

Musei e mostre per la matematica: tra divulgazione e didattica

Alessandra Fiocca

Abstract: Exhibitions, in the sense of gathering material together for people to view or interact with, are becoming increasingly common. They can take place in a variety of settings from schools to museums. In Italy, in the seventies, Emma Castelnuovo (1913-2014), who taught mathematics at “Torquato Tasso” secondary school in Rome, performed with her students some mathematical exhibitions. Her ideas, her books and articles described new methods in teaching mathematics, which had great influence in the years to come. In this article, the novelty in Castelnuovo’s approach to the didactic is described. Moreover, more recent enterprises concerning museums and exhibitions devoted to mathematics are also presented.

Abstract: Le mostre in genere e in particolare le mostre matematiche, intese come esposizione di materiale col quale poter anche interagire, stanno divenendo sempre più diffuse. Pioniera in Italia in questo ambito fu Emma Castelnuovo (1913-2014), insegnante di matematica nella scuola media “Torquato Tasso” di Roma le cui mostre, realizzate coi suoi studenti negli anni Settanta del Novecento, hanno avuto successo anche all’estero. Le sue idee, i suoi articoli e i suoi libri volti a proporre nuovi metodi di insegnamento della matematica, insieme alle sue mostre, hanno avuto una grande influenza negli anni a venire. In questo articolo si intende sottolineare il pensiero innovativo nell’ambito della didattica della matematica della Castelnuovo e presentare altre iniziative più recenti volte alla divulgazione e al rinnovamento della didattica della matematica attraverso mostre e musei.

Alessandra Fiocca, nata a Conegliano (TV) nel 1953, è professore associato presso il Dipartimento di Matematica e Informatica dell’Università di Ferrara. Svolge ricerca nell’ambito della storia della matematica. Ha studiato la storia dell’insegnamento della matematica nell’Università di Ferrara e i suoi più illustri docenti, lo sviluppo degli studi di idraulica con particolare attenzione al problema della sistemazione del corso del Reno. Le ricerche ultime hanno riguardato la figura di Guglielmo Libri, matematico e storico della matematica, e la pubblicazione del carteggio scientifico tra Sophie Germain e Carl Friedrich Gauss. Sono stati pubblicati, in collaborazione con A. Del Centina, i volumi *L’archivio di Guglielmo Libri dalla sua dispersione ai fondi della Biblioteca Moreniana*, Firenze, Olschki, 2004; *Guglielmo Libri, matematico e storico della matematica. L’irresistibile ascesa dall’Ateneo Pisano all’Institut de France* Firenze, Olschki, 2010 e l’articolo *The Correspondence between Sophie Germain and Carl Friedrich Gauss*, *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 66 (2012) pp. 585-700.

1. Introduzione

La divulgazione della matematica sta attraversando un periodo di particolare vitalità: molte sono le iniziative degli ultimi anni nel mondo, molti libri sono scritti per il grande pubblico, sui maggiori quotidiani italiani si scrive di matematica, la matematica è entrata anche a teatro, per non parlare dei molti film, alcuni di grande successo, che hanno come protagonisti matematici o dei festival della matematica che si svolgono annualmente.

Sono sorti musei specificatamente dedicati alla disciplina e in alcune Università vi sono corsi dedicati alla divulgazione e alla museologia della matematica. In alcune città si può partecipare alle “passeggiate matematiche” o anche imbattersi in una “piccola” mostra di oggetti allestita occasionalmente dove ci si può cimentare nella “verifica sperimentale” di teoremi della geometria euclidea.

Le mostre matematiche rappresentano uno dei principali mezzi per raggiungere il vasto pubblico. Si possono trovare in gallerie, musei, scuole, banche, università, parchi, stazioni ferroviarie o anche centri commerciali. Possono comprendere immagini, programmi interattivi, sculture, puzzle, giochi, ecc.

Infine la rete internet sta dimostrando tutta la sua potenzialità anche in questo campo. Due esempi per tutti: il sito del *Museo Galileo* dell’Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze e il sito *Imaginary* progettato dal centro di ricerca internazionale, Mathematisches Forschungsinstitut di Oberwolfach. Il visitatore virtuale del *Museo Galileo* (<http://www.museogalileo.it/>) oltre a visitare le sale del museo, può trovare nel sito le schede di tutti gli oggetti presenti nel museo, video multimediali per aree tematiche che ricostruiscono i contesti e le tematiche di riferimento degli oggetti esposti consentendo una esplorazione per soggetto, schede biografiche dei personaggi citati, schede di approfondimento e glossario; la voce *Biblioteca* permette di utilizzare più motori di ricerca, la *Biblioteca digitale* contiene collezioni digitali tematiche di interesse storico scientifico; vi sono infine la *didattica on-line* con percorsi a tema, applicazioni interattive, giochi e approfondimenti, il *portale Galileo*, un percorso guidato per consultare le risorse galileiane del Museo, le *mostre* con possibilità di visite virtuali, *itinerari* turistico-culturali sui luoghi di interesse scientifico in Toscana.

IMAGINARY si presenta al pubblico come il luogo in cui ciascuno troverà una sua personale matematica interattiva, sollecitando il visitatore to “Join a worldwide community of math enthusiasts!” (<http://www.imaginary.org/>). Obiettivo del progetto è di sviluppare l’immagine e la comprensione della matematica, svegliare interesse e “fuel passion” per la disciplina in bambini e adulti, mostrando da una parte la bellezza e l’arte nella matematica, dall’altra attraverso alcune applicazioni sorprendenti.¹ Nel sito si possono trovare softwares interattivi, con istruzioni, per esplorare e creare matematica che possono essere usati a scuola, a casa, alle mostre e nei musei (*Programs*); una mostra di immagini create da matematici e artisti con

¹ Gert-Martin W. Greuel, Andreas Daniel Matt, Antonia S.J.S. Mey, *Editorial: Imaginary-Mathematics Communication for the 21st Century*, in *Newsletter of the European Mathematical Society*, June 2014, issue 92, pp. 3-6.

la descrizione del loro contenuto matematico e i dettagli per riprodurle (*Galleries*); mostra di oggetti, sculture, puzzles, giochi, manufatti di carta, stazioni interattive, disegni tecnici e ciò che serve per ricostruirli (*Hands-on*); films on-line; testi di differente tipologia, alcuni con molte immagini e molte equazioni, alcuni più filosofici, più generali o più specifici, cataloghi di mostre, materiale per la scuola, due mostre: *Imaginary-Through the Eyes of Mathematics* e *Mathematics of Planet Earth*, comprendente una serie di moduli di matematica applicata, tra cui un programma che calcola lo spostamento di nubi di cenere vulcanica e un film sulla modellizzazione matematica per predire il comportamento futuro dei ghiacciai. Infine *IMAGINARY* si propone anche a servizio della scuola. In dicembre 2013 è stato prodotto *Entdeckerbox (discovery box)* da utilizzare in classe, che fornisce risorse agli insegnanti per rendere le lezioni di matematica più attrattive e interessanti per gli studenti.

2. Le esposizioni di matematica di Emma Castelnuovo: tra didattica e divulgazione

Per quanto riguarda le mostre matematiche, la loro storia è abbastanza recente. Emma Castelnuovo, recentemente scomparsa, ha inaugurato una stagione di esposizioni di matematica con protagonisti e principali artefici i suoi studenti. Le sue idee, le sue mostre, i suoi tanti libri e articoli hanno avuto una grande influenza nell'insegnamento della matematica ma anche nella cultura del nostro paese.

Laureata in matematica lavorò inizialmente come bibliotecaria presso l'Istituto Matematico di Roma, intitolato poi a suo padre Guido Castelnuovo. Vinto il concorso di insegnamento nella scuola media, fu sospesa dal servizio a seguito delle leggi razziali. Insegnò nella scuola israelitica, mentre il padre clandestinamente teneva corsi universitari per studenti ebrei. Dopo la guerra fu reintegrata nell'insegnamento. Insegnò a Roma nella scuola media "Torquato Tasso" fino al 1979, anno del suo pensionamento.

Emma dedicò anche la sua attività di ricercatrice alla didattica della matematica di cui non trascurò alcun aspetto, metodologia didattica, storia dei programmi scolastici, pedagogia e psicologia infantile, misconcetti come fonte di indagine ai fini dello studio sulla formazione delle strutture mentali matematiche, indirizzo storico nell'insegnamento della matematica. Abbacciò il concetto di "matematica dinamica" di Federigo Enriques, che suggeriva di studiare di ogni dottrina "le origini, le connessioni, il divenire" in una visione della scienza nella sua evoluzione e non nella sua verità statica.² Nella scuola secondaria si dovevano "mostrare i diversi aspetti della matematica, lumeggiare le differenti tendenze, utilizzare i più vari metodi di ricerca", cosa possibile anche quando venivano trattati gli argomenti più elementari, secondo la Castelnuovo.³

² Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in "Scuola e città", 28 febbraio 1957 pp. 41-45.

³ Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in "Scuola e città", 30 aprile 1957 pp. 123-129.

Emma riteneva che, per una comprensione obiettiva dell'insegnamento della matematica dei suoi tempi, ai fini dello studio e dell'ideazione di una didattica nuova, fosse essenziale compiere il confronto con l'insegnamento di quasi un secolo precedente, inquadrare il problema in quello più generale della Scuola in Italia e all'estero, in particolare alla luce degli studi di psicologia infantile.

Alcuni articoli del 1957 furono dedicati a questi scopi, a una storia di programmi e metodi non limitata alla scuola secondaria, ma anche alla scuola elementare e preelementare, di cui essa era il naturale proseguimento, in un piano più ampio, considerando le principali correnti pedagogiche.⁴

La società scolastica era cambiata, scrive Emma, dai tempi di Cremona, Betti e Brioschi che nel 1867, chiamati dal Ministro della Pubblica Istruzione a formulare i programmi per le scuole medie, nella loro relazione avevano affermato una visione aristocratica della cultura, in cui inquadrare l'insegnamento della matematica: la matematica non doveva considerarsi "come un complesso di cognizioni utili in sé perché applicabili ai bisogni della vita, ma principalmente come un mezzo di cultura intellettuale, come una ginnastica di pensiero diretta a svolgere le facoltà del raziocinio ed aiutare quel sano criterio che serve a distinguere il vero da ciò che ne ha solo l'apparenza."⁵

Questa visione aristocratica non si adattava più alla scuola degli anni cinquanta i cui allievi provenivano "in gran maggioranza da ambienti non raffinati culturalmente e quindi meno dei loro predecessori atti a gustare un modo astratto di porgere una teoria".

In particolare, Emma Castelnuovo criticava l'adozione degli *Elementi di Euclide* come libro di testo dell'insegnamento matematico. L'effetto nocivo e nefasto degli *Elementi di Euclide*, scrive, continuò a esercitarsi su generazioni e generazioni, in traduzioni diverse, in adattamenti diversi. Quanto aveva scritto il matematico Clairaut (1713-1765)⁶ non aveva lasciato alcuna traccia, né erano state ascoltate le voci di grandi educatori come Comenius (1592-1670), Pestolazzi (1746-1827) e Ovide Decroly (1871-1932), che fondò a Bruxelles una scuola dove "si esalta la costruzione matematica anche attraverso l'interazione con le scienze sperimentali".⁷

Non volendo e non potendo ritornare agli antichi metodi, di difficile inserimento nel nuovo panorama scolastico, secondo la Castelnuovo, bisognava aggiornare gli insegnanti e le famiglie su quanto era stato fatto in Italia e all'Estero, sensibilizzarli circa l'importanza degli studi psicologici nei riguardi

⁴ Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in "Scuola e città", 28 febbraio 1957 pp. 41-45; 31 marzo 1957, pp. 93-98; 30 aprile 1957, pp. 123-129.

⁵ *Ivi*, 28 febbraio 1957 pp. 41-42.

⁶ Negli *Eléments de géométrie* dedicati alla marchesa du Châtelet che, pur essendo una donna molto intelligente, non riusciva a penetrare negli *Elementi di Euclide*, Alexis Claude Clairaut spiega che le sue difficoltà erano evidenti poiché per comprendere qualunque scienza non si può cominciare da teorie astratte, ma bisogna far sentire tutto lo sforzo e il lavoro che è stato fatto per estrarre la teoria dal concreto, dalla realtà. Cfr. Emma Castelnuovo, *Verso un insegnamento della matematica che produce cultura scientifica*, in "Revista Estudos Italianos em Portugal", n.º 45-46-47 1982-83-84, p. 374-375.

⁷ *Ivi*.

dell'apprendimento dei concetti matematici e circa l'influenza positiva sulla società di un buon insegnamento della matematica.⁸

“Vedere oltre le figure e i numeri”, fu uno dei precetti dell'insegnamento di Emma Castelnuovo, che propugnava una matematica che nasce dalla realtà, per scoperte e riflessioni, capace di stimolare curiosità, interesse e motivazione ad apprendere. L'insegnamento della matematica poteva avere anche una funzione morale e sociale se veniva trasmesso il messaggio che la matematica risulta anche opera collettiva dell'umanità, oltre che di singoli uomini particolarmente dotati. Nella classe di matematica si potevano così cancellare le tradizioni di cultura provenienti dalle famiglie e l'ambiente sociale di ciascuno, aspetti che in altri insegnamenti avevano invece grande influenza: “Ora, noi dobbiamo dare l'impressione, ma non si tratta solamente di un'impressione, che l'opera di chiunque, il lavoro del bambinetto, la sua intuizione che è molto più fresca e fervida della nostra, può veramente portare qualcosa di nuovo anche in un campo che sembra così arduo e già fatto come è quello matematico”.⁹

Nel 1946, nell'espone un nuovo metodo di insegnamento della geometria intuitiva che si distaccava notevolmente da quello tradizionale, osservava che tale metodo poteva essere introdotto nella scuola media per tutti, tenendo conto dei vari problemi che con essa sarebbero sorti:¹⁰ allievi di diverse classi sociali, scuole di città e scuole di campagna, esigenze di coloro che proseguono gli studi e di coloro che terminano. Le critiche al programma tradizionale erano due: trascurare quanto i ragazzi avevano fatto, bene o male, nelle scuole elementari e trascurare il punto di vista psicologico del ragazzo, sia nel metodo, sia nel programma.¹¹ La geometria, inoltre, era nata come scienza sperimentale, da un punto di vista pratico, quello della misura dei terreni. Questo era ben noto e sebbene venisse anche detto ai ragazzi all'inizio del corso di geometria, questa disciplina veniva presentata alla rovescia partendo dalle definizioni e passando poi alla pratica. In questo modo il ragazzo doveva prima fare lo sforzo di concepire le idee astratte e dopo che non le aveva capite, farne le applicazioni.

⁸ Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in “*Scuola e città*”, 28 febbraio 1957 p. 45.

⁹ Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in “*Scuola e città*”, 30 aprile 1957, pp. 128.

¹⁰ Fu, tuttavia, solo dal primo ottobre del 1963 che tutte le scuole medie inferiori furono unificate sotto un unico modello, denominato scuola media unificata. Ciò comportò la scomparsa della precedente scuola media, della scuola di avviamento professionale, dei corsi inferiori di istituti d'arte e quelli dei conservatori musicali, nonché del terzo ciclo delle scuole elementari (classi sesta, settima e ottava). La scuola media era stata istituita con la riforma Bottai nel 1940.[Legge 889/1940] Essa unificava i primi tre anni del ginnasio, dell'istituto tecnico inferiore e dell'istituto magistrale inferiore, ossia le tre scuole medie inferiori che, all'epoca, consentivano il proseguimento degli studi. Vi si accedeva dopo il superamento dell'esame di licenza elementare e dopo il superamento dell'esame di ammissione. Il programma di studi era basato sul vecchio ginnasio (italiano, latino, storia, geografia, etc), ma prevedeva anche lo studio delle scienze naturali, della musica e del disegno. Mancava la lingua straniera.

¹¹ Emma Castelnuovo, *Un metodo attivo nell'insegnamento della geometria intuitiva. Tecnica dell'insegnamento*, in “*Rivista mensile di pedagogia e didattica*”, anno I, n. 6, 1946, pp. 167-170.

Partendo dal concetto che l'interesse per la matematica nasce solo se si ha la sensazione di poter con la propria capacità portare un contributo anche minimo alla disciplina, il nuovo metodo per la geometria intuitiva si proponeva come un *metodo attivo continuo* che portava a ripassare, senza esagerazione, per lo stesso travaglio di ricerche e di errori che ci mostra lo sviluppo storico della disciplina. In contrapposizione al *metodo descrittivo* in cui la disciplina veniva somministrata dal generale al particolare, a partire da leggi evidenti, da definizioni e da concetti semplici, veniva proposto il nuovo metodo definito *costruttivo*. La proposta era di riprendere le origini della geometria e di fare capire l'importanza del calcolo delle aree delle figure poligonali, con mille esempi ed applicazioni in cui appare l'utilità pratica delle regole di misura. Questo tuttavia non bastava, occorreva che gli allievi si esercitassero con qualcosa di più tangibile di una camera o di un campo. Vengono così in aiuto i modelli in cartoncino per mezzo dei quali comporre e ricomporre figure piane. Essi offrono la possibilità di analizzare e di sintetizzare, sviluppando la facoltà di osservazione. Da questo semplice gioco, possono scaturire naturalmente delle verità geometriche, tra cui una delle più grandi, il teorema di Pitagora.

Anche alla divulgazione della matematica Emma Castelnuovo ha rivolto la sua attenzione, consapevole che “non si può vivere una vita moderna e cosciente con delle basi matematiche che troppo spesso sono insufficienti o, peggio, mal poste e «non matematiche».”¹² Tale affermazione è tanto più vera oggi, a distanza di mezzo secolo, nella nostra società che ha subito da allora un'accelerazione senza precedenti in ambito scientifico e tecnologico.

Molto note sono le esposizioni di matematica promosse da Emma Castelnuovo nella sua lunga carriera di insegnante che avevano una duplice valenza, didattica, ma anche divulgativa. Illustrando in un volume tutti gli argomenti che erano stati portati all'Esposizione Matematica svoltasi nei giorni 2-3-4 aprile 1974 dai 138 ragazzi dei corsi A e B della Scuola media Tasso di Roma, osservava che il presente volume era rivolto “agli insegnanti di matematica, agli studenti e a tutti coloro che sentono il piacere di conoscere la realtà”. “Lo scopo che ci siamo prefissi - prosegue la Castelnuovo - non è tanto quello di perseguire rigorose dimostrazioni matematiche, quanto piuttosto quello di abituare i ragazzi alla ricerca autonoma, proponendoci di svilupparne le possibilità di osservazione, l'intuizione, il senso critico e, in generale, alcune fondamentali attitudini di pensiero. Ciò è particolarmente utile nella vita di oggi che, diventando sempre più complicata, rischia di non essere compresa da una larga massa di persone, in tal modo relegate a un atteggiamento puramente passivo”.¹³

Il volume si presenta sotto forma di album in cui tutto, dai tabelloni esplicativi ai vari dispositivi e modelli matematici della mostra era stato riprodotto. Questa non era, tuttavia, la prima mostra di Emma; precedentemente nel maggio del 1971 ne era stata realizzata una dai 171 allievi degli stessi due corsi A e B della Scuola

¹² Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in “*Scuola e città*”, 28 febbraio 1957, p. 41.

¹³ Emma Castelnuovo e Mario Barra, *Matematica nella realtà*, Torino, Boringhieri, 1975. p. 8

media Tasso, anch'essa illustrata in un volume arricchito dalle esperienze vissute dai ragazzi, raccontate in prima persona.¹⁴ Il materiale era suddiviso in dodici sezioni, ciascuna presentata da studenti delle tre classi prima, seconda e terza in successione. Argomenti delle sezioni erano: area e perimetro, volume e superficie; il teorema di Pitagora; coniche e quadriche, le sezioni piane del cubo; Numeri e punto, l'infinito; la logica delle proposizioni, il sistema binario e i calcolatori; geometria analitica (sul piano quadrettato); le isometrie, un'applicazione all'arte: la disposizione di un motivo nei fregi; le trasformazioni affini, cenno sulle trasformazioni proiettive; identità strutturali e struttura di gruppo; probabilità; il baricentro di alcune figure; il calcolo baricentrico alcune applicazioni.

Il concetto che la matematica sia un valido strumento per aprire lo sguardo al mondo, è rimasto costante nel pensiero della Castelnuovo. In un recente contributo del 2003 *Aprire lo sguardo tramite la matematica*,¹⁵ Emma lamenta che, oggi, il senso dell'osservazione si è molto ridotto: “Riflettiamoci: si è stimolati ad osservare da un cambiamento, dalla variazione di un fenomeno; e oggi tutto è in movimento, e, quindi, si dovrebbe essere particolarmente sollecitati. Ma non è così: accade infatti che le variazioni, per esempio quelle che osserviamo sullo schermo televisivo, avvengono in maniera così rapida che si coglie lo stato iniziale e quello finale, mentre tutto il resto ci sfugge. Inoltre, per osservare, occorre ricordare. Ma la memoria è una facoltà che si va perdendo ...”. L'esempio portato in grado di suscitare interrogativi in campo matematico ma anche di stimolare il gusto di “saper guardare”, è un percorso didattico idoneo a essere trattato in classe a vari livelli di età. Partendo da un problema matematico riguardante i rettangoli isoperimetrici, il percorso si snoda attraverso il grafico di una parabola che descrive le variazioni dell'area del rettangolo, al paraboloide iperbolico e da questo alle più varie realizzazioni nel campo dell'architettura e dell'arte.

3. La matematica in mostra

Le esposizioni di materiale scientifico che i visitatori possono non solo osservare, ma con cui possono anche interagire, i cosiddetti “*science centres*”, stanno divenendo sempre più diffuse.

L'idea alla base di un “*science centre*” è di presentare fenomeni scientifici in modo “*hands-on*”. Il visitatore è sfidato a comprendere un esperimento che si svolge davanti ai suoi occhi. Alcuni “*science centres*” presentano esperienze di matematica, ma ce ne sono anche dedicati esclusivamente alla matematica.

Nel 1989, in collaborazione con l'Istituto della Enciclopedia Italiana, L'Istituto Italiano di Studi Filosofici di Napoli e il Musée des Sciences et de l'Industrie, Parc de la Villette di Parigi, fu proposto una grande mostra sulla matematica ed i suoi legami con l'arte, dal titolo esoterico: *L' Occhio di Horus: itinerari*

¹⁴ Emma Castelnuovo, *Documenti di un'esposizione di matematica “da bambini a uomini”*, Torino, Boringhieri, 1972.

¹⁵ Emma Castelnuovo, *Aprire lo sguardo tramite la matematica*, in Michele Emmer (a cura di), *Matematica e Cultura 2003*, Springer-Verlag Italia 2003, pp. 3-9.

nell'immaginario matematico.¹⁶ La scelta del titolo aveva uno scopo preciso: racconta, infatti, la leggenda, tramandata tra gli altri da Plutarco, che l'occhio di Horus venne smembrato in sei parti e che ciascuna parte rappresentava una delle sei frazioni più usate dagli egiziani nel calcolare le quantità di granaglie. Si tratta dunque di una immagine mitica e matematica allo stesso tempo, che ha continuato nei millenni ad affascinare gli artisti. Obiettivo della mostra era di diffondere la cultura della matematica al massimo grado attraverso l'aspetto visivo, ovvero per immagini.

L'idea che si volle trasmettere non era di una mostra puramente didattica, ma piuttosto di una mostra culturale, contenente anche delle sezioni strettamente didattiche. Organizzata in settori tematici, dai labirinti alle bolle di sapone, dalla simmetria ai nodi, dalla quarta dimensione alla topologia, l'obiettivo comune era di rendere visibili alcune delle grandi idee e dei grandi problemi della matematica. Erano proposti problemi da risolvere manipolando oggetti e strumenti, con l'eventuale aiuto di animatori. Accanto a oggetti strettamente matematici, vi erano oggetti artistici, opere d'arte (sculture, quadri, computer graphics, films) in cui comunque la matematica era, in qualche modo, il referente, spunti sulla storia della matematica e dei matematici più famosi. Una parte della esposizione era dedicata alla *computer graphics* e alle recentissime immagini ottenute tramite elaboratori molto sofisticati. Matematici di diversi paesi, ma anche artisti sensibili ai temi trattati, collaborarono alla mostra. La parola, *Math-Art*, coniata per questo tipo di ricerca matematica ed estetica, spiega Emmer, sta a dimostrare la nascita di una nuova collaborazione tra matematica e arte in cui i matematici stessi si propongono come artisti, mentre nel Rinascimento erano gli artisti ad occuparsi di matematica.¹⁷

La sezione sulla simmetria era in parte dedicata all'artista olandese M.C. Escher, in parte alle piastrellature non periodiche, le cosiddette tassellature di Penrose, e ai quasicristalli. La sezione sulle bolle di sapone o superfici minime, presentava una storia artistica e matematica delle varie forme che si possono ottenere con pellicole saponate e più recentemente con la computer grafica. Un'ampia area espositiva era dedicata ai solidi platonici con sculture e pitture di artisti contemporanei. Tra gli *exhibits* vi era un ampio modello del mazzocchio, il copricapo che appare in tante realizzazioni di Paolo Uccello, che rappresentava una sfida per l'artista che doveva rappresentarlo in prospettiva. La topologia occupava una vasta area divisa in sottosezioni dedicate rispettivamente ai nodi, al nastro di Möbius, ai labirinti. La sala dei labirinti conteneva ricostruzioni in scala di famosi labirinti (Creta, villa Pisani) e alcuni grandi pannelli del pittore Clerici. Una sala era dedicata alla *Etruscan Venus surface*, immagine dell'ombra tridimensionale di una superficie a quattro dimensioni, ottenuta al computer. L'ultima sezione era dedicata alla quarta dimensione. Oltre alle sculture in acciaio di Attilio Pierelli, il visitatore poteva

¹⁶ Michele Emmer, *Can Mathematics play a cultural role?* (<http://www.cirst.uqam.ca/pct3/PDF/Communications/EMMER.PDF>)

¹⁷ Michele Emmer, *La matematica si racconta*, in "La Repubblica" del 24 giugno 1989.

entrare nella scultura intitolata *Truncated 600-cell* creata da Harriet Brisson, e viaggiare in spazi a dimensione più alta.

Agli inizi degli anni novanta, presso la Scuola Normale di Pisa prese corpo l'idea di una mostra matematica a tema centrale unitario. Fu scelta la geometria delle curve per la maggior visibilità della geometria rispetto ad altri settori della matematica. Venne così a delinearci la struttura della mostra *Oltre il Compasso. La geometria delle curve* realizzata da Franco Conti con la collaborazione di Enrico Giusti e di un gruppo variegato di colleghi e inaugurata a Pisa l'8 maggio 1992 con 10.000 visitatori in un mese di esposizione. Da allora la mostra è stata esposta sia in Italia che all'estero con oltre 500.000 visitatori.

La mostra, oggi esposta a Firenze nel *Giardino di Archimede*, visitabile virtualmente all'indirizzo <http://php.math.unifi.it/archimede/archimede/curve/geocurve.php>, oltre che noleggiabile, è intesa a condurre il visitatore attraverso forme concrete, lungo un percorso che coniuga la corporeità degli oggetti e dei meccanismi con l'astrattezza del pensiero matematico; al termine del percorso si giunge a delineare una trama di corrispondenze tra i concetti della geometria, i meccanismi della tecnica, le costruzioni della scienza. Il visitatore si può muovere su tre itinerari ideali, distinti e incrociati. In primo luogo un cammino conoscitivo, lungo il quale si trovano descritte le idee principali della geometria delle curve in una scala di complessità crescente. Sovrapposto a questo, il percorso storico mette in luce l'evoluzione del concetto di curva e gli affinamenti successivi dei metodi matematici relativi. Infine, un terzo itinerario mostra l'uso delle curve e delle loro proprietà in vari momenti della scienza e della tecnica. Nel corso della visita si fa la conoscenza con un certo numero di curve, dalle più semplici, la retta e la circonferenza, alle più complesse e sorprendenti, e si scoprono le più importanti proprietà matematiche, in particolare quelle che ne regolano le applicazioni alla scienza, alla tecnica, e talvolta alla pratica della vita di tutti i giorni. La visita comincia da un pennarello e un semplice pezzo di spago, con i quali il visitatore è invitato a disegnare una retta e una circonferenza. A questo primo banco di lavoro che si intitola *Cosa si può fare con un pezzo di spago?* ne seguono altri: *Come disegnare una retta, e perché*; *Altri strumenti per tracciare rette*; *Quadrilateri articolati*; *Solo col compasso*. Seguono le Coniche: *Una luce nell'ombra*; *Echi e riflessi*; *Specchi ustori*; *Un miraggio*; *Ruotando*. Infine ci sono le altre curve: *La geometria analitica*; *Le spirali*; *Le caustiche*; *Inviluppi*; *Curvatura e dintorni*; *Figure a spessore costante*; *La cicloide*; *Il pendolo cicloidale*; *Nuove tendenze* (geodetiche e frattali). I pannelli della mostra sviluppano i seguenti temi: le origini della geometria; la geometria diventa sistema; rette e cerchi; curve e macchine; oltre il compasso: i problemi classici; le sezioni coniche; fuochi e riflessi; la rivoluzione scientifica; curve ed equazioni; curve trascendenti; involuppi; la cicloide; la curvatura; la via più breve; lunghezza e dimensione; quanto è lungo un tratto di costa?

Oltre lo specchio è una mostra laboratorio interattiva realizzata nel 1992 da alcuni membri del Nucleo di Ricerca Didattica di Trieste con la collaborazione del Laboratorio dell'Immaginario Scientifico (LIS) di Trieste. (<http://www.dmi.units.it/~nrd/attivita/specchio/intro.html#titolo>) L'esposizione è

rimasta allestita in modo permanente presso la sede del LIS di piazzale de Gasperi fino al 1997 ed ha avuto alcune migliaia di visitatori, per la gran parte scolaresche, ma anche insegnanti impegnati in corsi di aggiornamento e di perfezionamento. Le visite erano guidate da animatori e si svolgevano su prenotazione. La struttura della mostra era abbastanza flessibile e si adattava a percorsi didattici di vari livelli di difficoltà, pensati principalmente per la scuola dell'obbligo, ma adatti anche per il biennio della scuola superiore. Le attività da svolgere erano molteplici per i vari livelli scolari e tutte basate sulla manipolazione e sull'osservazione. La mostra era suddivisa in sei sezioni: attraverso una serie di giochi il visitatore veniva condotto a capire come funziona lo specchio semitrasparente del "simmetroscoPIO" (*Illusione e realtà*); il passaggio dallo spazio al piano, un gioco a coppie disegnando figure simmetriche (*Gli inganni dello specchio*); angoli, rotazioni, poligoni regolari e non, accostando due specchi si ottiene l'effetto di una rotazione e si osserva l'effetto del caleidoscopio (*Tra gli specchi ... quasi come su una giostra*); simmetria assiale e composizione di simmetrie assiali con schede di lavoro individuali, per introdurre la simmetria assiale come trasformazione del piano e analizzarne le proprietà (*Geometria allo specchio*); applicando le proprietà della simmetria assiale si risolve il problema di Erone sul percorso minimo; si sperimentano le leggi della riflessione della luce e dell'urto elastico (*Somiglianza nella diversità*); altre trasformazioni e nuovi concetti geometrici: si realizza sperimentalmente, con la finestra del Dürer, la rappresentazione prospettica di un modello, si realizzano ingrandimenti e rimpicciolimenti in scala; si forniscono istruzioni per disegnare involucri di coniche (*Uno specchio per disegnare*).

Nel 1996 fu realizzato un percorso di matematica nella Città della Scienza di Napoli a cura di Michele Emmer, Carla Giusti, Carlo Sbordone, volto a mostrare a un vasto pubblico l'importanza, il ruolo e l'impatto della matematica ai fini della comprensione del mondo e della nostra esperienza quotidiana, attraverso la rivisitazione di risultati classici della matematica interpretati intuitivamente: il teorema di Pitagora, il concetto di infinito coi suoi paradossi, la velocità con cui si raggiungono numeri molto grandi procedendo al raddoppio iterato, e molti altri exhibits anche di tipo interattivo.¹⁸

Dal convegno *La matematica al museo* che si tenne a Cortona nel 1998, uscì una collaborazione internazionale sul progetto *Maths Alive: Mathematics in the everyday life* coordinato da Albrecht Beuthelspacher,¹⁹ durante il quale sono nati musei specifici per la matematica, il *Mathematikum* di Giessen diretto da Beuthelspacher (<http://www.mathematikum.de/>) e il *Giardino di Archimede*, creazione di Enrico Giusti con sede prima a Priverno, poi a Firenze (web.math.unifi.it/archimede). Si tratta di musei la cui struttura è interattiva, composti da percorsi matematici basati sul fare, sul gioco, sulla meraviglia, per

¹⁸ Carlo Sbordone, *Matematica in mostra*, in Michele Emmer (a cura di), *Matematica e Cultura*. Atti del Convegno di Venezia 1997, supplemento a *Lettera matematica* pristem 27-28, Springer-Verlag Italia, 1998, pp. 67-70.

¹⁹ M. G. Bartolini Bussi, M. Maschietto, *Macchine matematiche: dalla storia alla scuola*, Springer 2006, pp. 141-142.

realizzare che la matematica entra nella vita di tutti i giorni e magari arrivare a comprendere i concetti matematici che si nascondono dietro il funzionamento di oggetti di uso quotidiano.

Il 12 settembre 1999 è stato inaugurato presso il Castello di S. Martino a Priverno il *Giardino di Archimede*, il primo museo in assoluto dedicato completamente alla matematica e alle sue applicazioni. È la peculiarità della matematica rispetto alle altre scienze che rende difficile costruire una sezione matematica all'interno dei musei della scienza. La matematica, infatti, spiega Giusti, “non ha oggetti da mostrare, né fenomeni da sperimentare. Ciò non vuol dire che la matematica sia una scienza senza oggetti: solo che questi non sono visibili immediatamente, ma si trovano in qualche modo all'interno di altri oggetti e fenomeni scientifici, tecnologici o anche della vita di tutti i giorni. In un certo senso la matematica è come uno scheletro, che non è visibile direttamente, ma che tuttavia è indispensabile per sorreggere l'intera struttura scientifica. Per vedere lo scheletro sono necessarie delle tecniche che permettano di guardare all'interno delle cose, senza fermarsi alla superficie.”²⁰

Nel museo della matematica l'unità di base non è l'oggetto, ma il percorso, occorre esporre non un singolo pezzo ma una sequenza di oggetti diversi, collegati da un unico principio matematico che sta alla base del loro funzionamento. Affinché gli oggetti in mostra possano mostrare il loro contenuto matematico, infatti, “è necessario che si presentino non isolatamente, ma in percorsi strutturati in una serie omogenea, dalla quale, al di là e al di sotto dei singoli oggetti che la compongono, emerge la struttura matematica che li unifica e li vivifica.”²¹

Utenti del museo sono innanzitutto gli studenti di ogni ordine di scuola, dalle elementari all'Università, ma più in generale il museo si rivolge a tutti coloro che hanno interesse a capire di cosa si tratta e perché la matematica è così importante nella tecnologia e nella cultura contemporanea. In un museo, infatti, prosegue Giusti, non si tratta di insegnare la matematica, “al contrario occorrerà evitare accuratamente le dimostrazioni lunghe e formali. Da questo punto di vista il programma del museo è complementare a quello della scuola: lì si insegna, qui si avvicina il pubblico alla matematica. Da questa complementarità nasce la possibilità di una proficua collaborazione tra il museo e la scuola, senza confusione di ruoli”.²²

La sede del Giardino di Archimede di Priverno è ora chiusa, ma in marzo 2004 è stata inaugurata una sede a Firenze che occupa una parte del complesso scolastico dell'ITT Marco Polo a S. Bartolo a Cintoia. In maggio 2010 è stata inaugurata una nuova sede ad Avellino. Le mostre realizzate da Il Giardino di Archimede sono: *Oltre il compasso: la geometria delle curve; Pitagora e il suo teorema; La matematica in Italia 1800-1950; Un ponte sul Mediterraneo. Leonardo Pisano, la*

²⁰ Si veda la presentazione alla pagina:
<http://php.math.unifi.it/archimede/archimede/presentazione2.html>

²¹ *Ivi.*

²² Enrico Giusti, *Un museo per la matematica: perché, come, dove*, in Michele Emmer (a cura di), *Matematica e Cultura 2000*, Springer-Verlag Italia 2000, pp. 175-180.

scienza araba e la rinascita della matematica in Occidente; Piccola storia del calcolo infinitesimale; La matematica antica attraverso i francobolli; Aiutare la natura. Dalle Meccaniche di Galileo alla vita quotidiana; Armi di istruzione di massa. Giochi, enigmi, passatempi matematici.

Il laboratorio di macchine matematiche del Dipartimento di Matematica dell'Università di Modena e Reggio Emilia, comprende una collezione di strumenti geometrici ricostruiti sulla base delle descrizioni contenute in testi storici a partire dall'antichità greca fino al ventesimo secolo. I suoi scopi sono sia didattici, sia divulgativi. Come ci spiega una delle curatrici del laboratorio,²³ una macchina matematica (riferita al campo della geometria) è un manufatto disegnato e costruito con uno scopo, che è indipendente dall'eventuale uso pratico della macchina, ovvero quello di forzare un punto, un segmento o una figura piana a muoversi o a essere trasformato secondo una certa legge stabilita dal suo inventore. La macchina matematica più famosa è certamente il compasso, divenuto parte dell'iconografia dei matematici. È l'antenato di molti strumenti e dei pantografi per disegnare le curve. Un'altra classe di macchine matematiche sono i prospettografi, legati all'antica teoria tridimensionale delle coniche, da una parte, e dall'altra, alle radici della geometria proiettiva.

Il laboratorio fu iniziato negli anni ottanta da un piccolo gruppo di insegnanti di scuola secondaria, ispirato dall'opera didattica di Emma Castelnuovo e di Lucio Lombardo Radice a Roma. Gli insegnanti iniziarono a costruire strumenti con materiali poveri nei depositi del liceo scientifico "Alessandro Tassoni" di Modena usandoli nella loro pratica quotidiana in classe. Dopo il pensionamento, costituirono l'Associazione Macchine Matematiche che, in collaborazione col Dipartimento di Matematica e con altri musei, produsse mostre ed esibizioni. Nel 1992 iniziò l'attività espositiva con una mostra pubblica (*Macchine matematiche e altri oggetti*) nel Comune di Modena. Da allora molte altre mostre seguirono in Italia e all'estero. Nel 1996 il laboratorio fu trasferito al Museo delle Scienze dell'Università poi, nel 2002, al Dipartimento di Matematica. Durante questo periodo sono stati ricostruiti circa 200 strumenti. Oltre ai modelli veri e propri, si iniziò a produrre copie virtuali degli strumenti, con possibilità di attivarne il movimento virtualmente, non solo per mostrarne il funzionamento, ma anche per produrre infiniti differenti strumenti modificando i parametri. Si produssero così le mostre *Theatrum machinarum* visitabile alla pagina web http://www.museo.unimo.it/theatrum/macchine/_00lab.htm e *Perspectiva artificialis* visitabile alla pagina web http://archiviomacmat.unimore.it/Sito_Macchine/mostra4/pagina_iniziale.htm.²⁴

Parallelamente furono condotte ricerche sulla funzione degli strumenti in ambito didattico che hanno prodotto unità didattiche rivolte alla scuola secondaria

²³ Michela Maschietto, *The Laboratory of Mathematical Machines of Modena*, in "EMS Newsletter" June 2005, pp. 34-37.

²⁴ Per una sintesi della mostra si veda *Perspectiva Artificialis: a real exhibition with a virtual catalogue*, alla pagina web: http://galileo.cincom.unical.it/convegna/cd_simai/english/atti/pdf/Bartolini2.pdf.

e l'organizzazione di attività in classe utilizzando materiale prodotto a tale scopo.²⁵ L'uso didattico di copie di strumenti storici produce, secondo i curatori della mostra, alcuni importanti risultati: permette di realizzare che la matematica è parte dello sviluppo culturale dell'uomo e partecipa dello sviluppo dell'arte e della tecnologia; promuove un'attitudine positiva verso la matematica, dando centralità alla scoperta e agli aspetti piacevoli dell'attività matematica, favorisce il coinvolgimento del corpo nel processo mentale, secondo i più recenti studi di neuroscienze e linguistica cognitiva, crea un contesto idoneo alla formazione di concetti matematici e alla costruzione di dimostrazioni.

4. Qualche esperienza all'estero

Dopo l'esperimento di uno spazio matematico all'interno del *Palais de la Découverte* di Parigi, exhibits interattivi sono stati creati negli anni ottanta del Novecento e un'ampia sala espositiva per la matematica è stata costruita nel 1986 nella *Cité des Sciences et de l'Industrie* situata a *La Villette* a Parigi. Attraverso tre millenni di storia della matematica, la mostra *Mathématiques*, intesa a rendere concreta la matematica grazie a una scelta di oggetti manipolabili, è strutturata in due parti anche fisicamente separate: *Géométries, nombres et mouvements* e *Complexité et prédiction* collocate alla destra e alla sinistra del *Manège inertiel*, la sala che messa in rotazione permette di sperimentare fenomeni legati alla forza di Coriolis (<http://www.cite-sciences.fr/fr/au-programme/expos-permanentes/expos-permanentes-dexplora/mathematiques/decouvrez-lexposition/>).²⁶ Nella prima parte si trovano varie geometrie: la geometria delle figure che rende conto delle caratteristiche di posizione, forma, grandezza e delle proprietà che si mantengono per deformazione; la geometria delle trasformazioni; la geometria non euclidea; la geometria analitica (il gioco delle coordinate, il gioco che introduce alla traduzione algebrica nello spazio a tre dimensioni, il gioco sulla nozione di funzione ove sei vasi di ugual volume e stessa altezza si riempiono nello stesso tempo e si tratta di associare a una forma di recipiente una delle sei curve che indicano l'altezza del liquido in funzione del tempo). I problemi di ottimizzazione sono affrontati in due contesti: 1. il cammino più corto è anche il più veloce? (dispositivo interattivo sulla nozione di cicloide), 2. Le superfici di minimo sforzo, ove bolle di sapone materializzano delle superfici minime. Nella seconda parte *Complexité et prédiction* la matematica è inserita in diversi ambiti scientifici, scienze umane comprese. Si pone l'attenzione sulla probabilità e la statistica, in particolare con *il movimento Browniano* (dispositivo interattivo che mostra un movimento imprevedibile) e la tavola di Galton (oggetto che introduce la curva di Gauss attraverso la ripartizione sperimentale di 256 biglie), ma anche coi sondaggi multimediali e statistici che portano il visitatore a utilizzare strumenti statistici. L'analisi del reale e la sua modellizzazione permettono di simulare

²⁵ Maria G. Bartolini Bussi, Michela Maschietto, *Macchine matematiche dalla storia alla scuola*, Springer-Verlag Italia 2006.

²⁶ Si veda in particolare *Plan de l'Exposition*.

l'evoluzione di situazioni impossibili da riprodurre o troppo complesse per essere sperimentate (in particolare la triangolazione di Delaunay). Sono anche richiamate la teoria del caos con il pendolo interattivo (Chaoteur) sul problema della sensibilità alle condizioni iniziali, la fontana turbolenta (in cui dodici recipienti forati, fissi su una ruota mobile, passando sotto un getto d'acqua provocano movimenti improvvisi della ruota) e la nozione di oggetti frattali. Tre film riuniti sotto il titolo *L'esprit des mathématiques*, illustrano il cammino teorico e la sua continuità attraverso i secoli: il primo affronta il tema della dimostrazione, il secondo quello della modellizzazione e il terzo illustra il mestiere del matematico di oggi.

Ci sono esposizioni annuali che variano nel contenuto di anno in anno, come *Le Salon de la Culture Mathématiques et des Jeux* a Parigi,²⁷ altre occasionali come *Experiencing Mathematics* (<http://www.mathex.org/>) sponsorizzata dall'UNESCO e ICMI presentata nel 2004 a *European Congress of Mathematics* e al decimo *International Congress on Mathematical Education*.

L'idea che soggiace alla mostra *Imaginary-Through the Eyes of Mathematics* (<http://imaginary.org/exhibition/imaginary-through-the-eyes-of-mathematics>) sviluppata nel 2008 in Germania e da allora allestita in oltre 60 città, in Germania, Austria, UK, Francia, Ucraina, Svizzera, Argentina, Polonia, Columbia, Panama, Spagna, Portogallo, Serbia, Russia e US, come suggerisce il nome, consiste nell'utilizzo della componente estetica e visuale della matematica, per spiegare le basi matematiche in maniera interattiva. Nella sua forma originale la mostra si compone di quattro sezioni:

1. una galleria di immagini matematiche di superfici algebriche di grande bellezza create dal matematico Herwig Hauser
2. molte installazioni interattive dove i visitatori possono sperimentare con la matematica. Attrazione principale è il programma SURFER che calcola e mostra in tempo reale superfici algebriche sulla base dei parametri introdotti dal visitatore. Il programma CINDERELLA per simulazioni, caos e simmetrie; il programma MORENAMENTS permette di disegnare motivi simmetrici in uno dei 17 gruppi di simmetria nel piano euclideo; il programma 3D-XPLORMATH, usando occhiali 3D, permette ai visitatori di scoprire la matematica da un punto di vista tridimensionale; il programma JREALITY genera un mondo matematico virtuale dove il visitatore si può muovere liberamente, saltare o cadere da certe superfici
3. una stazione di film matematici sulle superfici algebriche; sulla crittografia basata sulle curve ellittiche, la collezione dei film vincitori del Math Film Festival 2008; MESH spiega la storia della geometria discreta e le sue applicazioni alla grafica computerizzata; DIMENSIONS offre una visita alla quarta dimensione spiegando la proiezione stereografica a un livello generalmente comprensibile),
4. vetrina con sculture 3 D di superfici algebriche.

²⁷ Si tiene ogni anno dal 2000 l'ultima settimana di maggio da giovedì a domenica.

5. Conclusione

A fronte di tanti sforzi, la cultura matematica, ma anche quella scientifica, nel nostro paese è ancora patrimonio di pochi. Un concerto al ridotto del teatro di qualche principiante sconosciuto, generalmente attrae più pubblico di una conferenza tenuta da un astrofisico di fama internazionale che si impegna nella divulgazione di fenomeni che riguardano le stelle e l'universo in cui viviamo. Preconcetti e ignoranza fanno la loro parte in questo atteggiamento di disinteresse. L'auspicio è che ci sia un investimento reale sul corpo docente, sia in termini di formazione iniziale, sia di aggiornamento permanente, affinché dall'esperienza passata, dalle idee di personalità come Emma Castelnuovo, gli insegnanti possano partire, prendere spunti metodologici, per un rinnovamento della didattica della matematica nella scuola.

Bibliografia

Maria G. Bartolini Bussi, Michela Maschietto, *Macchine matematiche dalla storia alla scuola*, Springer-Verlag Italia 2006.

Emma Castelnuovo, *Un metodo attivo nell'insegnamento della geometria intuitiva. Tecnica dell'insegnamento*, in "Rivista mensile di pedagogia e didattica", anno I, n. 6, 1946, pp. 167-170.

Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica nella scuola media*, in "Il Centro, Bollettino bimestrale del Centro Didattico Nazionale", anno I, n. 5, gennaio-febbraio 1953, pp. 11-19.

Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in "Scuola e città", 28 febbraio 1957, pp. 41-45.

Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in "Scuola e città", 30 aprile 1957, pp. 123-129.

Emma Castelnuovo, *L'insegnamento della matematica*, in "Scuola e città", 31 marzo 1957, pp. 93-98.

Emma Castelnuovo, *Documenti di un'esposizione di matematica "da bambini a uomini"*, Torino, Boringhieri, 1972.

Emma Castelnuovo, Mario Barra, *Matematica nella realtà*, Torino, Boringhieri, 1975.

Emma Castelnuovo, *Verso un insegnamento della matematica che produce cultura scientifica*, in "Revista Estudos Italianos em Portugal", n.º 45-46-47, 1982-83-84, pp. 373-386.

Emma Castelnuovo, *Aprire lo sguardo tramite la matematica*, in Michele Emmer (a cura di), *Matematica e Cultura 2003*, Springer-Verlag Italia 2003, pp. 3-9.

Michel Darche, *Divulgare la matematica nel mondo*, in Michele Emmer (a cura di), *Matematica e Cultura 2000*, Springer-Verlag Italia 2000, p. 181-186.

Simonetta Di Sieno, *Mostre di matematica: soltanto una nuova moda o una strategia interessante?*, La matematica nella società e nella cultura, serie VIII, vol. V-A, dicembre 2002, pp. 491-514.

Simonetta Di Sieno, *Matematica al museo*, in “*La matematica nella Società e nella Cultura*”, serie VIII, vol. VI-A, aprile 2003, pp. 85-103.

Michele Emmer, Gianni Eugenio Viola, Franca Rovigatti, *L'occhio di Horus: itinerari nell'immaginario matematico*, Istituto della Enciclopedia Italiana, 1987.

Michele Emmer, *Can Mathematics play a cultural role?* (<http://www.cirst.uqam.ca/pcst3/PDF/Communications/EMMER.PDF>)

Michele Emmer, *La matematica si racconta*, in “*La repubblica*” del 24 giugno 1989.

Michele Emmer, *Matematica e cultura: la via maestra della divulgazione*, in “*La matematica nella Società e nella Cultura*”, serie VIII, vol. VII-A, agosto 2004, pp. 249-273.

Livia Giacardi, Rosetta Zan (a cura di), *Emma Castelnuovo l'insegnamento come passione*, in “*La matematica nella Società e nella Cultura*”, serie I, vol. VI, aprile 2013.

Enrico Giusti, *Un museo per la matematica: perché, come, dove*, in Michele Emmer (a cura di), *Matematica e Cultura 2000*, Springer-Verlag Italia 2000, pp. 175-180.

Gert-Martin W. Greuel, Andreas Daniel Matt, Antonia S.J.S. Mey, *Editorial: Imaginary-Mathematics Communication for the 21st Century*, in *Newsletter of the European Mathematical Society*, June 2014, issue 92, pp. 3-6.

Richard Mankiewicz, “*Maths Tour*”: *la matematica fra la gente*, in Michele Emmer (a cura di), *Matematica e Cultura 2000*, Springer-Verlag Italia 2000, pp. 187- 194.

Michela Maschietto, *The Laboratory of Mathematical Machines of Modena*, in “*EMS Newsletter*” June 2005, pp. 34-37.

Carlo Sbordone, *Matematica in mostra*, in Michele Emmer (a cura di), *Matematica e Cultura*. Atti del Convegno di Venezia 1997, supplemento a lettera matematica pristem 27-28, Springer-Verlag Italia, 1998, pp. 67-70.