CENNI MONOGRAFICI                                                   |
|-------|----------|-----------|----------|---------------------------------------------------------------------|
|       | metri    |           | metri    |                                                                     |
| 1     | 109,10   | 162° 2',4 | - 25,47  | Ponticello sull'emissario della Brenva.                             |
| 2     | 207,07   | 155 44,4  | - 40,62  | Ponticello sulla Dora di Val Veni, sotto Notre Dame de la Guérison. |
| 3     | 329,06   | 135 27,6  | + 30,94  | Stazione fotografica sul poggio vicino a Notre Dame.                |
| 4     | 349,00   | 192 45,0  | + 36,49  | Culmine antico deposito morenico sulla destra della Dora.           |
| 5     | 350,00   | 194 31,8  | + 44,55  | Sotto il Jardin des Italiens.                                       |
| 6     | 375,00   | 196 19,8  | + 56,72  | Terrazzo di Alexis Pluchod (Jardin des Italiens).                   |
| 7     | 382,00   | 201 49,2  | + 53,89  | Sul deposito morenico, oltre il terrazzo, alla estremità del bosco. |
| 8     | 340,00   | 169 40,2  | + 26,00  | Sulla morena tra il chalet Pluchod e il Santuario.                  |
| 9     | 330,00   | 161 1,2   | + 23,89  | Sulla morena, più presso al Santuario.                              |
| 10    | 312,00   | 128 37,8  | - 4,97   | Culmine della morena sulla riva destra della Dora.                  |
| 11    | 327,00   | 123 48,6  | - 17,17  | Nella morena della riva destra.                                     |
| 12    | 324,00   | 117 22,2  | - 41,07  | Idem.                                                               |
| 13    | 354,00   | 244 13,8  | + 78,61  | Sul ciglio della fronte glaciale.                                   |
| 14    | 400,00   | 246 22,2  | + 93,10  | Idem.                                                               |
| 15    | 457,00   | 230 49,2  | + 83,10  | Cordone inferiore della morena destra.                              |
| 16    | 486,00   | 233 18,6  | + 92,92  | Idem.                                                               |
| 17    | 495,00   | 230 13,2  | + 110,54 | Culmine della morena destra.                                        |
| 18    | 473,00   | 227 22,2  | + 99,82  | Idem.                                                               |
| 19    | 445,00   | 223 19,8  | + 80,62  | Idem.                                                               |
| 20    | 435,00   | 218 46,8  | + 62,54  | Idem.                                                               |
| 21    | 411,00   | 220 8,4   | + 58,87  | Idem.                                                               |
| 22    | 421,00   | 212 53,4  | + 43,24  | Ultimo lembo della morena destra, presso la Dora.                   |
| 23    | 379,00   | 214 33,0  | + 31,36  | Poco sotto alla morena destra.                                      |
| 24    | 365,00   | 217 37,8  | + 33,97  | Cordone inferiore della morena destra.                              |
| 25    | 388,20   | 219 22,2  | + 44,86  | Segnale N. 8: sotto il Jardin des Italiens.                         |
| 26    | 387,00   | 221 45,6  | + 50,91  | Cordone inferiore morena destra.                                    |

| Punto | DISTANZA | AZIMUT     | QUOTA   | CENNI MONOGRAFICI                                                |
|-------|----------|------------|---------|------------------------------------------------------------------|
|       | metri    |            | metri   |                                                                  |
| 27    | 378,00   | 229° 48',6 | + 38,79 | Bocca del ramo destro del ghiacciaio.                            |
| 28    | 373,00   | 233 7,2    | + 43,26 | Fronte del ghiacciaio: ramo destro.                              |
| 29    | 318,00   | 222 19,8   | + 25,22 | Morena fra le due bocche del ghiacciaio.                         |
| 30    | 314,00   | 223 38,4   | + 23,40 | Stazione fotografica sulla morena frontale tra le due bocche.    |
| 31    | 279,00   | 217 12,6   | + 9,98  | Nella morena frontale.                                           |
| 32    | 223,00   | 205 15,6   | - 6,70  | Sull'arco morenico frontale esterno, presso la Dora.             |
| 33    | 283,00   | 226 20,4   | + 12,72 | Estrema lingua di ghiaccio.                                      |
| 34    | 250,00   | 230 18,0   | + 10,81 | Fronte del ghiacciaio: ramo sinistro (a destra della bocca).     |
| 35    | 237,50   | 234 41,4   | + 10,98 | Bocca del ghiacciaio: ramo sinistro.                             |
| 36    | 222,00   | 238 17,4   | + 10,98 | Fronte del ghiacciaio: ramo sinistro (a sinistra della bocca).   |
| 37    | 199,00   | 241 30,6   | + 9,75  | Idem.                                                            |
| 38    | 44,60    | 89 7,8     | - 7,46  | Estremità del cordone morenico sul quale sorge la stazione.      |
| 39    | 69,70    | 42 37,2    | + 1,69  | Estremità della morena laterale sinistra principale.             |
| 40    | 66,70    | 3 40,8     | + 15,13 | Culmine della morena principale sinistra.                        |
| 41    | 91,60    | 328 4,8    | + 28,17 | Culmine della morena, sopra il chalet Proment.                   |
| 42    | 111,60   | 323 54,0   | + 33,62 | Morena, oltre il chalet Proment, sotto il culmine.               |
| 43    | 140,50   | 308 9,0    | + 47,45 | Culmine della morena sinistra, presso il segnale N. 7.           |
| 44    | 133,30   | 308 59,4   | + 44,11 | Segnale N. 7: sulla morena laterale principale sinistra.         |
| 45    | 199,10   | 296 24,6   | + 60,17 | Culmine della morena sinistra.                                   |
| 46    | 347,00   | 284 1,2    | + 96,48 | Culmine della morena: fantoccio rappresentante Annibale.         |
| 47    | 376,80   | 280 0,6    | + 89,06 | Primo cordone interno a sinistra.                                |
| 48    | 320,20   | 280 30,0   | + 70,36 | Idem.                                                            |
| 49    | 270,40   | 279 38,4   | + 53,63 | Idem.                                                            |
| 50    | 222,30   | 280 14,4   | + 39,04 | Primo cordone interno a sinistra: innesto nella morena frontale. |

| Punto | DISTANZA | AZIMUT     | QUOTA   | CENNI MONOGRAFICI                                            |
|-------|----------|------------|---------|--------------------------------------------------------------|
|       | metri    |            | metri   |                                                              |
| 51    | 190,30   | 277° 19',8 | + 27,00 | Morena frontale: innesto con il cordone interno di sinistra. |
| 52    | 149,30   | 272 56,4   | - 18,83 | Morena frontale                                              |
| 53    | 140,70   | 263 25,2   | - 14,13 | Idem.                                                        |
| 54    | 145,80   | 258 25,8   | + 14,02 | Idem.                                                        |
| 55    | 133,20   | 257 23,4   | + 11,02 | Idem.                                                        |
| 56    | 138,50   | 252 13,2   | + 8,78  | Idem.                                                        |
| 57    | 115,00   | 248 25,2   | + 4,27  | Idem.                                                        |
| 58    | 130,00   | 244 18,0   | + 4,83  | Idem.                                                        |
| 59    | 126,00   | 231 11,4   | - 2,75  | Sotto la morena frontale: emissario di sinistra.             |
| 60    | 146,00   | 222 45,0   | + 1,83  | Sulla morena frontale: tra i due emissari.                   |
| 61    | 163,00   | 215 24,6   | - 1,34  | Idem.                                                        |
| 62    | 173,60   | 210 27,0   | - 7,35  | Sulla morena frontale: presso l'emissario di destra.         |
| 63    | 163,00   | 229 27,0   | + 2,78  | Fra i due emissari.                                          |
| 64    | 153,00   | 234 51,6   | + 4,46  | Idem.                                                        |
| 65    | 166,00   | 236 34,8   | + 8,25  | Idem.                                                        |
| 66    | 186,00   | 232 9,0    | + 5,22  | Idem.                                                        |
| 67    | 188,00   | 237 25,8   | + 7,21  | Idem.                                                        |
| 68    | 171,00   | 242 20,4   | + 5,95  | Fra i due emissari: presso l'emissario di sinistra.          |
| 69    | 173,90   | 252 2,4    | + 9,76  | Idem.                                                        |
| 70    | 182,60   | 260 59,4   | + 16,17 | Fronte del ghiacciaio.                                       |
| 71    | 192,60   | 266 23,4   | + 22,13 | Presso la grotta artificiale Proment.                        |
| 72    | 220,00   | 268 15,6   | + 25,94 | Presso la grotta Proment.                                    |
| 73    | 240,00   | 269 31,2   | + 31,81 | Fronte del ghiacciaio.                                       |
| 74    | 256,00   | 271 11,4   | + 34,98 | Idem.                                                        |

Riserviamo ad altra occasione una approfondita discussione sopra le vicende di questo ghiacciajo, che per la facilità di accesso, per la sua vicinanza a centri importanti di abitazione, per la sua altitudine nelle

parti terminali, notevolmente inferiore a quella di ogni altro ghiacciajo delle Alpi italiane, ha potuto sin dai primi decenni del secolo XIX essere oggetto di accurati studi. Non possiamo tuttavia esimerci dal confrontare brevemente i risultati nostri con quelli ottenuti dai precedenti osservatori.

La storia delle variazioni di lunghezza della Brenva è stata raccolta dal Forbes per il periodo compreso tra il grande avanzamento del 1818 e il 1846. Dall'opera di questo autore *Occasional Papers on the Theory of Glaciers* si ricava che dal 1818 sin verso il 1842 il ghiacciajo fu in costante diminuzione. La fronte che, verso il 1818, s'insinuava sin sotto al vertice del cuneo formato dalla confluenza del torrente di Toula con la Dora di Val Veni, si era nel 1842 ritirata di circa 1000 metri. Nel periodo fra il 1842 e il 1846 (e presumibilmente sino al 1850, se si ammette che la Brenva abbia seguito l'avanzamento generale della metà di secolo), una nuova spinta portava la linea terminale ancora molto innanzi, meno tuttavia che nel 1818: è a questa fase che si può ragionevolmente attribuire la costruzione del cordone morenico interno, al quale appartengono i punti 47, 48, 49, 50 del nostro rilevamento, e quella di una morena frontale, di cui il cordone sul quale fu fatta stazione rappresenta un residuo, rimaneggiato dalle acque di scolo (1).

È degna di speciale attenzione una nota del Forbes, relativa al progresso del ghiacciajo nei due mesi estivi del 1845. L'essersi la fronte avanzata di ben ventidue metri appunto nella stagione in cui massima è l'ablazione, prova che le teorie secondo le quali le variazioni proven-

(1) Nel 1851 Bartolomeo Gastaldi scriveva:

« La strada è aperta sur una parete la quale cade a picco sulla Brenva: noi ci  
« troviamo così ad aver sotto ai piedi l'estremità terminale del ghiacciajo. La Brenva,  
« uscendo da un profondo burrone del Monte Bianco, si avvanza nella valle della  
« Léz-Blanche, dirigendosi obliquamente a quella dall'occidente all'oriente, nel senso  
« della china. La massa di ghiaccio colante non s'arresta punto, incontrando la Dora,  
« ma le passa sopra, imponendole un largo ponte di ghiaccio, in cui pesano a mi-  
« gliaia i metri cubi. Dal punto in cui siamo l'orecchio ode le acque del torrente  
« rumoreggiare sotto la volta di gh'accio, e l'occhio le vede uscire spumanti dalla  
« porta azzurra aperta nella scarpa terminale del ghiacciajo. La Brenva, dopo di es-  
« sersi recentemente ritirata ora è stazionaria. Un occhio attento d'iscerne, a qualche  
« metro di distanza dalla linea cui si arresta, le tracce della morena frontale che il  
« ghiacciajo aveva abbozzato prima di battere in ritirata. La guida intanto non man-  
« cherà di dirci che nel 1818 si poteva col bastone toccare il ghiaccio della strada  
« su cui siamo, benchè sia oggidì e'evata di alcuni metri sul livello del gh'acciajo »

gono essenzialmente dall'alimentazione meritano la preferenza rispetto a quelle che attribuiscono esagerata importanza al fattore del consumo. Il processo di espansione trae la sua origine dall'aumentata potenza dei depositi accumulati nei bacini superiori durante una serie di annate più umide e più fredde del normale; quando, come nel caso citato, la spinta in avanti è più forte, non basta il massimo dell'ablazione estiva a mascherarne gli effetti.

Per questi, e per analoghi studi, che si collegano all'interpretazione fisica del meccanismo che opera nei fenomeni glaciali, la Brenva è particolarmente designata dalle accennate comodità di accesso e di dimora, e più dalle sue condizioni di sensibilità, dovute alla grande pendenza ed alla estensione del bacino alimentante, che occupa un vasto circo elevatissimo, racchiuso dall'arco semicircolare concavo che dalla cima del Monte Bianco per il Corridor e il Mont Maudit va alla Tour Ronde.

È molto ragionevole il credere che questo bacino di ben dieci chilometri quadrati di area raccolga non soltanto la neve che vi cade direttamente, e quella che in valanghe vi precipita dalle ertissime cime circostanti, lungo le dirupate pareti dei monti accennati e del contrafforte del Pétérét (Aiguille Blanche, Dames Anglaises, Aiguille Noire), ma ancora una grande massa pulverulenta, sollevata dalla tormenta alla superficie dei vasti altipiani ghiacciati del versante francese, e trasportata al disopra della cresta di confine.

La corrente di ghiaccio che effluisce dal circo superiore è costretta a scendere entro un vallone relativamente angusto, di pareti quasi verticali, incontrando qua e là prominenze rocciose, bernocchi giganteschi, come la *Pierre-à-Moulin* tanto nota ai visitatori del Santuario di *Nôtre Dame*. La presenza di tali soluzioni di continuità nel regolare declivio della montagna crea le condizioni per un regime irregolare del ghiacciajo, tutto frantumato, irto di seracchi e di profonde crepacce longitudinali, solcato nelle ore più calde da una successione non interrotta di valanghe.

Possiamo ritenere che il movimento di regresso iniziato nel 1850 abbia continuato senza interrompersi fino al 1879, anno nel quale una accurata esplorazione del ghiacciajo veniva eseguita dal professore Martino Baretta e dal geometra G. G. Marengo. Dobbiamo al secondo una succinta, ma pregevole relazione, pubblicata nel *Bollettino del Club Alpino Italiano* (volume xv, numero 45), e corredata di una piccola mappa della regione frontale, alla scala di 1:20000.

Dal confronto di questo disegno con quello che si ricava dai nostri dati appare evidente che il regresso tra il 1879 e il 1897 non si è mantenuto nelle proporzioni del periodo precedente. Pare che la grande ripidezza della corrente glaciale non consenta l'arrestarsi della fronte molto più a monte: l'impoverirsi delle riserve superiori non dovrebbe più, oltre un certo limite, rendersi sensibile per una retrogradazione della fronte, ma solamente per un generale sminuirsi del volume e quindi dello spessore. Questa congettura per ora non può fondarsi che sopra un paragone molto sommario delle osservazioni fatte dal Baretto e dal Marengo nel 1879 con le nostre nel 1897, e sopra alcune notizie molto vaghe, raccolte da noi nell'ultima campagna. Essa troverà la sua conferma in una nuova esplorazione, che è ormai urgente, e che potrà dare occasione ad una esauriente discussione di tutto il materiale raccolto sino ad oggi dagli studiosi che si occuparono di questo classico ghiacciajo.

Aggiungo alcuni cenni sui segnali da noi collocati (N. 7 e 8), e sull'allineamento che ne è determinato.

Il numero 7, segnato con la data, una croce e le iniziali, scolpite in un masso e colorate con minio, si trova sul culmine della magnifica morena rettilinea principale di sinistra, poco sopra la nostra stazione, della quale sta quasi esattamente a Nord-Ovest, presso il Châlet di Joseph Proment.

Il segnale numero 8, pure indicato con le convenzioni consuete, sta sul cordone morenico che si stacca dalla grande morena laterale destra, prima che questa vada a perdersi contro la Dora, in faccia al belvedere del Jardin des Italiens.

L'allineamento tra i due segnali passa qualche metro appena più a monte delle estreme propaggini spinte innanzi dal ramo sinistro del ghiacciajo, il quale, contrariamente a quanto appare dalla carta del Marengo, è (nel 1897) molto più avanzato del ramo destro. L'insenatura, che nella carta è appena accennata tra i due rami, ha cacciato nei 18 anni successivi un vero cuneo tra l'una e l'altra fronte, dividendo in due anche il corso dell'emissario che, a quanto sembra, nel 1878 sboccava unico dall'insenatura stessa, ed ora esce in due distinte bocche a destra ed a sinistra.

Si presenta naturale l'ipotesi di una morena di fondo triangolare, che il ritiro del ghiacciajo tra il 1878 e il 1897 abbia messo allo scoperto: ma evidentemente l'ipotesi non regge, se si ammette che prima del 1878 le acque di scolo sgorgassero in massa unica appunto nel luogo

occupato dalla morena stessa. Se la biforcazione subglaciale delle acque è, come tutto sembra attestare, un fatto recente, ciò contraddice in modo assoluto alla preesistenza di un deposito morenico. Piuttosto si potrebbe ammettere la presenza di un rigonfiamento roccioso analogo a quello costituente la *Pierre-à Moulin*, e nascosto sotto i ghiacci della fronte, che lo scavalcavano. Il ritirarsi della fronte avrebbe condotto all'affioramento di questa roccia, poi ricoperta da detriti, ed al biforcarsi del torrente di sfogo.

Se e come una di queste differenti interpretazioni si adatti alla verità dei fatti non può essere deciso, fuorchè per una diligente esplorazione del terreno, ed una indagine sopra i fenomeni che si sono verificati dal 1897 ad oggi.

Un indugio ulteriore sarebbe deplorabile, poichè il ghiacciajo è, come abbiamo detto, tra i più sensibili alle cause che tendono a modificarne il regime, e presenta quindi una grande rapidità di trasformazioni successive nel suo aspetto.

Sarebbe anzi, per siffatta considerazione, singolarmente raccomandabile una sistematica e continua investigazione dei fenomeni più importanti, alla quale facilmente si potrebbe attendere, dimorando per qualche mese d'estate nel Châlet Proment.

Quando si pensa che migliaia di visitatori vanno annualmente a vedere la Brenva da questo Châlet o da Nôtre Dame, che ben duecentomila metri quadrati di terreno sono alternativamente coperti o lasciati a nudo dal ghiacciajo nelle sue gigantesche fluttuazioni, che il corso stesso della Dora di Val Veni rimane talvolta coperto dal ghiaccio, sotto il quale le acque si scavano un passaggio (come avvenne per tutta la prima metà del secolo decimonono), che infine a tanto enormi variazioni di volume della massa fondente corrisponder debbono altrettanto grandi variazioni di portata nella massa d'acqua che ne effluisce, e quindi conseguenze economiche degne del massimo studio, non si comprende come l'indifferenza per questo problema non sia stata scossa nè dalla curiosità, nè dalle considerazioni scientifiche, nè dalle pratiche utilità, oggi tanto cresciute per il nuovo uso delle forze idrauliche.

Eppure il nostro paese non ascolta, non vuole ascoltare la voce dei pochi solitari, che consigliano questa ricerca. Dalle Società di *Sport* e di Geografia ai Corpi dello Stato ed alle Accademie, quanti furono sollecitati risposero con rifiuti o con vane parole evasive. L'Accademia dei Lincei nel 1872 stanziò una somma di 500 lire, assegnata, secondo l'uso invalso tra noi, non a promuovere ricerche affidate a persone competenti,

bensi a premiare il vincitore di una gara. Tale esempio fu negli ultimi anni seguito dal Club Alpino Italiano: ma i risultati furono in un caso e nell'altro tali da dimostrare l'inapplicabilità del criterio adottato. E per vero, quale stimolo può dare l'incerta prospettiva di un premio di poche centinaia di lire per un lavoro faticoso e costoso, che ne domanda molto più per le spese? Se una somma in denaro, per quanto esigua, è sempre accettata per colui che in essa vede il riconoscimento di un servizio reso alla scienza, per il modesto studioso di gabinetto e di tavolino, altrettanto non può dirsi per colui che deve ottenerla anticipando somme ben maggiori.

D'altra parte, è ovvio che la conservazione dei segnali apposti e la revisione del lavoro fatto sui ghiacciai non potrebbero rimanere compito esclusivo di una sola persona, per quanto provvista di mezzi e animata dalla migliore volontà: le mutate condizioni di residenza, di mezzi economici, di età, di opportunità possono in mille modi diversi interrompere la continuità di una esplorazione che, una volta iniziata, dovrebbe passare nel dominio pubblico, insieme con i risultati acquisiti e con l'obbligo di proseguirla.

In base a queste considerazioni, dopo cinque anni di vani sforzi per indurre quanti in Italia si occupano di Geografia e di Alpinismo scientifico ad assumere un contegno più attivo, rispetto a questa materia del movimento dei ghiacciai, mi sono deciso a licenziare alla stampa una relazione, necessariamente non compiuta, di quanto nel 1897 fu operato con grande disagio dal Druetti e da me, per dare all'Italia una monografia illustrativa dei ghiacciai che scendono dalle dirupate pareti meridionali del colosso delle Alpi.

Ho creduto mio dovere e mio diritto rompere ogni indugio, anche per il pensiero della responsabilità che mi incombe in faccia ai miei colleghi della Commissione Internazionale, i quali vollero scegliermi a successore di Giovanni Marinelli quale rappresentante del nostro paese.

Io non oso sperare che la presente pubblicazione giovi ad altro, fuorchè ad assicurare al pubblico in modo imperituro la conservazione delle notizie, mediante le quali sarà possibile ricostruire la descrizione dei ghiacciai di Courmayeur nel 1897. Credo tuttavia che il ristretto e più modesto risultato sia raggiunto: e se avverse vicende non consentiranno a me o ad altri di compir l'opera pubblicando lo studio illustrativo esauriente dei ghiacciai medesimi ed assicurandone per l'avvenire l'esplorazione sistematica, rimarrà ad ogni modo acquisito alla scienza

il frutto di un lavoro condotto forse con piccola autorità e scarsa competenza, ma certamente con sincero entusiasmo, con intensa applicazione e con sacrificio non lieve di tempo e di denaro.

\*  
\* \*

#### APPENDICE.

Nella monografia che precede si è accennato parecchie volte alla determinazione astronomica degli azimut, cui si è fatto ricorso per orientare i rilevamenti topografici. Non mi pare inutile esporre qui il metodo da noi tenuto, che trova frequente applicazione così nella topografia, come nelle misure magnetiche assolute, e in ogni altra operazione per cui giovi arrivare speditamente alla conoscenza esatta della direzione del meridiano.

L'uso della bussola dovendo essere assolutamente respinto per le incertezze alle quali dà luogo, specialmente nei terreni serpentinosi, che abbondano nelle nostre montagne, l'orientazione esatta non si può avere altrimenti che con collegamenti spesso laboriosi, e talora impossibili, alla rete trigonometrica dello Stato, oppure con dirette osservazioni astronomiche.

Queste rappresentano il mezzo più sicuro e più economico per ottenere in breve tempo l'orientamento richiesto, e sarebbero in uso generalmente presso i topografi e i fisici, come lo sono presso gli uomini di mare, se non fosse opinione comune in Italia, professata nelle Facoltà Universitarie e ribadita persino negli ultimi regolamenti del Ministro Nasi, che l'Astronomia sia una scienza a sè, priva di ogni nesso e di ogni applicazione pratica, inutile ai cultori delle scienze sperimentali e dell'ingegneria.

Eppure è manifesto che i procedimenti astronomici sono spesso indispensabili e talora evitano lunghe e laboriose operazioni indirette, nella soluzione di problemi fisici e geografici, dove la loro applicazione si può rendere estremamente facile e semplice.

Nel caso nostro ogni strumento munito di due cerchi, come un teodolite od un tacheometro, può fornire con una semplice osservazione di altezza e di azimut la direzione del meridiano, spinta ad una approssimazione di gran lunga maggiore di quelle fornite dai metodi indiretti.

L'astro più conveniente in queste misure è il sole, che conviene osservare parecchie ore prima o dopo il suo passaggio al meridiano. Si collima con sufficiente precisione al centro del disco badando che i due fili di mezzo, orizzontale e verticale, dividano il disco stesso in quattro parti o quadranti uguali, cosa che con un poco di attenzione e di pratica si ottiene facilmente per tentativi, muovendo con le viti dei piccoli spostamenti il cannocchiale simultaneamente in altezza e in azimut, finchè la condizione appare all'occhio soddisfatta precisamente. Si leggono i due circoli e, se si vuole anche l'ora esatta, si determina insieme l'istante in cui il sole fu osservato in tempo dell'orologio.

Ciò posto, ecco come si procede. La distanza zenitale osservata si corregge per la refrazione media, quando la temperatura eccessiva non obblighi a tener conto del fattore termometrico, o l'altitudine della stazione non importi una considerevole diminuzione di pressione. La distanza zenitale corretta  $z$ , il complemento della latitudine geografica  $\varphi$  (che si ricava con sufficiente approssimazione da una carta al 50,000) e il complemento della declinazione solare  $\delta$  (dedotto dalla *Connaissance des temps* o dal *Nautical Almanac*) sono i tre lati di un triangolo sferico, nel quale sono incogniti l'azimut  $A$  del Sole, l'angolo orario  $t$  e il terzo angolo interno.

La formula di risoluzione di un triangolo sferico, quando si cerchi un angolo  $A$ , dati i tre lati  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , si scrive comunemente:

$$\operatorname{tg} 1/2 A = \sqrt{\frac{\sin(\sigma-b) \sin(\sigma-c)}{\sin \sigma \sin(\sigma-a)}}$$

dove

$$\sigma = 1/2 (a + b + c).$$

Ponendo

$$\frac{\sin(\sigma-a) \sin(\sigma-b) \sin(\sigma-c)}{\sin \sigma} = k^2$$

si ricava subito

$$\operatorname{tg} 1/2 A = \frac{k}{\sin(\sigma-a)} \quad \operatorname{tg} 1/2 B = \frac{k}{\sin(\sigma-b)} \quad \operatorname{tg} 1/2 C = \frac{k}{\sin(\sigma-c)}.$$

L'uso di queste notazioni, e delle

$$\sigma-a = \alpha, \quad \sigma-b = \beta, \quad \sigma-c = \gamma,$$

dovuto al Döllén, rende facile e spedita la risoluzione del problema nei casi speciali. Per controllo servono le formule :

$$\alpha + \beta + \gamma = \sigma, \quad \operatorname{tg} 1/2 A \operatorname{tg} 1/2 B \operatorname{tg} 1/2 C = \frac{k}{\sin \sigma}$$

Servirà come esempio numerico, e come dimostrazione della semplicità dei calcoli, la deduzione dell'azimut dalle osservazioni fatte alla Brenva il 24 agosto 1897.

Le distanze zenitali del sole, osservate in due opposte posizioni del circolo verticale del tacheometro, risultarono di  $69^{\circ}$ ,  $62$  a  $16^h 37^m 38^s$  dell'orologio, e di  $70^{\circ}$ ,  $29$  a  $16^h 41^m 0^s$ . Osservo in primo luogo che l'aumento della distanza zenitale con il tempo è in accordo con il fatto dell'ora pomeridiana.

La riduzione delle letture centesimali fatte sul tacheometro in gradi sessagesimali si fa nel modo più spedito, togliendo un decimo al valore letto, e moltiplicando la parte frazionaria che si ottiene per 0.6. Così :

$$69^{\circ} 62 = 69.62 - 6.96 = 62^{\circ}.66 = 62^{\circ} 39',6$$

$$70^{\circ} 29 = 70.29 - 7.03 = 63^{\circ}.26 = 63^{\circ} 16',6.$$

La refrazione media che compete a queste due distanze zenitali è  $1' 52'' 4$ ,  $1' 55'' 2$ : in media  $1',9$ , e, correggendo per il fattore barometrico,  $1',7$ , quantità della quale la distanza osservata dev'essere *aumentata*, per dare la distanza zenitale *vera*.

La declinazione del sole a mezzogiorno medio di Parigi era data per il 24 agosto 1897 dalla *Connaissance des temps* in  $\delta = 10^{\circ} 56',3$ . Essendo la variazione oraria di tale elemento data per lo stesso giorno in  $- 0',9$ , si può ritenere per l'istante dell'osservazione  $\delta = 10^{\circ} 52',9$ .

Il massimo di variazione oraria della declinazione solare non arriva a un minuto d'arco, intorno agli equinozi: si vede dunque che l'incertezza prodotta nell'interpolazione dall'errore di un'ora nel computo del tempo introduce un errore trascurabile nei dati del problema.

La latitudine, ricavata dalla carta dell'Istituto Geografico Militare, si ritenne uguale a  $45^{\circ} 49',0$ .

Ecco dunque i calcoli ed i risultati :

|           |                    |                    |                           |                    |                    |                |         |         |
|-----------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|---------|
| $\delta$  | $10^{\circ} 52',9$ | $10^{\circ} 52',9$ | $\sigma - a = \alpha$     | $13^{\circ} 52',6$ | $14^{\circ} 10',6$ | k              | 9,48000 | 9,48365 |
|           |                    |                    |                           |                    |                    | $\sin \alpha$  | 9,37991 | 9,38901 |
| $\varphi$ | 45 49,0            | 45 49,0            | $\sigma - b = \beta$      | 48 48,7            | 49 6,7             |                |         |         |
|           |                    |                    |                           |                    |                    | k              | 9,48000 | 9,48365 |
| z         | 62 41,3            | 63 17,3            | $\sigma - c = \gamma$     | 30 18,4            | 30 0,4             | $\sin \beta$   | 9,87653 | 9,87851 |
| a         | 79 7,1             | 79 7,1             | $\alpha + \beta + \gamma$ | 92 59,7            | 93 17,7            | k              | 9,48000 | 9,48365 |
|           |                    |                    |                           |                    |                    | $\sin \gamma$  | 9,70297 | 9,69906 |
| b         | 44 11,0            | 44 11,0            | $\sin \alpha$             | 9,37991            | 9,38901            |                |         |         |
|           |                    |                    | $\sin \beta$              | 9,87653            | 9,87851            | tg 1/2 A       | 0,10009 | 0,09464 |
| c         | 62 41,3            | 63 17,3            | $\sin \gamma$             | 9,70297            | 9,69906            | tg 1/2 B       | 9,60347 | 9,60514 |
|           |                    |                    |                           | 8,95941            | 8,96658            | tg 1/2 C       | 9,77703 | 9,78459 |
| $2\sigma$ | 185 59,4           | 186 35,4           | $\sin \tau$               | 9,99941            | 9,99928            |                |         |         |
|           |                    |                    |                           |                    |                    | k              | 9,48000 | 9,48365 |
| $\sigma$  | 92 59,7            | 93 17,7            | $\log k^2$                | 8,96000            | 8,96730            | $\sin \tau$    | 9,99941 | 9,99928 |
|           |                    |                    | $\log k$                  | 9,48000            | 9,48365            | Prodotto       | 9,48059 | 9,48437 |
|           |                    |                    |                           |                    |                    | k: $\sin \tau$ | 9,48059 | 9,48437 |

Prova

Si ricava dai due valori di  $\text{tang } 1/2 A$ :

$$1/2 A = 51^{\circ} 32',7, \quad 1/2 A = 51^{\circ} 11',7 \text{ e quindi } A = 103^{\circ} 5',4, \quad A = 102^{\circ} 23',4.$$

L'angolo  $A$  essendo interno al triangolo fra il sole, lo zenit e il polo, misura l'azimut vero del sole, contato dal Nord verso Ovest (perchè l'osservazione è stata fatta nelle ore pomeridiane). Per aver l'azimut contato all'uso geodetico da Nord verso Est, bisogna prendere  $360^{\circ} - A$  e così si ottiene per azimut del sole nelle due osservazioni:

$$256^{\circ} 54',6, \quad 257^{\circ} 36',6,$$

ossia, in misura centesimale

$$285^{\circ} 46, \quad 286^{\circ} 23.$$

Le letture corrispondenti sul circolo azimutale erano  $266^{\circ} 44$  e  $267^{\circ} 16$ : se ne ricava la posizione del Nord astronomico sul circolo orizzontale del tacheometro, data dalla prima lettura a  $380^{\circ} 98$ , dalla seconda a  $380^{\circ} 93$ . Il grande accordo di questi risultati *inter se* prova la bontà del metodo: si può aggiungere che due altre osservazioni consimili, eseguite nelle condizioni più sfavorevoli, e cioè meno di mezza ora prima del mezzogiorno vero locale, avevano dato un valore abbastanza prossimo a questi, cioè  $381^{\circ} 56$ .

Benchè ciò non sia necessario allo scopo nostro, vediamo come sia possibile ricavare senza fatica la correzione dell'orologio, elemento sempre utile da conoscersi, quando si operi in alta montagna, lontano da centri importanti di popolazione.

L'angolo  $C$  del triangolo è uguale all'angolo orario  $t$  del sole, contato positivamente nelle ore pomeridiane. Il suo valore, espresso in tempo, ci dà quindi immediatamente il tempo vero locale, donde, aggiungendo la differenza di longitudine e l'equazione del tempo, si ricava senz'altro il tempo medio dell'Europa centrale, corrispondente alle osservazioni.

Nel caso nostro

|                             |                    |                     |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| $\text{tg } 1/2 C$          | 9,77703            | 9,78459             |
| $1/2 C$                     | $30^{\circ} 53',9$ | $31^{\circ} 20',4$  |
| $C$                         | $61 \quad 47,8$    | $62 \quad 40,8$     |
| Tempo vero locale           | $16^h \quad 7^m,2$ | $16^h \quad 10^m,7$ |
| Equazione del tempo         | $+ \quad 2,5$      | $+ \quad 2,5$       |
| Tempo medio locale          | $16 \quad 9,7$     | $16 \quad 13,2$     |
| Differenza di longitudine   | $+ \quad 32,3$     | $+ \quad 32,3$      |
| Tempo medio Europa centrale | $16 \quad 42,0$    | $16 \quad 45,5$     |
| Orologio                    | $16 \quad 37,6$    | $16 \quad 41,0$     |
| Correzione dell'orologio    | $+ \quad 4^m,4$    | $+ \quad 4^m,5$     |

Anche qui, come per gli azimut, l'accordo tra le due osservazioni non potrebbe essere più soddisfacente. L'ora si ha con un'esattezza certamente superiore a quella di una stazione di strada ferrata o di un ufficio telegrafico; l'incertezza residua arriva appena a qualche secondo.

\*  
\* \*

Le operazioni di campagna furono eseguite in collaborazione con l'ingegnere Alessandro Druetti e, anche nelle parti secondarie in cui mancò la presenza dell'uno o dell'altro di noi, debbono essere considerate come opera comune.

I calcoli, iniziati appena sotto la mia direzione all'Osservatorio di Torino, furono poi ripresi e condotti a termine da me esclusivamente: è pure mio lavoro personale la redazione di questa memoria.

Prese parte al lavoro topografico in Val Ferret l'ingegnere Carlo Daviso di Charvensod.