

RAFFAELLA SELIGARDI*

**Le affinità chimiche alla fine del XVIII secolo
tra classificazione e tentativi di quantificazione:
Guyton de Morveau, Fourcroy, Venturi**

Chemical affinities at the end of the 18th century between classification and attempts to quantify: Guyton de Morveau, Fourcroy, Venturi

Summary – In the article “Affinité” written for the *Encyclopédie Méthodique*, Guyton de Morveau dealt, among other things, with the history of the different interpretations of the phenomenon of elective affinities or chemical attractions, and with the various attempts made by chemists, in order to come to terms with the problem, by distributing affinities in suitable tables which illustrated the force of attraction between different substances. E.F. Geoffroy published the first table “of the different *rappports*” in 1718, whereas the major effort to reach a quantification of the intensity of the attractive force was made by Bergman in the second half of 18th century. Following Bergman, Morveau, Kirwan and Fourcroy also tried to order chemical affinities, classifying and quantifying. In fact, classification and quantification of Nature were the two major goals of 18th century natural philosophers, stimulated by the encyclopaedic idea typical of the Enlightenment. In particular, the *Système des connaissances chimiques* by Fourcroy represents the most complete attempt in order to reach a complete and comprehensive description of the domain of chemistry and of its theoretical foundations. In these foundations Fourcroy also included the classification of chemical affinities.

The aim of this paper is to analyse the theories of chemical affinities, in particular those by Morveau and Fourcroy. Moreover, as regards the latter, this paper completes and concludes the analysis of the manuscript notes of his lectures taken by G.B. Venturi which I presented at the last congress, because Venturi, following his master, also proposed his own classification of chemical affinities.

Key words: affinità, attrazione, gravitazione, numeri

Introduzione

Perché le sostanze chimiche, semplici o composte, si combinano più facilmente con alcune sostanze che con altre? Perché alcune non si combinano affatto? Ci sono ragioni fisiche per rendere ragione di questo fenomeno o bisogna attribuire

* CIS, Università di Bologna, Dipartimento di Filosofia. E-mail: seliga@alma.unibo.it

alla materia un potere decisionale su come e quando combinarsi? La filosofia corpuscolare seicentesca tentò risolvere la questione spiegando i fenomeni dell'affinità in base alla figura e posizione delle particelle componenti i corpi [6]; tuttavia questa spiegazione risultava insoddisfacente, perché basata su speculazioni filosofiche: non era infatti possibile una verifica sperimentale di questa teoria.

Isaac Newton (1642/3-1727) diede un contributo importante, e non solo con la legge di gravitazione universale [1] [8]. Nella famosa *Query* 31 dell'*Opticks* [23], egli aveva ipotizzato l'esistenza di forze attrattive che agivano anche a livello delle particelle costitutive della materia; non si trattava più di elettività in base alla forma delle particelle, quindi, ma in base alle interazioni delle forze attrattive e repulsive tra di esse [1, pp. 107-109]. Tuttavia, le *queries* dell'*Opticks* rappresentavano soprattutto un programma di ricerca, e la natura di queste forze non venne chiarita da Newton, lasciando così aperto il problema delle affinità chimiche.

Nel Settecento si assisté ad ulteriori approcci al fenomeno, a partire da Etienne François Geoffroy (1672-1731): egli nel 1718 pubblicò la famosa *Table des différents Rapports observés entre différentes substances* [15]. La scelta del termine *rapports* doveva evitare ogni riferimento all'affinità in senso elettivo [18, p. 137]. Inoltre, Geoffroy non pose nessuna teoria della materia alla base della sua tavola; essa era puramente descrittiva di fatti sperimentalmente osservati [20] [18, pp. 134-137] [24]. Nella seconda metà del secolo, il tentativo più importante per arrivare ad una quantificazione di questa forza attrattiva fu compiuto da Tobern Bergman (1735-1784) [18, pp. 259-268]. Nel 1783 egli pubblicò la più completa tavola delle affinità chimiche [2], per via secca e per via umida. Inoltre, ribadì il fatto che la forma delle particelle aveva un ruolo importante nelle affinità: l'attrazione tra i corpuscoli dipendeva infatti anche dalla figura e dalla reciproca posizione delle particelle [18, pp. 259-265]. Tuttavia, Bergman aveva anche calcolato che ci sarebbero voluti oltre 30000 esperimenti per descrivere in maniera soddisfacente e completa i fenomeni dell'affinità [18, p. 268]. Infatti, la loro quantificazione derivava da una ricerca puramente sperimentale. Sulla scia di Bergman, anche Guyton, Kirwan e Fourcroy cercarono di mettere ordine nelle affinità chimiche.

Guyton de Morveau e Richard Kirwan

Com'è noto, Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) redasse l'articolo «Affinité» [27] [1, pp. 116-117] [18, pp. 356-370] per l'*Encyclopédie Méthodique* (1786). L'articolo si apriva con la definizione di cosa fosse l'affinità chimica:

Affinità si chiama in Chimica la forza con cui i corpi di differente natura tendono ad unirsi. [...] è l'espressione di un'azione puramente fisica. [17, p. 1]

Quindi, proseguiva Guyton, non ogni attrazione era un'affinità, ma ogni affinità era un'attrazione. Il fatto che fosse definita come «azione puramente fisica» indica da un lato che Guyton rifiutava qualsiasi capacità metafisica intrinseca alla materia, e, dall'altro, che il quadro di riferimento teorico era quello newtoniano.

Nella prima parte dell'articolo, Guyton si occupò anche della storia delle varie interpretazioni del fenomeno delle affinità elettive o attrazioni chimiche e dei vari tentativi, da parte dei chimici, di razionalizzare questo fenomeno distribuendolo in apposite tavole, che illustravano la maggiore o minore affinità di varie sostanze tra loro. Come conclusione generale sul rapporto affinità-gravitazione, Guyton scrisse:

Il nome di attrazione elettiva dato da *Bergman* all'*affinità*, annunzia abbastanza il principio sopra cui egli ne ha fondata la spiegazione; egli la deduce realmente dall'attrazione newtoniana; indica le circostanze che ne fanno variare gli effetti nelle dissoluzioni e nelle precipitazioni; ha preveduto tutto il vantaggio che la Chimica poteva ritrarre dall'espressione delle affinità in numeri, e dalla determinazione delle figure delle molecole che si uniscono [...]

Egli è dunque vero, che dalla metà del secolo presente, e soprattutto da dodici anni circa in poi, tutti coloro che si sono occupati un poco seriamente nella risoluzione di questo grande problema, hanno cercato nella gravitazione universale la causa fisica delle *affinità* [...] [17, pp. 16-17]

Il problema della quantificazione e classificazione della natura fu uno dei compiti maggiori intrapresi dagli scienziati settecenteschi, animati dall'ideale enciclopedico proprio dell'Illuminismo [13] [14], e riguardò anche la questione delle affinità. In particolare, la visione delle affinità chimiche di Guyton deriva da quella esposta dal grande naturalista Georges Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) nella sua *Seconda vista della Natura*, premessa al vol. 13 della sua grande opera *Histoire naturelle* (Parigi, 1765) [8, pp. 123-124]. Così Guyton parafrasava Buffon:

La figura che nei corpi celesti non fa niente o quasi niente alla legge dell'azione degli uni sopra gli altri, poiché la distanza è grandissima, fa al contrario quasi tutto allorché la distanza è piccolissima o nulla. [...] Noi ignoriamo quale sia la figura delle parti costitutive dei corpi; l'acqua, l'aria, la terra, i metalli, tutte le materie omogenee sono certamente composte di parti elementari simili tra loro, ma la cui forma è ignota. [...] *ogni materia si attrae in ragione inversa del quadrato della distanza, e questa legge generale non sembra variare nelle attrazioni particolari che per l'effetto della figura delle parti costitutive di ogni sostanza: poiché ogni figura entra come elemento nella distanza.* [17, pp. 21-22]

A questo punto si rendeva necessaria una distinzione tra le varie forme di attrazione presenti in natura, al fine di chiarire meglio la specificità dell'affinità chimica.

La *gravità*, o la gravitazione universale, è l'attrazione che si esercita a distanze tali, che la massa fa tutto, che la disposizione delle parti non influisce sensibilmente sopra i risultati, e che la quantità di materia può considerarsi come concentrata in un solo punto ovvero al centro di gravità dei corpi che si attraggono.

L'*adesione* suppone una distanza troppo picciola perché i nostri sensi possano apprezzarla; essa varia considerabilmente, secondo l'estensione superficiale delle molecole che s'incontrano; ed essendo questa condizione eguale, essa è proporzionale alla superficie dei corpi che aderiscono.

La *coesione* è differente dalla gravità e dall'adesione, in quanto che [...] non ha luogo che tra i corpi della stessa natura: è differente specialmente dall'adesione,

mentre non havvi soltanto approssimazione di superficie; ma contatto in tutti i sensi che le figure delle molecole lo permettono; e di là ne siegue, ch'essa produce una forza sì superiore. [...]

L'*affinità* o attrazione chimica è quella che unisce corpi di diversa natura, non solamente colle superficie come l'adesione, ma molecole a molecole come la coesione; l'intensità di questa potenza non si manifesta [...] che a distanze che noi non possiamo né misurare, né scorgere; essa procede, come la coesione, dalla tendenza reciproca di tutte le molecole ad un contatto perfetto, colla maggior estensione ed in tutti i sensi possibili; è differente [...] dalla gravitazione, perché segue meno la densità delle masse, che la densità degli elementi, e perché dipende molto più dalle quantità e dalle figure di queste particole, che dal peso e dalla figura degli aggregati; e produce sempre una forza superiore a quella della coesione: altrimenti non ne risulta nessuna dissoluzione. [...] In somma, quest'attrazione è elettiva, come disse Bergman, cioè, presentate due sostanze ad una terza, essa ne sceglie l'una e lascia l'altra, ed essendo due sostanze dapprima unite, una terza esercita sopra l'una d'esse un'azione che scaccia l'altra.

[...] Non si deve dunque più esitare di dire col celebre Macquer, che la dottrina delle attrazioni è *la vera chiave dei fenomeni i più occulti della Chimica*. [17, pp. 47-49]

Anche secondo Pierre Joseph Macquer (1718-1784), infatti, la spiegazione delle affinità chimiche in base alla sola legge dell'attrazione universale era insoddisfacente, perché questa legge non sempre valeva a livello microscopico, dove entravano in gioco fattori quali grandezza, figura, estensione, contatto delle particelle, ecc. [8, p. 125] Tenendo conto di questi fattori, tuttavia, era possibile raggiungere un certo livello di matematizzazione, seppure basato su ipotesi.

Dopo aver distinto i vari tipi di attrazione, nello specifico delle affinità, Guyton le riduceva a quattro tipologie:

I. *affinità di aggregazione*; questa non ha luogo che fra molecole della stessa natura; non fa che accrescere la massa senza produrre nuova combinazione. [...]

II. *affinità di composizione* è quella, che, unendo sostanze di natura differente, semplici o composte, dà l'essere ad un composto o sopracomposto nuovo, che ne forma un tutto omogeneo, un ammasso, sopra cui le forze meccaniche niente possono, che l'affinità sola potrà distruggere, e le cui proprietà sempre caratteristiche sono sovente straniere, e talvolta anche contrarie a quelle delle parti componenti. [...] L'affinità di composizione è il grande strumento di tutte le operazioni della natura e dell'arte, e non solamente uno strumento di sintesi [...], ma ancora lo strumento, e lo strumento unico di ogni analisi; perciocché la natura non ha forza per separare o per allontanare: essa non ne ha che per avvicinare o unire. [...]

III. *affinità disposta*, quella che risulta dal cangiamento di stato di composizione d'una delle sostanze che si vogliono unire, e che produce una combinazione che non avrebbe avuto luogo senza questo cangiamento. [...] L'affinità disposta si produce egualmente e coll'addizione d'una materia conveniente all'oggetto che ci proponiamo, e colla separazione di quelle che fanno ostacolo all'unione. [...]

IV. *affinità per concorso*; essa suppone sempre il concorso attuale ma simultaneo di quattro sostanze almeno [...]; essa suppone ancora, che queste sostanze non sieno isolate, ma che siavi anzi composizione preesistente; essa produce combinazioni, che nelle date circostanze non avrebbero luogo senza questo concorso. Questa affinità è la stessa che quella chiamata dai Chimici affinità doppia [...] [17, pp. 51-61]

Da qui seguiva che «quanto più l'affinità di aggregazione è forte, tanto più l'affinità di composizione dev'essere possente per rompere questa aggregazione». [17, p. 127]

Per quanto riguarda il problema della quantificazione, Guyton aveva cominciato a esprimere i rapporti di affinità in forma numerica già dal 1777 [17, p. 66]; tuttavia riconosceva a Richard Kirwan (1733-1812) [22] [16] il merito della prima applicazione del calcolo alle affinità¹. Secondo il chimico irlandese, infatti, «Pour parvenir à avoir quelque certitude dans cette matière, il faut donc déterminer le degré de force de chaque puissance attractive, & le désigner par des nombres» [19, p. 325]. Per raggiungere questo obiettivo, Kirwan aveva compiuto una serie di esperimenti per determinare il punto di saturazione di un acido per mezzo di una base, e aveva assegnato a questo un numero. In base ai suoi risultati era poi pervenuto a due assunti fondamentali:

1. Que la quantité d'acide réel nécessaire pour saturer un poids donné de chacune des bases est en raison inverse de l'affinité des bases avec l'acide.
2. Que la quantité de chacune des bases nécessaire pour saturer une quantité donnée de chaque acide est en raison directe de l'affinité du même acide avec la base. [19, p. 326] [18, p. 274]

Nella sua memoria Kirwan pubblicò anche una tavola riassuntiva delle saturazioni (Tab. 1), commentando:

Comme les rapports de ces nombres se trouvent d'accord avec tout ce que les expériences ordinaires nous apprennent touchant l'affinité des acides avec leurs bases, on pourra les regarder comme l'expression convenable du degré de cette affinité [...] [19, p. 326]

Guyton riportò nel suo articolo anche la distinzione di Kirwan tra affinità quiescente e affinità divellente:

Il faut considérer d'abord dans toute décomposition quelconque, 1°. Les forces qui s'opposent à la décomposition ou qui tendent à conserver les corps dans leur état actuel; 2°. Les forces qui tendent à effectuer la décomposition & à former une nouvelle union. J'appellerai les premières *affinités quiescentes* & les secondes *affinités divellentes*.

Tab. 1 – *Quantité de bases que 100 grains de chacun des acides minéraux demandent pour leur saturation* [19, p. 326].

	Potasse	Soude	Calce	Alk. Vol.	Magnésie	Allumine
Acide vitriolique	215	165	110	90	80	75
Acide nitreux	215	165	96	87	75	65
Acide muriatique	215	158	89	79	71	55

¹ Guyton fa riferimento alla Memoria letta da Kirwan alla Royal Society nel 1782 [17, p. 66].

Toutes les fois que la somme des affinités *divellentes* surpassera celle des affinités *quiescentes*, il y aura décomposition, & il n'y en aura pas au contraire lorsque la somme des secondes surpassera ou égalera celle des premières. [19, p. 327-328] [17, p. 68]

Considerando queste distinzioni «chiare, esatte e comode», Guyton dichiarò l'intenzione di utilizzarle frequentemente nel seguito della sua trattazione. Inoltre, diede alcuni esempi del funzionamento e dell'utilità di queste distinzioni (Fig. 1). Guyton cercò di formalizzare anche visivamente i rapporti di affinità tra le varie sostanze, attraverso l'uso di parentesi graffe con o senza cuspidi, che assumevano significati diversi in base al loro orientamento (Fig. 2). L'uso delle parentesi graffe

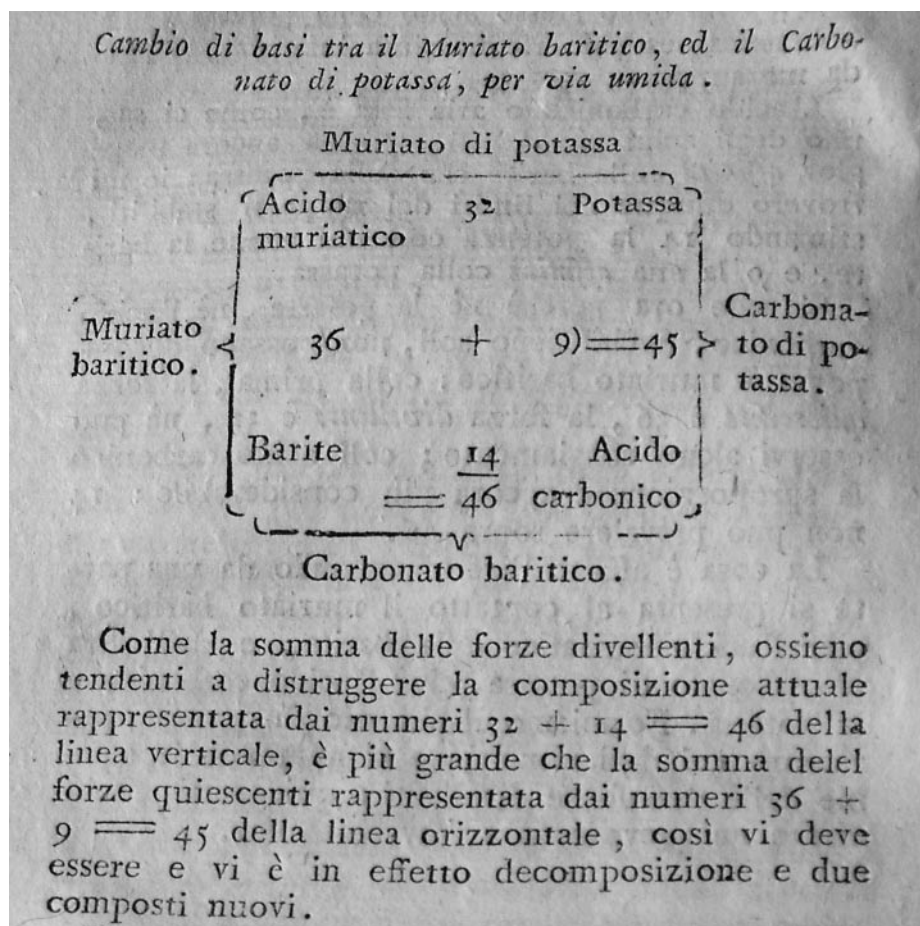


Fig. 1. (L.B. GUYTON DE MORVEAU, «Affinità», in A.L. LAVOISIER, *Trattato elementare di chimica*, Venezia: A. Zatta, 1791, vol. 3, p. 70).

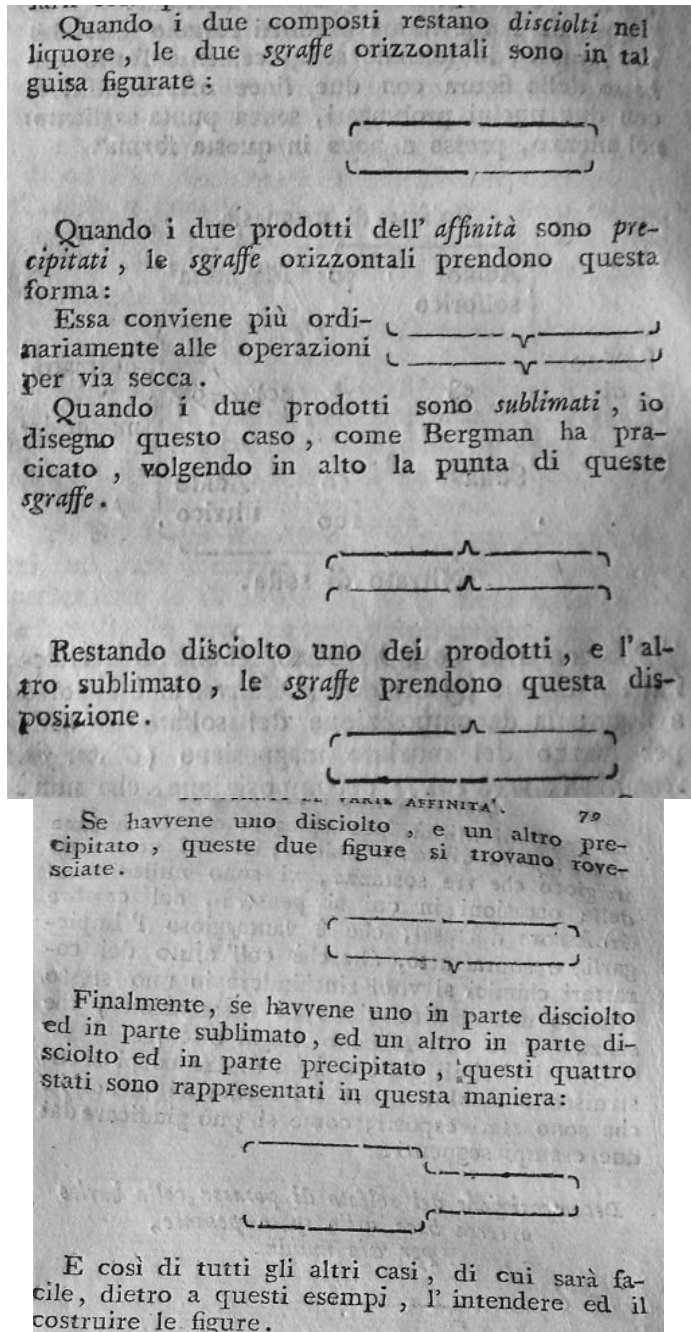


Fig. 2. (L.B. GUYTON DE MORVEAU, «Affinità», in A.L. LAVOISIER, *Trattato elementare di chimica*, Venezia: A. Zatta, 1791, vol. 3, pp. 78-79).

era stato introdotto da Bergman [17, pp. 75-79]. Accanto alle parentesi erano scritti i numeri che esprimevano il valore delle affinità.

I *numeri* che rappresentano i rapporti di affinità, sono [...] la parte più importante di questi simboli, ma egualmente la più difficile. [...] i numeri che ho impiegato negli esempj precedenti, non hanno, di fatto, alcuna base certa; ma poiché quadrano già con un numero assai grande di osservazioni le più familiari, si può farne uso senza inconvenienti, finché siasi riconosciuta la necessità di cangiarli per accordarli con altri risultati. [17, p. 82]

Questi numeri, proseguiva Guyton, erano differenti da quelli proposti da Kirwan e da Fourcroy, perché il primo li aveva basati sulle quantità necessarie alla saturazione, mentre il secondo aveva impiegato numeri troppo piccoli. Guyton era consapevole del fatto che «in natura questi rapporti sono molto lontani dal seguire questa progressione uniforme [17, p. 83]»; tuttavia riassunse in una tavola i valori numerici delle affinità dei 5 acidi più comuni con le 7 basi più note², «avvertendo di nuovo, che non sono se non indizj, che non hanno ancora una ferma base, e che mi riservo di cangiare io stesso e di rettificare, quando ne troverò l'occasione». [17, p. 86] (Tab. 2)

Inoltre, Guyton elencò anche 6 leggi delle affinità. Per la codificazione di queste leggi, egli si ispirò alle *Leçons de chimie* di Fourcroy del 1782 [10], che furono poi rielaborate con il titolo di *Éléments d'histoire naturelle et de chimie* (1786) [11]. Qui le leggi erano 8, mentre nell'opera successiva di Fourcroy, il *Système des connaissances chimiques*, le leggi diventeranno 10. Dalla tavola sinottica (Tab. 3) si evince chiaramente che le leggi più generali sono comuni a entrambi gli autori,

Tab. 2 – *Tavola dell'espressioni numeriche delle affinità di cinque acidi e di sette basi, secondo i rapporti costanti indicati dalle più familiari osservazioni* [17, p. 87]

	Acido Solforico	Acido Nitrico	Acido Muriatico	Acido Acetosio	Acido Carbonico
Barite	66	62	36	28	14
Potassa	62	58	32	26	9
Soda	58	50	31	25	8
Calce	54	44	24	19	12
Ammoniaca	46	38	21	20	4
Magnesia	50	40	22	17	6
Allumina	40	36	18	15	2

² Tra le basi note manca la silice, perché si combinava solo con l'acido fluorico. [12, vol. 3, p. 7].

Tab. 3 – *Tavola sinottica delle leggi dell'affinità.*

FOURCROY ELÉMENTS	MORVEAU	FOURCROY SYSTÈME
L'attraction de composition n'a lieu qu'entre des corps de nature différente	Non havvi unione chimica, se uno dei corpi non è abbastanza fluido, onde le sue molecole obbediscano all'affinità, che le porta dalla prossimità al contatto.	L'attraction de composition n'a lieu qu'entre des corps de nature différente, ou entre les molécules dissimilaires
L'attraction de composition n'a lieu qu'entre les dernières molécules des corps	L'affinità non ha luogo se non se tra le più piccole molecole integranti dei corpi	L'attraction de composition n'a lieu qu'entre les dernières molécules des corps
L'attraction de composition peut avoir lieu entre plusieurs corps	Non si deve conchiudere dall'affinità d'una sostanza con un'altra, l'affinità del composto di queste sostanze con l'una o l'altra per eccesso.	L'attraction de composition peut avoir lieu entre plusieurs corps
Pour que l'attraction de composition ait lieu entre deux corps, il faut que l'un des deux au moins soit fluide	L'affinità di composizione non è efficace se non se in quanto essa prevale sull'affinità di aggregazione.	Pour que l'attraction de composition ait lieu entre deux corps, il faut que l'un des deux au moins soit fluide
Lorsque deux ou plusieurs corps s'unissent par l'attraction de composition, leur temperature change dans l'instant de leur union	Due o più corpi, che si uniscono per affinità di composizione, formano un essere, che ha delle proprietà nuove e distinte da quelle, che appartengono a ciascuno di questi corpi avanti la combinazione.	Quand plusieurs corps s'unissent ou se combinent, leur temperature change au moment même où l'attraction de composition agit entre eux
Deux ou plusieurs corps, qui se sont unis par attraction de composition, forment un être, dont les propriétés sont nouvelles, et très-différentes de celles qu'avoit chacun de ces corps avant de s'unir	Havvi per le affinità una condizione di temperatura, che ne rende l'azione o lenta, o rapida, o nulla, o efficace.	Les composés formés par l'attraction chimique ont des propriétés nouvelles et différentes de celles de leurs composans
L'attraction de composition se mesure par la difficulté qu'on éprouve à détruire la combinaison formée entre deux ou plusieurs corps		L'attraction de composition se mesure par la force qu'il faut employer pour séparer les composans
Tous les corps n'ont pas entre eux la même force d'attraction chimique, et l'on peut, à l'aide de l'observation, déterminer le degré de cette force existante entre les différens corps de la nature		Les corps ont entre eux différens degrés d'attraction, et on les reconnoit par l'observation
		L'attraction de composition est en raison inverse de la saturation des corps les uns par les autres

		Entre deux composés qui ne se décomposent pas réciproquement par attraction élective double, la décomposition peut avoir lieu, si l'attraction de deux des principes pour un troisième l'emporte sur celle qui unit celui-ci à un des deux premiers, quoiqu'au moment même de l'action l'union entre ces deux premiers n'existe pas encore.
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

anche se l'ordine con cui vengono elencate è diverso. In particolare, la quinta legge di Guyton (sesta di Fourcroy) negava l'antica massima alla quale credeva perfino Macquer, che le proprietà dei nuovi corpi fossero medie tra quelle dei componenti originari [17, p. 131].

Antoine François Fourcroy e Gianbattista Venturi

Il *Système des connaissances chimiques* di Fourcroy (1755-1809) rappresenta il tentativo più completo verso il raggiungimento di una esaustiva e coerente descrizione del dominio della chimica dell'epoca almeno a livello dei fondamenti teorici. Come dice il titolo dell'opera, la chimica viene eretta a sistema, e le sue conoscenze sono ordinate secondo una logica rigorosa e classificate in base a ordini, generi, specie, dichiaratamente come in un trattato di botanica dell'epoca. In questa sistematizzazione, Fourcroy inserì anche la classificazione delle affinità. Ma già dalle sue opere precedenti egli si occupò dell'argomento. Qui considererò il *Système* e gli *Elémens*, poiché gli appunti manoscritti delle sue lezioni si collocano cronologicamente tra le due date di pubblicazione di queste opere [28] [26]. La trattazione delle affinità chimiche costituisce il terzo capitolo del primo volume degli *Elémens*, nel quale Fourcroy definisce le affinità e fa riferimento sia a Bergman che a Newton.

On ne peut faire un pas dans l'étude de la physique, sans observer les effets de cette force admirable, établie entre tous les corps naturels, par laquelle ils s'attirent réciproquement [...]. C'est de cette grande loi que dépendent les phénomènes de l'univers [...]. La plupart des chimistes l'ont désignée sous le nom d'*affinité* ou de *rapport*, parce qu'ils ont cru qu'elle dépendoit d'une analogie ou conformité des principes dans les corps entre lesquels elle existe. Bergman l'a appelée *attraction chimique*, & quoique ces phénomènes paroissent différens de ceux de l'attraction planétaire, découverte par Newton, comme elle est due à la même force, nous adopterons cette dénomination. [11, vol. 1, pp. 45-46]

Anche Fourcroy, come Guyton, distinse tra affinità di aggregazione e di affinità composizione; espose le leggi dell'affinità e passò in rassegna alcune delle opinioni dei maggiori chimici, tra cui Guyton stesso, sulla questione:

La plupart des chimistes modernes qui ont cherché la cause de l'attraction de composition ont trouvé une analogie remarquable entre cette force & l'attraction Newtonienne. Persuadés que la nature est simple & uniforme, ils ont pensé que la propriété de s'unir réciproquement dépendoit de celle de s'attirer qui existe entre tous les corps. [...] C'est en suivant cette opinion, & en la modifiant d'une manière particulière, que quelques personnes ont cru que l'attraction chimique étoit en raison de la pesanteur [...] Enfin, quelques chimistes se sont persuadés qu'il y avoit un si grand rapport entre l'attraction des grands corps & l'attraction chimique, qu'ils ont imaginé qu'il seroit possible de mesurer & de calculer cette dernière, d'après l'adhérence qui existe entre les corps. [11, vol. 1, pp. 90-92]

Tuttavia, secondo Fourcroy, esistevano notevoli differenze tra attrazione newtoniana e attrazione chimica:

[...] la première n'a lieu que entre des masses énormes, & elle est en raison directe de ces masses; la seconde ne s'exerce que entre de très-petit corps, & elle est absolument nulle entre ceux dont le volume est considérable. L'attraction existe à de très-grandes distances; l'attraction chimique ne s'exerce point entre des corps éloignés, & elle n'a véritablement lieu que lorsque les molécules se touchent. [11, vol. 1, p. 93]

Nel *Système*, Fourcroy espone una definizione di affinità di aggregazione e composizione più dettagliata rispetto agli *Elémens*.

L'attraction de composition qu'on appelloit autrefois affinité chimique [...] diffère de l'attraction d'agrégation en ce que celle-ci n'a jamais lieu qu'entre des molécules similaires, et ne donne naissance qu'à des masses cohérentes plus volumineuses ou plus denses, mais de la même nature que celles qu'elle réunit ou rapproche, tandis que l'attraction de composition n'existe qu'entre des molécules dissimilaires dont l'union ou le rapprochement forme des composés chimiques, telle est la source de sa dénomination. [12, vol. 1, p. 67]

In particolare, il commento alla decima legge delle affinità, introdotta da Fourcroy nel *Système*, si rivela importante perché introduce una nuova distinzione nella classificazione delle affinità: l'affinità predisponente.

Il s'agit ici d'une attraction qui existe entre un composé binaire qui n'est point encore formé, et un autre corps qui est uni à un quatrième; en telle sorte que cette attraction, que j'appelle prédisposante, est la seule cause qui opère la formation de ce composé et la décomposition d'un autre composé qui n'aurait point eu lieu sans la formation du premier. C'est quelque chose de plus et réellement quelque chose de différent que le cas des attractions électives doubles. [12, vol. 1, pp. 81-82]

Negli appunti manoscritti³ redatti da G.B. Venturi (1746-1822), non è presente una lezione specifica sulle affinità, ma ritroviamo questa affinità predisponente come criterio esplicativo di un esperimento volto a decomporre l'acido fosforico per mezzo del carbone (Fig. 3).

³ Rispetto a [26], la numerazione delle carte del manoscritto è cambiata (Tab. 4).

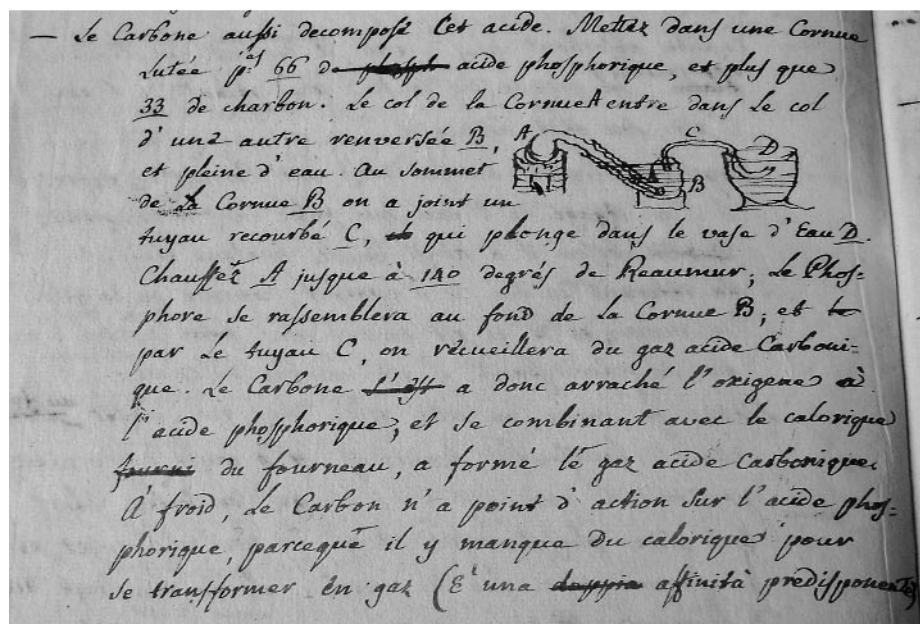


Fig. 3. (Biblioteca Municipale «A. Panizzi» di Reggio Emilia, Mss. Regg. A 81/8: G.B. VENTURI, *Fourcroy Chimie*, c. 17v.).

Le carbone aussi décompose cet acide. Mettez dans une cornue lutée p.es 66 d'acide phosphorique, et plus que 33 de charbon. Le col de la cornue A entre dans le col d'une autre renversée B, et pleine d'eau. Au sommet de la Cornue B on a joint un tuyau recourbé C, qui plonge dans le vase d'eau D. Chauffer A jusque à 140 degrés de Réaumur; le Phosphore se rassemblera au fond de la cornue B; et par le tuyau C, on recueillera du gaz acide carbonique. Le carbone a donc arraché l'oxigène à l'acide phosphorique, et se combinant avec le calorique du fourneau, a formé le gaz acide carbonique. A froid, le carbon n'a point d'action sur l'acide phosphorique, parcequ'il y manque du calorique pour se transformer en gaz. (È una doppia affinità predisponente). [28, c. 17v]

Per quanto riguarda invece la classificazione dei sali, negli *Elémens* i criteri sono ancora quelli qualitativi della tradizione. I sali infatti sono riconoscibili grazie a quattro proprietà fondamentali:

1. una grande tendenza alla combinazione, ossia «une affinité de composition très forte»;
2. un sapore più o meno vivo;
3. una dissolubilità più o meno marcata;
4. una incombustibilità perfetta. [11, vol. 1, p. 384]

La divisione metodica dei sali in ordini, generi e «sorte» segue un criterio compositivo, dal semplice al complesso: il primo ordine comprende così i sali

semplici o primitivi; e i sali secondari, composti o neutri, che si formano appunto dalla combinazione dei sali primitivi. [11, vol. 1, p. 401]

Nel manoscritto, invece, la definizione di sale e i criteri di classificazione cambiano.

Classe des Sels

On appellait autrefois sels les substances qui avec (sic) une certaine saveur acre, et qui étoient dissolubles dans l'eau.

À présent (sic) il faut dire sel la combinaison d'un acide avec une base.

Nous diviserons les sels selon l'ordre des affinités qu'ils ont à leur bases. Nous ferons cela dans l'ordre des genres; comme aussi dans l'ordre des espèces de chaque genre. Ainsi l'ordre de la science sera l'ordre des affinités. [28, c. 27r]

Le stesse considerazioni si ritrovano molto più dettagliate nel *Système*:

[...] j'ai formé onze genres de sels d'après les onze acides, parce que les sels, comparés par les acides qui entrent dans leur composition, se ressemblent et se rapprochent plus que par leurs bases. J'ai placé ces genres dans un ordre respectif fondé sur la force d'attraction des acides en général pour les bases⁴.

[...] Dans chaque genre, j'ai disposé les espèces qu'il renferme d'après l'ordre d'attraction des bases pour les acides, de manière que la première espèce est la plus indécomposable ou la plus adhérente dans ses principes; et la dernière, la plus décomposable ou la moins adhérente dans ses composans.

[...] les numéros comparés qui précèdent chacun de ces sels sont en même temps des espèces de valeurs comparatives de la force qui en tient respectivement les composans réunis. [12, vol. 3, pp. 10-11]

Quindi ancora una volta il manoscritto testimonia l'evoluzione del pensiero di Fourcroy durante gli anni che separano le sue due opere qui considerate. L'affinità diventa criterio empirico e allo stesso tempo quantitativo di classificazione: l'ordine con cui le sostanze vengono presentate e illustrate si fonda sull'intensità della forza con cui i loro componenti si attraggono.

Tuttavia, Fourcroy nel *Système* non indicò nessun numero per quantificare le affinità. Dopo aver esposto i metodi di Bergman e Kirwan e la loro notazione tramite parentesi graffe, dichiarò di aver abbandonato il progetto di attribuire valori numerici alle affinità, perché il numero dei sali era aumentato notevolmente, mentre i valori certi a disposizione erano pochi. Infatti, se negli *Elémens* per quanto riguarda il regno minerale si conoscevano 9 generi e 90 specie di sali semplici o composti, nel *Système* il loro numero salì a 11 generi e 134 specie. Insomma, Fourcroy aveva lo stesso problema di Bergman: sarebbero stati necessari troppi esperimenti, e certamente mezzi più precisi di quelli a disposizione, per arrivare ad una quantificazione completa delle affinità chimiche. [12, vol. 4, pp. 126-128]

A questo proposito, tuttavia, nel manoscritto, troviamo una specie di relazione parziale di un esperimento compiuto da Venturi. Viene descritto un esperimento

⁴ Per cui la sequenza è: solfati, nitrati, muriati, fosfati, fosfiti, fluati, muriati surossigenati, solfiti, nitriti, borati, carbonati.

con alcuni pezzi di fosforo fatti reagire con carbonato di calce, o di potassa, o di soda; si forma del fosfato di calce, o di potassa, o di soda. Il carbone resta «a nudo», cioè mescolato e non combinato con il fosfato, e si possono separare le due sostanze. Venturi commenta:

Cette expérience m'a frappé. 1° Parce que nous ne sçavions que de théorie, que les Marbles [*sic*] et les alkalis non caustiques contenoient du carbone; à présent nous l'y voyons à l'oeil; et nous voyons que dans une montagne de marbre il y a un tiers qui est du charbon pur. 2°: parceque nous avons ici un exemple lumineux de ce que le cit. Fourcroy appelle affinité prédisposante, qui renverse souvent en chymie l'ordre des affinités simples ordinaires. [28, c. 47r]

Ritorna dunque il concetto di affinità predisponente già stato citato in precedenza. Venturi prosegue poi azzardando una spiegazione teorica:

Voici comme j'imagine que cela se passe. Bien que la chaux n'aye d'attraction avec le carbone et l'oxigène séparés, elle en a pourtant lorsqu'ils sont combinés entr'eux; et l'affinité totale dans le composé des attractions partielles de la chaux avec le carbone et avec l'oxigène considérés dans l'état de leur union. Soit donc dans l'état des combinaisons de la chaux avec les acides carbonique et phosphorique. [28, c. 47r]

Seguono numeri poco chiari perché cancellati e sovrascritti, che esprimono l'affinità della calce, del carbone e del fosforo per l'ossigeno e il fosforo, da 1 (la calce verso l'ossigeno) a 6 (il fosforo verso l'ossigeno). Continua Venturi:

Dans ces suppositions tous les loix [*sic*] des affinités simples sont observées. Mais en appliquant ces mêmes suppositions à l'Expérience précédente, on trouvera que le carbone n'est attiré que d'une force = 7 + 1 pour faire du carbonate de chaux; maintenant que le phosphore est attiré d'une force = 6 + 4 pour faire du phosphate de chaux. Donc le charbon doit être chassé du composé pour donner lieu au phosphate.

Je crois que langage de la chymie doit être reformé dans toute cette partie des affinités, ou attractions. J'appellerois

1. Attraction de simple affinité unifiante. Comme celle de l'oxigène avec le calorique.
2. Attraction de simple affinité exclusive. Comme le soufre s'unifiant au gaz oxigène en chasse le calorique.
3. Attraction de double affinité conspirante [?]. Comme le sulfate de chaux
4. Attraction de double affinité exclusive. Comme le sulfure de chaux qui décompose l'eau, pour s'en approprier l'oxigène, et chasser l'hydrogène.
5. Attraction de double affinité divergente. Comme [28, c. 48r]

Purtroppo il manoscritto qui si interrompe. Rimando all'appendice per il testo integrale.

Conclusione

Il tentativo di Venturi, seppure rimasto senza esito, è in linea con la *contagion* nomenclativa e classificatoria della fine del Settecento, che partendo dalla botanica aveva investito la nomenclatura chimica, la cristallografia, l'anatomia e perfino gli

odori [7]. Nominare e classificare significa comprendere, e anche Venturi utilizzò questi mezzi per capire meglio i misteri della materia. Infatti, la rinuncia di stampo newtoniano alla spiegazione del *perché*, cioè della natura delle affinità, comportava allo stesso tempo una descrizione il più possibile esauriente del *come*, cioè della casistica e dei vari tipi di affinità.

Mettere ordine nei fatti chimici alla fine del Settecento era diventata un'esigenza primaria, alla luce delle nuove scoperte. Questa esigenza, combinata con l'ideale enciclopedico proprio dell'Illuminismo, fece sì che fosse pubblicato un numero cospicuo di tavole delle affinità chimiche [18, pp. 223-226] [17, pp. 7-12], e che anche i vari tipi di affinità fossero minuziosamente classificati. Assieme a Tobern Bergman, Guyton, Kirwan e Fourcroy rappresentano il punto più alto di questo tentativo classificatorio; e anche Venturi, in quanto allievo di Fourcroy cercò, nel suo piccolo, di dare il proprio contributo. In particolare, Guyton e Kirwan tentarono anche di quantificare, oltre che di classificare le affinità, attribuendo loro un valore numerico. L'impresa si rivelò senza speranza, sia per l'arbitrarietà dei numeri scelti, sia per la mole eccessiva di esperimenti da condurre. Infatti, i chimici settecenteschi si accorsero ben presto che il valore delle affinità cambiava a seconda delle condizioni di temperatura e pressione, ma anche a seconda della presenza o meno di sostanze chimiche altre rispetto a quelle in esame. Non è un caso che Fourcroy non abbia pubblicato i numeri nelle sue opere (anche se dal manoscritto si evince che essi venivano usati nella didattica, alla maniera di Guyton): in un sistema non c'è posto per l'imprecisione.

All'inizio del XIX secolo, Claude Louis Berthollet (1748-1822) cercò, nella sua *Statica chimica*, di ricondurre lo studio delle affinità ad un ambito puramente fisico [5] [3, vol. 1, p. 2]. Tuttavia, le sue ricerche partivano da presupposti che ne minavano alla base le possibilità di successo, poiché Berthollet riteneva che «[...] les effets de l'attraction chimique ou de l'affinité, sont [...] tellement altérés par les conditions particulières et souvent indéterminées, qu'on ne peut les déduire d'un principe général; mais qu'il faut les constater successivement» [3, vol. 1, p. 1]; quindi la ricerca delle affinità restava qualcosa di relativo e *a posteriori*.

Gli storici della chimica si sono occupati soprattutto della chimica pneumatica e degli studi sul calore, nell'ambito delle loro ricerche sulla rivoluzione chimica; ma, secondo Kim, è proprio lo studio delle affinità, generalmente lasciato in secondo piano, che consente di stabilire una linea di continuità tra la chimica del Settecento e quella dell'Ottocento [18, pp. 433-438]:

In order to elucidate the relationship between the Chemical Revolution and the chemical atomism, then, we must trace the revolutionaries' articulation of the affinity program rather than their antiphlogistic path. [18, p. 436]

Il carattere elettivo delle affinità rappresentò il rompicapo principale di tutti i chimici Settecenteschi, Lavoisier incluso. Ad esempio, secondo Duncan, la seconda parte del primo volume del *Traité* non è altro che «an extended affinity table with a commentary» [9, p. 41].

A mio avviso, se adottiamo il punto di vista di Duncan, allora non ci sarebbe nessuna differenza tra il *Traité* e il *Système*. Invece la differenza è evidente: nel *Traité* l'unica affinità esplicitamente descritta è quella per l'ossigeno, mentre il criterio esplicativo dell'ordine con cui sono presentate le tavole dei sali è derivato dalla tavola delle sostanze semplici [21, vol. 1, pp. 190-191]; nel *Système*, invece, il criterio è dichiaratamente quello delle affinità in generale. I due criteri tuttavia non sono incompatibili, poiché entrambi rappresentano i primi tentativi di mettere ordine nella materia e nelle sue proprietà; tentativi che solo verso la fine del secolo successivo, con Dmitrij Ivanovich Mendeleev (1834-1907) troveranno piena soluzione. [4] [25]

Tab. 4 – *Tavola sinottica delle numerazioni delle carte del Mss. Regg. A 81/8.*

ARGOMENTO	NUMERAZIONE ATTUALE	NUMERAZIONE PRECEDENTE
Nove lezioni sui gas	cc. 2-15	cc. 31-44
Corpi combustibili	c. 16	c. 30
Lezioni sui corpi bruciati acidi	cc. 17-23	cc. 6-12
Basi salificabili	cc. 24-25	cc. 15-16
Alcali	c. 26	c. 13
Sali in generale	c. 27	c. 14
Nitrati e muriati	cc. 28-29	cc. 2-3
Metalli	cc. 30-31	c. 4 e c. 46
Vegetali * e fermentazione	cc. 33-37 e cc. 39-41	cc. 23-29 e c. 47
Animali e putrefazione	cc. 42-45	cc. 19-22
Elettricità, calore, simboli chimici	c. 46	c. 45
Relazione di Venturi	cc. 47-48	cc. 17-18

* Durante la fase di nuova numerazione si è scoperta un'ulteriore carta non conteggiata nella numerazione precedente.

APPENDICE

Biblioteca Municipale «A. Panizzi» di Reggio Emilia
Mss. Regg. A 81/8, G.B. VENTURI, *Fourcroy Chimie*, cc. 47-48

c. 47r

Il recto del foglio è diviso a metà, scritto sul lato destro dopo tre righe scritte a tutta pagina, con alcune cancellature, senza titolo, numerato come 1r (cioè Primo). Il verso è diviso a metà, scritto sul lato sinistro poi cancellato e riscritto sul destro; vi si continua il discorso del recto.

On prend un tuyau de verre long sept à huit pouces; large 4 à 6 lignes, fermé à la lampe dans un bout, ouvert à l'autre extrémité. On commence pour y mettre au fond quelque pièces de phosphore. On y mette (sic) par dessus du carbonate de chaux, ou de potasse ou de soude. On met le feu au tour d'une grille cylindrique perpendiculaire, dans la quelle on peut introduire par en haut le tuyau de verre, et le tirer par en bas. On y fait échauffer bien la partie du tuyau, qui contient le carbonate et cependant le fond du tuyau avec le phosphore (sic) reste hors du feu au bas de la grille. Lorsque le carbonate est échauffé presque au rouge, on retire le tuyau en haut, de manière que le phosphore vienne au milieu du feu et se sublime en vapeur. Ce vapeur passant à travers du carbonate échauffé (sic) y décompose l'acide carbonique; il s'empare de l'oxigène, et se change en acide phosphorique, qui s'unissant à la basse du carbonate forme un phosphate de chaux, de potasse ou de soude. Le charbon reste à nud mêlé et non combiné avec le phosphate, et on peut le séparer.

Cette expérience m'a frappé. 1° Parce

c. 47v

que nous ne sçavions que de théorie, que les Marbles (sic) et les alkali (sic) non caustiques contenoient du carbone; à présent nous l'y voyons à l'oeil; et nous voyons que dans une montagne de marbre il y a un tiers qui est du charbon pur. 2°: parceque nous avons ici un exemple lumineux de ce que le cit. Fourcroy appelle affinité prédisposante, qui renverse souvent en chymie l'ordre des affinités simples ordinaires.

Voici comme j' imagine que cela se passe. Bien que la chaux n'aye d'attraction avec le carbone et l'oxigène séparés, elle en a pourtant lorsqu'il (sic) sont combinés entr'eux; et l'affinité totale dans le composé des attractions partielles de la chaux avec le carbone et avec l'oxigène considérés dans l'état de leur union. Soit donc dans l'état des combinaisons de la chaux (sic) avec les acides carbonique et phosphorique

Da qui riprende la scrittura sulla sinistra; ci sono molte parole cancellate; tra le non cancellate si legge:

... phosphore, qui de soi même ne suffit pas pour arracher l'oxigène au carbone, ici réussit à l'enlever à l'aide de la forte affinité qui est entre l'acide phosphorique et la chaux.

Cancellato (dopo il brano precedente):

Le Cit. Foureroy appelle cela une affinité prédisposante. La chaux ayant une affinité attraction infiniment plus forte avec la combinaison de phosphore et oxygène, qui elle n'on[...si interrompe] Voilà comme j'imagine que cela se passe. Supposons que l'affinité de la chaux avec l'acide carbonique est composée de deux forces; (a) de son affinité de la chaux avec le carbone, (b) et de celle de la chaux avec l'oxygène. De même l'affinité de la chaux avec l'acide phosphorique résulte (a) de son affinité de la ch. Avec le phosphore, et (2° avec l'oxygène. Soit

L'affinité de la chaux avec l'oxygène = 1 (*era un 2?*)

[L'affinité de la chaux] avec le carbone = 2

~~Somme l'affinité de la chaux avec l'acide carbonique = 4 (*era un 2*)~~

~~De même dans l'état d'union du phosphore avec l'oxygène soit~~

~~L'affinité de la chaux avec le phosphore = 4~~

~~[L'affinité de la chaux] avec l'oxygène = 2 (*o 1?*)~~

Somme portant l'affinité de la chaux avec l'acide phosphorique = 5

Tutti i numeri sono corretti sovrascrivendoli. Non sono molto chiari; questo vale anche per quelli per cui non ho indicato niente

~~Soit~~ L'affinité du carbone avec l'oxygène = 3

L'affinité du phosphore avec l'oxygène = 6

c. 48r

Dans ces suppositions tous les loix des affinités simples sont observées. Mais en appliquant ces mêmes suppositions à l'Expérience précédente, on trouvera que le carbone n'est attiré que d'une force = 7 + 1 pour faire du carbonate de chaux; maintenant que le phosphore est attiré d'une force = 6 + 4 pour faire du phosphate de chaux. Donc le charbon doit être chassé du composé pour donner lieu au phosphate. Je crois que langage de la chymie doit être reformé dans toute cette partie des affinités, ou attractions. J'appellerois

1. attraction de simple affinité unifiante. Comme celle de l'oxygène avec le calorique.
 2. Attraction de simple affinité exclusive. Comme le soufre s'unifiant au gaz oxygène en chasse le calorique.
 3. Attraction de double affinité conspirante (?). Comme le sulfate de chaux
 4. Attraction de double affinité exclusive. Comme le sulfure de chaux qui décompose l'eau, pour s'en approprier l'oxygène, et chasser l'hydrogène.
- Attraction de double affinité divergente. Comme

Qui si interrompe

c. 48v

vuota

BIBLIOGRAFIA

- [1] Abbri, F., 1983. Newtonianesimo e scienza chimica nella Francia del Settecento: affinità e attrazione. In: *Il Newtonianesimo nel Settecento*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, 105-118.
- [2] Bergman, T.O., 1783. *Disquisitio de attractionibus electivis*.
- [3] Berthollet, C.L., 1803. *Essai de Statique Chimique*, Didot, Paris, 2 vols.
- [4] Bertomeu Sanchez, J.R., A. Garcia Belmar, B. Bensaude Vincent, 2002. Looking for an order of things: Textbooks and chemical classifications in Nineteenth Century France. *Ambix*, 49/3, 227-250.
- [5] Ciardi, M., 1993. La chimica? Una teoria particolare. Berthollet e la rivoluzione lavoisieriana. In: *Atti del V Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* (G. Marino, ed.), Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Roma, 91-99.
- [6] Clericuzio, A., 2000. *Elements, principles and corpuscles. A study of atomism and chemistry in the Seventeenth century*. Kluwer, Dordrecht-Boston-London, 223 p.
- [7] Da Rio, N., 1804. Memoria intorno la denominazione e la classificazione degli odori. *Memorie di matematica e fisica della Società Italiana*, 11, 564-578.
- [8] Di Meo, A., 1983. Affinità e attrazione. Aspetti del newtonianesimo nella chimica del Settecento. In: *Il Newtonianesimo nel Settecento*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, 119-132.
- [9] Duncan, A.M., 1970. The functions of affinity tables and Lavoisier's list of elements. *Ambix*, 17/1, 28-42.
- [10] Fourcroy, A.F., 1782. *Leçons élémentaires d'histoire naturelle et de chimie*. Rue et Hôtel Serpente, Paris, 2 vols.
- [11] Fourcroy, A.F., 1793. *Éléments d'histoire naturelle et de chimie*, Cinquième édition. Cuchet, Paris, 5 vols.
- [12] Fourcroy, A.F., 1801. *Système des connaissances chimiques, et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art*. Badouin, Paris, 10 vols.
- [13] Frängsmyr, T., J.L. Heilbron, R.E. Rider (eds.), 1990. *The quantifying spirit in the 18th century*, University of California Press, Berkeley-Los Angeles-Oxford, 411 p.
- [14] Frängsmyr, T. (ed.), 2001. *The structure of knowledge: classifications of science and learning since the Renaissance*. Office for History of Science and Technology, University of California, Berkeley, 158 p.
- [15] Geoffroy, E.F., 1718 (1719). Table de différents rapports observés en chimie entre différentes substances. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, 202-212.
- [16] Grison, E., M. Goupil, P. Bret (eds), 1994. *A scientific correspondence during the chemical revolution: Louis-Bernard Guyton de Morveau and Richard Kirwan, 1782-1802*. Office for History of Science and Technology, University of California, Berkeley, 257 p.
- [17] Guyton de Morveau, L.B., 1791. «Affinità». In [21], vol. 3.
- [18] Kim, M.G., 2003. *Affinity, That Elusive Dream: A Genealogy of the Chemical Revolution*. The MIT Press, Cambridge (Mass.), 599 p.
- [19] Kirwan, R., 1785. Suite de la dernière partie des expériences et observations de M. Kirwan. Sur les forces attractives des Acides minéraux. *Journal de Physique*, 27, 321-335.
- [20] Klein, U., 1995. E.F. Geoffroy's table of different 'rapports' observed between different chemical substances – a reinterpretation. *Ambix*, 42/2, 79-100.
- [21] Lavoisier, A.L., 1791. *Trattato elementare di chimica Presentato in un ordine nuovo dietro le scoperte moderne; con Figure. Recato dalla Francese nell'Italiana favella e corredato di annotazioni da Vincenzo Dandolo Veneto*, Antonio Zatta, Venezia, 4 vols.
- [22] Mauskopf, S., 2002. Richard Kirwan's phlogiston theory: its success and fate. *Ambix*, 49/3, 185-205.

- [23] Newton, I., 1704. *Opticks: Or, A treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light. Also Two treatises of the Species and Magnitude of Curvilinear Figures*. Smith & Walford, London, 144, 211 p.
- [24] Piccardi, G., 2004, Uberto Francesco Hoefer e la *Tabula Affinitatum*. *Nuncius*, XIX/2, 545-568.
- [25] Scerri, E.R., 2007. *The periodic table: its story and its significance*. Oxford University Press, New York [etc.], 346 p.
- [26] Seligardi, R., 2006. Giambattista Venturi allievo di Fourcroy. In *Atti del XI Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* (L. Cerruti, F. Turco eds.), Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Roma, 61-77.
- [27] Smeaton, W.A., 1963. Guyton de Morveau and chemical affinity. *Ambix*, 11/2, 55-64.
- [28] Venturi, G.B., 1796-1797. *Fourcroy Chimie*. In Biblioteca Municipale «Antonio Panizzi», Reggio Emilia, Mss. Regg. A 81/8.