

ANGELA BANDINELLI\*

**«Una lingua ben fatta».  
Un nuovo metodo analitico nell'Europa scientifica del Settecento**

**“A well done Language”. A new analytical Approach in the eighteenth-century European Science.**

**Summary** – In his *Logique* (1780), Condillac defined *analysis* (in the sense of the philosophical tradition, in contrast to *synthesis*) as the unique method able to organize ideas in a “langue bien faite” thus reformulating the “art of reasoning or calculation”, which the philosophers seemed to have forgotten.

Within this revolutionary context there emerges the Lavoisierian project of reformulation of chemistry (*Traité élémentaire de chimie*, 1789): the fundamental processes of transformation of matter – combustion, respiration and fermentation – were translated into algebraic symbols according to the mathematics of Euler, Lagrange and Laplace.

The application of linear equations to physics and chemistry allowed the solution of problems of material combinations that had not been comprehensible until then, thus inaugurating a new way of quantifying and describing reactions based on comparable results rather than discussing unquantifiable entities.

The new chemistry was differentiating itself from the previous chemical traditions thanks to a specific laboratory practice in which there was a clear distinction between facts and hypotheses, between the analytical approach and the naturalistic one, between scientific discussions and literary controversies.

**Keywords:** Chemical Revolution, principle of conservation of matter, eighteenth-century journals.

\* Independent scholar. Piazza Umberto I, 41 - Grassina 50015 (Firenze).  
E-mail: angelabandinelli@virgilio.it

Questo saggio è stato discusso nell'ambito di un seminario internazionale di studi sull'«Analisi dall'Antichità all'Epoca moderna» organizzato dall'Università di Milano (Dipartimenti di Filosofia e Matematica, 26-28 Ottobre 2006).

#### 1.4 «*Dal noto all'ignoto»*

Seguendo gli insegnamenti di Bacon e di Locke, la filosofia di Etienne Bonnot de Condillac partiva dalla convinzione che non esistessero idee innate e che tutto fosse motivo di apprendimento causato dai bisogni. Nell'opera *La logique* (Paris, 1780) si sostiene che ogni conoscenza deriva dai sensi i quali distinguono gli oggetti in principali e subordinati: le sensazioni sono idee, immagini, rappresentazioni di oggetti sensibili. «Conoscere» significa «collezionare idee» organizzandole in modo da conformarsi ai rapporti che sono tra le cose.

Esiste quindi una corrispondenza tra il *sistema delle idee* e il *sistema delle cose*, che però non implica un'*identità* dei medesimi:

En effet, nous nous tromperions grossièrement, si nous nous imaginions qu'il y a dans la nature des espèces et des genres, parce qu'il y a des genres et des espèces dans notre manière de concevoir. Les noms généraux ne sont proprement les noms d'aucune chose existante; ils n'expriment que la vue de l'esprit, lorsque nous considérons les choses sous les rapports de ressemblance ou de différence. Il n'y a point d'arbre en général, de pommier en général, de poirier en général; il n'y a que des individus<sup>1</sup>.

Per evitare di cadere nella facile tentazione di confondere l'*artificio delle idee* con la *realità delle cose* occorre, secondo Condillac, ricordare che le definizioni sono semplici denominazioni, idee astratte che hanno valore soltanto nel nostro sistema di conoscenze e che, pertanto, non devono assurgere a principi o base dell'arte di ragionare.

Occorre, inoltre, rivalutare le lezioni della natura: osservare i processi di acquisizione delle conoscenze per successive scomposizioni e ricomposizioni; comprendere che «tutto è distinto in natura»; riconoscere l'analisi come la via più corta, la strada che andando dal noto all'ignoto è all'origine di tutte le lingue, di tutte le scienze e di tutte le arti.

Occorre, infine, tenere ben presente i limiti del pensiero nell'individuazione degli ultimi termini della divisione: occorre cioè guardarsi dalle speculazioni sull'essenza dei corpi<sup>2</sup> e mantenersi, viceversa, nell'ambito del misurabile<sup>3</sup>.

La scienza contemporanea sembrava aver dimenticato gli insegnamenti della natura e, ad eccezione dei matematici Eulero e Lagrange (lodati da Condillac per il

<sup>1</sup> Condillac Etienne Bonnot de, 1780. *La logique, ou les premiers développemens de l'art de penser*. In: *Oeuvres de Condillac: revues, corrigées par l'Auteur, imprimées sur ses manuscrits autographes et augmentées de la Langue des calculs, ouvrage postume*, Paris, de l'Imprimerie Ch. Houel, 1798, XXII, 41.

<sup>2</sup> «Il n'y a donc point de réponse à faire à ceux qui demandent: Quelle est la nature des corps?» Condillac 1780, 45.

<sup>3</sup> «Puisque les qualités absolues des corps sont hors de la portée de nos sens, et que nous n'en pouvons connaître que des qualités relatives, il s'ensuit que tout fait que nous découvrons n'est autre chose qu'un rapport connu». Condillac 1780, 179.

rigore metodologico e per aver perfezionato l'analisi nei loro elementi di algebra)<sup>4</sup>, la maggior parte dei filosofi confondevano l'arte di abusare del linguaggio con l'arte di ragionare. A questo stato di confusione linguistica contribuiva in particolar modo chi, in preda a cattive abitudini, paragonava cose che, in realtà, non avevano alcun rapporto<sup>5</sup>; chi confondeva l'*esattezza* di una lingua con la *generalità* del metodo<sup>6</sup>, vale a dire, chi identificava l'*algebra* con l'*analisi*<sup>7</sup>; chi, infine, emulando malamente la geometria, aveva contratto la mania di procedere per definizioni<sup>8</sup>.

Le scienze versavano in una moltitudine di errori e le lingue erano degenerate in sistemi «difettosi, ambigui, ridicoli, assurdi e frivoli a causa dei vizi di un'imaginatione sregolata»: occorreva dimenticare queste tradizioni disordinate e ricominciare seguendo le regole dell'analisi<sup>9</sup>. In questo senso «une bonne logique feroit dans les esprits une révolution bien lente, et le temps pourroit seul en faire connoître un jour l'utilité»<sup>10</sup>.

Nella seconda parte dell'opera, dedicata all'artificio del ragionamento, Condillac propone un esempio pratico di procedimento «du connu à l'inconnu» inteso come una serie di giudizi racchiusi l'uno nell'altro. Il problema da risolvere è semplice:

*Siano dati dei gettoni nelle due mani, se io ne faccio passare uno dalla mano destra nella sinistra, ne avrò la stessa quantità in entrambe; e se ne faccio passare uno dalla sinistra nella destra, ne avrò il doppio in questa. Vi chiedo qual è il numero dei gettoni in ciascuna delle mani*<sup>11</sup>.

<sup>4</sup> Condillac 1780, 152-153.

<sup>5</sup> «Les uns se représentent les nerfs comme des cordes tendues, capables d'ébranlemens et de vibrations, et ils croient avoir deviné la cause des sensations et de la mémoire. Il est évident que cette supposition est tout-à-fait imaginaire. D'autres disent que le cerveau est une substance molle, dans laquelle les esprits animaux font des traces. Ces traces se conservent; les esprits animaux passent et repassent; [...] C'est en jugeant des nerfs par les cordes d'un instrument qu'on a imaginé la première hypothèse; et l'on a imaginé la seconde en se représentant les impressions qui se font dans le cerveau par des empreintes sur une surface dont toutes les parties sont en repos. Certainement ce n'est pas là raisonner d'après l'observation, ni d'après l'analogie; c'est comparer des choses qui n'ont point de rapport». Condillac 1780, 72-73.

<sup>6</sup> «S'il y a donc des sciences peu exactes, ce n'est pas parce qu'on n'y parle pas algèbre, c'est parce que les langues en sont mal faites, qu'on ne s'en apperçoit pas, ou que, si l'on s'en doute, on les refait plus mal encore». Condillac 1780, 166.

<sup>7</sup> «L'algèbre est en effet une méthode analytique: mais elle n'en est pas moins une langue, si toutes les langues sont elles-mêmes des méthodes analytiques». Condillac 1780, 168.

<sup>8</sup> «Parce que la géometrie est une science qu'on nomme exacte, on a cru que, pour bien traiter toutes les autres sciences, il n'y avoit qu'à contrefaire les géomètres, et la manie de définir à leur manière est devenue la manie de tous les philosophes, ou ceux qui se donnent pour tels». Condillac 1780, 146.

<sup>9</sup> «Quand les choses sont parvenues à ce point, il n'y a qu'un moyen de remettre ordre dans la faculté de penser; c'est d'oublier tout ce que nous avons appris [...] et de refaire, comme dit Bacon, l'entendement humain». Condillac 1780, 106-107.

<sup>10</sup> Condillac 1780, 107.

<sup>11</sup> «Ayant des jetons dans mes deux mains, si j'en fais passer un de la main droite dans la gauche, j'en aurai autant dans l'une que dans l'autre; et si j'en fais passer un de la gauche dans la

A partire dai dati, l'autore sviluppa una serie di ragionamenti voltii ad ottenere l'espressione linguistica più essenziale. In conclusione ottiene un sistema di equazioni nelle quali le quantità sconosciute (il numero dei gettoni nella mano destra e nella mano sinistra) sono mescolate con le quantità note (meno uno, più uno, meno due):

La destra, meno uno, è uguale alla sinistra, più uno;  
La destra, più uno, è uguale a due volte la sinistra, meno due.  
Queste specie di espressioni si chiamano in matematica *equazioni*<sup>12</sup>.

Fintantochè le quantità note sono confuse con quelle sconosciute in ogni membro delle equazioni, non è possibile risolvere il problema. Pertanto, sostituisce le equazioni sopra con le seguenti: *la destra è uguale alla sinistra più due; la destra è uguale a due volte la sinistra meno tre*. A questo punto formula la terza e conclusiva equazione: *la sinistra più due è uguale a due volte la sinistra meno tre*. Ora non c'è che un solo dato sconosciuto, la sinistra, che sarà identificata non appena saranno passati tutti i dati noti dalla stessa parte. Il problema è finalmente risolto: la sinistra vale cinque e la destra (uguale alla sinistra più due) è uguale a sette.

A questo punto Condillac fa notare che, se i ragionamenti precedenti sono tradotti in un modo ancora più essenziale nella lingua dell'algebra nella quale non c'è ricorso alle parole, è possibile comprendere in modo più sensibile come i vari passaggi siano legati gli uni agli altri e così visualizzare la coerenza del ragionamento<sup>13</sup>. Una volta mostrata la straordinaria economia delle espressioni algebriche, l'abate conclude, «Je réponds qu'équations, propositions, jugemens, sont au fond la même chose, et que par conséquent on raisonne de la même manière dans toutes les sciences»<sup>14</sup>.

#### 2.4 Dall'anima al calore

I due grandi Analisti de la Place, e de la Grange avendo insegnata la maniera d'integrar l'equazioni lineari a differenze finite e parziali hanno dato un metodo universale per sciogliere tutti questi problemi, ed in genere tutti quei che dipendono dalle combinazioni. Dato un problema, ne deducono facilmente l'equazione corrispondente, e l'integrazione di essa dà la bramata soluzione, e così risolvono molti problemi finora o affatto impraticabili, o sciolti solamente in qualche caso parti-

droite, j'en aurai le double dans celle-ci. Je vous demande quel est le nombre de jetons que j'ai dans chacune». Condillac 1780, 157.

<sup>12</sup> «La droite, moins un, égale à la gauche, plus un; La droite, plus un, égale à deux gau-ches, moins deux. Ces sortes d'expressions se nomment en mathématiques *équations*». Condillac 1780, 160.

<sup>13</sup> Condillac 1780, 164. Sia  $x$  il valore della destra e  $y$  quello della sinistra. Le prime due equazioni in lettere e numeri risultano espresse così sinteticamente:  $x - 1 = y + 1$ ,  $x + 1 = 2y - 2$ ; il che equivale a scrivere:  $x = y + 2$ ,  $x = 2y - 3$ . Segue che:  $y + 2 = 2y - 3$ ; ovverosia:  $-y = -5$ . In conclusione:  $y = 5$  e, dunque,  $x = y + 2 = 7$ .

<sup>14</sup> Condillac 1780, 173.

colare. Questa scoperta, che è una delle più grandi del nostro secolo, mostra insieme il genio vasto di quei due gran geometri, e fa vedere quanto sia utile l'applicarsi a questo genere di equazioni<sup>15</sup>.

Nel 1780, anno in cui moriva Condillac e veniva pubblicata la sua logica, un giornalista anonimo dell'università di Pisa definiva il metodo di Lagrange e Laplace come «una delle più grandi scoperte del secolo», capace di risolvere problemi di combinazione fino allora impraticabili. In quegli anni, mentre Joseph Louis Lagrange lavorava presso l'Accademia di Berlino, Pierre Simon-Laplace si distingueva come il più brillante matematico dell'Accademia di Parigi dove incontrò Antoine-Laurent Lavoisier e iniziò con questi a sperimentare nella fisica:

*Laplace à Lagrange. Paris, 21 Août 1783.*

Monsieur et très illustre Confrère,

Voici deux exemplaires d'un Mémoire sur la chaleur, d'après quelques expériences que nous avons faites en commun, M. de Lavoisier et moi, sur cette matière (*Mémoire sur la chaleur, Recueil de l'Académie*, p. 355, année 1780). Vous voudrez bien en garder un pour vous, et remettre l'autre à M. Achard. Je serais bien charmé d'avoir votre avis sur ce Mémoire, si vos occupations vous laissent assez de loisir pour le parcourir. Je ne sais en vérité comment je me suis laissé entraîner à travailler sur la Physique, et vous trouverez peut-être que j'aurais beaucoup mieux fait de m'en abstenir; mais je n'ai pu me refuser aux instances de mon Confrère M. de Lavoisier, qui met dans ce travail commun toute la complaisance et toute la sagacité que je puis désirer. D'ailleurs, comme il est fort riche, il n'épargne rien pour donner aux expériences la précision qui est indispensable dans des recherches aussi délicates<sup>16</sup>.

La collaborazione fu fortemente voluta da Lavoisier, che evidentemente necessitava di un esperto matematico per poter testizzare le proprie ipotesi<sup>17</sup>.

Il progetto lavoisieriano di ridefinizione della fisico-chimica (processi di combustione e respirazione animale- memorie dell'Accademia di Parigi per il 1777) comportava che il calore, forza controbilanciante le affinità o attrazioni newtoniane, fosse misurabile in accordo con la tradizione di studi scozzesi inaugurata da Joseph Black a Glasgow a partire dagli anni Sessanta.

All'interno di questa prospettiva scozzese si era notato che il calore transitorio tra corpi in contatto e di diversa temperatura tende all'equilibrio. Sulla base di

<sup>15</sup> Paoli, *Opuscula Analytica*, Liburni (1780). *Giornale de' Letterati*, Pisa, 102 voll., 38, 1780, 254-275:258. Vedi Angela Bandinelli. Fisico-chimica e fisiologia nel *Giornale de' letterati* di Pisa (1771-1796). Riflessi di un dibattito scientifico nell'Europa di fine Settecento. In: *Atti del Convegno «Giornali del Settecento fra Granducato e Legazioni»*, 17-19 Maggio 2006, Firenze, in corso di stampa.

<sup>16</sup> Joseph Louis Lagrange. Correspondance de Lagrange avec Condorcet, Laplace, Euler et divers savants. In: *Œuvres de Lagrange, publiées par les soins de M. J.A. Serret et de M. Gaston Darboux*, Paris, Gauthier-Villars imprimeur libraire, 1867-1892, voll. 14, XIV, 123-124.

<sup>17</sup> Henry Guerlac, 1976. Chemistry as a Branch of Physics: Laplace's Collaboration with Lavoisier. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 7, 193-276.

questa evidenza conservativa la scuola in questione mirava a quantificare indirettamente i calori specifici dei corpi (o calori assoluti) a partire dal calcolo della velocità e del tempo impiegati dal calore transitante (metodo delle mescolanze)<sup>18</sup>. In altri termini, Black e i suoi allievi avevano focalizzato giustamente l'attenzione sul fatto che il calore si muove nel rispetto del principio di conservazione e da qui avevano tentato di scoprire le relative quantità ragionando secondo la logica di somma/sottrazione di materia da un corpo all'altro.

Nella memoria sul calore di Lavoisier/Laplace, invece, il problema fu risolto seguendo una logica diversa o proporzionale: se due corpi di diversa temperatura sono posti in contatto e scambiano calore per raggiungere l'equilibrio termico significa che la quantità persa da una parte egualia la quantità acquisita dall'altra. Questo ragionamento permise di tradurre il problema delle mescolanze in un'equazione<sup>19</sup> il cui risultato forniva un'informazione precisa del rapporto tra le quantità di calore dei corpi (e non un'informazione sulle quantità assolute di calore possedute dai corpi):

Nous entendrons dans la suite, par *capacités de chaleur ou chaleurs spécifiques*, ces rapports des quantités de chaleur nécessaires pour éléver d'un même nombre de degrés leur température, à égalité de masse<sup>20</sup>.

Il problema relativo alla quantificazione del calore implicato nelle reazioni chimiche, organiche ed inorganiche, fu così originalmente impostato dal punto di vista analitico-matematico. A questa prima fase i due autori fecero poi seguire l'aspetto più propriamente laboratoriale presentando un nuovo calorimetro a ghiaccio fondente capace di verificare i calcoli ottenuti per via teorica. I due ambiti (logico/algebrico e tecnologico/sperimentale) risultano intimamente intrecciati nella prima sezione della memoria intitolata *Exposition d'un nouveau moyen pour mesurer la chaleur* e definente un nuovo metodo di analisi fisico-chimica: l'apparato sperimentale, infatti, è immaginato e realizzato con il preciso scopo di misurare ciò che si conserva negli scambi di calore fra corpi (produzione/assorbimento di calore in un sistema di corpi):

<sup>18</sup> Joseph Black, 1803. *Lectures on the Elements of Chemistry: delivered in the University of Edinburgh by the late Joseph Black; now published from his manuscripts*, by John Robison, 2 voll., Edinburgh: London, Mundell.

<sup>19</sup> «Mais, puisque l'on suppose qu'après le mélange la quantité de chaleur est la même qu'auparavant, il faut égaler la chaleur perdue par le corps  $m$  à la chaleur acquise par le corps  $m'$ ; d'où l'on tire  $mq \cdot (a-b) = m' q' \cdot (b-a')$ » Lavoisier, Laplace, 1783. Mémoire sur la chaleur. In: *Oeuvres de Lavoisier publiées par les soins de S.E. le ministre de l'Instruction publique et des cultes*, 6 voll., Paris, Imprimerie Impériale et Nationale, 1862-1893, vol. II, 283-333:290. Nell'equazione data  $q$  e  $q'$  denotano rispettivamente i valori del calore specifico del corpo  $m$  (il corpo più caldo) e del corpo  $m'$  (quello più freddo),  $b$  è la temperatura finale e  $a$  e  $a'$  le temperature originali.

<sup>20</sup> Lavoisier, Laplace, 1783. 289.

On voit, par le détail dans lequel nous venons d'entrer, que la méthode précédente s'étend à tous les phénomènes dans lesquels il y a développement ou absorption de chaleur<sup>21</sup>.

La détermination de la chaleur que développent la combustion et la respiration n'offre pas plus de difficulté; on brûlera les corps combustibles dans l'intérieur de la sphère; on y laissera respirer les animaux<sup>22</sup>.

Incrociando i dati ottenuti per via teorica (rapporti tra calori specifici) con le quantità ricavate per via sperimentale (quantità di acqua derivata dal ghiaccio fuso e pesi delle arie in gioco) i due scienziati verificarono l'ipotesi che la combustione e la respirazione erano processi di scomposizione dell'aria respirabile come sostenuto originalmente da Lavoisier (*Memorie dell'Accademia per l'anno 1777*)<sup>23</sup>, e non atti infiammatori causati da entità inafferrabili (flogisto e/o principio vitale) come creduto dai chimici e naturalisti dell'epoca:

Ainsi l'on peut regarder la chaleur qui se dégage, dans le changement de l'air pur en air fixe, par la respiration, comme la cause principale de la conservation de la chaleur animale, et, si d'autres concourent à l'entretenir, leur effet est peu considérable<sup>24</sup>.

### 3.4 Trasformazione vs Creazione/Distruzione

La nuova nomenclatura chimica, pubblicata nel 1787 dalla *coterie lavoisiennne*, si apriva citando la logica condillachiana e, confermando questa discendenza filosofica, due anni dopo Lavoisier, nell'introduzione al suo *Traité élémentaire de chimie*, indicava l'«arte di ragionare» rifondata dai principi condillachiani come la base da cui prendeva le mosse il nuovo manuale di chimica:

<sup>21</sup> Lavoisier, Laplace, 1783. 296.

<sup>22</sup> Lavoisier, Laplace, 1783. 295. Per una dettagliata ricostruzione degli esperimenti calorimetrici del 1783 vedi Peter Heering, 2005. Weighing the Heat: the Replication of the Experiments with the Ice-calorimeter of Lavoisier and Laplace. In: *Lavoisier in Perspective* (Marco Beretta , ed.), Deutsches Museum, Munich, 27-41.

<sup>23</sup> Lavoisier, Laplace, 1783. 324. «En comparant la chaleur dégagée par la combustion du charbon avec la quantité d'air fixe [l'odierna anidride carbonica] qui se forme dans cette combustion, on a la chaleur développée dans la formation d'une quantité donnée d'air fixe; si l'on détermine ensuite la quantité d'air fixe qu'un animal produit dans un temps donné, on aura la chaleur qui résulte de l'effet de sa respiration sur l'air; il ne s'agira plus que de comparer cette chaleur avec celle qui entretient sa chaleur animale, et que mesure la quantité de glace qu'il fond dans l'intérieur de nos machines; et, si comme nous l'avons trouvé par les expériences précédentes, ces deux quantités de chaleur sont à peu près les mêmes, on peut en conclure directement et sans hypothèse que c'est au changement de l'air pur en air fixe, par la respiration, qu'est due, au moins en grande partie, la conservation de la chaleur animale». Lavoisier, Laplace, 1783. 332.

<sup>24</sup> Lavoisier, Laplace, 1783. 330-331.

C'est un principe bien constant, et dont la généralité est bien reconnue dans les mathématiques, comme dans tous les genres de connaissances, que nous ne pouvons procéder, pour nous instruire, que du connu à l'inconnu<sup>25</sup>.

Il trattato presentava i risultati di più di vent'anni di ricerche sistematiche costruite sulla determinazione dei pesi specifici delle sostanze in gioco. A partire, infatti, dal 1764 Lavoisier aveva intrapreso un originale e coerente percorso sperimentale basato sulla quantificazione di gas, liquidi e solidi per mezzo di apparati strumentali appositamente concegnati<sup>26</sup>. Come mostrato da Marco Beretta, la nozione di «peso specifico» introduceva un nuovo modo di concepire la combinazione chimica non più centrata sul tradizionale concetto di *misto*, ma sull'identificazione dei reagenti e dei prodotti presi in analisi<sup>27</sup>. Grazie a questo programma di ricerca, a metà degli anni Ottanta, fu dimostrato che l'acqua lungi dall'essere un elemento semplice è in realtà una sostanza composta il cui peso egualia quello dei due principi costituenti (ossigeno e idrogeno). Così procedendo per via quantitativa Lavoisier arrivò a dimostrare che la fermentazione non era un fenomeno di natura infiammatoria fuori dalla sanità, ma un naturale processo di decomposizione dell'acqua, un chiaro esempio di analisi nel quale potevano essere identificati gli elementi prima e dopo la reazione chimica:

Cette opération est une des plus frappantes et des plus extraordinaires de toutes celles que la chimie nous présente, et nous avons à examiner d'où vient le gaz acide carbonique qui se dégage, d'où vient l'esprit inflammable qui se forme, et comment un corps doux, un oxyde végétal, peut se transformer ainsi en deux substances si différentes, dont l'une est combustible, l'autre éminemment incombustible. On voit que, pour arriver à la solution de ces deux questions, il fallait d'abord bien connaître l'analyse et la nature des corps susceptible de fermenter, et les produits de la fermentation; car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celle de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications. C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en chimie: on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité où équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on retire par l'analyse. Ainsi, puisque du moût de raisin donne du gaz acide carbonique et de l'alcool, je puis dire que le moût de raisin = acide carbonique + alcool. Il résulte de là qu'on peut parvenir

<sup>25</sup> Lavoisier, 1789. *Traité élémentaire de chimie*. In: *Oeuvres de Lavoisier*, vol. 1, *Discours préliminaire*, 2. Sulle relazioni tra la logica di Condillac e la chimica di Lavoisier vedi le ricostruzioni di William Randall Albury, 1972. *The Logic of Condillac and the Structure of French Chemical and Biological Theory, 1780-1800*. Baltimore, The Johns Hopkins Ph. D. thesis; Maurice Crossland, 1978. *Historical Studies in the Language of Chemistry*, (1962). 2<sup>nd</sup> edition, New York; Marco Beretta, 1993. *The Enlightenment of Matter. The Definition of Chemistry from Agricola to Lavoisier*. Canton/Mass., Science History Publications, USA.

<sup>26</sup> Vedi Beretta, 1994. *A New Course in Chemistry. Lavoisier's first chemical Paper*. Firenze, Olschki.

<sup>27</sup> Beretta, 1994. 35-46.

de deux manières à éclaircir ce qui se passe dans la fermentation vineuse: la première, en déterminant bien la nature et les principes du corps fermentiscible: la seconde, en observant bien les produits qui en résultent par la fermentation, et il est évident, que les connaissances que l'on peut acquérir sur l'un conduisent à des conséquences certaines sur la nature des autres, et réciproquement<sup>28</sup>.

In questo lungo passaggio è una nuova definizione della fermentazione, processo chiave della chimica della vita<sup>29</sup>, a cui è connessa la non meno importante formulazione del principio di conservazione della materia (più noto come legge di Lavoisier), principio cardine della moderna scienza chimica<sup>30</sup>. Ben lontano dal poter essere considerato la semplice ripetizione di un'idea presente sin dai tempi di Lucrezio (come, invece, sostenuto da Frederic L. Holmes)<sup>31</sup>, tale principio deve essere interpretato nel suo specifico contesto tecnologico-sperimentale e logico-matematico: vale a dire, come una regolarità fenomenica identificabile per mezzo del metodo dei pesi specifici e descritta da un'equazione lineare. L'intuizione filosofica lucreziana si formalizza così, nel 1789, in un vero e proprio principio scientifico regolante i processi di trasformazione materiale che avvengono in laboratorio e in natura:

Indeed, Lavoisier conceived chemical analysis as a mental experiment, and the discrepancies between the real and the ideal experiment were always resolved in favour of the latter<sup>32</sup>.

Definendo le analogie processuali fra le *operazioni della natura* e quelle dell'*arte laboratoriale*, il principio di conservazione della materia divenne uno strumento guida del lavoro del chimico e se talvolta le risultanze sperimentali non collimavano con i calcoli ciò veniva imputato ai limiti strumentali, non già a errori concettuali. Questo cambio di mentalità comportò un potenziamento insperato dell'arte chimica, che d'ora in avanti non sarà più limitata alla emulazione dei meccanismi naturali diventando capace di *manipolare, prevedere e produrre novità* parallelamente alla natura stessa. La *nouvelle chimie* proponeva un approccio nuovo nel-

<sup>28</sup> Lavoisier, 1789. 100-101.

<sup>29</sup> «C'est ainsi que Lavoisier a offert tout le mystère de la fermentation vineuse dans cette simple formule d'équation; suc de raisin = acide carbonique + alcool; parce qu'en effet le résultat de cette belle opération, si obscure autrefois et si claire aujourd'hui, est la conversion du moût, ou de la matière sucrée liquide, en alcool et en acide carbonique». Antoine F. Fourcroy, Louis N. Vauquelin, 1797. De l'Action spontanée de l'Acide sulfurique concentré, sur les substances végétales et animales. Annales de chimie, 23, 186-202:195. Sulla fermentazione vedi Mikulas Teich, 1981. Ferment or Enzyme: What's in a name?. History and Philosophy of the Life Sciences, 3, 2, 193-215.

<sup>30</sup> Sul principio di conservazione della materia si consiglia l'interpretazione di Mikulas Teich, 1982. Circulation, Transformation, Conservation of Matter and the Balancing of the Biological World in the Eighteenth Century. Ambix, 29, 17-28.

<sup>31</sup> Frederic Lawrence Holmes, 1985. *Lavoisier and the Chemistry of Life. An Exploration of Scientific Creativity*. Madison, University of Wisconsin Press, 269.

<sup>32</sup> Beretta, 1994. 42-43.

l'investigazione dei fenomeni naturali e realizzava il sogno di Condillac rifondando la scienza chimica sul metodo analitico: il calcolo del peso delle sostanze in gioco unito al concetto di equivalenza inaugurarono infatti un nuovo modo di intendere la reazione chimica, del tutto sconosciuto alle precedenti tradizioni settecentesche. In questo originale contesto logico-sperimentale fu possibile dimostrare, ad esempio, che la combustione dei gas idrogeno e ossigeno produce una nuova sostanza, l'acqua, le cui caratteristiche sono diverse dai costituenti pur mantenendo la stessa quantità di materia. I cambiamenti materiali non venivano più compresi all'interno di un quadro *trasmutazionale* d'origine alchemico-aristotelica nel quale pochi elementi semplici potevano convertirsi tra loro e, al contempo, dar vita a corpi misti e composti. Sulla base di una nuova logica *proporzionale*, l'analisi lavoisieriana aveva svelato il paradosso naturale per cui «tutto si conserva trasformandosi» e ne riproduceva i meccanismi in laboratorio: la trasformazione e la conservazione, lungi dall'esser concetti antitetici, si scoprivano essere due aspetti autoregolantesi della realtà.

Con la pubblicazione del trattato del 1789 la chimica lavoisieriana si presentava alla comunità scientifica come una nuova dottrina, emancipata dalla medicina e dalla farmacia ma vicina alla fisica perché basata sulle leggi e non sui capricci del caso e, in aperta polemica con l'idea tradizionale secondo cui la materia in analisi può comparire/scomparire (cioè, crearsi dal nulla e ugualmente distruggersi), sanava i criteri di distinzione fra *fatti* e *testimonianze*.

#### 4.4 La nuova chimica come *aut aut*

Nel suo pioneristico studio del 1961 sulla rivoluzione chimica lo storico americano Henry Guerlac sostiene che Lavoisier riuscì originalmente a fondere nel proprio progetto due diverse tradizioni settecentesche: la tradizione farmaceutica, mineralogica e analitica del Continente e le conquiste della chimica pneumatica inglese<sup>33</sup>.

Effettivamente Lavoisier nell'arco della sua feconda carriera scientifica fu capace di presentare un generale piano di ricerche unendo i contributi diversi di molti maestri fra i quali emergono senza alcun dubbio il fisico francese Jean Nollet e il già citato chimico scozzese Joseph Black. In particolare, il rigore metodologico appreso dal giovane Lavoisier durante i corsi di fisica sperimentale negli anni della formazione al *Collège Mazarin* permettono di contestualizzare il suo progetto di riformare la chimica<sup>34</sup>. In controtendenza con le esistenti tradizioni chimiche, che tendevano a considerare certi principi non isolabili (il flogisto) o che miravano a

<sup>33</sup> Guerlac, 1961. *Lavoisier: The Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*. Ithaca and London, Cornell University Press, xvii.

<sup>34</sup> Sull'importanza della relazione fra fisica sperimentale e chimica lavoisieriana si vedano le interpretazioni di Evan M. Melhado, 1985. Chemistry, Physics, and the Chemical Revolution. *Isis*, 76, 195-211; Arthur L. Donovan, 1988. Lavoisier and the Origins of the Modern Chemistry. *Osiris*, 4, 214-223; Marco Beretta, 1994.

quantificare rapporti di fatto non calcolabili (le affinità), Lavoisier escogitò un originale approccio fisico ai fenomeni chimici il quale prescindeva da ciò che non poteva esser misurato con appositi strumenti. Nel corso degli anni Ottanta, questo approccio sperimentale trovò conferma nei principi della logica condillachiana che, definendo l'arte di ragionare come arte del calcolo all'origine di tutte le lingue ben fatte, accusava le cattive abitudini dei filosofi contemporanei rei di procedere per via «sintetica», cioè dall'ignoto al noto attraverso la postulazione di principi sconosciuti dati per reali. In conclusione, ciò che interessa qui sottolineare è che per Condillac la metafisica viene prima delle lingue ed è in questo delicato *a priori* logico che si giocano due diverse e opposte modalità del processo di conoscenza. La «buona metafisica» procede per *analisi*, la «cattiva metafisica» per *sintesi*:

Aussi les philosophes se sont-ils prodigieusement égarés lorsqu'ils ont abandonné l'analyse, et qu'ils ont cru y suppléer par des définitions. Ils se sont d'autant plus égarés, qu'ils n'ont pas su donner encore une bonne définition de l'analyse même. [...] C'est la synthèse qui a amené la manie des définitions, cette méthode ténébreuse qui commence toujours par où il faut finir, et que cependant on appelle *méthode de doctrine*<sup>35</sup>.

La logica di Condillac lanciava un'accusa pesante contro coloro che si professavano filosofi dal momento che non *praticavano* l'analisi<sup>36</sup> e, seppure non direttamente, argomentava la bontà dell'indirizzo di studi intrapreso da Lavoisier a partire dagli anni Sessanta allorchè, insoddisfatto dei corsi di chimica di La Planche e Rouelle frequentati a Parigi, ebbe l'idea di concepire un nuovo corso nel quale le conoscenze chimiche procedessero dai fatti accertati in laboratorio e non da ipotesi inverificabili. Nella direzione di una lenta rivoluzione auspicata da Condillac, Lavoisier intraprese così una sorta di rieducazione dell'intendimento umano concependo una nuova «langue bien faite», ovverosia presentando risultati confrontabili ed evitando di soffermarsi su questioni metafisiche irrisolubili:

On peut considérer cet ouvrage sous deux rapports, ou comme la suite d'une discussion littéraire entre M. Senebier et M. Ingen-Housz, ou comme présentant une suite d'expériences qui peuvent intéresser les savans: c'est sous ce point de vue que nous examinerons l'ouvrage de M. Senebier<sup>37</sup>.

<sup>35</sup> Condillac, 1780. 148-149.

<sup>36</sup> È mia convinzione che Condillac esortasse ad applicare i principi della natura passando dalla conoscenza delle regole alla pratica delle medesime: «Nous ne pouvons aller que du connu à l'inconnu, est un principe trivial dans la théorie, et presque ignoré dans la pratique». Condillac, 1780. 32. Per una diversa interpretazione dei rapporti fra la logica di Condillac e la chimica di Lavoisier vedi Lissa Roberts, 1992. Condillac, Lavoisier and the Instrumentalization of Science. In: Eighteenth Century. Theory and Interpretation, 33, 252-271. In questo saggio l'autrice focalizza sull'idea condillachiana secondo cui il linguaggio è lo strumento per procedere in conoscenza: da qui definisce la nuova chimica come la realizzazione dell'istanza «strumentalista» esposta nel 1780 e non come un originale progetto di ricerca già in atto a livello sperimentale.

<sup>37</sup> Jean-Henri Hassenfratz, 1789. Extrait des expériences de M. Senebier sur l'action de la lumière solaire dans la végétation. Annales de chimie, 1, 108-116: 109. Sulle *Annales de chimie*

Nel primo volume (1789) della rivista antiflogistica *Annales de chimie*, fondata dalla *coterie lavoisierienne*, appare un interessante commento di Jean-Henri Hassenfratz nel quale sono riportate alcune esperienze di fisiologia vegetale. Vengono duramente criticate le riflessioni di Jean Senebier secondo il quale l'aria pura prodotta dalle piante non deriva dalla scomposizione dell'acqua, come sostenuto da Lavoisier, ma dall'aria fissa che libera flogisto: l'acqua, di conseguenza, compierebbe una funzione meramente meccanica e non chimica. Per Hassenfratz, le conclusioni di Senebier non sono *fatti*, ma semplici *opinioni* dal momento che esse non sono basate su dati attendibili bensì sulla credenza della materialità del flogisto (sebbene esso non sia mai stato isolato in laboratorio). Seguendo le indicazioni lavoisieriane, invece, la conoscenza doveva procedere *da ciò che poteva essere verificato* e non da supposizioni gratuite come quella del flogisto. Tale direzione si distingueva nettamente dall'abitudine a formulare «une hypothèse qui avoit pour base de simples conjectures et non une suite d'expériences»<sup>38</sup>.

Sempre nel 1789 erano state pubblicate sul giornale flogistista *Observations sur la physique* dell'editore Jean Claude Delamétherie alcune riflessioni lavoisieriane sulla vegetazione. La nuova teoria chimica spiegava il meccanismo a partire da due fatti: 1) l'acido carbonico è un composto di 28 parti di carbonio e 72 di ossigeno; 2) l'acqua è il risultato della combinazione di 15 parti di idrogeno e 85 di ossigeno:

Je ne répéterai pas ici les preuves sur lesquelles sont fondés ces résultats. Elles se multiplient de jour en jour, et ce mémoire lui-même leur fournira de confirmation<sup>39</sup>.

Lavoisier introduceva la comunità scientifica europea ad altre abitudini laboratoriali nel rispetto di una buona metafisica (o metodo analitico, secondo le categorie condillaciane), ma il passaggio non fu indolore: in molti casi, la nuova mentalità scientifica non fu immediatamente comprensibile provocando una crisi delle convinzioni tradizionali:

Les partisans de la nouvelle théorie supposant la composition de l'eau absolument décidée en leur faveur, en font des applications continues<sup>40</sup>.

Mentre il flogistista Delamétherie accusava i lavoisieriani di rendere confuso il linguaggio scientifico introducendo nuovi termini ai già molti esistenti<sup>41</sup>, il chimico

vedi Maurice Crosland, 1994. *In the Shadow of Lavoisier: The Annales de Chimie*. Oxford, British Society for the History of Science; Idem, 1995. Lavoisier, the two French Revolutions and the «Imperial despotism of oxygen». *Ambix*, 42, 101-118.

<sup>38</sup> Pierre Auguste Adet, 1789. Extrait d'un Mémoire sur le muriate fumant d'étain, ou liqueur fumante de Libavius; lu à l'Académie des sciences en Juillet 1788. *Annales de chimie*, 1, 5-18:6.

<sup>39</sup> Lavoisier, 1789 a. Réflexions sur la décomposition de l'Eau par les substances végétales et animales. *Observations sur la physique*, 34, 460-471:460.

<sup>40</sup> Jean Claude Delamétherie, 1791. Discours préliminaire. *Observations sur la physique*, 38, 3-51:22.

<sup>41</sup> «Mais malheureusement Messieurs, pour soutenir un système, vous avez voulu changer toute la langue [...]. Prenons par exemple l'air pur: M. Priestley l'appela d'abord air déphlogisti-

Black scriveva una lettera nella quale raccontava la propria difficoltà nell'abbandonare il vecchio sistema e la convinzione che la dottrina lavoisieriana fosse quella giusta da introdurre alle nuove generazioni di scienziati:

Je dois vous avouer que j'en ai moi-même éprouvé les effets; ayant été habitué trente ans à croire et à enseigner la doctrine du phlogistique, comme on l'entendoit avant la découverte de votre système, j'ai long-tems éprouvé un grand éloignement pour le nouveau système qui présentoit comme une erreur, ce que j'avois regardé comme une saine doctrine: cependant, cet éloignement qui ne provenoit que du pouvoir de l'habitude seule, a diminué graduellement, vaincu par la clarté de vos démonstrations et la solidité de votre plan<sup>42</sup>.

La spaccatura determinata dalla rivoluzione lavoisieriana comportò conseguenze nel modo di operare del chimico il cui lavoro non poteva più essere identificato con quello del farmacista, né con quello del fisico e, tantomeno, con quello del medico. Eppure, questa specificazione di indagine sperimentale non fu subito recepita, né ben accolta. A questo proposito, un farmacista parigino ebbe modo di polemizzare con Louis Jacques Thénard il quale aveva pubblicato una memoria sui vantaggi derivati dall'esser introdotti ad un laboratorio chimico dove «ci si esercita alle manipolazioni, alla preparazione delle diverse sostanze e all'arte di analizzare i corpi»<sup>43</sup>. Il farmacista in questione, in un primo tempo censurato dalla rivista antiphlogistica, sviluppa così le sue osservazioni contrarie alla posizione di Thénard sulla base di un'ipotetica divisione fra scienza teorica e pratica dei medicamenti:

Croyez-vous, enfin qu'un élève parvenu à l'âge, de vingt ans, d'autant mieux saturé de science théorique, qu'il auroit apprise avec goûts, s'appliqueront aux soins minutieux de la dessiccation des plantes, des décoctions, infusions, triturations, etc. objets infiniment précieux dans l'art du pharmacien?<sup>44</sup>

Secondo Antoine François de Fourcroy, la rivoluzione metodologica lavoisieriana aveva comportato un modo nuovo di porsi nei confronti dei fenomeni e grazie ad essa era possibile scoprire verità sconosciute, anche se il tempo di una teoria dei procedimenti vitali era molto lontana dall'esser compresa:

[Ce qu'on] a découvert n'est encore qu'une bien foible portion de ce qui reste à découvrir pour construire une théorie générale de l'animalisation et des phénomènes de la vie des animaux<sup>45</sup>.

qué, Schéele air du feu, Bergman air pur, Turgot air vital, la Nouvelle nomenclature gaz oxygène». Delamétherie, 1788. Réponse de M. De La Métherie à M. Hassenfratz sur la Combustion. Observations sur la physique, 33, 385-388:386.

<sup>42</sup> Black, 1791. Copie d'une lettre de M. Joseph Black, prof. à l'Université d'Edimbourg, associé étranger de l'Académie des sciences de Paris à M. Lavoisier, Mars 1791. Annales de chimie, 8 (vol. 4), 225-229:227.

<sup>43</sup> Louis Jacques Thénard, An VIII. Sur la nécessité de réunir la pratique à la théorie de la chimie. Annales de chimie, 34, 106-10:106.

<sup>44</sup> Delunel, An VIII. Observations sur le discours du citoyen Thenard. Annales de chimie, 35, 76-83:82-83.

<sup>45</sup> Antoine François de Fourcroy, An VII. Mémoire sur l'application de la chimie pneumati-

Mentre Friedrich Alexander von Humboldt credeva possibile spiegare la vitalità come un equilibrio dei costituenti chimici della fibra<sup>46</sup>, Fourcroy pensava che «M. Humboldt andasse troppo veloce nelle sue spiegazioni»<sup>47</sup>. Immediata fu la risposta di Humboldt a Fourcroy: «Mentre voi analizzate la materia nella quale il principio vitale è estinto, [...] io mi limito a descrivere i fenomeni osservati nella materia organizzata»<sup>48</sup>. La chiarificazione da parte del francese non si fece attendere: «Io non ho compreso, in questo ordine di conclusioni premature e d'applicazioni forzate, né le vostre esperienze, né i loro utili risultati»<sup>49</sup>. Sappiamo che a seguito di questa disputa Humboldt andò direttamente a far pratica della nuova metodologia francese nei laboratori di Vauquelin e Fourcroy e grazie a questo tirocinio mise a punto una famosa e fortunata memoria sull'assorbimento di ossigeno da parte della terra:

Je fis, sous les yeux du citoyen Vauquelin, l'expérience suivante<sup>50</sup>.

Il laboratorio dei nuovi chimici era diventato un luogo di esplorazione effettiva sul mondo. L'adozione del metodo naturale di analisi aveva garantito un punto di contatto certo con la realtà e l'arte chimica, forte di nuove e affidabili modalità di verifica delle ipotesi, avanzava rapidamente fornendo utili informazioni ai vari domini di conoscenza limitrofi. Nello specifico della chimica della vita, Lavoisier aveva confermato quantitativamente l'intuizione antica che il vivente fosse un teatro di operazioni analoghe a quelle svolte in un laboratorio<sup>51</sup> e, smentendo l'idea tradizionale che il fuoco degli alchimisti unito all'aria elementare potessero svelare i meccanismi delle infiammazioni dei corpi e il calore corporeo, ridefiniva anche i confini delle future scienze della vita. Grazie alla chimica lavoisieriana, dalla

que à l'art de guérir, et sur les propriétés médicamenteuses des substances oxygénées. Annales de chimie, 28, 225-228:237.

<sup>46</sup> Alexander F. von Humboldt, An V. Lettre de M. Humboldt au citoyen Van-Mons sur le procédé chimique de la vitalité. Annales de chimie, 22, 64-67:70.

<sup>47</sup> Fourcroy, An V. Extrait d'une lettre du citoyen Fourcroy au citoyen Van-Mons au sujet de celle de M. Humboldt. Annales de chimie, 22, 77-80:77.

<sup>48</sup> Humboldt, An VI. Lettre de Frédéric Humboldt au citoyen Fourcroy sur l'application prématuée de quelques découvertes chimiques à la médecine, Annales de chimie, 27, 62-66: 65.

<sup>49</sup> Fourcroy, An VI. Réponse du citoyen Fourcroy. Annales de chimie, 27, 67-71:67.

<sup>50</sup> Humboldt, An VII. Mémoire sur l'absorption de l'oxygène par les terres. Annales de chimie, 29, 125-160:157.

<sup>51</sup> Sulle diverse tradizioni della chimica del Seicento vedi l'interpretazione di Antonio Clericuzio, 2000. *Elements, Principles and Corpuscles. A Study of Atomism and Chemistry in the Seventeenth Century*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London; vedi anche Robert J.Jr. Frank, 1980. *Harvey and the Oxford Physiologists. A Study of Scientific Ideas*. Berkeley, Los Angeles and London; Jan Prins, 1992. *Walter Warner (ca. 1557-1643) and his Notes on Animal Organisms*, Utrecht. Per un'introduzione analitica agli studi chimici del Seicento vedi in particolare Ferdinando Abbri, 2000. *Alchemy and Chemistry: Chemical Discourses in the Seventeenth Century*. Early Science and Medicine, 5, 214-226.

seconda metà del Settecento il corpo vivente è analizzato nel suo essere un *naturale sistema* che si conserva vitale in virtù di una serie di operazioni predicibili a prescindere dall'ipotesi di un principio vitale di natura sconosciuta. L'approccio antiflogistico, sostenendo la possibilità di spiegare il paradosso del vivente in accordo con le leggi agenti nel mondo inorganico, si scontrò inevitabilmente con la concezione vitalistica di tradizione buffoniana, centrata perlopiù sull'identità «corpo vivente = corpo organizzato» concepito nelle sue differenze dal resto del mondo fisico<sup>52</sup>.

Nel 1794, mentre Lavoisier veniva tragicamente travolto dagli eventi della Rivoluzione francese, Jean Baptiste de Lamarck pubblicava un'opera composta ben diciotto anni prima in cui sosteneva che la vita è organizzazione e la morte è disorganizzazione a cui si oppone il principio vitale. Questo principio caratterizza tutti i viventi, che hanno un'origine diversa dai corpi bruti:

La force dont je veux parler, n'est point du tout une supposition gratuite; c'est le principe même de la vie, principe qui réside dans les fonctions des organes de l'être qui en est doué; principe en un mot qui constitue le mouvement et l'action organique<sup>53</sup>.

Nell'arco di pochissimo tempo Lamarck, da convinto antilavoisieriano, rovesciò la sua posizione scientifica in una vera e propria conversione tardiva e oscura, peraltro mai riconosciuta. Nel 1802, infatti, egli riconobbe la naturalità del fenomeno vitale e la materialità dei processi di organizzazione comprensibili soltanto con i principi lavoisieriani. In quegli stessi anni si concludevano i dibattiti accesi dal nuovo sistema con il riconoscimento unanime che il flogisto, principio di infiammabilità, non esisteva. Il naturalismo lamarckiano cedeva il passo ai progressi conoscitivi raggiunti per via analitica e spiegava i meccanismi vitali non più ricorrendo alla postulazione di principi insondabili, ma secondo l'immagine chimica di un laboratorio naturale in continua attività:

Poursuivons l'examen des causes qui ont pu créer les premiers traits de l'organisation dans des masses appropriées où il n'en existoit pas. Si, comme je l'ai fait voir, la lumière est génératrice de la chaleur, celle-ci l'est de l'orgasme vital qu'elle produit et entretient dans les animaux qui n'en ont point en eux la cause<sup>54</sup>.

<sup>52</sup> "Il ne faut donc pas calculer l'action des corps chimiques sur les corps vivans, d'après la nature des premiers uniquement; mais on doit toujours faire attention qu'ils sont soumis à des compositions et des décompositions, déterminées par des attractions vitales, plus ou moins différentes des attractions chimiques." Georges-Louis Duvernoy, 1798. Réflexions sur les corps organisés et les sciences dont ils sont l'objet. Magazin Encyclopédique, III, *premier mémoire*, 171-189, *second mémoire*, 459-474.

<sup>53</sup> Jean Baptiste de Lamarck, 1794. *Recherches sur les causes des principaux faits physiques*. Paris, Maradan, 2 voll., 2, 195.

<sup>54</sup> Lamarck, 1802. *Recherches sur l'organisation des corps vivans*. Paris, Maillard, 105-106.

**Sommario** – Nella sua *Logica* (1780), Condillac definiva l'*analisi* (nell'accezione filosofica del termine in opposizione alla *sintesi*) l'unico metodo capace di ordinare le idee in una «lingua ben fatta» in tal modo riformulando l'«arte di ragionare o arte del calcolo», che i filosofi contemporanei sembravano aver dimenticato.

In questo contesto rivoluzionario si pone il progetto lavoisieriano di rifondazione della scienza chimica (*Traité élémentaire de chimie*, 1789): i fondamentali processi di trasformazione materiale – combustione, respirazione animale e fermentazione – furono tradotti in simboli algebrici secondo la matematica aggiornata da Eulero, Lagrange e Laplace.

L'applicazione delle equazioni lineari alla fisico-chimica permise di risolvere problemi di combinazione materiale fino allora insoluti inaugurando in tal modo un nuovo modo di quantificare e descrivere le reazioni basato su risultati comparabili piuttosto che sulla discussione di entità inconoscibili.

La *nouvelle chimie* si andava differenziando dalle precedenti tradizioni chimiche in virtù di una specifica logica laboratoriale nella quale erano chiare le distinzioni fra fatti e ipotesi, fra approccio analitico e approccio naturalistico, fra discussioni scientifiche e polemiche letterarie.