

Profilo di Alan Kay

Alan Kay è uno dei primi pionieri della *programmazione object-oriented*, del *personal computing*, e delle *interfacce utente grafiche*. I suoi contributi hanno ricevuto riconoscimenti quali il *Charles Stark Draper Prize* da parte della National Academy of Engineering¹ “per la visione, il concepimento, e lo sviluppo del primo pratico personal computer in rete,” l’*Alan M. Turing Award* dall’Association of Computing Machinery “per essere stato un pioniere di molte delle idee che stanno alla base degli attuali linguaggi di programmazione a oggetti, aver guidato il gruppo che ha sviluppato Smalltalk, e per contributi fondamentali al personal computing,” e il *Kyoto Prize* dalla Inamori Foundation “per la creazione del concetto moderno di personal computing per i contributi alla sua realizzazione.” Questo lavoro fu svolto insieme con molti colleghi di talento nel ricco contesto di ARPA e di Xerox PARC.

Alla fine degli anni '60, nell'ambito del progetto ARPA alla University of Utah, egli inventò il *dynamic object-oriented programming*², fece parte del gruppo originale che sviluppò la grafica 3D a tono continuo, progettò la FLEX Machine³, uno dei primi desktop computer con interfaccia utente grafica e con un sistema operativo object-oriented, partecipò al progetto di ARPAnet, e ispirato dai bambini⁴, concepì il Dynabook, un laptop personal computer per bambini di tutte le età.

Allo Xerox PARC egli inventò Smalltalk, il primo sistema per programmare e produrre documenti multimedia completamente object-oriented compreso il sistema operativo (che includeva l'interfaccia a finestre sovrapposte diventata oggi ubiquita), suggerì l'uso di uno schermo a bit-map, del disegno sullo schermo e dell'animazione, partecipò allo sviluppo del *desk-top publishing*, e di altri *desktop media*, e allo sviluppo dell' Alto, il primo modeno personal computer di rete. Ciò fece parte delle attività allo Xerox PARC che portarono alla creazione di un intero genere di personal computing tra cui: la Graphical User Interface, Ethernet, laser printing, modern word processing, le reti client-server e peer-to-peer.

Alan Kay detiene i titoli di BA in Mathematics and Biology con specializzazioni in English e in Anthropology dalla University of Colorado (1966), di MS e di PhD in Computer Science (1968 e 1969, con lode) dalla University of Utah, e dottorati onorari dalla Kungl Tekniska Högskolan di Stockholm, dal Columbia College di Chicago, e dal Georgia Tech.

È stato eletto Fellow della American Academy of Arts and Sciences, della National Academy of Engineering, della Royal Society of Arts, e del Computer History Museum.

Altri onori includono: J-D Warnier Prix d'Informatique, ACM Systems Software Awards, NEC Computers & Communication Foundation Prize, Funai Foundation Prize, Lewis Branscomb Technology Award, lo ACM SIGCSE Award for Outstanding Contributions to Computer Science Education, e il CRN Hall of Fame.

Kay è stato Xerox Fellow, Chief Scientist di Atari, Apple Fellow, Disney Fellow, e HP Senior Fellow. Attualmente è Adjunct Professor of Computer Science alla UCLA.

Nel 2001 ha fondato il Viewpoints Research Institute, una organizzazione non-profit dedicata ai bambini e all'apprendimento. Al Viewpoints Research Institute insieme con i suoi colleghi continua ad esplorare il progetto di sistemi avanzati e di programmazione con l'obiettivo di ottenere una “Moore's Law” che faccia avanzare di vari ordini di grandezza la creazione di software.

¹ con Robert Taylor, Butler Lampson, e Charles Thacker.

² ispirato da Sketchpad e dal Simula

³ con Ed Cheadle

⁴ con Dan Ingalls e Adele Goldberg

Kay e il Viewpoints Institute sono inoltre pesantemente coinvolti nell'iniziativa One Laptop Per Child che cerca di creare un "\$100 laptop" in stile Dynabook per ogni bambino del mondo (specialmente del terzo mondo).

Al di fuori dell'informatica, Kay è stato negli anni '50 un chitarrista jazz professionale. Nelle sue attività successive ha trasferito la sua passione per la musica e la produzione teatrale. Attualmente si diletta suonando musica classica all'organo.

Motivazioni del Consiglio della Facoltà di Scienze MFN

Prof. Umberto Mura

Negli anni '70 Alan Kay concepì l'idea di utilizzare i computer come "personal and dynamic media", e diede origine ai concetti e alle idee, oltre che contribuire alla loro realizzazione, di quello che sarebbe diventato il "personal computer" che è usato oggi in un ampio spettro di applicazioni.

Nei primi anni '70, egli sviluppò il concetto di "Dynabook", che rappresentava l'ideale di un personal computer. Il Dynabook era concepito come un computer che potesse essere usato facilmente da chiunque – persino un bambino – era portatile e poteva essere connesso ad una rete wireless. L'idea rappresentava un radicale *paradigm shift* rispetto ai computer dell'epoca e al modo di usarli.

Per trasformare il suo concetto in realtà, Dr. Kay contribuì al progetto e alla realizzazione del personal computer Alto presso il Palo Alto Research Center (PARC) della Xerox. L'Alto incorporava già tutte le principali caratteristiche comuni nei personal computer di oggi. In particolare, Dr. Kay fu coinvolto nel design dell'innovativa interfaccia visiva per operare il computer con gesti e con il mouse, tramite icone e finestre sovrapponibili, che è all'origine delle attuali Graphical User Interface (GUI). Nel campo del software, Dr. Kay inventò Smalltalk, uno dei primi linguaggi di programmazione a oggetti e il suo sofisticato ambiente di programmazione visivo integrato. L'efficacia di programmare usando e componendo oggetti ebbe un sostanziale impatto non soltanto nel design dei linguaggi di programmazione, ma diede anche un significativo contributo alla metodologia generale per lo sviluppo dei complessi sistemi informativi di oggi.

Dr. Kay riconobbe che i computer potevano dare un contributo sostanziale nell'apprendimento, e dedicò molta parte del suo impegno agli studi sull'apprendimento, specie nei bambini. Egli guida progetti per insegnare ai bambini nelle scuole i principi del software e i processi mentali nella costruzione di sistemi in modo che possano imparare ad utilizzarli senza sforzo. Il suo obiettivo è di guidare con cura i bambini attraverso gli stadi dello sviluppo mentale in modo da fornire loro le fondamentali capacità per divenire individui in grado di sfruttare le potenzialità della società dell'informazione.

Attraverso più di 30 anni di dedizione personale alla realizzazione della sua visione e ispirando i suoi raffinamenti, Dr. Kay ha fornito un sogno a cui mirare agli sviluppatori di computer e ha dato contributi fondamentali alla straordinaria espansione delle applicazioni dei computer cambiando il modo con cui oggi affrontiamo molte attività intellettuali, creative, sociali ed economiche.

Per queste ragioni, il Consiglio della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali propone al Senato Accademico l'attribuzione della laurea specialistica honoris causa in Informatica ad Alan Curtis Kay.

Laudatio

Prof. Giuseppe Attardi

Nel giugno 1975, in questa stessa Aula Magna, Alan Kay presentò in anteprima mondiale un filmato in cui illustrava le ricerche che stava svolgendo presso lo Xerox Palo Alto Research Center (PARC).

L'occasione era un convegno organizzato dall'Istituto di Elaborazione dell'Informazione del CNR, diretto da Gianfranco Capriz, per celebrare 20 anni di informatica a Pisa, sviluppatasi a partire dalla realizzazione della CEP (Calcolatrice Elettronica Pisana).

Era già insolito che ad un convegno venisse proiettato un filmato, piuttosto che svolgere una presentazione orale, ma ancora più straordinario era il contenuto del filmato, che mostrava dei giovani ragazzini mentre utilizzavano uno strano computer e uno strano linguaggio di programmazione, chiamato *Smalltalk*, per applicazioni creative quali il disegno, la composizione grafica di testi, la creazione di cartoni animati, la composizione musicale.

L'articolo che Alan Kay presentò al convegno, intitolato "Personal Computing", costituisce un documento di eccezionale valore storico, in quanto contiene la prima presentazione al pubblico del concetto di personal computer, destinato a produrre una vera rivoluzione nell'informatica e nel mondo. Per questo abbiamo deciso in questa occasione di restaurare e ristampare quell'articolo, corredato di un commento dello stesso Alan Kay che descrive il contesto in cui fu scritto.

Ai tempi del convegno, nel 1975, i servizi di calcolo più evoluti erano forniti da sistemi *time-sharing*, una tecnica che permetteva a più persone contemporaneamente di condividere un unico calcolatore, accedendovi tramite telescriventi. In quell'epoca era difficile concepire di dedicare un intero computer a soddisfare le esigenze di una singola persona, addirittura per svolgere compiti così elementari come seguire i movimenti di un mouse o così complessi come presentare documenti in una accurata veste tipografica. L'attitudine prevalente era che le macchine fossero veloci e le persone lente: pertanto il *time-sharing* era la soluzione adatta per servire molte persone lente con una sola macchina veloce. Erano le persone a doversi adattare alle esigenze delle macchine, imparando arcani linguaggi e complessi strumenti per sottomettere al computer compiti da svolgere. Dopotutto il computer era una macchina concepita per il calcolo, non per l'interazione con l'uomo.

Occorreva straordinaria immaginazione e audacia per concepire il rovesciamento del rapporto. Fatto questo passo, ci si accorgeva che le macchine dell'epoca erano in realtà lente e inadeguate a sostenere i ritmi di trattamento delle informazioni di cui le persone sono capaci: paginate di testi ad alta risoluzione, con immagini e figure, audio, video e animazioni, ricerca e scorrimento veloci, scambio di informazioni e interazione via rete con altri in tempo reale.

Pertanto furono necessari interventi sostanziali sull'architettura dei computer, e lo sviluppo di nuove tecnologie, per la grafica, la rete, i media e i giochi (rivalutati in ottica pedagogica da Piaget). Ad esempio fu necessario progettare un modo speciale di trattare la memoria video attraverso l'operazione di BitBlit (bit block transfer).

Il computer Alto fu il primo passo in questa direzione. L'evoluzione iniziata con l'Alto è in corso ancora oggi, con la *Central Processing Unit* (CPU) affiancata da *Graphical Processing Unit* (GPU) in grado di generare complesse animazioni 3D in tempo reale, trattando 600 milioni di vertici al secondo e da *Media and*

Communication Processor (MCP) per il trattamento di stream audio, video e la comunicazione ad alta velocità. Il personal computer si combina poi con le reti di comunicazione fisse e wireless dando vita a dispositivi mobili integrati (PDA e smartphones).

Il personal computer concepito da Alan Kay è infatti in quintessenza un dispositivo per esprimersi e comunicare. È uno strumento per amplificare le capacità cognitive delle persone, consentendo loro di esplorare, costruire, simulare sistemi, reperire e analizzare conoscenze, interagire con altre persone o con sistemi reattivi e adattativi.

Applicazioni come il Web, le comunicazioni personali (email) e di gruppo (blog, Wiki e podCasting), la creazione di sapere comunitario (Wikipedia), oltre che i video giochi spettacolari, non sarebbero possibili senza il supporto e le innovazioni portate dai personal computer. Strumenti di condivisione e di scambio come questi, che ormai fanno parte della vita quotidiana di quasi un miliardo di persone, costituiscono il contributo più sostanziale che la disciplina informatica abbia dato allo sviluppo della società contemporanea.

Secondo Alan Kay resta comunque ancora molto da fare da una parte nello sviluppo di sistemi adattativi, in grado di apprendere e adattarsi alle esigenze dei loro utilizzatori e dall'altra nel rendere accessibili queste tecnologie al resto dell'umanità.

Alan Kay a Pisa nel 1975 presentò una visione rivoluzionaria del computer, trasformato da strumento per applicazioni tecnico-scientifiche o commerciali a mezzo facile da usare persino dai bambini, per gli scopi più svariati, compresi quelli creativi e di svago. Questo apriva affascinanti scenari sia per risolvere i problemi scientifici e tecnologici che poneva la realizzazione di un computer con le caratteristiche del Dynabook, sia per il potenziale impatto che la sua diffusione poteva avere sulla società.

È da ricondurre anche agli stimoli forniti di Alan Kay se alcuni ricercatori dell'Università di Pisa si dedicarono a perseguire queste tematiche di ricerca, partecipando agli sviluppi dei linguaggi a oggetti, delle interfacce grafiche, delle tecnologie di rete, delle architetture di elaboratori, della didattica al computer.

Alcuni degli aforismi di Alan Kay sono diventati leggendari e hanno ispirato moltissimi informatici:

The best way to predict the future is to invent it!

If you are really serious about software, you should build your own hardware.

Queste frasi andrebbero ricordate nelle occasioni in cui si riflette sugli straordinari sviluppi dell'informatica in questi decenni e si discute sulle sue prospettive. Esse infatti esaltano una delle caratteristiche speciali dell'informatica, che offre la possibilità di inventare e realizzare modelli e mondi nuovi, non essendo limitata da vincoli fisici e materiali. L'informatica non smetterà di stupire finché ci saranno persone ricche di immaginazione e desiderose di cimentarsi in sempre nuove sfide.

Oggi, in un mondo globalizzato in cui culture e civiltà diverse si confrontano e i problemi dello sviluppo sono diventati prorompenti, tre priorità emergono nettamente: educare, educare, educare. Anche se può sembrare retorica, aumentare il livello di formazione della popolazioni è la premessa per affrontare altri immani problemi. Ad esempio, riguardo a fenomeni correlati all'educazione, il demografo

Emmanuel Todd ha formulato alcune congetture finora dimostratesi sperimentalmente valide:

- nei paesi dove il livello di istruzione è più elevato, il tasso di natalità diminuisce
- mai due stati democratici con alto grado di libertà e di cultura, sono entrati in guerra tra loro.

Per questo l'impegno di Alan Kay nel creare strumenti per apprendere, scoprire e condividere conoscenze oltrepassa un ambito strettamente scientifico e tecnologico e lo porta ancora una volta a proporci un sogno e una speranza: che persone illuminate dalla conoscenza possano formare comunità pacifiche in cui fioriscano ricchezza, scambi e sapere.

Alan Kay preconizza una formazione libera e aperta, che lasci spazio per diversi punti di vista, per evitare che si trasformi in un privilegio con la formazione di élite o di oligarchie.

Siamo pertanto lieti di onorare Alan Kay e di augurargli che il suo impegno verso i bambini di tutto il mondo e di tutte le età abbia successo.

Lectio Doctoralis

di Alan Kay

La vera rivoluzione del computer non è ancora avvenuta

di Alan Kay

Trentadue anni fa, nel 1975, ebbi la fortuna di essere invitato a Pisa assieme ad altri colleghi americani per celebrare il ventesimo anniversario della nascita dell'informatica in Italia. In quell'occasione presentai un articolo sui nostri primi esperimenti con il *personal computing* allo Xerox PARC. Dopo tanti anni ho smarrito quell'articolo, ma il professor Attardi, che era più organizzato di me, è stato in grado di ritrovare la sua copia e il lavoro è stato ripubblicato oggi in occasione della nostra cerimonia. In questo discorso avrei la tentazione di riprendere in mano quell'articolo ed esaminare quale influenza ha avuto il nostro lavoro di allora. Preferisco però parlare, più che del passato, delle possibilità future. Per questo motivo mi sono limitato a scrivere delle brevi note storiche per fornire un po' di contesto al lavoro del 1975, mentre in questa sede vorrei provare a parlare di alcuni dei doni più importanti, e spesso nascosti, che la diffusione mondiale dei personal computer collegati in rete può portare all'umanità.

Una connessione con il passato è comunque data dal fatto che i ricercatori che inventarono le tecnologie fondamentali per i personal computer, cioè gli schermi a matrice di bit, le finestre sovrapposte, le interfacce a icone e a puntamento, la programmazione orientata agli oggetti, la stampa laser, Ethernet e Internet, furono motivati dai successi e dalle trasformazioni introdotti dalla carta stampata. Per dirla semplicemente, nel XV secolo si pensava alla stampa solo come a un modo più economico per produrre documenti scritti, ma nel XVII secolo le sue peculiarità avevano completamente cambiato il modo in cui le idee importanti venivano concepite, a tal punto che le idee importanti che seguirono e il modo stesso di concepirle non erano nemmeno esistiti quando la stampa fu inventata. Le due idee più importanti furono la scienza e i nuovi modi di organizzare la vita politica (che, in alcuni casi importanti, erano essi stessi estensioni della prospettiva scientifica).

Questi cambiamenti nel pensiero cambiarono anche il significato dell'"alfabetizzazione", perché alfabetizzazione non significa solo saper leggere e scrivere, ma significa anche saper gestire fluentemente le idee abbastanza importanti da essere scritte e discusse. Una delle proprietà speciali della stampa era la sua capacità di replicare fedelmente un testo corretto dall'autore, fatto che consentiva la nascita di una forma molto diversa di argomentazione. Oggi possiamo vedere che nella rivoluzione tipografica l'evoluzione degli argomenti e quella dei *modi* della discussione intellettuale sono profondamente intrecciate. Un modo per guardare alla vera rivoluzione della stampa nei secoli XVII e XVIII consiste nel vedere la co-evoluzione del *che cosa* veniva discusso e del *come* l'argomentazione veniva svolta. Si è presa infatti l'abitudine a parlare sempre di più del modo in cui il mondo reale era costituito, sia fisicamente che psicologicamente, e l'argomentazione veniva svolta sempre di più usando (e inventando) la matematica e cercando di dare al linguaggio naturale forme più logicamente connesse e meno simili alla narrazione di una storia.

Una delle cose che capimmo sui computer negli anni Sessanta è che queste macchine potevano produrre nuove e più potenti forme di argomentazione su molte cose importanti grazie alle simulazioni dinamiche. Cioè, invece di asserire tesi in modo piuttosto arido, come può essere fatto usando prosa ed equazioni matematiche, il computer poteva sviluppare le implicazioni di una tesi per far capire meglio se la tesi stessa costituiva o meno un modello valido della realtà. Comprendemmo inoltre che, se l'alfabetizzazione del futuro avesse potuto includere la scrittura di questi nuovi tipi di tesi e non solo la loro fruizione (lettura), allora avremmo ottenuto l'invenzione più importante che ci fosse stata dopo quella della stampa: qualcosa che molto probabilmente avrebbe potuto cambiare in meglio il pensiero umano.

È proprio il caso di dire che avevamo delle aspirazioni ambiziose! Dall'invenzione della stampa ai grandi cambiamenti del XVII secolo dovettero passare centocinquant'anni e questo significa che nel complesso della società la rivoluzione avvenne perché i bambini gradualmente crebbero con la prospettiva di essere in grado di pensare, discutere, apprendere e comunicare con parole scritte incisivamente in forme sempre più connesse. Le nostre idee in proposito presero forma dopo l'incontro, avvenuto nel 1968, con Seymour Papert, un matematico che aveva tra l'altro inventato il linguaggio di programmazione per bambini LOGO e che iniziava a mostrare che certe forme di matematica avanzata, presentate su un computer in forma dinamica, si adattavano perfettamente al modo in cui i bambini potevano pensare.

Come McLuhan aveva osservato negli anni Cinquanta, quando un nuovo mezzo di comunicazione arriva sulla scena esso viene dapprima rifiutato in quanto "troppo strano e diverso", ma poi spesso viene gradualmente accettato se può includere i vecchi consueti contenuti. Anni (perfino secoli) più tardi, se le proprietà nascoste del mezzo di comunicazione causano cambiamenti nel modo di pensare della gente, arriva la grossa sorpresa ed esso si rivela come un lupo nei panni di una pecora. Questi cambiamenti sono a volte benefici (io penso che la carta stampata sia stato un caso del genere, anche se la Chiesa Cattolica probabilmente non sarebbe d'accordo) e a volte no (io penso che la televisione sia un disastro, anche se molti esperti di marketing non sarebbero d'accordo).

Dunque, all'epoca avevamo intuito che la capacità del computer di imitare altri media (e di farlo a basso costo, grazie alla legge di Moore⁵) lo avrebbe aiutato a consolidarsi nella società e al tempo stesso che questo avrebbe anche reso difficile per la maggior parte delle persone capire di che cosa si trattava in realtà. Il nostro pensiero era: ma se riusciamo a fare in modo che i bambini imparino *davvero*, allora in poche generazioni avverrà un enorme cambiamento. Trentadue anni più tardi le tecnologie che la nostra comunità di ricerca ha inventato sono oggetto di uso generale da parte di oltre un miliardo di persone e abbiamo gradualmente imparato come insegnare davvero ai bambini. Ma sembra che la vera rivoluzione impiegherà più tempo di quanto il nostro ottimismo suggeriva, in gran parte perché gli interessi commerciali ed educativi nei vecchi media e modi di pensare hanno congelato il personal computing sostanzialmente al livello in cui "imita" carta, registrazioni, film e TV.

Nel frattempo, quello che i computer possono davvero fare – sia in termini di simulazione che di argomentazione – è stato compreso dalle discipline scientifiche, matematiche, dell'ingegneria e del design. Coloro che sono interessati alle visioni di Papert per cambiare in meglio la natura del pensiero dei bambini, per aiutarli ad apprendere "idee potenti" costruendole effettivamente, hanno fatto molti progressi negli ultimi tre decenni. Adesso c'è molto da dire, mostrare e insegnare su "ciò che i bambini possono fare".

È una vergogna che i produttori di computer – sia hardware che software – non abbiano creato nessun amplificatore intellettuale commerciale per i bambini. Tutte le macchine e strumenti software sono principalmente rivolti al mondo del lavoro e, marginalmente, all'utenza domestica. Questo mostra una grossolana e disastrosa ignoranza dei bisogni del mondo. Sono le nuove idee e i nuovi modi di pensare ciò di cui i bambini del mondo hanno bisogno, e un computer per bambini è necessario per il fatto che questo è adesso il modo migliore per apprendere queste nuove idee... ed è anche molto meno costoso della carta per i libri e di altri media conversazionali.

Due anni fa, diversi membri della comunità di ricerca che inventò il personal computing negli anni Sessanta decisero di creare un personal computer laptop estremamente economico – un Dynabook – per tutti i bambini del mondo. Questa iniziativa – chiamata One Laptop Per

Child – fu iniziata da Nicholas Negroponte e coinvolge ricercatori vecchi e nuovi, incluso Seymour Papert, il nostro istituto di ricerca e molti altri progettisti interessati e dedicati, tutti motivati a superare gli enormi ostacoli creati dagli interessi commerciali.

Questa comunità è sempre stata disposta a progettare e costruire tutto quanto necessario, senza chiedersi se i produttori hanno già strumenti e materiali adeguati. Il minicomputer Alto dello Xerox PARC è un buon esempio di questo atteggiamento. Tutto l'hardware e tutto il software furono fatti al PARC e lì fu creata anche una piccola catena di montaggio che costruì in totale circa 2000 di questi primi personal computer moderni. Oggi la maggior parte dei laptop è costruita a Taiwan o in Cina, e prodotti di marche diverse (come HP, Dell, Sony e Macintosh) possono essere in realtà realizzati dalla stessa fabbrica. Pertanto, se vuoi costruire il tuo laptop, non hai che da mettere insieme un progetto, raccogliere ordini per circa un milione di esemplari e salire su un aereo per Taiwan! L'obiettivo di OLPC è creare una macchina estremamente economica che possa fornire funzionalità complete; per questo è interessante vedere come è allocato il denaro che noi spendiamo per i nostri laptop.

Per esempio, circa il 50% del prezzo di un laptop standard finisce nel canale di vendita, nel marketing, nella distribuzione e nei profitti. OLPC invece è *non-profit* e vende direttamente alle nazioni. Un altro 25% del prezzo di un laptop è dovuto al software commerciale, in buona parte fornito da Microsoft. Ma oggi esiste una comunità mondiale del software aperto e libero che realizza prodotti paragonabili da molti punti di vista a quelli tradizionali, specialmente nel settore del web e dell'educazione. A questo punto, i componenti



più costosi tra quelli rimasti sono l'unità a disco e il display. Ma la memoria Flash usata nelle macchine fotografiche e nei *memory stick* può essere meno costosa del disco meno costoso (ed è molto più robusta, perché è a stato solido). Il display invece è un problema speciale, perché il costo non è il solo aspetto da considerare. Un display per il terzo mondo deve richiedere poca energia ed essere visibile alla luce diretta del sole, con la retro-illuminazione spenta. La ricercatrice Mary Lou Jepson di OLPC ha risolto brillantemente il problema inventando un nuovo tipo di display a schermo piatto che ha una risoluzione più alta (200 pixel per pollice), un consumo pari a 1/7 e un costo pari a 1/3 rispetto ai prodotti tradizionali.

Il risultato è un computer che adesso costa 170 dollari, può contenere centinaia di libri (molti dei quali dinamici) a un costo di circa 20 centesimi a libro, e gestisce un reticolo automatico di interconnessioni con altri laptop. Questo computer è stato inizialmente sbeffeggiato dai produttori di hardware e di software, ma adesso loro stessi hanno cominciato a fare offerte simili (per esempio, Intel adesso ha un "laptop da 400 dollari" e Microsoft ha recentemente annunciato che venderà il proprio software al terzo mondo per pochi dollari). Sarebbe bello dire che i produttori hanno visto la luce, ma è più probabile che si sentano semplicemente minacciati e stiano rispondendo.

Uno dei vantaggi di lavorare con un'organizzazione non-profit è che via via che il costo dei materiali si riduce e la produzione è resa meno costosa, tutto il risparmio in costi viene semplicemente trasferito ai bambini. Inoltre, la prima fase del progetto si sta svolgendo in poco più di due anni e quindi molte delle specializzazioni che potrebbero essere fatte verranno spostate alla fase successiva. Sarebbe del tutto possibile costruire un laptop da 50 dollari o anche meno se tutte le tecnologie disponibili e tecniche di produzione fossero messe a frutto.

Naturalmente, la parte hardware è solo una piccola parte del progetto complessivo – anche se costruire un “laptop da 100 dollari” con funzionalità complete è comunque una sfida. Bisogna tener conto anche del software di sistema, degli ambienti autore per l’utente finale, del contenuto educativo, dei vari tipi di packaging e della documentazione e, soprattutto, degli insegnanti necessari per aiutare i bambini ad apprendere le idee potenti.

Tornerò tra pochissimo su questo aspetto critico dell’ecologia dell’educazione. Per adesso, notiamo che per la matematica e le scienze nel primo e secondo mondo la percentuale di insegnanti elementari e genitori che conoscono davvero questi argomenti è troppo piccola per poter aiutare molti bambini a superare la soglia. Nel terzo mondo la percentuale di insegnanti competenti è tanto piccola da essere evanescente.

Questo porta a una *impasse* frustrante. Come dimostrerò tra un minuto, adesso sappiamo come aiutare bambini di 10 e 11 anni a gestire senza problemi potenti forme di analisi e altre capacità matematiche avanzate. Ma nessun bambino ha mai inventato l’analisi matematica! La natura meravigliosa della conoscenza moderna, aiutata dalla scrittura e dalla didattica, è che molte idee che richiedono un genio (nel caso dell’analisi matematica, *due* geni) per essere inventate possono poi essere apprese da una popolazione molto più ampia e con talenti meno specializzati. Ma è molto difficile inventare nel vuoto, anche per un genio. (Immaginate di nascere con un quoziente intellettuale di 500 nel 10.000 a.C. Non succederebbe molto! Nemmeno Leonardo ha potuto inventare un motore per nessuno dei suoi veicoli: era piuttosto intelligente ma visse nell’epoca sbagliata e pertanto *non sapeva abbastanza*.)

Se un bambino ha imparato a leggere, può a volte scavalcare gli adulti – sia a casa che a scuola – andando in biblioteca e imparando attraverso le letture. Ci sono stati molti casi di questo tipo ed è probabile che una grossa parte della rivoluzione della stampa sia avvenuta gradualmente in questo modo. Ma è molto difficile per un bambino imparare a leggere senza l’assistenza (o almeno la cooperazione) di adulti e, di nuovo, riconosciamo come critica l’importanza degli insegnanti. Quando Andrew Carnegie istituì migliaia di biblioteche pubbliche e gratuite negli Stati Uniti, in ognuna di queste venne prevista una stanza speciale *dove i bibliotecari insegnavano a leggere* a chiunque volesse imparare!

Naturalmente, i bambini possono apprendere molte cose senza un mentore speciale, sperimentando e condividendo conoscenza tra loro. Ma non conosciamo casi in cui questo abbia portato a grandi invenzioni come la matematica deduttiva e le scienze empiriche basate sulla matematica. Per usare un’analogia: che cosa succederebbe se costruiamo un pianoforte economico e lo mettessimo in ogni classe? I bambini certamente imparerebbero da soli a farci qualcosa – e questo *qualcosa* potrebbe essere divertente, potrebbe avere degli aspetti realmente espressivi, sarebbe certamente un tipo di musica. Ma mancherebbe completamente ciò che è stato inventato nella musica nei secoli dai grandi musicisti. Questo sarebbe un *peccato* nel caso della musica – *ma per la scienza e la matematica sarebbe un disastro*. I processi speciali e la prospettiva di queste discipline (specialmente della scienza) sono talmente critici e nascosti che se non si è esposti al loro insegnamento come “abilità che consentono l’arte” si è come invalidi. Come ha sottolineato Ed Wilson, il nostro patrimonio genetico per interessi sociali, motivazioni, comunicazione e invenzione è essenzialmente quello che era per gli uomini del Pleistocene. Molto di quello che chiamiamo civilizzazione moderna è costituito da invenzioni come l’agricoltura, la scrittura e la lettura, la matematica e la scienza, il governo basato sull’uguaglianza dei diritti, ecc. Queste cose furono difficili da inventare e si apprendono meglio se qualcuno ci guida.

Pertanto, dobbiamo semplicemente trovare modi di risolvere il problema del mentore, non solo per il terzo mondo, ma anche per il primo e il secondo. Possiamo facilmente costruire

cinque milioni di laptop OLPC quest'autunno, ma nessuna somma di denaro ci permetterebbe di produrre per la stessa scadenza anche solo mille nuovi insegnanti con la conoscenza e le abilità richieste (in parte perché agli esseri umani sono necessari anni per apprendere e mettere in pratica quello che hanno bisogno di sapere). Questa è una delle ragioni per cui l'educazione rallenta così tanto la scienza, la tecnologia e gli altri progressi nelle idee.

Qualche volta è strabiliante vedere quello che bambini anche molto piccoli sono in grado di fare quando sono in un ambiente adatto all'apprendimento. I principi più importanti da questo punto di vista sono di cercare di scoprire che cosa i bambini possono fare, quale rappresentazione delle idee è migliore per loro e quale tipo d'ambiente sociale stimola le loro innate pulsioni a diventare competenti nel mondo in cui vivono.

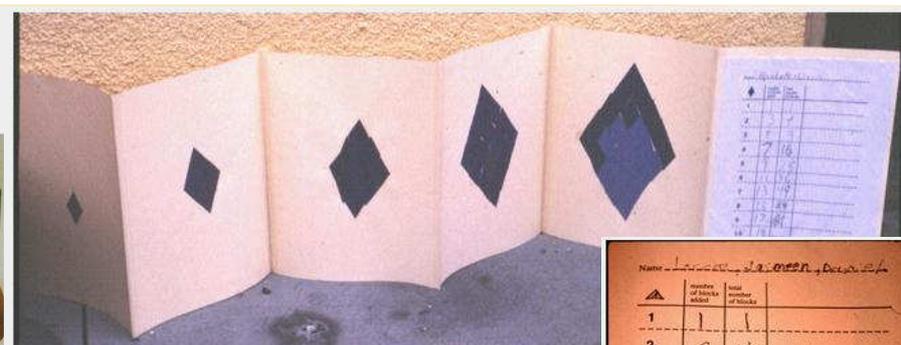
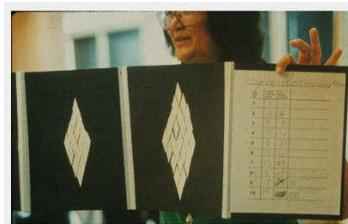
L'insegnante di prima elementare Julia Nishijima, che incontrammo in una delle scuole con cui lavoravamo 15 anni fa, aveva l'insolita caratteristica di essere un matematico naturale. Non credo che avesse studiato formalmente la matematica o che avesse mai seguito un corso di analisi. Ma era come un musicista jazz di talento che non ha mai preso delle lezioni: capiva la musica della matematica. Aveva una naturale prospettiva matematica sul mondo.

Uno dei progetti più interessanti che vedemmo nella sua classe partiva dal far scegliere a ogni bambino la figura geometrica che preferiva; l'idea era, usando solo quelle figure, di costruire figure immediatamente più grandi che avessero la stessa forma.

Le figure disponibili erano rombi, quadrati, triangoli e trapezi.



Julia poi faceva in modo che i suoi studenti riflettessero sulle loro creazioni. Trattava la matematica come un sistema per fare in modo che i bambini creassero strutture con proprietà matematiche interessanti e poi le analizzassero. Lauren, 7 anni, notò che era necessario un pezzo per costruire la prima figura; il numero totale di pezzi era uno. Servivano tre pezzi in più per costruire la forma successiva e il numero totale di pezzi diventava quattro.



E per la successiva servivano cinque pezzi in più. Così molto presto Lauren comprese: “Ah sì, questi sono i numeri dispari; basta aggiungere due per ottenere i pezzi necessari a fare la figura successiva”. Inoltre, la somma dei pezzi dava la sequenza dei quadrati dei numeri interi, almeno fino al “sei per sei” (Lauren non era tanto sicura del sette per sette).

Insomma, Lauren aveva scoperto due progressioni molto interessanti che tutti i matematici e gli scienziati tra il pubblico riconosceranno.

Poi l’insegnante fece in modo che tutti i bambini mettessero i loro progetti sul pavimento della classe in modo che tutti potessero vederli e i bambini rimasero stupefatti perché tutte le progressioni erano esattamente uguali!

Ogni bambino aveva riempito una tabella che era come quella di Lauren e questo significava che la legge di crescita per tutti i progetti era esattamente la stessa; i bambini avevano scoperto una importante generalizzazione riguardo alla crescita.

Name = Lauren, Daniela

	number of blocks added	total number of blocks
1	1	1
2	3	4
3	5	9
4	7	16
5	9	25
6	11	36
7	13	49
8	15	64
9	17	81
10	19	100



Name = Lauren, Daniela

	number of blocks added	total number of blocks
1	1	1
2	3	4
3	5	9
4	7	16
5	9	25
6	11	36
7	13	49
8	15	64
9	17	81
10	19	100

I matematici e gli scienziati che stanno leggendo riconosceranno che i numeri dispari sono prodotti come un rapporto differenziale del prim’ordine, che produce una progressione graduale e uniforme – nella matematica del computer che usiamo, questo è espresso con *fare più e più volte* e con *aumenta-di*:

Fare più e più volte: *Dispari aumenta-di 2*

E il numero totale di pezzi è prodotto da un rapporto differenziale del second'ordine (perché usa i risultati di un rapporto del prim'ordine):

Fare più e più volte: Totali aumenta-di Dispari

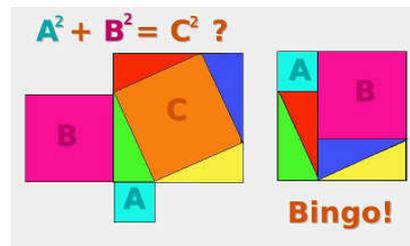
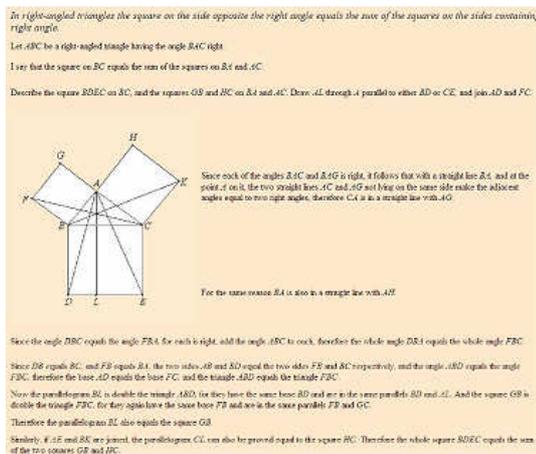
L'idea di *aumenta-di* è facile per chiunque, perché è solo mettere cose (cioè aggiungere cose) in una pila di cose.

In fin dei conti, la matematica è una “riflessione attenta su come la rappresentazione delle idee ha implicazioni su altre rappresentazioni di idee” e il processo più importante nell'aiutare qualcuno a compiere ragionamenti matematici consiste nel metterlo in molte situazioni in cui possa pensare in un modo più attento. In questo caso, i bambini furono in grado di trovare un buon modo di pensare a due generi di crescita e cambiamento. “Aumenta-di” è un'idea molto potente perché molti cambiamenti nel mondo fisico possono essere modellati da uno o due “aumenta-di” ed è una rappresentazione che i bambini sono in grado di capire immediatamente.

Ora, quale sarebbe una buona rappresentazione per aiutare i bambini a pensare al teorema di Pitagora?

Sotto a sinistra c'è la dimostrazione di Euclide, così come viene presentata agli studenti di geometria a livello di scuola superiore. È elegante e sottile, getta luce su altre aree della geometria, ma non è la dimostrazione più adatta per la maggior parte dei bambini.

Sotto a destra c'è un tipo di dimostrazione molto diversa: forse proprio quella originale di Pitagora. Abbiamo visto molti bambini di scuola elementare trovare da soli questa dimostrazione giocando con forme triangolari e quadrate. Mostra la disposizione, circonda il quadrato C con altri 3 triangoli per fare un quadrato più grande, copia il quadrato più grande, toglie il quadrato C, ruota i due triangoli, osserva che c'è spazio per i quadrati A e B, spostali, e, tombola! Questa dimostrazione ha un carattere viscerale, una potente semplicità che è perfetta per le menti dei principianti e fornisce un solido fondamento per successive visioni più astratte e sottili dell'idea.



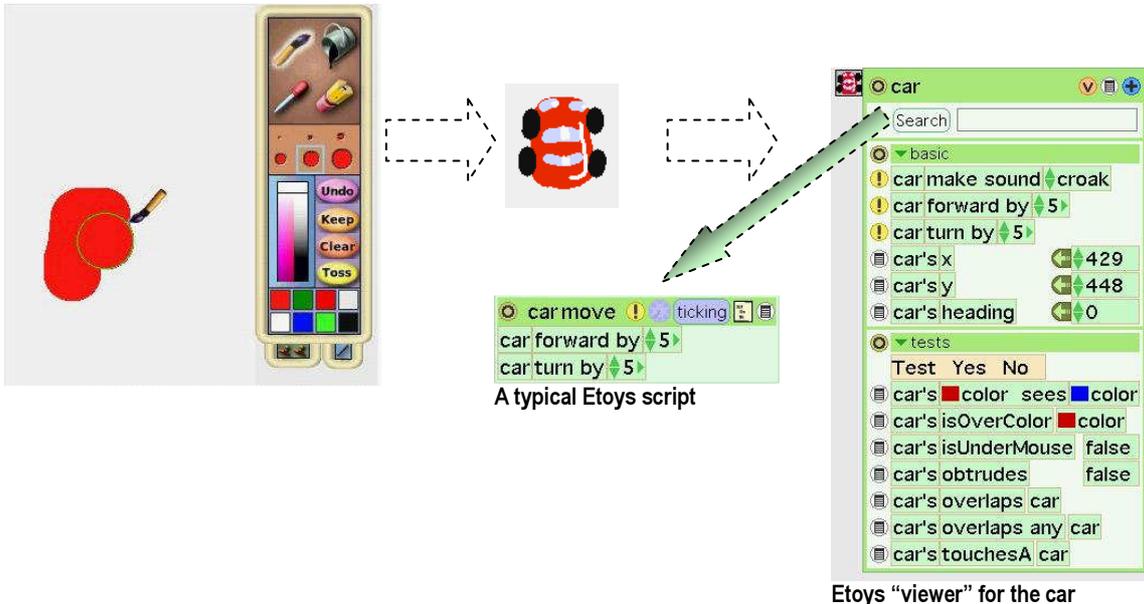
This?

Or This?

Una regola semplice qui è quella di trovare idee e rappresentazioni che consentano “ai principianti di agire ad un livello intermedio”, consentano cioè agli apprendisti di compiere immediatamente l'attività in qualche forma reale.

Il modo in cui l'analisi matematica guarda ad alcune idee è così potente e così importante che vogliamo che i bambini imparino a pensare in questo modo molto prima di quanto fanno di solito. Così abbiamo creato una forma di analisi che può essere concepita da menti giovani e che il computer fa vivere in molti modi dilettevoli.

Un progetto molto amato dai bambini di nove, dieci e undici anni in tutto il mondo consiste nel progettare e realizzare una macchina che vorrebbero imparare a guidare. Come prima cosa, questi bambini disegnano la loro macchina (e spesso ci mettono grosse ruote da fuoristrada come queste).

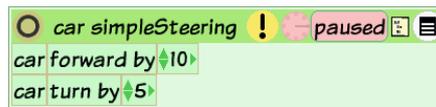


Per adesso è soltanto un disegno. Ma poi i bambini possono guardare "dentro" il loro disegno per vederne le proprietà (per esempio dove si trova la macchina e dove è diretta) e comportamento (la capacità di andare avanti nella direzione verso la quale è diretta, o cambiare la direzione girando). Questi comportamenti possono essere estratti e fatti cadere nel "mondo" del programma Etoys per creare uno script – senza bisogno di digitare con la tastiera – che può essere messo in movimento cliccando sull'orologio. Quando lo facciamo, la macchina inizia a muoversi in accordo con lo script.



Se facciamo cadere la penna della macchina nel mondo, disegnerà un percorso (in questo caso un cerchio), e possiamo vedere che questa è la tartaruga del LOGO di Papert mascherata – una tartaruga con un "costume" e modi semplici di visualizzarla, scrivere script e controllarla.

Per guidare la macchina, i bambini scoprono che cambiando il numero che **segue car turn by** cambierà la sua direzione.

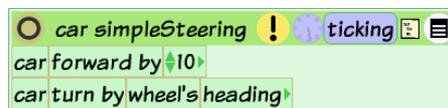


```
car simpleSteering ! paused
car forward by 10
car turn by 5
```

Poi disegnano un volante (esattamente lo stesso tipo di oggetto della macchina, ma con un costume diverso) e vedono che se potessero mettere **steer's heading** subito dopo **car turn by** questo potrebbe consentire al volante di influenzare la macchina.

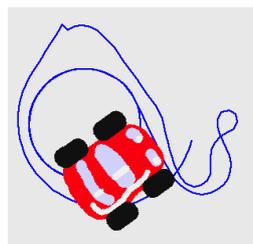


Possono prelevare **steer's heading** (il nome per i numeri relativi alla direzione che il volante emette) e li fanno cadere nello script. Adesso possono far girare la macchina con il volante!



```
car simpleSteering ! ticking
car forward by 10
car turn by wheel's heading
```

I bambini hanno appena scoperto che cos'è una variabile e come funziona. La nostra esperienza indica che imparano il concetto di variabile in maniera profonda solo con questo esempio.



Scoprono poi presto che è difficile controllare la macchina. Hanno bisogno di introdurre un “ingranaggio” nel collegamento tra il volante e la macchina. Possono avere la consulenza di cui hanno bisogno da un insegnante, genitore, amico o da un bambino migliaia di miglia lontano tramite l'interfaccia di consulenza su Internet. Visualizzano l'espressione nello script e dividono i numeri che provengono dal volante per 3. Questo cambio di scala riduce l'influenza dei movimenti del volante. Hanno appena imparato a che cosa servono davvero la divisione (e la moltiplicazione).



```
car steeringWithGears ! normal
car forward by 5
car turn by wheel's heading / 3
```

Una buona parte di quel che si fa è solo azione, pertanto è una buona idea riflettere anche su quello che è appena accaduto. Un modo per riflettere è fare in modo che gli oggetti lascino dei percorsi che mostrino quello che stavano facendo nel tempo.

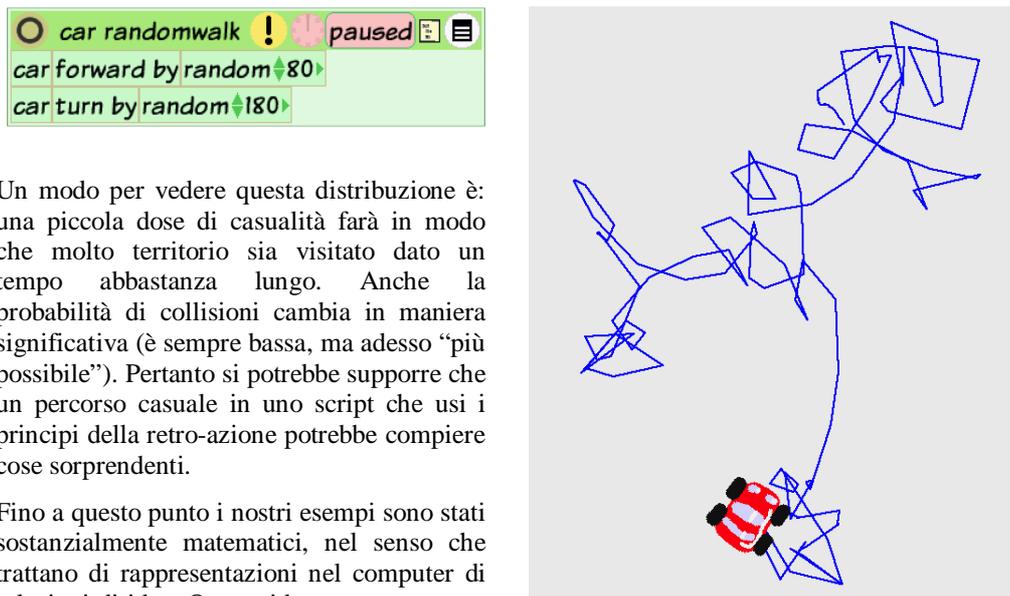
Se la velocità è costante nel tempo i punti del percorso sono uniformemente distanziati, e questo mostra che in ogni intervallo di tempo è stata percorsa una distanza uguale.



Se si aumenta la velocità ad ogni battito dell'orologio, si ottiene un andamento del tipo di quello mostrato nella seconda figura. È lo schema visivo dell'accelerazione uniforme.

Se rendiamo la velocità casuale ad ogni istante (in questo caso tra 0 e 40), otterremo un andamento irregolare delle distanze percorse ad ogni battito.

È divertente provare a utilizzare la casualità in due dimensioni. Qui possiamo far avanzare una macchina casualmente e girarla casualmente. Se mettiamo giù la penna, otteniamo una serie di "camminate da ubriaco".



Un modo per vedere questa distribuzione è: una piccola dose di casualità farà in modo che molto territorio sia visitato dato un tempo abbastanza lungo. Anche la probabilità di collisioni cambia in maniera significativa (è sempre bassa, ma adesso "più possibile"). Pertanto si potrebbe supporre che un percorso casuale in uno script che usi i principi della retro-azione potrebbe compiere cose sorprendenti.

Fino a questo punto i nostri esempi sono stati sostanzialmente matematici, nel senso che trattano di rappresentazioni nel computer di relazioni di idee. Queste idee possono essere simili al mondo reale (i modelli della velocità e dell'accelerazione) o diversi dal mondo reale (la macchina negli esempi della velocità e dell'accelerazione non era sostenuta da niente, ma non è caduta perché nel mondo del computer non c'è "gravità" a meno che noi non la inseriamo nel modello). A volte possiamo inventare una storia che è simile al mondo reale e che porta perfino a una supposizione che funziona. Ma per la maggior parte della storia umana, le supposizioni sul mondo fisico sono state molto lontane dal vero.

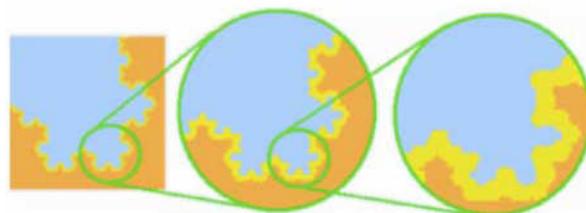
Le scienze fisiche iniziarono ad essere una cosa seria quando si iniziò a fare osservazioni e misure precise del mondo, prima per costruire mappe accurate per la navigazione, esplorazione e commercio e poi per osservare più da vicino un numero crescente di fenomeni con strumenti e tecniche migliori.

Un altro buon esempio di "alta-osservazione basso-costo" è il progetto della misurazione della circonferenza della ruota della bicicletta per i bambini della quinta elementare. Molta della ricchezza filosofica nella scienza si può trovare in questa attività di osservazione. Gli

studenti usavano materiali diversi e ottenevano risposte diverse ma erano sicuri che ci fosse una risposta esatta in centimetri (in parte per il fatto che la scuola richiede loro di ottenere risposte esatte piuttosto che risposte reali).

	String	155 -159 cm
	Yarn	157-162 cm
	Roll on Ruler	156-159 cm
	Roll on Floor	153-164 cm
	Cm cubes	157 cm
	Manufacturer	159.6 ±1mm

What is the circumference of a bike tire?



What is the length of a shore line?

Anche uno degli insegnanti la pensava così, perché sul lato del copertone era riportata l'indicazione di diametro: 20 pollici. L'insegnante "sapeva" che la circonferenza è π greco per il diametro, che "pi greco è 3,14" e che "pollici moltiplicato per 2,54 converte in 'centimetri' ", ecc. e fece le moltiplicazioni per ottenere la "circonferenza esatta" della ruota = 159,512 cm. A quel punto suggerimmo che i bambini misurassero il diametro e il risultato fu che in effetti esso era più vicino a 19 pollici e $\frac{3}{4}$ (la ruota era sgonfia)! Questo fu uno shock, poiché erano stati abituati a credere a quasi tutto ciò che è scritto e l'idea di fare una verifica indipendente non era venuta in mente a nessuno.

Questo portò all'idea di gonfiare con pressioni diverse, ecc. Ma ancora quasi tutti pensavano che ci fosse una circonferenza esatta. Allora uno di noi contattò il produttore (che si trovava in Corea) e ci furono molti interessanti e divertenti scambi di posta elettronica finché non fu trovato un ingegnere che rispose: "In effetti non conosciamo la circonferenza o il diametro di questi copertoni. Li estrudiamo e li tagliamo a una lunghezza di 159.6 cm \pm 1 millimetro di tolleranza!"

Questo fu un vero shock. I bambini rimasero impressionati – nemmeno il produttore conosce il diametro o la circonferenza! – e questo li spinse a elaborare pensieri ancora più potenti. Forse non si possono misurare le cose esattamente. Non ci sono gli "atomi" lì dentro? Non si agitano? Gli atomi non sono fatti di roba che si agita? E così via. L'analogia con il problema di "quanto lunga è una costa" è buona: la risposta dipende in parte dalla scala e dalla tolleranza della misura. Come hanno mostrato Mandelbrot ed altri studiosi di frattali, la lunghezza di una costa matematica può essere infinita; la fisica poi ci mostra che la misura fisica potrebbe essere "quasi" altrettanto lunga (cioè molto lunga).

Ci sono molti modi di utilizzare la potente idea di "tolleranza". Per esempio quando i bambini fanno il loro progetto sulla gravità e si creano un modello di ciò che la gravità produce sugli oggetti vicino alla superficie della terra (vedi il prossimo progetto), è molto importante che si rendano conto che la precisione delle loro misure è limitata dalla dimensione dei pixel sullo schermo del computer e che possono anche fare dei piccoli errori. Prendere totalmente alla lettera le misurazioni può impedire di comprendere che il fenomeno studiato è una accelerazione uniforme. Pertanto, ci dev'essere una tolleranza per i piccoli errori. D'altra parte i bambini devono essere molto vigili riguardo alle discrepanze che sono al di fuori della scala dei tipici errori di misurazione. Storicamente, per Galileo fu importante non essere in grado di misurare in maniera veramente accurata il modo in cui le palle

rotolavano sul piano inclinato e per Newton non sapere che cosa realmente fa l'orbita di Mercurio se guardata da vicino.

I bambini scoprono, misurano e modellano matematicamente la gravità galileana

Un bell'esempio di "scienza reale" per undicenni consiste nell'esaminare che cosa accade quando si lasciano cadere oggetti di pesi diversi.

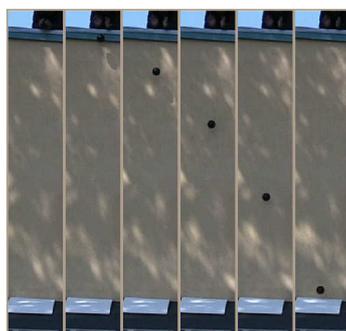
All'inizio, i bambini pensano che l'oggetto più pesante cadrà più velocemente. E pensano che un cronometro dirà loro che cosa succede.

Ma è difficile stabilire quando il peso viene mollato, ed esattamente quando colpisce il suolo.

In ogni classe, si trova normalmente un "bambino Galileo". In questa classe fu una bambina che si rese conto che in realtà non abbiamo bisogno di cronometri: basta lasciar cadere l'oggetto pesante e quello leggero e vedere se colpiscono terra nello stesso momento. Questo era la stessa idea che ebbe Galileo quattro secoli fa, e che apparentemente non era venuta a nessun adulto (nemmeno i più intelligenti tra i Greci) negli ottantamila anni precedenti 80.000!

Per capire i dettagli dell'azione gravitazionale vicino alla superficie della Terra possiamo poi usare una telecamera per catturare i movimenti del peso in caduta.

Con questo strumento possiamo seguire la posizione della palla fotogramma per fotogramma, a distanza di un trentesimo di secondo. Per facilitare l'operazione possiamo estrarre un fotogramma su cinque e metterli uno a fianco all'altro:



Dropping objects



The "Galileo Girl" explains a simple way to see if different weights fall at the same or different speeds.

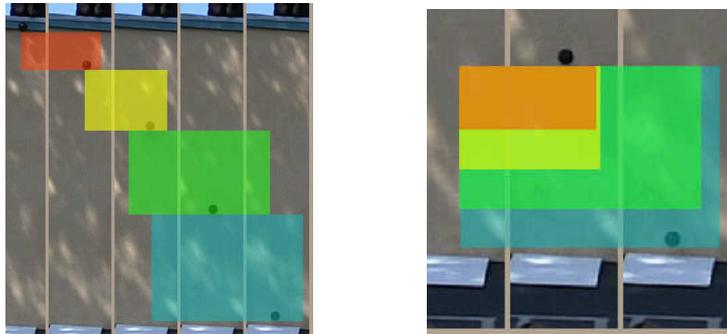


The stacked up frames that reveal the acceleration pattern

Possiamo poi prendere tutti i fotogrammi selezionati, togliere le parti non essenziali e sovrapporli. Quando i bambini lo fanno, molti di loro dicono immediatamente: "Accelerazione!" Riconoscono che lo schema di spaziatura verticale che emerge è uguale a quello orizzontale con cui hanno giocato usando le loro automobili diversi mesi prima.

Ma di che tipo di accelerazione si tratta? Per saperlo, dobbiamo prendere delle misure.

Alcuni bambini misureranno direttamente sui fotogrammi affiancati, mentre altri preferiranno misurare sui fotogrammi sovrapposti. I rettangoli traslucidi aiutano perché permettono di individuare meglio la parte inferiore delle palle. L'altezza di ogni rettangolo misura la velocità della palla in quel momento (la velocità è la distanza percorsa in una unità di tempo, in questo caso circa 1/5 di secondo).



Quando sovrapponiamo i rettangoli possiamo vedere che la differenza in velocità è rappresentata dalle piccole strisce che sono esposte e l'altezza di ognuna di queste strisce appare la stessa!

Queste misure rivelano che l'accelerazione appare sostanzialmente costante. I bambini avevano fatto uno script simile per le loro automobili mesi prima, e si rendono conto molto in fretta che siccome la palla si muove in verticale devono scrivere lo script in modo che sia la velocità verticale ad aumentare e la posizione verticale y ciò che deve essere cambiato. A questo punto dipingono una piccola forma rotonda per simulare la palla e scrivono lo script:

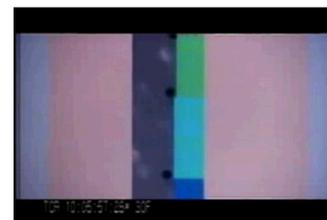


Ora, come si fa a mostrare che questo è un buon modello dei comportamenti osservati? Tyrone, un ragazzino di undici anni, decise di fare quello che aveva già fatto con la sua macchina: lasciare tracce puntiformi per mostrare che il percorso della sua palla simulata seguiva esattamente le stesse posizioni della palla reale nel video.

Ecco in che modo Tyrone ha spiegato il suo procedimento e il modo in cui c'è arrivato:

Per essere sicuro di fare le cose per bene, ho preso una lente per controllare se era tutto corretto – se la dimensione era proprio giusta.

Dopo aver fatto questo, sono andato a cliccare sul piccolo bottone delle categorie di base e poi è venuto fuori un piccolo menù e una delle categorie era Geometria, così ci ho cliccato sopra.

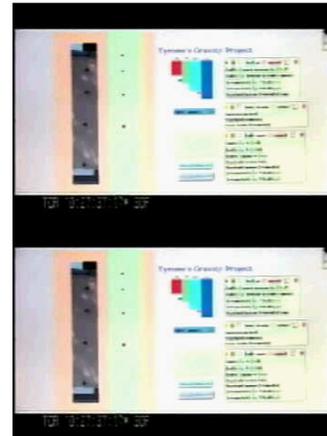


E qui ci sono molte cose che hanno a che fare con la dimensione e la forma dei rettangoli. Così ho visto qual è l'altezza ... Ho continuato con il processo finché non li ho allineati tutti con la loro altezza.

Ho sottratto l'altezza di quello più piccolo dall'altezza di quello più grande per vedere se c'era una specie di regolarità da qualche parte che poteva aiutarmi. Ed era proprio così: a questo punto, per mostrare che funzionava, ho deciso di fare – di lasciare – dei punti come tracce (in modo da mostrare che la palla andava alla stessa esatta velocità. E accelerazione.)

Un lavoro di indagine piuttosto bello da parte di un undicenne!

Negli Stati Uniti, circa il 70% dei ragazzi del college a cui viene insegnato come funziona la gravità vicino alla superficie della Terra non la capiscono. Non perché i ragazzi del college siano più stupidi dei bambini di quinta elementare; perché il contesto e l'approccio matematico che vengono forniti alla maggior parte di loro per imparare queste idee non sono adatti al modo in cui loro possono pensare. Noi abbiamo scoperto che più del 90% dei bambini di quinta è in grado di capire questi concetti usando questo contesto e rappresentazioni migliori per il cambiamento.



Quando i bambini hanno “catturato la gravità”, possono usarla per esplorare altre situazioni fisiche e per costruire giochi. Se la palla viene ridisegnata come astronave, e si crea una luna per atterrarci sopra, è piuttosto facile per un dodicenne (e per la maggior parte degli undicenni) realizzare il classico gioco “Lunar Lander”. Lo script per la gravità è standard e accelera la nave verso il basso fino a farla schiantare sulla luna. I bambini possono aggiungere uno script per far controllare dal joystick il motore del razzo, per accelerare la nave verso l'alto. Notate che in entrambi i casi il valore di *ySpeed* viene aumentato, in una direzione o nell'altra.

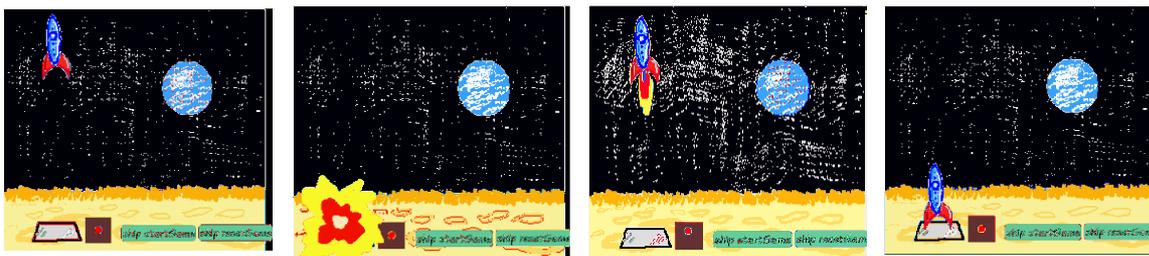
I bambini in questo caso hanno poi fatto degli abbellimenti: uno schianto se l'astronave tocca la luna con la velocità verso il basso troppo alta, una fiamma che compare quando il razzo dell'astronave è acceso.

```

○ ship gravity ! normal
ship's ySpeed increase by -2
ship's y increase by ship's ySpeed
  
```

```

○ ship motor ! paused
ship's ySpeed increase by Joystick's upDown
  
```

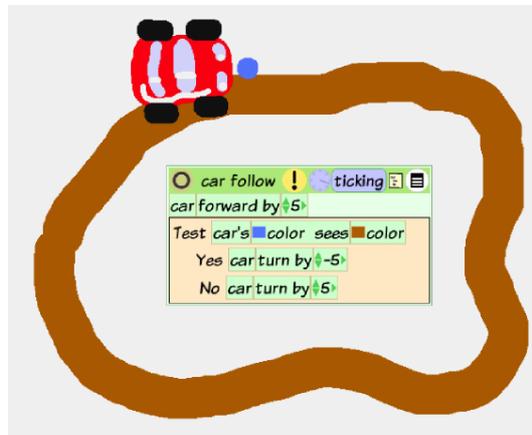


Molti fenomeni fisici possono essere modellati dai bambini usando “aumenta-di”. Per esempio: inerzia, orbite, molle, ecc. Ma diamo un'occhiata a un'altra idea potente: una che consente di fare progressi senza avere informazioni sufficienti a fare un piano completo.

A volte abbiamo informazioni sufficienti a fare un piano affidabile. Ma molte delle volte le cose non vanno proprio come ci si aspetta (anche con i nostri piani “affidabili”) e si è costretti a trovare nuove informazioni, fare correzioni, a volte nuovi piani. Tutti gli animali e gli altri meccanismi hanno abilità limitate nel raccogliere informazioni e molto poca capacità di estrapolare il futuro. Per esempio i batteri più semplici possono essere feriti o uccisi dalla troppa (o troppo poca) acidità. I batteri hanno quindi evoluto macchine molecolari che li aiutano a scoprire quando sostanze pericolose iniziano a danneggiarli; quelli che nuotano, per esempio, in caso di problemi cambiano radicalmente (e casualmente) la direzione in cui stanno nuotando. Se le cose sono “buone” non fuggono, se sono cattive ricominciano la fuga.

Questa strategia generale di percepire “buono” e “cattivo” e fare qualcosa che possa migliorare le cose è diffusissima in biologia e adesso la ritroviamo anche in molte delle macchine meccaniche ed elettriche costruite dagli umani. Una sfida che i bambini trovano molto divertente è quella di farsi bendare e fare il giro di uno degli edifici della loro scuola basandosi solo sul tatto. La strategia più semplice è anche molto funzionale: segui il muro e, se lo perdi, svolta sempre nella stessa direzione.

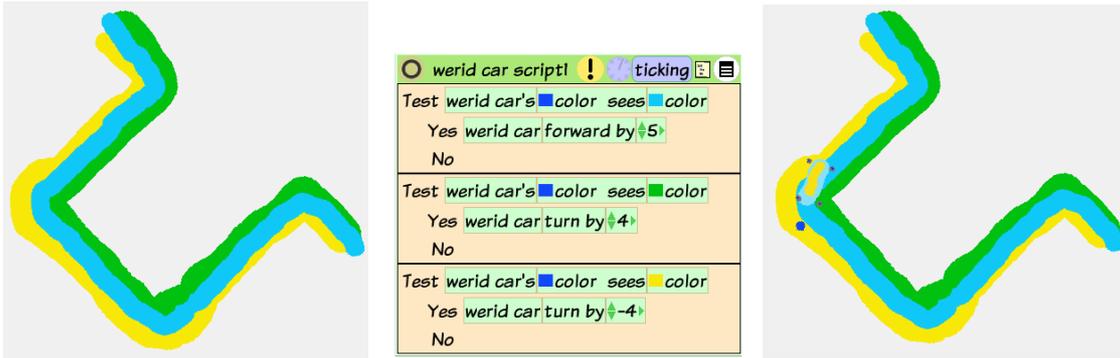
Possiamo fare in modo che le nostre macchine facciano lo stesso usando un colore diverso per il “sensore di tatto” e scrivendo uno script come questo:



Poi sfidiamo i bambini a creare una macchina e una strada che porti la macchina a marciare al centro della strada piuttosto che su uno dei lati. È un problema che può essere risolto in molti modi. Eccone uno carino, trovato da due ragazze undicenni che lavoravano bene insieme.

Le ragazze hanno capito che se rendevano i marciapiedi della strada di due colori diversi erano possibili solo tre casi: il sensore è nel centro o su uno dei due lati. La loro macchina, strada e script sono di questo tipo:





Questo script è migliore di quello che avevamo mostrato loro. Le ragazze hanno deciso che la loro macchina robot potesse andare avanti solo quando sta nel mezzo. Questo significa che può negoziare ogni svolta in maniera sicura (la macchina mostrata nel primo esempio non può sempre farlo perché le sue svolte hanno un raggio costante di 5).

Adesso modelliamo il tipico comportamento degli animali che seguono segnali chimici nell'ambiente essendo in grado di percepire la concentrazione relativa della sostanza e di ricordare l'odore e concentrazione del passato abbastanza bene da decidere se continuare a procedere o seguire un percorso diverso.

Sceghieremo un salmone che nuota contro corrente per depositare le sue uova nella stessa parte del fiume in cui è nato.

Nel nostro modello eviteremo i drammatici salti indietro su per le cascate e ci concentreremo su come il salmone potrebbe essere capace di guidare sé stesso annusando una sostanza chimica proveniente dal terreno in cui sono state depositate le uova ed essendo capace di ricordare solo la concentrazione dell'ultima annusata.



Per modellare l'acqua contenente la sostanza chimica useremo un gradiente di colore, in cui più il colore è scuro più concentrata è la sostanza. Etoys ci lascia percepire non solo il colore sotto un oggetto ma anche la sua brillantezza. Così, per questa simulazione una minore brillantezza significa "avvicinarsi".



```

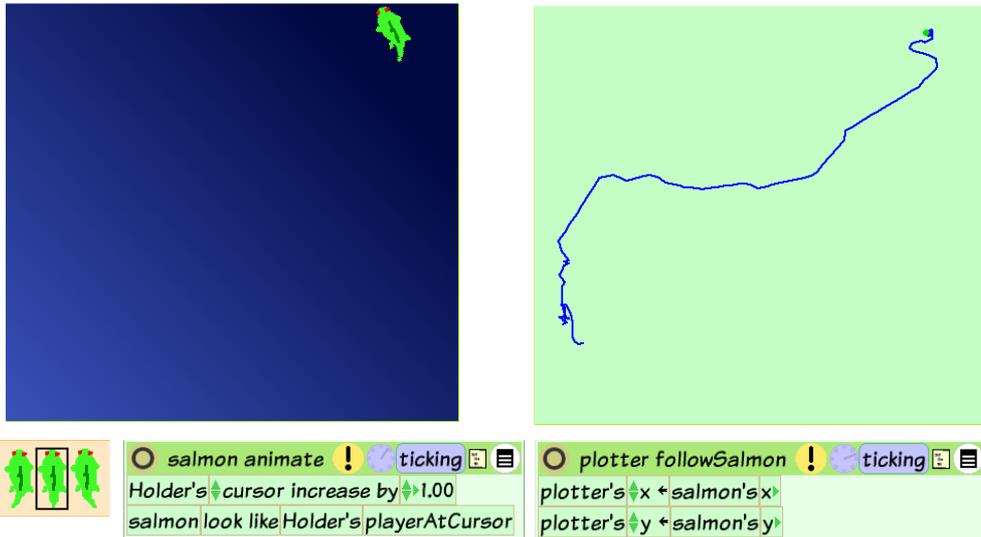
salmon sniffDarker ! paused
salmon forward by 5
Test salmon's lastSeen > salmon's brightnessUnder
Yes
No salmon turn by random 90
   salmon turn by random -90
salmon's lastSeen ← salmon's brightnessUnder

```

This is the classic strategy used in most animals from bacteria on up to make progress with incomplete information from the environment.

- 1: keep moving
- 2: if things aren't better, do something random
- 3: remember last information from environment.

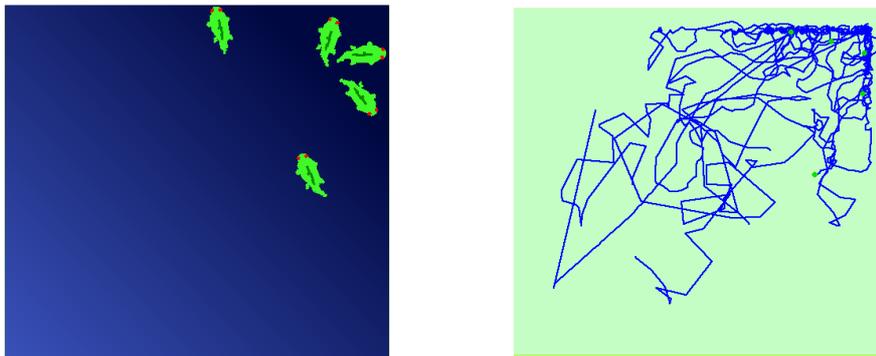
Sotto vediamo che il salmone ha trovato con successo l'angolo più scuro e sulla destra vediamo il percorso effettuato. Lo script per il percorso è una "tartaruga" che segue la posizione del salmone e che traccia una scia su un campo di gioco diverso. Il contenitore e lo script alla base del "fiume" animano il corpo del salmone e lo inducono a dimenarsi come un



pesce.

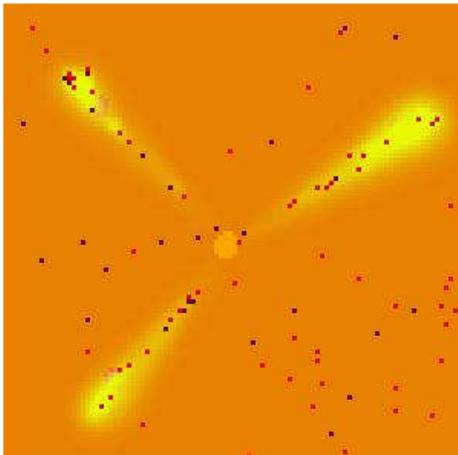
Questo semplice schema di "prova qualcosa, verifica, continua a farlo se è OK, altrimenti fai qualcosa a caso" si trova nella maggior parte delle creature viventi, dai batteri in su, e una specie di astrazione di questo meccanismo fa funzionare l'evoluzione.

Sebbene ogni fenomeno del mondo abbia tratti unici, la maggior parte delle cose si capiscono meglio se si pensa ad esse come membri di specie che condividono la maggior parte delle loro proprietà e comportamenti. Dato che i computer sono molti bravi a copiare oggetti velocemente ed economicamente, possiamo usare questa caratteristica per trasformare il modello di un individuo in uno che ha molti attori. Per esempio possiamo introdurre quanti salmoni vogliamo nel nostro modello. Questo significa che possiamo modellare ecologie di popolazioni, oltre che di individui.



Le formiche sono un ottimo esempio di animale che può essere studiato e modellato dai bambini. Esse usano la loro abilità di percepire e seguire gradienti per comunicare tra di loro depositando scie di odore che usano per marcare i percorsi e aiutare le altre formiche a

trovare “cose interessanti” (di solito cibo). Le formiche animali sociali e spesso si comportano come un organismo più grande le cui “cellule” possono percepire, pensare e fare indipendentemente.



Massively Parallel Particle System can handle tens of thousands of moving and background particles. This is a simulation of ants gathering food, and leaving a diffusing trail of pheromones to guide other ants.

```

○ ant oneStep ! ticking
Test ant's hasFood
  Yes ant ifHasFood
  No ant ifNotHaveFood
  
```

This is the “master” script that fires off all the rest of the scripts for each ant. It is very simple.

```

○ ant ifHasFood ! normal
ant's heading ← ant's angleTo ant's nest
ant leavePheromone
Test ant's patchValueIn nestArea >>0
  ant's color ← color
  Yes ant's hasFood ← false
  ant's heading ← random 360
  No
  
```

If the ant has found food it will plot a course back to its nest and level a pheromone trail of diffusing evaporating odor. The diffusion is done similarly to the dye in the goldfish bowl.

```

○ ant checkPheromone ! normal
Test ant's patchValueIn pheromone >>0
  Yes
    Test ant's lingerTime >>0
      Yes
      No ant's heading ← ant's upHill pheromone
      ant wander
  No
  
```

Massively Parallel Particle System can handle tens of thousands of moving and background particles. This is a simulation of ants gathering food, and leaving a diffusing trail of pheromones to guide other ants.

```

○ ant wander ! normal
ant forward by 1
ant turn by random 25
ant turn by random -25
  
```

The wander script is the classic random walk that children use for many kinds of investigations.

```

○ ant ifNotHaveFood ! normal
ant wander
ant checkFood
ant checkPheromone
  
```

If the ant has not found food, it just wanders around looking for food or for a pheromone trail left by other ants. Scientists are pretty sure that most food is found when the randomly stumbles into it.

Un esempio convincente di “nuova e potente argomentazione” è il modo in cui le simulazioni informatiche create dagli utenti stessi possono aiutare a illuminare minacce molto complesse e difficili da comprendere – per esempio, epidemie lente ma mortali come l’AIDS – in modi più complessi rispetto a semplici ipotesi e asserzioni.

Uno dei problemi nella comprensione dell'AIDS è che il periodo di incubazione per il virus può durare anche cinque e più anni. Per il normale senso comune umano sembra che “niente stia succedendo” nelle prime fasi, cioè proprio quando possono essere intraprese le azioni più importanti per evitare il contagio. In molte società tradizionali in tutto il mondo si è dato retta al senso comune, non si sono intraprese azioni e il risultato alcuni anni dopo è stato ed è devastante. Una delle cose più semplici che può essere fatta da un qualsiasi bambino utilizzando un sistema autore che può manifestare migliaia di elementi è quella di costruire un villaggio simulato e provare scenari diversi relativi al contagio, all'incubazione lenta e nessuna cura. Nei casi di incubazione lenta possono vedere che all'inizio “sembra che niente stia succedendo”, e tuttavia alla fine muoiono tutti. Tuttavia, poiché gli studenti hanno messo in piedi la simulazione da soli, hanno creato loro stessi la matematica dinamica e la modellazione di qualcosa a cui tengono. Sono loro che scelgono le condizioni iniziali e l'impatto emotivo dato da esiti sempre disastrosi ha un effetto profondo sulla loro visione delle epidemie.

Ci sono adesso molte migliaia di progetti Etoys fatti in lingua madre da centinaia di migliaia di bambini in molti paesi del mondo: USA, Canada, Messico, Argentina, Brasile, Francia, Germania, Spagna, Giappone, Corea, Cina, Nepal e altri ancora. Il laptop OLPC a basso costo e gli strumenti da esso ispirati si diffonderanno presto tra milioni di bambini. Pertanto, come per l'avvento del libro nel Quattrocento, il potenziale per cambiare completamente l'apprendimento – e, come ha sottolineato McLuhan, per cambiare il cambiamento stesso – è arrivato nella maggior parte del mondo.

Noi abbiamo iniziato la nostra ricerca quarant'anni fa con l'obiettivo di aiutare i bambini – e quindi l'umanità – a imparare ad assorbire la “scienza in senso lato”. Pensiamo alla scienza come a tutti quei processi che possono aiutare a “rendere l'invisibile più visibile”. Con *invisibile* intendiamo ciò che è invisibile agli esseri umani per tutte le ragioni, incluso non solo i consueti oggetti di interesse per la scienza che sono troppo piccoli o troppo lontani o sono emessi in forme d'onda che non possiamo percepire, ma anche le idee e oggetti che sono a noi invisibili perché il nostro apparato mentale non è adatto a pensarli o li ha rifiutati (perché “non è possibile che siano veri”), ecc.

In questa categoria includo tutte le “arti serie” il cui scopo è quello di “svegliarci”, di portarci a renderci conto che quello che la consapevolezza ci presenta non è la realtà ma una storia che potrebbe anche essere molto lontana dalla realtà, e a volte *pericolosamente* lontana. Quello che la scienza fa non è tanto cambiare o aggiustare il nostro apparato mentale pieno di rumore, ma piuttosto aggiungere molti processi nuovi nelle nostre teste (e fuori, nella società degli scienziati) per scoprire i nostri molti errori e cercare di ridurli in dimensione e genere.

Come ha detto Thomas Jefferson, “Nel momento in cui una persona forma una teoria, la sua immaginazione vede, in ogni oggetto, solo gli aspetti che favoriscono quella teoria”. La società della scienza agisce come una specie di “super-scenziato” – e questo ha molte conseguenze, oltre al fatto che la società “conosce” più cose rispetto a ogni singolo individuo. In questo superorganismo ci sono debugger di idee migliori e più scettici di quelli che la maggior parte degli individui ha nella propria mente. Rispetto ai singoli individui, il superorganismo ha più punti di vista su come l'universo potrebbe funzionare, e questi punti di vista sono molto utili (anche se alcune delle motivazioni potrebbero essere meno che scientifiche). Pertanto, senza antropomorfizzare inutilmente la scienza, è giusto dire che la “scienza” è più brillante, più competente, ha prospettive di maggiore forza ed è uno “scenziato migliore” di un qualsiasi individuo singolo.

Rispetto alla maggior parte degli individui, una società più ampia può anche agire in modo più intelligente ed essere meno soggetta a decisioni disastrose e ad azioni inutilmente aggressive. Ed è scopo dell'educazione nelle società democratiche, in particolare nelle repubbliche democratiche in cui i rappresentanti devono essere scelti da tutta la società, coinvolgere tutti i cittadini nei processi di pensiero più forti, nelle conversazioni e dibattiti. Sentiamo ancora Jefferson:

Non conosco nessun deposito per i poteri ultimi della società che sia più sicuro delle persone stesse; e se pensiamo che queste non siano abbastanza illuminate da esercitare il loro controllo con una buona capacità di discernere, il rimedio non è quello di toglier loro il controllo, ma di aumentare con l'educazione la loro capacità di discernere.

H.G. Wells disse che “La civiltà è una gara di corsa tra l'educazione e la catastrofe”. Forse però “educazione” è un termine troppo vago. Lo sostituirei con “gara di corsa tra l'educazione alla prospettiva e la catastrofe” perché non è la conoscenza in sé che fa la differenza più grande, ma la prospettiva o punto di vista, che fornisce il contesto in cui il pensiero razionale si congiunge con il mondo reale al servizio dell'umanità. Per esempio, nel XX secolo si è consentito che nascesse un contesto in cui alcuni esseri umani furono considerati animali dannosi, e, poiché noi sterminiamo gli animali dannosi, in questo orrendo contesto si è presa la logica decisione di sterminare gli esseri umani in questione. Questo non è un processo eccezionale nella storia umana: è stato seguito più di una volta nel XX secolo e succede ancora oggi. La schiavitù è un altro prodotto di orrendi contesti e convenienza, ed è ancora con noi in molte forme.

Il primo passo nella scienza si ha quando si comprende con sorpresa che “il mondo non è quello che sembra”. Molti adulti non hanno mai compiuto questo passo; prendono il mondo per quello che sembra e scambiano le loro storie interiori per realtà, con conseguenze a volte disastrose. Il primo passo è un grosso passo ed è meglio che lo facciano i bambini (molti di coloro che hanno varcato questa soglia di consapevolezza lo hanno fatto nelle prime fasi della vita). Da qui c'è un altro grosso passo da fare per includere noi stessi umani tra gli oggetti da studiare: cercare di andare oltre le nostre storie su noi stessi per capire meglio “che cosa siamo?” e chiederci “in che modo le nostre carenze possono essere mitigate?”.

Sebbene il mondo stesso sia tutt'altro che pacifico ci sono adesso esempi di gruppi molto più grandi di persone che vivono in pace e prosperano per molte più generazioni di quanto sia mai avvenuto prima nella storia. L'illuminazione di alcuni ha portato a comunità piene di benessere, commercio, energia e prospettive che aiutano anche i meno illuminati a comportarsi meglio. Non è affatto una coincidenza che la prima parte di questa vera rivoluzione sociale sia stata alimentata dalla stampa.

La prossima rivoluzione nel pensiero – per esempio, un pensiero e una pianificazione capaci di gestire sistemi complessi e capaci di portare a nuovi e sostanziali cambiamenti di prospettiva – sarà alimentata dalla vera rivoluzione informatica – e potrebbe arrivare giusto in tempo per vincere la corsa contro la catastrofe.