Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Memorie di Scienze Fisiche e Naturali
137° (2019), Vol. XLIII, Parte II, Tomo II, pp. 51-61

PAOLO ZANI*

Tabulae Affinitatum dal XVIII al XIX secolo: precorrono forse la tavola periodica di Mendeleev?

Abstract – The meanings of the «*Tabulae Affinitatum*», since the very first devised by E.F. Geoffroy (1718) are discussed in a context where, upon the influence of newtonian mechanics, alchemical formulations and «iatrochemistry» were giving place to *CHYMIA* (as indicated in the Diderot-D'Alembert *Encyclopedia,* 1751-78). The efforts to rationalize the results of experiments transforming defined «substances» by using the theory of chemical affinity could be related to the systematic effort exploited one century later by Mendeleev, Newland, Meyer etc., to find the right place, in a sort of a matricial arrangement, to the known and unknown elements.

Keywords: Tabula Affinitatum; Chemical Affinity; Iatrochemistry; Encyclopaedia

Riassunto – Si discute il significato che ebbero le «*Tabulae Affinitatum*» dalla prima, proposta da Geoffroy (1718) in un contesto in cui le formulazioni alchemiche e la «iatrochimica», in parte sotto l'influenza della meccanica newtoniana, stavano trasformandosi in *CHYMIA* (come verrà indicato nella *Encyclopedia* di Diderot-D'Alembert, 1751-78). Gli sforzi intrapresi al fine di razionalizzare, per mezzo della teoria delle Affinità Chimiche, i risultati di esperimenti che trasformavano «sostanze definite» possono essere collegati agli sforzi sistematici che, oltre un secolo dopo, furono intrapresi da Mendeleev, Newland, Meyer etc., per trovare il posto corretto, in una sorta di matrice, agli «elementi», noti ed incogniti.

Parole chiave: Tabula Affinitatum; Affinità Chimica; Iatrochimica; Encyclopaedia.

Introduzione

Il secolo XVIII è ricco di testi chimici che, almeno per i primi decenni, si caratterizzano come frutto di una disciplina in transizione dalla «*magia naturalis*»

* Dipartimento Chimica Industriale L. Toso Montanari, Università di Bologna, I.
E.mail: paolo.zani@unibo.it

ad una vera scienza: essi contengono spesso, come elemento caratterizzante, le «Tavole di Affinità».

Il ruolo e significato di queste tavole è stato oggetto di discussione sia in opere generali di Storia della Chimica (Califano 2010, Giua 1946, Partington 1962, Solovev-Quilico 1976), che in vari articoli specialistici (Klein 1995, e rif. citati, Duncan 1970).

La prima *Tabula Affinitatum*

Il «revival» della teoria atomica, promosso nei lavori di I. Newton, diede l'avvio ad un tentativo di spiegazione di fenomeni «chimici» basato, per analogia, sull'azione di «forze»: questo tentativo, sulla fine del sec. XVII, tolse progressivamente spazio alla visione magico-alchemica del pensiero precedente. Queste «forze» rimanevano di natura sconosciuta, ma vennero etichettate sotto il nome di «affinità chimiche» (Walden 1954) e, in parallelo allo sviluppo della chimica pneumatica, si intrapresero studi rivolti a quantificarle: si raccolsero quindi dati relativi al decorso di reazioni fra (più o meno) definite «sostanze» (reagenti in termini attuali). I risultati di questi studi (principalmente svolti in Francia, a Parigi, presso il *Jardin Royale des Plantes*) trovarono forma sistematica con un approccio grafico definito *Tabula Affinitatum*. La prima che apparve in stampa nel 1718, fu quella di E.F. Geoffroy senior (medico, 1672-1731), presentata dall'autore alla *Academie Royale des Sciences* di Parigi (Geoffroy 1718), poi riprodotta in molti testi di Storia della Scienza.

Nella Tavola, le «sostanze» reagenti (che con la terminologia successiva saranno identificabili sia quali elementi che come composti che come entità di sola fantasia) erano ordinate in colonne e righe (16×9, una sorta di matrice) secondo una loro «affinità decrescente», che in termini chimici più attuali, rappresenta effettivamente una reagibilità relativa, intesa nel senso di «spostamento» di una sostanza in una combinazione da parte di quella che la precede (cioè quella posta nella casella superiore della colonna), quando messe a contatto. Pertanto 16 colonne corrispondono a 16 «sostanze», caratterizzate attraverso una serie di reazioni. In realtà, molte delle «reazioni» sottintese dalla Tavola sono in effetti corrette, e il concetto di «affinità» si può approssimare a visioni e/o concetti più attuali del comportamento chimico (elettronegatività, potenziali di riduzione etc.).

Si possono fare alcune osservazioni sulle «sostanze» indicate nella Tavola di Geoffroy (ampiamente sviluppate nei riferimenti 10 e 7): in essa, ad ogni simbolo alchemico/astrologico si accompagna, in calce, una legenda esplicativa; vi figurano i nove metalli conosciuti, e gli acidi e le basi già note agli alchimisti, ovviamente di purezza e concentrazione imprecisata, oltre all'acqua, sale e zolfo (un «*Elemento*» aristotelico e due «*Principia*» alchemici) nonché alcuni composti organici riconoscibili, come etanolo (*esprit de vin*) e acido acetico (*esprit de vinaigre*). Rimangono poi alcune (in realtà poche) sostanze imprecisate o fantastiche: la «*terre absorbante*» (probabilmente qualunque composto solido poco solubile e poroso, tipicamente terra argillosa o calcarea o silicea), le generiche «*substances metalliques*», gli

«*esprit acides*» (acidi in generale), la «*pierre calaminaire*», riferita alla calamina, minerale di zinco[1].

L'unica sostanza che si trova veramente solo nel regno della fantasia è il «*principe huileux du soufre*» che non a caso, in versioni successive della tavola, sarà sostituito dal «flogisto» (altra sostanza immaginaria): ma, ancora una volta, questa casella (o meglio, la relazione, i.e. *rapport*, fra le caselle di questa colonna) rappresenta un fenomeno chimico del tutto verificabile, ossia uno sviluppo di calore per reazione di acido vitriolico (H_2SO_4) con alcali, sia fisso (K_2CO_3, Na_2CO_3) che volatile (NH_3, NH_4OH). La *Tabula* di Geoffroy non era una mera esercitazione grafica, e ciò è testimoniato dai dibattiti che, in seno alla stessa *Academie,* suscitò con chi osservava risultati diversi negli stessi esperimenti (oggi diremmo «reazioni»). Come osservato da alcuni autori (Giua 1946, p. 72) la lotta senza quartiere condotta dagli «iatrochimici», ed in particolare da Geoffroy, contro gli alchimisti, portò ad un approfondimento degli aspetti sperimentali, dimostrando la superiorità dell'approccio empirico rispetto alle astruse teorie magico-simboliche.

Ciò diede l'avvio ad una serie di studi in cui «filosofi naturali» (laureati medici o più raramente speziali) elaborarono opere «chimiche» in cui uno degli aspetti più evidenti era la proposta di una nuova «Tavola di Affinità», in parte per sistematizzare nuovi risultati: da quanto detto sopra, ogni nuova «sostanza» reagente poteva fornire una colonna aggiuntiva alla Tavola, quando cimentata con le altre. Vi era anche un aspetto di «moda scientifica», per cui molti studiosi volevano proporsi con formulazioni originali rispetto a quella di Geoffroy. Si possono citare le *Tabulae* di Grosse (1730, dimensioni 19×16), Gellert (1750, 28×17), Rudiger (1756, 15×9), Limbourg (1758, 28×14), senza entrare nei loro dettagli, che sono d'altra parte, già largamente discussi sia in letteratura (Duncan 1970) che in rete (Carnot 2019).

Dal punto di vista storico è più significativo accennare alla tradizione di studi del *Jardin du Roi* (*Jardin des Plantes*, che dal 1793 fece parte del *Museè di Histoire Naturelle* di Parigi), da cui proveniva Geoffroy: nel *Jardin*, istituito nel 1633, venne presto creata una Scuola di Medicina in qualche modo alternativa alla *Sorbonne*, non allineata alla Medicina Galenica tradizionale ma interprete della Scuola di Montpellier e quindi promotrice di *Ars Spagirica* e Iatrochimica. Nel *Jardin* furono stabilite cattedre di Botanica e di Chimica, secondo l'interpretazione di Paracelso (per cui lo scopo del chimico deve essere la preparazione di *Remedia Sanitatis,* sapendo usare le piante ed i metalli e non cercando la pietra filosofale).

Prima di Geoffroy, la cattedra di Chimica fu occupata da G.C. Fagon (in realtà, Botanico, non Chimico) e S. Bolduc; a Geoffroy (in carica nel 1712-30) seguirono L. Lemery (fino al 1743), quindi L.C. Bourdelin (e suo aiuto/dimostratore G.F. Rouelle) fino al 1771, infine il già famoso P.J. Macquer. Rouelle è il mae-

[1] Che forse mantiene un rilievo perché la calamina, fatta reagire in condizioni riducenti in presenza di rame probabilmente permetteva di ottenere un bel metallo giallo, lucente come l'oro, che avrà fatto sperare a più di un alchimista di aver compiuto la *grande opera*…

stro diretto di Lavoisier, che quindi si colloca a buon diritto nella linea di studi chimici del *Jardin.* A Macquer seguì A.F. De Fourcroy, ormai pienamente partecipe della nuova filosofia chimica di Lavoisier e suo collaboratore nella riforma della nomenclatura.

La *Tabula Florentina*

A Firenze si trova una delle *Tabulae* che ha conosciuto la maggior fortuna in termini iconografici: è una pittura su tavola di legno di grande formato (m 1,54×1,30) fatta preparare prima del 1768 da H.F. Hoefer (dal 1766 capo-speziale di Pietro Leopoldo di Lorena, Granduca di Toscana), e collocata nella Spezieria Granducale. L'oggetto passò poi al Museo delle Scienze di Firenze (ora Museo Galilei), dove tuttora si trova, ed è stato studiato in dettaglio dai proff. F. Abbri e G. Piccardi, ai cui lavori si rimanda (Abbri 1979, Piccardi 2004). Conviene solo accennare che il suo contenuto riprende in modo quasi completo quello della Tavola di Geoffroy, limitandosi ad aggiungere una colonna, desunta dal lavoro di Rudiger del 1756, ma probabilmente mediata dall'autorità del Trattato di P.J Maquer (1718-84) *Dictionnaire de chymie, contenant la theorie & la pratique de cette science, son application a la physique, all'histoire naturelle, a la medicine & a l'economie animale*, 1769 (Maquer 1768).

Poiché la discussione estesa del contenuto «chimico» nonché delle tracce documentali della sua funzione e vicissitudini, sono largamente approfondite nei riferimenti, pare qui opportuno fare una considerazione sul suo valore «comunicativo», testimoniante la percezione di qualcosa che chiamiamo «chimica» (oggi intesa come «scienza») nella metà del sec. XVIII: non a caso nei primi inventari della Spezieria l'oggetto compare con la menzione impropria di «*Quadro o tela … dipintovi entro segni dello zodiaco*».

Si può quindi dedurre che, tolti gli addetti alla Spezieria, e, probabilmente i medici, l'unico significato trasmesso dall'oggetto fosse quello riferito ai simboli astrologici come tali, di comprensione più diffusa in un immaginario collettivo, mentre il significato specifico, che, come già detto, rappresenta un insieme di trasformazioni chimiche ben definite, rimaneva al di fuori della percezione comune. Questo corrisponde ad un concetto, sicuramente appropriato per l'Alchimia, ma che si è in parte trascinato fino ad oggi, sulla Chimica, come sapere per iniziati, con un linguaggio simbolico volutamente «ermetico».

Poiché questa tavola venne largamente pubblicizzata da Hugo Schiff[2] (con l'erronea attribuzione a Bergman), (Abbri 1979) si può supporre che essa, in esposizione fin dal 1804 nel Museo delle Scienze di Firenze, possa essere stata vista da

[2] H. Schiff giunse a Firenze nel 1862 ed ebbe la sua prima «posizione» dal 1864, appunto come docente di Chimica presso il Museo delle Scienze.

Mendeleev, che visitò numerose volte la città toscana (Puschrovsky 2019) e fu in relazione di studio con chimici italiani (Ciardi 2019): ma la possibilità rimase senza effetto riguardo alla formulazione della Tavola Periodica che Mendeleev propose nel 1869. Quest'ultima nasceva principalmente da una motivazione didattica, quella di esporre in modo efficace agli studenti i contenuti di quella che potremmo chiamare «chimica descrittiva», basata su una elencazione di composti, in larghissima misura inorganici, e su una descrizione delle loro proprietà. Le Tavole (tavola delle affinità e tavola periodica) sono comunque accomunate da un concetto più generale, che è quello di razionalizzare una materia, assegnando un ordine, dapprima solo formale, ai componenti di un corpo di conoscenze che così diviene «sistema» (Drago 2017). Nel caso di Mendeleev, essendo i componenti del sistema gli atomi/elementi ed il criterio di ordine un valore numerico (il peso atomico), la sistematizzazione permise di giungere alla formulazione di una «legge» (che sarà poi definita «Legge Periodica»), la cui interpretazione in termini fisici seguirà dopo molti anni, solo quando saranno disponibili i risultati sulla struttura degli atomi. Al contrario, le *Tabulae Affinitatum*, benché muovessero da un proposito di definire «leggi» analoghe (e quantificabili numericamente) a quelle indicate da Newton per la meccanica, erano basate su una scelta arbitraria di reagenti, (quelli posti in testa alle colonne, che Klein definisce come «reference substances» nel suo studio, p. 80-81) più o meno determinata dal fatto che fossero entrati nella tradizione e di uso frequente. Pertanto, il susseguirsi di nuove proposte di *Tabulae* non riuscì a portare a nessun risultato di «sistema», contribuendo però a stimolare l'aggiunta di sempre nuovi esperimenti (vedi cap. Bergman).

L'*Encyclopedie* e la Chimica

Una *Tabula Affinitatum* trovò posto anche nell'opera a stampa che più di tutte ha simboleggiato il sec. XVIII come «secolo dei Lumi»: l'*Encyclopedie*.

Benché il secolo XVIII abbia visto un fiorire degli studi di tipo chimico attraverso numerosi paesi d'Europa (imprescindibili le ricerche svolte in Svezia, Germania, Inghilterra, spesso in competizione fra di loro), è indubbio che la Francia, anche per motivi di una preponderanza politica che si estendeva pure sul piano culturale, sia stato il paese che ha visto il maggior progresso. Come si osserverà poi, questa prevalenza si esplica anche attraverso l'uso del francese come lingua dei *Savants*, che si affianca al latino. Senza entrare nelle motivazioni politiche che permeavano le iniziative dei *Savants*, definiti presto «Illuministi», è paradigmatico che questa supremazia culturale trovi la migliore espressione nella pubblicazione dell'*Encyclopedie,* (1751-1772), che si autodefinisce come «*Dictionnaire raisonnè des Sciences, des Arts et des Metiers*» (prima enciclopedia in francese). Il proposito, enunciato dal curatore D. Diderot, era proprio quello di portare al più vasto pubblico la somma delle conoscenze filosofiche e scientifiche, con il fine di associare all'aumento delle conoscenze anche il perfezionamento delle tecniche e delle

nascenti produzioni dell'industria (in sottinteso, anche uno sviluppo della società in termini politici e morali).

In modo più evidente rispetto al *Discours Preliminaire* di D'Alembert, il *Frontispice* dell'opera, magnifico *Tableau Allegorique* (da una incisione di Ch. N. Cochin junior) mostrava il Tempio del Sapere dove la Verità (Luce Divina), svelata della Ragione (Filosofia) riversa la sua luce sulle Scienze e sulle Arti, affinché i popoli, fuori dal tempio, ne raccolgano i frutti. Seguiva il criterio per ordinare l'insieme delle conoscenze, esposto con la grafica di un *Arbre*, definito «S*ysteme figurè des connoissances humaines*» e distinto in tre facoltà: «*Memoire*», «*Imagination*», e la «*Raison*» propriamente detta, da cui la *Philosophie* (sinonimo di Scienza) che occupa con le sue suddivisioni la parte più cospicua del «*Systeme*». L'articolazione delle discipline scientifiche passa così dalla *Science de Dieu* alle *Sciences de la Nature*, da quelle più astratte (Matematica e Geometria), a quelle degli oggetti materiali.

Così, in fondo all'*Arbre*/sistema delle conoscenze umane, si trova la «*Physique des Petit Corps*», o *physique particulaire*, dove si collocano, fra le altre, Zoologia, Mineralogia e Botanica; allo stesso livello gerarchico, alla *Mineralogie* segue la *Chimie*, articolata in *Chimie propre (pyrotechnie, peinture,* quindi una chimica applicata), *Metallurgie* (che può essere collegata correttamente alla chimica), ma ancora *Alchimie e Magie Naturelle* (e qui non siamo proprio nel regno della *Raison…*).

Si constata che, a livello di progetto, l'*Encyclopedie* di Diderot-D'Alembert non riservava un posto e, soprattutto, contenuti appropriati allo stato delle conoscenze chimiche[3]: in ciò, si nota una grande differenza rispetto al molto maggior spazio e contenuti corretti assegnati alle altre scienze naturali.

Il «*contributeur*» principale delle voci chimiche fu G.F. Venel (1723-75) (Abbri 2003, in rif. 17), medico della scuola di Montpellier, dove si laureò nel 1742; fu poi a Parigi, allievo di Rouelle. Venel ritornò come docente di Medicina a Montpellier, insegnando però anche Chimica e lavorando come «*Inspecteur des Eau Minerales*», coniugando così l'aspetto medico e la pratica delle analisi chimiche. Tutto ciò per dire che fra i suoi contributi all'*Encyclopedie*, comprendenti anche voci negli ambiti *Medecine* e *Pharmacie*, Venel produsse le voci *Chymie* (*ou Chimie*) per il vol III e *Laboratoire* per il vol IX. La prima è una ridondante (e verbosa) esposizione, lunga 56 pagine, orientata a ripercorrere l'itinerario della Chimica/Alchimia dall'antichità al presente, seguendo un approccio strettamente iatrochimico e portando al sommo l'opera di Paracelso. La parte prevalente della voce è

[3] Va detto che la pubblicazione dell'*Encyclopedie* (a parte gli ostacoli politici e religiosi) richiese oltre 20 anni: vennero pubblicati 17 volumi di testo, articolati in «voci» disposte alfabeticamente (oltre 70 000), con richiami interni plurimi, e coordinate ad una serie di 9 volumi di illustrazioni (c.d. *Planches*, collegate a voci del testo ma stampate in modo indipendente), il tutto seguito poi da altri volumi di supplementi e correzioni, edizioni successive (fino al 1778), che formano una «seconda» *Encyclopedie*: nell'insieme, una opera colossale. Il numero dei collaboratori («*contributeurs*») è imprecisato, dato che molte voci sono anonime, ma è superiore a molte centinaia.

quindi una elencazione elogiativa di personaggi, dall'antichità ai contemporanei, ma poco o nulla si dice dei contenuti delle loro ricerche. Perciò, l'articolo di Venel, fatto salvo il suo proposito, dichiarato all'inizio, di differenziare la chimica, nei suoi oggetti e metodi, dalla fisica, ha un significato secondario in termini di evoluzione del pensiero chimico, essendo scarsamente citata negli studi di storia delle discipline chimiche (Abbri in rif. 17, Califano 2010), mentre ha avuto un maggiore rilievo per i profili «biografici» che Venel dedica agli alchimisti o iatrochimici più ragguardevoli, da una antichità (in larga misura fantastica) ai suoi giorni.

La voce *Laboratoire*, molto più concisa, è quella per cui si è introdotto Venel in questo contributo. Vi è infatti il rimando alle illustrazioni del vol. IIb della serie *Planches*: la prima illustrazione della voce *Chymie*, *Planche double*, porta nella parte superiore la rappresentazione di un Laboratorio chimico, strettamente collegata a quanto l'autore Venel riporta nel testo della voce, raccomandando la presenza di una *grande chemineè* (*pur la exhalation des vapours*, le sostanze *nuisibles* come *arsenic*, *antimoine*…) ed altre comodità (*cave*, *glacier*, *grenier*…).

La parte inferiore della *Planche* porta una Tavola delle Affinità (19×9), con la didascalia «*table des Rapports*»[4]: il testo della voce non dà alcuna spiegazione o collegamento ad essa (!!).

Dal punto di vista dei contenuti, questa *Table* segue sempre l'impostazione di Geoffroy, cui si aggiungono le colonne degli *«esprit», de vin et ardent*, e si raddoppia quella delle *substances metalliques* generiche, distinguendole come più affini all' oro o all'argento (??). Si può quindi dire che la *Table* ha nell'*Encyclopedie*, in sostanza, solo un valore «ornamentale». Ma, al contrario, il suo impatto comunicativo fu molto forte e prolungato nel tempo. Va considerato che l'*Encyclopedie*, nonostante la mole (ed il costo) rappresentò una summa senza precedenti dei saperi umani, e la sua diffusione fu molto vasta, raggiungendo, in pratica, tutta la comunità dei *savants* d'Europa[5].

Tutto ciò portò ad una evoluzione di un immaginario collettivo, condiviso da una comunità trans-nazionale di «Nobili illuminati e Borghesi istruiti» che sarà la classe leader del secolo successivo. In questo senso, va specificato che tutta la parte iconografica della voce «*Chimie*», oltre alla *table des Rapports* (incomprensibile tranne che per i *Chymistes* professionali) prosegue con 4 Tavole di «*Caracteres de Chymie*», in cui sono riportati, a mò di vocabolario (ordine alfabetico delle corri-

[4] Si suppone che il termine *Rapport*, già usato da Geoffroy, sia scelto in modo da non sbilanciarsi troppo in senso newtoniano, ossia nel postulare forze di attrazione di tipo gravitazionale o analoghe fra le «particelle», dette talvolta *molecules*, delle sostanze, come viene sottinteso dal termine «affinità».

[5] La serie delle «*Planches*» conobbe un successo ed una diffusione anche maggiore, in quanto le incisioni, di grande formato e, spesso, di alto valore artistico, vennero staccate e commercializzate come «stampe da parete» assicurando così una diffusione fra un pubblico molto vasto, che non era ovviamente consapevole dei contenuti scientifici o tecnici a cui le incisioni erano in origine collegate.

spondenze) sia i simboli astrologici tradizionali che tutte quelle forme divisate nei secoli dalle ingegnosità degli alchimisti per indicare sia i reagenti, che le operazioni, che gli apparati: quindi si tratta sempre più di un linguaggio per iniziati, che conoscerà una fortuna (durata fino ad oggi) come fonte in cui pescare immagini efficaci a commento tutte le volte che si vogliano evocare magie, misteri etc. Segue una lunga serie di tavole in cui si rappresentano le attrezzature e le operazioni di laboratorio; la serie è chiusa dalla tavola con la rappresentazione allegorica della *Chimie*, ripresa da Libavius, in cui si illustrano il *Vas Alchemicum* e l'*Opus Magnum*, con dovizia di idre a più teste, serpenti, fenici ed androgini… quanto di più alchemico si possa immaginare, e che fino ad oggi, per potenza fantastica e impatto visuale, viene ancora utilizzata in contesti chimici e/o medici come immagine iconica.

Si conferma per via indiretta quanto articolato nell'*Arbre* delle Conoscenze: alla faccia della dea Ragione, la Chimica e la Magia viaggiano ancora a braccetto.

Fortunatamente, studiosi successivi a Venel pensarono bene di riportare la Tavola delle Affinità nel mondo reale: così, la tavola della *Encyclopedie* fu riprodotta negli *Elements de Chemie* di Guyton De Morveaux (1777-78), indicando appunto il modello di Geoffroy aumentato da Rouelle; così il *Recueil de Dissertations Physico-Chymiques* di Demachy (1774) iniziò a mettere a confronto le varie *Tabulae* che si erano ormai accumulate negli anni, contandosi a decine.

T. Bergman e il tramonto delle *Tabulae Affinitatum*

Una delle più importanti personalità della Chimica del sec XVIII fu lo svedese T.O. Bergman (1735-84), qualificato come «padre della Chimica Analitica»: un grande sperimentatore (sua la sistematica per le analisi inorganiche qualitative, per via umida ed alla fiamma), e un grande sistematico; con la sua opera «*Sciagrafia Regni Mineralis*» stabilì un sistema coerente per la Mineralogia (rivaleggiando con l'opera di Linneè per la Botanica) basandosi appunto su una classificazione chimica dei minerali. Bergman espresse la sua tendenza alla sistematica anche nell'opera «*Disquisitio de Attractionibus electivis*» (Bergman 1775, 1783, 1788) (1° ed. 1775, in latino, ma poi tradotto in francese a cura di G. De Morveaux come *Traitè des Affinitès Chymiques* nel 1788): si può dire che questo testo segni il massimo sviluppo del sistema delle *Tabulae Affinitatum*, marcandone anche il tramonto. Le ragioni sono implicitamente espresse dallo stesso Bergman: egli affermò che i termini «Attrazione» ed «Affinità» vanno intesi come sinonimi, ma che il primo è più appropriato alla Fisica, ribadendo quindi il concetto newtoniano di ricerca di forze specifiche (esteso alla Chimica) per spiegare le trasformazioni delle sostanze. Scriveva quindi: «*nel 1718, Geoffroy divisò di mostrare a colpo d'occhio le attrazioni elettive* (fra sostanze) *disponendo i "signes chimiques" in una Tavola secondo un ordine ben definito. Ma questa ammirevole invenzione è lodata da alcuni e biasimata da altri. I primi pretendono che le affinità seguano leggi costanti, gli altri assicurano che queste (leggi) sono vaghe, e dipendono dalle circostanze*». Scrivendo il Trattato

sulle Affinità, Bergman si pone chiaramente fra i favorevoli alle *Tabulae* (ed alla costanza delle Leggi); egli propone però una tavola *monstre* di 59 colonne e 50 righe, oltretutto raddoppiate per una sezione di saggi per via secca e saggi per via umida, il che talvolta dimostra un diverso risultato di reazione per la stessa coppia di sostanze reagenti. Bergman si rese conto che anche la variabile temperatura/calore è condizionante: trasformazioni a caldo o a freddo, che in certi casi corrispondono al via secca *vs*. via umida, mostrano esiti differenti, e quindi richiedono una variazione della forza di Affinità. Non basta la *Tabula* enorme: seguono anche tavole di supplemento, per definire le scale di affinità per sostanze reagenti che si sono nel frattempo aggiunte. È quindi chiaro che la Tavola è un insieme, tendenzialmente infinito, di reazioni chimiche, (tante quante le possibili combinazioni a due a due dei reagenti) (Seligardi 2006) il cui esito dipende spesso in modo determinante da ciò che oggi chiamiamo «condizioni di reazione» (solvente, temperatura, concentrazioni relative…): diviene così irrealizzabile il proposito iniziale di poter quantificare «per confronto» le forze chimiche (come una bilancia confronta due masse per misura di forza-peso).

La Tavola inizia però a svolgere una funzione di guida alla organizzazione sistematica del testo: il *Traitè des Affinitès* è diviso in capitoli, uno per ciascuna «sostanza», e sottoarticolato in paragrafi, descriventi ciascuno in modo dettagliato la reazione della «sostanza di testa» con le altre della griglia; la Tavola è quindi una specie di duplicato dell'indice (detto, non a caso, *Table*, e occupante 5 pagine… !!).

Un altro aspetto evidente: Bergman stesso lodava per il lavoro di Geoffroy il «*coup d'oeil*», pregio comunicativo legato ad una tavola di dimensioni «ragionevoli»; al contrario, nel suo *Traitè*, il linguaggio simbolico è quasi fuori controllo. Geoffroy aveva impiegato una trentina di simboli, in larga parte forniti dall'alchimia ed astrologia tradizionali. Ma le «sostanze chimiche» caratterizzate cominciavano ormai a contarsi a molte centinaia, ed era improponibile pensare ad un nuovo ideogramma/simbolo per ognuna di esse, aggiungendo ricci, palline, trattini ed uncini; già Bergman ebbe la necessità di raddoppiare il simbolo per indicare alcune delle sue «sostanze», distinguendo il loro stato «flogisticato» o «deflogisticato».

Pur in una forma grafica ancora insoddisfacente, questa situazione mostra il momento in cui si fa evidente la necessità di una riforma della simbologia chimica, che si evolveva nella direzione in cui si stava muovendo Lavoisier con G. de Morveaux (Duncan 1970) proponendo la sua riforma della nomenclatura, ossia simboli di composti per somma di simboli di elementi, derivanti da iniziali «alfabetiche» e nomi che iniziano ad obbedire ad una sistematica.

Così, l'opera di Bergman rimane il «canto del cigno» per le affinità chimiche, lanciando invece un termine che diventerà di moda nel contesto letterario (Affinità Elettive), tanto da venir consacrato dal titolo del romanzo di Goethe (*Die Wahlvervandtschaften*) nel 1809. In un contesto scientifico, si vuole ricordare l'opera divulgativa di A. Walker *Natural and Experimental Philosopy*, pubblicata a Londra nel 1802: una specie di compendio delle varie scienze per il popolo. Essa contiene una

sezione dedicata alla Chimica dove si ripropongono le Tavole di Affinità (in rif. 4): ma ormai la griglia si è persa e, soprattutto, la nomenclatura ha abbandonato i simboli alchemici, rimpiazzati dalle parole/nomi: non è ancora l'applicazione della nomenclatura di Lavoisier, perché i nomi sono quelli tradizionali («vitriolic acid», «alkali fix», etc.), ma il testo è ormai alla portata di tutti gli alfabetizzati.

Conclusioni

In termini di contenuto, le *Tabulae Affinitatum* furono un modo di rendere evidenti una serie di reazioni chimiche, il più delle volte reali e non fantastiche, finalizzato al concreto scopo della preparazione dei *Remedia*, quindi al confronto di queste «trasformazioni» per interpretarle secondo un approccio, sostanzialmente quello di Paracelso e degli Iatrochimici, ri-attualizzato con la teoria del flogisto di Stahl. Questo obiettivo sarebbe stato superato dalla «Rivoluzione Chimica» di Lavoisier, dopo il quale la Chimica si può considerare una scienza a tutti gli effetti.

Le *Tabulae Affinitatum* avevano fotografato una realtà chimica effettiva, come veniva interpretata nella prima metà del sec. XVIII, e che andava distaccandosi dalle fantasie alchemiche.

Le *Tabula*e davano anche spazio ad una esigenza di classificazione e sistematizzazione che rispecchiava quella di altre «Storie naturali» (come Mineralogia, Botanica, Zoologia etc., vedi le opere di Linneè, Leclerc de Buffon etc.); infatti, l'influenza dell'opera di Linneè su Bergman è stata evidenziata (in particolare da Seligardi 2006); inoltre si richiedeva agli sperimentatori una attenzione crescente alle modalità di esecuzione degli esperimenti ed alla misura delle quantità. Questa finalità pratica era stata messa in rilievo fin dal 1718 da Fontenelle, segretario dell'*Academie Royale* (Califano 2010 vol. 1 p. 187-88). Lo sforzo classificatorio che muoveva i compilatori delle *Tabulae* è già stato posto in relazione da vari autori con il bisogno di dare un'organizzazione alle conoscenze chimiche che porterà poi nell'800 ai risultati di Mendeleev.

In questo senso, la necessità di una raccolta sistematica di dati, unita ad una esigenza mirante alla chiarezza didattica, è la stessa che muove la «proposta» di Mendeleev nel 1869: ma a quel punto il sistema/linguaggio (elemento/composto; equazione chimica; nomenclatura sistematica) era tale che l'organizzazione si rivelò un nuovo, efficace paradigma delle conoscenze chimiche, dotato di un potere predittivo (ricerca e scoperta di nuovi elementi) che mai le *Tabulae* del secolo precedente avrebbero potuto avere.

Le T*abulae Affinitatum* svolsero però una funzione utile, concreta, quella di elencare i reattivi chimici noti, suggerire reazioni e, con i loro limiti, indicare la necessità di una nuova, più razionale simbologia e nomenclatura.

Ringraziamenti

Sono grato alla prof.ssa B. Bonini e al dott. G. Micheletti per le utili discussioni.

BIBLIOGRAFIA

[1] Abbri, Ferdinando, 1979. La Tabula Affinitatum dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze, *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza*, p. 29-36, vedi anche in rif. 17.
[2] Bergman, Torbern Olof, 1775. Disquisitio de Attractionibus electivis, in *Regia Societas Scientiarum Upsalienssi Nova Acta* 2, Uppsala; 1783, seconda Edizione in *Opuscula physica et Chemica*, vol. III, Lipsia, in bibliopolio Mulleriano; 1788 Traitè des Affinitès chymiques ou attraction electives (Trad. L.B.G. De Morveau) Paris, Buisson Libraire.
[3] Califano, Salvatore, 2010. Storia della Chimica, vol. 1, Torino, Bollati Boringhieri ed.
[4] Carnot, S. (creator Libb Thim): http://www eoht /hmolpedia/affinitytable/last update 17/4/2019.
[5] Ciardi, Marco, 2019. Il segreto degli Elementi, Milano, U. Hoepli Ed.
[6] Drago, Antonino, 2017. La scoperta di Mendeleev, *Rendiconti Acc. Naz. Delle Scienze detta dei XL*, 135, pp. 231-41.
[7] Duncan, A.M., 1970 The functions of Affinity Tables and Lavoisier's List of Elements *Ambix,* XVII, pp. 28-42.
[8] Geoffroy, Etienne Francois, 1718. Table des different rapports observès en Chimie entre different substances. *Memoires Academie Royale des Sciences*, pp. 202-12.
[9] Giua, Michele, 1946. Storia della Chimica, Torino, Chiantore Ed.
[10] Klein, Ursula 1995. E.F. Geoffroy's Table of different «rapports» observed between different chemical substances – a re-interpretation *Ambix*, XLII, pp. 79-101.
[11] Macquer, Pierre Joseph, 1768. Dictionnaire de Chymie, contenant la theorie & la pratique de cette science, son application a la physique, all'histoire naturelle, a la medicine & a l'economie animale, tome I, II. Paris, Lacombe libraire.
[12] Partington, James R., 1962. History of Chemistry, London, Macmillan.
[13] Piccardi, Giovanni, 2004. U.H. Hoefer e la Tabula Affinitatum, *Nuncius*, pp. 545-68.
[14] Puschrovsky, Dmitri, 2019. Dmitry I. Mendeleev and his time, *Substantia*, 3, p. 119-29; d.o.i. 10.1328/substantia-173.
[15] Seligardi, Raffaella, 2006. Le affinità chimiche alla fine del XVIII secolo fra classificazione e tentativi di quantificazione: Guyton de Morveau, Fourcroy, Venturi. *Rendiconti Acc. Naz. Delle Scienze detta dei XL*, 125, pp. 153-72.
[16] Solov'ev, Juri, 1976. L'evoluzione del pensiero chimico (trad. it. Quilico, Adolfo) Milano, Mondadori A. Ed.
[17] Venel, Gabriel-Francois, 2003. Chimica: Encyclopedie, 1753. Traduzione italiana a cura di Abbri F., con saggio introduttivo. *Dipartimento di Studi storico-sociali e Filosofici dell'Università di Siena*, Siena.
[18] Walden, Paul, 1954. The beginning of doctrine of Chemical Affinity, *Journal of Chemical Education* 31, pp. 27-33.