



*Progetto Pulp-Based Computing.*  
Particolare con led integrati nella  
carta e intrusioni nella cellulosa della  
carta di sensori e microprocessori.  
(Marcelo Coelho)

*Pulp-Based Computing project.*  
Detail with integrated LEDs in  
paper and intrusion of sensors and  
microprocessors in the cellulose  
of the paper. (Marcelo Coelho)

# PAPER AND INTER- ACTION

Ricerche e sperimentazioni sui  
nuovi “oggetti cartacei” interattivi

## PAPER AND INTERACTION

### Ricerche e sperimentazioni sui nuovi “oggetti cartacei” interattivi

Carta e digitale, un rapporto in divenire e non ancora risolto, sono i soggetti di trasformazioni in atto nel mutevole contesto del design dell'interazione. A fronte di diverse esperienze progettuali si è evidenziato come questo processo, verso il digitale, non rientra più nei consueti schemi dettati dall'avvento dell'editoria on-line, ma coinvolge in maniera totale l'artefatto come oggetto interattivo, reale e tangibile. Esistono da alcuni anni nel contesto scientifico internazionale alcuni progetti di ricerca che cercano di aggiungere alla carta delle funzioni proprie dell'artefatto digitale implementando nuovi layer informativi e nuove esperienze interattive. Il saggio analizza in maniera critica queste neonate direzioni progettuali al fine di comprenderne le potenzialità e focalizzare i metodi del progetto di questi nuovi “oggetti cartacei”.

Dalla metà degli anni Novanta del secolo scorso, con l'inizio dell'uso massificato della rete, ha cominciato a diffondersi la convinzione che l'avvento del digitale e dell'editoria on-line avrebbe condotto in maniera inevitabile alla morte dell'artefatto cartaceo come forma di divulgazione a favore della neonata comunicazione multimediale. Questo assunto, sostenuto ed enfatizzato dai primi speculatori editoriali della new-economy, ha dato origine a una serie di artefatti digitali che, per impostazione ed eccessiva semplificazione progettuale, non erano in grado minimamente di competere con gli ormai usuali media cartacei. Oggi, la miniaturizzazione degli smart device e la nascita di dispositivi il cui schermo riproduce, dal punto di vista dimensionale, l'esperienza visiva della gran parte degli artefatti cartacei editoriali, ha portato a consolidare in modo definitivo il passaggio all'uso dei device.

Alla luce di questo fenomeno, che potremmo definire una “rivoluzione in atto”, neppure il più convinto sostenitore delle tesi dell'interaction design, può negare che l'emozione e la profondità fruitiva dell'esperienza tattile e visiva intrinseca a un artefatto cartaceo sia sostituibile con il più sofisticato, complesso e multiforme device multitouch. Il digitale non oblitera la materia, il virtuale non esiste se non in rapporto al contesto reale. La percezione aptica che ci ha sempre garantito una fruizione sensoriale delle superfici è, però, messa in crisi oggi da un processo comunicativo che assume come “protagonisti” device non più dotati di quella risposta materica stabilizzata, fondamentale per il processo percettivo e riflessivo.

A fronte di indubbi vantaggi (quali la comodità dello studiare e appuntare informazioni, la velocità di reperire libri attraverso canali di vendita online, l'accessibilità ovunque alla propria biblioteca ecc.) la riduzione percettiva nella scelta della lettura in digitale non implica, necessariamente, l'accettazione che tutte le immagini e gli artefatti comunicativi interattivi tendano a diventare matrici di punti luminosi.

Esistono, da alcuni anni, esperienze di ricerca e di progetto che cercano di integrare nella carta delle funzioni proprie dell'artefatto digitale implementando, in maniera sostenuta,

#### PAPER AND INTERACTION

Research and experimentation on new interactive “paper objects”

*In a relationship still in the making, paper and digital are the subjects of ongoing transformations in the changing context of interaction design. Different design experiences have shown that the process towards digital no longer strictly follows expected patterns dictated by the advent of online publishing, but thoroughly involves the artefact as an interactive object, real and tangible. Over the last few years, in the context of international scientific research, there have been several projects that have sought to map*

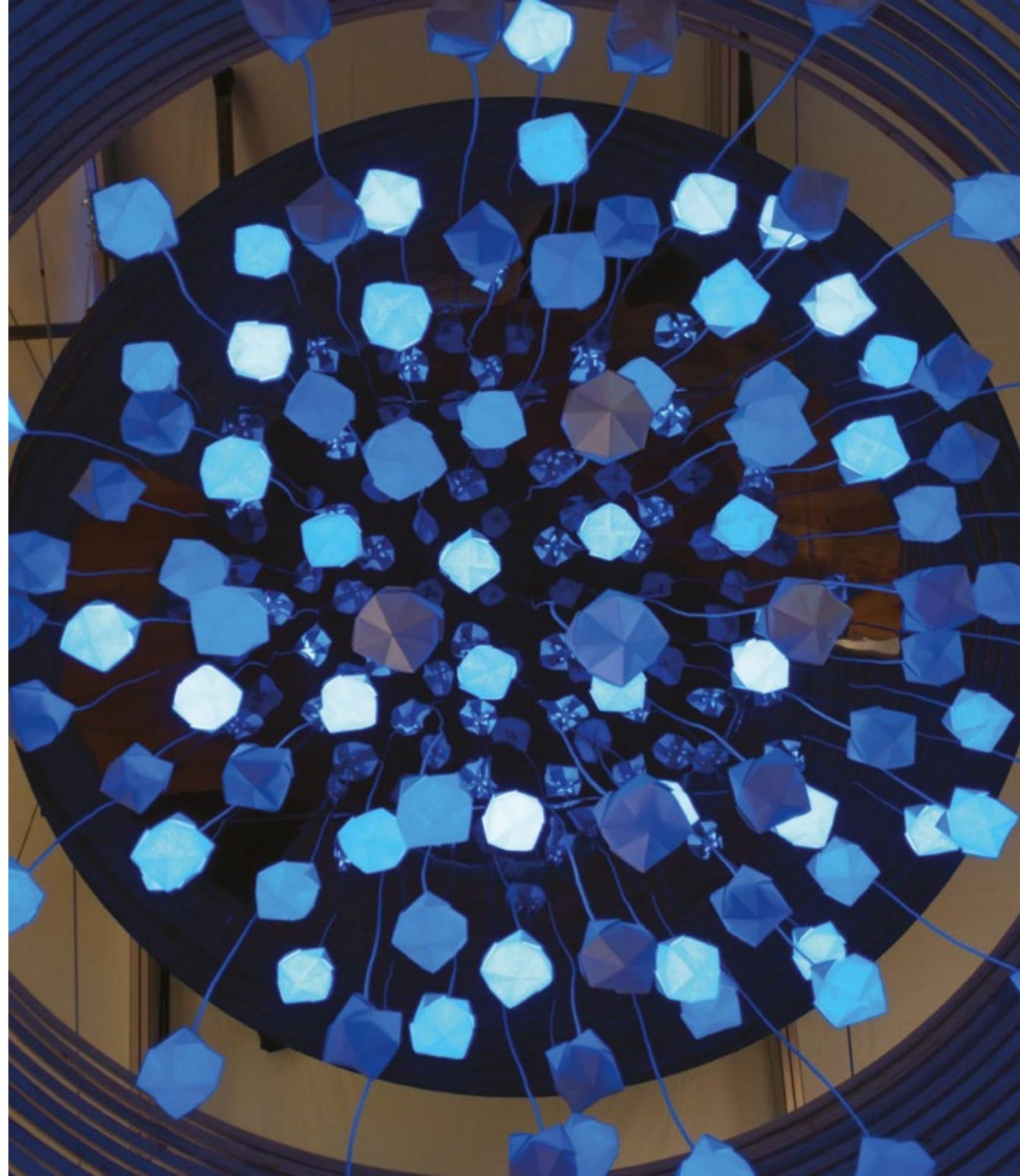
*some specific functions of digital artefacts to paper by implementing new layers of information and adding new interactive experiences. This essay critically examines these nascent design directions in order to understand their potential and study the different methods involved in the common project of these new “paper objects”.*

Since the mid-nineties of the last century, with the start of widespread use of the internet, the belief began to spread that the advent of digital and online publishing would lead to the inevitable death of the paper artefact as a form of communication in favour of the newly created multimedia.

This assumption, supported and emphasized by early editorial speculators in the new economy, gave rise to a number of digital artefacts that, in form and by excessive design simplification, were not able to compete with traditional paper media. Today, the miniaturization of smart devices and the emergence of devices whose screens reproduce, in terms of size, the visual experience of most editorial paper artefacts have led to permanently consolidate the transition to the use of these devices. In light of this phenomenon, which we might call a “revolution in progress”, not even the most staunch supporter of the theories of interaction design,

Installazione 2010 Winter Olympic Games, Voice it Table & LED Chandelier. Gli origami illuminati discendono dal soffitto della Vancouver House. (Tangible Interactive. Foto Alex Beim)

Tangible Interaction's installation at the 2010 Winter Olympic Games, Voice it Table & LED Chandelier. Lit origami elements hanging from the ceiling of Vancouver House (Photo Alex Beim)



nuovi layer informativi ed esperienze interattive derivanti dall'incontro sinergico tra l'artefatto cartaceo e il media digitale.

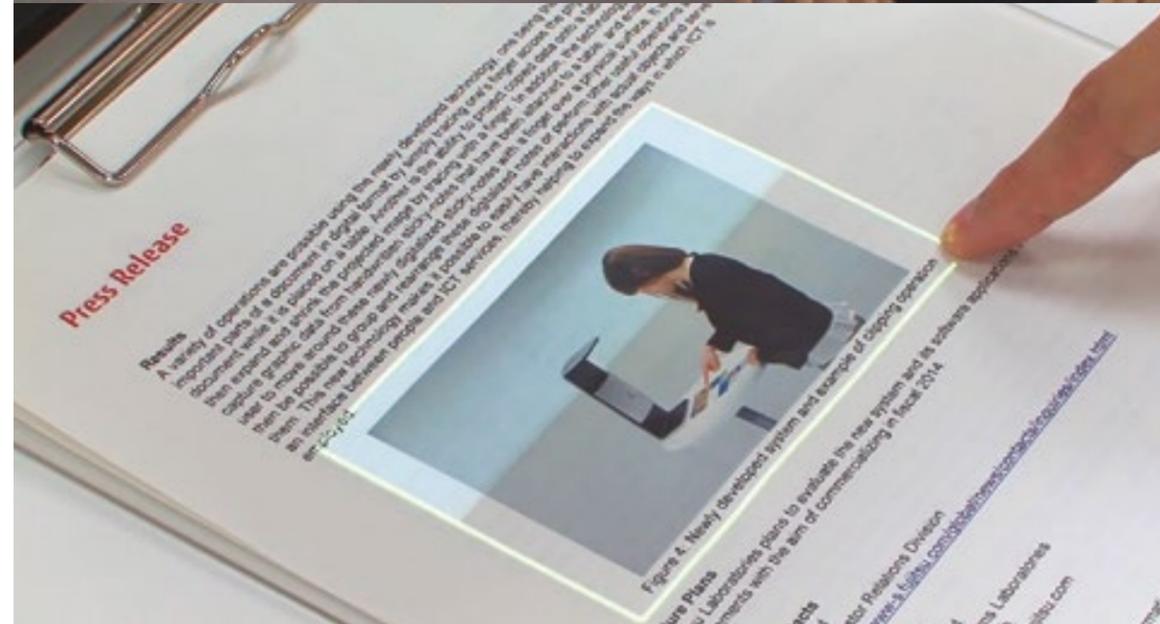
Attraverso la selezione di un numero congruo di casi studio, classificati in maniera tassonomica, è possibile evidenziare tre principali filoni di ricerca e sperimentazione: artefatti in cui la carta è elemento di supporto passivo che viene reso interattivo; progetti che usano caratteristiche intrinseche del materiale a base cellulosica per conferire un ruolo interattivo alla carta; oggetti tridimensionali che acquistano un comportamento intelligente grazie all'integrazione con altri materiali. Useremo di seguito questa classificazione, pur non esaustiva e del tutto codificata, per delineare scenari più complessi capaci di restituire gli ambiti applicativi dei progetti presi in esame.

### Quale interazione?

Valutando l'eterogeneità delle esperienze, il loro carattere sperimentale e la loro, a volte, ancor più disarmante ludicità, è lecito chiedersi – in relazione alle contaminazioni progettuali a cui sono sottoposte – se il rapporto con il materiale cartaceo non diventi secondario rispetto all'esperienza interattiva. Quest'ultima affermazione rappresenta un cardine del ragionamento per dimostrare che la carta, anche se forzatamente trascinata in ambiti che non sono consoni alla sua tradizione, racchiude in sé potenzialità latenti direttamente connesse alle sue caratteristiche di leggerezza, fragilità e duttilità.

Coerentemente con le premesse appena enunciate, è possibile evidenziare il delinearsi di tre scenari: il primo direttamente legato alla carta come media; il secondo come superficie passiva per un'esperienza interattiva; il terzo, connesso in maniera sostanziale alla fisicità del materiale, come artefatto interattivo.

All'interno del primo scenario ricadono casi eterogenei, apparentemente non classificabili mediante un univoco ambito progettuale, ma che rappresentano evidentemente un'evoluzione della comunicazione visiva su supporto cartaceo tradizionale: aggiungendo una serie di informazioni reali o virtuali (che si configurano come una stratificazione di contenuti aggiuntivi) selezionabili su diversi livelli di lettura esterni all'artefatto; la comunicazione stessa si articola e si espande attraverso layer interattivi, reali e virtuali.



Progetto *FingerLink* di Fujitsu.  
Fujitsu's *FingerLink*.



Progetto *Connected Paper* di Ericsson.  
Ericsson's *Connected Paper*.

can deny that the emotion and depth of the tactile and visual experience intrinsic to the paper artefact can be replaced with that of the more sophisticated, complex and multi-form multi-touch device. The digital world does not obliterate matter, because the virtual world does not exist except in relation to the real world. Haptic perception that has always guaranteed a sensorial utilization of surfaces is, however, in crisis today as a communication process that assumes as "protagonists" devices no longer equipped with a constant material response vital to the process of perception and thought. In the face of undoubted advantages (such as the convenience of studying and

adding information, the speed of tracking down books through online sales channels, the ubiquitous accessibility of a personal library, etc.), the perceptual reduction in choosing to read digitally does not imply, necessarily, acceptance that all images and artefacts of interactive communication have to become matrices of bright pixels. Over the last few years, several research and design projects have sought to bring specific functions of the digital artefact to paper by implementing, in a sustained manner, new layers of information and interactive experience, born from a synergy between the paper artefact and digital media. Through the selection

of an appropriate number of case studies, classified in a taxonomic manner, it is possible to identify three main areas of research and experimentation concerning: artefacts in which paper is an element of passive support made interactive, use of the intrinsic characteristics of cellulose-based materials to give an interactive role to the paper and finally three-dimensional objects that acquire smart capabilities through integration with other materials. While not exhaustive and fully codified, this classification will be used here to delineate more complex scenarios capable of conveying fields of application of the projects under consideration.

**Which kind of interaction?**  
Assessing the diversity of experiences, their experimental nature and their sometimes even more disarming playfulness, it is permissible to wonder, in relation to the design contamination to which they are subjected, whether the relationship with paper material does not become secondary to interactive experience. This last statement is a cornerstone of the argument to demonstrate that paper, even if forcibly dragged into contexts that are not in keeping with its tradition, encapsulates latent potentials directly related to its lightness, fragility and ductility. In line with the premises just stated, it is possible to identify

[1] In questo video (<http://goo.gl/T9Ks5Y>) Jan Hederen della Ericsson, mostra le possibilità interattive della loro piattaforma sia attraverso la realtà aumentata sia nelle funzioni touch sul materiale cartaceo.

[2] Fujitsu's FingerLink Interaction System. <http://goo.gl/6GxZTR>

[3] Gli Inchiostri conduttivi hanno la caratteristica di poter trasmettere l'elettricità grazie alla loro composizione chimica e sono largamente usati in campo industriale associati sia a supporti polimerici sia cartacei.

Il secondo scenario è caratterizzato da un'interazione indiretta e passiva. Accade, spesso, che vengano affiancate postazioni digitali a strutture effimere di carta connesse tra di loro attraverso un processo interattivo.

Il terzo scenario – realisticamente più risolto rispetto a un corretto modo di intendere il concetto di interazione rispetto alla materia carta – ne sfrutta in maniera simbiotica le peculiari caratteristiche fisiche dando vita ad una reale esperienza interattiva.

#### Dal virtuale al reale. Primo scenario

Nel 1994 la Toyota Motor definì un sistema di riconoscimento visivo per i tag al fine di gestire la componentistica della propria catena di montaggio. Questo strumento tecnico ha permesso lo sviluppo del QR-code, il più diffuso sistema di tag visivo usato in editoria dopo l'ormai consolidato codice a barre. La tecnologia di tagging, appena citata, ha aperto molti ambiti di ricerca legati al riconoscimento dei pattern visivi e di conseguenza alla computer vision contemporanea. Le evoluzioni di questo percorso di innovazione sono le sperimentazioni direttamente connesse alla realtà aumentata che, sempre di più, andrà a configurarsi come strumento di approfondimento (a partire dal supporto cartaceo) e finalizzato alla comunicazione degli oggetti fisici e degli spazi.

Un esempio molto recente di questo approccio progettuale è il progetto sperimentale Connected Paper di Ericsson. [1] Questo caso studio mostra le potenzialità del loro metodo di connessione tra i contenuti digitali e quelli dei tradizionali media cartacei.

Analogo è il progetto Fujitsu's FingerLink [2] in cui, con una struttura hardware più complessa, è possibile leggere in maniera aumentata contenuti digitali su una pubblicazione tradizionale. Entrambe le sperimentazioni sembrano far presagire uno sviluppo immediato e certo della tecnologia ma, come altri progetti simili, trovano i limiti oggettivi nella obbligatorietà di un'infrastruttura esterna che crei il link tra reale e virtuale.

Gli stessi Google Glass e altri wearable device per la realtà aumentata – concepiti aggiungendo una componente interattiva agli oggetti e di conseguenza al media cartaceo – si iscrivono, in maniera evidente, nella medesima direzione di esplorazione.

Contrapposte a queste soluzioni “esterne” allo stato fisico della carta esistono, invece, sperimentazioni che, attraverso inchiostri conduttivi [3] o circuiti elettrici integrati al supporto cartaceo, permettono un'interazione di tipo tattile sulla superficie del foglio.



Poster interattivo realizzato in serigrafia con gli inchiostri conduttivi della Bare Conductive. Bare Conductive's interactive poster made by screen printing with conductive inks.

the emergence of three scenarios; the first is directly linked to paper as media, the second as a passive surface for an interactive experience and the third, relating substantially to the physical nature of the material, as interactive artefact. The first scenario comprises heterogeneous cases, apparently not classifiable by means of a unique design context, but which are clearly an evolution of traditional paper-based visual communication. They add a series of elements of real or virtual information (which feature as a stratification of added content) selectable at different levels of reading external to the artefact.

Communication itself is articulated and expands through real and virtual interactive layers. The second scenario is characterized by an indirect and passive interaction when, as often happens, digital delivery is accompanied by ephemeral paper delivery connected to the other through an interactive process. The third scenario, already more defined concerning a correct understanding of the concept of interaction in paper, considers a symbiotic exploitation of unique physical characteristics in order to give life to a real interactive experience.

**From the virtual to the real - First Scenario**  
In 1994, the Toyota Motor company devised a visual recognition system for tags in order to manage the components of its assembly line. This technical tool gave rise to the development of QR-codes, the most widely used visual tag system in content management after the well-established barcode. This tagging technology opened up many areas of research related to the recognition of visual patterns and therefore to contemporary computer vision. Evolutions in this line of innovation are experiments directly related to augmented reality which, more



Circuiti realizzati con gli inchiostri conduttivi. Circuits built with conductive inks.

[4] Il progetto *Touch Board: Interactivity Everywhere* di Bare Conductive su Kickstarter è stato lanciato nel 2013 e la stessa società è stata presentata al TEDx dal suo fondatore Matt Johnson (<http://goo.gl/Sr0AXQ>).

Un progetto molto interessante è stato presentato nel 2013 su Kickstarter dalla Bare Conductive. La caratteristica principale di questo sistema interattivo [4] è l'integrazione di un hardware personalizzato che, grazie a vernici specifiche e l'adozione di un processo di disegno tradizionale, permette la creazione di superfici interattive su carta, cartone, intonaci o qualsiasi altro supporto adatto.

In questo progetto, che unisce il contenuto con la “macchina elettronica”, il disegno si trasforma in componente e la carta acquisisce il ruolo portante nella realizzazione dell'artefatto cartaceo interattivo.

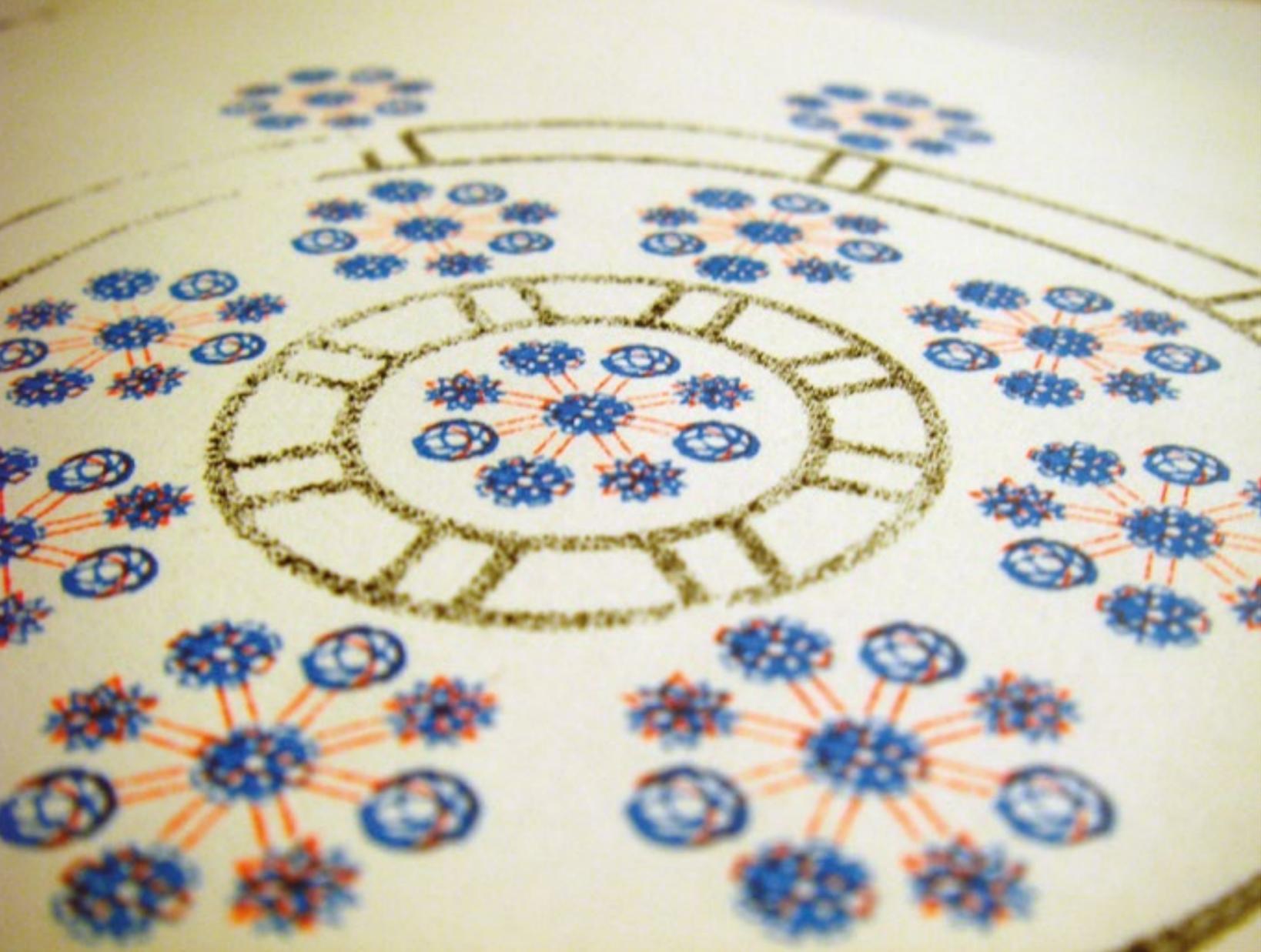
Prendono il via da questo tipo di esperienze numerosi filoni di approfondimento sia collocabili nell'ambito universitario – con workshop, corsi e ricerche che indagano come usare gli inchiostri conduttivi in ambito progettuale – sia all'interno delle reti dei giovani e liberi sperimentatori legati perlopiù al mondo dei makers e riconducibili alla filosofia del DIY (do it yourself).

and more, comes to be seen as an instrument of analysis (with paper as a point of departure) finalized for the communication of physical objects and spaces. A very recent example of this design approach is Ericsson's experimental project named “Connected Paper” [1]. This case shows the potential of Ericsson's method of connection between digital content and traditional paper media content. Analogous is Fujitsu's project “FingerLink” [2] in which, via a more complex hardware infrastructure, it is possible to read augmented digital content on top of a conventional publication. Both experiments seem to foretell an immediate and certain

development of the technology, but, like other similar projects, find objective limits in the need for external infrastructure to create the link between the real and the virtual. Google Glass and other wearable devices for augmented reality, designed to add an interactive component to objects and consequently also paper media, are clearly part of this same direction of exploration. Counterpoised to these solutions which are “external” to the physical state of paper are experiments that via conductive inks [3] or circuits integrated within paper media allow surface tactile interaction.

In 2013, Bare Conductive presented a very interesting project on Kickstarter. The main feature of this interactive system [4] is the integration of custom hardware which, thanks to special paints and the adoption of a process of traditional drawing, allows the creation of interactive surfaces on paper, cardboard, plaster or any other suitable material. In this project, which combines content with an “electronic machine”, the drawing is transformed into a component part and the paper takes the leading role in the creation of the interactive paper artefact. This type of development has inspired a number of areas of study both within the university educational system, with workshops, courses and

research investigating how to use conductive inks in design contexts, and among networks of young and free experimenters involved in the world of makers and the DIY philosophy. The didactic and innovative approach of the workshop projects on the “Conductive Ink Project” blog [5] are extremely stimulating as are the visual explorations of the Interactive Poster project [6]. Both stretch the potential of the use of conductive inks in relation to traditional paper media. “The Listening Post: Interactive gig poster” [7] from Liverpool is an exemplary case of the practical translation of the potential of conductive inks.



Poster interattivo. (Tamara Chehayeb Makarem 2011)  
Tamara Chehayeb Makarem's interactive poster (2011).

The object, apparently a normal printed poster, is actually a touch interactive surface that allows you to listen to selected music samples through a small speaker incorporated into the paper. The relationship between paper and electronics is also investigated by the open-source project called "Paperduino" [8], conceptually similar to the previous cases cited, in which paper is used to make a version of the Arduino electronics prototyping board. A sheet of paper, which can be printed from the project site, features a circuit diagram and electronic component references to allow the

recreation of the circuitry directly on the paper. This concept, which by nature seems purely didactic, actually foreshadows a range of possible interpretations in interactive projects involving simple sheets of paper. These experiments show how the use of paper as a base for attachment of electronic devices can also lead to some significant contradictions in the misuse of the material as support and the need for cumbersome external hardware architectures. At the same time, the importance of the paper artefact is clear (even more so in the near future) despite the evolution of digital technologies.

**Paper as output and interaction via prostheses - Second Scenario**  
In interaction design, there are a series of cases that arrange the interactive experience as a situation of cause and effect. In this manner, there is often a control console and a dedicated visual output, configurable in both two-dimensional and three-dimensional space. This mode of deferred interaction allows you to act on contents and output by using what, in jargon, is referred to as virtual prostheses [9]. The theme of prostheses and their relationship with paper objects is complex. From the beginning of the use of paper, man

Molto interessante è l'approccio didattico e innovativo dei workshop che fanno riferimento al blog Conductive Ink Project [5] così come le esplorazioni visive del progetto Interactive Poster [6]; entrambi rappresentano un approfondimento delle potenzialità legate all'uso di inchiostri conduttori in relazione ai tradizionali supporti cartacei.

"The Listening Post: Interactive gig poster" [7] a Liverpool srappresenta un caso studio esemplare nella traduzione pratica delle potenzialità degli inchiostri conduttivi. L'oggetto – apparentemente un normale poster stampato – è in realtà una superficie interattiva al tocco che permette di ascoltare brani musicali attraverso un piccolo altoparlante integrato nella carta.

Il rapporto tra carta ed elettronica è indagato anche dal progetto open-source chiamato Paperduino [8], concettualmente simile ai precedenti casi studio citati, in cui un gruppo di persone ha utilizzato il supporto cartaceo per realizzare una versione della scheda di prototipazione elettronica Arduino. Sul foglio di carta, stampabile dal sito del progetto, sono presenti gli schemi e i riferimenti ai componenti elettronici utili a ricreare le funzioni della scheda su un supporto cartaceo. Questa esperienza, che per sua natura sembra prettamente didattica, lascia in realtà presagire tutta una serie di possibili trasposizioni in progetti interattivi su semplici fogli di carta.

Da queste sperimentazioni emerge come l'impiego della carta, quale base di fissaggio dei circuiti elettronici, metta in luce alcune grandi contraddizioni quali l'uso improprio del materiale come supporto o la costruzione di architetture hardware esterne e ingombrati. Al contempo risulta chiara (ancor più in un prossimo futuro) la centralità dell'artefatto cartaceo rispetto all'evolversi delle tecnologie digitali.

#### La carta come output e l'interazione mediante protesi. Secondo scenario

Nel progetto dell'interazione esistono una serie di casistiche che configurano l'esperienza interattiva come una situazione di causa ed effetto. In questa modalità esiste prevalentemente una console di controllo e un'area dedicata all'output visivo, configurabile sia nello spazio bidimensionale che tridimensionale. Questa modalità di interazione differita permette di agire con il contenuto e l'output utilizzando quelle che in gergo vengono considerate protesi virtuali [9]. Il tema delle protesi e del loro rapporto con gli oggetti cartacei è più complesso; fin dalle origini dell'uso della carta, l'uomo ha avuto bisogno di protesi per inte-

[5] *Conductive Ink Project*.  
<http://goo.gl/T6Br5n>

[6] *Interactive Poster*.  
<http://goo.gl/ouQM8j>

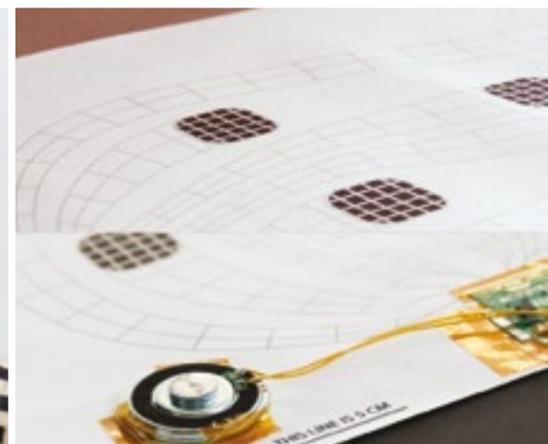
[7] *The Listening Post: Interactive gig poster*  
<http://goo.gl/S7J76f>

[8] *Paperduino Tiny*.  
<http://paperduino.eu>

[9] Giovanni Anceschi (a cura di), *Il progetto delle interfacce. Oggetti colloquiali e protesi virtuali*, Milano, Domus Academy, 1993, p. 19.

*The Listening Post: Interactive gig poster*. (Uniform, Liverpool 2012)

Uniform's "The Listening Post: Interactive Gig Poster" (Liverpool, 2012)



ragire con la superficie: per modificarla, per piegarla, per tracciare segni, per rilegarla ecc. Considerando l'esperienza dell'interazione nell'utilizzo dell'artefatto cartaceo, soprattutto in prospettiva storica e non come fenomeno recente, si evince che si tratta semplicemente dell'evoluzione della carta come media.

Ci serviamo, di seguito, dell'installazione ai Vancouver 2010 Olympic Games del gruppo canadese Tangible Interactive [10] per avanzare la tesi che l'integrazione del digitale con la carta acquisisce una valenza interattiva grazie all'ausilio di protesi. L'oggetto cartaceo, in questo caso un insieme di origami illuminati a Led RGB, diventa display ed elemento di comunicazione. La relazione costruita tra l'interfaccia (un tavolo multi-touch di notevoli dimensioni e l'insieme di origami che discende dal soffitto della Vancouver House) rende l'elemento effimero della carta artefatto comunicativo che si unisce in tutt'uno con lo schermo interattivo attraverso cui il visitatore compone e manda messaggi nella rete.

Nell'installazione tridimensionale alla Vancouver Public Library, ancora firmata dai Tangible Interactive, la carta è sfruttata per la sua caratteristica leggerezza.

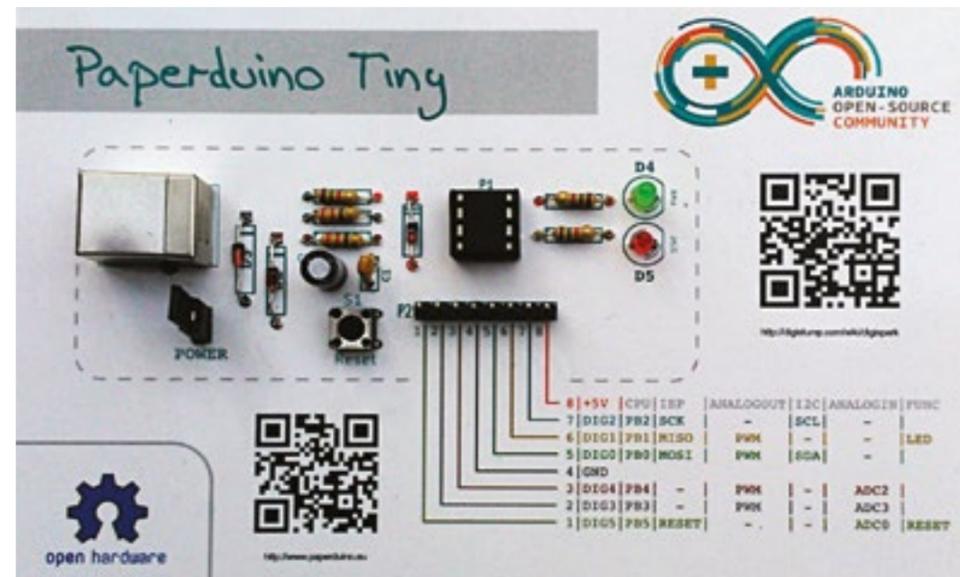
Questa grande performance, chiamata Seed of Truce [11], trasforma semplici messaggi scritti dai visitatori in un'enorme nuvola luminosa tenuta sospesa da una rete in materiale plastico a metà altezza dello spazio architettonico. I fogli di carta, una volta piegati, vengono bloccati nella loro forma da un piccolo circuito stampato (composto da un led blu lampeggiante, alimentato da una batteria) e lanciati mediante un tubo ad aria compressa in alto nel grande spazio della biblioteca. La composizione luminosa sfrutta il volteggiare nell'aria del messaggio che si appoggia lentamente sulla rete generando una forma non controllata, fitta di carta e luci led, sospesa e fluttuante sopra i visitatori.

Entrambi i casi di studio mettono in luce direzioni sperimentali e performative nelle quali il progetto interattivo usa le caratteristiche intrinseche del materiale (la flessibilità, la trasparenza alla luce, la leggerezza) trasformando la carta in un medium tridimensionale.

Ognuna di queste esperienze porta a forme e immagini concluse che non permettono modifiche se non nella luce che attraversa la carta e nell'aggiunta di ulteriori interazioni con altri utenti.

[10] Installazione 2010 Winter Olympic Games, Voice it Table and LED Chandelier. <http://goo.gl/22a3fc>

[11] Installazione Seed of Truce. <http://goo.gl/MXO5gJ>



Progetto Paperduino Tiny.  
Paperduino Tiny.

needed prostheses to interact with its surface in order to modify it, bend it, mark it, bind it, etc. Considering such an experience of interaction in the use of the paper artefact, especially within a historical perspective and not as a recent phenomenon, it is clear that this is simply the evolution of paper as a medium.

But let us consider as an example the installation at the Vancouver 2010 Olympic Games of the Canadian group Tangible Interaction [10] to advance the argument that the integration of digital technology to paper adds an interactive value with the aid of prosthetics. The paper object, in this case a collection of origami elements illuminated by

RGB LEDs, became the display and communication media. Its relationship with the interface (a multi-touch table of considerable size and the origami elements hanging from the ceiling of Vancouver House) made the ephemeral element of paper an artefact of communication thoroughly united with the interactive screen in aiding the visitor to compose and send messages in the network. Tangible Interaction's three-dimensional installation in the Vancouver Public Library was again used to exploit paper for its characteristic lightness. This impressive performance, called "Seed of Truce" [11], transformed simple messages written by visitors

into a huge illuminated cloud held high in a plastic net over the hall. Sheets of paper, when folded, were held in shape by a small printed circuit board (consisting of a flashing blue LED powered by a battery) and launched by compressed air through a pipe high into the air over the library open space. The flashing paper elements with their messages fluttered slowly down onto the net collectively generating an amorphous mass of paper and LED lights suspended and floating in the space over visitors' heads. Both cases illustrate developments in experimentation and performance in which an interactive project uses the inherent characteristics of the material

Installazione Seed of Truce alla Vancouver Public Library. Visione generale e dettaglio del messaggio di carta piegato con il sistema di illuminazione.  
(Tangible Interactive. Foto Alex Beim)  
Tangible Interaction's installation Seed of Truce at the Vancouver Public Library. General view and detail of the message in folded paper with lighting system.  
(Tangible Interactive. Photo Alex Beim)





Installazione 2010 Winter Olympic Games, *Voice it Table & LED Chandelier*. Il tavolo interattivo e gli origami. (Tangible Interactive. Foto Alex Beim)

Tangible Interaction's installation at the 2010 Winter Olympic Games, *Voice it Table & LED Chandelier*. Interactive table and origami elements. (Photo Alex Beim)

Installazione artistica *Fold Loud* a New York. Particolare degli origami interattivi. (JooYoun Paek)

JooYoun Paek's artistic installation *Fold Loud* in New York. Detail of interactive origami.

### La forma e l'interazione. Terzo scenario

I casi studio raccolti in questo ultimo orizzonte di sperimentazione attengono a esperienze progettuali relative alla trasformazione formale dell'oggetto cartaceo mediante interazione fondata su un comportamento intelligente reso possibile dalla presenza di un sistema elettronico, esterno o integrato all'artefatto, basato su un microprocessore.

L'installazione artistica "Fold Loud" di JooYoun Paek [12] rappresenta, in modo emblematico, un caso di convergenza tra forma e materiale. Il progetto si fonda sulla tecnica, già citata, degli inchiostri conduttivi e usa questa tecnologia di interazione per costruire degli artefatti sonori attivati da origami; ogni singola piega esegue una particolare nota vocale che compone una melodia legandosi alla trasformazione (apertura e chiusura) della sua geometria.

L'esperienza che si va a generare tra l'opera in mostra e il visitatore è mediata dall'azione tattile sulla carta dell'origami, una vera e propria interfaccia fisica basata sulla flessibilità della fibra naturale del materiale integrata con la capacità conduttiva dell'inchiostro a base di grafite. La gestione dei suoni e l'interazione sui contatti che si chiudono ad ogni piega della carta è invece gestita da un computer.

In realtà non è la tecnologia a generare l'innovazione fruitiva, anche perché se volessimo replicare l'esperienza sostituendo agli inchiostri conduttivi dei micro fili e al computer un generatore di suoni tradizionale potremmo ottenere un effetto molto simile. È quindi il gesto della manualità legata alla carta e il rapporto tra forma e suono che definiscono il senso dell'esperienza espositiva rendendola coerente nell'uso dei materiali e nella comunicazione dei contenuti.

Un approccio più completo alla tematica del rapporto tra carta, forma e interazione è il lavoro "Pulp-Based Computing" di Marcelo Coelho che ha cercato di definire un framework (nell'accezione indicata dallo stesso autore di "contenitore di metodi e strumenti") per la costruzione di veri e propri oggetti intelligenti a base di cellulosa.

Il processo è molto semplice: componenti e materiali vengono inglobati nell'impasto finale durante la fase di produzione della carta pervenendo alla realizzazione di una serie di elementi: sensori per la flessione del foglio, speaker integrati, interruttori e veri e propri circuiti con microprocessori [13]. Al lavoro di Coelho – uno dei primi tentativi scientifici (2007) indirizzato a sperimentare intrusioni tecnologiche nella cellulosa della carta – si rifà anche

(flexibility, transparency, lightness) to transform paper into a three-dimensional medium. However, these projects lead to concluded forms and images that do not allow modification if not by way of the light that passes through the paper or by the addition of further interactions with a greater number of users.

#### Form and interaction - Third Scenario

The cases collected into this last horizon of experimentation relate to design experiences involving the transformation of the shape and form of the paper object with intelligent interaction made possible

by the presence of a microprocessor electronic system, external to or integrated into the artefact. The art installation "Fold Loud" by JooYoun Paek [12] is an emblematic case of convergence between form and material. The project is based on the technique, cited above, of using conductive inks to create a technological interaction, here producing sound artefacts from origami folds. Each and every fold sounds a particular vocal note which, when combined with other notes, can compose a melody bound to the transformation (opening and closing) of its geometry. The experience generated between the work and visitors is mediated

by touching and moving the origami paper; a real physical interface in flexible natural fibre material enhanced through the capability of graphite-based conductive ink. The management of the sounds and interaction via the contacts closed upon each other in folding the paper, is however managed by a computer. In reality, the innovation is not in the technology itself, because if we wanted to replicate the experience by replacing the conductive inks with wires and by connecting the computer to a traditional tone generator we could get a very similar effect. It is rather the gestural manipulation of the paper and the relationship between form and sound that defines the

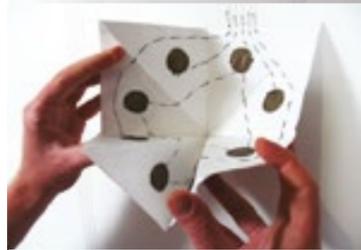
sense of the installation, making the experience coherent in the use of materials and the communication of content. A more comprehensive approach to the issue of the relationship between paper, form and interaction is the work "Pulp-Based Computing" by Marcelo Coelho, which aimed to establish a framework (in the sense indicated by Coelho to mean "container of methods and tools") for the construction of real intelligent cellulose based objects. The process is very simple whereby components and materials are incorporated into pulp during the final stage of paper production in order to realize a series of elements such as

sensors to detect the bending of a sheet, integrated speakers, switches and real microprocessor circuits [13]. To Coelho's work, one of the first scientific attempts (2007) aimed at experimentation with technological intrusion into the paper cellulose, we can also add the project by a research team at Keio University, "Animated Paper: A Toolkit for Building Moving Toys" [14], which specifically explores possibilities related to the shape memory [15] and its application to different materials. Along the same thematic lines and with an even more didactic approach, Leah Buechley and Jie Qi of MIT's Media Lab are carrying out a series of explorations in teaching, research

and design to investigate the integration of paper and also textiles with new innovative materials. Many of these explorations on paper of the use of Nitinol [15], an alloy of nickel and titanium, derive from the first experiments by Jie Qi in his project "Self-folding origami paper", which directly investigated the possibility of bending paper through the shape memory of the material. An interesting case study is the work "Animated Paper" realized by made Buechley in her course at MIT which explores and investigates the potential for movement of materials subjected to changes of temperature in order to create animate objects [16].

Also, the integration with paper of Flexinol, able to return to an original configuration [17], adds possible variations of shape and form to an artefact electronically controllable via simple Arduino board [18]. A more theoretical and exhaustive formulation of this hybrid approach between paper and the computer is provided by the research "Interactive Paper Devices" [19]. This work defines a more comprehensive methodology than the early experimentation of Coelho in 2007 and identifies a more analytical path in order to arrive at the design of this new type of artefact, which still belongs to craft implementation rather than real design processes.

[12] Intervista a Joo Youn Paek <http://goo.gl/ungG16>  
 [13] Marcelo Coelho, Lyndl Hall, Joanna Berzowska e Pattie Maes, "Pulp-Based Computing: A Framework for Building Computers Out of Paper" in *The 9th International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp '07)*, Innsbruck, Austria, 2007.



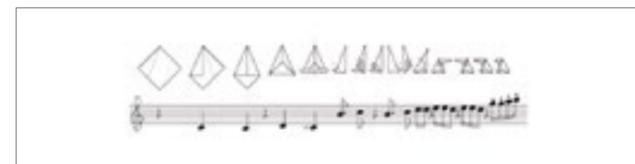
il progetto “Animated Paper: A Toolkit for Building Moving Toys” della KEIO University [14] che esplora in maniera specifica le possibilità legate alla memoria di forma [15] e la sua applicazione a diversi materiali.

Sugli stessi temi e con un approccio maggiormente didattico Leah Buechley e Jie Qi del MIT Media Lab, stanno portando avanti una serie di approfondimenti tra didattica, ricerca e progetto indagando l’integrazione della carta – e anche dei tessuti – con nuovi materiali innovativi.

Molte di queste esperienze sull’uso sulla carta del Nitinol [15], una lega di nichel e titanio, derivano dalle prime sperimentazioni fatte da Jie Qi nel progetto “Self-folding origami paper” che indagava in maniera diretta le possibilità di piega del materiale cartaceo attraverso la memoria di forma del materiale.

Un caso studio interessante è il lavoro “Animated Paper” realizzato al corso della Buechley al MIT che esplora e approfondisce le possibilità di movimento date da materiali soggetti a variazioni di temperatura per creare oggetti animati [16]. L’integrazione con la carta di un materiale (Flexinol) in grado di tornare ad una configurazione originale [17], aggiunge possibili variazioni formali all’artefatto controllabili elettronicamente mediante una semplice scheda Arduino [18].

Una formulazione più teorica ed esaustiva di questo approccio ibrido tra carta e computer è data dalla ricerca Interactive Paper Devices [19]. Questo lavoro definisce una metodologia più esaustiva rispetto alle sperimentazione intercorse dai primi lavori di Coelho del 2007 identificando un percorso più analitico per arrivare al progetto di questa nuova tipologia di artefatti tuttora legati a implementazioni artigianali piuttosto che a veri propri processi di design.



Sequenza musicale e relazione tra le pieghe degli origami. Installazione artistica *Fold Loud* a New York. (JooYoun Paek)

JooYoun Paek’s musical sequence and relationship between origami folds in her artistic installation *Fold Loud* in New York.

### Conclusions

The series of experimentations described, more or less pioneering and complete, have all illustrated design projections of the paper object inserted within an interactive multimedia context. These case studies have highlighted the close relationship between the inherent characteristics of the material itself and diverse digital media in creating narrative-interactive experiences. However, several issues arise in the light of these experiences. The first reflection, evident in some implementations in which paper could be easily replaced with other types of

material, is the relative adequacy of the paper material to the project. The second critical assessment to be made is related to the addition, in a kind of augmented reality, of communicative layers, layers of added information useful in a different way. The bond between the material and this extra information may actually be rather weak and uncertain, unable to consistently create a balanced relationship between form, communication and interaction. However, sharing the theoretical position of Tomás Maldonado concerning virtualization and new

materials, whereby virtualization inevitably recalls very strongly the physical nature of surfaces [20], one can arrive at the conclusion that the relationship between the physicality of the paper artefact and the interactive process should be reciprocal and consistently related to the type of material. This force and peculiarity of interaction applied to paper may seem ephemeral and misdirected, but if properly contextualized can be coherent and bring material strength back to many communication processes that have become sterile in their virtualization.

[14] Naoya Koizumi, Kentaro Yasu, Angela Liu, Maki Sugimoto e Masahiko Inami, “Animated paper: A toolkit for building moving toys” in *Computers in Entertainment (CIE)*, Volume 8 Issue 2, New York, NY, USA, ACM, 2010, p. 7.

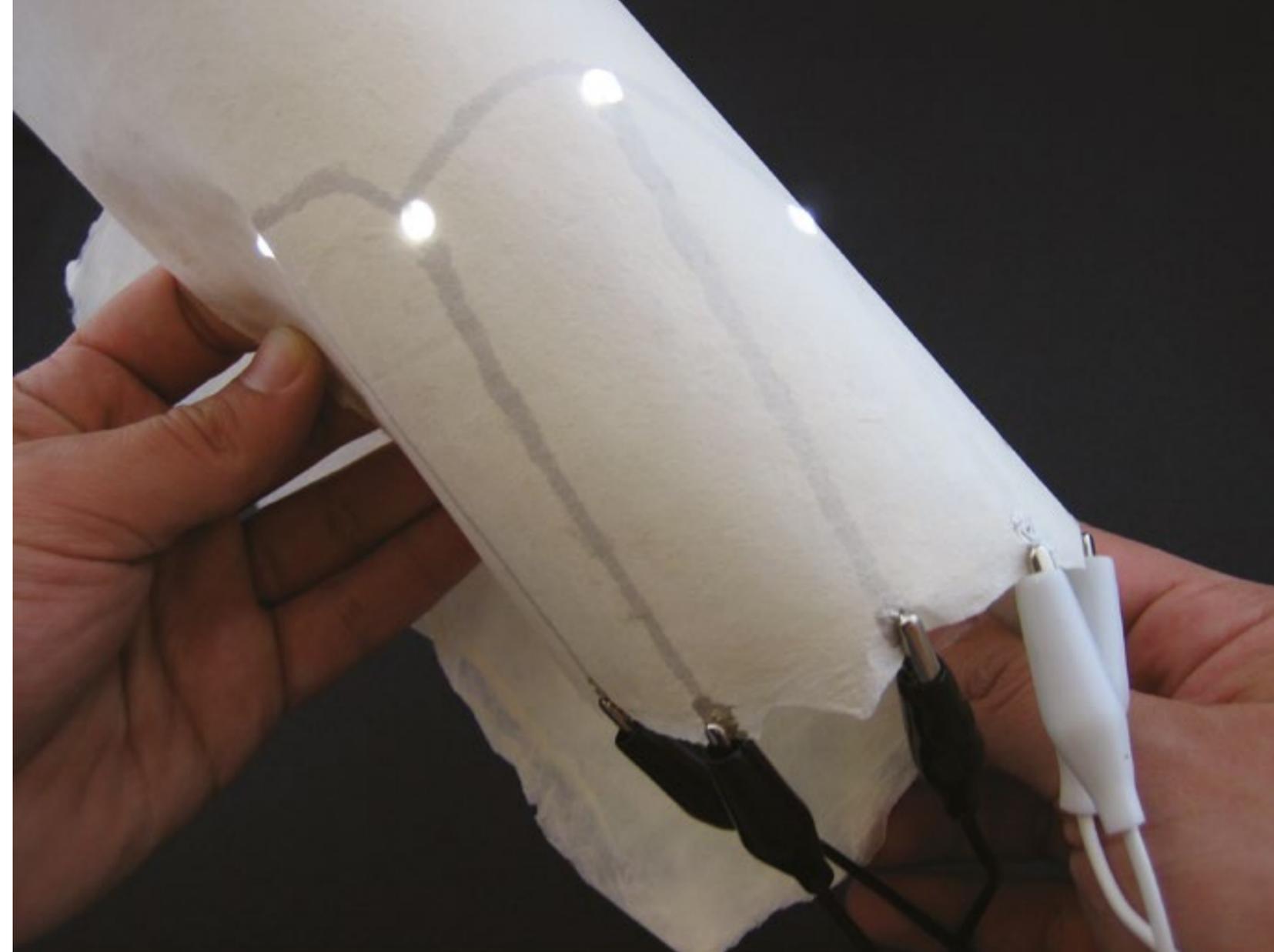
[15] Le leghe a memoria di forma, definite in Inglese con l’acronimo SMA (*Shape Memory Alloys*), sono dei materiali che ricordano la loro forma e se deformati a freddo, una volta riscaldati, riacquisiscono la loro configurazione originaria. Il Nitinol è una lega metallica a memoria di forma in grado di contrarsi del 10% rispetto alla sua lunghezza originaria quando viene sottoposto a calore. <http://goo.gl/tl6agw>

[16] Jie Qi e Leah Buechley, “Animating paper using shape memory alloys” in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, ACM, 2012, pp. 749-752.

[17] Flexinol è una applicazione commerciale del Nitinol.

[18] Il progetto *Animated Paper* di Yoav Sterman è stato realizzato durante il corso New Textiles al MIT. <http://goo.gl/NX2vz3>

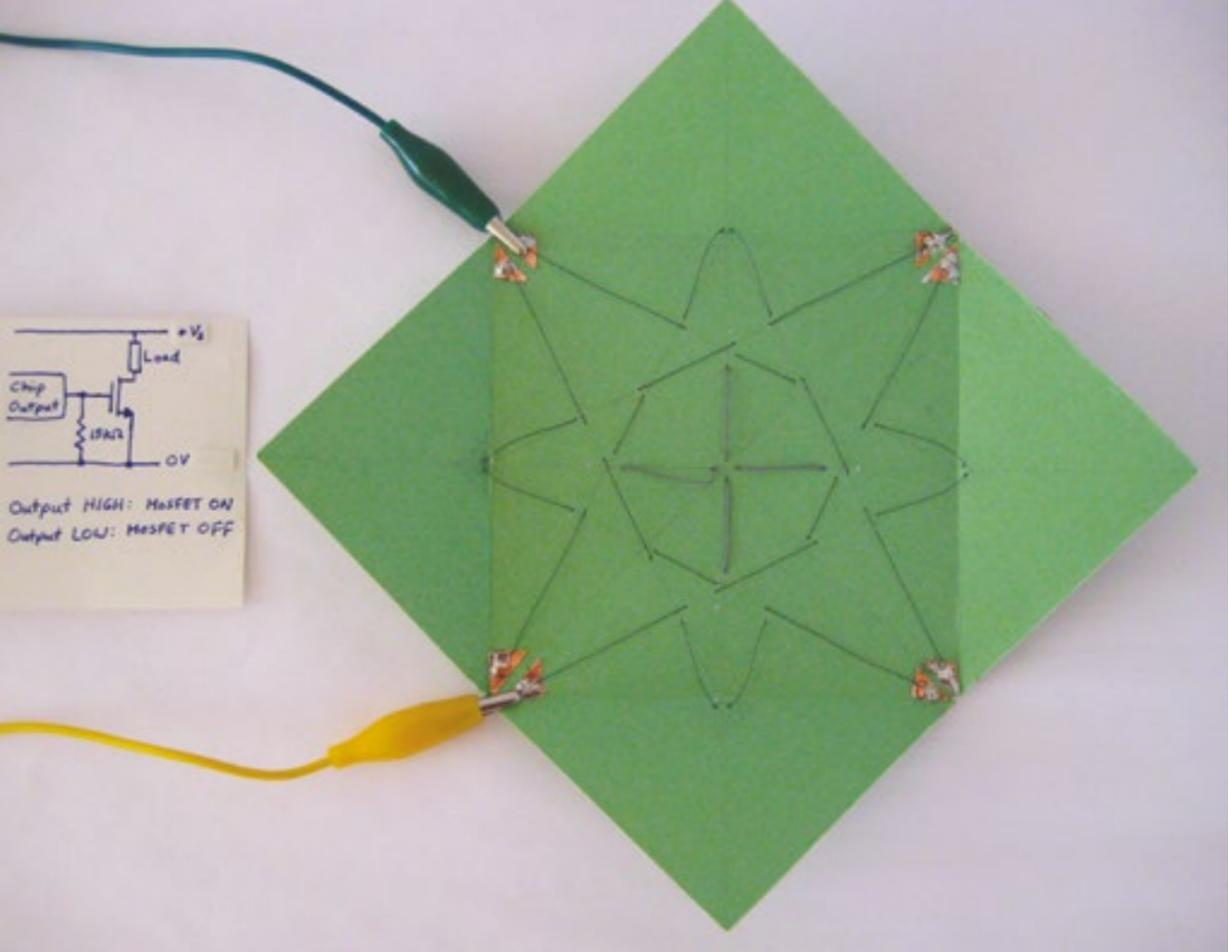
[19] reg Saul, Cheng Xu e Mark Gross, “Interactive Paper Devices: End-user Design and Fabrication” in *Proceedings of Tangible Embedded and Embodied Interaction (TEI)*, Madeira, New York, NY, USA, ACM, 2011, pp. 205-212.



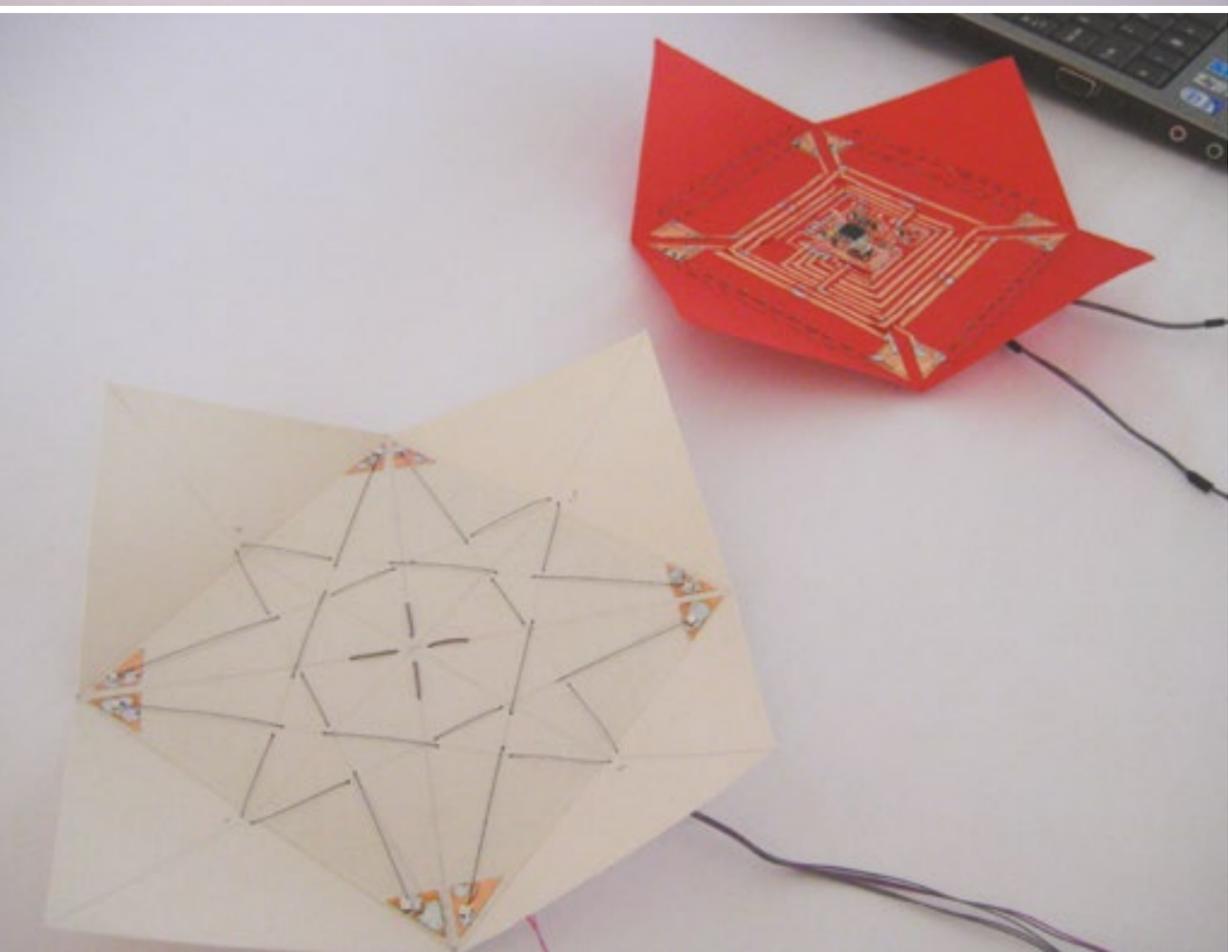
Progetto *Pulp-Based Computing*. Particolare con led integrati nella carta e intrusioni nella cellulosa della carta di sensori e microprocessori. (Marcelo Coelho)

Marcelo Coelho’s *Pulp-Based Computing*. Detail with LEDs integrated into paper and intrusions in cellulose of sensors and microprocessors.





Progetto *Self-folding origami paper*. (Jie Qi)  
Jie Qi's *Self-folding origami paper*.



### Conclusioni

Questa serie di sperimentazioni, più o meno pionieristiche e concluse, hanno evidenziato le proiezioni progettuali dell'oggetto cartaceo inserito in un contesto interattivo multimediale. I casi studio hanno messo in luce lo stretto rapporto tra le caratteristiche intrinseche del materiale e i diversi media digitali al fine di creare delle esperienze narrative-interattive. A fronte di queste sperimentazioni sorgono spontanee alcune problematiche.

La prima riflessione, evidente in alcune realizzazioni in cui la carta potrebbe essere facilmente sostituita con altri tipologie di materiale, è la relativa congruità della materia cartacea al progetto.

La seconda valutazione critica è relativa all'aggiunta di layer comunicativi – uno strato di informazioni aggiunte e fruibili in maniera diversa – in una sorta di realtà aumentata; anche questo legame in realtà è debole ed aleatorio, incapace di creare coerentemente una relazione bidirezionale tra forma, comunicazione e interazione.

Condividendo la posizione teorica di Tomàs Maldonado relativa a virtualità e nuovi materiali, in cui si evidenzia come la virtualizzazione richiami inevitabilmente in maniera forte la fisicità della superficie [20], si può giungere alla conclusione che il rapporto tra la fisicità dell'artefatto cartaceo e il processo interattivo deve ricercare un legame biunivoco e coerentemente legato al tipo di materiale. Questa forza e peculiarità dell'interazione applicata all'artefatto cartaceo può sembrare effimera e fuorviante, ma se contestualizzata correttamente può diventare coerente e restituire la forza materica a molti processi comunicativi che sono diventati sterili nella loro virtualizzazione.

[20] Tomàs Maldonado, *Reale e virtuale*, Milano, Feltrinelli, 1992, p. 84.

Progetto *Animated Paper* (Yoav Sterman).  
Yoav Sterman's *Animated Paper*.



### NOTES

- [1] In this video (<http://goo.gl/T9Ks5Y>) Jan Hederen of Ericsson, demonstrates the interactive possibilities of their platform via augmented reality and touch functionality on paper media.
- [2] Fujitsu's *FingerLink Interaction System* (<http://goo.gl/6GXZTR>)
- [3] Conductive inks, due to their chemical composition, are able to conduct electricity and are widely used in the industrial field in both polymer and paper media.
- [4] The "*Touch Board: Interactivity Everywhere*" project of Bare Conductive was launched on Kickstarter in 2013 and the same company was presented at TEDx by its founder Matt Johnson (<http://goo.gl/Sr0AXQ>).
- [5] *Conductive Ink Project* (<http://goo.gl/T6Br5n>).
- [6] *Interactive Poster* (<http://goo.gl/ouQM8j>).
- [7] *The Listening Post: Interactive gig poster* (<http://goo.gl/S7J76f>).
- [8] *Paperduino Tiny* (<http://paperduino.eu>)
- [9] Giovanni Anceschi (editor), *Il progetto delle interfacce. Oggetti colloquiali e protesi virtuali*, Milan, Domus Academy, 1993, p. 19.
- [10] Installation at the *2010 Winter Olympic Games, Voice it Table and LED Chandelier* (<http://goo.gl/22a3fc>)
- [11] Installation "*Seed of truce*" (<http://goo.gl/MXO5gJ>).
- [12] Interview with Joo Youn Paek (<http://goo.gl/ungG16>).
- [13] Marcelo Coelho, Lyndl Hall, Joanna Berzowska and Pattie Maes, "Pulp-Based Computing: A Framework for Building Computers Out of Paper" at *The 9<sup>th</sup> International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp '07)*, Innsbruck, Austria, 2007.
- [14] Naoya Koizumi, Kentaro Yasu, Angela Liu, Maki Sugimoto and Masahiko Inami, "Animated paper: A toolkit for building moving toys" in *Computers in Entertainment (CIE)*, Volume 8 Issue 2, New York, NY, USA, ACM, 2010, p. 7.
- [15] Shape memory alloys, defined in English by the acronym SMA (Shape Memory Alloy), are materials that remember their shape and if deformed, when heated, they regain their original configuration. Nitinol is a shape memory metal alloy able to shrink by 10% compared to its original length when subjected to heat (<http://goo.gl/tl6agw>).
- [16] Jie Qi and Leah Buechley, "Animating paper using shape memory alloys" in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, ACM, 2012, pp. 749-752.
- [17] Flexinol is a trade name for a Nitinol type product.
- [18] Yoav Sterman's "*Animated Paper*" project was carried out during the course of *New Textiles* at MIT (<http://goo.gl/NX2vz3>).
- [19] Greg Saul, Cheng Xu and Mark Gross, "Interactive Paper Devices: End-user Design and Fabrication" in *Proceedings of Tangible Embedded and Embodied Interaction (TEI)*, Madeira, New York, NY, USA, ACM, 2011, pp. 205-212.
- [20] Tomàs Maldonado, *Reale e virtuale*, Milan, Feltrinelli, 1992, p. 84.