

INTERFACCE MATERICHE Il biologico incontra il digitale

MATERIAL INTERFACES Biological meets digital

Sabrina Lucibello, Lorena Trebbi, Chiara Del Gesso

ABSTRACT

L'introduzione del concetto di 'materialità digitale' supera la consuetudine di considerare gli attributi fisici della materia in opposizione a tutto ciò che è virtuale, binario e digitale. Già Bonsiepe nel 1995 integra il carattere materico degli oggetti e il valore semiotico dell'interfaccia, riconoscendole l'abilità di configurarsi come 'linguaggio non verbale', 'apparato spaziale' che stabilisce nuove relazioni tra corpo umano e tecnologia. Le superfici dunque svolgono il ruolo chiave di 'membrane' che creano e ricevono stimoli innestati tra interno ed esterno, tra soggetto e oggetto. Dal quadro descritto emerge la necessità di sperimentare soluzioni alternative che rispondano alle esigenze in termini sia di circolarità/sostenibilità che di esperienza/fruizione, attraverso ad esempio interfacce materiche o sperimentazioni sui nuovi materiali biofabbricati come la nanocellulosa microbica.

The introduction to the concept of 'digital materiality' goes beyond the custom of considering matters' physical characteristics as the opposite of virtual, binary and digital ones. Bonsiepe, in 1995, had already integrated the material characteristics of objects and the semiotic value of the interface, acknowledging its ability to become a 'non-verbal language', 'spatial system' establishing new relationships between the human body and technology. Therefore, surfaces have the key role of 'membranes', creating and receiving stimuli from inside and outside, and from subject and object. From this framework, it emerges the need to experiment alternative solutions meeting circularity/sustainability and experience/enjoyment needs, for example, through material interfaces or experiments on new biofabricated materials, such as microbial nanocellulose.

KEYWORDS

materialità digitale, esperienza materiale, design delle superfici, percezione, biofabbricazione

digital materiality, material experience, surface design, perception, biofabrication

Sabrina Lucibello, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Planning, Design, and Technology of Architecture, the President of the CdL Design and the Director of the Research and Services Saperi&Co Center of the 'Sapienza' University of Rome (Italy). She carries out research mainly in the field of product innovation and of new materials. Mob. +39 347/05.73.005 | E-mail: sabrina.lucibello@uniroma1.it

Lorena Trebbi, Designer and PhD, is a Post-Doctoral Research Fellow and Adjunct Professor at the Department of Planning, Design, and Technology of Architecture of the 'Sapienza' University of Rome (Italy). She carries out research in the field of innovative materials for design, particularly focusing on biofabrication and the possibility of implementing symbiotic processes between nature and culture, design and science. Mob. +39 377/12.64.521 | E-mail: lorena.trebbi@uniroma1.it

Chiara Del Gesso, PhD Candidate at the Department of Planning, Design, and Technology of Architecture of the 'Sapienza' University of Rome (Italy). She carries out research in the field of innovative processes and products through materials for design between design and science. She is a member of the research team in Saperi&Co Centre. Mob. +39 328/11.84.021 | E-mail: chiara.delgesso@uniroma1.it

La naturale propensione del progettista tesa a integrare il momento tecnico-produttivo con quello progettuale sul piano della sperimentazione estetica e funzionale si muove su diversi livelli: quello della 'percezione', che rivaluta il rapporto dei sensi nell'esperienza reale delle cose e dei materiali; quello del 'significato', che coglie l'importanza della dimensione culturale e concettuale del rapporto con la tecnologia; quello della 'informazione', che mette l'accento sul rilascio o sulla captazione dei dati; quello del 'linguaggio', con cui prefigura nuovi scenari. Muovendosi tra questi livelli, il progettista ha la possibilità di immaginare non solo nuovi artefatti e stili di vita ma anche nuove interpretazioni della qualità della materia, sia attraverso la sapiente gestione degli aspetti tecnologici sia attraverso il suo potenziamento. Un potenziamento 'superficiale' solo in apparenza, perché è qui, sulla superficie, che si concentrano informazioni, messaggi, interazioni, ma che si struttura a livello nano, arrivando al DNA della materia stessa, progettandone tanto le prestazioni tecniche quanto quelle percettive (come il grado di morbidezza, l'odore, la traslucenza, la porosità), contribuendo di fatto alla stessa evoluzione del panorama dei materiali per il progetto (Ferrara and Lucibello, 2012).

Il materiale e la sua superficie rappresentano dunque l'interfaccia tra noi e l'artefatto, e, così come già messo a fuoco da Gui Bonsiepe (1995) in *Design dell'Interfaccia*, il compito del Design consiste proprio nel collegare gli artefatti (materiali o immateriali) al corpo umano, indirizzando l'interazione tra utente e artefatto. L'interfaccia, ci dice Bonsiepe, non è un oggetto ma uno spazio in cui si articola l'interazione tra corpo umano, utensile e scopo dell'azione ed è l'ambito centrale verso il quale si orienta l'interesse del designer, perché trasforma gli oggetti in prodotti; in particolare poi, attraverso il materiale veniamo a scoprire e a dare un carattere a ciò che tocchiamo, vediamo, immaginiamo, moltiplicandone i significati e plasmandone al tempo stesso forma e funzione.

Negli ultimi anni però, l'innovazione nel campo dei materiali ha subito un'accelerazione tale da determinare una vera e propria rivoluzione che ha investito anche il campo del progetto per la rapidità, l'ampliarsi e l'amplificarsi di queste trasformazioni. La rapidità dei cambiamenti ha prodotto uno spaesamento dovuto a un evidente 'scarto di competenze' e un 'gap informazionale', non essendo più il progettista – né tanto meno il tecnico dei materiali – in grado di riuscire a gestire da solo e in tempo reale tutte le informazioni sui nuovi materiali. L'ampliarsi delle possibilità offerte dalla ricerca scientifica e dallo sviluppo delle nanotecnologie ha reso ancor più complesso il panorama, permettendo di progettare materiali ad hoc per qualsiasi tipo di esigenza e sempre più irrinunciabili perché modificati nella loro sostanza, ossia a livello molecolare.

È così che, se in passato parlando di materiali è sempre stato possibile distinguere tra naturale e artificiale, tradizionale o innovativo, oggi ciò non è più possibile dal momento che, al di là dei materiali 'base' come legno, metallo, ceramica, il mondo dei materiali è arrivato a comprendere un universo composto da tante sottocategorie in costante e rapido aggiornamento, fatto di materiali sempre più ibridi e dall'identità sem-

pre meno definibile a tratti anche inconciliabile con quella più 'autentica'. E come non considerare anche le impercettibili rivoluzioni che, agendo sulle caratteristiche estetiche, percettive, espressive ed esperienziali dei materiali, aprono nuove frontiere nei rapporti fra artificiale e naturale, fra oggetti d'uso e oggetti intelligenti, tra oggetti tecnici e oggetti del desiderio, tra uomo e ambiente?

Materiali ibridi perché surrogati, rimescolati, modificati geneticamente e carichi di un valore aggiunto che si esplica in termini di prestazione, ma anche in termini di informazione e capacità di interazione con gli stimoli sensoriali, per dar vita a nuovi linguaggi che sollecitano gli stessi comportamenti dell'uomo e la sua percezione delle cose e degli spazi. Materiali smart, che sembrano vibrare e rispondere agli stimoli esterni, come ad esempio avviene per le vernici termosensibili che cambiano aspetto al variare della temperatura o della luce; o per quelle soft-touch, gommose o vellutate; ma anche per i tessuti, le trame tecniche, i laminati e i film lenticolari, materiali unici e con personalità spiccata, capaci di stimolare un'esperienza emozionale sempre nuova e diversa a seconda delle ore del giorno, della nostra vicinanza e addirittura del nostro stato d'animo. Materiali intelligenti perché carichi di un plus non solo di performance e di prestazioni, ma anche di espressività che rende più diretto l'approccio sensoriale con l'artefatto, tanto che anche luci, suoni, odori, colori diventano materia in grado di conferire comfort psicologico e dunque anche fisico.

Questo è il terreno su cui oggi un progettista deve confrontarsi nel consapevole tentativo di riuscire a produrre una sorta di spaesamento semantico e di ricercata piacevolezza percettiva, muovendosi su un terreno 'intersoggettivo' che trae spunto dalla memoria e dall'esperienza individuale, stimolando nuovi linguaggi, comportamenti, forme di utilizzo e tipologie. Così il 'pensiero creativo' può spingersi fino a pensare ciò che non c'è ma che solo potrebbe essere, aprendo la strada a nuove sperimentazioni vicine tanto alle dinamiche inerenti al mondo dell'arte quanto a quello di sofisticate tecnologie spaziali, sempre più a cavallo tra fisico e digitale. Tutti elementi, questi, che vengono colti dall'utente come suggestioni che concorrono a creare un'esperienza emotivamente originale in cui la tecnologia integrata interviene per formare una relazione più stretta con l'ambiente ma anche con la persona, il prodotto e addirittura con la città, dove lo scopo è far interagire il personale con i clienti e con l'ambiente (Hecht and Colin, 2003). Questi spazi, esemplificazione di quello che Lev Manovich (2006) chiama 'spazio aumentato', sono parte dello spazio urbano contemporaneo nel quale alle strutture fisiche si sovrappongono informazioni e flussi di dati invisibili che lo attraversano (o lo aumentano), potendo per altro essere catturati in ogni momento con i nostri device (Buci Glucksmann, 2004).

Oltre che sulla 'esperienzialità' tecnologico-informatica, il progettista si deve oggi concentrare sull'utilizzo sapiente delle caratteristiche estetico-sensoriali dei materiali che, accanto a quelle tecnico-scientifiche, ne qualificano l'identità. La scelta di un materiale, di una texture, ma persino quella di elementi più immateriali come odori, suoni, insieme ovviamente alla luce, possono influen-

zare fortemente il modo in cui l'oggetto o l'ambiente sono percepiti. Resta una questione da comprendere e cioè se la sapiente combinazione di più stimoli sensoriali darà luogo a una nuova forma di consumismo che ci renderà capaci di consumare in modo più intenso oltre che più veloce, come oggi avviene.

Esperienze ibride | Generalmente l'esperienza digitale è mono-sensoriale, ossia tesa a stimolare principalmente una modalità sensoriale per volta, prima su tutte la vista. Tuttavia, la dimensione virtuale esiste necessariamente in relazione a quella reale (Zannoni, 2015), in cui i nostri sensi non agiscono autonomamente come canali separati. Il meccanismo di percezione, attraverso il quale elaboriamo il mondo esterno, avviene all'interno del nostro cervello come risultato dell'interazione tra molteplici modalità sensoriali (Haverkamp, 2012; Cytowic, 2018), allo stesso modo se la stimolazione è innescata da un oggetto virtuale o fisico. Oggi viviamo in una società in cui i mondi fisici e virtuali si sovrappongono, una società popolata da oggetti fisici che vengono innestati con informazioni digitali, così come da oggetti digitali in grado di acquisire una dimensione fisica tangibile. Di conseguenza si sta sviluppando il fenomeno sociale della 'letargia digitale', poiché i sensi devono compiere uno sforzo molto più consapevole per aprirsi e sono costretti a far fronte a una successione molto più rapida di entità passeggera (Jütte, 2004).

Un esempio di tale processo di ibridazione tra dispositivi digitali e analogici è *Interactive Paper*: utilizzando la tecnologia NFC permette di collegare lo smartphone a un volantino cartaceo che si trasforma in una pulsantiera attraverso cui aprire contenuti digitali sullo smartphone. Un caso simile di realtà aumentata, dove gli elementi immateriali virtuali sono integrati a un dispositivo fisico, è *The Listening Post* un poster musicale realizzato da *Uniform & Bare* Conducive che permette di ascoltare clip musicali di artisti che si esibiscono in un festival musicale toccando direttamente il suo poster pubblicitario. In questo scenario di esperienze ibride non è soltanto il mondo digitale a invadere il mondo fisico ma si può parlare anche di 'virtualità aumentata', per esempio con il concetto di *Material Design*¹ di Google, sviluppato da Matias Duarte nel 2014, il quale prevede un sistema di progettazione adattabile al design piatto, che mira alla creazione di interfacce digitali in grado di riprodurre fedelmente un'esperienza fisica. Attraverso questo sistema le interfacce grafiche possono comportarsi come materiali e oggetti reali, espandendo il concetto di profondità e tridimensionalità alle superfici digitali.

Le esperienze proposte tuttavia sono ancora fortemente ancorate al contesto bidimensionale della visione, per cui si cerca di fornire un'illusione prettamente visiva della realtà che non coinvolge gli altri sensi in qualità di strumenti percettivi. L'era post-digitale ha focalizzato l'attenzione sull'importanza della fisicità e della tattilità, nella crescente consapevolezza che viviamo in una società fatta di sentimenti e non di visioni (Gerritzen and Lovink, 2020). Da qui è nato lo scenario della 'virtualità tangibile', che comprende dispositivi tridimensionali, materici, tangibili, interattivi. *Knitted Keyboard*, ad esempio, è una

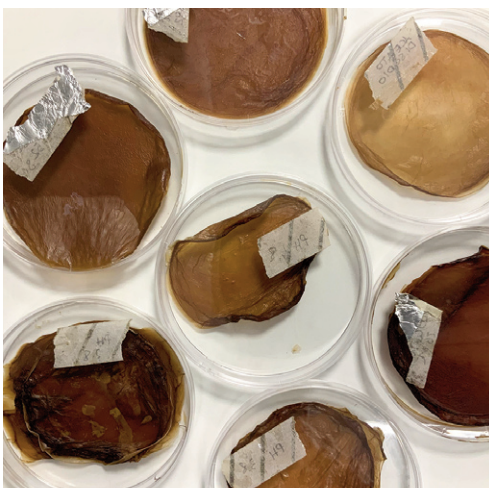
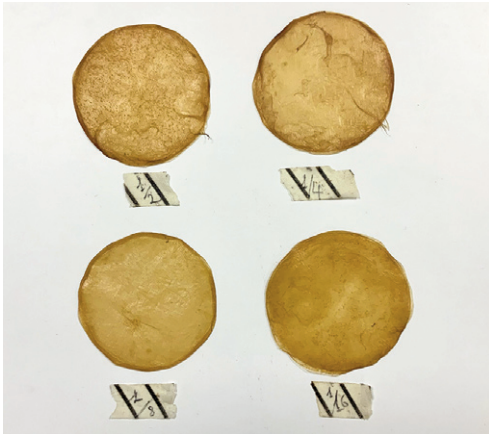
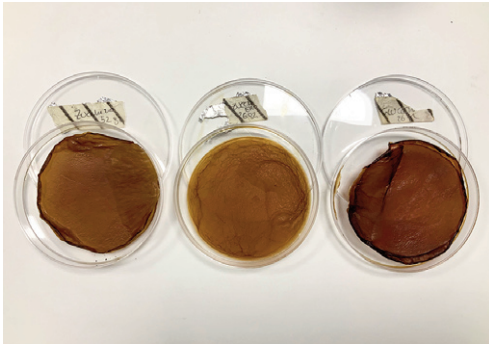


Fig. 1-3 | Microbial nanocellulose laboratory tests, realised by L. Trebbi in collaboration with E. Schifano PhD from Biology and Biotechnology Department Charles Darwin of 'Sapienza' University (credits: L. Trebbi, 2021).

Fig. 4 | Microbial nanocellulose sensory exploration, mixed samples (credit: L. Trebbi, 2021).

superficie interattiva basata su tessuto fabbricata attraverso la tecnologia di maglieria digitale progettata al MIT Media Labs. Il progetto combina filati funzionali (conduttivi, termocromici e composti) e non funzionali (spandex e poliestere high-flex) per creare un meccanismo di rilevamento collegato a un microprocessore centrale che converte i dati del sensore in un'interfaccia digitale strumento musicale (MIDI).

Nella sua installazione Fold Loud, Jooyoun Paek ha utilizzato fogli di carta e inchiostri conduttivi per creare oggetti sonori azionati da origami, dove ogni piega produce una specifica nota vocale. Manipolando gli artefatti di carta, aprendo e chiudendo la carta piegata è possibile comporre una melodia combinando i diversi suoni. L'esperienza piatta e mono-sensoriale offerta dalle interfacce digitali può quindi essere arricchita attraverso la percezione tattile, coinvolgendo tutto il nostro corpo in molti modi che vanno oltre l'atto di premere un pulsante virtuale su uno schermo. La superficie materica degli oggetti incarna così il suo ruolo di 'membrana osmotica' in grado di favorire o inibire lo scambio tra interno ed esterno (Manzini, 1986); in quanto designer, agendo su tali superfici materiche, abbiamo l'opportunità di determinare l'intensità di questo scambio e possibilmente superare il fenomeno della 'lettargia digitale'.

Un mondo fatto di superfici omogenee e prive di stimoli comporterebbe l'annullamento di tutta una serie di relazioni sensoriali (Manzini, 1986). Se la rivoluzione industriale prima, e la rivoluzione digitale poi hanno ridotto al minimo le opportunità di incontro con la 'varietà tattile' derivante dalla texture e dal calore dei materiali naturali, abbiamo ora bisogno di creare una nuova gamma di materiali in grado di fornire un livello equivalente di coinvolgimento tattile, attraverso la progettazione del 'rapporto di prossimità' (Manzini, 1986), che stabiliamo con gli oggetti.

Nanocellulosa microbica come membrana osmotica interattiva | Nell'attuale contesto di ricerca nel campo dei materiali per il progetto, il design interroga le nuove materialità con l'intento di individuare potenzialità inesprese e possibili nuove modalità di fruizione e applicazione. È questo il caso della nanocellulosa microbica, un materiale biofabbricato derivante dal processo di fermentazione di una coltura simbiotica di batteri e lieviti (SCOBY), tradizionalmente utilizzato per la produzione di Kombucha. Questa superficie materica, oltre a notevoli proprietà tecnico-performative, è dotata di forti qualità tattili, visive e olfattive che costituiscono gli elementi 'sensibili' in grado di influenzare profondamente la percezione del prodotto. L'attività di ricerca che gli autori stanno svolgendo presso gli spazi del centro Saperi&Co della 'Sapienza' Università di Roma è volta allo studio e analisi delle potenzialità di tale materiale ad agire (a funzionare, a fungere) da interfaccia materica per dispositivi digitali, collocandosi dunque nella dimensione di 'virtualità aumentata' per cui la dimensione sensoriale diventa parte centrale dell'esperienza.

Il materiale presenta una struttura di rete in fibra nanoscala e una morfologia cristallina che gli conferiscono alte proprietà meccaniche (Gatenholm and Klemm, 2010; Lay et alii, 2017). A differenza della cellulosa ottenuta da fonti vege-

tali, che richiede trattamenti chimici e l'uso di sostanze chimiche altamente inquinanti a causa della presenza di altri componenti (lignina, emicellulosa, pectina), la cellulosa da fonti microbiche è prodotta nella sua forma pura, che fornisce maggiore flessibilità, idrofilia e proprietà di rilascio del carico di droga (Dima et alii, 2017). In combinazione con additivi come polveri metalliche, grafene o polipirrolo, è possibile produrre nanocompositi altamente conduttivi ed elastici, dotati delle caratteristiche elettriche e meccaniche che non possono essere raggiunte dai singoli materiali (Liang et alii, 2012; Lay et alii, 2017). Flessibilità, biocompatibilità, trasparenza e tutte le altre proprietà esaminate rendono la nanocellulosa microbica adatta per applicazioni nel campo dell'indossabile, dell'elettronica morbida, dei biosensori, dei sensori cutanei e dei dispositivi elettronici.

L'uso della nanocellulosa microbica come soluzione alternativa sostenibile per l'e-textiles è stato esplorato da Giulia Tommasello (2016) nel corso della sua ricerca con il progetto Bio-Conductive Skin. Particelle conduttive come grafite e rame sono state inserite nel materiale, al fine di ottenere un tessuto conduttivo che può essere utilizzato come una seconda pelle indossabile. Uno dei problemi con gli e-tessuti è che quando perdono la loro resistenza o conducibilità nel tempo vengono gettati via come rifiuti elettronici, mentre la sostituzione di tessuto con un materiale biologico come nanocellulosa in grado di biodegradare consentirebbe di bio-riciclare l'elettronica in nuovi tessuti elettronici (Fontana, 2018).

L'azienda biotecnologica tedesca Scobytec, che negli ultimi anni ha iniziato a produrre sacchetti a base di nanocellulosa microbica e altri prodotti simili, ha ora iniziato a esplorare l'applicazione del materiale nel campo degli indossabili e dell'elettronica morbida realizzando alcuni prototipi come un gilet biker con LED integrati e Natural Action Shoe, una scarpa da indossare a piedi nudi dotata di hardware controller per esplorare ambienti VR/AR e facilitare il libero utilizzo delle mani. Un altro interessante progetto che esplora il potenziale interattivo di questo materiale biofabbricato è Intra-Action, un sintetizzatore di nanocellulosa microbica creato per New Instruments for Musical Expression (NIME). Il synth è in grado di generare suono da fogli bagnati di materiale che funziona come un sensore tattile capacitivo, modificando l'intensità del flusso elettrico a seconda dei diversi tocchi. Durante la performance dal vivo il materiale viene attorcigliato, accarezzato, piegato, pressato, sollevato o colpito, fondendo l'esperienza fisica e digitale.

Oltre alle proprietà tecnico-performative del materiale, un ruolo chiave è svolto dalle proprietà sensoriali, strettamente legate al suo processo di fabbricazione. Il processo di preparazione standard di Kombucha produce un materiale di colore brunoastro che può variare da chiaro a scuro a seconda del colore del tè utilizzato. Inoltre, mantiene il forte odore di aceto tipico del processo di fermentazione anche una volta essiccato e quindi, nonostante i numerosi vantaggi in termini di caratteristiche tecniche, performative e produttive, dal punto di vista estetico-percettivo il materiale finale non risulta molto accattivante (Figg. 1-3). Tuttavia, agendo sull'ambien-

te chimico della coltura, e quindi sul nutrimento utilizzato per alimentare il metabolismo microbico in termini di qualità e quantità, è possibile controllare e modificare le proprietà sensoriali del materiale risultante, influenzando allo stesso tempo colore, odore e consistenza che coinvolgono più canali sensoriali (Figg. 4-9). È possibile agire sulla consistenza del materiale anche dopo la fase di crescita, posizionando il materiale bagnato su una superficie testurizzata a rilievo o su uno stampo tridimensionale per modellarlo a piacere. Infine, le proprietà autoadesive del materiale consentono la stratificazione dei fogli di materiale (Fig. 10), attraverso i quali è possibile creare superfici tridimensionali in grado di fornire feedback tattile durante l'interazione.

Conclusioni | La riprogettazione dell'esperienza in risposta alle questioni della sostenibilità e dell'innovazione tecnologica, combina i due 'attrattori' del design contemporaneo: il biologico e il digitale. Materiali e artefatti riflettono l'evoluzione dei processi tecnologici influenzati da queste due dimensioni progettuali, che non seguono necessariamente percorsi distinti ma possono combinarsi e intrecciarsi in una doppia elica. Il progetto non può astrarsi dal contesto ambientale in cui opera come erroneamente prospettato dalla rivoluzione digitale, ma deve sempre far convivere livelli tecnici disparati e contrastanti, «[...] che non restituiscono mai un modello unificante e chiuso per le nuove possibili forme evolutive degli artefatti» (La Rocca, 2006, p. 143). Il design rappresenta lo strumento tramite cui far dialogare materiale e immateriale integrando diverse modalità di interazione, stratificando l'informazione a più livelli e attribuendo alle superfici un plus sensoriale.

The natural attitude of the designer aimed at integrating the technical-productive moment with the design focusing on aesthetic and functional experimentation has different levels. The 'perception' level, which re-evaluates the role of the senses in the real experience of things and materials. The 'meaning', which captures the importance of the cultural and conceptual dimension of the relationship with technology. The 'information', which emphasises the release or collection of data. The 'language', which prefigures new scenarios. Moving through these levels, the designer has the chance to imagine new artifacts, lifestyles, and also new interpretations of the matter quality, both by wisely manage the technological aspects and by its enhancement. An only apparently 'superficial' enhancement, because it is on the surface that information, messages and interaction are concentrated, but it is structured at a nano-level, reaching the DNA of the material, designing both its technical and perceptual performances (such as the level of softness, odours, translucency, porosity), contributing to the evolution of the landscape of materials available for the project (Ferrara and Lucibello, 2012).

The material and its surface are the interface between us and the artifacts. As already highlighted by Gui Bonsiepe (1995) in *Design dell'Interfaccia*, the job of Design is to link the artifacts (tangible or intangible) to the human body, chan-

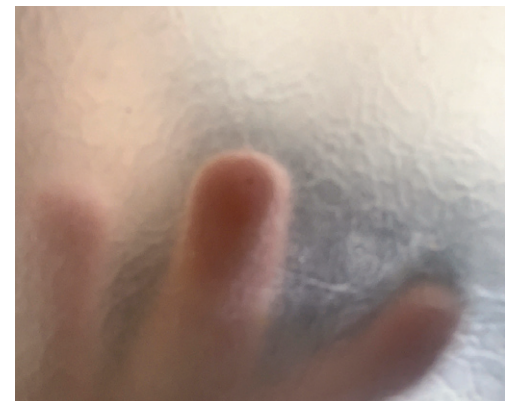
nelling the interaction between user and artifact. According to Bonsiepe, the interface is not an object but a space where the interaction between human body, tool and purpose of the action is the main focus of the designer, because it transforms objects in products. In particular, through the material we discover and give a sense to what we touch, see, imagine, multiplying its meanings and, at the same time, moulding its form and function.

However, in recent years, the innovation in the material field has had a remarkable acceleration that determined a real revolution that has also affected the project field due to the speed, expansion and amplification of these transformations. The quick changes have caused disorientation, due to a clear 'difference of competences' and an 'informational gap', because the designer is no longer able to handle alone and in real time all the information on new materials. The widening of the possibilities achieved through the scientific research and the development of nanotechnology has made the landscape even more complex, allowing to design specific materials for every type of need and increasingly unrecognisable because they are modified up to their matter, that is, at molecular level.

In the past, when talking about materials, we could always separate natural and artificial, traditional or innovative, and today is no longer possible. This is because, besides the 'basic' materials, such as wood, metal, and ceramic, the world of materials now includes a multitude of subcategories, constantly and rapidly updating, made of increasingly hybrid materials and with a less and less defined identity, at times even irreconcilable with the more 'authentic' one. It is impossible not to consider the imperceptible revolutions that, acting on the aesthetic, perceptive, expressive, and experiential characteristics of the materials, open up new frontiers in the relationship between artificial and natural, products and smart objects, technical objects and desirable objects, man and environment.

Hybrid materials are surrogates, mixed, genetically modified and loaded with an added value that is expressed in terms of performance, but also in terms of information and of the ability to interact with sensory stimuli, to create new languages that stimulate the same behaviours of men and their perception of things and spaces. Smart materials that seem to vibrate and respond to external stimuli, as it is the case for thermochromic paints – they change their aspect as the temperature or light changes – or for soft-touch paints – chewy or velvety – and also for fabrics – technical fabrics, laminates and lenticular films. These are unique materials with well-defined characteristics, capable of stimulating an ever new and different emotional experience depending on the time of day, our proximity and even our mood. Smart materials provide high-quality performances and services, and also have a high expressiveness that makes the sensory approach to the artifact more direct, so much so that even lights, sounds, smells, colours become materials capable of giving psychological and physical comfort.

This is the ground of comparison for a designer, in a conscious attempt to produce a sort of semantic disorientation and refined perceptive pleasure, walking on an 'intersubjective' path that



Figg. 5, 6 | Microbial nanocellulose sensory exploration: translucency (credits: L. Trebbi, 2021).

draws inspiration from memory and individual experience, stimulating new languages, behaviours, uses and types. The 'creative thought' can even imagine something that does not exist but could, opening the path to new experiments, close to the dynamics linked to the art world and to sophisticated space technologies, increasingly standing between the physical and digital world.

These elements are seen by the user as suggestions that help to create an emotionally original experience in which integrated technology participates to create a closer relationship with the environment but also with the person, the product and even the city, where the aim is to make the staff interact with customers and with the environment (Hecht and Colin, 2003). These spaces (symbols of what Lev Manovich (2006) called 'augmented space') are part of the contemporary urban space, where physical structures overlay with information and invisible data streams that cross it (or increase it), can be captured at any time with our devices (Buci Glucksmann, 2004).

In addition to the technological-computer 'experience', the designer must focus on the wise use of the aesthetic-sensorial characteristics of the materials which, together with the technical-scientific ones, characterise their identity. Choosing a material, a texture, and also immaterial elements such as odours, sounds, together with light, can strongly condition the way the object or the environment are perceived. There is a remaining issue: will the wise combination of several sensory inputs create a new form of consumerism that will make us consume more and faster, as it already happens?

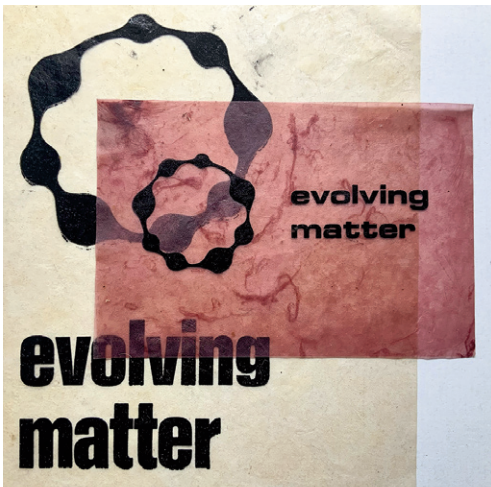


Fig. 7, 8 | Microbial nanocellulose, printing tests realised by L. Trebbi in collaboration with Slab Letterpress in Rome (credits: L. Trebbi, 2021).

Hybrid experiences | In general, the digital experience is mono-sensory: aimed at stimulating mostly one sense at a time, first of all sight. However, the virtual dimension necessarily exists in relation to the real one (Zannoni, 2015), where our senses do not act autonomously as separate channels. The perception mechanism that makes us process the external world, exists inside our brains as a result of the interaction between multiple sensory modalities (Haverkamp, 2012; Cytowic, 2018), as well as if the stimulation is triggered by a virtual or physical object. We currently live in a society where physical and virtual worlds overlap, a society filled with physical objects mixed with digital information, and with digital objects capable of gaining a tangible physical dimension. As a consequence, the social phenomenon of 'digital fatigue' is developing, as the senses have to make a much more conscious effort to feel and are forced to cope with a much faster series of passing entities (Jütte, 2004).

An example of this hybridisation process between digital and analogue devices is the Interactive Paper: using NFC technology, it allows you to connect your smartphone to a paper flyer, which turns into a keypad to open digital content on your smartphone. A similar case of augmented reality, where immaterial virtual elements are integrated into a physical device, is The Listening Post, a music poster made by Uniform & Bare Conduc-

tive. It allows to listen to musical videos of artists playing at a musical festival simply by touching its advertising poster. In this scenario of hybrid experiences, it is not only the digital world that invades the physical world but we can also mention, 'augmented virtuality'. For example, the concept of Material Design¹ by Google, developed by Matias Duarte in 2014, is a design system adaptable to a flat design, which aims to create digital interfaces that can faithfully replicate a physical experience. Through this system, the graphical interfaces can act as real materials and objects, extending the concept of depth and three-dimensionality to digital surfaces.

However, the proposed experiences are still strongly rooted into the bi-dimensional context of the vision. This is why we try to provide a purely visual illusion of reality that does not involve the other senses as perceptual tools. The post-digital era has focused everyone's attention on the importance of physicality and tactility, in the growing awareness that we live in a society made up of feelings and not visions (Gerritzen and Lovink, 2020). This is the origin of the 'tangible virtuality' scenario, which involves three-dimensional, material, tangible, and interactive devices. Knitted Keyboard, for example, is an interactive surface, based on fabric and created with digital knitting technology designed at MIT Media Labs. The project combines functional yarns (conductive, thermochromic and composite) and non-functional yarns (spandex and high-flexible polyester) to create a detection mechanism connected to a central microprocessor that converts the sensor's data into a digital musical instrument interface.

Jooyoung Paek, in his installation Fold Loud, used paper sheets and conductive inks to create sound objects powered by origami, where each fold plays a specific note. By touching the paper artifacts, opening and closing the fold paper, it is possible to play a melody by combining different tunes. The flat and mono-sensory experience provided by the digital interfaces can be enriched through tactile perception, engaging our body in different ways, by doing more than just pushing a virtual button on a screen. The material surface of the objects has the role of 'osmotic membrane', capable of favouring or inhibiting the exchange between inside and outside (Manzini, 1986). As designers, we have the opportunity to determine the intensity of this exchange and possibly to overcome the phenomenon of 'digital fatigue'.

A world made of homogeneous surfaces, without inputs, would entail to cancel a series of sensory relations (Manzini, 1986). First the Industrial Revolution and then the Digital Revolution have minimised the opportunities to meet the 'tactile variety' originating from the texture and the warmth of natural materials. We now need to create a new range of materials capable of having similar levels of tactile engagement, by designing the 'proximity relationship' (Manzini, 1986), that we create with the objects.

Microbial nanocellulose as interactive osmotic membrane | In the current research in the field of materials for the project, the design addresses the new matters with the aim of identifying unexpressed potential and possible new methods of use and application. It is the case for microbial nanocellulose, a biofabricated material re-

sulting from the fermentation process of a symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY), traditionally used to produce Kombucha. This material surface, together with many impressive technical-performative properties, has strong tactile, visual and olfactory qualities, 'sensitive' elements capable of deeply influencing the perception of the product. The research activity that the authors are carrying out in the Center Saperi & Co of the 'Sapienza' University of Rome is aimed at the study and analysis of the potential of this material and to act (to function, to serve) as a material interface for digital devices, thus placing itself in the dimension of 'augmented virtuality', where the sensory dimension becomes the central part of the experience.

The material has a nanofiber reticulated structure and a crystalline morphology that endows it with excellent mechanical properties (Gatenholm and Klemm, 2010; Lay et alii, 2017). Unlike the cellulose made from plants – which requires chemical treatments and the use of highly polluting chemicals due to the presence of other components (lignin, hemicellulose, pectin) – the cellulose from microbial sources is produced in its purest form, providing increased flexibility, hydrophilicity and drug load release properties (Dima et alii, 2017). With the combination of additives such as metal powders, graphene or polypyrrole, it is possible to produce highly conductive and elastic nanocomposites, endowed with electrical and mechanical characteristics that cannot be achieved by single materials (Liang et alii, 2012; Lay et alii, 2017). Flexibility, biocompatibility, translucency, and all the other examined properties make the microbial nanocellulose suited for applications in the field of wearables, soft electronics, biosensors, skin sensors and electronic devices.

The use of microbial nanocellulose as an alternative solution for e-textiles has been dealt with by Giulia Tommasello (2016) in her research with the Bio Conductive Skin project. Conductive particles such as graphite and copper have been added into the material, to obtain a conductor material that can be used as a wearable second skin. The e-fabrics problem is that when they lose their resistance or conductivity over time they are thrown away as electronic waste. Instead, replacing the fabric with a biological material as a nanocellulose capable of biodegrading would allow to bio-recycle electronic components into new electronic fabrics (Fontana, 2018).

Over the last years, Scobytec, a German Biotechnology company, has started to produce bags from microbial nanocellulose and other similar products. It has now started to study how to use this material in the wearable and soft electronic sectors creating some prototypes. For example: a biker vest equipped with LEDs and Natural Action Shoe, shoes to wear without socks, equipped with controller hardware to explore VR/AR environments and facilitate a hands-free experience. Another interesting project studying the interactive potential of this biofabricated material is Intra-Action, a microbial nanocellulose synth created for New Instruments for Musical Expression (NIME). The synth can generate sound from wet sheets of a material working as a capacitive touch sensor, by changing the intensity of the electrical flow according to differ-

ent touches. During the live performance, the material is twisted, stroked, folded, pressed, lifted or hit, merging the physical and digital experience.

Besides the technical-performative properties of the material, sensory properties, strictly linked to its fabrication process, have a key role. The standard kombucha-making process creates a brownish material, whose colour can vary from light to dark depending on the colour of the tea used. Moreover, it maintains a strong vinegar smell typical of its fermentation process even after it has dried up. Therefore, despite its many perks – technical, performative and productive – from the aesthetic-perceptual point of view, the final material is not very appealing (Fig. 1-3). However, by working on the chemical environment of the crop, and on the nourishment used to feed the microbial metabolism in terms of quality and quantity, it is possible to monitor and modify the sensory properties of the resulting material, affecting at the same time colour, smell and texture, involving multiple sensory channels (Fig. 4-9). It is possible to work on the texture of the material also after the growth phase, by placing the wet material on an embossed and textured surface or on a three-dimensional mould to shape it at will. Finally, the self-adhesive properties of the material allow to layer sheets (Fig. 10) to create three-dimensional surfaces capable of providing tactile feedback during interaction.

Conclusions | Redesigning the experience in response to sustainability and technological innovation, combines the two ‘attractors’ of contemporary design: biological and digital. Materials and artifacts reflect the evolution of technological processes, influenced by these two design dimensions. They do not necessarily follow different paths but can be combined and intertwined. The project cannot be isolated from its environmental context, as wrongly envisaged by the Digital Revolution, but must always bring together

different and contrasting technical levels which never show a unifying and closed model for the new possible evolved forms of artifacts (La Rocca, 2006, p. 143). Design is the tool to link material and immaterial worlds, by integrating different methods of interaction, layering information on multiple levels, and giving a sensorial plus to the surfaces.



Fig. 9 | Microbial nanocellulose, skin patch (credit: L. Trebbi, 2021).

Fig. 10 | Microbial nanocellulose stratification experiments, sensory scales realised by M. Campanella, L. Laricchiuta and C. Summa from Polytechnic University of Bari, in collaboration with Inmatex Research Lab, first supervisor Prof. R. Carullo, second supervisor Prof. S. Lucibello, co-supervisors G. Modeo, M. Stoppa and L. Trebbi (credit: M. Campanella, L. Laricchiuta and C. Summa, 2021).



Note

1) For more information see the video: Material Design [Online] Available at: youtube.com/watch?v=Q8TXgCzEnw [Accessed 29 October 2021].

References

- Bonsiepe, G. (1995), *Dall' Oggetto all' Interfaccia – Mutazione del Design*, Feltrinelli, Milano.
- Buci Glucksmann, C. (2004), *L'art à l'époque virtuel*, Collection Arts 8, L'Harmattan, Parigi.
- Cytowic, R. E. (2018), *Synesthesia*, The MIT Press, Boston.
- Dima, S., Panaitescu, D., Orban, C., Ghiurea, M., Doncea, S., Fierascu, R., Nistor, C., Alexandrescu, E., Nicolae, C., Trică, B., Moraru, A. and Oancea, F. (2017), “Bacterial Nanocellulose from Side-Streams of Kombucha Beverages Production – Preparation and Physical-Chemical Properties”, in *Polymers*, vol. 9, 374, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.3390/polym9080374 [Accessed 22 September 2021].
- Ferrara, M. and Lucibello, S. (2012), “Teaching material design – Research on teaching methodology about materials in industrial design”, in *Strategic Design Research Journal*, vol. 5, issue 2, pp. 75-83. [Online] Available at: revistas.unisinos.br/index.php/sdrj/article/view/sdrj.2012.52.03 [Accessed 29 October 2021].
- Fontana, F. (2018), “L’empowerment femminile passa dai batteri – Intervista con Giulia Tommasello”, in *Digicult*. [Online] Available at: digicult.it/it/design/female-empowerment-goes-through-bacteria-an-interview-with-giulia-tommasello/ [Accessed 18 September 2021].
- Gatenholm, P. and Klemm, D. (2010), “Bacterial Nanocellulose as a Renewable Material for Biomedical Applications”, in *MRS Bulletin*, vol. 35, issue 3, pp. 208-213. [Online] Available at: doi.org/10.1557/mrs2010.653 [Accessed 16 September 2021].
- Gerritzen, M. and Lovink, G. (2020), *Made in China, Designed in California, Criticised in Europe – Design Manifesto*, BIS Publishers, Amsterdam.
- Haverkamp, M. (2012), *Synesthetic Design – Handbook for a multisensory approach*, Birkhäuser, Basel.
- Hecht, S. and Colin, K. (2003), *Things That Go Unseen*, Industrial Facility, London.
- Jütte, R. (2004), *A History of the Senses – From Antiquity to Cyberspace*, Polity Press, Cambridge (UK).
- Liang, H., Guan, Q., Zhu-Zhu, Song, L.-T., Yao, H., Lei, X. and Yu, S. (2012), “Highly conductive and stretchable conductors fabricated from bacterial cellulose”, in *NPG Asia Materials*, vol. 4, e19, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.1038/am.2012.34 [Accessed 13 September 2021].
- La Rocca, F. (2006), *Il tempo opaco degli oggetti – Forme evolutive del design contemporaneo*, FrancoAngeli, Milano.
- Lay, M., González, I., Tarrés, J. A., Pellicer, N., Ngun Bun, K. and Vilaseca, F. (2017), “High electrical and electrochemical properties in bacterial cellulose/polypyrrole membranes”, in *European Polymer Journal*, vol. 91, pp. 1-9. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.03.021 [Accessed 12 September 2021].
- Manovich, L. (2006), “The poetics of augmented space”, in *Visual Communication*, vol. 5, issue 2, pp. 219-240. [Online] Available at: doi.org/10.1177/1470357206065527 [Accessed 25 September 2021].
- Manzini, E. (1986), *La materia dell'invenzione – Materiali e progetto*, Feltrinelli, Milano.
- Tommasello, G. (2016), *Bio Conductive Skin*. [Online] Available at: issuu.com/giuliatomasello4/docs/bio-conductive_skin [Accessed 27 October 2021].
- Zannoni, M. (2015), “Paper and Interaction – Ricerche e sperimentazioni sui nuovi oggetti cartacei interattivi”, in Acocella, A. (ed.), *Paper Design*, Altralinea, Firenze, pp. 42-59.