



Article

Poincaré i Duchamp: encontre a la quarta dimensió

—
Josep Perelló



Article

Poincaré i Duchamp: encontre a la quarta dimensió

<http://www.uoc.edu/artnodes/cat/art/perello0505.pdf>

Josep Perelló

Resum

La *quarta dimensió* és un concepte de la física i les matemàtiques del final del segle XIX i començament del XX que va trasbalsar la ciència establerta. Els conceptes d'espai, de temps i de força van haver de ser repensats per complet. El regirament ocasionat va arribar a l'art i tots els moviments d'avantguarda s'hi van interessar. Ens fixarem en Jules Henri Poincaré, científic emblemàtic de l'època que no només va investigar sinó que va pensar sobre la ciència i la creativitat. Estudiarem la repercussió que van tenir les seves idees sobre un sol artista, Marcel Duchamp, que fou una de les persones que millor va copsar la ciència del seu temps i que en va estudiar un àmbit més ampli. L'encontre vol explicar l'art amb la perspectiva de la ciència i la ciència servint-se de l'art.

Paraules clau

Quarta dimensió, avantguardisme, ciència, art

Introducció

Com a físic de formació, sempre m'ha fascinat el traspàs de la ciència a àmbits llunyans del seu hàbitat acadèmic. Un estudi transversal sobre el fenomen enllaça dos mons, dues cultures, que actualment tenen un desconeixement recíproc excessiu. Personalment, m'agrada indagar quina és la visió que aporten els qui no exerceixen de científics però pertanyen a les anomenades *humanitats*. Es tracta de veure com aquestes digereixen el pensament científic i, molt especialment, de resseguir la tasca de creació fruit de la reflexió.

Observar aquesta absorció ens pot ajudar, als científics, a millorar les nostres teories. El diàleg pot revertir en una millor comprensió del món. La intuïció de l'artista ens pot mostrar vessants inexplorats del nostre camp de recerca. Després de l'intercanvi d'idees, segurament ens adonarem que la creativitat en els territoris de l'art i la ciència no difereix tant com ens volen fer creure¹

els plans d'estudi i les acadèmies d'una i altra cultura. Les preocupacions que tenim no són pas tan divergents.

Hi ha diversos moments històrics en què la relació entre els dos àmbits ha estat dolça i amorosa. En tots ells, podem trobar resposta a les qüestions que he anat esmentant i confirmar la proximitat entre les ciències i les arts. Un dels casos que destaca per sobre de la majoria és el de la *quarta dimensió*. La quarta dimensió és un concepte de la física i la matemàtica dels segles XIX i XX. Té una història científica absolutament apassionant atès que va representar un profund replantejament de la visió i la percepció que tenim del món. El canvi fou tan dramàtic que va implicar l'aparició d'una nova disciplina: la relativitat. Com qualsevol ciència, el seu saber té un rerefons filosòfic de gran abast. I, com tota recerca científica, anava a contracorrent del que es creia fins aleshores.

La quarta dimensió va generar una gran commoció dins la comunitat artística de l'època.² Qualsevol artista atent als nous temps s'havia de sentir necessàriament atret per aquesta nova cièn-

1. A la gent del món de les arts que vulgui saber l'opinió dels científics respecte de la creativitat els puc remetre a Jules Henri Poincaré (1902, 1905, 1908), Albert Einstein o bé a David Bohm (2002). La darrera referència és molt actual.
2. La historiadora de l'art Lynda Dalrymple Henderson escrigué l'any 1983 el llibre de referència sobre la quarta dimensió. Malauradament, està exhaurit i és de difícil consulta.



cia perquè li aportava noves idees absolutament fabuloses. Segurament qualsevol historiador de l'art consideraria exagerada aquesta afirmació, però no manquen arguments per a creure que els textos doctrinaris dels moviments d'avantguarda es poden llegir en clau científica. En major o menor mesura, el cubisme, el futurisme, el surrealisme o el dadaisme s'apropriaren del concepte de la *quarta dimensió*. Pel que fa als artistes, també podem donar una llista força llarga d'apassionats pel tema. Sense ànim de ser exhaustius, citaríem Dalí, Metzinger, Breton, Apollinaire o Jarry. A més, una arribada tan fulgurant com la d'aquest concepte científic no acostuma a ser casual. Per a ser transmesa adequadament, la idea ha de tenir uns bons portaveus. Aquests han de saber vendre el producte: comunicar-lo amb simplicitat però sense faltar al rigor de la teoria.



Il·lustració 1. Jules Henri Poincaré (1854-1912).

L'èxit d'aquest transvasament de coneixement es deu en gran mesura a la notable tasca d'un reconegut científic anomenat Jules Henri Poincaré (1854-1912), que va gosar intervenir en la societat parisenca de la darrera del XIX i començament del XX promovent la *nova física* mitjançant conferències per a la gran audiència, articles i llibres semipopulars. Creia que el públic no iniciat havia de conèixer la convulsa situació de la física del moment. I no només volia que es conegués la ciència sinó que també aspirava a explicar com treballava el científic i què pensava sobre coses alienes a

la seva recerca i més properes a la filosofia. Investigadors del prestigi d'Einstein, Heisenberg o Schrödinger continuaren aquesta línia d'actuació durant les dècades següents. Per totes aquestes raons, Poincaré és un bon exemple del que ara anomenem *divulgador científic intel·lectual*.

Trobo aleshores especialment indicat fixar-se en un sol artista a l'hora de referir-se a la inspiració rebuda per la quarta dimensió. Les raons són dues: primera, que el tema és excessivament extens per a reduir-lo a un article i, segona, perquè Marcel Duchamp (1887-1968) supera la resta amb diferència. És, al meu entendre, qui més i millor va comprendre les implicacions de la relativitat i, més en general, de la ciència que venia. S'obsessionà especialment en la quarta dimensió tot i que, amb la seva vena provocativa, no es va estar d'afirmar que «era quelcom del que es parlava, sense saber què significava» i fins i tot, unes dècades després, va arribar a negar haver llegit els treball teòrics relacionats amb la quarta dimensió.³ Només cal llegir els seus escrits sobre *El gran vidre* disposats a la *Green box* (Duchamp, 1934) per a comprovar la falsedat d'aquestes afirmacions. I cap expert en Duchamp se sorprèn davant aquestes cortines de fum. L'artista sempre va jugar a fet i amagar amb els qui buscaven interpretacions de la seva obra, aguditzant el vessant críptic i misteriós sobre la seva obra com sobre la seva persona.



Il·lustració 2. Marcel Duchamp (1887-1968) amb els seus discs òptics. Els *rotoreliefs* creen un efecte estereoscòpic amb dibuixos de circumferències excèntriques.

3. Aquestes opinions estan reflectides en una de les més acreditades biografies de Duchamp. L'autor és Calvin Tomkins i les referències són a la pàgina 70, però han estat preses per Pierre Cabanne, un altre gran entès en Duchamp (Cabanne, 1967).



De tota manera, el francès té tota la raó quan afirma que la quarta dimensió era un concepte fosc i gairebé esotèric. Moltes peces artístiques de l'època afirmaven referir-se a la quarta dimensió però la majoria mantenien una relació extremadament vaga i confusa amb la relativitat. En molts casos, la relativitat esdevingué una simple cossa per a vendre una obra artística. I aquí es troba precisament una altra justificació d'aquest article. Gairebé un segle després del treball d'Einstein⁴ que va reblar el clau sobre la interpretació de la quarta dimensió, dubto molt que es conegui i s'entengui la lectura relativista de l'univers fora de l'àmbit estrictament acadèmic. La gent del carrer encara llegeix la realitat euclidianament, com ho feia Newton més de tres segles enrera. De la mà de Poincaré i Duchamp revisarem el concepte de la *quarta dimensió*. Si només mirem Duchamp, correm el risc de no comprendre la física de la quarta dimensió, mentre que si només ens quedem amb la ciència pura, cauríem en un terreny excessivament àrid per al públic al qual vull accedir. Com diem unes línies més amunt, podem repensar la ciència si l'encarem al mirall de l'art. Podem agafar l'art tenyit de ciència per a obrir una nova via per a la comunicació científica. Amb raó, un bon col·lega meu no es cansa d'explicar als seus alumnes que la ciència és contraintuïtiva. La representació artística ens facilita un camí per a adquirir aquest coneixement. El cas de la quarta dimensió, amb la parella Duchamp-Poincaré com a protagonistes, és un bon exemple sobre com es pot mostrar aquesta via.

La quarta dimensió

Fa estona que en parlem però, exactament, quina és la quarta dimensió? Ras i curt, la quarta dimensió és el *temps*. Les tres primeres són les de l'espai en què ens movem i la quarta és on tots plegats convivim de manera aproximadament simultània. La teoria relativista posa al mateix nivell el temps i l'espai. De la mateixa manera que ens desplacem per l'espai, la teoria també permet moviments a través del temps. Així, fa desaparèixer la idea d'un rellotge universal. La nostra vida esdevé un viatge per l'espai/temps, i no només per l'espai, en el qual cada passatger tindrà la seva percepció personal del pas del temps. Aquesta seria la lectura pròpia de la relativitat especial. Posteriorment, la relativitat general postula una versió estesa i més abstracta però no tan clara. Aquesta secció traçarà una breu història d'aquestes interpretacions.

Precedents

Fins a la darrerria del segle XIX es creia en un univers que ens servia de marc de referència etern, aliè al pas del temps. Era la inter-

pretació establerta i ja formalitzada un parell segles abans per Galileo Galilei (1564-1642) i Isaac Newton (1642-1727). Galileu va estudiar la cinemàtica, és a dir, el moviment. En els seus treballs, entre altres coses, mostra com hem de canviar les coordenades d'un sistema de referència estàtic a un altre que es mou.⁵ El seu formalisme preveu que, si estem en moviment i observem un altre cos que es mou en la mateixa direcció que la nostra, aquest tindrà una velocitat relativa que serà la diferència entre la nostra velocitat i la seva. És a dir, ens semblarà que el cos va més lent que si l'observéssim estant aturats. Per altra banda, si ens movem en direcció contrària al cos notarem que aquest va més ràpid que si el mesuréssim estant quietos. El veuríem moure's a una velocitat superior a la que mesura el seu comptakilòmetres.

Newton va assentar tota la cinemàtica galileana i va justificar la manera de generar-la a partir del concepte de *força* en els *Principia* (1687), la seva obra magna.⁶ Newton va anar més enllà de la recepta de Galileu. Va voler pensar el cosmos. Es va imaginar que estàvem col·locats en un sistema de coordenades estàtic de tres dimensions. La posició en l'espai d'un cos es podia expressar respecte d'aquest sistema estàtic o de qualsevol altre que estigués en moviment. Però i el temps, què? Aquest era el mateix per a tothom. Els canvis de coordenades i les distàncies relatives entre cossos no afectaven la mesura del temps. En tots els sistemes el pas del temps era el mateix: universal i etern. No alterava la física del procés. Les famoses lleis de Newton sobre la força i l'acceleració no canviaven segons l'estat del cos. A més, se'n deduïa una lectura del món tremendament determinista, segons la qual la nostra existència estava predeterminada. Ateses una condicions inicials de posició i velocitat, era possible predir el futur del cos que estàvem estudiant. O a l'inversa, sabent les condicions actuals, endevinem el passat del cos en qüestió.

Les prolongacions posteriors de l'obra newtoniana es pregunten com es transmeten les forces en la distància. Si enmig dels cossos hi ha el buit, com pot existir el camp elèctric, el camp magnètic o el gravitatori? Com s'ho fan aquestes forces per a afectar un cos situat a una certa distància? Totes aquestes qüestions preocuparen cada cop més els científics fins arribar al punt àlgid durant la segona meitat del segle XIX. Per a resoldre aquests dubtes, s'imaginaren una substància anomenada *èter* que romania estàtica i que omplia tot l'espai. Mitjançant estranyes turbulències, l'èter comunicava les forces entre cossos distants. Per un altra banda, d'aquesta manera també es va donar un suport material al sistema de coordenades estàtic que s'imaginava Newton. Qualsevol moviment s'havia de referir respecte de l'èter. La velocitat absoluta d'una partícula quedava quantificada amb el desplaçament d'aquesta respecte d'aquest fluid.

Així, doncs, l'èter apareixia com una cosa quieta i, alhora, intangible. Era misteriós perquè no es podia detectar però, al cap i a

4. Aquest treball forma part del conjunt de treballs fets per Albert Einstein durant l'any 1905, batejat com l'*annus mirabilis* d'Einstein. Això justifica que l'any 2005, just cent anys més tard, sigui l'Any de la Física. És remarcable l'edició en català dels articles publicada per l'Institut d'Estudis Catalans el 1998.

5. Vegeu per exemple la referència indicada a la bibliografia i publicada l'any 1638 (Galileu, 1988).

6. Per cert, no deixa de ser curiós que el títol complet dels *Principia* sigui *Principis matemàtics de la filosofia natural* (Newton, 1987). Actualment, resulta impensable trobar un tractat de física amb la paraula *filosofia* al títol.



la fi, resultava útil perquè servia per a justificar molts fenòmens físics que semblaven inexplicables als ulls de la ciència d'aquell temps.

La mesura del vent de l'èter

La física es veu obligada a replantejar profundament què és l'espai i què és el temps arran de les incongruències aparegudes en l'experiment de Michelson-Morley.⁷ L'objectiu era mesurar de manera indirecta la velocitat del misteriós èter respecte de la Terra i, d'aquesta manera, percebre'n l'existència. Es volia saber la velocitat del que popularment va rebre el nom de «vent de l'èter». Tot l'edifici newtonià trontollà amb aquest experiment de resultats inesperats.

Albert Michelson i Edward Morley, de la Case School of Applied Science de Cleveland, a Ohio (EUA), no van confirmar el que anteriorment explicàvem sobre la percepció de la velocitat des d'un observador en moviment segons Galileu. Compararen la velocitat de la llum de dos raigs mútuament perpendiculars en diverses èpoques de l'any. La física newtoniana preveia que, atès que la Terra gira sobre el seu eix i al voltant del Sol, l'aparell ideat per Michelson i Morley havia de trobar diferències entre els temps que trigaven els dos raigs a recórrer la mateixa distància en diverses estacions de l'any. Cada raig de llum es desplaçava en direccions i velocitats diferents i produïa els efectes de rotació i translació de la Terra. La seva diferència ens donaria aleshores una prova indirecta de la presència de l'èter. Però l'aparell no va detectar diferències entre aquests dos raigs. Ho provaren infructuosament diverses vegades i el resultat sempre era negatiu. Tot semblava indicar que la llum viatjava sempre a la mateixa velocitat respecte dels investigadors, fos quina fos la velocitat i la direcció amb què es desplaçaven els punts des d'on es feia l'observació.

Basant-se en l'experiment de Michelson-Morley, diversos científics suggeriren que els cossos que es movien respecte de l'èter s'havien de contraure i que els rellotges s'havien d'alentir. Aquesta transformació de les coordenades era diferent de la que va proposar Galileu. Entre altres coses, la nova transformació incloïa una nova coordenada que abans restava invariable: el temps. La transformació de coordenades donava una contracció de l'espai i un alentiment del temps tals que tothom mesuraria la mateixa velocitat de la llum, fos quin fos el seu moviment respecte de l'èter. Entre els qui investigaren les raons del que es va observar en l'experiment de Michelson-Morley hi ha Voigt, Lorentz, FitzGerald i, finalment, el físic i matemàtic francès Poincaré.

El naixement i el desenvolupament de la relativitat

S'atorga a Lorentz el mèrit de presentar la fórmula de transformació de coordenades, però només la considerava una fórmula fenomenològica per a aconseguir que la velocitat de la llum fos la matei-

xa per a tots els observadors. No obstant això, va ser Poincaré qui va voler entendre les qüestions que s'inferien del descobriment i qui es replantejà el temps en un context general. El seu article «La mesure du temps» (1898) proposà una definició de *simultaneïtat*. Ara que el pas del temps era diferent per a cossos estàtics que per a cossos en moviment, el concepte esdevingué cabdal. Poincaré, per altra banda, també s'esforçà a donar un cos formal matemàtic potent a les anomenades *transformacions de Lorentz*, lligant-les amb la geometria no euclidiana desenvolupada durant el segle XIX.

La nova geometria es contraposa a la d'Euclides de l'any 300 aC. La geometria clàssica, entre altres coses, tracta amb superfícies planes i estableix que la distància més curta entre dos punts està proporcionada per la recta que els uneix. En contraposició, un dels casos més senzills de construcció no euclidiana és la superfície d'una esfera. Ara deixem de tenir un pla: tenim una superfície corbada i el concepte de *distància* s'ha de reformular d'acord amb això. L'origen de la recerca d'una geometria alternativa es remunta a Lobachevsky i Bolyai, a les contribucions respectives del 1829 i del 1832. Tanmateix, els altres matemàtics no la prengueren en consideració fins ben començada la segona meitat del XIX. A partir d'aleshores, els estudis adquiriren una certa fama i esdevinguren força populars gràcies a les noves contribucions de Riemann o Klein.

Tornem al nostre protagonista científic. Com afirma l'historiador de la ciència i físic Gerald Holton, «per mentalitat, Henri Poincaré era conservador» (Holton 2001, pàg. 127). A més, era un símbol de l'*establishment*, atès que posseïa simultàniament cinc places de professor i pertanyia tant a l'Académie des Sciences com a l'Académie Française, una cosa gens usual i molt meritòria. Com Holton, molts comentaristes creuen que el francès no fou prou valent atesa la informació disponible en aquell moment. A partir de les equacions que havia obtingut, només li mancava un petit pas per arribar a conclusions contradictòries amb les teories establertes. Calia ser prou agosarat per a fer el salt i tenir una distància prou gran respecte de l'acadèmia per a veure les implicacions dels nous resultats. I cap d'aquestes característiques no figuren en la persona de Poincaré.

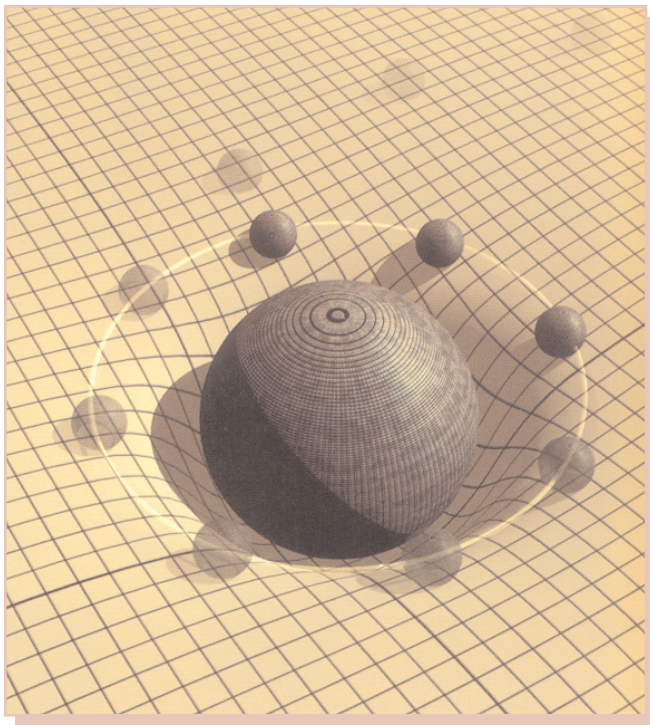
El darrer pas el va fer l'any 1905 Albert Einstein, un físic desconegut i un *outsider* que treballava en una oficina de patents a Zurich. Ell sí que es va atrevir a establir com a velocitat màxima insuperable la de la llum, a descartar l'existència de l'èter perquè era absolutament innecessari i a postular que la velocitat de la llum és una constant universal. I, també cal dir-ho, el jove Einstein era un bon coneixedor tant de l'obra acadèmica com de la divulgativa de Poincaré.

L'esquerda apareguda en la física establerta a partir de l'experiment de Michelson-Morley es va anar eixamplant. Einstein tingué un paper clau a partir de 1905 en aquest desenvolupament. La relativitat general, enunciada pel mateix Einstein a partir de l'any 1916, s'agermanà amb més i més força amb la geometria no euclidiana. Allò que havia nascut com una construcció matemàtica abstracta, sense interès pràctic, esdevenia ara una representació adequada del món que ens envolta. Els treballs desenvolupats han servit per a desenvolupar els models cosmològics que expliquen el big-

7. Foren una sèrie d'experiments que se succeïren des del 1881 fins al 1929. No obstant això, la sèrie més important i famosa fou realitzada en el decurs de l'any 1887.



bang i l'expansió posterior de l'Univers, per a proposar la possibilitat de viatjar en el temps a través dels forats de cuc o preveure l'existència de forats negres,⁸ entre moltes altres implicacions. La deformació de l'espai euclidià procedeix de la presència del camp gravitatori. És ben coneguda la metàfora de l'enfonsament d'una malla quan hi posem una esfera massissa al damunt. Com més pesada és l'esfera, més gran és el plegament i més intens serà el seu efecte atractiu sobre qualsevol objecte que es bellugui sobre aquesta malla. En aquesta representació, un forat negre generarà un pou infinit. Vegeu la il·lustració 3 per a tenir una representació visual d'una geometria no euclidiana generada per un camp gravitatori.



Il·lustració 3. Visualització de l'encorbament d'una geometria euclidiana a causa de la presència d'un cos amb massa i la seva influència en el moviment d'altres cossos.

De la relativitat general es dedueix una lectura més àmplia de la quarta dimensió. Tenim moltes altres dimensions que s'escapen de les tres. Sense faltar a la veritat es pot –i es podia– dir que estem immersos en un espai més ampli del que és propi de la nostra intuïció. Aquest és el missatge que més va entusiasmar el públic en general però, sobretot, els artistes amb fam d'innovació.

La lectura de Duchamp

La gent del carrer veia la quarta dimensió com una dimensió «còsmica» superior a la nostra percepció. La idea prové de l'atractiu

de les consideracions dels matemàtics, com ara Riemman, de la segona meitat del XIX que hem esmentat unes línies més amunt. L'expectació despertada va fer omplir pàgines i pàgines de diaris i revistes. S'escrigueren novel·les i es feren multitud de dibuixos sobre aquesta dimensió «còsmica». Fins i tot la revista *Scientific American* va patrocinar un concurs d'articles l'any 1909 sobre «la millor explicació de la quarta dimensió» i va tenir un èxit aclaparador (Holton, 2001).

S'associaven a aquesta dimensió els raigs X, el telègraf, l'electromagnetisme i totes aquells descobriments recents que tenien un caire misteriós i màgic. L'imaginari popular estava més relacionat amb els camps de forces electromagnètiques i la interacció entre objectes a distància que no pas amb la quarta dimensió pròpia de la relativitat. L'exemple més conegut d'apropiació artística seguint aquest fil argumental es troba en els textos d'André Breton i en el corpus teòric del grup surrealista. I és potser en aquest sentit que Duchamp deia que era molt fàcil caure en científismes i esoterismes quan els artistes parlaven de la quarta dimensió. Tot i així, escapant-se del tòpic i de l'excessiu simplisme d'algunes d'aquestes consideracions sobre la ciència, també va arribar a l'esfera pública un altre missatge més documentat.

Les primeres influències intel·lectuals

A la introducció hem comentat l'èxit immediat del concepte de *quarta dimensió* i hem donat a Poincaré una part important de la culpa de l'èxit. No obstant això, Holton (2001) considera que el poder divulgador de les disquisicions de Poincaré era més aviat limitat. Holton afirma que les temptatives de Poincaré per a popularitzar les noves geometries «havien de deixar el lector commogut però no precisament adequadament informat». Els seus biògrafs sempre comenten que les seves classes eren una pura improvisació i que saltava d'un tema a l'altre amb una rapidesa insuportable pels seus alumnes. Tot i així, l'any 1903 –un any després de *Science et Hypothèse*–⁹ es va publicar a París el *Traité élémentaire de géométrie à quatre dimensions et introduction à la géométrie à n dimensions* d'Esprit Pascal Jouffret i Holton aprecia aquesta obra pel fet que és una eina molt bona destinada al públic no iniciat. La intenció del llibre de Jouffret era ensenyar la geometria no euclidiana de manera amena i per a fer-ho, això sí, cita constantment idees, publicacions i metàfores del mateix Poincaré. Més endavant, l'any 1906, Jouffret en publica una versió més rigorosa i acurada: *Mélanges de géométrie à quatre dimensions*.

Maurice Princet és una altra figura que s'ha de tenir en compte. Els historiadors de l'art el consideren ben informat sobre les noves matemàtiques (Henderson, 1983). Calvin Tomkins (1999), biògraf de Duchamp, explica que aquest actuari d'assegurances va entrar en contacte amb el grup de Puteaux en una data imprecisa però sempre anterior al 1912. Era conegut de Pablo Picasso, però aquest valorava ben poc el jove Princet i el considerava un excèn-

8. Aquesta conjectura matemàtica ha esdevingut certa gràcies a les observacions realitzades des de sondes espacials o telescopis.

9. Comentarem més endavant aquest llibre de Poincaré.



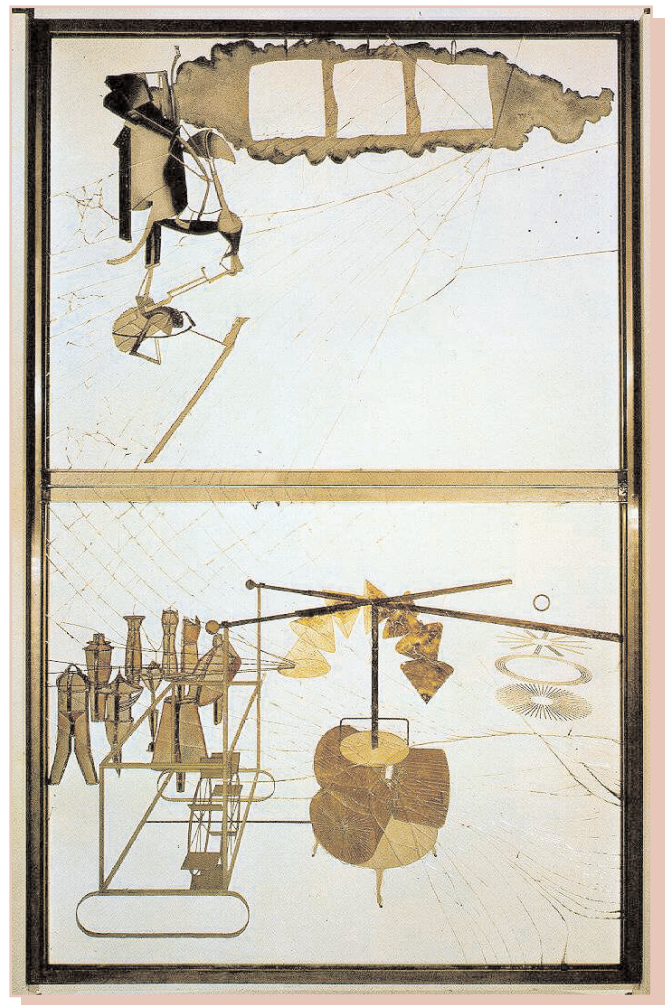
tric. Princet freqüentava l'estudi de Picasso perquè estava enamorat d'una model. No obstant això, Jean Metzinger¹⁰ sí que va interessar-se pels seus coneixements matemàtics i pensava que Princet «concebia les matemàtiques com un artista» (Henderson 1983, p. 69). Metzinger va portar-lo a les trobades cubistes de diumenge a la tarda a Puteaux. Dins aquell grup hi havia els germans Duchamp. El grup va quedar entusiasmat amb les explicacions matemàtiques sobre la quarta dimensió del jove Princet. Per als cubistes de Puteaux la quarta dimensió representava «una realitat superior, una veritat transcendental que cada artista havia de descobrir per ell mateix» (Henderson 1983, p. 69). Per aquest motiu, s'atorga a Princet el mèrit d'haver fet de pont entre els grups artístics i les matemàtiques dels llibres de Jouffret.

La recerca artística

Quin interès podia trobar Duchamp a totes aquestes disquisicions a l'entorn de la ciència? Què hi veia de suggestiu? Per a buscar una resposta més específica, cal recuperar les seves lectures matemàtiques. Evidentment, Duchamp no es va conformar amb les explicacions de Princet i es va voler documentar per ell mateix. No només va fixar-se en els llibres de Jouffret sinó que es va endinsar en els llibres purament matemàtics o d'alta divulgació de Poincaré i en d'altres com Lobachevski.

Anteriorment Holton ens havia minimitzat el poder comunicatiu de Poincaré però l'historiador es contradia unes línies més endavant quan admet la seva capacitat per a capturar l'atenció dels artistes. Atorga a les ponències i llibres de Poincaré una habilitat simpàtica envers els artistes, justificada per les seves qualitats literàries i retòriques. Les metàfores de Poincaré van servir d'inspiració a Duchamp en el seu camí cap a una manera inèdita de pensar l'art. Fóra exagerat de dir que Duchamp feia una traducció literal de les idees de Poincaré però sí que hi ha imatges de Poincaré que retraten amb precisió la intenció de l'artista que aquest guardava amb zel.

Per exemple, Poincaré avisa els seus lectors que no estem preparats per a copsar les quatre dimensions. Una possible visualització seria comparable a la del mite de la caverna de Plató, com afirma Holton (2001). La paret ens mostra una projecció de l'existència d'una realitat superior que no som capaços de percebre.¹¹ De tota manera, el científic afirma que ens hi podem aproximar per analogia. La quarta dimensió és per a nosaltres, objectes de tres dimensions, allò que les tres dimensions (3d) és per a qualsevol observador circumscrit a una realitat de dues dimensions (2d). Si som en el pla i volem percebre un con a 3d, el que hem de fer és tallar diverses seccions a diverses alçàries del con. Col·leccionant el conjunt de talls tindrem una idea força aproximada del cos en 3d, a partir d'un conjunt de percepcions restringides en 2d. O



Il·lustració 4. *El gran vidre* (1915-1923), també anomenat *The bride stripped bare by her bachelors, even*, de Marcel Duchamp.

sigui: tindrem un seguit d'ombres, un seguit de projeccions, d'un objecte en 3d.

El mètode de Poincaré per a representar aquesta realitat superior va entusiasmar Duchamp i així consta en els seus escrits¹² per a la construcció de *El gran vidre*. Al marge de totes les interpretacions que n'han fet els crítics d'art, la peça es pot considerar com una d'aquestes seccions d'una realitat superior que no podem copsar. És el resultat d'un llarg recorregut durant set anys, del 1916 al 1923, durant els quals l'artista es va submergir en els llibres matemàtics sobre la quarta dimensió. Duchamp, en referència a *El gran vidre*, va dir que era un «estudi renovat de perspectiva», alternatiu al que en el seu moment va aportar el Renaixement i basat

10. L'artista cubista és dels qui van dotar de major contingut teòric al moviment. Va publicar juntament amb Paul Gleizes el llibre *Du Cubisme* l'any 1912, en el qual apareixen conceptes de la relativitat. A la vegada, l'historiador de la ciència Arthur I. Miller (2000) argumenta que els quadres cubistes i el llibre varen influir en la formació d'un dels principis fonamentals de la física quàntica enunciat pel físic Niels Bohr l'any 1927: el principi de complementarietat.

11. Aquest mètode és similar a l'utilitzat per a estudiar les trajectòries caòtiques amb les seccions de Poincaré, com comentarem més endavant.

12. Vegeu els textos recopilats a la *Green box* (Duchamp, 1934).



en la nova ciència relativista. Una altra vegada també va afirmar que la núvia representada era «mig robot, mig quadridimensional» i que l'obra s'havia d'entendre com una «projecció d'un objecte de quatre dimensions».¹³

Hi ha d'altres iniciatives considerades menors durant aquest període però que investiguen altres maneres de percebre la quarta dimensió. Una d'elles són els *rotoreliefs*. L'artista es va dedicar a construir uns discs que, en fer-los girar a l'entorn de l'eix, generaven un efecte estereoscòpic. Ho aconseguia per mitjà d'un joc de circumferències excèntriques dibuixades sobre els discs. Duchamp tornava a partir de les dues dimensions per a intuir una dimensió superior: enganyar la vista i copsar un objecte tridimensional quan l'objecte real és de dues dimensions. D'aquesta manera tan típica de Duchamp, els discs discutien el fet que l'aparença dels objectes fos exactament associable a allò que en diem *realitat*. Vegeu la il·lustració 2.

La ciència segons Poincaré: més lectures

El físic i matemàtic francès tenia una doble aspiració. Primerament, com hem vist, volia comunicar a la societat del seu temps els paradigmes de la ciència més recent. I, segon, volia repensar la recerca i el mètode científic. La seva posició se sintetitza amb el terme *convencionalisme* i Poincaré la va desenvolupar en llibres com *La science et l'hypothèse* (1902), *La valeur de la science* (1905) o *Science et méthode* (1908). Proposava les noves geometries no euclidianes com a convencions en comptes de fets de l'experiència, sintètics a priori. Des del punt de vista matemàtic, insistia també en el paper de la intuïció per damunt de la lògica. Pel que fa a la física, afirmava que hi ha diverses teories susceptibles d'explicar la mateixa realitat malgrat que són contradictòries en un nivell o un altre. Són paradigmàtiques les frases de Poincaré: «és per lògica que provem, és per intuïció que inventem» i «la lògica, per tant, quedaria erma si no es fertilitza amb la intuïció».¹⁴

Aquesta visió de la ciència resultava –i resulta encara avui– molt instructiva des del punt de vista artístic. Una de les raons per a trobar-hi atractiu és el desmantellament de la concepció de «veritat absoluta» dins la ciència. La pàtina de rigor encarrat i altiu que hi veien –i que molts encara hi veuen– els artistes tenia encara menys raó de ser. Els dictats de la física no són lleis inamovibles sinó que són hipòtesis de treball per a descriure la nostra experiència.

La teoria del caos

Poincaré tenia aquestes idees probablement influït per la seva recerca científica. Se'l considera el pare de la teoria del caos. Va observar que la dinàmica d'un sistema de tres cossos amb massa és imprevisible tot i conèixer perfectament les lleis que en regeixen el moviment. En els seus tractats de mecànica celeste (Poincaré, 1892, 1893, 1899, 1905, 1907, 1909, 1911) explica com petits canvis en les condicions inicials generen trajectòries absolutament disperses. L'interessant del cas és que aquests petits canvis eren inferiors al grau de precisió dels instruments de mesura. Per tant, les nostres observacions astronòmiques, en contra del que afirmaven els deixebles de Newton, no ens permetien de preveure el moviment celeste. I el caos ja estava servit.

Una representació també interessant per al nostre discurs és la de les seccions de Poincaré. Aquestes són talls en l'espai que, si estudiéssim un moviment determinista, sempre creuria la secció pel mateix punt. No obstant això, si el sistema és caòtic, el planeta travessarà el pla per llocs impredecibles i crearà un núvol de punts en la secció de Poincaré. Les disquisicions també serveixen per a un sistema amb multitud d'àtoms en estat gasós: la meteorologia. La seva imprevisibilitat és deguda al grau de complexitat del sistema. Coneixem les lleis dels gasos que regeixen la meteorologia però, malauradament, no ens permeten predir el temps. Un altre cas paradigmàtic de la teoria del caos és el del pèndol acoblat. El moviment de dos pèndols lligats també pot resultar imprevisible. I, quan la complexitat és del tot inabastable, cal incloure l'atzar en la descripció del món. Poincaré ensenyava teoria de probabilitats i li agradava presentar el moviment erràtic d'una partícula de pols dins un fluid¹⁵ com a exemple de l'omnipresència de l'atzar a la natura. A més, l'atzar apareix a totes les escales: des de la Via Làctia, passant pels moviments dels planetes, fins arribar a la dinàmica d'una minúscula partícula de pols.¹⁶ Totes aquestes paradoxes foren explotades àmpliament pel Poincaré pensador.

Evidentment, un fervent practicant de l'art «no retinià» i merament mental com Marcel Duchamp també es va enganxar a aquest corrent de pensament. Era una tesi perfecta per a apuntalar el seu discurs sobre com havia de ser l'art. L'artista i directora-fundadora de l'*Art Science Research Laboratory* (ASRL) Rhonda Roland Shearer¹⁷ troba en les notes de la *Green box* de Duchamp vocables emprats per Poincaré (Shearer, 1997 i 1998). El científic, per a enfortir el seu discurs filosòfic, feia servir un seguit de metàfores. Entre les més conegudes figuren el núvol, la Via Làctia o el moviment pendular i la majoria tenen relació amb objec-

13. Les citacions provenen de diverses referències, totes compilades en l'article de Holton (2001).

14. Vegeu les biografies al web que hi ha al final de l'article.

15. El moviment de la partícula de pols dins un fluid fou descobert per Robert Brown l'any 1827. Poques persones saben que un dels tres articles clau d'Einstein de l'any 1905 era per a explicar matemàticament el moviment anomenat *brownià*. La resta està dedicada a la física quàntica i a la relativitat, respectivament. L'article sobre el moviment brownià és tan o més important que els d'aquestes teories tan grandiloqüents de la física d'avui dia.

16. La invariança d'escala és la propietat essencial de la natura que Benoit B. Mandelbrot a la dècada dels seixanta del segle XX definí amb el nom de *fractal*.

17. Shearer és també la vídua del reconegut biòleg i paleontòleg Stephen Jay Gould. Tots dos fundaren l'ASRL, una associació sense finalitat de lucre que té la seu a Nova York. Vegeu el seu web i l'article a *Science* de l'any 1999 per a conèixer la filosofia de l'ASRL. Duchamp figura entre els artistes favorits de la seva recerca en la intersecció entre ciències i arts.



tes pertanyents a *El gran vidre*. Les notes expliquen que el moviment pendular de la núvia és «inestable», extremadament sensible a les condicions «metereològiques». El núvol que apareix a la part superior del vidre es pot relacionar amb la meteorologia però també es pot interpretar com el resultat de l'observació d'una secció de Poincaré sobre trajectòries caòtiques de la pols erràtica que ens envolta. Aquestes visions contrasten amb el mecanisme dels objectes representats. Duchamp mostra així un rebuig irònic a la ciència determinista nascuda amb Newton, que hem explicat en una secció anterior, i arriba a la nova física¹⁸ personificada, en aquest cas, en Poincaré.

Podem buscar l'origen d'aquesta actitud crítica envers la física clàssica. Segons el seu biògraf Tomkins (1999), la trajectòria de Duchamp té un abans i un després de *Trois stoppages étalon* (1913-1914). Fins aquell moment, Tomkins considera que Duchamp buscava rigor, absoluts, solucions i determinismes però, a mesura que es va introduir més i més en les lectures científiques, va deixar de tenir aquestes intencions. Va abandonar la visió simplista sobre la ciència com a eina màgica que ens soluciona la vida. Potser el cas més emblemàtic d'aquesta època de fe cega en la ciència és el quadre *Nu baixant l'escala* (1912) en el qual l'artista vol retenir el moviment en una sola imatge. És una investigació pròpia de l'escola cubista, fruit d'un discurs seriós i acadèmic. Durant un curt període de temps, entre el 1912 i el 1913-1914, Tomkins (1999) troba en Duchamp un canvi d'actitud, tractant una física «més juganera» a partir de *Trois stoppages étalon*. La personalitat del francès tendia al joc, però el biògraf li veu també una intuïció premonitòria sobre els passos futurs de la física i la ciència en general.

Trois stoppages étalon és fruit de l'experiment següent. Tenim tres cordills d'un metre de longitud cadascun i els deixem caure des d'un metre d'alçada. Evidentment, el resultat en

tots tres casos serà absolutament diferent. Tots tres fan un metre però tots tres adoptaran formes corbes diferents quan arribaran a terra. Amb els tres perfils obtinguts Duchamp va construir tres llistons de fusta com si fossin regles de mesura. Tot el conjunt (cordills i regles) queda encapsat en un estoig d'estètica típica de l'instrumental tecnològic de l'època. La peça té una gran riquesa de discursos de caire científic. Primer missatge: una geometria no euclidiana creada a partir d'un metre de corda pot adoptar diversos perfils corbats. Amb la relativitat, com hem dit, es posa en dubte el concepte clàssic de *distància*. L'objecte ironitza d'aquesta manera amb el patró universal del metre guardat curosament a París en una capsula similar. Segon missatge: el conjunt de variables que modifiquen la caiguda del cordill en cadascun dels casos genera diversos resultats, tots ells imprevisibles. Ara, en aquest cas, caiem en el discurs de la teoria del caos i l'atzar que ens envolta. Ironitzem sobre el determinisme de la ciència dels segles XIX i anteriors i critiquem l'experiment repetit per a validar una teoria científica. I podríem continuar parlant de molta més ciència fixant-nos només en aquest objecte d'aparença tan innocent.

Altres duchamps i la creativitat

Encara més. Els *ready mades* també adopten –mai millor dit– una nova dimensió si ens els mirem amb els ulls de Poincaré. El matemàtic i físic francès va explicar llargament el seu procés creatiu quan investigava. Són memorables la ponència *La invenció matemàtica* impartida a l'Institut Général de Psychologie de París l'any 1908 i el llibre de Toulouse, director del Laboratori de Psicologia a l'École des Hautes Études de Paris, en el qual es recullen diversos tests psicològics i converses amb Poincaré.



Il·lustració 5. *Trois stoppages étalon* (1913-1914).

18. Molts crítics acostumen a quedar-se amb una lectura molt més simple però igualment vàlida. Consideren que la peça també és una crítica de la societat industrial i productiva que aleshores emergia.



Shearer (1997 i 1998) proposa una lectura força interessant sobre aquests documents i el llibre de Poincaré *Science et méthode* (1908). El terme *ready made* rep en francès la denominació de *tout fait*. Curiosament, Poincaré feia servir aquest mateix terme molt abans que Duchamp per a parlar de la seva forma de treballar, pensar i investigar com a científic. Quan era estudiant no prenia apunts. Quan estudiava al seu despatx, ho feia dret i podia dur a terme diverses tasques alhora. Explicava que les idees noves se li apareixien en els moments més inversemblants. Segons Poincaré, un *tout fait* és una hipòtesi de treball. És l'estat de la qüestió d'un procés creatiu a més llarg termini. A més, el mecanisme creatiu es desenvolupa de la manera següent. Primer, com a condicions inicials en un estadi conscient, figuren la intenció de l'investigador i les lleis de la natura acceptades fins aquell moment. Segon, una mirada crítica a la natura desintegra les lleis i els seus discursos configurats per a entendre el món i, com molècules de gas, els conceptes trencats col·lionen enllaçant-se i formant noves combinacions. I tercer, un sedàs de l'inconscient tria la combinació correcta de conceptes. Aquest darrer estadi configura la combinació adequada de conceptes i converteix el gas caòtic de conceptes en idees sòlides.

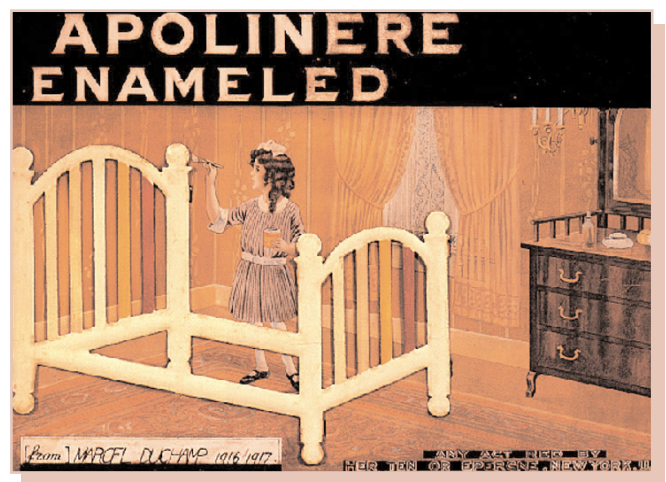
La recombinació pot succeir en qualsevol moment, com una il·luminació sobtada. A Poincaré li agradava recordar que un dia anava a pujar a un tramvia i «en el moment de posar el peu a l'esglaó la idea que em va venir a mi, sense que cap dels pensaments d'aleshores hi tingués relació, fou que la transformació que utilitzava per a definir les funcions de Fuch era idèntica a les de la geometria no euclidiana». De manera similar, Shearer (1997 i 1998) veu que els *ready made* de Duchamp no són objectes trobats atzarosament. Són aparicions, visions, recombinacions novedoses dels seus pensaments amb la qual cosa insisteix en un art merament mental. Esdevenen fruits provisionals de la recerca de Duchamp com a artista. Sota aquesta perspectiva, argumenta que fins i tot *El gran vidre* es pot considerar un *ready made* descrivint tota la maquinària de la creativitat. Barry Cipra (1999) discuteix la interpretació de Shearer perquè, citant el director del Museu de Philadelphia de Duchamp, «només són teories i no té proves». ¹⁹ No obstant això, també admet que ens aporten una nova visió de l'obra de Duchamp dotant-la d'un «deliciós gir irònic» inèdit en estudis anteriors.

I, finalment, és impossible acabar la secció sense esmentar la darrera obra de Poincaré. *L'Étant donnés* (1946-1966) conté un cop més la idea de la quarta dimensió. L'obsessió per a percebre una realitat d'ordre superior hi és present. La peça manté objectes com ara la caiguda de l'aigua i la llum de gas que ens remeten directament a *El gran vidre* i a les seves anotacions críptiques relatives a les seves lectures matemàtiques i físiques. La cascada és directament associable a la pluja d'*El gran vidre* i la llum de gas es podria relacionar amb la il·luminació a partir del gas d'idees i prejudicis deconstruïts. A més, mirar pel forat del pany correspondria a percebre una nova dimensió.

De retorn a la ciència

Desfem el camí iniciat des de la ciència. És relativament fàcil embrancar-se en les referències científiques en l'art, però resulta més difícil trobar un ressò artístic dins la recerca científica. A l'hora de tancar aquest article, em voldria referir breuement al retorn als territoris que em són més propis.

Ara que sabem què és la quarta dimensió, podem viatjar a través del temps i posar-nos a la casa dels Penrose l'any 1958. El cap de família és Sir Roland Penrose. L'artista és considerat el màxim representant a Anglaterra del surrealisme. També és un historiador de l'art molt famós, el més d'un important col·leccionista de Duchamp a la Gran Bretanya i també un bon amic de Duchamp. El seu germà és el genetista Lionel Penrose, mentre que el seu nebot és Roger Penrose, matemàtic especialista en relativitat i famós sobretot pels *best-sellers* de ciència com ara *La nueva mente del emperador*. Aquell any, Duchamp va passar una llarga temporada a Anglaterra perquè estava preparant una versió tipogràfica anglesa de la *Green box* amb l'ajut de l'artista Richard Hamilton. Shearer (1997 i 1998) documenta que va passar moltes vespres a casa dels Penrose jugant a escacs i fent tertúlia. Molt probablement, segons Shearer, Duchamp va ensenyar la peça *Apolinere Enameled* i aquesta va influir sobre Roger i Lionel Penrose a l'hora d'escriure un article científic sobre figures impossibles publicat aquell mateix any.²⁰ El dibuix té un error de perspectiva a l'hora de dibuixar el llit (vegeu la il·lustració 6). Els dos Penrose tenien un interès particular en les figures ambigües i en com era possible que la ment fos capaç de reconstruir una imatge, ignorant-ne les incoherències. Científicament, volien insistir en el paper del cervell a l'hora de percebre la realitat de la mateixa manera com ho havia estat fent Duchamp durant els darrers quaranta anys.



Il·lustració 6. *Apolinere Enameled* (1916-1917), de Marcel Duchamp.

19. Cipra (1999) critica més intensament altres estudis de Shearer (Shearer i Gould, 2000) relatius a la Gioconda de *L.H.O.O.Q.* de Duchamp que són força més rebuscats.

20. Penrose i Penrose (1958). Vegeu també el capítol de Roger Penrose de l'any 1973.



Un altre cas. L'article publicat a *Science* l'any 1999 escrit per Shearer i Gould també recorda que la il·lusió estereoscòpica dels *rotoreliefs* fou descoberta independentment i de manera científica per psicòlegs de la percepció. El fenomen fou batejat amb el nom tècnic d'*efecte estereo-cinètic de Benussi*²¹ en l'article publicat per Cesare Musatti l'any 1924. Les investigacions de Duchamp són absolutament paral·leles. Diversos estudiosos de la seva obra remarquen l'orgull amb què l'artista explicava que els seus discos giratoris havien servit als soldats amb ferides a la vista arran de la Segona Guerra Mundial. Els *rotoreliefs* es van utilitzar per tal que els soldats tornessin a tenir una visió tridimensional, imprescindible per a calcular la distància al blanc. Un objecte artístic també adquireix així una utilitat científica.

La història es podria no aturar aquí però ho hem de fer en algun lloc. La cadena de relacions és perllongable fins als nostres dies. La interlocució al llarg de la història ha existit i existirà sempre. L'article ha volgut insistir en la possibilitat de diàleg entre ciències i arts fixant-nos en l'espai creat a partir del concepte de la *quarta dimensió* i Poincaré. Només cal fer un esforç de recerca per a posar de manifest aquesta proximitat que no ens ha de sorprendre mai perquè tots dos mons comparteixen objectius. Artistes i científics tenen fam de «conquerir l'irracional», com deia Dalí, un company de bregues de Duchamp. L'afany de percebre l'invisible és comú a totes dues cultures. Només cal mirar pel forat del pany de l'*Étant donés* per a començar el viatge.

Enllaços relacionats

Biografies i treballs de Jules Henri Poincaré

The MacTutor History of Mathematics Archive. School of Mathematics and Statistics of the Saint Andrew's School of Scotland

[http://www-gap.dcs.st-](http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Poincare.html)

[and.ac.uk/~history/Mathematicians/Poincare.html](http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Poincare.html)

The Internet Encyclopedia of Philosophy. Universitat de Tennessee:

<http://www.utm.edu/research/iep/p/poincare.htm>

Marcel Duchamp

The Marcel Duchamp Studies Online Journal

<http://www.toutfait.com>

The Marcel Duchamp World Community Web Site

<http://www.marcelduchamp.net/>

Treballs de Duchamp i la seva relació amb la seva ciència. Art Science Research Laboratory (ASRL)

<http://www.artscienceresearchlab.org>

Programa del simposi Methods of Understanding in Art and Science: The Case of Duchamp and Poincaré, fet del 5 al 7 de novembre de 1999 al Science Center de la Universitat de Harvard. Hi participaren personalitats molt destacades del món de la ciència i de l'art.

<http://www.marcelduchamp.org/symposium/program.html>

Alguns webs on apareixen animacions d'*El gran vidre*, *l'Étant donés*, *Trois stoppages étalon* i *Rotoreliefs*. Se citen alguns dels textos de Duchamp i s'hi proporciona informació biogràfica.

<http://www.understandingduchamp.com/>

<http://www.p22.com/projects/duchamp.html>

<http://www.freshwidow.com/etant-donnes2.html>

http://www.aqualoop.com/aqua_sound/delia/d_spirale.html

Bibliografia

BOHM, D. (2002). *Sobre la creatividad*. Barcelona: Kairós.

CABANNE, P. (1967). *Dialogues with Marcel Duchamp*. Londres: DaCapo Press.

CIPRA, B. (1999, 26 de novembre). «Duchamp and Poincaré Renew an Old Acquaintance». *Science*. Vol. 286, pàg. 1668-1669. [DOI: 10.1126/science.286.5445.1668].

DUCHAMP, M. (1934). *The Bride Stripped Bare by Her Bachelors, Even (The Green Box)*.

DUCHAMP, M.; SANOUILLET, M.; PETERSON, E. (1989). *The Writings of Marcel Duchamp*. Londres: DaCapo Press. [Edició de butxaca].

EINSTEIN, A. (1998). *Einstein en català*. Barcelona: Societat Catalana de Física; Institut d'Estudis Catalans.

GALILEI, G. (1988). *La nueva ciencia del movimiento*. Bellaterra: Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona; Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.

JOUFFRET, P. E. (1903). *Traité élémentaire de géométrie à quatre dimensions et introduction à la géométrie à n dimensions*. París: Gauthier-Villars.

JOUFFRET, P. E. (1906). *Mélanges de géométrie à quatre dimensions*. París: Gauthier-Villars.

HENDERSON, L. D. (1983). *The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art*. Princeton (Nova Jersey): Princeton University Press.

HOLTON, G. (2001). «Henri Poincaré, Marcel Duchamp and Innovation in Science and Art». *Leonardo*. Vol. 34, pàg. 127-134.

MILLER, A. I. (2000). *Insights of Genius: Imagery and Creativity in Science and Art*. Massachussets: MIT Press.

NEWTON, I. (1987). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Madrid: Tecnos.

PENROSE, L.; PENROSE, R. (1958). «Impossible Objects: A Special Type of Illusion». *British Journal of Psychology*. Vol. 49, pàg. 31.

PENROSE, R. (1973). *In Praise of Illusions*. A: GREGORY, R. L. (ed.). *Illusion in Nature and Art* (pàg. 45). Londres: Duckworth.

PENROSE, R. (1996). *La nueva mente del emperador*. Barcelona: Círculo de Lectores.

POINCARÉ, J. H. (1898). «La mesure du temps». *Revue de Métaphysique et de Morale*. Vol. 6, pàg. 1-13.

POINCARÉ, J. H. (1902). *La science et l'hypothèse*. París: Flammarion.

POINCARÉ, J. H. (1905). *La valeur de la science*. París: Flammarion.

POINCARÉ, J. H. (1908). *Science et méthode*. París: Flammarion.

POINCARÉ, J. H. (1892-1899). *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*. París: Gauthier-Villars. 1892 vol. I, 1893 vol. II, 1899 vol. III.

POINCARÉ, J. H. (1905-1911). *Leçons de mécanique céleste*. París: Gauthier-Villars. 1905 vol. I, 1907 vol. II part I, 1909 vol. II part II, 1911 vol. III.

21. Vittorio Benussi era el professor de Musatti i el mateix Musatti atribueix el descobriment a Benussi en aquest article aparegut en una publicació especialitzada de psicologia.



SHEARER, R. R. (1997). «Marcel Duchamp's Impossible Bed and Other "Not" Readymade Objects: A Possible Route of Influence From Art To Science / Part II», *Art and Academe*. Vol. 10, núm. 1.

<<http://www.marcel Duchamp.org/ImpossibleBed/PartI/>>

SHEARER, R. R. (1998). «Marcel Duchamp's Impossible Bed and Other "Not" Readymade Objects: A Possible Route of Influence From Art To Science / Part II», *Art and Academe*. Vol. 10, núm. 2.

<<http://www.marcel Duchamp.org/ImpossibleBed/PartII/>>

SHEARER, R. R.; GOULD, S. J. (1999). «Of Two Minds and One Nature». *Science*. Vol. 286, pàg. 1093-1094.

SHEARER, R. R.; GOULD, S. J. (2000). «Duchamp's L.H.O.O.Q.-From 1919 or 1930?». *Science*. Vol. 287, núm. 5450, pàg. 41.

TOMKINS, C. (1999). *Duchamp*. Barcelona: Anagrama.

<=> Citació recomanada:

PERELLÓ, Josep (2005). "Poincaré i Duchamp: encontre a la quarta dimensió". *Artnodes*, núm. 4 [article en línia].

DOI: <http://dx.doi.org/10.7238/a.v0i4.732>



Josep Perelló

Professor lector del Departament de Física Fonamental de la UB

josep.perello@ub.edu

Professor lector a la Universitat de Barcelona al Departament de Física Fonamental. És llicenciat i doctor en Física, especialitzat en Econofísica. Dins aquest camp, utilitza mètodes estocàstics per a estudiar la dinàmica de la borsa. Imparteix docència als ensenyaments de Física i d'Informàtica de Sistemes de la Universitat de Barcelona.

Compagina aquestes activitats amb la d'activista de comunicació científica. Ha estat coordinador i ponent dels cursos Ciències i arts: escenes d'un amor (im)possible (2003) i Ciències i arts: espurnes d'amor (2004) dels Juliol de la UB. Ha guanyat el premi KRTU 2001 a la jove creativitat per un projecte d'intervenció artísticolliterària amb principis científics. Ha col·laborat amb artistes, ha participat en recitals poètics, exposicions d'art i en el disseny d'estampats per a una firma de moda. Ha publicat el llibre d'artista amb fotos *Versos sobre papiroflèxia matemàtica i boles peludes en mètrica d'espai temps* (1999) i *Teoria de l' striptease aleatori* (3i4, 2004). Ha defensat l'agermanament entre ciències i arts a *El Periódico*, *La Vanguardia*, *Mètode*, *Caos y Ciencia* i la *Revista de Física* de l'IEC.

<http://www.ffn.ub.es/pages/personal/perello.html>