

Paolo Ballada di Saint Robert e l'*Ipsologista*

Federica Maffioli - Associazione Culturale "Saint Robert" -
federicamaffioliarchitetto@yahoo.it

Andrea Ruggeri - Associazione Culturale "Saint Robert" - ruggeriandrea@yahoo.it

Abstract: The count Paolo Ballada de Saint Robert (1815-1888) was an Italian scientist who dealt mainly with mechanics and thermodynamics. Well known also as a distinguished savant and zealous mountaineer, he invented an ingenious sliding rule (the *Hypsologista*) for determining the difference in the height of two stations from a pair of barometer observations, without the necessity of using the tables or making any arithmetical calculations. This sliding rule was also known and appreciated in the Alpine Club of England. Today we have only the description of it but no original copy.

In our talk we describe how Saint Robert arrived to his personal hypsometrical formula (through the observations made by James Glaisher to the barometrical formula, and the Laplace formula) and we explain how his *Hypsologista* was built (the reduction in a sliding rule of a three-variable equation) and how it works (through three examples); these arguments are strictly correlated to the scientist/mountaineer figure of the end of the 19th century and to the first Italian ascent of Mount Viso in August 1863.

Keywords: Hypsologista, Hypsometrical formula, Sliding rule, Scientist mountaineers, Digital reconstruction.

1. Il conte Paolo Ballada di Saint Robert

1.1. Biografia

Il conte Paolo Ballada di Saint Robert nacque a Verzuolo, una cittadina del Piemonte sud occidentale in provincia di Cuneo nel 1815. Frequentò giovanissimo l'Accademia Militare di Torino ottenendo a 18 anni la promozione di luogotenente di artiglieria, primo del suo corso. Professore di balistica nella Scuola di Applicazione d'Artiglieria e Genio di Torino. A 45 anni lasciò inspiegabilmente l'esercito con il grado di tenente colonnello per dedicarsi agli studi delle scienze fisiche e militari.

Nel 1878 si ritirò a Castagnole delle Lanze, vicino ad Asti, dedicandosi ai suoi amati interessi scientifici prima di trasferirsi a Torino dove morì nel 1888.

Socio della Reale Accademia delle Scienze di Torino, della Reale Accademia dei Lincei di Roma, della Società italiana dei XL di Modena e del Regio Istituto Lombardo, fu decorato della Croce al Merito di Savoia.

Personaggio di alto ingegno compì numerosi studi precursori di teorie moderne in diversi campi della Scienza ove ottenne importanti riconoscimenti sia in Italia che all'estero.

I suoi studi sulla balistica, l'artiglieria, la meccanica e l'ipsometria barometrica furono pubblicati in tre volumi dal titolo *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre*.

L'opera più nota, conservata in moltissime biblioteche universitarie e che gli procurò una vasta fama, fu *Principes de thermodynamique* pubblicata a Torino nel 1865 e adottata come libro di testo nelle università inglesi e tedesche.

Si occupò con passione di entomologia e di botanica, raccogliendo un importante erbario ricco di piante estremamente rare. Appassionato alpinista, compì numerose ascese tra le quali la prima italiana al Monviso nel 1863 insieme a Quintino Sella del quale era intimo amico e con il quale fondò il prestigioso Club Alpino Italiano; nel 1885 fu tra i primi italiani ad essere accolto quale membro onorario fra gli amici dell'Alpine Club di Londra.

1.2. La figura dello scienziato alpinista

L'ipsometria, come la botanica, la geologia, la mineralogia, era una delle scienze che venivano indagate durante le escursioni sulle Alpi dai primi esploratori, i cosiddetti "scienziati alpinisti".

A partire dalla seconda metà del XVIII secolo fino alla prima metà del XIX secolo erano tutti scienziati i primi adoratori delle Alpi che erano considerate come un immenso laboratorio a cielo aperto da parte di personaggi come Spirito Benedetto Nicolis di Robilant e Horace-Bénédict de Saussure. Un atteggiamento simile si ritrovava nell'élite scientifica inglese (un nome su tutti quello dello scienziato John Tyndall) dove si coniugava la pratica dell'alpinismo con la ricerca scientifica; questo ambiente costituì un punto di riferimento e di stimolo per la nascente classe dirigente e di intellettuali del giovane Regno d'Italia.

La figura dello scienziato alpinista finì simbolicamente intorno al 1865, anno in cui l'inglese Edward Whymper scalò per primo il Cervino senza intenti scientifici ma solo per il puro piacere dell'impresa sportiva fine a se stessa.

Il Saint Robert rimase invece uno scienziato alpinista fino a che la sua salute gli permise di praticare la montagna; compì numerose salite sulle Alpi occidentali e sul Gran Sasso, accompagnandosi sempre ad altri studiosi al fine di trasformare ogni escursione in una campagna scientifica.

Occasionalmente¹ lo accompagnava il giovane e promettente artista Alberto Maso Gilli (1840-1894) per realizzare splendide tavole illustrate di corredo alle relazioni scientifiche.

¹ Sono presenti tavole autografate dal Gilli nelle pubblicazioni relative alla salita alla Torre d'Ovarda e al Gran Sasso, è molto probabile che lo stesso artista abbia prodotto altre illustrazioni per il Saint Robert e che queste siano andate perse in carteggi manoscritti non più rintracciabili.

2. L' ipsometria e l'Ipsologista

2.1. Il contributo del Saint Robert all'ipsometria

Uno degli aspetti che maggiormente catturarono l'interesse del conte fu l'ipsometria, ossia la scienza che si occupa di determinare l'altitudine di un luogo sul livello del mare mediante la misurazione della pressione atmosferica. I primi tentativi in tal senso avvennero nel 1648 ad opera di Blaise Pascal e più tardi, nel 1846, ad opera di Edmund Halley; fondamentale fu il lavoro compiuto da Laplace e la sua formula barometrica che godette di ampio credito fino alla metà del XIX secolo.² Negli anni Sessanta dell'Ottocento Paolo Ballada di Saint Robert fu fra i più attivi nello studio e nella divulgazione dell'ipsometria al punto da auspicare (in una sua nota esposta all'Accademia delle Scienze di Torino nel marzo del 1871) una vera e propria diffusione di massa delle campagne di rilevamento ipsometrico, collegandosi al nascente turismo alpino, al fine di migliorare la conoscenza dell'orografia del territorio e la sua restituzione sulle carte geografiche.

Nel 1864 pubblicò i risultati dei propri studi quasi in contemporanea sulle più importanti riviste scientifiche internazionali³ dell'epoca: l'inglese *Philosophical Magazine* (fra i cui prestigiosi autori troviamo Hamilton, Maxwell, Brewster, Cayley e Tyndall); la rivista francese *Les Mondes* e la più recente italiana *Il Nuovo Cimento*. Da questa massiccia operazione di divulgazione scientifica si percepisce quanto il Saint Robert ritenesse importanti i propri studi e quanto la comunità scientifica europea ritenesse meritevoli della più ampia diffusione le teorie dello scienziato italiano. Il suo contributo all'ipsometria si può sinteticamente ricondurre alle variazioni che egli operò alla formula barometrica di Laplace partendo dai dati raccolti da Glaisher (durante le sue ascese aerostatiche del 1862) ed osservando da questi una decrescita lineare della densità e della temperatura dell'aria con il crescere della quota. Costruì inoltre delle nuove tavole ipsometriche e, consapevole del fatto che non esisteva uno strumento capace di misurare la temperatura reale dell'aria a causa della forte influenza della temperatura del terreno sugli strumenti, propose un metodo per determinare il dislivello fra due punti eliminando l'utilizzo del termometro ed usando solo il barometro, il clinometro e cronometrando il tempo di percorrenza del suono di uno sparo da una delle due stazioni all'altra.

2.2. L'Ipsologista e la sua ricostruzione digitale

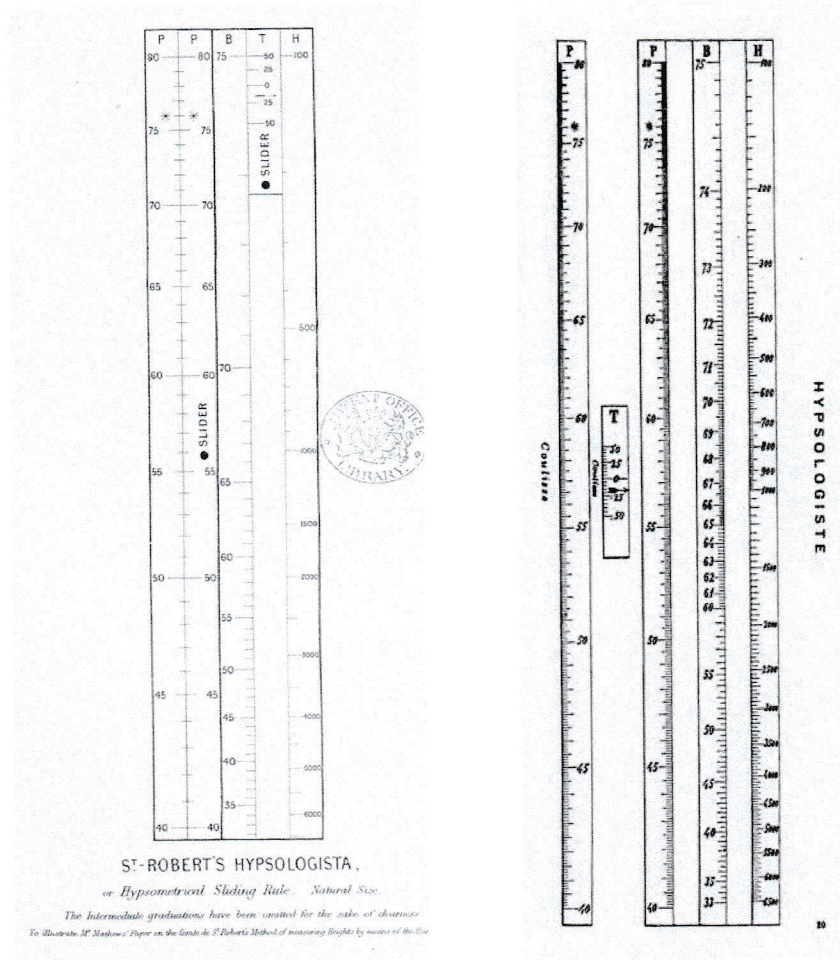
Nel 1868 William Mathews (noto alpinista inglese fondatore dell'Alpine Club nonché studioso di ipsometria e topografo) scriveva all'editore dell'*Alpine Journal*:

² Per una puntuale e dettagliata descrizione dell'evoluzione dell'ipsometria e delle sue principali formule si consiglia la lettura di Stefanini (2013).

³ Il Saint Robert oltre ad avere una completa padronanza della lingua francese conosceva alla perfezione anche quella inglese, come dimostrato dall'elogio funebre scritto dall'amico William Mathews sul numero di febbraio del 1889 dell'*Alpine Journal*, nel quale si riporta che l'articolo sull'ipsometria poi pubblicato sul *Philosophical Magazine*, venne preventivamente spedito all'amico botanico John Ball per una correzione della traduzione inglese, risultando completamente privo di errori.

Il conte di Saint Robert [...] ha inventato uno strumento ingegnoso per determinare la differenza di elevazione tra due punti per mezzo di due osservazioni barometriche senza l'aiuto di tavole e calcoli aritmetici [...] fu chiamato dal suo inventore "Ipsologista di Saint Robert" e consiste in una scala graduata di legno e in due regoli graduati mobili, e per la sua piccola mole (20 cm x 4 cm) può facilmente portarsi in tasca. Mi fu favorito dal signor St. Robert un modello ed una descrizione particolareggiata [...] (Mathews 1868, pp. 94-106).

Il Mathews incaricò della costruzione James Joseph Hicks (1837-1916) allievo di Louis Pascal Casella e noto costruttore di strumenti scientifici di Londra. Hicks, oltre a produrlo, ne pubblicò anche un manuale d'uso nel 1865.



Figg. 1-2. Ipsologista rappresentato da J.J. Hicks e dal Saint Robert (queste costituiscono le uniche rappresentazioni esistenti dello strumento)

Una copia di questo manuale l'abbiamo personalmente ritrovata fra gli scaffali di una biblioteca londinese: oltre alla descrizione dell'utilizzo del regolo calcolatore, riporta allegata una tavola grafica (Fig. 1) dello strumento, molto raffinata come disegno ma riportante volutamente delle piccole imprecisioni nelle scale graduate al fine di evitare che si facessero delle copie "non autorizzate" del prezioso strumento. Nel 1874, nel III tomo dei *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre* il Saint Robert dedica un capitolo intero all'*ipsologista*, con una puntuale spiegazione sia del suo utilizzo che della sua costruzione; inoltre anche qui ne troviamo una riproduzione grafica (Fig. 2).

Lo strumento è costituito da due distinte serie di scale logarithmiche incise sul legno: le prime due scale contraddistinte con la lettera P (Proporzione) sono graduate nello stesso modo, ma mentre la prima scala è fissa, la seconda è scorrevole. Il secondo gruppo comprende le scale indicate con le lettere B (che sta ad indicare l'altezza del barometro in cm) T per la temperatura e H per l'altezza; le scale B e H sono fisse mentre la scala T è mobile. Era possibile personalizzare lo strumento con alcune incisioni: nel solco in cui scorre la scala P ad esempio si poteva incidere una scala suddivisa in cm e mm, mentre sul dorso si poteva incidere una tavola delle altitudini inferiori ai 100 metri e a fianco una piccola tavola delle tangenti.

La scala B delle pressioni si estende da 75 a 32 cm ed è graduata su ciascun millimetro da 75 a 65 cm, poi ogni 2 millimetri da 65 a 60 cm e ogni 5 millimetri da 60 a 33 cm. La scala H delle quote si estende da 100 a 6500 metri ed è graduata ogni 10 metri da 100 a 1000 m e poi ogni 50 metri da 1000 a 6500 m. La scala/cursore T si estende da 50° a -50° ed è graduata ogni 5°; questa scala risulta poco dettagliata ed è quindi difficoltoso individuare le temperature intermedie. Inoltre sulla scala T è incisa anche una freccia che ha la funzione di indice.

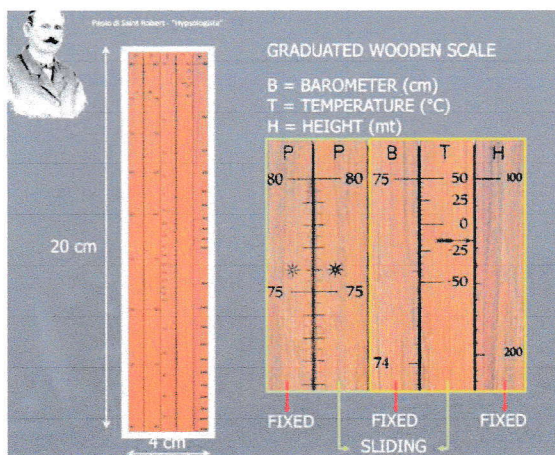


Fig. 3. Ricostruzione digitale dell'Ipsologista

Grazie alle istruzioni ed alle tavole grafiche, utilizzando software Cad e di modellazione tridimensionale, abbiamo realizzato una ricostruzione digitale dello strumento (Figg. 3 e 4)

simile al vero; per la definizione delle scale graduate abbiamo usato la precisione delle scale del Saint Robert adottando però lo stile della versione di Hicks.

Ci piacerebbe a breve produrne qualche esemplare, con la speranza che venga accolto da alcune collezioni di strumenti scientifici e che serva per stimolare il dibattito.

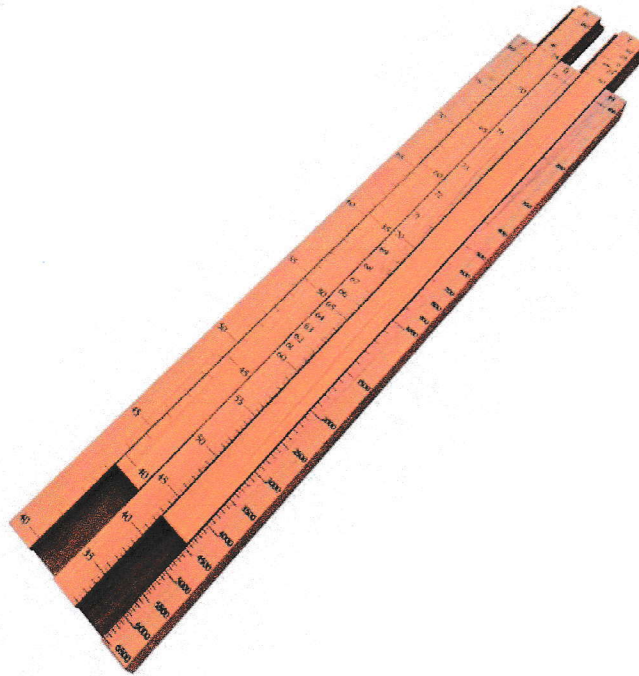


Fig. 4. Ricostruzione digitale dell'Ipsologista

Per mezzo di questo strumento, dopo aver misurato la temperatura e la pressione atmosferica in una data stazione, si possono determinare meccanicamente tre tipologie di problemi:

1. Trovare l'altezza di una stazione al di sopra del livello del mare dal rilevamento della pressione atmosferica e della temperatura. Per risolvere questo problema si devono utilizzare le scale B, T, H. Facendo coincidere la temperatura rilevata con l'altezza del barometro rilevata, la freccia presente sul cursore T va ad indicare l'altezza cercata sulla scala H. Come esempio di applicazione il Saint Robert riporta la determinazione dell'altezza sul livello del mare del monte Monviso in occasione della prima salita italiana avvenuta nel 1863 di cui egli fu, insieme a Quintino Sella, promotore ed organizzatore. Ad un'altezza di barometro rilevata di 48,4 cm e di una temperatura dell'aria di 6° , muovendo il cursore T e facendo coincidere i 6°

con i 48,4 della scala B (Fig. 5) la freccia presente sul cursore T indica l'altezza di 3850 m altezza del Monviso (altezza corretta reale 3842 m).

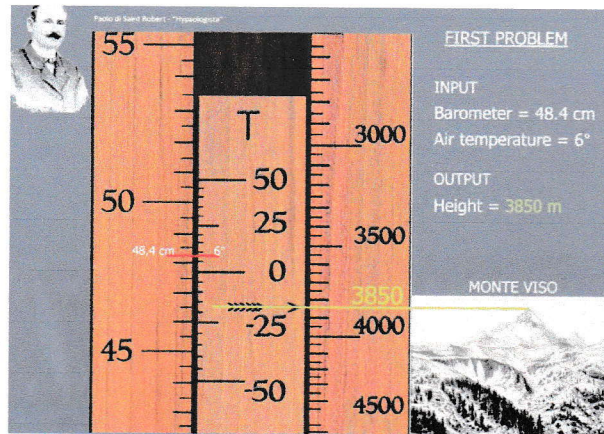


Fig. 5. Determinazione dell'altezza del Monviso

2. Avendo a disposizione l'altezza del barometro e la temperatura dell'aria in una stazione e l'altezza del barometro in una seconda stazione, trovare la differenza di quota tra le due stazioni: per risolvere questo problema devono essere fatte due successive operazioni. La prima consiste nello spostare il cursore P fino a far coincidere l'altezza del barometro della seconda stazione con la divisione 76 cm indicata con un asterisco sulla scala P fissa. A questo punto si legge sulla scala P fissa l'altezza in cm corrispondente all'altezza del barometro rilevata nella prima stazione. Utilizzando il secondo gruppo di scale si sposta il cursore T facendo coincidere la temperatura dell'aria rilevata nella prima stazione con l'altezza del barometro trovata dall'operazione precedente. Il valore indicato sulla scala H dalla freccia presente sul cursore T indica la differenza di quota tra le due stazioni.
3. Data la differenza di quota tra due stazioni e le rilevazioni del barometro e del termometro ad una di esse, trovare il valore del barometro che si avrà all'altra stazione. Per risolvere questo problema incominciamo ad allineare la freccia del cursore T con il valore assoluto della differenza di livello tra le due stazioni sulla scala H. A questo punto sulla scala B si legge il valore che rimane allineato alla temperatura rilevata in una delle due stazioni. Si allinea poi il valore appena trovato sul cursore P con l'altezza barometrica rilevata con gli strumenti riportata sulla scala fissa P. Davanti al valore 76 sulla scala fissa P leggiamo sul cursore P l'altezza barometrica ricercata.

Bibliografia

- Dorna A. (1870). "Sulla formola barometrica del Conte Paolo di Saint-Robert". *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 5, pp. 404-425.
- Ferrini R. (1866). "Sulla Ipsometria barometrica. Nuova formola e nuovi metodi del conte di S. Robert". *Annuario Scientifico ed Industriale, Anno 2, 1865*, pp.135-146.
- Hicks J.J. (1865). *Directions for using the Hypsologista, or hypsometrical sliding rule of the Comte Paul de St. Robert*. London: R. Barrett & Sons.
- Mathews W. (1868). "On the Comte de St. Robert's method of measuring heights by means of the barometer". *Alpine Journal*, 4, pp. 94-106.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1864). "Barometrical formula resulting from the Observations made by Mr. James Glaisher in Eight Balloon-Ascents in 1862". *Philosophical Magazine*, 27, pp. 132-140.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1864). "Sur la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre". *Les mondes: revue hebdomadaire des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie*, 6, pp. 403-413.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1864). "Formula barometrica ricavata dalle osservazioni del sig. Giacomo Glaisher fatte in otto ascensioni areostatiche nel 1862". *Il Nuovo Cimento*, 20, pp. 142-152.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1864). "On the Measurement of heights by the barometer, and on atmospheric refraction, having regard to the constitution of the atmosphere, resulting from Mr. James Glaisher observations". *Philosophical Magazine*, 27, pp. 401-411.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1866). "Il conte di Saint Robert [...] imprende a discorrere intorno ad alcune modificazioni che egli credette doversi introdurre nella formola colla quale si calcolano le altezze sul livello del mare [...]". *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 1, pp. 193-203.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1867). "De la résolution de certaines équations à trois variables par le moyen d'une règle glissante". *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 2, pp. 454-455.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1871). "Altezze sul livello del mare di alcuni punti dell'alto Piemonte determinate con il barometro". *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 6, pp. 272-282.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1874). *Table Hypsométrique, pour déterminer [...] la différence de niveau de deux stations [...]*, in *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre*, 3, Torino: Bona, pp. 239-258.
- Saint-Robert P. Ballada Conte di (1874). *Règle glissante, donnant le différences de niveau mesurées à l'aide du baromètre*, in *Mémoires scientifiques réunis et mis en ordre*, 3, Torino: Bona, pp. 297-315.
- Stefanini L. (2013). "Misurare l'altezza delle montagne: il contributo del Conte Paolo Ballada di Saint-Robert", *Giornale di Fisica*, 54 (2), pp. 93-110.
- Tra società e scienza. 200 anni di storia dell'Accademia delle Scienze di Torino* (1988). Torino: U. Allemandi.