drawing disegnare

n. 60

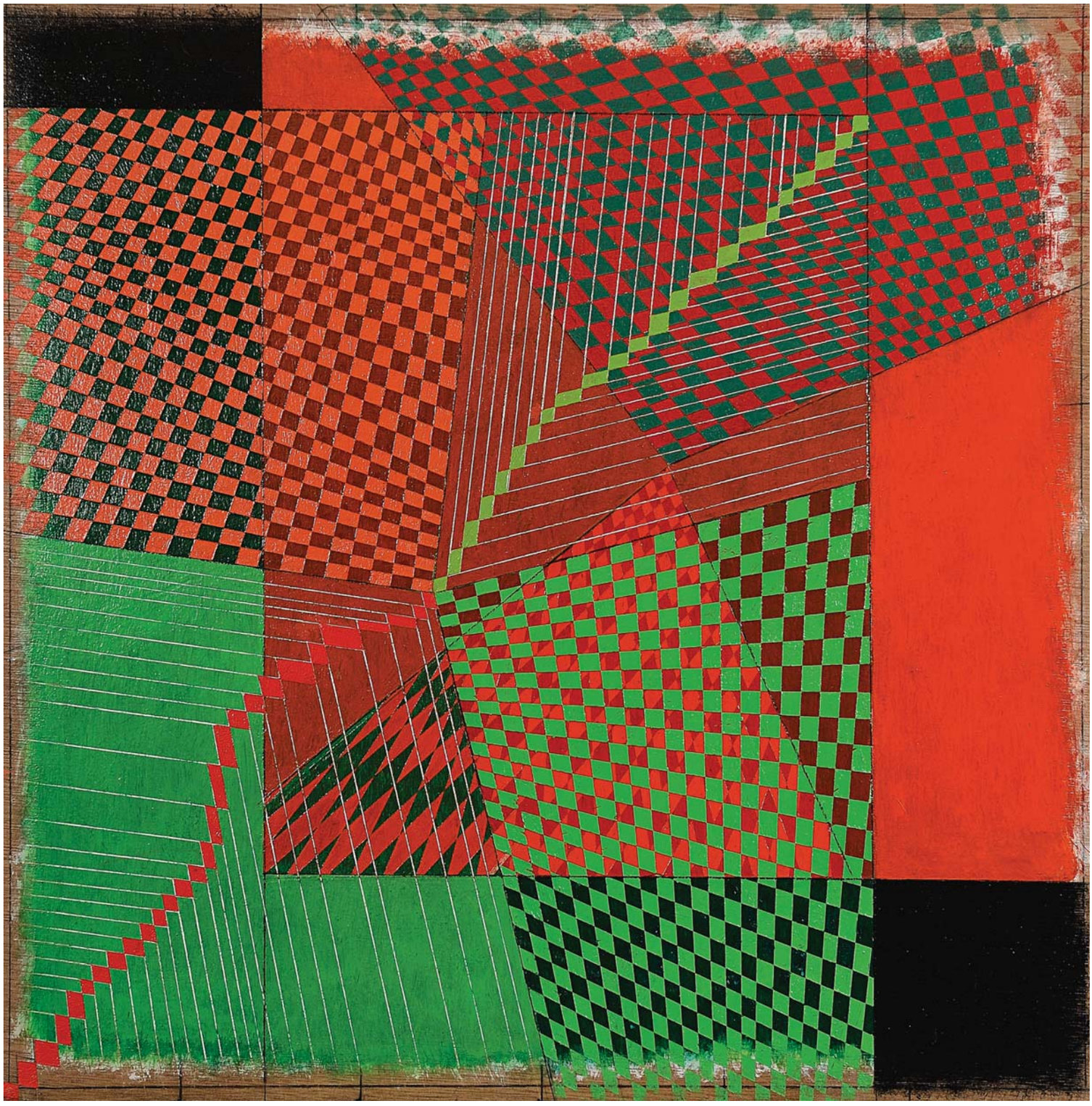
idee immagini
ideas images

Rivista semestrale del Dipartimento di Storia, Disegno
e Restauro dell'Architettura – Sapienza Università di Roma
Biannual Journal of the Department of History, Representation and Restoration of Architecture – Sapienza Rome University

Worldwide distribution and digital version EBOOK
www.gangemieditore.it

Anno XXXI, n. 60/2020
€ 15,00 - $/£ 20.00

Full english text



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

drawing
disegnare idee immagini
ideas images

Rivista semestrale del Dipartimento
di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura,
finanziata da Sapienza Università di Roma
Biannual Journal of the Department of History, Representation and Restoration of Architecture, financed by Sapienza Rome University

Registrazione presso il Tribunale di Roma
n. 00072 dell'11 /02 /1991

© proprietà letteraria riservata

GANGEMI EDITORE
INTERNATIONAL
via Giulia 142, 00186 Roma
tel. 0039 06 6872774 *fax* 0039 06 68806189
e-mail info@gangemieditore.it
catalogo on line www.gangemieditore.it
Le nostre edizioni sono disponibili in Italia
e all'estero anche in versione ebook.
Our publications, both as books and ebooks, are available in Italy and abroad.

Un numero € 15,00 – estero € 20,00 / $/£ 24.00
Arretrati € 30,00 – estero € 40,00 / $/£ 48.00
Abbonamento annuo € 30,00 –
estero € 35,00 / $/£ 45.00
One issue € 15,00 – *Overseas* € 20,00 / $/£ 24.00
Back issues € 30,00 – *Overseas* € 40,00 / $/£ 48.00
Annual Subscription € 30,00 –
Overseas € 35,00 / $/£ 45.00

Abbonamenti/Annual Subscription
Versamento sul c/c postale n. 15911001
intestato a Gangemi Editore SpA
IBAN: IT 71 M 076 0103 2000 0001 5911 001
Payable to: Gangemi Editore SpA
post office account n. 15911001
IBAN: IT 71 M 076 0103 2000 0001 5911 001
BIC SWIFT: BPPIITRRXXX

Distribuzione/Distribution
Librerie in Italia e all'estero/
Bookstores in Italy and overseas
Emme Promozione e Messaggerie Libri Spa – Milano
e-mail: segreteria@emmepromozione.it
www.messaggerielibri.it

Edicole in Italia e all'estero/
Newsstands in Italy and overseas
Bright Media Distribution Srl
e-mail: info@brightmediadistribution.it

Abbonamenti/Annual Subscription
EBSCO Information Services
www.ebscohost.com

ISBN 978-88-492-8964-0

Direttore scientifico/*Editor-in-Chief*
Mario Docci
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
mario.docci@uniroma1.it

Direttore responsabile/*Managing editor*
Carlo Bianchini
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
carlo.bianchini@uniroma1.it

Comitato Scientifico/*Scientific Committee*
Piero Albisinni, Roma, Italia
Carlo Bianchini, Roma, Italia
Giovanni Carbonara, Roma, Italia
Laura Carnevali, Roma, Italia
Francis D.K. Ching, Seattle, USA
Cesare Cundari, Roma, Italia
Laura De Carlo, Roma, Italia
Mario Docci, Roma, Italia
Marco Gaiani, Bologna, Italia
Angela García Codoñer, Valencia, Spagna
Riccardo Migliari, Roma, Italia
Douglas Pritchard, Edinburgh, Scozia
Franco Purini, Roma, Italia
Mario Santana-Quintero, Ottawa, Canada
José A. Franco Taboada, La Coruña, Spagna

Comitato di Redazione/*Editorial Staff*
Laura Carlevaris (coordinatore)
Emanuela Chiavoni
Carlo Inglese
Alfonso Ippolito
Luca Ribichini

Coordinamento editoriale/
Editorial coordination
Monica Filippa

Traduzioni/*Translation*
Erika G. Young

Segreteria/*Secretarial services*
Marina Finocchi Vitale

Redazione/*Editorial office*
piazza Borghese 9, 00186 Roma, Italia
tel. 0039 6 49918890
disegnare@uniroma1.it

In copertina/*Cover*
Oscar Piattella, I giardini del cosmo, 2017;
acrilico su tavola, 40,5x42,9 cm.
Oscar Piattella, The gardens of the cosmos; 2017, acrylic on table, 40.5x42.9 cm.

Anno XXXI n. 60, giugno 2020

3 *Mario Docci, Carlo Bianchini*
Editoriale/*Editorial*

7 *Oscar Piattella*
Il segno del disegno
The sign of drawing

12 *Alekos Diacodimitri, Mario Docci*
Gaspare De Fiore: disegnatore e fumettista
Gaspare De Fiore: draughtsman and comics artist

24 *Fabrizio Ivan Apollonio, Marco Gaiani*
***Lo Studio di varie fabbriche in prospettiva* e le regole della prospettiva nel primo Leonardo**
The Studio di varie fabbriche in prospettiva *and the rules of perspective in Leonardo's early drawings*

38 *Manuela Incerti, Stefano Giannetti*
La cupola di Galla Placidia e il suo cielo stellato: geometrie, modelli e tracciamenti
The dome of Galla Placidia and its starred sky: geometries, models and tracings

50 *Fabio Bianconi, Marco Filippucci*
Disegnare la Camera di Ames. Le questioni architettoniche, le lezioni del classico, le sperimentazioni digitali
Drawing the Ames Room. Architectural issues, lessons of the classical world, digital experiments

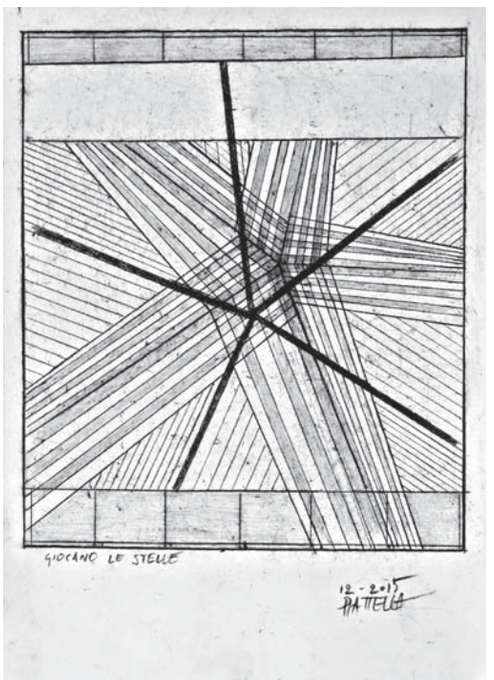
62 *Cristiana Bartolomei, Cecilia Mazzoli*
Analisi geometrica e design parametrico delle superfici di involucro in cubi autobloccanti
Geometric analysis and parametric design of envelope surfaces made with interlocking cubes

72 *Alberto Sdegno, Veronica Riavis*
Toccare la profondità: restituzione prospettica e percezione aptica inclusiva
Touching the depths: perspective restitution and inclusive haptic perception

84 *Sereno Marco Innocenti*
Calligrafia aerea, il disegno nel linguaggio delle mani
Aerial calligraphy, using hand language to draw

94 **Libri/*Books***

Oscar Piattella, Progetto, 2015;
carboncino e grafite su carta, 30x20 cm.
Oscar Piattella, Project, 2015;
charcoal and graphite on paper, 30x20 cm.



editoriale

Questo numero 60 di *Disegnare. Idee Immagini* segna il trentesimo compleanno della nostra rivista e l'editoriale che avevamo pensato di scrivere per questa occasione avrebbe dovuto accordare questa ricorrenza "minore" con quella molto più rilevante connessa con il centenario della Facoltà di Architettura di Sapienza Università di Roma, inaugurata il 18 dicembre del 1920. Un evento che certamente *Disegnare. Idee Immagini* non poteva permettersi di trascurare, visto che di fatto da esso ha avuto origine la cosiddetta Scuola Romana anche per ciò che attiene alle discipline del Disegno dell'Architettura.
Ma così non è stato, perché da quando era stata messa a punto la riflessione intorno all'editoriale a oggi lo scenario generale è cambiato a causa della nota e imprevista pandemia da Covid-19 che, mentre scriviamo, è ancora ben lontana dall'essere se non domata quanto meno posta sotto controllo. Si tratta di un evento che ha letteralmente travolto tutte le nostre abitudini più consolidate e che ha spostato, in maniera a volte traumatica, da materiale a immateriale la natura dei nostri contatti sociali. Il distanziamento imposto dalla grave contingenza sanitaria non ha infatti coinciso con l'interruzione *tout-court* delle relazioni sociali, ma con una loro massiccia "trasposizione" sulle piattaforme digitali di comunicazione che, grazie all'infrastruttura Internet che abbiamo a disposizione, ci ha tutto sommato permesso di restare in contatto con i nostri cari, con gli amici, con i colleghi, con gli studenti.
Questa evidenza, che è già divenuta oggetto di numerose ricerche nel campo delle Scienze Umane e Sociali, ha avuto e ha risvolti tali da meritare un posto anche su queste pagine, tradizionalmente dedicate al Disegno.
In relazione al momento che abbiamo vissuto e che continuiamo a vivere molti sarebbero gli aspetti che si potrebbero trattare (e che siamo certi verranno approfonditi in maniera molto più ampia in futuro) ma, tra questi, crediamo siano emergenti quelli connessi con la didattica del Disegno a tutti i livelli. Molti tra noi si sono trovati, dall'oggi al domani, a dover reinventare interi corsi universitari o di terzo livello sostituendo la tradizionale didattica in presenza (non più possibile, evidentemente) con quella a distanza; a dover surrogare in altro modo l'addestramento spesso *one-to-one* all'uso di strumentazioni complesse; a dover, infine, trasformare l'apprendistato, che in gran parte caratterizza l'insegnamento delle nostre discipline, nel racconto bidimensionale di processi (critici prima che operativi) intrinsecamente tridimensionali.
Superato lo shock iniziale, non è esagerato definire straordinaria la risposta complessiva a queste istanze. La "didattica a distanza" è decollata in brevissimo tempo producendo, almeno per ciò che possiamo vedere, risultati non così drammatici come ci si sarebbe potuto aspettare: come se docenti e studenti fossero già in qualche misura pronti al cambio di paradigma.
Un cambio da tempo preconizzato, a volte annunciato e in alcuni casi avviato in forma sperimentale, ma mai attivato nella forma massiva e totalizzante che abbiamo vissuto e ancora viviamo.
Malgrado ci sia bisogno di tempo e serenità per valutare fenomeni così complessi e dirompenti, non ci possiamo tuttavia esimere dal segnalare alcuni punti a nostro avviso cruciali anche nel brevissimo periodo.
Innanzitutto il rapporto tra "*tradition and high-tech*", che ormai venticinque anni fa sconvolgeva l'essenza stessa del Disegno aggiungendo alla sua declinazione analogica quella digitale, riemerge oggi in una forma nuova ma non inaspettata per effetto della diffusione della didattica online. Una forma che da praticanti, ricercatori e docenti del Disegno non possiamo permetterci né di sottovalutare né di trascurare.
Inoltre, la smaterializzazione del disegno. Anche nella sua espressione più personale e olografa (ad esempio lo schizzo), il disegno appare destinato ad andare "oltre la carta" in favore di file digitali generati dall'uso di puntatori del tutto simili a matite su schermi *touch* sempre più evoluti.
Va sottolineata una forma nuova di condivisione e generazione cooperativa anche del disegno a mano libera; le tecnologie appena citate e le piattaforme per la condivisione di "fogli virtuali"

consentono infatti a più utenti contemporaneamente di disegnare su uno stesso foglio (quanti tra noi ne hanno approfittato per svolgere ex tempore nelle scorse sessioni di esame…).
Ancora, abbiamo assistito al riposizionamento (forzato) del baricentro delle attività connesse con la didattica del Rilievo nel segmento "intelligente" del processo, ossia quello deputato alla lettura critica dei manufatti, con il conseguente "declassamento" a semplici dati (se ancora ve ne fosse bisogno…) delle nuvole di punti, grandi e piccole che fossero.
È emersa infine chiaramente la necessità di esplorare forme di comunicazione adeguate e su misura per questo nuovo tipo di didattica, alla quale la grande maggioranza di noi sta affannosamente cercando di adattare le modalità fin qui utilizzate e che risultano di poco impatto se non addirittura incompatibili.
Sfide dunque che ci riguardano come docenti ma soprattutto come studiosi e ricercatori, alle quali non sarà più possibile sottrarci. Sfide che riteniamo la nostra comunità debba affrontare il più possibile in forma coordinata con l'obiettivo di offrire soluzioni efficaci, condivise e di alta qualità. Da questo punto di vista speriamo che alcune iniziative intraprese anche dall'Unione Italiana per il Disegno possano svilupparsi e maturare divenendo, magari, luoghi permanenti di discussione e aggiornamento.
In questo panorama, ci è sembrato doveroso rimandare il centralissimo discorso intorno alla Scuola Romana in occasione del centenario dalla fondazione della nostra Facoltà, lasciando spazio a questa nuova sfida che la didattica sta fronteggiando in maniera, dobbiamo dire, egregia e che costituirà un passaggio significativo nel percorso di trasformazione dell'Ateneo nel suo complesso e, più in generale, dell'Università italiana.

Mario Docci, Carlo Bianchini

editorial

Issue n. 60 of Disegnare. Idee Immagini *marks the 30th anniversary of our journal. The editorial we intended to write to commemorate this occasion would have linked this 'minor' celebration to a much more important event: the 100th anniversary of the Faculty of Architecture of Sapienza University of Rome, inaugurated on the 18th of December, 1920.* Disegnare. Idee Immagini *could not ignore this event, given that it led to the foundation of the so-called Roman School regarding the disciplines of Architectural Drawing.*

But it was not to be, because after we'd already decided what we would write in the editorial the global scenario changed due to the now famous and unexpected Covid-19 pandemic which, as I put pen to paper, is still far from being beaten or at the very least held in check. The pandemic has literally swept away all our consolidated habits and customs and has shifted our social contacts from material to immaterial, at times traumatically. The distancing imposed by this very serious health issue has not severed our social relations tout court*, but has 'transposed' them en masse onto digital communication platforms which, thanks to the Internet infrastructure at our disposal, has ultimately allowed us to remain in contact with our loved ones, friends, colleagues, and students.*

Numerous studies have been launched on this subject in the field of Human and Social Sciences, and this deserves a mention on these editorial pages traditionally dedicated to drawing.

We could focus on many aspects of the period we have experienced and are still experiencing (and undoubtedly these issues will be discussed more extensively in the future), but we believe that the one that emerges more strongly is: how to teach drawing at any level. From one day to the next many of us had to reinvent university courses or third level courses; we had to replace traditional didactics with students (obviously no longer possible) with distance learning; we had to find ways to substitute education, often on a one-to-one basis, regarding complex instruments; we had to turn apprenticeship (a major educational issue in our disciplines) into a two-dimensional narrative of intrinsically three-dimensional (critical rather than operational) processes.

Having overcome the shock, I wouldn't exaggerate if I said that the way in which we dealt with these problems was remarkable. We very quickly launched 'distance learning' which, as far as I can see, produced results that were less disastrous than expected: as if teachers and students were in some ways already prepared for this paradigmatic shift.

A shift that had been predicted a while ago, at times announced, and at times experimentally initiated, but never implemented in the massive, totalising manner we experienced and are still experiencing.

Although more water has to pass under the bridge before we can calmly assess such complex and devastating phenomena, we would be amiss if we didn't mention some key ideas even after such a short space of time.

First and foremost, the relationship between 'tradition and high-tech' that twenty-five years ago rocked the very essence of Drawing, adding digital to analogical drawing, has currently resurfaced in a new but not unexpected form due to widespread online teaching. A form of teaching which, as draughtsmen, researchers, and teachers of drawing we cannot afford to underestimate or ignore.

In addition, the dematerialisation of drawing. Even in its most personal and holographic form (e.g., a sketch), a drawing appears destined to be more than 'something on a piece of paper' and enter into the world of digital files generated by the use of pointers very similar to pencils on increasingly evolved touch screens.

I should emphasis this new form of sharing and cooperative production, even of free hand drawings; the aforementioned technologies and the platforms that share 'virtual sheets of paper' allow multiple users to draw at the same time on the same piece of paper (how many of us have done this ex tempore during past exam sessions...).

In addition, we have witnessed the (obligatory) repositioning of the barycentre of activities related to the didactics of Surveying in the 'intelligent' segment of the process, i.e., the critical

interpretation of artefacts, and ensuing 'downgrading' to simple data (if need be...) of points clouds, whether big or small.
Finally, we were aware that we needed to explore suitable, tailor-made forms of communication for this new teaching style to which most of us tried frantically to adapt the methods we had used so far – methods that either had little impact or were incompatible.
As teachers, but above all as scholars and researchers, we are involved in these challenges, challenges we cannot avoid. Challenges we believe our community must tackle in a coordinated manner in order to provide efficient, high quality solutions we can all share. Let's hope that the initiatives launched by the Unione Italiana per il Disegno (Italian Union of Drawing) can progress and come to fruition as permanent places for debate and updating.
Given this scenario, I felt I should postpone the extremely important discussion about the Roman School on the occasion of the 100th anniversary of the foundation of our Faculty and instead focus on this new challenge; I believe we are tackling it in an outstanding and admirable manner, one which will be considered a landmark in the ongoing transformation of the University as a whole and, more in general, Universities all over Italy.

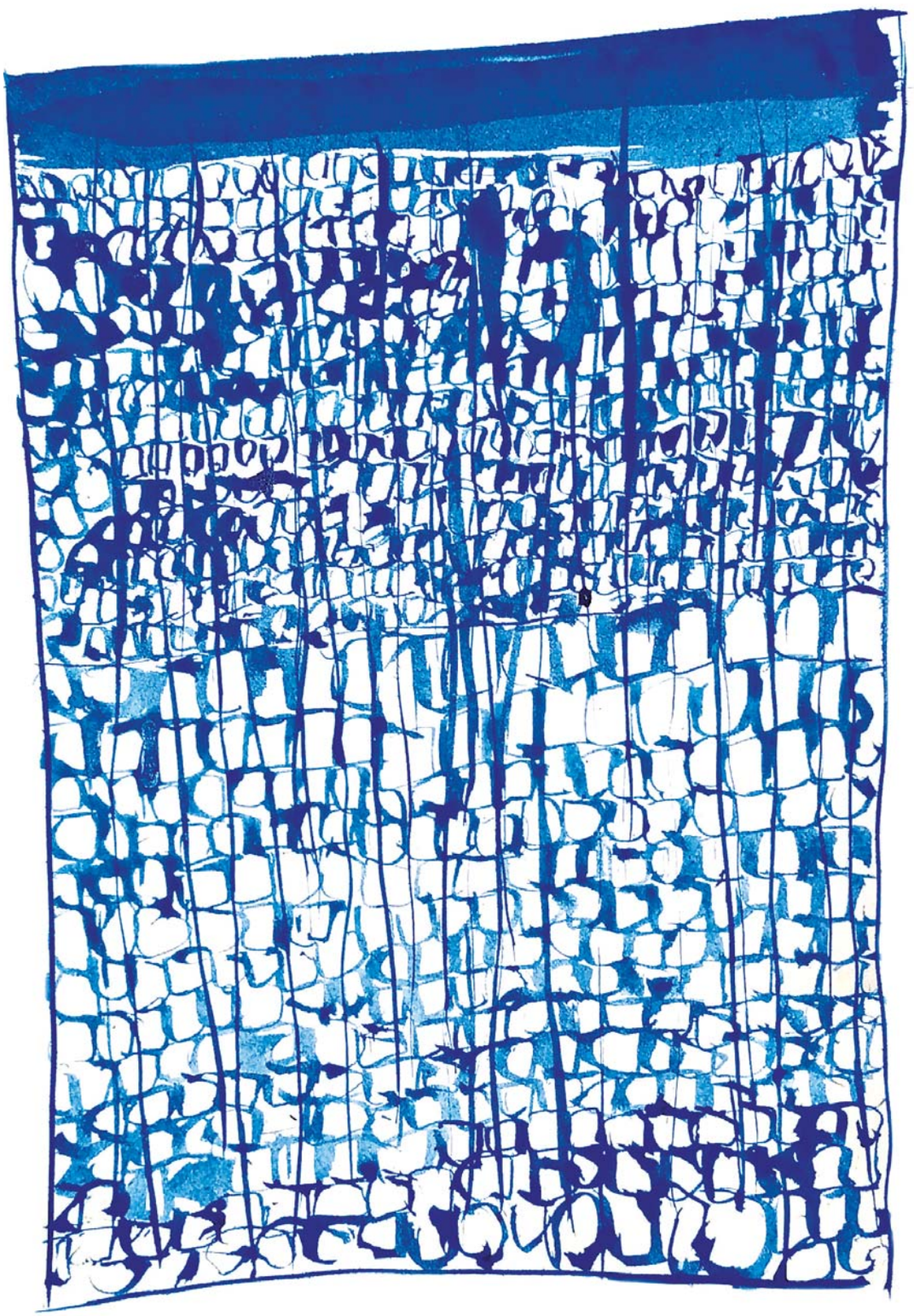
Mario Docci, Carlo Bianchini

disegno/*drawing*

Oscar Piattella

Il segno del disegno
The sign of drawing

Nessuno ricorda il proprio venire al mondo, né può dire quale sarà il momento della propria fine; siamo solo consapevoli che la vita è per poco e la morte è per sempre. Ma siamo sicuri che viviamo il farsi della vita, i suoi intervalli, le sue dimore? Dovremmo accettare la nostra sparizione o lasciare invece un segno, per quanto possibile, come nostro testimone, come un seme, per l'illusione che la morte è là al pari della vita?
È qui che entra in gioco la figura dell'artista e appena il brivido della percezione poetica dell'inconoscibile: la volontà di lasciare quel segno per un poco più di vita, un disegno per il sogno, ma anche per la speranza di sconfiggere le misure del tempo, le distanze dello spazio.
Ma è così per l'artista al pascolo nelle praterie della poesia? La sua generosità, la verità del suo destino, non pone l'altro, il mortale, nella speranza di poter ripercorrere il disegno della sua vita viva? E non lo pone là, divenendo egli stesso e ogni altro essere il "segno" anche di un "disegno" superiore?
Ma io, ora, devo tener conto che queste mie disordinate considerazioni sosteranno nelle pagine di questa peculiare rivista che chiamerei il "luogo del disegno disegnato" dei progetti di un divenire obbligato a un risultato di chiara e quasi conforme evidenza. Perciò, proprio per l'importanza degli argomenti che animano l'intera rivista, devo esordire riferendomi al libro di Yves Bonnefoy *Osservazione sul disegno. Il disegno e la voce* dove è indagato, in maniera struggente, il rapporto fra disegno e poesia, e proprio perché fra le pagine di *Disegnare* abitano i creatori, i formatori di tutto ciò che ci veste e ci circonda, mi sembra opportuno, in questa ora così a rischio del mondo, riportare uno dei suoi più chiari pensieri come una preghiera appassionata ai responsabili della caduta della nostra terra: «bisogna che la vita riprenda sulla Sainte-Victoire… che l'albero rispunti come vuole, che la natura segua la sua legge, nostra unica fonte. Che niente corra più veloce del tempo che è, da parte sua, e in particolar modo, l'evidenza in continuazione persa. La ferita sul fianco della montagna amata da Cézanne è tragica. Ma volerci mettere una pezza sarebbe una

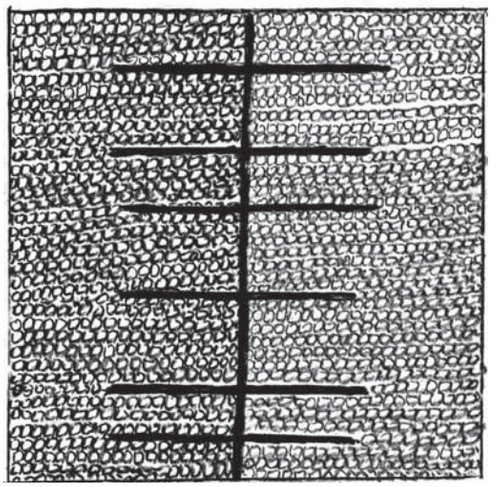


1/ *Pagina precedente.* Oscar Piattella, Inchiostro, 1957-1958; inchiostro su carta, 35x25 cm.
Previous page. *Oscar Piattella, Inchiostro, 1957-1958; ink on paper, 35x25 cm.*
2/ Oscar Piattella, Progetto, 2017; grafite e pastello su carta, 21x30 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2017; graphite and pastel on paper, 21x30 cm.

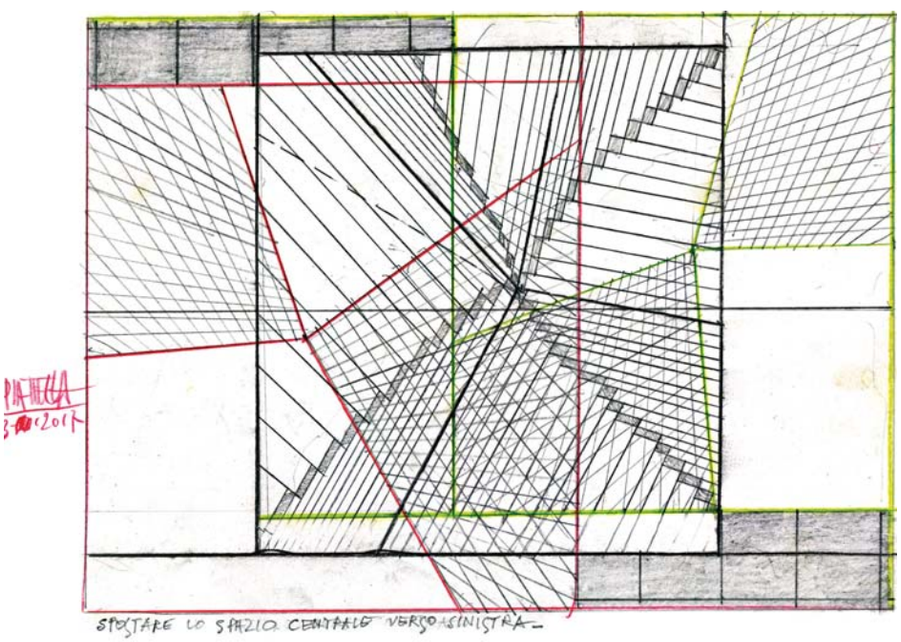
3/ Oscar Piattella, Disegno, 2012, particolare; tecnica mista su carta, 30x21 cm.
Oscar Piattella, Disegno, 2012, detail; mixed technique on paper, 30x21 cm.

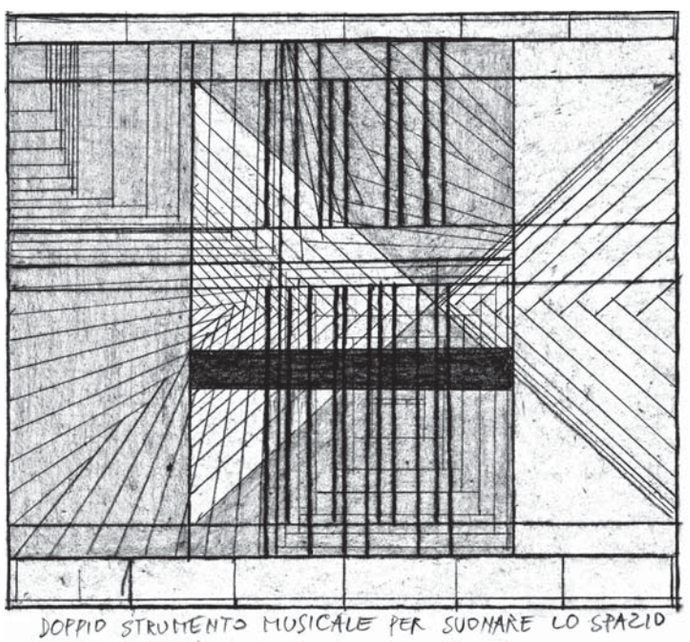
4/ Oscar Piattella, Progetto, 2008, particolare; carboncino su carta, 30x21 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2008, detail; charcoal on paper, 30x21 cm.
5/Oscar Piattella, Progetto, 2015, particolare; grafite e carboncino su carta, 30x21 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2015, detail; graphite and charcoal on paper, 30x21 cm.

No one remembers coming into the world, or can say when they will leave it; we only know that life is limited and that death is forever. But are we sure we live the unravelling of life, its intervals, its abodes? Should we accept our departure or instead leave a sign, if at all possible, as our torch or seed, testifying to the illusion that death exists just like life?
Here enter artists and the thrill of the poetic perception of the unknowable: the resolve to leave a sign not only to lengthen life ever so slightly – an outline for the dream – but also to hopefully defeat the measure of time and distances of space.
But is this so for the artists grazing in the meadows of poetry? Does not their generosity, the truth of their destiny, instil in others, in mortal men, the hope of retracing the picture of their existence while alive? And do they not place it there, so that they themselves, and every other living being, become the 'sign' of a superior 'plan'?
But now I have to bear in mind that these haphazard considerations will remain in the pages of this unique journal I wish to call 'the place of the drawn drawing', of the projects of a future forced to provide clear and almost compliant proof. So, precisely because the subjects illustrated in this journal are so important, I must start by



sciagura, giacché il sentimento del tragico in fin dei conti altro non è se non ciò che nasce dallo spirito di ostinazione della speranza. Testimonia del bisogno di senso, quando fare della natura una quinta di teatro equivale seppellirvi la nostra ragion d'essere».
Ecco, io vorrei che questo "segno simbolo" della Sainte-Victoire fosse il "disegno" della programmazione futura del mondo.
Ma mi chiedo anche che cosa spinga l'uomo semplice e il bambino a donarsi al disegno quasi inconsciamente; non c'entra più il progetto o lo scarabocchio, il disegno è lì e anche loro, con l'inconsapevolezza di sentirsi adagiati nel nido del mondo. «Ecco ci siamo» loro dicono. Non è certo un'attività terapeutica, ma un mistero profondo, un'attrazione forte, come a voler ritrovare il primo segno che donò all'uomo la sua coscienza, togliendolo dal suo ingombro per l'inizio del divenire poetico. E per l'opera d'arte? Se essa non sarà fortemente sottintesa dal "suo" disegno stenterà a reggersi. I suoi segni, siano essi visivamente dichiarati o nascosti, rappresentano sempre la stoffa della pittura.

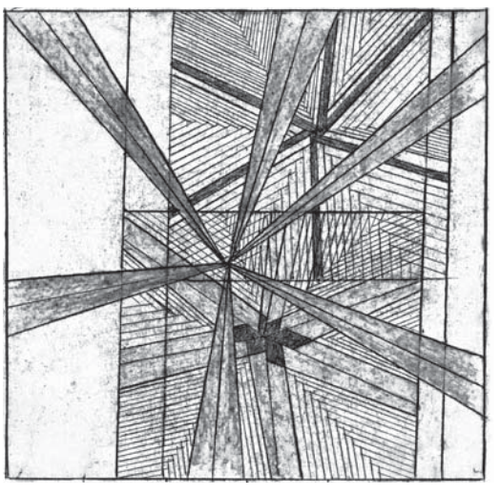


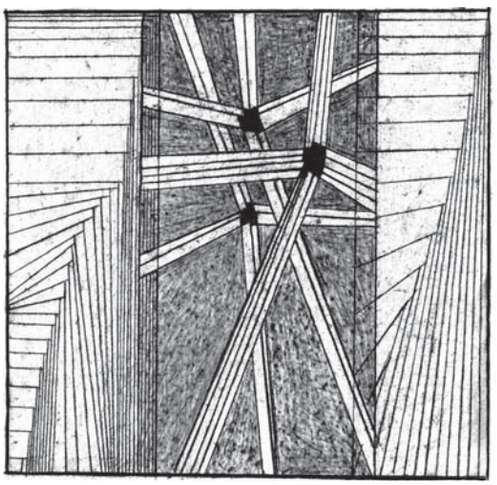


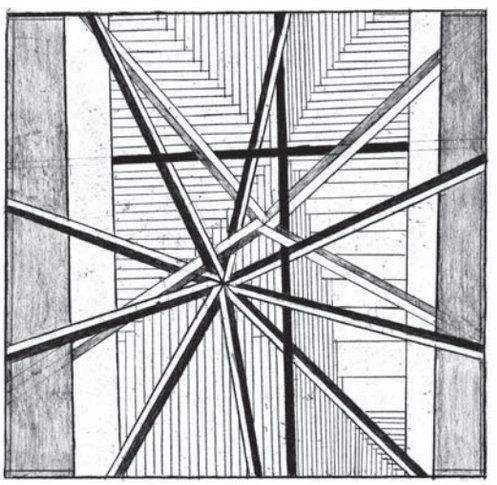
6/ Oscar Piattella, Progetto, 2015, particolare; grafite su carta su carta, 30x21 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2015, detail; graphite on paper, 30x21 cm.
7/ Oscar Piattella, Progetto, 2016; pastelli su carta, 21x30 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2016; pastels on paper, 21x30 cm.

8/ Oscar Piattella, Progetto, 2015, particolare; grafite e carboncino su carta, 30x21 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2015, detail; graphite and charcoal on paper, 30x21 cm.

9/ Oscar Piattella, Progetto, 2015, particolare; grafite e carboncino su carta, 30x21 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2015, detail; graphite and charcoal on paper, 30x21 cm.
10/ Oscar Piattella, Progetto, 2017; grafite su carta, 21x30 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2017; graphite on paper, 21x30 cm.

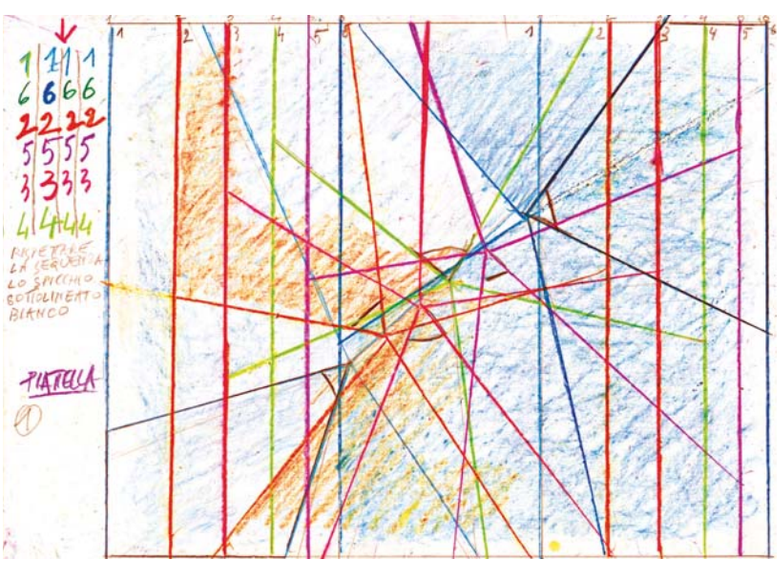


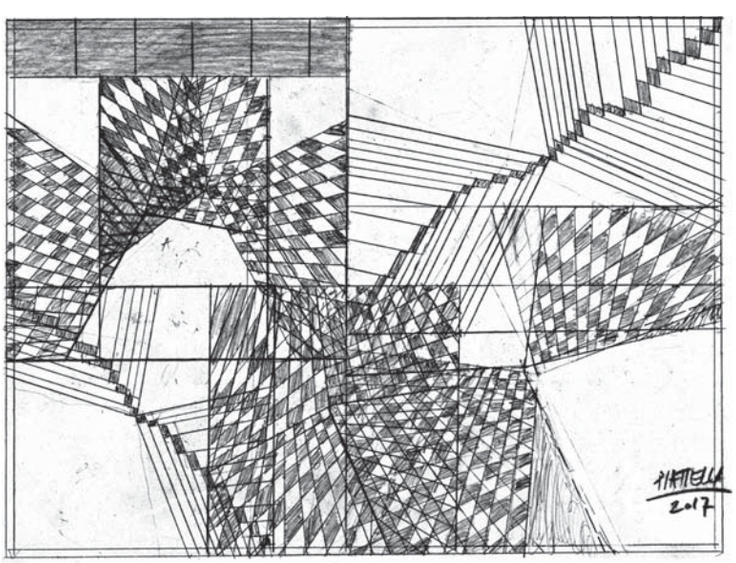




E il disegno in sé? Iniziare l'indagine, dar storia alle risposte, non basterebbero i volumi dell'Enciclopedia Treccani che tuttavia in prima battuta recita: «Disegno, rappresentazione grafica di oggetti della realtà o dell'immaginazione, di persone, di luoghi, di figure geometriche ecc., fatta con o senza intento d'arte».
Ecco esaurito l'argomento sul significato del disegno. Ora però io sono qui ospitato perché devo dire, come pittore, che cosa per me è il disegno.
Io credo che il "di-segno", cioè il "segno" di qualcosa, o il "segno" di niente, esprima invece la parte più astratta di tutto ciò che si potrebbe riferire all'arte, ma anche di ciò che non ha niente in comune con l'arte; cioè tutto ciò che è segno è la manifestazione, il desiderio dell'uomo a esprimere consciamente o inconsciamente una sua necessità a dirsi, a dichiarare il suo esserci nel mondo.
Questo atto, che sia minimo o che dica l'enfasi dell'arte, è il gesto che rifiuta, che non può tollerare la distanza da ciò che s'intende con il concetto d'astrazione. Il disegno ha il compito di consegnarci ciò che del mondo ci è stato nascosto, e farci capire che la sua ricerca passa forzatamente per tragici approfondimenti, se pur nel tentativo talvolta vano di poterne avere appena la percezione.

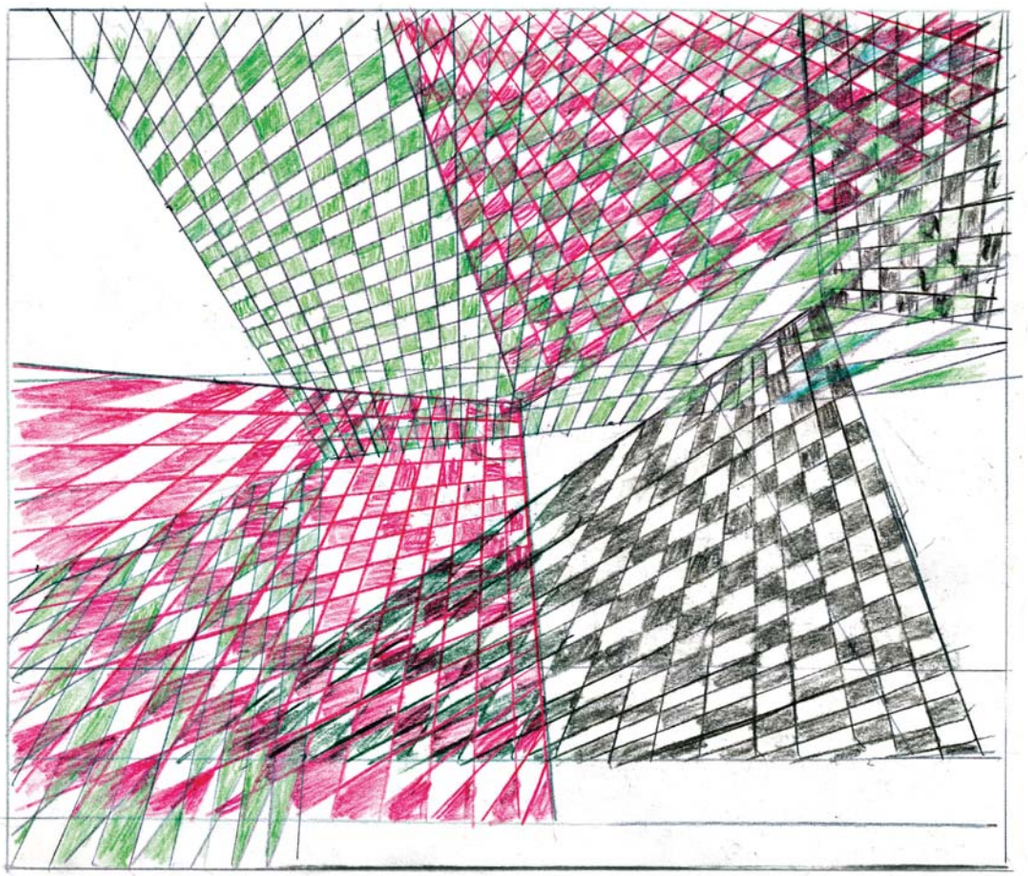
referring to Yves Bonnefoy's book, published with the Italian title Osservazione sul disegno. Il disegno e la voce, *in which he poignantly examines the relationship between drawing and poetry. Since the pages of this journal* Disegnare *are home to the creators and teachers of everything that surrounds and envelopes us, I feel that at such a dangerous time for the world, it is more than fitting for me to cite one of his most eloquent ideas as an impassioned appeal to those responsible for the breakdown of our world: life has to start again on the Sainte-Victoire... let the tree sprout as it will, let nature follow her laws,*





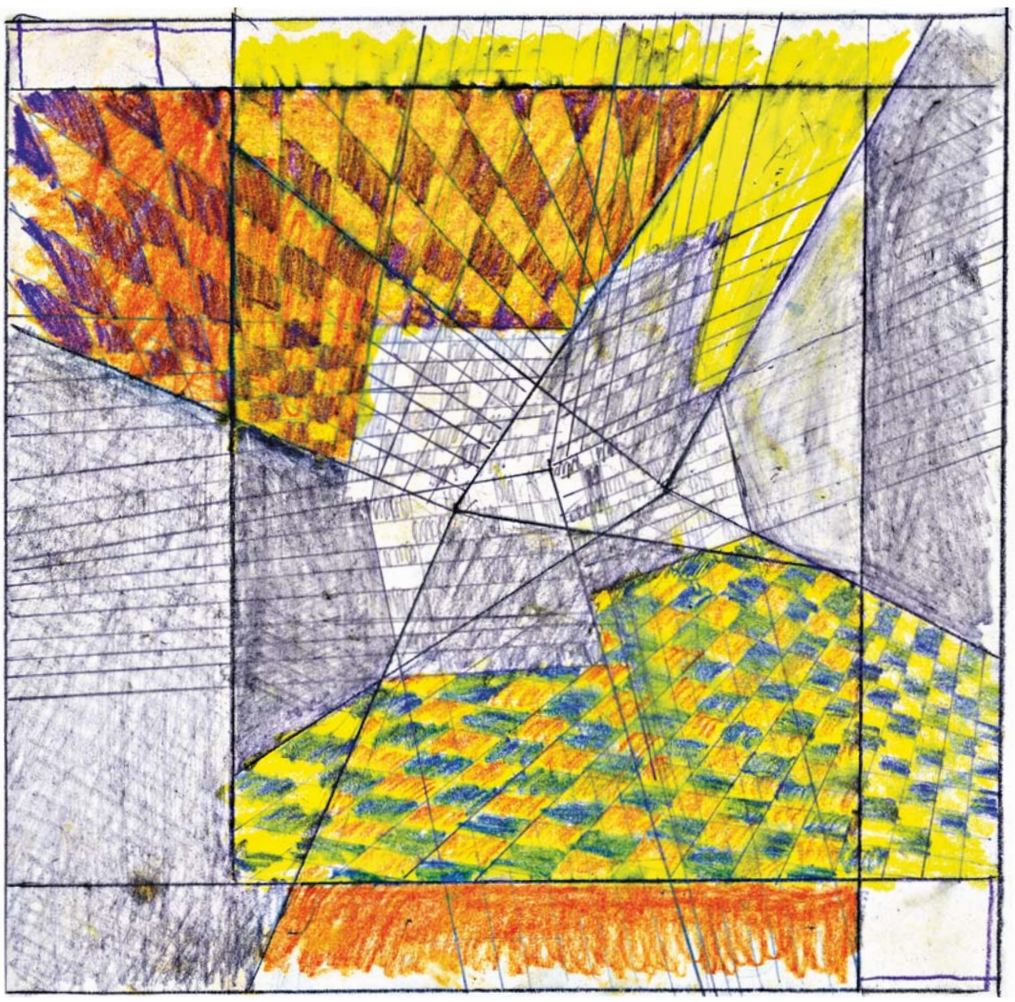
11/ Oscar Piattella, Progetto, 2017; grafite e pastelli su carta, 21x30 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 2017; graphite and pastels on paper, 21x30 cm.

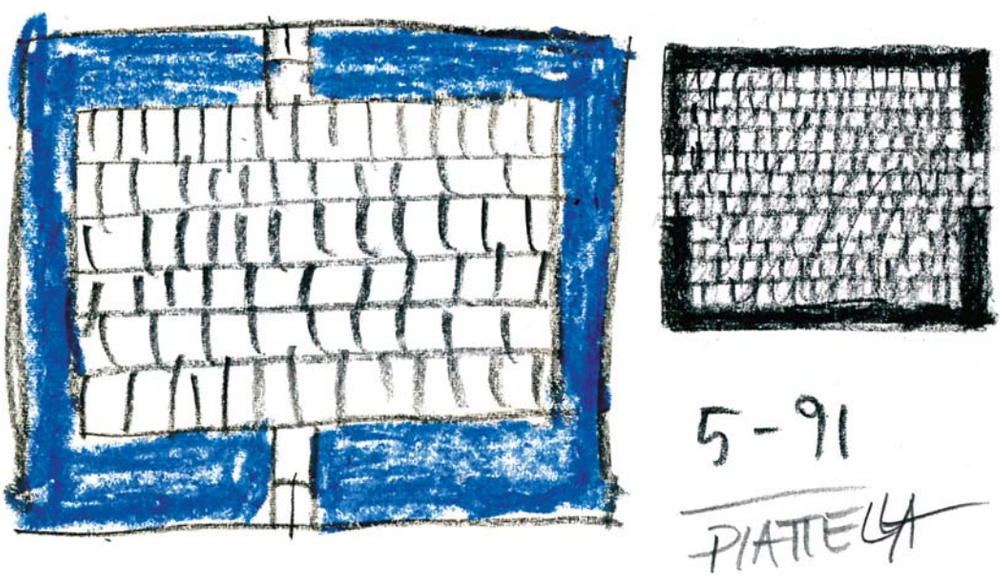
our sole source. Let nothing pass faster than time which is, in itself, and in particular, proof continuously lost. The wound on the side of the mountain loved by Cézanne is tragic. But trying to patch it up would be disastrous, because in the end the sentiment of tragedy is nothing but what is born from the spirit of obstinacy of hope. It bears witness to the need for meaning which, when turning nature into the wing of a theatre, means burying our raison d'être in it.
Given these words, I would like the 'symbolic sign' of Sainte-Victoire to be the 'outline' of the future plan of the world.
But I also ask myself what prompts a simple man and a child to almost unconsciously surrender to the urge to draw; it's no longer a question of designs or sketches, the drawing is there and so are they, unaware of the fact they feel themselves to be cradled in the nest of the world. "Here we are" they say.
It is certainly not a therapeutic exercise, but a deep mystery, a strong attraction, as if in search of the first sign that gave man his conscience, removing him from his encumbrance to pave the way for the birth of his becoming poetic. And what of an artwork? If it isn't strongly supported by 'its' drawing it will struggle to sustain itself. Whether visible or hidden, its signs always represent the fabric of painting.
And the drawing itself? Should we want to study it and illustrate the answers, all the volumes in the Italian Encyclopaedia Treccani would not suffice; nevertheless, the entry for drawing starts with the words: "Drawing, graphic representation of real or imagined objects, persons, places, geometric figures, etc ... drawn with or without an artistic intent".
So that ends the discussion on the meaning of drawing. But as a guest in this journal I have been invited to say what drawing is for me as a painter.
I believe that 'de-sign', in other words the 'sign' of something, or the 'sign' of nothing, conveys instead the most abstract part of everything referring to art, but also of everything that has nothing to do with art; in other words all signs are the manifestation and desire of man to consciously or



Il "segno del di-segno" oggettivamente non è altro che astrazione. Ma che senso ha questa parola così usurata negli ultimi cento anni o poco più della storia dell'arte? In decenni di sperimentazioni frenetiche è stata usata soltanto per spiegare visivamente il processo che ha portato Mondrian dalla realtà dell'albero alla sua schematizzazione, e così per la struttura portante di ogni immagine, ora conferendole, invece, un significato nuovo, libero da qualsiasi rapporto con la cosa. Che dica, questa nuova significazione, il mistero della lenta germogliazione o dell'improvvisa apparizione: una sorgenza di pura poesia, ecco, di pura astrazione.
Sarà sempre da lì, da questo scintillio, che il disegno avrà origine e principio, da quel rivolo nero che s'inceppa, che s'increspa, che s'impunta sul ruvido del foglio, se sarà un foglio il suo vuoto, quel rivolo nero che stenta a trovarsi sia come segno che come mondo. Dunque dal segno al disegno e dal disegno al segno, addivenendo all'astrazione dei gesti come germogli di un luminoso ciliegio: l'astrazione come atto di creazione; il fiorire del disegno come espansione della vita.
Concludo riportando di nuovo alcune parole di Bonnefoy: «Il disegno è dunque la vita. Da ciò discende che l'odierno abbandono della pittura di paesaggio, o del disegno figurativo, è catastrofico, in quanto, simile a un accecamento, equivale votarsi vieppiù a quella conoscenza del parziale e della superficie che obnubila le parole quando esse non sanno più che esiste un mondo».
Forse sarà così, ma io aggiungo che potrebbe anche non essere la fine se quelle parole sapranno che esiste anche un altro mondo "di-verso", il mondo dell'astrazione, sorgente nella luce abbagliante di ogni "nostro" primo mattino.

12/ Oscar Piattella, Progetto, 1991, particolare; pastelli a olio e a cera su carta, 30x21 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 1991, detail; oil and wax pastels on paper, 30x21 cm.
13/ Oscar Piattella, Progetto, 1991, particolare; pastelli a olio e a cera su carta, 30x21 cm.
Oscar Piattella, Progetto, 1991, detail; oil and wax pastels on paper, 30x21 cm.





unconsciously express his need to assert himself, to declare his existence in the world. This act, whether it be minimal or express the emphasis of art, is the gesture that rejects, that cannot stand being distant from what we call the concept of abstraction. Drawing's task is to reveal what exists in the world and has been hidden from us, to help us understand that searching for it involves tragic in-depth investigations, albeit in a sometimes vane attempt to only faintly perceive it.
Objectively speaking the 'sign of the de-sign' is nothing but abstraction. But what is the meaning of this word so overused in the last one hundred or so years in the history of art? In decades of frenetic experimentation it was used only to visually explain the process that led Mondrian from the reality of the tree to its schematisation, as for the load-bearing structure of every image, and bestow on it new meaning, free from any relationship with the object. This new meaning indicates the mystery of slow germination or sudden apparition: a source of pure poetry, of pure abstraction.
It will always be from there, from that spark, that the drawing will originate and initiate, from the black trickle that will clog up, ripple, get stuck on the roughness of the sheet of paper, if the paper is its emptiness; from the black trickle that struggles to find itself both as a sign and as the world. So, from the sign to the drawing, from the drawing to the sign, to become the abstraction of gestures like the seeds of a luminous cherry tree: abstraction as an act of creation; the flowering of drawing as the growth of life.
I'd like to end by citing Bonnefoy once again: "Drawing is therefore life, currently causing landscape drawings or figurative drawings to be abandoned; this is a catastrophe because, like blindness, it means we have to rely even more on our knowledge not only of what is partial, but also of the surface that obnubilates words when they no longer know that a world exists".
Perhaps this is true, but I would add that it may not be the end if those words knew that another 'di-verse' world exists, the world of abstraction: a source in the blinding light of each of 'our' first mornings.

Alekos Diacodimitri, Mario Docci

Gaspare De Fiore: disegnatore e fumettista
Gaspare De Fiore: draughtsman and comics artist

Gaspare De Fiore was an esteemed university lecturer of Drawing and a good architect-designer, but for most of his life he was also a skilled and enthusiastic comics artist. The authors' research of De Fiore's major works from his youth to the eighties, and a graphical analysis of several of his key works, enabled them to not only trace his career in this field, but also understand the place his comics occupied in the world of contemporary Italian comics. The authors present a little-known aspect of his works which nevertheless plays an important role in highlighting the relationship between the many branches of Drawing.

Keywords: De Fiore, drawing, comics, illustration.

Gaspare de Fiore had a complex personality, one which has so far been insufficiently studied and analysed. He was not only a university lecturer who left an indelible mark in the sector of Drawing, but also a good designer, so much so that he 'earned' his professorship in Palermo in the disciplinary field of Architectural Design. After transferring to the University of Genoa in 1969 he taught in the department of Drawing and Survey, the sector where he began his career as a teacher with Luigi Vagnetti (Course in Real Life Drawing I and II) and where he also became first assistant and then assistant lecturer of Courses in Real Life Drawing and Applications of Descriptive Geometry. He later became a teacher of the courses I attended when I began my university career, first as a collaborator and then as first assistant. Gaspare de Fiore was not only a man who taught me real life drawing, but also a man who taught me about life, friendship, generosity and professionalism, a great teacher whom I tried to emulate in order to try and reach his level – as a draughtsman, but also in life – and if possible surpass him. Gaspare loved to repeatedly say "woe be the pupil who doesn't try to outshine his teacher", so in keeping with this concept he tried to point us in this direction.
Apart from being a good architect designer,[1] Gaspare De Fiore was above all an all-round artist – another feature of his versatile personality. He was not only a formidable draughtsman, but also had an innate zest and desire to measure himself even against the visual arts, sculpture, decoration,

Gaspare De Fiore è stato uno stimato docente universitario di Disegno e un buon architetto progettista, ma anche – per buona parte della sua vita – un abile e appassionato disegnatore di fumetti. Attraverso una ricerca storica delle sue principali opere dalla sua giovinezza fino agli anni Ottanta è stato possibile ricostruirne l'opera, per comprenderne il rapporto con il contesto del mondo del fumetto italiano dell'epoca, attraverso un'analisi grafica di alcune sue opere chiave. Ne emerge un aspetto di De Fiore poco noto ai più, significativo del rapporto tra le tante facce del Disegno.

Parole chiave: De Fiore, disegno, fumetto, illustrazione.

Quella di Gaspare De Fiore è stata una figura complessa ma ad oggi ancora poco analizzata e studiata. Non è stato infatti solo un docente universitario che ha lasciato un segno indelebile nel settore del Disegno, ma anche un buon progettista, tanto che la "conquista" della sua cattedra a Palermo è avvenuta nel settore disciplinare della Progettazione Architettonica. Dopo il suo trasferimento all'Università di Genova nel 1969, è passato alla cattedra di Disegno e Rilievo, ritornando al settore nel quale aveva iniziato la sua attività di docente con Luigi Vagnetti nei corsi di Disegno dal Vero I e II, dove è diventato prima assistente ordinario, poi professore incaricato dei Corsi di Disegno dal Vero e di Applicazioni di Geometria Descrittiva. Successivamente è divenuto titolare dei corsi in cui io ho iniziato la mia carriera universitaria, prima come collaboratore e infine come assistente ordinario. Per me Gaspare De Fiore è stato sia un maestro del disegno dal vero ma anche un maestro di vita, di amicizia, di generosità e di professionalità, un grande maestro con il quale confrontarsi per raggiungerne il livello – certamente non nel disegno ma nella vita – e superarlo, se possibile. Gaspare amava ripetere «guai a quell'allievo che non supera il maestro»; e dunque ci incitava a muoverci in questa direzione.

De Fiore è stato soprattutto, oltre che un buon architetto progettista[1], un artista a tutto tondo, e questo è un altro degli aspetti della sua poliedrica figura. Egli infatti non solo era un formidabile disegnatore, ma aveva innato il gusto e il desiderio di confrontarsi anche con le arti visive, con la scultura e la decorazione e con l'arte in generale, tanto che progettò e realizzò monumenti, pannelli decorativi per l'arredo di navi, fontane, etc.[2].

Le nostre strade si sono incrociate per pura combinazione nel 1954 nello studio di Angelo Taliaco in via Arenula 53, dove Gaspare mi fu presentato dal titolare come disegnatore di fumetti per il periodico *Il Moschettiere*, di proprietà dell'imprenditore romano[3]. In quel periodo e fino alla fine degli anni Settanta Gaspare però non fece più menzione della sua attività di disegnatore di fumetti, tanto che avevo creduto la avesse completamente abbandonata per concentrarsi sulla docenza universitaria.

Oggi però, grazie alle ricerche su De Fiore fumettista, ho scoperto con una certa sorpresa che in realtà ha continuato a disegnare fumetti fino agli anni Ottanta, quando l'impegno verso l'Unione Italiana Disegno – da lui fondata – insieme a tutte le sue altre attività lo ha allontanato definitivamente dalla sua passione giovanile.

Gaspare De Fiore è stato un grande disegnatore dotato di una mano straordinaria, messa in risalto non solo nei corsi universitari tenuti da Vagnetti ma anche attraverso un confronto

1/ *Pagina precedente.* Gaspare De Fiore, Chartres, 1993. Schizzo di viaggio raffigurante la Cattedrale di Chartres.
Previous page. *Gaspare De Fiore, Chartres, 1993. Travel sketch of Chartres Cathedral.*
2/ Gaspare De Fiore, Tramonto con nudo femminile, 1979.
Gaspare De Fiore, Sunset with female nude, 1979.

3/ Gaspare De Fiore, Le mani, 1983. Ritratto della moglie Maria Luisa con in primo piano le mani.
Gaspare De Fiore, The hands, 1983. Portrait of his wife Maria Luisa with her hands in the foreground.

con i Grandi Maestri del suo tempo, quali ad esempio Renzo Vespignani, disegnatore raffinato e straordinario incisore, e Renato Guttuso, altro grande disegnatore. Basterà ricordare i sui disegni di viaggio realizzati sempre in pochi minuti, con il suo segno sicuro e delicato al tempo stesso, o le sue incisioni, con i ritratti della moglie Maria Luisa (figg. 1, 2, 3). Come tutti i grandi disegnatori, era cosciente che la figura umana costituisce un tema fondamentale del disegno, e infatti Gaspare si cimentava spesso nel disegno delle mani. Ne è un esempio uno dei ritratti di Maria Luisa che Gaspare mi donò con dedica nel 1983 in occasione del mio compleanno (fig. 3), nel quale è possibile notare le mani della donna, in primo piano, che dimostrano l'abilità dell'autore nell'affrontare un tema di disegno così complesso. Del resto, questa sua abilità fu recepita dalle migliaia di italiani che nel 1982 acquistarono il suo *Corso di Disegno* uscito in ben cento dispense settimanali per la Fratelli Fabbri Editori, che ebbe un successo strepitoso.
Questo contributo ribadisce in primo luogo il ruolo di grande disegnatore svolto da Gaspare De Fiore, maestro insuperabile di questa disciplina nelle Università italiane, soprattutto nella formazione dei giovani docenti, ma soprattutto vuole porne in evidenza le doti di importante e raffinato disegnatore di fumetti nel panorama italiano, nel quale ha operato per circa quarant'anni. Gaspare ha infatti fornito un notevole contributo al fumetto italiano con le sue qualità di sensibile disegnatore – riconosciute e apprezzate dagli specialisti del settore – che custodiscono una particolare creatività, in gran parte sconosciuta a molti.
Questo scritto ha il fine non solo di mettere in risalto questa attività misconosciuta di Gaspare, ma anche offrire uno stimolo per i colleghi del nostro settore disciplinare ad avvicinarsi al modo delle strisce, che rappresenta una delle innumerevoli facce del Disegno.

De Fiore fumettista

L'aspetto meno noto di Gaspare De Fiore è quello della sua passione per i fumetti, che lo ha accompagnato per tutta la sua giovinezza fino agli anni Ottanta, quando la sua carriera era ormai avviata, ampliata, e consolidata. Egli stesso ritiene che: «L'immagine non svela mai tutta sé stessa; una zona rimane nascosta, come occulta allo sguardo; ma proprio in quell'occulto, quell'ombra, che si nascondono il significato, la ragione e il mistero di quell'immagine, l'anima che la fa vivere e fa rivivere realtà e fantasia»[4].
È possibile suddividere l'opera di Gaspare De Fiore fumettista in due fasi storiche principali ben distinte.
La prima, che va dagli esordi negli anni Quaranta fino agli inizi degli anni Sessanta, è caratterizzata dai lavori per le riviste-contenitore di fumetti dell'epoca di ispirazione cattolica come *Il Vittorioso*[5], *Il Giornalino*, *ArgentoVivo* e *jau!!!*, e la rivista *Il Moschettiere*

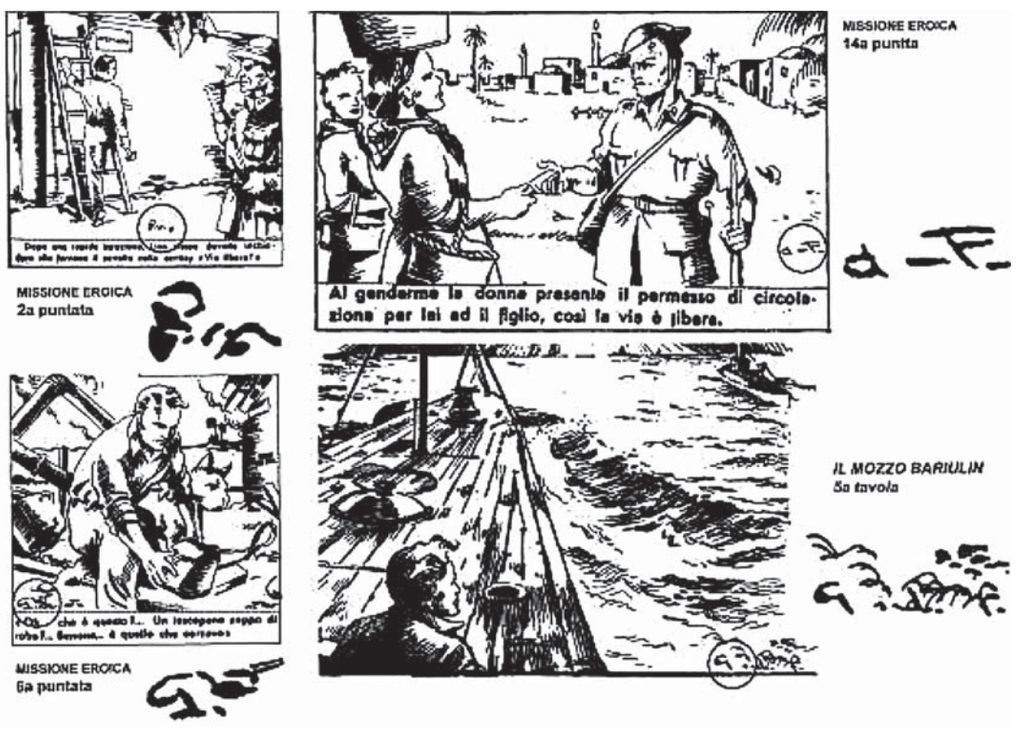
and art in general; so much so that he designed and built monuments, fountains, decorative panels for ship furnishings, etc.[2]
Our paths crossed by sheer chance in 1954 when we met at Angelo Taliaco's studio in Via Arenula 53. Gaspare was introduced as the comics designer for Il Moschettiere*, a periodical owned by the Roman entrepreneur.*[3]
During that period and until the late seventies Gaspare never again mentioned his work as a comics artist, so I thought he had completely abandoned it and was focusing exclusively on his lecturing job at university.
Instead today, after researching his work as a comics artist, I have discovered that to my surprise he continued to draw comics until the eighties when his commitment to the 'Unione Italiana Disegno' – which he had founded – and all his other multifaceted activities finally prompted him to permanently abandon his youthful passion.
Gaspare De Fiore was a great draughtsman with an incredible touch that emerged not only during Vagnetti's university courses, but also vis-à-vis the Great Masters of his age, for example Renzo Vespignani, an incredibly elegant etcher, and Renato Guttuso, another great draughtsman. Suffice it to recall the firm yet delicate signs visible either in the drawings in his travel notebooks, always quickly sketched in just a few minutes, or his etchings, with portraits of his wife Maria Luisa (figs. 1, 2, 3). Like all great draughtsmen he knew that

4/ Alcune vignette da "Missione Eroica", storia pubblicata su Il Vittorioso n. 29 del 18 luglio 1942, disegni di Silvani. Nei disegni è possibile notare le firme nascoste di De Fiore (elaborazione di Antonio Cadoni).
Several frames of 'Missione Eroica', a story published in the magazine Il Vittorioso n. 29 of 18 July 1942; drawings by Silvani. De Fiore's hidden logo is visible in the drawings (by Antonio Cadoni).

the human figure was a key theme in the field of drawing. In fact he often practiced drawing hands, for example in the portrait of Maria Luisa that Gaspare gave me for my birthday in 1983 (fig. 3); the woman's hands in the foreground reveal his skill in tackling such a complex image. Thousands of Italians were also able to see this skill in 1982 when they bought the Drawing Course *published in 100 weekly handouts by Fratelli Fabbri Editori – a runaway editorial success.*
The first focus of this contribution is to emphasise Gaspare De Fiore's role as a great draughtsman and incomparable master of this discipline in Italian universities, especially as regards the training of young teachers. However it will also highlight his skills as one of the most important and elegant artists in the world of Italian comics in which he was involved for roughly forty years. In fact, as a sensitive draughtsman acknowledged and appreciated by specialists in this field he made an outstanding contribution to Italian comics. One of his merits is a rather unique creativity, something which is largely known only by a few.
This essay will not only highlight this unappreciated activity by Gaspare, but also act as a stimulus for colleagues in this disciplinary field to take a greater interest in the world of comics – one of the innumerable expressions of Drawing.

De Fiore the comics artist
One of Gaspare De Fiore's lesser known passions was his love of comics, one that stayed with him from his youth all the way through till the eighties when his career was well on track and had broadened and been consolidated. He himself believed that "images never reveal all of themselves; an area remains concealed, as if hidden from view; but that concealment, that shadow, cloaks the meaning, reason and mystery of that image, the soul that brings it alive and revives reality and imagination".[4]
Gaspare De Fiore's work as a comics artist can be divided into two main but separate phases. The first, from the start of his career in the forties to the early sixties, involves his works for contemporary, Catholic-inspired comics

della Edizioni Astrea di Angelo Taliaco, che nel 1947 divenne dopo 25 numeri *Il Pioniere dei Ragazzi*[6].
La seconda fase, dagli inizi degli anni Sessanta fino al 1980 circa, è incentrata sulla collaborazione con lo Studio Rosi[7] per la realizzazione di fumetti tascabili per adulti per la Ediperiodici dell'editore Giorgio Cavedon.
La carriera da disegnatore di Gaspare De Fiore comincia nel 1942 quando, all'età di sedici anni, esordisce non accreditato nel mondo dei fumetti sulla rivista *Il Vittorioso* in qualità di assistente del poco noto disegnatore Silvani. È interessante notare che proprio perché non accreditato ufficialmente come disegnatore, De Fiore si diverte a inserire all'interno di alcune vignette (fig. 4) la sua sigla GdF nascosta tra i segni dei fondali[8]. Finito l'apprendistato da Silvani, De Fiore comincia a lavorare da solo e a firmare le proprie opere, a volte con il proprio nome, a volte utilizzando uno pseudonimo.
Nel 1946 De Fiore, dopo diverse opere minori, approda al già citato periodico *Il Moschettiere*, di proprietà dell'imprenditore Angelo Taliaco. Sulle sue pagine pubblica "Il Vendicatore dell'Atlantico" (fig. 5), una storia alla quale lavora come autore unico, ossia nel duplice ruolo di sceneggiatore e disegnatore. Questo comporta la libertà per De Fiore di non dover seguire una sceneggiatura scritta da qualcun altro dalla quale seguire delle indicazioni di regia. L'autore è libero di impostare la composizione della tavola e le inquadrature delle vignette come meglio crede e di gestire a suo piacere lo spazio della tavola. Proprio per questo motivo è interessante analizzare una tavola estratta da questa storia come esempio di tutta la produzione giovanile di De Fiore. La storia in esame si sviluppa in puntate settimanali di una sola tavola. La pagina si compone di una gabbia su tre strisce orizzontali, rese più complesse da una composizione articolata, fatta di incastri di vignette e sovrapposizioni, al punto che la leggibilità ne risulta parzialmente compromessa, e l'autore si vede costretto per venire incontro al lettore, ad aggiungere dei numeri progressivi sulle vignette per dare un ordine sequenziale alla lettura. Nel giro di poche vignette l'autore deve dare tutte le informazioni necessarie e raccontare più avvenimenti possibili, rendendo impossibile scomporre un'azione in più vignette. Come molti fumetti dell'epoca, anche questo ha una narrazione fortemente ridondante: le azioni dei personaggi sono de-



5/ “Il Vendicatore dell’Atlantico” pubblicato a puntate sulla rivista Il Moschettiere.
‘Il Vendicatore dell’Atlantico’, published in instalments in the magazine Il Moschettiere.

scritte pedissequamente dalle didascalie. Se la narrazione mostra quindi tutta una serie di limiti legati alla poca esperienza dell’autore e allo “stile” dell’epoca, per ciò che riguarda il disegno la tecnica grafica si dimostra estremamente matura, soprattutto considerando

books such as Il Vittorioso,[5] Il Giornalino, ArgentoVivo *and* jau!!!, *as well as the magazine* Il Moschiettiere *published in the Edizioni Astrea by Angelo Taliaco; in 1947, after 25 issues had been published, it changed its title and became* Il Pioniere dei Ragazzi.[6]
The second phase, from the early sixties to roughly 1980, was the period when Gaspare worked with Studio Rosi [7] *to develop pocket-sized adult comics for Ediperiodici owned by the publisher Giorgio Cavedon.*
Gaspare De Fiore’s career as a draughtsman began in 1942 when, aged sixteen, he debuted as a complete unknown in the world of comics as the assistant of the little-known draughtsman Silvani who worked for the magazine Il Vittorioso. *Interestingly enough, it was precisely because he was officially unknown as a draughtsman that Gaspare amused himself by hiding his initials GdF amongst the signs on the ground in several frames (fig. 4).*[8] *After De Fiore finished his apprenticeship with Silvani he began to work by himself and signed off his own works, either with his real name or a pseudonym.*
In 1946, after completing several minor works, De Fiore was taken on by Il Moschettiere, *the aforementioned periodical owned by the entrepreneur Angelo Taliaco. It published his story entitled ‘Il Vendicatore dell’Atlantico’ (fig. 5) which he worked on alone as both script writer and draughtsman. This meant he didn’t have to follow someone else’s script or the director’s indications. He was free to choose the composition of the panel, to place the frames as he saw fit, and decide on the spacing of the panel.*
This is why it’s interesting to analyse one panel from this story as an example of all the work De Fiore did in his youth. The story in question unfolded in weekly issues with just one panel. The page was divided into a frame with three horizontal strips, made more complex by a mixed composition with interlocking frames and superimpositions, to the point that its legibility was partially compromised and De Fiore was obliged to help the reader by numbering the cartoons so that they could be read in the right order. In just a few cartoons he had to provide all essential information and narrate as many

6/ “Il Frengi Capitano”, pubblicato nel 1946 su Il Giornalino.
‘Il Frengi Capitano’, published in 1946 in the magazine Il Giornalino.

events as possible; this made it impossible to divide the action into several cartoons. Like many contemporary comics the narrative is very redundant: the actions of the characters are slavishly described by the captions while the narration reveals several flaws due to his inexperience and the ‘style’ of that period; instead his graphic technique is very advanced, especially if you consider he had just turned twenty. The bodies are excellent, although sometimes with inexpressive faces; the clothes are accurately portrayed, showing that he undoubtedly studied the complex costumes of that period very carefully. His work on the backgrounds is brilliant; the perspectives are deftly achieved despite the difficult settings, and even the galleon is drawn skilfully and with great attention to detail. All this points to prior, in-depth documentary research.

In 1946 De Fiore drew ‘Il Frengi Capitano’ (fig. 6) for a script written by Gianni Caratelli published in Il Giornalino.

That same year he also worked on what was probably the most important venture of the early part of his career: jau!!!*, a small, eight-page fortnightly album with illustrated stories and educational columns for the cubs of the Association of Italian Catholic Scouts (A.S.C.I.), published in Rome at least until 1965. De Fiore also drew the beautiful illustrations on the front cover (figs. 7, 8, 9, 10).*

After drawing several minor stories between 1946 and 1950, De Fiore obtained his degree in architecture. At this point he scaled down his work as a comics artist, but continued to work for the magazines ArgentoVivo[9] *and* Il Giornalino *and also produced several short stories for* Lulù.[10] *It was then that he slowed down his production even further: between 1961 and 1962, in collaboration with Santo D’Amico, he drew ‘El Cid Campeador’ with a script by Raoul Traverso,[11] and in 1966 ‘Selima’ (fig. 11) published in the ‘Albi Mira’ series.*

This period marked the end of the first phase of De Fiore’s work as a comics artist published either in comic books, or as individual adventure stories, or even pedagogical publications for young children.

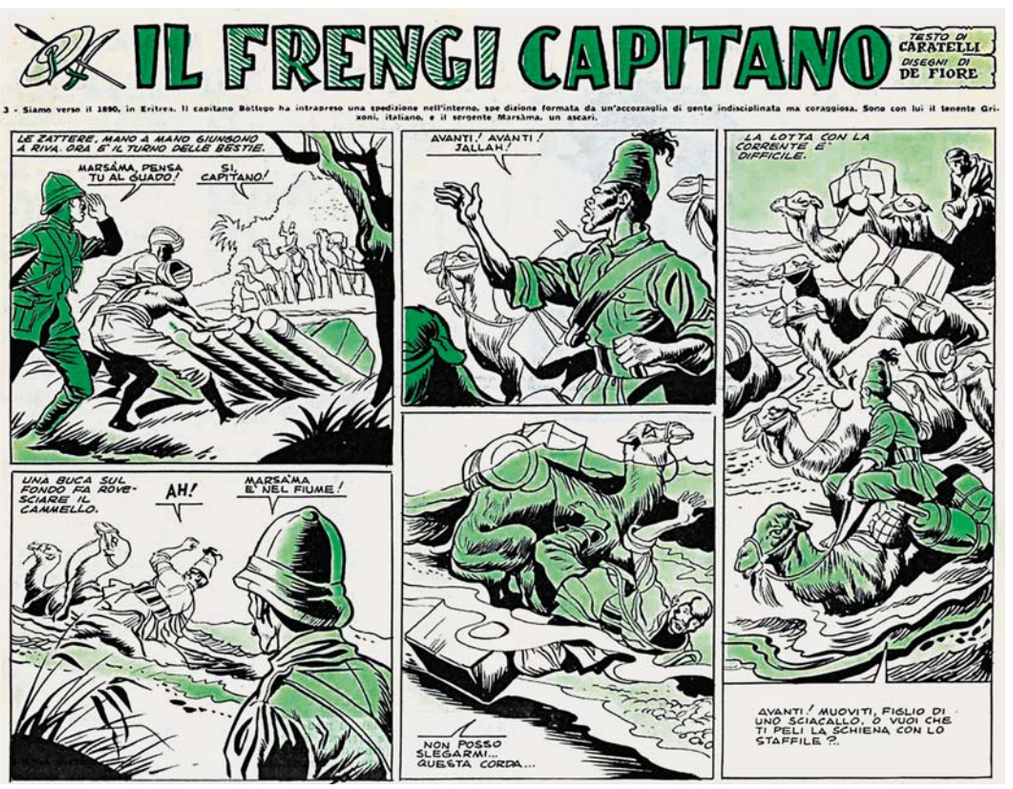
che De Fiore ha in quel momento appena vent’anni. Le anatomie sono ottime, sebbene i volti siano a volte poco espressivi, i panneggi sono corretti e lo studio dei complessi costumi d’epoca è sicuramente approfondito. Brillante è il lavoro sugli sfondi, le prospettive sono realizzate con evidente abilità nonostante la difficoltà delle ambientazioni, e anche il galeone è realizzato con maestria e cura per il dettaglio, dimostrando un’evidente documentazione approfondita a monte.

Nel 1946 De Fiore disegna “Il Frengi Capitano” (fig. 6) per i testi di Gianni Caratelli su *Il Giornalino*, quindi sempre nello stesso anno lavora a quello che è probabilmente il lavoro più importante di questa prima fase dell’autore: *jau!!!*, piccolo albo quindicinale di otto pagine contenente racconti illustrati e rubriche di carattere formativo per i lupetti dell’A.S.C.I., edito a Roma fino al 1965 almeno. Anche le belle illustrazioni a colori sulle copertine di *jau!!!* sono opera di De Fiore (figg. 7, 8, 9, 10).

Dopo diverse storie minori tra il 1946 e il 1950, De Fiore si laurea in architettura e la sua produzione di fumetti rallenta leggermente, limitandosi ad alcune collaborazioni tra cui la rivista *ArgentoVivo*[9], *Il Giornalino*, e alcune storie brevi su *Lulù*[10]. Da qui in poi, l’attività di De Fiore subisce un’ulteriore frenata: tra il 1961 e il 1962, in collaborazione con Santo D’Amico disegna “El Cid Campeador” per i testi di Raoul Traverso[11] e nel 1966 “Selima” (fig. 11) sulla collana degli “Albi Mira”.

In questo periodo si chiude la prima fase dell’opera di De Fiore, quella delle riviste contenitore, delle storie d’avventura e delle pubblicazioni pedagogiche per i più piccoli.

Nella seconda metà degli anni Sessanta inizia una nuova fase della carriera fumettistica di De Fiore, molto diversa dalla precedente ma comunque altrettanto d’interesse. In questi anni infatti il disegnatore romano Sergio Rosi fonda insieme a De Fiore e Giorgio Cambiotti lo Studio Rosi, celebre studio romano noto per la folta produzione di fumetti per adulti per la casa editrice Erregi, poi Ediperiodici di Giorgio Cavedon. Si tratta di una storica casa editrice italiana di fumetti per adulti di genere

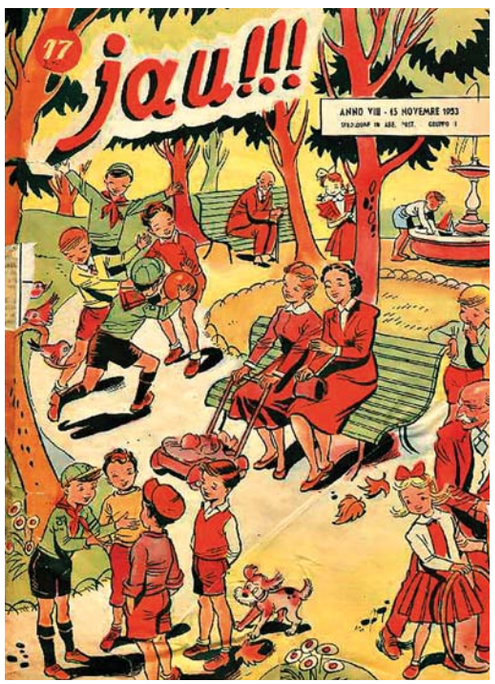


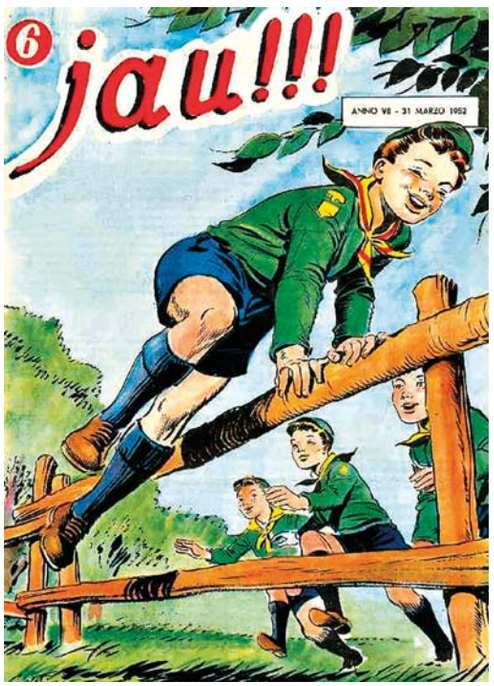
7/ Copertina di jau!!!, 15 novembre 1953.
Front cover of jau!!!, 15 November 1953.

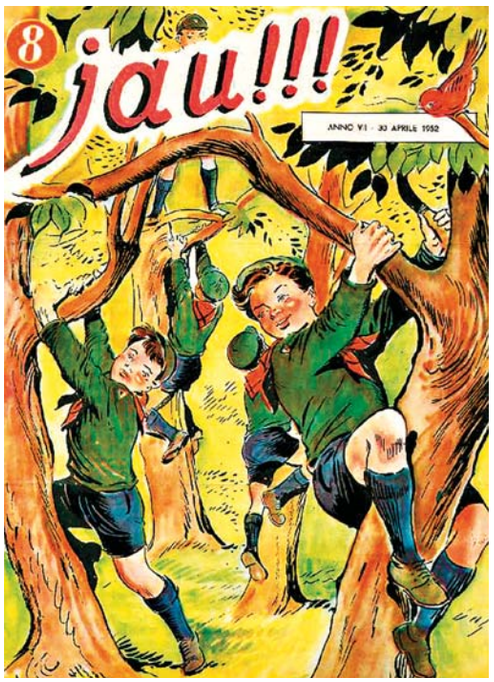
8/ Copertina di jau!!!, 31 marzo 1952.
Front cover of jau!!!, 31 March 1952.

9/ Illustrazione per jau!!!", 1952.
An illustration in the magazine jau!!!, 1952.

10/ Copertina di jau!!!, 30 aprile 1952.
Front cover of jau!!!, 30 April 1952.







noir, horror, erotico e avventuroso, operante fino alla fine degli anni Ottanta. Proprio a cavallo tra gli anni Sessanta e Settanta infatti, il fumetto tascabile conosce un boom e le testate si moltiplicano. Nato negli anni Cinquanta, il formato tascabile, reso noto da fumetti "neri" come *Diabolik*, *Kriminal* e *Satanik,* si compone di pagine da poche vignette l'una (in genere due), pensati per la produzione e il consumo di massa e per essere nascosti con facilità date le ridotte dimensioni e letti rapidamente nel tempo di un viaggio in tram[12].
La collaborazione di De Fiore a queste pubblicazioni ha inizio nel 1966 con *Messalina - Dea dell'Amore,* tascabile per adulti ambientato nell'antica Roma: alcuni numeri di questo fumetto portano la firma di "Nerone"; dietro questo pseudonimo si cela la coppia formata da Gaspare De Fiore alle matite e Santo D'Amico alle chine, una collaborazione che proseguirà negli anni fino alla morte di D'Amico nel 1994. D'Amico è una figura ricorrente nella storia di Gaspare De Fiore: suo coetaneo, nasce a Siracusa nel 1927, studia all'Istituto d'arte, e prima di approdare al mondo dei fumetti intraprende anch'egli gli studi alla facoltà di Architettura[13].

Nel 1966 De Fiore realizza quello che forse è il suo contributo più noto al mondo del fumetto: insieme ad altri collaboratori dello Studio Rosi subentra a Sandro Angioini (creatore grafico della serie) sulle pagine di *Isabella*, il

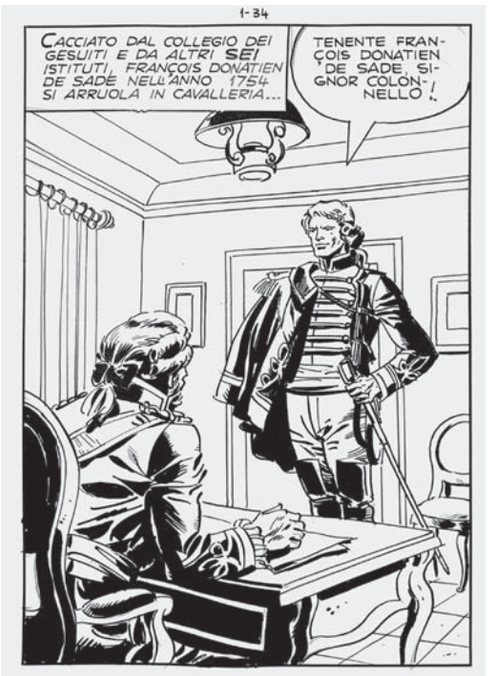
The new phase in De Fiore's career as a comics artist began in the second half of the sixties. It differed significantly from the first phase, but is just as interesting. The Roman draughtsman Sergio Rosi joined with De Fiore and Giorgio Cambiotti to found Studio Rosi, the famous Roman studio known for producing numerous adult comics for Giorgio Cavedon's publishing house Erregi, later Ediperiodici. This historic Italian publishing house produced crime, horror, erotic and adventure comics for adults until the late eighties. More and more publishing houses were founded when pocket-sized comics became a hot item in the sixties and seventies. Pocket-sized comics became popular in the fifties thanks to 'crime' comics such as Diabolik, Kriminal *and* Satanik *with just a few frames (normally two) on each page; the stories were developed and produced for mass consumption and, given their small size, were easy to hide and could be read quickly while on a bus or tram.[12]*
De Fiore's collaboration with these publications began in 1966 with Messalina - Dea dell'Amore*, an adult pocket-sized comic set in ancient Rome: some of the issues were signed 'Nerone', a pseudonym for the duo Gaspare De Fiore (penciller) and Santo D'Amico (inker).*

11/ Due pagine estratte da "Selima", del 1966.
Two pages in 'Selima' (1966).
12/ Pagina estratta da: Lucrezia. La bellissima Borgia, del 1969.
One page in: Lucrezia. La bellissima Borgia (1969).

Their collaboration lasted until D'Amico died in 1994. D'Amico was De Fiore's contemporary and a recurrent figure in the latter's life: born in Siracusa (Sicily) in 1927, he studied at the Art Institute but also at the Faculty of Architecture before entering the world of comics.[13]
In 1966 De Fiore made what was perhaps his most famous contribution to the world of comics: together with other collaborators at Studio Rosi he replaced Sandro Angioini (graphic creator of the series) as the draughtsman of Isabella*, the most famous and well-known pocket-size adult comic developed in the wake of the successful Angelica novels by the French duo Anne and Serge Golon. Isabella was not only the precursor of a series of curvaceous, uninhibited heroines who became a social phenomenon, but also the protagonist of the first erotic-adventure comic published in Italy until 1976; it paved the way for a completely new genre. In 1969, together with Sergio Rosi, De Fiore drew the first 117 issues of the horror comic for adults entitled* Jacula *until 1973. At the same time he also single-handedly drew* Lucrezia. La bellissima Borgia *(fig. 12). From 1971 to 1980, again with Santo D'Amico, he drew the erotic pocket-sized comic* De Sade.
This period of adult comics involved big numbers, something that allowed De Fiore to reinforce his own signature style, for example, in De Sade *(fig. 13, 14, 15): a simple composition of one or two frames per panel, lightly sketched backgrounds, firm strokes and signs, clean inking, elegant clothes, detailed research and study of period costumes, and the masterly understanding of composition and framing. But above all better graphic synthesis compared to the works of his youth. De Fiore's words about synthesis are emblematic: "summarising, when drawing, does not only mean using just a few signs to create the image or represent it; it also means conveying, in the drawing, the key meaning of what we see or think, in a direct, immediate relationship of the real or invented vision with ourselves and hence with observation. Succeeding in achieving the synthesis of the image or idea involves finding the drawing's secret, the relationship between us and the world*

più celebre e noto dei tascabili per adulti, nato sulla scia del successo dei romanzi del ciclo di Angelica dei francesi Anne e Serge Golon. Isabella, antesignana di una serie di eroine procaci e disinibite che divennero un autentico fenomeno di costume, è la protagonista del primo fumetto erotico-avventuroso pubblicato in Italia che farà da apripista a un nuovo genere e che durerà fino al 1976. Nel 1969, in coppia ai disegni con Sergio Rosi, De Fiore

disegna i primi 117 numeri del tascabile horror per adulti *Jacula* fino al 1973 e contemporaneamente, in solitaria, realizza *Lucrezia. La bellissima Borgia* (fig. 12). Nel 1971, in coppia nuovamente con Santo D'Amico, disegna il tascabile erotico *De Sade*, fino al 1980.
È un periodo, questo dei fumetti per adulti, che si caratterizza per una elevata produzione in termini quantitativi che consente a De Fiore di rendere più concreto il proprio segno. È possibile notare ad esempio nelle tavole di *De Sade* (fig. 13, 14, 15) la semplice composizione a una/due vignette per tavola, gli sfondi spesso appena abbozzati, ma anche il segno sicuro, la pulizia dell'inchiostrazione, i panneggi eleganti e la minuziosa opera di ricerca e studio dei costumi d'epoca, la padronanza della composizione e dell'inquadratura. Ma soprattutto una migliorata sintesi grafica rispetto ai lavori di gioventù. Proprio a proposito della sintesi nel disegno, emblematiche sono le parole di De Fiore: «sintetizzare, quando si disegna, non significa soltanto ridurre a pochi segni l'immagine e la rappresentazione dell'immagine; significa anche riuscire a rendere, con il disegno, il significato essenziale di ciò che vediamo o pensiamo, in un rapporto diretto, immediato, della visione, reale o inventata, con noi stessi e quindi con l'osservazione. Riuscire a realizzare la sintesi dell'immagine o dell'idea significa allora riuscire a trovare il segreto del disegno: il rapporto tra noi e il mondo che ci circonda, per trasmetterlo a chi osserva. Ecco, allora, che il raggiungimento della sintesi si configura come la conclusione di un procedimento di conquista graduale, attraverso lo studio e l'esercizio, per l'acquisizione dell'essenziale, e non come espressione di un ragionamento di semplificazione»[14].
Nella prima fase della sua carriera, il disegno di De Fiore è ancora difficilmente collocabile da un punto di vista stilistico. L'esperienza accumulata è ancora minima e lo stile cerca ancora una sua direzione precisa, passando negli anni dall'estremo realismo dei primi lavori ad alcune soluzioni più "cartoon", come le copertine realizzate per *jau!!!*. L'impostazione stilistica di De Fiore rimane comunque di chiara matrice realistica, lontana dalle deformazioni umoristiche di autori come Jacovitti o dei disegnatori italiani Disney dell'epoca come



13/ Pagina estratte da: De Sade, 1971 circa.
One page in: De Sade (c. 1971).

14/ Pagina estratte da: De Sade, 1971 circa.
One page in: De Sade (c. 1971).

15/ Pagina estratte da: De Sade, 1971 circa.
One page in: De Sade (c. 1971).

Giovan Battista Carpi o Romano Scarpa, pur concedendosi alcune semplificazioni grafiche proprie del media fumetto[15]. Come molti suoi coevi, anche De Fiore si rifà ai grandi maestri internazionali dell'epoca, riferimenti fondamentali per chiunque volesse (allora come oggi) affrontare il fumetto realistico quali Alex Raymond, Hal Foster, Milton Caniff, Burne Hogarth[16].

Nella seconda fase della sua carriera, lo stile di disegno di De Fiore si fa più maturo e assume le caratteristiche del classico stile realistico italiano a cavallo tra fumetto d'autore e popolare, influenzato dai principali autori dell'epoca quali Hugo Pratt, Dino Battaglia e Sergio Toppi. Proprio questa "italianità" è alla base della sua maturazione stilistica; secondo le parole dello stesso De Fiore, risulta a tal proposito particolarmente importante l'influenza dell'opera di Rino Albertarelli[17], autore che «alla cura analitica e cinematografica del Principe Valiant, all'esasperante anatomia e decorazione di Tarzan, contrappone un disegno all'italiana immediato e naturale, con straordinario senso delle proporzioni, della prospettiva e soprattutto del movimento» e del quale De Fiore ammira in particolar modo il «fare di ogni vignetta una illustrazione completa, una scena a sé stante, evitando i primi piani – tanto sfruttati, dagli autori secondo una non disinteressata analogia con il cinematografo»[18]. Forse proprio in ciò sta la principale peculiarità del disegno di De Fiore: laddove un tradizionale disegnatore – con una formazione artistica classica – è portato a "stare sui personaggi", stringere l'inquadratura e concentrarsi sui volti e sulle figure trascurando tutto il resto, De Fiore come Albertarelli mantiene un respiro più ampio, cura in egual misura figure e sfondi, dando rilievo alle architetture e alla natura quanto ai personaggi e favorendo le visioni di insieme.

È interessante leggere direttamente dalle parole di De Fiore quali siano per lui alcune delle maggiori difficoltà, oltre a quelle propriamente tecniche, quando si realizza un fumetto.

«L'impostazione generale della tavola. La tavola, infatti, pur divisa in strisce e vignette, ognuna delle quali ha un suo equilibrio, ha bisogno di un equilibrio generale essa stessa, di un'impostazione che, tenendo conto delle esigenze del racconto, renda facile e piacevole la lettura dei fumetti […] Da tutto l'insieme nasce l'equilibrio della tavola e il "senso" del racconto

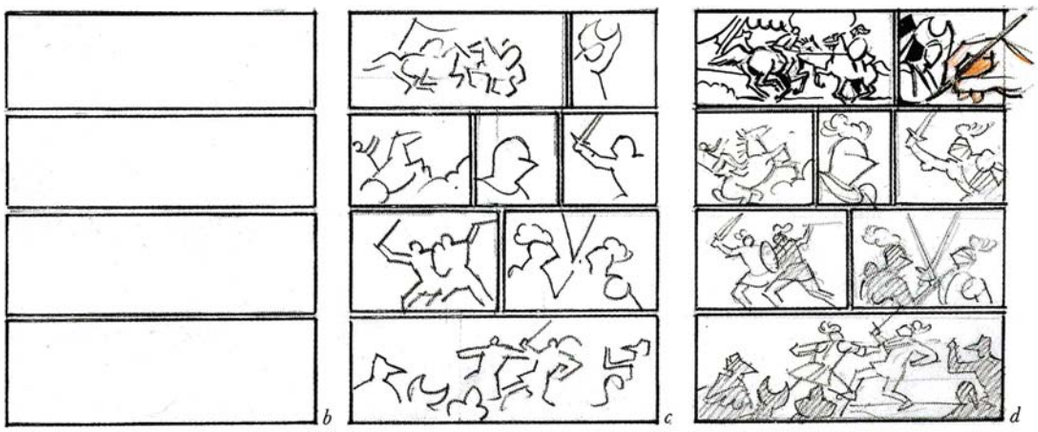
around us, so as to be able to transmit it to the observer. Achieving synthesis is thus, through study and practice, the end result of a gradual conquest to acquire the essential, and not an expression of reasoned simplification".[14]

It is difficult to categorise De Fiore's drawing style during the first phase of his career. He had little experience and his style had yet to develop in any particular direction; it shifted from the extreme realism of his first works to several 'cartoon' solutions, for example the front covers of jau!!!. *Although De Fiore did adopt some of the graphic simplifications used in comics,[15] nevertheless his style remained realistic and very different to the humoristic deformations of other authors (Jacovitti) or contemporary Italian Disney designers (Giovan Battista Carpi, Romano Scarpa). Like many of his contemporaries, De Fiore also looked to the great international masters of his age, a crucial reference for anyone who wished (or still wishes) to draw realistic comics, for example Alex Raymond, Hal Foster, Milton Caniff and Burne Hogarth.[16]*

During the second part of his career De Fiore was influenced by major contemporary authors such as Hugo Pratt, Dino Battaglia

16/ Costruzione di una tavola tipo.
Creating a typical panel.
17/ Tre esempi di strisce a colori (la prima striscia è la stessa di fig. 16).
Three examples of colour strips (the first strip is the same one shown in fig. 16).

and Sergio Toppi; his drawing style developed and evolved into a classic Italian realistic style midway between that of signature comics and popular comics. This 'Italian spirit' is behind the evolution in his style; it was De Fiore himself who said that he had been strongly influenced by Rino Albertarelli's work.[17] *Albertarelli was an author who "instead of adopting the analytical and cinematographic style used in Principe Valiant or the infuriating anatomy and decoration used in Tarzan, employed an immediate, natural Italian-style that gave his drawings an extraordinary sense of proportion, perspective and especially movement". In particular De Fiore admired the fact that "each [of his] cartoons was a complete illustration, a scene that stood alone and avoided close-ups – overly exploited by authors and based on an anything but disinterested analogy with the cinema".*[18] *Perhaps this is the main distinctive feature of De Fiore's drawings: a traditional draughtsman – with a classical artistic background – tended to 'concentrate on the figures', narrow the frame, focus on faces and figures, and ignore all the rest; De Fiore, like Albertarelli, saw the broader picture and focused equally on the characters and background, giving the same emphasis to both architecture, nature and the characters in order to enhance the overall image.*
It's also interesting to hear De Fiore talk about what he considered the problems he had to face when drawing a comic, over and above the technical difficulties.
"The overall layout of the panel. Although the panel is divided into strips and frames, each of which has its own balance, the panel needs an overall balance, a layout which, bearing in mind the story's requirements, makes the comic easy and enjoyable to read [...]. All this inputs into the balance of the panel and the 'meaning' of the story [...]. The movement of the characters. One of the most difficult and yet most qualifying tasks of any comics artist is undoubtedly how to convey, in the small space of the cartoons, the movement described in the script [...]. Facial features and expressions. The characters are one of the problems that have to be solved at the beginning of every story. Before starting to draw the more serious draughtsmen



[…] Il movimento dei personaggi. Rendere nel piccolo spazio delle vignette il movimento descritto dalla sceneggiatura è certo uno degli aspetti più difficili, anche se più qualificanti del fumetto […] Le fisionomie e le espressioni. Uno dei problemi che si pone all'inizio di ogni storia è quello della definizione dei personaggi. I disegnatori più seri, prima di iniziare ad illustrare le storie, fissano sulla carta le fisionomie dei personaggi. Ne studiano così il "tipo", la fisionomia, gli abiti o i costumi, cercano cioè, di caratterizzarli a seconda del ruolo»[19]. Sempre nella medesima pubblicazione si possono apprezzare i disegni che accompagnano il testo, nei quali è possibile osservare le varie fasi del metodo di lavoro di De Fiore, dal bozzetto al disegno finito (figg. 16, 17).
Dopo il 1980 non si hanno più notizie di ulteriori pubblicazioni a fumetti di Gaspare De Fiore. Probabilmente la concomitante organizzazione dei convegni sul disegno e la fondazione dell'Unione Italiana Disegno[20] non gli consentono più di sostenere una tale mole di lavoro.
Un'ultima, curiosa apparizione del De Fiore fumettista si ha a distanza di quasi quindici anni, nel 1994, sul fumetto *Dick Drago* della casa editrice Fenix srl di Roma[21]. Il modesto disegnatore della testata, Augusto Chizzoli, morì improvvisamente dopo la realizzazione del nono numero. I numeri 10 e 11 furono disegnati dalla coppia Gaspare De Fiore e Santo D'Amico, come riportato dalla scritta in copertina.

* Il contributo è stato redatto su invito del Comitato di Redazione della Rivista, che lo ha valutato meritevole di pubblicazione.

** Pur nella condivisione del contenuto, la parte introduttiva relativa a De Fiore maestro del Disegno va attribuita a Mario Docci mentre il paragrafo *De Fiore fumettista* ad Alekos Diacodimitri.

1. Con Gaspare ho avuto la fortuna di collaborare in diversi progetti e imparare il mestiere di progettista: mentre io portavo a lui la mia esperienza di cantiere e del mestiere del costruire, lui portava la pratica del progetto architettonico.

2. Docci 2018, pp. 148-153.

3. Durante gli anni successivi il nostro rapporto fu quello dell'allievo e del maestro, fino al 1962, anno in cui conseguii la mia laurea e Gaspare mi chiamò per collaborare con lui al Corso di Applicazioni di Geometria Descrittiva; da quel momento i nostri rapporti si concentrarono non solo sulla collaborazione universitaria, ma anche nella progettazione architettonica di edifici sia su Roma sia in Sicilia.

4. Mezzetti 2002, p. 12.

5. «Il mondo cattolico, che aveva guardato al fumetto con sospetto, resosi conto dell›influenza che questi stava esercitando sul pubblico giovanile, decise di intervenire. Vide la luce Il Vittorioso (9 gennaio 1937 - 11 settembre 1943) ad opera di un gruppo di educatori cattolici su iniziativa della Gioventù Italiana d'Azione Cattolica, ed ebbe un discreto successo, arrivando ad una tiratura di circa 200.000 copie. E ciò per varie ragioni: oltre alla vendita in edicola usufruiva del canale distributore rappresentato dalle parrocchie ed educandanti cattolici, la sua matrice rappresentava inoltre per tanti genitori una garanzia di serietà morale che faceva cadere molte obiezioni nei confronti del fumetto. Sul piano grafico Il Vittorioso rifiutò qualsiasi apporto estero e divenne una palestra per i disegnatori italiani»; da Horn, Secchi 1978. Estratto pubblicato in *Storia del Fumetto in Italia* di Daniele Giancotti, da <psychomedia.it/pm/culture/cartoons/storia.htm> [aprile 2020].

6. *Il Moschettiere*, poi *Il Pioniere dei Ragazzi* fu acquisito dall'Unione Donne Italiane e pubblicato con il nome di *Noi Ragazzi*, per poi confluire ne *Il Pioniere*, una rivista edita dall'Associazione Pionieri d'Italia, organizzazione giovanile del Partito Comunista Italiano. «Raccolta l'eredità de "Il Moschettiere", che divenne "Il Pioniere dei Ragazzi" e dall'esperienza di "Noi Ragazzi" (UDI, 1948), il settimanale, legato agli ambienti della sinistra italiana, si propone come alternativa al "Corriere dei Piccoli" e "Il Vittorioso", ospitando oltre ai fumetti e a rubriche di intrattenimento, spazi e spunti di riflessione di carattere civile e politico. Oggetto di forti polemiche anche da parte di rappresentanti della sinistra, la testata mantiene una forte identità grazie al team creativo composto oltre che dalla direttrice Dina Rinaldi, da Marcello Argilli e da Gianni Rodari»; da <http://www.guidafumettoitaliano.com/guida/testate/testata/5397> [aprile 2020].

7. «Sergio Rosi esordì come autore di fumetti umoristici italiani negli anni cinquanta e sessanta; […] Insieme a Gaspare De Fiore e Giorgio Cambiotti fonda alla fine degli anni sessanta lo Studio Rosi che produsse fumetti per adulti editi dalla Ediperiodici, come Jacula e molte altre prodotte per oltre venti anni»; da <https://it.wikipedia.org/wiki/Sergio_Rosi> [aprile 2020]. Rosi è stato inoltre docente di fumetto presso la Scuola Internazionale di Comics di Roma.

establish the facial features of the characters on paper. They study the 'type', the facial features, clothes or costumes, in other words they try to characterise them depending on their role".[19] *The book in which De Fiore talks about these issues also contains drawings illustrating his words and the various phases of his work method, from the initial sketch to the final image (figs. 16, 17).*
There is no evidence that Gaspare De Fiore published any more comics after 1980. It's likely that his work to organise meetings about drawing and the foundation of the 'Unione Italiana Disegno'[20] *made the burden far too onerous.*
Almost fifteen years later in 1994, De Fiore revived his skills as a comics artist for the last time. After the sudden death of Augusto Chizzoli, the modest draughtsman of the Dick Drago *comic (Fenix srl publishing house, Rome),*[21] *Gaspare De Fiore and Santo D'Amico teamed up once again and, as written on the front cover, drew issues 10 and 11.*

** The contribution was written pursuant to a request by the Editorial Staff of the magazine and deemed worthy of publication.*

*** Although both authors contributed, the Introduction regarding De Fiore as a master draughtsman was written by Mario Docci while the paragraph* De Fiore comics artist *was written by Alekos Diacodimitri.*

1. *I was lucky to work with Gaspare on several projects and learn how to become a professional designer: while I inputted my experience of the worksite and construction, he contributed his understanding of architectural design.*

2. *Docci 2018, pp. 148-153.*

3. *In the following years our relationship was that of a teacher and pupil until I graduated in 1962 and Gaspare asked me to collaborate on the Course in Applications of Descriptive Geometry. From that moment on our relationship involved not only university courses, but also the design and construction of buildings in Rome and Sicily.*

4. *Mezzetti 2002, p. 12.*

5. *"The Catholic world had had a rather suspicious attitude towards comics, well aware of their influence*

over the younger generation, so it decided to intervene. Il Vittorioso was published (9 January 1937 - 11 September 1943) by a group of Catholic teachers at the initiative of the 'Gioventù Italiana d'Azione Cattolica'. It was quite successful for several reasons, with a circulation of roughly 200,000 copies: it was sold not only in newsstands but was also distributed in catholic parishes and schools. In addition, many parents considered it was morally correct and that went a long way to dispelling any doubts they had towards comics. Since the graphics of Il Vittorioso were drawn only by Italians it became a sort of 'gymnasium' where they could practice their skills". In Horn, Secchi 1978. Extract published in Storia del Fumetto in Italia *by Daniele Giancotti, in <psychomedia.it/pm/culture/cartoons/storia.htm> [April 2020].*

6. Il Moschettiere*, later* Il Pioniere dei Ragazzi *was bought by the 'Unione Donne Italiane' and published with the title* Noi Ragazzi*; it then merged with* Il Pioniere*, a magazine published by the 'Associazione Pionieri d'Italia', the youth organisation of the Italian Communist Party. "Following in the footsteps of 'Il Moschettiere', later 'Il Pioniere dei Ragazzi', and the experience of 'Noi Ragazzi' (UDI, 1948), the weekly magazine associated with the milieu of the Italian left touted itself as the alternative to the 'Corriere dei Piccoli' and 'Il Vittorioso'; it published comics and entertainment columns as well as comments and considerations about civil and political matters. Although some representatives of the left considered it very controversial, the magazine maintained its strong identity thanks to a creative team that included the director Dina Rinaldi, and Marcello Argilli and Gianni Rodari"; in <http://www.guidafumettoitaliano.com/guida/testate/testata/5397> [April 2020].*

7. *"Sergio Rosi debuted as an Italian funny comics artist in the fifties and sixties; […] In the late sixties, together with Gaspare De Fiore and Giorgio Cambiotti, he founded Studio Rosi that produced adult comics published by Ediperiodici; the comics included Jacula and numerous others published for over twenty years"; in <https://it.wikipedia.org/wiki/Sergio_Rosi> [April 2020]. Rosi also taught comics at the International Comics School of Rome.*

8. *Antonio Cadoni mentions this in an article in the seventeenth issue of the magazine* Vitt & Dintorni: *"De Fiore says that Silvani was a draughtsman who 'at best could have drawn women for funny cartoons', but was not really suited to drawing comics […]. He told me to look over the first stories Silvani supposedly signed […]. I did, and I believe I've found several [logos]; you need a little imagination to interpret some of them, but four in particular are undeniable. In Il Vittorioso n. 29 dated 18 July 1942 there's the second instalment of 'Missione eroica' (photo-novel by Michelangelo Giorda, drawings by S. Silvani, as written in the publication): the slightly*

8. Ne fa cenno in un articolo Antonio Cadoni, sul diciassettesimo numero della rivista *Vitt & Dintorni*: «a detta di De Fiore, questo Silvani era un disegnatore che "al massimo avrebbe potuto disegnare qualche donnina per vignette umoristiche", ma poco adatto per disegnare fumetti […] mi disse di controllare bene le prime storie attribuite a Silvani […] L'ho fatto, e ritengo di averne trovate diverse [sigle], per qualcuna ci vuole un po' di fantasia per interpretarle, ma quattro in particolare sono inconfutabili. Sul Vittorioso n. 29 del 18 luglio 1942 c'è la seconda puntata di "Missione eroica" (Cineromanzo di Michelangelo Giorda, disegni di S. Silvani, come è riportato in testata): nella prima vignetta dell'ultima striscia, al centro subito sopra la didascalia, c'è la sigla GdF un po' mimetizzata, ma che può essere letta chiaramente con una lente». Molte informazioni a riguardo vengono dall'articolo di Luca Boschi, *Sulle tracce di Gaspare De Fiore* consultabile su <https://lucaboschi.nova100.ilsole24ore.com/2011/07/07/sulle-tracce-di-gaspare-de-fiore/> [aprile 2020].

9. Si pubblica a Roma nel 1951 e viene probabilmente diffuso per un solo numero in alcune regioni italiane (Sicilia). Riprendendo il titolo della gloriosa testata omonima uscita nel 1936, presenta opere di Franco Caprioli, Benito Jacovitti (che ridisegna la testata), Guasta, Gianni De Simoni, Gaspare De Fiore e Ada Boni.

10. Volumetto contenitore destinato a un pubblico femminile del 1957. Tra i vari autori, oltre a De Fiore, compare il nome di Sergio Rosi, sia in veste di disegnatore che di direttore responsabile.

11. Raoul Traverso (Genova, 1915-1993) è stato un fumettista italiano, prolifico autore particolarmente noto per le trasposizioni a fumetti di romanzi classici. Ha collaborato negli anni con disegnatori di fama come Stelio Fenzo, Franco Caprioli, Gianni De Luca, Giancarlo Alessandrini e Attilio Micheluzzi.

12. «Con la nascita dei personaggi del "nero" cambia anche il modo di fruire i comics: dagli ormai obsoleti striscia e albo d'oro, che nel decennio precedente hanno caratterizzato il fumetto avventuroso, si passa al pocket più maneggevole e facilmente occultabile. […] il pocket è leggermente più piccolo [del formato libretto], 12x17cm […] e soprattutto presenta due sole grandi vignette per tavola, invece delle solite tre strisce. In questo senso, la differente composizione della pagina modifica il ritmo di lettura, che nel pocket si fa più sincopato e sintetico, essendo la struttura meno articolata. Dal punto di vista grafico, il nuovo formato concede grande spazio alle immagini, conferendo loro un maggiore impatto emotivo, in quanto ogni vignetta è più ricca di particolari e, essendo più grande, è più "vicina" al lettore»; da Bono, Stefanelli 2016, p. 210.

13. Benché poco noto al grande pubblico, anche D'Amico era un disegnatore di alto livello della scena romana, nonché docente di disegno della Scuola Internazionale di Comics di Roma, come Sergio Rosi. Per ulteriori approfondimenti sulla figura di D'Amico, si rimanda all'articolo di Nadelijko Bajalica *Il fumetto nel cuore: Santo D'Amico*, consultabile su <https://www.lospaziobianco.it/avventuredicarta/2019/08/21/il-fumetto-nel-cuore-santo-damico/> [aprile 2020].

14. De Fiore 1983, p. 122.

15. «Nel disegnare volto e figura, quasi tutti i fumettisti applicano lo stile cartoonesco anche solo in minima parte. Anche i fumettisti di azione più realistica sono ben lontani dal fotorealismo». McCloud 2018, p. 50.

16. Alex Raymond, fumettista statunitense, principalmente noto per aver creato *Flash Gordon* nel 1934. Hal Foster, storico disegnatore di *Tarzan* e creatore della serie *Prince Valiant*. Milton Caniff, celebre autore noto per *Terry e i pirati* e *Steve Canyon*. Burne Hogarth, disegnatore che succede a Foster sulle pagine di *Tarzan* e autore di numerosi celebri manuali di anatomia artistica.

17. Sante Albertarelli, detto Rino (1908-1974), illustratore e fumettista italiano, considerato uno dei grandi maestri del fumetto italiano. Per un approfondimento sulla sua figura, si veda <https://www.fumettologica.it/2015/05/rino-albertarelli-fondatore-fumetto-italiano/> [aprile 2020].

18. De Fiore 1983, p. 225.

19. Ivi, p. 227.

20. «Sul finire degli anni '70, De Fiore organizza il primo Convegno Nazionale dei Docenti della Rappresentazione e nel 1980 fonda l'UID, di cui rimane presidente fino al giorno della sua morte» (Docci 2018).

21. *Dick Drago* nasce sulla scia dell'enorme successo che stava avendo in quegli anni *Dylan Dog* della Sergio Bonelli Editore. Rimasto negli annali come "uno dei peggiori fumetti di sempre", proprio per questo tentativo di scimmiottare maldestramente un fumetto di grande successo. «A partire dal '93, per un po' di anni le edicole furono invase da numerose serie italiane di formato bonelliano, accomunate da una breve vita editoriale e una qualità non eccelsa: Demon Hunter, Nick Turbine, Dick Drago, Bad Moon, sono solo alcune di quelle testate che qualche addetto ai lavori ribattezzò spregiativamente "bonellidi" (o bonelloidi). I giudizi delle riviste del settore non furono benevoli e tutti si accanirono senza troppi complimenti verso quelle pubblicazioni considerate, a ragione, di serie B»; da Daniele D'Aquino. *I bonellidi*, consultabile su <http://www.amazingcomics.it/recensioni_italiavari_07.htm> [aprile 2020].

camouflaged GdF logo is present in the centre of the first frame of the last strip immediately above the caption; however it can clearly be read with a magnifying glass". More information about this issue can be found in the article by Luca Boschi, Sulle tracce di Gaspare De Fiore *available at <https://lucaboschi.nova100.ilsole24ore.com/2011/07/07/sulle-tracce-di-gaspare-de-fiore/> [April 2020].*

9. *It was published in Rome in 1951; probably only one issue was distributed in one or two regions in Italy (Sicily). It used the title of the famous publication, also called* ArgentoVivo*, published in 1936; it contains works by Franco Caprioli, Benito Jacovitti (who redesigned the publication), Guasta, Gianni De Simoni, Gaspare De Fiore and Ada Boni.*

10. *Small box set intended for female readers (1957). Apart from De Fiore, one of the other authors was Sergio Rosi, credited as both a draughtsman and director.*

11. *Raoul Traverso (Genoa, 1915-1993) was an Italian comics artist and prolific author, known in particular for his transpositions of classic novels. Over the years he worked with famous draughtsmen such as Stelio Fenzo, Franco Caprioli, Gianni De Luca, Giancarlo Alessandrini and Attilio Micheluzzi.*

12. *"The advent of 'criminals' or 'bad characters' also changed the way comics were enjoyed: in previous decades adventure comics involved the now obsolete strips and golden book, now they were replaced by the more practical and easily hidden pocket comics. […] pocket comics were slightly smaller in size [pamphlet format], 12x17cm […] Above all they had only two big frames per panel instead of the usual three strips. The different page layout changed the way they were read; it became more syncopated and concise due to the simpler structure. Graphically speaking the new format leaves more room for the images, providing greater emotional impact, because each frame has more details and, since it is bigger, it's 'closer' to the reader"; in Bono, Stefanelli 2016, p. 210.*

13. *Although fairly unknown to the public at large, D'Amico was also a first class draughtsman in the Roman milieu as well as a teacher of drawing at the International School of Comics in Rome, like Sergio Rosi. For more information about D'Amico, see the article by Nadelijko Bajalica* Il fumetto nel cuore: Santo D'Amico*, available at <https://www.lospaziobianco.it/avventuredicarta/2019/08/21/il-fumetto-nel-cuore-santo-damico/> [April 2020].*

14. *De Fiore 1983, p. 122.*

15. *When drawing the face and body, nearly all comics artists only use part of the cartoonesque style. Even the artists who draw more realistic action comics are a far cry from photorealism. McCloud 2018, p. 50.*

16. *Alex Raymond, an American comics artist, known mainly for having created* Flash Gordon *in 1934. Hal Foster, the legendary draughtsman of* Tarzan *and creator of the* Prince Valiant *series. Milton Caniff, famous author known for* Terry e i pirati *and* Steve Canyon. *Burne Hogarth, draughtsman who replaced Foster on the pages of* Tarzan *and author of many famous handbooks on artistic anatomy.*

17. *Sante Albertarelli, known as Rino (1908-1974), Italian illustrator and comics artist, considered one of the great masters of Italian comics. For more information about Albertelli, see <https://www.fumettologica.it/2015/05/rino-albertarelli-fondatore-fumetto-italiano/> [April 2020].*

18. *De Fiore 1983, vol. 59, p. 225.*

19. Ivi*, p. 227.*

20. *"In the late seventies De Fiore organised the first National Meeting of Teachers of Representation and in 1980 founded the UID; he remained President of the UID till the day he died" (Docci 2018).*

21. Dick Drago *was invented after the runaway success of* Dylan Dog *published during that period by Sergio Bonelli Editore. It went down in history as 'one of the worst comics ever' because it tried to clumsily ape a very famous comic. "Beginning in 1993, and for a few years afterwards, newsstands were piled high with numerous Italian, Bonelli-style series. Their common traits were a short publishing life and mediocre quality: Demon Hunter, Nick Turbine, Dick Drago and Bad Moon are just four of those publications that some insiders despairingly renamed* 'bonellidi' *(or* bonelloidi*). The opinions expressed by specialised magazines were anything but benevolent and everyone ganged up callously against those publications considered, quite rightly, second rate". In Daniele D'Aquino.* I bonellidi*, available at <http://www.amazingcomics.it/recensioni_italiavari_07.htm> [April 2020].*

References

- Bono Gianni, Stefanelli Matteo. 2016. *Fumetto! 150 anni di storie italiane*. Milano: Rizzoli, 2016. 527 p. ISBN: 978-88-1709-105-3.
- De Fiore Gaspare. 1983. *Corso di Disegno - Dal procedimento dei maestri, ai metodi, alle tecniche, al disegno personale*. 1-60. Milano: Fabbri Editore, 1983.
- Docci Mario. 2018. De Fiore Gaspare. Biografia. In *40 Convegni UID. Contributi in occasione del 40° Convegno*. A cura di Piero Albisinni, Mario Centofanti, Emanuela Chiavoni. Roma: Gangemi Editore, 2018, pp. 148-153.
- Horn Maurice, Secchi Luciano. 1978. *Enciclopedia Mondiale del Fumetto*. Milano: Editoriale Corno, 1978. 864 p.
- Krafft Ulrico. 1982. *Manuale di lettura dei fumetti*. Torino: ERI/Edizioni Rai, 1982. 240 p.
- McCloud Scott. 2018 *Capire, fare e reinventare il fumetto*. Milano: Bao Publishing, 2018. 752 p. ISBN: 978-88-3273-124-8.
- Mezzetti Carlo. 2002. *Gaspare De Fiore. Disegni, incisioni, progetti*. Roma: Edizioni Kappa, 2002. 215 p. ISBN: 978-88-7890-450-7.

<https://www.fumettologica.it/2015/05/rino-albertarelli-fondatore-fumetto-italiano/>

<psychomedia.it/pm/culture/cartoons/storia.htm>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Sergio_Rosi>

<https://lucaboschi.nova100.ilsole24ore.com/2011/07/07/sulle-tracce-di-gaspare-de-fiore/>

<https://www.lospaziobianco.it/avventuredicarta/2019/08/21/il-fumetto-nel-cuore-santo-damico/>

<http://www.amazingcomics.it/recensioni_italiavari_07.htm>

<http://guidafumettoitaliano.com>

Fabrizio Ivan Apollonio, Marco Gaiani

Lo *Studio di varie fabbriche in prospettiva* e le regole della prospettiva nel primo Leonardo
The Studio di varie fabbriche in prospettiva *and the rules of perspective in Leonardo's early drawings*

This contribution illustrates an in-depth study of the perspective construction used in Florentine botteghe in the second half of the fifteenth century based on an analysis of Leonardo da Vinci's famous drawing *Studio di varie fabbriche in prospettiva* (preparatory study for the *Adoration of the Magi*) housed in the Department of Prints and Drawings of the Uffizi Gallery in Florence. The drawing was studied using a digital acquisition and restitution instrument capable of providing a 50 *μm* resolution and a faithful reproduction of the colour and layout, making it indistinguishable from the original. The authors were thus able to observe details revealing Leonardo's graphic procedure, reconstruct his perspective procedure, and formulate new hypotheses regarding the 'grey' areas of our current knowledge about the procedure.

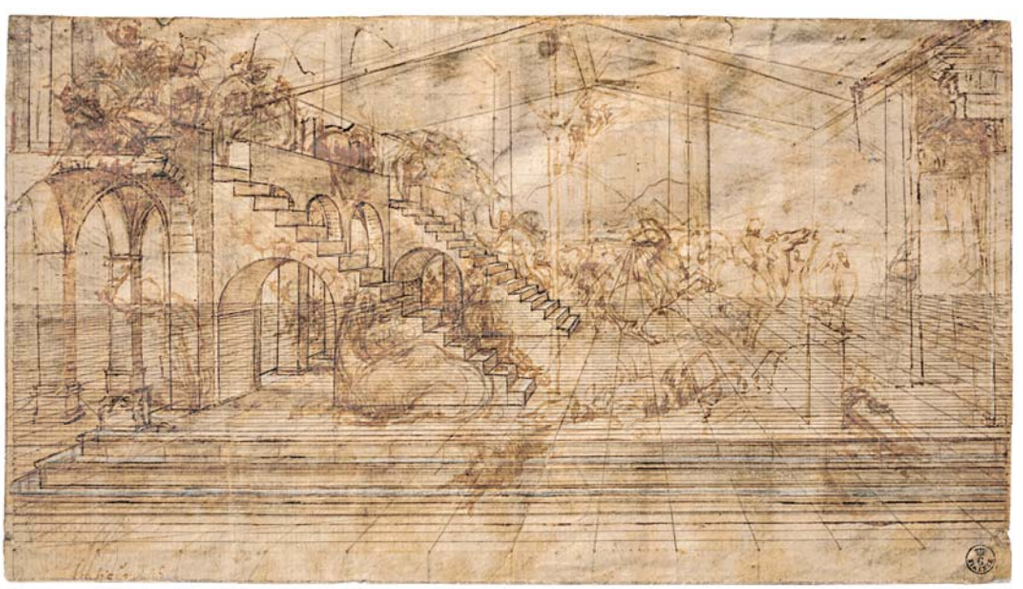
Key words: 3D modelling, real-time rendering, historical reconstruction, graphic analysis, 3D data capture, Leonardo da Vinci, perspective, painting.

Il saggio si propone di approfondire il tema della costruzione prospettica nelle botteghe fiorentine della seconda metà del XV secolo partendo dall'analisi del famoso disegno di Leonardo da Vinci Studio di varie fabbriche in prospettiva *(studio prospettico per l'*Adorazione dei Magi) *conservato al Gabinetto Disegni e Stampe degli Uffizi a Firenze. Lo sviluppo di uno strumento di acquisizione e restituzione digitale dell'artefatto grafico in grado di mostrare una risoluzione di 50 μm e una fedeltà del colore e della trama indistinguibile dal reale ha consentito di osservare dettagli capaci di restituire l'intero processo grafico dell'artista. In questo modo è stato possibile ricostruire l'intera procedura prospettica e formulare nuove ipotesi in merito alle aree "grigie" di conoscenza della procedura.*

Parole chiave: modellazione 3D, rendering *in tempo reale, ricostruzione storica, analisi grafica, rilievo 3D, Leonardo da Vinci, prospettiva, pittura.*

When Leonardo da Vinci began his apprenticeship in Verocchio's bottega between 1469 and 1470 two manuscripts by Leon Battista Alberti circulated in painters' botteghe, Elementa picturae *and* De Pictura*, both were written in Florence between 1435 and 1436.*[1] *These manuscripts were a theoretical and practical reference for all aspects of paintings, but their primary thrust was a meticulous description of how to draw figurations by exploiting perspective as the main technique (Alberti uses the words* "modo optimo"*), or, in Leonardo's words, to use the key technique behind painting: "painting is based on perspective".*[2]
There are two reasons why it is always present. The first is that Alberti's manuscript was very clear thanks to his strict training in the great centres of knowledge in northern Italy – Padua and Bologna – and, more in particular, the fact he studied law in Bologna in 1428 which allowed him to impeccably master both Latin and Italian. He made two versions of his key treatise De Pictura*, one in Latin for men of letters, written in 1435, and one in the vulgate in 1436. He didn't just translate the Latin text, but wrote a parallel text specifically for painters; this is why it includes the first written elaboration of the rules of central perspective.*

Quando Leonardo da Vinci iniziò il suo apprendistato alla bottega del Verrocchio tra il 1469 e il 1470 nelle botteghe dei pittori circolavano due scritti di Leon Battista Alberti, gli *Elementa picturae* e il *De Pictura*, entrambi scritti a Firenze tra il 1435 e il 1436[1], che non solo erano il riferimento teorico e pratico dell'intero fare pittura, ma soprattutto indicavano compiutamente il modo («modo optimo» con le parole di Alberti) per realizzare figurazioni che sfruttavano la prospettiva come tecnica di base, ossia, per dirla con le parole di Leonardo, per utilizzare la tecnica che era a fondamento della pittura: «la pittura è fondata sulla prospettiva»[2].
Le motivazioni di questa presenza costante sono ascrivibili a due ordini di motivazioni.
La prima sta nella chiarezza espositiva del testo albertiano dovuta alla sua rigorosa formazione nei grandi centri del sapere dell'Italia settentrionale, Padova e Bologna, e in particolare agli studi in diritto seguiti a Bologna nel 1428 che gli avevano permesso di padroneggiare in modo impeccabile sia il latino sia l'italiano. Il suo fondamentale trattato *De Pictura* fu redatto, infatti, in due versioni: un testo in latino indirizzato ai letterati, scritto nel 1435, e una versione volgare, del 1436, che non era una semplice traduzione del testo latino, ma piuttosto un testo parallelo espressamente rivolto ai pittori che, proprio per questo, contiene la prima elaborazione scritta delle regole sulla prospettiva centrale.
Tuttavia, come già rilevato oltre venti anni fa da Martin Kemp[3], le descrizioni di Alberti seguivano la logica ciceroniana, per cui parte degli aspetti pratici era tralasciata a favore del rigore espositivo. Per questo se il metodo di Alberti è stata la prima regola prospettica che conosciamo con certezza, esso presenta tuttavia vari dubbi interpretativi, anche per la mancanza di disegni esplicativi.



1/ *Pagina precedente.* Leonardo da Vinci, Studio di varie fabbriche in prospettiva, recto (Gabinetto dei Disegni e delle Stampe degli Uffizi, Inv. GDSU n. 436 E; concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e per il Turismo, con espresso divieto di ulteriori riproduzioni o duplicazioni con ogni mezzo). Visualizzazione attraverso ISLe.
Previous page. *Leonardo da Vinci, Studio di varie fabbriche in prospettiva, recto (Dept. of Prints and Drawings of the Uffizi, Inv. GDSU n. 436 E; concession by the Ministry of Cultural Heritage and Activities and Tourism. Not to be further reproduced or duplicated in any form). Visualisation using ISLe.*
2/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, verso. Visualizzazione attraverso ISLe.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, verso. Visualisation using ISLe.

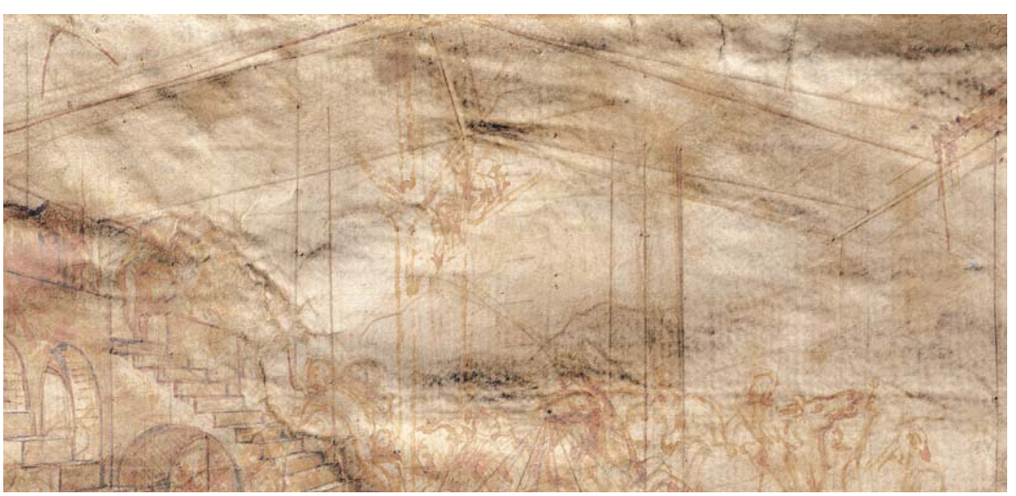
Sono le lacune del testo albertiano che spinsero già gli artisti della generazione successiva a fornire descrizioni più accurate proprio degli specifici passi necessari a definire compiutamente il sistema. Tra essi emerge certamente il trattato di Piero della Francesca, il *De prospectiva pingendi*[4], in cui Piero si concentrò decisamente sulle regole del disegno[5], e che all'inizio degli anni Ottanta probabilmente già circolava nelle botteghe fiorentine e dunque era noto al giovane Leonardo. Per una loro chiara dimostrazione Piero corredò ampiamente lo scritto di numerosi disegni. Questa presenza di chiare dimostrazioni grafiche ha portato, a nostro avviso, a un equivoco fondamentale nel tempo, per cui i bellissimi disegni dimostrativi di Piero sono stati spesso scambiati come fondamento operativo e non come una sistematizzazione teorica della teoria albertiana[6] quale era; tuttavia «seppe portare le loro conseguenze molto più avanti di quanto Alberti aveva voluto o saputo fare»[7].
Alcune semplici osservazioni dimostrano questo equivoco interpretativo sull'intenzione dello scritto di Piero. Innanzitutto, l'artista di Sansepolcro si richiamava in esplicito alla teoria albertiana come fondamento dell'arte pittorica. Non deve passare poi inosservato il fatto che Giorgio Vasari indicava Piero prioritariamente come «maestro raro e divino nelle difficultà de' corpi regolari, e nella aritmetrica e geometria»[8] e non come grande pittore, legandone quindi la fama alle capacità di dimostrazione teorica matematica più che a quelle operative pittoriche. Infine, l'analisi dei suoi dipinti mostra facilmente come le regole da lui stesso più tardi enunciate fossero applicate solo in modo discreto e principalmente all'interno della procedura albertiana, che rimaneva la sola permanenza sistematica dell'operare.
In questo scritto vorremmo introdurre un punto di vista differente, suffragato dall'analisi che abbiamo potuto compiere grazie a un lavoro realizzato nel settembre 2018 sul disegno di Leonardo da Vinci *Studio di varie fabbriche in prospettiva* (studio preparatorio per l'*Adorazione dei Magi),* un artefatto realizzato all'incirca negli stessi anni in cui Piero scriveva il suo trattato, e oggi conservato al Gabinetto dei Disegni e delle Stampe delle Gallerie degli Uffizi[9] (figg. 1, 2).
Lo *Studio di varie fabbriche in prospettiva* è probabilmente il più tardo della quindicina di disegni oggi ricondotti a l'*Adorazione dei Magi* commissionata a Leonardo nel 1481 dai canonici regolari di Sant'Agostino per l'altare maggiore della chiesa di San Donato a Scopeto, chiesa che sorgeva poco distante da Porta Romana a Firenze, distrutta al tempo dell'assedio del 1529[10]. Il dipinto, iniziato

However, as observed by Martin Kemp over twenty years ago,[3] Alberti's descriptions followed Cicero's logic; he neglected several practical issues in favour of a meticulous exposition. So, although Alberti's method was the first perspective rule of which we are certain, it does raise some doubts as to its interpretation since there are no explanatory drawings.
It was these omissions in Alberti's text that prompted the next generation of artists to provide more accurate descriptions of the specific passages required to complete the system. One such text is undoubtedly Piero della Francesca's treatise De prospectiva pingendi[4] *in which he concentrates on the rules of drawing*[5]*; it is very likely that this text already circulated in Florentine botteghe in the early eighties and that Leonardo was familiar with it. To clearly illustrate his idea Piero included several drawings in his manuscript. Over the years we believe his numerous, very clear graphic examples led to a crucial misunderstanding: Piero's extremely beautiful drawings have often been considered as an operational method rather than his theoretical reorganisation of Alberti's theory*[6]*; nevertheless, "he took their consequences much further than Alberti had been willing or able to do".*[7]
Several simple observations reveal this misinterpretation regarding Piero's intentions. Firstly, the artist from Sansepolcro explicitly refers to Alberti's theory as a cornerstone of pictorial art. Do not forget that Giorgio Vasari considered Piero more of a "rare and divine master of the difficulties of regular bodies, in arithmetic and geometry"[8] *and not a great painter; as a result he considered Piero's fame was due to his ability to mathematically demonstrate theories rather than his artworks. An analysis of his paintings easily reveals how the rules he later formulated were applied only discreetly, and chiefly as part of Alberti's procedure which remained the only methodical work method.*
In this article we wish to introduce a different viewpoint, backed by the analysis we were able to perform in September 2018 on Leonardo da Vinci's drawing Studio di varie fabbriche in prospettiva[9] *(preparatory study for the*

3/ Comparazione del disegno originale di Leonardo (a destra) con il rendering digitale del modello 3D (a sinistra) illuminati a luce radente.
Comparison between Leonardo's original drawing (right) and the digital rendering of the 3D model using raking light (left).
4/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: le vergelle verticali della carta ben visibili sul recto del foglio.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: the vertical wire rods of the paper are easily visible on the recto of the sheet.

Adoration of the Magi*). The drawing, currently housed in the Department of Prints and Drawings of the Uffizi Gallery,[10] was executed more or less around the same time Piero wrote his treatise (figs. 1, 2).*
The Studio di varie fabbriche in prospettiva *is probably the last of the fifteen drawings associated with the* Adoration of the Magi *Leonardo was commissioned in 1481 by the Canons Regular of St. Augustine for the main altar of the Church of San Donato in Scopeto, close to Porta Romana in Florence, and later destroyed during the siege in 1529.[11] Leonardo began the painting in 1480 but never finished it. The panel, originally meant to measure 2.44 x 2.44 m, is currently housed in the Uffizi Gallery in Florence.*
Critics have always considered two of Leonardo's drawings as preparatory studies for the Adoration*: a freehand drawing, now in the Louvre in Paris,[12] in which he studies the composition almost as a sketch; the other is the aforementioned drawing examined in this article and housed in the Uffizi in Florence. We believe that this drawing is a manifesto of how Leonardo drew perspective and how he worked on a drawing; in fact it includes not only the buildings, but all the strata corresponding to his different hypothetical ideas. Today the most consolidated image is not the final version, because as we all know Leonardo was to vary the solution yet again. We were able to present our new observations compared to the state of the art[13] thanks to ISLe (InSight Leonardo), a digital application developed in 2010 by a group of researchers of the Alma Mater Studiorum of the University of Bologna; by accurately reproducing a drawing's form, features and image it can substitute, examine, describe and share a drawing as well as its representation methods and contents[14] (fig. 3).*
Using the ISLe to analyse the drawing in question, its technical details and graphic processes provides a compete pictures of the technique Leonardo used to create the perspective, in other words the one used in Verrocchio's atelier; Leonardo himself was to confirm this later in f. 3r of Manuscript A *now housed in the Institut de France in Paris[15]: "The painting is based on perspective.*

e non ultimato, è una tavola che doveva essere originariamente un quadrato di 2,44 m di lato, che oggi è conservata presso le Gallerie degli Uffizi a Firenze e che Leonardo iniziò nel 1480.
Alla fase di studio per la realizzazione di questo dipinto la critica ha da sempre associato due disegni; uno, oggi al Louvre a Parigi[11], eseguito a mano libera, dove l'artista studia la composizione quasi come uno schizzo; l'altro è il suddetto disegno conservato agli Uffizi a Firenze esaminato in questo studio. Quest'ultimo, a nostro avviso, costituisce un vero e proprio manifesto di come Leonardo disegnava una prospettiva e di come lavorava sul disegno; in esso infatti non solo si possono vedere tutte le costruzioni, ma sono presenti tutti gli strati corrispondenti alle differenti ipotesi di lavoro, di cui quella più consolidata oggi non è la finale, perché come è noto sul dipinto Leonardo varierà ancora la soluzione.
Le nuove osservazioni rispetto allo stato dell'arte[12] sono state possibili grazie a ISLe (InSight Leonardo) un artefatto comunicativo digitale sviluppato a partire dal 2010 da un gruppo di ricercatori dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna per surrogare, indagare, descrivere e comunicare i disegni, i loro metodi di rappresentazione e i loro contenuti, riproducendone accuratamente forma, caratteri e aspetto[13] (fig. 3).
All'analisi tramite ISLe il disegno, mostrando nel dettaglio tecniche e processi grafici,



5/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: fori sul retro del foglio che mostrano il metodo di costruzione prospettica.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: the holes on the back of the sheet reveal the perspective construction method.

6/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: la costruzione della linea di terra di lunghezza pari a mezzo braccio fiorentino (291,8 mm) con la suddivisione in dodici moduli e la ulteriore suddivisione del settimo in nove parti.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: the construction of the ground line measuring half a Florentine braccio (291.8 mm), divided into twelve modules, and the further division of the seventh into nine parts.

rivela compiutamente la effettiva tecnica di costruzione della prospettiva di Leonardo e quindi quella che era utilizzata nell'atelier di Verrocchio e che il genio vinciano confermerà più tardi nel f. 3r del *Manoscritto A* conservato oggi all'Institut de France a Parigi[14]: «La pittura è fondata sulla prospettiva. Prospettiva non è altro che sapere bene figurare lo uffizio dell'occhio, (4-4)[1] il quale offizio s'astende solo in pigliare per [p]iramide le forme e colori di tutti li obietti contra sé posti».

Caratteri generali del disegno

Lo *Studio di varie fabbriche in prospettiva* ha oggi le dimensioni di 163x290 mm. Essendo la larghezza del disegno circa mezzo braccio fiorentino (29,18 cm), esso si presenta in rapporto metrico di 1:8 con le misure dello spazio interno della tavola: un tipo di pianificazione che avrebbe permesso, una volta terminata la costruzione in prospettiva sul foglio, di riportarne le linee sulla tavola attraverso un sistema di trasferimento, come la quadrettatura o lo spolvero. In realtà, come vedremo più avanti[15], questo non avvenne.

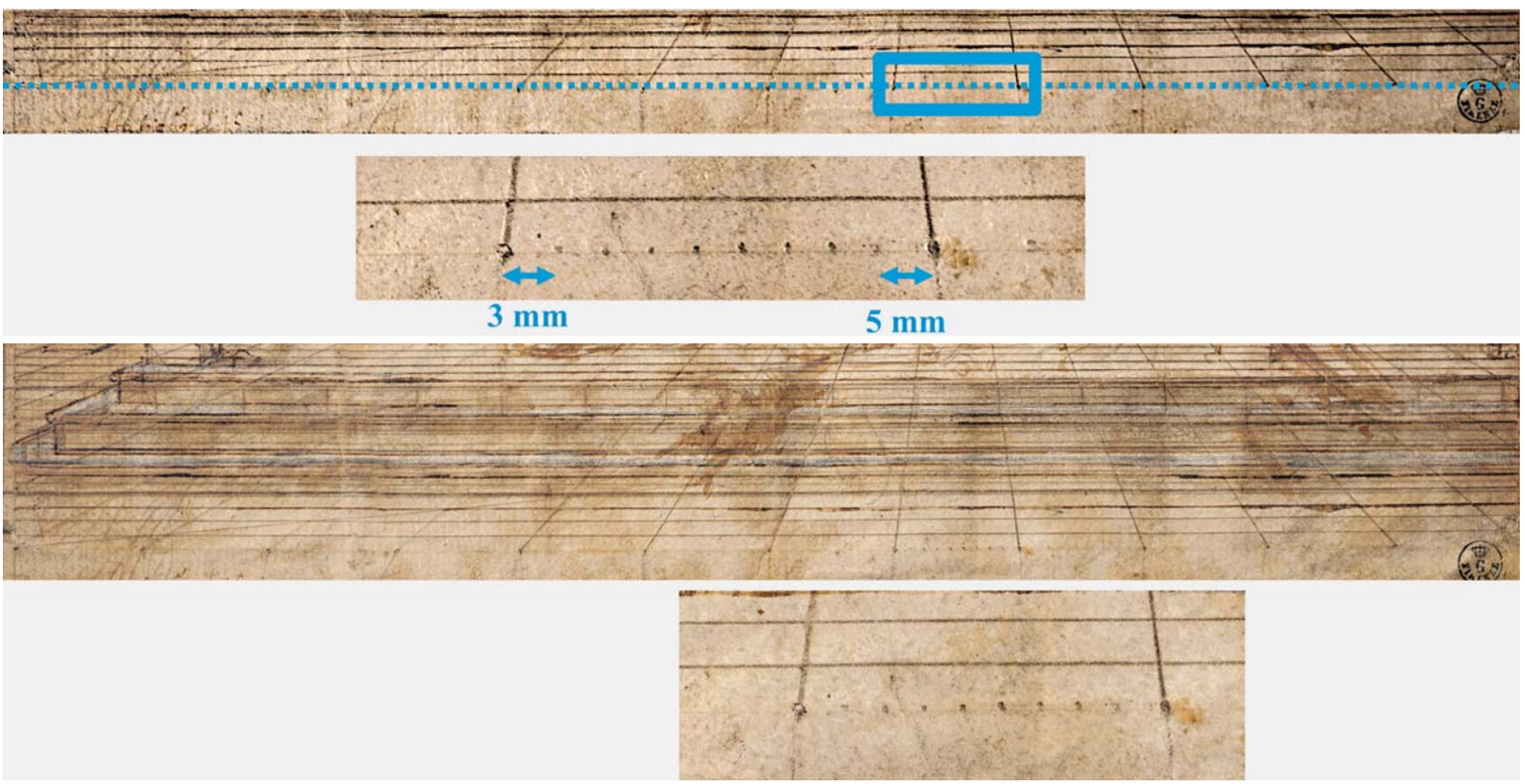
L'attenzione nel disegno è focalizzata su quanto nel dipinto sarà in secondo piano, nella sua sezione superiore, ove troviamo a destra uno scontro di cavalli e cavalieri e a sinistra un

Perspective is nothing else than a thorough knowledge of the function of the eye, (4-4)[1] and this function simply consists in receiving in a pyramid the forms and colours of all the objects placed before it".

General characteristics of the drawing

The Studio di varie fabbriche in prospettiva *measures 163x290 mm. Since the width of the drawing is roughly half a Florentine braccio (29.18 cm) it has a metric ratio of 1:8 with the measurements of the internal spaces of the panel: once the construction of the perspective was completed on the sheet, this kind of plan would have enabled Leonardo to trace the lines on the panel using a transfer system such as a grid or pouncing. As we will see later,[16] however, Leonardo did not use this system.*

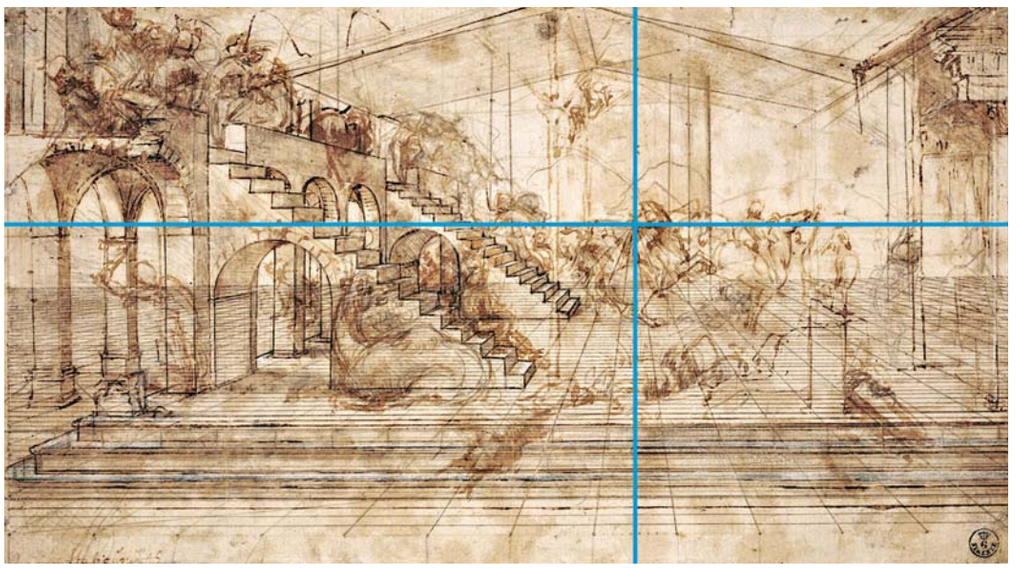
The events in the upper part of the background are the focus of the drawing: to the right a battle with horses and horsemen, to the left a temple with two sets of stairs. The figures, animals and architecture in the



7/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: il posizionamento del punto principale secondo la sezione aurea.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: positioning the main point according to the golden section.
8/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: il tracciamento delle rette perpendicolari al piano di quadro.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: tracing the lines perpendicular to the picture plane.

9/ Leonardo da Vinci, Manoscritto A, 1492 circa, f. 41r.: il metodo di costruzione delle rette parallele al piano di quadro per un quadro di base pari alla lunghezza della linea di terra.
Leonardo da Vinci, Manuscript A, c. 1492, f. 41r.: the method used to construct the lines parallel to the picture plane for a painting with a base equal to the length of the ground line.

drawing already anticipate the final version. Two big, wide pitches of a roof resting atop two roughly-hewn poles can be seen in the upper part of the sheet, but are not present in the altar panel; the pitches are like a taut canvas covering and enveloping both the building in ruins and the ancient classical-style structures on the other side. The overall composition was inspired by the prophet Isaiah's description of the birth of Christ.[17] *The sheet clearly shows the wire rods, on both the front and back, as well as several clots and swellings, indicating that the unprocessed paper was not intended to be used for the 'final' drawing but simply as a studio sketch (fig. 4). The sheet has innumerable holes, indicating extensive use of pointed styli and pins, as well as countless grooves, sometimes retraced with a leadpoint, pen, or brush, so much so that it is possible to see exactly how the drawing evolved. It is drawn only on the recto, but as noted by Maurizio Seracini,*[18] *even the verso has several incisions, probably in an attempt to create a different but rapidly abandoned perspective (fig. 5).*

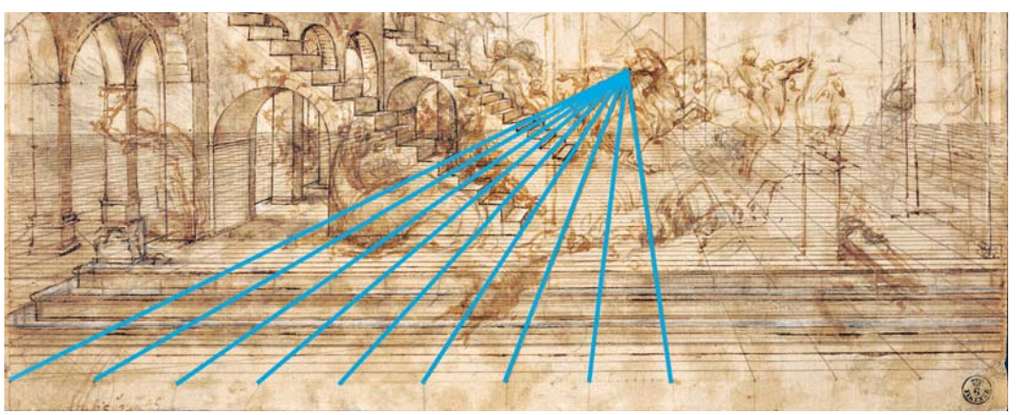


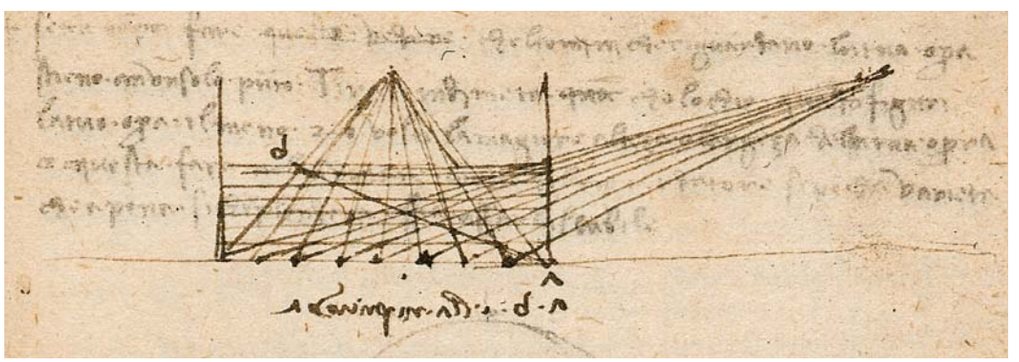
The perspective construction

To analyse the perspective construction we followed Leonardo's graphic process, already established by Camerota and Seracini; however the ISLe enabled us to achieve a unitary reconstruction by simply using the signs rather than cross referencing the results of several different analyses (radiant light, IR, UV, etc.).

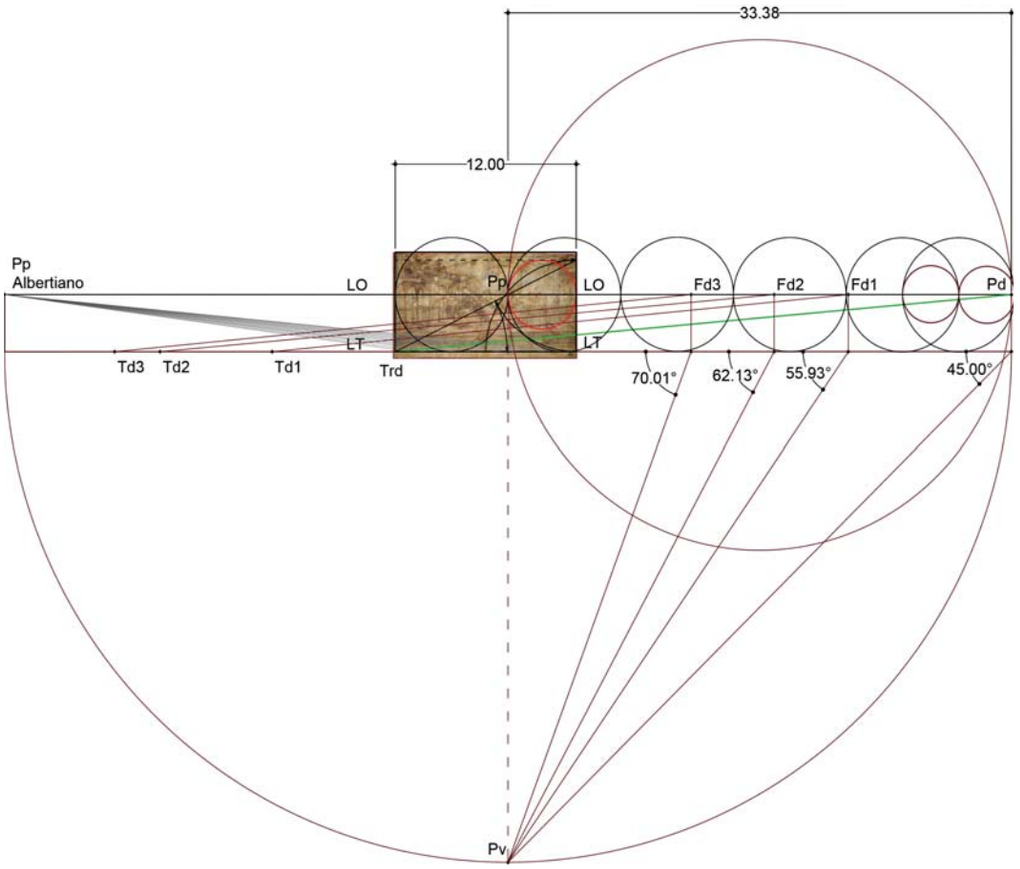
Leonardo began by using several lines to establish the elements of the perspective construction; first he punctured the sheet with a blunt stylus and then used leadpoint to highlight the building elements. He started by drawing the ground line, equal to roughly half a Florentine braccio (291.8 mm), and then divided it into twelve equal parts (again parts of a Florentine braccio) in line with the indications provided by Alberti.[19] *One of them, the eighth from the left, aligned with the main point, was in turn further divided into nine sub-modules (fig. 6). The next step was to establish the horizon line that Leonardo placed at a little less than four modules (3.65), hence in a free*

tempio con due rampe. Di questi soggetti il disegno già anticipa la versione finale. Nella parte alta della carta compaiono, e non si ritroveranno più nella pala, due spioventi ampi e sottili sorretti al vertice da due tronchi appena sgrossati, come un telo teso che copre, inglobandoli, sia l'edificio in rovina, sia, nella parte opposta, strutture antiche di tipologia





10/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: il posizionamento del punto di vista in rapporto al segmento medio proporzionale (sezione aurea) della linea di terra.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: positioning the viewpoint according to the mean proportional segment (golden section) of the ground line.



classica. Globalmente, la composizione si rifà al passo della descrizione della nascita di Cristo secondo la profezia di Isaia[16].
La carta mostra chiaramente le vergelle, sia sul fronte sia sul retro, e sono presenti anche vari grumi e protuberanze a indicare che non si tratta di una carta trattata e dunque non destinata a un disegno "finale", ma solo a un elaborato di studio (fig. 4). Il foglio presenta innumerevoli fori a indicare un abbondante uso di punte e spilli, così come innumerevoli solchi, a volte ripassati con la punta di piombo, la penna o il pennello, tanto che è possibile riconoscere anche in questo caso una vera e propria evoluzione del disegno. È disegnato solo sul *recto*, ma come rilevato già da Maurizio Seracini[17], anche il *verso* presenta varie incisioni, probabilmente riconducibili a un tentativo di inquadramento prospettico differente e repentinamente abbandonato (fig. 5).

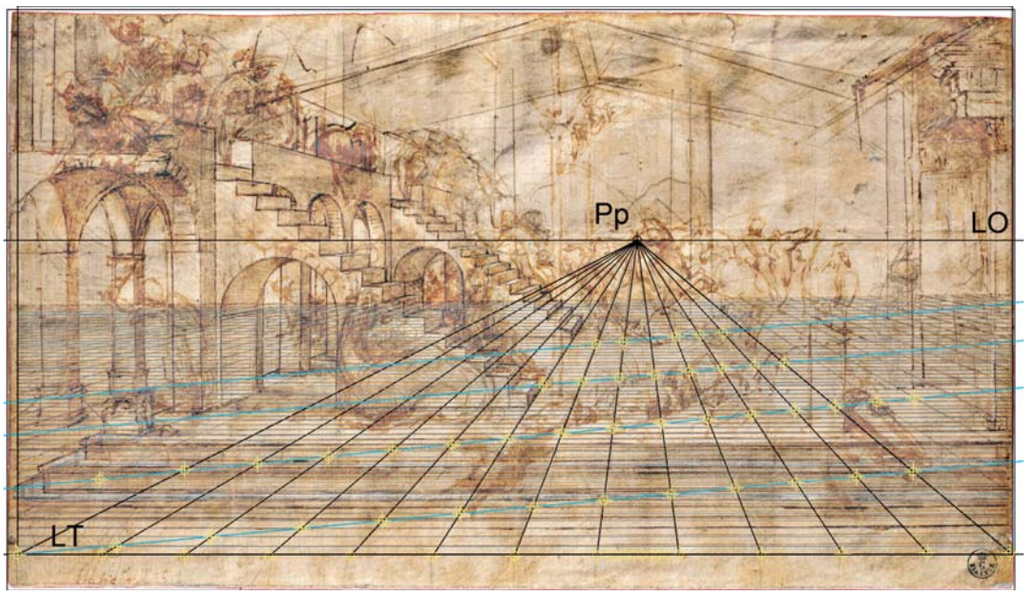
La costruzione prospettica
Per analizzare la costruzione prospettica adottata seguiremo il processo grafico di Leonardo, già individuato da Camerota e Seracini, ma che ISLe permette di ricostruire in modo unitario, senza dover incrociare i risultati di numerose e differenti analisi (luce radente, IR, UV, …), semplicemente attraverso i segni.
La prima operazione effettuata da Leonardo consiste nella definizione degli elementi dell'impalcato prospettico tramite una serie di linee realizzate dapprima incidendo la carta con una punta cieca e poi evidenziando gli elementi costruttivi con una punta di piombo. Innanzitutto, è tracciata la linea di terra, di lunghezza pari a circa mezzo braccio fiorentino (291,8 mm), che Leonardo suddivide in dodici parti uguali, che quindi sono ancora parti di braccio fiorentino, coerentemente con le indicazioni di Alberti[18].

manner compared to the perspective grid, and with total disregard for Alberti's rule to place it at three braccia; however he did not position it haphazardly vis-à-vis the panel. Its height, and the fact that the main point is off centre compared to the horizon, are established based on a precise proportion, the 'golden section' (fig. 7). Leonardo begins by drawing the square framing the painting; he then draws the horizontal median dividing the architectural background from the scene in the foreground; finally he divides this part of the painting based on the mean proportional, thereby establishing the line of the horizon. Likewise, and again using the technique so dear to his friend Luca Pacioli, he establishes the position of the main point from the intersection of the hypotenuse of the right-angled triangle used to construct the mean proportional with, as its catheti, the ground line and the segment perpendicular to it and half its length, in a position that ends roughly on half of the eighth square from the left, in other words the one divided into sub-modules.
His next step involved tracing the perspectives of the lines perpendicular to the picture plane where the modules are subdivided on the ground line, again according to the construction proposed by Alberti[20] (fig. 8).
The last step he took was to trace the perspectives of the lines parallel to the picture plane in order to create a grid that initially looks optically perfect, so much so that Martin Kemp comments: "The perspective construction of the tiled floor, seen necessarily from a distant viewpoint which compresses the horizontal divisions almost unmanageably, is among the most rigorous and intense of all Renaissance demonstrations of Alberti's visual science".[21]
However, closer scrutiny reveals a grid with approximated degradations that needs to be examined in detail.
Leonardo meticulously follows a procedure very similar to the one proposed in De Pictura *for the first twelve lines parallel to the picture plane, in other words the ones obtained by dividing the ground line as shown earlier (Alberti's* modo optimo*); he clearly and accurately demonstrates the procedure in*

11/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: l'utilizzo delle rette diagonali, parallele alla diagonale di «ripruova» per la costruzione della griglia prospettica sul piano del geometrale.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: the use of diagonal lines parallel to the diagonal of "ripruova" for the construction of the perspective grid on the geometric plane.

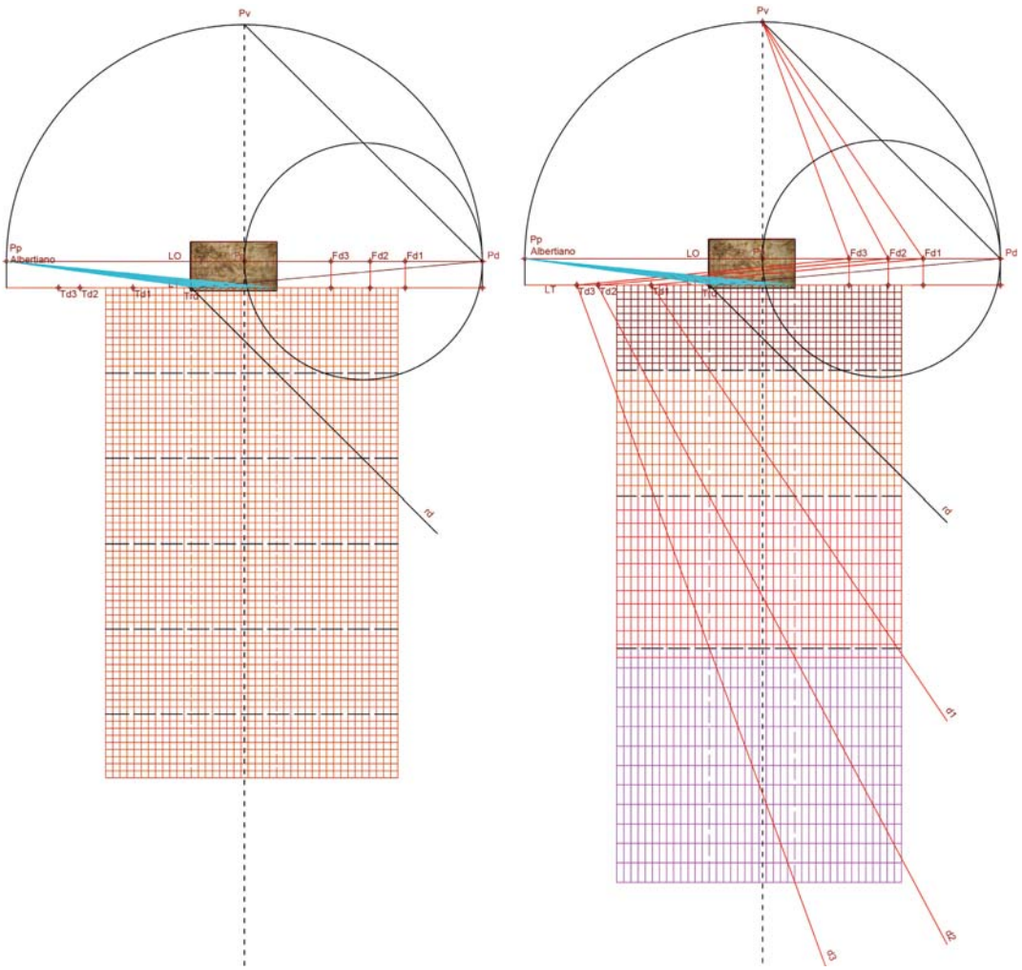
12/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: dettaglio della scala con i gradini di differenti proporzioni.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: detail of the stairs showing the different proportion of the steps.

the aforementioned Manuscript A *(f. 41r) essentially retracing said indications (fig. 9). Having established the distance of the viewpoint from the picture plane (equal to a little more than thirty-three modules, i.e., roughly four and a half mean proportional segments; fig. 10) he creates a visual pyramid to one side, intersecting the picture plane with the rays linking the eye to the subdivisions of the ground line established earlier. The points of intersection indicate the position of the lines parallel to the ground line.*[22] *The accuracy of the drawing is demonstrated by a diagonal that had to correctly pass through the squares. However, this is where the meticulously created construction appears to end. Camerota explains how Leonardo achieved the next parallels to the picture plane using a simplified procedure based on the tracing of other lines parallel to the diagonals of* ripruova*, starting with the twelfth line parallel to the ground line "until it reached a depth of fifty-five modules".*[23] *To construct the perspective grid Leonardo accurately used only the first of the three lines parallel to the diagonal (fig. 11); along this line it is possible to see the holes at the intersection with the perspectives of the lines perpendicular to the picture plane. Along the next lines the points marked with a compass (eight along the second and five along the third) do not correspond to the points of intersection with the lines perpendicular to the picture plane.*
Several sloping lines passing through the grid at various heights also appear in the drawing, however none can indisputably justify the construction, which appears increasingly approximate. As far as we can tell it is based on a grid with a pitch and degradations that are completely arbitrary and increase in number the further they are from the picture plane, as does the drawing of the first steps of the two staircases. In fact the latter are less than 20% smaller when strictly speaking they should be at least half (fig. 12), as per the rule of degradation for similar triangles, another rule Leonardo was very familiar with given what he wrote in a passage from Manuscript A*: "I find by experience that if a second object is as far beyond the first as the first is from the eye, although they are of the same size, the second*



Una di esse, la ottava da sinistra che vedremo essere allineata con il punto principale, è a sua volta ulteriormente suddivisa in nove sottomoduli (fig. 6). Il passo successivo è la definizione della linea d'orizzonte, che Leonardo mette a un po' meno di quattro moduli (3,65), dunque liberamente rispetto alla griglia prospettica e non seguendo il precetto albertiano che la vorrebbe a tre braccia, ma non casualmente rispetto alla tavola. La sua altezza e l'individuazione decentrata su di essa della posizione del punto principale sono infatti stabilite con riferimento al dipinto sulla base di una precisa proporzione, la "sezione aurea" (fig. 7). Leonardo dapprima disegna il quadrato che circoscrive il dipinto, poi traccia la mediana orizzontale che divide lo sfondo architettonico dalla scena in primo piano e, infine, suddivide questa parte del dipinto secondo il medio proporzionale, trovando la linea dell'orizzonte. Analogamente, ancora con la tecnica cara all'amico Luca Pacioli, trova la posizione del punto principale dall'intersezione dell'ipotenusa del triangolo rettangolo usato per la costruzione del medio proporzionale avente per cateti la linea di terra e il segmento a questa perpendicolare di lunghezza pari alla sua metà, in una posizione che va a cadere all'incirca sulla metà dell'ottavo quadrato da sinistra, cioè quello che reca la suddivisione in sottomoduli.
L'operazione seguente è quella del tracciamento delle prospettive delle rette perpendicolari al piano di quadro in corrispondenza delle suddivisioni dei moduli sulla linea di terra, ancóra secondo la costruzione proposta da Alberti[19] (fig. 8).

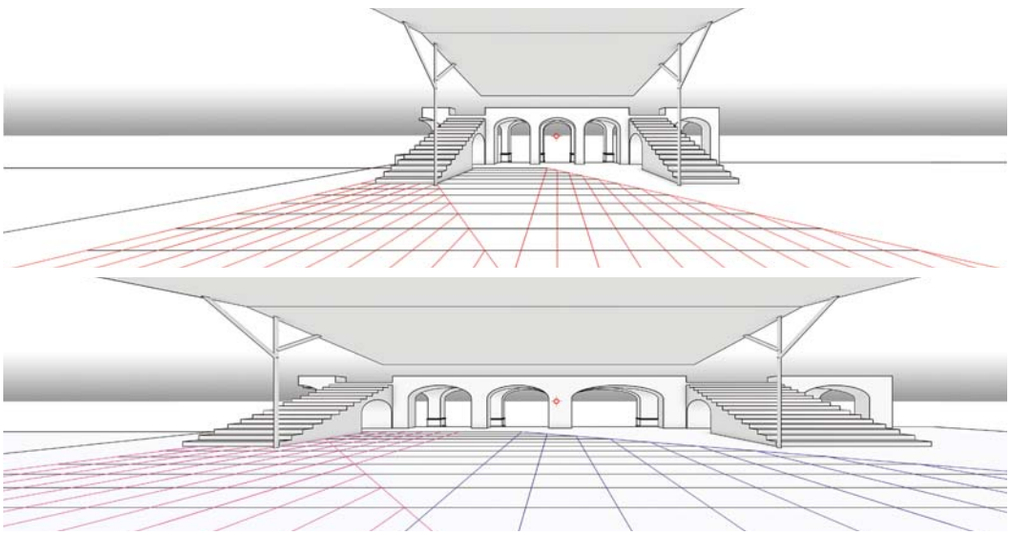
13/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: la restituzione prospettica delle due differenti griglie appartenenti al piano del geometrale; (a) griglia a maglia quadrata, (b) griglia a maglia differenziata all'aumento della distanza dal piano del quadro.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: perspective restitution of the two different grids of the geometric plane; (a) square mesh grid, (b) grid with differentiated mesh depending on the increase in the distance from the picture plane.



Infine, è realizzato il tracciamento delle prospettive delle rette parallele al piano di quadro a comporre una griglia che, a prima vista, pare otticamente perfetta, tanto che Martin Kemp commenta: «*The perspective construction of the tiled floor, seen necessarily from a distant viewpoint which compresses the horizontal divisions almost unmanageably, is among the most rigorous and intense of all Renaissance demonstrations of Alberti's visual science*»[20].
Tuttavia, un'attenta osservazione mostra una griglia dalle digradazioni approssimate che vale la pena analizzare nel dettaglio.
Per le prime dodici rette parallele al piano di quadro, cioè quelle ottenibili dalle suddivisioni della linea di terra precedentemente illustrata (*modo optimo* albertiano), Leonardo segue rigorosamente una procedura del tutto simile a quella proposta nel *De Pictura* che Leonardo ben conosce, tanto è vero che la dimostra accuratamente nel già citato *Manoscritto A* (f. 41r) ricalcandone essenzialmente le indicazioni (fig. 9). Stabilita la distanza del punto di vista dal piano di quadro (pari a poco più di trentatrè moduli, ossia circa quattro segmenti medi proporzionali e mezzo; fig. 10) viene costruita la piramide visiva di profilo, intersecando il quadro con i raggi che uniscono l'occhio con le suddivisioni della linea di terra precedentemente organizzate. I punti di intersezione indicano la posizione delle linee parallele alla linea di terra[21]. La correttezza del disegno è dimostrata tramite una diagonale che doveva correttamente attraversare i quadrati.

will seem half the size of the first".[24] Likewise Leonardo was aware of the relationship between a real object and its perspective image: "If you place the vertical plane one braccio away from your eye, the first object, four braccia from your eye, will be diminished to three-fourths of its height on the plane; and if you move it to eight braccia from your eye it will have diminished to seven-eighths; and if it is at sixteen braccia, it will have diminished to fifteen-sixteenths".[25]
So although it is not easy to understand the real construction used by Leonardo, at a certain point while he was drawing he undoubtedly shifted from a very accurate construction to an approximated one.
This result is not what one would expect from an analysis of the drawing; the latter has four areas in which the perspective grid is traced with diagonal lines that slope either by an increasing angle compared to the picture plane (i.e., roughly 56°, 62° and 76°) or, in an incorrect geometric simplification, by viewpoints gradually closer to the picture plane. Nevertheless, this would have allowed Leonardo to have a sufficiently spaced out grid on a rather limited sheet of paper; he could then effortlessly use this to create and arrange the architectural elements and figures that were to make up the scene. Nevertheless, this approximated construction means that, except for the first portion of 12x12 modules, the grid Leonardo used is actually a rectangular rather than square mesh (fig. 13); as a result the architectural elements, especially those of the porticoed building with the stairs to the left of the scene, are not regular vis-à-vis one another, as theorised by all studies so far; instead there are differences in the spans of the arches, which are not all round arches, but above all differ in width (fig. 14).
This is undoubtedly due to practical reasons dictated by specific contingent conditions, in other words the fact it is a preparatory drawing for a painting and that it would have been very difficult to establish the vanishing point of the lines at 45° on this drawing since it would have been more than six metres from the main point.[26]
Apart from these practical problems, there were undoubtedly several other more general reasons.

14/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, restituzione prospettica dello scenario architettonico visto frontalmente alle arcate: (a) sulla base della prospettiva rigorosa; (b) sulla base della prospettiva "pratica" o semplificata.
14/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, perspective restitution of the architecture seen from a point facing the arches: (a) based on a strict perspective; (b) based on a 'practical' or simplified perspective.

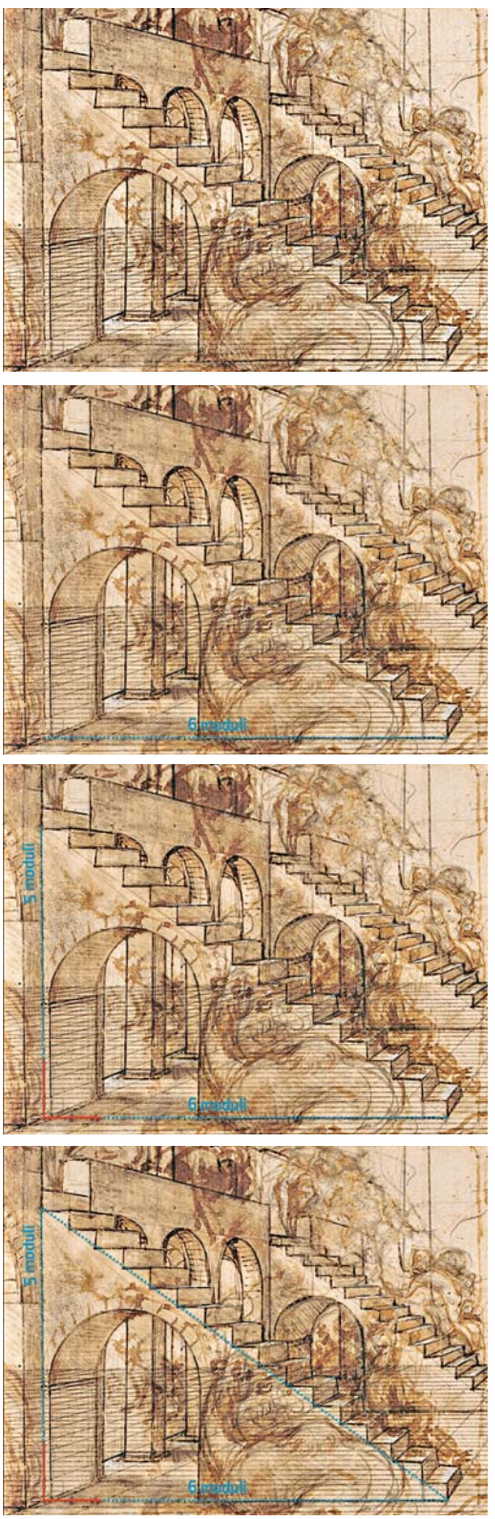


We believe this is an important and crucial aspect, not only to understand the preparatory drawing of the Adoration of the Magi*, but the whole issue of perspective, interpreted as it was in the second half of the sixteen century in the area of Florence and the fact it was, to all intents and purposes, the idea behind Alberti's theory. Indeed, in his* De Pictura *Alberti clarifies that the perspective representation method could be demonstrated arithmetically, but that "in this intersection of triangles and pyramids it would be a long, hard and difficult process to understand everything using the rule devised by mathematicians. And I would add, also by painters".*[27] *Alberti's procedure was not intended to be systematically and slavishly applied but used as a general framework that could be adapted on an ad hoc basis. Leonardo probably used Alberti's statement as a starting point and then developed and used it as the basis for a new, more global vision of perspective, and not simply to solve the problem of degradation.*
This is why it is so very interesting to see the way Leonardo worked.
Having found the "transverse quantities" as Alberti puts it, the artist created a modular grid on the ground line, allowing him to easily and accurately place all the objects and figures. The 'geometric' objects, such as the buildings, are constructed simply after dividing the plan into modules and then establishing the heights using the diminished modules in the plan, measured with a compass and then placed on the vertical lines. The drawing of the stairs of the building to the left of the scene is an excellent example (fig. 15). Leonardo establishes the length of the plan (six modules). Then he takes the modular measurement foreshortened on any square (the last to the left is reliable since we can see the signs of the compass) and establishes the height. The slope is created from the highest point and lowest corner of the stairs (note the clearly traced slope) on which he then builds the steps, working gradually along the horizontal and vertical (the place where the pen marks start are easily visible).
The grid is also the support (a sort of bounding-box) for the freehand figures, either using leadpoint or, where consolidated, with an ink brush (fig. 16). When Leonardo found

Qui sembra però terminare la costruzione rigorosa. Camerota spiega la realizzazione delle successive parallele al piano di quadro con una procedura semplificata basata sul tracciamento di altre rette parallele alla diagonale di *ripruova* a partire dalla dodicesima retta parallela alla linea di terra «fino a raggiungere una profondità di 55 moduli»[22]. Di queste tre rette parallele alla diagonale Leonardo, ai fini della costruzione della griglia prospettica, utilizza in maniera accurata (fig. 11) solo la prima, lungo la quale sono evidenti i fori all'intersezione con le prospettive delle rette perpendicolari al quadro; lungo le successive i punti segnati con il compasso (otto lungo la seconda e cinque lungo la terza) non corrispondono ai punti di intersezione con le rette perpendicolari al quadro.
Sul disegno appaiono inoltre altre linee inclinate che attraversano il grigliato a varie altezze, nessuna tuttavia decisiva per spiegare la costruzione che comunque appare all'analisi via via più approssimata. Deriva, da quanto è stato possibile constatare, una griglia a passo e digradazioni del tutto arbitrarie e crescenti con il progressivo allontanamento dal piano del quadro, così come il disegno dei primi gradini delle due scale. Questi hanno infatti dimensioni in profondità differenti di nemmeno il 20% quando a rigore dovrebbero essere almeno dimezzate (fig. 12), seguendo la regola di digradazione per triangoli simili, anch'essa completamente nel bagaglio di Leonardo come dimostra un passo del *Manoscritto A*: «La cosa seconda che sia lontana dalla prima, quanto la prima dall'occhio, apparirà la metà minore che la prima, benché infra loro sieno di pari grandezza»[23]. Allo stesso modo era completamente nelle conoscenze di Leonardo la definizione dei rapporti tra l'oggetto reale e la sua riduzione prospettica: «Se ti porrai la pariete vicina all'ochio uno braccio, la prima cosa che sia lontana dal tuo ochio 4 braccia diminuirà j 3/4 della sua altezza in detta pariete; E se sia lontana dall'ochio 8 braccia, diminuirà j 7/8 e se sia lontana 16 braccia diminuirà j 15/16 di sua altezza»[24].
Se quindi non è facile capire la reale costruzione utilizzata da Leonardo, è certo che egli, a un determinato punto del disegno, passa da una costruzione rigorosa a una approssimata.
Quella che ne scaturisce è una scena che, rispetto a quanto ci si attenderebbe dalla interpretazione del disegno, si compone di quattro aree in cui la griglia prospettica è tracciata con rette diagonali inclinate rispetto al piano del quadro di un angolo via via crescente (ossia circa 56°, 62° e 76°), o in una semplificazione non corretta dal punto di vista geometrico da punti di vista via via più vicini al piano del quadro. Tale espediente avrebbe permesso a Leonardo di avere a disposizione,

15/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: processing di costruzione della scala.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: processing the construction of the stairs.

su un foglio di una superficie abbastanza limitata, una griglia sufficientemente diradata sulla quale poter costruire e disporre in maniera presumibilmente agevole i vari elementi architettonici e le figure che sarebbero andate a comporre la scena. Questa costruzione approssimata comporta però che la griglia utilizzata da Leonardo non sia nella realtà a maglia quadrata, a eccezione della prima porzione 12x12 moduli, bensì a maglia rettangolare (fig. 13); di conseguenza gli elementi architettonici, in particolare quelli dell'edificio porticato con le scale posto a sinistra della scena, non sono tra di loro regolari come tutti gli studi fino a ora hanno ipotizzato, ma presentano luci delle arcate differenti, archi non a tutto sesto circolare, ma soprattutto scale dalla larghezza differente (fig. 14).
Certamente questo è dovuto anche a motivazioni pratiche legate alla specifica condizione contingente, cioè al fatto che il disegno è una preparatoria per un dipinto e sarebbe stato molto difficile determinare su quest'ultimo il punto di fuga delle linee a 45° dato che sarebbe stato collocato a oltre 6 m dal punto principale[25].
È certo comunque che oltre a queste ragioni pratiche puntuali ve ne siano state di più generali. Reputiamo la comprensione di questo punto fondamentale non solo per capire il disegno preparatorio dell'*Adorazione dei Magi*, ma tutto il discorso prospettico così come veniva interpretato nella seconda metà del XV secolo in area fiorentina e che trova, di fatto, il fondamento nella stessa teoria albertiana. Nel *De Pictura* Alberti fa capire, infatti, che il metodo di rappresentazione prospettica poteva essere dimostrato anche per via aritmetica ma «sarebbe cosa lunga, difficile e oscura in queste intersegazione di triangoli e di piramide seguire ogni cosa con la regola de' matematici. Seguiremo dicendo pure come pittore»[26]. Alberti quindi non pensa a una procedura che dovesse essere applicata sistematicamente e pedissequamente ma a un *framework* generale adattabile alle circostanze. È probabilmente da questa considerazione che Leonardo riparte, sviluppandola e portandola a fondamento di una nuova visione della prospettiva, più globale, e non solo alla soluzione del problema della digradazione.

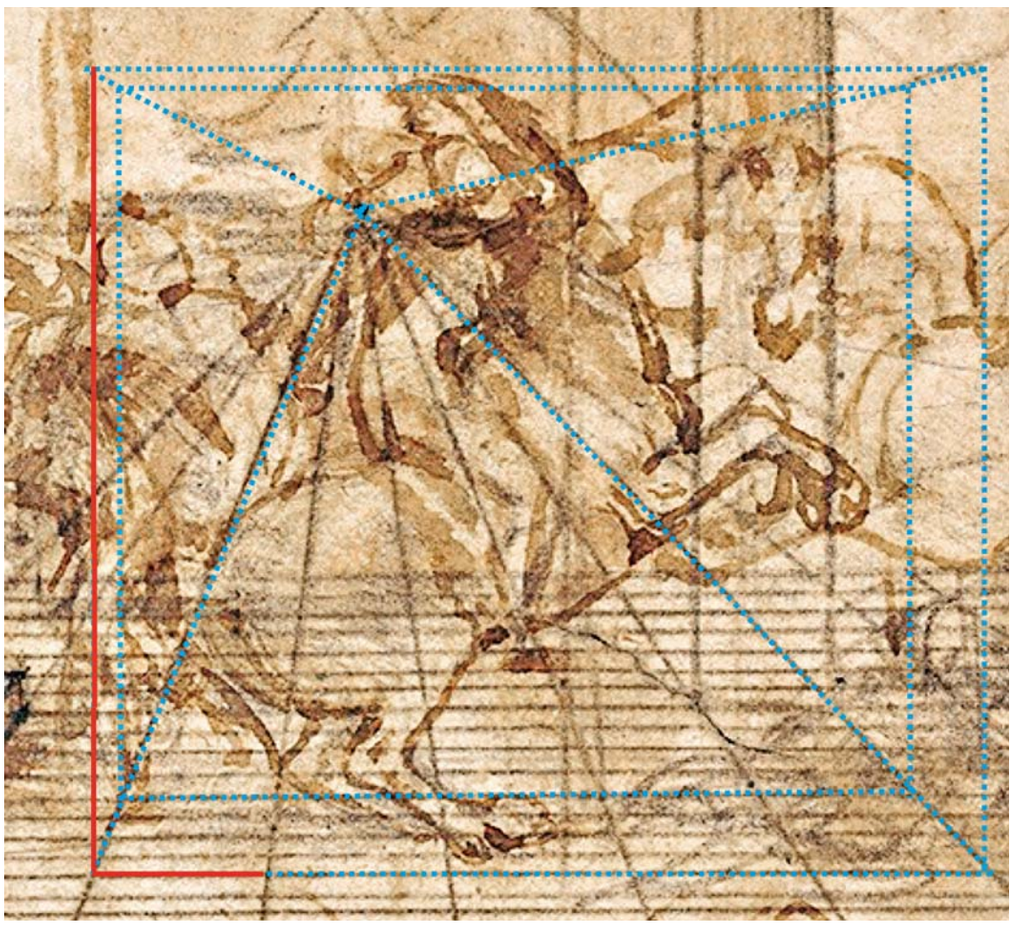


the place to insert the figure, he drew it by simply respecting the overall dimensions, while locally it was then drawn based on models studied elsewhere.
Examining the tracings showed how this procedure is very accurately applied (and executed after several rethinks) in the area of the foreground, i.e., corresponding to the first twelve parallels to the picture plane. The use of white lead required greater reassessment compared to the rest of the drawing; in fact Leonardo used it for the steps in the foreground, positioned after he used ink to consolidate them and probably once he stabilised the rest of the composition.
Vice versa, after the first twelve parallels everything becomes geometrically but not incoherently more approximate. It is there that Leonardo deems commencement of the 'perdimenti' which he brilliantly describes in a famous passage of f. 80v of Manuscript E*, also housed in the Institut de France in Paris: "the divisions of perspective are 3, as used in drawing; of these, the first includes the diminution in size of opaque objects; the second treats of the diminution and loss of outline in such opaque objects; the third, of the diminution and loss of colour at long distances".*[28]

Conclusions

In conclusion, we can say that the Studio di varie fabbriche in prospettiva *is an amazing drawing, not only due to the incredible accuracy of the signs and measurements, but also the many details that Leonardo was capable of representing on such a small sheet of paper. These traits allowed Leonardo to use a strict work method; by exploiting an axiomatic frame, i.e., perspective, as the basis for his processing and figurative method, it allowed the drawing to evolve in time and space and yield to contingent circumstances and necessities. Furthermore, Leonardo was able to develop the perspective approach illustrated in* De Pictura *by skilfully exploiting the merger between theoretical principles and practical experiences which he considered to be the cornerstone of the concept of applied 'science', an idea that later led him to use* Painting as a Science *as the title of the first chapter of his* Treatise on Painting.[29] *In particular, he*

16/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: il metodo di costruzione delle figure a forma libera con il semplice proporzionamento prospettico dell'ingombro.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: the construction method for the freehand figures using the simple perspective proportioning of the encumbrance.



exploited the grey areas of Alberti's exposition to introduce perspective as the outcome of a series of factors, coupling objective scientific factors with perceptive subjective ones rather than as the solution to a geometric problem. This embellishment with perceptive elements not only broadened the meaning of the perspective discourse by further enhancing the 'naturalness' of the system used by painters, but created a stronger link between perspective and the human eye and related scientific reasoning. Leonardo was not only responsible for making enormous progress in this field, but also opened up a new and extensive field of study and a new method of representation and painting.
In fact, in this drawing Leonardo uses a 'practical' perspective method – we do not know whether intentionally or unintentionally – thereby bestowing on the Studio di varie

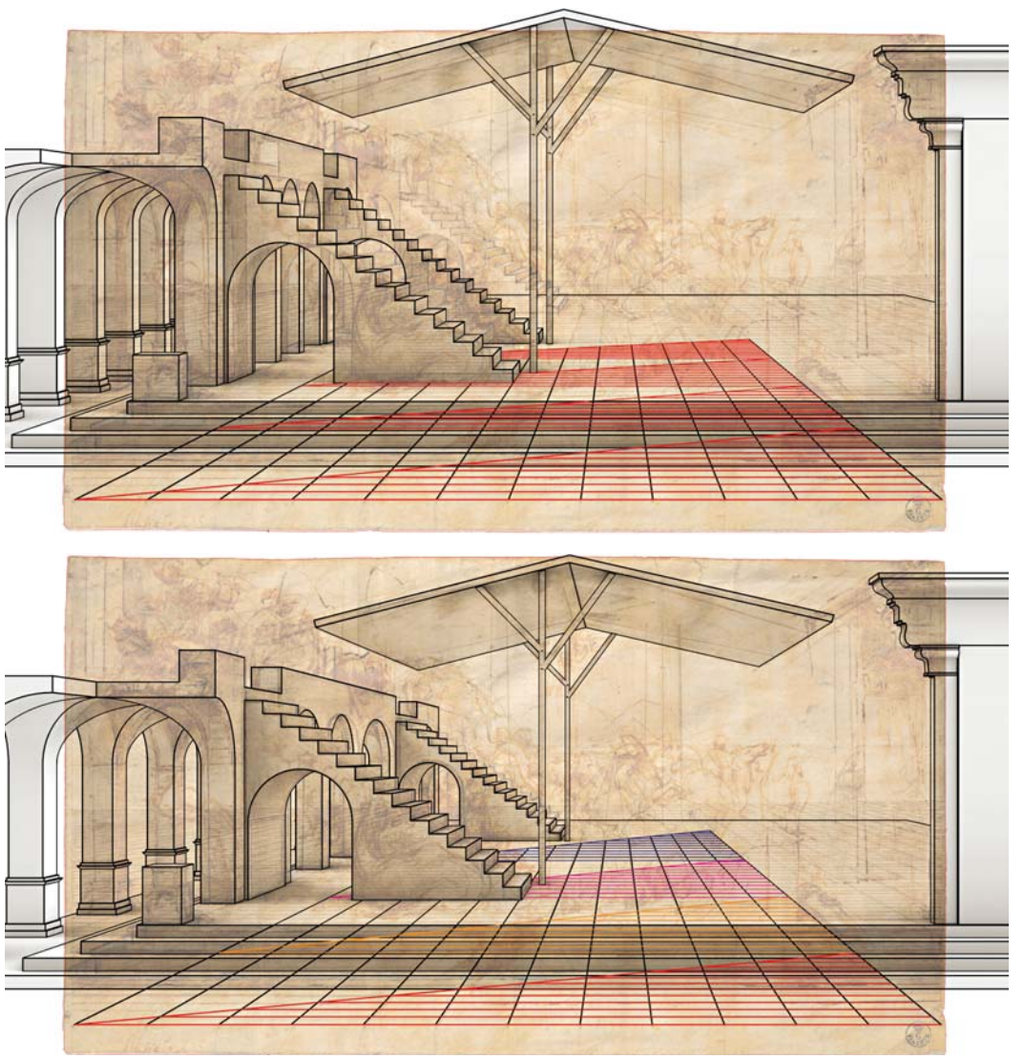
A questo proposito di estremo interesse invece è la possibilità di vedere apparire completamente il modo con cui Leonardo lavorava. Trovate le «transverse quantità», come le chiama Alberti, l'artista ha creato un grigliato modulare sul piano di terra che permette di collocare precisamente e facilmente tutti gli oggetti e le figure.
Quelli "geometrici", come gli edifici, sono costruiti semplicemente seguendo le suddivisioni in moduli in pianta e poi individuando le altezze tramite i moduli ridotti in pianta, misurati col compasso e poi riportati sulle linee verticali. Lo dimostra bene il disegno delle scale dell'edificio a sinistra nel disegno (fig. 15). Leonardo ne fissa la lunghezza in pianta (sei moduli). Poi prende l'unità di misura modulare scorciata su un qualsiasi quadrato (attendibilmente l'ultimo a sinistra per il quale ben si vedono i segni di compasso) e costruisce l'altezza. Dal punto più alto e dallo spigolo basso della scala è ricostruita poi la pendenza (si vede l'inclinata chiaramente tracciata), su cui i gradini sono successivamente ricostruiti, operando progressivamente per orizzontali e verticali (si vedono chiaramente i punti di origine dei tratti di penna).
Il grigliato è anche il supporto (una sorta di *bounding-box*) per le figure a mano libera, a punta di piombo oppure, ove consolidate, con un pennello a inchiostro (fig. 16). Leonardo, trovato l'ingombro in cui inserire la figura, la disegna rispettando semplicemente le dimensioni generali, mentre localmente questa viene poi disegnata sulla base di modelli studiati a parte.
L'osservazione dei tracciati mostra come questa procedura sia particolarmente accurata (e frutto di ripensamenti) per la parte del disegno in primo piano, cioè quello che corrisponde alle prime dodici parallele al quadro. L'uso della biacca, che comporta un livello di ripensamento superiore a quello del resto del disegno, è infatti riservato ai gradini in primo piano che vengono ricollocati anche dopo essere stati consolidati a inchiostro, probabilmente una volta stabilizzata il resto della composizione.
Viceversa, dopo le prime dodici parallele tutto diventa geometricamente più approssimato, ma non incoerentemente. È quindi lì che Leonardo reputa inizino i "perdimenti" che così ben descrive in un celebre passo del f. 80v del *Manoscritto E,* anch'esso conservato all'Institut de France a Parigi: «3 sono le parti della prospettiva di che si serve la pittura, delle quali la prima s'astende alla diminuzione delle quantità de' corpi oppachi; la seconda è delle diminuizioni e perdimenti delli termini d'essi corpi oppachi; la terza è della diminuizione e perdimenti de' colori in lunga distanzia»[27].

Conclusioni

In sintesi, si può affermare come lo *Studio di varie fabbriche in prospettiva* sia un disegno che colpisce immediatamente per la straordinaria precisione del segno e delle misure, nonché per la ricchezza di particolari che

17/ Studio di varie fabbriche in prospettiva, visto attraverso ISLe: sovrapposizione con la scena degli elementi architettonici (a) restituiti mediante l'utilizzo della prospettiva rigorosa, (b) mediante l'utilizzo della prospettiva "pratica" o semplificata.
Studio di varie fabbriche in prospettiva, visualised using ISLe: superimposition of the scene of the architectural elements (a) using strict perspective, (b) and using 'practical' or simplified perspective.

Leonardo è stato in grado di rappresentare in un foglio di così piccole dimensioni. Questi caratteri hanno permesso a Leonardo un rigoroso metodo di lavoro che, sfruttando un'intelaiatura assiomatica di base nel *processing* e nel metodo figurativo, cioè la prospettiva, risulta capace di permettere l'evoluzione del disegno nel tempo e nello spazio e di piegarsi alle circostanze e alla necessità del momento.
Inoltre, ripartendo dall'impostazione della prospettiva proposta nel *De Pictura*, Leonardo è riuscito a farla evolvere sfruttando abilmente la convivenza tra principi teorici e esperienze pratiche, che per lui era il fondamento del concetto stesso di "scienza" applicata e che lo ha condotto, più tardi, a intitolare *Se la pittura è scienzia o no* il primo capitolo del *Libro di Pittura*[28]. In particolare, ha sfruttato le aree grigie dell'esposizione albertiana per introdurre una prospettiva non più semplicemente soluzione di un problema geometrico, ma frutto di un insieme di fattori in cui a quelli oggettivi scientifici si affiancano quelli soggettivi percettivi. Questo arricchimento tramite elementi percettivi non solo ha ampliato l'accezione del discorso prospettico, giacché ha migliorato ulteriormente la "naturalezza" del sistema dei pittori, ma ha legato maggiormente la prospettiva all'ottica



fabbriche in prospettiva *a certain depth and greater perspective dilation compared to the one he would have obtained if he had adopted the rules as specified (fig. 17). As he himself writes in the* Treatise on Painting**:** *"Perspective, as bearing on painting, is divided into three principal sections, of which the first treats of the diminution in size of bodies at different distances; the second is that which treats of the diminution in colour in these objects; the third [deals] with the diminished distinctness of the forms and outlines displayed by objects at various distances".*[30]

** The authors would like to extend their sincere thanks to Eike D. Schmidt, Laura Donati and Roberto Palermo (Uffizi Gallery of Florence), Roberta Barsanti (Museo Leonardiano di Vinci) and Marco Bozzola (Relio2).*

** Studio di varie fabbriche in prospettiva *is the Italian title for the drawing as per specifications of the Uffizi Gallery. Up to now it has been known the world over as* The Perspective Study for the Background of the Adoration of the Magi.

1. *Camerota 2015, p. 39.*

2. *Leonardo da Vinci,* Manoscritto A, *212x146 mm, c. 1492, Paris, Institut de France, f. 3r. <https://www.leonardodigitale.com/sfoglia/manoscritto-a-dell-institut-de-france/0003-r/> [April 2020].*

3. *Kemp 1994, p. 31.*

4. *Piero della Francesca 1475.*

5. *Cfr. Migliari 2017.*

6. *Cfr., for example the chapter* Le regole del disegno: Piero della Francesca, *in Camerota 2006a, pp. 87-97.*

7. Kemp 1994, p. 38.

8. *Vasari 1550-1568, vol. 3, p. 257.*

9. *Leonardo da Vinci,* Studio di varie fabbriche in prospettiva, *c. 1481, pen and Gallic acid ink, pen and diluted Gallic acid ink, traces of a metal point, partially oxidised white lead heightening (basic lead carbonate), stylus and compass on paper, 164x290 mm, Florence, Dept. of Prints and Drawings, Uffizi Gallery (GDSU), inv. 436E (publication of the drawing by kind concession of the Ministry of Cultural Heritage,*

umana e al ragionamento scientifico a essa relato. Leonardo così non solo compie uno straordinario progresso, ma apre un nuovo e ricco campo di studi e un nuovo modo di rappresentare e fare pittura.
In questo disegno, infatti, Leonardo ha restituito allo *Studio di varie fabbriche* – non sappiamo quanto consapevolmente o meno, attraverso l'impiego di un metodo prospettico "pratico" – una particolare profondità e una dilatazione prospettica maggiore rispetto a quella che la costruzione rigorosa avrebbe prodotto (fig. 17). Come egli stesso scrive, sempre nel *Libro di Pittura*: «La prospettiva, la quale si estende nella pittura, si divide in tre parti principali, delle quali la prima è della diminuzione che fanno le quantità de' corpi in diverse distanze; la seconda parte è quella che tratta della diminuzione de' colori di tali corpi; la terza è quella che diminuisce la notizia delle figure e de' termini che hanno essi corpi in varie distanze»[29].

* Gli autori porgono un sentito ringraziamento a Eike D. Schmidt, Laura Donati e Roberto Palermo delle Gallerie degli Uffizi di Firenze, a Roberta Barsanti del Museo Leonardiano di Vinci e a Marco Bozzola di Relio[2].

1. Camerota 2015, p. 39.

2. Leonardo da Vinci, *Manoscritto A*, 212x146 mm, 1492 circa, Parigi, Institut de France, f. 3r. <https://www.leonardodigitale.com/sfoglia/manoscritto-a-dell-institut-de-france/0003-r/> [aprile 2020].

3. Kemp 1994, p. 31.

4. Piero della Francesca 1475.

5. Cfr. Migliari 2017.

6. Cfr. ad esempio il capitolo *Le regole del disegno: Piero della Francesca*, in Camerota 2006a, pp. 87-97.

7. Kemp 1994, p. 38

8. Vasari 1550-1568, vol. 3, p. 257.

9. Leonardo da Vinci, *Studio di varie fabbriche in prospettiva* (studio prospettico per l'*Adorazione dei Magi),* 1481 circa, penna e inchiostro ferrogallico, pennello e inchiostro ferrogallico diluito, tracce di punta metallica, lumeggiature a biacca (carbonato basico di piombo) parzialmente ossidata, stilo e compasso su carta, 164x290 mm, Firenze, Gabinetto dei Disegni e delle Stampe degli Uffizi, Inv. GDSU n. 436 E (il disegno è pubblicato su concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e per il Turismo con espresso divieto di ulteriori riproduzioni o duplicazioni con ogni mezzo). Per lo studio della prospettiva su questo disegno degli Uffizi si veda Camerota 2006b; Camerota 2006c.

10. Bellucci, Castelli, Ciatti, Frosinini, Riitano, Santacesaria 2017, pp. 34-73.

11. Leonardo da Vinci, *Studio preparatorio per l'Adorazione dei Magi*, 1481, punta secca, penna e inchiostro bruno su carta, 28,4x21,3 cm, Parigi, Museè du Louvre, Dèpartement des Arts Graphiques, n. R.F. 1978.

12. Lo studio prospettico per l'*Adorazione dei Magi* è certamente tra i più studiati di Leonardo e presenta una bibliografia rilevante. Riteniamo tuttavia che i migliori contributi siano quelli contenuti nel volume curato da Filippo Camerota nel 2006 (Camerota 2006), cui faremo costante riferimento per le nostre note.

13. Su ISLe cfr. Apollonio, Clini, Gaiani, Perissa Torrini 2015; Gaiani, Apollonio, Bacci, Ballabeni, Bozzola, Foschi, Garagnani, Palermo 2019; Apollonio, Bacci, Ballabeni, Foschi, Gaiani, Garagnani 2019.

14. Cfr. nota 2.

15. Bellucci 2017.

16. Isaia 60, 4-7. Su questo punto cfr. Natali 2016.

17. Seracini 2006, p. 46.

18. Alberti indica per prima cosa un'unità di misura proporzionale al braccio fiorentino, ossia alla terza parte dell'altezza di un uomo che convenzionalmente misurava «quasi braccia tre», e con questo modulo di "un braccio" divideva la base del dipinto in parti uguali; Alberti 1436, lib. I, cap. 19, p. 23.

19. Alberti 1436. lib. I, cap. 20, p. 25.

20. Kemp 2006, p. 50.

21. Alberti 1436, lib. I, cap. 20, p. 38.

22. Camerota 2006c, p. 152.

23. Leonardo da Vinci, *Manoscritto A* (cit. nota 2), f. 8v., *Della diminuzione delle cose per varie distanzie*. <https://www.leonardodigitale.com/sfoglia/manoscritto-a-dell-institut-de-france/0008-v/> [aprile 2020].

Activities and Tourism. The drawing is not to be reproduced or duplicated in any form or format). For a study of the perspective in this drawing, see Camerota 2006b; Camerota 2006c.

10. *Bellucci, Castelli, Ciatti, Frosinini, Riitano, Santacesaria 2017, pp. 34-73.*

11. *Leonardo da Vinci,* Studio preparatorio per l'Adorazione dei Magi, *1481, drypoint, pen and brown ink on paper, 28.4x21.3 cm, Paris, Museè du Louvre, Dèpartement des Arts Graphiques, n. R.F. 1978.*

12. *The perspective study for the* Adoration of the Magi *is undoubtedly one of Leonardo's most studied drawings and has an extensive bibliography. However we believe that the best contributions are the ones published in the book edited by Filippo Camerota in 2006 (Camerota 2006), to which we refer repeatedly in our notes.*

13. *In ISLe cfr. Apollonio, Clini, Gaiani, Perissa Torrini 2015; Gaiani, Apollonio, Bacci, Ballabeni, Bozzola, Foschi, Garagnani, Palermo 2019; Apollonio, Bacci, Ballabeni, Foschi, Gaiani, Garagnani 2019.*

14. *Cfr. note 2.*

15. *Bellucci 2017.*

16. *Isaia 60, 4-7. On this issue, cfr. Natali 2016.*

17. *Seracini 2006, p. 46.*

18. *The first thing Alberti indicates is the unit of measure proportional to the Florentine braccio, i.e., the third part of the height of a man who conventionally measured "almost three braccia"; he used this module of 'a braccio' to divide the base of the drawing into equal parts; Alberti 1436, book I, chap. 19, p. 23.*

19. *Alberti 1436, book I, chap. 20, p. 25.*

20. *Kemp 2006, p. 50.*

21. *Alberti 1436, book I, chap. 20, p. 38.*

22. *Camerota 2006c, p. 152.*

23. *Leonardo da Vinci,* Manoscritto A *(cit. note 2), f. 8v.,* Della diminuzione delle cose per varie distanzie. *<https://www.leonardodigitale.com/sfoglia/manoscritto-a-dell-institut-de-france/0008-v/> [April 2020].*

24. Ibid., De gradi del diminuire.

25. *Bellucci, Castelli, Ciatti, Frosinini, Riitano, Santacesaria 2017, p. 51.*

26. *Alberti 1436, book. I, chap. 16, p. 32.*

24. *Ibid*., *De gradi del diminuire*.

25. Bellucci, Castelli, Ciatti, Frosinini, Riitano, Santacesaria 2017, p. 51.

26. Alberti 1436, lib. I, cap. 16, p. 32.

27. Leonardo da Vinci, *Manoscritto* E, 145x100 mm, 1513-1514, Parigi, Institut de France, f. 80v., *De pittura e prespettiva*. <https://www.leonardodigitale.com/sfoglia/manoscritto-e-dell-institut-de-france/0080-v/> [aprile 2020].

28. Leonardo da Vinci 1540 (circa).

29. *Ibid*., vol. II, parte III, n. 479. *Discorso di pittura*.

27. *Leonardo da Vinci,* Manuscript E, *145x100 mm, 1513-1514, Paris, Institut de France, f. 80v., De pittura e prespettiva. <https://www.leonardodigitale.com/sfoglia/manoscritto-e-dell-institut-de-france/0080-v/> [April 2020].*

28. *Leonardo da Vinci, 1540 (c.).*

29. Ibid, *vol. II, part III, n. 479.* Discorso di pittura.

References

- Alberti Leon Battista. 1436. *De Pictura*. Ried. in Cecil Grayson (a cura di). *Opere volgari*. 3 voll. Roma-Bari: Laterza, 1980.
- Apollonio Fabrizio Ivan, Clini Paolo, Gaiani Marco, Perissa Torrini Annalisa. 2015. La terza dimensione dell'Uomo vitruviano di Leonardo. *Disegnare. Idee Immagini*, 50, 2015, pp. 48-59. ISBN: 978-88-4922-248-7.
- Apollonio Fabrizio Ivan, Bacci Giovanni, Ballabeni Andrea, Foschi Riccardo, Gaiani Marco, Garagnani Simone. 2019. InSight Leonardo - ISLE. In Pietro Cesare Marani (a cura di). *Leonardo, anatomia dei disegni*. Catalogo della mostra. Bologna: Sistema Museale di Ateneo Università di Bologna, 2019, pp. 31-45. ISBN: 978-88-943184-2-5.
- Bellucci Roberto. 2017. L'Adorazione dei Magi e i tempi di Leonardo. In Marco Ciatti, Cecilia Frosinini (a cura di). *Il restauro dell'Adorazione dei Magi di Leonardo. La riscoperta di un capolavoro*. Firenze: Edifir, 2017, pp. 63-108. ISBN: 978-88-7970-839-5.
- Bellucci Roberto, Castelli Ciro, Ciatti Marco, Frosinini Cecilia, Riitano Patrizia, Santacesaria Andrea. 2017. L'Adorazione dei Magi di Leonardo da Vinci. Il restauro di un dipinto non finito. In Eike D. Schmidt, Marco Ciatti, Daniela Parenti (a cura di). *Il cosmo magico di Leonardo da Vinci. L'Adorazione dei Magi restaurata*. Firenze: Giunti, 2017, pp. 35-73. ISBN: 978-88-0985-697-4.
- Camerota Filippo (a cura di). 2006. *Leonardo da Vinci. Studio per l'Adorazione dei Magi.* Roma: Argos, 2006. 196 p. ISBN: 978-88-8869-007-0.
- Camerota Filippo. 2006a. *La prospettiva del Rinascimento. Arte, architettura, scienza*. Milano: Mondadori Electa, 2006. 364 p. ISBN: 88-37021194.
- Camerota Filippo. 2006b. La costruzione prospettica. In Paolo Galluzzi (a cura di). *La mente di Leonardo nel laboratorio del Genio Universale*. Catalogo della mostra. Firenze: Giunti, 2006, pp. 91-93. ISBN: 978-88-0904-835-5.
- Camerota Filippo. 2006c. Lo studio prospettico. In Camerota 2006, pp. 108-179.
- Camerota Filippo. 2015. Le regole del disegno prospettico. In Filippo Camerota, Francesco Paolo Di Teodoro, Luigi Grasselli (a cura di). *Piero della Francesca*. Milano: Skira, 2015, pp. 39-51. ISBN: 978-88-5722-577-7.
- Casoli Cristina. 2015. Scenario architettonico e rissa di cavalieri. Scheda. In Pietro Cesare Marani, Maria Teresa Fiorio (a cura di). *Leonardo. Il disegno del mondo*. Catalogo della mostra. Milano: Skira, 2015, p. 521. ISBN: 978-88-5722-713-9.
- Chapman Hugo. 2010. Scenario architettonico e rissa di cavalieri. Scheda. In Marzia Faietti, Hugo Chapman. *Fra Angelico to Leonardo: Italian Renaissance Drawings.* Catalogo della mostra. Farnham: Lund Humphries Pub Ltd, 2010, pp. 210-211. ISBN: 978-18-4822-058-4.
- Dalli Regoli Gigetta. 2006. Scenario architettonico e rissa di cavalieri. Scheda. In Paolo Galluzzi (a cura di). *La mente di Leonardo nel laboratorio del Genio Universale*. Catalogo della mostra. Firenze: Giunti, 2006, pp. 89-90. ISBN: 978-88-0904-835-5.
- Gaiani Marco, Apollonio Fabrizio Ivan, Bacci Giovanni, Ballabeni Andrea, Bozzola Marco, Foschi Riccardo, Garagnani Simone, Palermo Roberto, Vedere dentro i disegni. Un sistema per analizzare, conservare, comprendere, comunicare i disegni di Leonardo. In Roberta Barsanti (a cura di). *Leonardo a Vinci. Alle origini del genio.* Firenze: Giunti Editore, 2019, pp. 207-240. ISBN: 978-88-0988-525-7.
- Kemp Martin. 1994. *La scienza dell'arte. Prospettiva e percezione visiva da Brunelleschi a Seurat*. Firenze: Giunti, 1994. 422 p. ISBN: 978-88-0904-452-4.
- Kemp Martin. 2006. *Leonardo da Vinci - The Marvellous Works of Nature and Man.* New York: Oxford University Press, 2006. 416 p. ISBN: 978-01-9280-725-0.
- Leonardo da Vinci. 1540 (circa). *Libro di pittura*. Scritto da Francesco Melzi, 204×150 mm. Manoscritto Urb. Lat. 1270, Biblioteca Apostolica Vaticana, Città del Vaticano.
- Migliari Riccardo. 2017. Una figura mancante: la descrizione della legge di digradazione delle grandezze apparenti. In Riccardo Migliari, Leonardo Baglioni, Federico Fallavollita, Marco Fasolo, Matteo Flavio Mancini, Jessica Romor, Marta Salvatore. *Piero della Francesca*, Edizione nazionale del *De Prospectiva Pingendi*. Edizione critica del codice 616 Bibliothèque Municipale, Bordeaux. Volume III.B, Disegni. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 2017, pp. XIII-XXVI. ISBN: 978-88-240-2760-1.
- Natali Antonio. 2016. La guerra, il tempio, il virgulto: una trama per l'"Adorazione dei Magi". In Pietro Cesare Marani, Rodolfo Maffeis (a cura di). *Leonardo da Vinci. Metodi e tecniche per la costruzione della conoscenza*. Atti del Convegno. Milano: Nomos Edizioni, 2016, pp. 77-80. ISBN: 978-88-9824-972-5.
- Piero della Francesca. 1475 (circa). *De Prospectiva Pingendi*. Manoscritto Cod. Parmense 1576 Biblioteca Palatina, Parma.
- Seracini Maurizio. 2006. Oltre il Visibile. In Camerota 2006, pp. 32-107.
- Vasari Giorgio. 1550-1568. *Le Vite de' più eccellenti pittori, scultori ed architettori, nelle redazioni affrontate del 1550 e 1568*. A cura di Rosanna Bettarini, Paola Barocchi. 6 voll. Firenze: S.P.E.S, 1966-1987.

Manuela Incerti, Stefano Giannetti

La cupola di Galla Placidia e il suo cielo stellato: geometrie, modelli e tracciamenti

The dome of Galla Placidia and its starred sky: geometries, models and tracings

The Mausoleum of Galla Placidia, a small sacred construction in Ravenna built in the first quarter of the fifth century B.C.E., is one of the Italian assets in the list of World Heritage Sites. The authors use a three-dimensional metric and material survey and digital graphic tools to study a model of the mausoleum and experiment with the possibility of formulating new interpretative hypotheses which until recently were unworkable. The authors' analysis of the building combines representation tools with a study of the history of geometry and astronomy to identify what contemporary knowledge was available to the builders of the dome and its remarkable starred sky.

Keywords: architectural survey, history of drawing, history of architecture, history of perspective, vaulted surfaces, domes, astronomy.

The small Latin cross plan building known as the mausoleum of Galla Placidia (c. 390-450) was very possibly one of the two chapels built at the north and south ends of the narthex of the Basilica of the Holy Cross in Ravenna (417-c. 425)[1]; however due to work performed in previous centuries the building, with a small dome above the intersection of the barrel vaulted transepts, now stands alone.
The morphology of the central roof and layout of the starred sky were analysed based on the results of new integrated surveys performed in 2017 (figs. 1, 2, 3). The analysis not only highlighted the complexity of the surface, but also ascertained that the stars in the same circle are not all positioned on horizontal planes but instead arranged in progressively 'festooned' patterns.[2]

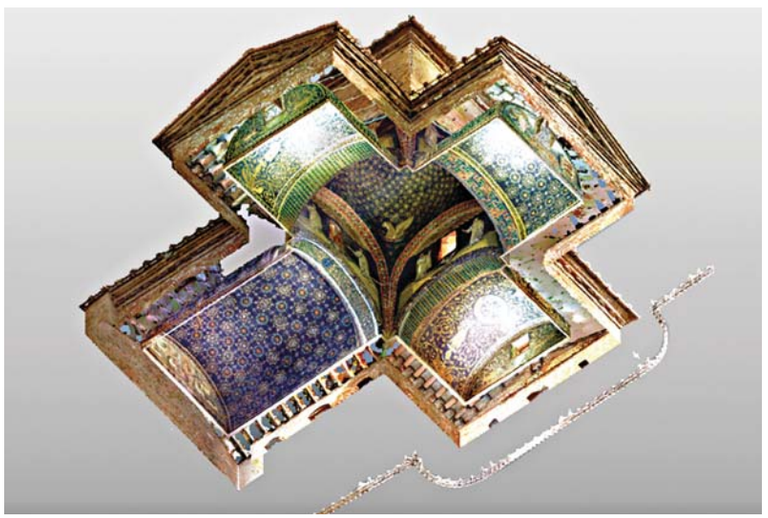
Il Mausoleo di Galla Placidia, piccolo edificio sacro ravennate edificato nel primo quarto del V secolo d.C., è uno dei beni italiani inclusi nella lista dei beni Patrimonio dell'Umanità. A partire dal rilievo metrico e materico tridimensionale, gli autori si sono proposti di interrogare il modello con gli strumenti della grafica digitale, sperimentando così la possibilità di formulare nuove ipotesi interpretative non percorribili sino a qualche tempo fa. Sincronicamente all'attività di analisi mediante gli strumenti della rappresentazione sono state ricercate nella storia della geometria e dell'astronomia le conoscenze utili alla realizzazione della cupola e del suo straordinario cielo stellato.

Parole chiave: rilievo dell'architettura, storia del disegno, storia dell'architettura, storia della prospettiva, superfici voltate, cupole, astronomia.

Il piccolo edificio con pianta a croce latina noto come mausoleo di Galla Placidia (390 circa-450) era molto probabilmente uno dei due sacelli posti alle estremità nord e sud del nartece della basilica ravennate di Santa Croce (417-425 circa)[1]; oggi è però da questa isolata a seguito di interventi eseguiti nei secoli scorsi. La costruzione si presenta con bracci voltati a botte e all'incrocio di questi una piccola cupola, oggetto del presente contributo.
A partire dagli esiti dei nuovi rilievi integrati eseguiti nel 2017 (figg. 1, 2, 3) sono state condotte delle analisi sulla morfologia della copertura centrale e sulla distribuzione del cielo stellato grazie alle quali è stato possibile evidenziare non solo la complessità della superficie, ma anche che le stelle appartenenti a uno stesso giro non giacciono tutte su piani orizzontali bensì presentano andamenti progressivamente "festonati"[2].
Negli studi precedenti condotti dagli stessi autori si è osservato che questo andamento deriva dall'intersezione di una serie di coni aventi lo stesso vertice che risulta posizionato in un punto notevole rispetto alla geometria della volta. Da questa osservazione in particolare si è dedotto che la distribuzione delle stelle sulla superficie della volta è stata condotta attraverso la proiezione centrale di una serie di anelli concentrici. L'evidenza di questa ipotesi risiede nella prospettiva della cupola realizzata dal vertice dei coni sopra descritti (fig. 4): da questo punto le stelle appaiono disposte lungo circonferenze concentriche. Il presente contributo, a partire da queste prime osservazioni, propone alcuni ulteriori approfondimenti.

Il cielo stellato della cupola e le ragioni della sua disposizione

La cupola di Galla Placidia e il suo motivo decorativo testimoniano l'eccezionale perizia tecnico-geometrica degli antichi costruttori e delle maestranze artistiche. In particolare il cielo stellato[3], noto in tutto il mondo per la sua straordinaria capacità di coinvolgere ed emozionare profondamente l'osservatore,



1/ *Pagina precedente.* Rilievo architettonico (scanner Faro Focus 330), 23 stazioni registrate con l'aiuto di target sferici (rilievo ed elaborazione dati: Manuela Incerti).
Previous page. *Architectural survey (scanner Faro Focus 330), 23 stations recorded using spherical targets (survey and data processing: Manuela Incerti).*
2/ In alto: texture delle superfici ricostruite mediante fotogrammetria digitale (rilievo ed elaborazione dati: Manuela Incerti). In basso: sovrapposizione tra la nuvola di punti e l'ortofoto elaborata con Photoscan, Agisoft.

Top: texture of the surfaces reconstructed using digital photogrammetry (survey and data processing: Manuela Incerti). Bottom: superimposition of the points cloud and the orthophoto created using Photoscan, Agisoft.

è composto da 567 stelle a otto punte (figg. 5, 6) le cui dimensioni si riducono dall'imposta alla chiave, espediente figurativo utile ad amplificare percettivamente l'effetto prospettico, cioè a far sembrare più alto lo spazio.

Da un confronto con i riferimenti iconografici coevi e del secolo seguente[4] emergono immediatamente le caratteristiche di unicità e di innovazione di questa distribuzione. Gli autori della celebre volta stellata del piccolo

Previous studies revealed that the pattern is based on the intersection of a series of cones with the same vertex placed at an important point of the geometry of the vault. This observation led to the conclusion that the layout of the stars on the surface of the vault is determined by centrally projecting a series of concentric rings. Proof comes in the form of the perspective of the dome taken from the vertex of the aforementioned cones (fig. 4): from here the stars appear to be arranged along concentric circumferences. Based on these initial observations, this contribution proposes further considerations.

The starred sky on the dome and the reasons for its layout

The dome and decorative motif in Galla Placidia bear witness to the exceptional technical and geometric skills of ancient builders and artistic craftsmen. In particular the starred sky[3] with its 567 eight-point stars (figs. 5, 6) is known the world over for its extraordinary ability to trigger profound emotional involvement in any onlooker. The fact the size of the stars decreases gradually from the impost to the keystone is a figurative expedient to perceptively amplify the perspective effect, i.e., to make the space seem deeper.
A comparison with contemporary iconographic references, and references dating to the following century,[4] immediately revealed the unique, innovative characteristics of this layout. The designers of the famous starred vault of the mausoleum challenged themselves to create what at first glance appears to be a regular, seamless geometric design, perceptively similar to a rib vault. To achieve this they decorated the whole surface of the vault with stars, right down to the joints (similar to pendentives). As we will see, the design is based on their knowledge and implementation of very strict geometric and projective rules, probably applied using astronomical instruments.

The table of the chords and the *triquetrum*

The term 'trigonometry' was coined in 1595 by the German mathematician Barthlomeus Pitiscus; we know the discipline was developed to measure the position of celestial bodies, i.e., using astronomy. The first book of Ptolemy's Almagest *(c. 100 - post 170) contains the oldest surviving table of chords; it illustrates the relationship between the angle at the centre*

3/ Viste ortogonali della pavimentazione e della cupola (Gaia Lavoratti; cfr. Incerti, Lavoratti, D'Amico, Giannetti 2018, p. 467).
Orthogonal views of the floor and dome (Gaia Lavoratti; cfr. Incerti, Lavoratti, D'Amico, Giannetti 2018, p. 467).
4/ Vista dal centro di proiezione (vertice dei coni). A verifica del rigore geometrico sono stati tracciati sull'immagine alcune circonferenze (rosso) e 3 archi di circonferenza (giallo): questi ultimi, data la variazione non regolare del numero delle stelle, non possono essere relazionati a lossodromiche.

View of the centre of projection (vertex of the cones). Several circumferences (red) and three circumference arcs (yellow) were drawn on the image to verify geometric accuracy: given the irregular variation of the number of stars, the arcs cannot be considered rhumb lines.

*of a circumference and the relative chord (*Almagest*, book I, chaps. X and XI). Based on the unitary value of the angle (1°) obtained by dividing the turn into 360 parts, Ptolemy used a circle with a radius equal to 60 units (called parts) and the angle at its centre to quantify the length of the corresponding chord. Note that the chord of a 180° arc measures 120 parts, i.e., the length of the entire diameter, while the chord of a 60° arc is 60 parts (side of an inscribed regular hexagon).*

mausoleo si posero l'ardito obiettivo di creare quello che a un primo sguardo appare come un disegno geometricamente regolare e continuo, percettivamente simile a una volta a vela, decorando con stelle l'intera superficie sino alle superfici di raccordo (simili a pennacchi). Tale realizzazione, come vedremo, fu necessariamente supportata da conoscenze geometriche e proiettive molto rigorose, la cui applicazione fu probabilmente possibile anche grazie a strumenti di tipo astronomico.

La tavola delle corde e il triquetrum

È noto che la nascita della disciplina oggi chiamata "trigonometria" (termine coniato dal matematico tedesco Bartholomeo Pitiscus nel 1595) ebbe origine dalla necessità di misurare la posizione dei corpi celesti, cioè con l'astronomia. La più antica tavola delle corde giunta a noi è contenuta nel primo libro dell'*Almagesto* di Tolomeo (100 circa - post 170) e fornisce la relazione tra l'angolo al centro di una circonferenza e la relativa corda sottesa (*Almagesto*, libro I, cap. X e XI). A partire dal valore unitario angolare (1°) ottenuto dalla suddivisione in 360 parti dell'angolo giro, Tolomeo utilizza un cerchio di raggio pari a 60 unità (dette "parti") e l'angolo al centro per quantificare la lunghezza della corda corrispondente. È immediato notare che la corda di un arco di 180° misura 120 parti, cioè la dimensione dell'intero diametro, mentre la corda di un arco di 60° è 60 parti (lato dell'esagono regolare inscritto). La tavola dell'*Almagesto*, *Tabula prima chordarum arcuum medietate et medietate partis superfluentium* (libro I, cap. XI), elenca il valore delle corde comprese tra il mezzo grado e i 180°, con un passo di 30', per un totale di 360 lunghezze espresse in *partes, minuta, seconda*. Il sistema frazionario è su base 60, cioè 60 minuti sono uguali a 1 parte e 60 secondi sono uguali a 1 minuto; per eseguire il calcolo Tolomeo utilizza un teorema da lui stesso formulato, basato sulle proprietà di un quadrilatero convesso inscritto in un cerchio[5]. Il sistema di misure messo a punto era indiscutibilmente molto accurato: considerando un cerchio di raggio 6 piedi romani (1,7736 m), il valore di 1 minuto (1/60 di 1 parte) era pari a 0,0005 mm, dimensione davvero improponibile nell'ambito edilizio.

La tavola delle corde fu il presupposto per la realizzazione del *triquetrum* (fig. 7), lo strumento astronomico ideato sempre da Tolomeo (*Almagesto*, libro V, cap. 12), costituito da due regoli di sezione rettangolare lunghi intorno ai 4 cubiti (circa 2 m) incernierati all'estremità superiore. Mentre il primo (*ab*) è fisso in posizione verticale ed è graduato, il secondo (*ad*) della medesima lunghezza è libero di ruotare ed è dotato di due piastre parallele forate in modo da poter traguardare l'astro lunare[6]. Un terzo regolo graduato (*be*) è imperniato all'e-

5/ Vista della cupola: ogni stella presenta un nucleo dorato circolare da cui partono otto raggi con profilo curvilineo.
View of the dome: every star has a circular golden nucleus from which eight curvilinear rays depart.

6/ L'intera superficie della cupola è ricoperta di stelle sino alle superfici di raccordo (simili a pennacchi).
The entire surface of the dome is covered in stars down to the connecting surfaces (similar to pendentives).

stremità inferiore dell'asta verticale ed è utilizzato per definire la lunghezza della corda e, dunque, la dimensione dell'angolo sotteso, cioè l'angolo compreso tra i primi due regoli.
Collocato secondo il piano meridiano (*fg*), questo strumento era in grado di misurare, attraverso l'uso delle due mire e della terza asta graduata, l'angolo zenitale di un corpo celeste passante per il meridiano locale (*bâd*). La suddivisione delle aste graduate era in 60 parti e relativi sottomultipli possibili («in quante suddivisioni abbiamo potuto»); tale scelta consentiva di determinare facilmente un angolo attraverso lunghezze indicate nella tavola delle corde, e questo indipendentemente dall'unità di misura utilizzata.

Gli angoli e i ricorsi di stelle

Dopo aver individuato il principio geometrico utilizzato per il tracciamento delle curve "festonate"[7], come descritto nel paragrafo introduttivo del presente testo, attraverso una serie reiterata di tentativi è stato possibile determinare la regola di variazione dell'angolo della generatrice del cono rispetto alla verticale. L'intersezione tra la *mesh* della cupola (ottenuta dalla nuvola di punti comprensiva del dato colore) e le superfici di un fascio di coni con angolo al vertice (apertura) di valore "tondo"[8] restituisce sorprendentemente proprio l'andamento dei giri delle stelle.
Come si può valutare dalle immagini (figg. 8, 9), con buona approssimazione, si tratta di un "passo" piuttosto regolare basato sull'incremento progressivo di soli tre valori angolari, cioè 2°, 2,5° e 3° (si veda la colonna 3 della Tabella 1). Dalla Tabella 1 si deduce inoltre che, escludendo i primi quattro giri di stelle a causa delle evidenti interferenze con la croce latina, è palese come la capacità di variare l'incremento angolare tra un cono e il successivo in modo opportuno abbia consentito di creare delle sequenze di "giri" in cui il rapporto tra la lunghezza della curva e il numero di stelle in essa contenute aumenta progressivamente. Si passa cioè da giri di stelle ripartite secondo una distanza di 21-23 cm circa (dal quinto al settimo giro), a giri con distanza

The table in the Almagest, Tabula prima chordarum arcuum medietate et medietate partis superfluentium *(book I, chap. XI), lists the value of the chords between a half of a degree and 180°, with a 30' pitch angle, creating a total of 360 lengths expressed in* partes, minuta *and* seconda. *The fraction system is based on the number 60, i.e., 60 minutes are equal to 1 part and 60 seconds are equal to 1 minute. To make the calculation Ptolemy used a theorem he himself formulated based on the properties of a convex quadrilateral inscribed in a circle.*[5] *His measurement system was undeniably very accurate: for a circle with a radius of 6 Roman feet (1.7736 m), the value of 1 minute (1/60 of 1 part) is equal to 0.0005 mm, a measurement completely impractible in the building sector. The table of chords was the premise to create the* triquetum *(fig. 7), an astronomical instrument also developed by Ptolemy (*Almagest*, book V, chap. XII) using two rectangular rods approximately 4 cubits long (roughly 2 m) and hinged at the upper end. Both rods are equal in length, but while the first notched rod* (ab)

7/ Triquetrum (Finaeus Orontius, Orontii Finaei Quadratura circuli, tandem inuenta & clarissimè demonstrata. Lutetiae Parisiorum: apud Simonem Colinaeum, 1544, p. 84).
Triquetrum (Finaeus Orontius, Orontii Finaei Quadratura circuli, tandem inuenta & clarissimè demonstrata. Lutetiae Parisiorum: apud Simonem Colinaeum, 1544, p. 84).

Tabella 1. Misure relative ai ricorsi di stelle.
Table 1. Measurements of the circles of stars.
Tabella 2. Valore in metri delle partizioni delle aste graduate (parti) e relativi sottomultipli (minuti) per lunghezze pari a 6 e a 12 piedi romani.
Table 2. Value in metres of the partitions of the notched rods (parts) and relative submultiples (minutes) in the case of lengths measuring 6 and 12 Roman feet.
Tabella 3. Relazioni numeriche tra le "parti" indicate nelle Tavole di Tolomeo e i metri, per i ricorsi delle stelle.

Table 3. Numerical relationships between the 'parts' indicated in Ptolemy's Tables and the metres, for the circles of stars

is fixed in a vertical position, the second (ad) *is free to rotate and has two parallel sights with a small hole through which to view the moon.*[6] *A third notched rod* (be) *is hinged like a swivel to the lower end of the vertical pole and is used to establish the length of the chord and consequently the size of the angle (between the first two rods). When the instrument was placed along the meridian line (*fg*), the two sights and the third notched rod were used by the observer to measure the zenithal angle of a celestial body passing through the local meridian (*bâd*). The notched rod was divided into 60 parts and relative possible submultiples ("in as many subdivisions as we could"); this made it possible to easily determine an angle thanks to the lengths indicated in the table of chords, quite apart from the applied unit of measure.*

The angles and circles of stars

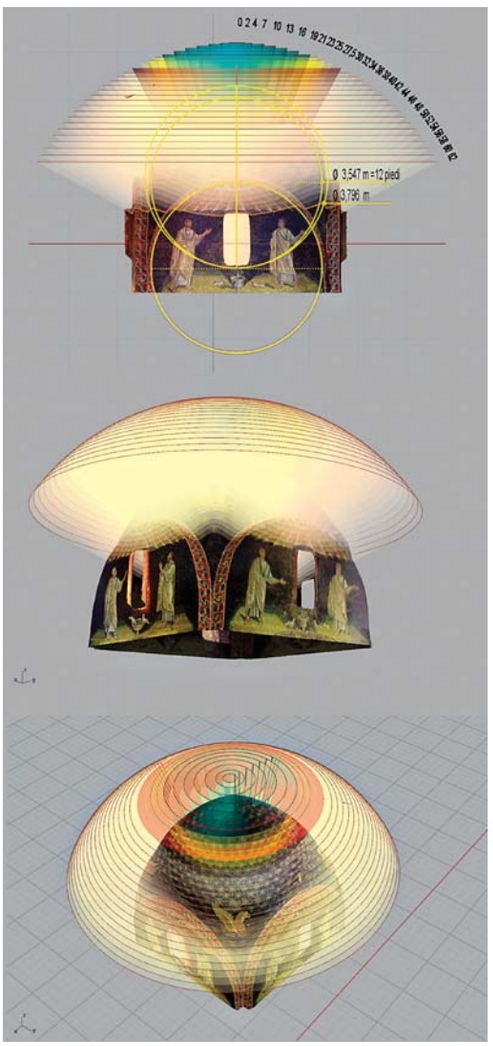
Having identified the geometric principle used to establish the 'festooned' curves[7] *(as described in the introduction to this contribution) several attempts were made to determine the rule of variation of the angle generating the cone compared to the vertical. Surprisingly, the pattern of the circles of the stars is formed by the mesh of the dome (obtained from the points cloud including colour data) intersecting with the surfaces of a band of* 'tondo'[8] *cones with a vertex angle (opening). The images (figs. 8, 9) show that it roughly involves a rather regular 'pitch' based on the* 24-26 cm (dall'ottavo all'undicesimo giro), e 30 cm circa (dal dodicesimo al quattordicesimo giro). Dal quindicesimo giro in poi le quattro figure alate interrompono la regolarità dei corsi di stelle che tuttavia continuano sino al trentesimo giro (angolo di 66°). Esiste dunque effettivamente una regola geometrica che supporta una intenzionalità percettiva: ridurre progressivamente la dimensione delle figure dal basso verso l'alto.

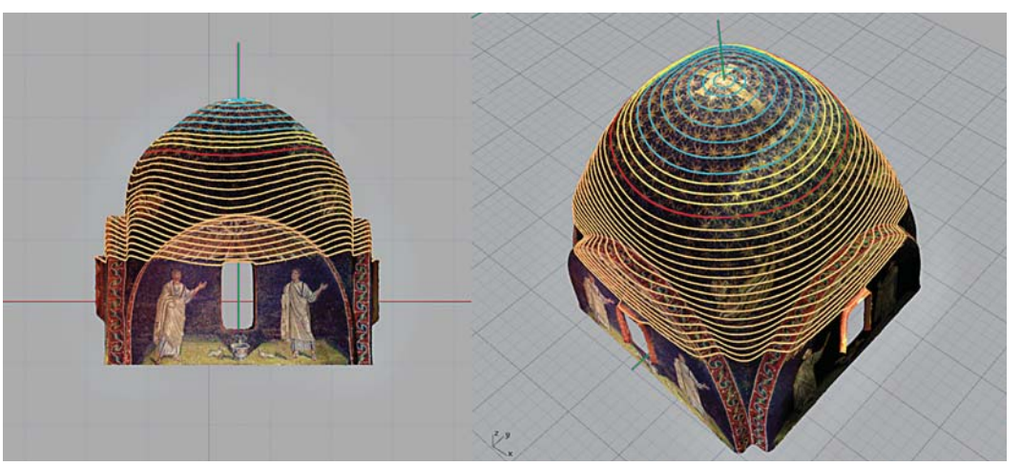
n. progressivo giro di stelle	*numero di stelle*	*angolo della generatrice rispetto alla verticale*	*incremento in gradi tra un cono e il successivo*	*apertura del cono*	*lunghezza della curva festonata in metri*	*incremento di lunghezza tra un giro e il successivo in metri*	*rapporto lunghezza curva/numero di stelle in metri*
1	2	2°	2°	4°	0,84	-	0,42
2	5	4°	**3°**	8°	1,67	0,83	0,33
3	13	7°	**3°**	14°	2,89	1,22	0,22
4	19	10°	**3°**	20°	4,05	1,16	0,21
5	25	13°	**3°**	26°	5,16	1,11	0,21
6	30	16°	**3°**	32°	6,27	1,11	0,21
7	33	19°	2°	38°	7,23	0,96	0,22
8	32	21°	2°	42°	7,89	0,66	0,25
9	36	23°	2°	46°	8,50	0,61	0,24
10	36	25°	**2,5°**	50°	9,06	0,56	0,25
11	38	27,5°	**2,5°**	55°	9,75	0,70	0,26
12	35	30°	2°	60°	10,44	0,68	0,30
13	38	32°	2°	64°	10,84	0,40	0,29
14	37	34°	2°	68°	11,28	0,44	0,30

1 piede = 0,2956 m 1 piede = 12 once >> 1 oncia =0,0246 m			
Asta di 6 piedi 6 x 0,2956 = 1,7736 m		Asta di 12 piedi 12 x 0,2956 = 3,5472 m	
lunghezza asta / 60 = parte	parte / 60 = minuto	lunghezza asta / 60 = parte	parte / 60 = minuto
1,7736 / 60	0,02956 / 60	3,5472 / 60	0,05912 / 60
0,02956 *valore di 1 "parte" in m*	0,000492667 *valore di 1 "minuto" in m*	0,05912 *valore di 1 "parte" in m*	0,000985333 *valore di 1 "minuto" in m*
1/10 di piede	1/50 di oncia	1/5 di piede	1/25 di oncia

n. giro stelle	**lunghezza asta in piedi**	**angolo della generatrice**	**valore in "parti" (dalla Tavola di Tolomeo)**	**valore in "minuti" (dalla Tavola di Tolomeo)**	**trasformazione in metri delle "parti"**	**trasformazione in metri dei "minuti"**	**Lunghezza in metri corda (asta be)**
1	12	**2°**	2	5	0,118	0,005	*0,124*
2	12	**4°**	4	11	0,236	0,011	*0,248*
3	12	**7°**	7	19	0,414	0,019	*0,433*
4	12	**10°**	10	27	0,591	0,027	*0,618*
5	12	**13°**	13	35	0,769	0,034	*0,803*
6	12	**16°**	16	42	0,946	0,041	*0,987*
7	6	**19°**	19	48	0,562	0,024	*0,585*
8	6	**21°**	21	52	0,621	0,026	*0,646*
9	6	**23°**	23	55	0,680	0,027	*0,707*
10	6	**25°**	25	58	0,739	0,029	*0,768*
11	6	**27,5°**	28	31	0,828	0,015	*0,843*
12	6	**30°**	31	3	0,916	0,001	*0,918*
13	6	**32°**	33	4	0,975	0,002	*0,978*
14	6	**34°**	35	5	1,035	0,002	*1,037*

8/ Il fascio di coni e le sue intersezioni con la superficie della cupola.
The bundle of cones and their intersection with the surface of the dome.
9/ Nella parte superiore della volta le curve giacciono all'incirca su un piano; mano mano che la superficie si deforma l'andamento festonato è sempre più evidente.
In the upper part of the vault the curves lies roughly on a plane; as the surface gradually becomes deformed it increasingly reveals the festooned pattern.





Una ipotesi per il tracciamento delle curve festonate

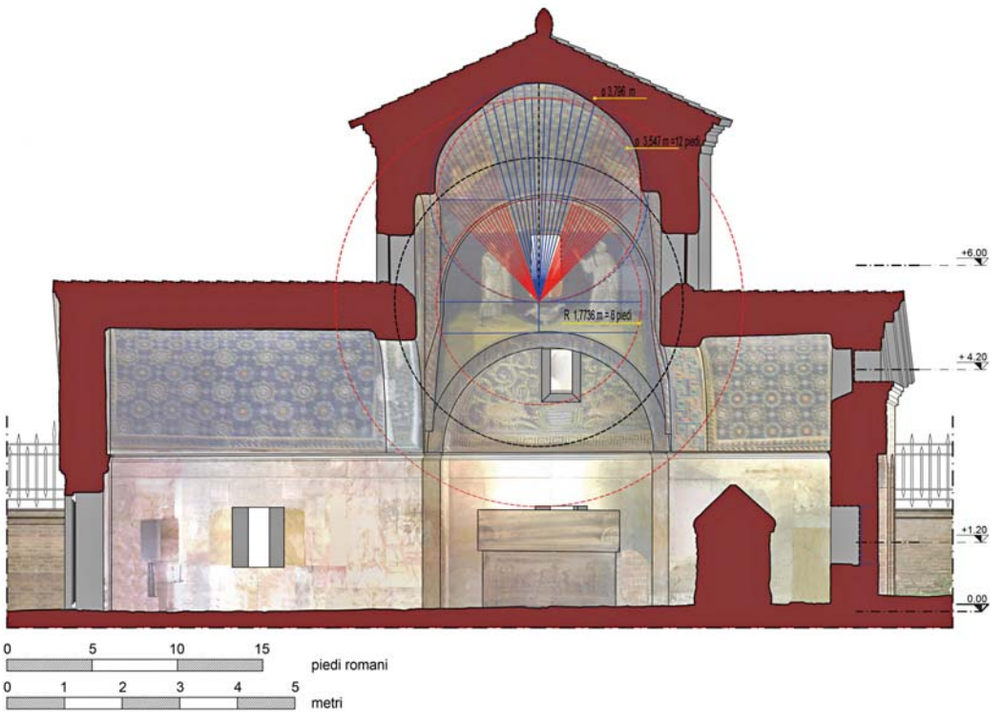
Il rilievo strumentale ha permesso di verificare che il diametro della cupola sull'asse longitudinale misura circa 12 piedi romani, mentre la calotta è leggermente rialzata (6,25 piedi romani). L'uso di lunghezze facilmente divisibili per 6 segnala una reale possibilità di utilizzo della tavola delle corde di Tolomeo: per questa ragione si può supporre che sia stato messo a punto un dispositivo la cui logica di funzionamento discende dal *triquetrum,* però ruotato di 180° rispetto alla verticale (figg. 10, 11). Fissato il piede dello strumento (*a*) alla quota del filo inferiore delle finestre, grazie alle due aste (*ab* e *ad*) incernierate alla base invece che in sommità, è possibile definire il fascio di piani verticali su cui misurare i valori angolari. L'inclinazione dell'asta (*ad*) definisce l'angolo di altezza e varia in relazione alla lunghezza della corda staccata sulla terza asta graduata (*bd*). Nella Tabella 2 è possibile leggere il valore in metri delle partizioni delle aste graduate (parti) e relativi sottomultipli (minuti) nelle caso di lunghezza di 6 e di 12 piedi romani: si tratta di una scala molto sensibile visto che può arrivare a misurare sino a 0,5 millimetri (1/50 di oncia) per una pertica lunga 6 piedi[9].
Dalla sovrapposizione di questo sistema con la sezione longitudinale della cupola (fig. 11) si evince immediatamente che per il tracciamento delle intersezioni del fascio dei coni proiettanti (il cui vertice è sulla circonferenza di raggio 6 piedi alla quota delle finestre) con

A hypothetical method to draw festooned curves

The instrumental survey was used to verify that the diameter of the dome along its longitudinal axis is roughly 12 Roman feet, while the vaulted part of the dome is slightly raised (6.25 Roman feet). The use of lengths easily divided by 6 shows that Ptolemy's table of chords can in fact be applied: this is why it is possible to theorise that the functional logic behind this device was inspired directly by the triquetrum*, but rotated by 180° compared to the vertical (figs. 10, 11). Establishing the band of vertical planes on which to measure the values of the angles can be achieved by attaching the base of the instrument* (a) *to the lowest edge of the windows and attaching the two rods* (ab *and* ad) *to the base instead of the top. The inclination of the rod* (ad) *establishes the angle of height and varies depending on the length of the chord attached to the third notched rod* (bd). *Table 2 shows the value in metres of the partitions of the notched rods (parts) and relative submultiples (minutes) in the case of lengths measuring 6 and 12 Roman feet: this mobile scale is very sensitive given that it can measure up to 0.5 millimetres (1/50 of an uncia) for a pole 6 feet long.*[9]
Superimposing this system on the longitudinal section of the dome (fig. 11) immediately reveals gradual increase of just three angle values, i.e., 2°, 2.5° and 3° (see column 3, Table 1). With the exception of the first four circles of stars due to the obvious interference of the Latin cross, Table 1 clearly shows that the ability to suitably vary the angular increment between one cone and the next led to the creation of a sequential series of 'circles' in which there was a gradual increase in the ratio between the length of the curve and the number of stars it contains. In other words, a shift from circles of stars placed at a distance of 21-23 cm (from the fifth to the seventh circle), to circles at a distance of 24-26 cm (from the eighth to the eleventh circle), and at a distance of roughly 30 cm (from the twelfth to the fourteenth circle). From the fifteenth circle onwards the four winged figures disrupt the regularity of the circles of stars which nevertheless continue to the thirtieth circle (66° angle). So, a geometric rule does exist and lends support to a deliberate perceptive goal: to gradually reduce the size of the figures from the bottom up.

10/ Sezione longitudinale, per il tracciamento delle intersezioni del fascio dei coni proiettanti con la cupola è possibile utilizzare le aste (ab e ad) di 12 piedi sino al sesto giro di stelle; dal settimo giro in poi è necessario impiegare un sistema di aste da 6 piedi.
Longitudinal section. The intersections between the bundle of projection cones and the dome can be established using the 12 foot rods (ab and ad) up to the sixth circle of stars; a 6 foot rod system needs to be used from the seventh circle onwards.

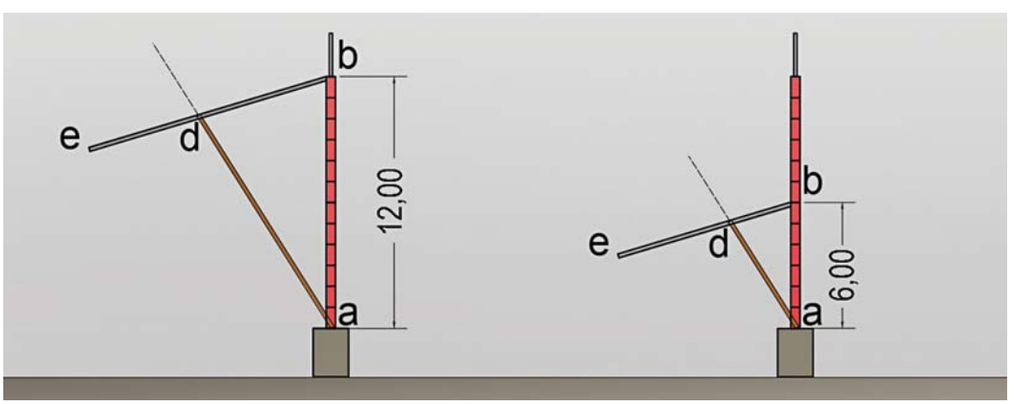
11/ La rotazione dell'asta ad intorno ab permette di determinare la superficie del cono. A sinistra: meccanismo con aste (ab e ad) di 12 piedi romani; a destra: aste di 6 piedi romani con la stessa angolazione.
The rotation of the rod ad around ab enables identification of the surface of the cone. Left: mechanism with a rod (ab and ad) measuring 12 Roman feet; right: a rod measuring 6 Roman feet with the same angle.



the possibility of using the 12 foot rods (ab *and* ad) *to trace the intersections of the band of projecting cones (vertex on the circumference with a 6 foot radius at window level) up to the sixth circle of stars. From the seventh circle onwards a system of 6 foot rods needs to be used.*[10] *However, in both cases the direction of the* ad *rod needs to be extended so that it intersects the surface of the dome. This is achieved by using a simple telescopic 'extension' equipped with a tracer point.*
This tracing technique ensure good geometric coherence for each of the 'festooned' circles. Instead comparing equal circles reveals the presence of continuous adjustments due to an increase in the variable pitch of the number of stars (see Table 1, column 2). This means it is impossible to establish neither the rhumb lines (fig. 4)[11] *nor compare this design to that of a classical coffered ceiling (undoubtedly very popular at the time, e.g., the double curvature mosaic surfaces of the Mausoleum of Santa Costanza in Rome). The complex orthogonal projection design with at least 567 nodes (which in order to satisfy the unique aforementioned requirements has repeated variations) and the morphology of the dome (unusual as we will see later) point to the fact that the use of later methods is highly unlikely, e.g., methods based on a network of taut strings projected using a torch.*[12] *Instead the authors are inclined to consider that a mechanical system was used, similar to the one described here.*
An interesting piece of documentary evidence published much later was discovered during a research regarding other devices that may have been used to design the starred sky in Galla Placidia: a painting by Giulio Troili[13] *who in 1656 illustrated and described a wooden astronomical machine he built to paint the anamorphic figure of the Sun around the gnomon hole of San Petronio in Bologna (fig. 12). In actual fact this instrument was ostensibly developed by Giovanni Domenico Cassini who, in his* Memoirs, *called it a "parallactic machine" used to observe the parallaxes of the planets and comets in straight ascension. The written description and elegant ink drawing show that this mechanical astronomical device was also skilfully used to trace the golden rays of the Sun so that the image could be correctly enjoyed from a precise station point.*[14] *Artistic, geometric, astronomical and mechanical*

la superficie della cupola è possibile utilizzare le aste (*ab* e *ad*) di 12 piedi sino al sesto giro di stelle. Dal settimo giro in poi è necessario impiegare un sistema di aste da 6 piedi[10]. In entrambi i casi comunque occorre prolungare la direzione dell'asta *ad* sino alla sua intersezione con la superficie della cupola attraverso un semplice "allungamento" telescopico dotato di una punta tracciante.
Questa tecnica di tracciamento garantisce una buona coerenza geometrica per ciascuno dei giri con andamento "festonato".

Confrontando gli stessi giri tra di loro si evince invece la presenza di continui aggiustamenti a causa dell'incremento di passo variabile del numero di stelle (vedi Tabella 1, colonna 2). Tale condizione non consente di assimilare il disegno a quello di un classico cassettonato (certamente molto diffuso all'epoca come attestano anche le superfici a doppia curvatura mosaicate del Mausoleo di Santa Costanza a Roma) e nemmeno di individuare delle lossodromiche (fig. 4)[11]. La complessità del disegno in proiezione



12/ Macchina parallattica di Giulio Troili.
In basso l'asticciola con gessetto che doveva essere accostata al lungo braccio, parallelo alla direzione dei raggi equinoziali, per tracciare il disegno sulla superficie voltata (in Cattelani Degani, Paltrinieri 2007).
Giulio Troili's parallactic machine. At the bottom of the image: the small rod and chalk that had to be attached to the long arm, parallel to the direction of the equinoctial rays, in order to draw the design of the vaulted surfaces (in Cattelani Degani, Paltrinieri 2007).

ortogonale (composto da almeno 567 nodi) – che, per rispondere alle peculiari esigenze percettive sopra ricordate, manifesta ripetute variazioni e la morfologia della cupola, come vedremo non comune, portano a ritenere non verosimile l'utilizzo di pratiche successive come quelle basate su un reticolo di fili tesi proiettato mediante una fiaccola[12], e a propendere invece per l'ipotesi di sistema meccanico, simile a quello descritto.
La ricerca su eventuali dispositivi utili al tracciamento del cielo stellato di Galla Placidia ha trovato uno spunto importante in una testimonianza documentale di molto posteriore. Si tratta di un disegno del pittore Giulio Troili[13] che, nel 1656, illustrò e descrisse una macchina astronomica lignea da lui medesimo costruita per eseguire la figura anamorfica del Sole intorno al foro gnomonico di San Petronio a Bologna (fig. 12). L'ideazione di questo strumento pare sia in realtà da attribuire a Giovanni Domenico Cassini che, nelle sue *Memorie,* la definì «macchina parallatica», necessaria per l'osservazione delle parallassi dei Pianeti e delle Comete in ascensione retta. Come attestano la relazione e il raffinato grafico a penna, tale congegno meccanico, di origine astronomica, fu tuttavia anche sapientemente impiegato per tracciare i raggi dorati del Sole in modo che l'immagine fosse correttamente fruibile da un preciso punto di stazione[14]. Conoscenze artistiche, geometriche, astronomiche e meccaniche indubbiamente si intrecciarono nella Bologna del XVII secolo; gli stessi ambiti speculativi furono probabilmente messi in campo anche nella vicenda del singolare cielo stellato ravennate.

La cupola e le coniche

Come già analizzato in precedenti studi[15], la cupola presenta una sezione rialzata apparentemente non regolare. La superficie della copertura del vano centrale di Galla Placidia non è riconducibile a una semplice operazione di rivoluzione di una curva intorno a un asse e, dunque, non può essere riportata a una cupola canonica. Si tratta tuttavia di una morfologia non isolata che permane, almeno nella tradizione dell'architettura sacra medioevale pugliese, con le pseudocupole su pennacchi "privi di elementi di discontinuità", come attestano gli esempi di molto posteriori documentati in Puglia[16]. In particolare le sezioni con piani orizzontali della *mesh* della superficie stellata restituiscono una serie di curve che, analizzate con la calcolatrice grafi-

knowledge were undoubtedly combined and used in seventeenth-century Bologna; the same speculative fields were probably employed when designing the unique starred sky in Ravenna.

The dome and the conics

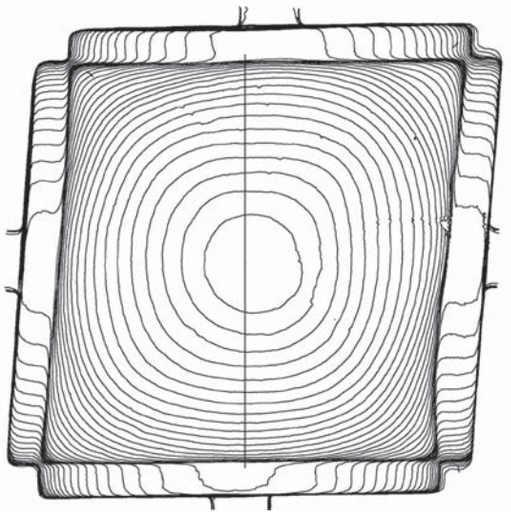
As analysed in earlier studies[15] the dome has an ostensibly irregular raised section. The surface of the roof of the central area of Galla Placidia was not created by simply rotating a curve around an axis and so cannot be considered a traditional dome. However this morphology is not unique and was continuously used in traditional sacred architecture in Apulia in the Middle Ages, e.g., the pseudo-domes on pendentives 'with seamless elements' documented much later in Apulia.[16] In particular, the sections with horizontal planes visible in the mesh of the starred surface show a series of curves which, when analysed using the geogebra.org graphic calculator, refer to hyperbolas (fig. 13). Given their uniqueness, it is possible to theorise that the tracing and execution of these complex geometric patterns was achieved using conic sections.[17]

The surface of the dome

After these initial observations other important sections of the dome were analysed leading to the following considerations:
1. the sections along the diagonals of the base parallelogram are regular and partially comparable to a circumference arc;
2. the transversal sections, along the planes parallel to the sides of the base parallelogram passing through the keystone, are not particularly regular;
3. at the imposts of the dome parts of the vault appear to be flat. However, observation showed that they were not perfectly flat at the top and did not have a semicircular edge, i.e., there is no parallel arch (hidden by the mosaic) above the impost of the vault (fig. 14);
4. based on previous observations it can be said that the dome is neither a surface of revolution nor a raised pointed pseudo-rib vault.
The observations deduced after analysing the 3D model created during the survey campaign were combined with the ones established after reviewing archival documentation.
The photographs (1977-1978) taken during restoration of the mosaic were particularly

13/ Curve generate sezionando la cupola con piani orizzontali (distanza reciproca di 10 cm).
Curves created by sectioning the dome using horizontal planes (with a reciprocal distance of 10 cm).
14/ A sinistra: mappa della deviazione tra quattro piani teorici e la porzione di cupola superiore agli archi di imposta: la forma dell'estremità superiore indica che questa porzione non è semicircolare.
A destra: curve di livello (20 cm) della cupola e disegno delle tangenti nei punti estremi del dominio (quarto di cupola).
Left: map of the deviation between four theoretical planes and the portion of the dome above the springers: the shape of the upper part indicates that this portion is not semicircular.
Right: contour lines (20 cm) of the dome and the tangent lines in the furthest points of the area (a quarter of the dome).

useful.[18] In fact during that campaign the mosaics and underlying mortar were removed, revealing the wall surface and, surprisingly enough, an anything but irregular pattern; the bricks appeared to have been laid in consecutive layers without the geometric discontinuities found on the rib vaults (fig. 15). However, a very glaring feature stands out: since the surface is not created through revolution, the bricks should not have been laid along parallel planes, but instead should vary when their distance varies from the axis of the dome. In other words, to close the vault along the diagonal sections (diagonals of the base parallelogram) more bricks are needed than along the transversal sections (parallel to the sides of the base parallelogram).
The conic sections described in the previous paragraph can be compared to hyperbolas. Clearly this description of the curves is valid within an area equal to a quarter of the vault. Nevertheless, the surface of the dome, as mentioned earlier, is continuous in all its parts and has no visible signs of discontinuity; as a result, the conic sections will be continuous everywhere. This means that to ensure the continuity of two adjacent conics at the edges of the aforementioned area they must have the same tangent, obviously parallel to the sides of the base parallelogram.[19]
When envisaging a method that would make it possible to trace the surface of the dome based on parallel planes, clearly the property of the aforementioned tangency becomes paramount. After analysing the planar sections and ensuing hypotheses, a generative algorithm was developed in Grasshopper; the algorithm can recreate the 3D geometry directly on the polygonal model obtained by reprocessing the laser scanner and photogrammetric data. This made it possible to constantly compare the geometry to the original geometry and proceed by adopting a form-finding process based on a best-fitting approach.
These sections were then processed to obtain second degree curves as similar as possible to the real ones. We extracted the points of connection between the curves at the ends of the area where they were located and established the tangents (as described earlier) in the point of transition between two adjacent curves.
It is a well-known fact that in conics a tangent line is also a polar line, therefore a pair of tangents, symmetrical to the axis, meet at a pole;

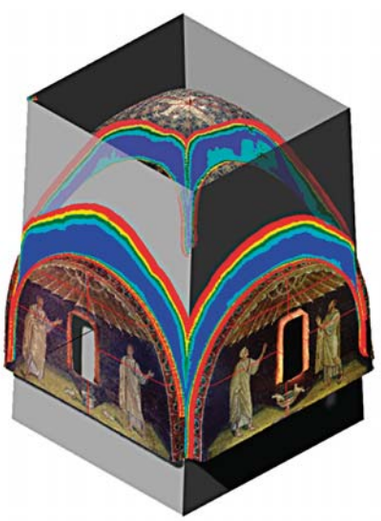


ca di geogebra.org, rimandano a delle iperboli (fig. 13). Data la loro peculiarità, è possibile ipotizzare dunque che anche il tracciamento e l'esecuzione di tali complessi andamenti geometrici siano relazionati all'uso di sezioni coniche[17].

La superficie della cupola

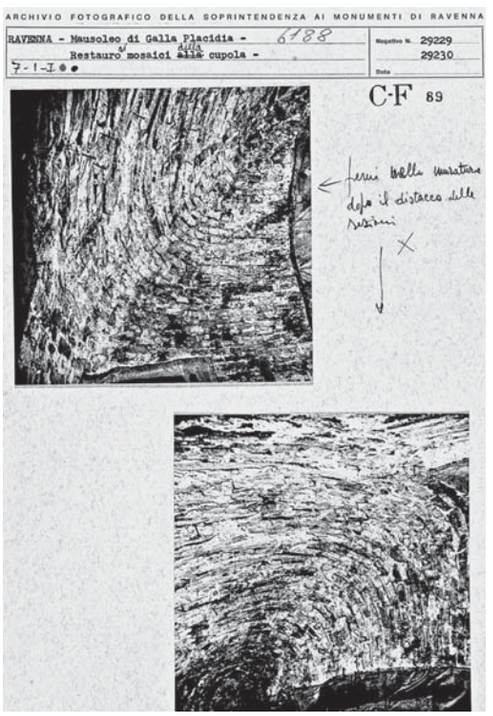
A queste prime osservazioni, è seguita l'analisi delle altre sezioni notevoli della cupola e si è potuto osservare che:
1. le sezioni realizzate lungo le diagonali del parallelogramma di base presentano un andamento in parte approssimabile a un arco di circonferenza;
2. le sezioni trasversali, realizzate lungo piani paralleli ai lati del parallelogramma di base passanti per la chiave della volta, non presentano particolari regolarità;
3. in corrispondenza degli archi di imposta della cupola esistono porzioni di volta apparentemente piane. Si è osservato che queste, tuttavia, non sono perfettamente piane nella parte sommitale e non presentano un confine semicircolare, ossia che non esiste un arco parallelo (nascosto dal mosaico) sopra l'arco di imposta della volta (fig. 14);
4. dalle osservazioni precedenti si evince pertanto che non solo la cupola non è una superficie di rotazione, ma che non può essere neanche una pseudo-volta a crociera a sesto rialzato.

Alle osservazioni dedotte dall'analisi del modello tridimensionale ottenuto a seguito della campagna di rilievo, si sono aggiunte quelle condotte sulla base della documentazione d'archivio. In particolare, si sono rivelate molto utili le fotografie realizzate negli anni 1977-1978 contestualmente al restauro del mosaico[18]. In questa occasione infatti sono stati staccati i mosaici, compresa la malta sottostante, ed è stata portata alla luce l'apparecchiatura muraria. Questa, incredibilmente, presenta un'andatura tutt'altro che irregolare; i corsi dei mattoni che la costituiscono sembrano posizionati lungo corsi successivi, senza quelle discontinuità geometriche invece riscontrabili nelle volte a crociera (fig. 15).



15/ Scheda realizzata durante il cantiere di restauro dei mosaici (1977-1978). È possibile notare l'apparecchiatura muraria dei mattoni disposti lungo piani paralleli (fonte: AFSR n. 29229-30).
Technical sheet developed during restoration of the mosaics (1977-1978). Note the pattern of the bricks arranged along parallel planes (source: AFSR n. 29229-30).

La particolarità più evidente è che, non trattandosi di una superficie ottenuta per rivoluzione, la giacitura dei mattoni non dovrebbe essere su piani paralleli, ma dovrebbe variare al variare della distanza dall'asse della cupola: ossia per chiudere la volta lungo le sezioni diagonali (diagonali del parallelogramma di base), servono più mattoni che lungo le sezioni trasversali (parallele ai lati del parallelogramma di base).
Le sezioni coniche in oggetto, come descritto nel precedente paragrafo, possono essere ben approssimate a iperboli. È chiaro che questa descrizione delle curve è valida all'interno di un dominio pari a un quarto di volta. La superficie della cupola, tuttavia, come osservato in precedenza, è continua in tutti i punti e non presenta elementi di discontinuità evidente, pertanto anche le sezioni coniche saranno continue in tutti i punti. Da questo ne deriva che, per garantire la continuità di due coniche adiacenti, ai confini del dominio come descritto, queste dovranno presentare la stessa tangente, evidentemente parallela ai lati del parallelogramma di base[19].
Ipotizzando un metodo che permetta pertanto il tracciamento della superficie della cupola sulla base dei piani paralleli, è chiaro che la proprietà della tangenza appena descritta diventa preminente.
A seguito dell'analisi delle sezioni planari e delle conseguenti ipotesi, è stato impostato un algoritmo generativo in Grasshopper che potesse ricreare la geometria tridimensionale direttamente sul modello poligonale ottenuto rielaborando i dati laserscanner e fotogrammetrici. Così facendo è stato possibile verificare in modo continuativo la geometria trovata con quella originale e procedere secondo un processo di *form-finding* basato su un approccio di *best-fitting*.
Queste sezioni sono state poi processate al fine di ottenere curve di secondo grado più aderenti possibile a quelle reali. Sono stati estratti i punti di raccordo tra le curve agli estremi del dominio di queste e sono state imposte le tangenti, come sopra descritto, nel punto di transizione tra una curva e quella adiacente.
Com'è noto, per le coniche una retta tangente è anche retta polare, pertanto una coppia



di tangenti, simmetriche rispetto all'asse, si incontra in un polo; inoltre è noto che la distanza tra un dato polo e il vertice della conica sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà la distanza dei punti tangenti dal vertice stesso, fino alla coppia di rette di tangenza infinita (il cui punto di tangenza è un punto improprio), ossia agli asintoti della conica che si incontrano nel polo che altro non è che la proiezione, sul piano della conica, del vertice del cono di cui la conica rappresenta la sezione. È chiaro che i coni che possono generare iperboli che approssimino le curve date sono infiniti, pertanto la loro posizione può essere definita solo da un'analisi metrica e geometrica a contesto. Detto ciò, dalle osservazioni condotte, è possibile comunque restringere il campo di ricerca:
1. i coni hanno i vertici esterni alla superficie della cupola;
2. la variazione delle sezioni può essere discretizzata al piano di giacitura del singolo corso di mattoni;
3. le tangenti delle iperboli ai confini del dominio devono essere parallele ai lati del parallelogramma di base (fig. 16).

we also know that the distance between a given pole and the vertex of the conic will be greater the greater the distance of the tangent points from the vertex, up to a pair of infinite tangent lines (the tangent point of which is an improper point), i.e., to the asymptotes of the conic section meeting in the pole, which is none other than the projection, on the conic plane, of the vertex of the cone whose section is represented by the conic. Clearly endless cones can generate hyperbolas that look like the given curves; as a result their position can be established only through a metric and geometric analysis of the specific context.
That said, the observations made so far can help to restrict the field of research:
1. the vertexes of the cones are external to the surface of the dome;
2. the variation of the sections can be discretised to the plane of orientation of each brick course;
3. the tangents of the hyperbolas at the edges of the area must be parallel to the sides of the base parallelogram (fig. 16).

Conclusions

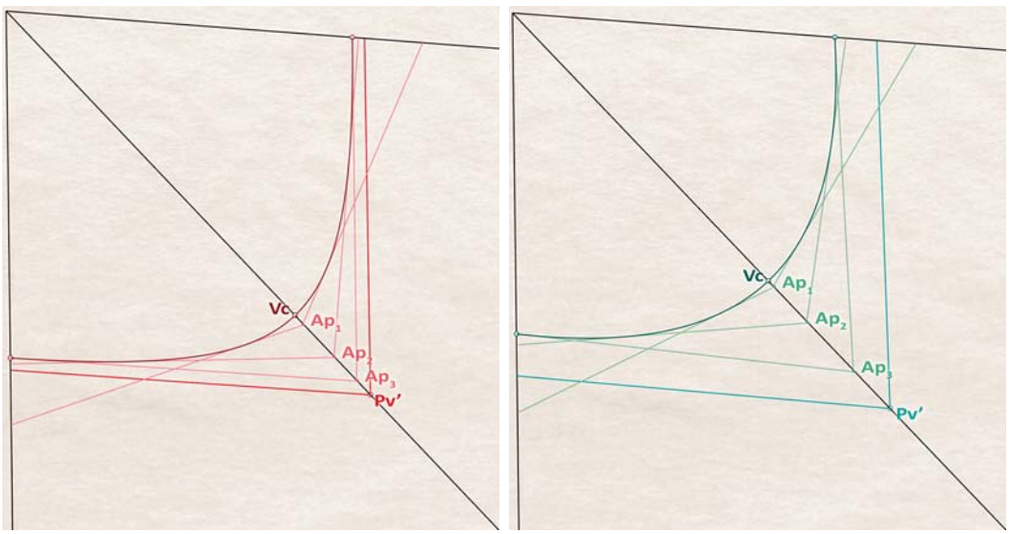
This research enabled experimentation focusing on the way in which digital tools (IT) can drastically innovate the way in which architecture is studied and represented based on a three-dimensional metric and material survey. The results gathered on a step-by-step basis during the study of the small mausoleum support the theory that the apparent irregularities in the plan[20] and dome conceal the fact that its authors possessed complex skills in solid geometry, and especially conic sections. Ptolemy's table of chords could also have been used to trace the circles of the starred sky.

** Although the contribution was jointly written by the authors, Manuela Incerti wrote the Introduction and the following paragraphs:* The starred sky on the dome and the reasons for its layout, The table of the chords and the *triquetrum*, The angles and circles of stars, A hypothetical method to draw festooned curves, The dome and the conics*; Stefano Giannetti wrote the paragraph:* The surface of the dome. *The* Conclusions *were jointly written by both authors.*

***1.** See on this issue, David 2013.*

***2.** See on this issue the contribution by Giannetti in Incerti et al. 2018, pp. 465-474.*

16/ Analisi di due sezioni della cupola eseguite a quote diverse. Allontanando le tangenti dal vertice della conica (Vc) il polo (Ap) approssima sempre più la proiezione del vertice del cono (Pv'), punto di incontro degli asintoti.
Analysis of two sections of the dome at different heights. As the tangent lines move further away from the vertex of the cone (Vc) the pole (Ap) increasingly approximates the projection of the vertex of the cone (Pv'), the point where asymptotes meet.



Conclusioni

Attraverso questo lavoro è stato possibile sperimentare come gli strumenti digitali (IT) abbiano la capacità di innovare profondamente le modalità di indagine e di rappresentazione dell'architettura a partire dal suo rilevamento metrico e materico tridimensionale. I risultati che progressivamente emergono da questa ricerca sul piccolo mausoleo confortano l'ipotesi che le sue apparenti irregolarità sia per la pianta[20] sia per la cupola celino competenze più complesse inerenti la geometria solida e, in particolare, le sezioni coniche. La tavola delle corde di Tolomeo potrebbe inoltre essere stata utilizzata per il tracciamento dei circoli del cielo stellato.

* Benché il testo sia frutto del lavoro congiunto degli autori, sono da attribuire a Manuela Incerti la parte introduttiva e i paragrafi: *Il cielo stellato della cupola e le ragioni della sua disposizione*, *La tavola delle corde e il* Triquetrum*, Gli angoli e i ricorsi di stelle*, *Una ipotesi per il tracciamento delle curve festonate*, *La cupola e le coniche*; a *Stefano Giannetti sono da attribuire* il paragrafo: *La superficie della cupola*. Le *Conclusioni* sono da attribuire ad entrambi gli autori.

1. Si veda in proposito David 2013.

2. Si veda a questo proposito il contributo di Giannetti in Incerti et al. 2018, pp. 465-474.

3. Sul cielo stellato si vedano: Ranaldi 2011, pp. 20-42; Rizzardi 2005, pp. 277-288; Swift et al. 2010, pp. 193-217.

4. Tra le testimonianze più antiche troviamo i mosaici della cupola del Battistero di San Giovanni in Fonte (Napoli, inizio V secolo), la volta della chiesa di Santa Maria di Casaranello (Lecce, V-VI secolo), il *Martyrum* della basilica dei Santi Felice e Fortunato (Vicenza, V secolo) e il catino absidale di Sant'Apollinare in Classe (Ravenna, 549).

5. Il Teorema di Tolomeo afferma che «in un quadrilatero convesso inscritto in un cerchio, il prodotto delle diagonali è uguale alla somma dei prodotti dei lati opposti». Fiocca 2012, pp. 75-88.

6. Sullo strumento, utilizzato per la formulazione della teoria lunare, si veda Strano 2007, pp. 87-88.

7. Si veda il rimando in nota 2.

8. Tale operazione è stata svolta con il software Rhinoceros su una *mesh* texturizzata (3.324.522 vertici, 6.643.467 poligoni).

9. Pare improbabile l'uso di tali grandezze in architettura ma, come è stato già ricordato, la tavola delle corde si spingeva addirittura a una terza colonna cioè sino alla definizione dei secondi (sessantesimi di minuti).

10. Nella seconda fase dei tracciamenti non è necessario smontare il perno centrale da 12 piedi, basta incernierare l'asta (o la corda) *be* a 6 piedi dalla base.

11. Sulla trattazione delle lossodromiche si vedano: Conte et al. 2014, pp. 65-86.

12. Sulla tecnica si veda Salvatore 2019, pp. 1003-1010.

13. Giulio Tròili da Spilamberto, detto Paradosso, fu pittore quadraturista e trattatista. Nato a Spilamberto (MO)

3. *Regarding the starred sky, see: Ranaldi 2011, pp. 20-42; Rizzardi 2005, pp. 277-288; Swift et al. 2010, pp. 193-217.*

4. *Some of the oldest examples include the mosaics on the dome of the Baptistery of San Giovanni in Fonte (Naples, early V century), the vault of the church of Santa Maria di Casaranello (Lecce, V-VI century), the* Martyrium *in the Basilica of Santi Felice e Fortunato (Vicenza, V century) and the apse of Sant'Apollinare in Classe (Ravenna, 549).*

5*. Ptolemy's theorem states that "for a cyclic quadrilateral the diagonals equal the sum of the lengths of the products of the opposite sides". Fiocca 2012, pp. 75-88.*

6. *Regarding the instrument used to formulate the lunar theory, see Strano 2007, pp. 87-88.*

7. *See the reference in note 2.*

8. *This operation was performed using Rhinoceros software on a texturised mesh (3,324,522 vertexes, 6,643,467 polygons).*

9. *The use of these heights in architecture is improbable but, as mentioned earlier, the table of chords also had a third column defining the seconds (sixtieths of minutes).*

10. *During the second tracing phase the central 12 foot hinge does not need to be dismantled; all that is required is to attach the rod (or chord)* be *at a distance of 6 feet from the base.*

11*. For a discussion regarding rhumb lines, see: Conte et al. 2014, pp. 65-86.*

12. *Regarding the technique, see Salvatore 2019, pp. 1003-1010.*

13. *Giulio Tròili da Spilamberto, known as Paradosso, was a trompe l'oeil painter and treatise writer. Born in Spilamberto (Modena) around 1613, he died in Bologna in 1685; he is the author of the book* Paradossi per pratticare la prospettiva senza saperla *(1672).*

14. *In actual fact the instrument is made up of an astronomical quadrant (and not a* triquetrum*) fixed to a circumference divided into 24 parts (24 sunrays). The image shows the instrument inclined according to the latitude of Bologna; as a result, the privileged station point to observe the figure is that of the Equinoxes along the meridian. For an in-depth description of the instrument, see Cattelani Degani, Patrinieri 2007, pp. 1-18 (image by courtesy of Giovanni Paltrinieri).*

15. *An initial analysis of the geometry of the dome is documented in the study published by the same authors in Incerti et al. 2018, pp. 297-316.*

16. *See Perfido 2008, pp. 311-321; Rossi 2008, pp. 323-341.*

intorno al 1613 morì a Bologna nel 1685; fu autore di *Paradossi per pratticare la prospettiva senza saperla* (1672).

14. Lo strumento è in realtà composto da un quadrante astronomico (e non da un *triquetrum*) su cui è fissata una circonferenza suddivisa in 24 parti (24 raggi del sole). Dall'immagine si deduce che lo strumento è stato inclinato secondo la latitudine di Bologna, quindi il punto di stazione privilegiato per l'osservazione della figura è quello degli Equinozi sulla linea meridiana. Per la descrizione approfondita dello strumento si veda Cattelani Degani, Patrinieri. 2007, pp. 1-18 (si ringrazia Giovanni Paltrinieri per la gentile concessione dell'immagine).

15. Per una prima analisi della geometria della cupola si rimanda allo studio pubblicato dagli stessi autori in Incerti et al. 2018, pp. 297-316.

16. Si vedano Perfido 2008, pp. 311-321; Rossi 2008, pp. 323-341.

17. Apollonio Pergeo (nato verso il 262 a.C.) è l'autore del più importante trattato dell'antichità sulle coniche. La sua opera è stata recentemente oggetto di una importante traduzione con commentario sotto la direzione di Roshdi Rashed (Rashed 2008).

18. Le fotografie effettuate in occasione del restauro sono conservate presso l'Archivio Fotografico della Soprintendenza di Ravenna.

19. La forma derivante da questa descrizione potrebbe far assomigliare le sezioni parallele della cupola a una serie di "curve di Lamè", che variano dal parallelogramma di base alla circonferenza del colmo. La definizione della natura della curva è soggetta alla comprensione della sua costruzione geometrica (e disegno) sul piano. Trattandosi di curve realizzate nel V secolo, è chiaro che il disegno della curva non poteva avvenire per via analitica, ma con uno strumento geometrico, per lo studio del quale si rimanda agli sviluppi futuri della presente ricerca.

20. Si veda anche la questione dell'andamento non ortogonale del corpo longitudinale e di quello trasversale in Incerti et al. 2018.

17. *Apollonius of Perga (born around 262 B.E.) was the author of the most important treatise on conics. His work, recently translated with a commentary, was supervised by Roshdi Rashed (Rashed 2008).*

18. *The photographs taken during the restoration are housed in the Photographic Archive of the Superintendency in Ravenna.*

19. *The form described could make the parallel sections of the dome look like a series of a 'Lamé curves', varying from the base parallelogram to the circumference at the top. The definition of the nature of the curve should be understood taking into account its geometric construction (and design) on the plane. Since the curves were created in the fifth century, clearly the design of the curve could not have been created analytically, but by using a geometric tool. A study of this issue will be undertaken during future research.*

20. *See also the issue of the non-orthogonal pattern of the longitudinal body and the transversal body in Incerti et al. 2018.*

References

- Cattelani Degani Franca, Paltrinieri Giovanni. 2007. *Sole dipinto da Giulio Troili attorno al foro gnomonico della meridiana di S. Petronio in Bologna*. Accademia nazionale di scienze lettere e arti di Modena. Memorie scientifiche, giuridiche, letterarie, serie VIII, X, 2007, pp. 1-18.
- Conti Giuseppe, Sedili Beatrice, Trotta Alberto. 2014. Le curve Lossodromiche in Architettura. *Science & Philosophy,* 2, 2, 2014, pp. 65-86.
- David Massimiliano (a cura di). 2013. La *Basilica di Santa Croce: nuovi contributi per Ravenna tardoantica*. Ravenna: Edizioni del Girasole, 2013. 160 p. ISBN: 978-88-7567-556-1.
- Docci Mario. 2011. Le volte autoportanti apparecchiate a spina pesce. In Paolo Rocchi (a cura di), *Le Cupole Murarie: Storia, Analisi, Intervento*. Roma: Edizioni Preprogetti, 2011, pp. 383-391. ISBN: 978-88-9502-702-9.
- Fiocca Alessandra. 2012. Un approccio alla trigonometria attraverso un percorso storico. *Annali online della Didattica e della Formazione Docente*, 4, 1, 2012, pp. 75-88.
- Incerti Manuela, D'Amico Sara, Giannetti Stefano, Lavoratti Gaia, Velo Uliva. 2018. Le digital humanities per lo studio e la comunicazione di beni culturali architettonici. Il caso dei mausolei di Teodorico e Galla Placidia in Ravenna. *Archeologia e Calcolatori,* 29, 1, 2018, pp. 297-316.
- Incerti Manuela, Lavoratti Gaia, D'Amico Sara, Giannetti Stefano. 2018. Il Mausoleo di Galla Placidia e le Digital Humanities per lo studio e la comunicazione di beni culturali architettonici. In Carlos Luis Marcos Alba, Pablo Jeremías Juan Gutiérrez, Jorge Domingo Gresa (a cura di). *De trazos, huellas e improntas. Arquitectura, ideación, representación y difusión.* XVII Congreso internacional de expresión gráfica arquitectónica. Alicante: Print Percom, 2018, pp. 465-474. ISBN: 978-84-1672-493-2.
- Perfido Paolo. 2008. Sistemi di raccordo negli edifici a cupola in Puglia. Il passaggio dal quadrato al cerchio. In Massimo Giovannini, Gaetano Ginex (a cura di). *Spazi e culture del mediterraneo vol. 2. Mediterraneo Commercio Città Culto Presidio Texture Trasporti Economia*. Roma: Kappa, 2008, pp. 311-321. ISBN: 978-88-7890-905-2.
- Ranaldi Antonella. 2010. Dalla realtà sensibile all'astrazione. La volta stellata del mausoleo di Galla Placidia. In Linda Kniffitz (a cura di). *Architettura e mosaico.* Atti della Giornata di studi, Ravenna 9 ottobre 2010. Ravenna: MAR - Museo d'Arte Ravenna, 2010, pp. 20-42. ISBN: 978-88-9055-318-3.
- Rashed Roshdi (ed.). 2008. *Apollonius de Perge, coniques*. Berlin: Walter de Gruyter, 2008. 666 p. ISBN: 978-31-1019-937-6.
- Rizzardi Clementina. 2005. Il cielo stellato del mausoleo di Galla Placidia. In Silvia Pasi, Almarella Mandolesi (a cura di). *Studi in memoria di Patrizia Angiolini Martinelli.* Bologna: Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, Dipartimento di Archeologia, 2005, pp. 277-288. ISBN: 978-88-7849-006-2.
- Rossi Gabriele. 2008. Geometria delle cupole in Puglia. Confronti tra architettura religiosa medioevale e le costruzioni rurali in pietra a secco. In Massimo Giovannini, Gaetano Ginex (a cura di). *Spazi e culture del mediterraneo vol. 2. Mediterraneo Commercio Città Culto Presidio Texture Trasporti Economia*. Roma: Kappa, 2008, pp. 323-341. ISBN: 978-88-7890-905-2.
- Salvatore Marta. 2019. La costruzione dei tracciati prospettici tra teorie proiettive e pratica sperimentale. The construction of perspective traces between projective theories and experimental practice. In Paolo Belardi (a cura di). *UID 2019 - Riflessioni: l'arte del disegno/il disegno dell'arte / Reflections: the art of drawing/the drawing of art*. Roma: Gangemi Editore, 2019, pp. 1003-1010. ISBN: 978-88-4923-762-7.
- Strano Giorgio. 2007. Strumenti alessandrini per l'osservazione astronomica: Tolomeo e la Mathematike´ syntaxis. *Automata*, 2, 2007, pp. 79-92.
- Swift Ellen, Alwis Anne. 2010. The role of late antique art in early Christian worship: a reconsideration of the iconography of the «starry sky» in the «Mausoleum» of Galla Placidia. *Papers of the British School at Rome*, 78, 2010, pp. 193-217.

Fabio Bianconi, Marco Filippucci

Disegnare la Camera di Ames. Le questioni architettoniche, le lezioni del classico, le sperimentazioni digitali

Drawing the Ames Room. Architectural issues, lessons of the classical world, digital experiments

The study illustrates the contemporary importance of designing the Ames Room, a classical representation studied and reproposed as an architectural issue. The experiment has always been paradigmatic in the relationship between image and form, a topic which even today can be used to highlight the correlation inherent in the digital medium and the relationship between means and message. The research involved testing the potential of generative modelling in order to represent the families of solutions that parametrically generate the same illusion. The models were linked to the data management capacity of the BIM approach and subsequently led to the digital construction of a wooden structure. The creation of the architectural space made it possible to develop perceptual analyses using innovative digital tools such as eye-tracker and neuroheadset to detect perception and gain better understanding of the logic of vision and image.

Keywords: perception, history, generative representation, BIM, neurosciences.

Lo studio mostra il valore sempre contemporaneo insito nel disegnare un classico della letteratura rappresentativa quale è la Camera di Ames. Tale esperimento è sempre stato paradigmatico del rapporto fra immagine e forma, un tema che può essere declinato anche nella contemporaneità per mostrare le correlazioni insite nel digitale e nel rapporto fra mezzo e messaggio. La ricerca infatti ha visto testare le potenzialità della modellazione generativa per rappresentare le famiglie di soluzioni che parametricamente generano la medesima illusione. Tali modelli si sono raccordati con la capacità gestionale delle informazioni proprie dell'approccio BIM, che hanno portato alla fabbricazione digitale della struttura in legno. La realizzazione dello spazio architettonico ha infine garantito la possibilità di promuovere analisi percettive attraverso strumenti digitali innovativi propri delle neuroscienze quali eye-tracker e neuroheadset per comprendere in modo sempre più profondo le logiche della visione e dell'immagine.

Parole chiave: percezione, storia, rappresentazione generativa, BIM, neuroscienze.

'Classical' themes exist even in representation, themes we are all aware of and have somehow tackled, perhaps pencil in hand; these paradigmatic examples offer up their gifts to anyone who has had to deal with them, study them, understand them and, perhaps, either hate or love them. Reinterpreting them means trying to analyse contemporary culture, to tackle the topic of memory, and identify the reasons for certain canons.[1]
Representing architectural orders is one such paradigmatic example, a 'must' which, starting with Vitruvius, was codified in the Renaissance by great Italian treatise writers and reproposed for centuries due to its instructive and educational importance.

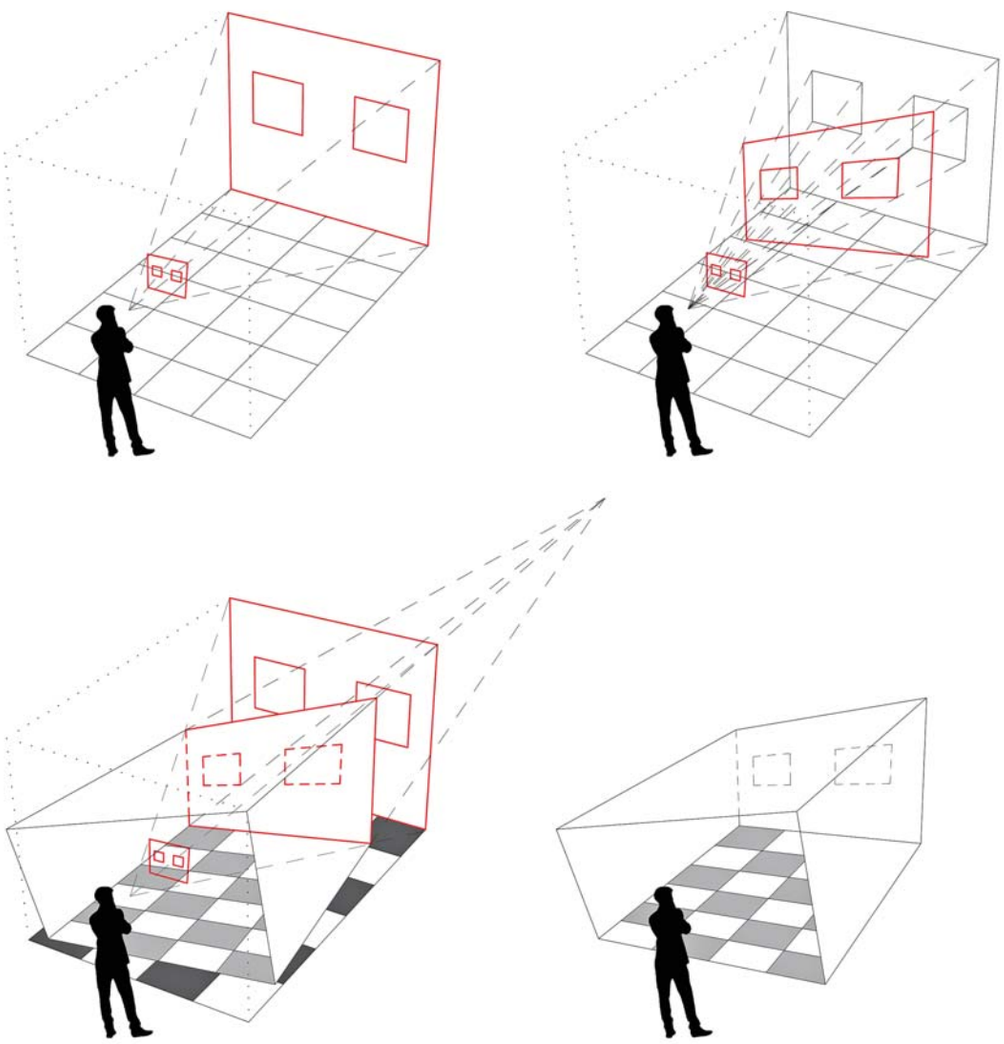
Anche nella rappresentazione esistono i "classici", temi che tutti conoscono e hanno in qualche modo affrontato, magari con una matita in mano, esempi paradigmatici che offrono la loro ricchezza a chi ci si è relazionato, li ha studiati, li ha compresi e forse amati, o forse odiati. Rileggerli significa cercare di analizzare la cultura attuale, affrontare il tema della memoria, dell'identità, delle ragioni di determinati canoni[1].
Ne è un paradigmatico esempio la rappresentazione degli ordini architettonici, un "must" che a partire da Vitruvio si è affermato nel Rinascimento con la codifica dei grandi trattatisti italiani e che poi si è riproposto per secoli per il suo valore didascalico e formativo. Su tale tema trent'anni fa, dalle pagine della rivista *Disegnare. Idee Immagini,* Riccardo Migliari[2] con i suoi *Cinque pezzi facili,* offrì una lezione nella quale, secondo un approccio operazionista, il processo assume la stessa dignità del risultato prodotto, soppiantando così le teorie di interpreti maldestri per riportarci a ragionare con la stessa logica usata dagli autori classici.
Su tali coordinate si inserisce la proposta di rileggere e ridisegnare la Camera di Ames (1946), un grande classico della rappresentazione posto a paradigma del rapporto fra disegno, forma e percezione, reinterpretazione dell'illusione prospettica correlata alla geometria proiettiva e al possibile inganno delle immagini. Nella centralità della questione percettiva posta alla sua genesi, rimane secondario il tema architettonico, insito nella concretizzazione della prospettiva solida, un oggetto che appare forse bizzarro e strutturalmente ironico, vocato all'inganno, ma che in realtà propone un processo scientifico rigoroso capace di mettere in atto le teorie e le questioni proprie delle discipline della rappresentazione, ragionando secondo una logica ancora operazionista intorno a temi della contemporaneità: l'immagine e la percezione, la verità e la post-verità, il modello e la sua costruzione.
Trasponendo nel disegno la lezione di Italo Calvino su *Perché leggere i classici,* l'esperienza di Ames è un classico perché, seppur tutti la conoscano, non molti l'hanno vista realmente e ne hanno vissuto l'esperienza. Percorso di scoperta dello spazio, la sua reinterpretazione si presenta come un esercizio dove «la memoria conta veramente […] solo se tiene insieme l'impronta del passato e il progetto del futuro, se permette di fare senza dimenticare quel che si voleva fare, di diventare senza smettere di essere, di essere senza smettere di diventare»[3].
Al centro della sperimentazione insita nella sua riscrittura è posto il disegnare oggi attraverso i nuovi processi digitali, analizzando in particolare le logiche generative e l'approccio BIM nella centralità del modello nei nuovi percorsi di fabbricazione digitale della forma architettonica. La realizzazione dell'installazione si presenta allora da un lato come proposta culturale, dall'altro come luogo ideale dove poter testare similari analisi percettive per le quali nasce lo spazio, anch'esse rinnovate dai nuovi strumenti digitali capaci di rilevare le percezioni e le sensazioni.

Stato dell'arte

La Camera di Ames è una deformazione spaziale che determina un'immagine illusoria, facendo leva sul valore del pregiudizio nella percezione e sulla assenza di biunivocità fra proiezione rappresentativa e spazio (fig. 1). Tale studio prende il nome dallo psicologo e oftalmologo statunitense Adelbert Ames

1/ *Pagina precedente.* L'illusione della Camera di Ames.
Previous page. *The Ames Room illusion.*
2/ Schemi della genesi proiettiva della camera distorta.
Diagrams of the projective genesis of the distorted room.

Jr, punto di riferimento nelle ricerche sulla percezione, che realizzò tale spazio nel 1946, pubblicandolo poi nel 1949[4].
Ernst Gombrich spiega che «l'illusione consiste [...] nella convinzione che c'è un solo modo di interpretare il modello visivo di fronte a noi. Siamo ciechi rispetto ad altre configurazioni possibili perché letteralmente "non possiamo immaginare" questi improbabili oggetti»[5].
La trasformazione morfologica parte infatti dalla piramide visiva che si crea nella visione di una stanza canonicamente stereometrica: vincolando il punto di vista e partendo dalla stessa immagine, è possibile trovare più spazi deformati variando la base della piramide. Ciò crea una prospettiva solida definita da rette divergenti, con superfici orizzontali e verticali inclinate, ingannando l'osservatore nella valutazione della spazialità (fig. 2). Quest'ultima, pertanto, non è percepita nella sua forma reale ma è valutata in funzione del pensiero critico dell'osservatore che, a priori, associa l'immagine a ciò che conosce e che ha sempre visto, a quelle forme stereometriche che corrispondono solo nel risultato proiettivo. Lo spazio deformato, che appare invece canonicamente definito da piani verticali e



Thirty years ago Riccardo Migliari[2] published a contribution entitled Five easy pieces *in* Disegnare. Idee Immagini; *he argued that, in line with an operational approach, the process is just as important as the result, thus supplanting the theories of clumsy interpreters and encouraging us to adopt the logic used by classical authors.*
The proposal to reinterpret and redesign the Ames Room (1946) is based on these coordinates. The Ames Room is one of the great classical examples of representation used not only as a paradigm of the relationship between design, form and perception, but also as a reinterpretation of the perspective illusion linked to projective geometry and the possible deception created by images. The architectural theme, inherent in the materialisation of the solid perspective, is secondary vis-à-vis the key issue of the perception behind its genesis; it is an object that may appear bizarre, structurally ironic and suited to deception, but in fact involves a strict scientific process capable of implementing the theories and issues related to representation disciplines, again based on an operational logic involving contemporary issues: image and perception, truth and post-truth, model and its construction.
Transposing Italo Calvino's lesson on drawing entitled Why read the classics*, Ames' experience is classic because, although we are all familiar with it, not many have really seen or experienced it. Discovering and reinventing space is an exercise where "memory really matters [...] only if it holds together the imprint of the past and the project of the future, if it allows you to do without forgetting what you wanted to do, to become without ceasing to be, to be without ceasing to become".[3]*
The focus of this experiment to rewrite it uses new digital processes as a design method, analysing in particular the generative logic and BIM approach in a model that is a key element in the new digital methods used to create architectural form. Constructing the installation is, on the one hand, a cultural proposal and, on the other, an ideal place to test similar perceptive analyses for which the space is developed; these analyses are also novel

3/ La prospettiva forzata di Palazzo Spada di Francesco Borromini (1652-1653) e i suoi schemi della genesi proiettiva affini alla camera distorta.
The forced perspective of Palazzo Spada by Francesco Borromini (1652-1653) and the diagrams of the projective genesis similar to the distorted room.

thanks to new digital tools that can detect perceptions and sensations.

The state of the art

The Ames Room is a distorted spatial image that creates an optical illusion; it plays on prejudiced perception and the absence of bi-univocity between representative projection and space (fig 1). This study is named after the American psychologist and ophthalmologist Adelbert Ames Jr., a landmark researcher on perception who created the room in 1946 and published it in 1949.[4]

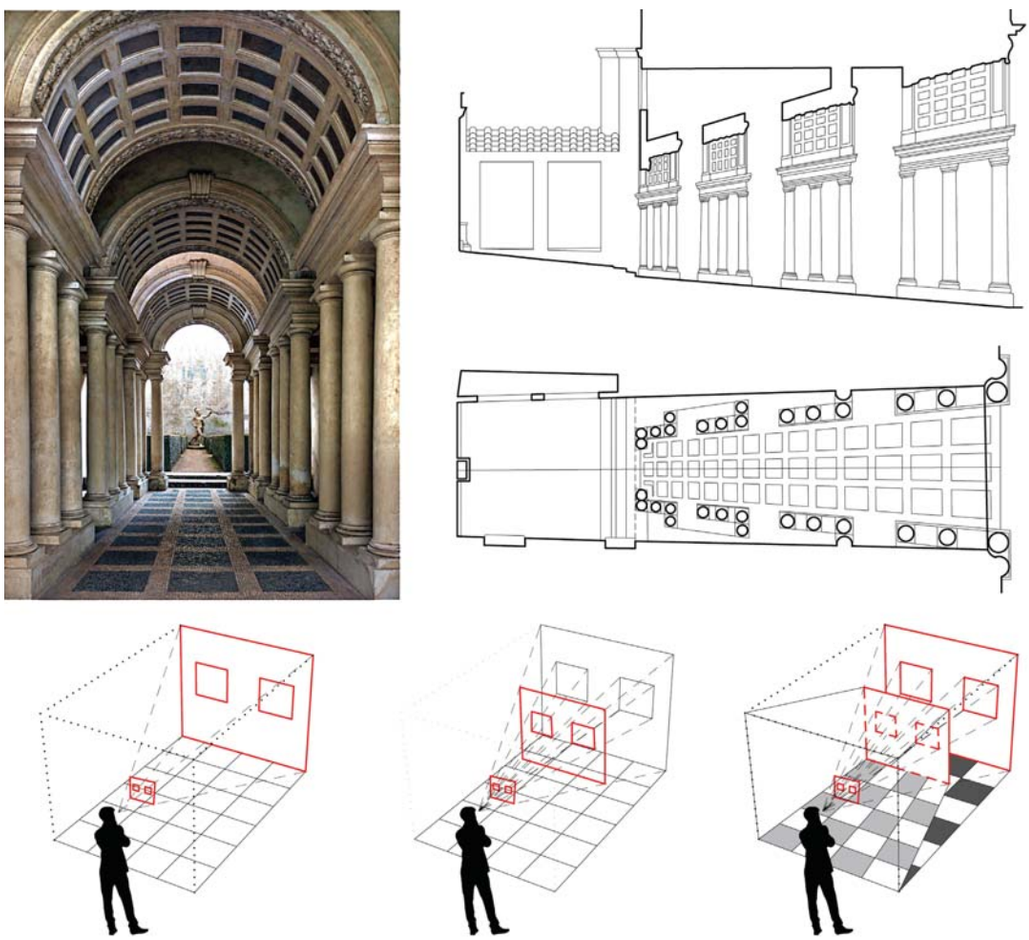
Ernst Gombrich explains that "the illusion consists [...] in the belief that there is only one way to interpret the visual model in front of us. We are blind to other possible configurations because 'we literally cannot imagine' these improbable objects".[5]

The morphological transformation starts with the visual pyramid created when viewing a conventional stereometric room: by restricting the viewpoint and using the same image it is possible to discover several distorted spaces by varying the base of the pyramid. This creates a solid perspective defined by divergent lines and with inclined horizontal and vertical surfaces, thereby deceiving observers' assessment of the spatiality (fig. 2). As a result, the real form of the space is not perceived but assessed based on the critical analysis of said observers who, a priori, associate the image with what they know and have always seen, i.e., stereometric forms corresponding only to the projective result. The deformed room, which instead appears conventionally defined by vertical and horizontal planes, confuses references and assessments regarding the measurements of its contents, especially at the edges of the rear wall where objects and people can be placed to emphasise the illusion. This is why this trick is also used in films to shoot scenes with characters differing in height (dwarfs and giants), for example in Harry Potter *(2001-2011) or* The Lord of the Rings *(2001-2003).*

In the distorted room, "we instinctively consider an object as extended in the plane at right angles to the line joining the object to the eye".[6] *This experiment was useful to: analyse the effects of perspective alterations in apparent* orizzontali, confonde i riferimenti e le valutazioni sulle misure di ciò che contiene, specialmente agli spigoli della parete di fondo dove gli oggetti e le persone possono posizionarsi per enfatizzare l'illusione, motivo per cui tale espediente è utilizzato anche nel cinema per girare scene con personaggi di altezza diverse (nani e giganti), come nel caso di *Harry Potter (*2001-2011) o del *Signore degli Anelli* (2001-2003).

Nella camera distorta, «istintivamente consideriamo un oggetto come esteso nel piano ad angolo retto rispetto alla linea che unisce l'oggetto all'occhio»[6]. Questo esperimento è stato così utile per analizzare gli effetti delle alterazioni prospettiche nelle apparenti scale di distanze e dimensioni[7], nei giudizi fra forma apparente e distanza apparente[8] e l'importanza della familiarità degli oggetti nella costanza dimensionale[9]. Tale condizione appare con le persone che si muovono dentro la camera, ma anche ponendo oggetto familiari come una sedia, di interesse anche per lo studio delle ombre con la proiezione di immagini circolari che non si deformano in ovali[10].

Ames descrive diverse forme e taglie di camere distorte, connesse alla visione monoculare o bidimensionale[11] perché, come affermano i suoi discepoli, «potrebbe essere costruita un'intera» famiglia «di stanze distorte di forme molto diverse, eppure tutte, se il nostro ragionamento è corretto, dovrebbero essere viste come» normali «invece che in qualche altro modo, perché la nostra esperienza passata lo ha reso una "migliore scommessa" per percepire pavimenti piani, pareti verticali, finestre rettangolari, ecc… »[12].



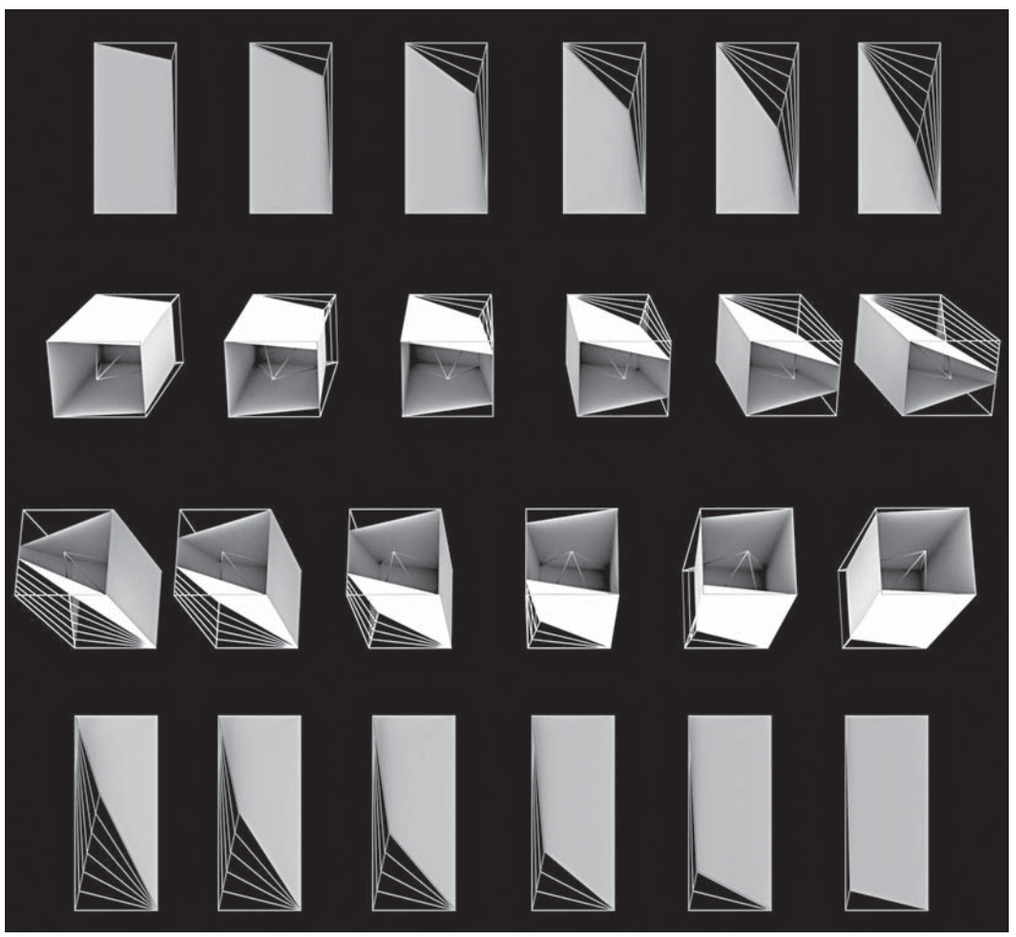
4/ La parametrizzazione delle molteplici famiglie di soluzioni spaziali che si originano dalla medesima immagine ottenuta attraverso gli strumenti di rappresentazione generativa.
Parameterisation of the many families of spatial solutions originating from the same image obtained using generative representation tools.

La forma architettonica della camera non nasce da Ames[13] ma è ideata a fine Ottocento da Hermann Helmholtz, il principale riferimento per la scuola americana, ed è collegata alle rappresentazioni artistiche della stanza distorta disegnata dagli artisti per simulare spazi tridimensionali, come nel caso di Samuel Van Hoogstraten e del suo sorprendente *peepshow* (1655-1660), declinazione delle macchine prospettiche di Brunelleschi e degli strumenti per realizzare la prospettiva. In questo modo, la camera è legata anche all'illusione di tutte le architetture dove si materializza la prospettiva, come nel celebre caso di Palazzo Spada di Francesco Borromini (1652-1653) (fig. 3), trovando similarità anche con le opere del quadraturismo, come le architetture dipinte di Andrea del Pozzo, con cui condividono lo strumento (ma non gli obiettivi).

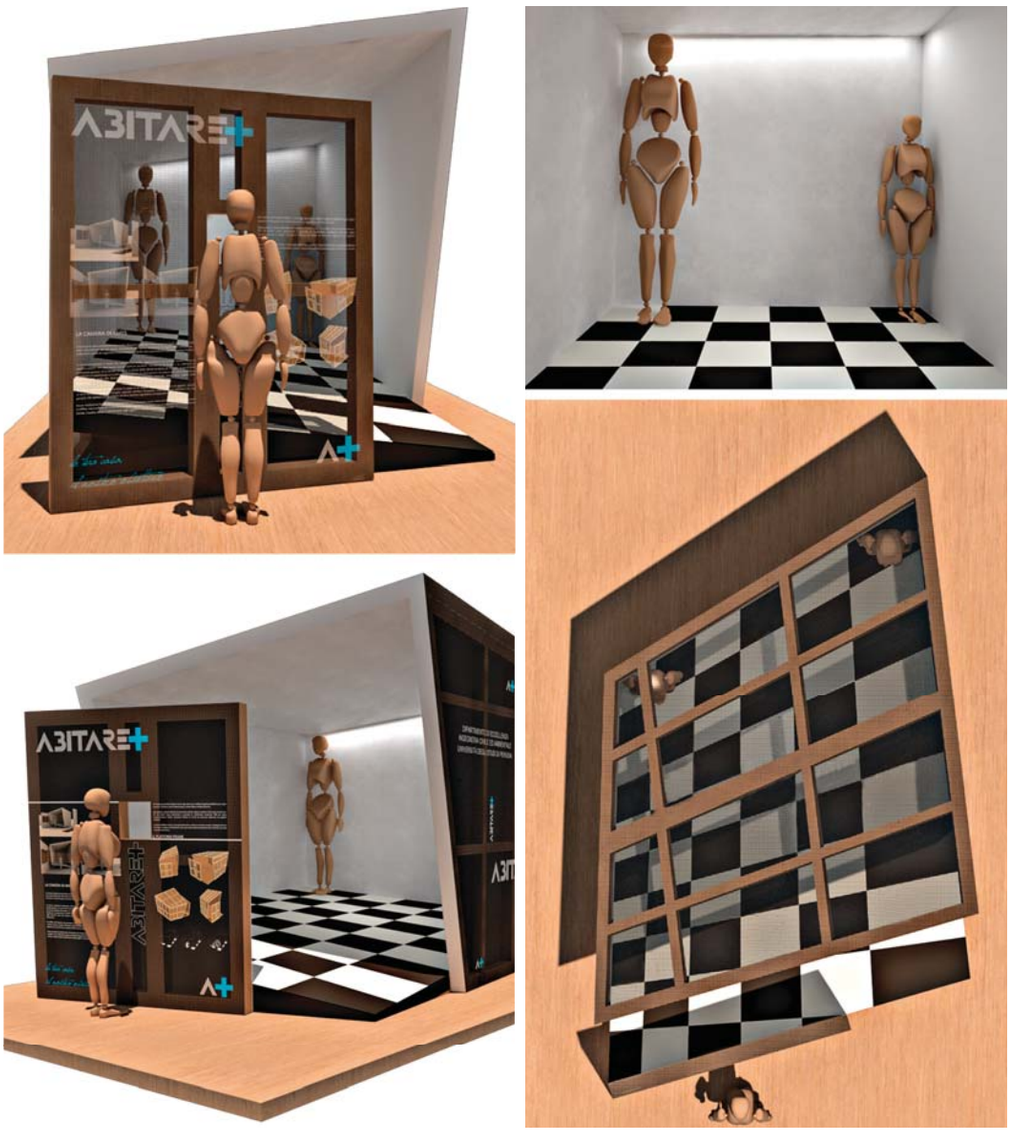
Nella corrispondenza tra "mezzo e messaggio", la Camera di Ames concretizza nello spazio la concettualizzazione della prospettiva di Leon Battista Alberti come intersezione della piramide visiva, una trascrizione geometrica del concetto ottico di un cono visivo, espressione della sua artificialità[14], «lo inganno de gl'occhi»[15]. Il valore del classico si palesa allora ancora una volta per la sua capacità di interconnettere i grandi temi della rappresentazione, in una sintesi che ha una sua piena autonomia ma si svela come un tassello del mosaico culturale che ne definisce la sua identità.

La ricerca sviluppata

L'esperienza di ricerca nasce all'interno di un percorso di collaborazione fra il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale[16]



scales of distance and size[7]; judge between apparent shape and apparent distance[8]; and assess the importance of our familiarity with objects in dimensional constancy.[9] This happens not only when people move around the room, but also when familiar objects like a chair are introduced; this is also of interest when studying the theory of shadows involving the projection of circular images that do not, however, deform into ovals.[10]
Ames describes different shapes and sizes of distorted rooms, connected either to monocular or two-dimensional vision.[11] In fact, in the words of his disciples, "an 'entire family' of distorted rooms of very different shapes could be built, yet all, if our reasoning is correct, should be seen as 'normal' instead of in some other way, because our past experience has made it a 'better bet' to perceive flat floors, vertical walls, rectangular windows, etc".[12]
Ames did not invent the architectural shape of the room[13]; it was ideated by Hermann Helmholtz, a key figure for the American school, associated with the artistic representations of distorted rooms designed by artists to simulate three-dimensional spaces, for example Samuel Van Hoogstraten and his amazing peepshow (1655-1660) and Brunelleschi's perspective machines. This means that the room is also linked to the illusion of all architectures where perspective is present, such as the famous Palazzo Spada by Francesco Borromini (1652-1653) (fig. 3), but also in some ways the trompe l'oeil images in Andrea del Pozzo's painted architectures since they exploit the same instrument (but not the same objectives).
In this correspondence between 'medium and message' the Ames Room spatially materialises the conceptualisation of Leon Battista Alberti's perspective as an intersection of the visual pyramid, a geometric transcription of the optical concept of a visual cone and the expression of its artificial nature,[14] "lo inganno de gl'occhi".[15] *The classical theme is again revealed to be important due to its ability to combine the great themes of representation in a fully independent synthesis, but one which is a piece of the cultural mosaic defining its identity.*



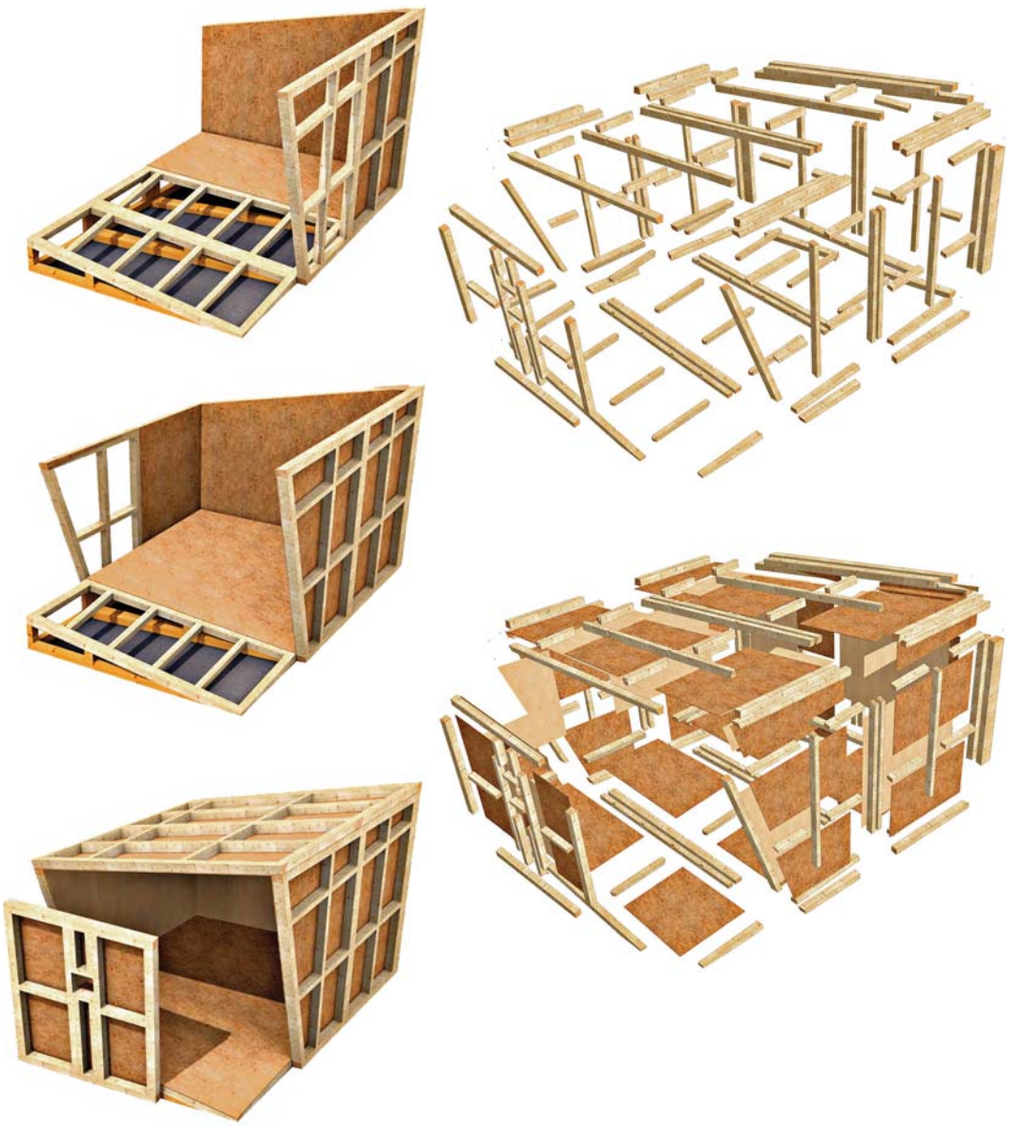
5/ La simulazione del modello della camera distorta e delle soluzioni proposte per la sua realizzazione.
Simulation of the model of the distorted room and the solutions proposed to build it.

The research

The research was part of a project for process and product innovation involving collaboration between the Department of Civil and Environmental Engineering[16] of the University of Perugia and the local start-up ABITARE+, active in the timber construction sector. Since the research required the construction of a pavilion for an event organised by the client, it was a golden opportunity to propose the creation of Ames' solid perspective as an attraction that would satisfy the need to present and share the images of 'homo laudens'.[17] *The installation was part of numerous events held in several Italian cities (Rome, Perugia, Todi, Bastia, Narni and Foligno); it led to the drafting of a successful commercial strategy involving the use of social networks to disseminate the images of the thousands of visitors who, while enjoying the illusion, took photographs of themselves inside the installation.*
As the Ames Room is a 'family' of possible distorted rooms, preparatory research was performed using generative modelling since the latter can configure serial solutions (fig. 4). This way it is possible to reveal the 'many faces' of architectural design that always resemble "the father and mother of all designs – scientific representation – supported by the logical structures of geometry".[18] Grasshopper algorithms made it possible to find the solution best suited to the spatial limitations imposed by the exhibition context. It was based on data-driven design logic and the multi-objective optimisation strategies that are part of an integrated project. Designing architectural morphologies overcomes the specificities of univocity and becomes a generative model of multiple forms all linked to the representation of relationships. The ensuing parameterisation opens up the search 'for the best' solutions, compressing the multiple issues and performances inherent in contemporary architectural requirements (fig. 5). Like every classical image, Ames' spatial paradigm reveals possible new design horizons in the cutting edge frontiers of computational design; for the first time this innovation severs the representative result from the graphic gesture in line with new

dell'Università degli Studi di Perugia e la locale start-up ABITARE+, operante nel settore delle costruzioni in legno, all'interno di un percorso di innovazione di processo e di prodotto. In tale contesto nasce l'esigenza di realizzare un padiglione per un evento espositivo di interesse del committente, occasione per la quale si è proposta la realizzazione della prospettiva solida di Ames come espediente attrattivo capace di rispondere all'esigenza di apparire e di condividere immagini proprio dell'"*homo laudens*" [17]. Il divertimento insito nell'illusione ha permesso di realizzare una strategia commerciale vincente per la disseminazione di immagini nei social, realizzate dalle migliaia di visitatori che si sono fotografati dentro l'installazione riproposta in diversi eventi e città (Roma, Perugia, Todi, Bastia, Narni, Foligno).
Essendo la camera distorta una "famiglia" di possibili camere distorte, la ricerca rappresentativa che ha portato al progetto è stata sviluppata partendo dall'utilizzo della modellazione generativa, in virtù della sua

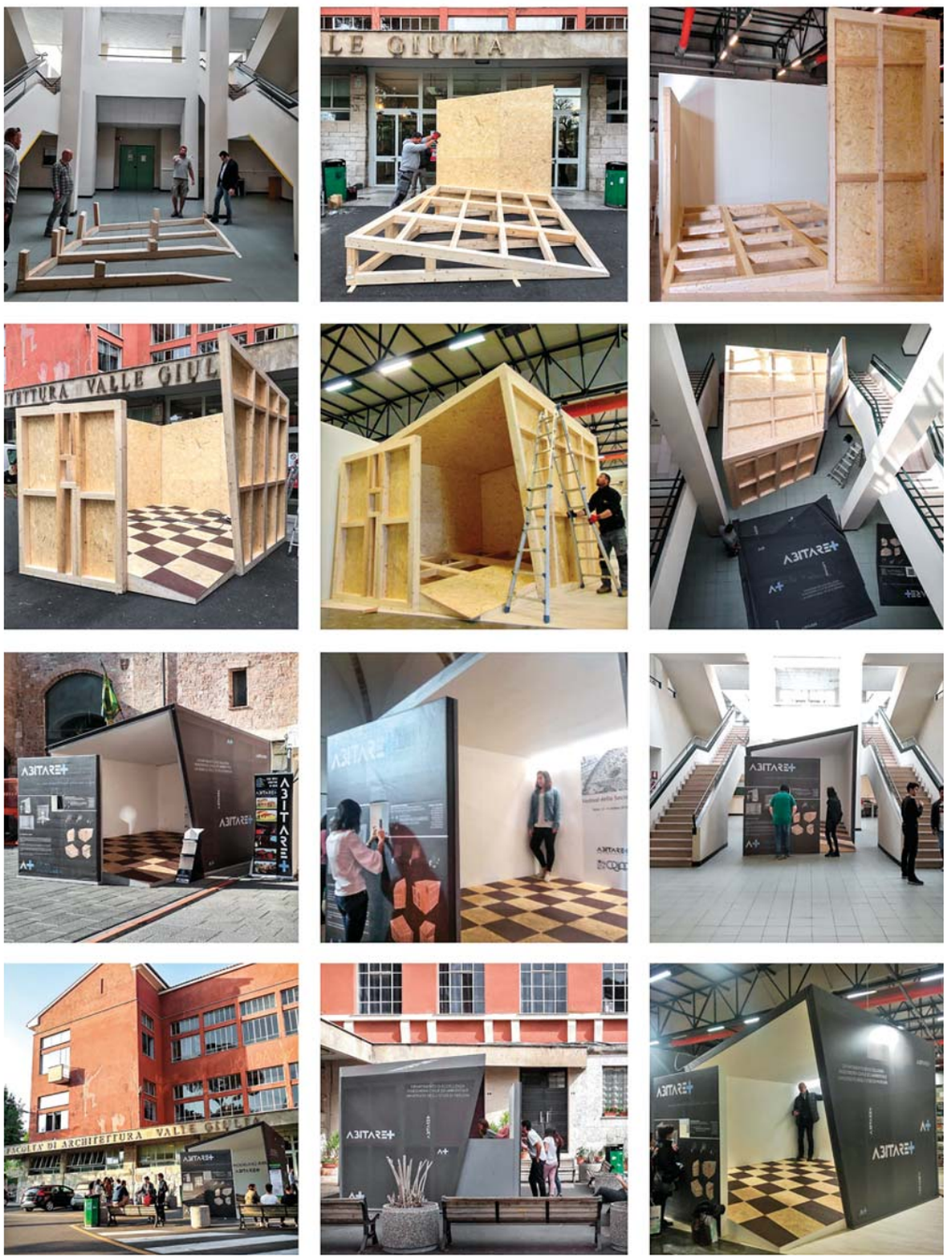
6/ La gestione attraverso il BIM della fabbricazione digitale e dell'assemblaggio dei pezzi della struttura in legno.
BIM used to digitally create and assemble the pieces of the wooden structure.



capacità di configurare soluzioni seriali (fig. 4). Si rivelano così "le molte facce" del disegno d'architettura, che sempre assomigliano «al padre e alla madre di tutti i disegni, che è la rappresentazione scientifica, quella sostenuta dalle strutture logiche della geometria»[18]. Attraverso gli algoritmi di Grasshopper è stato così possibile trovare la soluzione più adatta nel rispondere alle limitazioni spaziali imposte dal contesto espositivo per cui era stata costruita, basandosi secondo le logiche del *data-driven design* su strategie di ottimizzazione multiobiettivo insite nel progetto integrato. Lo studio della morfologia architettonica supera la determinatezza dell'univocità e diviene un modello generativo di molteplici forme tutte vincolate alla rappresentazione delle relazioni. La conseguenziale parametrizzazione proietta alla ricerca di soluzioni "per il migliore", che condensano le molteplici questioni e prestazioni insite nelle richieste architettoniche contemporanee (fig. 5). Come ogni vero classico, il paradigma spaziale di Ames svela così i

form-finding paradigms where even the external environment can be considered an active design agent.
*The generative logic behind the project dialogues and merges with the new BIM systems and logic, inducing the design to cross the boundaries between design and construction. Progress in the field of digital timber production engineering using CNC machine technology shows how the design is the place where architecture is created, as summarised by Leon Battista Alberti in his famous quote: "*Tota res ædificatoria lineamentis et structura constituta est*".*
Interchange files (ifc) make it possible to switch from generative forms to the specific BIM timber construction tools (SEMA) used in digital construction processes. These tools enable detailed hierarchical representation of the construction elements and direct communication with the numerical control machines in order to obtain the 'pieces' to be assembled (fig. 6).
In our project the panel positioned at the restricted viewpoint marks the observer's position; the enlarged aperture of the frame allows him to discover the deception only thanks to the screen of his smartphone.
The installation shows that the restricted view is an area and not an exact point; this allows the observer to move freely from the observation point to adapted perception while he gradually becomes accustomed to this conformation despite clearer indications of the stereoscopic vision. In order to be able to place distorted words and logos on the distorted rear wall, in line with each event, the room designed by the research group did not have distorted windows. However, by designing a two-tone, diamond-shaped floor, the camera encouraged observers to presume that the objects in the images were the same size (fig. 7).
The Ames Room is a game that conceals 'how' vision is created; it questions the relationship between image and reality. This leads to the issue of the discovery of space in line with the objective of examining the immaterial relations between vision and the impact of images: "one must bear in mind that man is primarily a visual animal.

7/ Le fasi di costruzione dell'installazione architettonica e il suo utilizzo nei diversi eventi.
Construction of the architectural installation and how it was used in several events.



Over 50% of the neurons in a human brain respond to this sensory input".[19] *This project performed experiments regarding the survey of perception by adopting several innovative instruments used in neuroscience studies,*

possibili nuovi orizzonti per il disegno che si aprono nella frontiera del *computational design*, innovazione che per la prima volta disallinea il risultato rappresentativo dal gesto grafico, secondo i nuovi paradigmi del *form-finding*, dove anche l'ambiente esterno può essere considerato come un agente attivo del disegno.

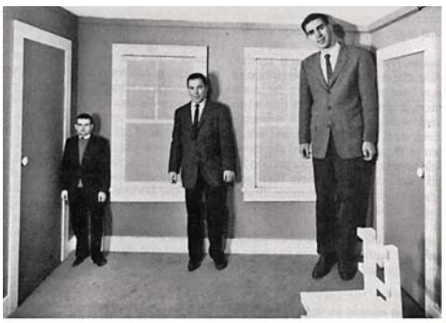
La logica generativa che sostanzia il progetto dialoga e si fonde con i nuovi sistemi e le logiche del BIM, che portano il disegno a superare i confini fra progetto e realizzazione. Le evoluzioni dell'ingegnerizzazione digitale della produzione del legno attraverso macchine a controllo numerico mostrano come il disegno sia il luogo dove si realizza l'architettura, come sintetizza Leon Battista Alberti nel suo noto aforisma: «*Tota res ædificatoria lineamentis et structura constituta est*». Attraverso file d'interscambio (ifc), è possibile passare dalle forme generative a strumenti BIM specifici delle costruzioni in legno (SEMA), correlati ai processi di fabbricazione digitale. Con tali strumenti è stato possibile rappresentare nel dettaglio gli elementi costruttivi nei loro differenti livelli gerarchici e comunicare direttamente con le macchine a controllo numerico per ottenere i "pezzi" da montare (fig. 6).

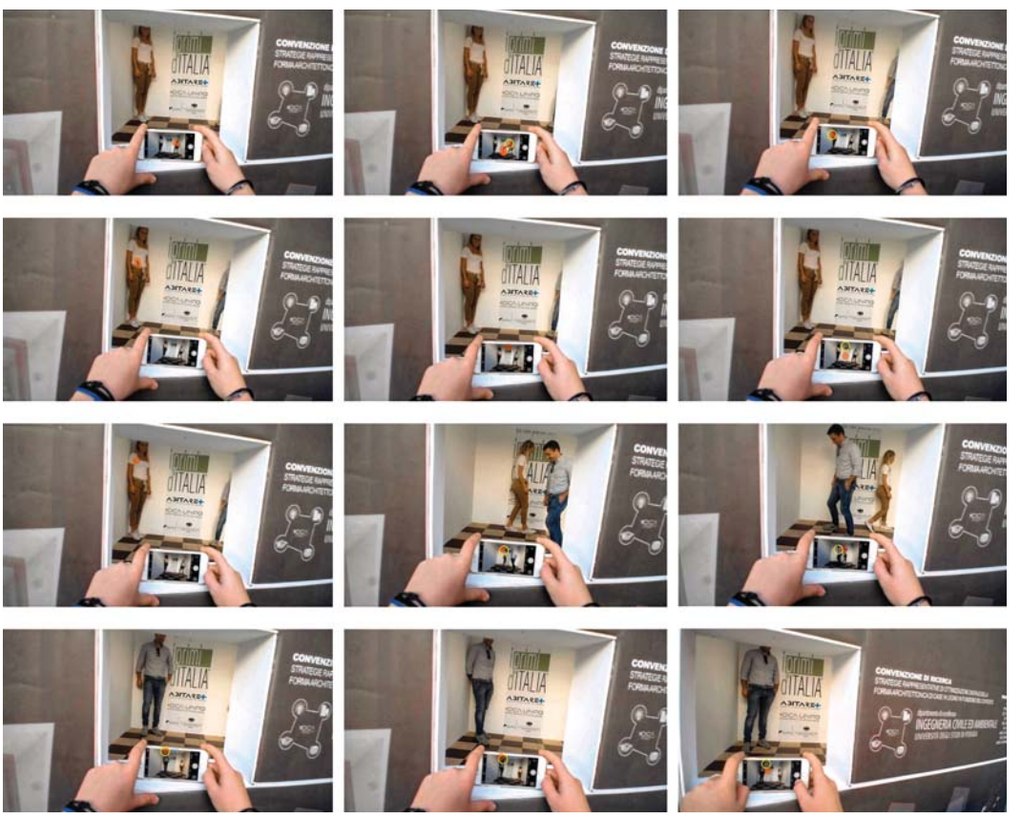
Nel nostro progetto, un pannello posizionato in corrispondenza del punto di vista vincolato segna la posizione dell'osservatore, con un'apertura ampia di un riquadro che fa scoprire l'inganno solo attraverso lo schermo dello smartphone. La realizzazione mostra come la vista ristretta non sia un punto esatto, ma un'area, ammettendo un ampio spostamento del punto di osservazione, una condizione che porta a un adattamento della percezione, con l'osservatore che si abitua a questa conformazione nonostante gli indizi più chiari della visione stereoscopica. Per inserire scritte deformate e loghi nella parete posteriore deformata a seconda dei diversi eventi, la stanza progettata dal gruppo di ricerca non ha finestre deformate ma, usando un pavimento a rombi bicolore disegnato a terra, la fotocamera spinge le persone a supporre che le immagini provengano da oggetti della stessa dimensione (fig. 7).

La Camera di Ames è un gioco che maschera "come" si forma la visione, ponendo interrogativi sul rapporto fra immagine e realtà. Si apre così il tema della scoperta dello spazio, nell'obiettivo di un rilievo delle relazioni immateriali fra ciò che con-

8/ L'illusione della Camera di Ames in una delle prime immagini classiche utilizzate per dimostrare il valore dei "modelli mnemonici", l'apparente distorsione di una sedia posto al suo interno, gli esperimenti di analisi percettiva attraverso neuroheadsets ed eye-tracker.
The Ames Room illusion is one of the first classic images used to demonstrate the importance of 'mnemonic models'; the apparent distortion of a chair placed inside the room; the perceptive analysis experiments using neuroheadsets and eye-tracker.

9/ Frame significativi registrati nell'analisi percettiva tramite eye-tracking inerente allo spostamento oculare (in rosso) e le fissazioni dell'occhio maggiori di due decimi di secondo (in giallo).
Meaningful frames recorded during the perceptive analysis using eye-tracking to identify ocular displacement (in red) and eye fixations greater than two tenths of a second (in yellow).



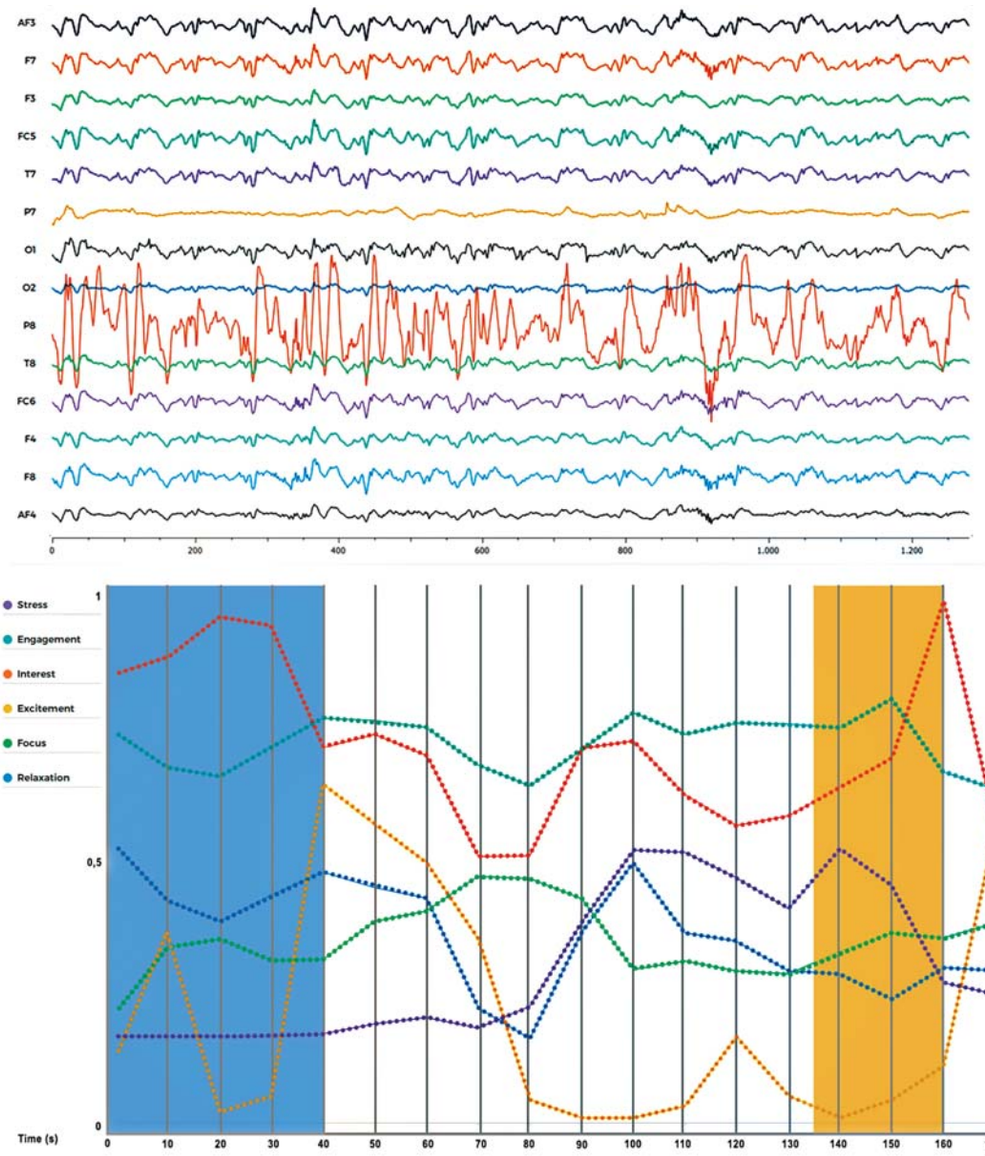


such as eye-tracker and neuroheadset. The former makes it possible to study what impacts the eye; this can be achieved by pointing one camera towards the pupil and another towards external space to identify the fixation elements in the digital image, and then establish which are the key elements that capture the person's attention (fig. 8). The neural helmet instead records brain waves in order to interpret the mood and emotions of the person wearing the helmet (fig. 9). Correlating the data recorded by the two instruments helps to analyse behaviour and understand architectural space. The goal is to survey the person's mood and emotions triggered by his feelings as well as support the design of spaces customised by an increasingly profound understanding of the person in question (fig. 10).
During these analysed experiences the instruments provided positive proof that when free vision reveals the deception it shatters the epiphany of the illusory image that appears when the camera of the smartphone projects and reduces the image in its screen.
The experiment involved a group of 25 volunteers unaware of how the device worked; the results show that in general they were quite tense because they didn't know what to look at and had no reference points. Then, when they used their smartphones they were amazed at the deception; this sparked a surge in their attention and feelings which was immediately verified, initially involving the volunteers inside the room, to see whether the estimate of the measurements corresponded, and then by trying to find clues in the space in question that could provide feedback regarding the deception.

Final considerations

Transferring such a classical example as the Ames Room into the field of architecture and representation is a cultural proposal involving contemporary topics of design and images. Studying a distorted form and the ensuing interest it triggers represents a significant hermeneutic process vis-à-vis previous experiences. Likewise, the users' involvement in the numerous installations confirms the growing importance of

10/ Le frequenze celebrali ottenute con i neuroheadsets e le metriche della loro elaborazione del tempo dell'esperienza sincronizzate con l'eye-tracking.
The brain waves obtained using neuroheadsets and the metrics of their processing during the timeframe of the experience synchronised with eye-tracking.



the communicative role of architecture, sparked by its desire to represent itself as a consequence of the multifaceted universe of the relationships created by social media. With the critical distance typical of the classical world, experience leads us to consider space as doubtful or uncertain, thus becoming a metaphor not only for our existence in the era of images, but also for the speed with which it diminishes our critical ability. As a result, "we shall look for, and find, confirmations, and we shall look away from, and not see, whatever might be dangerous to our pet theories".[20]
The design of the Ames Room emphasises the holistic relationship between design, image and architecture redesigned by digital technology; this relationship becomes tangible in the didactic nature of the whole process and reveals a deep-rooted transformation of the 'temporal' logic of contemporary design. Generative modelling clarifies the morphogenetic process rooted in the multiple variations of the shape obtained by controlling the parameters inserted through design.
The final representative act is postponed to calculus and left to artificial intelligence since the latter, with its ability to calculate, can consider the numerous performance traits that need to be satisfied by the architectural form as well as stochastically identify the 'best' solutions from amongst numerous possible combinations. Given this vision of integrated design, BIM logic proposes the tangible nature of each representative act and veers more towards the detail required in construction, one of the characteristic traits of these tools. This clearly reveals the importance of representation as the place of architecture, made tangible by machines controlled by design in accordance with interconnected procedures.
The installation made it possible to test new digital tools designed to detect perceptive processes so that new and increasingly accurate data can be used to interpret the model created after comparing the paradoxical image with the distorted space. In the past these experiences and sensations could only be recorded ex post but not measured; contemporary empirical research instead uses

cerne il vedere e l'impatto delle immagini: «è da tener ben presente che l'uomo è un animale prevalentemente visivo. Più del 50% dei neuroni del suo cervello rispondono a questa entrata sensoriale»[19]. È stato così possibile promuovere in tale esperienza sperimentazioni rappresentative volte al rilievo della percezione attraverso strumenti innovativi propri degli studi delle neuroscienze, quali l'*eye-tracker* e i *neuroheadset*. La prima tecnologia permette di analizzare ciò che impatta sull'occhio, con una telecamera che punta sulla pupilla e un'altra che guarda lo spazio esterno individuando nell'immagine digitale gli elementi di fissazione, dai quali si può far derivare ciò che attrae maggiormente nella visione (fig. 8). Il casco neuronale è invece uno strumento capace di registrare le frequenze celebrali per interpretare lo stato d'animo e le emozioni del tester (fig. 9). La correlazione fra i dati dei due strumenti può essere utilizzata

per l'analisi dei comportamenti anche nella comprensione dello spazio architettonico, nell'ottica di aprire al rilevamento del suo stato d'animo, delle emozioni che nascono dalle sensazioni, per supportare il progetto di spazi customizzati da una conoscenza sempre più profonda della persona (fig. 10). Nelle esperienze analizzate, tali strumenti asseverano come la visione aperta, che palesa l'inganno, si infrange nell'epifania dell'immagine illusoria, che compare quando lo spazio è proietatto e ridotto nello schermo dello smartphone attraverso la sua fotocamera.
Con un campione di 25 volontari che non conoscevano il funzionamento dell'espediente, è stato possibile annotare quale condizione generale che chi vive l'esperienza della Camera di Ames dapprima si trova in uno stato di tensione non sapendo cosa guardare, perso nei riferimenti. Poi, all'apertura dello smarphone, l'attenzione e l'emozione cresce con lo stupore dell'inganno, subito verificato ricercando dapprima sui soggetti posti all'interno la corrispondenza della stima delle misure, quindi sullo spazio indizi capaci di dare riscontri dell'inganno.

Considerazioni conclusive

Il trasferimento in ambito architettonico e rappresentativo di un classico come la Camera di Ames si presenta come una proposta culturale sui temi contemporanei del progetto e dell'immagine. Se già lo studio della forma distorta e l'interesse che ne è nato esprime un processo ermeneutico significativo rispetto alle pregresse esperienze, parimenti il coinvolgimento riscontrato fra i molti fruitori durante le installazioni mostra la sempre più preponderante centralità comunicativa dell'architettura, vissuta per la volontà di rappresentarsi consequenziale al multiuniverso delle nostre relazioni determinato dai social media. Con quella distanza critica propria del classico, l'esperienza porta a vivere lo spazio come dubbio, diventando così una metafora sul nostro vivere nell'epoca delle immagini, su quella velocità che depaupera il nostro senso critico per cui «cercheremo, e troveremo, conferme; distoglieremo lo sguardo da ciò, e quindi non lo vedremo, che potrebbe mettere in pericolo le teoriche che ci sono care»[20].
Il disegno della Camera di Ames sottolinea l'olistica relazione fra disegno, immagine e architettura ridisegnata dal digitale, che si concretizza nella didascalicità del percorso sviluppato nella sua completezza e che mostra una profonda trasformazione delle logiche "temporali" insite nel disegno contemporaneo. La modellazione generativa permette infatti di esplicitare il processo morfogenetico che ritrova l'esistenza di un'origine fra le molteplici variazioni della forma ottenute nel controllo dei diversi parametri posti in essere dal disegnare. L'atto rappresentativo definitivo è posticipato ai tempi di calcolo e lasciato all'intelligenza artificiale, che con la sua capacità di calcolo riesce a tenere in considerazione le molteplici prestazioni a cui la forma architettonica deve rispondere, individuando stocasticamente le soluzioni "per il migliore" fra le miriadi di combinazioni possibili. In questa visione di progettazione integrata, le logiche BIM propongono poi quella concretezza, insita in ogni atto rappresentativo, indirizzandosi più verso il dettaglio necessario per il costruire, come è proprio di tali strumenti. Emerge così la chiara valenza della rappresentazione come il luogo dell'architettura, concretizzata da macchine controllate dal disegno stesso secondo procedure interconnesse.
La realizzazione permette poi di testare i nuovi strumenti digitali atti a rilevare i processi percettivi, per costruire con dati nuovi, sempre più accurati, l'interpretazione del modello derivata dalla contestuale comparazione dell'immagine paradossale e dello spazio distorto. Se in passato le esperienze e le sensazioni non potevano essere misurate ma solo registrate ex post, la ricerca empirica contemporanea attraverso i dati ricavati dai *device* digitali ci mostra passaggi fondamentali che si pongono come paradigmi interpretativi della nostra cultura della comunicazione, svelandoci come siamo sopraffatti dalle immagini tanto da non credervi più, condizione per cui diviene centrale la loro manifestazione. Fare svelare dapprima lo spazio per poi far apparire l'immagine si è mostrato come un espediente utile per far comprende-

data from digital devices to expose crucial steps in the process, interpretative paradigms of our communication culture revealing how images overwhelm us, so much so that we no longer believe them. This is why it is paramount to make them visible. Revealing the space first and then making the image appear helped to understand perception processes as "a functional affair based on experience, action and probability".[21]
However, this creates a link between "visual perception and graphic representation", which "is always and only established in perspective [...] whether or not we have actually made or only perceived it".[22]
Designing the Ames room tangibly illustrates the very essence of research, admirably conveyed by the Grand Prix paradigm: although none of us have ever seen a racing car zoom around city streets, the technical solutions tested in these cars become novelties that are later included in the industrialised production of cars and then in our everyday lives. Likewise, when the international community reflects on the importance of digital representation for timber constructions,[23] *the Ames Room is like a hyperbolic example of a much broader study of generative algorithms for mass customisation in architecture, a field of study that involves establishing new processes for the optimisation of forms, detailed solutions, and new design flows for digital manufacturing.*[24] *All the previously tested steps and processes to set up the Ames Room experience were verified in a room built at the university which is materialising the innovation processes inherent in the fourth industrial revolution, thereby demonstrating the renewed key role of representation as the place of the model.*
Like any classical device, the Room appears 'anachronistic', not so much due to its timeless reinterpretation but, in line with its etymological meaning, since it causes one era to intrude on another and because, like every classical device, it is always topical and able to teach something important, projecting the present into the past in a continuous comparison that looks to the future and always creates innovation.

re i processi della percezione come «un affare funzionale basato sull'esperienza, l'azione e la probabilità»[21], ma nasce un rapporto fra «percezione visiva e rappresentazione grafica», che si «instaura sempre e soltanto nell'operazione prospettica […] sia che l'abbiamo realmente fatta o soltanto intuita»[22].
Disegnare la Camera di Ames si svela allora come un esercizio che concretamente declina la sostanza stessa del fare ricerca, ben espresso dal paradigma della Formula Uno: seppure nessuno di noi abbia mai visto girare per le stade una vettura monoposto, è qui che avviene quella sperimentazione di soluzioni tecniche che diventano innovazioni da trasferire alla produzione industriale e poi alla vita comune. Parimenti la Camera di Ames, in un contesto anche di riflessione internazionale sul valore della rappresentazione digitale per le architetture in legno[23], si presenta come un caso iperbolico di un più ampio studio degli algoritmi generativi per la *mass customization* architettonica, campo di studio dove individuare nuovi processi per l'ottimizzazione di forme e di soluzioni di dettaglio, determinando nuovi flussi di progettazione tesi alla fabbricazione digitale[24].
Tutti i diversi i percorsi già sperimentati per il disegno dell'esperienza di Ames sono stati verificati in una *test room* realizzata presso il polo universitario, che sta concretizzando i processi di innovazione insiti nella quarta rivoluzione industriale, a dimostrazione della rinnovata centralità della rappresentazione come il luogo del modello.
Come ogni classico, la camera si mostra allora "anacronistica", e non per una sua rilettura fuori dal suo tempo, ma, in accordo al suo senso etimologico, perché porta l'intrusione di un'epoca in un'altra, perché, come ogni classico, non smette mai di essere attuale e di avere qualcosa di buono da insegnare, proiettando il presente nel passato in un confronto continuo che guarda al futuro e crea sempre innovazione.

1. Eco 2001.

2. Migliari 1991.

3. Calvino 1995, pp. 16-17.

4. Creighton 1949.

5. Gombrich 1960, pp. 201-211.

6. Cornish 1935, p. 61.

7. Vogel, Teghtsoonian 1972.

8. Blessing, Landauer, Coltheart 1967.

9. Bolles, Bailey 1956, p. 222.

10. Broerse, Ashton, Shaw 1992.

11. Ames, Ittelson 1952.

12. Ittelson, Kilpatrick 1952, p. 48.

13. Gregory 1994.

14. Gioseffi 1957.

15. Accolti 1625.

16. Contratto per ricerca su strategie rappresentative di ottimizzazione digitale della forma architettonica di case in legno in funzione del contesto (2017): responsabili scientifici: Fabio Bianconi, Marco Filippucci; gruppo di ricerca: Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Alessandro Buffi. Contratto di ricerca su studi di rappresentazione parametrica e modellazione BIM finalizzati all'analisi e all'ottimizzazione di architetture in legno (2018): responsabile scientifico: Fabio Bianconi; gruppo di ricerca: Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Alessandro Buffi, Giulia Pelliccia. Contratto di ricerca su studi sull'ottimizzazione morfologica ed energetica inerente processi realizzativi e abitazioni in legno (2019): responsabile scientifico: Fabio Bianconi; gruppo di ricerca: Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Alessandro Buffi, Giulia Pelliccia, Marco Seccaroni.

17. Huizinga 1939.

18. Migliari 2000, p. 9.

19. Maffei 2007, pp. 69-81.

20. Popper 1957, p. 124.

21. Ittelson, Kilpatrick 1951, p. 55.

22. Fasolo 1993, p. 143.

23. Bianconi, Filippucci 2019.

24. Bianconi, Filippucci, Buffi 2019.

---

1. *Eco 2001.*

2. *Migliari 1991.*

3. *Calvino 1995, pp.16-17.*

4. *Creighton 1949.*

5. *Gombrich 1960, pp. 201-211.*

6. *Cornish 1935, p. 61.*

7. *Vogel, Teghtsoonian 1972.*

8. *Blessing, Landauer, Coltheart 1967.*

9. *Bolles, Bailey 1956, p. 222.*

10. *Broerse, Ashton, Shaw 1992.*

11. *Ames, Ittelson 1952.*

12. *Ittelson, Kilpatrick 1952, p. 48.*

13. *Gregory 1994.*

14. *Gioseffi 1957.*

15. *Accolti 1625.*

16. *Research contract for strategies regarding the digital optimisation of the architectural form of wood houses depending on the context (2017): scientific directors Fabio Bianconi, Marco Filippucci; research team: Fabio Bianconi, Marco Filippucci, and Alessandro Buffi. Research contract regarding studies on parametric representation and BIM modelling in order to analyse and optimise wood constructions (2018): scientific director: Fabio Bianconi; research team: Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Alessandro Buffi, and Giulia Pelliccia. Research contract regarding studies on the morphological and energy optimisation of construction processes and wood constructions (2019): scientific director: Fabio Bianconi; research team: Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Alessandro Buffi, Giulia Pelliccia, and Marco Seccaroni.*

17. *Huizinga 1939.*

18. *Migliari 2000, p. 9.*

19. *Maffei 2007, pp. 69-81.*

20. *Popper 1957, p. 124.*

21. *Ittelson, Kilpatrick 1951, p. 55.*

22. *Fasolo 1993, p. 143.*

23. *Bianconi, Filippucci 2019.*

24. *Bianconi, Filippucci, Buffi 2019.*

References

- Accolti Pietro. 1625. *Lo inganno de gl'occhi, prospettiva pratica de Pietro Accolti*. Florence: Pietro Cecconcelli, 1625.
- Ames Albert Jr., Ittelson William H. 1952. *The Ames Demonstrations in Perception*. New York: Hafner Publishing, 1952. 88 p.
- Bianconi Fabio, Filippucci Marco (eds.). 2019. *Digital Wood Design. Innovative Techniques of Representation in Architectural Design.* Cham: Springer International Publishing, 2019. 1535 p. ISBN 9783030036768. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03676-8> [aprile 2020].
- Bianconi Fabio, Filippucci, Marco, Buffi Alessandro. 2019. Automated design and modeling for mass-customized housing. A web-based design space catalog for timber structures. *Automation in Construction*, vol. 103, 2019, pp. 13-25. DOI 10.1016/j.autcon.2019.03.002.
- Blessing William W., Landauer Ali A., Coltheart Max. 1967. The Effect of False Perspective Cues on Distance - and Size - Judgments: An Examination of the Invariance Hypothesis. *The American Journal of Psychology*, 1967, 80, 2, p. 250. DOI 10.2307/1420984.
- Bolles Robert C., Bailey Daniel E. 1956. Importance of object recognition in size constancy. *Journal of Experimental Psychology*, 1956, 51, 3, pp. 222-225. DOI 10.1037/h0048080.
- Broerse Jack, Ashton Roderick, Shaw Craig 1992. The Apparent Shape of Afterimages in the Ames Room. *Perception*, 1992, 21, 2, pp. 261-268. DOI 10.1068/p210261.
- Calvino Italo. 1995. *Perché leggere i classici*. Milano: Mondadori, 1995. 368 p. ISBN: 88-0440-140-0.
- Cornish Vaughan. 1935. *Scenery and the sense of sight*. Cambridge: University Press, 1935. xii + 107 p.
- Creighton Thomas H., 1949. *Building for Modern Man. A Symposium*. Princeton: Princeton University Press, 1949. xvi + 219 p.
- Eco Umberto. 2001. *La bustina di Minerva*. Milano: Tascabili Bompiani, 2001. 345 p. ISBN: 88-4524-862-3.
- Fasolo Orseolo. 1993. L'importanza degli studi sulla percezione visiva nell'insegnamento della geometria descrittiva. In Angelo Ambrosi et al. *Geometria e percezione nei metodi di rappresentazione grafica*. Bari: Edipuglia, 1993, p. 150. ISBN: 88-7228-117-2.
- Gioseffi Decio. 1957. *Perspectiva artificialis: Per la storia della prospettiva; spigolature e appunti*. Trieste: Università degli Studi di Trieste, Facoltà di Lettere e Filosofia, 1957. 145 p.
- Gombrich Ernst Hans. 1960. *Art and Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation*. London: Phaïdon Press, 1960. 466 p.
- Gregory Richard Langton. 1994. *Even Odder Perceptions*. London: Routledge, 1994. 268 p. ISBN: 0-415-06106-7.
- Huizinga Johan. 1939. *Homo ludens. Versuch einer Bestimmung des Spielelmentes der Kultur*. Amsterdam: Pantheon Akademische Verlagsanstalt, 1939. 220 p.
- Ittelson William H., Kilpatrick Franklin P. 1951. Experiments in Perception. *Scientific American*, 1951, 185, 2, pp. 50-55. DOI 10.1038/scientificamerican0851-50.
- Ittelson William H., Kilpatrick Franklin P. 1952. Equivalent Configurations and the Monocular and Binocular Distorted Rooms. In *Human Nature from the Transactional Point of View*. New York: Institute for Associated Research, 1952, pp. 41-55.
- Maffei Lamberto. 2007. I diversi sentieri della memoria e l'arte visiva. In Giovanni Lucignani, Andrea Pinott (a cura di). *Immagini della mente: neuroscienze, arte, filosofia*. Milano: Cortina Raffaello, 2007, pp. 69-81. ISBN: 978-88-6030-108-6.
- Migliari Riccardo. 2000. La rappresentazione e il controllo dello spazio: morte e trasfigurazione della Geometria Descrittiva. *Disegnare. Idee Immagini*, 2000, pp. 9-18.
- Popper Karl. 1957. *The Poverty of Historicism*. Boston: The Beacon Press, 1957. 166 p.
- Vogel Juliet M., Teghtsoonian Martha 1972. The effects of perspective alterations on apparent size and distance scales. *Perception & Psychophysics*, 1972, 11, 4, pp. 294-298. DOI 10.3758/BF03210382.

Cristiana Bartolomei, Cecilia Mazzoli

Analisi geometrica e design parametrico delle superfici di involucro in cubi autobloccanti

Geometric analysis and parametric design of envelope surfaces made with interlocking cubes

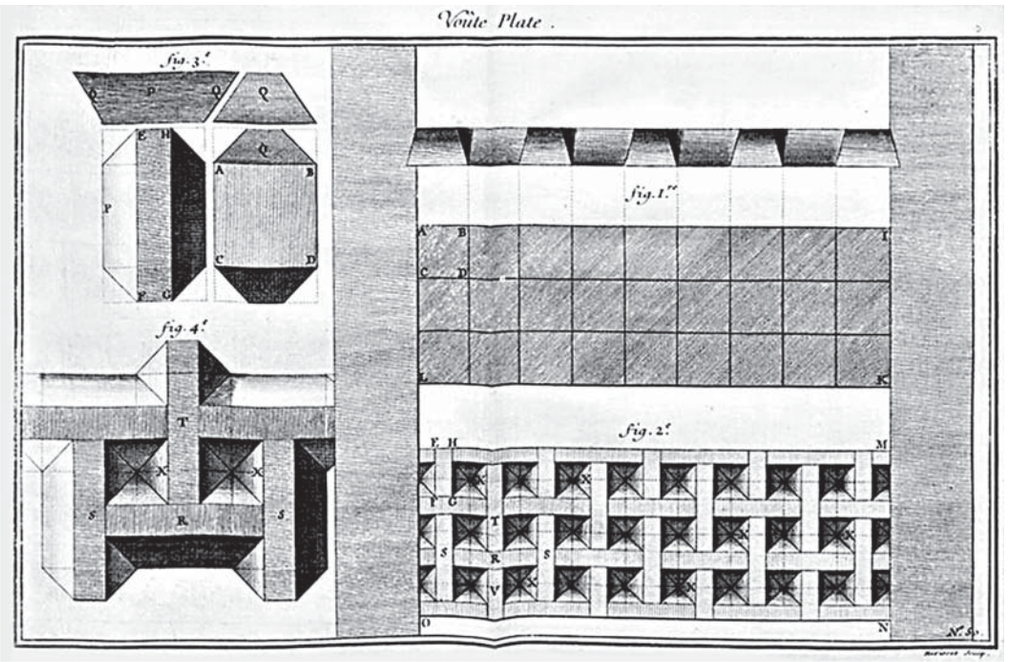
The research performed a geometric analysis of stereotomic interlocking systems and the principles governing the tessellation of Euclidean space in order to explore the possibilities of parametrically designing the surfaces of envelopes. In particular, the contribution focuses on the study of the interlocking systems created by assembling cubic platonic solids, thus making it possible to obtain a hexagonal pattern. Geometries visible in nature show that this kind of hexagonal tessellation optimises spatial distribution and the properties of geometric and structural stability.

Keywords: platonic solids; tessellation of Euclidean space; building envelope surfaces; Topological Interlocking Materials (TIM).

Attraverso l'analisi geometrica dei sistemi autobloccanti stereotomici e dei princìpi che regolano la tassellazione dello spazio euclideo, la ricerca esplora le possibilità formali per il design parametrico delle superfici di involucro. In particolare, il contributo si focalizza sullo studio dei sistemi autobloccanti costituiti dall'assemblaggio di solidi platonici cubici, che consentono di ottenere una maglia esagonale. Come dimostrano le geometrie osservabili in natura, questa tassellazione esagonale ottimizza la distribuzione spaziale e le proprietà di stabilità geometrica e strutturale.

Parole chiave: solidi platonici; tassellazione spazio euclideo; superfici di involucro edilizio; sistemi autobloccanti; Topological Interlocking Materials *(TIM).*

The principles of fragmentation and segmentation used since time immemorial to design architectural structures and the new options of modular configurations of building envelope surfaces can be understood and itemised thanks to the crucial tools of drawing and geometry.
Said structures are based on an interlocking assembly system created by their geometric properties; no connectors or bonding agents are used to combine the elements. Looking back at the history of construction there are several examples of these structures, i.e., jack arches, dry stone or brick walls, arches, and vaulted systems built by assembling single elements.
The flat vault (voûte plate) *invented in 1699 by the French engineer Joseph Abeille is one of the most interesting examples of interlocking systems (fig. 1).*
In this construction system, a single block type – a polyhedron with two axial sections in the shape of an isosceles trapezium, oriented in different directions – is made to move and rotate to obtain tessellation of the surface. The ashlars are positioned in alternate directions so that each polyhedral form is mechanically supported by the other two without joints between the modules, a method normally used in stone constructions. After assembling the ashlars this type of vault presents two different tessellations, visible on the surface: a mesh reminiscent of the interesting motif of a textile weave with pyramidal holes at the extrados and a homogeneous square pattern at the intrados. After Abeille, several

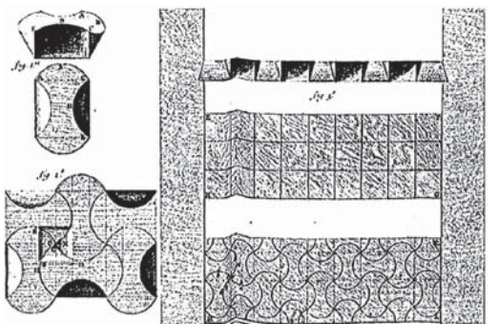


I princìpi di frammentazione e segmentazione mediante i quali alcune strutture architettoniche sono state da sempre progettate e le nuove possibilità di configurazioni modulari di superficie per gli involucri edilizi possono essere compresi e dettagliati grazie all'aiuto fondamentale del disegno e della geometria.
Tali strutture si basano su un sistema di assemblaggio autobloccante determinato dalle loro proprietà geometriche, i cui elementi costitutivi non sono legati tra loro da alcun collante o connettore. Ripercorrendo a ritroso la storia delle costruzioni fin dalle sue origini è possibile rinvenire svariati esempi delle predette strutture, ossia le piattabande, le murature a secco in pietra o in laterizio, nonché gli archi e i sistemi voltati, realizzati mediante l'assemblaggio di singoli elementi. La volta piana (*voûte plate*) di Joseph Abeille, concepita nel 1699 dall'omonimo ingegnere francese, rappresenta uno dei più interessanti esempi di sistemi autobloccanti (fig. 1).
In questo sistema costruttivo, un unico concio tipo, un poliedro con due sezioni assiali a forma di trapezio isoscele, orientate in direzioni opposte, viene fatto traslare e ruotare in modo da ottenere la tassellazione della superficie. I conci vengono quindi posizionati seguendo direzioni alternate, cosicché ciascun elemento di forma poliedrica sia supportato meccanicamente da altri due, senza l'utilizzo di connessioni di carpenteria tra i diversi moduli, cui si fa tradizionalmente ricorso nelle costruzioni in pietra. Una volta assemblati i conci, la tipologia di volta in esame presenta due differenti tassellazioni, visibili in superficie: una maglia che richiama l'interessante motivo dell'intreccio tessile con fori piramidali

1/ *Pagina precedente.* Volta piana (voûte plate) di Abeille: disegni dei moduli poliedrici lapidei e del sistema di assemblaggio della volta piana inventata nel 1699 (Joseph Abeille. Mémoire concernant la voûte plate inventée par M. Abeille, présenté en 1699. Académie royale des Sciences, Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences, Tome 1, 1735, pp. 159-161).
Previous page. *Abeille's flat vault (voûte plate): drawings of the stone polyhedral modules and the assembly system of the flat vault invented in 1699 (Joseph Abeille. Mémoire concernant la voûte plate inventée par M. Abeille, présenté en 1699. Académie royale des Sciences, Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences, Book 1, 1735, pp. 159-161).*

2/ Solaio (plancher) di Jean Truchet (1699): estradosso piano, continuo e calpestabile (L'architrave, le plancher, la plate-forme. Nouvelle histoire de la construction. Sous la direction de Roberto Gargiani. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), 2012, pp. 117-119).
Floor slab (plancher) by Jean Truchet (1699): flat, continuous and walkable extrados (L'architrave, le plancher, la plate-forme. Nouvelle histoire de la construction. Under the direction of Roberto Gargiani. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), 2012, pp. 117-119).

3/ Moduli geometrici utilizzabili per realizzare la volta piana di Abeille: (a) modulo di Abeille; (b) modulo di Truchet; (c), (d), (e), (f), (g), (h) moduli di Frézier (Rabasa Díaz 1998, p. 411).
Geometric modules used to create Abeille's flat vault: (a) Abeille's module; (b) Truchet's module; (c), (d), (e), (f), (g), (h) Frézier's modules (Rabasa Díaz 1998, p. 411).



all'estradosso, una trama quadrata omogenea all'intradosso. Successivamente ad Abeille, diversi matematici, ingegneri e architetti si sono cimentati nel progetto di solai analoghi, dando vita a nuove geometrie di conci assemblabili. Segnatamente, nel 1699, Jean Truchet è stato il primo a risolvere il problema dei vuoti tipici dell'estradosso della volta piana di Abeille, rendendo il solaio praticabile seppur mediante l'utilizzo di solidi geometrici complessi (fig. 2). Anche Amédée François Frézier si è occupato di questa tematica nel suo *Traité de Stéréotomie* (1737-1739), traendo ispirazione dai solai di Sebastiano Serlio (1545) e John Wallis (1695) e dalla volta di Abeille. In particolare, costui, dopo aver esaminato criticamente il sistema proposto da Abeille (fig. 3, a) e da Truchet (fig. 3, b), al fine di colmare i vuoti interstiziali tipici della volta piana, suggerisce alcune possibili varianti geometriche per i conci. La sua prima formulazione dei conci (fig. 3, c) prevede l'uso di superfici coniche, mentre le successive utilizzano soltanto superfici piane (fig. 3 d, h). In altre due configurazioni (fig. 3, e, f), invece, l'autore cerca di regolarizzare la geometria dei conci, mentre in una ulteriore variante (fig. 3, g) combina due conci diversi[1].

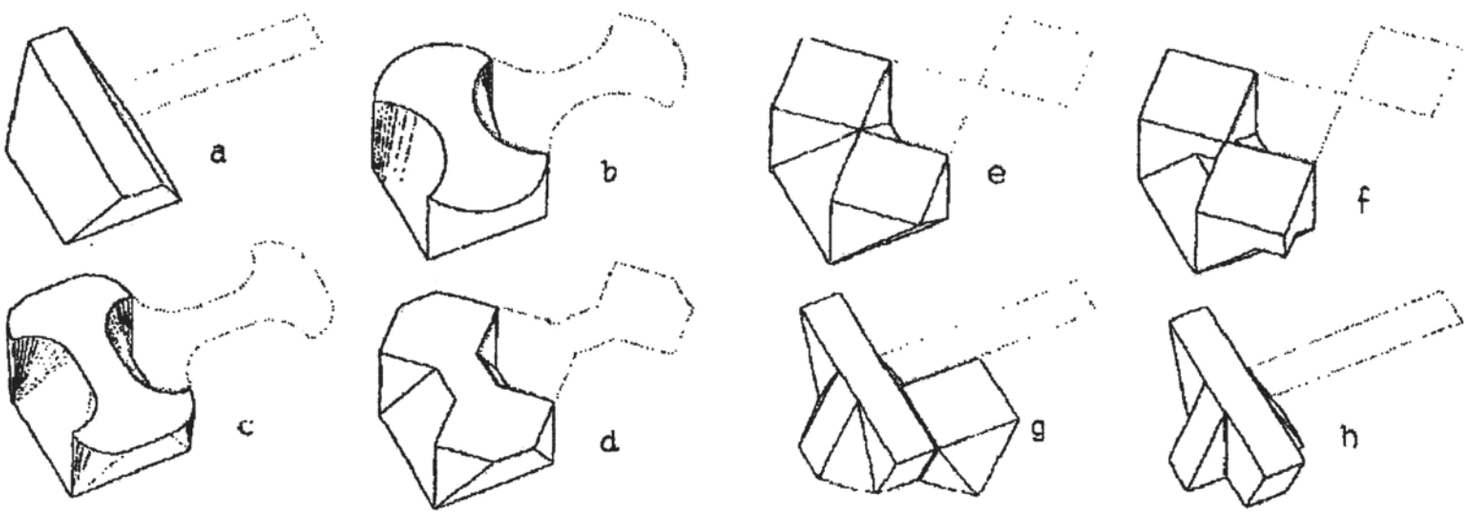
Tassellazione dello spazio euclideo

Viene definita tassellazione di un piano la suddivisione regolare del piano euclideo in un'infinita serie di poligoni assemblati tra loro in modo da ricoprirlo interamente, cosicché ogni lato di ciascun poligono aderisca al lato di un altro poligono. In geometria questa tematica è meglio conosciuta come la Teoria delle Tassellazioni, la quale affronta la problematica della copertura di un intero piano limitato mediante l'impiego di tasselli selezionati tra un numero finito di geometrie predeterminate, disponendoli in maniera da evitare la presenza di sovrapposizioni o spazi vuoti.
"Regolare" (o "periodica") viene definita quella tipologia di tassellazione caratterizzata da un ordine geometrico preciso e formata mediante l'accorpamento di tasselli, analoghi e simili tra loro, a un motivo base – costituito da un poligono o da geometrie con lati parzialmente o totalmente curvi – che viene traslato seguendo due diverse direzioni del piano. Tale tipologia di tassellazione può essere ottenuta sia mediante l'impiego di un unico tassello ripetuto in maniera identica (tassellazione regolare monoedrale) che attraverso l'utilizzo di due o più tasselli

mathematicians, engineers and architects devoted their efforts to design similar floors, thus sparking new geometries of assemblable voussoirs. In particular, in 1699 Jean Truchet was the first to solve the problem of the empty spaces in the extrados of Abeille's flat vault, making the floor walkable, albeit by using complex solid geometric blocks (fig. 2). Amédée François Frézier also focused on this issue in his Traité de Stéréotomie *(1737-1739), inspired by the floors designed by Sebastiano Serlio (1545) and John Wallis (1695) and by Abeille's vault. After critically examining the system proposed by Abeille (fig. 3, a) and Truchet (fig. 3, b) he proposed several possible geometric variants for the ashlars in order to fill the interstitial voids of the flat vault. The first formulation of the ashlars (fig. 3, c) requires the use of conic surfaces, while the next formulations only use flat surfaces (fig. 3 d, h). In another two configurations (fig. 3, e, f) Frézier tries to regularise the geometry of the ashlars, while in yet another variant (fig. 3, g) he combines two different blocks.[1]*

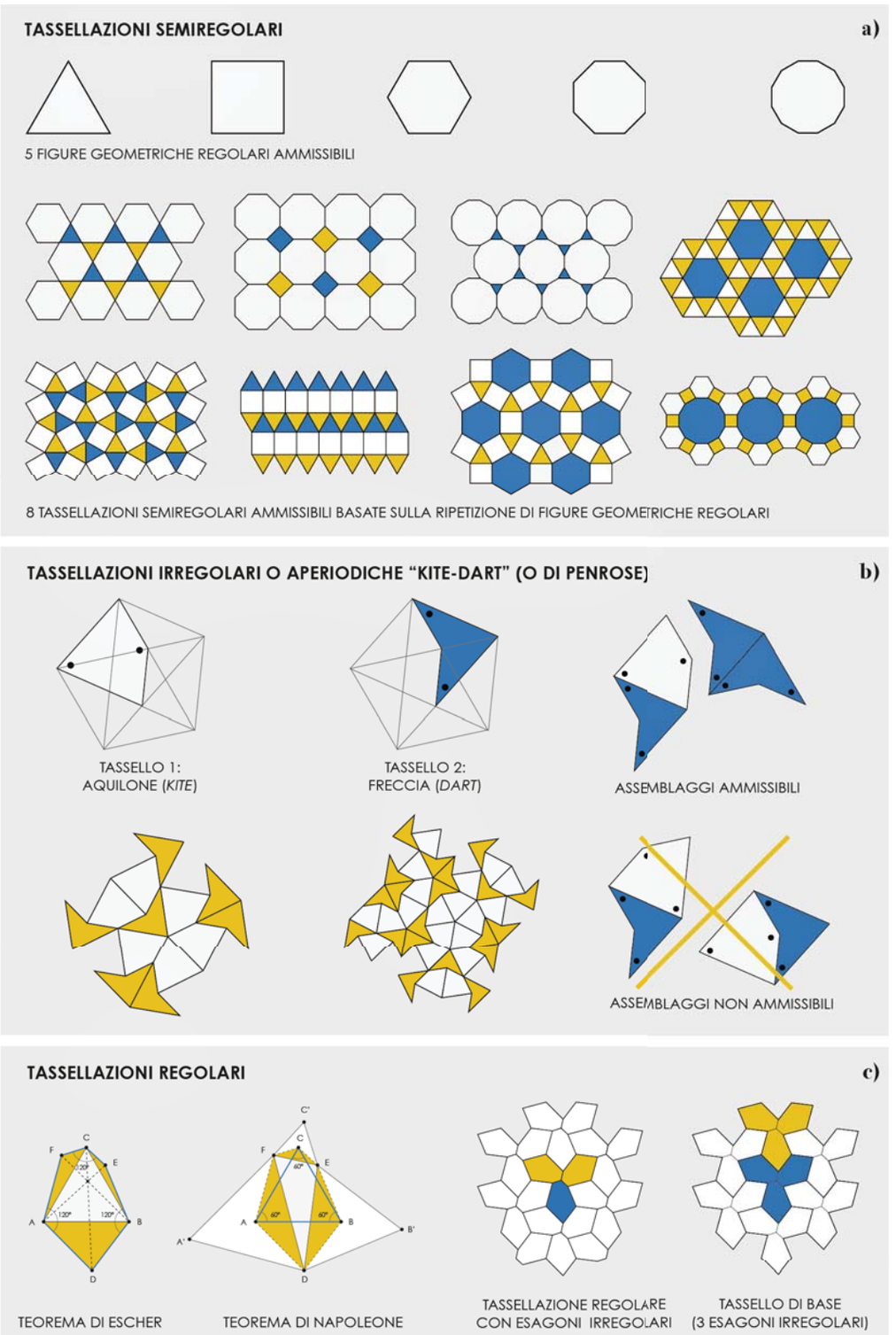
Tessellation of Euclidean space

Tessellation of a plane occurs when the Euclidean plane is divided into an infinite series of polygons assembled so that the plane is completely covered and every side of each polygon touches the side of another polygon. In geometry this is better known as the Theory of Tessellation; the latter tackles the problem of

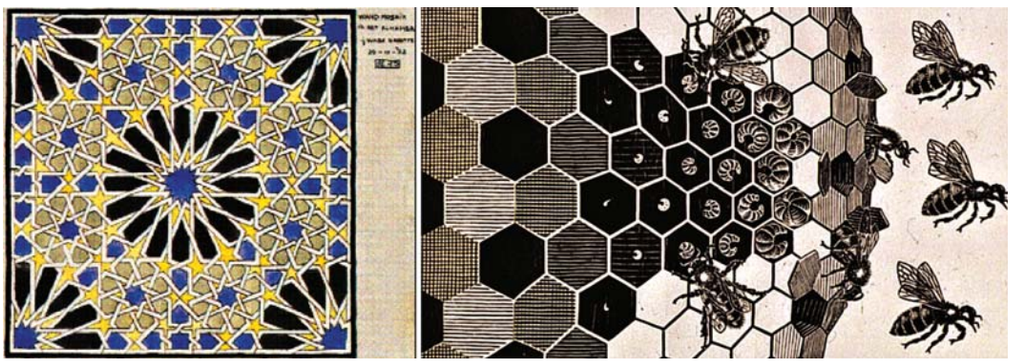


4/ Tipi di tassellazione: a) unici otto casi possibili di tassellazione semiregolare dello spazio euclideo, ottenuti dall'assemblaggio di due o più differenti figure geometriche regolari elementari (triangoli, quadrati, esagoni, ottagoni e dodecagoni); b) tassellazione irregolare o aperiodica "Kite and Dart" di Penrose, costituita dall'assemblaggio di due tasselli differenti; c) analogie tra Teorema di Escher e Teorema di Napoleone (elaborazione di Cecilia Mazzoli, 2020).
Types of tessellation: a) the only eight possible cases of semi-regular tessellation of Euclidean space, achieved by assembling two or more different regular elementary geometric figures (triangles, squares, hexagons, octagons and dodecagons); b) Penrose's irregular or non-periodical 'Kite and Dart' tessellation created by assembling two different tiles; c) similarities between Escher's Theorem and Napoleon's Theorem (images by Cecilia Mazzoli, 2020).

covering a limited plane by using tiles selected from a finite number of predetermined geometries and arranging them so there are no empty spaces and no overlapping tiles.
'Regular' or ('periodic') tessellation is the name given to a tessellation that has a precise geometric order created by combining identical or similar tiles in a basic motif (made of polygons or geometries with partially or totally curved sides) that moves along two different directions of the plane. This kind of tessellation can be obtained either by using one tile identically repeated (regular monohedral tessellation) or by using two or more different polygonal tiles ('semi-regular' tessellation). Limiting the field of application to the five elementary geometric figures – triangle, square, hexagon, octagon and dodecagon – will produce only eight different configurations of semi-regular tessellation of the plane (fig. 4, a). This kind of tessellation is essentially based on the principle of isometries, geometric transformations that maintain all linear and angular measurements unaltered. They can be divided into four different categories: rotations, reflections, translations and glide reflections (a combination of reflection and translation).
There is also another kind of tessellation of 'irregular' (or 'non-periodic') Euclidean space; it is created by tiles that do not undergo any geometric transformation of translation, but only of rotational and axial symmetry. In the seventies Roger Penrose and Robert Ammann extensively explored this field and formulated a wide range of solutions.[2] In particular, Penrose created his drawings by assembling diverse geometric figures using different combinations and transformations of the Euclidean plane and based on the proportions of the golden section. The 'Kite and Dart' tessellation, named after the unique form of the two tiles used by Penrose, is one of the most famous examples (fig. 4, b).[3]
Maurits Cornelis Escher also studied the problem of the tessellation of the Euclidean plane and in 1941 announced his Theorem of Triangles (fig. 4, c) revealing his intuitive ability to link the geometric properties of triangles to the theories of hexagonal tessellation of Euclidean space. In particular,



5/ Opere di Escher. A destra: Metamorphosis III-Excerpt 3 (1967); a sinistra: schizzo di una porzione di mosaico murale ispirata ai motivi decorativi dell'Alhambra di Granada (1922). <http://www.instoria.it/home/arte_moresca_escher.htm>; <http://www.wikiart.org/en/m-c-escher/metamorphosis-iii-1968-1#supersized-artistPaintings-204604> [aprile 2020].
Works by Escher. Right: Metamorphosis III-Excerpt 3 (1967); left: sketch of part of a wall mosaic inspired by the decorative patterns in the Alhambra in Granada (1922). <http://www.instoria.it/home/arte_moresca_escher.htm>; <http://www.wikiart.org/en/m-c-escher/metamorphosis-iii-1968-1#supersized-artistPaintings-204604> [April 2020].



poligonali diversi tra loro (tassellazione "semiregolare"). Restringendo il campo di applicazione alle cinque figure geometriche elementari – triangolo, quadrato, esagono, ottagono e dodecagono – è possibile dare vita solamente a otto diverse configurazioni di tassellazione semiregolare di piano (fig. 4, a). La tipologia di tassellazione sopra descritta si fonda essenzialmente sul principio delle isometrie, trasformazioni geometriche che conservano inalterate tutte le misure lineari e angolari. Esse possono suddividersi in quattro differenti categorie: rotazioni, riflessioni, traslazioni e glissoriflessioni (combinazione di riflessione e traslazione).
Si annovera inoltre un'altra tipologia di tassellazione dello spazio euclideo "irregolare" (o "aperiodica"), originata dalla combinazione di tasselli che non subiscono alcuna trasformazione geometrica di traslazione, bensì solo di simmetria rotazionale e assiale. Negli anni Settanta Roger Penrose e Robert Ammann hanno esplorato ampiamente questo campo, giungendo alla formulazione di una ampia gamma di soluzioni[2]. In particolare, Penrose ha composto i suoi disegni assemblando differenti figure geometriche, secondo diversi abbinamenti e trasformazioni del piano euclideo, e basate sulle proporzioni della sezione aurea. Fra queste, uno dei più celebri esempi è la tassellazione *"Kite and Dart"*, che deve il proprio nome alla particolare forma dei due tasselli impiegati: "Aquilone e Freccia" (fig. 4, b)[3].
Anche Maurits Cornelis Escher ha indagato il problema della tassellazione del piano euclideo e nel 1941 ha enunciato il suo Teorema sui Triangoli (fig. 4, c) che denota la capacità intuitiva dell'artista di collegare le proprietà geometriche dei triangoli con le teorie di tassellazione esagonale dello spazio euclideo. In particolare, l'artista è arrivato ad affermare che il ricoprimento periodico, pur essendo la tipologia più semplice di tassellazione, sia in realtà «la più ricca fonte di ispirazione che abbia mai incontrato, ancora ben lungi dall'essere esaurita»[4]. Come è dimostrato dalla copia della piastrella dalla complessa decorazione geometrica che lo aveva impressionato durante la sua prima visita all'Alhambra di Granada, nel 1922, fin dagli albori della sua attività Escher ha organizzato con regolarità la superficie spaziale da incidere o su cui disegnare (fig. 5).

Elaborazione di geometrie per superfici di involucro edilizio
A partire dagli studi geometrici sopra citati e dall'osservazione delle strutture geometriche che si rinvengono in natura, si è compiuta un'analisi morfologica di un sistema di involucro caratterizzato da una maglia strutturale costituita da celle di forma esagonale. Tale geometria elementare presenta un grande potenziale per la progettazione di nuove superfici di involucro che possano essere adattate alla geometria degli edifici esistenti, poiché consente di ottenere superfici dotate del più elevato livello di deformabilità e curvatura.
In natura, le geometrie vengono sempre generate in stretta connessione alle strutture necessarie per assolvere precise funzioni, differenziandosi in molteplici maniere seppur nel rispetto dei limiti posti dai loro processi morfogenetici[5]. Nelle strutture naturali tali processi rispondono essenzialmente al principio del minor impiego di energia, brillantemente esemplificato dal principio dell'impacchettamento compatto, o più densamente possibile (*closest packing*)[6]. Tale principio corrisponde alla disposizione di elementi tridimensionali in grado di ottimizzare l'occupazione dello spazio e le proprietà geometriche di rigidezza e stabilità strutturale[7].
Facendo applicazione di tale principio, tra i cinque solidi platonici rappresentano forme geometriche stabili in virtù della propria essenza soltanto quelle costituite mediante l'aggregazione di triangoli: il tetraedro, l'ottaedro e l'icosaedro. Calando tale principio nello spazio euclideo bidimensionale, Friedrich Gauss è riuscito a dimostrare che l'impacchettamento esagonale – in cui ogni esagono è circondato

Escher affirmed that although periodic tiling was the simplest kind of tessellation, it was in actual fact "the richest source of inspiration that I have ever tapped, and still far from exhausted".[4] The copy of the tile with a complex geometric decoration that so impressed Escher when he first visited the Alhambra in Granada in 1922 is proof that ever since the start of his career Escher began to regularly arrange the spatial surface he either wished to etch or draw on (fig. 5).

Elaboration of geometries for the envelope surfaces of buildings
A morphological analysis of a building envelope system with a structural pattern made up of hexagonally-shaped cells was performed based on the aforementioned studies and observation of the geometric structures present in nature. This elementary geometry has great potential regarding the design of new envelope surfaces that can be adapted to the geometry of existing buildings because it provides extremely curved or deformed surfaces.
When nature creates geometries they are always closely connected to the structures required to perform certain functions; although they differ greatly, they respect the limits of their morphogenetic processes.[5] In natural structures the latter basically fits the principle of minimum use of energy, brilliantly exemplified by the principle of closest packing.[6] This principle involves arranging three-dimensional elements capable of optimising the occupation of space and the geometric properties of rigidity and structural stability.[7]
For example, of all the five platonic solids, only geometric forms created by combining

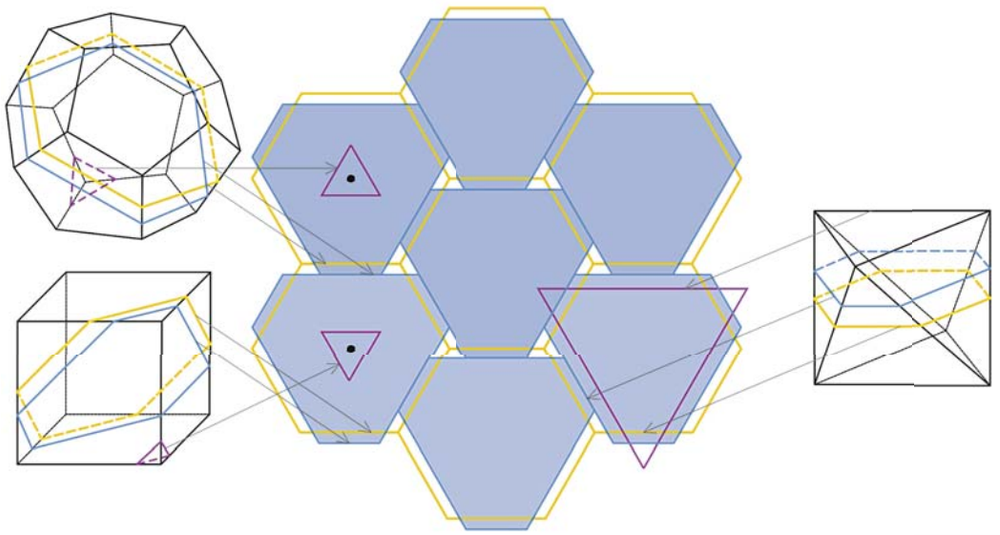
6/ Esempi del principio del closest packing presenti in natura. Da sinistra a destra: tessuto oculare delle mosche; tessuto epiteliale dei rettili; manto delle giraffe; alveare realizzato dalle api. <https://pixabay.com/it/photos/> [aprile 2020].
Examples of the principle of closest packing present in nature. From left to right: eyes of a fly; skin of a reptile; skin of a giraffe; a honeycomb. <https://pixabay.com/it/photos/> [April 2020].

triangles (tetrahedron, octahedron and icosahedron) represent geometric forms that are stable by virtue of their nature. By employing this principle in two-dimensional Euclidean space, Friedrich Gauss demonstrated that hexagonal packing – in which every hexagon is surrounded by another six hexagons and their centres are arranged based on a hexagonal pattern, like that of a honeycomb – coincides with a denser tessellation of space.[8] This spatial configuration is created by repeating a hexagonal pattern and is regulated by the principle of closest packing; the latter is widespread in the physical world and is found in many natural forms (fig. 6).
The aforementioned geometric logic encourages exploration of the hexagonal pattern as a system of modulation of flat surfaces for the design of façades. In particular, this study examines special envelope solutions designed to create a new second 'skin' for recent buildings, aimed at improving both their aesthetic and architectural characteristics and energy performances. It focuses on Topological Interlocked Materials (TIM) capable of creating a structure that merges the action of a peripheral containment frame with exclusive exploitation of the topological properties intrinsic in assembled solids. In line with the aforesaid analogy with the animal and vegetable world, structures in nature are never monoliths, but are instead inspired by the principles of segmentation and assembly. For example the scales of fish and reptiles, the backbone of vertebrates, the shells of turtles or armadillos. This division into fragments of different geometries and morphologies gives living beings great powers of adaptation, deformability and multifunctionality.[9] Numerous studies on topologically interlocked materials (TIM) prove that the only regular tessellations admissible in this assembly system are those with regular square or hexagonal patterns (honeycomb pattern); as a result, it is possible to choose only three platonic solids: the cube, octahedron and dodecahedron (fig. 7).[10] This research studies the possibilities provided by the assembly of just one of the three platonic solids that can be combined to obtain an identically repeated hexagonal pattern: the hexahedron (or cube). To create a

da altre sei esagoni e i loro centri sono disposti secondo una griglia esagonale, allo stesso modo che in un alveare – coincide alla tassellazione dello spazio con maggiore densità[8]. Tale configurazione spaziale, costituita dalla ripetizione di un pattern esagonale e regolata dal principio di impacchettamento compatto, è ampiamente diffusa nel mondo fisico, essendo riscontrabile in molteplici forme naturali (fig. 6).
La logica geometrica sopra descritta incentiva dunque l'esplorazione della maglia esagonale quale sistema di modulazione delle superficie piane per il disegno di facciata. In particolare, la presente ricerca investiga particolari soluzioni di involucro, concepite in maniera tale da costituire una nuova seconda "pelle" per gli edifici esistenti recenti, che ne migliora le caratteristiche estetico-architettoniche e la resa in termini prestazionali. La scelta si focalizza sui sistemi autobloccanti TIM - *Topological Interlocked Materials*, che sono caratterizzati dalla capacità di dare vita a una struttura che combina l'azione di una cornice contenitiva periferica allo sfruttamento in maniera esclusiva delle proprietà topologiche intrinseche ai solidi assemblati. In linea con l'analogia sopracitata con il regno animale e vegetale, si osserva, infatti, come in natura le strutture non si presentino mai quali monoliti, ispirandosi invece ai princìpi della segmentazione e dell'assemblaggio. Si pensi, a titolo esemplificativo, alle squame dei pesci e dei rettili, alla spina dorsale dei vertebrati, al carapace delle tartarughe e degli armadilli. Tale suddivisione in frammenti di geometrie e morfologie differenti conferisce agli esseri viventi un elevato grado di adattamento, deformabilità, e multifunzionalità[9].
Numerose ricerche relative ai sistemi autobloccanti TIM dimostrano che le sole tassellazioni regolari ammissibili in questo sistema di assemblaggio sono costituite da quelle a maglia quadrata o esagonale regolare (*honeycomb pattern*); pertanto, la scelta può ricadere soltanto su tre solidi platonici: il cubo, l'ottaedro e il dodecaedro (fig. 7)[10].
La presente ricerca approfondisce le possibilità offerte dall'assemblaggio di uno soltanto tra i tre solidi platonici che possono essere combinati tra loro al fine di ottenere un pattern esagonale, identicamente ripetuto: l'esaedro (o cubo). Pertanto, per la composizione di un sistema di facciata viene proposta una soluzione realizzata mediante l'assemblaggio di conci di forma cubica disposti in maniera tale che ciascun blocco venga mantenuto nella propria posizione dai blocchi limitrofi. In questo modo si dà forma a un sistema a due direzioni che, in presenza di un elemento di confinamento e chiusura dell'insieme, riesce a sostenere carichi significativi grazie alla sua flessibilità, resistenza e duttilità.
Soltanto l'analisi dell'elemento basilare del sistema proposto, il cubo, consente di comprenderne approfonditamente il processo costruttivo e morfogenetico. Si sezioni dunque un cubo secondo un piano inclinato che ne attraversa il centro e passi per i punti medi dei suoi spigoli: si otterrà così una sezione esagonale regolare. Volendo dunque creare una struttura autobloccante assemblando cubi identici tra loro, sarà necessario disporli in maniera tale che la sezione esagonale regolare di ciascun cubo si presenti in continuità sul medesimo piano, dando così luogo a un pattern esagonale (*honeycomb pattern*) che consenta di tassellare interamente il piano di sezione dei cubi (fig. 8, a).
All'interno di questa configurazione, da una parte, i cubi 1, 3, 5, posizionati intorno al cubo *R* preso quale riferimento, impediscono a quest'ultimo di muoversi perpendicolarmente rispetto al piano, nel senso entrante, mentre, dall'altra parte, i cubi 2, 4, 6 gli inibiscono il medesimo movimento, nel senso uscente. In questo modo risulta dunque vincolata qualunque rotazione del cubo *R*, di modo che il cubo, in ragione delle sue proprietà topologiche intrinseche, si presen-

7/ Analisi del pattern esagonale ottenibile dall'assemblaggio di tre solidi platonici: dodecaedro, cubo e ottaedro. Traslando il piano di sezione lungo l'asse ortogonale, la tassellazione esagonale (in giallo) in corrispondenza della sezione mediana si trasforma in un esagono deformato (in blu). Per il cubo e il dodecaedro, la sezione esagonale degenera in un triangolo (in viola) che si riduce progressivamente, fino a confluire in un punto. Per l'ottaedro, la sezione esagonale degenera in un triangolo regolare (in viola) coincidente con la faccia superiore (elaborazione di Cecilia Mazzoli, 2020).

Analysis of the hexagonal pattern obtained after assembling three platonic solids: dodecahedron, cube and octahedron. Translating the section plane along the orthogonal axis, the hexagonal tessellation (in yellow) on the median section is turned into a deformed hexagon (in blue). For the cube and the dodecahedron, the hexagonal section degenerates into a triangle (in purple) that becomes gradually smaller in size until it converges in a point. For the octahedron, the hexagonal section degenerates into a regular triangle (in purple) coinciding with the upper side (images by Cecilia Mazzoli, 2020).



ta autobloccato. In generale, fatta eccezione per i blocchi disposti lungo i lati periferici, non è possibile rimuovere dal piano nessuno dei blocchi che costituiscono il pannello. Pertanto, la struttura proposta mantiene la propria integrità bloccando soltanto i conci collocati all'esterno della stessa. Può dunque affermarsi che nella tipologia di sistema autobloccante analizzato, un elemento può considerarsi bloccato soltanto se, effettuando una traslazione del piano di sezione lungo la direzione ortogonale al piano contenente l'insieme di elementi, in entrambe le direzioni, il corrispondente poligono degenera in un segmento o in un punto[11]. Tale concetto può essere colto in maniera ancora più intuitiva attraverso l'analisi geometrica dell'evoluzione delle sezioni (figg. 7 e 8, b).

Questo sistema presenta elevati potenziali per lo sviluppo di soluzioni innovative per sistemi bidirezionali su diverse scale, che differiscono a seconda dell'applicazione che si intende farne in ambito edilizio (orizzontamenti o partizioni verticali). Grazie all'implementazione di un processo progettuale basato sull'utilizzo di software parametrici (quali Grasshopper+Rhinoceros ®) in grado di gestire geometrie complesse, è possibile ottenere molteplici possibilità formali (fig. 9), la cui variabilità è definita sulla base dei parametri definiti dall'utente per il disegno di soluzioni customizzate[12].

In seguito alla generazione della geometria e alla sua modellazione, attraverso l'uso del software Wolfram Mathematica ® è possibile ricostruire la geometria dei moduli impiegati per la composizione del pannello di facciata, secondo precise equazioni matematiche, ed esportare le coordinate dei loro vertici controllandone il numero di cifre decimali e dunque il grado di precisione. Tali coordinate geometriche possono essere successivamente importante all'interno di un software di modellazione FEM (Metodo degli Elementi Finiti) per procedere con lo svolgimento dell'analisi delle prestazioni meccaniche e termiche del sistema. Grazie alle analisi svolte è così possibile giungere alla progettazione integrata definitiva di un sistema di facciata costituito da pannelli prefabbricati, disegnati su misura, che risponda ai requisiti di modularità, flessibilità e reversibilità fondanti i paradigmi della ricerca (fig. 10). Una fase finale di prototipazione (fig. 11) consente di verificare la validità della soluzione finale, dimostrando l'efficacia – in termini di qualità estetico-formali e prestazionali – del sistema autobloccante costituito da cubi, per la progettazione di componenti di involucro edilizio.

Futuri sviluppi della ricerca prevedono l'esplorazione delle soluzioni geometrico-formali applicabili ai pannelli di facciata, oggetto di studio, per la quale l'utilizzo di strumenti digitali di progettazione parametrica diventa fondamentale. L'analisi parametrico-variazionale, oggi resa possibile grazie ai software di

façade system the proposed solution involved assembling cube-shaped ashlars so that each block was held in position by neighbouring blocks. This creates a two-directional system which, when there is an element of containment and closure of the ensemble, supports significant loads due to its flexibility, resistance and ductility.

Only by analysing the key element of the proposed system – the cube – is it possible to fully understand the constructive and morphogenetic process. The cube is sectioned on an inclined plane crossing the centre and passing through the median points of its edges: this will create a regular hexagonal section. To create an interlocked structure by assembling identical cubes the latter will have to be arranged in such a way that the regular hexagonal section of each cube continues along the same plane, thereby creating a honeycomb pattern which allows full tessellation of the section plane of the cubes (fig. 8, a).

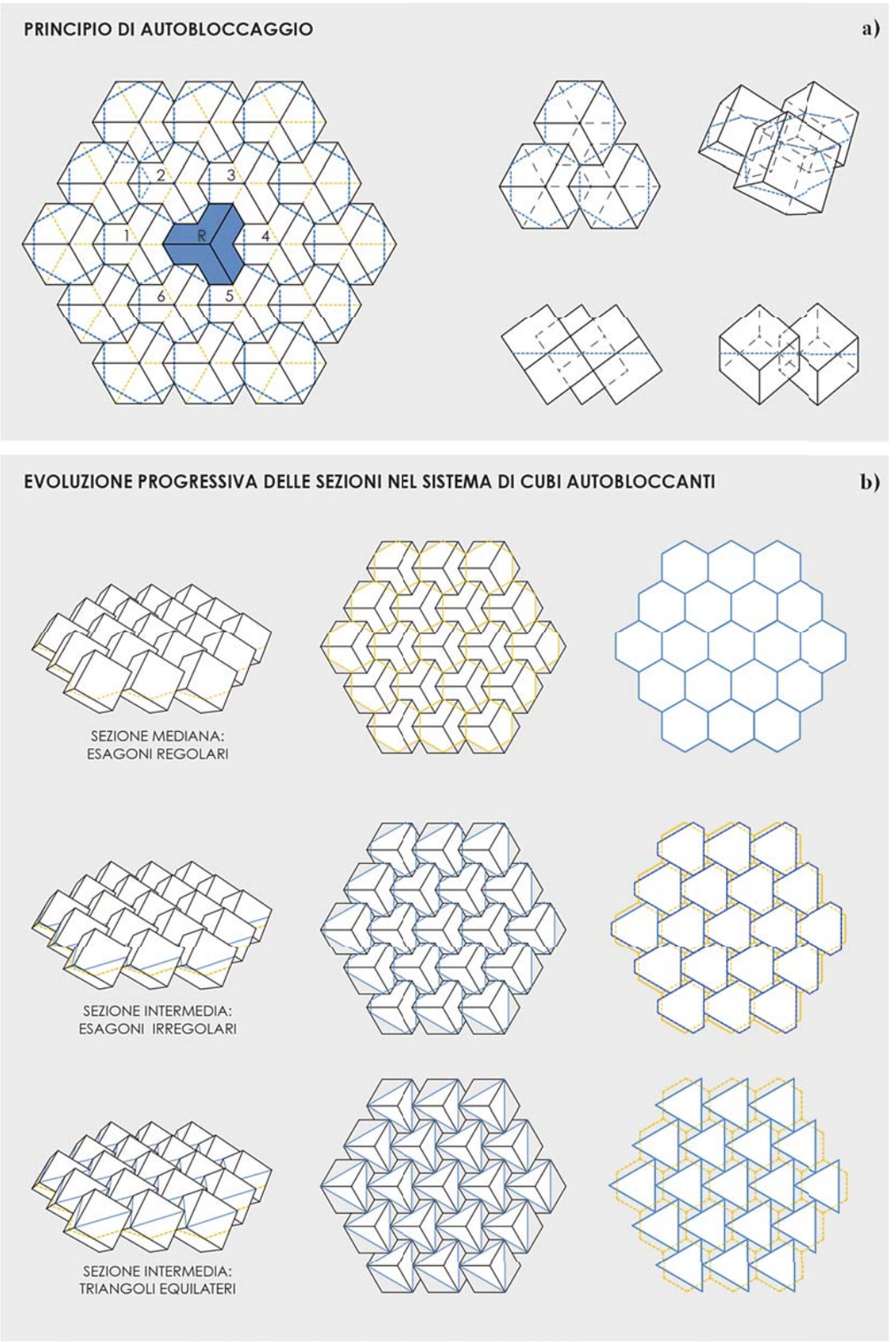
Within this configuration, on one side, cubes 1, 3 and 5, positioned around cube R*, taken as reference, prevent the latter to move perpendicularly compared to the plane, in the entering direction, while, on the other side, cubes 2, 4 and 6 prevent the same movement, in the exiting directions. This prevents any rotation of cube* R *so that the cube, due to its intrinsic topological properties, is interlocked.*

In general, and except for the blocks arranged along the peripheral sides, none of the blocks that make up the panel can be removed from the plane. As a result, the proposed structure maintains its integral nature, only blocking the externally placed ashlars. In this kind of interlocked system, an element can be considered blocked if, when moving the section plane in the direction orthogonal to the plane with the set of elements, in both directions, the corresponding polygon degenerates into a segment or a point.[11] This concept can be understood in an increasingly intuitive manner thanks to the geometric analysis of the evolution of the sections (figs. 7 and 8, b).

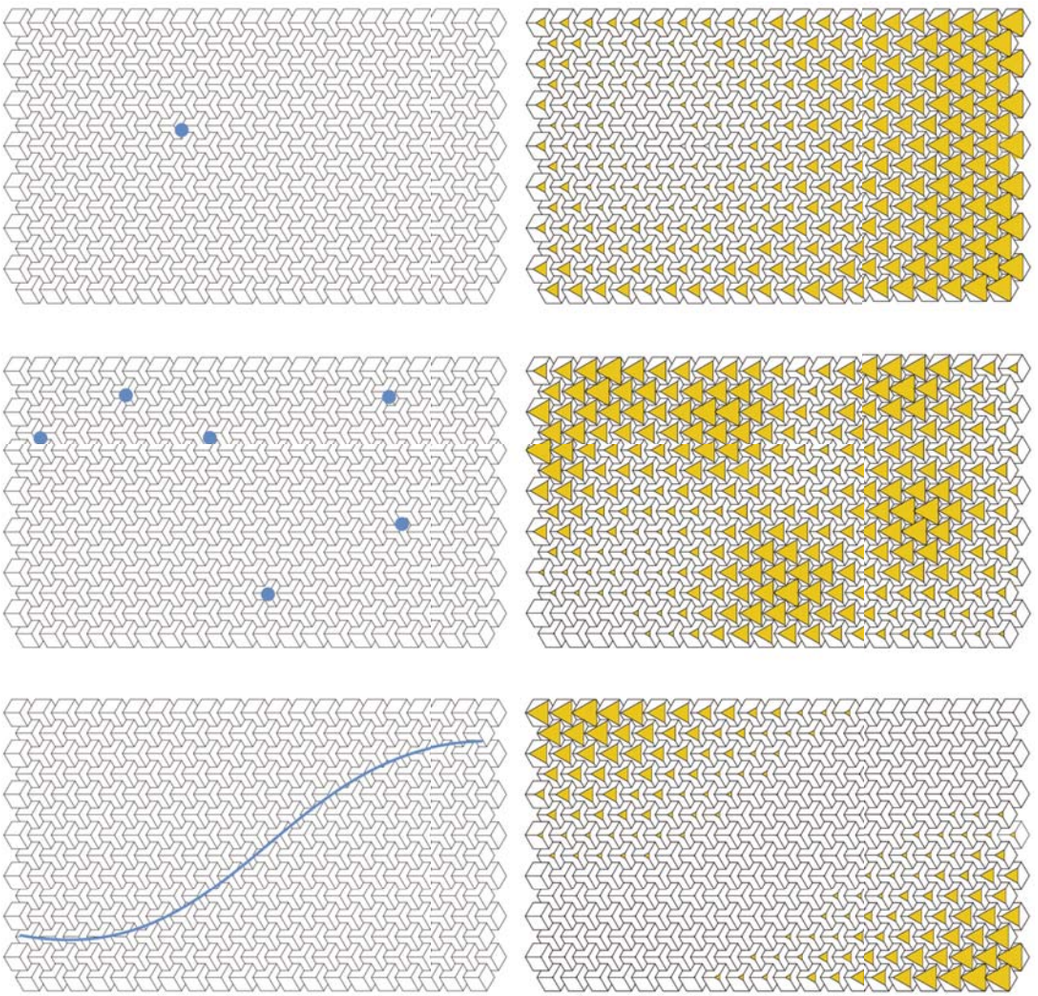
This system has great potential in the development of innovative solutions for bidirectional systems on different scales, solutions that differ depending on how they will be applied in the construction industry

8/ Viste del sistema. a) Schema del sistema di autobloccaggio del blocco di riferimento R e viste del sistema modulare di base, costituito da tre cubi assemblati secondo la configurazione necessaria per ottenere delle sezioni esagonali regolari in continuità tra loro sul piano orizzontale. b) Analisi dell'evoluzione progressiva della sezione del sistema costituito da cubi, lungo la direzione perpendicolare al piano della volta piana (elaborazione di Cecilia Mazzoli, 2020).
Views of the system. a) Pattern of the interlocking system of reference block R and views of the basic modular system, made up of three cubes assembled according to the configuration required to obtain regular hexagonal sections seamlessly arranged on the horizontal plane. b) Analysis of the progressive evolution of the section of the system made up of cubes, along the direction perpendicular to the plane of the flat vault (images by Cecilia Mazzoli, 2020).

(horizontal elements or vertical partitions). The implementation of a design process based on the use of parametric software (such as Grasshopper+Rhinoceros ®) and capable of managing complex geometries will lead to multiple formal options (fig. 9); their variability will be established based on the parameters defined by users for the design of customised solutions.[12]
After generating and modelling the geometry using Wolfram Mathematica ® software it is possible to reconstruct the geometry of the modules used for the façade panel, based on precise mathematical equations, and export the coordinates of their vertexes by controlling the number of decimal points and thus their precision. These geometric coordinates can then be imported into the Finite Elements Method (FEM) modelling software in order to analyse the mechanical and thermal performance of the system.
These analyses make it possible to develop the definitive integrated design of a façade system made up of prefab, customised panels that provide the modularity, flexibility and reversibility specified in the paradigms of the research (fig. 10). A final prototype phase (fig. 11) enables verification of the validity of the final solution, demonstrating effectiveness –in terms of aesthetic-formal and performance quality – of the interlocked cube system in the design of components for building envelopes.
Future research involves exploring geometric-formal solutions for façade panels; digital parametric design tools will be crucial in that study. Parametric-variational analysis, now possible thanks to Computational Design software, enables the development of integrated design solutions (based on old, seventeenth-century building systems) by increasing the degree of complexity depending on the requirements pursued. This integrated design approach makes it possible to control, through a precise algorithm, all the parameters established by the users in order to modulate and vary the components of the façade – or other building elements – based on the research objectives linked to energy performance and the final aesthetic, formal and architectural outcome.



9/ Esplorazione delle possibilità formali ottenibili dal sezionamento dei cubi costituenti i pannelli di facciata, secondo piani verticali posti a una distanza variabile in funzione degli algoritmi definiti dall'utente, mediante l'uso di software di progettazione parametrica (elaborazione di Cecilia Mazzoli, 2020).
Exploration of the formal possibilities that can be obtained after sectioning the cubes that make up the façade panel according to vertical planes placed at a distance that varies depending on the algorithms the user establishes using parametric design software (images by Cecilia Mazzoli, 2020).



** This contribution is a short extract of Cecilia Mazzoli's Ph.D. Dissertation entitled 'Sistemi tecnologici innovativi di involucro per il recupero del patrimonio edilizio recente. L'edilizia scolastica nel Comune di Bologna / Systèmes technologiques de façade innovants pour la rénovation du patrimoine bâti contemporain. Le bâtiments scolaires à Bologne'. The dissertation was discussed in 2015 in co-direction between the University of Bologna and the École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Malaquais (scientific-disciplinary sector ICAR10 - Technical Architecture). In particular, this article is part of the geometric study preceding the analysis of innovative systems of building envelopes, performed thanks to the important contribution by Cristiana Bartolomei (ICAR17 - Drawing).*

*** The introduction was written by Cristiana Bartolomei; the paragraph* Tessellation of Euclidean space *was jointly written by Cristiana Bartolomei and Cecilia Mazzoli; the paragraph* Elaboration of geometries for the envelope surfaces buildings *was written by Cecilia Mazzoli.*

1. *Rabasa Díaz 1998.*

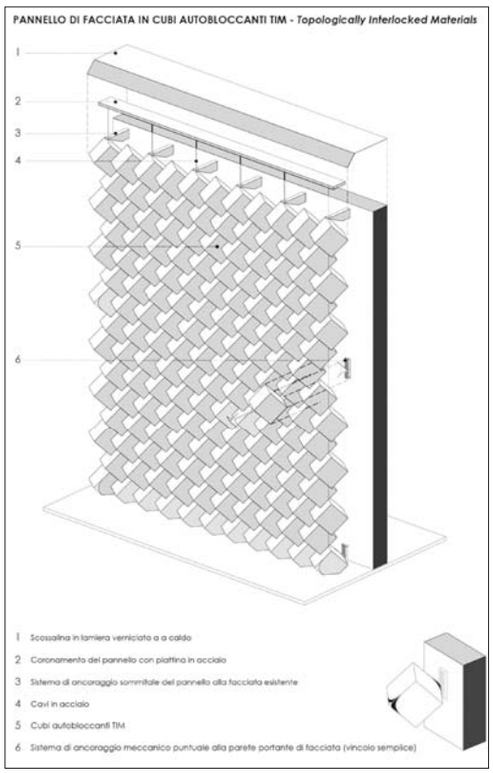
2. *Danxer 1989.*

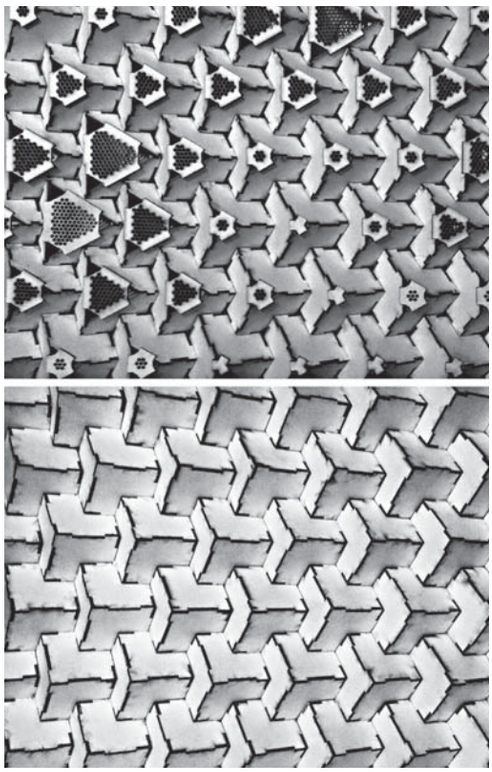
3. *Penrose's 'Kite and Dart' tessellation is made up of two tiles: the one shaped like a 'kite' is a convex quadrilateral with three 72° internal angles and one 144° angle, while the one shaped like a 'dart' is a non-convex quadrilateral with two 36° internal angles, one 72° angle, and one 216° angle. Both tiles can be obtained from a regular pentagon and can be assembled based on a few simple geometric laws, but using different methods. While respecting the rule by which the coupled tiles must never constitute a single parallelogram, there are endless ways to completely tessellate an infinite plane based on this pair of base elements.*

4. *Grasselli, Costa 2013. The Dutch artist, Escher, studied the properties of the tessellations of the Euclidean plane which he built using a special hexagon described in 1923 by the mathematician Friedrich Haag and later enunciated in Escher's Theorem on Triangles in 1941. The artist shows, even if only graphically, that it is possible to completely cover a plane using regular tessellation based on the endless repetition of a hexagon* ADBECF*, created based on the equilateral triangle* ABC*, from which a line* AF *was drawn with an arbitrary length and direction and, finally, to identify the remaining two vertexes* D *and* E *by following these relations:* AD=AF ∠ FAD=*120°;* BD=BE ∠ DBE=*120°;* CE=CF ∠ ECF=*120°. The geometric context of Escher's Theorem is similar to Napoleon's Theorem of the geometry of triangles written in the early*

10/ Vista assonometrica del pannello di facciata applicato a un edificio esistente, con dettaglio del sistema di ancoraggio meccanico puntuale posto ad altezza intermedia (elaborazione di Cecilia Mazzoli, 2015).
Axonometric view of the façade panel applied to a building with details of the mechanical anchoring system placed at an intermediate height (images by Cecilia Mazzoli, 2015).

11/ Fronte (in alto) e retro (in basso) del prototipo in scala del pannello di facciata costituito da cubi TIM, realizzato in legno, le cui facce sono state disegnate con software parametrico e riprodotte su fogli di legno compensato con laser cut (elaborazione di Cecilia Mazzoli, 2016).
Front (top) and back (below) of the wooden scale prototype of the façade panel made with TIM cubes. The faces were designed using parametric software and reproduced on a sheet of plywood with a laser cut (images by Cecilia Mazzoli, 2016).





Computational Design, consente infatti di sviluppare soluzioni progettuali integrate, a partire da sistemi costruttivi storici concepiti nel XVII secolo, aumentandone il grado di complessità in funzione dei requisiti perseguiti. La progettazione integrata così concepita consente di controllare mediante un preciso algoritmo la totalità dei parametri, definiti dall'utente, al fine di modulare e variare i componenti di facciata – o di altri elementi costruttivi – in funzione degli obiettivi di ricerca legati alle prestazioni energetiche e all'esito finale estetico-formale e architettonico.

* Il presente contributo rappresenta un breve estratto della Tesi di Dottorato di Cecilia Mazzoli, dal titolo "Sistemi tecnologici innovativi di involucro per il recupero del patrimonio edilizio recente. L'edilizia scolastica nel Comune di Bologna / Systèmes technologiques de façade innovants pour la rénovation du patrimoine bâti contemporain. Le bâtiments scolaires à Bologne", svolta nel 2015 in cotutela fra l'Università di Bologna e l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Malaquais (settore scientifico-disciplinare ICAR10 – Architettura Tecnica). In particolare, il presente articolo costituisce parte dello studio geometrico preliminare all'analisi dei sistemi innovativi di involucro edilizio, svolto grazie all'importante contributo di Cristiana Bartolomei (ICAR17 – Disegno).

** Il paragrafo introduttivo è stato elaborato da Cristiana Bartolomei; il paragrafo *Tassellazione dello spazio euclideo* è stato elaborato congiuntamente da Cristiana Bartolomei e Cecilia Mazzoli; il paragrafo *Elaborazione di geometrie per superfici di involucro edilizio* è stato elaborato da Cecilia Mazzoli.

1. Rabasa Díaz 1998.

2. Danxer 1989.

3. La tassellazione *"Kite and Dart"* di Penrose è costituita dalla composizione di due tasselli: quello a forma di "aquilone" *(kite)* è un quadrilatero convesso caratterizzato da tre angoli interni di 72° e uno di 144°, mentre quello a forma di "freccia" *(dart)* è un quadrilatero non convesso definito da due angoli interni di 36°, uno di 72° e uno di 216°. Entrambi i tasselli sono ottenibili a partire da un pentagono regolare e possono essere assemblati nel rispetto di poche semplici leggi geometriche, secondo diverse modalità. Rispettando la regola per cui i tasselli accoppiati non devono mai costituire un singolo parallelogramma, esiste una quantità infinita di modi per tassellare interamente un piano infinito a partire da questa coppia di elementi base.

4. Grasselli, Costa 2013. L'artista olandese Escher indaga le proprietà delle tassellature del piano euclideo realizzate con un particolare esagono descritto nel 1923 dal matematico Friedrich Haag, per poi enunciare il Teorema di Escher sui triangoli nel 1941. L'artista dimostra, anche se soltanto per via grafica, che è possibile ricoprire interamente un piano mediante una tassellazione regolare basata sulla ripetizione infinita di un esagono *ADBECF*, costruito partendo dal triangolo equilatero *ABC*, dal quale si traccia una retta *AF* di lunghezza e direzione arbitrarie, e infine si individuano i restanti due vertici *D* ed *E* seguendo le seguenti relazioni: *AD*=*AF* ∠ *FAD*=120°; *BD*=BE ∠ *DBE*=120°; *CE*=*CF* ∠ *ECF*=120°. Il contesto geometrico in cui si inserisce il Teorema di Escher è analogo a quello del Teorema di Napoleone di geometria dei triangoli, all'inizio del 1800, che afferma che i baricentri dei triangoli equilateri costruiti esternamente sui lati di un triangolo qualsiasi formano un triangolo equilatero (fig. 4, c). Considerando entrambi i teoremi, risulta immediato constatare che, partendo dall'esagono deformato di Escher *ADBECF*, e realizzando la costruzione enunciata dal Teorema di Napoleone a partire dal triangolo *DEF*, i punti *A*, *B*, *C* risultano essere i baricentri dei triangoli equilateri costruiti rispettivamente sui lati *DF*, *DE*, *EF* del triangolo di partenza: pertanto, per il Teorema di Napoleone, anche il triangolo *ABC* risulta equilatero.

nineteenth century; it recites that the barycentres of the equilateral triangles built externally to the side of any triangle form an equilateral triangle (fig. 4, c). When considering both theorems it is obvious that, starting with Escher's deformed hexagon ADBECF*, and building the construction enunciated by Napoleon's Theorem based on the triangle* DEF*, points* A, B, C *are the barycentres of the equilateral triangles built respectively on sides* DF, DE, EF *of the initial triangle: so, even for Napoleon's Theorem, triangle* ABC *is equilateral.*

5. *Forty 2004.*

6. *Pearce 1990.*

7. *Closest packing of spheres involves the infinite, regular arrangement of identical spheres according to a grid capable of filling the biggest portion of an infinite three-dimensional space. It is a structural configuration of geometric stability expressed in the three-dimensional space generated by biological systems. Uniting the centres of these identical spheres packaged as tightly as possible creates a three-dimensional arrangement of equilateral triangles (Conway, Sloane 1993). This illustrates the similarity between the principle of closest packing and*

5. Forty 2004.

6. Pearce 1990.

7. L'impacchettamento compatto di sfere consiste nella disposizione regolare infinita di sfere identiche secondo un reticolo in grado di riempire la maggiore porzione possibile di uno spazio tridimensionale infinito. Si tratta dunque di una configurazione strutturale di stabilità geometrica che trova espressione nello spazio tridimensionale generato dai sistemi biologici. Se si uniscono i centri di tali identiche sfere impacchettate più densamente possibile, si ottiene una disposizione tridimensionale di triangoli equilateri (Conway, Sloane 1993). Risulta evidente l'analogia tra il principio dell'impacchettamento compatto e quello della triangolazione, di cui sono note le proprietà geometriche di rigidezza e stabilità strutturale. Il triangolo, infatti, è l'unico poligono stabile, dunque rigido, in virtù delle sue proprietà geometriche.

8. Aste, Weaire 2000.

9. Frei 1984.

10. Dyskin et al. 2003.

11. Estrin et al. 2011.

12. Burry, Burry 2010.

that of triangulation with its well-known geometric properties of rigidity and structural stability. Thanks to its geometric properties the triangle is in fact the only stable and therefore rigid polygon.

8. *Aste, Weaire 2000.*

9. *Frei 1984.*

10. *Dyskin et al. 2003.*

11. *Estrin et al. 2011.*

12. *Burry, Burry 2010.*

References

- Aste Tomaso, Weaire Denis. 2000. *The pursuit of perfect packing*. London: Institute of Physics Publishing, 2000. ISBN: 978-14-2006-817-7. 136 p.
- Burry Jane, Burry Mark. 2010. *The new mathematics of Architecture*. New York: Thames & Hudson, 2010. ISBN: 978-05-0029-025-5. 271 p.
- Conway John Horton, Sloane Neil James Alexander. 1993. *Sphere packing, Lattices and groups*. New York: Springer-Verlag, 1993. ISBN: 978-14-7572-249-9. 706 p.
- Danxer Ludwig. 1989. Three-dimensional analogs of the Planar Penrose Tilings and Quasicrystals. *Discrete Mathematics*, 76, 1, Elsevier, 1989, pp. 1-7. ISSN: 0012-365X.
- Dyskin Arcady, Estrin Yuri, Kanel-Belov Alexei, Pasternak Elena. 2001. A new concept in design of materials and structures: assemblies of interlocked tetrahedron-shaped elements. *Scripta Materialia*, 44, 12, 2001, pp. 2689-2694. ISSN: 1359-6462.
- Dyskin Arcady, Estrin Yuri, Kanel-Belov Alexei, Pasternak Elena. 2003. Topological interlocking of platonic solids: a way to new materials and structures. *Philosophical Magazine Letters*, 83, 3, 2003, pp. 197-203. ISSN: 1362-3036.
- Estrin Yuri, Dyskin Arcady, Pasternak Elena. 2011. Topological interlocking as a material design concept. *Materials Science and Engineering C*, 31, 2011, pp. 1189-1194. ISSN: 0928-4931.
- Emmerich David Georges. 1985. *Exercices de géométrie constructive: Travaux d'étudiants*. Paris: Éditions de La Villette, 1985.
- Fallacara Giuseppe. 2007. *Verso una progettazione stereotomica. Nozioni di stereotomia, stereotomia digitale e trasformazioni topologiche: ragionamenti intorno alla costruzione della forma*. Roma: Aracne Editrice, 2007. ISBN: 978-88-5481-228-4. 192 p.
- Forty Adrian. 2004. *Words and Buildings. A vocabulary of Modern Architecture*. London: Thames & Hudson, 2004. ISBN: 978-05-0028-470-4. 336 p.
- Frei Otto. 1984. *L'architettura della natura*. Milano: Il Saggiatore, 1984. 136 p.
- Frézier Amédée-François. 1737. *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voutes et autres parties des bâtiments civils*. Paris: Jean-Daniel Doulsseker Editeur, 1737.
- Grasselli Luigi, Costa Antonio F. 2013. Le forme della simmetria: dai mosaici dell'Alhambra ai mondi di Escher. In Marco Bussagli, Federico Giudiceandrea, Luigi Grasselli (a cura di). *L'enigma di Escher. Paradossi grafici tra arte e geometria*. Milano: Skira, 2013, pp. 33-53. ISBN: 978-88-5722-118-2. 260 p.
- Khor Han Chuan, Dyskin Arcady, Estrin Yuri, Pasternak Elena. 2004. Mechanisms of fracturing in structures built from topologically interlocked blocks. *Structural Integrity and Fracture International Conference (SIF'04).* Proceedings. Brisbane (Australia), 26-29 September 2004. Editors A. Atrens, J. N. Boland, R. Clegg, J. R. Griffiths. Australian Fracture Group, 2004, pp. 189-194.
- Le Fichoux Emmanuelle. 1998. *Presentation et utilisation de Castem 2000*. ENSTA-LME, 1998 (<http://www-cast3m.cea.fr/html/doc/ManuelCastemEnsta.pdf>)
- March Lionel. 2002. Architecture and Mathematics since 1960. *Nexus IV: Architecture and Mathematics*. Torino: Kim Williams Books, 2002, pp. 7-33. ISBN: 88-8847-909-0. 268 p.
- Mazzoli Cecilia. 2015. *Sistemi tecnologici innovativi di involucro per il recupero del patrimonio edilizio recente. L'edilizia scolastica nel Comune di Bologna / Systèmes technologiques de façade innovants pour la rénovation du patrimoine bâti contemporain. Le bâtiments scolaires à Bologne*. PhD Thesis, University of Bologna - École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Malaquais, 2015.
- Noël Pierre. 1994. *Technologie de la pierre de taille. Dictionnaire des termes couramment employés dans l'extraction, l'emploi et la conservation de la pierre de taille*. Paris: SEBTP, 1994. ISBN: 978-23-5917-042-9. 373 p.
- Pearce Peter. 1990. *Structure in nature is a strategy for Design*. Cambridge (Massachusetts): The MIT Press, 1990. ISBN: 978-02-6266-045-7. 263 p.
- Rabasa Díaz Enrique. 1998. La bóveda plana de Abeille en Lugo. *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (A Coruña 22-24 de octubre de 1998). La Coruña, 1998, pp. 409-415. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Universidad de la Coruña, 1998. ISBN: 84-8997-744-5. 526 p.
- Rondelet Jean-Baptiste. 1810. *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. Paris: Charpente (Atlas), 1810.
- Schaare Stephan, Dyskin Arcady, Estrin Yuri, Arndt Stephan, Pasternak Elena, Kanel-Belov Alexei. 2008. Point loading of assemblies of interlocked cube-shaped elements. *International Journal of Solids and Structures*, 46, 2008, pp. 1228-1238. ISSN: 0020-7683.

Alberto Sdegno, Veronica Riavis

Toccare la profondità: restituzione prospettica e percezione aptica inclusiva
Touching the depths: perspective restitution and inclusive haptic perception

The study focuses on fruition of cultural heritage for a wider audience. It analyses several intervention strategies in the field of haptic representation and the use of technology to improve the perception of architectural and pictorial works for the sightless and visually impaired. Acquisition procedures, graphic analyses, restitution, and rapid prototyping techniques were used in the case study of an early sixteenth-century trompe l'oeil fresco painted by one of Andrea Pozzo's students in the Jesuit church of St. Ignatius in Gorizia. The study exploits the combination of perspective restitution and acquisition and modelling techniques to create extremely informative tactile prototypes of the pictorial scene and architectural complex.

Keywords: architecture, St. Ignatius, perspective restitution, tactile perception, 3D print.

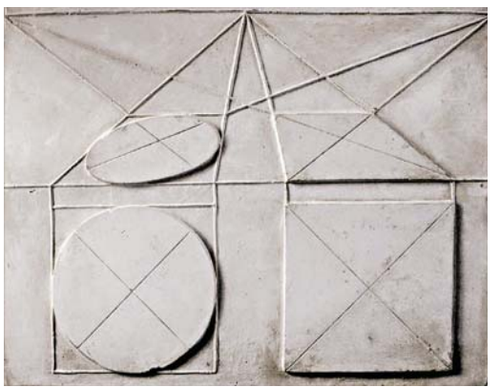
La ricerca si inquadra nell'ambito della fruizione del patrimonio culturale per un'utenza ampliata. Lo studio propone una analisi di alcune strategie di intervento nel settore della rappresentazione aptica e l'impiego di tecnologie finalizzate a migliorare la percezione di opere architettoniche e pittoriche a persone non vedenti e ipovedenti. Le procedure di acquisizione, le analisi grafico-restitutive e tecniche di prototipazione rapida sono state applicate al caso studio inerente una quadratura illusionistica di inizio Settecento realizzata da uno degli allievi di Andrea Pozzo nella chiesa gesuita di Sant'Ignazio a Gorizia. La ricerca ha sfruttato l'integrazione della restituzione prospettica con le tecniche di acquisizione e modellazione opportunamente predisposte alla realizzazione della scena pittorica e del complesso architettonico sotto forma di prototipi tattili ad alto contenuto informativo.

Parole chiave: architettura, Sant'Ignazio, restituzione prospettica, percezione tattile, stampa 3D.

"A Man, being born blind, and having a Globe and a Cube, nigh of the same bignes, Committed into his Hands, and being taught or Told, which is Called the Globe, and which the Cube, so as easily to distinguish them by his Touch or Feeling; Then both being taken from Him, and Laid on a Table, Let us suppose his Sight Restored to Him; Whether he Could, by his Sight, and before he touch them, know which is the Globe and which the Cube?".[1] *William Molyneux sent this question to John Locke in his renowned letter dated July 7, 1688 after the first, concise version of the philosopher's ideas was published in the magazine* Bibliothèque Universelle et Historique *and then further expounded in* An Essay concerning Human Understanding.[2] *For roughly three and a half centuries philosophers, scientists and psychologists have debated the role of empiricism in the perception of physical form.*[3]
Although we will not discuss the issue here – since numerous authors have done so, including George Berkeley, Gottfried Wilhelm von Leibniz, Voltaire, Denis Diderot and Hermann Helmholtz[4] *– it would be interesting to review 'Molyneux's problem' as regards the variables of our disciplinary field. More precisely, how can we transmit the peculiarity of human sight – in the form of a conic projection – to a congenitally sightless person, a visually impaired person, or a person who looses their sight late in life?*

«A un uomo, nato cieco, con una sfera e un cubo circa della stessa grandezza posti nelle mani è stato insegnato a distinguere la sfera dal cubo attraverso il tatto e la sensazione; supponiamo quindi che gli oggetti vengano allontanati da lui e posti su di un tavolo, e che la sua vista venga restaurata; può egli sapere, con la vista e prima di toccarli, quale è la sfera e quale è il cubo?»[1]. La questione posta da William Molyneux nella famosa lettera inviata il 7 luglio 1688 a John Locke, a seguito di una prima pubblicazione in forma concisa sulla rivista *Bibliothèque Universelle et Historique* delle idee del filosofo poi contenute nel *Saggio sull'intelletto umano*[2], ha sollecitato per circa tre secoli e mezzo il dibattito tra filosofi, scienziati e psicologi sul tema del ruolo dell'empirismo nella percezione della forma fisica[3].
Non ci soffermeremo a discutere sull'argomento – del quale si sono occupati innumerevoli autori, tra cui George Berkeley, Gottfried Wilhelm von Leibniz, Voltaire, Denis Diderot ed Hermann Helmholtz[4] – ma sarebbe interessante declinare il "problema di Molyneux" nelle variabili poste dall'ambito disciplinare di cui ci occupiamo, e precisamente di come si possa trasmettere la peculiarità di una visione umana – nella forma di una proiezione conica – a soggetti non vedenti siano essi congeniti, tardivi o ipovedenti.
Mentre le proiezioni ortogonali, soprattutto la prima proiezione mongiana, che si riferisce alla sezione orizzontale di un solido, hanno ormai una rigorosa codificazione sul piano della comunicazione per soggetti in assenza di capacità visiva – si pensi ai disegni in rilievo[5] e alle mappe tattili di percorso o di luogo, ormai presenti in molti spazi pubblici e all'interno di edifici ad alta frequentazione –, è ancora sospeso il problema della percezione di altre forme di rappresentazione, quali ad esempio la prospettiva.
Difficile è pensare che il semplice tocco di un trapezio a rilievo possa indurre il non vedente a interpretare immediatamente tale geometria come la proiezione prospettica di un quadrato posto su di un piano geometrale, collocato frontalmente rispetto a un occhio osservante. Le rette proiettanti che dalla figura presente davanti al soggetto convergono verso il centro di proiezione proprio – il punto di vista – in modo da permettere l'immediata riconoscibilità della forma, sono uno stratagemma iconografico a uso di coloro che hanno studiato la prospettiva, non immediatamente riconducibile alla teoria delle proiezioni da chi non esercita l'arte del disegno. Come ci ricorda Rudolf Arnheim «il mondo del non vedente […] è in principio vuoto – vuoto come un telaio su cui non si sia dipinto nulla»[6] e quindi «disegnare oggetti distorti secondo la prospettiva e decifrare disegni lineari prospettici sono espedienti che possono essere appresi ma sono comunque destinati a rimanere un artificio fuorviante e quasi inservibile per i non vedenti»[7].
In che modo, allora, è possibile offrire al disabile visivo la percezione di una proiezione prospettica, sia essa nella forma di una fotografia, di un quadro o di un affresco di grandi dimensioni?
Il metodo ormai acquisito prevede l'interpretazione morfologica dell'oggetto rappresentato, una codificazione delle varie parti, tali da restituire sotto forma di bassorilievo tattile i contenuti dell'opera presa come riferimento. Così si opera nella maggior parte dei musei tattili[8]: basti pensare al Museo Tattile Statale Omero di Ancona[9], diretto da Aldo Grassini, la cui estensione fisica degli spazi espositivi è riccamente dotata sia di modelli architettonici

1/ Bassorilievo relativo a schema prospettico a fini didattici. Ideazione e realizzazione Museo Tattile Anteros, Bologna.
Bas-relief of the perspective diagram for educational purposes. Ideation and creation, Anteros Tactile Museum, Bologna.
2/ Veduta di scorcio e frontale del bassorilievo dell'Ultima cena di Leonardo da Vinci nel Refettorio di Santa Maria delle Grazie a Milano. Ideazione e realizzazione Museo Tattile Anteros, Bologna.
Foreshortened and frontal view of the bas-relief of the Last Supper by Leonardo da Vinci in the Refectory of Santa Maria delle Grazie in Milan. Ideation and creation. Anteros Tactile Museum, Bologna.



a scale differenti, quali la basilica di San Pietro e la cupola del duomo di Firenze, sia di traduzioni in forma stereometrica di quadri – dal celebre ritratto del profilo di *Federico da Montefeltro*, dipinto da Piero della Francesca nella seconda metà del Quattrocento, a *Guernica* di Pablo Picasso[10] riproposto di dimensioni inferiori rispetto all'estensione dell'originale di 27 metri quadrati, proprio per permettere la fruizione aptica di tutta l'opera; ma anche al Museo Tattile Anteros, collocato all'interno dell'Istituto per Ciechi Francesco Cavazza di Bologna, la cui curatrice, Loretta Secchi, da anni sta affiancando all'attività espositiva un intenso impegno di carattere pedagogico nel campo della trasmissione delle opere d'arte per non vedenti e ipovedenti[11]. Esempio sono le opere a rilievo riproducenti schemi prospettici (fig. 1), ma anche la riproposizione di opere d'arte in cui le profondità visive sono presentate con attenti dosaggi di materia, tali da ricreare – tramite rientranze e sporgenze, sottosquadri, concavità e convessità – il plot narrativo utile ai visitatori con minoranza visiva per percepire mentalmente, grazie alla tattilità, l'opera figurata. Tali sussidi tiflodidattici si presentano nella forma dei "bassorilievi prospettici"[12] di capolavori, quali ad esempio *La nascita di Venere* di Sandro Botticelli[13], la *Gioconda* di Leonardo da Vinci, o l'*Ultima cena*, dello stesso Leonardo (fig. 2), commissionata per il Refettorio di Santa Maria delle Grazie a Milano, luogo che ora la ospita, accanto all'originale affresco leonardesco.
In questo caso la restituzione fisica viene disposta seguendo rigorose procedure scultoree che mettono in risalto, dopo un attento esame preliminare dell'opera, i caratteri delle varie forme, così da poter sottolineare il proprio ruolo all'interno dell'insieme dei contenuti rappresentati[14] e costituire un vocabolario semantico delle morfologie. All'ausilio della bimanualità assistita, perché guidata preliminarmente da un educatore che vocalmente indirizza la percezione tattile del cieco o dell'ipovedente, potrà far seguito una lettura autonoma della stessa, tale che consenta la fruizione estetica del bene. Il processo non è per nulla lineare e immediato: è indispensabile che l'alfabetizzazione alla visione aptica dell'oggetto artistico sia svolta nell'imperativo di un'*ekphrasis* calibrata sulla tipologia di utente affetto da disabilità – che sia un adolescente, un giovane studioso, un adulto generico – evitando problemi di riduzione o sovrabbondanza segnica quali, ad esempio, la «saturazione per accumulo di informazioni" che comporterebbe "il sovrasollecitamento tattile che si rifletterebbe in confusa sovrapposizione di percezioni e di immagini corrispondenti»[15].

Orthogonal projects, especially Monge's first projection of the horizontal section of a solid, have been meticulously codified so that they can be communicated to visually impaired individuals, for example the relief drawings[5] and tactile maps of itineraries or places now present in numerous public spaces and buildings where many people gather. However, we have yet to solve the problem of the perception of other forms of representation, e.g., perspective.
It's difficult to imagine that by simply touching a trapezoid in relief a visually impaired person can immediately interpret its geometry as the perspective projection of a square placed on a geometral plane and positioned head-on compared to the viewer. The projecting lines from the figure in front of the viewer converge towards the centre of projection – the viewpoint; any scholar of perspective will immediately recognise this form as an iconographic stratagem, but non-drawers will not immediately associate it with the theory of projection. Rudolf Arnheim reminds us that "the sightless world […] is primarily empty – empty like a canvas on which nothing is painted",[6] therefore "drawing perspectively distorted objects and deciphering perspective line drawing are tricks that can be learned but will remain a distracting and but useless artefacts for the sightless". [7]
So how is it possible for the visually disabled to perceive a perspective projection, be it a photograph, painting, or large format fresco? The method currently used involves morphologically interpreting the represented object, classifying the various parts, and then turning its contents into a tactile bas-relief. This is what happens in most tactile museums,[8] e.g., the Omero State Tactile Museum[9] in Ancona, director Aldo Grassini, where the exhibition halls are filled with architectural models on different scales (St. Peter's Basilica, the dome of the Cathedral in Florence) as well as stereometric reproductions of paintings (the famous portrait of the profile of Federico da Montefeltro *painted by Piero della Francesca in the second half of the fifteenth century or* Guernica *by Pablo Picasso[10]). Compared to its original twenty-seven square metres this* Guernica *is smaller to enable haptic enjoyment of the whole work. The Anteros Tactile Museum located in the Francesco Cavazza Institute for the Blind in Bologna is another*

3/ Dipinto tattile Madonna del Belvedere di Raffaello Sanzio, presso il Kunsthistorisches Museum di Vienna. A sinistra: dipinto originale; al centro: diagramma 2,1D a strutturazione di profondità; a destra: modello a rilievo 2,5D (in Volpe, Furferi, Governi, Tennirelli. Computer-based methodologies, cit., p. 92).
The tactile painting Madonna del Belvedere by Rafael (Kunsthistorisches Museum, Vienna). Left: original painting; centre: 2.1D structuring depth diagram; right: 2.5D relief model (in Volpe, Furferi, Governi, Tennirelli. Computer-based methodologies, cit., p. 92).

example. For years the curator Loretta Secchi has complemented the exhibited works with a pedagogical initiative aimed at transmitting the artworks to the sightless or visually impaired.[11] *For example, the relief artworks reproducing perspective figures (fig. 1), or artworks where the materials are used to create visual depths, are carefully calibrated to recreate the narrative plot. This is achieved using indentations, protrusions, undercuts, concavities and convexities so that visitors with visual deficiencies can use touch to mentally perceive the artwork. These educative sensory aids are 'perspective bas-reliefs'*[12] *of masterpieces, e.g., the* Birth of Venus *by Sandro Botticelli,*[13] *the* Mona Lisa *by Leonardo da Vinci, or* The Last Supper *again by Leonardo (fig. 2) commissioned for the Refectory of Santa Maria delle Grazie in Milan where the perspective bas-relief of this latter artwork now stands next to Leonardo's original fresco.*
In this case physical restitution is achieved by applying meticulous sculptural procedures executed after careful preliminary examination of the artwork. The procedures highlight the features of the various forms thereby emphasising their role in the ensemble of the represented contents[14] *and creating a semantic vocabulary of the morphologies. In addition to the bi-*

All'abilità nell'osservazione dell'opera da parte di un ricercatore nel campo della storia dell'arte e della destrezza di uno scultore nell'esecuzione del bassorilievo – che prevede comunque una rappresentazione per difetto – da alcuni anni si cerca di affiancare stratagemmi figurativi grazie all'impiego dell'elaborazione digitale per sciogliere il residuo visivo dell'ipovedente o l'assenza totale del disabile oculare con un doppio canale informativo: da un lato la generazione semiautomatica di profondità stratificate – simili al bassorilievo prospettico di cui si è parlato – facendo uso delle ricerche pregresse nel campo degli algoritmi del tipo *shape from shading*[16] ma adattati con particolari *texture* che esaltano la profondità stereometrica; dall'altro, nel caso sia disponibile un dipinto a soggetto architettonico riconducibile a precise geometrie, con l'impiego di procedure di restituzione prospettica e la conseguente generazione del modello tridimensionale dell'*architectura picta*, magari in mutua correlazione con un disegno a rilievo che dichiari il processo logico dell'inferenza.
Nel primo caso si fa riferimento a procedure algoritmiche di *image processing* in corso di sviluppo che permettano di associare mappe di profondità a livelli di gradazione tonale, controllando i contorni in modo da generare isoipse a sfumatura variabile[17]. In questo caso si fa riferimento al passaggio tra un disegno bidimensionale e un'elaborazione semi-tridimensionale – chiamata anche 2D e mezzo, o 2,5D –, che prevede un'estrusione controllata di alcuni elementi delle figure, come avvenuto per la *Madonna del Belvedere* (fig. 3). Pur se queste esperienze si avvicinano alle citate tecniche tradizionali di modellazione plastica a bassorilievo, in molti casi risulta carente il ruolo discrezionale dell'interpretazione dell'opera, tale che possa venire incontro alle reali esigenze dell'utenza disabile. Inoltre i procedimenti esondano dalle reali competenze di chi si occupa della disciplina del disegno, escludendo del tutto, nel caso di rappresentazioni architettoniche, il ruolo dei fondamenti della geometria descrittiva e della storia del disegno quali metodi scientifici di figurazione del reale.
Nel secondo caso, invece, le procedure possono essere rigorosamente individuate nel processo di integrazione tra metodologie specifiche, quali la restituzione prospettica, la modellazione digitale e la prototipazione rapida. Nell'eventualità che si tratti di un'opera di

4/ Vedute della chiesa di Sant'Ignazio a Gorizia: esterno (a sinistra) e interno (a destra).
The church of St. Ignatius in Gorizia: exterior (left) and interior (right).

grandi dimensioni inserita in un contesto architettonico reale – come per l'affresco dopo descritto – a tali procedure vanno aggiunte il rilievo stereometrico dell'architettura, la mosaicatura a seguito di fotogrammetria digitale del dipinto, la generazione del modello virtuale, al quale va affiancato – nell'opportuna scala metrica – la *maquette* numerica restituita grazie alla procedura, facendo grande attenzione, nella parte finale del processo, che l'adeguamento dei materiali fisici del modello prototipato abbia quelle peculiarità di superficie che sappiano incontrare la sensibilità tattile vicariante la vista dell'utente disabile, per accostare un modello reale, seppure in scala ridotta, all'interpretazione a bassorilievo. D'altronde, come ci ricorda sempre Arnheim «Un cieco che esplori […] uno dei rilievi di Lorenzo Ghiberti per le porte di bronzo del Battistero di Firenze si troverà tanto irrimediabilmente perduto quanto un selvaggio che veda per la prima volta una fotografia»[18].

Rilievo, restituzione prospettica, modellazione e prototipazione della chiesa e dell'affresco di Sant'Ignazio a Gorizia

Le indagini relative alla possibilità di comunicare in forma tattile un tessuto architettonico e pittorico in modo da poter essere fruite in un sistema museale inclusivo[19] sono state condotte sulla chiesa di Sant'Ignazio di Gorizia risalente al XVII-XVIII secolo (fig. 4). Simbolo iconico della città isontina, l'interessante morfologia della chiesa barocca è integrata dalla presenza al suo interno di un particolare affresco illusionista, noto come *Gloria di sant'Ignazio*, realizzato nel 1721 da Christoph Tausch (1673-1731)[20] – uno dei principali allievi di Andrea Pozzo[21] – al quale è attribuibile anche la monumentale facciata che fonde i vari caratteri stilistici rendendo il manufatto architettonico singolare nel suo genere.

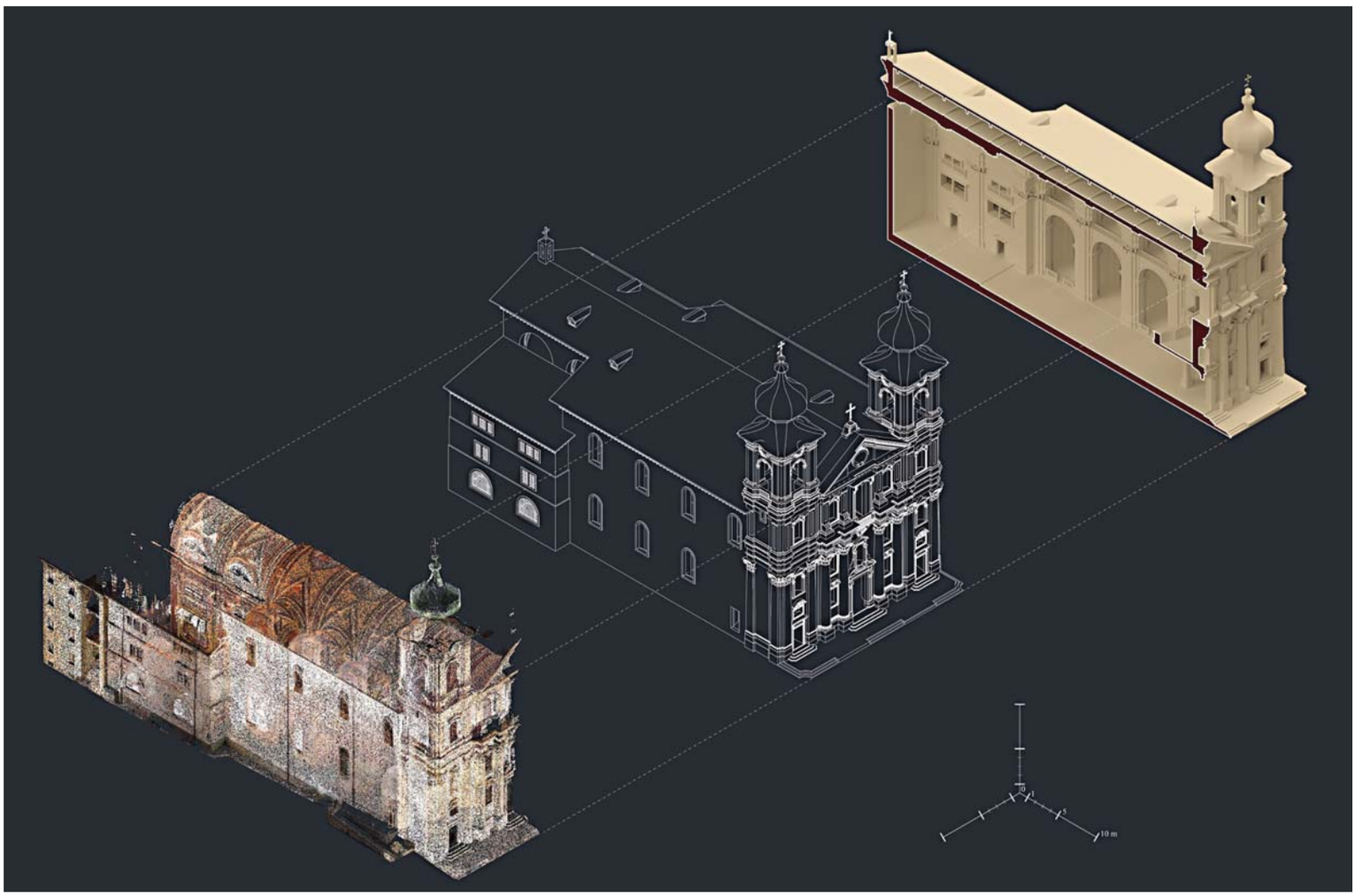
L'artista e architetto gesuita, nativo di Innsbruck, fu per sette anni l'*adiunctus in pictura* di padre Pozzo a Vienna, dal 1703 fino alla morte del maestro avvenuta nel 1709. In seguito a un viaggio di studio a Roma nel 1720, su invito dei padri gesuiti di Gorizia, si fermò a sovrintendere i lavori della chiesa gesuitica della città. In pochi mesi elaborò il progetto della facciata principale con le due torri campanarie, terminò la volta della navata, predispose i progetti per la cantoria e affrescò la parete del presbiterio con la grande quadratura.

manual aid, a teacher will first verbally guide the tactile perception of the sightless or visually impaired, but afterwards leaves the person free to use the aid alone and enjoy the aesthetics of the artwork. The process is anything but linear and immediate: it's important that the alphabetisation of the haptic vision of the artistic object be categorically performed using an ekphrasis *suited to the type of user and his/her disability – be they adolescents, young scholars, or adults – since this will avoid problems of too little or too many signs, for example "saturation due to information accumulation" which would cause "tactile overload in turn triggering confused superimposition of perceptions and corresponding images".*[15]

Creation of a bas-relief – which nevertheless involves representation by default – requires a skilled sculptor and the expert appraisal of the artwork by a researcher in the field of the history of art. In the last few years figurative stratagems have been added thanks to digital processing; the aim is to reduce the visual residue of the visually impaired or the total absence of the disabled eye by providing a dual information system: on the one hand, the semi-automatic generation of stratified depth (similar to the aforementioned perspective bas-relief) thanks to ongoing research in the field of shape from shading algorithms[16] *that have been adapted using specific textures in order to enhance stereometric depth; on the other, should a painting of an architectural object with precise geometries be available, the use of perspective restitution procedures and ensuing generation of a 3D model of the* architectura picta, *perhaps in mutual correlation with a relief drawing revealing the logical process of the inference.*

The first system involves the image processing algorithms that are currently being developed; these algorithms make it possible to combine depth maps with levels of tonal shades, thereby controlling the edges so as to generate contour lines with variable nuances.[17] *In this case we refer to the shift from a two-dimensional drawing to a semi-three-dimensional image – also called 2 and a half dimensional perspective, or 2.5D – involving the controlled extrusion of certain elements of the figures, for example in the* Madonna del Belvedere *(fig. 3). Although they are very similar to the aforementioned traditional techniques of bas-relief modelling,*

5/ Assonometria ortogonale isometrica dei modelli digitali della chiesa di Sant'Ignazio. A sinistra: nuvola di punti; al centro: modello in wireframe; a destra: modello solido (elaborazione Veronica Riavis).
Isometric orthogonal axonometry of the digital models of the church of St. Ignatius. Left: points cloud; centre: wireframe model; right: solid model (by Veronica Riavis).

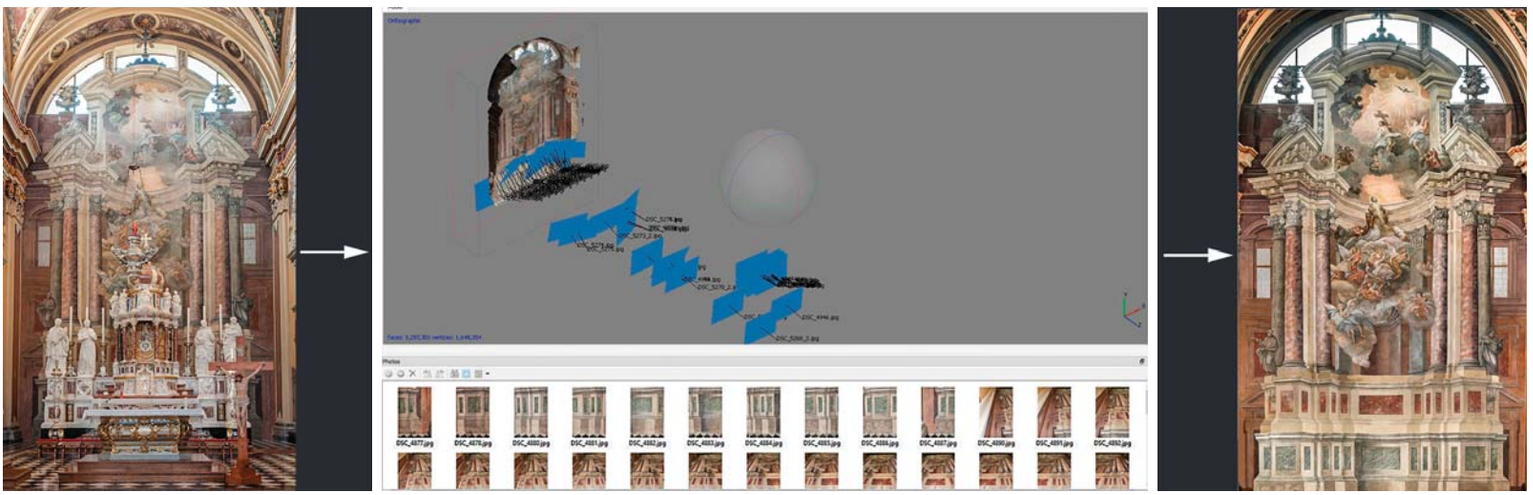


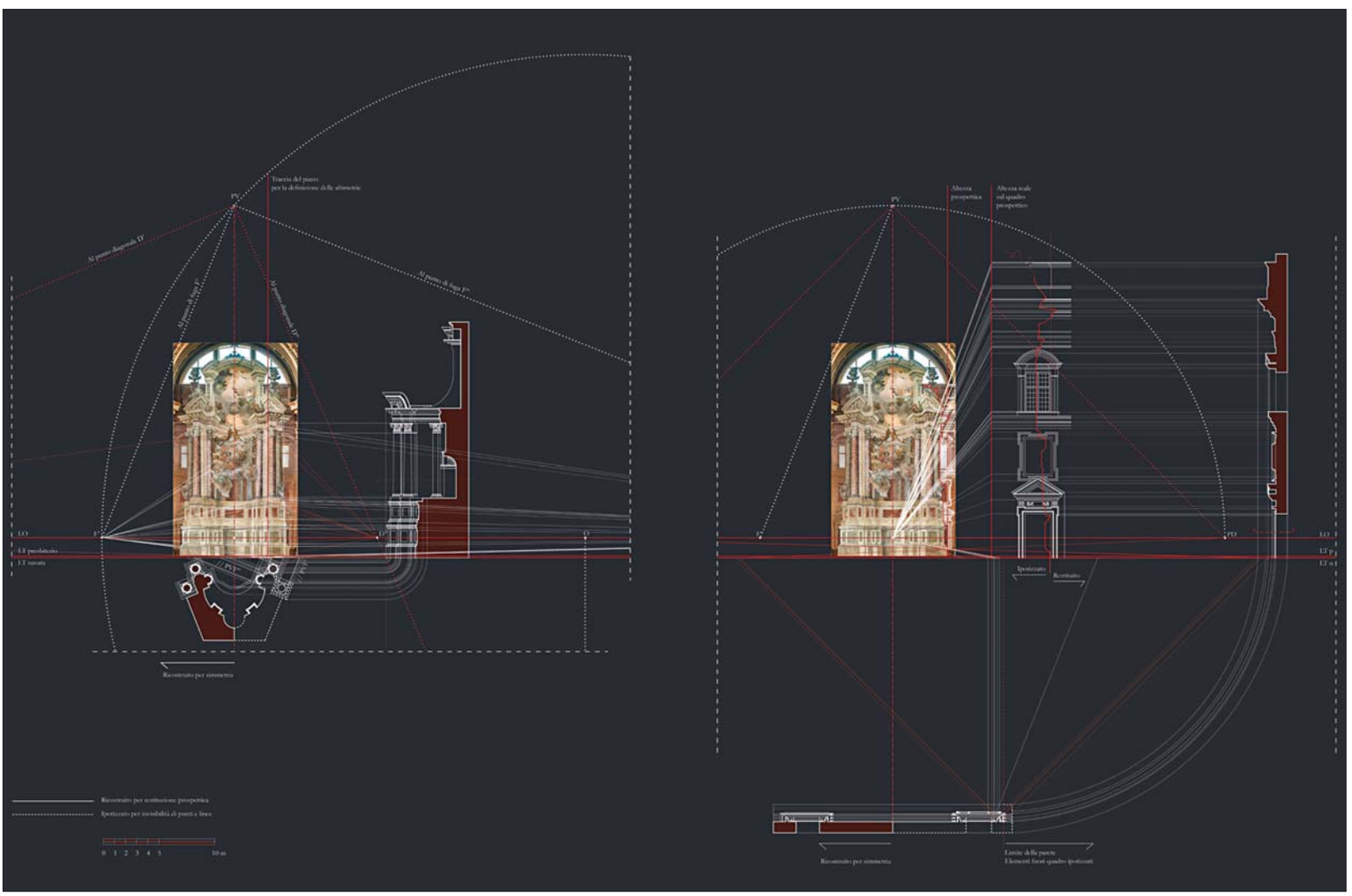
in many cases the discretional interpretative role is inadequate and does not satisfy the real requirements of a disabled user. In addition, the procedures are not part of the responsibilities of those involved in drawing disciplines and, in the case of architectural representations, completely exclude the role of the fundamentals of descriptive geometry and the history of drawing as scientific methods to represent reality. Instead in the second system the procedures are meticulously established by integrating specific methodologies such as perspective restitution, digital modelling and rapid prototyping. If the work in question is a large format artefact located in a real architectural context, i.e., the fresco described below, then the procedure

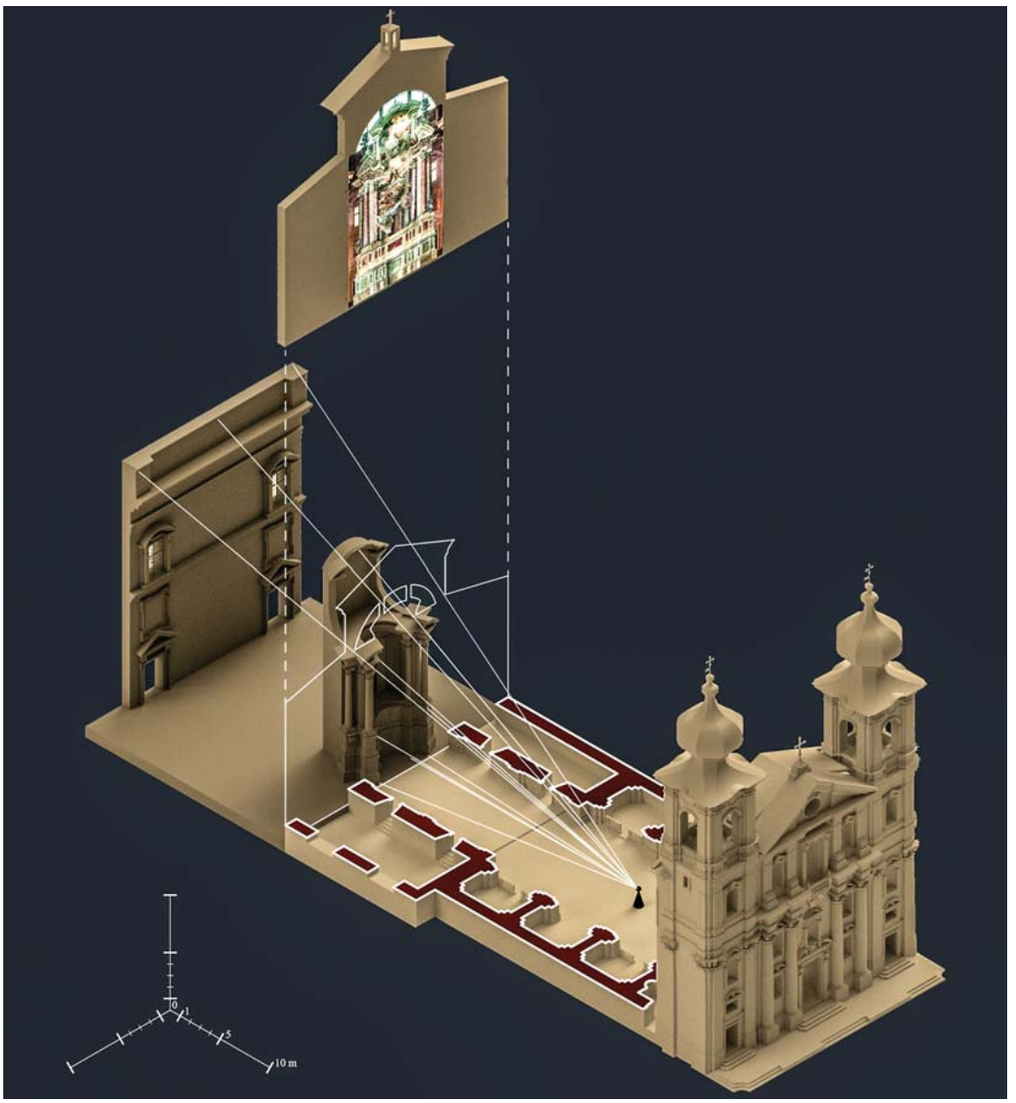
Internamente la chiesa è organizzata secondo lo sviluppo longitudinale a navata unica voltata e affiancata da tre cappelle per lato sormontate da matronei praticabili, priva di transetto e senza conclusione absidale. Proprio quest'ultima condizione, dovuta alla presenza della canonica e dell'edificio collegiale, portò Tausch a realizzare sulla parete di fondo del presbiterio la quadratura illusionista *Gloria di sant'Ignazio*. Per la realizzazione dell'affresco sulla grande parete, superiormente conclusa da una finestra termale a segmenti, fu necessario tenere conto anche del grande altare marmoreo del 1716 di Pasquale Lazzarini posizionato a pochi metri di distanza dal setto. Tausch impostò quindi l'affresco sopra tale struttura in modo da renderlo visibile ai fedeli. Nella parte alta, l'altare illusorio si prolunga nell'apertura della finestra termale mescolando la luce reale con gli effetti chiaroscurali della finta prospettiva. Il gioco illusionista accresce ai lati dell'edicola con la raffigurazione di finte porte e finestre apparentemente piene di luce di una controfacciata scenica.
Un marcato riferimento al lavoro di Andrea Pozzo è ravvisabile nelle opere realizzate insieme al maestro e nelle iconografie contenute nei due volumi del *Perspectiva Pictorum et Architectorum*[22] – tra cui i progetti per alcuni altari e per capitelli riproposti da Tausch nell'affresco goriziano.

6/ Mosaicatura fotogrammetrica dell'affresco Gloria di sant'Ignazio. A sinistra: immagine generale; al centro: trattamento; a destra: composizione dell'immagine finale (elaborazione Veronica Riavis).
Photogrammetric tiling of the fresco The Glory of St. Ignatius. Left: general image; centre: treatment; right: composition of the final image (by Veronica Riavis).

7/ Restituzione prospettica dell'affresco Gloria di sant'Ignazio (elaborazione Veronica Riavis).
Perspective restitution of the fresco The Glory of St. Ignatius (by Veronica Riavis).







8/ Assonometria ortogonale isometrica del modello digitale della chiesa e della restituzione, con punto di vista e rette proiettanti (elaborazione Veronica Riavis).
Isometric orthogonal axonometry of the digital model of the church and restitution, with viewpoint and projecting straight lines (by Veronica Riavis).

will also have to include: a stereometric survey of the architecture; tiling after the digital photogrammetry of the painting; and generation of a virtual model. The numerical maquette created by the procedure will have to be combined – on the correct metric scale – with the virtual model. Care needs to be taken during the final part of the process so that not only the physical materials of the prototyped model have the unique surface features required to satisfy the tactile sensibility replacing sight in disabled users, but also that the real model, albeit on a reduced scale, matches the bas-relief. It is Arnheim who again reminds us that "a blind person exploring […] one of Ghiberti's reliefs for the bronze doors of the Florence Baptistery will be as hopelessly lost as a tribesman looking at his first photograph".[18]

Survey, perspective restitution, modelling and prototyping of the church and fresco of St. Ignatius in Gorizia

We studied the seventeenth/eighteenth-century church of St. Ignatius in Gorizia (fig. 4) in order to explore whether or not it was possible to tactilely convey an architectural and pictorial fabric so that it could be displayed in an inclusive museum system.[19] *The baroque church is an iconic symbol of the city located in the Isonzo plain; its interesting morphology is enriched by the presence of a unique trompe l'oeil fresco known as the* Glory of St. Ignatius *painted in 1721 by one of Andrea Pozzo's*[20] *most important students – Christoph Tausch (1673-1731),*[21] *also credited with the design of its monumental façade where the merger of its multiple stylistic features make the church unique.*
For seven years, from 1703 to the death of his Father Pozzo in 1709, the Innsbruck-born Jesuit artist and architect was his adiunctus in pictura *in Vienna. After Tausch completed a study tour in Rome in 1720, the Jesuit fathers in Gorizia asked him to supervise work on the city's Jesuit church. In just a few months he drafted the design of the main façade with its two bell towers, completed the vault of the nave, prepared the drawings for the choir, and decorated the presbytery wall with a big trompe l'oeil fresco. The longitudinal interior of the church is made up of a single vaulted nave with three chapels on either side; accessible women's galleries are located above the chapels. The church has*

L'architettura tardobarocca e il plot figurativo dell'affresco hanno costituito un'occasione di ricerca per la restituzione stereometrica digitale e per la percezione aptica.
L'obiettivo della ricerca è stato quello di integrare metodologie classiche di rilievo e tecniche avanzate di acquisizione al fine di ottenere informazioni geometriche e dimensionali utili a configurare digitalmente i modelli architettonici. Lo scopo finale, definiti i modelli tridimensionali, è stato quello di realizzare prototipi fisici che costituiscano una forma di rappresentazione tattile utile per estendere l'accessibilità e la fruibilità del patrimonio culturale.
Alla fase di analisi della documentazione cartografica e archivistica ha fatto seguito il rilievo diretto e a vista *in situ*[23,] con l'impiego della fotogrammetria numerica, della scansione laser, attraverso 44 punti di ripresa, e del relativo trattamento dei dati[24,] che ha determinato una nuvola finale di 60,98 milioni di punti, per l'interno e l'esterno della sola chiesa (fig. 5).
Per quanto concerne la questione della fruizione della pittura, l'affresco illusionistico

9/ Comparazione tra modelli digitali: affresco Gloria di sant'Ignazio e restituzione tridimensionale dell'abside (elaborazione Veronica Riavis).
Comparison between digital models: fresco of the Glory of St. Ignatius and the three-dimensional restitution of the apse (by Veronica Riavis).

del presbiterio è stato restituito per identificazione di aree omologhe, individuando il riferimento proiettivo nella convergenza delle linee verso i punti di fuga, dopo aver eseguito un campionamento di 71 scatti fotografici e la relativa mosaicatura digitale composta da una nuvola di 12.909 punti, così da vedere l'intera parete orto-rettificata del presbiterio, impossibile da visualizzare interamente a causa della presenza dell'altare maggiore posto a 3 m dall'affresco (fig. 6).
Grazie all'immagine completa dell'affresco parietale sono state condotte le operazioni di prospettiva inversa alla scena rappresentata (fig. 7). Tale analisi ha consentito di determinare le dimensioni in pianta e alzato dell'architettura dell'altare e dello sfondo prospettico, ma soprattutto di constatare la corrispondenza del collocamento del punto di vista dell'osservatore al centro della chiesa (*punctum oculi optimum*)[25], precetto che, assieme all'impostazione accidentale dei volumi rappresentanti, è riscontrabile nel *Trattato* di Andrea Pozzo[26].
Desunte le informazioni dimensionali, precedentemente scalate secondo il riferimento

neither a transept nor an apse. The fact there was no apse due to the presence of a rectory and college building inspired Tausch to decorate the partition wall of the presbytery with a large format trompe l'oeil fresco known as the Glory of St. Ignatius. *However, before being able to paint it Tausch had to consider the segmented window at the top and the big marble altar, built in 1716 by Pasquale Lazzarini, and positioned a few metres in front of the rear wall. As a result he decided to place the fresco above the altar so that it could be seen by all the faithful. The upper part of the illusory altar extends into the opening of the segmented window, merging real light with the chiaroscuro effects of the fake perspective. This illusionistic trick is enhanced on either side of the aedicule by fake doors and windows, ostensibly flooded with light by a scenic counter-façade.*
An obvious reference to work by Andrea Pozzo is discernable in the works built jointly with the maestro as well as in the iconographies illustrated in the two volumes of the Perspectiva Pictorum et Architectorum[22] *– including the designs for several altars and capitals Tausch reproposed in the fresco in Gorizia.*
The late baroque architecture and the figurative plot of the fresco were an opportunity to study digital stereometric restitution and haptic perception.
The objective was to merge classical surveying methodologies and advanced acquisition techniques in order to obtain geometric and dimensional data used to digitally configure architectural models. Having established the three-dimensional models, the final goal was to build physical prototypes as a form of tactile representation and thereby enhance accessibility and fruition of cultural heritage.
After analysing the cartographic and archival documentation we performed an in situ visit[23] *and direct survey of the interior and exterior of the church using numerical photogrammetry, laser scansion with 44 station points, and relative data processing[24]; the survey produced a final cloud with 60.98 million points (fig. 5).*
Fruition of the trompe l'oeil fresco was achieved through restitution based on identification of homologous areas; after taking 71 sample photographs and creating the relative digital tiling

10/ Il modello fisico della chiesa di Sant'Ignazio realizzato con tecniche FDM in scala 1:100 (elaborazione Veronica Riavis; realizzazione 3D Lab Università di Udine).
Physical model of the church of St. Ignatius created using FDM techniques on a 1:100 scale (by Veronica Riavis; realisation 3D Lab Università di Udine).
11/ Percezione tattile del modello fisico della facciata della chiesa di Sant'Ignazio (a sinistra) e dell'abside restituito (a destra) (elaborazione Veronica Riavis; realizzazione 3D Lab Università di Udine).
Tactile perception of the physical model of the façade of the church of St. Ignatius (left) and the restitution of the apse (right) (by Veronica Riavis; realisation by 3D Lab Università di Udine).

using a cloud with 12,909 points, the projective reference was identified in the convergence of the lines towards the vanishing points. This enabled us to see the entire orthorectified presbytery wall which would have been physically impossible due to the presence of the main altar just 3 metres away from the fresco (fig. 6).
The complete image of the wall fresco allowed us to achieve the inverse perspective of the represented scene (fig. 7). We were thus able to determine the dimensions of the plan and elevation of the architecture of the altar and perspective background; above all we established that the observer's viewpoint was in the centre of the church (punctum oculi optimum).[25] *This rule, and the accidental perspective of the represented volumes, is present in Andrea Pozzo's* Treatise.[26]
Having obtained the measurements, previously scaled based on the metric reference acquired in loco, *we proceeded with the three-dimensional modelling of the painted scene (fig. 8) and church building. We then compared the two virtual models: the real one and the restitution (fig. 9).*
After having established all the required geometric data the last phase involved the final prototyping of the drawings using FDM techniques (Fused Deposition Modelling) and a 0.1 mm layer height for the 1:100 scale models of the church and represented pictorial scene. The metric scale was the best possible because these dimensions facilitated tactile exploration of the model: in fact the architectural model of the church measures 60x30x40 cm (fig. 10). Thanks to the merger of the two tactile models both the formal complexity and details of the church are easy to comprehend based on the envisaged reference parameter – maximum breadth is an arm's length – as established also by the regulations.
We also reproduced a 1:10 scale model (14x18x10 cm) of the giant order capital of the façade 11 metres above ground: we did this so that a visually impaired person could discover the formal geometries of an important architectural element which, given its position, was de facto inaccessible to all those who visited the church. We decided to divide the longitudinal axis of the church in order to provide dual perception of the model: on one side the real church, with the frescoed wall, and on the other the extended

metrico acquisito *in loco*, si è proceduto alla modellazione tridimensionale della scena dipinta (fig. 8), analogamente a quanto avvenuto per l'edificio della chiesa e alla successiva comparazione dei due modelli virtuali: reale e restituito (fig. 9).
Dopo aver determinato tutti i dati geometrici necessari, la fase conclusiva ha riguardato la prototipazione finale degli elaborati con tecniche FDM (*Fused Deposition Modeling*) con una altezza di *layer* di 0,1 mm, sia per quanto riguarda il modello della chiesa che di quello rappresentante la scena pittorica, entrambi realizzati in scala 1:100. La scelta della scala metrica è risultata ottimale per le dimensioni comprensibili da una possibile esplorazione tattile. Il modello architettonico della chiesa infatti misura 60x30x40 cm (fig. 10). Nel complesso, l'unione dei due modelli tattili risulta essere facilmente comprensibile sia nella sua complessità formale che di dettaglio, tenendo come parametro guida l'ampiezza massima delle braccia di una persona, così come previsto anche dalla normativa.
Inoltre è stato riprodotto un capitello dell'ordine gigante della facciata posto a 11 m di altezza in scala 1:10 (14x18x10 cm): tale necessità è avvenuta per dare la possibilità a una persona non vedente di scoprire le geometrie formali di un elemento architettonico significativo, di fatto inaccessibile – data l'altezza – a tutti i visitatori della chiesa.
Si è deciso, quindi, di mantenere una divisione nell'asse longitudinale della chiesa, che possa permettere una duplice percezione del modello: da un lato la chiesa reale, con parete affrescata, e dall'altro la navata estesa, con la riproposizione fisica dell'abside restituito.
Una particolare attenzione, infine, è stata riposta nel trattamento delle superfici con un sistema epossidico bi-componente a base resinosa, tale da eliminare le irregolarità dei livelli di stratificazione dell'acido polilattico solidificato durante la fusione di stampa 3D. In questo modo la superficie riesce a essere sufficientemente liscia da permettere a non vedenti e ipovedenti una percezione delle forme a un tempo omogenea e scevra da qualsiasi alterazione epidermica (fig. 11).

Conclusioni
I risultati della ricerca hanno consentito di determinare un protocollo operativo di ambito disciplinare per la fruibilità del patrimonio artistico e architettonico alle persone affette da inabilità visiva, soprattutto per quanto riguarda la percezione di una prospettiva dipinta da parte di non vedenti e ipovedenti, tale da ricostruire l'immagine mentale di quanto è raffigurato. I metodi di indagine di una proiezione centrale e della relativa restituzione prospettica, in mutua correlazione con gli strumenti di solidificazione numerica di una forma offerti dalle nuove tecnologie, impiegati nel caso studio della chiesa di Sant'Ignazio a Gorizia, permettono di affiancare al rigoroso approccio di carattere evocativo offerto dalla costruzione di modelli stereometrici a bassorilievo descritti in apertura, il metodo scientifico di narrazione di una morfologia architettonica, condotta attraverso la riproposizione fisica del complesso e delle eventuali singole parti costituenti, pur sempre nella rappresentazione a scala ridotta in consapevolezza della misura della disabilità.

* Pur nella condivisione delle posizioni espresse nel saggio, frutto di riflessioni comuni, la redazione del paragrafo introduttivo è da attribuire a Alberto Sdegno, mentre il paragrafo *Rilievo, restituzione prospettica, modellazione e prototipazione della chiesa e dell'affresco di Sant'Ignazio a Gorizia* è da attribuire a Veronica Riavis. Il paragrafo finale *Conclusioni* è scritto a due mani.

1. William Molyneux. *A Problem Proposed to the Author of the Essai Philosophique concernant L'Entendement*, 7 July 1688, Oxford, Bodleian Library, ms. Locke c. 16, fol. 92*r*. La lettera è pubblicata in: Degenaar 1996, p. 8, trascrizione a p. 17; la traduzione italiana è a p. 147 del saggio di Alessandra Jacomuzzi. Cubo o sfera? Nuove prospettive per il Quesito di Molyneux. *Rivista di estetica*, 39, 2008, pp. 147-154.

2. Il saggio di Locke venne pubblicato nel 1690, senza contenere alcun riferimento alla lettera di Molyneux, che invece trovò risposta nella seconda edizione del 1694, dopo una successiva missiva dello stesso del 2 marzo 1693. Cfr. John Locke. *Saggio sull'intelletto umano.* Torino: Tipografia Torinese, 1971 (*An Essay Concerning Human Understanding;* prima edizione London: Thomas Basset 1690, seconda edizione London: Awnsham and John Churchil, 1694).

nave, with the physical restitution of the apse. Finally we paid special attention to the treatment of the surfaces using an epoxy resin-based bi-component system so as to eliminate the irregularities of the stratified levels of the polylactic acid that had solidified during the fusion of 3D printing. This treatment makes the surface sufficiently smooth so that the sightless and visually impaired can perceive the once homogeneous forms without any epidermal alteration (fig. 11).

Conclusions
The results of the study enabled us to develop a disciplinary operational protocol so that people with visual disabilities can enjoy artistic and architectural heritage. In particular, the protocol helps the sightless or visually impaired to perceive a painted perspective and reconstruct a mental image of what is depicted. The methods used to study a central projection and relative perspective restitution were combined with new technological tools to numerically solidify a form and were then jointly exploited in the case study of the church of St. Ignatius in Gorizia. It was thus possible to combine the meticulous evocative approach provided by the construction of stereometric bas-relief models described earlier with the scientific narrative method of an architectural morphology. This was achieved by proposing a physical reproduction of the complex and several individual parts, albeit in a reduced scale representation based on the severity of the disability.

** The authors share all the ideas expressed in this paper since they developed it together, however the introductory paragraph was written by Alberto Sdegno, while the paragraph* Survey, perspective restitution, modelling and prototyping of the church and fresco of St. Ignatius in Gorizia *was written by Veronica Riavis. The final* Conclusions *were written jointly by both authors.*

1. *William Molyneux.* A Problem Proposed to the Author of the Essai Philosophique concernant L'Entendement*, 7 July 1688, Oxford, Bodleian Library, ms. Locke c. 16, fol. 92r. The letter is published in Degenaar 1996, p. 8, transcription on p. 17; the Italian translation is on p. 147 of the paper: Alessandra Jacomuzzi. Cubo o sfera? Nuove prospettive per il Quesito di Molyneux.* Rivista di estetica*, 39, 2008, pp. 147-154.*

2. *Locke's paper was published in 1690 without any reference to Molyneux's letter which instead was present in the second edition dated 1694 after another letter by the latter dated 2 March 1693. Cfr. John Locke.* Saggio sull'intelletto umano. *Torino: Tipografia Torinese, 1971* (An Essay Concerning Human Understanding; *first edition London: Thomas Basset 1690, second edition London: Awnsham and John Churchil, 1694).*

3. *For a more complete review of Molyneux's problem, see: Degenaar 1996 and Jacomuzzi 2008.*

4. *Cfr. Degenaar 1996.*

5. *Cfr. Levi, Rolli 1994, in particular chapter 4,* La trasposizione sul piano della terza dimensione*, pp. 53-58.*

6. *Arnheim 1990, p. 58.*

7. Ivi*, p. 64.*

8. *Regarding tactile museums, see: María Estrella Cela Esteban.* L'arte a portata di mano attraverso i plastici dei musei per non vedenti. *In Museo Tattile Statale Omero 2006, pp. 257-263; Nina Levent, Alvaro Pascual-Leone (eds.).* The Multisensory Museum. Cross-Disciplinary Perspectives on Touch, Sound, Smell, Memory, and Space. *Lanham: Rowan & Littlefield, 2014.*

9. *Regarding the Omero Tactile Museum, see: Grassini 2000.*

10. *Cfr. Aldo Grassini, Andrea Sòcrati, Annalisa Trasatti.* L'arte contemporanea e la scoperta dei valori della tattilità. *Roma: Armando Editore, 2018.*

11. *Regarding work by Loretta Secchi in general and the activities of the Anteros Museum, see: Secchi 2004.*

12. *The term is used in a specific field: Cfr. Secchi 2004, in particular chapters 2.2* Origini del bassorilievo prospettico e tecniche di costruzione*, pp. 64-66, and 2.6* Come avviene la lettura tattile di un bassorilievo prospettico*, pp. 71-75.*

13. *Regarding the creation of the bas-relief of the* Birth of Venus*, see: Daniela Angeli, Giampaolo Rocca.* Dall'esplorazione tattile alla restituzione plastica dell'immagine. Costruzione di un percorso. *In Museo Tattile Statale Omero 2006, pp. 247-255.*

14. *Paolo Gualandi, Loretta Secchi.* Tecniche di rappresentazione plastica della realtà visiva. *In Bellini 2000, pp. 49-98.*

15. *Loretta Secchi, Paolo Gualandi.* Logiche di ideazione e realizzazione della pittura tridimensionale per una didattica speciale delle arti. *In Museo Tattile Statale Omero 2006, pp. 235-246; citation on p. 241.*

3. Per una disamina completa del problema di Molyneux si veda: Degenaar 1996 e Jacomuzzi 2008.

4. Cfr. Degenaar 1996.

5. Cfr. Levi, Rolli 1994, in particolare il capitolo 4, *La trasposizione sul piano della terza dimensione*, pp. 53-58.

6. Arnheim 1990, p. 58.

7. Ivi, p. 64.

8. Sui musei tattili si veda: María Estrella Cela Esteban. L'arte a portata di mano attraverso i plastici dei musei per non vedenti. In Museo Tattile Statale Omero 2006, pp. 257-263; Nina Levent, Alvaro Pascual-Leone (eds.). *The Multisensory Museum. Cross-Disciplinary Perspectives on Touch, Sound, Smell, Memory, and Space.* Lanham: Rowan & Littlefield, 2014.

9. Sul Museo Tattile Omero si veda: Grassini 2000.

10. Cfr. Aldo Grassini, Andrea Sòcrati, Annalisa Trasatti. *L'arte contemporanea e la scoperta dei valori della tattilità*. Roma: Armando Editore, 2018.

11. Sul lavoro di Loretta Secchi in generale e sull'attività al Museo Anteros si veda: Secchi 2004.

12. Il termine viene utilizzato nell'ambito specifico: Cfr. Secchi 2004, in particolare i capitoli 2.2 *Origini del bassorilievo prospettico e tecniche di costruzione*, pp. 64-66, e 2.6 *Come avviene la lettura tattile di un bassorilievo prospettico*, pp. 71-75.

13. Sulla creazione del bassorilievo della *Nascita di Venere* si veda: Daniela Angeli, Giampaolo Rocca. *Dall'esplorazione tattile alla restituzione plastica dell'immagine. Costruzione di un percorso*. In Museo Tattile Statale Omero 2006, pp. 247-255.

14. Paolo Gualandi, Loretta Secchi. *Tecniche di rappresentazione plastica della realtà visiva*. In Bellini 2000, pp. 49-98.

15. Loretta Secchi, Paolo Gualandi. *Logiche di ideazione e realizzazione della pittura tridimensionale per una didattica speciale delle arti.* In Museo Tattile Statale Omero 2006, pp. 235-246; citazione a p. 241.

16. Cfr. Berthold K.P. Horn, Michael J. Brooks (eds.). *Shape from shading.* Cambridge (MA): The MIT Press, 1989.

17. Alcune tra le più promettenti sperimentazioni sono: Rocco Furferi et al. From 2D to 2.5D i.e. from painting to tactile model. *Graphical Models*, 76, 2014, pp. 706-723; Yary Volpe, Rocco Furferi, Lapo Governi, Giovanna Tennirelli. Computer-based methodologies for semi-automatic 3D model generation from paintings. *Int. J. Computer Aided Engineering and Technology*, vol. 6, n. 1, 2014, pp. 88-112; J. Kerber, M. Wang, J. Chang, J.J. Zhang, A. Belyaev, H.-P. Seidel. Computer Assisted Relief Generation - A Survey. *Computer Graphics Forum*, vol. 31, n. 8, 2012, pp. 2363-2377; Andreas Reichinger, Moritz Neumüller, Florian Rist, Stefan Maierhofer, Werner Purgathofer. Computer-Aided design of tactile models: taxonomy and case studies. In AAVV. *International Conference on Computer for Handicapped Persons.* Proceedings of the 13th International conference on Computer Helping People with Special Needs, vol. 2. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, pp. 497-504.

18. Arnheim 1990, p. 64.

19. Bellini 2000*;* Passamani 2017; Empler 2013; Meschini, Sicuranza 2016.

20. Scarsa è la letteratura su Tausch. Si veda: Dziurla 1991; Šerbelj 2002; Walcher Casotti 1990.

21. Sull'opera di Andrea Pozzo si veda: de Feo, Martinelli 1996; Bösel, Salviucci Insolera 2010. Si veda anche: Migliari 1999; Sdegno, Romor 2008.

22. Cfr. Pozzo 1693, Pozzo 1700.

23. Cfr. Docci, Maestri 2009.

24. Il rilievo laser è stata effettuato con un dispositivo Faro CAM2 Focus 3D - S150.

25. Pozzo 1693, fig. 1. *Spiegazione delle linee del piano e dell'orizzonte e de' punti dell'occhio e della distanza.*

26. Dalla restituzione prospettica è stata riscontrata una corrispondenza nella collocazione degli ordini accidentali ruotati planimetricamente rispetto al piano con angolature di 22° e 68° in altre rappresentazioni di altari ideati da Pozzo: Pozzo 1693, figg. 66-67. *Altare dipinto su muraglia*, chiesa del Collegio Romano, Roma (andato perduto) e figg. 79-80. *Altro altare.*

16. *Cfr. Berthold K.P. Horn, Michael J. Brooks (eds.).* Shape from shading*. Cambridge (MA): The MIT Press, 1989.*

17. *Some of the most promising experiments are: Rocco Furferi et al. From 2D to 2.5D i.e. from painting to tactile model.* Graphical Models*, 76, 2014, pp. 706-723; Yary Volpe, Rocco Furferi, Lapo Governi, Giovanna Tennirelli. Computer-based methodologies for semi-automatic 3D model generation from paintings.* Int. J. Computer Aided Engineering and Technology*, vol. 6, n. 1, 2014, pp. 88-112; J. Kerber, M. Wang, J. Chang, J.J. Zhang, A. Belyaev, H.-P. Seidel. Computer Assisted Relief Generation - A Survey.* Computer Graphics Forum*, vol. 31, n. 8, 2012, pp. 2363-2377; Andreas Reichinger, Moritz Neumüller, Florian Rist, Stefan Maierhofer, Werner Purgathofer. Computer-Aided design of tactile models: taxonomy and case studies. In AAVV.* International Conference on Computer for Handicapped Persons*. Proceedings of the 13th International conference on Computer Helping People with Special Needs, vol. 2. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, pp. 497-504.*

18. *Arnheim 1990, p. 64.*

19. *Bellini 2000; Passamani 2017; Empler 2013; Meschini, Sicuranza 2016.*

20. *Regarding the work by Andrea Pozzo, see: de Feo, Martinelli 1996; Bösel, Salviucci Insolera 2010. See also: Migliari 1999; Sdegno, Romor 2008.*

21. *There is very little literature about Tausch. See: Dziurla 1991; Šerbelj 2002; Walcher Casotti 1990.*

22. *Cfr. Pozzo 1693, Pozzo 1700.*

23. *Cfr. Docci, Maestri 2009.*

24. *The laser survey was performed using a Faro CAM2 Focus 3D - S150.*

25. *Pozzo 1693, fig. 1.* Spiegazione delle linee del piano e dell'orizzonte e de' punti dell'occhio e della distanza.

26. *The perspective restitution revealed a correspondence in the position of the accidental orders planimetrically rotated compared to the plane with angles of 22° and 68° in other representations of altars designed by Pozzo: Pozzo 1693, figs. 66-67.* Altare dipinto su muraglia*, church of the Collegio Romano, Rome (now lost) and figs. 79-80.* Altro altare.

References

- Arnheim Rudolf. 1990. Perceptual Aspects of Art for the Blind. In *The Journal of Aestetic Education*, vol. 24, n. 3, 1990, pp. 57-65. ISSN: 0021-8510.
- Bellini Andrea (a cura di). 2000. *Toccare l'arte. L'educazione estetica di ipovedenti e non vedenti.* Roma: Armando Editore, 2000. 125 p. ISBN: 978-88-8358-012-3.
- Bösel Richard, Salviucci Insolera Lydia (a cura di). (2010). *Mirabili disinganni. Andrea Pozzo (1642-1707) architetto e pittore gesuita.* Roma: Artemide, 2010. 320 p. ISBN: 978-88-7575-106-7.
- de Feo Vittorio, Martinelli Valentino. 1996. *Andrea Pozzo.* Milano: Electa, 1996. 255 p. ISBN: 978-88-4354-225-3.
- Degenaar Marjolein. 1996. *Molyneux's Problem. Three Centuries of Discussion on the Perception of Forms*. Dordrecht - Boston - London: Kluwer Academic Publishers, 1996. 156 p. ISBN: 978-07-9233-934-2.
- Docci Mario, Maestri Diego. 2009. *Manuale di rilevamento architettonico e urbano.* Roma-Bari: Laterza, 2009. 374 p. ISBN: 978-88-4209-068-7.
- Dziurla Henryk. 1991. *Christophorus Tausch: Uczen Andrei Pozza (Historia sztuki).* Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, 1991. 359 p. ISBN: 978-83-2290-521-0.
- Empler Tommaso. 2013. Universal Design: ruolo del Disegno e Rilievo. In *Disegnare. Idee Immagini*, 46, 2013, pp. 52-63. ISBN: 978-88-4922-672-0.
- Grassini Aldo. 2000. I ciechi e l'esperienza del bello. Il Museo Tattile Statale "Omero" di Ancona. In Bellini 2000, pp. 17-47.
- Grassini Aldo. 2019. *Per un'estetica della tattilità. Ma esistono davvero arti visive?* Roma: Armando, Editore, 2019. 160 p. ISBN: 978-88-6677-957-5.
- Jacomuzzi Alessandra. 2008. *Cubo o sfera? Nuove prospettive per il Quesito di Molyneux*. Torino: Silvio Zamorani editore, 2008. 119 p. ISBN: 978-88-7158-153-8.
- Levi Fabio, Rolli Rocco. 1994. *Disegnare per le mani. Manuale di disegno in rilievo*. Torino: Silvio Zamorani editore, 1994. 176 p. ISBN: 978-88-7158-038-8.
- Meschini Alessandra, Sicuranza Filippo. 2016. Per una rappresentazione "sensibile": la comunicazione della forma per la percezione aptica. In Stefano Bertocci, Marco Bini (a cura di), *Le ragioni del disegno. 38° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione.* XIII Congresso UID. (Firenze 15-16-17 settembre 2016), Roma: Gangemi Editore, 2016, pp. 1515-1522. 1588 p. ISSN 2611-4062.
- Migliari Riccardo (a cura di). 1999. *La costruzione dell'architettura illusoria.* Roma: Gangemi Editore, 1999. 272 p. ISBN: 978-88-7448-987-9.
- Museo Tattile Statale Omero (a cura di). 2006. *L'arte a portata di mano. Verso una pedagogia di accesso ai Beni Culturali senza barriere.* Atti del convegno (Portonovo di Ancona 21-23 ottobre 2004). Roma: Armando Editore, 2006. 304 p. ISBN: 978-88-8358-828-0.
- Passamani Ivana. 2017. Le mani sull'architettura. Sperimentazioni per progetti di comunicazione inclusiva. In Antonella Di Luggo, Paolo Giordano, Riccardo Florio, Lia Maria Papa, Adriana Rossi, Ornella Zerlenga, Salvatore Barba, Massimiliano Campi, Alessandra Cirafici (a cura di). *Territori e frontiere della rappresentazione. XIV Congresso dell'Unione Italiana per il Disegno.* 39° Convegno Internazionale dei Docenti della Rappresentazione (Napoli, 14-15-16 settembre 2017). Roma: Gangemi Editore 2017, pp. 1371-1378. 1832 p. ISBN 978-88-4923-507-4.
- Pozzo Andrea. 1693. *Perspectiva pictorum et architectorum*. Vol. I. Roma: Stamperia di Gio, Giacomo Komarek Boemo all'Angelo Custode, 1693.
- Pozzo Andrea. 1700. *Perspectiva pictorum et architectorum*. Vol. II. Roma: Stamperia di Antonio de' Rossi, 1700.
- Sdegno Alberto, Romor Jessica. 2008. Percezione e restituzione degli affreschi di Andrea Pozzo presso le Stanze di Sant'Ignazio a Roma. *Disegnare. Idee Immagini*, 37, 2008, pp. 48-57. ISBN: 978-88-4920-764-4.
- Sdegno Alberto, Riavis Veronica. 2020. Prospettive illusionistiche di Christoph Tausch nell'Europa centro orientale. In Stefano Bertocci, Fauzia Farneti. *L'architettura dipinta: storia, conservazione e rappresentazione digitale.* Firenze: didapress, 2020 (in corso di stampa), pp. 261-270.
- Secchi Loretta. 2004. *L'educazione estetica per l'integrazione.* Roma: Carocci Editore, 2004. 176 p. ISBN: 978-88-7466-084-1.
- Šerbelj Ferdinand. 2002. *La pittura barocca nel Goriziano.* Ljubljana: Narodna Galerij, 2002. 229 p. ISBN: 96-1602-951-7.
- Walcher Casotti Maria. 1990. Il collegio e la chiesa dei Gesuiti a Gorizia. *Studi Goriziani,* LXXI (71), 1990, gennaio-giugno, pp. 113-160. ISSN: 0392-1735.

Sereno Marco Innocenti

Calligrafia aerea, il disegno nel linguaggio delle mani
Aerial calligraphy, using hand language to draw

The fact new generations are all thumbs when they are forced to communicate using very elementary linear systems such as writing is plain to see when they 'mime' every concept in the air by gesturing with their hands. In this unconscious gesture, the answer is... written/drawn in empty space. Gestural hand movements quantify heights and widths and materialise forms and dimensions. The implicit, at times instinctive and more often codified drawing of hands has been portrayed in many different and impressive images in the world of art.

Keywords: description, gesture, meaning.

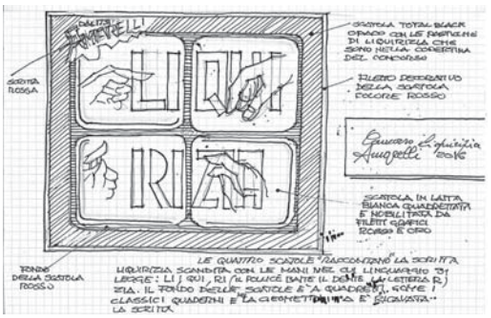
Hands are not only essential drawing tools, they are also one of the most complex images to draw. The (manual) ability to draw, and even to write, is however showing conspicuous signs of regression while gesturing is gaining new and unusual ground in communication. New generations are all thumbs when they communicate using very elementary linear systems such as writing and drawing (both manual). Their awkwardness comes to a head when they have to use the most basic writing or drawing tool (a pencil) on the simplest of supports (paper); instead of materially depicting concepts, projects and ideas, they 'mime' them in the air by gesturing with their hands. They use this unconscious gesture to

L'impaccio delle nuove generazioni a dover comunicare con sistemi lineari molto elementari quali la scrittura e il disegno emerge quando ogni concetto viene mimato nell'aria con i gesti della mano. Nell'inconsapevolezza del gesto, la risposta così viene… scritta/disegnata nel vuoto dello spazio. Si quantificano pertanto altezze e larghezze, materializzando forme e dimensioni con spostamenti gestuali della mano. Il disegno della mano, nel suo implicito linguaggio, a volte istintivo, più spesso codificato ha trovato nel mondo dell'arte una variegata e suggestiva casistica di esempi.

Parole chiave: descrizione, gesto, significato.

Le mani non sono solo un mezzo essenziale per disegnare ma sono anche uno dei soggetti più complessi da raffigurare con il disegno. L'abilità (manuale) del disegno e persino della scrittura segna però vistosi arretramenti mentre la gestualità acquista nuovi e inediti spazi nella comunicazione.
L'impaccio delle nuove generazioni nel comunicare con sistemi lineari molto elementari quali la scrittura e il disegno (entrambe manuali) trova la sua massima espressione quando – di fronte all'utilizzo del più elementare strumento di scrittura/disegno (la matita) sul più semplice supporto (la carta) – concetti, progetti, idee vengono non già raffigurati bensì "mimati" nell'aria con i gesti della mano. Nell'inconsapevolezza del gesto, la risposta – anziché sulla carta – viene così scritta/disegnata nel vuoto dello spazio. Si arriva a quantificare altezze e larghezze, si materializzano forme e dimensioni con semplici gesti, con espressivi movimenti della mano. La descrizione verbale di un oggetto è accompagnata da gesti inconsciamente descrittivi.
Siamo insomma di fronte all'arretramento dell'abilità manuale nel disegno e nella scrittura e al tempo stesso di fronte alla riscoperta della capacità comunicativa della gestualità delle mani. Una gestualità portatrice di un implicito linguaggio a volte istintivo, più spesso codificato, che ha trovato nel mondo dell'arte e della comunicazione visiva una variegata e suggestiva serie di raffigurazioni.
Partiamo da qualche riferimento all'anatomia artistica[1], in particolare a proposito della mano e dalla sua raffigurazione. Questa disciplina, sia pure di nicchia, costituisce una base solida e positiva per tutte le arti figurative nelle quali venga rappresentato un soggetto umano. Paragonabile alla grammatica per la letteratura, l'anatomia artistica ha una funzione principalmente tecnica, in larga parte indipendente dalla concezione estetica. Come la grammatica non è un punto d'arrivo per la letteratura, come le regole dell'armonia non sono che un semplice mezzo per la musica, così gli scopi dell'anatomia artistica sono limitati e definiti, per quanto più complessi e importanti di quanto comunemente si giudichi.
L'applicazione tecnico-scolastica e la rappresentazione della mano interessano peraltro la formazione del discente sin dal principio del suo percorso didattico. Uno degli esercizi pedagogici più diffusi nelle scuole d'infanzia, infatti, è il calco della mano colorata del bambino su diversi supporti cartacei. È altresì noto come nelle scuole d'arte, dal liceo alle accademie, il disegno delle mani "storiche", il disegno dal vero dei calchi delle gipsoteche o il disegno dal vero di modelli in posa, sia tema predominante dei corsi di disegno dal vero.
Mutuando queste due esperienze – quella di impronta pedagogica e quella di stampo accademico – si è sperimentata la rappresentazione di questo arto anche all'interno dei corsi di Disegno dei dipartimenti di Ingegneria. È stato richiesto agli studenti di rappresentare una postura della propria mano che esprimesse un particolare atteggiamento o stato d'animo. Al tempo stesso, in una sorta di tavola sinottica, è stato chiesto loro di indicare riferimenti al mondo dell'arte, della grafica e dalla pubblicità espressivi dello stesso uso delle mani e della loro gestualità. Hanno completato l'esercizio grafico le impronte digitali delle cinque dita, volutamente separate anche per una loro analisi individuale di dettaglio volumetrico e proporzionale[2].
L'intaglio della *silhouette* della propria mano, a citazione e sviluppo dell'esercizio pedagogico, ha inoltre dato origine a libere composizioni in cui è stato dato sfogo alla creatività del disegnatore. Questa operazione, prelimi-

1/ *Pagina precedente.* Esercitazione didattica di studenti di un corso di Disegno: maquette della propria mano intagliata nel cartone vegetale e ricomposta secondo libere composizioni (fotografia dell'autore).
Previous page. *Didactic exercise performed by the students of a course on Drawing: maquette of their own hand cut out of a piece of vegetal cardboard and freely rearranged (photography by the author).*
2/ Concorso di grafica 2016 (progetto segnalato) finalizzato alla realizzazione di una nuova veste grafica della confezione limited edition di liquirizia Amarelli (fotografia dell'autore).
Graphics competition 2016 (the project was awarded a mention) involving the creation of a new graphic logo for a limited edition of Amarelli liquorice (photography by the author).

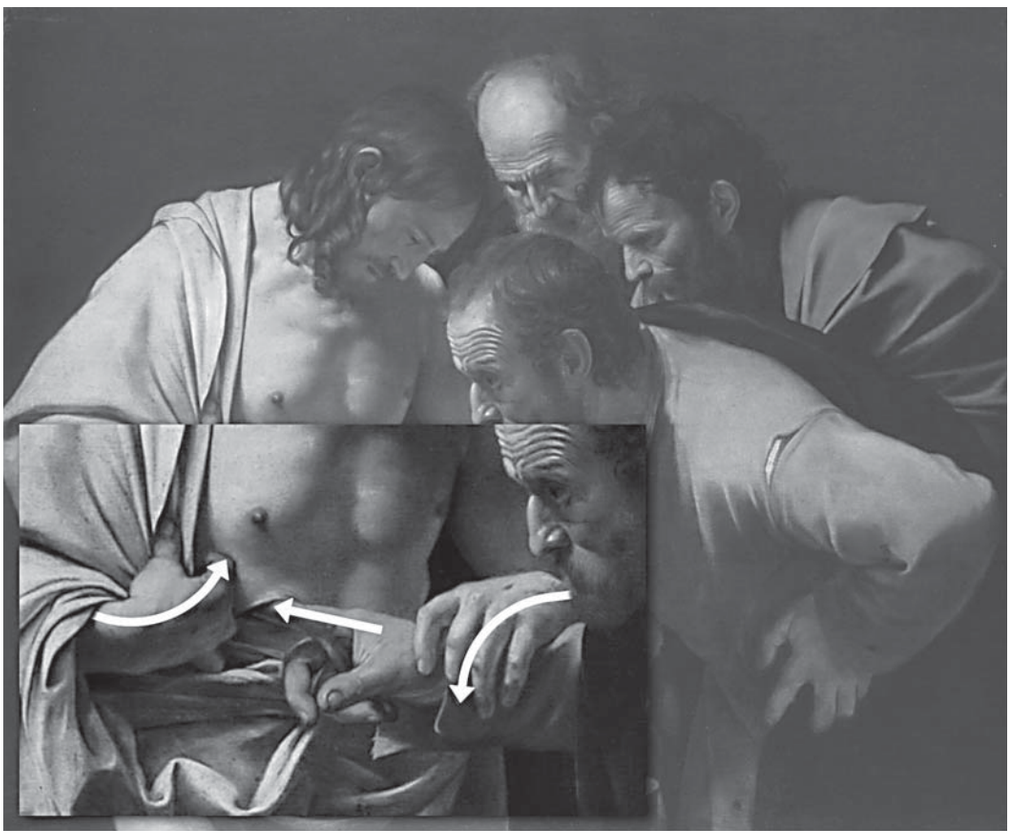


nare al progetto, è stata finalizzata alla partecipazione a un concorso (figg. 1, 2).
Perché si è scelto di lavorare sulla mano e sulla sua raffigurazione?
La mano è da considerarsi parte essenziale dell'arto superiore del corpo umano. Essa raccoglie in sé autentiche forme di perfezione in quanto con il suo congegno soddisfa svariate funzioni che caratterizzano l'attività umana. I primati, muniti di arti assai simili a quelli umani, sono gli unici animali capaci di costruirsi utensili e accessori, riuscendo persino a impiegarli ricorrendo a entrambi gli arti così come li impiega il genere umano adoperando però solo gli arti superiori.
Lo scheletro della mano è composto da ventisette ossa divise in tre gruppi: il carpo, corrispondente al polso; il metacarpo, corrispondente al palmo della mano; le dita, costituite dalle falangi. La composizione morfologica dei polpastrelli garantisce, attraverso l'impronta digitale, una sorta di codice a barre che la natura ha magistralmente predisposto a garanzia della riconoscibile diversità di ogni individuo rispetto a tutto il resto del genere umano a cui appartiene.
Per la complessità della sua struttura anatomica e dei suoi meccanismi la mano è una delle parti più difficili da rappresentare graficamente. Essa presenta variazioni notevolissime in rapporto all'età e al sesso, nonché alla costituzione individuale, ai modi di vita e all'attività di ogni individuo. Partendo dalla mano ci si può fare un'idea complessiva dell'individuo a cui appartiene e non è esagerato affermare che ogni mano ha una propria fisionomia e movimenti propri, che possono essere modellati mediante l'esercizio, in quanto alcuni di questi sono condizionati non solo dalla compressione ossea dell'individuo, ma anche da quella muscolare. Si pensi semplicemente alle possibilità di flettere e di estendere, rispetto all'avambraccio, la mano distesa, con il primo movimento in genere più ampio del secondo. Sono, questi, due gesti assai comuni, che possono talvolta sostituire le parole. Non si può infatti dubitare delle possibilità della mano nel suo movimento[3], estremamente variegato, di esprimere segni e significati mentre si offre allo sguardo dell'osservatore. Molte popolazioni primitive si esprimono ancora oggi attraverso il linguaggio della mano e, tra i linguaggi primitivi codificati, è da ricordare quello dei nativi degli Stati Uniti d'America e in particolare delle tribù dei Grandi Laghi, ad esempio gli Uroni e i Moicani che, dopo la colonizzazione europea delle loro terre, contaminarono il loro usuale linguaggio a gesti con quello destinato ai sordomuti applicato nella lingua dei segni francese[4]. Le tribù primitive dei pellerossa, attraverso i segni della mano, configurarono un linguaggio "silenzioso" che – ideato in origine per poter cacciare – si trasformò presto in un tacito linguaggio per poter combattere. Il medesimo linguaggio ad oggi è usato da gran parte degli uomini impiegati nelle forze speciali degli eserciti di tutto il mondo.
Se le mani sono così complesse per la loro anatomia e così espressive per l'uso che ne viene fatto, è evidente che il "disegno" della mano e del suo implicito linguaggio, a volte istintivo, più spesso codificato nella sua rappresentazione sia grafica che "plastica", ha trovato nell'arte una vasta gamma di esempi. Caravaggio è sicuramente, in campo pittorico, l'artista che ha saputo dare "voce" alle sue tele mettendo in relazione la postura delle mani con la scena rappresentata. Nell'olio su tela *Incredulità di san Tommaso* (fig. 3) gli sguardi dei protagonisti dell'episodio evan-

write/draw the answer in empty space rather than on paper. Simple gestures and expressive hand movements quantify heights and widths and materialise forms and dimensions. The verbal description of an object is accompanied by unconsciously decribed gestures.
In short we are facing a regression in the manual ability to draw or write, but at the same time we are rediscovering the communicative skills of hand gestures. Gesturing brings with it an implicit, at times instinctive, and often codified language that has been portrayed in a varied and impressive series of images in the world of art and visual communication.
I'll start by citing several case of artistic anatomy,[1] especially the hand and its representation. Although a niche discipline, it is a solid, positive basis for all figurative arts in which human beings are depicted. Artistic anatomy can be compared to grammar in literature; in most case its main technical function is distinct from the aesthetic concept. Like grammar is not the ultimate goal for literature, the rules of harmony are nothing but a simple medium for music; likewise the objectives of artistic anatomy are limited and defined, although they are more complex and important than they are generally thought to be.
The technical-scholastic application and representation of the hand affects the education and training of students ever since they start school. In fact, one of the most widespread pedagogical exercises in kindergartens involves pressing a child's coloured hand onto several paper supports. We all know that in art schools, from high school to academies, one prominent exercise in life drawing courses involves drawing 'ancient' hands, the moulds housed in plaster cast galleries, or posed models.
With these two experiences in mind – the pedagogical approach and the academic approach – experiments were performed involving representation of the hand as part of the Drawing course of the departments of Engineering. Students were asked to draw their own hand in a position that would convey a certain attitude or mindset. They were also asked to indicate, in a sort of synoptic table, references to the world of art, graphics, and publicity representing of the use of hands and

3/ Michelangelo Merisi da Caravaggio,
Incredulità di san Tommaso, 1600-1601. Olio su tela,
107x146 cm. Potsdam, Bildergalerie.
Michelangelo Merisi da Caravaggio, The Incredulity of Saint Thomas, 1600-1601. Oil on canvas, 107x146cm. Potsdam, Bildergalerie.

their gestures. The graphic exercise ended with the digital prints of each of their five fingers, purposely separate so that their volume and proportions could be analysed independently.[2] As part of the pedagogical exercise, cutting out the silhouette of their own hand produced free compositions in which the drawer's creativity was given free rein. This exercise took place prior to the project and was part of the work required to participate in a competition (figs. 1, 2).
Why did we choose to work on the hand and its representation?
Hands are considered a vital part of the upper limb of the human body; in some ways a hand is perfect because its mechanism fulfils several characteristic functions of the activities we perform.
The limbs of primates are very similar to ours; they are the only animals capable of building tools and accessories and successfully using them with both arms and legs, just like humans do, only humans use tools only with their upper limbs. The twenty-seven bones in our hands are divided into three groups: the carpus (the wrist); the metacarpus (the palm); the fingers (the phalanges). The morphological composition of our fingertips provides fingerprints, a sort of barcode that nature has brilliantly given us so that we can recognise the uniqueness of every individual compared to the rest of the human race to which we belong. Due to the hand's complex anatomical structure and its mechanisms it is one of the most difficult parts of the human body to draw. Hands vary enormously according to the age, sex and constitution of each individual as well as his/her lifestyles and activities. Hands can provide a general picture of the individual; it's no exaggeration to say that every hand has its own physiognomy and movements that can be shaped through exercise; some of these movements are influenced not only by an individual's bone structure but also his/her muscles. Just think about flexing or extending your outstretched hand compared to your forearm; it is generally easier to flex more than extend. These two very common gestures can sometimes replace speech. Hands can undoubtedly make a very varied range of movements[3] and signs and therefore convey meanings to an onlooker. Many primitive populations still express themselves using sign



gelico sembrano osservare il "linguaggio" delle diverse mani illustrate nel quadro. Il santo – attonito, incredulo – guarda la propria mano che letteralmente viene aiutata a infilare il dito indice nella ferita mortale (asciutta) proprio dalla mano di Gesù che, con l'altra, scopre il costato scostando la tunica bianca, "luminosa" come il suo corpo risorto.
Con la stessa forza espressiva altre mani, sempre rappresentate da Michelangelo Merisi, figurano nel trittico per la Cappella Contarelli in San Luigi dei Francesi a Roma e in particolare ne *La vocazione di san Matteo*, dove le mani riescono a dare i tempi alla scena in rapporto agli spazi fruiti dagli "attori". L'indice della mano di Gesù irrompe con un movimento in diagonale del braccio a indicare il protagonista, Matteo, che – illuminato da una luce quasi teatrale e non capacitandosi di essere il designato – porta con gesto interrogativo la sua mano al petto (fig. 4).
In numerose opere d'arte possiamo riscontrare come la rappresentazione dell'arto superiore e del suo linguaggio sia stata interpretata soggettivamente dall'autore.
Nel marmoreo *David* di Gian Lorenzo Bernini l'artista scolpisce la mano nel momento più carico di significato: l'istante in cui il secondo re di Israele sta per lanciare con la frombola il sasso che sconfiggerà Golia (fig. 5). Raffigurando lo stesso "eroe" Michelangelo Buonarroti blocca invece in una sorta di "ciak" cinematografico tutto l'evento biblico da rappresentare. La celeberrima mano destra del *David*, divenuta persino nel tempo icona della statua stessa, si appoggia sull'esterno della coscia del re, quasi a celare la pietra che lancerà successivamente, in un secondo atto della scena (fig. 6).
Possiamo comunque notare come il momento della storia dell'arte in cui, in assoluto, la mano tridimensionalmente scolpita immette la sua comunicazione nello spazio, stia nel-

4/ Michelangelo Merisi da Caravaggio,
Vocazione di san Matteo, 1599-1600.
Olio su tela, 322x340 cm. Roma, Cappella Contarelli,
San Luigi dei Francesi.
Michelangelo Merisi da Caravaggio, The Calling of Saint Mathew, 1599-1600. Oil on canvas, 322x340 cm. Rome, Contarelli Chapel, St. Louis of the French.

la copia marmorea dell'*Apoxyómenos*, dove è esplicita la volontà di far irrompere in primo piano l'arto umano. Prima di questo episodio infatti tutta la statuaria greca del periodo arcaico (VII secolo a.C.) era centrata sulla figura del *Kouros* la cui impostazione risentiva degli influssi provenienti dalla scultura egizia. In questo genere di statuaria le mani, a pugno, venivano raffigurate in una postura poco significante, con le braccia disposte lungo i fianchi, senza che esse potessero dare comunicazione alcuna o corrispondere al consueto accenno di passo in avanti (fig. 7). Sarà pertanto "colui che si deterge" con lo strigile (dalla traslitterazione del participio greco *ἀποξυόμενος*) il primo a modificare le rigide composizioni del passato. Il braccio destro è teso in avanti, mentre al di sotto di esso lo strigile impugnato dalla mano sinistra funge strutturalmente da mensola consentendo al marmo di rimanere in equilibrio (fig. 8). La mano destra dell'atleta si pone senza impeto in primo piano per interagire empaticamente con l'osservatore.

Un esempio contemporaneo in cui la raffigurazione scultorea della mano, oltrepassando la sfera dell'empatia, diventa puro shock emotivo, è rappresentato dalle installazioni di Maurizio Cattelan e Lorenzo Quinn, entrambe finiti nell'occhio del ciclone della

language; the native Americans in the United States, especially the Great Lakes tribes, in particular the Hurons and the Mohicans, still use a codified primitive language. After their lands were colonised by the Europeans these tribes contaminated their usual gestural language with the sign language used in France to communicate with deaf-mutes.[4] *The hand signs used by primitive Red Indian tribes was a sort of 'silent' language which – originally invented to be used during hunting – quickly became a unspoken language used in warfare. That language is still used today by most of the men in the special forces of armies around the world.*

Since they are so anatomically complex and expressive, hands and their implicit language – at times instinctive and more often than not codified in their graphic and 'plastic' representation – have been extensively 'portrayed' in artworks.

Caravaggio is undoubtedly the painter who made his canvases 'talk' by linking the posture of the hands to the scene in question. In his oil on canvas The Incredulity of Saint Thomas *(fig. 3), the protagonists of the evangelical episode seem to look at the 'language' of the hands depicted in the painting. The saint – stunned and incredulous – looks at the index finger of his own hand while Jesus literally inserts it in his fatal (bloodless) wound while his other hand is drawing back his white 'luminous' tunic to reveal his resurrected body.*

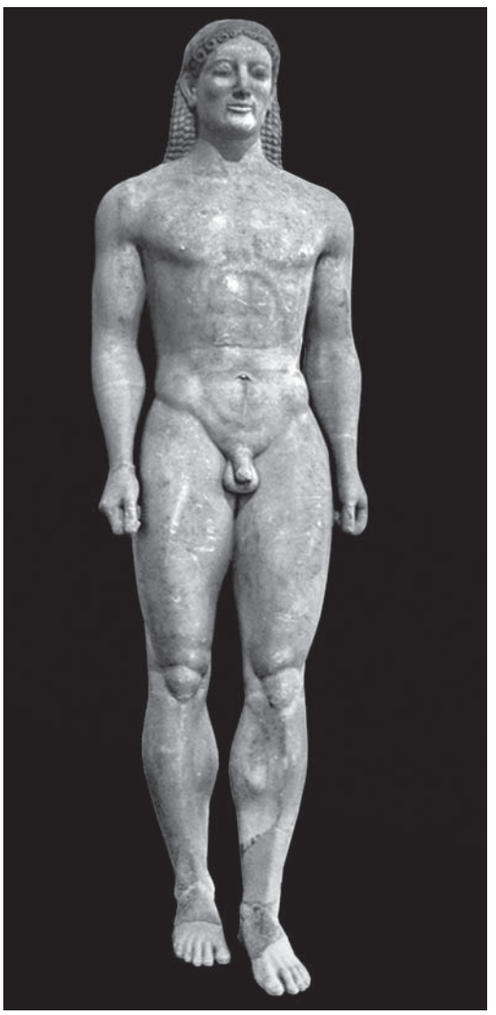
Other hands, again depicted by Michelangelo Merisi, have the same expressive force, for example the ones that are part of the triptych for the Contarelli Chapel in the church of St. Louis of the French in Rome, in particular The Calling of Saint Mathew *where hands set the tempo of the scene compared to the spaces occupied by the 'actors'. Jesus' index finger breaks into the scene with a diagonal movement of his arm to indicate the protagonist, Mathew, who – lit by an almost theatrical light, and not understanding he is the one designated – points questioningly towards his own chest with his index finger (fig. 4).*

Many artworks reveal the artist's subjective interpretation of an arm and its language. In the marble statues of David *by Gian Lorenzo Bernini the latter sculpts David's hand at the most momentous moment: the instant in which the second king of Israel is about to hurl the stone*

5/ Gian Lorenzo Bernini, David, 1623-1624. Marmo, 170 cm. Roma, Galleria Borghese.
Gian Lorenzo Bernini, David, 1623-1624. Marble, 170 cm. Rome, Galleria Borghese.
6/ Michelangelo Buonarroti, David, 1501-1504. Marmo, 517 cm. Firenze, Galleria dell'Accademia. Dettaglio della mano destra con la pietra nascosta, non ancora raccolta nella frombola.
Michelangelo Buonarroti, David, 1501-1504. Marble, 517 cm. Florence, Galleria dell'Accademia. Detail of the right hand with the hidden stone, not yet placed in the sling.
7/ Kouros di Kroisos, 540-520 a.C. Marmo, 195 cm. Atene, Museo Archeologico Nazionale.
Kouros di Kroisos, 540-520 BCE. Marble, 195 cm. Athens, National Archaeological Museum.
8/ Lisippo, Apoxyómenos, copia romana di età claudia dall'originale in bronzo del 330-320 a.C. Marmo, 205 cm. Città del Vaticano, Musei Vaticani.
Lysippos, Apoxyómenos, Roman copy from the Claudian era based on the bronze original. 330-320 BCE. Marble, 205 cm. Vatican City, Vatican Museums.

from his sling and slay Goliath (fig. 5). Instead when Michelangelo Buonarroti sculpted David he blocked the entire biblical scene in a sort of 'cinematographic' moment before the director calls 'action'. Over the years David's extremely famous right hand has become an icon of the statue itself; it rests on the outer part of the king's thigh, almost as if to hide the stone he was to throw in the second part of the scene (fig. 6). However, there is a precise moment in the history of art when a three-dimensional sculpted hand introduces its communication in space; the marble copy of the Apoxyómenos *explicitly revealing the desire to make the human limb take centre stage. Before this episode all archaic Greek statues (VII century BCE) centred around the figure of a* Kouros *whose posture was influenced by Egyptian sculptures. In this kind of sculpture the fists were depicted in a rather insignificant pose and the arms hung loose next to the body; they neither communicated anything nor did they correspond to the usual position of the legs with one foot forward (fig. 7). The statue known as 'he who cleanses himself' with the strigil (from the transliteration of the Greek participle* ἀποξυόμενος*) was the first statue that modified the rigid compositions of the past. The right arm is stretched outwards while underneath it the strigil in his left hand structurally acts as a bracket balancing the marble (fig. 8); the athlete's right hand is limply placed in the foreground to interact empathically with the onlooker.*
The installations by Maurizio Cattelan and Lorenzo Quinn, both severely contested by critics, are contemporary exhibits in which the sculptural representation of the hand moves beyond empathy to become pure emotional shock. In the monumental sculpture 2010 L.O.V.E. *(the Italian acronym of Freedom, Hate, Vendetta, Eternity) positioned in front of the Stock Exchange in Milan, Cattelan sculpted a hand with three fingers and a thumb cut off, only the middle finger remained intact, outstretched towards the sky in an obviously crass and provocatory gesture (fig. 9).*
In Lorenzo Quinn's very recent installation Support*, the young sculptor positioned two outsized hands of a small child either supporting (or trying to demolish) the walls of the Ca' Sagredo Hotel overlooking the Grand Canal in*

critica. Nell'opera del 2010 *L.O.V.E.* (acronimo di Libertà, Odio, Vendetta, Eternità), scultura monumentale posta di fronte alla sede della Borsa di Milano, Cattelan raffigura una mano dalle dita mozzate in cui sopravvive soltanto il dito medio, proteso verso il cielo in un gesto evidentemente scurrile e provocatorio (fig. 9).



9/ Maurizio Cattelan, L.O.V.E., 2010. Marmo, 1.100 cm. Milano, piazza degli Affari.
Maurizio Cattelan, L.O.V.E., 2010. Marble, 1,100 cm. Milan, Piazza degli Affari.
10/ Lorenzo Quinn, Support, 2017. Plastica espansa e metallo. Venezia. Provocatorio esempio di come attraverso il linguaggio delle mani, l'artista dia significato alle sue installazioni (fotografia di Wladimiro Speranzoni).
Lorenzo Quinn, Support, 2017. Plastic foam and metal. Venice. Provocatory example of how the artist uses hand language to imbue his installations with meaning (photograph by Wladimiro Speranzoni).

Il giovane scultore Lorenzo Quinn, nella recentissima installazione *Support*, ha rappresentato due enormi mani di bambino che sorreggono (o sono intente a demolire) i lati dell'albergo Ca' Sagredo che si affaccia sul Canal Grande a Venezia, trasmettendo nel fuori scala dei nove metri di altezza il messaggio dell'artista a denuncia dei cambiamenti climatici che stanno distruggendo la laguna veneta (fig. 10).
Il linguaggio trasmesso tridimensionalmente e materializzato nella raffigurazione plastica della mano ha altresì un'applicazione nel mondo bidimensionale della grafica declinata in tutti i suoi aspetti, dalla grafica *tout court* (su carta stampata) a quella digitale dei media[5].
Tra gli esempi più eclatanti in cui la mano con l'indice proteso "buca" il *gate* materico bidimensionale che separa il fruitore dal veicolo della comunicazione, si possono annoverare i manifesti propagandistici delle due guerre mondiali. La rappresentazione "storica" per antonomasia, quella più presente nell'immaginario collettivo, è sicuramente il disegno-autoritratto di James Montgomery Flagg. Collaboratore della rivista *Life*, abilissimo disegnatore ambidestro, Flagg, traendo ispirazione da un esempio precedente[6], rappresentò sé stesso nei panni dello Zio Sam in un manifesto destinato alla campagna per il reclutamento nell'esercito statunitense. La tempera, magistralmente impiegata con la tecnica a guazzo, è stata stampata in oltre cinque milioni di copie diventando una sorta

Venice. The message conveyed by the artist's nine meter, out of scale installation was intended to focus attention on the problems of climate change and its effects on the lagoon in Venice (fig. 10).
The language transmitted three-dimensionally and materialised in the plastic representation of the hand also plays a role in the two-dimensional world of all kinds of graphics, from graphics tout court (on printed matter) to the digital graphics of the media.[5]
The propaganda posters used during the two world wars are amongst the most sensational examples of a hand with an outstretched index finger 'cutting through' the two-dimensional material gate between the user and the communication medium. The self-portrait/drawing by James Montgomery Flagg is, by definition, undoubtedly the most famous representation, the one most people remember. Flagg was an extremely skilled, ambidextrous draughtsman who worked for the magazine Life*; inspired by a previous representation[6] he depicted himself as Uncle Sam in a poster for the campaign to recruit soldiers for the US army. Over five million copies were printed of the tempera image, brilliantly executed using the gouache technique; it became a sort of code and mandatory reference for all the other graphic representations that Europe and the rest of the world produced for the same purpose (fig. 11).*
In Italy the illustrator of French origin Achille Luciano Mauzan conveyed the concept and message of the gesture of the outstretched index finger using an infantryman who fought in the Great War. His index finger pointing towards the onlooker seems to freeze time on the battlefield. In turn the illustrator Gino Boccasile invented the 'locandone' *by the Italian Social Republic during World War II (fig. 12) (a* locandone *is a big 100x70 cm poster made of recycled paper and then reproduced in various formats). Here too, the hands of the soldiers represented the first weapon of a psychological war fought on the walls of a country already completely devastated by the conflict.*
The hand with a pointing index finger imperatively imposes the slogan to be communicated; in these cases it is drawn in proportion compared to the desired perspective effect, proving that its draughtsmen knew how to draw it.[7] When graphic synthesis evolved

11/ A sinistra: Montgomery Flagg, Uncle Sam, 1917. Tempera a guazzo, 63x96 cm. Washington, Biblioteca del Congresso; da <https://www.loc.gov/resource/cph.3g02736/> [aprile 2020]. A destra: Achille Luciano Mauzan, …Sottoscrivete!, 1917. Cromolitografia, 99x140 cm. Roma, Biblioteca di Storia Moderna e Contemporanea; da <http://www.14-18.it/manifesto/IEI0328624> [aprile 2020].
Left: Montgomery Flagg, Uncle Sam, 1917. Gouache tempera, 63x96 cm. Washington, Library of Congress; <https://www.loc.gov/resource/cph.3g02736/> [April 2020]. Right: Achille Luciano Mauzan, …Sottoscrivete!, 1917. Chromolithography, 99x140 cm. Rome, Library of Modern and Contemporary History; <http://www.14-18.it/manifesto/IEI0328624> [April 2020].

12/ Gino Boccasile, Tacete!, 1941. Riproduzione fotomeccanica su cartoncino, 22,8x17,1 cm. Treviso, Museo Nazionale Collezione Salce.
Gino Boccasile, Tacete!, 1941. Photomechanical reproduction on cardboard, 22.8x17.1 cm. Treviso, National Museum, Salce Collection.

and required an increasingly rapid and direct dissemination of the message the hand became the sole protagonist with an extreme and at times dramatic reductio ad unum.[8]
The acme of this synthesis is the first poster in the history of talking films: the black and white contrast of the gloved hands of The Jazz Singer *interpreted by Al Jolson standing out in the foreground. Thirty years later Armando Testa, a famous post-war graphic artist, used a similar 'language' in one of the most famous contemporary Italian advertising campaigns. The stylised interlacing of hands in the centre of the silhouette of a smiling male figure conjures up a pleasant message and becomes a sort of cure-all to get rid of a stomach ache; it was an ad for a famous digestive and became one of the most famous icons in the early history of Italian publicity graphics (fig. 13). Hands and the extremely meaningful gestures they can make have become protagonists of the history of peoples and their collective manifestations: in the twentieth century the Italian and German totalitarian regimes exploited and emphasised the salute that in*

di codice e di riferimento obbligato per tutte le altre rappresentazioni grafiche che l'Europa e il mondo intero realizzarono allo stesso scopo (fig. 11).
In Italia è stato l'illustratore di origine francese Achille Luciano Mauzan a reiterare l'idea e il messaggio nel gesto dell'indice della mano protesa di un fante della Grande Guerra che, puntato verso l'osservatore del manifesto, sembra arrestare il tempo sul campo di battaglia. L'illustratore Gino Boccasile, a sua volta, è stato l'autore delle "locandone" (grandi manifesti di carta riciclata 100x70 cm, riprodotti poi in diversi formati) di tutta la propaganda bellica nazionale e della Repubblica Sociale, durante la Seconda guerra mondiale (fig. 12); anche in questo caso, le mani dei soldati illustrati hanno rappresentato la prima arma di una guerra psicologica combattuta sui muri di un'Italia già totalmente devastata dal conflitto.
La mano, in cui l'indice puntato impone in maniera imperativa lo slogan da comunicare, in questi casi è disegnata in proporzione rispetto all'effetto prospettico che si vuole ottenere, il che dimostra la conoscenza della sua rappresentazione da parte dei disegnatori[7]. Sarà nello sviluppo della sintesi grafica, necessaria per una diffusione sempre più rapida e diretta del messaggio, che la mano diventerà la sola protagonista con una *reductio ad unum* estrema e a volte drammatica[8].
L'apogeo di questa sintesi è individuabile nel primo manifesto (locandina) della storia del cinema sonoro dove – nel contrasto del bianco e nero – le mani guantate de *Il cantante di jazz* interpretato da Al Jolson irrompono in primo piano. A distanza di oltre trent'anni Armando Testa, storico grafico del dopoguerra, propose con un analogo "linguaggio" una delle più note campagne pubblicitarie dell'epoca. L'intreccio stilizzato delle mani, al centro della *silhouette* di una sorridente figura maschile, evoca un gradevole massaggio che diventa una sorta di panacea per debellare un malessere a carico dell'apparato digerente, facendo così della pubblicità di un celebre digestivo una delle più note icone nella protostoria della pubblicità grafica italiana (fig. 13).
L'uso della mano, il ricorso alla sua gestualità così carica di significato, è entrata da protagonista nella storia dei popoli e delle loro mani-

13/ A sinistra: William Auerbach-Levy, poster del film Il cantante di jazz, 1927 (da Richard Koszarski. An Evening's Entertainment: the age of the silent feature picture, 1915-1928. Berkeley 1994, p. 395). A destra: Armando Testa, marchio del digestivo Antonetto, 1960; da <https://www.armandotesta.it/it/la-scuola-di-armando/> [aprile 2020].
Left: William Auerbach-Levy, poster for the film The Jazz Singer, 1927 (in Richard Koszarski. An Evening's Entertainment: the age of the silent feature picture, 1915-1928. Berkeley 1994, p. 395). Right: Armando Testa, brand of the Antonetto digestive, 1960; <https://www.armandotesta.it/it/la-scuola-di-armando/> [April 2020].
14/ «The V sign is the symbol of unconquerable will!», Winston Churchill, Londra, 14 luglio 1941.
"The V sign is the symbol of unconquerable will!", Winston Churchill, London, 14 July 1941.

festazioni collettive: i regimi totalitari italiano e tedesco del XX secolo hanno recuperato ed enfatizzato quello che per l'antica Roma era il saluto del gladiatore morituro che mostrava la mano tesa all'imperatore in un saluto implicitamente pacifico, in quanto l'arto proteso era palesemente disarmato. Allo stesso modo la V di *Victory*[9] formata dal dito indice e dal medio tesi e divaricati divenne l'iconico-simbolo del primo ministro britannico Winston Churchill e della sua strenua battaglia per vincere l'avversario nazifascista (fig. 14).
Anche nello sport, nel gioco del calcio soprattutto, è ormai consuetudine che la gestualità e la composizione simbolica delle mani diventino il manifesto con cui gli atleti esprimono la loro esultanza per un gol realizzato. Nel 1982 l'Istituto Poligrafico dello Stato incaricò il pittore neorealista Renato Guttuso di realizzare il bozzetto per il francobollo commemorativo della vittoria italiana ai Campionati del mondo di calcio. L'artista scelse di simboleggiare la vittoria dipingendo esclusivamente le mani di un atleta (il portiere, in questo caso) intente a sollevare la Coppa del mondo mentre sullo sfondo la rete della porta funge da *texture* sull'azzurro del cielo (fig. 15).

ancient Rome gladiators made towards the Emperor before entering the arena to fight (arm raised, palm of the hand facing down and fingers stretched out and touching). It was an implicitly peaceful salute because the outstretched arm was clearly unarmed. Likewise the V for Victory sign[9] *(index and middle finger raised and parted) became the iconic-symbol of the British Prime Minister Winston Churchill and his unstinting battle to defeat his Nazi fascist enemy (fig. 14).*
Even in the sports world, especially in football, gestures and the symbolic composition of hands are used by athletes to manifest their joy after scoring a goal. In 1982 the Italian State Mint asked the neorealist painter Renato Guttuso to design a stamp commemorating Italy's victory in the World Football championships. He chose to symbolise their victory by painting only an athlete's hands (in this case the goalkeeper's) holding up the World Cup; in the background the goal net is used as texture against the blue sky (fig. 15).
Finally, hand gestures are the most recurrent message in signposts where the index finger is generally used to indicate the direction to take, while a vertical palm indicates the need to stop. The 'hand' is a word whose meaning differs in the sayings of several languages in the world, for example, 'get out of hand', a 'hand-me-down' or 'tip your hand'.
The silent but expressive language of the hand can measure and count. The matrix of the dozen used in bargaining comes from counting fingers where the three phalanges, starting from the thumb and moving across the hand, are mathematically submultiples of the number twelve.
The hand is a vector of one of the five senses and enables interaction in the sensitive language of touch, a crucial tool for very high profile professionals: from a master shipwright tackling the 'water line' of a boat's hull to a car designer intent on creating an extremely futuristic car body.
There is one last, strictly physiological aspect that confirms the primacy of this limb: "The hand is the first tool of our body and also the last appendage, it's one of our ramifications that, with a flat encephalogram and complete cardiac arrest, still receives blood and can therefore be considered the last part of our body to die".[10]

15/ Grafica del francobollo italiano commemorativo per la vittoria dei Campionati del Mondo di calcio 1982; da <http://www.doppiozero.com/dossier/anniottanta/le-mani-di-zoff-e-il-tricolore> [aprile 2020].
Graphics of the commemorative Italian stamp after the Italian team won the World Cup in 1982; <http://www.doppiozero.com/dossier/anniottanta/le-mani-di-zoff-e-il-tricolore> [April 2020].

1. *Apart from Leonardo other great artists drew the human body; they include Andrea del Verrocchio, Luca Signorelli, Andrea Mantegna, Piero della Francesca, Michelangelo and Rafael. In 1528 Albrecht Dürer published a excellent book in folio in Nuremberg; his treatise of artistic anatomy was entitled* Hierinn sind begriffen Vier Bücher Von menschlicher Proportion.

2. *It's no accident that the anatomical division of each finger, in every language, is due to its three bones (except for the thumb that has only two bones) and the qualifying adjectives of the word phalange (proximal, middle and distal) revealing the position of the bones in a finger. We know that the middle phalange is always the longest, but the length of the index and ring finger can differ from individual to individual. Normally the index finger is shorter than the ring finger, but at times it is longer, a feature that occurs more in women. Several artists such as Titian and Canova preferred to draw the index finger as significantly longer than the ring finger, as if this trait reflected their ideal of a beautiful hand. This feature is visible in a great many pictorial or sculptural representations of the hands of Venus (goddess of love and beauty).*

3. *In sign language, famous the world over and known in Italy by the acronym LIS, communication occurs by producing what a layman would take to be ordinary gestures with limited semantic expressivity. Instead, these very precise signs made with one or both hands have a precise meaning, just like words.*

4. *Sign language schools were founded in Paris in the eighteenth century. One of its greatest scholars was the illuminist and abbot Roch-Ambroise Cucurron Sicard. The American Thomas Hopkins Gallaudet instead founded the first university in the world for deaf-mutes; in the early nineteenth century he imported this language into America after having lived at length in France.*

5. *In the late nineties the photographer Oliviero Toscani suggested that the Italian Television Network (RAI) communicate its TV programmes by transmitting the image of an announcer who, after communicating that day's programmes, would appear to push her index finger through the TV screen as if it were a vertical wall of water.*

6. *In 1914 Alfred Leete portrayed the Secretary of State for War, Lord Kitchener, in the poster used by the British recruitment campaign during the First World War.*

7. "*The joints of the fingers appear larger on all sides when they bend; the more they bend the larger they appear. The contrary is the case when straight". Leonardo da Vinci.* Treatise on Painting, part three, Chapter XXXV - Of the joints of the Fingers.

La gestualità della mano è infine il messaggio più ricorrente nella segnaletica, dove è norma comune che il dito indice suggerisca una direzione da prendere mentre il palmo della mano presentato verticalmente ingiunga di fermarsi.
Il termine "mano" assume poi valenze sempre nuove in diversi modi di dire nelle più diverse lingue del mondo: così "si cresce a mano a mano" o "si guida sulla propria mano".
Questo arto nel suo linguaggio muto ma espressivo può misurare e può contare. La dozzina del mercanteggiamento è la matrice la cui origine è dovuta al conteggio delle dita, dove le tre falangi, conteggiate in movimento dal dito pollice, sono matematicamente sottomultipli del numero dodici.
La mano, vettore di uno dei cinque sensi, permette di interagire nel linguaggio sensibile del tatto, strumento indispensabile per professionisti d'altissimo profilo: dal maestro d'ascia alle prese con le "linee d'acqua" della carena della barca al *car designer* intento a ideare la più avveniristica delle carrozzerie di automobile.
C'è un ultimo aspetto, essenzialmente fisiologico, che conferma il primato di questo arto: «La mano è il primo assoluto strumento utensile del nostro corpo e di questo è anche l'ultima appendice, non per nulla è una delle nostre propaggini che ad encefalogramma piatto e completo arresto cardiaco riceve l'irrorazione sanguigna, quindi può considerarsi l'ultima cosa a morire»[10].

1. Alcuni tra i grandi artisti che disegnarono l'anatomia umana oltre Leonardo furono Andrea del Verrocchio, Luca Signorelli, Andrea Mantegna, Piero della Francesca, Michelangelo, Raffaello. Nel 1528 Albrecht Dürer pubblicò a Norimberga un eccellente volume in *folio* di un trattato di anatomia artistica intitolato *Hierinn sind begriffen Vier Bücher Von menschlicher Proportion*.

2. Non a caso la distinzione anatomica di ciascun dito, in ogni lessico, è dovuta alle tre ossa che lo compongono (fatta eccezione per il pollice che soltanto da due è costituito) con i due diminutivi del vocabolo falange che viene così declinato in falangina e falangetta a sottolineare nell'idioma il rapporto proporzionale con cui sono costituite le dita. Per ciò che riguarda la lunghezza di queste, è noto che il dito medio è sempre più lungo, ma la lunghezza relativa dell'indice e dell'anulare può differire nei vari individui. Ordinariamente fra queste due dita l'indice è il più breve, ma in parecchi individui si può osservare il fatto inverso, riscontrandolo più facilmente nella donna. Alcuni artisti, come Tiziano e Canova, hanno preferito rappresentare l'indice significativamente più lungo dell'anulare, come se tale carattere corrispondesse maggiormente al loro ideale di bellezza della mano. In moltissime rappresentazioni pittoriche o scultoree, nelle mani di Venere (dea dell'amore e della bellezza) si rileva questo concetto.

3. Nel linguaggio dei segni, di chiara fama mondiale e per l'Italia riconosciuto nell'acronimo di LIS, la comunicazione avviene producendo quelli che a un profano possono sembrare gesti banali di espressività semantica limitata, ma che in realtà sono precisi segni compiuti con una o entrambe le mani e hanno un significato assoluto come avviene per le parole.

4. La scuola dei segni vede la sua nascita nella Parigi del Settecento e tra i suoi più grandi studiosi si riscontra l'illuminista e abate Roch-Ambroise Cucurron Sicard. Lo statunitense Thomas Hopkins Gallaudet, che invece fu il fondatore della prima Università al mondo per i sordomuti, importò nei primi dell'Ottocento questo linguaggio in America, dopo una lunga permanenza in Francia.

5. La RAI (Radio Televisione Italiana), alla fine degli anni Novanta, sulla base di un suggerimento del fotografo Oliviero Toscani, per la comunicazione dei suoi programmi televisivi trasmetteva l'immagine

dell'annunciatrice che per comunicare i programmi della giornata sembrava poter attraversare lo schermo televisivo con il dito indice, quasi fosse una sorta di parete d'acqua verticale.

6. Nel 1914 Alfred Leete ritrasse il segretario di Stato alla guerra lord Kitchener nel suo manifesto destinato alla campagna britannica di arruolamento durante la Prima Guerra Mondiale.

7. «Le dita della mano ingrossano le loro giunture per tutti i loro aspetti quando si piegano, e tanto più si ingrossano quando si piegano e così diminuiscono quanto più le dita si addrizzano». Leonardo da Vinci. *Trattato della Pittura, parte terza "De' vari accidenti e movimenti dell'uomo e proporzioni di membra"*, p. 263. Delle giuntura delle dita.

8. Walt Disney decise di disegnare un dito in meno al famosissimo topo delle sue strisce, per ottenere una maggior sintesi nella velocizzazione della produzione grafica del celebre fumetto americano.

9. Il *V Sign* rappresentato con il gesto della mano in genere rappresenta la vittoria, ma se si rivolge all'esterno il dorso dell'arto, indica invece un insulto. La leggenda fa derivare questo gesto anglosassone da una rivalsa contro i francesi, che avrebbero amputato agli arcieri inglesi presi prigionieri il dito indice e il medio, impiegati per incoccare e tirare le frecce.

10. Prof. Renzo Mantero (1930-2012). Dalla conferenza "La gran madre delle tre mani", sala A. De Mari del Palazzo di Città, Cairo Montenotte (Sv) 21/1/2012. Chirurgo ortopedico della mano e scrittore, particolari sono i suoi studi sulla gestualità del *Cenacolo di Leonardo* e degli affreschi del Tiepolo, nonché sulle mani rappresentate nelle pitture murali delle grotte indiane di Ajanta, scavate dai monaci buddisti circa sette secoli prima della nascita di Cristo.

8. *Walt Disney decided to draw Mickey Mouse with one less finger so as to obtain greater synthesis and speed up the graphic production of the famous American cartoon.*

9. *The V Sign made with one's hand generally represents victory, however when it is made with the back of the hand facing outwards then it is an insult. The legend says that this Anglo-Saxon gesture was used to taunt the French who, when they captured an archer, cut off the two fingers he needed to pull his bow (index and middle finger).*

10. *Prof. Renzo Mantero (1930-2012). During the conference 'La gran madre delle tre mani', in the A. De Mari Room of the Town Hall, Cairo Montenotte (Sv) 21/1/2012. Orthopaedic hand surgeon and writer, Mantero has performed unique studies on the gestures painted in Leonardo's Last Supper, Tiepolo's frescoes, and the hands drawn on the walls of the Ajanta Caves in India, carved by Buddhist monks roughly seven centuries before the birth of Christ.*

References

- Arasse Daniel. 2007. *Il dettaglio. La pittura vista da vicino*. Milano: Il Saggiatore, 2007. 412 p. ISBN: 978-88-4281-436-8.
- Bargue Charles, Gérôme Jean-Léon. 2008. *Drawing Course*. Paris: ACR Édition, 2008. 336 p. ISBN: 978-28-6770-203-7.
- Brambilla Daniela. 2009. *Vedere con la matita. Un gesto per disegnare la figura*. Milano: Ikon Editrice, 2009. 272 p. ISBN: 978-88-8962-817-1.
- Campisi Emanuela. 2018. *Che cos'è la gestualità*. Roma: Carocci editore, 2018. 128 p. ISBN: 978-88-4309-086-0.
- Eco Umberto. 1978. *Trattato di semiotica generale*. Milano: Bompiani, 1978. 430 p. ISBN 978-88-4520-049-6.
- Focillon Henri. 2014. *Elogio della mano. Scritti e disegni.* Roma: Castelvecchi, 2014. 86 p. ISBN: 978-88-6826-135-1.
- Lolli Alberto, Peretti Renzo, Zocchetta Mauro. 2017. *Struttura uomo in movimento: manuale di anatomia artistica*. Vicenza: Angelo Colla Editore, 2017. 270 p. ISBN: 978-88-8952-723-8.
- Morelli Giovanni. 2001. *Anatomia per gli artisti*. Faenza: Stabilimento Grafico Lega, 2001. 420 p. ISBN: 978-88-7594-021-8.
- Morris Desmond. 1992. *L'uomo e i suoi gesti. L'osservazione del comportamento umano*. Milano: Mondadori, 1992. 320 p. ISBN: 978-88-0414-828-9.
- Spera Michele. 2005. *Abecedario del grafico: la progettazione tra creatività e scienza*. Roma: Gangemi Editore, 2005. 543 p. ISBN: 978-88-4920-789-7.
- Travaglini Roberto. 2016. *La pedagogia del gesto grafico*. Collana *MensCorpus.* Roma: Aracne Editrice, 2016. 152 p. ISBN: 978-88-5489-829-5.
- Venturelli Alessandra. 2004. *Dal gesto alla scrittura*. Collana Insegnare oltre il 2000. Milano: Ugo Mursia Editore, 2004. 198 p. ISBN: 978-88-4253-231-6.
- Venturelli Alessandra. 2010. *Scrivere: l'abilità dimenticata. Una prospettiva pedagogica sulla disgrafia.* Collana Insegnare oltre il 2000. Milano: Ugo Mursia Editore, 2010. 208 p. ISBN: 978-88-4254-911-6.
- Verdone Mario, Montini Franco. 2003. Manifesto. In *Enciclopedia del Cinema*. Roma: Istituto dell'Enciclopedia italiana, 2003, vol. III. In Treccani.it <http://www.treccani.it/enciclopedia/manifesto_%28Enciclopedia-del-Cinema%29/>.
- Volli Ugo. 2003. *Manuale di semiotica*. Roma-Bari: Editori Laterza, 2003. 336 p. ISBN: 978-88-4206-919-5.

libri

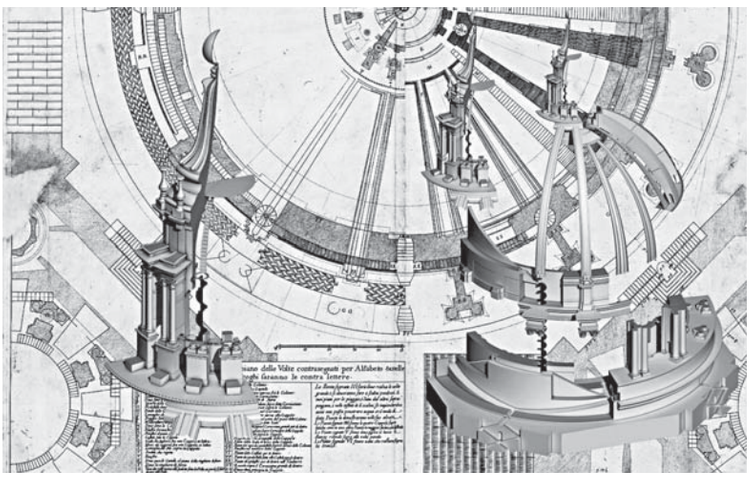
books

Aldo De Sanctis

Rilievo dell'Architettura e dello Spazio urbano. Evoluzione - Nuove tecniche - Nuovi modelli di conoscenza

WriteUp Site, Roma 2019

Il libro di Aldo De Sanctis ha le sue prime motivazioni nelle esigenze didattiche e «nella volontà di ricalibrare gli interessi scientifici della disciplina sui temi propri della ricerca e dell'interpretazione architettonica». Motivazioni importanti che attengono al ruolo formativo e di ricerca tipico di ogni insegnamento universitario, ma che il Rilievo dell'Architettura, così come declinato nel volume, assolve con specifiche attenzioni e qualità.
Con l'uso degli strumenti di acquisizione e dei modelli di restituzione il rilievo permette infatti di conoscere la realtà e di analizzarla attraverso rappresentazioni via via più efficaci e convincenti. Con le opzioni figurative che di norma può mettere in campo, il rilievo permette anche di costruire l'ambiente operativo più utile per "fare" ed esaminare l'architettura, rendendo esplicite le interconnessioni tra forma, tecniche costruttive e spazi della stessa architettura o di un assetto urbano.
Il libro si compone di cinque capitoli: il primo sulle attitudini di ricerca del Rilievo d'Architettura e le opportunità di studio che la sua azione è in grado di promuovere. Il secondo sull'evoluzione della disciplina con un elenco di autori e rilievi eccellenti; rilievi che ci restituiscono un repertorio di modalità di lettura, a cui ancora oggi è possibile fare riferimento. Il terzo sulle nuove tecniche per il rilievo e i modelli 3D. Il quarto sulle attenzioni da avere per conoscere l'architettura sia in termini compositivi che tecnico-costruttivi. Il quinto capitolo è relativo



allo spazio urbano ed ai modi per indagarne gli assetti.
Dal volume emerge chiaramente che la didattica del rilievo consente agli studenti di dialogare con la realtà delle opere attraverso la sperimentazione e realizzazione di modelli figurativi via via più efficienti in grado di definire i rimandi tra materiali architettonici, corrispondenze geometriche, rapporti percettivi, ecc.
Ma l'ambiente operativo e il fare a cui s'è fatto riferimento valgono, in modo particolare, per la ricerca e lo studio degli oggetti del rilievo, il cui significato non emerge solo attraverso la descrizione degli spazi che conservano al loro interno o la costruzione di un elaborato più o meno rispondente al vero. Il significato e le decisioni per la conservazione e il restauro di un oggetto maturano per le domande che progressivamente si pongono e le opportunità che emergono dall'accostamento di strumenti d'indagine diversi (figurativi, documentari e tecnici); maturano, in definitiva, per le possibilità di realizzare un'area d'azione in cui ogni autore può inserire la propria creatività analitica e costruire rappresentazioni «in grado di dare conto – come afferma l'autore – non solo di come l'opera appare, ma anche delle ragioni che determinano quell'apparire, vale a dire delle regole e dei significati […] che l'opera contiene».

Michela Cigola

Aldo De Sanctis

Rilievo dell'Architettura e dello Spazio urbano. Evoluzione - Nuove tecniche - Nuovi modelli di conoscenza

WriteUp Site, Roma 2019

Aldo De Sanctis' book (entitled Survey of Architecture and Urban Space. Evolution - New Techniques - New Knowledge-gathering Models) was initially prompted by educational requirements and the "desire to refocus the scientific interests of the discipline on topics of research and architectural interpretation". These important arguments involve the typical role of training and research during all university courses, but which, as specified in the book, is achieved by Architectural Survey by concentrating qualitatively on specific topics.
Survey uses acquisition tools and restitution models to understand reality and analyse it in representations that become gradually more effective and credible. The figurative options that survey generally uses also enables the construction of the best operational environment in which to 'design' and examine architecture, revealing the links between form, building techniques, and the spaces of an architecture or urban layout. The book has five chapters: the first focuses on the research activities of Architectural Survey and the study opportunities it can promote. The second discusses the evolution of the discipline with a number of brilliant authors and also presents several excellent surveys; the latter provide a range of interpretative approaches which, even today, can be used as reference. The third illustrates new survey techniques and 3D models. The fourth lists the focus needed to understand architecture in compositional and technical-constructive terms. The fifth chapter deals with urban space and how to examine its numerous layouts.
The book clearly shows that teaching students about survey allows them to dialogue with the reality of architectural works by using experimentation and creating increasingly efficient figurative models that define the connection between architectural materials, geometric correspondences, perceptive relationships. etc.
The operational environment and the aforementioned 'design' activity apply in particular to the research and study of objects that are surveyed; however their meaning is not visible only in the description of their internal spaces or the construction of a drawing that corresponds more or less to reality. Their meaning and the decisions regarding the conservation and restoration of an object evolve due to the questions that are asked consecutively and the opportunities that emerge by merging different study tools (figurative, documentary and technical). Ultimately they evolve because an area of action is created in which each author can insert his or her analytical creativity and produce representations which, as stated by the author, "are capable of revealing not only what the work looks like, but also the reasons that determine said appearance, in other words the rules and meanings [...] contained in the work".

Michela Cigola

Pagina precedente. Antonio Agostino Zappani, modello 3D della cupola di San Pietro dedotto dai rilievi di Martino Ferrabosco del 1620.
Previous page. *Antonio Agostino Zappani, 3D model of the dome of St. Peter's based on the surveys by Martino Ferrabosco (1620).*

In basso e a destra. Vik Muniz, São Paulo Panorama from Pictures of Junk, 2017, particolari.
Bottom and right. *Vik Muniz, São Paulo Panorama from Pictures of Junk, 2017, details.*

Livio Sacchi

Il futuro delle città

La nave di Teseo, Milano 2019

Sin dal primo contatto – toccandolo, sfogliando le sue 544 pagine senza immagini, leggendo il titolo e l'indice – si capisce subito che abbiamo fra le mani un libro importante.
Nella non breve premessa emergono gradualmente le principali linee tematiche – dalla globalizzazione alla digitalizzazione, dalla *liveability* alla *governance* –, al cui interno ritroviamo domande condivise, dubbi e certezze sul futuro delle città.
Ad iniziare dalla questione più semplice: per quale motivo vogliamo vivere in città? Perché in città ci si sente e si è più liberi che altrove – osserva Livio Sacchi –, affrancando le identità dei singoli dalle aspettative familiari e sociali e permettendo a chi vi abita di diventare ciò che vuole, le città consentono qualcosa di molto prossimo all'autodeterminazione del proprio essere, non è cosa da poco.
La lunga e appassionata ricerca svolta dall'autore – esito di molti anni di studio, incontri e esperienze dirette vissute da architetto-viaggiatore – è stata suddivisi in due principali sezioni tematiche.
La prima affronta i fondamentali nodi teorico-culturali compresi nell'idea di città contemporanea, approfondendo complessi concetti come, per ricordarne alcuni, la conservazione del passato, il centro e la periferia, i processi di rigenerazione, densificazione e verticalizzazione, le migrazioni e le segregazioni, le infrastrutture (fisiche e digitali) e la mobilità, la sostenibilità e la globalizzazione, la condizione professionale, ecc.
La seconda parte del libro entra nel vivo dell'architettura delle città reali (tantissime, da Roma a Milano, da Parigi a Tokyo fino a Delhi e a New York) collocate nei rispettivi contesti politico-culturali specifici delle diverse aree geografiche di sviluppo (Europa, Nord America, America Latina, Africa, Medio Oriente, Asia, Oceania).
Un'opera autoriale, fondamentale testimonianza per capire lo stato dell'arte della città contemporanea. Un esteso, aggiornato e approfondito repertorio di argomenti, documentati da un ampio catalogo di esempi, che oltre a informare alimenta il dibattito su un tema partecipato – tutti abbiamo abitato, almeno per una notte, in una città –, sollevando curiosità, evidenziando problemi e interrogativi, stimolando l'adozione di opinioni che confermano o criticano le tesi esposte, anche rispetto a luoghi mai visti, solo immaginati nel racconto di Sacchi.
Si confermano o si riattivano spiriti esplorativi *"On the Road"*, per cercare di capire quale sia futuro per la città. Un futuro che, come suggerisce l'autore, si prepara e si costruisce, insieme, nel tempo e che non è altro che il prodotto delle nostre azioni presenti e, soprattutto, della nostra concreta capacità di progettare e di innovare.

Maurizio Unali

Livio Sacchi

Il futuro delle città

La nave di Teseo, Milano 2019

From the moment you pick up the book – touch it, leaf through its 544 pages without images, and read the title and index – you know you are holding an important literary work.
The rather lengthy premise gradually reveals the main topics – from globalisation to digitalisation, from liveability to governance – as well as the questions, doubts and certainties we share about the future of the city.
Starting with the easiest question: why do we want to live in a city? Livio Sacchi notes it's because we feel and are in fact freer in a city than we are elsewhere; it releases the identity of an individual from family and social expectations and allows those who live in a city to become whoever they wish to be.
Cities grant us something very similar to self-determination, and this is a no mean feat.
The author has divided his long and impassioned research – the end result of many years of study, meetings, and hands-on experiences as an architect-traveller – into two main thematic sections.
The first tackles the fundamental technical-cultural issues inherent in the concept of the contemporary city; he delves deep into complex concepts such as conservation of the past, the centre and the suburbs, regeneration processes, densification, verticalisation, migration, segregation, infrastructures (physical and digital), mobility, sustainability, globalisation, the state of the profession, etc.
The second part of the book is a proactive review of the architecture in real cities (so many, from Rome to Milan, Paris to Tokyo, and on to New Delhi and New York) located in the specific political and cultural contexts of their different geographical areas of growth (Europe, North America, Latin America, Africa, the Middle East, Asia, and Oceania).
This authorial work provides crucial data to understand the state of the art of the contemporary city.
A broad, updated and in-depth repertoire of subjects corroborated by an extensive list of examples which not only provide information, but fuel the debate on a topic we have all experienced: living in a city for at least one night. The author sparks our curiosity by highlighting problems and queries, by prompting us to adopt opinions that either confirm or criticise his theories, even vis-à-vis places we have never visited but only imagined in Sacchi's narrative. Exploratory 'On the Road' approaches are either confirmed or reactivated to try and understand what the future has in store for cities. A future which, as the author suggests, we prepare and build together, over a period of time; a future that is none other than the end result of our present actions and, above all, our tangible ability to design and innovate.

Maurizio Unali

drawing
disegnare idee immagini
ideas images

Anno XXXI, n. 60, giugno 2020

La rivista è inclusa nella Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics), dove è indicizzata nell'*Arts & Humanities Citation Index* e nel database di Scopus dove sono presenti gli abstract dei contributi.
La selezione degli articoli per *Disegnare. Idee Immagini* prevede la procedura di revisione e valutazione da parte di un comitato di referee *(blind peer review)*; ogni contributo viene sottoposto all'attenzione di almeno due revisori, scelti in base alle loro specifiche competenze. I nomi dei revisori sono resi noti ogni anno nel numero di dicembre.

The journal has been selected for coverage in the Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics); it is indexed in the Arts & Humanities Citation Index *and abstracted in the Scopus database.*
The articles published in Disegnare. Idee Immagini *are examined and assessed by a blind peer review; each article is examined by at least two referees, chosen according to their specific field of competence.*
The names of the referees are published every year in the December issue of the journal.

La Rubrica Disegno è a invito.
I contributi pubblicati su invito del Comitato di Redazione e la Rubrica Disegno (anch'essa ad invito) non sono soggetti alla procedura di referaggio.

The contributions published after a call by the Editorial Board, and the contribution in the column Drawing (also published after a call) are not subject to a review by the referees.

Gli autori di questo numero
Authors published in this issue

Fabrizio Ivan Apollonio
Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
via Risorgimento, 2
40136 Bologna, Italia
fabrizio.apollonio@unibo.it

Cristiana Bartolomei
Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
via Risorgimento, 2
40136 Bologna, Italia
cristiana.bartolomei@unibo.it

Fabio Bianconi
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Università degli Studi di Perugia
via Duranti, 93
06125 Perugia, Italia
fabio.bianconi@unipg.it

Alekos Diacodimitri
Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
alekos.diacodimitri@uniroma1.it

Mario Docci
Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura
Sapienza Università di Roma
piazza Borghese, 9
00186 Roma, Italia
mario.docci@uniroma1.it

Marco Filippucci
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Università degli Studi di Perugia
via Duranti, 93
06125 Perugia, Italia
marco.filippucci@unipg.it

Marco Gaiani
Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
via Risorgimento, 2
40136 Bologna, Italia
marco.gaiani@unibo.it

Stefano Giannetti
Dipartimento di Architettura
Università di Ferrara
via Quartieri, 8
44121 Ferrara, Italia
stefano.giannetti@unife.it

Manuela Incerti
Dipartimento di Architettura
Università di Ferrara
via Quartieri, 8
44121 Ferrara, Italia
icm@unife.it

Sereno Marco Innocenti
Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica
Università degli Studi di Brescia
via Branze, 43
25123 Brescia, Italia
sereno.innocenti@unibs.it

Cecilia Mazzoli
Dipartimento di Architettura
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
via Risorgimento, 2
40136 Bologna, Italia
cecilia.mazzoli2@unibo.it

Oscar Piattella
via Dante Alighieri, 24
61044 Cantiano (PU), Italia
www.oscarpiattella.it
ale.piattella@gmail.com

Alberto Sdegno
Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura
Università degli Studi di Udine
via delle Scienze, 206
33100 Udine, Italia
alberto.sdegno@uniud.it

Veronica Riavis
Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura
Università degli Studi di Udine
via delle Scienze, 206
33100 Udine, Italia
veronica.riavis@uniud.it

Oscar Piattella
Il segno del disegno
The sign of drawing

Alekos Diacodimitri, Mario Docci
Gaspare De Fiore: disegnatore e fumettista
Gaspare De Fiore: draughtsman and comics artist

Fabrizio Ivan Apollonio, Marco Gaiani
Lo Studio di varie fabbriche in prospettiva
e le regole della prospettiva nel primo Leonardo
The Studio di varie fabbriche in prospettiva
and the rules of perspective in Leonardo's early drawings

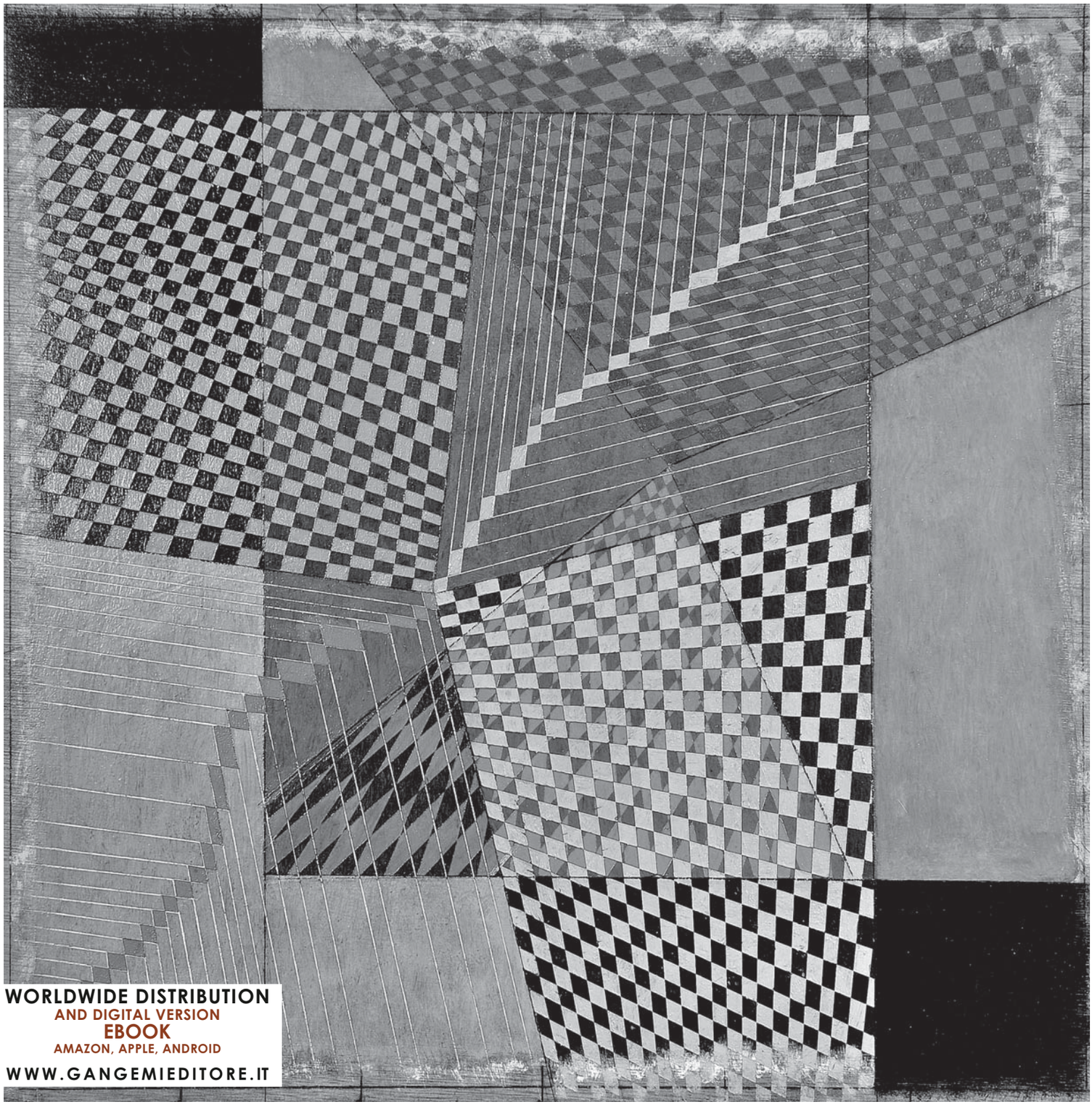
Manuela Incerti, Stefano Giannetti
La cupola di Galla Placidia e il suo cielo stellato: geometrie, modelli e tracciamenti
The dome of Galla Placidia and its starred sky: geometries, models and tracings

Fabio Bianconi, Marco Filippucci
Disegnare la Camera di Ames.
Le questioni architettoniche, le lezioni del classico, le sperimentazioni digitali
Drawing the Ames Room. Architectural issues, lessons of the classical world, digital experiments

Cristiana Bartolomei, Cecilia Mazzoli
Analisi geometrica e design parametrico delle superfici di involucro in cubi autobloccanti
Geometric analysis and parametric design of envelope surfaces made with interlocking cubes

Alberto Sdegno, Veronica Riavis
Toccare la profondità: restituzione prospettica e percezione aptica inclusiva
Touching the depths: perspective restitution and inclusive haptic perception

Sereno Marco Innocenti
Calligrafia aerea, il disegno nel linguaggio delle mani
Aerial calligraphy, using hand language to draw



WORLDWIDE DISTRIBUTION
AND DIGITAL VERSION
EBOOK
AMAZON, APPLE, ANDROID
WWW.GANGEMIEDITORE.IT