

Apprendimento tra tecnologie, intrattenimento e creatività

Eugenia Lucia Bossio

Facoltà di Lettere e Filosofia, Università della Calabria

Abstract

Le connessioni tra i saperi scientifico-tecnologici e quelli umanistici hanno oggi più che mai la possibilità di consolidarsi grazie all'uso sempre più diffuso delle tecnologie in ambito educativo. Principi, concetti e teorie della scienza possono essere proposte ai giovani attraverso modalità a loro familiari poiché basate su tecnologie spesso di immediato utilizzo e capaci di suscitare in loro curiosità e interesse. Così anche i concetti più complessi, difficili, apparentemente incomprensibili, possono diventare, se interpretati sotto una corretta luce, grazie anche a una guida esperta, patrimonio di ciascuno. Questo lavoro presenta dei laboratori ideati e realizzati per la divulgazione della scienza all'interno di due mostre espositive. In particolare, gli ambienti sono stati concepiti appositamente per la divulgazione della teoria del caos e sono stati realizzati mediante l'impiego di opportune tecnologie multimediali.

Parole chiave: Laboratori didattici, ambienti virtuali d'apprendimento, Problematiche pedagogiche.

Summary

The connections between the scientific-technological knowledge and the humanities have nowadays the possibility to become stronger than ever thanks to a wide use of technologies in education. Principles, concepts and theories of science can be offered to youth in a familiar way by using engaging and easy to use technologies that are able to arouse curiosity and interest. So even complex, difficult, seemingly incomprehensible concepts can become, if properly interpreted thanks to an expert guidance, the assets of each student. This paper presents workshops that have been designed and created for the dissemination of science in two expositions. The environments have been designed specifically for the dissemination of chaos theory. They have been made through the appropriate use of multimedia technologies.

Keywords: Educational laboratories, Interactive learning environments, Pedagogical issues.

Introduzione

Oggi intrattenimento ed educazione sembrano trovare sempre più diffusamente sintesi nell'impiego delle nuove tecnologie per lo sviluppo di ambienti di apprendimento multimediali. Nel 1964 lo studioso Marshall McLuhan pronunciò una frase molto significativa: «Coloro che fanno distinzione tra intrattenimento ed educazione forse non sanno che l'educazione deve essere divertente e il divertimento deve essere educativo». I nuovi media hanno mutato radicalmente la natura, i tempi e i luoghi della comunicazione e dell'apprendimento, investendo in questo profondo mutamento le nuove generazioni. Quella odierna viene descritta come la generazione digitale e viene interpretata spesso in modi contraddittori descrivendo i giovani come: pionieri, vittime innocenti, creatori attivi di cultura digitale o obiettivi passivi del marketing (Montgomery, 2009). La formazione in ambito scientifico ha attualmente la possibilità di proporre approcci di insegnamento diversificati grazie all'uso delle tecnologie per lo sviluppo di ambienti d'apprendimento. In contrapposizione a ciò, però, va aggiunta una crescente confusione tra l'uso delle tecnologie, la conoscenza che si ha di esse e la loro effettiva efficacia formativa. Molto spesso si usa anche agevolmente ciò che non si conosce e questo può essere un limite o talvolta diventare addirittura dannoso (Ranieri, 2010). Sovente, infatti, l'uso dei mezzi tecnologici può essere inconsapevole e meccanico. Tenuto conto di tali rischi, le nuove tecnologie possono risultare, comunque, un'ottima base per realizzare e proporre materiali didattici innovativi, in modo che i contenuti veicolati risultino, soprattutto per i più giovani, accattivanti, stimolanti, capaci di suscitare interesse e curiosità. A tal fine appare, dunque, necessario utilizzare dei criteri per progettare in maniera adeguata tali ambienti di apprendimento. Gli sforzi che si compiono in questa direzione hanno obiettivi comuni: stimolare gli utenti nell'ingegno, nel ragionamento, nell'emotività, nelle capacità manipolatorie e favorire la coesistenza di mondi, quello scientifico-tecnologico, quello artistico e quello educativo, avvertiti generalmente come distaccati o paralleli. L'esperienza scientifica può essere proposta a un vasto pubblico in maniera viva e l'apprendimento può risultare coinvolgente e divertente. In questo contesto, i laboratori rappresentano un efficace luogo in cui predomina l'attività pratica, esplorativa, sperimentale, in cui, cioè, sia lo stesso spettatore a costruire da se la conoscenza. Le installazioni e gli esperimenti proposti in tali ambienti possono essere interattivi, dunque, esistere in quanto esiste una persona che interagisce, agisce, sperimenta e nello stesso tempo apprende: l'utente può avere un ruolo attivo esplorando il contenuto, imparando dal gioco e dalla manipolazione. Da questo punto di vista, gli spazi espositivi diventano luoghi non di mera rappresentazione, ma strumenti per agire, interagire e imparare attuando le teorie costruttiviste (Bednar et al., 1995). Molti autori sostengono che l'interazione con ambienti virtuali 3D implichi un accrescimento della cultura, tuttavia, non è sempre così, poiché non tutti gli ambienti implicano l'apprendimento (Crawford, 1984; Lepper e Malone, 1987). Gli utenti sono coinvolti a livello emotivo e sensoriale, per tale ragione, possono imparare e migliorare le loro abilità. I meccanismi di interazione e le rappresentazioni visuali e spaziali, infatti, incentivano fortemente le capacità di coordinazione tra occhi e mani, ma non è affatto scontato che gli utenti apprendano dei contenuti. L'apprendimento, cioè, avviene solo sotto determinate condizioni (Calvani, 2011). L'uso delle tecnologie nella formazione scientifica può essere senza dubbio un mezzo efficace, ma potrebbe non essere sufficiente se non è accompagnato dal metodo tracciato in secoli di storia da numerose generazioni di scienziati per quanto riguarda la sperimentazione, le prove pratiche, gli esempi tangibili, le metafore e gli esperimenti mentali. Dunque, gli sforzi profusi nello sviluppare ambienti efficaci per la

comunicazione scientifica devono essere accompagnati anche dall'impegno nel trasferire ai giovani l'idea che la scienza non è qualcosa di altro e distaccato dal quotidiano, ma, al contrario, qualcosa di verificabile e tangibile in ogni momento e in ogni azione. Soltanto in tal modo è possibile far sì che in età scolare inizi a prendere consistenza una forma mentis scientifica, preconditione necessaria per qualsiasi approfondimento successivo. Il modo di procedere della scienza potrà in tal modo diventare un abito mentale, indispensabile nella formazione di giovani che dovranno inserirsi in una società sempre più tecnologizzata, in cui, solo la piena consapevolezza può discriminare tra un uso passivo e asservito delle tecnologie e un uso cosciente dei mezzi come strumento di crescita.

Ambienti multimediali educativi

L'insegnamento della fisica può avvalersi di proposte didattiche che fanno uso dei calcolatori e di programmi progettati per agevolare l'apprendimento degli studenti. Alcuni ambienti educativi si basano sull'impiego di viaggi interattivi, sulla simulazione, sulla modellazione e sull'esplorazione di modelli di calcolo anche da parte di utenti che non conoscono i linguaggi di programmazione. Tra questi, anche i giochi per computer sono proposti con sempre maggiore ricorrenza come potenziali strumenti per l'apprendimento sia dagli studiosi dell'educazione (Barab et al., 2005; Gee, 2003) sia da chi sviluppa tali giochi (Prensky, 2003). Esistono tuttavia pochi studi sistematici sull'incidenza che tali software hanno nei processi di insegnamento/apprendimento della scienza. Le argomentazioni più frequenti a favore dell'uso proficuo dei giochi nel campo dell'istruzione sono dovute al fatto che essi: (a) richiedano un impegno intenso agli studenti; (b) possano incoraggiare l'apprendimento attivo o il cosiddetto learning by doing; (c) possano essere strumenti efficaci per migliorare l'apprendimento e la comprensione di argomenti complessi; (d) possano favorire la collaborazione tra gli studenti (Rieber, 1996). Di contro c'è chi sostiene che per molti famosi giochi educativi non possano essere indicate chiare relazioni causali tra l'apprendimento e il loro impiego a causa di una mancanza di dati empirici sull'integrazione di tali giochi nelle classi (Vogel et al., 2006). In particolare, si osservò sperimentando l'uso di un gioco in una classe che il suo impiego portava con sé più problemi di quanti non ne risolvesse. In primo luogo, può verificarsi che non tutti gli studenti ne fruiscono effettivamente. In secondo luogo, esiste il rischio che gli studenti possano essere distratti dal gioco e non raggiungere gli obiettivi d'apprendimento (Okan, 2003). Inoltre, può accadere che gli studenti non riescano a estrapolare il messaggio educativo contenuto in un gioco complicato. Infine, può verificarsi che perseguendo l'obiettivo di facilitare l'apprendimento, si trascuri l'aspetto ludico e divertente. L'uso di giochi può realmente favorire un'esperienza di apprendimento coinvolgente ed efficace? Per rispondere a questo interrogativo sono stati ideati degli ambienti che possano facilitare l'apprendimento di alcuni concetti fondamentali sulla teoria del caos. Tale proposta è stata rivolta verso un pubblico privo di conoscenze specifiche sul tema, circa cinquecento studenti di scuole medie e superiori che hanno visitato due mostre dedicate alla divulgazione scientifica della teoria del caos. Si è quindi pensato di strutturare un percorso che, seguendo le linee guida delle sperimentazioni, presentate nei due articoli a

questo collegati¹, potesse articolare vari contenuti in modo adeguato e completo. Questo lavoro presenta lo sviluppo e l'utilizzo di ambienti multimediali come strumenti per comunicare i concetti fondamentali dei fenomeni caotici. In tal modo, si vogliono rendere fruibili a un vasto pubblico degli aspetti della fisica riservati, in genere, agli specialisti del settore. In un'accezione più ampia, l'ambiente va inteso non solo come luogo fisico o virtuale, con la conseguente disposizione delle strumentazioni necessarie, ma anche come luogo mentale, definito in coerenza con le caratteristiche del compito proposto, le azioni richieste, le modalità relazionali che vengono sollecitate, l'azione di sostegno del docente o del tutor (scaffolding) e il clima emotivo e cognitivo che permea il processo di apprendimento. In questo senso, il concetto di ambiente di apprendimento si sovrappone a quello di «setting», integrando, in un sistema organico e coerente, gli elementi fisici implicati nel processo di apprendimento, gli obiettivi che ci si è dati e le modalità attraverso le quali si pensa di raggiungerli. In particolare, i laboratori sono stati strutturati in maniera da proporre un'introduzione ai concetti fondamentali della teoria del caos, una fase di sperimentazione attraverso la verifica del comportamento del circuito di Chua, la simulazione del comportamento caotico e, infine, l'interazione con i sistemi caotici all'interno di un ambiente virtuale mediata dalle rappresentazioni grafiche e sonore delle evoluzioni caotiche. Le fasi dedicate al circuito di Chua e alla sua simulazione sono state svolte grazie all'allestimento di postazioni di computer attrezzate con i circuiti elettronici e i programmi utili alla visualizzazione del comportamento caotico sia esso reale o simulato. L'esplorazione dei suoni e delle immagini prodotte dal circuito di Chua è stata invece svolta in un ambiente dedicato in cui otto casse acustiche riproducevano l'evoluzione nello spazio del suono generato dal circuito e, contemporaneamente, uno schermo visualizzava le immagini delle traiettorie caotiche.

Un viaggio nei fenomeni caotici

Durante due mostre espositive sul caos sono stati allestiti dei laboratori, strutturati in modo da risultare dei veri e propri percorsi introduttivi ai fenomeni fisici caotici. Qui non si dedicherà attenzione nel descrivere l'impiego e la simulazione del circuito di Chua, poiché ciò è stato già ampiamente trattato negli altri due articoli correlati (1); si soffermerà, invece, l'attenzione nel presentare e descrivere l'ambiente virtuale tridimensionale allestito in entrambi gli eventi espositivi per mostrare le immagini, i suoni e le musiche prodotte a partire dal circuito di Chua. Gli strumenti multimediali possono essere utilizzati fruttuosamente per lo studio, l'esplorazione e la presentazione dei vari fenomeni legati ai sistemi complessi e caotici. Il principale vantaggio offerto dall'impiego degli ambienti virtuali audio e video consiste nella possibilità di combinare simultaneamente la visualizzazione e l'ascolto dei suoni e delle musiche generate dai sistemi dinamici. Inoltre, la possibilità di utilizzare nuove modalità d'interazione con la scena virtuale e con gli oggetti che essa contiene, fornisce la possibilità di svolgere azioni che risultano naturali e familiari per gli utenti poiché basate sullo svolgimento di attività simili a quelle svolte nella vita quotidiana. La scelta dei temi da proporre è stata

¹ Gli articoli a questo correlati sono: Bossio E., Un percorso formativo per la didattica della scienza in scuole secondarie di primo e secondo grado; Bossio E., Sperimentare e simulare la fisica attraverso la manipolazione e l'uso di tecnologie didattiche, «Form@re», Erickson.

sviluppata tenendo in conto quali contenuti, tra i tanti possibili, avrebbero potuto presentare in maniera interessante il tema della teoria del caos realizzando una sintesi completa delle caratteristiche principali di questi sistemi. La scena 3D è stata di conseguenza organizzata per rispecchiare tali scelte. In particolare, si è pensato di allestire quattro ambienti che presentassero: i suoni e le musiche prodotte dagli attrattori del circuito di Chua (in continuità anche con i laboratori svolti a monte sul funzionamento del circuito e la sua simulazione); l'evoluzione di alcune traiettorie classiche (una spirale e una curva di Lissajous) che potessero rendere efficace la dimostrazione relativa alla localizzazione e allo spostamento di sorgenti sonore virtuali in un ambiente tridimensionale; il concetto di sensibilità alle condizioni iniziali proprio dei sistemi caotici messo in luce attraverso l'evoluzione simultanea di due attrattori che evolvono a partire da condizioni iniziali reciprocamente molto prossime; infine, una collezione di attrattori che evolvono in tempo reale sia visivamente che acusticamente e attorno cui gli utenti possono avvicinarsi, allontanarsi, ruotare ottenendo delle variazioni simultanee del suono percepito.

Sviluppo dell'ambiente 3D

Per la creazione degli ambienti virtuali è stata impiegata l'architettura Audioscape (Wozniowski et al., 2006) principalmente per due motivi: perché consente di creare delle scene sonore in cui è possibile simulare in maniera accurata la propagazione del suono in un ambiente tridimensionale; perché è un'architettura software open source nata come estensione di altri sistemi liberi specializzati nella grafica 3D e nell'elaborazione del suono. Questo secondo aspetto garantisce un'elevata versatilità e flessibilità del sistema che può essere modificato ed esteso a piacimento a seconda delle particolari esigenze che sorgono nello sviluppo di un determinato ambiente virtuale. Tramite Audioscape, sono state sviluppate diverse applicazioni per l'esplorazione dei sistemi caotici e per lo studio del loro impiego in campo musicale. Ambienti virtuali 3D sono stati utilizzati come strumento di rappresentazione e controllo dei processi di generazione di suoni, musiche e accompagnamenti musicali mediante sistemi caotici (Cupellini et al., 2008). L'architettura è stata anche utilizzata per sperimentare l'impiego di diversi metodi di rappresentazione sonora combinati con la visualizzazione delle traiettorie caotiche tridimensionali tipiche degli attrattori prodotti dall'oscillatore di Chua.

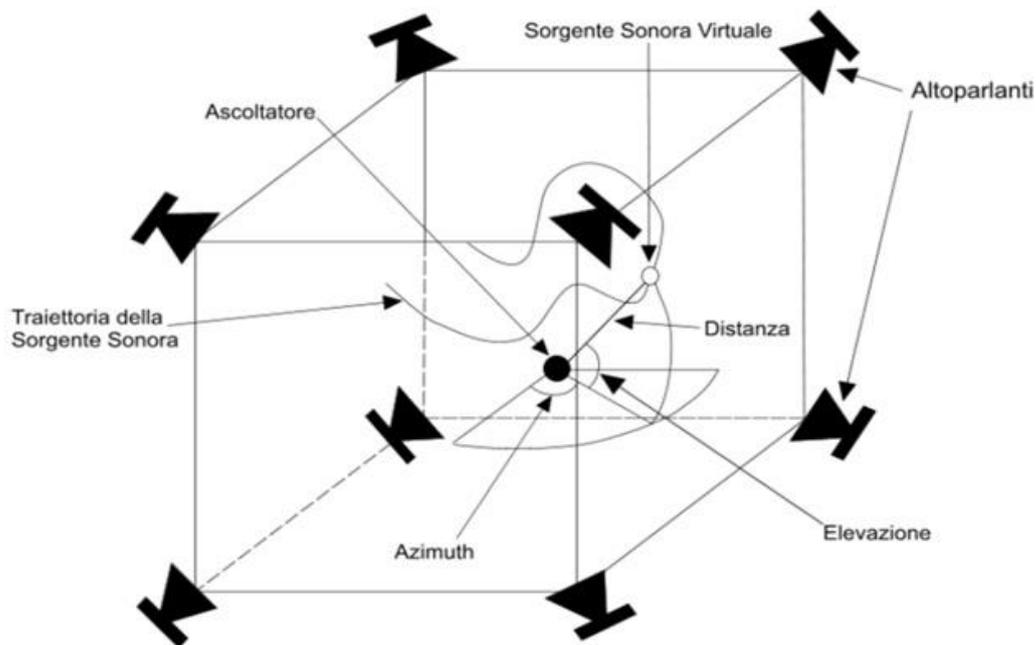


Fig. 1 – Un attrattore caotico all'interno dell'ambiente virtuale.

L'immagine in figura 1 mostra uno degli attrattori generati dall'oscillatore di Chua all'interno dell'ambiente virtuale. La rappresentazione uditiva dell'evoluzione degli attrattori all'interno degli ambienti virtuali è stata realizzata generando sia melodie a partire dalla serie numerica prodotta mediante la simulazione del modello matematico del circuito, sia suoni prodotti direttamente dalle serie temporali che descrivono il comportamento simulato del sistema caotico.

La spazializzazione del suono

Come già accennato è stato creato un ambiente che fosse in grado di fornire acusticamente la percezione di localizzazione e movimento di sorgenti sonore virtuali in uno spazio tridimensionale. Questa tecnica consente di produrre un alto grado d'immersione da parte dell'utente che si trova a essere circondato dai suoni e, percependone la provenienza, ha la possibilità di seguire visivamente e acusticamente lo sviluppo temporale delle varie traiettorie caotiche. La spazializzazione 3D, infatti, è stata realizzata tramite lo spostamento di una sorgente sonora che varia la sua posizione nello spazio in maniera solidale con la traiettoria che descrive l'attrattore caotico. Il laboratorio allestito per le mostre utilizza un sistema di riproduzione audio composto da otto altoparlanti disposti ai vertici di un cubo. I diffusori acustici sono stati pilotati singolarmente, mediante una scheda audio multicanale, inviando loro i segnali provenienti da otto microfoni virtuali, disposti in maniera da coprire un angolo solido di 360°, posti in un punto di ascolto collocato all'interno dell'ambiente virtuale. La figura 2 mostra una rappresentazione schematica del sistema di riproduzione del suono 3D nel laboratorio allestito per le mostre.

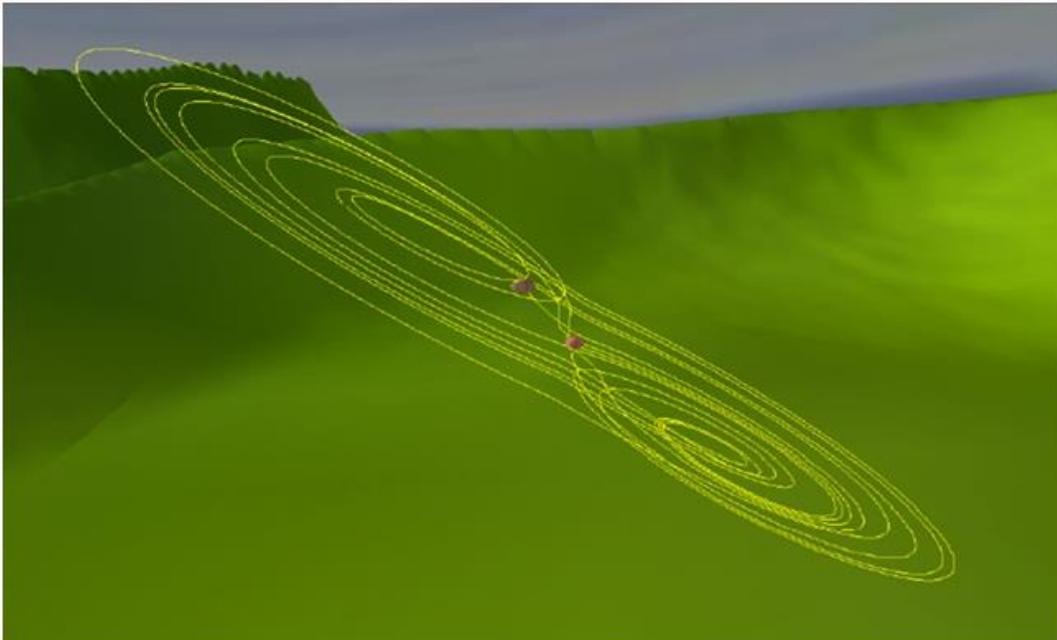


Fig. 2 – Rappresentazione schematica del sistema di riproduzione del suono 3D.

L'uso della spazializzazione 3D consente di simulare lo spostamento di una sorgente sonora in modo solidale a quello di una traiettoria tridimensionale descritta da un attrattore. La sorgente sonora in movimento può diffondere materiali sonori di diversa natura: brani pre-registrati, suoni o musiche prodotte dalle serie temporali del sistema caotico, suoni generati mediante qualsiasi altro sistema di sintesi del suono. Per i laboratori, in particolare, si è preferito utilizzare suoni di natura percussiva poiché contribuiscono a migliorare il processo di percezione dello spostamento spaziale delle sorgenti sonore. Come si è detto l'effetto sonoro può essere combinato efficacemente con la visualizzazione delle forme tridimensionali, realizzando in tal modo un sistema di rappresentazione degli attrattori caotici in cui la componente visiva sia coerente con la localizzazione spaziale riprodotta dal sistema sonoro. È possibile, cioè, muovere l'attrattore dello spazio virtuale tridimensionale, applicare delle rotazioni o delle traslazioni, per poter percepire dettagli diversi, rappresentati sia mediante la componente grafica sia mediante il suono.

Laboratori

È stato allestito un ambiente multimediale con l'obiettivo di presentare e divulgare le ricerche condotte sulla generazione di suoni e musiche mediante sistemi caotici. L'ambiente è composto da un mondo virtuale tridimensionale in cui sono collocati vari attrattori del circuito di Chua. Al pubblico è stata data l'opportunità d'interagire con l'ambiente, navigare al suo interno per fruire dei contenuti presentati, visualizzare gli attrattori caotici e ascoltare i suoni e le musiche da essi generati. In figura 3 è mostrata una fotografia della presentazione dei contenuti dell'installazione agli studenti di una scuola.



Fig. 3 Interazione nello spazio virtuale.

L'apparecchiatura impiegata per l'allestimento dell'installazione consiste in: otto casse utilizzate per la riproduzione del suono, una scheda audio multicanale, un calcolatore per la gestione dell'audio, un secondo calcolatore, collegato a un proiettore, per la gestione del rendering video, uno switch per collegare in rete i due calcolatori e un gamepad per controllare la navigazione e l'interazione degli utenti con l'ambiente virtuale. La scena virtuale 3D è composta da quattro diverse aree:

1. Presentazione dei suoni e delle musiche prodotte dagli attrattori dell'oscillatore di Chua;
2. Spazializzazione tridimensionale del suono. Gli spettatori hanno assistito all'evoluzione di alcune traiettorie tridimensionali (si vedano le immagini in figura 4) nell'ambiente grafico e hanno avuto la possibilità di seguire il movimento della sorgente sonora tramite la spazializzazione tridimensionale;
3. Sperimentazione della sensibilità alle condizioni iniziali (si veda la figura 5). È stata mostrata l'evoluzione simultanea di due attrattori caratterizzati da condizioni iniziali fra loro molto simili. Per un certo periodo di tempo i due attrattori seguono la stessa traiettoria, in seguito le traiettorie evolvono in maniera autonoma. L'evoluzione di ogni attrattore è stata trasformata in una sequenza di note con un dato suono. Inizialmente è possibile ascoltare un'unica melodia poiché gli attrattori seguono la stessa evoluzione, in seguito, dopo la separazione, è possibile distinguere due differenti melodie;
4. Il giardino degli attrattori, presentazione di una galleria di sei diversi attrattori che evolvono in tempo reale (si veda la figura 6).

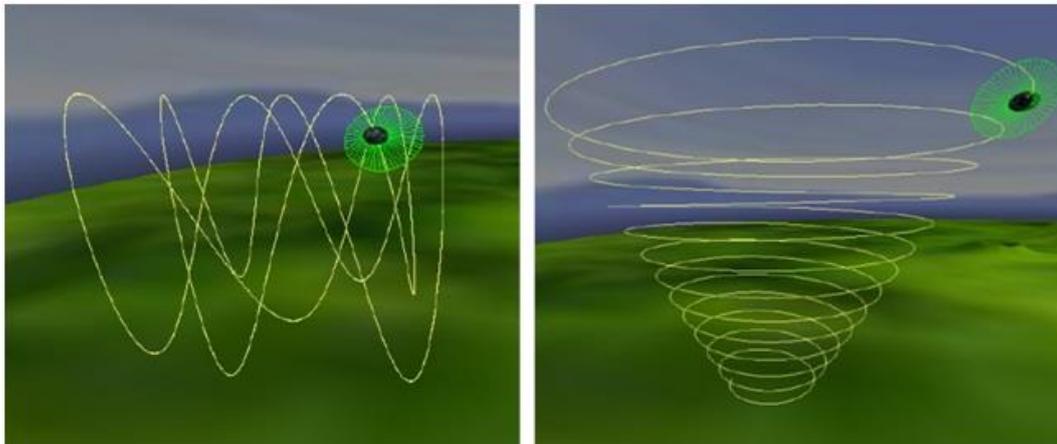


Fig. 4 – Curve usate per la spazializzazione del suono.

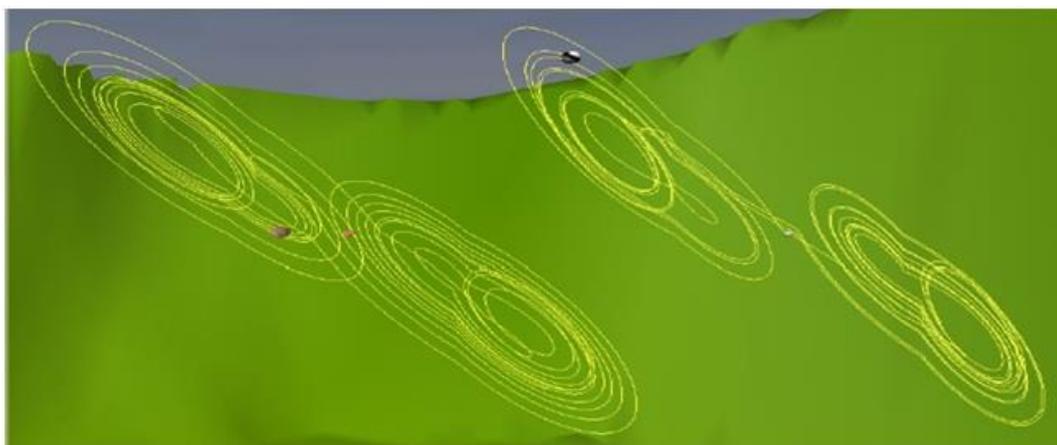


Fig. 5 – Esperimento sulla sensibilità alle condizioni iniziali.

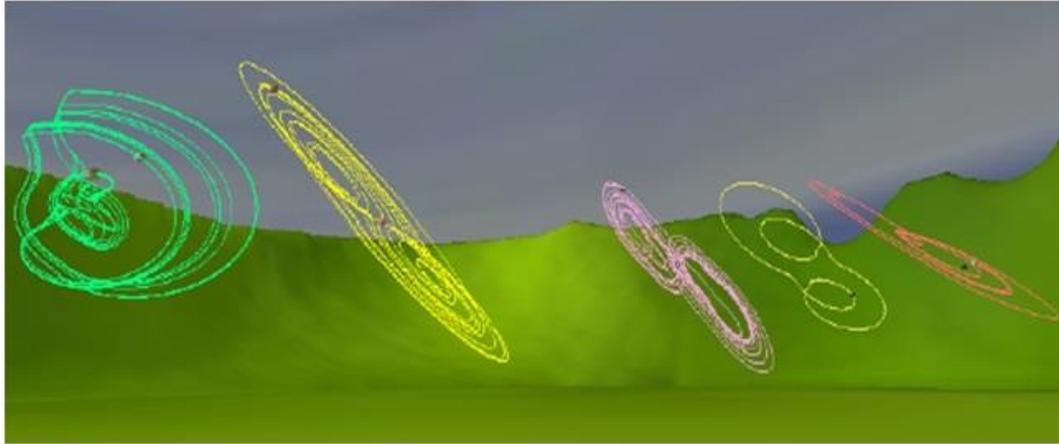


Fig. 6 – Collezione di attrattori caotici.

La presentazione di tali ambienti è stata realizzata a termine di una fase introduttiva che ha visto gli studenti impegnati nella manipolazione del circuito di Chua e nella sua simulazione, fig. 7.



Fig. 7 – Laboratori per la presentazione dei sistemi caotici, la sperimentazione e la simulazione.

Inoltre, un'essenziale introduzione ai concetti fondamentali ha consentito loro di cogliere gli aspetti più salienti di quanto proposto, in particolare sono risultati essenziali alcuni esempi di sistemi caotici esistenti in natura e alcune semplificazioni sulle caratteristiche dei sistemi caotici.

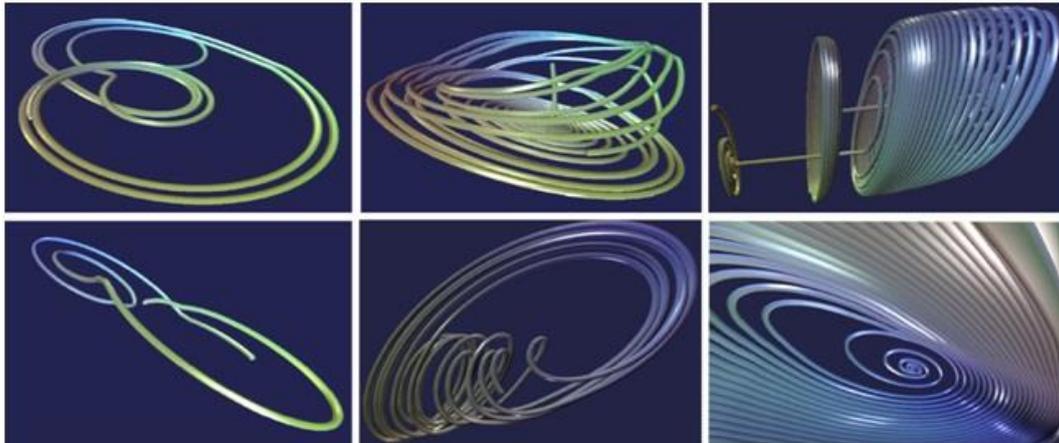


Fig. 8 – Alcune elaborazioni per la visualizzazione degli attrattori caotici

Successivamente alle mostre si sono, infine, realizzati ulteriori sviluppi circa la visualizzazione degli attrattori caotici, fig. 8. Attraverso tecniche di computer grafica e rendering si sono ottenuti risultati migliori per l'uso dei colori e alcuni effetti di riflessione della luce; l'attuale versione degli ambienti 3D, quindi, non ancora presentata, mostra degli affinamenti ulteriori dell'interfaccia.

Feedback

In entrambe le mostre i dati raccolti sull'efficacia dei laboratori sono stati essenzialmente di natura qualitativa. Intervistando gli studenti si è potuto considerare come alcuni interventi siano stati più significativi di altri e abbiano condotto gli utenti verso una comprensione maggiore dei temi scientifici trattati. Un'attenzione particolare è stata mostrata verso l'ambiente che presentava il concetto della sensibilità alle condizioni iniziali dei sistemi caotici. Gli studenti hanno infatti assistito prima e interagito poi tramite dei gamepad alla variazione degli stimoli sonori, riuscendo a distinguere, quasi come un gioco i due differenti tipi di suono al variare delle condizioni iniziali. Seguire invece le traiettorie sonore e potere interagire sulla loro modifica ha creato un'iniziale curiosità e un clima di collaborazione e confronto tra gli studenti, che, come in un gioco seguivano la provenienza del suono indicando l'altoparlante da cui questo proveniva.

Conclusioni

Questo articolo descrive dei laboratori allestiti all'interno di due mostre espositive che hanno avuto come tema la teoria del caos con l'obiettivo di introdurre giovani studenti a temi scientifici avanzati. A tal fine si è realizzato un percorso con diverse postazioni comprendendo la manipolazione e la verifica del comportamento caotico di un circuito elettronico, la sua simulazione e, infine, l'immersione in un ambiente virtuale 3D che mostra immagini e suoni prodotti mediante l'uso di sistemi caotici. Si è potuto constatare dai riscontri avuti che l'obiettivo è stato pienamente raggiunto. Gli studenti hanno mostrato interesse per i temi proposti interagendo e partecipando alle varie attività e

mostrando curiosità nel porre domande per chiarire alcuni aspetti di non immediata comprensione. I laboratori hanno stimolato l'interesse spontaneo dei giovani favorendo la motivazione allo sforzo, la libertà di interazione e di creazione e risultando, dunque, dei validi ambienti di apprendimento. Lo stesso Dewey parla di un rapporto stretto che può nascere tra matematica e creatività sottolineando come la realizzazione di un apprendimento efficace non può prescindere dall'esperienza concreta caratterizzata dallo scambio creativo e costruttivo di informazioni. In tal modo l'apprendimento diventa un processo costruttivo e soddisfa la necessità di coinvolgere chi apprende, in una sorta di piacere della scoperta che non è tanto legato al fare, quanto, alla possibilità di costruire operazioni logiche o mentali. Il tentativo di realizzare una formazione scientifica sui temi riguardanti la teoria del caos è servito da ulteriore stimolo per formare al pensiero scientifico affinché il modo di procedere della scienza possa diventare un abito mentale, indispensabile nella formazione dei giovani.

Bibliografia

- Barab S., Thomas M., Dodge T., Carteaux R. e Tuzun H. (2005), Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns, *Educational Technology Research & Development*, vol. 53, n. 1, pp. 86-107.
- Bednar A.K., Cunningham D., Duffy T.M. e Perry J.D. (1995), Theory into practice: How do we link?. In T.M. Duffy and D.H. Jonassen (Eds.), *Constructivism and the technology of instruction: A conversation*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 17-34.
- Calvani A. (2011), *Principi dell'istruzione e strategie per insegnare*, Carocci Editore.
- Crawford C. (1984), *The Art of Computer Game Design*, McGraw-Hill, Osborne Media.
- Cupellini E., Rizzuti C., Bilotta E., Pantano P., Wozniowski M. e Cooperstock J.R. (2008), *Exploring musical mappings and generating accompaniment with chaotic systems*. In Proc. of International Computer Music Conference (ICMC), Belfast, pp. 467-474.
- Gee J.P. (2003), *What video games have to teach us about learning and literacy*, NY: Palgrave Macmillan.
- Lepper M.R. e Malone T.W. (1987), Intrinsic motivation and instructional effectiveness in computer-based education. In *Aptitude, learning and instruction: III Cognitive and affective process analysis*, RE Snow and MC Farr, Editors, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, pp. 255-286.
- Montgomery K.C. (2009), *Generation Digital*, The MIT Press.
- Okan Z. (2003), Edutainment: Is learning at risk?, *British Journal of Educational Technology*, vol. 34, n. 3, pp. 255-264.
- Prensky M. (2003), Digital game-based learning, *ACM Computers in Entertainment*, vol. 1, n. 1, pp. 1-4.
- Ranieri M. (2010), Internauti non si nasce, ma si diventa! Un percorso media-educativo per la scuola secondaria di primo grado, *Form@re*, n. 70, Erickson.

- Rieber L.P. (1996), Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games, *Educational Technology, Research, and Development*, vol. 44, n. 1, pp. 43-58.
- Vogel J.F., Vogel D.S., Cannon-Bowers J., Bowers C.A., Muse K. e Wright M. (2006), Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis, *Journal of Educational Computing Research*, vol. 34, n. 3, pp. 229-243.
- Wozniowski M., Settel Z. e Cooperstock J.R. (2006), *A spatial interface for audio and music production*. In Proc. of 9th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx '06), Montreal.