

# Algunes idees sobre ciència i tecnologia al segle XX

Pau Alsina González

PID\_00163036



Universitat Oberta  
de Catalunya

[www.uoc.edu](http://www.uoc.edu)



*Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>*

# Índex

<b>Introducció</b> .....	5
<b>1. Sobre la física</b> .....	7
1.1. Les aportacions de la geometria no euclidiana .....	8
1.2. La teoria de la relativitat .....	10
1.3. En el regnat subatòmic .....	13
1.4. La nova visió de la mecànica quàntica .....	14
1.5. Temors i fantasies de l'energia nuclear .....	16
1.6. L'impacte de la nova astronomia .....	18
<b>2. Sobre les tecnologies de la informació i la comunicació</b> .....	20
2.1. L'apogeu de les telecomunicacions .....	20
2.2. L'omnipresència de la informàtica .....	23
2.2.1. Els orígens de la cibernètica .....	28
2.2.2. Els avenços en intel·ligència artificial .....	30
2.2.3. El desenvolupament exponencial d'Internet .....	32
<b>3. Sobre la biologia</b> .....	36
3.1. De la història natural a la teoria de l'evolució .....	36
3.2. De la biologia molecular a les biotecnologies .....	40
<b>Bibliografia</b> .....	45



## **Introducció**

Aquest mòdul exposa de manera breu i sintètica algunes de les teories científiques i desenvolupaments tecnològics més rellevants que articulen la nostra contemporaneïtat. Atès que el segle xx ha estat especialment prolífic amb relació a la ciència i a la tecnologia, pretendre incloure aquí la totalitat dels seus desenvolupaments se'ns presenta com una tasca impossible de dur a terme, no solament pel poc espai de què disposem sinó també pel context d'aquesta assignatura. El nostre propòsit ha estat més aviat el de seleccionar els aspectes que considerem més rellevants d'acord amb el seu impacte en el context filosòfic, social o cultural. Per a això, ens hem centrat en tres àmbits clau que durant el segle xx i el principi del segle XXI han revolucionat i continuen revolucionant la manera en la qual vivim i veiem la realitat. Ens referim, doncs, a l'àmbit de la física i la concepció de la matèria i l'univers, a l'àmbit de les tecnologies de la informació i la comunicació, i als de la biologia i la concepció de la vida.



## 1. Sobre la física

Una manera de definir la física és com la ciència que observa la naturalesa i tracta de descriure les lleis que la governen mitjançant expressions matemàtiques. És per això que la física (del grec  $\varphi\upsilon\sigma\iota\varsigma$  o *physis*, 'naturalesa') estudia les propietats de la matèria, l'energia, el temps, l'espai i les seves interaccions. Per tant, la física estudia un ampli rang de camps i fenòmens naturals, des de les partícules subatòmiques fins a la formació i evolució de l'univers, com també multitud de fenòmens naturals quotidians.

Certament, fins al principi del segle XIX era freqüent que els físics fossin alhora matemàtics, filòsofs, químics, biòlegs o enginyers que intercanviaven rols en funció de les habilitats posades en joc. En l'actualitat, l'àmbit de la física ha crescut tant que, amb molt poques excepcions, els físics moderns es veuen obligats a limitar la seva atenció a una o dues branques de la seva ciència. Una vegada que es descobreixen i comprenen els aspectes fonamentals d'un nou camp, aquest passa a ser d'interès tant per als enginyers com per als altres científics. Per exemple, els descobriments del segle XIX sobre electricitat i magnetisme formen avui part del terreny dels enginyers electrònics i de comunicacions; les propietats de la matèria descobertes al començament del segle XX han trobat aplicació en l'electrònica; els descobriments de la física nuclear, molts d'ells posteriors a 1950, són la base dels treballs dels enginyers nuclears.

Per tant, resulta fàcil entendre la manera en què la física està estretament relacionada amb les altres ciències naturals i tecnologies, i en certa manera com les engloba totes, encara que això no ha de significar caure en reduccionismes en ús. D'aquesta manera, podríem dir que la química, per exemple, s'ocuparia de la interacció entre els àtoms per a formar molècules i, al seu torn, podríem prendre en consideració el fet que gran part de la geologia moderna és, en essència, un estudi de la física de la Terra, que es coneix amb el nom de *geofísica*; de la mateixa manera, l'astronomia tracta de la física de les estrelles i de l'espai exterior, i està íntimament relacionada amb la branca de la física experimental. Fins i tot hauríem de prendre nota del fet que els sistemes vius estan constituïts per partícules fonamentals, que òbviament segueixen el mateix tipus de lleis que les partícules més senzilles estudiades tradicionalment pels físics.

El plantejament **microscòpic** de la física moderna, que posa èmfasi en la interacció entre partícules com a base articuladora del seu coneixement, al seu torn sol necessitar com a complement un enfocament macroscòpic que s'ocupi d'elements o sistemes de partícules més extensos. Aquest plantejament **ma-**

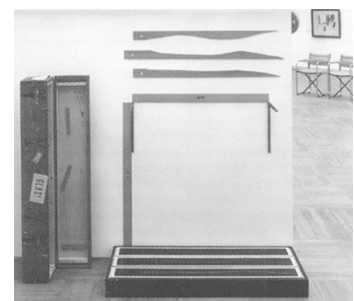
**croscòpic** resulta indispensable en l'aplicació de la física a nombroses de les tecnologies modernes que avui es desenvolupen ràpidament en la mesura que resulten útils per a la societat.

Per exemple, la termodinàmica, una branca de la física desenvolupada durant el segle XIX, s'ocupa de determinar i quantificar les propietats d'un sistema en el seu conjunt, i resulta especialment útil en altres camps de la física, ja que també constitueix la base de les enginyeries química i mecànica, que van ser fonamentals en l'època de la Revolució Industrial i continuen sent-ho avui en dia. En aquest sentit, propietats com la temperatura, la pressió o el volum d'un gas manquen de sentit per a un àtom o una molècula individual: aquests conceptes termodinàmics només es poden aplicar directament a un sistema molt gran d'aquestes partícules. La complementaritat necessària entre l'enfocament microscòpic i el macroscòpic és evident, i de fet podem trobar un nexa d'unió entre les dues perspectives justament en una altra branca de la física coneguda com a *mecànica estadística*, que explica la manera de relacionar des d'un punt de vista estadístic la pressió i la temperatura amb el moviment dels àtoms i les molècules.

De fet podríem dividir l'estudi de la física en tres grans branques: la física clàssica, la física moderna i la física contemporània. La primera s'encarrega de l'estudi dels fenòmens que tenen una velocitat relativament petita comparada amb la velocitat de la llum i les escales espacials dels quals són molt superiors a la mida d'àtoms i molècules. La segona s'encarrega dels fenòmens que es produeixen a la velocitat de la llum o a valors propers a aquesta o les seves escales espacials són de l'ordre de la mida de l'àtom o inferiors, desenvolupada al principi del segle XX. La tercera s'encarrega de l'estudi dels fenòmens no lineals, de la complexitat de la naturalesa, dels processos fora de l'equilibri termodinàmic i dels fenòmens que ocorren a escales mesoscòpiques i a nanoscòpiques. Aquesta última àrea de la física es va començar a desenvolupar cap al final del segle XX i al començament del segle XXI.

### 1.1. Les aportacions de la geometria no euclidiana

Per a la física, les aportacions de les matemàtiques sempre han estat clau. És el cas de les geometries no euclidianes. La primera geometria no euclidiana va ser formulada el 1826 per Nikolai Lobachevsky. Uns quants anys més tard, el 1854, Georg Riemann desenvolupa una geometria no euclidiana que descriu un espai corb. Les aportacions posteriors del matemàtic i físic Henri Poincaré, el 1902, que qüestionaven la possibilitat d'un coneixement científic objectiu, van influir força artistes com Marcel Duchamp, que, quan va llegir aquest el 1912, va iniciar un gir en la seva producció. Per a Poincaré la ciència no pot arribar a les coses en si, sinó que només pot arribar a les relacions entre les coses, i fora d'aquesta realitat no hi ha una realitat cognoscible.



Tres patrons sargits (1913-1914), de Marcel Duchamp



## Duchamp

Les teories de Poincaré, les fotografies d'E. Muybridge o el treball del fisiòleg Etienne Jules Marey, que descompon el moviment en diferents fases, van ser influències capitals en l'art de Duchamp, que beu de les grans realitzacions d'una era industrial en completa efervescència i travessa completament la pròpia vida quotidiana. Per exemple, en la seva obra *Tres patrons sargits*, del 1913-1914, crea a partir de l'atzar un instrument per a mesurar, com és el metre-patró de platí de l'Oficina Internacional de Peses i Mesures de Sèvres.

Euclides va resumir en els seus *Elements* el que en el seu temps sabien els grecs sobre la geometria. En el seu llibre, Euclides formula les premisses fonamentals de la geometria, amb l'ús de postulats i axiomes. D'aquests, el que hauria d'assolir més notorietat és el cinquè postulat, que es refereix a l'existència d'una línia paral·lela a una altra, és a dir, de dues línies rectes que no es tallen. Segons el postulat cinquè, per un punt fora d'una recta només se'n pot traçar una de paral·lela a aquesta última. En el cinquè postulat és implícit el concepte d'infinít, i per això des de temps molt remots es va tractar d'expressar de manera diferent per a eliminar el postulat i deduir-lo d'altres axiomes. En els seus intents, molts matemàtics van reemplaçar el postulat cinquè per altres asseveracions que després buscaven demostrar.

## Geometries no euclidianes

Un dels resultats de la geometria euclidiana és que els angles interiors de qualsevol triangle sumen 180 graus. La geometria euclidiana s'ensenya en l'educació secundària. En una geometria no euclidiana la suma dels angles interiors d'un triangle no són 180 graus. Segons la teoria de la relativitat general d'Einstein, la gravetat distorsiona l'espai en una geometria no euclidiana.

Amb el seu treball, Lobachevski va ensenyar no solament que el postulat cinquè és indemostrable sinó, encara més important, que des d'un punt de vista estrictament lògic es poden concebre diverses geometries. La d'Euclides cedeix el lloc com a veritat absoluta. Així, Nikolai Lobachevsky i, més endavant, Georg Riemann van desenvolupar geometries no euclidianes, és a dir, la geometria que no segueix els postulats i resultats de la geometria d'Euclides.

Els matemàtics de l'època pensaven que el que aquests havien descrit eren només esferes imaginàries sense aplicació possible, però Albert Einstein, amb la seva **teoria general de la relativitat**, va dir que aquestes geometries sí que descrivien l'univers real. Atès que l'espai està "arrugat" pels camps gravitacionals generats per estrelles massives i galàxies, en l'espai còsmic la distància més curta entre dos punts no és una línia recta.

Això va tenir un gran impacte en l'idealisme alemany, basat en la teoria del coneixement d'Immanuel Kant i la seva geometria euclidiana; el canvi va afectar totes les àrees del coneixement. Encara que, de fet, només podem pensar en termes d'espais corbs i de relativitat d'espai i temps quan mesurem esdeveniments que tenen lloc a escala subatòmica i celestial, a gran velocitat relativa de l'observador.



La geometria hiperbòlica és un exemple de geometria no euclidiana.

## 1.2. La teoria de la relativitat

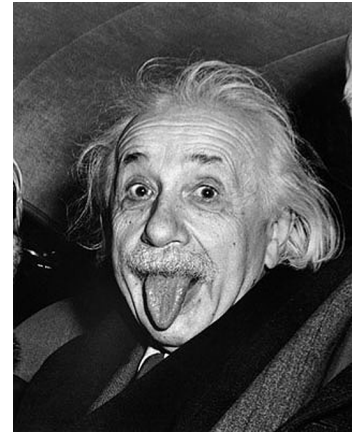
En una ostentació de creativitat, Albert Einstein va postular tres noves teories el 1905: la teoria especial de la relativitat, la teoria quàntica de la radiació, i la llei de la conservació de la massa-energia. Totes van ser molt importants per a l'avenç de la física, però la teoria de la relativitat –refinada el 1916 com a teoria general de la relativitat– era essencialment revolucionària: **Einstein** va fer miques la noció d'espai absolut –l'*ether* en què residia l'univers newtonià– i la va reemplaçar per una visió radicalment alterada de la **unitat còsmica** que enllaça **espai i temps**.

Al contrari que Einstein, **Newton** sostenia que l'univers estava en descans absolut, com un cub en geometria euclidiana farcit d'un èter invisible –considerat el cinquè element aristotèlic–, en el qual el temps era lineal i estava completament separat de l'espai. Tot això tenia diverses implicacions com, per exemple, el fet que la teoria de la llum del principi del segle XIX portés a pensar que la llum, com a ona, s'havia de moure per l'espai a través del presumpte èter.

Però el 1902 el matemàtic **Henri Poincaré**, mentre desenvolupava les seves **geometries no euclidianes**, va postular que la geometria euclidiana no s'ha de considerar necessàriament com a veritat, encara que contingui axiomes útils perquè per a la majoria de propòsits és convenient, ja que es correspon amb les experiències quotidianes. Tot això significava que l'espai es podia representar de diferents maneres de les que fins aleshores hi havia establertes.

Uns quants anys més tard, el 1905, Einstein va estendre els pensaments de Poincaré sobre la convencionalitat dels marcs de referència. Es va imaginar viatjant a sobre d'un raig de llum i es va preguntar com es veuria l'univers des d'aquest punt de vista. Es va basar en el fet que la velocitat de la llum sempre és la mateixa independentment de qualsevol altre moviment. A partir d'aquí va deduir que la velocitat de la llum és el límit màxim de velocitat, i que si un objecte s'aproxima a la velocitat de la llum el temps es dilata, l'amplitud d'un objecte es contrau i la seva massa creix.

Per tant, es pot dir que les lleis newtonianes s'apliquen quan observem qualsevol cosa a escala humana (de la mida d'una molècula al sistema solar) i quan ens movem a una velocitat molt per sota de la velocitat de la llum. En canvi, quan observem esdeveniments en regnats subatòmics intergalàctics és quan valen les lleis d'Einstein, que va anomenar això *principi de relativitat*, perquè la velocitat és relativa a l'observador; d'aquesta manera, la teoria de la relativitat introduïa molts canvis en la imatge que es tenia de l'univers.



Albert Einstein (1879-1955)



Jules Henry Poincaré (1854-1912)

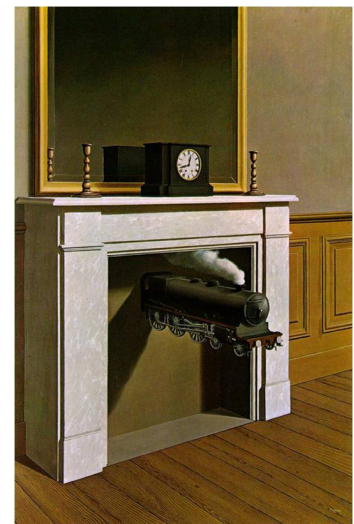
Una conseqüència de la teoria d'Einstein és que la massa s'ha de veure com una forma molt densa d'energia, i es va resumir amb la famosa fórmula  $E = mc^2$ .

En escales humanes, la pèrdua o guany de massa no es pot detectar, però quan estudiem la radioactivitat, en la qual la relació entre la pèrdua de massa i la producció d'energia és tanta, aquestes lleis serveixen. En el regnat subatòmic es produeix una quantitat immensa d'energia en proporció a les unitats de massa perduda, tal com va dir Pierre Curie.

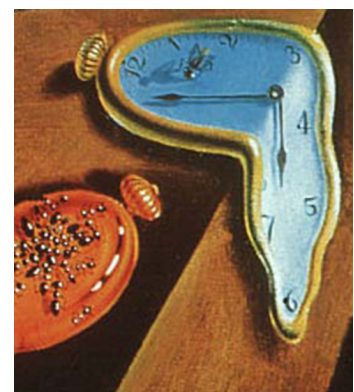
Una vegada que Einstein va expandir la seva teoria per incloure la relació acabada de descobrir entre energia i massa en l'entorn subatòmic, les antigues lleis de conservació es van incloure dins d'una nova llei més general de conservació de la massa-energia.

El 1907, el físic **Hermann Minkowski** va demostrar que la teoria de la relativitat significava que el temps sempre s'ha de tenir en compte en establir una localització: espai i temps no poden existir separatament i s'han d'unir en un sol **concepte d'espai-temps**. També va suggerir descriure esdeveniments utilitzant una **geometria quadridimensional**: les tres dimensions més el temps. En aquell temps Einstein treballava en una versió de la seva teoria de la relativitat de 1905 que es pogués aplicar a objectes que s'acceleraven sota la força de la gravetat (no solament a objectes que es movien a una velocitat constant). Per això, va incloure ràpidament aquests suggeriments de Minkowski i va adoptar la noció d'espai-temps. Posteriorment, el 1916, **Einstein** va treure la seva teoria general de la relativitat, incloent el **camp gravitacional**, que llavors va assenyalar que podia doblar els rajos de llum. Va dir que la confirmació d'aquest fenomen es podria verificar si les estrelles que hi havia darrere del Sol es poguessin veure quan hi hagués un eclipsi solar total a la Terra, i va ser el 1919 quan es va confirmar el que Einstein havia predit.

La presentació de la teoria d'Einstein al públic va diferir segons el país i va originar diferents variacions en les respostes artístiques, però sí que va aconseguir una popularització general de la teoria i la nova cosmologia que s'originava a causa dels canvis que s'havien produït. A Alemanya, per exemple, va ser divulgada per científics com Einstein de manera comprensible per als no especialistes, i el públic general ja coneixia la nova visió de l'univers abans de la seva confirmació el 1919. El mateix Einstein va escriure articles i llibres divulgatius sobre el tema i va concedir moltes entrevistes per fer-la comprensiva a tots els públics. D'aquesta manera, la teoria de la relativitat es va presentar com una cosa intel·ligible i de gran interès per a tots els alemanys preocupats per la seva pròpia educació. Per això, els artistes que estaven connectats amb la



*El temps paralitzat* (1938) de René Magritte



Detall de *La persistència de la memòria* (1931), de Salvador Dalí

cultura alemanya el 1919 ràpidament van incorporar idees sobre l'espai-temps i el nou cosmos en les seves pintures, fotografies, pel·lícules, dissenys i obres d'arquitectura.

A Anglaterra i els Estats Units no van informar gaire el públic, sinó que van alçar el mite de la incomprendibilitat de l'univers, amb al qual cosa van deixar les seves generacions d'artistes i ciutadans curiosos sense informació sobre l'actualitat científica. A Anglaterra, el públic no estava gens preparat per a l'anunci, i els escriptors de diaris com el *Times*, abans de la guerra mundial que s'acostava, van sensacionalitzar la nova teoria com una batalla en la qual Newton, el pare anglès de la ciència moderna, estava essent atacat per un "jueu suís", i es llegien titulars com "les idees newtonianes a les escombraries". Hi va haver declaracions de científics britànics defensant Newton en els mitjans de comunicació, i tot es presentava com si es tractés d'un antagonisme entre Newton i Einstein. El 1920, un físic britànic, Arthur S. Eddington, va publicar la popularització de la teoria de la relativitat més llegida en anglès, en la qual es presentava la nova física d'Einstein com a irrellevant per al món físic quotidià i es considerava una forma estructural, una forma de símbols i no un coneixement de contingut, és a dir, una caps buida.

Als Estats Units, la teoria de la relativitat era dramatitzada com una batalla entre científics esotèrics que viuen en una torre d'ivori i la gent de cada dia que utilitza el sentit comú. Més que ajudar els no científics a entendre la nova teoria, els científics americans van adoptar la mateixa actitud que els britànics, forjant el mite de la incomprendibilitat i la irrellevància de la teoria. Però al començament del 1920 els líders de la ciència americana es van començar a preocupar per la imatge popular que adquiriria la ciència, com tancada en torres d'ivori, ja que erosionava el suport públic a aquesta. L'Associació Americana per a l'Avenç de la Ciència va contractar el seu primer oficial de premsa a mitjan els anys vint i la ciència es va començar a divulgar millor.  $E = mc^2$  significava que l'àtom era una **font d'energia enorme**, però va costar molt canviar la concepció del públic, per a qui tot allò era una mica incomprendible i fosc. Per aquesta raó, els artistes britànics i americans no van utilitzar gaire la teoria en les dècades posteriors a la confirmació.



El Lissitzky, *Proun 99* (1923-1925). Inspirat en les geometries no euclidianes de Lobachevski

Avui continua la idea equivocada que la relativitat física implica relativitat moral o cultural, el **tot és relatiu**.

A França, el treball de Poincaré sobre la convencionalitat dels axiomes en geometria va preparar el terreny per a la teoria de la relativitat, que va ser rebuda com la confirmació de la teoria matemàtica de Poincaré. La premsa va presentar Einstein al costat de Poincaré com si fos el seu continuador. Quan la teoria de la relativitat es va tornar internacional, el 1919, la majoria d'artistes francesos estaven preocupats per la ment inconscient, de manera que la nova física només va impactar suauement en els cercles surrealistes. Les referències a l'univers espaciotemporal eren barrejades amb un gir psicoanalític i Poincaré era a tot arreu.

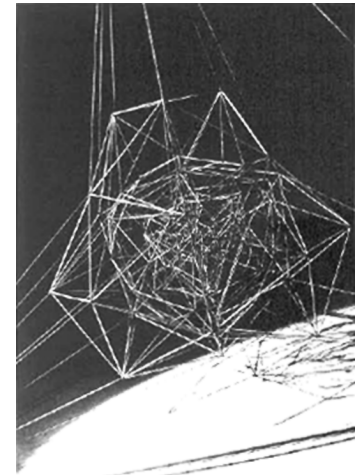
### 1.3. En el regnat subatòmic

És cert que Aristòtil va definir quatre elements bàsics que estructuraven el real: terra, aire, foc i aigua, i un cinquè element que era la quinta essència, o l'anomenat *èter*. Però les investigacions empíriques posteriors van anar descobrint els diferents elements, i ja cap a 1860 es van descobrir fins a seixanta elements, cada un amb el seu pes, valència i propietats relacionades, mentre que els químics buscaven maneres d'organitzar-los.

De fet, el terme *àtom* prové del grec *indivisible*, i va ser el químic britànic John Dalton qui va establir que els àtoms es diferenciaven pel pes i es combinen en petits grups per a formar molècules, i després, cap a 1850, va quedar clar que cada àtom es podia combinar només amb un nombre fix d'àtoms (per exemple, dos àtoms d'hidrogen amb un d'oxigen fan una molècula d'aigua). Aquesta habilitat per a combinar-se es va denominar *valència* (del llatí *poder*), que canviava en funció del pes de l'àtom. Així, amb els seixanta elements descoberts i la necessitat de buscar una manera d'ordenar-los, va ser el químic rus Dimitri Mendeleiev qui va trobar una solució en ordenar els elements en funció del pes atòmic, i el 1869 va publicar la seva taula periòdica dels elements, que permetia visualitzar de manera clara tot un conjunt d'informació.

1																	2
1 H 1.00794																	2 He 4.00260
2 Li 6.941	3 Be 9.01218											4 B 10.811	5 C 12.011	6 N 14.007	7 O 15.999	8 F 18.998	9 Ne 20.180
3 Na 22.990	4 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
4 K 39.098	5 Ca 40.078	Sc 44.956	Ti 47.88	V 50.942	Cr 52.004	Mn 54.938	Fe 55.847	Co 58.933	Ni 58.69	Cu 63.546	Zn 65.38	Ga 69.723	Ge 72.64	As 74.922	Se 78.96	Br 79.904	Kr 83.80
5 Rb 85.468	6 Sr 87.62	Y 88.906	Zr 91.224	Nb 92.906	Mo 95.94	Tc 98.906	Ru 101.07	Rh 102.905	Pd 106.42	Ag 107.868	Cd 112.411	In 114.818	Sn 118.710	Sb 121.757	Te 127.6	I 126.905	Xe 131.29
6 Cs 132.905	7 Ba 137.327	La 138.905	Hf 178.49	Ta 180.948	W 183.84	Re 186.207	Os 190.23	Ir 192.222	Pt 195.084	Au 196.967	Hg 200.59	Tl 204.383	Pb 207.2	Bi 208.980	Po 209	At 210	Rn 222
7 Fr 223	Ra 226	Ac 227	Ku 228	Ha 229													
LANTANIDOS		Ce 140.12	Pr 140.908	Nd 144.24	Pm 145	Sm 150.36	Eu 151.964	Gd 157.25	Tb 158.925	Dy 162.50	Ho 164.930	Er 167.259	Tm 168.930	Yb 173.054	Lu 174.967		
ACTINIDOS		Th 232.038	Pa 231	U 238.029	Np 237	Pu 244	Am 243	Cm 247	Bk 247	Cf 251	Es 252	Fm 257	Md 258	No 259	Lr 260		

Taula periòdica dels elements elaborada per Dimitri Mendeleiev (1834-1907)



Fotografies de Man Ray preses a l'Institut Poincaré, que després van ser utilitzades pel surrealista André Breton.

En aquell temps els àtoms se suposaven indivisibles i només es comptava amb dues forces que regnaven en el món físic: l'electromagnetisme per als àtoms i les molècules, així com la gravetat per a les estrelles i planetes. Però entre 1895

i 1905 es va descobrir que els àtoms no eren sòlids i que existien altres forces desconegudes que intervenien en aquesta relació. El 1829, el botànic Robert Brown va descobrir que grans de pol·len suspesos en l'aigua es mouen en uns patrons erràtics (l'anomenat *moviment brownià*), la qual cosa va permetre extrapolar aquestes dinàmiques al moviment dels àtoms; després, al començament del segle XX, es va confirmar que els àtoms i les molècules no són construccions teòriques, sinó objectes físics amb dimensions reals.

El 1905, Einstein va treballar amb les matemàtiques per determinar la mida molecular d'un moviment de partícula, i el 1908 Jean Baptiste Perrin va fer un altre avenç en fotografiar el recorregut microscòpic de les partícules en l'aigua. Aquesta imatge va significar la primera observació directa de la mida de les molècules i la primera imatge gravada de la matèria a escala atòmica. Anteriorment, cap a 1900, Becquerel i Curie van suggerir que els àtoms d'urani mentre donaven radiació es convertien en un altre tipus d'àtoms. Van mesurar la radiació de l'element radi i van veure que un gram dóna cent quaranta calories per hora i pot continuar donant aquesta quantitat d'energia durant més de mil anys.

### ***The radium dance***

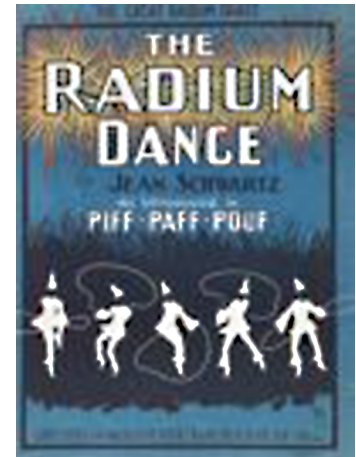
L'impacte de tot això en l'àmbit popular també va produir creacions com la que va dur a terme el 1904 Jean Schwartz, que va compondre *The radium dance*. El descobriment del radi per part de Marie Curie, partícules volant al voltant del món subatòmic, va inspirar els moviments del *tempo* d'aquesta cançó de Broadway.

Becquerel i Curie es van adonar que les substàncies radioactives haurien de tenir un nou tipus d'energia molt més gran que qualsevol altra de coneguda pels humans.

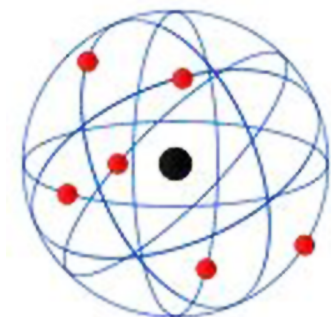
Mentrestant, J. J. Thomson va descobrir els electrons, partícules més petites que l'àtom que carregaven electricitat. Els científics d'aleshores es van preguntar si els àtoms tenien una subestructura que incloïa electrons. Així, el 1911, Ernest Rutherford va deduir que els àtoms tenien un centre dur (nucli), i va proposar un model de sistema solar de l'àtom nuclear en el qual la majoria de la matèria està fortament condensada en el nucli carregat positiu, al voltant del qual giren electrons carregats negativament, la qual cosa dóna lloc a un àtom neutralment elèctric i estable. Després es van descobrir altres partícules subatòmiques com els protons i els neutrons, i així es va continuar refinant el model bàsic dibuixat per Rutherford.

## **1.4. La nova visió de la mecànica quàntica**

Sembla que al físic Max Planck li van dir que no estudiés física perquè "ja estava descobert tot", però justament va ser ell qui va definir el 1900 el que era un quàntum, i amb aquesta nova definició es va obrir tota una quantitat ingent de possibilitats. En observar com els objectes irradiaven calor va determinar que l'energia radiant no és emesa en un flux continu, sinó en petits paquets



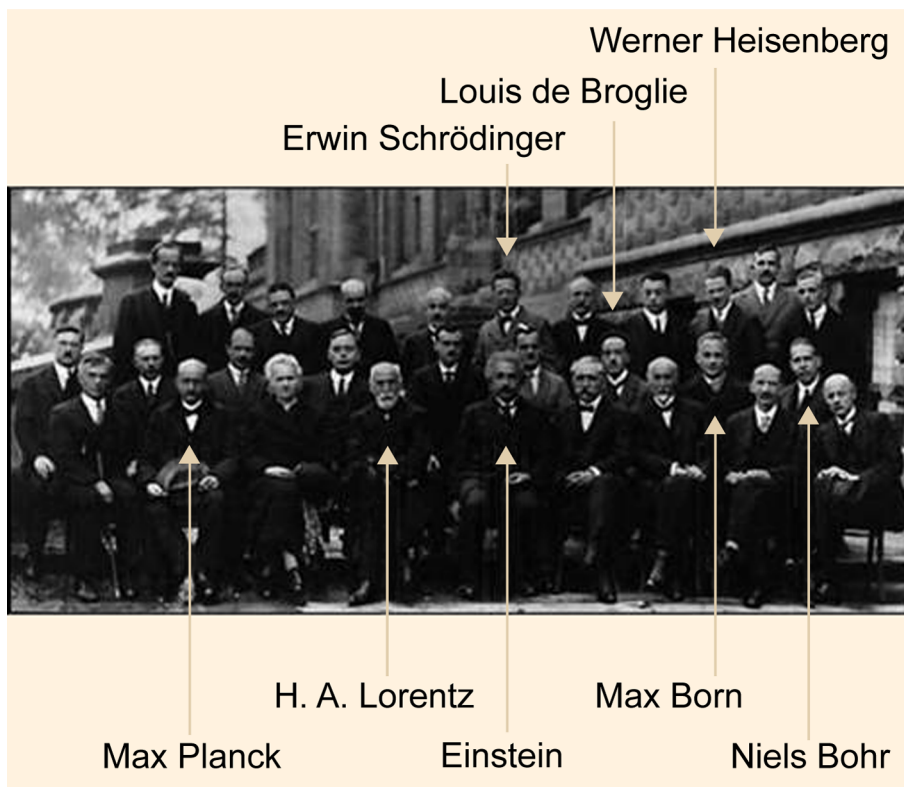
Cartell de *The radium dance* (1904)



Estructura de l'àtom com a sistema solar segons Ernest Rutherford

d'energia, i que cada un és una quantitat discreta –un quàntum. El 1905, Einstein va mostrar que la llum consisteix en quàntums (amb l'energia en cada un dels seus paquets proporcional a la freqüència de la seva amplitud d'ona), de manera que les ones de llum es poden tractar com un grup de partícules (els fotons).

El 1913, Niels Bohr va utilitzar els quàntums per a explicar l'absorció i l'emissió de l'energia electromagnètica dels àtoms. Va proposar que les òrbites dels electrons depenien de si tenien més o menys energia. L'electró expandeix la seva òrbita fent, no suaument, un salt quàntic a l'òrbita següent. Si l'àtom perd energia, l'electró baixa a un nivell d'energia inferior i òrbites properes al nucli. Quan cau l'electró dóna un quàntum de radiació, com una ona de llum, amb una energia igual a la diferència d'energia de les òrbites. El model quàntic de Bohr era una confirmació de la hipòtesi que la llum és emesa en quàntums discrets a escala atòmica –els àtoms poden absorbir i emetre energia només en amplituds d'ona precises.



Congrés Solvay (1927)

Gairebé simultàniament, tres físics –Werner Heisenberg, Louis de Broglie i Erwin Schrödinger a Suïssa– van proposar les lleis que governen l'energia quàntica de l'àtom. El 1927, les lleis es van sintetitzar en la teoria general anomenada *mecànica quàntica*, que descriu l'organització de tots els noranta-dos elements de la taula de Mendeleiev i explica els espectrògrafs de Gustav Kirchhoff com a causants de l'emissió i absorció d'energia. Una peça central és que tal com la llum (energia) és una partícula, els electrons (partícules) són com ones.

Cap al final de 1920, els quàntums van ser tan essencials per a la física que tots els físics, des de Newton fins a Planck, es van anomenar *físics clàssics* i els posteriors a Planck, *físics quàntics*.

### 1.5. Temors i fantasies de l'energia nuclear

A Itàlia, sota règim de Mussolini, es va decidir invertir en investigació científica per a modernitzar Itàlia. Es va crear un centre de física subatòmica a Roma amb els millors científics del moment, com Enrico Fermi. El 1932, el descobriment del neutró va donar als físics de Roma un instrument excel·lent per a les seves investigacions. Van arribar a controlar el procés de transmutació d'un element en un altre en ser bombardejat per neutrons. El 1934, es va anunciar que s'havia creat un nou element, el 93, però van trigar més anys a adonar-se que el que havien trobat era la fissió nuclear.

#### Espacialisme

El moviment artístic anomenat **espacialisme** va respondre al descobriment més important del seu temps: l'**energia nuclear**. La segona generació de futuristes, amb Filippo Tommaso Marinetti i Giacomo Balla, va actualitzar els seus coneixements desenvolupant un estil en el qual s'expressava la unitat còsmica mitjançant la nova cosmologia, però afegint característiques italianes, com l'antiga visió panteista romana, un vocabulari de línies de força i un punt de vista aeri. El 1929 van fer el seu manifest de la **pintura aèria**. Les vistes aèries eren metàfores dels paradigmes canviants en el nou *contínuum* espaciotemporal causat pel moviment relatiu.

Fermi va continuar investigant, però per les pressions del règim va fugir el 1938 a Amèrica quan viatjava a Estocolm per rebre el premi Nobel de física. A Berlín, també s'estaven fent investigacions sobre això. Un dels científics, Otto Hahn, va haver de fugir a Suècia, però abans va fer arribar a Niels Bohr la informació que tenien sobre les implicacions del que havien aconseguit. Bohr ho va explicar als seus col·legues americans, que en sis mesos van confirmar que l'àtom d'urani es podia partir.

Quan el nucli de l'àtom es parteix en dues meitats, el pes total de les dues meitats és inferior al pes original del nucli. La diferència de massa es converteix en una quantitat enorme d'energia. La conversió es resumeix a  $E = mc^2$ . De la mateixa manera, la fissió envia dos neutrons que divideixen altres nuclis, la qual cosa dóna lloc a una reacció en cadena. En una bilionèsima de segon es produeix una quantitat increïble d'energia: fisionar una unça d'urani és igual a fer detonar sis-centes tones de TNT.



El 1939, tothom sabia que l'urani es podia partir. Quan la guerra va esclatar, **Werner Heisenberg** es va encarregar de dur a terme la investigació nazi per a la construcció de la **bomba atòmica**. Aleshores, Einstein estava refugiat a Amèrica i quan es va assabentar dels experiments a Berlín va escriure al president Roosevelt el 1939 per recomanar-li que s'accelerés la investigació en la fissió nuclear. El 1941 Roosevelt va aprovar el Projecte Manhattan. El mateix any, el Japó va bombardejar Pearl Harbor i els Estats Units van entrar en guerra.

El 1942, la primera reacció en cadena es va complir en la Universitat de Chicago sota la direcció de Fermi. A Los Álamos es va crear la primera bomba atòmica. Ho va fer J. Robert Oppenheimer el 1945 juntament amb Bohr, que havia fugit de la Dinamarca ocupada pels nazis. El 1945 Hitler ja va ser derrotat però la lluita continuava al Pacífic. Els Estats Units van llançar la primera bomba atòmica a Hiroshima el 6 d'agost de 1945, i tres dies després a Nagasaki, amb una força combinada de 35.000 tones de TNT. El Japó es va rendir. D'aquesta manera es va obrir la porta a l'era atòmica, i es van fer grans esforços per a explicar al gran públic el que era i el que significava.

### Lucio Fontana

A Europa, al final de 1940 i principi de 1950, Lucio Fontana creava art expressant la matèria com a energia, en resposta a la fissió nuclear. A Argentina, el 1946, va escriure un manifest com a crida a un art basat en la cosmologia d'Einstein. Esmutant el futurisme com el seu predecessor, va proclamar un nou art d'espai i temps. Després de retornar a Itàlia, el 1949, va fer un treball estripant una tela i fent-hi forats per crear passatges entre el món terrestre (la tela) i l'univers (metafòricament, el buit darrere de la tela). "Vaig fer un forat en la tela per suggerir l'expansió de l'espai còsmic que Einstein va descobrir. La llum i la infinitat passen a través d'aquests forats. No hi ha necessitat de pintura".

Així que aviat es va aconseguir fusionar l'hidrogen (la qual cosa va produir quatre vegades més d'energia), i el 1952 van fer detonar la bomba H en un atol de l'oceà Pacífic on van descarregar 500 vegades més energia que la de la bomba d'Hiroshima. Després es va inventar la bomba de fusió i fissió combinada, que es va fer explotar a l'atol Bikini, també al Pacífic, el 1954. L'experiment va causar una contaminació radioactiva severa en més de 700 milles quadrades al Pacífic, un efecte secundari que els científics no van predir. En l'atmosfera de la Terra es va descobrir un element radioactiu no trobat en la naturalesa (l'estrónci 90, amb una vida mitjana de vint-i-vuit anys), un component que va ser absorbit pels ossos de tots els vertebrats de la Terra i que restarà en aquesta durant uns altres 150 anys.



Núvol de bolet creat per la bomba atòmica de Nagasaki



Concepte espacial, *Esperando* (1960), de Fontana

## 1.6. L'impacte de la nova astronomia

Aviat es van construir telescopis més grans per a capturar les imatges celestials, i el públic va desenvolupar una fascinació per l'espai exterior i una sensació de modèstia respecte a la posició de la Terra.

### **De la Terra a la Lluna**

En l'exposició Crystal Palace Exhibitio (Londres, 1850; Bonn, 1854), els visitants van poder veure un mural gegant amb la cara visible de la Lluna. El 1865, Jules Verne escrivia la novel·la *De la Terra a la Lluna*, en la qual apareixien il·lustracions de la Terra vista des de la Lluna, i la imaginació popular estava fascinada.

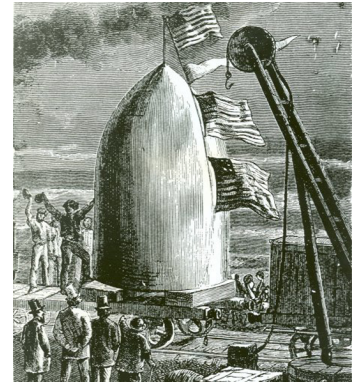
El 1781 es va descobrir Urà, i mitjançant càlculs matemàtics es va predir l'existència d'un altre planeta que afectava l'òrbita d'aquell. Va quedar clara la importància de les matemàtiques al costat del mètode observacional. Urbain Leverrier va fer els càlculs de la posició del planeta, i en no convèncer l'Observatori de París, va convèncer el de Berlín, que va trobar Neptú el 1846. Uns quants anys més tard, el 1859, Gustav Kirchhoff, basant-se en les observacions de Thomas Young sobre la teoria ondulatoria del color i els estudis posteriors d'espectres i els patrons d'interferència, com també les línies espectrals o línies fosques que apareixen en l'espectre, va descobrir que cada element en incandescència donava llum només a certa amplitud d'ones. Aquestes línies espectrals són l'empremta que permet reconèixer els elements a distància. A partir d'aquí es va poder identificar amb diferents colors els elements que cremaven al Sol i altres estrelles.

### **Van Gogh**

En obres de Van Gogh com la *Nit estrellada*, els astrònoms identifiquen cossos celestes específics com la constel·lació Àries o l'espiral nebulosa (avui sabem que són galàxies), que el 1844 els astrònoms dibuixaven amb formes espirals, i que ja es van poder fotografiar el 1888.

Cal tenir en compte que el 1900 es van redescobrir les lleis de genètica de Mendel, i va començar una nova era en la investigació en genètica. Aviat es dibuixa el mapa de la *Drosophila* (mosca del vinagre), completat el 1934, i apareixen imatges del microscopi en la premsa popular gràcies a tècniques d'il·luminació noves. La premsa popular francesa de 1920 estava plena d'imatgeria celeste, mentre que els astrònoms argumentaven sobre la forma i la mida del nou espai-temps de l'univers.

El 1912, Henrietta Leavitt va descobrir les estrelles variables cefeides com a font per a mesurar la distància en l'univers. Utilitzant les cefeides, a mitjan 1920, es va determinar que la galàxia Via Làctia tenia la forma d'una lent d'un diàmetre de 100.000 anys llum. Les publicacions populars van imprimir diagrames de la galàxia. S'especulava si era l'univers sencer. S'observaven les nebuloses. Uns quants anys més tard, el 1924, Edwin Hubble es va centrar en la nebulosa Andròmeda i va resoldre que era una galàxia en forma de disc composta d'estrelles: hi havia una segona galàxia a l'univers que contenia estrelles cefeides. Aviat van aparèixer noves galàxies i va quedar clar que potser n'hi havia milers. L'univers continuava fent-se més gran mentre es produïen nous



Il·lustració de la novel·la *De la Terra a la Lluna* (1865), de Jules Verne



*Nit estrellada* (1889), de V. Van Gogh



*The Star* (1960), d'Alexander Calder

descobriments, i el 1846 es va descobrir el planeta Neptú i es va obrir la porta per a descobrir Plutó el 1930, fet que va provocar la fascinació del públic per tot això.

### **Alexander Calder**

El 1930, Alexander Calder va fer la seva primera escultura mòbil, els elements suspesos de la qual van poder ser inspirats per aquest descobriment. En temps de gran interès per l'astronomia, Calder va crear les seves escultures cinètiques compostes de formes orgàniques i mòbils suspesos. L'artista va explicitar les associacions còsmiques en el seu treball: "l'estructura de l'univers és el sentit implícit en les meves obres".

En aquell temps, ja en els anys quaranta, els astrònoms no solament miraven, sinó que també escoltaven l'univers. Hi havia telescopis per a detectar les ones de ràdio de l'espai exterior.

Després que el telescopi Hubble determinés que l'univers s'expandia, tots es preguntaven com va començar l'expansió, i ja el 1948 George Gamow va proclamar que l'univers va començar amb una explosió, el denominat **big bang**.

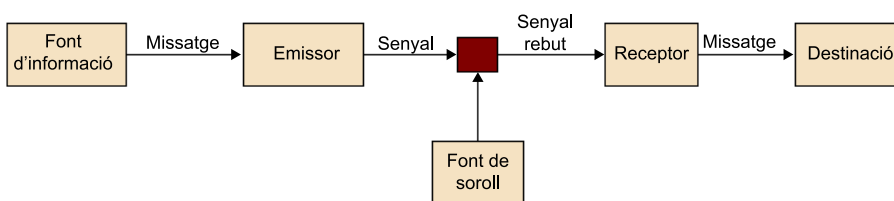
La història continua amb molts més descobriments i teories, però hem traçat algunes de les aproximacions clau en la física per mostrar els primers passos històrics en la relació entre disciplines. Ens hem centrat especialment, durant el període de la modernitat i les avantguardes, en el moment de la gestació d'una nova visió científica en què les ciències físiques, de la mà de la matemàtica revitalitzada, cobren una especial rellevància i estableixen el camí que després portarà a nous descobriments i teories com la teoria de la complexitat, les dinàmiques no lineals i els fenòmens emergents, que no podem veure en aquest text però l'estudi dels quals confiem al lector i per al qual adjuntem una bibliografia recomanada.

## 2. Sobre les tecnologies de la informació i la comunicació

### 2.1. L'apogeu de les telecomunicacions

Les telecomunicacions es basen en la transmissió d'informació a distància amb l'objectiu de comunicar-se. Avui en dia usem moltes formes de comunicació diferents, i la més utilitzada és la que emprava la tramesa d'ones electromagnètiques. Els sistemes de comunicació emprats poden ser múltiples, i amb l'arribada de les tecnologies digitals d'informació i comunicació es tornen especialment actives formes com l'ASCII, el codi binari, la fibra òptica, les cèl·lules sensibles a la llum i els mòdems.

La teoria matemàtica de la comunicació de Shannon-Weaver estableix l'esquema bàsic de la comunicació, basat en el denominat *model de transmissió*.



Teoria matemàtica de la comunicació de Shannon-Weaver

Aquest model consisteix en un transmissor que converteix el missatge provinent de la font d'informació en senyals. Aquests senyals, amb el soroll corresponent, que apareix en el transcurs de la tramesa de la informació pel mitjà transmissor, arriben al receptor, que els rep i converteix en informació utilitzable pel destinatari. Aquest model està especialment indicat per a les tecnologies de la comunicació, però també s'ha estès a l'estudi de les comunicacions humanes, encara que un model matemàtic semblant pot resultar difícil d'aplicar. Les crítiques al model de comunicació basat en la transmissió apunten sobretot al fet que la concepció de comunicació usada està basada únicament en el fet de reduir-la a la transmissió d'informació.

Per exemple, la comunicació difereix molt segons el tipus de context en el qual es produeixi l'intercanvi d'informació i també en funció de les intencions, del canal o el mitjà i de la relació entre el transmissor i el receptor.

Al llarg de la història, hi ha hagut múltiples invents que han contribuït a la comunicació a distància. El telèfon va ser inventat el 1876 per Graham Bell, a l'any següent s'instal·la la primera línia telefònica a Boston Somerville i, al següent, la primera central telefònica a New Haven (Estats Units), que consta d'un quadre controlador manual de vint-i-un abonats. D'altra banda, la ràdio s'anava desenvolupant gràcies al treball de molts científics que contribuïen amb els seus invents a assentar una tecnologia de comunicació que a poc a poc s'obria camí. Així, el 1896, l'enginyer italià Guglielmo Marconi patenta un dispositiu de perfeccionament en les transmissions d'impulsos i senyals elèctrics que permet evolucionar cap a la radiotelegrafia, i a l'any següent s'instal·la la primera estació Marconi a l'illa Wight, la qual cosa possibilita el primer servei radiotelegràfic regular entre Wight i Bournemouth, de vint-i-tres quilòmetres de distància. Els desenvolupaments aviat se succeeixen ràpidament, i el 1899 Marconi sorprèn el públic amb la primera comunicació per ràdio entre Anglaterra i França a través del canal de la Mànega.

Cap a 1920, l'emissora Marconi Wireless de Chelsford (Anglaterra) transmet, com a assaig, el primer concert de música clàssica. La primera transmissió pública de ràdio té lloc el 22 de desembre a Koening-Wursterhausen (Alemanya). A Pittsburgh (Estats Units), s'inaugura l'emissora KDLA, que és la primera que emet programes regulars de ràdio; mentrestant, Amstrong desenvolupa el circuit superheterodí. Durant els anys següents, la TSF inicia a París els primers assajos de programes de ràdio per al públic, utilitzant la torre Eiffel com a antena; la BBC va emetre el seu primer programa no experimental; i a Espanya, la primera emissora va ser Ràdio Barcelona, inaugurada el 24 d'octubre de 1924. Un any més tard ja hi havia unes 600 emissores d'ones mitjanes a tot el món.

Respecte a la televisió, cap a 1925 van començar a succeir-se experimentacions fiables de la mà de John Logie Baird, a la Gran Bretanya, i el 1928, el físic alemany Paul Nipkow, inventor de la televisió, du a terme la primera transmissió sense fil d'imatges. No és fins a 1936 quan es duen a terme les primeres transmissions experimentals de televisió electrònica durant els Jocs Olímpics de Berlín; les emissions regulars de la BBC van començar el mateix any, encara que la gran expansió de la televisió com a mitjà de comunicació massiu no es produeix fins a 1946.

La Segona Guerra Mundial (1939-1945) va representar un esforç considerable en el desenvolupament de totes les tecnologies associades a les comunicacions i als sistemes de radar. Les investigacions van establir les bases per als desenvolupaments futurs de sistemes d'aplicació civil. Durant el conflicte es va fer un esforç considerable en els sistemes de microones per a la seva aplicació als sistemes de radar. Així mateix, es van establir les bases perquè es desenvolupessin els ordinadors i la informàtica, en la qual precursors ideològics com Vannevar Bush en el seu *As We May Think*, de 1945, parlava de la invenció del Memex



Graham Bell (1847-1922) amb el seu telèfon

#### Art en la ràdio

Artistes com Bertolt Brecht (1898-1956) van trobar en la ràdio un mitjà per a expandir la seva estètica, com també l'audiència de les arts escèniques va aconseguir transformar el teatre i dur a terme les seves obres pedagògiques, realitzades a fi de provocar la presa de consciència sobre les condicions socials i econòmiques en què vivien els oients.



Televisió dels anys 1950

#### Participation TV

El 1963 es va fer l'Exposition of Music Electronic Television, en la qual va participar Nam June Paik, amb el seu *Participation TV* (1963-1966), que intentava aconseguir la interacció de l'espectador amb la imatge de la televisió electrònica.

com la solució per a emmagatzemar l'extens coneixement de la humanitat, una màquina cridada a resoldre "la necessitat d'una nova relació entre l'home pensant i la suma del nostre coneixement".

Uns quants anys més tard, el 1957, la URSS llançava a l'espai el satèl·lit *Sputnik* i la carrera espacial se succeïa agitada enmig de la guerra freda, mentre els estats es procuraven els seus propis satèl·lits de comunicació, encara que ja el 1945 Arthur C. Clarke va proposar la utilització dels satèl·lits geoestacionaris per als sistemes de comunicacions de cobertura mundial. Això va permetre que un satèl·lit en òrbita circular equatorial amb un radi de 42.242 quilòmetres es veiés sempre a la mateixa zona, de manera que es cobria gairebé un hemisferi i es possibilitava que amb tres satèl·lits espaiats a cent vint graus es pogués obtenir una cobertura mundial. Actualment, hi ha milers de satèl·lits envoltant la Terra, satèl·lits nous i vells en desús que no poden abandonar la seva òrbita i que constitueixen unes autèntiques escombraries espacials girant en l'òrbita del planeta.

Mentrestant, la firma electrònica alemanya Grundig introdueix el concepte de fototelegrafia, en permetre la transmissió d'imatges per mitjà de línies telefòniques. El 1968 neix el fax, un aparell que també permetrà un ús intensiu a artistes de tot el món. I un any més tard neix Internet, gràcies al desenvolupament de la xarxa d'ordinadors ARPANET. Des de llavors se succeïxen les invencions d'aplicacions i protocols, com també el desenvolupament d'infraestructures que faran possible l'expansió total d'Internet, amb la seva culminació en el World Wide Web, i la seva consolidació a escala mundial cap als anys noranta, després de l'expansió dels ordinadors personals, disquets i dispositius d'emmagatzematge d'informació.

### Art en xarxa digital

Els primers processos d'autoria en xarxa digital *stricto sensu* relacionats amb el context de l'art els va dur a terme Robert Adrian X. amb *The world in 24 hours* (1982), i després Roy Ascott, que elabora *La plissure du texte* per a l'exposició Electra 83 en el Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris, organitzat per Frank Popper.

Paral·lelament al desenvolupament d'Internet al món, les comunicacions telefòniques mòbils s'articulen de manera progressiva mitjançant acords internacionals que en possibilitarien l'avenç. L'Institut Europeu d'Estandardització de les Telecomunicacions (European Telecommunications Standard Institute, ETSI) estableix un patró comú, el *groupe special mobile* (GSM), que possibilitarà una xarxa cel·lular d'àmbit europeu que s'implantarà el 1992. L'avenç espectacular de la transmissió d'informació mitjançant les telecomunicacions sense fil mòbils permet que l'any 2001 la companyia DoCoMo llanci comercialment la telefonia UMTS, o de tercera generació, a Europa. Avui, això representa un canvi constant en el panorama de les telecomunicacions i, al seu torn, permet fusionar diferents sistemes de comunicació en un, la qual cosa porta a pensar en les seves implicacions culturals.



Fax

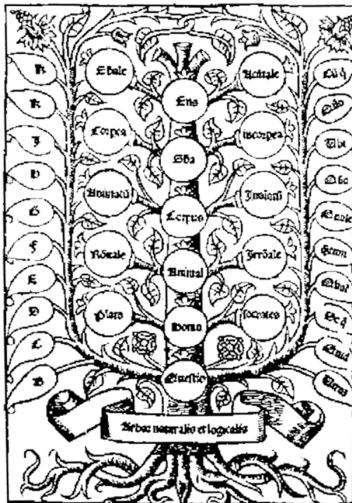
### Enllaç recomanat

És especialment interessant consultar el projecte *Atlas de l'espai electromagnètic*, en el qual es pot consultar un estudi detallat dels diferents usos científics, tecnològics, socials i culturals de les diferents longituds d'ona de l'espectre electromagnètic. Disponible a <http://spectrumatlas.org/>.

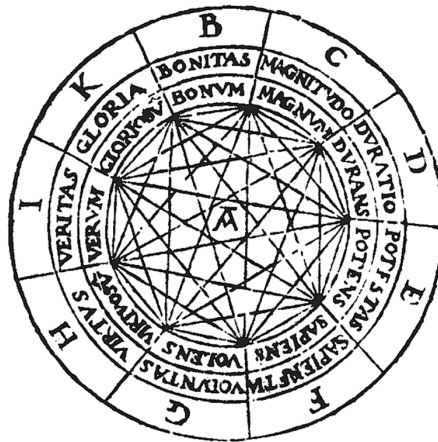
## 2.2. L'omnipresència de la informàtica

Hi ha qui situa *Les arts combinatòries*, de Ramon Llull, com a obra precursora de la informàtica. Ramon Llull (1235-1315) va desenvolupar la seva *Ars combinatoria* i després, el 1666, Gottfried Wilhelm Leibniz publicà la seva *Dissertatio de Arte Combinatoria*, que reconduïx el lul·lisme cap a la lògica matemàtica, i expandeix els seus pensaments per Europa, fent aportacions importants al càlcul lògic. Llull va confirmar la calculabilitat dels problemes i va inventar una manera mecànica per a solucionar-los amb l'ajuda d'un nombre limitat de termes bàsics que ell va denominar *alphabetum*, un instrument pel qual es podia assolir la veritat. Així que en els seus jocs simbòlics Llull va establir l'assumpció de l'analogia entre les funcions lògiques del cervell i la màquina lògica (com la que va dissenyar, composta per tres cercles concèntrics).

Cap a 1274, Raimundus Lullius comença a escriure la seva *Ars magna*, en la qual transforma la lògica en un instrument d'una ciència universal, en la base de la qual es podrien formular enunciats vertaders sobre la realitat. El seu objectiu és reagrupar totes les ciències disperses en una *scientia generalis* i trobar així la *clavis universalis* que obri el camí cap a la proposició d'una infinitat d'enunciats vertaders.



*Ars magna*, de Ramon Llull



L'interès per crear un llenguatge universal es basa en la idea de crear un llenguatge simbòlic de la ciència que funcioni no com a mitjà de comunicació, sinó com a instrument formal per a arribar a la veritat. Al seu torn, la combinatòria és el mètode per a arribar als enunciats, i el procés s'executa de manera mecànica fins a arribar a aquests enunciats (es podria fer mitjançant una màquina). D'aquesta manera, un nombre limitat de proposicions deriva d'uns cinquanta-quatre termes bàsics o *alphabetum* (usats com a lletres-signes). Per a afavorir la comunicació, Llull utilitza figures i quadres geomètrics.

Per a Llull, la lògica deixa de ser *ars demonstrandi* per a convertir-se en *ars inveniendi*, un instrument heurístic per a protegir les proposicions vertaderes universals mitjançant operacions lògiques basades en la combinatòria formal d'elements. En altres paraules, vol dir que afirmar la calculabilitat dels problemes significa considerar la possibilitat que aquests siguin resolts de manera mecànica per una màquina. Per inferència, això equival a presumir una mena d'analogia entre el funcionament lògic del cervell humà i el d'una màquina lògica, i també significa considerar que el raonament humà està basat al seu torn en regles que funcionen independentment del contingut de la informació que manipulen. Aleshores el procés es transforma en un joc de símbols que estableix relacions entre els elements objectius (termes bàsics) sobre la base de principis o regles abstractes purament formals.



Ramon Llull (1232-1315)

Des de llavors moltes altres experiències han conduït a la formalització del pensament humà i a la creació de les màquines simbòliques capaces de simular el pensament. Ara trobem ordinadors per tot arreu en la nostra cultura i ens és familiar pensar en la informàtica com una cosa basada en una doble base de càlcul lògic i automatització. Tal com T. Sales afirma, hi ha fins a deu components del sistema lul·lià de l'*ars* que es podrien ubicar perfectament en els estudis d'informàtica, per exemple: la idea de la calculabilitat de les solucions de raonament lògic (explorada per Leibniz), la idea d'un alfabet del pensament humà (matemàticament interpretat per George Boole), la idea d'un mètode general (heurístic i deductiu), la idea de l'anàlisi lògica, la noció d'un sistema generatiu, l'operació mitjançant diagrames i, fins i tot, les teories de grafs que ordenen les figures triangulars de l'*ars*.

El seu *ars* és una espècie de sistema formal i computacional per a compondre i derivar afirmacions filosoficoteològiques que Llull va esgrimir en els seus dos llibres *Ars generalis ultima* (1305) i *Ars brevis*, la seva versió curta. El sistema lul·lià es basa en nou atributs que són sistematitzats i indexats amb les lletres de la B a la K:

- 1) *B-bonitas*,
- 2) *C-magnitudo*,
- 3) *D-duratio*,
- 4) *E-potestas*,
- 5) *F-Sapientia*,
- 6) *G-voluntas*,
- 7) *H-virtus*,
- 8) *I-veritas* i
- 9) *K-gloria*.



La lletra A és omesa en aquest llenguatge artificial a fi d'expressar el tabú de representar Déu com el principi absolut i, per tant, la primera lletra de l'alfabet. Les lletres de Llull de la B a la K poden representar el primer exemple del que la informàtica anomena *la semàntica d'un llenguatge de programació*.

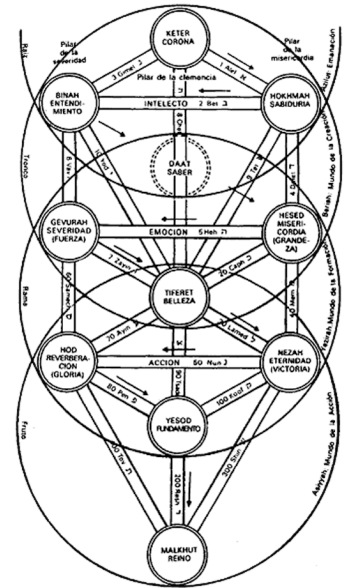
Però, al seu torn, els atributs divins guarden certa semblança amb els deu atributs divins del *sefirot*: 1- *keter*, 'corona de Déu'; 2- *hokmah*, 'saviesa'; 3- *binah*, 'intel·ligència'; 4- *hesed*, 'amor'; 5- *gevurah*, 'poder'; 6- *tifaret*, 'compassió'; 7- *netzah*, 'resistència'; 8- *hod*, 'majestuositat'; 9- *yesod*, 'fundació'; 10- *malkut*, 'regne'. Així, tal com comenta Florian Cramer en el seu llibre *Words made flesh*, es podria arribar a establir que hi ha una vinculació clara entre l'*ars lul·lià* i la càbala ecsàtica i els seus atributs:

"Ha estat assumit, per exemple per l'estudiós de la càbala Moshe Idel, que Llull es va inspirar no tant en Déu en si mateix com en la càbala ecstàtica espanyola del segle XIII. Només un segle després de Llull, Pico della Mirandola descriu el que ell anomena *l'ars raimundi* com una segona forma de la càbala."

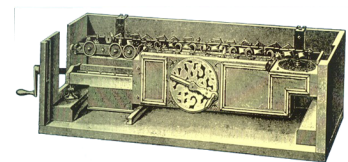
F. Cramer (2005). *Words made flesh. Code, Culture and Imagination*. Rotterdam: Piet Zwart Institute / Willem de Kooning Academy Hogeschool.

"L'aparell de discos" lul·lià suposa llavors un acostament de la lògica a la tècnica que després abordaran Descartes o Leibniz. El 1519, Leonardo da Vinci construeix un prototip de cambra obscura i especula amb les primeres calculadores mecàniques, i el 1642 Blaise Pascal construeix la seva màquina aritmètica, o *paschaline*, però aquesta hipòtesi de calculabilitat també es va fer present en Thomas Hobbes i la reducció de tot raonament a càlcul, Gottfried Wilhelm Leibniz i la idea de crear un llenguatge de càlcul pur (el 1694 dissenya la seva calculadora, que supera la *paschalina*), o Charles Babbage i la concepció de màquina analítica (1852). La **màquina analítica de Babbage** és la pionera de les màquines de calcular més semblants als ordinadors moderns. Cap a 1830, Babbage va tenir la idea d'utilitzar targetes perforades d'una màquina programada anteriorment. Per primera vegada va posar en contacte diferents avenços que s'havien dut a terme fins aleshores, d'una banda, en la construcció de màquines de calcular i, de l'altra, en l'emmagatzemament de la informació en targetes perforades.

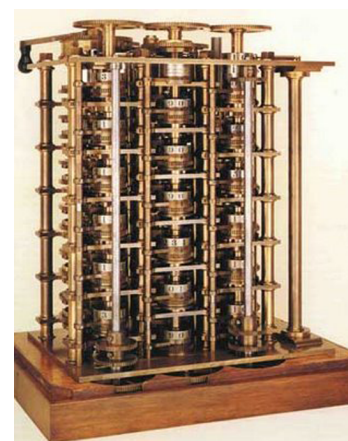
Tot això fa referència al propòsit de formalització del pensament humà i de creació de màquines simbòliques que puguin suplantar aquesta funció i culmina amb les investigacions d'intel·ligència artificial d'Alan Turing i la implementació dels ordinadors digitals moderns. Cap a 1806, Jacquard havia inventat un teler que, controlat per targetes perforades, s'utilitzava per a teixir teles amb figures complicades. La màquina analítica de Babbage teixia patrons algebraics, tal com el teler de Jacquard teixia flors i fulles. Una màquina programada que ja sintetitzava imatges abans que aquestes fossin convertides en nombres processats. El 1830, amb la màquina analítica de Babbage i el daguerreotip de Daguerre, comencen dues trajectòries que avui en dia es fusionen en una de sola amb l'ordinador.



Els quatre mons de la càbala



Màquina de calcular de Leibniz



Màquina analítica de Babbage

De la unió de l'ús de les targetes perforades i els avenços en les màquines de calcular, sorgirien les primeres màquines de tractament de dades. El seu interès per les matemàtiques, l'astronomia i la mecànica el portarien a pensar el 1812 en la construcció d'una màquina que li permetés portar el càlcul mecanitzat més enllà de les simples operacions administratives i de comptabilitat comercial, atesa la dificultat de càlcul que comportaven les taules matemàtiques emprades fins aleshores. Una dècada després, construiria el prototip d'aquesta màquina, la denominada *màquina de diferències*, amb capacitat per a desenvolupar polinomis de segon grau a partir d'operacions d'addició, basades en el mètode de diferències finites. La màquina havia de calcular les taules amb precisió i portar-les a impremta de manera directa.

Al coneixement de tota aquesta feina feta per Babbage va contribuir la figura d'Ada Byron, comtessa de Lovelace i filla del famós poeta Lord Byron, que es va dedicar a difondre les idees sobre la màquina analítica. El fet de tenir una salut delicada va permetre a Ada dedicar-se a l'estudi de les ciències i entrar en contacte amb Charles Babbage. Ada va redactar tota una sèrie d'articles que difonien les idees sobre l'invent (que no podia firmar pel fet de ser dona), va escriure diversos programes per a la màquina analítica i va desenvolupar el sistema de numeració binari que més tard usarien els ordinadors.

Al llarg dels anys es van succeir altres invents: el 1867, Lord Kelvin construeix un ordinador analògic per a mesurar mareas, i el 1869 l'economista William Stanley Jevons dissenya una màquina lògica. Però l'enginyosa combinació dels conceptes de Jacquard i Babbage donaria lloc durant 1880 a un equip electromecànic que va facilitar la tasca de recompte a l'oficina del cens dels Estats Units: la perforadora mecànica dissenyada per Herman Hollerith. D'aquesta manera, Hollerith utilitzaria la perforadora mecànica per a representar les lletres de l'alfabet i dígitos en targetes de paper. De l'invent de Hollerith es derivaria la creació de l'empresa IBM i, al llarg de les primeres dècades del segle xx, començaria a arrencar la indústria de la informàtica, que en l'actualitat està en plena efervescència.

Més endavant, el 1920, Torres Quevedo presenta a París la seva calculadora electromecànica, just un any abans que la primera edició del *Tractatus Logico-Philosophicus* de Ludwig Wittgenstein. Paral·lelament, es treballa en altres projectes que donen lloc al fet que, el 1923, Arthur Scherbius dissenyi l'ordinador Enigma, usat per a criptografia militar. A l'any següent neix l'empresa IBM (International Business Machines), que encara avui existeix.



Ada Lovelace (1815-1852)

### Enllaç recomanat

D'aquí ve el nom d'Adaweb, un de dels projectes pioners en la Xarxa i que actualment està ubicat al Walker Art Center com a mostra dels primers treballs de net.art. Disponible a <http://www.adaweb.com/>.



Màquina tabuladora de Hollerith

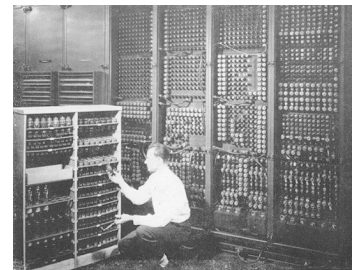
Mentre apareixen nous invents es desenvolupa el pensament que en fa possible la contínua evolució. El 1930, Alan Turing publica *On Computable Numbers*, en què defineix el que és una màquina de Turing, en el mateix moment en què Wittgenstein comença la redacció de les seves *Investigacions filosòfiques*. El 1938, tal com hem comentat, Claude Shannon aplica la lògica booleana a la teoria de circuits, i es fa un primer pas en la creació de la teoria de la informació, de gran importància per al desenvolupament de la informàtica i els ordinadors.

**Alan Turing** i tot el seu equip van estar pràcticament aïllats durant el començament de la Segona Guerra Mundial (1939) en una vella mansió de camp situada entre Oxford i Cambridge. Fruit del seu treball van sorgir les **bombes**, màquines capaces de desxifrar el codi utilitzat per l'exèrcit alemany. Així, el 1941, J. V. **Atanasoff** construeix la seva **màquina de computar ABC**, inspiració de l'ordinador posterior ENIAC. Gràcies a aquests invents, el 1943 **M. Newman**, del grup de Turing, conclou el **Colossus**, un ordinador especialitzat en la **desencriptació de missatges**.



Alan Turing (1912-1954)

El Colossus va ser descrit per molts com un dels primers passos en direcció a l'ordinador digital actual. La seva importància va ser tan gran que, dos anys després de la seva aparició, el 1945, J. Presper Eckert i John W. Mauchly van construir l'ENIAC (*electronic numerator integrator analytic computer*), un computador digital, electrònic i programable que, construït a la Universitat de Pennsilvània, ha estat considerat per molts com el primer ordinador de la història.



ENIAC, considerat el primer ordinador de la història

Encara que l'ENIAC es consideri el primer ordinador de la història cal tenir en compte els seus precursors immediats i, sobretot, l'existència d'una altra via desenvolupada en solitari i autofinançada des d'Alemanya. El 1940, al marge de qualsevol suport institucional, Konrad Zuse va acabar el seu model Z2, que per a molts va ser la primera computadora electromecànica completament funcional del món. A l'any següent, el 1941, va fabricar el seu model Z3, per al qual va desenvolupar un programa de control que feia ús del sistema binari. Entre 1945 i 1946 va crear el *plankalkül* (pla de càlculs), el primer llenguatge de programació de la història i predecessor dels llenguatges moderns de programació algorítmica.

### **Computer art**

Es va començar a parlar del fet digital en l'art, és a dir, del *computer art*, com una forma de creació artística peculiar, entre els anys 1950 i 1970, quan es van generar les primeres obres amb l'ordinador. Cap a l'any 1952, Ben Laposky va crear *Oscillons*; posteriorment, el 1960, Peter Scheffler també va començar a usar l'ordinador per a les seves creacions, i també John Withney en la seva pel·lícula *Catalog*, produïda entre els anys 1961 i 1962.

Al costat de la creació dels artefactes tecnològics s'anava elaborant la teoria que donaria peu a nous artefactes, que al seu torn també naixia dels replantejaments que sorgien en el transcurs del desenvolupament tecnològic. El 1945,

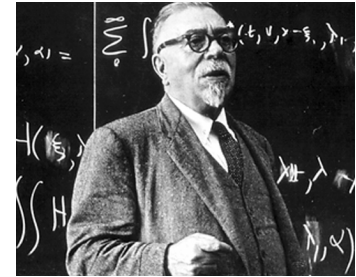
Vannevar Bush publica a *Athlantic Monthly* el seu article "As We May Think", un article de vital importància que ha influït decisivament en desenvolupaments posteriors. Al seu torn, el 1948, Claude Shannon publica *A Mathematical Theory on Communications*, que dóna naixement a la teoria de la informació matemàtica. Paral·lelament, Denis Gabor inventa l'holografia i Norbert Wiener publica *Cybernetics*, base de la intel·ligència artificial.

### 2.2.1. Els orígens de la cibernètica

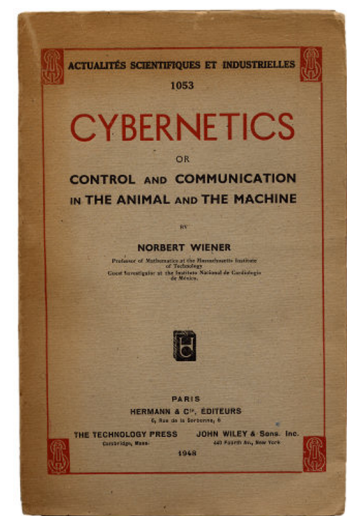
Norbert Wiener ha passat a la història per ser el fundador de la cibernètica, o l'estudi del control i comunicació en animals i màquines. Els estudis del matemàtic també van formar la base de la branca de la investigació sobre la intel·ligència artificial, fonamentada en els processos de la ment humana. Segons Wiener, els processos comunicatius purs, tant si els duen a terme màquines com si els du a terme l'home, impliquen elements similars i definibles. Si una vegada han estat definits, aquests elements es poguessin controlar rigorosament, llavors es podrien utilitzar per a controlar la màquina. A partir d'aquí, modificant el comportament a partir de l'aprenentatge extret d'aquests processos, l'home i la màquina podrien evolucionar cap a nivells de funcionament més alts.

Els estudis de Wiener sobre el control de mecanismes estaven relacionats amb els projectes de desenvolupament de nous sistemes de control d'armes de foc. Durant la Segona Guerra Mundial Wiener va treballar creant noves armes que hi podien "veure" en la foscor o sota l'aigua i, per tant, podien "saber" a on anaven. També va desenvolupar programes que es basaven en les seves teories sobre el *feedback*: Wiener creia que mitjançant la informació procedent de la velocitat i direcció de l'objectiu es podia disparar l'arma no a l'objectiu, sinó a un punt pel qual aquest havia de passar. Després, a partir de la informació recollida d'aquestes experiències es podria aconseguir que una arma modifiqués la trajectòria basant-se en les dades que recollís de l'entorn.

Mentre les seves investigacions avançaven, Wiener va idear la paraula *cibernètica* (del terme grec *kybernetes*, que significa 'timoner') per definir tant les seves teories com les d'altres científics (també relacionades amb el tema), com Vannevar Bush, Claude Shannon, Alan Turing i John Von Neuman, personatges també crucials en la història de la informàtica. Podem definir la cibernètica com la ciència interdisciplinària (nascuda de l'enginyeria, la biologia, la matemàtica i la lògica) que estudia els processos de comunicació (recepció i avaluació de la informació) i de control (ús de la informació per a regular i governar l'acció d'un sistema, guiant-se a si mateix cap a un objectiu determinat) dels éssers vius, que els duen a terme per optimitzar la pròpia existència. Perquè un artefacte mecànic sigui viu o ho sembli, s'ha de basar en la informació rebuda i avaluada per a trobar la millor solució per a si mateix.



Norbert Wiener (1894-1964), fundador de la cibernètica



Portada del llibre *Cybernetics* (1948), de Wiener

## Cibernètica

La importància que va adquirir la cibernètica i el desenvolupament dels ordinadors, com també el desenvolupament dels primers passos en la investigació sobre intel·ligència artificial, va generar un corrent d'estudis estètics que concebia la informació com l'element clau per a la comprensió dels processos estètics. D'aquesta manera es buscava, mitjançant la formalització suposadament objectiva de l'estètica, una contraposició a les tendències subjectivistes, transcendents o existencials de la resta de les teories estètiques de tradició kantiana-hegeliana.

Les investigacions fetes abans i durant la Segona Guerra Mundial el van portar a la publicació de *Cybernetics, or control and communication in the animal and machine* l'any 1948, un llibre d'impacte immediat. Basant-se en els seus estudis de com la informació és transmesa i processada, Wiener va descriure una nova manera de veure el funcionament del món: veia un món que es basava en la informació i no en l'energia, i en processos digitals o numèrics i no analògics. Així, les seves teories no solament van assentar les bases per al nou camp d'estudi, sinó que també van preveure el desenvolupament futur dels ordinadors. Va ser a *Cybernetics* on va introduir paraules com *input*, *output* i *feedback*. El treball de Wiener va obrir un nou camp d'investigació, la intel·ligència artificial, que en la seva cerca per a desenvolupar una màquina que pogués pensar va ampliar moltes de les teories del matemàtic sobre la relació entre l'home i la màquina.

Wiener reflexiona d'aquesta manera sobre els límits de la comunicació home-màquina. Home i màquina són els dos fenòmens locals antientròpics i, per tant, s'assemblen. Totes aquestes idees es basen en la probabilística del físic Wiliard Gibbs, en la qual el caos és més probable que l'ordre. Així, Wiener se centra a trobar un llenguatge específic que permeti la comunicació entre els diferents sistemes. Adequa la semàntica a uns objectius concrets. La propietat clau de la informació és que es pot transformar en el seu conjunt (reproduït, destruït o repetit), i que l'important no és la quantitat que en circula, sinó la proporció que esdevé comunicació (informació que passa a través dels seus filtres). Wiener se centra en el desenvolupament de sistemes de retroalimentació en autòmats que poden ajustar la seva conducta futura en funció d'esdeveniments passats. Per aquest motiu és necessari un òrgan central de decisió que processi la informació i determini què s'ha de fer. Wiener (amb independència de Turing) es planteja simular electrònicament un cervell per mitjà de màquines digitals. Volia crear un sistema que aprengués, és a dir, que canviés mètodes generals i formes d'activitat, segons la informació processada.

### 2.2.2. Els avenços en intel·ligència artificial

El 1950, **Alan Turing** publica *Computer Machinery and Intelligence*, on ofereix el seu famós **test de Turing**, el mateix any en què Isaac Asimov publica *Jo Robot*, on planteja les seves tres famoses lleis per a la robòtica. Turing exposa el problema de la capacitat de raciocini de les màquines i vol avançar en la reproducció per mitjans tècnics de la lògica del pensament humà.

Se centra en la comunicació i crea el test de Turing per a determinar la intel·ligència en una computadora digital imaginària, reproduint un procés de simulació de la comunicació entre homes i màquines. La prova es basa en l'assumpció que el raciocini es pot considerar equivalent a la capacitat d'usar el llenguatge, la semàntica (que, de fet, es podria considerar el gran problema en la investigació sobre intel·ligència artificial).



Test de Turing

Turing va més enllà que Wiener i marca la diferència en el seu plantejament base, que possibilita l'aprenentatge. D'una banda, Wiener parteix del principi de semblança entre homes i màquines, pel qual les sinapsis equivalen a les claus de commutació i l'aprenentatge és resultat d'informació adquirida en activitats passades. D'una altra banda, Turing parteix de les diferències entre comportaments del sistema nerviós humà (màquines contínues) i allò que és electrònic (màquines de tipus discret), per a la qual cosa es fa necessari desenvolupar un canal o interfície que possibiliti el mestre-alumne-mestre i l'aprenentatge, refutant llavors les objeccions d'Ada Lovelace.

#### Harold Cohen

Cap a 1970 els ordinadors també s'utilitzaven per a generar poesia i ficció. En aquest àmbit sorgia també la pregunta de si un ordinador podia simular la capacitat creativa en un sentit artístic. Un artista-programador com Harold Cohen va crear un sistema expert d'art especialitzat en el seu estil pictòric. Cohen va dissenyar un programa únic amb què generava sèries de dibuixos a partir del no-res.

Amb Turing ens plantegem dues qüestions clau:

- 1) Què entenem per *intel·ligència*?
- 2) Com definim els significats dels termes *màquina* i *pensar*?

En conseqüència, trobem adeptes a les idees de Turing, com Herbert Simon o Allen Newell, i detractors, com John Searle o Hubert Dreyfus, que donen peu a enfocaments diferents. D'una banda, tenim l'enfocament tradicionalista (processament seqüencial i unitat central de processament) i, d'una altra, l'enfocament connexionista (sistema de xarxes neuronals centrals amb un processament paral·lel que emmagatzema informació de manera distribuïda). Però avui podem dir que, de fet, la problemàtica de la possibilitat de generar una intel·ligència artificial eficaç rau no tant en el desenvolupament pròpia-

ment tècnic o en la complexitat que representa copiar el funcionament cerebral, com a determinar quants i quins trets de la consciència humana volem simular.

L'expressió *intel·ligència artificial* s'encunya el 1956 en una trobada de Dartmouth entre científics dedicats a la computació per a discutir sobre cibernètica. Dos anys més tard, Marvin Minsky i John McCarthy funden l'Artificial Intelligence Laboratory en el MIT. Avui denominem *intel·ligència artificial* la ciència i enginyeria per a la creació de màquines intel·ligents. Aquesta es divideix en dos camps: el biològic, que cerca que les màquines resolguin problemes o situacions mitjançant l'aprenentatge de la psicologia i fisiologia humanes; i el fenomenològic, basat en l'estudi i formalització de fets de sentit comú sobre el món i sobre els problemes que es presenten per a la consecució de metes. La IA és una part de la informàtica que vol desenvolupar sistemes electrònics que imitin certes característiques de la intel·ligència humana. La intel·ligència artificial vol dotar les màquines d'aptitud deductiva, creativitat i capacitat de prendre decisions basades en experiències passades o estímuls que no siguin previstos en el codi de la màquina. Un dels primers passos en aquest camp va ser l'intent de dotar els ordinadors de la capacitat d'entendre el llenguatge natural.



Marvin Minsky (1927)

Podem assenyalar que en el si de la comunitat d'investigadors que treballen per desenvolupar una **intel·ligència artificial (IA)** trobem dos propòsits generals bàsics: un és el que postula que la IA ha d'entendre els processos de pensament i intel·ligència com un fenomen computacional, i l'altre és el que planteja que el propòsit de la IA ha de ser construir sistemes que puguin dur a terme algunes activitats almenys tan bé com les duen terme els agents humans.

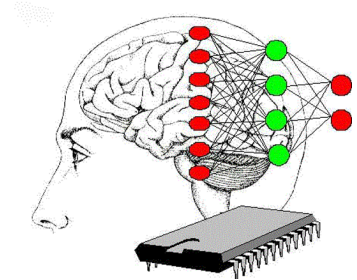
Sens dubte, l'última aproximació ha estat la que més fruits ha donat al llarg de la història, també a causa de les possibilitats directes d'aplicació múltiple al context quotidià social. Una de les seves contribucions més importants ha estat el desenvolupament del que s'ha denominat *sistemes experts*. Aquests sistemes són intents de replicar els processos de decisió i assessoria usats per experts en els dominis especialitzats de coneixement. Així mateix, les altres àrees s'han concentrat a entendre el llenguatge natural, el debat filosòfic sobre la naturalesa del que constitueix una màquina intel·ligent. En els darrers anys s'ha produït una intersecció creixent entre psicologia cognitiva, neurofisiologia i lingüística per a intentar avançar en aquest i altres aspectes vinculats. S'estan fent alguns treballs interessants relacionats amb aquesta dinàmica cooperativa, encara que totes dues aproximacions continuen sofrint les conseqüències de les elevades expectatives, que es van generar durant 1960-1970, sobre fins on es podria arribar.

## Ken Feingold

L'artista Ken Feingold ha explorat les possibilitats artístiques de la intel·ligència artificial, especialment respecte a les tècniques de reconeixement i síntesi de veu, explorant d'aquesta manera les implicacions socials i culturals de la investigació en IA. Per exemple, a *If/Then* (2001) dos caps humanoides estan involucrats en un diàleg canviant, debatent sobre temes filosòfics relacionats amb la seva pròpia existència. La seva conversa, basada en un conjunt de regles i excepcions programades, discorre vinculada a alguns dels temes universals de la comunicació humana. La manera en què això funciona és mitjançant el recurs a un conjunt d'estructures sintàctiques simples, i també a un conjunt de cadenes de paraules que apareixien de manera recurrent en els manifestos respectius. "Si bé la comunicació entre els dos caps pot semblar condicionada, limitada i aleatòria (com de vegades les converses humanes), aquesta també subratlla els metanivells de significat creats per la comunicació fallida, els malentesos i els silencis. El diàleg entre caps revela elements crucials de les bases de l'estructura sintàctica i la manera en què construïm significat, amb resultats extremadament poètics de vegades."

Podríem dividir la investigació feta sobre IA en dues fases:

- 1) la primera fase es va presentar com una fase especialment optimista i utòpica respecte a les possibilitats de desenvolupament de la IA, en la qual es va apostar per la creació d'una IA forta durant les primeres dècades de la seva història (i que va obtenir quantitats ingents de finançament per a desenvolupaments militars per part dels governs, empesos per la inflació de les seves possibilitats);
- 2) la segona fase (en la qual avui ens trobem instal·lats de manera més assossegada i no tan utòpica) es caracteritza per una aposta per una visió més realista dels desenvolupaments possibles mitjançant la investigació parcial de cada una les propietats de la intel·ligència separadament.



Xarxa neuronal artificial

Tal com comenta Floridi, la investigació forta sobre IA es va fer com si pensar i actuar intel·ligentment només fos un sinònim de la computació algorítmica, mentre que les condicions prèvies, les experiències (inspiracions, passions, intuïcions, educació, saber fer o *know-how*, imaginació, sensibilitat, sentit comú, gust, aspiracions, sensacions corporals, consciència, comunicació, pors, desitjos, etc.) i les interaccions socials no fossin components essencials d'una vida intel·ligent i única.

"L'habilitat humana per a enfrontar-se amb el món de manera intel·ligent era vista com a completa i exclusivament dependent de l'habilitat humana per a pensar de manera racional sobre el món, mentre que el pensament racional era vist com a idèntic, com el procés simbòlic en sí mateix i, per tant, amb una computació efectiva."

L. Floridi (1999). *Philosophy and computing* (pàg. 134). Oxford: Routledge.

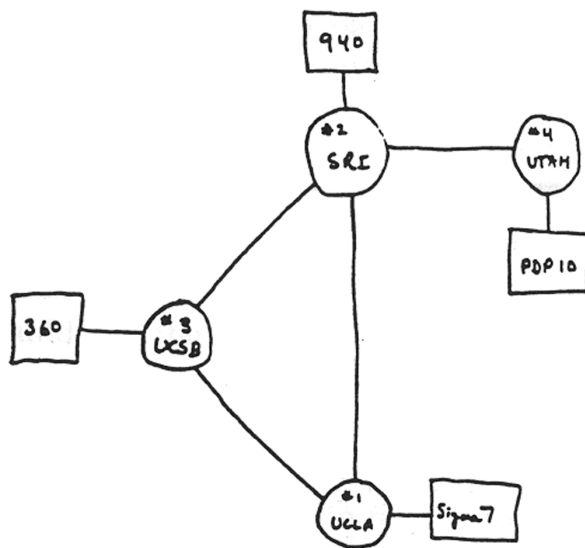
### 2.2.3. El desenvolupament exponencial d'Internet

Molts canvis arribarien amb la popularització de la informàtica i els ordinadors, i unes quantes dècades després amb l'arribada de la xarxa Internet d'intercomunicació d'ordinadors a escala mundial. La interrelació entre homes i màquines de calcular avançava inexorablement, i el 1960 J. C. R. Licklider publica *Man Computer Symbiosis*, que dona lloc a la idea de l'ordinador personal, una màquina a l'abast de tots els consumidors que permetria l'accés democràtic a les tecnologies de la informació i la comunicació. Al seu torn, la



interconnexió d'ordinadors anava prenent forma quan el 1963, J. C. R. Licklider, investigador d'ARPA, proposa la possibilitat de la creació d'una xarxa interconnectada d'ordinadors.

Uns quants anys més tard, el 1972, Robert Kahn presenta públicament la xarxa ARPA amb quaranta màquines connectades, el primer pas perquè, el 1973, la University College de Londres i el Radal Real de Noruega es connectessin a ARPANET, que va passar així a convertir-se en una **xarxa internacional**.



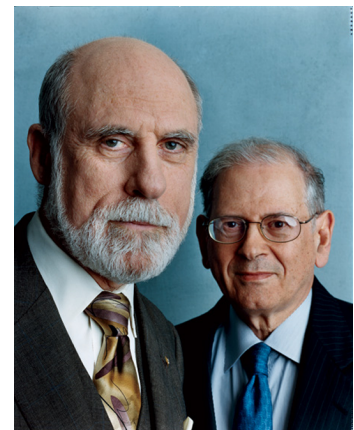
THE ARPA NETWORK

DEC 1969

4 NODES

Dibuix d'una xarxa de quatre nodes. ARPANET en els seus orígens. Font: Cortesia d'Alex McKenzie

Posteriorment, els canvis es van accelerar, i el que era un experiment sense utilitat definida es va anar estenent primer a l'àmbit acadèmic i després a un àmbit popular i comercial (en els manuals d'història d'Internet sempre s'ha apuntat a la finalitat militar, encara que de fet, tal com apunta Manuel Castells, va ser un projecte rebutjat pels militars des del principi, a causa de l'absència d'un control centralitzat). Els anomenats *parets d'Internet*, Vinton Cerf i Robert Kahn, van crear el 1974 el protocol de comunicació TCP/IP, base actual de la comunicació entre ordinadors a Internet, alhora que apareixia en la Xarxa el primer joc de rol titulat *Dracs i masmorres*. Finalment, el 1989, Tim Bernes-Lee crea el World Wide Web, que permet crear un estàndard a Internet per a vídeo, àudio i imatge.



Vinton Cerf (1943) i Robert Kahn (1938)

### **Distribuïdor en xarxa**

L'encreuament d'Internet i els ordinadors ha possibilitat que l'ordinador, a més de motor per a l'art, també sigui un centre distribuïdor en xarxa, i que aquest fet repercuteixi directament en la generació de l'obra mitjançant la creació col·lectiva d'aquesta, per exemple. Es pot assenyalar que el 1993 es va fer un dels primers projectes de comunicació basats en Internet, Handshake. Un any més tard, Douglas Davies, el pioner de la televisió interactiva i iniciador dels primers projectes telemàtics, va llançar un dels primers projectes d'art en xarxa (*netart*): The world first collaborative sentence, una sola frase que els lectors han anat desenvolupant de manera col·laborativa, afegint noves paraules des d'aleshores. D'aquesta manera, Davis, continuant en la línia de les seves obres anteriors, busca trencar els rígids paradigmes de transmissor-receptor del circuit dels *mass media*, i Internet es converteix en el mitjà ideal, un espai per a la connectivitat i la participació.

Ens trobem en plena expansió de les antany ciberutopies. La materialització de molts somnis que semblaven irreal genera un clima d'optimisme desmesurat en el qual sembla que la ciberesfera, amb la seva realitat virtual, suplantarà la mateixa realitat. Els somnis i les esperances allotjades en les ciberutopies fan que tot sembli possible amb tal creixement i expansió. El 1987 té lloc un important congrés a Los Álamos per a fundar la ciència de la "vida artificial" i Jaron Lanier treu a la llum pública el seu dispositiu de casc i guants de dades per a la realitat virtual, dispositius de navegació en entorns de realitat virtual que faran accessibles i popularitzaran els somnis dipositats en les tecnologies de realitat virtual.

Les ciberutopies també deixen pas al fet de prendre consciència que Internet i les tecnologies de la informació i la comunicació donen lloc a espais públics en els quals, per tant, té lloc una acció política, de la mateixa manera que són objecte de polítiques. Per això, el 1991 John Perry Barlow, antic lletrista del grup de rock progressiu Grateful Dead, funda l'Electronic Frontier Foundation, una organització que s'ha destacat per la defensa de la llibertat i els drets civils en tots els àmbits relacionats amb Internet i les tecnologies de la informació i la comunicació.

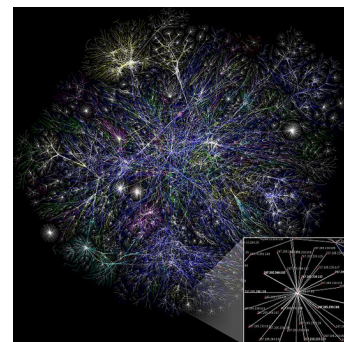
### ***Cave automatic virtual environment***

Durant els anys setanta, l'artista Daniel Sandin i l'enginyer Thomas DeFanti es van ajuntar en l'Electronic Visualization Laboratory de la Universitat d'Illinois (Chicago), on el 1991 la seva investigació sobre visualització electrònica va culminar, amb el disseny i construcció del CAVE (*cave automatic virtual environment*). La suspensió de la incredulitat, tan crítica en l'efecte global de la realitat virtual, està millorada amb les qualitats específiques de les interfícies CAVE, que de fet és una habitació petita de 3 m<sup>3</sup> aproximadament. Després d'entrar a l'habitació, l'usuari es troba a si mateix envoltat d'imatges projectades que són sincronitzades perfectament a les tres parets i a terra. És com plantar-se a l'escenari d'un teatre virtual, un entorn estereogràfic de realitat virtual amb projeccions contigües a tres parets i el terra d'una habitació, una petita "caverna" on se simula la realitat exterior. El nom és una referència clara al mite de la caverna de Plató, construït com un teatre virtual al qual l'interactor s'aboca i participa amb tot el seu cos en la interacció dins d'un entorn tridimensional.



Jaron Lanier amb casc estereoscòpic i guants de dades

Tot això avui forma part de la cultura popular, que s'apropia de tecnologies que faciliten la comunicació, l'accés i la distribució lliure de la informació. El 1993 va sorgir la revista *Wired*, la publicació del sector més cèlebre i popular fins aleshores, mentre l'administració Gore-Clinton llançava el pla per a connectar les escoles a Internet. Uns quants anys més tard, el 1994, i després de vint-i-cinc anys d'existència de la Xarxa, s'assoleixen els tres milions de pàgines a Internet i neix *Yahoo*, justament per intentar catalogar-les. Mentre Microsoft, amb el seu Windows 95, incorporava el navegador Explorer i intentava monopolitzar el mercat, es produeixen els primers assajos del sistema operatiu Linux, considerat actualment una alternativa real al sistema operatiu Windows i creat com a programari lliure en col·laboració amb una comunitat de desenvolupadors distribuïts per tot el planeta. El 1996, quan es produeix el *boom* d'Internet a escala internacional, ja es comptabilitzaven uns vuitanta milions d'usuaris, un nombre que augmenta de manera contínua. I si l'any 2006 es va calcular que el nombre d'internautes oscil·lava entorn dels mil cent milions, les estimacions per a l'any 2016 són que s'arribarà a 2.000 milions.



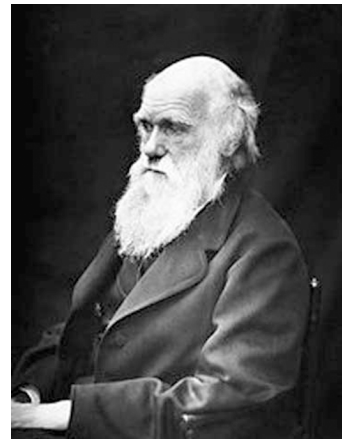
Mapa d'Internet

### **Interacció i participació**

Amb Internet, i la seva estructura oberta, les possibilitats d'interacció i participació dels usuaris són més grans. En aquest sentit, els processos participatius adquireixen noves maneres d'interacció: primer com a model d'obra oberta (seguint les concepcions d'Umberto Eco), que genera sistemes evolutius genuïnament capaços d'aprendre i progressar cada vegada que es fa servir; segon, mitjançant l'encreuament d'espais virtuals en llocs reals urbans per mitjà d'interfícies personalitzades. *Vectorial Elevation* (2000), de Rafael Lozano-Hemmer, i *Blinkenlights* (2001-2002) o *Arcade* (2002), del Chaos Computer Club, són alguns exemples de projectes híbrids.

### 3. Sobre la biologia

La biologia és la ciència natural que estudia la vida i els éssers vius, i totes les seves manifestacions. Avui podem dir que, segons el seu objecte específic d'estudi, la biologia pot dividir-se en diverses subdisciplines, com la botànica, si es refereix únicament a l'estudi dels vegetals, o la zoologia, si es refereix a l'estudi dels animals. Les tres referències fonamentals de l'actualitat de la biologia són la teoria evolutiva iniciada per Charles Darwin el 1859, la biologia molecular desenvolupada cap a 1937 i la perspectiva genètica inaugurada per Crick i Watson el 1953, que ha donat origen a les biotecnologies denominades *actuals*. Així podríem descriure una de les seves branques més actuals, la biotecnologia, com la branca de la biologia que estudia possibles aplicacions pràctiques de les propietats dels éssers vius i de les noves tecnologies (per exemple, l'enginyeria genètica) en camps com la indústria, la medicina, l'agricultura o la ramaderia.



Charles Darwin (1809-1882)

El terme *biologia*, en el sentit modern, va aparèixer al segle XIX, com a resultat d'una evolució de les tradicions de la medicina i la història natural, però ens podem remuntar a l'antic Egipte i dibuixar una llarga història com a disciplina. El terme per si mateix va ser encunyat de manera independent el 1800 per Karl Friedrich Burdach, després va ser usat per Gottfried Reinhold Treviranus en el seu llibre *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur*, de 1802, i Jean-Baptiste Lamarck en el seu llibre *Hydrogéologie*, de 1802; encara que, de fet, la paraula va aparèixer ja en el títol del tercer volum de *Philosophiae naturalis sive physicae dogmaticae: Geologia, biologia, phytologia generalis et dendrologia*, escrit per Michael Christoph Hanov i publicat el 1766.

Abans de l'aparició del terme *biologia* hi havia molts altres termes per a referir-se a l'estudi dels éssers vius, com la història natural (que també incloïa la mineralogia i altres camps no biològics), la filosofia natural o la teologia natural, que treballaven en l'aspecte conceptual i metafísic associat als éssers vius, que al seu torn incloïen el que avui seria la geologia, química, física i astronomia. Altres àmbits disciplinaris com la fisiologia o la farmacologia pertanyien a la medicina, i altres com la geologia, botànica o zoologia, ja al segle XVIII, es van separar de la història i filosofia natural, abans de l'aparició de la biologia com a disciplina.

#### 3.1. De la història natural a la teoria de l'evolució

En aquesta història de la vida podem trobar tres moments paradigmàtics que al·ludeixen, d'una banda, a la història natural del segle XVIII, en la qual la vida com a concepte s'absenta; al període de l'evolucionisme vuitcentista, que comença a dotar la vida d'una història; i, finalment, a l'enginyeria genètica del

final del segle XX i començament del segle XXI, que promou una descontextualització de la vida. Aquests són els que podríem considerar els tres moments paradigmàtics de la història de la vida.

El 1735, **Carl Linnaeus**, basant-se en el concepte d'espècie com un grup d'individus semblants, va fer una classificació dels éssers vius coneguts fins aleshores. Posteriorment, va agrupar les espècies en gèneres, aquests en ordres i, finalment, en classes, per crear així una **taxonomia de la vida**. En la dècada dels cinquanta del segle XVIII, Linnaeus va proposar la utilització d'una **nomenclatura binominal** que permet assignar a cada organisme dues paraules en llatí, un substantiu per al gènere i un adjectiu per a l'espècie, que dona forma al **nom científic** que contribueix a evitar confusions en la identificació i el registre dels organismes existents. Tanmateix, un altre científic com Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon, va concebre les espècies com a categories artificials mal-leables amb el pas del temps, suggerint una possible relació entre espècies que més endavant va contribuir a forjar el pensament evolucionista d'altres autors clau com Lamarck o Darwin. D'aquesta manera, la història natural s'encarrega de donar nom a les diferents manifestacions de la naturalesa, les fixa amb una nomenclatura i les ubica en una quadrícula que les ordena. La imatge que sintetitza aquest període seria, doncs, la del **jardí botànic** que recull la diversitat de la naturalesa i es mostra d'aquesta manera com una manifestació de poder i domini sobre una naturalesa incontrolable.



Il·lustracions botàniques de Carl Linnaeus (1707-1778)

### Paisatges

La manera de representar el paisatge, fins i tot sota la necessitat de realisme imposada pels cànons establerts, ha canviat al llarg de la història. De fet, la pintura de paisatges neix al nord d'Itàlia i a Flandes, durant el segle XV. La paraula *landscape* prové de l'holandès i originalment es referia a un tipus particular de representació pictòrica. D'aquesta manera, la pintura paisatgista representava "una manera de veure" que hi ha en unes condicions històriques molt específiques, en les quals se la relacionava amb l'aparició del capitalisme. Tal com comenta John Berger, de sobte passa que "un paisatge no és tant una finestra amb marc oberta al món com una cosa valuosa penjada de la paret en la qual el visible ha estat dipositat", i això és així perquè els que encarregaven aquestes pintures no eren camperols, sinó terratinents, que buscaven apropiar-se visualment de la terra d'una manera específica.

En aquell temps el concepte vida no existia tal com l'entendem avui, per tant, tampoc no existia el terme *biologia*, i ens trobàvem amb la història natural com a disciplina formalitzada. L'episteme clàssica del segle XVIII buida el concepte de vida mentre es concentra en la generació de coneixement de l'ordre, el que deixa pas a una vida que esdevé cosificada i s'imposa sobre el propi procés de viure. Per tant, es tracta d'una història natural que tal com deia Foucault:

"[...] no es otra cosa que la denominación de lo visible. De ahí su aparente simplicidad y este modo que de lejos parece ingenuo, ya que la historia natural resulta simple e impuesta por la evidencia de las cosas."

M. Foucault (1997). *Las palabras y las cosas* (pàg. 133). Madrid: Siglo XXI.

Aquest esdevenir taxonòmic propi de la història natural considerarà la vida des d'un marc temporal abstracte radicalment no històric: els éssers vius són i han estat sempre tal com són, i l'ordenació i descripció d'aquests és la tasca



Museu d'Història Natural de Londres

principal pròpiament científica a fer. No hi ha un abans ni un després del que són els éssers vius, no hi ha una història de la vida que es preocupi pel procés en si de viure, com a allò que pròpiament singularitza la mateixa vida. No serà fins a molt més endavant que aquesta situació es canviarà, per a deixar pas a noves concepcions de la vida i del vivent. Aquests canvis naixeran de la constatació de la inclassificació del vivent en si, en la qual la vida apareix com un residu que s'escapa de l'esquema de la taxonomia que pretén incloure-ho tot en el seu ordre classificatori. L'evolució del vivent deixarà pas al període de l'evolucionisme.

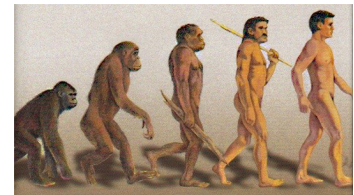
La biologia es transforma en tant que pensament d'una vida que cal historiar perquè té una història, una vida subjecta als esdeveniments i inclemències del temps i proveïda d'un context que l'empara. La vida, ubicada en l'esdevenir del temps, trenca la fèrria estructura que s'havia instal·lat al jardí botànic imposat per la història natural amb el seu ordre immaculat i la seva estructura atemporal desproveïda del context necessari. La biologia inicia així una història de la vida que li possibilita una indagació constant en el seu esdevenir i, al seu torn, en la pròpia evolució.

Entorn de 1859, **Charles Darwin** va proposar la **teoria de l'evolució** com una teoria que aportava una explicació a l'origen i la varietat de les formacions biològiques a partir d'un mateix origen comú desenvolupat mitjançant una sèrie de mecanismes evolutius, que va anar descrivint com a principi d'**adaptació al medi** i com a **selecció natural**. La vida tenia una història en què únicament havien sobreviscut els éssers vius que s'havien adaptat millor al medi transformant-se adequadament. D'aquesta manera, la teoria de l'evolució feia possible una base de comprensió unificada que permetia explicar els fenòmens generals dels éssers vius, en la qual les anomalies presents en el sistema taxonòmic cobraven sentit. Les aportacions que Mendel va desenvolupar des de 1868 amb relació a les variacions genètiques van cobrar aleshores especial rellevància.

Més endavant, al final dels anys trenta, Ernst Mayr va elaborar una nova síntesi de la teoria de l'evolució en la qual procurava solucionar alguns dels problemes que deixaven en suspens la teoria de l'evolució, establint una complementació millor entre els mecanismes de selecció natural, herència i adaptació al medi. Això feia possible generar un marc general en el qual es pogués pensar en l'origen de la vida i les seves diferents manifestacions biològiques, deixant a part les qüestions sobre l'inici de la vida o el funcionament intern d'aquesta (qüestions que es van abordar més endavant, amb el desenvolupament de la biologia molecular i la genètica).

### **Edward Steichen**

El 1934, Edward Steichen va exposar en el MOMA les seves flors *Delphinium* modificades genèticament servint-se d'una droga, colquicina; així, mitjançant la utilització de materials vius, va ser possible "generar la seva pròpia poesia", tal com ell mateix deia. Però és que els criadors d'animals o plantes han estat des de temps ancestrals els grans manipuladors genètics, en dissenyar noves races de gossos o roses més resistents i boniques per



Teoria de l'evolució

a poder ser venudes més fàcilment per la seva bellesa. D'aquesta manera, l'home intervé en el mecanisme de la selecció natural.

Amb l'arribada de l'evolucionisme, aquesta descontextualització i atemporalitat desapareixen i, en canvi, es passa a una nova concepció en la qual la classificació dels éssers vius deixa pas a la genealogia de la vida. Les mutacions que escapen a l'ordre taxonòmic obliguen a transformar el marc interpretatiu del que s'entén per *vida*, i així es dona preeminència a la transformació i el canvi. L'evolucionisme historitza la vida que havia quedat exclosa del jardí botànic, prevalent la transformació sobre la conservació.

Per tant, la vida està plenament historiada en el seu esdevenir, i d'aquesta manera va adquirint una nova narrativa biològica que es converteix, al seu torn, en una narrativa dels orígens i de la manera en què aquests doten l'esdevenir de la naturalesa d'un cert teleologisme. Es parteix d'una metàfora en què la idea del progrés actua com a vestimenta discursiva metafòrica de l'evolucionisme, introduint una certa direccionalitat en la història, un fons de continuïtat sobre el flux incessant de modificacions i discontinuïtats que es troba en el vivent.

Però, davant aquesta teleologia implícita en l'evolucionisme, es pot preguntar sobre què és el que resta aïllat i invisible en els marges d'aquest discurs que pressuposa un component de direccionalitat i de progrés en la comprensió de la mateixa vida. Llavors ens podríem respondre que, justament:

"Encontramos el mecanicismo incluso en el evolucionismo, en la medida en que éste postula una evolución unilineal y nos hace pasar de una organización viviente a otra mediante simples intermediarios, transiciones o variaciones de grado."

G. Deleuze; F. Guattari (1988). *Mil mesetas* (pàg. 133). València: Pre-textos.

Tal com diria Darwin, la naturalesa no fa salts, però l'evolucionisme és incapaç d'aprehendre la concreció singular de l'adaptació local d'una variació en si mateixa, ja que l'adscriu a una metanarrativa del progrés. La metàfora latent en l'evolucionisme seria la idea de l'existència d'un progrés continuïsta, marcat per una idea d'adaptació, per la qual es descriu la manera en què l'organisme i l'ecosistema estan relacionats. Així, podem dir que de manera independent hi ha una relació entre organisme i ecosistema, és a dir, entre la vida i el context de la vida, ja que, de fet, Darwin va introduir una ruptura fonamental en separar els organismes dels ambients que habiten.

Actualment, algunes de les idees de Darwin, sobretot les referents al mecanisme de selecció natural, han estat matisades proposant nous camins diferents. Richard Dawkins, per exemple, planteja una solució de tipus reduccionista en la qual la selecció natural s'erigeix com un principi còsmic que regeix tots i cada un dels aspectes de la vida, i que queda dipositat als gens. Altres propostes oposades a les de Dawkins són les de Lynn Margulis, Stanley Kauffman i Stephan Jay Gould.

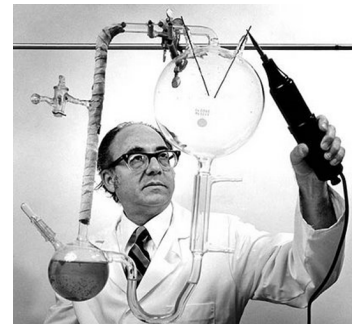
Així, **Margulis** proposa afegir els fenòmens d'associació simbiòtica com a complements de la selecció natural, fent possible la seva anomenada **hipòtesi Gea**, que establia que la vida solament és possible si hi ha un equilibri entre selecció natural i cooperació entre organismes per a adaptar-se a l'entorn canviant. D'altra banda, Gould plantejava la possibilitat de l'existència de múltiples direccions de l'evolució, la qual cosa possibilitaria l'aparició de l'atzar i la discontinuïtat necessària per a generar la varietat constitutiva de la vida, i fa llum així a una teoria oberta de l'evolució. Finalment, les aportacions de **Kauffman**, amb els seus programes d'ordinador dedicats a la simulació de processos de la vida, van en la línia de donar especial rellevància a l'**autoorganització** com a autèntic motor del procés d'evolució. Un conjunt de diferents aproximacions que, totes juntes, donen lloc a una visió complexa dels processos d'evolució com a fenòmens explicatius de la vida.



Lynn Margulis (1938)

### 3.2. De la biologia molecular a les biotecnologies

La teoria de l'evolució també va obrir la pregunta sobre l'origen de la vida, que al seu torn implicava respondre a la de la relació entre matèria i vida, per establir així una connexió entre organismes vius i fonaments físics i químics de la matèria. Des dels primers estudis sobre biologia cel·lular el 1938 es va anar treballant en aquesta direcció, fins a arribar als desenvolupaments de Stanley Miller el 1953, per trobar així el que es considerava els elements primers articuladors de tot organisme viu: els anomenats *protobionts*. La relació entre biologia, química i física es consolidava d'aquesta manera i donava lloc a l'anomenada *biologia molecular*.

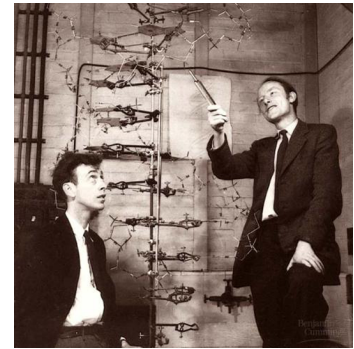


Stanley Miller (1930-2007)

En els primers passos d'aquesta història de la vida vam veure com la imatge del nínxol ecològic de l'evolucionisme substitueix el jardí botànic de la història natural, i la vida biologitzada a la vida inerta, pròpia també de la història natural. Un tercer pas, obert per la biologia molecular i consolidat per la genètica, aportarà una nova manera de concebre la vida en la qual el gen esdevé fonament i principi rector d'aquesta. En tot cas, podem dir que aquest tercer estadi no és res més que una transmutació de l'ordenat jardí botànic en un banc de dades genètiques no menys ordenat en el qual, sens dubte, hi continuarà havent espai per a la metàfora del nínxol ecològic, ja que d'aquesta manera també funcionaria com a legitimació de la possibilitat d'introduir nous organismes que no alterin l'existent.



En 1953, els biòlegs James **Watson** i Francis **Crick** van identificar un àcid especial en el nucli de la cèl·lula: l'ADN o **àcid desoxiribonucleic**. La funció d'aquest àcid és contenir el programa que permet l'assignació de funcions específiques als diferents gens implicats. D'aquesta manera, va ser possible identificar els mecanismes de reproducció cel·lular i, al seu torn, contribuir significativament a la comprensió de com els organismes vius duen a terme les diferents funcions. Naixia la biologia genètica, que completava el procés que havia iniciat la biologia molecular amb l'objectiu de comprendre els mecanismes interns dels éssers vius.



James Watson (1928) i Francis Crick (1916-2004)

### **Game of life**

Cap a 1970 el matemàtic britànic John H. Conway va inventar *Game of life*, el popularment anomenat *joc de la vida*. Aquest joc informàtic intentava explorar i demostrar com es pot dissenyar i construir un sistema caracteritzat per la combinació entre un mínim de regles simples i un ric i extens conjunt de comportaments. Així, aquest joc senzill es va convertir en l'exemple més famós derivat de l'autòmat cel·lular que al seu dia ja va inventar Von Newmann, una troballa que va permetre generar un nou punt de partida per a tota una generació d'investigadors interessats a desenvolupar les possibilitats de la vida artificial.

L'encreuament de la biologia genètica i les tecnologies d'informació i comunicació van permetre desenvolupar la biologia computacional, i l'any 2001, gràcies a la potència de càlcul dels ordinadors, es va completar la **seqüenciació completa del genoma humà**. Actualment, les biotecnologies han conduït a acabar el **Projecte genoma humà**, la implantació de teràpies gèniques, la clonació i la manipulació d'embrions, la creació d'aliments transgènics, la implantació de xenotransplantaments, etc. Alguns exemples més estesos d'aplicacions de les biotecnologies als éssers vius són els organismes vegetals modificats genèticament, que donen lloc a les anomenades *plantes transgèniques*.



Estructura de l'ADN

El 1987 es va fer pública, en la revista *Nature*, l'obtenció de la primera planta transgènica, i el 1996 aquest mètode es va començar a aplicar industrialment en el sector de l'agricultura. Avui en dia, el 4% de la terra cultivable està plantada amb llavors transgèniques, i el 13% del comerç mundial de llavors estaria produït per enginyeria genètica (OMC, 2005). La majoria són cultius transgènics de soja, blat de moro, cotó i colza, principalment a països com els Estats Units, Argentina, Canadà, Brasil i Xina, per aquest ordre. Tanmateix, últimament el creixement més fort es dona als països de l'anomenat *tercer món*, en els quals s'ubica el 34% de la producció global actual.



Aliments transgènics

Però, a part de les plantes transgèniques, hi ha molts altres tipus d'organismes modificats genèticament, com els aliments funcionals, que és el nom que s'ha donat a la fusió d'aliments i medicaments amb vista a l'obtenció de proteïnes o vitamines, com el iogurt per a combatre l'insomni; el cas de l'arròs daurat dirigit al continent asiàtic per a pal·liar, suposadament, la deficiència de vitamina A, a causa de profundes insuficiències alimentàries; o les anomenades

*biofactories*, que són plantes modificades genèticament a partir de les quals es podria extreure matèria primera per a ús industrial, com el cas dels gira-sols que produeixen cautxú, o la planta de tabac, que produeix teranyina.

Així mateix, trobem microbis modificats genèticament, com bacteris que degraden abocaments de petroli o els que són resistents a la radioactivitat per a descontaminar mercuri; com també microbis capaços de descontaminar metalls pesants i els que fins i tot es poden utilitzar amb intencions militars. El 1998, el Laboratori d'Investigació de l'Exèrcit dels Estats Units va identificar un nombre d'usos ofensius dels organismes genèticament modificats contra materials. Aquests inclouen microbis que danyen o destrueixen hidrocarburs, plàstics, cautxú natural o sintètic, metalls i materials compostos, capaços de fer malbé carreteres, armes, vehicles, combustible, capes antiradar, armilles antibales, etc.

També podríem incloure tot tipus de mamífers clonats en la investigació científica, com la ja famosa ovella Dolly, però també clonacions de ratolins o mones. Com també animals transgènics, per exemple, la cabra-aranya, una cabra transgènica que produeix teranyina, o les que produeixen insulina humana en la seva llet; o l'oncoratolí, un ratolí amb càncer per a l'experimentació oncològica, desenvolupat en la Universitat d'Harvard. Podem trobar fins i tot bestiar biotecnològic, que dona lloc a pollastres amb més carn; gallines transgèniques, els ous de les quals fabriquen un fàrmac emprat en el tractament de càncer; salmons transgènics que creixen més ràpidament; etc. Igual com és possible trobar aplicacions d'enginyeria genètica a mascotes domèstiques, la qual cosa dona lloc a peixos amb colors més vistosos o gats que no causen al·lèrgia. Evidentment, són invencions patentades i registrades per companyies privades que les exploten comercialment.

### Alba

Altres animals transgènics han causat un gran enrenou, com Alba, el conill fosforescent que Eduardo Kac va crear en creuar-lo amb el gen GPF (*green fluorescent protein*) de les meduses. Parlem de l'art denominat *transgènic*, un ésser viu que neix per conviure en el si de la seva família, la llar del creador Kac, i completar el seu cicle com a mascota domèstica. D'aquesta manera, Kac convertia l'enginyeria genètica en una cosa domèstica i quotidiana, present en les nostres vides en forma de mascota. L'"obra" per si mateixa no va ser la creació d'Alba, sinó, en tot cas, el fet mateix de fer visible tot el procés per a atreure l'atenció pública respecte al debat entorn dels organismes modificats genèticament



L'ovella Dolly (1996-2003)



Alba, conill fosforescent transgènic creat per Eduardo Kac

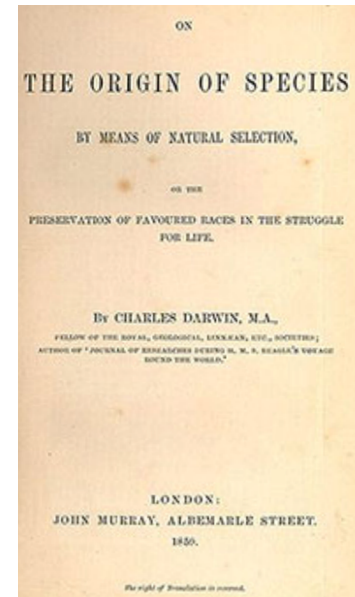
Es tracta d'una aproximació particular que podríem afirmar que es desenvolupa des dels primers intents de domesticació d'animals com els antílops o ovelles, ja el 18000 aC, passant per la invenció del terme el 1802; la gran aportació de Charles Darwin i el seu llibre *L'origen de les espècies* el 1859; les lleis de la genètica establertes per Gregor Mendel el 1865; el dibuix de l'estructura de l'ADN el 1954 per part de Watson i Crick; fins a la invenció de l'oncoratolí esmentat, el 1988 (creat amb enginyeria genètica per a l'experimentació amb càncer); la posada en marxa, el 1990, de la descodificació genètica de l'ésser humà (també coneguda com a *Projecte genoma*), i finalment la clonació d'una ovel·la el 1997.

Avui, la part, el gen, designa el tot, la vida. Però no sempre ha estat així, de la mateixa manera que no sempre ha existit la vida; aquesta és més aviat una construcció moderna. Els grecs utilitzaven dues paraules diferents per a designar la vida: *zoé* designava la vida natural, mentre que *bíos* feia referència a les formes o maneres de viure de l'home. Si considerem la vida com a concepte hem d'atendre l'anàlisi del moviment, igual com Heràclit amb la seva concepció de la vida com a abisme creador de diferències, que, associat a la imatge del riu que flueix, esdevé fonament. Podríem dur a terme una genealogia del concepte de vida en la qual, seguint Heràclit, continuéssim amb Plató i el principi de la llarga marxa de la hipostatització de la mateixa vida, tal com comenta López Petit:

De Plató, amb referència al concepte de vida, podríem dir que la seva doctrina de l'ànima es troba lluny de l'espiritualisme inconscient que de vegades se li atribueix, ja que la seva doctrina, en realitat, constitueix més aviat una teoria de la vida, en la mesura que aquesta es manifesta pel moviment. A continuació, amb Aristòtil, la vida (que obté primacia de l'acte sobre la potència) ordena i empeny el no viu cap al viu, l'imperfecte cap al perfecte, mentre que ella mateixa es troba al final i és, alhora, el mateix moviment. Així podríem continuar amb altres filòsofs, des de Plotí, que representa al món com a unitat vivent animada, Sant Agustí, amb la seva *nihilització* de la vida presentada com *la meua* vida, Spinoza i Leibniz, per al quals som una vida que s'obre i es tanca en la seva plena irreductibilitat, Hegel i l'aprensió lògica de la vida, les filosofies de la vida amb Scheler o Schopenhauer, o la pregunta pel sentit de la vida; passant per Nietzsche i l'aprehensió artística de la vida, Kierkegaard i l'hipostatització desfonamentada de la vida, i Heidegger i la interrupció de l'ésser sobre la genealogia de la vida; fins a arribar a la posterior fase del retorn de la vida, que va des del discurs humanista de la bioètica al biopoder de Foucault, Negri, Agamben i Haraway, o la vida immanent de Deleuze, amb la seva filosofia que persegueix construir una teoria de la multiplicat immanent, una ontologia de l'ésser unívoc o de la vida els efectes dels quals siguin els de l'alliberament, és a dir, alliberar la vida d'allò que l'empresona.

Breu resum extret a partir de l'obra: S. López-Petit (2003). *El infinito y la nada: el querer vivir como desafío*. Barcelona: Edicions Bellaterra.

En definitiva, hem d'entendre que parlar sobre la vida és parlar sobre les diferents narracions per les quals s'ha anat definint la vida, ja que aquesta només pot ser aprehesa en una narració i des d'una narració que ens diu el que caracteritza la mateixa vida: d'aquesta manera, la narració és la que dona el sentit, la que funda una intel·ligibilitat, mentre obre un escenari des del qual es dur a terme la pròpia tasca de pensar i organitzar la vida. Per tot això:



The origin of species (original anglès de 1859)

"[...] es necesario tener presente en todo momento que la vida, como la naturaleza, no es una entidad enteramente independiente del hacer y el pensar humanos: más bien debemos tener en cuenta que cada contexto sociohistórico tiene su propia forma de concebir y encararse con la propia vida. Así, al confrontarnos con la ingeniería genética, necesitamos poner de manifiesto la específica particularidad de una vida biotecnologizada, y, en consecuencia, ser conscientes de que la vida ha sufrido un largo recorrido hasta verse reducida a un discurso en el que queda genetizada, reducida a los dictámenes del gen en el contexto de las biotecnologías y la ingeniería genética."

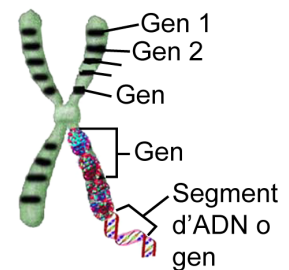
I. Mendiola (2006). *El jardín biotecnológico: Tecnociencia, transgénicos y biopolítica* (pàg. 79). Madrid: Libros de la catarata.

La genetització progressiva de la vida no és altra cosa que el resultat d'una reducció de la vida a la mínima expressió, basada en la informació genètica, informació que consegüentment es troba disponible i subjecta a tot tipus d'operacions d'enginyeria. Es prioritza la dada davant el context i el procés de conformació d'allò que es presenta com a dada. I tot això es fa des de la influència clara de la teoria de la informació, que s'expandeix des dels anys cinquanta i influeix àmpliament en el desenvolupament de les tecnociències emergents, en les quals la separació entre informació i context, que va donar lloc a la cibernètica, va servir com a analogia a l'hora de repensar la vida.

### Gènesi

Amb la intenció d'expressar aquesta voluntat prometeica inscrita en la vida biotecnologitzada, Eduardo Kac va crear la instal·lació Gènesi el 1999, en la qual en entrar en l'espai expositiu podem veure un bacteri en una càpsula de Petri, en el qual l'artista ha inclòs en l'ADN frases del llibre "Gènesi" de la *Biblia*. Kac va crear un gen sintètic traduint una frase al codi Morse, que després va convertir en parelles bàsiques d'ADN, d'acord amb un principi de conversió desenvolupat per l'artista per a aquest treball. La importància de Kac no rau en la creació de l'objecte artístic, sinó que el seu significat es desenvolupa en la mesura que els visitants participen i influeixen en el desenvolupament del *tempo* de mutació natural del bacteri, de manera que transformen el cos i el missatge codificat a l'interior.

Una vegada que la relació entre informació i context es trenca, i la reducció de la vida a informació manipulable s'instal·la en el si de la ciència, el pas següent és desenvolupar les possibilitats de manipulació, transformació i modificació mitjançant el desenvolupament de tècniques d'ADN recombinant, amb les quals és possible aïllar fragments d'ADN, manipular-los de manera que la composició interna s'alteri lliurement i, finalment, acoblar a altres organismes vius els fragments extrets i manipulats prèviament al laboratori, a fi d'introduir una nova informació genètica dissenyada. D'aquesta manera, en el context de la biologia genètica i les biotecnologies, la vida queda reduïda a una xarxa de bases de dades. No obstant això, en el context de la biologia contemporània podem trobar moltes altres aproximacions a la vida, per exemple, des de l'ecologia, que parteixen d'altres pressupostos que, encara que no puguem tractar aquí, animem el lector al seu estudi posterior.



Cromosoma

Cromosoma

## Bibliografia

- Abbate, J.** (1999). *Inventing the Internet*. Cambridge: MIT Press.
- Amis, M.** (2005). *Los monstruos de Einstein*. Barcelona: Ediciones Minotauro.
- Barabási, A. L.** (2002). *Linked: How Everything Is Connected to Everything Else*. Nova York: Plume.
- Bertalanffy Von, L.** (1976). *Teoría General de los Sistemas*. Mèxic DF: Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Boyer, C. B.** (1986). *Historia de la matemática*. Madrid: Alianza Editorial.
- Capra, F.** (1998). *La trama de la vida*. Barcelona: Anagrama.
- Capra, F.** (2003). *Las conexiones ocultas*. Barcelona: Anagrama.
- Castells, M.** (2001). *La Galaxia Internet: Reflexiones sobre Internet, empresa y sociedad*. Barcelona: Areté.
- Cohen, B.** (1989). *El nacimiento de una nueva Física*. Madrid: Alianza Universidad.
- Critical Art Ensemble** (2002). *The Molecular Invasion*. Nova York: Autonomedia.
- Delanda, M.** (2003). *Intensive Science and Virtual Philosophy*. Nova York: Continuum.
- Druckrey, T.** (ed.) (2001). *Ars Electronica: Facing the Future: A Survey of Two Decades (Electronic Culture: History, Theory and Practice)*. Cambridge: MIT Press.
- Floridi, L.** (1999). *Philosophy and computing*. Oxford: Routledge.
- Foucault, M.** (1997). *Las palabras y las cosas*. Madrid: Siglo XXI.
- Galloway, A. R.** (2004). *Protocol. How Control Exists after Decentralization*. Cambridge: MIT Press.
- García, P.** (2000). *La Ciencia en tus manos*. Madrid: Espasa Fórum.
- Holton, G.** (1971). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Margulis, L.; Sagan, D.** (1995). *What is Life*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Mattelart, A.** (2002). *Historia de la sociedad de la información*. Barcelona: Paidós.
- Peña, J. de** (2003). *Historia de las Telecomunicaciones*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Romeo, I.** (1990). *Evolución histórica de las Telecomunicaciones*. Madrid: Ed. Secretaría General de Comunicaciones.
- Shannon, C.; Weaver, W.** (1964). *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois: The University of Illinois Press.
- Taniguchi, P. E.** (1985). *La historia de los ordenadores*. Barcelona: Editorial Universitaria de Barcelona.
- Thacker, E.** (2006). *The Global Genome: biotechnology, politics and culture*. Cambridge: MIT Press.
- Wiener, N.** (1998). *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas*. Barcelona: Tusquets.

