



Punti di vista. Gli spazi virtuali tra analogico e digitale

Michela Rossi
Sara Conte
Luca Armellino

Abstract

La dimensione del Metaverso, che ibrida lo spazio fisico e quello digitale, apre verso modalità di rappresentazione capaci di creare spazi virtuali diversi dalla contrapposizione frontale dell'immagine piana e la modellazione in uno spazio cartesiano. La ripresa delle esplorazioni spaziali prospetta mondi fisici estranei alla realtà fisica dello spazio euclideo delle simulazioni digitali, controllabili con la vista e con il tatto. Il confronto tra l'efficacia del disegno nell'illustrazione di concetti astratti, la simulazione analogica di spazi immersivi e i limiti della modellazione digitale offrono uno spunto di riflessione per la creazione di spazi oltre l'esperienza fisica.

Parole chiave

Visual computing, rappresentazione, spazio digitale, simulazione analogica



Sviluppo delle immagini
reali e riflesses della
proposta di allestimento
Indios dell'Amazzonia.

Introduzione - Immagini e punti di vista

La nuova dimensione del Metaverso sottolinea l'importanza del rapporto tra lo spazio fisico e la sua rappresentazione, ovvero tra la realtà e la sua immagine, da cui si è sviluppata la speculazione sulla natura della conoscenza. L'immagine visiva è il veicolo percettivo privilegiato, e quindi l'interfaccia ideale della realtà parallela sviluppata nel mondo digitale. Questo si lega sempre più alle immagini, che nel Disegno permettono di visualizzare spazi diversi da quelli della realtà fisica e/o della geometria euclidea. Senza entrare nel dibattito sulla verità della percezione, è intuitivo che la possibilità di costruire spazi digitali possa estendersi dall'architettura alla simulazione di dimensioni diverse da quelle della realtà che 'vediamo', favorendo la comprensione delle geometrie non euclidee o di concetti astratti come quelli proposti dalla matematica contemporanea.

La realtà digitale è condizionata dagli strumenti e dalla tecnologia, invece che dalla legge di gravità. Nonostante questo, gli strumenti di modellazione tridimensionale sono concepiti per simulare lo spazio cartesiano. La modellazione digitale di realtà basate su altre geometrie appare più complessa della loro astrazione piana, e quindi è da questa che occorre partire per capire se è possibile una visualizzazione virtuale con gli strumenti disponibili. La sperimentazione digitale della simulazione analogica di uno spazio virtuale può fornire altre indicazioni utili.

Per visualizzare le operazioni e rendere più intuitiva l'interfaccia di controllo, la rappresentazione digitale adotta proiezioni della realtà tridimensionale. L'immagine piana è ben 'controllabile', perché permette di osservare dall'esterno la realtà riprodotta nel modello digitale. Seguendo leggi naturali, la realtà fisica prende forma in uno spazio misurabile che risponde alla geometria euclidea. La matematica però propone anche modelli con leggi diverse come conseguenza logica di altri postulati, come le geometrie non euclidee.

Roger Penrose spiega come l'uomo abbia inventato una nuova geometria tutte le volte che ne ha avuto bisogno per risolvere un nuovo problema, spingendolo a concepire sistemi molto lontani dalla percezione quotidiana [Penrose 2004]. Geometrie diverse spiegano fenomeni complessi che esulano dalla nostra esperienza fisica, condizionata da leggi naturali valide alla scala nella quale siamo immersi. Al di fuori di questa esistono altre dimensioni spazio-temporali. La loro visualizzazione è un problema di 'rappresentazione' e implica la conoscenza, perché l'immagine visiva aiuta a controllare lo spazio e quindi consente di 'comprendere' anche realtà non comuni, come gli spazi immaginati dell'interazione digitale, che seguono leggi matematiche non sempre vincolate alle stesse leggi fisiche dell'architettura. Nella sua struttura concettuale e funzionale, lo spazio digitale è come uno schedario dilatabile e riconfigurabile all'infinito; le relazioni tra elementi sono correlate da procedimenti logici di causa-effetto. La modellazione dello spazio digitale è concepita in analogia a quello fisico; essa si manifesta nella proiezione piana di modelli costruiti in uno spazio cartesiano che risponde alla nostra esperienza fisica dello spazio, condizionata da schemi così radicati da essere considerati innati. Il Disegno dà forma comprensibile a concetti lontani dall'esperienza visiva naturale e anche per la spiegazione dei principi delle geometrie non euclidee si fa ricorso ad immagini piane.

Il rapporto con lo spazio si struttura attraverso la percezione visiva. La mente distingue lo spazio reale dalle sue immagini artificiali ed elabora immagini astratte che riprendono elementi dell'esperienza diretta. L'immagine costruita risulta meglio controllabile perché l'osservatore resta esterno, mentre lo spazio reale è immersivo.

Infatti, il coinvolgimento diretto ostacola il controllo d'insieme, mentre la distanza facilita la comprensione oggettiva e razionale. Per questo le immagini della simulazione artificiale hanno una doppia veste a seconda delle loro finalità.

La disponibilità di macchine e di strumenti di visualizzazione sempre più potenti rende possibile una fruizione immersiva dello spazio digitale attraverso immagini 'avvolgenti' rispetto all'osservatore, che però ha la vista direzionata. Quindi definite le caratteristiche geometriche dello spazio virtuale, il problema è individuare le 'modalità di visualizzazione' e il 'punto di vista' dal quale controllarlo meglio.

Spazi dell'immaginazione

Il disegno, offrendo modelli astratti che superano i limiti dello spazio cartesiano di impostazione euclidea, costituisce una base di partenza per sviluppare nuovi modelli di struttura e visualizzazione dello spazio digitale. Come la simulazione digitale del progetto precede e rende possibile la l'architettura, anche la concezione digitale di spazi diversi ha bisogno di sperimentare sistemi di rappresentazione idonei. Il disegno è un supporto efficace per la visualizzazione di concetti astratti della matematica con rappresentazioni elevate ad arte, come nel caso dell'opera di M.C. Escher. Il grafico olandese era affascinato dalla matematica, che 'è' nella realtà [Ernst 1978, p. 35] e dalle ambiguità della sua rappresentazione, che sottolineano lo scarto tra i due livelli [Locher 1982, pp. 135-148]. La sua opera è interessante per la costante ricerca di punti di vista che andassero oltre l'immagine proiettiva senza però rinnegarne le leggi.

La sua opera grafica è accompagnata da una ricca documentazione degli studi preliminari per definire la struttura geometrica dell'immagine. La spiegazione del matematico Bruno Ernst, suo amico, chiarisce la ricerca preliminare e la struttura proiettiva di mondi dalla geometria impossibile [Bussagli 2004]. Per spiegare la concezione geometrica delle singole opere Ernst distingue le rappresentazioni di mondi impossibili dalle ricerche sulla prospettiva [Ernst 1978]. I mondi impossibili sono il risultato di rappresentazioni plurime di spazi ambigui per la dissimulazione dell'accostamento di più proiezioni della stessa scena in un'unica inquadratura, con opportune correzioni nel raccordo tra le proiezioni mai casuali.

Escher sviluppa la sua ricerca sulla percezione dalla rivisitazione dei presupposti della prospettiva lineare, cambiando il quadro verticale in orizzontale, con una rotazione che presuppone due possibili punti principali, rispettivamente a zenith e nadir basata su proiezioni cilindriche nelle quali due punti opposti rispetto alla superficie terrestre visualizzano l'unico punto improprio delle rette verticali.

La successione cronologica di alcune incisioni realizzate alla metà del secolo scorso induce a riflettere sulla relazione tra l'osservatore, la percezione dello spazio e l'immagine visiva (figg. 1-5). Escher scardina gli schemi della Geometria Descrittiva attraverso l'applicazione di punti di vista particolari. Nelle prospettive sovverte il modello quattrocentesco della prospettiva oltre la finestra prospettica (*prospicere* = guardare avanti) accostando due proiezioni 'simmetriche' in verso opposto, sia sul piano che sul cilindro (fig. 2) e due direzioni ortogonali della linea di terra e della profondità. La scelta del punto di vista sottolinea la continuità dello spazio proiettivo tra proiezione conica e cilindrica, ma mette in crisi l'unicità del punto improprio (Escher M.C., *Concavoconvesso*, 1955) (figg. 3-5). Le relazioni proiettive che legano la realtà immaginata e quella rappresentata sono la chiave di una possibile replica

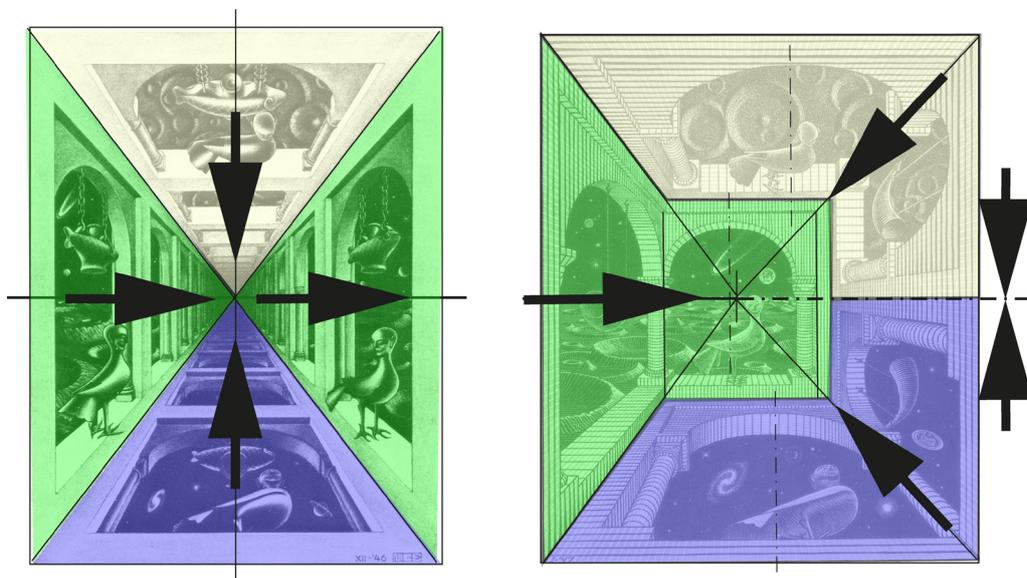


Fig. 1. Viste simultanee di *Altro mondo* (I e II, rispettivamente 1946-47). La stessa gabbia prospettica per sovrapporre le due direzioni contrapposte di zenith e nadir.

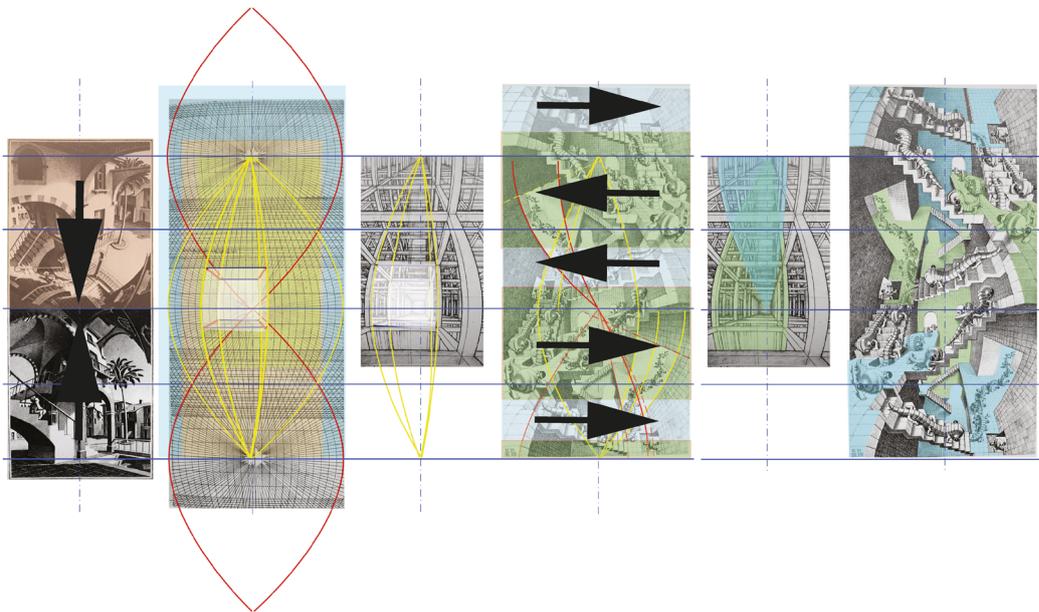


Fig. 2. *Up and Down* (1947) accosta due proiezioni 'simmetriche' ma opposte sul piano; *House of stair* (1951) sviluppa una doppia proiezione cilindrica con assi ortogonali che 'alterna' verticalità e profondità.

digitale. Dagli spazi immaginari di Escher si possono mediare modelli per sviluppare spazi con presupposti geometrici diversi da quelli per i quali sono stati pensati gli strumenti disponibili. Questi possono aiutare a capire come concepire i nuovi software e la struttura di supporto della visualizzazione.

Questi esempi confermano che la creatività degli artisti rafforza la comprensione della scienza, che a sua volta offre loro stimoli sempre nuovi. Escher dimostra che il disegno può esprimere principi che esulano dall'esperienza comune, pur servendosi degli stessi sistemi proiettivi che ne descrivono le forme. Egli immagina e rappresenta mondi immaginari che sembrano soggetti a regole diverse. Il riferimento visivo comune è la *prospettiva*, che dipende dalla scelta del punto di vista e dalla giacitura del quadro. Il primo può essere proprio o improprio, ma non è mai casuale rispetto alla conformazione dello spazio stesso; il secondo condiziona la direzione dell'asse ottico, ortogonale al quadro piano o alle singole direttrici nella proiezione cilindrica. Giocando con l'ambiguità della proiezione, egli manipola la rappresentazione con la scelta di punti di vista multipli simultanei che si integrano nella costruzione di spazi concettuali di natura logica ma incoerenti con la realtà apparente. Le immagini che ne ricava sembrano sbagliate rispetto alla regola, ma risultano convincenti nella percezione di luoghi irreali.

Il costante riferimento proiettivo dimostra una continuità di ricerca con un focus comune su sistemi proiettivi con punti di vista particolari. Spazi immaginari creati dall'accostamento artificioso di prospettive diverse, risolto con la ricerca di punti di vista significativi che integrano le superfici in uno spazio unitario solo in apparenza. La decodifica della proiezione svela un unico frammento, ripetuto e riadattato per rendere plausibile uno spazio unitario intorno all'osservatore. Cambiano la relazione proiettiva e il numero dei frammenti, ma il presupposto inalterato è la relatività della percezione visiva che filtra l'immagine della realtà, fondendo ragione e immaginazione.

Talvolta l'immaginazione anticipa la tecnica, e offre indicazioni utili per sviluppare modalità di rappresentazione capaci di superare i limiti attuali. Gli spazi rappresentati da Escher sono modellabili, quindi costruibili, come mosaici ricomposti in un caleidoscopio tridimensionale che riunisce punti di vista razionali in una simulazione distopica dello spazio euclideo.

Altri spazi - simulazioni virtuali e immersività analogiche

Se per comprendere la costruzione degli spazi dell'immaginazione è necessaria un'oggettiva decodifica mediata dal disegno, per riuscire a controllare gli ambienti immersivi fisici e la loro efficacia sull'utente, è necessaria una simulazione digitale predittiva dello spazio progettato.

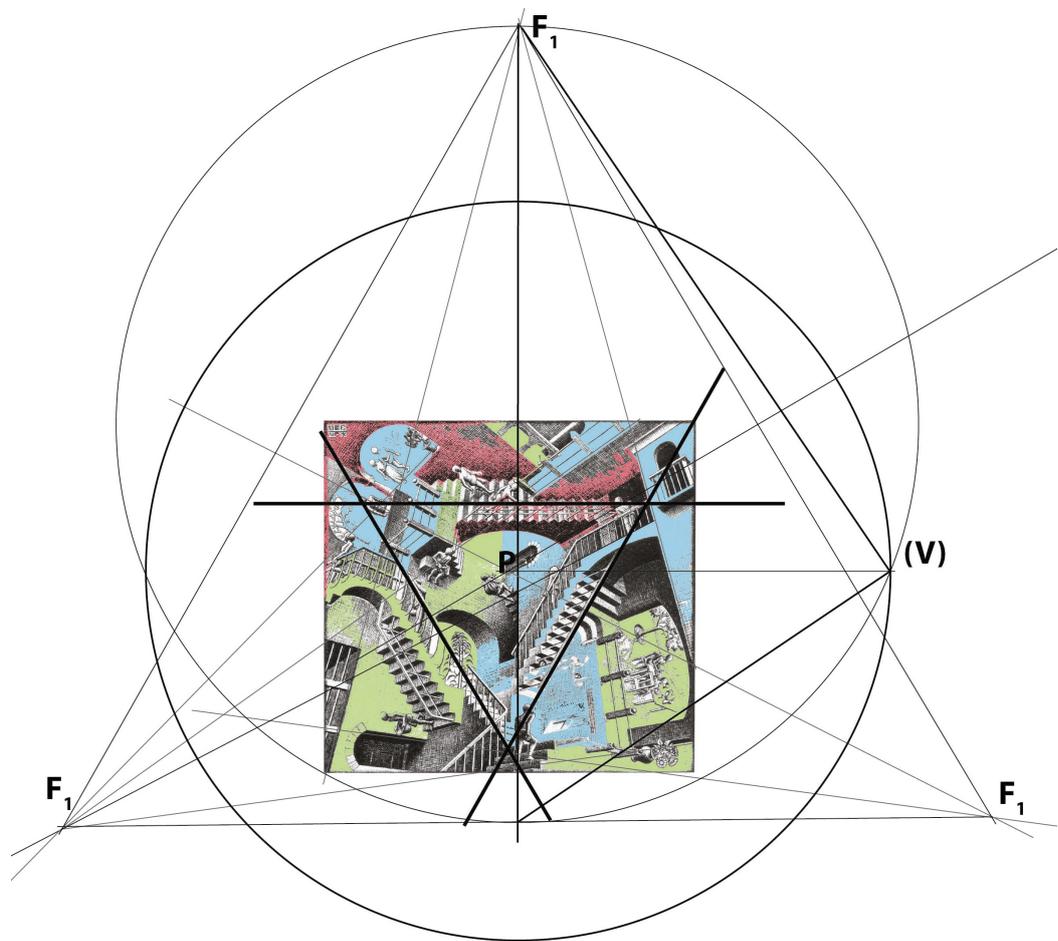


Fig. 3. *Relatività* (1953) è una prospettiva razionale con tre possibili orizzonti sui lati del triangolo delle fughe e un unico punto principale nell'ortocentro, l'asse ottico è sulla diagonale di un cubo con gli spigoli paralleli alle tre direzioni cartesiane, il quadro sul piano diagonale opposto.

Il termine immersivo è usato oggi per coprire una casistica di realtà molto diverse tra loro, purché associabili ad una forma di fruizione sensoriale o esperienziale, in prevalenza mediata da *devices* digitali; ma il concetto di *'immersion'* è da lungo tempo presente nel campo delle arti visive: l'uomo ha sempre cercato non solo di narrare una storia, ma di rivelare al pubblico una nuova realtà, facendolo sentire parte delle vicende e di comprenderle appieno. Una prima definizione [1] di questo concetto viene data nel 1997 da J. H. Murray all'interno di uno studio più ampio che esplora le possibilità espressive degli ambienti digitali: un'esperienza sensoriale, avvolgente, totale, fisica e diversa dalla realtà alla quale siamo abituati, ma non per questo meno potente o reale.

Diventa quindi fondamentale definire quali siano le caratteristiche distintive che rendono immersiva un'esperienza digitale [Murray 2017; Gion 2021] evidenziando come *'sensorialità'*, *'spazialità'* e *'agency'* [2] siano quelle essenziali per il suo concretizzarsi. Per avere una dimensione sensoriale serve che qualcosa generi un stimolo e quest'ultimo unito al concetto di "sentirsi fisicamente immersi in un altro mondo" richiede una componente spaziale d'origine, sia essa fisica, digitale, virtuale o ibridata. In ultimo, è necessaria la presenza dell'oggetto agente nel contesto che li percepisca, l'utente. Nella progettazione dello spazio è fondamentale il ruolo della dimensione sensoriale: più l'insieme degli stimoli generati dallo spazio materiale e materico sarà complesso e articolato, maggiore sarà l'impatto a livello sensoriale, cerebrale e quindi comportamentale/mentale.

Queste caratteristiche, escludendo l'uso delle tecnologie digitali condizione utile ma non necessaria, possono essere facilmente applicabili come linee guida per la realizzazione di spazi immersivi analogici, il cui controllo e verifica è ottenuta grazie alla simulazione virtuale.

L'obiettivo dell'allestimento proposto, che si sviluppa all'interno di un percorso narrativo museale sul tema dell'esplorazione, è quello di accompagnare l'utente alla scoperta del gruppo etnico indios Mahekototeri immergendolo nello spazio fisico della foresta pluviale. L'impossi-

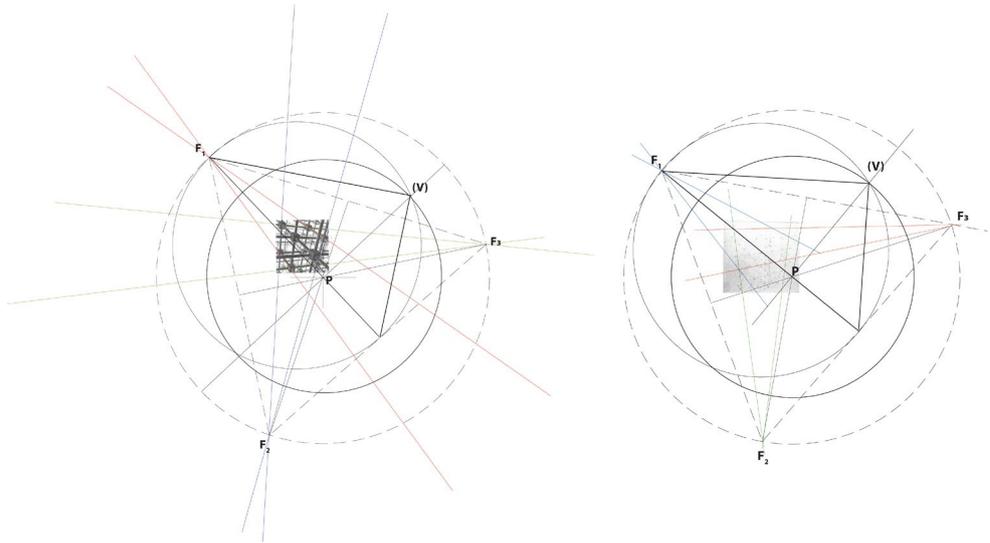


Fig. 4. Come si nota dalla dimensione del tratteggio, *Divisione spaziale cubica* (1952) e *Profondità* (1955) non hanno la stessa scala ma la stessa impostazione proiettiva.

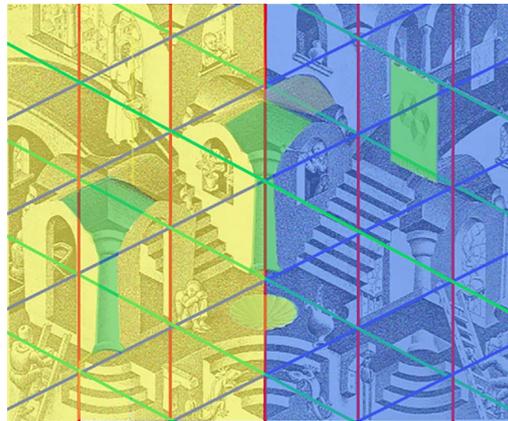


Fig. 5. Ambiguità di lettura dell'assonometria ortogonale isometrica *Concavoconvesso* (1955), gli elementi verdi possono avere forma o direzione diversa a seconda del 'verso' della proiezione impropria.

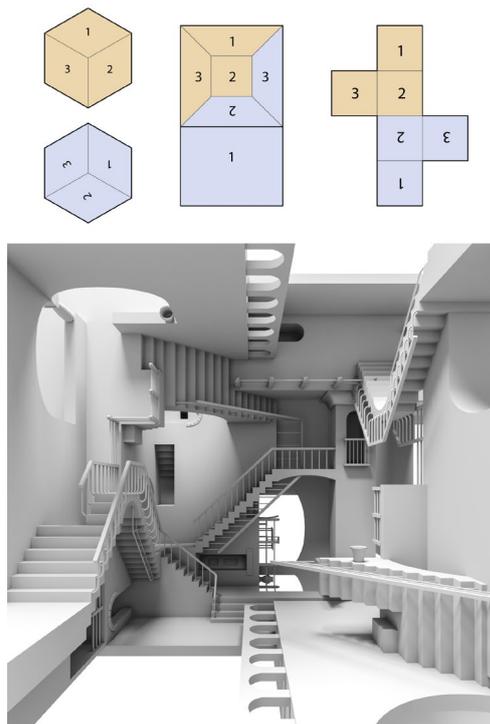
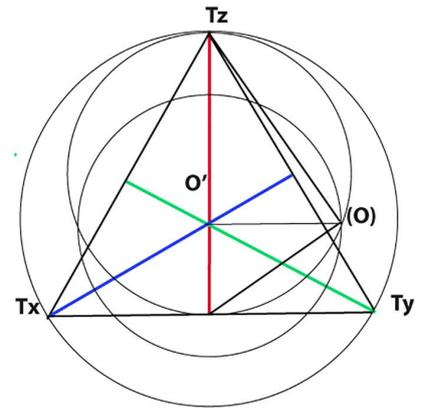
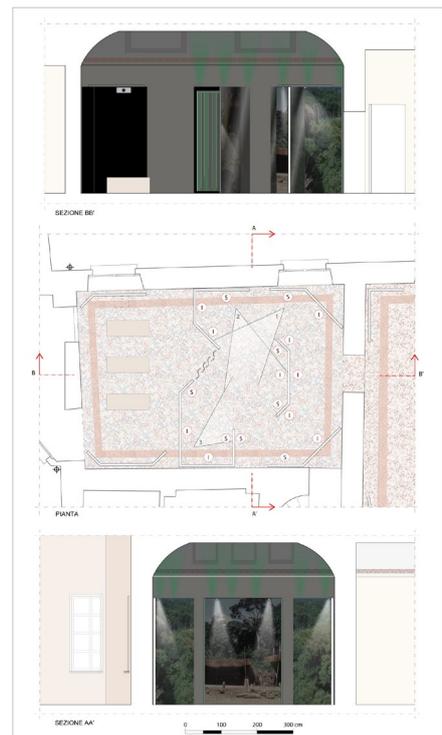


Fig. 6. Ipotesi della costruzione dello spazio architettonico di *Relatività* e delle facce a completamento, sviluppo e ipotesi di sequenza, visualizzazione prospettica dell'intero sistema architettonico.

Fig. 7. Pianta dell'allestimento con l'identificazione dei pannelli riflettenti e di quelli stampati ad immagini a scala reale, e dei punti di vista delle successive immagini. Sezioni texturizzate permettono la misura dell'intervento, ma non la reale resa immersiva.



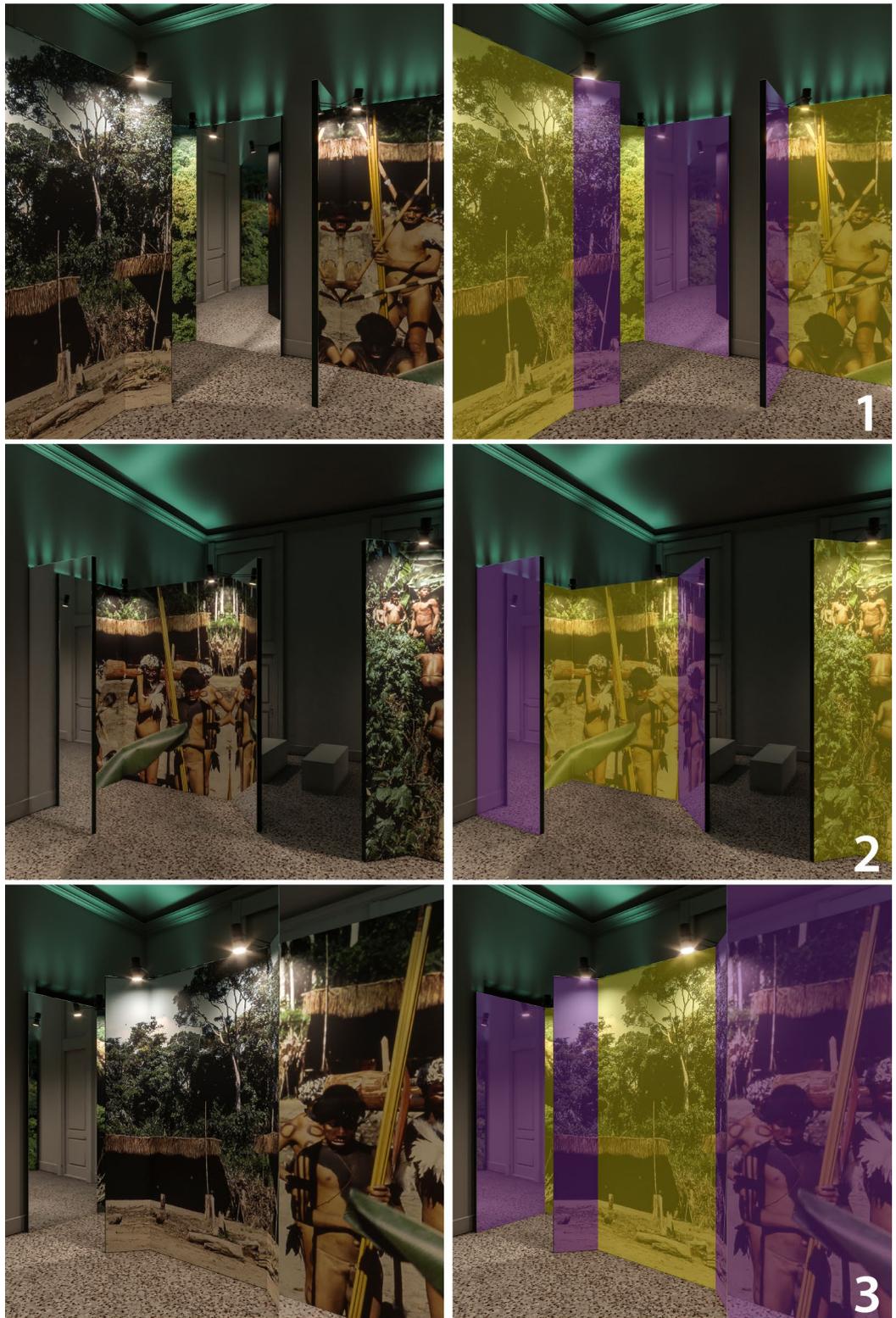


Fig. 8. Viste tridimensionali dello spazio espositivo, con l'identificazione dei pannelli riflettenti (viola) e delle immagini (giallo). In una immagine statica risulta difficile il riconoscimento dei pannelli specchio e della conseguente percezione della presenza dell'utente all'interno dell'ambiente che invece avviene con un'immagine tridimensionale dinamica o con il supporto di strumenti di visualizzazione come visori virtuali.

bilità di sfruttare soluzioni digitali (*videowall*/proiezioni) o ricostruzioni reali degli spazi naturali, spinge il progettista alla ricerca di nuove soluzioni realizzate con strumenti tradizionali. Il percorso dell'utente, è guidato da pannelli modulari stampati con immagini reali a grandezza naturale, alternate a superfici riflettenti, che rendono efficace la sensazione di partecipazione alla narrazione (figg. 7, 8). La risposta sensoriale in uno spazio immersivo digitale è proporzionale

alla dinamicità/trasformabilità dello spazio, difficile però da ottenere analogicamente; l'utilizzo di superfici riflettenti permette invece all'utente di vedere sé stesso e gli altri, partecipi di una scena che se pur statica è in continuo cambiamento, virtualmente infinito. L'allestimento si caratterizza inoltre con suoni originali dell'ambiente naturale e luci artificiali che simulano la resa cromatica e qualitativa della luce reale amplificando l'effetto di sentirsi fisicamente immersi in un altro mondo.

Il confronto tra le diverse situazioni proposte stimola la riflessione sul rapporto tra progetto, rappresentazione e realtà fisica/virtuale nella sua doppia manifestazione analogica e digitale, sottolineando come il confine tra realtà fisica e virtuale non risieda nella contrapposizione tra analogico e digitale, ma si stia stemperando nell'ibridazione delle esperienze percettive.

Come il disegno permette di figurare spazi inverosimili ma logici, l'evoluzione degli strumenti digitali consente di controllare nelle diverse fasi (progetto e/o realizzazione) spazi immersivi in una realtà ibrida digitale/virtuale. Nella progettazione e nello sviluppo di queste realtà resta comunque determinante il riferimento al Disegno, che permette di osservare la realtà dall'esterno e di ispirare nuovi spazi immaginari.

Note

[1] "Immersion is a metaphorical term derived from the physical experience of being submerged in water. We seek the same feeling from a psychologically immersive experience that we do from a plunge in the ocean or swimming pool: the sensation of being surrounded by a completely other reality, as different as water is from air, that takes over all of our attention, our whole perceptual apparatus". Murray J. H. (2017). *Hamlet on the Holodeck: the future of narrative in cyberspace*. Updated Edition. Cambridge, MA: The MIT Press.

[2] Termine che raccoglie l'individuo o essere umano che fruisce dell'esperienza e delle dinamiche percettive, cognitive e comportamentali che esso attiva in relazione alle altre componenti dell'esperienza immersiva.

Crediti

Sebbene il paper sia stato concepito congiuntamente, Michela Rossi è l'autrice del paragrafo 'Spazi dell'immaginazione', Sara Conte è l'autrice del paragrafo 'Altri spazi – simulazioni virtuali e immersività analogiche' e delle immagini del paragrafo e dell'immagine di copertina, Luca Armellino dell'immagine 6. Il paragrafo 'Introduzione – Immagini e punti di vista' è stato redatto congiuntamente.

Riferimenti bibliografici

Bussagli M. (2004). *Escher*. Art Dossier. Firenze-Milano: Giunti.

Emmer M (2001). La quarta dimensione (euclidea): matematica e arte. In M. Emmer (a cura di) *Matematica e Cultura 2001*, pp. 201-215. Milano: Springer Italia.

Emmer M. (2003). *Mathlandia. Dal mondo piatto alle hypersuperfici*. Testo & Immagine. Venezia: Marsilio.

Ernst B. (1978). *The Magic Mirror of M.C. Escher*. Berlin: Taschen Verlag. Trad. It. Sala A. (1990). *Lo specchio magico di Escher*. Berlino: Taschen Verlag.

Gion A.M. (2021). *Visioni di un Antico Futuro. Orizzonti e frontiere della rappresentazione digitale. Tra Archetipi, Tecnologia e Immersività*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Composizione Architettonica, Indirizzo Disegno, relatore prof. A. De Rosa, Università IUAV di Venezia.

Locher J. L. (1982). *M.C. Escher, His life and concrete graphic work*. New York: Abradale.

Murray J. H. (2017). *Hamlet on the Holodeck: the future of narrative in cyberspace*. Updated Edition. Cambridge, MA: The MIT Press.

Penrose R. (2004). *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*. London: Jonathan Cape.

Autori

Michela Rossi, Politecnico di Milano, michela.rossi@polimi.it

Sara Conte, Politecnico di Milano, sara.conte@polimi.it

Luca Armellino, Politecnico di Milano, luca.armellino@polimi.it

Per citare questo capitolo: Rossi Michela, Conte Sara, Armellino Luca (2023). Punti di vista. Gli spazi virtuali tra analogico e digitale/Points of View. Virtual Spaces between Analogical and Digital. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 3118-3133.



Points of View. Virtual Spaces between Analogical and Digital

Michela Rossi
Sara Conte
Luca Armellino

Abstract

The Metaverse dimension, which hybridises physical and digital space, opens up towards modes of representation capable of creating virtual spaces other than the frontal juxtaposition of the flat image and modelling in Cartesian space. The return to space exploration envisages physical worlds extraneous to the physical reality of the Euclidean space of digital simulations, controllable by sight and touch. The comparison of the effectiveness of drawing in illustrating abstract concepts, the analogue simulation of immersive spaces and the limits of digital modelling offer insights into the creation of spaces beyond the physical experience.

Keywords

Visual Computing, Representation, Digital Space, Analogical Simulation



Making of the real and reflected images of the proposed Amazonian Indian layout.

Introduction - Images and points of view

The new dimension of the Metaverse underlines the importance of the relationship between physical space and its representation, between reality and its image, from which has developed the speculation on the nature of knowledge. The visual image is the privileged perceptual vehicle, and thus the ideal interface of the parallel reality developed in the digital world. This is increasingly linked to images, which in drawing make it possible to visualise spaces other than those of physical reality and/or Euclidean geometry. Without entering into the debate on the truth of perception, it is intuitive that the possibility of constructing digital spaces can extend from architecture to the simulation of dimensions other than those of the reality we 'see', favouring the understanding of non-Euclidean geometries or abstract concepts such as those proposed by contemporary mathematics.

Digital reality is conditioned by tools and technology, rather than by the law of gravity. Despite this, three-dimensional modelling tools are designed to simulate Cartesian space. The digital modelling of realities based on other geometries appears more complex than their plane abstraction, and thus it is from this that one must start to understand whether a virtual visualisation is possible with the available tools. Digital experimentation of the analogue simulation of a virtual space may provide other useful indications.

The digital representation adopts projections of three-dimensional reality in order to visualise operations and make the control interface more intuitive; the flat image is well 'controllable' because it allows the reality reproduced in the digital model to be observed from the outside.

Following natural laws, physical reality takes shape in measurable space that responds to Euclidean geometry. However, mathematics also proposes models with different laws as a logical consequence of other postulates, such as non-Euclidean geometries.

Roger Penrose explains how man has invented a new geometry as often as he has needed it to solve a new problem, prompting him to conceive systems far removed from everyday perception [Penrose 2004]. Different geometries explain complex phenomena beyond our physical experience, which is conditioned by natural laws valid at the scale in which we are immersed. Outside of this, other spatio-temporal dimensions exist. Their visualisation is a problem of 'representation' and implies 'knowledge', because the visual image helps to control space and thus also allows us to understand uncommon realities, such as the imagined spaces of digital interaction, which follow mathematical laws that are not always bound to the same physical laws of architecture. In its conceptual and functional structure, digital space is like a filing cabinet that can be infinitely dilated and reconfigured; the relationships between elements are correlated by logical cause-and-effect procedures. The modelling of digital space is conceived in analogy to physical space; it manifests itself in the flat projection of models constructed in Cartesian space that responds to our physical experience of space, conditioned by patterns so ingrained as to be considered innate. Drawing gives comprehensible form to concepts far removed from natural visual experience, and flat images are also used to explain the principles of non-Euclidean geometries. The relationship with space is structured through visual perception. The mind distinguishes real space from its artificial images and elaborates abstract images that take up elements of direct experience. The constructed image is better controllable because the observer remains external, whereas real space is immersive.

In fact, direct involvement hinders overall control, while distance facilitates objective and rational understanding. This is why artificial simulation images have a double guise depending on their purpose.

In fact, direct involvement hinders overall control, while distance facilitates objective and rational understanding. This is why artificial simulation images have a double guise depending on their purpose.

Immersive enjoyment of digital space through 'wrapping' images with respect to the observer, who, however, has a directional view. Therefore, having defined the geometric characteristics of the virtual space, the problem is to identify the 'visualisation modalities' and the 'point of view' from which to control it best.

Spaces of the imagination

Drawing, by offering abstract models that transcend the limits of Cartesian space in Euclidean settings, provides a basis for developing new models for the structure and visualisation of digital space. Just as the digital simulation of design precedes and makes architecture possible, the digital conception of different spaces also needs to experiment with suitable systems of representation. Drawing is an effective medium for the visualisation of abstract mathematical concepts with representations elevated to art, as in the case of the work of M.C. Escher. The Dutch graphic artist was fascinated by the Mathematics, which 'is' in reality and the ambiguities of its representation, which emphasise the gap between the two levels [Locher 1982, p. 135-148]. His work is interesting for its constant search for points of view that go beyond the projective image without denying its laws. His graphic work is accompanied by a rich documentation of his preliminary studies to define the geometric structure of the image. The explanation of his friend, the mathematician Bruno Ernst, clarifies the preliminary research and projective structure of worlds with impossible geometry [Bussagli 2004]. To explain the geometric conception of individual works Ernst distinguishes representations of impossible worlds from research into perspective [Ernst 1978]. Impossible worlds are the result of multiple representations of ambiguous spaces due to the dissimulation of the juxtaposition of several projections of the same scene in a single shot, with appropriate corrections in the connection between the projections that are never random.

Escher develops his research on perception by revisiting the assumptions of linear perspective, changing the vertical picture into a horizontal one, with a rotation that assumes two possible main points, at zenith and nadir respectively, based on cylindrical projections in which two opposite points with respect to the earth's surface visualise the one improper point of the vertical lines.

The chronological succession of a number of engravings made in the middle of the last century leads one to reflect on the relationship between the observer, the perception of space and the visual image (figs. 1-5).

Escher disrupts the patterns of Descriptive Geometry through the application of particular points of view. In *Perspectives*, he subverts the 15th-century model of perspective beyond the perspective window (*prospicere* = to look forward) by juxtaposing two 'symmetrical' projections in opposite directions, both on the plane and on the cylinder (fig. 2) and two orthogonal directions of ground line and depth. The choice of viewpoint emphasises the continuity of projective space between conical and cylindrical projection, but undermines the uniqueness of the improper point (Escher M.C., *Concavoconvesso*, 1955) (figs. 3-5). The projective relations linking imagined and represented reality are the key to a possible

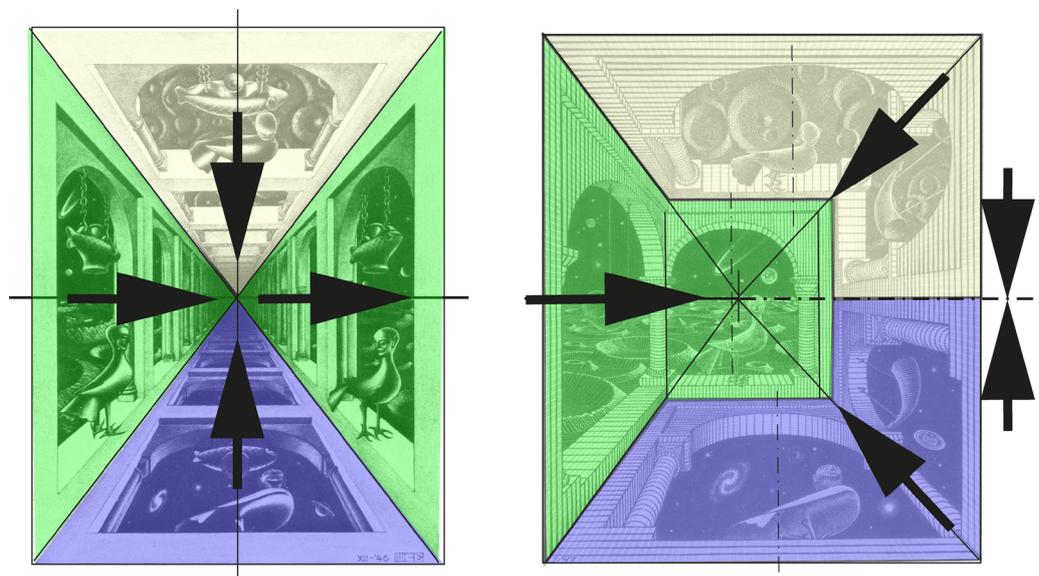


Fig. 1. Simultaneous views of *Altro mondo* (I e II, respectively 1946-47). The same perspective frame to superimpose the two opposing directions of zenith and nadir.

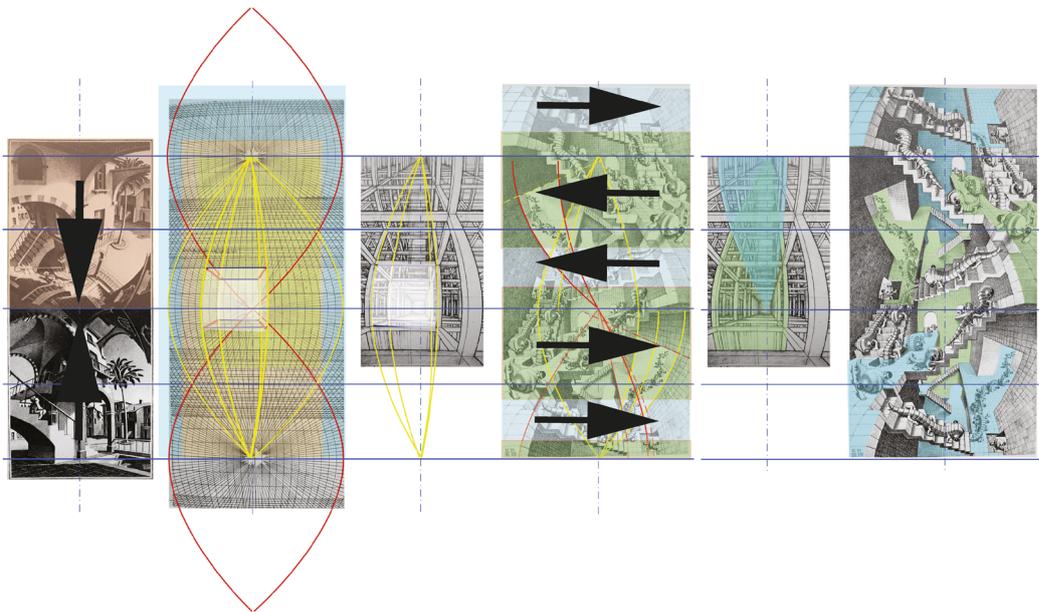


Fig. 2. *Up and Down* (1947) juxtaposes two 'symmetrical' but opposite projections on the plane; *House of stairs* (1951) develops a double cylindrical projection with orthogonal axes that 'alternates' verticality and depth.

digital replication. From Escher's imaginary spaces, models can be mediated to develop spaces with geometric assumptions different from those for which the available tools were designed. These can help to understand how to conceive new software and the supporting structure of visualisation.

These examples confirm that artists' creativity strengthens their understanding of science, which in turn provides them with new stimuli. Escher demonstrates that drawing can express principles beyond common experience, while using the same projective systems that describe the forms. He imagines and represents imaginary worlds that seem subject to different rules. The common visual reference is perspective, which depends on the choice of viewpoint and the location of the painting. The former can be proper or improper, but is never random with respect to the conformation of the space itself; the latter conditions the direction of the optical axis, orthogonal to the flat picture or to the individual directions in the cylindrical projection. Playing with the ambiguity of the projection, he manipulates the representation with the choice of multiple simultaneous points of view that are integrated in the construction of conceptual spaces that are logical in nature but inconsistent with the apparent reality. The resulting images seem wrong in relation to the rule, but are convincing in their perception of unreal places.

The constant projective reference demonstrates a continuity of research with a common focus on projective systems with particular points of view. Imaginary spaces created by the artificial juxtaposition of different perspectives, resolved by the search for meaningful viewpoints that integrate the surfaces into a unitary space only in appearance. The decoding of the projection reveals a single fragment, repeated and readjusted to make a unitary space around the observer plausible. The projective relationship and the number of fragments change, but the unchanged assumption is the relativity of visual perception that filters the image of reality, merging reason and imagination.

Sometimes imagination anticipates technique, and offers useful indications for developing modes of representation capable of overcoming current limitations. The spaces represented by Escher can be modelled, hence constructed, like mosaics recomposed in three-dimensional kaleidoscope that brings together rational points of view in a dystopian simulation of Euclidean space.

Other spaces – virtual simulation e analogical immersivity

If an objective decoding mediated by design is required to understand the construction of imaginative spaces, a predictive digital simulation of the designed space is required to be able to control physical immersive environments and their effectiveness on the user.

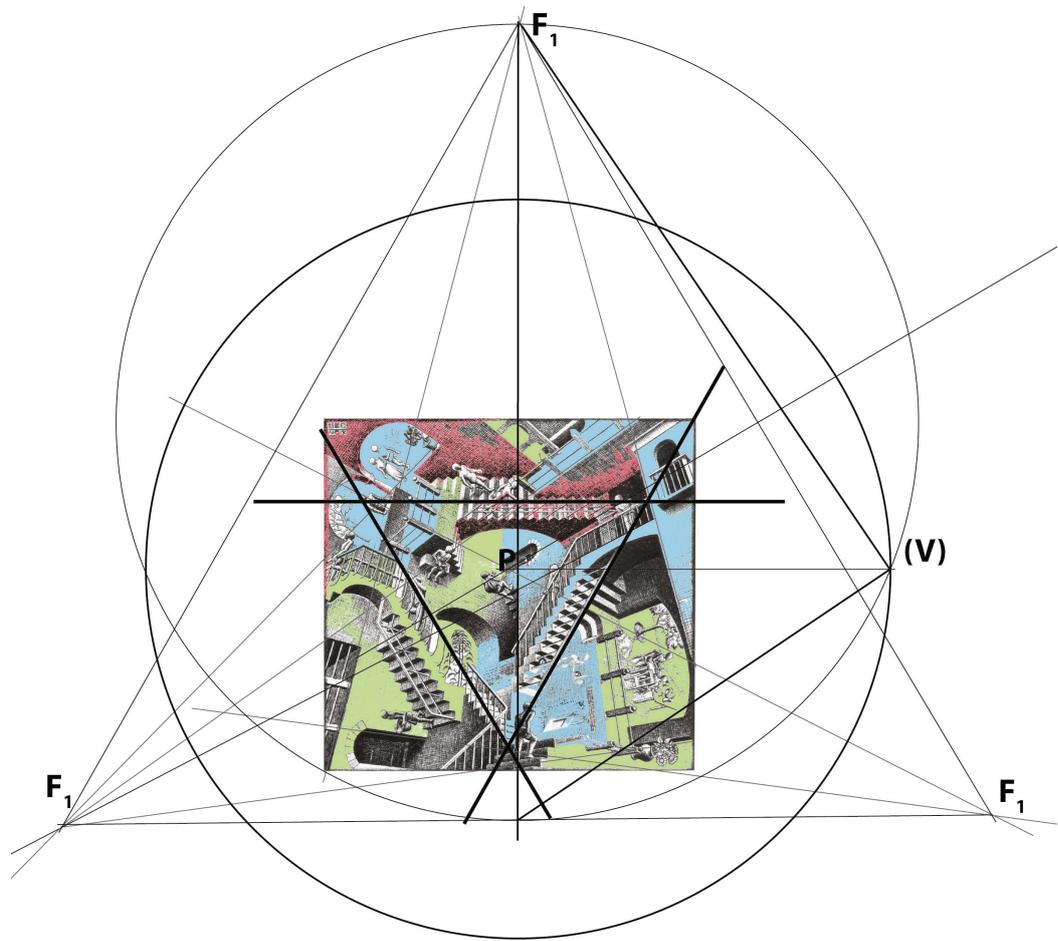


Fig. 3. *Relatività* (1953) is a rational perspective with three possible horizons on the sides of the triangle of vanishing and a single main point at the orthocentre; the optical axis is on the diagonal of a cube with the edges parallel to the three Cartesian directions, the picture is on the opposite diagonal plane.

The term immersive is used today to cover a casuistry of very different realities, as long as they can be associated with a form of sensorial or experiential enjoyment, mainly mediated by digital devices; but the concept of 'immersion' has long been present in the field of visual arts: man has always sought not only to tell a story, but to reveal a new reality to the audience, making them feel part of the events and fully understand them. An initial definition [1] of this concept was given in 1997 by J. H. Murray as part of a broader study exploring the expressive possibilities of digital environments: a sensorial, enveloping, total, physical experience, different from the reality we are used to, but no less powerful or real.

It therefore becomes fundamental to define what are the distinctive characteristics that make a digital experience immersive [Murray 2017; Gion 2021], highlighting how 'sensoriality', 'spatiality' and 'agency' [2] are the essential ones for its realisation. In order to have a sensory dimension something needs to generate a stimulus and the latter combined with the concept of "feeling physically immersed in another world" requires a spatial component of origin, be it physical, digital, virtual or hybridised. Finally, the presence of the acting object in the perceiving context, the user, is necessary. In the design of space, the role of the sensory dimension is fundamental: the more complex and articulated the set of stimuli generated by the material and material space, the greater the impact at a sensory, cerebral and therefore behavioural/mental level.

These characteristics, excluding the use of digital technologies as a useful but not necessary condition, can be easily applied as guidelines for the realisation of analogue immersive spaces, the control and verification of which is achieved through virtual simulation.

The objective of the proposed installation, which is developed within a museum narrative on the theme of exploration, is to accompany the user in the discovery of the Mahekototeri indigenous ethnic group by immersing them in the physical space of the rainforest. The impossibility of exploiting digital solutions (video walls/projections) or real reconstructions of

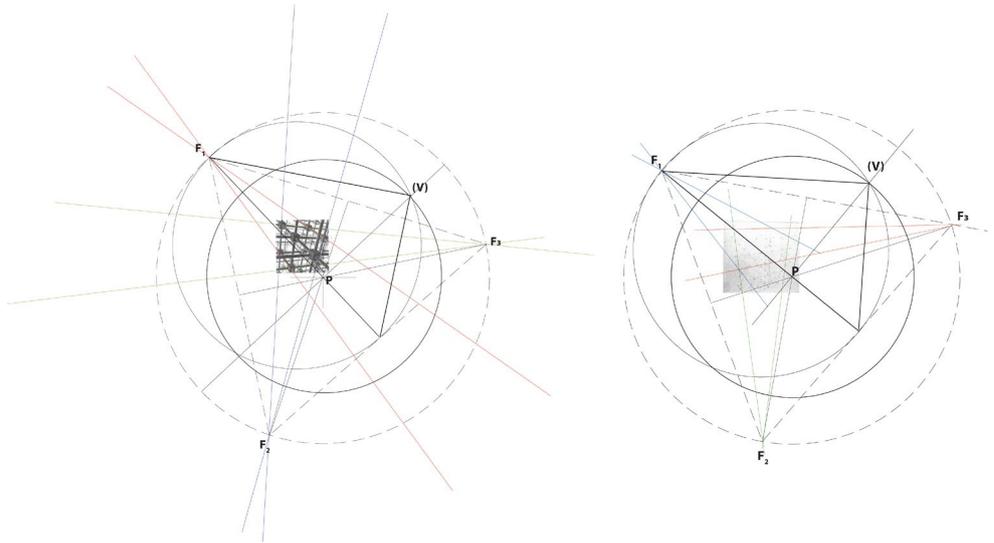


Fig. 4. As can be seen from the size of the hatching, *Cubic Spatial Division* (1952) and *Depth* (1955) do not have the same scale but the same projective approach.

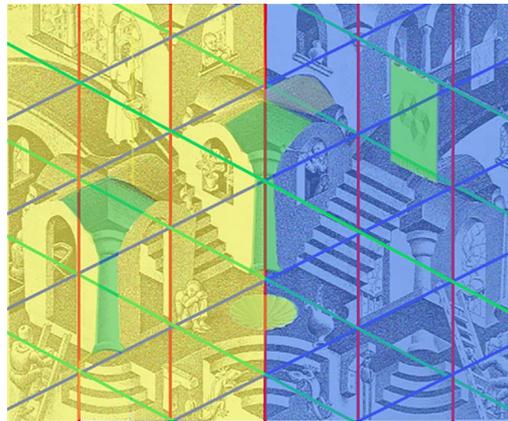


Fig. 5. Ambiguity in reading the isometric orthogonal axonometry *Concavoconvesso* (1955), the green elements can have a different shape or direction depending on the 'direction' of the infinity projection.

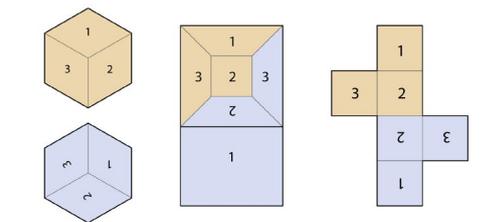
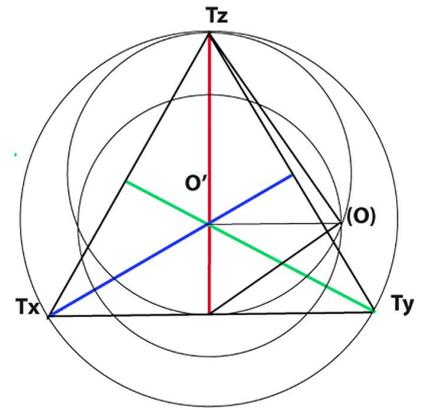


Fig. 6. Hypothesis of the construction of the architectural space of *Relatività* and the complementary faces, development and sequence hypothesis, perspective visualisation of the entire architectural system.

Fig. 7. Layout plan with identification of reflective panels and full-scale image prints, and viewpoints of subsequent images. Textured sections allow the measurement of the intervention, but not the actual immersive experience.

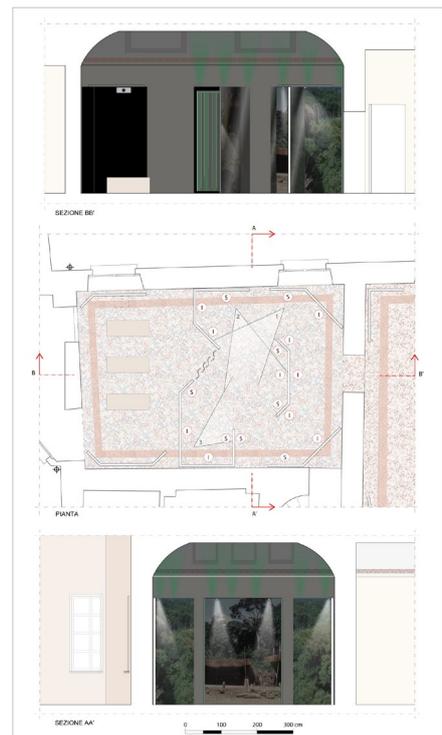




Fig. 8. Three-dimensional views of the exhibition space, with identification of the reflective panels (purple) and images (yellow). In a static image, it is difficult to recognise the mirror panels and the consequent perception of the user's presence within the environment, which instead occurs with a dynamic three-dimensional image or with the support of visualisation tools such as virtual viewers.

the natural spaces prompts the designer to search for new solutions using traditional tools. The user's path is guided by modular panels printed with life-size real images, alternating with reflective surfaces, which make the sensation of participation in the narrative effective (figs. 7, 8). The sensorial response in digital immersive space is proportional to the dynamism/transformability of the space, which is however difficult to achieve analogically; the use of reflective

surfaces, on the other hand, allows the user to see himself and others, participants in a scene that although static is constantly changing, virtually infinite. The installation also features original sounds of the natural environment and artificial lights that simulate the chromatic and qualitative rendering of real light, amplifying the effect of feeling physically immersed in another world. The comparison between the different situations proposed stimulates reflection on the relationship between design, representation and physical/virtual reality in its dual analogue and digital manifestation, emphasising how the boundary between physical and virtual reality does not reside in the opposition between analogue and digital, but is dissolving in the hybridisation of perceptive experiences. Just as drawing makes it possible to depict improbable but logical spaces, the evolution of digital tools makes it possible to control immersive spaces in digital/virtual hybrid reality at different stages (design and/or realisation). In the design and development of these realities, however, the reference to Drawing remains decisive, allowing reality to be observed from the outside and inspiring new imaginary spaces.

Notes

[1] "Immersion is a metaphorical term derived from the physical experience of being submerged in water. We seek the same feeling from a psychologically immersive experience that we do from a plunge in the ocean or swimming pool: the sensation of being surrounded by a completely other reality, as different as water is from air, that takes over all of our attention, our whole perceptual apparatus". Murray J. H. (2017). *Hamlet on the Holodeck: the future of narrative in cyberspace*. Updated Edition. Cambridge, MA: The MIT Press.

[2] A term that encompasses the individual or human being enjoying the experience and the perceptual, cognitive and behavioural dynamics it activates in relation to the other components of the immersive experience.

Credits

Although the paper was conceived jointly, Michela Rossi is the author of the paragraph 'Spaces of the imagination', Sara Conte is the author of the paragraph 'Other spaces - virtual simulations and analogical immersivity' and of the images of the paragraph and the cover image, Luca Armellino of image 6. The paragraph "Introduction - Images and points of view" was written jointly.

References

- Bussagli M. (2004). *Escher. Art Dossier*. Florence-Milan: Giunti.
- Emmer M. (2001). La quarta dimensione (euclidea): matematica e arte. In M. Emmer (a cura di) *Matematica e Cultura 2001*, pp. 201-215. Milano: Springer Italia.
- Emmer M. (2003). *Mathlandia. Dal mondo piatto alle hypersuperfici*. Testo & Immagine. Venice: Marsilio.
- Ernst B. (1978). *The Magic Mirror of M.C. Escher*. Berlin: Taschen.
- Gion A.M. (2021). *Visioni di un Antico Futuro. Orizzonti e frontiere della rappresentazione digitale. Tra Archetipi, Tecnologia e Immersività*. PhD Degree Thesis in "Composizione Architettonica, Indirizzo Disegno", tutor prof. A. De Rosa, IUAV University, Venice.
- Locher J. L. (1982). *M.C. Escher, His life and concrete graphic work*. New York: Abradale.
- Murray J. H. (2017). *Hamlet on the Holodeck: the future of narrative in cyberspace*. Updated Edition. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Penrose R. (2004). *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*. London: Jonathan Cape.

Authors

Michela Rossi, Politecnico di Milano, michela.rossi@polimi.it
Sara Conte, Politecnico di Milano, sara.conte@polimi.it
Luca Armellino, Politecnico di Milano, luca.armellino@polimi.it

To cite this chapter: Rossi Michela, Conte Sara, Armellino Luca (2023). Punti di vista. Gli spazi virtuali tra analogico e digitale/Points ofView. Virtual Spaces between Analogical and Digital. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (Eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 3118-3133.