

F. GRAELL I DENIEL

**COP D'ULL AL GALVANISME  
I A LA PILA VOLTAICA**

**ESCRITS DE FILOSOFIA  
DE LA CIÈNCIA**

---

QUADERNS DE FILOSOFIA



F. GRAELL I DENIEL

**COP D'ULL AL GALVANISME  
I A LA PILA VOLTAICA**

**ESCRITS DE FILOSOFIA  
DE LA CIÈNCIA**

54

QIADERNS DE FILOSOFIA

---

Barcelona 2021

---

1ª edició juny 2021

© F.Graell i Deniel  
ISBN 978-84-123314-0-0

[www.xtec.cat/~fgraell](http://www.xtec.cat/~fgraell)  
E-mail: [fgraell@xtec.cat](mailto:fgraell@xtec.cat)

Podeu fer ús de l'adreça electrònica per a qualsevol correspondència amb  
*Quaderns de Filosofia*.

Es prega de tenir en compte sempre de consultar si hi ha una nova edició dels quaderns (que inclou canvis de vegades prou rellevants) en la web esmentada.

## CONTINGUT

### **Presentació, 6.**

## **I**

### **ELS ANYS DECISIUS PER AL GALVANISME (DES DE 1790 A 1801)**

1. La descoberta de l'electricitat animal, 8.
2. Volta a través de l'electricitat animal, 12.
3. El pas de Volta cap al galvanisme, 14.
4. La pila voltaica, 16.
5. La descomposició de l'aigua amb l'ajuda de la pila voltaica, 19.
6. La força (tensió) elèctrica en els pols de la pila, 23.
7. Una quantificació de força elèctrica, 28.

## **II**

### **UNES RECERQUES CENTRADES EN LA PILA VOLTAICA**

1. Alguns aparells i mesures, 30.
2. La teoria del contacte i la teoria química, 32.
3. La teoria dels efectes químics del corrent elèctric, 35.
4. Un exemple de comprensió, 42.
5. Entre piles, espurnes i fils metàl·lics, 45.
6. La troballa de la pila seca, 47.

## Presentació

La lectura dels treballs dels primers anys de l'aparició del galvanisme convida a atendre molts detalls a propòsit del comportament de materials diversos, i no demana de comprendre-ho a través de relacions formals. Sens dubte devem a la sensibilitat i a la tenacitat de Galvani els inicis d'una recerca, que hagués estat tota altra sense la seva aportació. Ell, i els qui el seguiren més tard, fan palès que sols el treball constant d'observació, de reiteració i d'experimentació, hauria de portar a noves troballes que farien d'esgraó per a la següent passa. Ensenyen també la necessitat de mantenir-se receptiu a l'espera del pensament i de la imaginació, sensible així mateix a allò accidental, a servir les ocurrencies que sobrevenen enllà d'una qualsevol decisió pròpia.

Es tractava de comprendre, i s'hi troba des d'un bon començament divergències interpretatives, per exemple entre el mateix Galvani i un Volta que va recompondre (a través de noves experiències) allò aconseguit, o entre els partidaris de la teoria del contacte i de la teoria química. Tanmateix es vol copsar què ocorre: d'aquí la importància del que s'observa i del que s'hi vol pensar, en un procés d'anada i de tornada que fa multiplicar l'ús de materials i d'observacions.

Davy deu ser un dels millors estudiosos per a exemplificar que les teories explicatives estableixen un enllaç entre el que s'experimenta i el que es pensa, de manera que hi ha el descabdellament d'una raó: mirant l'experiència s'hi troba l'implícit que la interpreta, abraçant el pensat l'implícit del que es percep<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Entre les diferents formes de modelitzar hi hauria aquí un model explicatiu que no fa ús d'elements formals ni geomètrics mentre promou una interpretació.

Una tal simplicitat atén coneixement natural, quan aquest no és sols descripció, sinó quan se sap quin és el procés perquè s'ha cercat la manera de reeixir-hi a través de trobar-hi, no sols reiteració (i previsió), sinó també quelcom que és capaç d'explicar el fet que passi el que ocorre. On hi havia ignorància, i absència d'un qualsevol pensament, ha emergit quelcom que lliura ordre i coherència al que se singularitzava a tall de fet únic. No hi ha arbitrarietat si més no en allò on es va guanyant la manera de desencadenar-ho.

Tanmateix no es perd de vista la diversitat de substàncies, la reiteració d'experiències, la variació dels factors que hi intervenen, la introducció de canvis que poden fer alterar el que s'observa.

Versemblantment es redescobreix amb aquests recercadors la manera de trobar la comprensió dels fenòmens i de provocar-los, mentre s'hi faria veure la bellesa de la comprensió.

# I

## ELS ANYS DECISIUS PER AL GALVANISME (DES DE 1790 A 1801)

Volta mantingué sempre paraules de respecte i d'elogi per a Galvani malgrat diferir-ne en prou punts amb el temps. En efecte devem al professor de Bolonya la descoberta del que serà el galvanisme gràcies a la seva capacitat d'entrellucar les possibilitats d'un esdeveniment accidental i, sobretot, als nombrosos experiments amb l'ús de diferents metalls, tasca que Volta també durà a terme després.

### 1. La descoberta de l'electricitat animal.

En la història de l'electricitat l'any 1790 és important per ser el de l'inici d'una descoberta rellevant a partir d'un fet atzarós, que cridà l'atenció de Luigi Galvani (1737-1798), professor d'anatomia a Bolonya: observà, gràcies a la indicació d'un ajudant seu, que, en tocar amb la punta d'un escalpel els nervis crurals d'una granota, i saltar una espurna del conductor d'una màquina elèctrica, els músculs de l'animal es contreïen. En paraules seves:

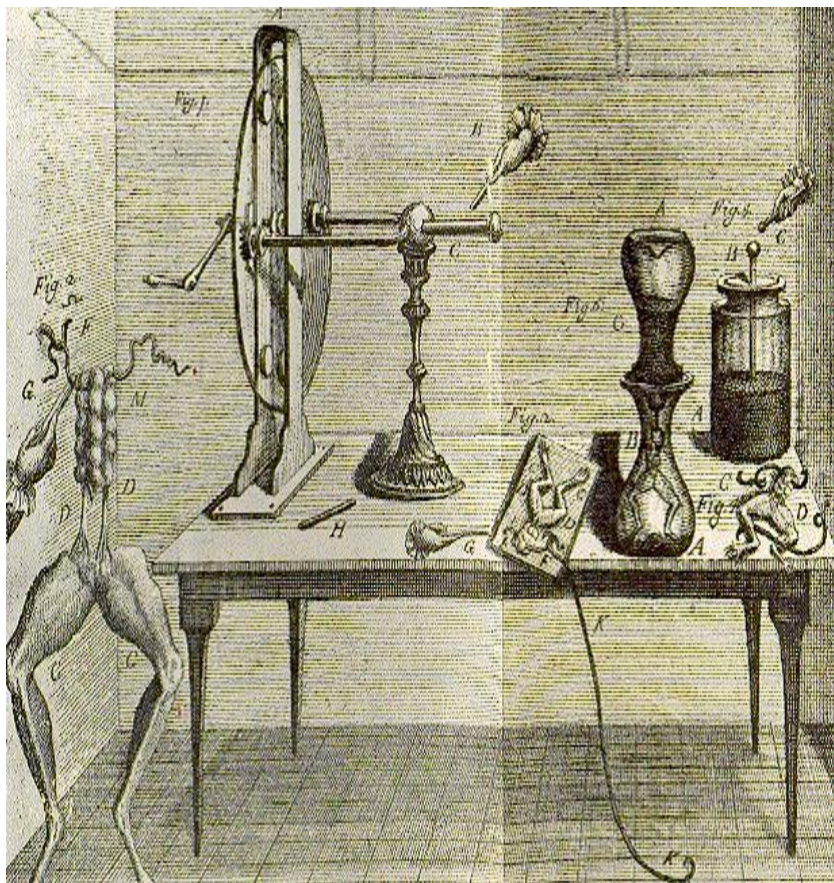
«L'assumpte, però, és des del començament dut endavant de la següent manera. Vaig obrir la granota, i la vaig preparar com es veu en la Figura 2. Quadre 1, i la vaig col·locar en una taula que m'oferia totes les altres coses, en la qual hi havia la màquina elèctrica Fig.1 Qua.1, la granota separada completament del seu conductor<sup>2</sup>, i no distant un interval petit. Quan un dels que treballaven amb mi va apropar la punta de l'escalpel accidentalment, però lleugerament, als nervis interns DD crurals de la granota es va veure

---

<sup>2</sup> El conductor de la màquina elèctrica és un tub de xapa de ferro buit per dintre per a passar-hi primer un feix de fils de seda, amb els temps d'altres materials, de manera que aquests fils o d'altres materials recollissin l'electricitat produïda per fregament (cf. lletra C del quadre 1).



contreure's a l' instant tots els músculs de les exterminats com si s'hi presentés les convulsions tòniques més extremes. Després, a un altre d'aquells, que em presta el seu servei en les recerques elèctriques, se li va escaure d'adonar-se que el fet tenia lloc mentre es desprenia una espurna del conductor de la màquina Fig.1 B.



*Quadre 1 de l'escrit de Galvani*

Admirat [l'ajudant] per la novetat del fet, tenint jo tot el cap en d'altres afers, també m'ho féu advertir immediatament, a mi mateix. Aleshores vaig quedar-

me amb un interès extraordinari, així mateix amb el desig ardent d'experimentar-ho, i de treure a la llum el que hi havia d'amagat en l'afer. Per això jo mateix vaig apropar la punta de l'escalpel a l'un o a l'altre nervi dels crurals en el moment en què algú que era present feia sortir una espurna. El fenomen aparegué completament de la mateixa manera; certament fortes contraccions en cadascun dels músculs de les extremitats, igual com si l'animal preparat s'hagués encongit pel têtan; s'induía en el mateix moment de temps en què es feia treure espurnes»<sup>3</sup>.

Continuà les observacions fent moltes noves experiències. Entre aquestes cal destacar les que portaren a les noves passes de Volta.

Per tal d'estudiar els efectes, sense que s'hagués de tenir en compte que hi podria influir algun estímul en el punt de contacte, Galvani féu primerament que un cos conductor estigués unit al nervi respectiu: la contracció tenia lloc amb l'espurna de la descàrrega.

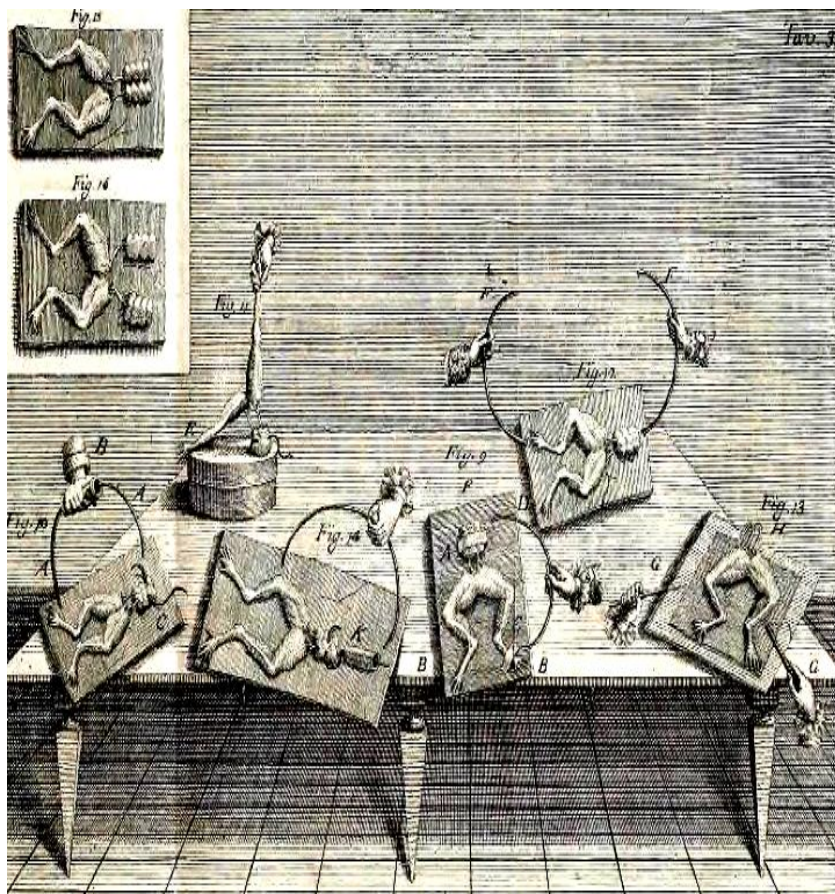
A partir d'aquí anà eixamplant el nombre d'experiències. Una vegada, quan deixà el preparat damunt d'un disc metàl·lic, el fil de metall col·locat als nervis tocà el disc, i es mostraren les mateixes contraccions. Exclosa qualsevol electricitat exterior, quedava clar que l'origen de les contraccions havia de ser al cercle que formaven la cuixa de la granota, el disc metàl·lic, i els ganxos metàl·lics.

Per tal de trobar el lloc de l'electricitat, Galvani col·locà la cuixa de granota sobre un plat de vidre o de cera (que són aïllants, i allò que s'aconseguia amb el disc ara es fa amb un arc conductor) i tocà, amb un tal arc, l'extrem del nervi crural en la medul·la espinal, d'una banda; els músculs de la pota, d'una altra. Si l'arc era de vidre no hi havia contraccions. Es formava

---

<sup>3</sup> *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, a *De Bononiensi Scientiarum et Artium instituto atque academia commentarii*, Bononiae : ex typographia Laelii a Vulpe, 1791, t.VII, pàg.364.

un arc en part de coure, i l'altra part de ferro, o de coure i plata, llavors hi havia contraccions. També n'hi havia quan l'arc era sols de ferro: això darrer el portà a creure que l'arc metàl·lic sols feia de conductor, i que la font de l'electricitat estava en l'organisme.



Quadre 3 de l'escrit de Galvani

Galvani perllongà els experiments en moltes direccions. Suposà, però, que hi havia una electricitat pròpia dels animals: es trobaria als nervis, i passaria als músculs<sup>4</sup>.

No cal dir que aviat es feren tot tipus d'interpretacions a propòsit de la manera de comprendre l'electricitat en aquestes experiències en la línia de Galvani (àdhuc Alexander von Humbolt s'arreglerà com a partidari de la teoria galvànica i contra el parer de Volta). Així i tot alguns físics i metges ja apuntaren que podria ser un error extreure esclariments fisiològics de les recerques de Galvani, que potser l'electricitat animal no existia, que sols s'havia demostrat l'excitabilitat dels nervis per l'electricitat, que calia cercar potser més aviat l'estímul en els metalls, etc.<sup>5</sup>

## **2. Volta a través de l'electricitat animal.**

El 1793 Volta encara era partidari de l'electricitat animal, a la qual dedicà diferents treballs, i el seu lector hi va constatant una línia d'experiments i d'observacions que prefiguren el que serà més tard la seva teoria de l'origen de l'excitació.

Entre les moltes experiències d'aquest període hi ha les dels efectes del corrent elèctric en els òrgans: quan l'arc de

---

<sup>4</sup> L'electricitat animal s'havia observat des de feia temps en el mateix home (alguns individus semblaven tenir-ne) i, sobretot, en alguns peixos que lliuren una descàrrega al seu contacte. Se'n feia, d'aquesta electricitat dels peixos, explicacions i localitzacions en òrgans: el treball de Galvani s'hauria de comprendre dins d'unes tals recerques.

<sup>5</sup> Com ja va passar en el segle XVIII aparegueren posicions que posaren unes esperances exagerades del paper de l'electricitat en la vida dels individus. Si Galvani esclaria la cuixa de granota com si fos una ampolla de Leyden, per què no ho podrien ser tots els músculs, i els nervis els corresponents conductors? ¿No hi havia una paral·lelisme d'estructura entre músculs i ossos? Etc.

tancament va de la part superior de l'ull a una d'inferior (comunament Volta la col·loca en la boca), apareix al moment del contacte una resplendor clara davant de l'ull. Ho explica encara en termes d'una excitació dels nervis òptics. Així mateix posa l'arc (full d'estany lligat amb un filferro a una moneda de plata o or) sobre la llengua amb la consegüent experiència gustativa. En especial, per exemple, ja s'hi concloïa que, per aconseguir els efectes, s'havia d'usar dos metalls, plom o estany, per un cantó, or, plata, coure, platí, llautó o ferro, per l'altre, en general formant un arc conductor o de tancament (posats en contacte, valgui el cas, per un filferro),

Certament no fou el primer a constatar les resultants gustatives dels fenòmens elèctrics: hi havia el precedent del polifacètic Johann Georg Sulzer (1720-1779), que arribà a unes conclusions semblants a les de Volta (calen, a frec de llengua, dos metalls, plom i plata, i que estiguin en contacte), però no ho esclareix elèctricament; i també d'un amic de Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799), que usà plom i plata per a l'experiència gustativa, que no lleva, però, el mèrit de Volta de fer-ho independentment i, amb el temps, de lliurar-ne la seva interpretació. Tanmateix Volta anà més enllà: quan l'estany és a la punta de la llengua, i la plata al centre, el gust és acidulat; quan s'intercanvien és alcalí, de vegades amarg. I la cosa important: el gust dura mentre dura el contacte (les sacsejades no s'observen així). Noti's que tot això dóna testimoni de la incisiva tasca observadora de Volta, i que palesa l'inici del que posteriorment serà la important diferència entre els efectes químics i els mecànics del corrent galvànic.

En aquests treballs del 1793 es troba el germen de la seva posterior llei de tensió. Divideix els metalls en tres categories: (1) estany i plom, (2) ferro, coure, llautó, (3) or, plata, platí. Hi ha electricitat quan s'usa un metall de (1) amb un de (2) o de (3); si el contacte és entre un de (2) i un de (3) no hi ha electricitat.

Fa notar que són necessaris dos metalls; no hi hauria efecte elèctric amb un sol metall de contacte: Volta creu poder cercar la causa d'això en la petita diferència de la constitució química o en la varietat de les superfícies.

### **3. El pas de Volta cap al galvanisme.**

El nostre autor avançava pas a pas en la seva evolució interpretativa que sols el contacte de metalls era l'únic origen de l'excitació elèctrica. Galvani — Volta no s'estigué mai d'honorar el mèrit de Galvani —, com molts d'altres, no el podia seguir, i creia que l'arc metàl·lic treballava només com a descarregador, com ho faria en una ampolla de Leiden un filferro que connectés el cobriment extern i el ganxo o filferro superior (això suposava que el metall feia sols de conductor i que no intervenia més).

L'any 1794 representa el de la lluita oberta de Volta contra l'electricitat animal. Si fins al moment la defensa del contacte entre metalls com l'única causa de l'excitació elèctrica era un supòsit, assajà ara de provar-ho.

Preparà una cuixa de granota, submergí el nervi crural en un gotet d'aigua, el final del múscul de la cuixa en un altre gotet d'aigua, i usà un fil d'acer com a arc entre les aigües dels gotets; hi observà de tres a quatre contraccions. Volent més contraccions, enfonjà un cap del fil d'acer en aigua bullint mentre l'altre el mantenia fred; uní les dues cassoles de nou amb aquest arc i hi aconseguí tres o quatre contraccions. Ocorria el mateix si duia el cap del fil d'acer fins a la roentor i a l'estovament: per tant les diferents dureses i temperatures dels caps del fil d'acer d'un mateix metall lliuraven manifestacions elèctriques; ho provà amb fils de plata, or, estany, i suposà que una cosa sembla ocorria en aquells casos on el fil no rebia un tractament exprés. Tot plegat suposava la intervenció dels metalls en l'origen de l'excitació elèctrica.

També esdevingué una bona prova la recerca que féu amb una cadena d'individus connexos i aïllats. El primer premia el globus de l'ull del segon amb un dit seu, mentre el tercer tocava la llengua del segon amb la mà, i amb l'altra mantenia un extrem d'un preparat de granota, el segon extrem del qual era sostingut per un quart individu. Quan el primer i el quart, les mans humitejades, agafaren dos metalls diferents, i feren tocar un metall amb l'altre, es desencadenaren contraccions en la cuixa de la granota, una impressió lumínica en l'ull del segon individu, la llengua del qual experimentà la sensació d'acidesa; però si el primer i el quart s'agafaven de les mans sense els metalls no passava res. Volta digué que aquesta electricitat es pot anomenar tan «metà·lica» com «animal». Per a un corrent elèctric calien doncs tres conductors en un circuit, dos metà·lics i un fluid (o dos fluids, i un metà·lic). Distingí entre conductors secs i humits, i expressà que tres metalls en contacte no produeixen cap electricitat.

Mentre Volta no volia disminuir el mèrit de Galvani,— ja l'any 1796 el primer usà la caracterització de «galvanisme» —, aquestes recerques el feren passar, de parlar de l'excitació de l'electricitat en el contacte entre metalls i cuixa de granota, a assumir-la entre dos diferents metalls (l'un positiu i l'altre negatiu, com mostra l'electroscopi).

Certament el mateix Galvani aconseguí contraccions sense el concurs de metalls (tocant el nervi crural amb el múscul de la cuixa de la granota): Volta ho interpretà d'acord amb els, per ell anomenats, conductors de segons classe, els fluids, de manera que aquí se suposés una diferència entre els llocs de contacte de nervi i múscul (una diferència de tensió elèctrica per les diferents constitucions químiques o també per les diferents característiques de les superfícies), excloent-hi qualsevol electricitat produïda per processos de la vida animal.

#### 4. La pila voltaica.

El primer descobriment dels efectes químics del galvanisme és del gener de 1795 a Oxford, quan el Dr. Asch<sup>6</sup> observa que el corrent galvànic altera els fluids, especialment l'aigua: un disc de zinc i un de plata separats per una capa d'aigua fan que aparegui òxid de zinc a la superfície del zinc, format per zinc i oxigen de l'aigua. Von Humboldt ho repetí i remarcà que durant l'oxidació apareixien bombolles des de la plata, que pujaven i que contenien hidrogen<sup>7</sup>.

En efecte prou investigadors multiplicaren els experiments en uns anys d'acabament del segle on encara no estava decidida la lluita a favor o en contra de l'electricitat animal. Una comissió de la secció matemàtica i física de l'Institut nacional de França, presidida per Coulomb, es proposà el 1797 precisament d'investigar l'electricitat animal. El resultat fou que confirmà les recerques de Volta, però no anà més enllà.

El 20 de març de 1800 Volta escriví a Joseph Banks, president de la Royal Society, on comunica allò que més tard s'anomenà la pila voltaica.

«Sí, l'aparell de què us parlo, i que sens dubte us sorprendrà, no és sinó l'agrupament d'un nombre de bons conductors de diferent espècie, ordenats d'una certa manera. 30, 40, 60 peces, o més, de coure, o millor de plata, cadascuna aplicades a una peça d'estany, o, el que és molt millor, de zinc, i un nombre igual de capes d'aigua, o d'algun altre humor que sigui millor conductor que l'aigua simple, com l'aigua salada, el lleixiu, etc., o uns trossets de cartó, de pell, etc., ben embeguts d'aquests humors; d'unes tals capes interposades en cada parella o combinació de dos metalls diferents, d'una tal tanda alternativa, i sempre en el mateix ordre, d'aquestes tres espècies de conductors, heus aquí tot el que constitueix el meu instrument: que imita, com he dit, els efectes de l'ampolla de Leiden, o de les bateries

---

<sup>6</sup> Cf. Johann Karl Fischer *Geschichte der Physik: seit der Wiederherstellung derselben bis auf die neuesten Zeiten* 1802, VIII, pàg.648-654.

<sup>7</sup> Ídem, pàg.654.



elèctriques, tot lliurant les mateixes commocios que aquestes; que, la veritat sigui dita, resta molt per sota de l'activitat de les dites bateries ben carregades, quant a la força i al soroll de les explosions, a l'espurna, a la distància en la qual pot operar-se la descàrrega etc., igualant sols els efectes d'una bateria carregada en un grau molt feble, d'una bateria, tanmateix que té una capacitat immensa; però que d'altra banda sobrepassa infinitament la virtut i el poder d'aquestes mateixes bateries en el fet que no té necessitat, com aquestes, de ser carregada per endavant, mitjançant una electricitat forastera; i en el fet que és capaç de lliurar la commoció totes les vegades que se la toca convenientment per més freqüent que siguin aquests tocaments»<sup>8</sup>.

Es tracta de la pila voltaica: una resultant reiterada de la recerca del contacte metàl·lic que mostra electricitat en els dos extrems de la pila construïda, en un cap positiva i en l'altre negativa, de tal manera que, si la columna de plats seguia l'ordre de plata, zinc i cartó, el final inferior era negatiu, el zinc superior positiu. Volta recobria la pila amb cera o amb pega per a preservar els trossos de cartró de la sequedat i així aconseguir que la pila durés més; i es podien unir diferents piles guardant sempre l'ordre de metalls, de manera que millorava el resultat obtingut.

En la mateixa carta descriu una segona forma, diguem-ne, de pila, «la corona de tasses» [Fig.1]: tasses de vidre o de porcellana, amb aigua (o una solució amb sal de cuina), on s'introdueix tires de coure o plata i de zinc, que surten de les tasses de manera que el braç Aa, o solament l'extrem A, de la primera tassa és de coure, i l'altre extrem Z se submergeix a la tassa següent i és de zinc, i així successivament per a les diferents tasses. Llavors l'extrem de coure de la primera tassa és elèctricament negatiu, el de zinc de l'última positiu.

---

<sup>8</sup> Alexander Volta, *On the Electricity excited by the mere Contact of Conducting Substances of Different Kinds*, a *Philosophical Transactions* 1800 90, pàgs.403-431. El gràfic es troba a la mateixa publicació, i la citació a pàgs.404-405.



Les gibrelles contenen aigua, on se submergeix una làmina metàl·lica o un fil metàl·lic gruixut: serveix per comprovar, augmentats, ficant-hi els dits o la mà sencera (l'altra a l'altra extrem de la columna, o a l'altra gibrella) els efectes del corrent.

Volta prova, amb aquest aparell, tota mena de processos d'excitació: impressions visuals, sensacions gustatives, espetecs; és a dir, les manifestacions que s'anaven lliurant amb el galvanisme. Estudià un possible paral·lelisme entre la seva pila i els aparells dels peixos elèctrics com el torpede, i de fet també l'anomenà, la pila, «òrgan elèctric artificial».

Com a aclariment dels efectes de les piles cregué que, quan dos cossos (metalls) de diferent poder conductor es toquen, s'origina un traspàs (Nicholson deia «energia») d'electricitat positiva de l'un a l'altre, menor si el contacte es feia a través d'un fluid. També que era indiferent la mida de la superfície de contacte del metall (la superfície de contacte amb l'aigua havia de ser gran, però). Si es treballava amb zinc i plata la cosa millor era remullar el drap senzillament amb aigua o amb aigua salada — si amb estany era preferible el lleixiu alcalí. Tot això es pot seguir en la carta del 20 de març de 1800.

## **5. La descomposició de l'aigua amb l'ajuda de la pila voltaica.**

Dalt s'ha esmentat el descobriment del Dr. Asch, i ara cal recordar també<sup>9</sup> que el 1796 l'italià Fabbroni i el metge alemany Crève notaren que, en submergir dos metalls que es toquen en aigua, hi ha una descomposició de l'aigua, el zinc agafa l'oxigen de l'aigua i fa òxid de zinc (cosa que no s'esdevé quan hi ha sols zinc a l'aigua). Les explicacions, però diferien: Crève ho atribuï a un efecte elèctric dels metalls contactats sobre l'aigua, i que la mateixa electricitat estava formada d'hidrogen i de matèria calòrica (opinió que més tard rebutjà). Fabbroni deduí l'oxidació per les relacions de cohesió i atracció entre el zinc i l'aigua, i pensava que l'electricitat no era l'origen de la descomposició,

---

<sup>9</sup> Cf. Fischer, *Geschichte* 1806, VIII, pàg.648.

sinó la seva conseqüència: fou doncs un precursor de la teoria química dels elements galvànics més tard seguida per molts.

Per tant, malgrat que els anglesos William Nicholson (1753-1815) i el seu amic Antony Carlisle (1768-1840) no foren els primers a descompondre l'aigua a través d'un corrent elèctric, sí que foren els primers a planificar la recerca i a assenyalar els dos gasos de què constava: l'hidrogen i l'oxigen.

En efecte<sup>10</sup> el 30 d'abril de 1800, la pila estant ordenada d'acord amb la seqüència — de baix a dalt — plata-zinc-cartó (posat en aigua salada), feren vessar unes gotes d'aigua sobre el zinc superior (per a millorar el contacte). Carlisle observà petites bombolletes al voltant del fil metàl·lic [que comunica el dos pols], que Nicholson provà que era hidrogen.

Això, conjuntament amb d'altres fets, portaren Nicholson a proposar trencar el circuit amb la substitució d'un tub d'aigua entre els dos fils metàl·lics. El 2 de maig inseriren un fil de llautó<sup>11</sup> a través de cadascun dels dos suros que taponaven (per dalt i per baix) un tub de vidre de mitja polzada<sup>12</sup> de diàmetre. El tub fou omplert amb aigua, i la distància entre els punts extrems dels fils dins l'aigua era d'una polzada i tres quarts.

Quan es posaren en contacte els finals externs dels fils amb els extrems de la pila, començaren a aparèixer petites bombolles des del punt del fil inferior dins del tub, fil que duia a la placa de plata [el negatiu]; el punt oposat del fil superior anà perdent el llustre, després esdevingué taronja fosc, més tard negre.

En les dues hores i mitja de duració l'hidrogen anà sortint del pol negatiu, i mentrestant petits grumolls blanquinosos

---

<sup>10</sup> Tot això explicat per Nicholson en una molt interessant exposició a *Account of the new Electrical or Galvanic Apparatus of Sig. Alex. Volta, and Experiments performed with the same*, Journal of natural philosophy IV, 1800, pàgs.179-187

<sup>11</sup> Recordi's que el llautó és un aliatge de coure i de zinc.

<sup>12</sup> Una polzada fa 2,54 cm.

s'anaren formant en el positiu, que aviat es feien de color verd pèsol, es formaren uns fils que penjaven fins que queien sobre la paret del vidre del tub (la inclinació de l'aparell era de 40°). El gas que brollà en les dues hores i mitja fou la de dues tercers parts d'una polzada cúbica.

El dia 6 de maig Carlisle repeteix l'experiment amb fils de coure i amb tintura de tornassol. Hi hagué oxidació del fil metàl·lic pel cantó de la peça de zinc de la pila, el positiu, la tintura canvià a vermella per aquest cantó (romangué blava en l'altre): semblava formar-se un àcid; Carlisle repetí diferents experiments en aquesta direcció, on hi havia la mateixa descomposició de l'aigua, amb l'aparició d'oxidació en un pol, hidrogen en l'altre; o també on la salt comuna es descomponia.

Carlisle ocupat en d'altres assumptes, Nicholson ho continuà. La descomposició de l'aigua i l'oxidació del fil metàl·lic li donà peu a una varietat d'especulacions i projectes d'experiments. Entre d'altres la qüestió de quina seria la resposta amb metalls d'oxidació difícil.

Nicholson ho provà doncs amb dos fils metàl·lics de platí: connectat el circuit (amb el tub més o menys com abans), el costat de la plata lliurà un corrent abundós de fines bombolletes, i el costat del zinc també un corrent de bombolletes menys copiós. No hi hagué cap enterboliment ni oxidació en els curs de les quatre hores contínues de l'operació «Era natural de conjecturar que el corrent més gran del costat de la plata era hidrogen, i el més petit oxigen». Amb els fils d'or hi havia els mateixos efectes. Després un dels fils metàl·lics d'or fou substituït per un de llautó: quan aquest llautó era al costat negatiu (o de la plata) hi havia alliberament de gasos sense oxidació; quan el llautó únic (l'altre fil metàl·lic d'or) es col·locà en el costat positiu esdevingué oxidat de la mateixa manera com si els dos fils metàl·lics fossin de llautó.

«La simple descomposició de l'aigua per fils metàl·lics de platí sense oxidació oferia un mitjà d'obtenir els gasos separats l'un de l'altre». L'experiment es pot esquematitzar així: agafà dos tubs, cadascun tancat amb dos suros, amb aigua dins, mentre els dos fils de platí travessaven els respectius suros i sortien per fora dels tubs; més enllà, i a través del respectiu suro oposat (és a dir, pels costats per on els fils de platí han entrat), es feien allargar amb fils de coure. Els fils de coure servien per a connectar-se a la pila. Llavors submergí els dos tubs en un receptacle amb aigua i col·locà les puntes externes de platí sota de dos gots invertits i submergits, que contenien també aigua, de manera que els gasos que es formessin tendissin a restar dins de cada got; tot es féu procurant que la distància entre els dos extrems dels fils de platí fos d'unes dues polzades. Connectat tot, l'experiment prosseguí durant tretze hores: abocà els gasos recollits en ampolles plenes d'aigua i pesà les quantitats d'aigua desplaçada pels gasos (l'aigua desplaçada pel gas sortit pel costat de la plata pesava gairebé el doble que la desplaçada pel gas sortit del costat del zinc). [La densitat de l'aigua essent constant, la relació de pesos és la relació de volums d'aigua desplaçada]. I llavors «s'apropen a les proporcions de volum (*bulk*) segons les quals les parts corresponents de l'aigua» s'estableix que són. Nicholson admet però que amb aquest experiment no s'hauria evitat la pèrdua d'algunes bombolles per la superfície de l'aigua del receptacle, àdhuc alguna desviació cap al got invertit sobre l'altre fil de platí, i proposà de millorar-lo.

Després ho provà amb fils metàl·lics de coure (havien de trobar-se a una tercera part de polzada de distància), l'aigua contenint àcid muriàtic [àcid clorhídric]: el fil negatiu alliberà una mica d'hidrogen, i quan ho aturà hi hagué una deposició de coure sobre seu, mentre el positiu es va corroir sense presentar oxidació.

Carlisle comprovà que no hi havia canvis en la temperatura de l'aigua.

Malgrat no poder-hi recollir els seus experiments en el detall, havent-ho fent amb Nicholson i Carlisle, cal afegir si més no que, independentment dels autors anglesos, l'alemany Johann W. Ritter (1776-1810) escriu el setembre de 1800 que la pila li permet descompondre l'aigua, obtenir els dos gasos, i la seva nova conversió en aigua. També usà l'amoníac en la pila per a obtenir el precipitat de coure des del sulfat de coure. Aquesta cerca de descompondre els fluids va ser seguida per molts.

## **6. La força (tensió) elèctrica en els pols de la pila.**

Volta afirmà la identitat de l'electricitat que té un origen en el fregament i el corrent galvànic: eren idènticament electricitat i tenien la mateixa condició. Malgrat això molts contemporanis seus consideraven el galvanisme quelcom diferent a la l'electricitat; Ritter, per exemple, defensà que aquesta última no descomponia l'aigua, mentre que paradoxalment el mateix Ritter mostrà que els pols de diferents signe d'un pila s'atrauen, i els del mateix signe es repel·leixen.<sup>13</sup>

En una carta del 29 d'agost de 1801 a Ambrosius Barth de Leipzig, Volta creu poder convèncer tots els escèptics que el galvanisme no és res més que electricitat, i ho provà carregant una bateria (electrostàtica) amb les seves piles.

El 1 d'octubre arribà a París, el 8 d'octubre Christian Heinrich Pfaff (1773-1852) escriu una important carta de la

---

<sup>13</sup> El 1800 ja es construeix el primer galvanòmetre, obra de Robertson: s'agafa un tub de vidre de dues polzades de llarg i una línia d'amplada, s'omple d'aigua, es col·loca un fil de plata per un cantó i un de zinc per l'altre; llavors, havent-ho connectat a la pila, una escala permet llegir la quantitat d'hidrogen que es produeix (l'oxigen forma amb el zinc òxid de zinc). Per tant es tracta d'un galvanòmetre que té en compte els efectes químics del corrent.

comesa de Volta a la ciutat (on per primera vegada es parla de la tensió elèctrica en els pols de la pila, cf.més avall). El 7 i el 21 de novembre Volta llegeix la primera i la segona memòria a l'Institut nacional, i es nomena una comissió de l'Institut per a repetir les recerques (hi són Laplace, Coulomb, Hallé, Monge, Fourcroy, Vauquelin, Pelletan, Charles, Brisson, Sabathier, Guyton i Biot: aquest darrer, en nom de la comissió, féu la relació el 1 de desembre de 1801).

L'informe de Jean Baptiste Biot (1774-1862)<sup>14</sup> esdevé un resum dels descobriments i dels experiments de Volta, repetits per la comissió, i aquí bastarà de recollir el tractament que es fa de la força elèctrica. En efecte l'escrit rebla que, coure i zinc posats en contacte, una part de l'electricitat del coure (que es fa negatiu) passa al zinc (que es fa positiu).

Biot resum el següent: si hom forma una làmina metàl·lica amb dos trossos, l'un de zinc i l'altre de coure, soldats, i agafa amb els dits l'extrem de zinc, quan toca amb l'extrem de coure el plat superior (el disc col·lector) de coure d'un condensador, aquest es carrega negativament. Si s'agafa l'extrem de coure de la làmina, i es fa el mateix, la part de zinc no comunica electricitat al condensador. Però sí si s'hi col·loca enmig un paper embegut d'aigua pura: el condensador es carrega positivament (també es carrega, però negativament, si es fa el mateix amb el cantó de coure).

L'explicació de Volta fa: quan s'agafa la làmina pel cantó del coure una part del seu fluid elèctric passa al cantó del zinc que, en contacte amb el disc de coure del condensador, fa que aquest tendeixi a descarregar-se amb una força igual (a la que fa l'altra part de coure), i el zinc no pot transmetre res.

Quan es col·loca un paper mullat no hi ha contacte, es perd la «propietat motriu de l'electricitat» entre aquests metalls,

---

<sup>14</sup> *Rapport sur les expériences du citoyen Volta, par le citoyen Biot, Mémoires de l'Institut national, t.V, pàgs.195-222*



ahora que l'aigua atura molt poc<sup>15</sup> la transmissió del fluid des del zinc al condensador, i aquest pot carregar-se positivament.

«És fàcil segons aquesta teoria d'explicar la pila del ciutadà Volta. Per a fer-ho amb més simplicitat, suposem que se la forma sobre un aïllant, i representem per la unitat l'excés d'electricitat que ha de tenir una peça de zinc sobre una peça de coure que toca immediatament<sup>16</sup>.

«Si la pila només està composta de dues peces, l'una inferior de coure, l'altra superior de zinc, l'estat elèctric de la primera serà representada per  $-\frac{1}{2}$ , i el de la segona per  $+\frac{1}{2}$ .

«Si s'hi afegeix una tercera peça, que ha de ser de coure, caldrà, per tal que s'hi faci un desplaçament de fluid, separar-la, per un cartó mullat, de la peça de zinc inferior; llavors la peça de coure haurà d'adquirir el mateix estat elèctric que aquesta darrera, almenys negligint l'acció pròpia de l'aigua que sembla força petita, i potser també la molt feble resistència que aquest líquid, com a conductor imperfecte de l'electricitat, pot oposar a la comunicació. L'aparell estant aïllat, l'excés de la peça superior no pot adquirir-se que a les expenses de la peça de coure que és a sota: llavors els estats respectius d'aquestes peces no seran més les mateixes de l'experiència precedent, i esdevindrà:

«Per la peça inferior, que és de coure  $-\frac{2}{3}$ ;

«Per a la segona, que la toca i que és de zinc,  $-\frac{2}{3} + 1$  o  $\frac{1}{3}$ .

---

<sup>15</sup> L'explicació suposaria que el paper interromp els intercanvis entre metalls per contacte, i que sols hi ha, l'aigua no obstaculitzant massa, una transmissió d'un cos carregat cap a l'altre. Això és important per a assumir la necessitat d'un material mullat entre dues parelles de la pila.

<sup>16</sup> «Les quantitats d'electricitat acumulades en un cos enllà del seu estat natural són, totes les circumstàncies iguals, proporcionals a la força repulsiva amb què les molècules del fluid tendeixen a separar-se les unes de les altres o a repel·lir una nova molècula que se'ls intenta d'ajustar. Aquesta força repulsiva, que en els cossos lliures es troba compensada per la resistència de l'aire, constitueix el que anomenem la *tensió* del fluid; tensió que no és proporcional a la separació de les palles de l'electròmetre de Volta, ni de la boles en el de Saussure, i que no pot ser mesurada exactament més que per mitjà de la balança elèctrica» [*nota del text francès*].

Biot separa «quantitat d'electricitat» i «tensió» (o «força»). La «tensió» sols seria trobada a través de la balança de torsió.

La tercera que és coure, i que està separada de la precedent per un cartó mullat, tindrà la mateixa quantitat d'electricitat, és a dir,  $+\frac{1}{3}$ ; i la suma de les quantitats d'electricitat perduda per la primera peça, i adquirida per les altres dues, serà encara igual a zero, com en el cas de les dues peces<sup>17</sup>.

«Si hi afegim una quarta peça, que serà de zinc, haurà de tenir una unitat de més que la de coure, a la qual està immediatament superposada: aquest excés no podent-se adquirir que a expenses de les peces inferiors, perquè la pila està aïllada, farà tenir:

«Per a la peça inferior, que és de coure  $-1$ ;

«Per a la segona peça, que la toca i que és de zinc,  $0$ , és a dir, que es trobarà en l'estat natural;

«Per a la tercera peça, que és coure, i que està separada de la precedent per un cartó mullat,  $0$ : també es trobarà en l'estat natural.

«Per fi, per a la peça superior, que és de zinc, que està en contacte amb la precedent,  $+1$ .

«Seguint el mateix raonament es trobarà els estats elèctrics de la peça de la pila, suposant-la *aïllada* i formada d'un nombre qualsevol d'elements; les quantitats d'electricitat creixen, per a cadascun, des de la base al cim de la columna, seguint una progressió aritmètica, la suma de la qual seria igual a zero».<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> És a dir, l'electricitat que transmet la peça de cinc al coure superior, més la del zinc, ha de sumar zero amb la lliurada pel coure inferior. Llavor se cerca els càlculs corresponents. Això es perllonga convenientment als afegits de peces, amb el ben entès que Volta ho hauria seguit experimentalment (cf. més avall).

<sup>18</sup> Ídem, pàgs.199-201. Biot afegeix en el primer apèndix que, si  $n$  és el nombre dels elements dobles d'una pila ( $2n$  el nombre total de peces), i  $x$  representa la quantitat d'electricitat acumulada en la peça superior de zinc (la de la base la suposem de coure) més enllà del seu estat natural, llavors les tensions de les diferents peces de zinc són [si és una columna que acaba en el zinc per la part superior, i de dalt a baix]:

$$x, \quad x - 1, \quad x - 2 \dots \quad x - (n - 1).$$

Les de coure [de dalt a baix]:

$$x - 1, \quad x - 2, \quad x - 3 \dots \quad x - n.$$

Sumant, igualant a zero, i aïllant  $x$   $x = \frac{n}{2}$ .

Etc.

Si ara es posa en contacte el disc inferior de coure (el pol negatiu) amb el terra, aquell disc recupera l'electricitat perduda i retorna a 0.

«Però el seu estat elèctric no pot canviar sense que el de les peces superiors variï, perquè la diferència elèctrica de les unes a les altres ha de ser sempre la mateixa en l'estat d'equilibri. Caldrà doncs de totes les quantitats negatives de la meitat inferior de la pila siguin neutralitzades a expenses del reservori comú».

El zinc contigu serà +1, igual que el segon disc de coure que s'hi troba per damunt; el següent disc de zinc que està per sobre del seu disc associat de coure agafarà +2, igual que el següent disc de coure, etc. L'electricitat dels diferents discos segueix una progressió aritmètica segons el nombre de les parelles de discos.

S'assenyala que això és el que passa amb un condensador. Quan es toca el disc superior d'un condensador (l'inferior connectat a terra) amb el pol superior de la pila quan ha estat aïllada, ocorre molt poca cosa (es carrega feblement); coneti's el pol inferior de la pila a terra, i llavors el disc superior del condensador es carrega amb la mateixa tensió que el pol del cas, la càrrega s'hi palesa ostensiblement i àdhuc amb espurnes.

L'informe de Biot també conté la llei de la tensió: posi's plata, coure, ferro, estany, plom, zinc, l'un darrera de l'altre; cadascun esdevindrà positiu pel contacte amb el que el precedeix, negatiu pel contacte amb el que el segueix. L'electricitat passarà doncs — en termes franklinians — de la plata al coure, del coure al ferro, del ferro a l'estany, etc. Llavors el següent: la força motriu de la plata al cinc és igual a la suma de les forces motrius dels metalls que estan compresos en la sèrie. Això vol dir que els metalls extrems es trobaran sempre en el mateix estat que si es toquessin immediatament,

independentment dels metalls que s'hi col·loqués entre els dos, etc.

En la segona comunicació de Volta el 21 de novembre del mateix any a l'Institut nacional augmentà el nombre d'elements a considerar en la sèrie tensional. Com a unitat torna a agafar la parella del coure i de la plata (recordi's que Volta pensava aquesta tensió com una força que feia que, des del punt de contacte, l'electricitat sortís impel·lida i es disposés en l'altre cap), i mesurà d'acord amb això (i amb la llei de la tensió) les forces entre els diferents metalls; també amb fluids, que constituïen una segona classe de conductors (així mateix prestà atenció als cossos dels peixos elèctrics tot apuntant una tercera classe de conductors).

Seguint els passos de Volta d'altres autors ampliaren la sèrie tensional (per exemple, el mateix Ritter) i s'interessaren per un fenomen dels metalls quan, fent de pols, semblen canviar la naturalesa de la seva electricitat (i que es deu als efectes dels fluids).

## **6. Una quantificació de força elèctrica.**

1. En l'aportació de Volta, d'acord amb l'escrit de Biot, s'hi troba una combinació d'afers, sens dubte a descabdellar més sistemàticament en temps posteriors, que es fa rellevant: els experiments explícits fets amb les peces metàl·liques i el condensador, amb tots aquests i el conductor humit, de la pila aïllada amb condensador i amb ampolla de Leiden, i de la pila connectada a terra amb aquests mateixos (i s'insinua alguna mesura a fer amb la balança de torsió, no feta explícita en cap lloc).

Aquí caldria afegir algun aclariment prou interessant de la manera de treballar de Volta tal o com escrigué Pfaff en la missiva esmentada. La carta, que de fet fa un resum del conjunt de l'exposició de Volta, conté a propòsit de la tensió i de les seves mesures el següent:

«La característica de l'electricitat originada per la pila voltaica és una tensió petita amb una velocitat extraordinària. Volta mesura aquesta tensió amb una

precisió meravellosa, des del primer parell de discos fins a la quantitat de més de cent parells de discos, per mitjà d'un bon condensador i de l'electròmetre de bri de palla. Un sol parell de discos té una tensió tan petita que a penes causa una seixantena part d'un grau del seu electròmetre de bri de palla, cada grau del qual fa mitja línia, i per consegüent no pot dar-se a conèixer sense el condensador. Mostra, fent provatures, l'augment d'aquesta tensió de parell de discos a parell de discos; 60 parells de discos tenen ja una tensió d'un grau de seu electròmetre de bri de palla, i el condensador ja no és més necessari per a la seva representació»<sup>19</sup>.

2. Els experiments lliurarien si més no una seqüència d'esdeveniments que anirien en la direcció del que s'exposa. Hi hauria la confirmació que, la pila aïllada, els extrems es troben carregats, el punt mitjà no, etc., la pila connectada a terra fa que el disc inferior no estigui carregat, el superior manifesti força càrrega, etc. La seqüència numèrica dels pars en la pila aïllada o en connexió no faria més que suggerir i ajustar el que s'hi proposa. S'avança una progressió convidat pels experiments i les comprovacions.

En l'informa de Biot, s'hi expressa que l'excés d'electricitat d'una peça de zinc respecte d'una de coure *es representa per la força repulsiva* que constitueix *la tensió* del fluid elèctric. Hi hauria com un model de tensió elèctrica en termes de força.

Hi ha doncs un entrellaçament d'experiments i d'una quantificació elemental (i una seqüència numèrica) que suposa alhora *una innovació* des d'un afer ja tradicional: aquesta força repulsiva (Biot s'expressa d'acord amb la doctrina de Franklin), al capdavall força, tensió elèctrica<sup>20</sup>, entesa pel cap baix com a quelcom que pot general un corrent galvànic.

---

<sup>19</sup> Aquest text, que forma part de la carta del professor C.H.Pfaff, es troba a *Neueste Untersuchungen Volta's, den sogenannten Galvanismus betreffend*, a Gilbert, *Annalen der Physik* IX, 1801, pàg.491.

<sup>20</sup> Com a força Biot interpreta que sols se la podria saber amb precisió per la balança de torsió, i no per l'electroscopi de Volta.

## II

# UNES RECERQUES CENTRADES EN LA PILA VOLTAICA

Hi hagué una gran quantitat d'investigadors naturals que conrearen amb interès tot el referent al galvanisme, i n'esmentarem alguns. Entre les moltes aportacions d'aquests anys cal destacar la de Davy per la importància a propòsit de la teoria química de l'electricitat, a més d'oferir la manera d'analitzar els cossos naturals a la cerca dels elements.

### 1. Alguns aparells i mesures.

Una de les conseqüències de la pila voltaica, i de la descomposició de l'aigua, fou la construcció d'un galvanòmetre<sup>21</sup> per M.Maréchaux (1764 - 1807) a l'estil de Robertson, feta amb la hipòtesi que la força descompositora d'aigua, de la pila, era proporcional a la força elèctrica absoluta de la pila (o com a mínim, si no s'acceptava, a la seva força química). Constatà la dependència, de la quantitat d'aigua descomposta, de la distància entre els fils metàl·lics (una separació de tres línies semblava l'òptima), els millors dels quals era la combinació zinc i molibdè (després zinc i plata, després zinc i coure, etc.).

El mateix Maréchaux enginya el que anomenà microelectròmetre, que servia per a mesurar l'atracció i la repulsió en les piles. La seva descripció és la següent:

«Dins d'un cilindre de vidre, ample prop de  $1\frac{1}{2}$  polzades, i alt de 5 o 6 polzades, es penja una fulla de plata amb una pinça petita que es pot fer pujar

---

<sup>21</sup> En l'accepció comuna d'un aparell per a mesurar o detectar corrents elèctrics, tal i com diu el seu nom.

o baixar segons com ho exigeixi la llargada de la fulla. Igualment es pot moure horitzontalment l'ajust que porta la pinça per tal de poder allunyar i apropar a voluntat la fulla de plata a una bola de coure. Tot això és un dels pols de l'instrument.

El cilindre de vidre, prop de 1" per damunt de la placa sobre la qual es troba fixat, és traspassat per un petit forat rodó pel qual passa l'extrem d'un cargol de micròmetre, de l'espessor d'un canó gruixut de ploma, i buidat amb molt cura. Duu una canal [*el solc transversal del cargol*] molt fina, i alhora molt profunda (50 passos per una polzada del Rin). La femella és feta amb dues peces, i cal que tingui, a fi de prevenir qualsevol batzegada, almenys  $\frac{3}{4}$  de polzada de llargada. L'extrem d'aquest cargol porta una petita bola que es munta sobre el cargol després que aquest hagi passat per l'obertura del cilindre. Es té cura que el cargol no toqui, quan se'l gira, les vores del cilindre, a fi d'evitar qualsevol fregament contra el vidre. El cargol del micròmetre porta una placa de  $3\frac{1}{2}$  polzades de diàmetre, placa dividida en 360 parts i que reparteix per conseqüent cada gir en aquestes parts.

D'aquesta manera s'és en estat de determinar l'esfera d'activitat de dues electricitats, en 18000" [*360x50*] en una polzada del Rin. En la muntura on es fixa la femella del cargol del micròmetre hi ha una petita columna que avança per la placa [*de 3,5 polzades de diàmetre esmentada dalt*]. I porta un índex [*una agulla fina*] que marca exactament els graus»<sup>22</sup>.

Bàsicament es tracta de carregar la fulla de plata i la bola de coure amb els dos pols d'un pila, o amb dos metalls. Llavors es fa girar de grau en grau el cargol fins que s'aconsegueix que la fulla d'argent deixi la vertical i encalci la bola del cargol, mentre es té en compte els graus que la fulla de plata s'allunya de la vertical, i els graus que ha calgut fer girar el micròmetre des del zero inicial.

Amb aquest electròmetre constatà que l'afirmació de Volta que dos parells de discos de la pila lliuren el doble d'electricitat, tres el triple, etc., no és correcta com sigui que no es dóna el

---

<sup>22</sup> Traduïm des de l'extracte publicat amb el títol *Description d'un micro-électromètre extrêmement sensible* par M. Maréchaux. El treball original es troba a Gilbert, *Annalen der Physik*, XVI, 1804, pàg.115. Per a la notícia del seu aparell, cf. *Journal de Chimie*, VI, 1804, pàgs.83-87.

doble, el triple, etc., sinó simplement més, perquè hi ha una pèrdua d'electricitat en cada cas. També provà amb aquest aparell que la llei de Coulomb eren vàlides per a les piles.

Maréchaux també lliurà mesures de l'electricitat de l'aire d'acord amb les hores del dia. Cal tenir present en aquest sentit les recerques sistemàtiques dutes a terme (1811) pel reconegut meteoròleg Gustav Schübler (1787-1834) a propòsit d'aquestes mesures i de les seves relacions amb la temperatura, la humitat i els fenòmens atmosfèrics (amb alternances d'electricitat positiva i negativa), realitzant nombroses observacions i publicant els seus resultants. També en aquest anys s'estudia l'origen de l'electricitat de l'aigua de pluja i, en conjunt, de com l'aigua s'electricitza; es continua l'estudi del foc de sant Elm, etc.

D'altra banda Paul Ludwig Simon (Berlin 1767-1815) mostrà que el pes de l'aigua descomposta era igual al pes dels gasos resultants; també que la relació de pes entre l'oxigen i l'hidrogen era de 85 a 15 (que certament conté algun error); i així mateix recomponia l'aigua des del gasos resultants de la descomposició.

## **2. La teoria del contacte i la teoria química.**

En aquests anys s'estudià intensament a Anglaterra els efectes químics. Humphry Davy (1778-1829) *partí del pressupòsit que els efectes de la pila voltaica deriven de les oxidacions dels metalls*<sup>23</sup>. La correcció d'això hauria de fer que una pila amb un sol metall engendrès tanta electricitat, si pogués ser el metall ben oxidat, com les altres. En paraules seves:

---

<sup>23</sup> Tot això a *An Account of Some Galvanic Combinations, Formed by the Arrangement of Single Metallic Plates and Fluids, Analogous to the New Galvanic Apparatus of Mr. Volta*, Philosophical Transactions 1801 91, pàgs.397-402.



«Aquests fets em van induir a suposar que l'alternança de dos cossos metàl·lics amb fluids era essencial a la producció d'un influx galvànic acumulat sols en la mesura que ofereix dues superfícies conductores de diferent grau d'oxidabilitat; i que aquesta producció tindria lloc quan plaques metàl·liques úniques poguessin connectar-se consecutivament per mitjà de fluids diversos, d'una tal manera, que sols una de les superfícies pogués sotmetre's a oxidació, l'arranjament essent regular.

«Amb aquest suposició vaig fer un nombre d'experiments amb diferents arranjaments de metalls sols i fluids; i després de molts processos varis, vaig ser capaç d'esbrinar que molts d'aquests arranjaments podrien ser actius, no sols quan hi hagués oxidacions, sinó igualment quan d'altres canvis químics tressin endavant en alguna de les seves parts».

David va construir doncs piles amb un metall, però amb diferents fluids segons tres disposicions diferents:

En una primera classe de piles amb un metall (estany o zinc) i dos fluids (un capaç d'oxidar una superfície del metall, l'altre no), amarava amb l'àcid i l'aigua uns trossos de drap (l'ordre era: estany – àcid nítric – aigua – estany – àcid nítric – aigua – estany, etc., col·locats en columna). Doncs bé: això formava una bateria galvànica capaç d'actuar feblement en els òrgans dels sentits, i, en aigua, produint les aparences comunes: el fil metàl·lic des de la superfície metàl·lica oxidant<sup>24</sup> feia que, descomponent aigua, aparegués hidrogen; i el fil metàl·lic (si és de plata) de la superfície no oxidant del metall dipositava òxid.

Una segona classe es constituïa d'aquells metalls (plata, coure, plom) que actuen sobre l'àcid sulfhídric o sobre sulfurs [*sulphurets*] dissolts en aigua (de manera que la sèrie, per exemple, podria ser: drap mullat en sulfur de potassa – metall – drap mullat en aigua, etc.). Feta la descomposició de l'aigua (amb fils de plata) es dipositava òxid en el fil connectat a la cara

---

<sup>24</sup> L'autor escriu «*the oxidating surface*» arreu, versemblantment d'acord amb una idea d'oxidació simplement com a procés actiu que afecta l'esmentada superfície.

de la placa metàl·lica amb alteració química, mentre que s'hi feia hidrogen en la cara en contacte amb l'aigua.

La tercera classe constava de substàncies metàl·liques (poden ser les mateixes de la segona classe) oxidables en àcids, i capaces d'actuar sobre solucions de sulfurs, i connectades, com a plaques, amb fluids oxidants i solucions de sulfur de potassa, i de tal manera que les cares oposades de cada placa rebien càrregues químiques diferents (l'ordre podia ser: drap amb sulfur – metall – drap amb àcid – drap amb sulfat de potassa –, etc.: el sulfat servia de separador). Amb la descomposició de l'aigua el fil connectat amb la superfície oxidant feia aparèixer hidrogen; el fil lligat a l'extrem on actuava el sulfur dipositava òxid si el fil era de plata, generava oxigen si era d'or.

La força de l'electricitat creixia des de la primera classe a la tercera.

La recerca de Davy era força important perquè semblava comprometre *la teoria voltaica del contacte (el contacte entre metalls produiria l'electricitat: els seguidors de Volta van afegir que l'oxidació dels metalls era una conseqüència de l'electricitat, i no a l'inrevés)*. De fet aparegueren de seguida partidaris de la teoria química de l'electricitat. Pel cap baix molts estudiaren la influència de l'oxidació en les piles<sup>25</sup>, i la lluita entre els partidaris de les dues teories durà prou temps fins que, més tard, primerament gràcies a Fechner, després i sobretot per mitjà d'homes com Christian Friedrich Schönbein (1799-1868), Gustav Heinrich Wiedemann (1826-1899) i Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822-1888), s'anà component una teoria

---

<sup>25</sup> Nicolas Gautherot (1753-1803) el 1802, i Ritter l'any següent, estudiaren el fet que dos elèctrodes de platí usats, o dues monedes d'or connectades a una pila, separats per un drap humit, podien fer un corrent una vegada desconnectats de l'aparell o de la pila voltaica. Volta ho explicà per la càrrega que suposaven, per això hi havia la descomposició de l'aigua del drap (amb un esclariment que més tard es comprendrà com a polarització).

de l'excitació elèctrica que prengué una posició conciliadora que esclaria satisfactòriament totes les aparences.

D'altra banda les recerques químiques de l'anglès fins al 1807 comprenen un reguitzell d'experiments amb tota mena de fluids i de sals a fi d'aconseguir descomposicions per mitjà de la pila voltaica. Entre d'altres resultats aconseguí aïllar el sodi i el potassi (fins llavors es considerava mes aviat els àlcals com a elements: va suposar que totes les terres alcalines eren compostes).

### **3. La teoria dels efectes químics del corrent elèctric.**

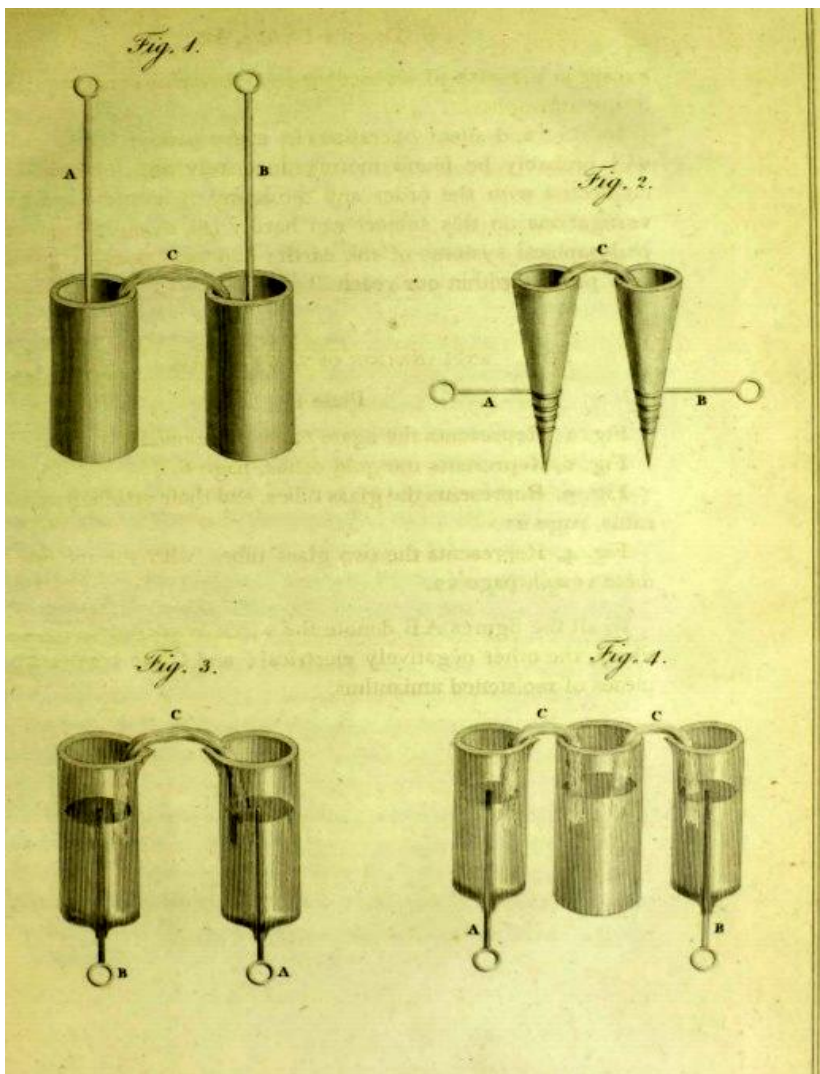
1. El 1807 Davy lliurà el treball a propòsit de la unió elèctrica entre les parts d'una substància<sup>26</sup>.

La rellevància és tan alta que convindrà de fer-ne un breu esment d'alguna de les seves parts.

Després d'una colla d'experiments per a comprovar que, si l'aigua és químicament pura, sols es descompon en hidrogen i oxigen (contra d'altres opinions), Davy hi féu palès una altra vegada que en tots els canvis en els quals és present matèria àcida i alcalina dins de cubetes on s'ha introduït fils metàl·lics connectats als pols de la pila, l'àcida va a parar dins l'aigua al voltant de la superfície metàl·lica electritzada positivament, i l'alcalina a l'entorn de l'electritzada negativament. Ultra això comprovà que els elements salins resultants de la descomposició per l'electricitat eren capaços de ser transferits des d'una superfície electritzada a l'altra, la base cap al cantó negatiu, l'àcid cap al positiu. L'ús de la tintura de tornassol i el safrà d'Índies per a manifestar la presència d'un àcid o d'un àlcali el féu adonar que l'efecte tenia lloc sobretot prop del fil metàl·lic corresponent positiu o negatiu, i no al receptacle intermedi que

---

<sup>26</sup> *The Bakerian Lecture: On Some Chemical Agencies of Electricity*, Philosophical Transactions 1807 97, pàgs.1-56.



(el gràfic pertany a The Bakerian Lecture)

connectava els altres dos receptacles (que són els que contenen els fils) per una peça d'amiant remullat, per on havia de passar l'element bàsic o àcid corresponent (cf. el gràfic, fig.4). Per això diu que col·locà en el vas intermedi àcid (o base) per a veure si impedia el transport dels elements alcalins (o àcids): en prou casos passaven igual, en d'altres podien fer allargar el desenvolupament de l'experiment. Després verificà que l'«electricitat comuna» (la de la màquina elèctrica) també descomponia i feia transferir els elements (com ho fa l'electricitat voltaica).

2. Tot seguit hi porta a col·locació el seu treball de 1801. Allí s'observà que quan s'usava solucions àcides i alcalines com a elements d'aquests instruments, les solucions alcalines rebien l'electricitat del metall, i els àcids la transmetien al metall<sup>27</sup>.

«En una sèrie d'experiments fets el 1801, a propòsit de la construcció de combinacions elèctriques per mitjà d'alternacions de plaques metàl·liques úniques, i diferents embeguts de fluids, vaig observar que, quan s'empren solucions àcides i alcalines com a elements d'aquests instruments, les solucions alcalines reben sempre l'electricitat del metall, i les àcides sempre la transmeten al metall; així, en un arranament els elements del qual eren estany, aigua, i solució de potassa, la circulació de l'electricitat anà des de l'aigua a l'estany, i des de l'estany a la solució de potassa; però en un arranament compost d'àcid nítric aigualit, aigua, i estany, l'ordre anà des de l'àcid a l'estany, des de l'estany a l'aigua» (pàg.32).

Cal adonar-se que tot això es refereix a la pila feta *amb un sol metall*. Però permet de suggerir una inferència per al comportament dels àcids i dels àlcalis que hi ha en les cubetes, i dels quals s'ha parlat dalt:

---

<sup>27</sup> Recordi's que, en aquesta època, és l'electricitat positiva la que es transmet, i que ara està parlant de les solucions que s'usen *dins* de la pila.

«Aquests principis semblen comportar una relació immediata amb el fenomen general de la descomposició i la transferència, que han estat l'objecte dels detalls precedents.

«En el cas més simple de l'acció elèctrica, l'àlcali que rep electricitat des del metall, en estar-ne separat, apareixeria necessàriament positiu; mentre l'àcid seria negatiu en unes circumstàncies similars; i aquests cossos tenint respectivament, cara als metalls, allò que pot anomenar-se una energia elèctrica positiva i una negativa, en llur funció repulsiva i atractiva, semblen ser governats per lleis iguals a les lleis comunes de l'atracció i de la repulsió elèctriques. El cos que posseeix l'energia positiva és repel·lit per les superfícies electritzades positivament, i atret per les superfícies elèctriques negatives; i el cos que posseeix l'energia negativa segueix l'ordre contrari» (pàgs.32-33).

És a dir: el comportament dels fluids a la pila permet pensar els àcids i els àlcalis com a entitats amb electricitat oposada, i que s'oposen a les respectives superfícies elèctriques. Davy s'esforçà a fer un bon nombre de més experiments en vistes a elucidar aquesta idea i d'estendre la seva aplicació, i arreu li semblà de confirmar-se tot això.

Llavors posà en contacte prou substàncies àcides, alcalines, i d'altres, amb metalls (per exemple, per un cantó un àcid, per l'altre un metall) per a manifestar que es carregaven amb càrregues oposades pel simple contacte, independentment de piles o d'altres consideracions.

«La tendència dels mers contactes de l'àcid i de l'àlcali amb el metall seria de produir efectes oposats a aquells exhibits<sup>28</sup>, de manera que llur mútua agència ha d'haver estat molt enèrgica [*per exemple, entre un àcid i el metall*]» (pàg.38).

---

<sup>28</sup> Això és, sense càrrega abans, i amb càrrega després, i oposades en el metall d'acord si és un àcid, amb càrrega negativa, per exemple davant del coure, que es carrega positivament – o un àlcali, amb una de positiva, per exemple quan un metall esdevé negatiu per contacte amb calç ofegada (*dry lime*).

Fóra bo d'aplicar tot això als elements descompostos en les cubetes:

«No es caurà certament en una analogia remota si es considera ben bé les substàncies àcides i alcalines en general, i l'oxigen i l'hidrogen, com a posseïdors de relacions elèctricament similars [*a les esmentades en el text de l'autor*]; i en les descomposicions i els canvis presentats pels efectes de l'electricitat, els diferents cossos naturalment amb possessió d'afinitats químiques apareixen incapaços de combinar-se, o de romandre en combinació, quan es troben col·locats en un estat d'electricitat diferent de llur ordre natural. Així, com ho hem vist, els àcids, en la part positiva del circuit, se separen [*en la sal corresponent*] per si sols dels àlcals, [*en l'aigua*] l'oxigen de l'hidrogen, i així d'altres; i els metalls en el cantó negatiu no s'uneixen a l'oxigen [*en la descomposició de l'aigua, per exemple, l'hidrogen surt pel cantó negatiu*], i els àcids no romanen en unió amb llurs òxids; i d'aquesta manera les agències atractives i repulsives sembla que es comuniquin des de les superfícies metàl·liques arreu de tot el preparat» (pàg.38).

Per tant es tracta d'admetre que tots els àcids i totes les substàncies alcalines es troben en aquestes relacions elèctriques, de manera que «els diferents cossos amb possessió d'una afinitat química», que es troben en un compost, tenen una càrrega (negativa en els àcids, positiva en les substàncies alcalines), i apareixen incapaços de combinar-se amb el seus afins.

3. L'atracció química entre dos cossos sembla destruir-se si es lliura a un d'aquest un estat elèctric diferent del que posseeix naturalment; és a dir, duent-ho artificialment a un estat similar a l'altre. Per exemple, el zinc, un dels més oxidables dels metalls, és incapaç de fer-ho (combinar-se amb l'oxigen) si se l'ha electrificat negativament.

Les substàncies que es combinen químicament i de les quals es coneix les energies elèctriques (coure i zinc, or i mercuri, sulfur i els metalls, la substància àcida i l'alcalina) exhibeixen estats oposats: d'acord amb el que portem dit s'han

d'atreure l'un a l'altre com a conseqüència del seu poder elèctric.

Ara es pot fer *la hipòtesi* que:

«cal suposar que les partícules diferents en la combinació preserven llur peculiar estat d'energia» (pàg.40).

[és a dir, que en trobar-se en la combinació cada part manté la seva càrrega elèctrica].

«En el cas que d'altres recerques trobin que aquest principi és d'aplicació general, el grau de l'energia elèctrica dels cossos, esbrinat per mitjà d'instruments sensibles, proporcionarà noves i útils indicacions de llur composició» (pag.44).

4. L'atracció dels agents químics per la superfícies positives i negatives en l'aparell voltaic sembla voler restaurar l'equilibri elèctric.

«Les energies elèctriques dels metalls l'un respecte de l'altre, o de les substàncies dissoltes en l'aigua, en el voltaic [*la pila voltaica*] o en d'altres instruments anàlegs, semblen ser les causes que destorben l'equilibri, i els canvis químics les causes que tendeixen a restablir l'equilibri; i els fenòmens depenen el més probablement de llur agència conjunta» (pàg.45).

Davy va més enllà i precisa com funciona la mateixa pila:

«En la pila voltaica de zinc, coure, i solució de muriat de soda, en el que s'anomena la seva condició de tensió elèctrica, les plaques comunicants de coure i de zinc s'hi troben en estats elèctrics oposats. I, respecte a l'electricitat d'una molt baixa intensitat, l'aigua és un cos aïllant: cada placa de coure per consegüent produeix per inducció un acreixement de l'electricitat positiva en la placa de zinc oposada; i cada placa de zinc un acreixement de l'electricitat negativa en la placa de coure oposada: i la intensitat acreix amb el nombre [*de parells de la pila*], i la quantitat amb l'extensió de les sèries [*és a dir, com és la pila voltaica*]» (pàg.45).



Quan hi hagués comunicació entre els punts extrems [per exemple, tancant un circuit] les electricitats oposades tendrien, l'una a l'altra, a fer-se desaparèixer. Llavors, en el cas que el mitjà fluid fos una substància incapaç de descomposició, l'equilibri aconseguit faria que no hi hagués més moviment elèctric.

«Però la solució de muriat de soda [*dins de la pila voltaica*] estant composta de dues sèries d'elements que posseeixen energies elèctriques oposades, l'oxigen i l'àcid són atrets pel zinc [*li comuniquen electricitat, cf. dalt pàg.32 del text de Davy*], i l'hidrogen i l'àlcali pel coure [*els transmet electricitat*]. L'equilibri de poder és sols momentani; perquè es forma la solució de zinc, i l'hidrogen es desacobla. L'energia negativa del coure i l'energia positiva del zinc s'exerceix per consegüent de nou, sols afeblides per l'energia oposada de la soda en contacte amb el coure, i el procés d'electromoció continua tant com el canvis químics són capaços de continuar» (pags.45-46).

«Aquesta teoria», segons Davy, reconcilia en alguna mesura els principis hipotètics de l'acció de la pila adoptats per Volta [el contacte entre metalls] amb les opinions respecte de l'origen químic del galvanisme [els efectes de l'oxidació de metalls].

Ofereix diferents exemples de la importància de la descomposició del fluid intern de la pila per a l'electromoció continuada interna de la mateixa pila.

La descomposició dels agents químics explicaria així mateix, com un efecte, en una solució salina, de la descomposició i de la transferència de substàncies [els àlcals al cantó negatiu, els àcids al positiu], l'increment de la temperatura en la bateria voltaica.

5. Insistí en la rellevància d'aquesta hipòtesi per als conjunt de l'estudi dels cossos naturals i, en conjunt, dels fenòmens

naturals. Entre les moltes indicacions valgui com a exemple la següent a propòsit de la mateixa descomposició:

«L'amoníac i els àcids capaços de descomposició experimenten canvis químics en el circuit voltaic sols quan són en una solució molt concentrada, i en els altres casos merament són transportats als seus punts particulars de descans. Aquest fet pot portar-nos a esperar que el nou mode d'anàlisi pugui guiar-nos al descobriment dels elements veritaders dels cossos, si els materials que hi actuen s'usen en un cert estat de concentració, i l'electricitat s'eleva suficientment. Perquè si la unió química és de la natura que he aventurat de suposar, per més fortes que siguin les energies elèctriques naturals dels elements dels cossos, tot i així hi ha una singular probabilitat d'un límit a llur fortaleza: mentre que els poders dels nostres instruments artificials semblen capaços d'una acreixement indefinit» (pàg.54).

En efecte s'havia dit dalt que es pot fer *la hipòtesi* que:

«cal suposar que les partícules diferents en la combinació preserven llur peculiar estat d'energia»

[és a dir, que en trobar-se en la combinació cada part manté la seva càrrega elèctrica].

«En el cas que d'altres recerques trobin que aquest principi és d'aplicació general, el grau de l'energia elèctrica dels cossos, esbrinat per mitjà d'instruments sensibles, proporcionarà noves i útils indicacions de llur composició» (pag.44).

#### **4. Un exemple de comprensió.**

L'enorme quantitat d'experiments portats a col·lació per Davy, exposats ordenadament perquè, sense destorb d'incloure allò que pugués ser estimat una objecció, el lector lliuri la seva aquiescència a la recerca, permet de suggerir algunes consideracions a propòsit, una vegada més, del que és un teoria d'aquest tipus.

Es tracta que són tantes les substàncies esmentades, les solucions provades, les hores i dies invertits, els assaigs realitzats en totes les direccions possibles, els obstacles introduïts expressament per a corroborar un supòsit, que el seu lector no es pot deixar d'estar convençut com si es trobés manipulant cossos físics, solucions, gots, fils metàl·lics, piles de moltes mides, etc. La lectura del maneig reiterat de materials i d'instruments no permet desviar l'atenció a tot això.

El recercador ni comença un experiment a l'atzar, o no s'hi llença en general així, ni contempla el que succeeix a tall d'una dada on no hi és compromès, i si més no sense procurar de comprendre-ho de la millor manera possible. És més: no s'hi té consciència de no estar fent-se càrrec, o de no voler provar-ho. La manera de copsar-ho, o de voler-ho fer, pot integrar-se en el que ocorre de fet o com un possible seu. Certament que el mateix investigador parlarà de teoria, àdhuc d'hipòtesi provisional, que tot plegat no ofereix encara quelcom conclusiu; tanmateix deu ser encertat d'afegir que, en ple estudi, hi ha un seguit d'afers que no admeten una fàcil simplificació.

La reiteració de provatures en Davy exemplaritzava precisament que van lliurar-se a tall de fenòmens que revelen experiències físiques guiades.

Manifesten, en la mesura que hi ha o es busca comprensió, que el seguiment i estudi es palesa com un continu, i que es desplega seguint el ritme que hi estableix l'investigador.

Es dirà que la teoria no es troba en l'observació, que hi entren imatges, que es pensa allò que no forma part tal qual del que s'observa, etc. Per tant que no pot superar mai el caràcter hipotètic. Sens dubte són consideracions que es porten a terme, i que, preses com cal, semblen prou encertades. Ocorre que, quan tot això se separa massa dels experiments fets o possibles, es desfigura, no sols l'activitat efectiva de l'investigador, sinó també la manera de copsar-la.

Perquè la recerca no estima les teories perquè siguin hipòtesis, sinó pel fet que ajuden a interpretar el que ocorre, és a dir, el que s'esdevé en un afer natural present directament o indirectament. La comprensió de quelcom s'integra en el que s'hi observa, de manera que, si és possible, s'assumeix així l'experiment.

Això deu valdre arreu: si més no l'article de Davy sembla impedir d'avaluar-ho d'un altra manera per la concreció d'exemples, i per la utilització de substàncies i d'instruments. Es pot aventurar que en tots els casos una teoria explicativa, no formal ni geomètrica, és abraçada, no pas per amor d'un pensament que fa abstracció dels esdeveniments, sinó perquè en ve i hi duu molt directament o molt indirectament.

2. Fet i fet es parla aquí de teoria més aviat quan es descabdella un pensament que tal qual no es troba en cap esdeveniment perceptiu; per tant quan s'expressa al marge de les observacions.

Tanmateix fóra un error d'explicar una teoria no geometritzant ni formal fora del lloc on neix i on pròpiament gaudeix d'un sentit, que es en el vaivé racional amb els experiments.

D'aquí la conveniència de no dissociar experiment i pensament: hi ha fer-se càrrec del primer, i el segon n'explicita algunes llums tenint present el primer. L'activitat va de raó a raó: en el que s'observa i en el que es pensa.

S'afirma que aquí la raó és un programa de compromís amb la realitat natural. El que s'ofereix no s'hi pot circumscriure sense incomprensió — i aquesta mateixa comprensió no s'hi circumscriu, a ser sols això, sense esdevenir abstracta.

Finalment la relació entre observació i teoria es podria indicar millor quan s'afirma que en principi una teoria d'aquest tipus comprèn allò que s'observa, fa que es vagi pensant i

imaginant (hi ha teoria), i que l'experiment s'ofereixi com a comprès (hi ha observació).

Es tracta d'un vaivé racional: es comprèn el que ocorre, es pensa per a comprendre-ho.

## 5. Entre piles, espurnes i fils metàl·lics.

El descobriment de Davy aviat causà més sensació que la pila de Volta, i arreu d'Europa es repetí la producció de potassi, sodi, bari, etc. De fet gràcies a l'aplicació elèctrica foren descoberts molts elements.

Tanmateix la confrontació entre els partidaris de la teoria de contacte i la de la química continuà al llarg del segle XIX. Pfaff, per exemple, defensà sempre l'encert bàsic de la concepció de Volta.

D'altra banda s'anà proposant — a més a més de la corona de tasses (del mateix Volta) i la pila (o bateria) de pastera (de William Cruickshank [1740/50-1810/11], i usada també per Davy en les experiències amb dos fluids) — formes diferents de piles (a càrrec de Gilbert, de Kaspar von Sternberg [1761-1838], del mateix Ørsted). Si més no es trobà que la multiplicació de discos o l'augment de les seves dimensions condicionaven les característiques del corrent.

---

Segons Ritter hi havia el màxim efecte possible en un nombre donat de discos amb una amplada determinada de pila: el guany d'efecte en una direcció (per exemple, augmentant els discos) es faria a costa de l'altre cantó (menor amplificació per a mateixa amplada). Hi hauria doncs un límit de la capacitat d'efecte per a cada amplada determinada en una alçada de la pila, i en una amplada determinada per cada alçada concreta. Afegí que «l'efecte [*Effekt*] de la pila en una mateixa tensió [*Spannung*, això és, en els mateixos metalls i fluid] depèn de la suma de la conducció [*Leitung*] en la pila i en l'arc conductor

[*der schliessenden Bogen*]]<sup>29</sup>. Ho digué el 1805, i sembla en efecte que es llegeixi la llei d'Ohm del 1827, quan es posa *Effekt* per *Intensität*, *Spannung* per *electromotorische Kraft*, i la conducció de la pila i de l'arc de tancament per *Widerstand* de l'una i de l'altra (Ritter ja diferenciaria entre la resistència dels elements de la pila i de la de l'arc de conducció o tancament).

També es continua estudiant les espurnes (de tancament i d'obertura) i els efecte tèrmics de tot el relacionat amb les piles. Ørsted, per exemple, aclarí l'espurna elèctrica com la «roentor d'una matèria»: quan apareix l'escalfor i una secció transversal petita del fil metàl·lic roent i cremant es desprèn. L'espurna fóra un cas especial de les lleis generals de l'escalfament pel corrent elèctric, escalfament que seria, segons ell, proporcional a la resistència que el fil metàl·lic oposés al corrent.

S'estudià la roentor del fils metàl·lics, i la seva fosa. Davy ho féu sistemàticament, i classificà els metalls (fils metàl·lics d'igual llargada i gruix, sotmesos a un igual corrent d'una pila) d'acord amb el grau d'escalfor que guanyaven, ordenats de menys a més (plata, coure, plom, or, zinc, estany, platí, pal·ladi, ferro), que confirmà el que digué Ørsted (l'escalfament més gran està condicionat per una resistència més gran, mentre que, de la sèrie, la plata era el millor conductor i el ferro el pitjor). L'anglès descobrí així mateix que la resistència del fil metàl·lic augmentava amb la temperatura.

Dalt esmentàrem que Davy comprovà que l'electricitat comuna (la generada per fregament) també descomponia. Val la pena de recordar que el 1802 el professor Erman de Berlín<sup>30</sup> ja havia rebut els arguments de Humboldt que defensava que l'electricitat per contacte era diferent de la de fregament (les

---

<sup>29</sup>Cf. Gilbert, *Annalen der Physik*, XIX, 1805, pàgs.22.

<sup>30</sup> *Versuch einer physischen Theorie der Voltaischen Säule*, Gilbert, *Annalen der Physik*, XI, 1802, pàgs.89-103.

flames, els ossos secs i l'espai sense aire serien aïllants per al galvanisme i no per a l'electricitat de fregament); que Ritter formà la figura de Lichtenberg amb piles voltaïques; que en el mateix any Martinus van Marum (1750-1837) carregà una bateria des d'un pila; que l'any 1806 Ritter va ser capaç de carregar una pila des d'una màquina d'electricitat, etc.

## **6. La troballa de la pila seca.**

L'any 1803 Georg Bernhard Behrens (1775-1813), que volia donar suport, contra la teoria química, a l'electricitat de contacte de Volta, agafà com a conductor, entre dos parells de discos de coure i zinc, una pedra foguera que havia escalfat prèviament per a llevar-li tota la humitat. Bobinà tot l'aparell amb fil de seda i el deixà força estona damunt d'una estufa per a assecar-lo del tot. Un cop enllestit, i ja en disposició de la pila, l'electroscopi de laminetes d'or trobà, en els dos pols, electricitats diferents en el mateix grau, i doble de la que hi hauria si hagués utilitzat sols una pila d'un parell de discos. Creia haver provat amb això que la pila elèctrica funcionava sense cap fluid.

Cercant d'altres conductors secs trobà per causalitat que un tros de paper daurat, el cantó daurat col·locat cap al disc de coure i l'altre cantó cap al de zinc, feia que els efectes fossin com els d'una pila amb fluid dels mateixos parells de discos (no podia, però descompondre l'aigua ni s'hi produïa espurnes); a més tres mesos més tard la nova pila encara treballava com al començament; els discos conservaven la mateixa brillantor metàl·lica, i no s'hi observava cap efecte químic. Es confirmà que el paper sols feia de conductor, i no de cogenerador de l'electricitat, pel fet que en col·locà un entre els discos de metall d'una pila voltaica comuna, cosa que la féu inservible. A part

d'això augmentava l'efecte del tros de paper col·locant-lo en una solució salina, i asseccant-lo després.

Behrens va construir, a base de dues piles d'aquest tipus i d'una lamineta d'or, un original electroscopi.

El descobriment d'aquest físic romangué desapercebut fins al 1810, i encara perquè, independentment seu, Jean André de Luc (1727-1817) construí una pila molt similar a la de Behrens, però en lloc d'un paper daurat usà paper recobert amb coure laminat.

El 1812 Giuseppe Zamboni (1776-1846), professor de física a Verona, descobrí una vegada més la pila seca i fou el primer que la usà com es féu després durant força temps: agafant paper d'estany i paper daurat, i superposant-ne moltes capes. Feia espurnes, però no servia químicament. També enginyà un electroscopi a partir seu semblant al de Behrens, substituint la lamineta d'or per una agulla metàl·lica.

El mateix Zamboni trobà també que era innecessari d'usar dos metalls: obtingué electricitat tan sols posant plats de paper d'estany recobert els uns sobre els altres de tal manera que el recobriment d'estany d'un plat pressionés la part de paper del precedent.

Encara més tard, el 1816, Zamboni construí la pila que porta el seu nom, i que es basa en la diferència de les superfícies en contacte. No és una pila seca: va unir de dos en dos trenta receptacles de vidre, que contenien aigua destil·lada, amb tires d'estany quadrades (de mitja polzada de costat), un extrem de les quals s'allargava ben bé tres polzades en forma de punta. El quadrat s'introduïa en l'aigua d'un recipient, la punta s'enfonsava en el següent, i així tots. Era importat que les tires no es toquessin. Zamboni va trobar que els trossos quadrats eren elèctricament positius, i les puntes negatives. Ho comprovà també amb tires de zinc, mentre el coure i la plata invertien el comportament.



Certament la troballa de piles seques tornava a incidir en la lluita entre la manera química d'esclarir la pila voltaica i la teoria de l'electricitat per contacte. Si més no Erman defensà el 1807 que no hi havia piles seques en sentit estricte (la condició higroscòpica del paper ho condicionaria), i més tard s'acceptà (per exemple, Peter Riess<sup>31</sup>) que la pila seca de Behrens mostrava els efectes químics de la pila voltaica, etc.

---

<sup>31</sup> *Die Lehre von der Reibungselektrizität* 1853, II, pàg.58.