

Il Barometro



L' invenzione del barometro, ufficialmente attribuita ad Evangelista Torricelli, allievo di Galilei, consiste di un tubo, lungo non meno di 80-90 centimetri dotato di un'estremità chiusa, riempito di mercurio e rivoltato con il lato aperto verso il basso in una vaschetta contenente altro mercurio.

Lo strumento così presentato, oggi noto come barometro di Torricelli, non ci consente di comprendere come lo scienziato italiano giungesse nel 1644 a un tale risultato e, soprattutto, non fornisce una pur sommaria idea del pensiero scientifico del periodo storico in cui comparve tale invenzione.

Ancora all'inizio del Seicento si credeva che non potesse esistere il vuoto, affermando che la natura, provando orrore del vuoto, operi sempre perché ciò non si verifichi: gas e liquidi riempiono costantemente ogni spazio a loro disposizione.

Tale convincimento derivava da una teoria risalente ad Aristotele le cui argomentazioni, dopo una prima parte del Medioevo in cui il filosofo greco era stato guardato con sospetto, accusato di sostenere teorie in contrasto con la verità cristiana, vengono accolte come un valido aiuto alla comprensione dei fenomeni fisici.

Questa teoria, nota come *horror vacui*, prevalse su quella della scuola di Pitagora, di due secoli prima di Aristotele, che partendo da una concezione atomistica della materia, riteneva possibile il vuoto definendolo come lo spazio che avvolge gli atomi e che solo perché esiste ne permette il movimento.

Con l'*horror vacui* così era possibile interpretare numerosi fenomeni fisici, come il funzionamento delle pompe aspiranti o dei sifoni impiegati per il sollevamento dell'acqua: l'ascesa dell'acqua mediante tali dispositivi veniva infatti giustificata dall'azione compiuta dalla natura per impedire che, a seguito dell'aspirazione, si verificasse il vuoto.

La distribuzione dell'acqua all'epoca dei romani avveniva prelevando da una sorgente l'acqua che poi, sfruttando la semplice gravità, scorreva in condotte a lieve pendenza, giungendo prima in serbatoi posti in punti elevati da cui, sempre per caduta, serviva un sottostante centro abitato. È questa la sommaria descrizione dei famosi acquedotti romani, opere di ingegneria che ammiriamo ancora oggi.

Con la fine dell'Impero Romano non tutta l'imponente rete degli acquedotti era più utilizzabile per motivi diversi fra cui i cambiamenti nella distribuzione urbana, i danni arrecati dai vari nemici di Roma e, principalmente, per una mancata costante manutenzione

nel corso dei secoli.

Nel Medioevo ciò costrinse al ritorno agli antichi sistemi di trasporto dell'acqua con botti fino ai luoghi di consumo.

Una carente distribuzione dell'acqua, essenziale per la collettività, è un evidente intralcio al progresso come testimoniato dal calo della popolazione di Roma in periodo medioevale da 1 milione in epoca imperiale a soli 30000 abitanti.

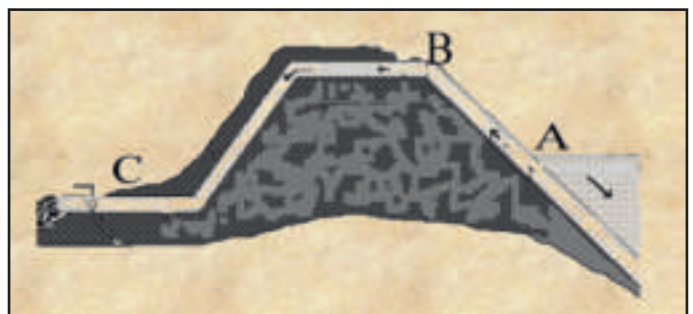
Così, nel Rinascimento, per risolvere il problema dell'approvvigionamento idrico furono recuperate alcune parti dell'antica rete romana e, non bastando, si realizzarono nuove tratte avvantaggiati dall'impiego di macchine e materiali in costante sviluppo.

Una tipica condizione che si dovette affrontare fu quella di innalzare l'acqua dal fiume più vicino alla città da alimentare che generalmente, per problemi logistici di difesa, era a un livello più alto.

Si preferì lavorare con più pompe, ognuna serviva a raccogliere l'acqua ad un livello di poco più alto, fino a raggiungere la quota desiderata.

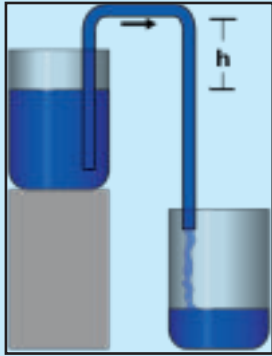
Con un problema di questo tipo si imbatté nel 1630 il genovese Giovanni Battista Baliani (1582 - 1666), ingegnere, politico, uomo d'affari e appassionato di ricerca scientifica tanto da entrare in contatto con Galilei nel 1614.

Baliani, come ingegnere, nel 1630 si interessò dell'ampliamento dell'acquedotto di Genova. Un tratto della condotta idrica doveva superare una collina alta poco più di 20 metri ed il raccordo tra le due condotte che si trovavano ai due lati della collina era stato realizzato mediante un sifone di rame. Purtroppo l'acqua, con cui preventivamente era stato riempito il sifone, non riusciva a passare e per di più, al momento del raccordo, sgorgava dal sifone alle due condotte che si trovavano ai piedi della collina fino a quando il livello nei due rami del sifone non raggiungeva una quota di circa 10 metri.



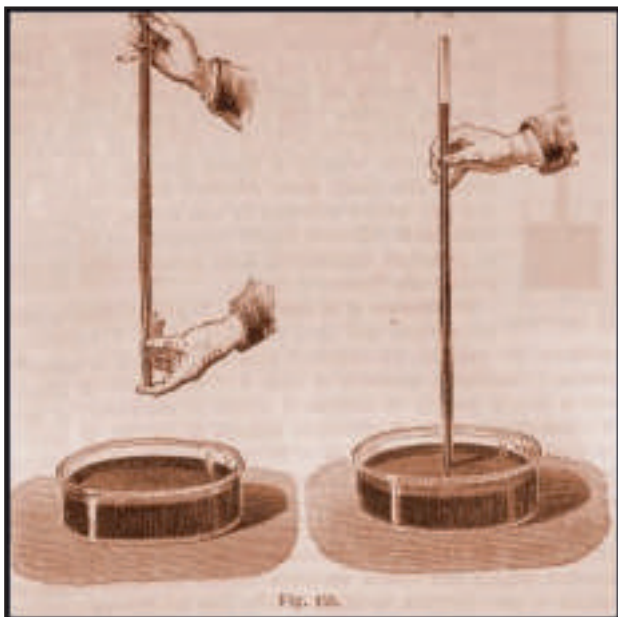
Schema della condotta sifonata di Baliani.

Il sifone è un condotto idraulico a U rovesciato che, una volta adescato, permette al liquido all'interno di raggiungere una quota superiore a quella del pelo libero di liquido nel bacino che lo alimenta.



Per una spiegazione del fenomeno scrisse a Galilei che non tardò a rispondere affermando che il fenomeno, a lui già noto, poteva essere interpretato assimilando la colonna d'acqua ad una corda tirata da una forza esercitata dal vuoto del sifone, analogamente a quello di una pompa aspirante, che chiama forza interna di vacuo, capace di superare la forza necessaria a mantenere insieme le particelle liquide, ammettendo così che in certe occasioni il vuoto deve esistere.

La spiegazione non convinse Baliani che continuò a studiare quello strano fenomeno giungendo alla conclusione che la conseguenza di quanto osservato era da ricercare all'esterno, come combinazione del vuoto e della "pesantezza" dell'aria. È molto probabile che quanto riportato da Baliani fu riferito da Galilei al suo discepolo Torricelli quando quest'ultimo era andato a trovarlo malato ad Arcetri nel soggiorno imposto dal tribunale ecclesiastico (oggi si direbbe agli arresti domiciliari) nel 1641. Nel gennaio dell'anno successivo Galilei muore e qualche anno dopo a Firenze Torricelli porta avanti una serie di esperimenti sui fluidi



L'esperimento del tubo di Torricelli.

giungendo nel 1644 a comprendere il fenomeno, tra l'altro con quel famoso esperimento che prese il nome di tubo di Torricelli ottenuto rovesciando un tubo contenente mercurio su una vaschetta anch'essa di mercurio ed osservando che il metallo liquido in parte scendeva in basso, arrestandosi a circa 76 cm, lasciando alla sommità del tubo uno spazio che sembrava essere il vuoto pneumatico.

Per Torricelli la prova era determinante sia contro la tesi aristotelica, sia contro quella galileiana di "resistenza al vacuo". In una sua lettera, in cui descrive gli esperimenti svolti, scrive: *"Questa forza che regge quell'argento vivo (come era chiamato il mercurio) contro la sua naturalezza di ricader giù, si è creduto fino adesso, che sia stata interna nel vaso, ò di vacuo, ò di quella robba sommamente rarefatta, ma io pretendo che olla si esterna, e che la forza venga di fuori"*.

Il filosofo e matematico francese Marin Mersenne (1588 - 1648), di ritorno da un viaggio in Italia nel 1645, divulgò nell'ambiente scientifico di Parigi gli esperimenti di cui era venuto a conoscenza e per poter lui stesso ripeterli, non riuscendo a trovare quanto gli servisse, chiese una collaborazione ai connazionali Pierre Petit (1594 - 1677), astronomo, fisico e costruttore di strumenti e al matematico e fisico Blaise Pascal (1623 - 1662). Questi ultimi, invece di fabbricare i componenti per Mersenne, eseguirono da soli gli esperimenti sul vuoto torricelliano nel novembre del 1646.

L'anno dopo fu la volta di René Descartes (Cartesio) a fornire un ulteriore contributo, registrando per un certo tempo l'altezza della colonna di mercurio i cui risultati furono descritti in una lettera inviata all'amico Mersenne il 13 dicembre del 1647.

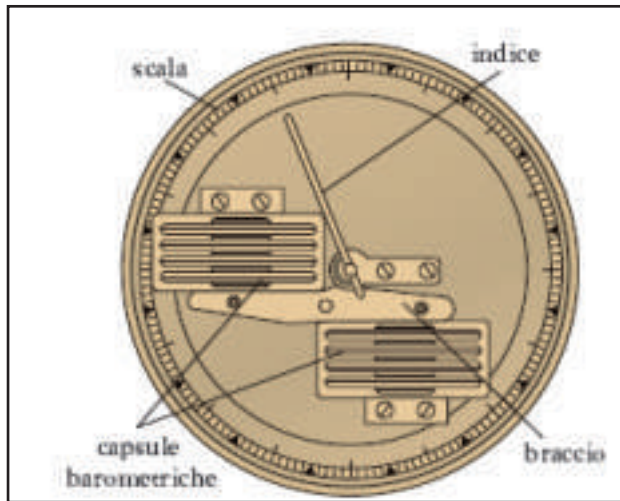
Con la diffusione in tutta Europa delle esperienze di Torricelli ebbero vita discussioni accademiche centrate su due questioni: se la causa del trattenimento del mercurio fosse la pressione atmosferica e se la parte superiore del tubo fosse davvero priva di materia. I cartesiani ammettevano l'esistenza di una materia sottile o eterea, e nei "Principia di Descartes" il vuoto è spiegato come una rarefazione dell'aria. Per gli aristotelici il vuoto era apparente ed era prodotto da aria infiltrata proveniente dal fondo del tubo che riempiva lo spazio abbandonato dal mercurio, grazie alla sua capacità di rarefazione.

Per avere conferma che la causa di quanto sperimentato con il tubo di Torricelli fosse la "pesantezza" dell'aria, il 19 settembre del 1648 Florin Perier, su istruzione del cognato Pascal, eseguì l'esperimento del vuoto alla base e sulla cima del Puis-de-Dôme, un vulcano francese, alto più di 1400 metri nella Francia centrale. Pascal ripeté gli esperimenti sulla torre di Saint-Jacques a Parigi accorgendosi che le variazioni del tubo dipendevano, oltre che dall'altitudine, dalle diverse condizioni meteorologiche.

Nel novembre o dicembre dello stesso anno Pascal fece stampare il "Récit de la grande experience de l'équi-

libre des liqueurs" in cui illustra gli esperimenti condotti concludendo che i fenomeni barometrici non erano altro che un caso particolare di "una proposizione universale concernente l'equilibrio dei fluidi".

Il termine barometro fu coniato solo nel 1665 da parte del fisico, chimico e inventore irlandese Robert Boyle (1627 - 1691) famoso, tra l'altro, per avere pubblicato



Antica stampa di un aneroide.

il primo libro di chimica che solo dal titolo fa capire la personalità dell'autore: "The sceptical chymist" (Il chimico scettico) e per aver enunciato una legge sui gas che porta il suo nome, la legge di Boyle.

Il barometro a mercurio come può immaginarsi, è uno strumento delicato, certamente preciso, ma difficile da trasportare, impiegato ancora oggi nelle stazioni

meteorologiche pur con i miglioramenti tecnologici.

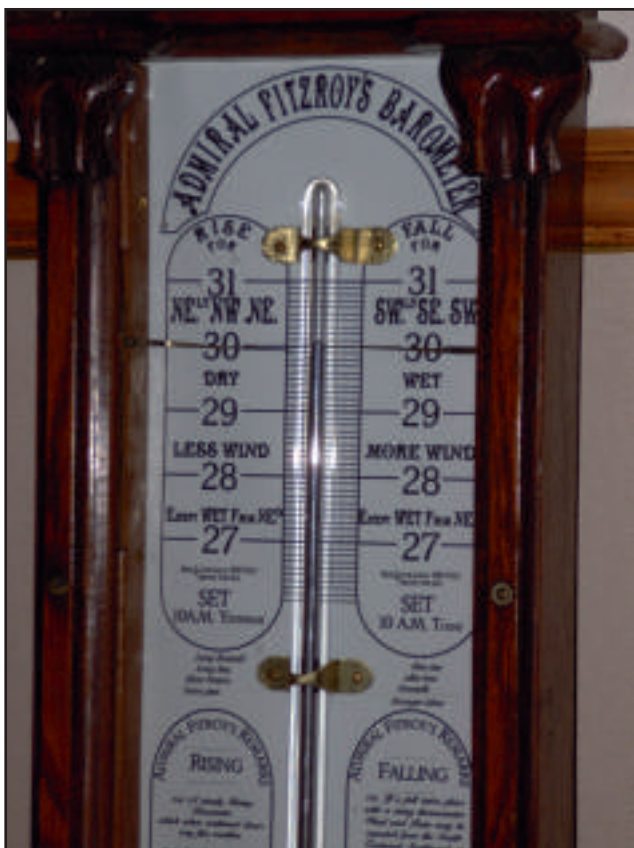
Nel 1844, più di 200 anni dalle esperienze di Torricelli, il francese Lucien Vidi (1805 - 1866) ottiene un brevetto per un "baromètre sans liquide" il barometro aneroide o semplicemente aneroide (da neros umido preceduto dalla a negativa), un barometro metallico privo di fluido, su un'idea del grande matematico e filosofo tedesco Wilhelm von Leibniz. Sebbene meno sensibile e preciso del barometro a mercurio, è molto più maneggevole e di facile uso anche a bordo delle navi in sostituzione di complicati sistemi di sospensione e molte precauzioni, dando così inizio a quella che è chiamata meteorologia sinottica. Il principio dello strumento è di misurare, per l'azione della pressione dell'aria, le modifiche elastiche di uno o più recipienti metallici (capsule barometriche) al cui interno è stato praticato il vuoto. Vidi riuscì con materiale semplice e poco costoso ad amplificare i movimenti della parete mobile mediante un sistema di leve in grado di ruotare un perno con un indice su di una scala graduata.

Con l'inizio dell'Ottocento si formò a Londra una fiorente comunità anglo-italiana nota come Little Italy, costituita principalmente da musicisti di strada, ma anche soffiatori di vetro, produttori di specchi e un piccolo manipolo di costruttori di strumenti originari di Como. In particolare due personaggi hanno avuto un influente ruolo nella produzione di barometri, Joseph Warren Zambra (1822–1897) ed Henry Negretti (1818–1879). Il primo, nato ad Essex, figlio di Giuseppe Cesare Zambra, costruttore di barometri e il secondo nato a Como come Enrico Angelo Ludovico Negretti, emigrato a 12 anni a Londra dove apprese l'arte della costruzione di strumenti presso altri italiani delle sue origini.

Nel 1850 i due costituirono una società, la Negretti & Zambra attiva nel campo della strumentazione scientifica e delle apparecchiature fotografiche la cui abilità fu subito evidente tanto che l'anno successivo, alla prima Esposizione Universale, furono gli unici inglesi a ricevere la medaglia d'oro quale premio per gli strumenti meteorologici e successivamente ad essere nominati dalla Regina fornitori ufficiali per l'osservatorio di Greenwich e il British Meteorological Society. Fino al 1981 la Negretti & Zambra era sinonimo di qualità tecnica e stile poi venne la crisi con la comparsa sul mercato dei prodotti asiatici, per chiudere completamente l'attività nel 1999.

Depositari di numerosi brevetti, i due soci avevano a catalogo nel 1859 ben oltre 2000 voci. Il loro impegno al miglioramento era continuo e personale come quando Negretti si imbarcò sulla HMS Excellent per le verifiche di un barometro resistente alle sollecitazioni causate dal cannoneggiamento su suggerimenti dell'ammiraglio Fitzroy.

Pubblicarono nel 1864 un trattato di strumenti meteorologici "Meteorological Instruments: Explanatory of their Scientific Principles, Method of Construction,

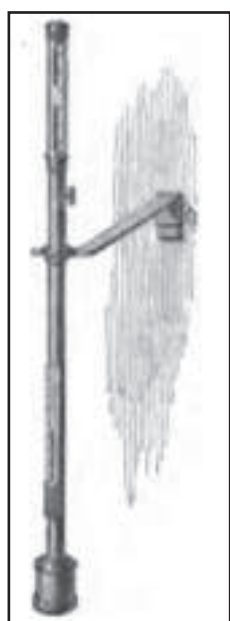


Barometro pubblico prodotto dalla Negretti & Zambra, con visibile la scala di Fitzroy - 1880.

and Practical Utility”, contenente ben 60 pagine solo sul barometro e nove anni dopo un libretto “On a New Deep-Sea Thermometer”, relativo ad un termometro capace di misurare la temperatura delle acque profonde resistendo alle forti pressioni. Negretti fu anche il primo a fotografare Londra dall'alto di un pallone aerostatico.

Nel 1854, ad opera di Sir Francis Beaufort, ideatore di una scala per la misura empirica della forza del vento, fu posto a capo di un nuovo servizio di raccolta dati meteorologici in mare del Ministero del Commercio inglese, che ben presto diverrà il Meteorological Office (noto come Met Office), il vice ammiraglio Robert Fitzroy (1805 – 1865) che era stato al comando del brigantino HMS Beagle della Royal Navy, reso famoso per la spedizione di studio nell'America del sud dell'allora giovane naturalista Charles Darwin.

Il nuovo direttore era un fermo sostenitore del barometro, rimproverandosi di non aver dato la giusta importanza al calo improvviso della pressione atmosferica quando con il Beagle navigava in prossimità di Capo Horn. La nave si trovò così in una tempesta immergendosi completamente per due volte e riemergendo come un "barile" imbarcando sempre più acqua. Considerava il barometro “uno degli strumenti più preziosi mai ideati per indagare la natura e le leggi del meraviglioso oceano di aria in cui viviamo”.



Barometro di Fitzroy in uso sulle navi della Royal Navy.

Una delle prime iniziative prese nella sua nuova veste di responsabile del Met Office fu quella di dotare i villaggi dei pescatori inglesi di un barometro pubblico utile nella previsione del tempo che oltre a riportare la scala dell'altezza della colonna di mercurio era dotato ai due lati di una indicazione qualitativa delle variazioni della pressione atmosferica con le condizioni del tempo. Nel manuale della Negretti & Zambra si precisa che le interpretazioni della scala, nota come scala di Fitzroy, sebbene valide per l'emisfero settentrionale, possono essere considerate generalmente affidabili. L'iniziativa fu quasi subito seguita dal Royal National Life Boat Institution (RNLI), l'organizzazione inglese nata nel 1823 per la salvaguardia della vita in mare, che fornì tutte le sue stazioni di uno strumento simile, anch'esso prodotto dalla Negretti & Zambra.

RIFERIMENTI

"The Weather book: a manual of practical meteorology", R. Fitzroy - 1863

"A Treatise on Meteorological Instruments", Negretti & Zambra - 1864

"The Italian Influence on English Barometers from 1780", Edwin Banfield - 1993

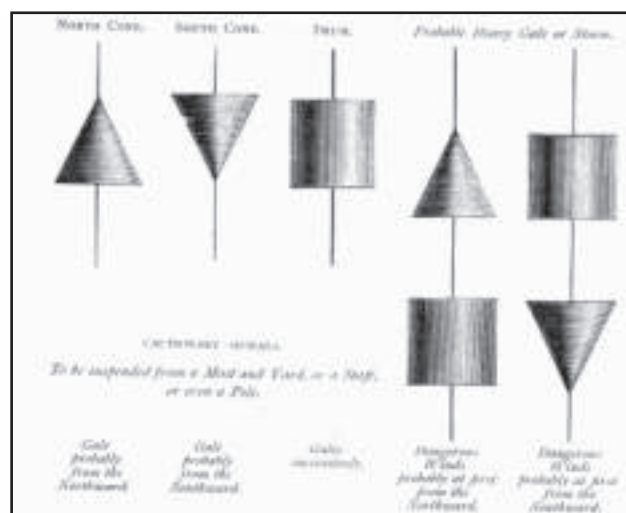
"FitzRoy: The Remarkable Story of Darwin's Captain and the Invention of the Weather Forecast", Gribbin - 2004

Fitzroy è anche ricordato per aver definito le caratteristiche di un tipo di barometro da tenere a bordo, meno preciso ma più robusto, non soggetto a correnti galvaniche, da installare anche sulle navi da guerra della Royal Navy, corredato anche di un tubo di vetro di ricambio.

Nella sua carriera di meteorologo è stato promotore di diverse iniziative che lo pongono tra i padri della meteorologia moderna.

La notte tra il 25 e il 26 ottobre del 1859 la costa occidentale dell'Inghilterra fu colpita da una tempesta che causò l'affondamento della *Royal Charter*, un clipper con scafo in ferro, in cui morirono oltre 450 persone.

Dai dati che erano stati raccolti nel corso degli anni precedenti, il vice ammiraglio Robert Fitzroy istituì, appena dopo la tragedia, il primo servizio di avvisi di burrasca con un sistema di segnali ottici (che dal 1924 saranno sostituiti dalle trasmissioni radio della BBC per



conto della Guardia Costiera), nei porti e lungo le coste, per dare alle navi gli avvertimenti delle tempeste in arrivo. L'anno successivo diede vita ad una rete di 15 stazioni di osservazione lungo le coste inglesi i cui dati venivano trasmessi al Met Office con la nata invenzione del telegrafo. Erano così elaborati i bollettini di previsione meteorologica (termine da lui coniato - forecasting weather) che dal 1861 furono pubblicati dal Times per essere accessibili a un ampio pubblico. Nel 2002, in suo onore l'area ad ovest del Golfo di Biscaglia, già nota come Finisterre, una delle 31 zone in cui sono divise le acque intorno alle isole britanniche, è stata rinominata FitzRoy.

Nel 1865 fu istituito presso il Ministero della Marina Italiana un Ufficio Centrale Meteorologico; l'anno successivo fu realizzata una rete di una ventina di stazioni costiere che telegrafavano le osservazioni meteorologiche all'Ufficio.