

## **Frei Otto – architetto**

### **le superfici minime e le lamine saponate**

MICHELE EMMER

Tutto non è che bolle di sapone

<http://www.swif.uniba.it/lei/rassegna/020903b.htm>

[http://archiviostorico.unita.it/cgi-bin/highlightPdf.cgi?t=ebook&file=/golpdf/uni\\_2002\\_09.pdf/03CUL26A.PDF&query=ma.ge](http://archiviostorico.unita.it/cgi-bin/highlightPdf.cgi?t=ebook&file=/golpdf/uni_2002_09.pdf/03CUL26A.PDF&query=ma.ge).

Michele Emmer\_ Bolle di sapone tra arte e matematica

<http://www.hevelius.it/webzine/leggi.php?codice=167>

La natura non spreca energia: architettura e bolle di sapone

Buona sintesi libro Michele Emmer, per architettura e frattali - con immagini

<http://www.utem.it/dispense/Scienze/La%20natua%20non%20spreca%20energie%20-%20bolle%20sapone.PDF>

Michele Emmer

### **Tutta una bolla di sapone!**

Abbi divertimento sulla terra e sul mare

Infelice è il diventare famoso

Ricchezze, onori, false illusioni di questo mondo

Tutto non è che bolle di sapone.

Il 9 dicembre 1992 il fisico francese Pierre-Gilles de Gennes, professore al Collège de France, dopo il conferimento del premio Nobel per la fisica concludeva la sua conferenza a Stoccolma con questa poesia, aggiungendo che nessuna conclusione gli sembrava più appropriata. La poesia compare come chiosa di una incisione del 1758 di Daullé dall'opera andata perduta di François Boucher La souffleuse de savon.

De Gennes non voleva alludere ai significati allegorici che per molti secoli hanno avuto le bolle di sapone: simbolo della vanità, della fragilità delle ambizioni umane, della vita stessa. Le bolle di sapone erano uno degli argomenti della sua relazione, che era tutta dedicata alla Soft matter, le bolle di sapone che come scrive “sono la delizia dei nostri bambini”. Una riproduzione dell'incisione compare ad illustrare l'articolo. Ma è giustificato un tale interesse per questi oggetti belli, colorati ma fragili, eterei, un soffio e nulla più? Ebbene le bolle di sapone sono uno degli argomenti più interessanti in molti settori della ricerca scientifica: dalla matematica alla chimica, dalla fisica alla biologia. Ma non solo, anche nell'architettura e nell'arte, per non parlare del design e persino della pubblicità. Una storia che inizia molti secoli fa e che continua tuttora.

Non per caso il famoso fisico Lord Kelvin ha scritto che “osservando una bolla di sapone potreste passare tutta la vita a studiarla”.

E' abbastanza naturale che tra i primi ad essere attratti dalle iridescenti lamine saponate

siano stati gli artisti, i pittori in particolare. Naturalmente per l'esistenza delle bolle di sapone come effetto collaterale bisognava che il sapone come lo conosciamo noi fosse abbastanza diffuso. Nel Seicento lo era almeno in alcune parti di Europa. Si cominciarono a vedere bambini che giocavano con le bolle. La prima immagine è molto probabilmente degli inizi del Cinquecento, la più famosa è però di Goltzius, fine Cinquecento.

Titolo "Homo Bulla", la fragilità della vita, l'inutilità delle ambizioni.

H. Goltzius, "Quis evadet?", 1594

E sono moltissimi i dipinti in Olanda, Germania e nei paesi vicini in cui si vedono le bolle di sapone. Ad un certo punto gli scienziati cominciano a porsi delle domande sulla struttura, sul colore delle lamine, probabilmente spinti dal vedere tanti bambini che giocavano per le strade. Il primo che pone dei quesiti scientifici sulle bolle, in particolare sul colore, è Isaac Newton. Siamo agli inizi del Settecento. E la storia parallela delle bolle di sapone continua nei secoli successivi. Tra gli artisti dipinge le bolle Chardin (tra l'altro una mostra antologica del grande pittore francese si aprirà al Palazzo dei Diamanti di Ferrara nell'ottobre di quest'anno e per il manifesto è stato scelto proprio il quadro delle bolle),

J. B. S. Chardin, Bolle di sapone, 1734, sino ad arrivare al famoso dipinto di Manet che si trova alla fondazione Gulbenkian a Lisbona.

Sono gli anni in cui Bizet, l'autore della Carmen, compone delle musiche "per bambini" tra cui un brano intitolato "Bolle di sapone". Negli stessi anni inizia la storia "matematica" delle bolle e lamine di sapone. Per i matematici le bolle di sapone sono modelli di una geometria delle forme molto stabili, e solo qualche anno dopo che Manet dipinge il suo quadro, il fisico belga Joseph Plateau pubblica in due volumi i risultati delle sue ricerche sulle lamine di sapone. Plateau ha studiato due problemi: come si intersecano tra loro le bolle di sapone e quali angoli formano. Se si soffia nell'acqua saponata e si formano delle bolle, se due o più bolle si toccano tra loro, immediatamente si formano delle pareti piatte tra le diverse bolle che perdono il perfetto aspetto sferico. Stessa cosa accade quando laviamo i piatti con il sapone liquido. Si formano migliaia di lamine saponate, ognuna delle quali contiene dell'aria intrappolata. Ebbene per anni Plateau sperimentò e descrisse gli angoli che le lamine formavano finché arrivò a stabilire quelle che si chiamano le leggi di Plateau per le lamine di sapone. Leggi assolutamente sorprendenti:

1) Le superfici possono incontrarsi solo in DUE modi: o tre superfici che si incontrano lungo una linea o sei superfici che danno luogo a quattro curve che si incontrano in un vertice.

2) gli angoli di intersezione delle superfici lungo una linea o delle superfici delle curve di intersezione in un vertice sono sempre uguali, nel primo caso a  $120^\circ$ , nel secondo a  $109^\circ 28'$ .

Qualunque sia il numero di bolle e lamine saponate che abbiamo costruito, siano anche milioni e milioni, gli unici tipi di angoli che le lamine formano tra di loro sono del tipo indicato da Plateau! Solo ed unicamente due tipi. Un risultato del tutto sorprendente ottenuto da Plateau sperimentalmente.

Plateau utilizza le regole scoperte per dare forma ad un gran numero di strutture di acqua saponata, alcune delle quali molto interessanti. Per far questo basta costruire dei telaietti di ferro ed immergerli nel sapone. Una volta estratti si ottiene per ogni telaietto un sistema di lamine che è la verifica sperimentale del problema di Plateau per quel telaietto. In questo modo è possibile avere un'idea precisa di come sono fatte le soluzioni sperimentali di problemi matematici di cui non è nota la soluzione esplicita; inoltre si verifica che in ogni caso le regole di Plateau sugli angoli sono sempre rigidamente soddisfatte, esperienza affascinante per chi la compie vista la incredibile precisione delle composizioni che si ottengono.

Passeranno cento anni prima che la matematica USA Jean Taylor dimostri che le leggi sperimentali trovate da Plateau erano corrette. I matematici non si accontentano di esperimenti vogliono dimostrare che i risultati sono corretti.

A questo punto forse qualcuno si chiederà? Ma i matematici non hanno null'altro da fare che mettersi a studiare la geometria delle lamine di sapone? Insomma, a che cosa serve tutto questo? La ricerca dei matematici è tutta una bolla di sapone?

La risposta è molto semplice: prima di tutto non bisogna mai chiedere ai matematici quale sia lo scopo delle loro ricerche. Molte volte si ha l'impressione che molte delle ricerche dei matematici siano autoreferenziali, ed invece si scopre, magari molti anni dopo, che quelle ricerche avevano una utilità assolutamente sorprendente.

Un esempio: alla fine dell'Ottocento proprio lord Kelvin mise dei suoi assistenti a studiare i nodi della Marina Inglese per classificarli. Da lì ebbe origine la teoria dei nodi, un settore della matematica che rientra nel capitolo della Topologia, introdotta dal matematico francese Henri Poincaré alla fine dell'Ottocento. Quando negli anni cinquanta fu individuata la struttura del DNA, l'aver a disposizione una teoria dei nodi risultò di estrema utilità.

Sì, ma le bolle e lamine di sapone, a che possono mai servire? Anche i pittori per secoli le hanno indicate come il simbolo della fragilità umana!

Un altro esempio. Negli anni sessanta del secolo scorso un architetto tedesco che si chiamava **Frei Otto** si mise a sperimentare delle nuove strutture architettoniche che chiamò "Tensile Structures".

Compiva esperimenti utilizzando delle lamine di sapone. Immergeva delle strutture che simulavano il progetto architettonico, faceva uscire piano piano l'acqua saponata e otteneva delle strutture con lamine di sapone che venivano fotografate, misurate e servivano da modello alla grande architettura. Ovviamente non bisognava trascurare i calcoli strutturali. Le lamine di sapone non hanno praticamente peso, una struttura da costruire ha un peso rilevante e ovviamente i modelli con le lamine di sapone vanno adattati. E la più famosa realizzazione di Otto è proprio la enorme tenda sospesa sopra lo stadio olimpico di Monaco di Baviera. 1969-1971

Un altro esempio? Sempre Lord Kelvin pose un problema al quale cercò di dare una soluzione che sapeva non essere la migliore possibile. Si chiese come lo spazio potesse essere suddiviso in celle di eguale volume con la minima area superficiale tra le singole celle, in altre parole quale fosse la forma migliore di una schiuma di bolle.

Weaire e Phelan, due chimici fisici irlandesi, dimostrarono che la congettura di Kelvin non era corretta, che si poteva costruire una soluzione migliore di quella proposta da Kelvin. Era il 1993. La struttura di Weaire-Phelan utilizza due tipi di celle di eguale volume, un dodecaedro pentagonale irregolare e un tetrakaidecahedron con due esagoni e 12 pentagoni, con facce molto incurvate.

Arriviamo ai giochi olimpici di Pechino, stadio del nuoto. Il gruppo di architetti australiani e tedeschi riuniti nel PTW ha utilizzato le strutture di Plateau e di Weaire e Phelan per progettare lo stadio olimpico del nuoto. Ecco che cosa hanno detto del progetto Tobias Walliser e Chriss Bosse, due degli architetti:

Utilizzando la schiuma di Weaire e Phelan come base per la struttura del Watercube, nonostante la sua apparente complessità e la sua forma organica, l'edificio è costruito utilizzando un elevato grado di ripetibilità. Usa soltanto tre facce differenti, quattro spigoli differenti e tre nodi o angoli diversi. Così il Centro Acquatico nazionale di Beijing può essere facilmente costruito utilizzando, organicamente e in modo ripetitivo, lo spazio basandosi su una soluzione di uno dei quesiti matematici più significativi, che si ritrova anche in natura, una soluzione verde, sociale e tecnica.

Insomma una struttura basata su modelli di lamine di sapone in cui trovano posto migliaia di persone! Naturalmente la storia parallela delle bolle nell'arte e nella scienza continua. Un esempio di artista, il fotografo USA Bradley Miller, che ottiene immagini incredibili di lamine di sapone.

Per finire, come all'inizio, una poesia:

*All the world's a tiny bubble  
Floating inside  
Those of us who notice are  
Expected to hide  
All the world's a tiny bubble  
Floating inside, the truth*

*Paul McCartney*

Referenze:

M. Emmer, "Bolle di sapone tra arte e matematica", Bollati Boringhieri, 2009

M. Emmer, "Bolle di sapone", film, DVD.

Michele Emmer\_ Bolle di sapone tra arte e matematica

<http://www.hevelius.it/webzine/leggi.php?codice=167>

**Gridshell: il concetto di grid e shell, superfici a doppia curvatura**

<http://www.federica.unina.it/architettura/laboratorio-di-costruzione-architettura/grid-shell-doppia-curvatura/>

Tesi di Laurea\_Didattica della Fisica\_Firenze

interessante prima parte per arte-architettura e fisica,

seconda parte didattica di laboratorio con bambini

<http://hep.fi.infn.it/ol/samuele/tesi/pennucci.pdf>

Università degli Studi Di Trento Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche E Naturali - Corso di Laurea in Matematica - Elaborato Finale

"Matematica trasparente...come bolle di sapone" Frei Otto e Chriss Bosse,

Un percorso didattico-sperimentale per le scuole secondarie di primo grado

[http://overseasmarkos.altervista.org/bolle\\_silvia.pdf](http://overseasmarkos.altervista.org/bolle_silvia.pdf)

Università di Sassari \_

Inaugurazione dell'anno accademico

Architettura e matematica: Frei Otto ...superfici minime

[http://www.uniss.it/documenti/inaugurazione449\\_interventi.pdf](http://www.uniss.it/documenti/inaugurazione449_interventi.pdf)