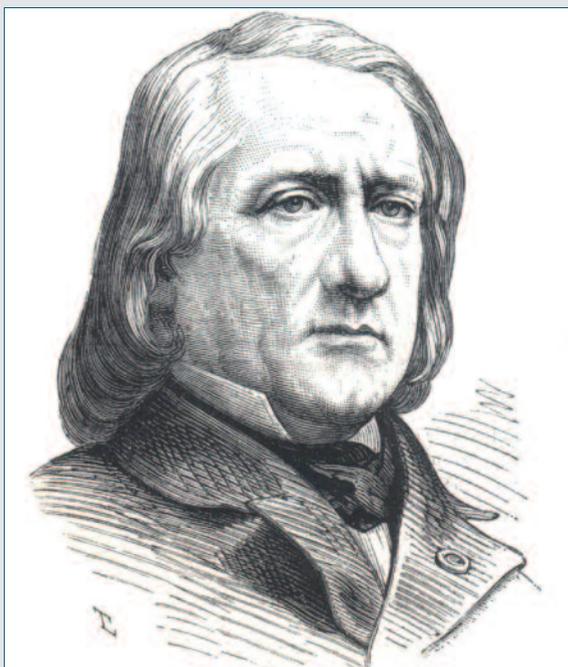


FLASHBACK

PAGINE DI STORIA



Henri Victor Regnault (1810-1878)

Marco Taddia
Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician"
Università di Bologna
marco.taddia@unibo.it

L'ARTE D'INTERROGARE LA NATURA

SECONDO HENRI VICTOR REGNAULT

È passato quasi inosservato, almeno in Italia, il bicentenario della nascita di Regnault, un fisico-chimico che spaziò dalla sintesi organica agli studi sul calore. Seppure in ritardo, ecco un profilo non convenzionale di colui che interpretò al meglio la mobilità fra le discipline in auge nella Francia di metà Ottocento. Personalità umbratile, tesa alla spersonalizzazione del lavoro scientifico e all'obiettività, Regnault fu un artista della misurazione, prigioniero, purtroppo, dei suoi stessi ideali di perfezione.

A parte l'aggancio con il popolare calorimetro detto "delle mescolanze", è probabile che la maggior parte dei lettori incontri qualche difficoltà a definire subito con sicurezza il ruolo del fisico-chimico Henri Victor Regnault nella storia della scienza. Non c'è da meravigliarsi, sia perché non è facile stabilire il valore dei suoi contributi, sia perché, raggiunta una notevole fama in vita, Regnault venne dimenticato in fretta dopo la morte.

L'oblio fu apparentemente inspiegabile, come ebbe a far notare anche Henri Le Chatelier il quale, nel discorso pronunciato il 18 dicembre 1910 in occasione del centenario della nascita, sottolineava che Regnault assomigliava molto per la sua forma *mentis* scientifica a Lavoisier, in quanto «professava il medesimo culto della sperimentazione e il medesimo terrore delle immaginazioni vaghe» [1].

Si chiedeva dunque: «Perché allora la gloria del primo è in continua crescita, mentre quella del secondo declina ogni giorno più in fretta?». Secondo Le Chatelier, il carattere dei due personaggi aveva influito anche su questo ma, come si vedrà più avanti, le cause furono diverse.

Chi aveva già fatto intravedere alcuni limiti di Regnault era stato Jean-Baptiste Dumas, molti anni prima. Quando nel 1881 lo commemorò all'*Académie des Sciences* in occasione del decimo anniversario della morte, non risparmiò gli elogi e volle riassumerne la "filosofia" di lavoro facendo capire che secondo Regnault "il primo e più importante precetto del metodo sperimentale era l'arte di interrogare la Natura in tutte le direzioni" [2]. Aveva aggiunto però che "per il gran bene della scienza, egli volle misurare tutto con i propri occhi e pesarlo con le proprie mani". Non si può dire se questo fu un pregio o un difetto, ma è facile verificare che Dumas aveva colto nel segno se si rileggono gli articoli scientifici di Regnault, specialmente quelli scritti nella seconda fase della carriera, quando si dedicò soprattutto alla fisica. Infatti, si possono distinguere nell'opera di Regnault due fasi principali che, sulla base degli interessi coltivati, potremmo chiamare il "periodo chimico" e il "periodo fisico". Ci fu, per l'esattezza, una fase intermedia o di transizione in cui Regnault si occupò di ricerche sul calore che lo traghettò da una disciplina all'altra. Qui ci si propone di ricordarne la figura e le ricerche, mettendo in rilievo, da un canto, il valore della sua

“mobilità” culturale già rilevata da Dörries [3] e, dall’altro, quelle caratteristiche della sua personalità che si tradussero in uno stile di lavoro così raffinato da renderlo un virtuoso della misura, limitato dai suoi stessi ideali di perfezione e obiettività.

La vita

Oltre ai testi delle commemorazioni già citate [1,2], lo studio di Reif-Acherman [4] è forse la fonte più completa di informazioni sulla vita di Regnault e ad esso ci si richiederà spesso.

Henri Victor Regnault nacque il 21 luglio 1810 a Aix la Chapelle (Francia), l’odierna Aachen (Aquisgrana, Germania), da André e Maria Teresa Massardo, figlia di un albergatore belga di origine italiana. Ebbe un’infanzia non facile perché rimase orfano di entrambi i genitori in tenera età. Il padre morì in Russia, dove si era recato a combattere al seguito di Napoleone, quando Henri aveva appena due anni e la madre lo seguì sei anni dopo. Henri e la sorella vennero accolti a Parigi, in casa di amici di famiglia, che si occuparono anche della loro istruzione. Intanto però gli trovarono un lavoro da commesso presso un negozio di tessuti. Lavorava e studiava con passione perché ambiva a venire ammesso all’École Polytechnique e, per riuscirci, era necessario superare un esame difficile. Ci riuscì nel 1830, classificandosi 54° fra 126 aspiranti. Ebbe come professori, tra gli altri, personaggi del calibro di Dulong, Thénard e Gay-Lussac. Era uno dei migliori studenti e, dopo due anni, passò



Fig. 1 - L'École des Mines, Parigi

all’École des Mines (Fig. 1), dove rimase per un altro biennio, completando in anticipo di un anno il suo ciclo di studi universitari. Impiegò il tempo che gli rimaneva al conseguimento ufficiale della laurea compiendo alcuni viaggi di studio all’estero e trattenendosi per un certo periodo a Giessen alla Scuola di Liebig. Nel 1835 l’École des Mines lo nominò assistente di laboratorio di Pierre Berthier ma, pochi mesi dopo, lo spedì a Lione a sostituire temporaneamente Jean-Baptiste Boussingault, che doveva trasferirsi nella capitale. Quando anche lui vi fece ritorno nel giugno del 1836, poté finalmente ricevere il titolo d’ingegnere dalla sua Scuola.

Si sposò e nel febbraio del 1838 divenne professore alla stessa École des Mines. Quando all’École Polytechnique si rese vacante il posto di “ripetitore” di Gay Lussac, i suoi ex professori indicarono lo stesso Regnault come persona adatta a svolgere l’incarico. Non era incompatibile con

quello all’École des Mines, così li mantenne entrambi. Quando Gay-Lussac si dimise dalla cattedra di Chimica nel novembre del 1840, Regnault fu proposto dall’Accademia delle Scienze come suo successore. Intanto, come si vedrà più avanti, maturava la sua conversione dalla chimica alla fisica, che gli permise di conquistare una nuova, importante, posizione al *Collège de France* (Fig. 2). Quando nel 1841, in seguito alla scomparsa di Felix Savart, si liberò la cattedra di Fisica Sperimentale, ancora una volta l’Accademia propose al Ministro lo



Fig. 2 - Il Collège de France, Parigi

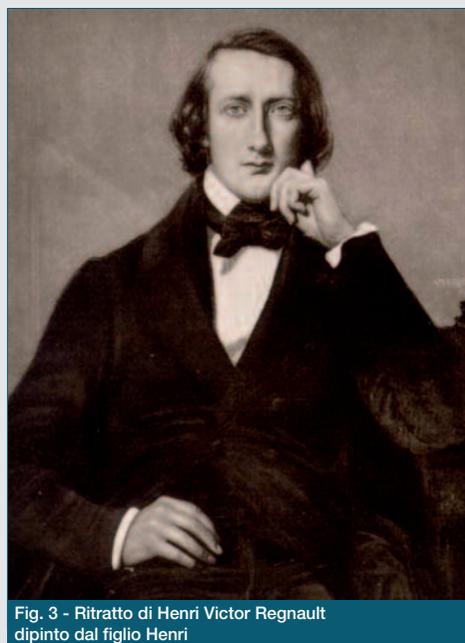


Fig. 3 - Ritratto di Henri Victor Regnault dipinto dal figlio Henri

FLASHBACK

PAGINE DI STORIA

stesso Regnault come successore. Il decreto di nomina reale fu emanato il 27 aprile 1841 e in agosto Regnault e famiglia si trasferirono in un appartamento situato nello stesso edificio in cui si trovava il laboratorio del *Collège*. Alle lezioni di Regnault accorsero studenti di ogni parte d'Europa. Anche Cannizzaro, nel corso del suo soggiorno parigino, seguì quelle di calorimetria con assiduità ed interesse e probabilmente esse influirono in maniera considerevole sulla maturazione del suo stile scientifico [5].

Durante la permanenza al *Collège de France*, Regnault raggiunse probabilmente l'apogeo della sua carriera scientifica. Disponeva di tutti i mezzi di cui aveva bisogno per condurre le ricerche che gli interessavano e che eseguiva anche su richiesta del Governo, inoltre era stimato e rispettato ovunque. La rivoluzione del 1848 sembrò porre termine a questo periodo di grazia. I fondi statali necessari per completare i suoi studi erano in pericolo. La Società degli Ingegneri Londinesi, che lo apprezzava, si offrì di aiutarlo. Ma non fu necessario, perché le nuove autorità non lo abbandonarono e lui continuò le sue ricerche sul calore. Il colpo di stato del 2 dicembre 1851 portò al potere Luigi Napoleone Bonaparte. Fu l'ex presidente della Seconda Repubblica a nominarlo Direttore delle Manifatture di Sèvres il 12 aprile 1852. Regnault subentrava a Ebelmen che a sua volta era stato il successore di Alexandre Brongniart, un chimico famoso, anche lui ex-allievo dell'École de Mines. La rinomata manifattura di Sèvres si trovava, all'epoca, in un periodo di passaggio fra tradizione e modernità. In pratica si trattava di trasformarla in un'industria senza perdere i vantaggi del passato. Regnault si dedicò con impegno al nuovo compito, cercando di introdurre le tecniche fotografiche, di cui era esperto riconosciu-

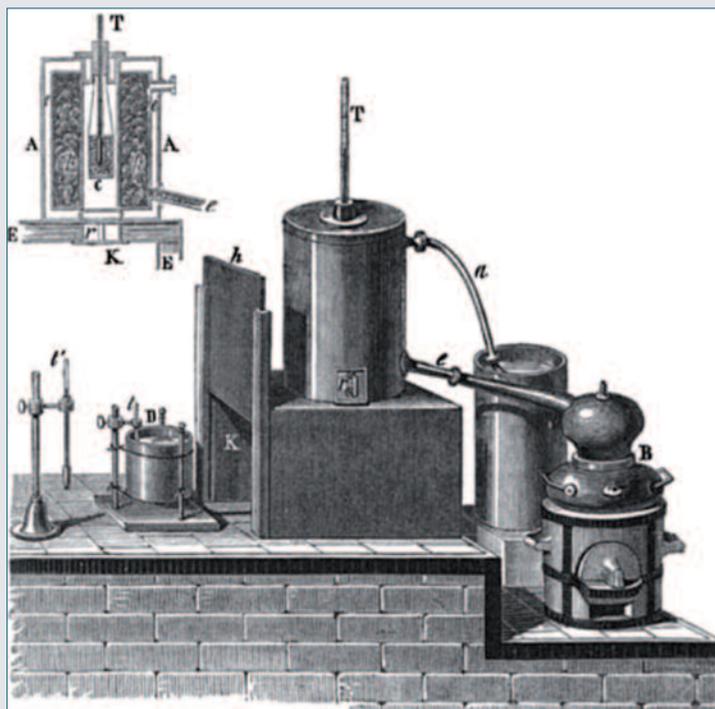


Fig. 4 - Apparecchiatura di Regnault per determinare il calore specifico dei solidi

to, e di realizzare immagini vetrificabili. Fu un periodo inizialmente molto felice, interrotto presto da una gravissima serie di disgrazie che ebbero inizio nell'agosto del 1856. Cominciarono con un incidente di laboratorio che lo ridusse in fin di vita e lo lasciò in coma per molti giorni, cui seguì la morte della moglie (1866) e quella di coloro che da pic-

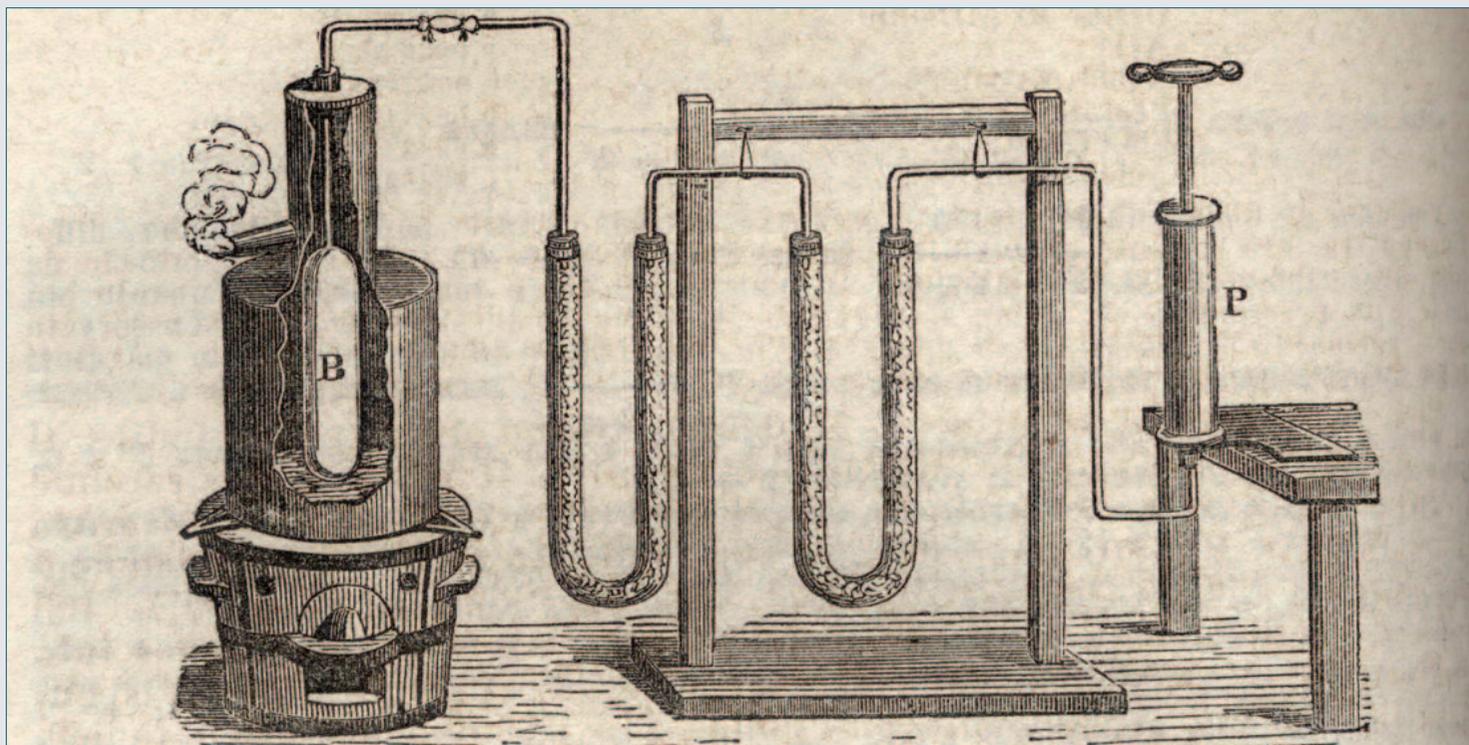


Fig. 5 - Apparecchiatura di Regnault per studiare la dilatazione dei gas

colo lo avevano ospitato e allevato. Ripresosi dalle conseguenze dell'incidente e prostrato dai lutti famigliari, si buttò di nuovo nel lavoro. La ripresa durò poco perché dovette fare i conti con lo scoppio della Guerra Franco-Prussiana. Nel 1870, durante l'assedio di Parigi, il suo studio a Sèvres fu devastato, le sue carte bruciate e i suoi strumenti in gran parte distrutti. Ma i danni della guerra non si limitarono a questo. Il figlio Henri, pittore di fama e autore di un ritratto del padre (Fig. 3) venne colpito a morte nella battaglia di Buzenval, durante l'assedio che portò alla capitolazione di Parigi. Poco dopo anche la sorella, che gli era stata accanto amovoltamente per molti anni, morì improvvisamente. Henri Victor Regnault rimase definitivamente solo. Benché indebolito e rattristato, reagì comunque alla sorte avversa. Rimise in piedi il laboratorio a Sèvres e partecipò alle riunioni dell'*Académie*. Colpito da paralisi, morì il 19 gennaio 1878.

L'opera scientifica

È riassunta in circa cinquanta memorie ed ebbe inizio con ricerche di chimica organica relative alle reazioni di sostituzione dell'idrogeno contenuto nell'etilene (*hydrogène bicarboné*). Nel 1835, ancora *Élève ingénieur des Mines*, pubblicò sulla rivista *Annales de Physique et de Chimie*

una memoria [6], rimasta un classico, sulla composizione del cosiddetto *liquore degli Olandesi*, oggi noto come 1,2-dicloroetano o cloruro di etilene. Poco dopo volle preparare i derivati bromurati e iodurati dell'etilene (*hydrocarbures de brôme et d'iode*). La memoria (1835) [7] ricordava innanzitutto i precedenti lavori sull'argomento di Darcet (bromo) e Faraday (iodio), poi descriveva in dettaglio la preparazione, l'analisi elementare e il comportamento chimico di tali derivati. Nelle conclusioni venivano poste in evidenza le analogie e le differenze tra derivati, infine si suggeriva di considerarli il risultato della combinazione di cloro, bromo e iodio con il radicale *hydrogène carboné*, cui Regnault assegnava la formula C_2H_3 e il nome di aldeidene (*aldehydene*) che verrà utilizzato, anche in Italia, per più di vent'anni. Liebig aveva da poco scoperto un composto che aveva chiamato aldeide e al quale aveva assegnato la formula $C_4H_8O_2$ (dimero dell'aldeide acetica), scindibile in $C_4H_8O + H_2O$, così Regnault pensò bene che nell'aldeide fosse contenuto l'aldeidene e da questo far discendere una serie di altri composti. Dopo alcuni studi d'interesse metallurgico e altri relativi a diversi tipi di combustibili, nel 1840 Regnault presentò all'*Académie* la sua prima memoria sui calori specifici dei corpi semplici e composti (Fig. 4) [8]. I commissari "presentatori" furono Gay-Lussac, Arago, Thénard, Dumas e Piobert. Regnault dimostrò che la legge di Dulong e Petit soffriva di

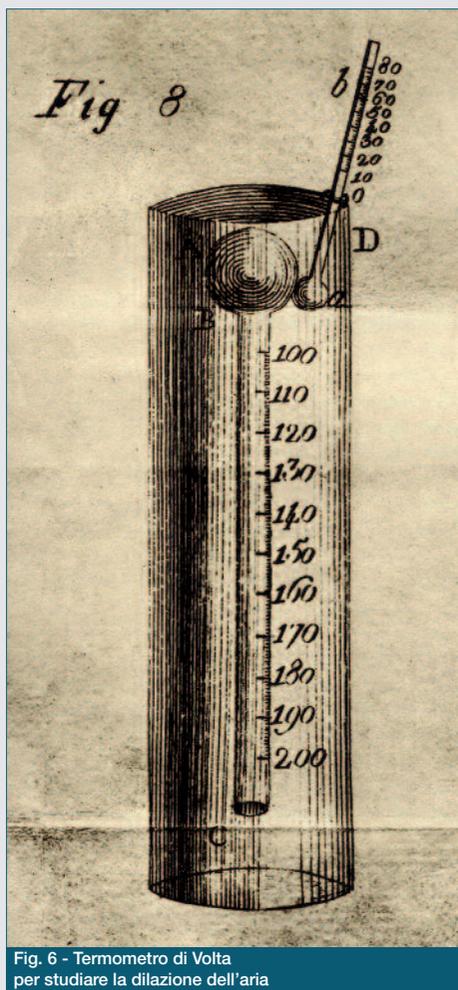


Fig. 6 - Termometro di Volta per studiare la dilazione dell'aria

numerose eccezioni. Ne dedusse che alcuni dei pesi atomici adottati da Berzelius non erano corretti e sostenne la necessità di cambiare quelli di carbonio, bismuto, argento e uranio. In particolare, quello del bismuto doveva essere 1330 invece di 887, quello dell'argento andava dimezzato, quello del bismuto era 887, quello dell'uranio diviso per quattro e quello del carbonio andava raddoppiato. Non in tutti i casi aveva ragione [9] ma si può immaginare che le sue ricerche ebbero una notevole risonanza.

Di qualche anno dopo sono le ricerche sulla dilatazione dei gas (Fig. 5), cominciate con le misurazioni sull'aria e poi estese ad altri. Furono pubblicate sui *Comptes Rendus* e su *Annales de Chimie et de Physique* nel 1841-1842 [10]. Di particolare interesse sono le conclusioni dell'ampia memoria del 1842, la seconda della serie, in cui Regnault scrisse che i suoi dati non confermavano le teorie generalmente ammesse, cioè che: 1) tutti i gas si dilatavano della medesima quantità nello stesso intervallo di temperatura; 2) la dilatazione dello stesso gas, nello stesso intervallo di temperatura, era indipendente dalla densità "primitiva". Regnault si chiese allora se, in avvenire, si doveva bandirle dalla scienza. Lo esclude, affermando che tali leggi erano vere *al limite* ossia quando il gas era nel suo massimo stato di dilatazione. Si applica-

vano insomma a uno stato gassoso perfetto, di cui descriveva le caratteristiche. Fu un'intuizione geniale, non c'è che dire. A proposito dei risultati da lui pubblicati sulla dilatazione dell'aria, va detto che a partire dal XVIII secolo, numerosi fisici avevano cercato di misurare il coefficiente in questione. Tra gli altri, il nostro Volta il quale, con il suo apparato (Fig. 6), concluse che era pari a $1/270$ (0,0037037) per grado centigrado [11], un valore vicinissimo all'attuale ($1/273,16=0,0036608$), dedotto però in maniera scorretta. Poco dopo fu il turno di J.L. Gay-Lussac (1778-1850) il quale perfezionò il lavoro di J.A. Charles (1746-1823), concludendo che l'aumento di volume per ogni grado centigrado era $1/266,66$. Il valore medio generale pubblicato da Regnault, frutto di quattro diverse procedure di misurazione, per un totale di 50 misurazioni, fu di 0,003665.

Nello stesso periodo, Regnault si occupò anche di termometria e, a questo proposito, si ricorda la memoria "*Sur la comparaison du thermomètre à air avec le thermomètre à mercure*", pubblicata su *Annales de Chimie et de Physique* nel 1842 [12]. Queste ricerche consolidarono il prestigio di Regnault così, quando il Ministro dei Lavori Pubblici istituì la Commissione Centrale detta "Delle Macchine a Vapore", con l'incarico di redigerne le istruzioni per l'uso, Regnault fu chiamato a farne parte. L'esigenza di un'ordinanza ministeriale per regolare la

FLASHBACK

PAGINE DI STORIA

materia era motivata dal rapido sviluppo di queste macchine e, si può immaginare, dai numerosi incidenti che si verificavano. Come riferì lo stesso Regnault nella seduta del 1 aprile 1844 dell'*Académie* in cui presentò i primi risultati dei suoi studi [13], la Commissione gli affidò il compito di determinare sperimentalmente i principali dati fisici che occorre per il calcolo teorico delle macchine (tensione di vapore a diverse temperature, calore latente di vaporizzazione ecc.). Aveva bisogno di costruirsi molte apparecchiature e il Ministro gli accordò uno speciale credito a tal fine. Il risultato di questo enorme lavoro fu una serie di poderose memorie presentate all'*Académie*, la prima nel 1847 "*Relation des Experiences entreprises par Ordre de Monsieur le Ministre des Travaux Publics, et sur la Proposition de la Commission Centrale des Machines a Vapeur, pour déterminer les principales lois et les données numériques qui entrent dans le calcul des machines a vapeur*", precedute da comunicazioni più brevi e infine raccolte in un'opera monumentale in tre volumi "*Relations des expériences*", ecc., 1847-70, uscita nel 1870 [14]. Si può ricordare che le "Tables" di Regnault (Temperatura/Tensione di vapore), ricavate con grafici all'epoca innovativi [15] sono tuttora in uso e che il valore di calore latente determinato da lui è rimasto valido a lungo.

Ma di Regnault vanno ricordati anche gli studi sulla propagazione del suono nell'aria, che lo portarono a collaborare con Édouard-Léon Scott de Martinville alla realizzazione del "fonoautografo" (1860). Questo apparecchio era formato da un corno attaccato a uno stilo che incidereva le onde sonore su fogli di carta anneriti dal fumo di una lampada a olio [16]. Non era in grado di riprodurre quanto registrava, forse perché Scott pensava al suo fonografo come un sistema di archiviazione ma suscitò comunque grande curiosità.

Dell'interesse di Regnault per la fotografia si è detto. È stato definito un "amatore professionista" [17] e si può ricordare che nell'incendio di Sèvres le sue opere, negativi compresi, andarono in gran parte perduti. Il suo tentativo di creare uno studio fotografico nella Manifattura di Sèvres non fu compreso dal Ministro interessato che temeva lo scadimento della produzione.

Per tentare un bilancio dell'opera di Regnault ci si può riferire a uno dei testi fondamentali di storia della fisica, dove si legge che "mancò di quel genio creativo che apre nuove vie alla fisica", benché "il suo contributo alla tecnica sperimentale e alla fisica applicata possono caratterizzare un'epoca" [18].

I testi didattici

Regnault fu autore molto apprezzato di manuali didattici di chimica. Si dedicò a questa attività a partire dal 1840, quando smise di occuparsi di ricerca sperimentale. Si ricordano innanzitutto i *Premiers éléments de Chimie*, pubblicati a Parigi nel 1850 e apparsi anche in italiano nel 1851 (Fig. 7) [19]. Riediti più volte, furono integrati con i rudimenti di chimica organica di Vincenzo Masserotti. Poi il *Cours Élémentaire de Chimie* (Parigi, 1849), un vero best-seller che vendette 50.000 copie soltanto in Francia, fu tradotto in inglese, tedesco e spagnolo ed è stato recentemente riedito in 4 volumi. La sua popolarità è certificata anche da un noto romanzo di Gustave Flaubert "*Bouvard et Pécuchet*" perché i due protagonisti, interessati a capire qualcosa di chimica dopo le loro disavventure nella distillazione, si rivolgono proprio al libro di Regnault, stancandosi purtroppo troppo presto di studiarlo. Il successo di queste opere fu dovuto al fatto, come osservò anche Le Chatelier [1], che furono i primi testi espressamente dedicati all'insegnamento e alla preparazione degli esami, a differenza dei trattati di Dumas o Thenard che erano per i chimici già formati. Dei testi di Regnault, anche Dumas lodò il buon senso, l'ordine, la chiarezza e il giusto equilibrio fra i risultati dell'osservazione e l'elaborazione del pensiero [2]. Non mancò tuttavia di segnalare una lacuna, a suo avviso importante. Mancava la storia delle idee e il ricordo degli uomini i cui sforzi avevano condotto a quei risultati. Per questo, secondo Dumas,

non accendevano la curiosità feconda che faceva risalire agli originali e non rendevano partecipe l'allievo dell'atteggiamento mentale che portava alle scoperte e che aveva contraddistinto l'operato dei grandi maestri. Dumas aveva individuato una componente importante dello stile impersonale di Regnault. All'epoca fu una novità ma oggi è la regola e, a parte i cenni storici che taluni autori inseriscono, per il resto la spersonalizzazione è addirittura raccomandata.

Lo stile

Una caratteristica saliente del modo di sperimentare di Regnault fu il ricorso al cosiddetto "metodo diretto". Secondo lui bisognava che il procedimento adottato fosse, per così dire "la realizzazione materiale dell'elemento che si sta cercando". Sapeva che il conseguimento di tale obiettivo non era una comoda passeggiata, perciò aggiungeva: "...questa realizzazione materiale, nelle condizioni che offrono ogni garanzia d'esattezza, presenta spesso gran-

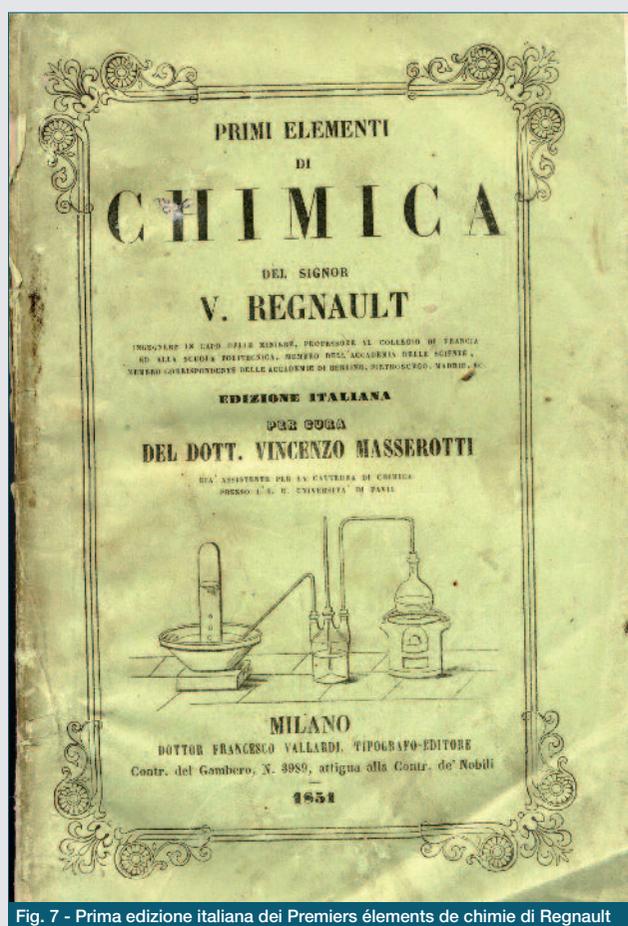


Fig. 7 - Prima edizione italiana dei Premiers éléments de chimie di Regnault

di difficoltà. Lo sperimentatore deve orientare i propri sforzi a superare queste difficoltà, invece di cercare, con il ricorso a considerazioni teoriche, di far dipendere l'elemento incognito dall'osservazione più facile di fenomeni complessi". Da quanto detto traspariva la diffidenza di Regnault per l'elaborazione teorica non suffragata da solide basi sperimentali, una diffidenza che contraddistinse la sua intera opera scientifica e che finì per limitarne i traguardi. Un esempio del suo stile e una sottolineatura della pazienza richiesta dal suo approccio si coglie in altre considerazioni a proposito della determinazione del calore specifico dell'aria. Laddove rimarcava che non si era bloccato sull'ottenimento di valori costanti aggiungeva: "Ho cercato, al contrario, di variare le condizioni per quanto possibile, senza introdurre però cause notoriamente inesatte, e ho determinato, pazientemente, le variazioni che provocavano sul calore specifico dell'aria". Aggiungeva inoltre che questo altro non era che il metodo delle approssimazioni successive, il solo con cui si poteva sperare di determinare con certezza elementi di natura così delicata come "la capacità calorifica" dei fluidi elastici e con cui si poteva valutare "con qualche precisione" il valore degli errori costanti che dipendono dal procedimento sperimentale e dalle apparecchiature.

Altre caratteristiche importanti del lavoro di Regnault erano lo stile impersonale, di cui si è detto a proposito dei manuali didattici, e la ricerca quasi spasmodica dell'obiettività. A proposito di quest'ultima, va detto che per alcuni quella di Regnault fu una sorta di "fatica di Sisi-fo" per gli insormontabili ostacoli che si frappongono fra l'assoluta obiettività e lo sperimentatore. Giova però ricordare quanto scrisse Renan a proposito dei testi di Regnault e di Biot, il fisico presentatore

di alcuni suoi *mémoires* all'*Académie*: "Si tratta dell'obiettività più perfetta; l'autore è completamente assente e l'opera non reca alcuna impronta nazionale né individuale. È un'opera intellettuale non umana" [20]. In un pregevole e approfondito studio del 2001, Dörries [21], ha fatto notare che Regnault aspirava ad assentarsi come autore non soltanto dal contenuto dei suoi libri ma anche dall'osservazione della natura, perché solo quest'ultima e non lo sperimentatore doveva essere il giudice definitivo sulla materia dell'esperimento. Se tale atteggiamento derivasse dal carattere introverso e piuttosto umbratile di Regnault è molto probabile ma non sicuro; certo l'estrema cura e dedizione nella realizzazione degli apparati sperimentali e nell'esecuzione di tante misurazioni doveva essergli facilitata da questa ritrosia ad intrattenere rapporti più distesi con allievi e colleghi. Sia l'aspirazione all'obiettività assoluta che la spersonalizzazione dell'opera avvicinano lo stile di Regnault a quello del romanziere Flaubert, come osservato dallo stesso Dörries [21]. In una lettera a Marie-Sophie Leroyer de Chantepie, scritta il 18 marzo 1857, Flaubert scriveva: *L'illusion... vient au contraire de l'impersonnalité de l'oeuvre. C'est un de mes principes, qu'il ne faut pas s'écrire. L'artiste doit être dans son oeuvre comme Dieu dans la création, invisible et tout-puissant; qu'on le sente partout, mais qu'on ne le voie pas. Et puis, l'Art doit s'élever au-dessus des affections personnelles et des susceptibilités nerveuses! Il est temps de lui donner, par une méthode impitoyable la précision des sciences physiques* [22]. Era solo un punto di vista, seppure autorevole, ma la sintonia fra il romanziere e il fisico non appare casuale a chi è convinto che letteratura e scienza mirino, allora come oggi, alla rappresentazione del vero con mezzi diversi.

Bibliografia

- [1] H. Le Chatelier, *Ann. Mines*, Mém. 10ème série tome XIX, 1911, (<http://Annales.org/archives/x/regnaultlc.html>).
- [2] J.B. Dumas, *Ann. Mines*, Mém. 7ème série tome XIX, 1881, 212.
- [3] M. Dörries, Easy Transit: Crossing Boundaries Between Physics and Chemistry in mid-Nineteenth Century France, in C. Smith, J. Agar (Eds.), *Making Space for Science*, McMillan Press Ltd., London, 1998, p. 246.
- [4] S. Reif-Acherman, *Phys. Perspect.*, DOI 10.1007/s00016-010-0028-3, Pub. online 08 June 2010.
- [5] S. Cannizzaro, *Sunto di un corso di filosofia chimica* (a cura di L. Cerruti), Sellerio, Palermo, p. 151, p. 204.
- [6] V. Regnault, *Ann. Chim. Phys.*, 1835, **58**, 301.
- [7] V. Regnault, *Ann. Chim. Phys.*, 1835, **59**, 358.
- [8] V. Regnault, *Comptes Rendus*, 1840, **10**, 658.
- [9] P. Cardillo, *Affinità e calore*, Stazione Sperimentale per i Combustibili, San Donato Milanese, 2000, p. 108.
- [10] H.V. Regnault, *Comptes Rendus*, 1841, **13**, 1077 e *Ann. Chim. Phys.*, 1842, **5**, 52.
- [11] A. Volta, Memoria sull'uniforme dilatazione dell'aria, in Associazione Elettrotecnica Italia (a cura di), *L'opera di Alessandro Volta*, A.E.I. e Ulrico Hoepli, Milano, 1927, p. 437.
- [12] V. Regnault, *Ann. Chim. Phys.*, 1842, **5**, 83.
- [13] V. Regnault, *Comptes Rendus*, 1844, **18**, 537.
- [14] H.V. Regnault, *Relation des expériences pour déterminer les lois et les données physique nécessaires au calcul des machines à feu*, 3 vols., Firmin Didot, Paris, 1847-1870.
- [15] E. Mendoza, *Eur. J. Physics*, 2001, **22**, 527.
- [16] www.phonozoic.net/aminta.html
- [17] L. Dahlberg, *Victor Regnault and the advance of photography: the art of avoiding errors*, Princeton University Press, 2005.
- [18] M. Gliozzi, *Storia della Fisica* (a cura A. e F. Gliozzi), Bollati Boringhieri, Torino, 2005, p. 564.
- [19] V. Regnault, *Primi elementi di chimica*, IV ed. it., Francesco Vallardi, Tipografo-editore, Milano, 1851.
- [20] E. Renan, *L'avenir de la science* [1890], GF Flammarion, Paris, 1995, p. 188.
- [21] M. Dörries, *Persp. Science*, 2001, **9**(2), 233.
- [22] www.bibliolettres.com/w/pages/page.php?id_page=331