

UN PRIMER CAS DE «TESTEIG» DE L'INSTRUMENTAL CIENTÍFIC: EL DISSENY DEL COLORÍMETRE DE COLLARDEAU

Lluís Garrigós Oltra; Carlos Millán Verdú

Departament de Física Aplicada. Escola Politècnica Superior d'Alcoi. Universitat Politècnica de València.

Paraules clau: *instruments científics, colorímetres, decolorímetres.*

A first case of test of scientific instruments: the design of the Collardeau's colorimeter.

Key words: *scientific instruments, colorimeter, decolorimeter.*

Antecedents

En 1822, Anselm Payen¹ va anunciar la construcció d'un aparell destinat a quantificar el poder decolorant del carbó (Payen, 1822). La descripció física i la forma d'ús d'aquest instrument, representat a la figura 1, es van donar a conèixer tres anys més tard (Payen, Chevallier, 1825: 373-376).² El decolorímetre de Payen és el primer dels denominats *colorímetres de balanç*.

L'instrument permetia variar la gruixària d'una capa líquida en un recipient on s'ubicava una solució problema; la coloració de la dita capa líquida es comparava amb la d'una solució patró ubicada en un recipient estanc de gruixària fixa. En igualar-se la coloració d'ambdues mostres, les concentracions guardaven entre si una relació inversa a la que guardaven els camins òptics seguits per la llum en travessar cada una de les mostres.

En 1827, François Joseph Houtou de Labillardière³ va presentar davant l'Académie des Sciences de Rouen un muntatge consistent en dos tubs inserits dins d'una caixa fosca en què es podia apreciar la llum que travessava els dos tubs mitjançant obertures realitzades en

1. La biografia i obra de Payen pot consultar-se a Mertens (2003).

2. La primera edició del *Traité Élémentaire des Réactifs* és del 1822, la qual no ha pogut ser consultada; no obstant això, cal imaginar, segons allò que s'ha exposat en la memòria sobre els carbons datada en aqueix mateix any 1822, que la descripció del decolorímetre apareix a partir de la segona, datada en 1825, en la qual ja va col·laborar Alphonse Chevallier (1793-1879), assistent de laboratori de Vauquelin i constructor d'aparells científics.

3. La biografia i obra de François Joseph Houtou de Labillardière pot consultar-se a Garrigós (2003).

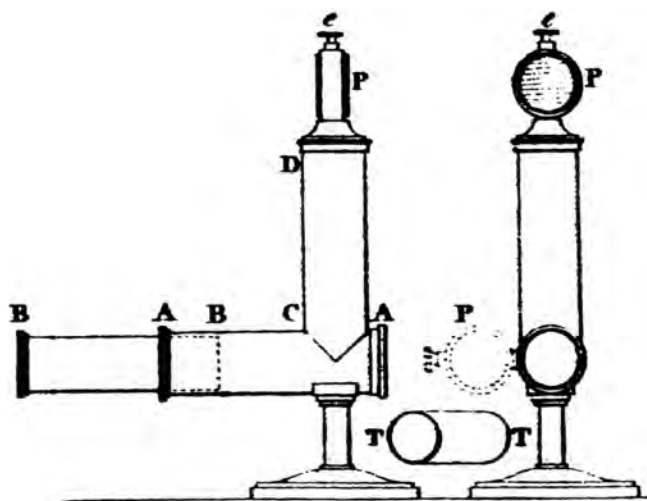


Figura 1. Decolorímetre de Payen.

parets oposades de la caixa. Tal utensili, que estava destinat a valorar la riquesa dels colorants comercials, i en particular dels indis, dels quals s'abastien els tintorers (Henry, 1827; Houtou de Labillardière, 1827 i 1828; Leuchs, 1829, vol. 1: 376-384), constitueix el primer colorímetre de diluïció. S'hi anava diluint una mostra problema fins a aconseguir la igualació de la seua coloració amb la d'una altra mostra patró, la concentració de la qual era coneguda i romanía inalterable al llarg de l'experiment. La concentració de la mostra problema s'obtenia a partir de la concentració de la mostra patró i del volum d'aigua afegit a la mostra problema.

A pesar de la ràpida difusió de l'utensili construït per Labillardière, no se'n coneix una representació gràfica fins que Chevallier (1854-1855) la introdueix en el seu *Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires*. A la figura 2 es mostra tal colorímetre segons un gravat del *Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires* de Baudrimont (1882: 344).

Sobre un i altre instrument poden consultar-se alguns treballs previs dels autors (Garrigós Oltra, Blanes Nadal, Gilabert Pérez, 1998; Garrigós Oltra, Millán Verdú, Blanes Nadal, 1999, 2000, 2001; Garrigós Oltra, Millán Verdú, Blanes Nadal, Gilabert Pérez, 1999).

Ambdós aparells van ser críticament analitzats per Augustin Dubrunfaut,⁴ en un article publicat en el número 5 (agost de 1830) de la revista *L'Agriculteur Manufacturier*,⁵ editada pel mateix Dubrunfaut.

4. Augustin Pierre Dubrunfaut (Lille 1797 - París?), químic industrial i professor de l'École de Commerce de París. Es va dedicar d'una manera molt especial a la fabricació de sucre de remolatxa, i abandonà l'ensenyament en 1830. Aqueix mateix any va fundar la revista *L'Agriculteur Manufacturier* (Imprimerie de Gaultier-Laguionie, Rue de Grenelle-Saint Honoré, 55), de la qual van aparèixer dotze números entre el 1830 i el 1831, distribuïts en dos volums (abril-setembre, 1830 i octubre 1830 - març 1831). Aquesta revista es va dedicar en exclusiva a qüestions de química aplicada a la indústria agroalimentària, i van tenir-hi un pes específic elevat les qüestions relacionades amb la indústria del sucre de remolatxa.

5. Aquest article va ser traduït a l'alemany i publicat en el *Dingler's Polytechnisches Journal* (Dubrunfaut, 1831).

Sobre el colorímetre de Labillardière, Dubrunfaut, després d'explicar el seu fonament, opinava que presentava certes causes d'imprecisió i error en les mesures:

a) irregularitats físiques derivades de la construcció dels tubs de vidre, la qual cosa implica una gruixària de capa líquida variable;

b) inexactituds inherents al procés de dilució, com a conseqüència de la difícil manipulació en el moment de l'homogeneïtzació de la mostra ja diluïda;

c) inexactituds inherents al procés de determinació del punt final, derivades de la mateixa visió de l'observador, la primera de les quals, assenyala, ja havia sigut posada de manifest per Collardeau (apèndix).

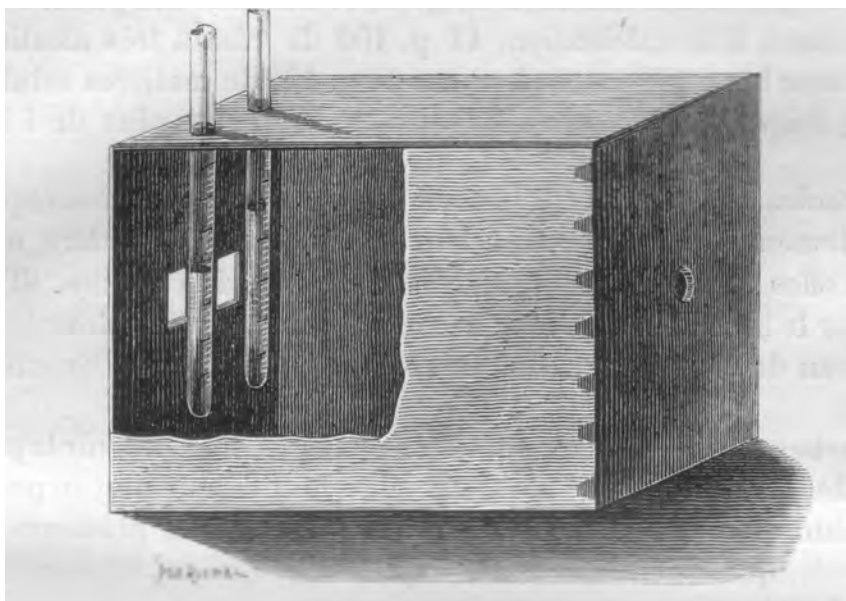


Figura 2. Colorímetre de Houtou de Labillardière.

D'altra banda, i en relació amb el decolorímetre de Payen, Dubrunfaut tenia perfectament clar que, si bé el disseny d'aquest utensili no es basava en els mateixos supòsits pràctics sobre els quals se sustentava el colorímetre de Labillardière, es tractava d'un aparell que podia cobrir els mateixos objectius. Això, malgrat tot, no li impedeix assenyalar els punts febles de l'instrument, i realitzà, d'acord amb les dites observacions, dues propostes de millora:⁶

a) Permetre la possibilitat de lectura directa de la mesures mitjançant la introducció d'un segon cilindre doble.

6. És interessant destacar que en el cas del colorímetre de Labillardière, Dubrunfaut no va realitzar cap proposta de millora, la qual cosa d'alguna manera es pot interpretar com una valoració negativa de tal instrument en relació amb el decolorímetre de Payen.

b) Eliminar les incomoditats inherents al desplaçament del cilindre intern (dos cilindres segons la proposta anterior) regulant tal desplaçament mitjançant un caragol de maniobra.

Dubrunfaut acaba la seua anàlisi assenyalant que ha expressat les seues idees a Collardeau, a fi que aquest tècnic perfeccione el disseny de Payen construint un nou colorímetre.

Colorímetre de Collardeau

Al febrer de 1836, Félix Collardeau, «fabricant d'ustensiles de précision pour els laboratoires de physique et de chimie et les essais manufacturiers, rue de Faubourg-Saint-Martin, 56» (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale* [1836], Août, CCCXCVIII, 318), va construir un aparell inspirat en el decolorímetre de Payen, si bé introduïa, com va suggerir Dubrunfaut, dos dobles cilindres en què s'ubicaven les dues mostres que calia considerar. Collardeau va desenvolupar, a més, una genial innovació que posteriorment utilitzaria Duboscq en el disseny del seu colorímetre: la reunió en un únic camp visual de les imatges corresponents a les dues mostres objecte de comparació, innovació que, des del punt de vista del disseny de l'aparell, es traduïa en una configuració convergent dels dos tubs d'observació (ulleres de llarga vista o *lunettes*) cap a un punt on havia de situar-se l'ull de l'observador.⁷

D'acord amb l'aspecte d'aquest aparell, representat a la figura 3, i seguint les descripcions de Payen (1837) i del mateix Collardeau (1838), s'aprecia que en el disseny de Collardeau s'elimina la introducció contínua de líquid —tal com es realitzava en el decolorímetre de Payen— mitjançant un sistema d'acoblament inclinat respecte a l'horitzontal entre el tub exterior i el tub interior, la qual cosa possibilita, en anar introduint el tub interior, que el líquid sobrant s'evacue pels espais laterals existents entre ambdós tubs. Aquest disseny permetia obviar la necessitat del caragol de desplaçament suggerida per Dubrunfaut. El resultat final va satisfer plenament Payen (1837).⁸ Es pot apreciar la seua estructura que es

7. La innovació suggerida per Dubrunfaut d'introduir dos cilindres dobles en el prototip de Payen tenia una finalitat operativa: la possibilitat de jugar amb la variació del camí òptic en un o altre cilindre, però no considerava la unificació d'ambdós camps de visió.

8. La relació entre Collardeau i Payen potser mereixeria algun estudi específic, atès que la forma en què es va donar a conèixer el colorímetre de Collardeau suggereix algun tipus de relació comercial o professional entre ambdós personatges (Millán Verdú, 2003, p. 117-118). Vegem per què:

A la pàgina 78 del número CCCLXXX, corresponent a febrer de 1836, del *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, es deixa constància que Collardeau presenta a l'exposició concurs que anualment organitzava la Société d'Encouragement un exemplar del seu aparell.

Sobre aquest aparell —suposem que es tracta d'un únic aparell, el qual podia utilitzar-se com a colorímetre i com a decolorímetre— no hi ha cap ressenya, fins que en les pàgines 338-339 del *Bulletin...*, número CCCXCVIII, corresponent al mes d'agost de 1837, es dona compte de la sessió del Conseil d'Administration de la Société... de data 7 juny de 1837, en la qual s'encarrega a Payen un informe sobre aquest aparell, a fi d'enviar-lo posteriorment a la Commission des Médailles; tal informe es va presentar en la Séance Générale de 5 de juliol de 1837, la mateixa en què es van atorgar les medalles als fabricants premiats pels seus productes, presents en l'exposició organitzada amb els productes que s'havien recopilat des de juliol del 1836 fins a juny del 1837. Atès que el colorímetre de Collardeau deuria d'haver concursat en l'exposició corresponent al període juliol 1835-juny 1836 i considerant que la ressenya sobre l'instrument se li encarregava a Payen al mes de juny de 1836 i que aquest la presenta al mes següent, en la mateixa sessió en què es concedeixen les medalles als expositors, no podem més que concloure que el procés va ser, com a mínim, inusual.

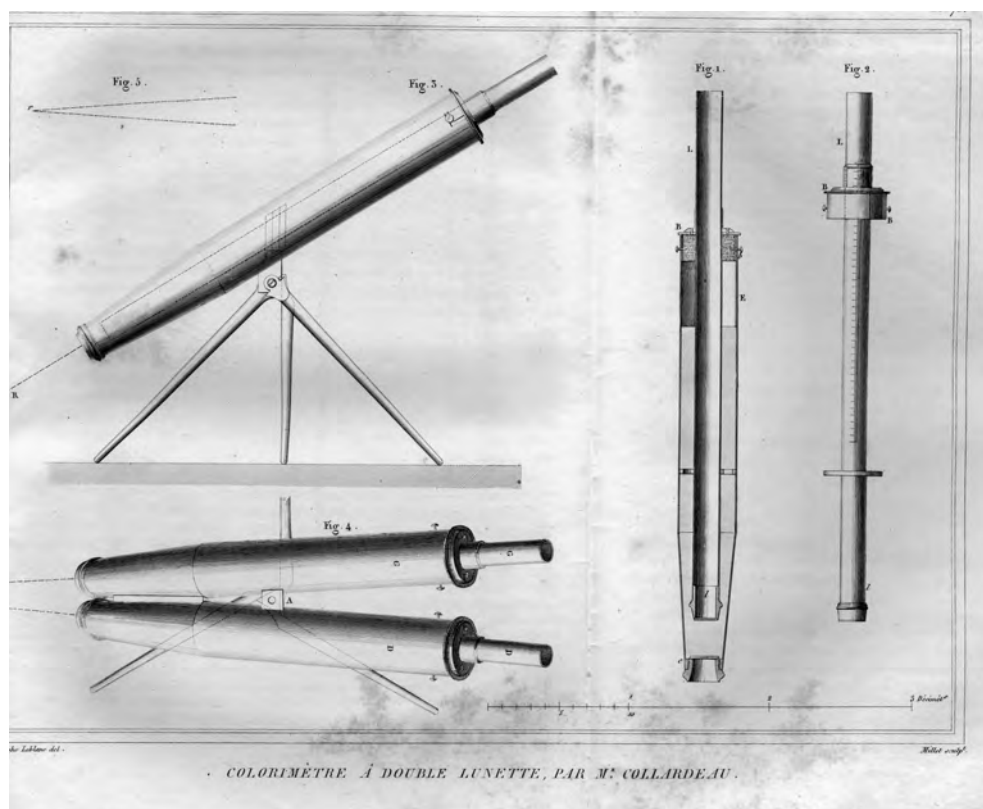


Figura 3. Colorímetre de Collardeau.

compon de dos tubs iguals (*enveloppe*), adaptats, l'un al costat de l'altre, que formen un angle amb l'horitzontal. Cada un d'aquests tubs en porta inserit un altre al seu interior (*lunette*), que pot lliscar per fregament, de manera semblant al que ocorre en una ullera de llarga vista. Tant els tubs interiors com els exteriors acabaven en sengles làmines de vidre que permetien mirar a través seu. A una distància convenient, era possible observar amb el mateix ull l'extrem dels dos tubs exteriors. Els tubs interiors portaven gravada una escala que permetia mesurar-ne el desplaçament relatiu respecte dels tubs exteriors i, en conseqüència, la gruixària de la columna líquida que contenien.⁹

Amb posterioritat a la ressenya de Payen (1837) i a la descripció de Collardeau (1838), es donen notícies i descripcions gràfiques de l'aparell a: Salleron (1861: 30-31), Crace-Calvert (1877-1878: 371) i Baudrimont (1882: 1057-1058).

9. Encara que Collardeau va renunciar expressament al sistema d'introducció contínua de mostra que emprava Payen en el seu decolorímetre, Crace-Calvert (1877-1878, p. 371) apunta novament aquesta possibilitat adaptant a cada tub exterior un recipient que continguera dissolució problema o patró, segons els casos; de manera que aquestes pogueren introduir-se de manera contínua des del dipòsit extern fins a la capa líquida existent entre els tubs interior i exterior de cada doble cilindre, segons s'extreia el tub interior. Es pot pensar que aquest suggeriment no va passar d'una mera proposta sense execució material posterior.

El mètode d'operar amb aquest colorímetre era el següent: s'introduïen dues dissolucions, una en cada tub extern, amb distinta concentració del mateix colorant. Una d'aquestes, la concentració de la qual era coneguda, es prenia com a patró i respecte a ella es valorava el poder colorant de l'altra. Es desplaçaven els tubs interiors de cada doble cilindre fins a aconseguir que la coloració observada fóra la mateixa en ambdós cilindres. Determinat aquest punt, les concentracions de cada tub es trobarien en relació inversa a les longituds de les columnes líquides contingudes en cada doble cilindre.

Una altra utilitat de l'aparell era la comparació del poder decolorant de carbons de diferent procedència; per a això s'operava de la manera següent: a partir d'una dissolució de substància colorant (normalment caramel d'unes determinades característiques) es preparaven dues mostres d'identica concentració, en les quals s'introduïa la mateixa quantitat de carbó de diferent procedència, preparat d'identica manera. Una vegada realitzada aquesta operació, ambdues dissolucions mostraven diferent coloració, per la qual cosa es procedia de la mateixa manera que en el cas anterior. Igualades les coloracions d'ambdues solucions, els poders decolorants dels carbons guardaven una proporció idèntica a l'establerta amb les longituds de les columnes líquides de cada doble cilindre.

Conclusions

D'acord amb el que hem considerat, podem afirmar que si bé la idea d'introduir dos dobles cilindres constitueix una aportació de Dubrunfaut, la materialització del disseny, allò que Bachelard (1975: 140) caracteritzava, en parlar de l'atomística experimental, afirmant que «un instrument, dans la science moderne, est véritablement un théorème réifié», correspon a Collardeau, que va introduir dues idees noves sobre el disseny original de Payen:¹⁰

a) l'eliminació de la servitud derivada del dipòsit auxiliar de la mostra problema —que implicava dificultats físiques de maneig i limitava la versatilitat de l'aparell, ja que obligava que un dels dos dobles cilindres fóra destinat exclusivament a la mostra problema;

b) la unificació de les imatges procedents dels dos dobles cilindres en un mateix camp visual. Aquesta segona innovació és la que ens permet dir amb justícia que l'antecessor més remot del colorímetre de Duboscq, en el seu disseny òptic, és l'aparell construït per Collardeau.

Arribats a aquest punt, podem afirmar que, igual que s'ha detectat en altres casos (Garrigós Oltra *et al.*, 2003; Garrigós Oltra i Millán Verdú, 2004), l'evolució al llarg del segle XIX en el disseny de colorímetres és un procés compartit entre àrees científiques i tècniques amb objectius i interessos ben diferents, procés en què es desenvolupa la transmissió a la indústria dels èxits de la investigació científica, si bé no és fàcil detectar nítidament les diferents etapes d'aquest procés per la senzilla raó que, amb moltíssima freqüència, els personatges d'aquesta obra són els mateixos actors que adopten un paper o un altre, segons les ocasions; per la qual cosa el procés d'adaptació d'un instrument d'una àrea a una altra (Wise, 1988) es realitza de manera quasi espontània i amb una relativa velocitat. En el cas que ens

10. Bé és cert que Collardeau va renunciar a l'ocupació de caragols micromètrics per fixar la posició dels cilindres interns, encara que, en honor a la veritat, el sistema de desplaçament per fregament d'aquests cilindres mitjançant una subjecció superior i una subjecció inferior que impedia la seua mobilitat dins dels cilindres externs (cèrcol metàl·lic inferior subjecte al cilindre intern, amb perforacions que permetien el trasbals de líquid al seu través) feia innecessari tal sistema mecànic que, a més, encaria el producte.

ocupa, la gràfica mostrada a la figura 4 pot ajudar a comprendre les interaccions que van acabar per fructificar en el colorímetre de Collardeau.

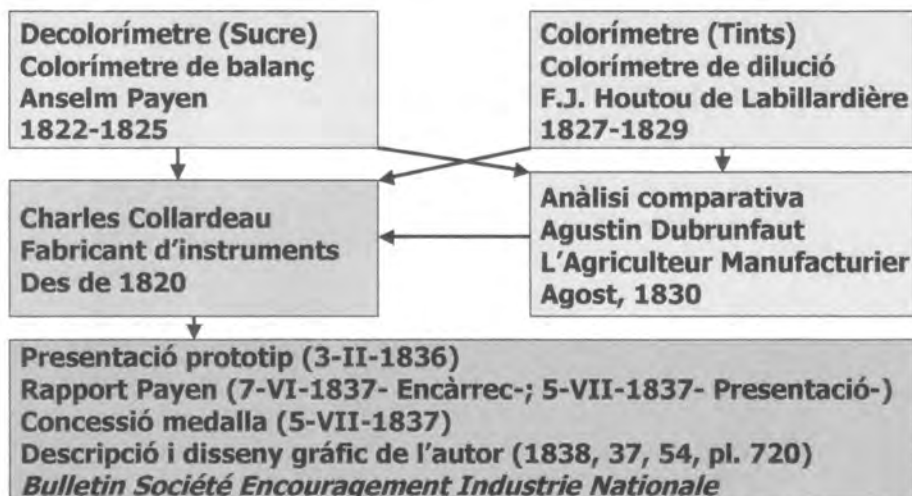


Figura 4. Esquema de relacions detectades en la gènesi del colorímetre de Collardeau.

Aquest procés d'interaccions entre espais de ciència i d'aplicacions tècniques, d'altra banda, ha propiciat l'aparició d'errors i confusions, com ara el que es reproduïx a la figura 5,¹¹ en la qual s'explicita una doble paternitat per al colorímetre de Duboscq.

D'altra banda, les relacions Payen-Collardeau, Collardeau-Gay Lussac, Dubrunfaut-Payen-Collardeau, insinuen certes posicions de poder dins de determinats cercles científicotècnics, posicions que, ben sovint, propiciaven l'aparició de confrontacions entre grups, o entre personatges en àmbit individual, tal com ja s'ha suggerit en estudiar:

a) la proposta d'un nou mètode colorimètric que va realitzar José Luis Casaseca (Garrigós Oltra, Millán Verdú, 2004);

b) determinades actituds de Labillardière en relació amb Payen o amb el mateix Gay-Lussac (Garrigós Oltra, 2003; Garrigós Oltra *et al.*, 2001);

c) la polèmica que va deslligar en el si de l'Académie des Sciences la presentació del lactoscopi de Donné (Garrigós Oltra *et al.*, 2003). Paradoxalment, aquesta situació és la que fa la impressió d'haver patit Collardeau quan cap al 1860 sorgeix la polèmica al voltant de la precisió dels alcoholímetres centesimal i des de l'Académie es posa en dubte, per Pouillet, el procés de graduació que Collardeau realitzava per a aquests instruments seguint el mètode de Gay-Lussac. Possiblement, tot això fóra una combinació de dos factors: la pruija que alguns científics desenvolupaven en relació amb la paternitat de determinades idees i la influència d'estratègies comercials entre empreses fabricants d'instruments.

11. El gravat mostrat a la figura 4 correspon a la figura 350 de l'obra *Emporeumografia o historia y reconocimiento de los productos comerciales* del farmacèutic alacantí José Soler López (1898, I, p. 310).

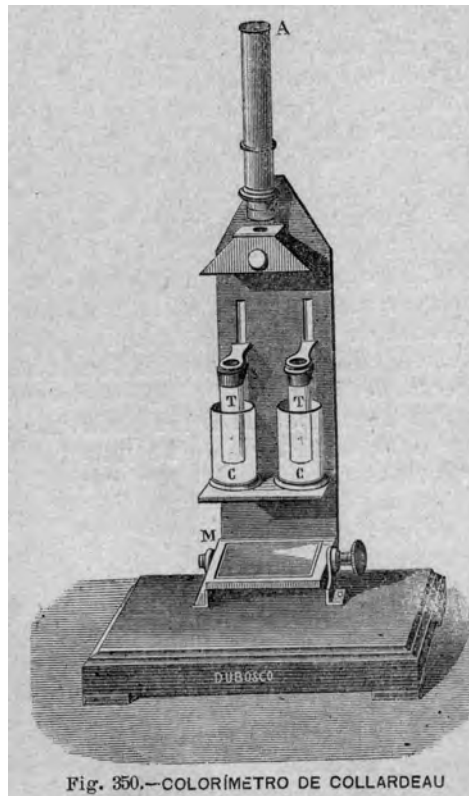


Figura 5. Confusió entre Collardeau i Duboscq en relació amb el colorímetre de Duboscq.

Apèndix

Notícia biogràfica de Charles Félix Collardeau-Duheume (1796-1869)

Es coneixen poques dades biogràfiques sobre el constructor francès d'instruments científics Charles Collardeau, i es troben, a més, prou disperses. Jacques Payen, en el seu magnífic assaig sobre els constructors d'instruments científics francesos del segle XIX (Payen, 1986), on cita cent noranta-dos fabricants individuals, dels quals un centenar s'havien establert abans del 1850, no dóna cap informació sobre el personatge ni sobre la seua activitat professional, i això malgrat que trobem una breu nota sobre ell al *Grand Dictionnaire Universel du XIXe Siècle (1866-1876)* de Pierre Larousse.

En la pàgina web <<http://www.bibliotheque.polytechnique.fr/patrimoine/collectionhomme/portrait/>> es reproduïx una fitxa del seu expedient acadèmic en l'École Polytechnique, centre on va cursar estudis entre el 1815 i el 1817.

La primera notícia sobre la seua activitat professional prové d'un opuscle de vuitanta-set pàgines publicat a París per Imprimerie de Goetschy en 1820, el títol del qual era *Ins-*

truction sûr la règle à calculs portative a un seule coulisse, segons consta en el *Catalogue General des livres imprimés de la Bibliothèque Nationale* (Ministère, 1907: 850). D'aquest manual es va realitzar una segona edició de noranta-dues pàgines en 1833 (París, Veuve Thuau).

Després d'aquesta incursió en el món de l'instrumental científicomatemàtic, Collardeau deriva ràpidament el seu interès cap a l'instrumental tecnicopràctic. En 1824 actua com a editor d'un fullet de Joseph Louis Gay-Lussac titulat *Instruction pour l'usage de l'Alcoomètre Centesimal et des Tables qui l'accompagnent*. Aquest instrument, l'alcoholímetre centesimal de Gay-Lussac, va ser durant molts anys d'ús obligatori a França per a la determinació del grau alcohòlic dels vins, procés que es desenvolupava mitjançant l'ús d'unes taules que es proporcionaven en aquesta obreta de trenta-quatre pàgines editada a París. Collardeau es converteix amb aquesta actuació en el fabricant francès de major renom d'aquest tipus d'instruments, i els seus productes tindran una àmplia repercussió en la indústria enològica francesa, ja que, lògicament, gaudien del suport del seu creador, Gay-Lussac.

En aqueixa època, Collardeau tenia el seu establiment en el número 3 de la «rue de la Cerisaie». En 1836, el taller de fabricació d'instruments de precisió de Collardeau s'havia traslladat al número 56 de la «rue Faubourg-Saint-Martin». Convé ressaltar, encara que la casa Collardeau fabricava instruments de precisió destinats a laboratoris, com ara la balança accelerada de Gay-Lussac, un altre disseny del químic francès comercialitzat per Collardeau (<<http://www.patrimoine.polytechnique.fr/instruments/mesure/balancegaylussac.html>>) o el goniògraf, del qual es dona notícia en el volum 49 del *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale* (1850) —segons aquesta revista (1853, 52: 859), Collardeau seguia fabricant en 1853 regles de càlcul; el seu interès se centrava en la construcció d'instruments i utensilis tals com ara lactodensímetres, sifons (*Catàleg del Fons Girardin* de la Bibliothèque d'Étude Jacques Villónde Rouen) o el seu colorímetre, objecte central d'aquesta comunicació, destinats a empreses i tallers, i molt especialment a cellers, clients entre els quals els seus alcoholímetres tenien molt bona acollida, i per als quals va dissenyar instruments i processos específics, com ara la seua màquina per a mesurar la «fortalesa» de les botelles destinades a l'envasament del *champagne* (<<http://oldspice soi.city.ac.uk/project/athenae...>>; Maumené [1858: 581-582]), o el seu procediment per a mesurar l'aforament d'un tonell ple, publicat en 1857 (Ministère, 1907: 847-848).

A finals de la dècada de 1850 van ocórrer una sèrie de fets que indubtablement van haver d'influir en la bona marxa de l'empresa: en 1858, el Ministeri d'Agricultura, Comerç i Treballs Públics francès, després de reiterades queixes dels productors de vi relatives a la imprecisió dels alcoholímetres centesimals de Gay-Lussac —un dels productes «estrella» de la casa Collardeau—, encarrega un informe sobre això a una comissió constituïda per Chevreul, Pouillet, Despretz i Fremy, tots ells membres de l'Académie des Sciences de Paris, de la qual era el portaveu Claude Pouillet («Correspondance», 1858a; «Mémoires...», 1858).

La qüestió tenia una importància capital, atès que el grau alcohòlic de vins i licors s'utilitzava com a criteri objectiu per a liquidar impostos a la Hisenda Pública, per la qual cosa no és gens estrany que, en aqueix mateix any, el també constructor d'instrumental científicotècnic Joseph Salleron s'unira a la iniciativa enviant al ministre d'agricultura una carta en què denunciava igualment la falta d'uniformitat en els alcoholímetres de tipus Gay-Lussac («Correspondance», 1858b).

Aquesta crítica a la precisió dels alcoholímetres centesimals, si bé no anava dirigida exclusivament a Collardeau, l'implicava de ple, per la qual cosa no resulta estrany que Co-

llardeau plantejara una rèplica mitjançant la publicació, al voltant del 1860, de tres opuscles sobre aquest tema (Ministère, 1907: 847-848). Suposadament, aquests tres opuscles són els que envia Collardeau al Ministeri d'Agricultura, que, al seu torn, els remet a la comissió de l'Académie assenyalant que estan publicats per Collardeau i el seu gendre Larivière, per la qual cosa deduïm que aquesta persona es trobava associada al negoci de Collardeau («Mémoires presentes», 1861). Aparentment, la comissió de l'Académie des Sciences sobre els alcoholímetres no va prendre en gran consideració les argumentacions de Collardeau i en 1861 va publicar les seues conclusions mitjançant un informe redactat per Pouillet (1861), la qual cosa degué propiciar que, entre el 1862 i el 1868, Collardeau publicara cinc opuscles relatius a la determinació del grau alcohòlic de vins i licors i a la precisió dels seus alcoholímetres tipus Gay-Lussac i a les repercussions que la dita qüestió comportava per al Ministeri de Finances (Ministère, 1907: 847-848).

No disposem de notícies posteriors al 1868 sobre aquest fabricant d'instruments ni sobre els seus productes. Es dona l'any 1869 com a data del seu òbit, si bé en el volum v del *Grand Dictionnaire Universel du XIXe Siècle* (1866-1876) de P. Larousse, aparegut en 1869, i on es donen notícies de la seua activitat, se'l considera encara viu.

Bibliografia

- BACHELARD, G. (1975), *Les intuitions atomistiques (Essai de classification)*, 2a ed., París, J. Vrin. (Librairie Philosophique)
- BASTIDE, E. (1889), *Les vins sophistiqués: Procédés simples pour reconnaître les sophistications les plus usuelles: Coloration artificielle, plâtrage, salicylage, vinage, mouillage, etc.*, París, J.-B. Baillière et Fils.
- BAUDOIN, A. (1893), *Les eaux-de-vie et la fabrication du cognac*, París, J.-B. Baillière et Fils.
- BAUDRIMONT, E. R. (1882), *Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires, médicamenteuses et commerciales*, París, Asselin et Cie.
- BOUGUER, P. (1729), *Essai d'optique sur la gradation de la lumière*, París, chez Claude Jombert.
- COLLARDEAU, C. (1838), «Description d'un colorimeter à double lunette», *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, vol. 37, núm. 54, p. 720.
- «Correspondance» (1858a), *Comptes Rendus*, 47, p. 544.
- «Correspondance» (1858b), *Comptes Rendus*, 47, p. 603.
- CRACE-CALVERT, F. (1877-1878), *Traité de la teinture des tissus et de l'impression du calicot*, París, Librairie Scientifique, Industrielle et Agricole Eugène Lacroix. [Trad. Auguste Guerout]
- DUBRUNFAUT, A. (1830), «Sur les colorimètres et les decolorimètres», *L'Agriculteur manufacturier*, 1 (5), p. 248-259.
- (1831), «Ueber die colorimeter und decolorimeter», *Dyngler's Polytechnischen Journal*, 40, p. 447-454.
- GARRIGÓS OLTRA, Ll. (2003), «Aproximación bio-bibliográfica a la figura de François Joseph Houtou de Labillardière (1796-1867). Farmacéutico, químico, naturalista, terrateniente y político». A: BATLLÓ ORTIZ, J.; BERNAT LÓPEZ, P.; PUIG AGUILAR, R. (ed.), *Actes de la VII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, IEC-SCHCT, p. 533-543.

- GARRIGÓS OLTRA, LI.; BLANES NADAL, G.; GILABERT PÉREZ, E. (1998), «Nuevas aportaciones a la historia de la colorimetría: el procedimiento de análisis de los índigos de Houtou-Labillardière», *Rev. Química Textil*, 139, p. 58-74.
- GARRIGÓS OLTRA, LI.; MILLÁN VERDÚ, C. (2004), «Una contribución española a los primeros diseños instrumentales colorimétricos: el método y utensilio colorimétrico propuesto por José LUIS CASASECA para la determinación de cobre por vía húmeda», *Llull*, 26 (56), p. 475-490.
- GARRIGÓS OLTRA, LI.; MILLÁN VERDÚ, C.; BLANES NADAL, G. (1999), «Precursores de la colorimetría: los intentos de cuantificar el poder decolorante del carbón», *Rev. Química Textil*, 145, p. 18-31.
- (2000), «Algunes precisions sobre l'origen i evolució del colorímetre. El procediment d'anàlisi de l'indi d'Houtou de Labillardière». A: BATLLÓ ORTIZ, J.; FUENTE COLELL, P. de la; PUIG AGUILAR, R. (ed.), *Actes de les V Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, ICE-SCHCT, p. 181-190.
- (2001), «The contributions of Payen and Labillardière to the development of colorimetry», *Bulletin for the history of chemistry*, 26 (1), p. 57-65.
- GARRIGÓS OLTRA, LI.; MILLÁN VERDÚ, C.; BLANES NADAL, G.; DOMINGO BELTRÁN, M. (2003), «The History of Opical Analysis of Milk: The Development and Use of Lactoscopes», *Journal of Chemical Education*, 80 (7), p. 762-767.
- GARRIGÓS OLTRA, LI.; MILLÁN VERDÚ, C.; BLANES NADAL, G.; GILABERT PÉREZ, E. (1999), «Paleoprocedimientos de la técnica colorimétrica: el decolorímetro de Payen». A: DEP. ÓPTICA Y OPTOMETRÍA (ed.), *Actas del V Congreso Nacional del Color*, Terrassa, UPC, p. 231-232.
- HENRY FILS, O. (1827), «Description d'un colorimètre, et moyen de connaître la qualité relative des indigos et d'autres matières colorantes», *Journal de Pharmacie et des Sciences Acc.*, 13 (12), p. 610-613.
- HOUTOU de LABILLARDIÈRE, F. J. (1827), «Colorimètre: Description d'un colorimètre, et du moyen de connaître la qualité relative des indigos», *Actes de l'Académie Royale des Sciences, Belles Lettres et Arts de Rouen*, 92 (7), p. 1-11. [Publicat com a separata per N. Periaux Jeune, Rouen]
- (1828), «Description d'un colorimètre, et du moyen de connaître la qualité des indigos», *Annales de l'Industrie Française et Etrangere*, Mars, p. 167-178.
- LAROUSSE, P. (1866-1876), *Grand Dictionnaire Universel du XIXe Siècle*, vol. v (1869), París, Administration du Grand Dictionnaire Universel [19, rue Montparnasse] [15 v. + 2 supl. (1878 i s. d.). Reedició de C. Latour (1991), 24 toms (15 originals) + 4 supl. (2 originals), Nîmes]
- LEUCHS, J. Ch. (1829), *Traité complet des propriétés, de la préparation et de l'emploi des Matières Tinctoriales et des Couleurs*, París, Malher et Cie., 2 v.
- MAUMENÉ, E. J. (1858), *Indications théoriques et pratiques sur le travail des vins et en particulier sur celui des vins mousseux*, París, Victor Masson.
- «Mémoires et Communications des membres et des correspondants de l'Académie» (1858), *Comptes Rendus*, 47, p. 745-746.
- «Mémoires presentes» (1861), *Comptes Rendus*, 53, p. 1093.
- MERTENS, J. (2003), «Anselm Payen (1795-1871). Learned Manufacturer of Chemical Products», *Ambix*, 50 (1), p. 182-207.
- MILLÁN VERDÚ, C. (2003), *Historia de la colorimetría: evolución de los métodos colorimétricos a lo largo del siglo XIX*, UPV, Dep. Ing. Textil y Papelera. [Tesi doctoral inèdita]

MINISTÈRE de l'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX ARTS (1907-), *Catalogue Général des livres imprimés de la Bibliothèque Nationale*, vol. 30, Paris, Imprimerie Nationale, p. 847-850.

PAYEN, A. (1822), «Mémoire sur le charbon animal», *Journal de Pharmacie et Sciences Accessoires*, 8 (5-6), p. 278-293.

— (1837), «Rapport sur le décolorimètre ou colorimètre de M. Collardeau», *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, CCCXCVIII, p. 318-319.

PAYEN, A.; CHEVALIER, A. (1825), *Traité Élémentaire des Réactifs*, 2a ed., Paris, Chez Thomine.

PAYEN, J. (1886), «Les constructeurs d'instruments scientifiques en France au XIXe siècle», *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 36, p. 84-161.

POUILLET, C. (1861), «Rapport de la Comisión des Alcoomètres, composée de MM. Chevreul, Despretz, Fremy et Pouillet rapporteur», *Comptes Rendus*, 53, p. 615-618.

SALLERON, J. (1861), *Notice sur les instruments de précision construits par...*, Paris, J. Salleron. [Deuxième Partie]

SOLER I LÓPEZ, J. (1898), *Empoemografía o historia y reconocimiento de los productos comerciales y su importancia en la industria*, Alacant, Est. Tip. Vicente Botella.

WISE, M. N. (1988), «Mediating Machines», *Science in Context*, 2 (1), p. 77-113.