



UNIVERSITÀ
DI TRENTO

www.xydigitale.it

Year XI, January - June 2026
Anno XI, Gennaio - Giugno 2026

*Critical review of studies
on the representation
of architecture
and use of the image
in science and art*

*Rassegna critica di studi
sulla rappresentazione
dell'architettura
e sull'uso dell'immagine
nella scienza e nell'arte*

17

**ARTIFICIAL
EXAPTATION**

**EXATTAMENTO
ARTIFICIALE**

Cover. *Exaptation as a logic of resignification*, image synthetically generated by

Le Chat (Mistral AI), 2026. © Fabrizio Gay.

Charles Darwin in a natural history museum of artefacts, surrounded by genealogies of technical artefacts in evolutionary order, under Steampunk chandeliers; the image offers a visual interpretation of the concept of artificial exaptation, where objects and tools are reused and given new meaning in new functional contexts.

In copertina. *L'exattamento come logica di risignificazione*, immagine generata sinteticamente da

Le Chat (Mistral AI), 2026. © Fabrizio Gay.

Charles Darwin in un museo di storia naturale degli artefatti, circondato da genealogie di artefatti tecnici in ordine evolutivo, sotto lampadari Steampunk; l'immagine offre un'interpretazione visiva del concetto di exattamento artificiale, dove oggetti e strumenti vengono riutilizzati e risignificati in nuovi contesti funzionali.

XY: rassegna critica di studi sulla rappresentazione dell'architettura e sull'uso dell'immagine nella scienza e nell'arte = *Critical review of studies on the representation of architecture and use of the image in science and art* – A. 11, n. 17 (gen.-giu. 2026) = Y. 11, no. 17 (Jan.-Jun. 2026)

Trento: Università degli Studi di Trento; 2016 - . - v. : ill.; 30 cm. – Semestrale

ISSN (online): 2499-8346

ISBN (online): 978-88-5541-176-9

DOI: <http://dx.doi.org/10.15168/xy.v11i17>

Università degli Studi di Trento

via Calepina, 14 - 38122 Trento

tel. +39 0461 283016 - 281722

casaeditrice@unitn.it

© 2026 the Authors / le Autrici e gli Autori



Except where otherwise noted, contents on this journal are licensed with a
Creative Commons Attribution – Share Alike 4.0 International License

Eccetto ove diversamente specificato, i contenuti della rivista sono rilasciati con
Licenza Creative Commons Attribuzione – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

Contents / Indice		
Cover. <i>Exaptation as a logic of resignification</i>, image synthetically generated by Le Chat (Mistral AI), 2026. © Fabrizio Gay. <i>Charles Darwin in a natural history museum of artefacts, surrounded by genealogies of technical artefacts in evolutionary order, under Steampunk chandeliers; the image offers a visual interpretation of the concept of artificial exaptation, where objects and tools are reused and given new meaning in new functional contexts.</i> In copertina. <i>L'exattamento come logica di risignificazione</i>, immagine generata sinteticamente da Le Chat (Mistral AI), 2026. © Fabrizio Gay. <i>Charles Darwin in un museo di storia naturale degli artefatti, circondato da genealogie di artefatti tecnici in ordine evolutivo, sotto lampadari Steampunk; l'immagine offre un'interpretazione visiva del concetto di exattamento artificiale, dove oggetti e strumenti vengono riutilizzati e risignificati in nuovi contesti funzionali.</i>		
XY: rassegna critica di studi sulla rappresentazione dell'architettura e sull'uso dell'immagine nella scienza e nell'arte = <i>Critical review of studies on the representation of architecture and use of the image in science and art</i> – A. 11, n. 17 (gen.-giu. 2026) = Y. 11, no. 17 (Jan.-Jun. 2026) Trento: Università degli Studi di Trento; 2016 - . - v. : ill.; 30 cm. – Semestrale ISSN (online): 2499-8346 ISBN (online): 978-88-5541-176-9 DOI: http://dx.doi.org/10.15168/xy.v11i17 Università degli Studi di Trento via Calepina, 14 - 38122 Trento tel. +39 0461 283016 - 281722 casaeditrice@unitn.it		
 Except where otherwise noted, contents on this journal are licensed with a Creative Commons Attribution – Share Alike 4.0 International License Eccetto ove diversamente specificato, i contenuti della rivista sono rilasciati con Licenza Creative Commons Attribuzione – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale		
4	Edoardo Dotto Francesco Maggio	Editorial. An Other Intelligence Editoriale. Un'altra intelligenza
8	Fabrizio Gay	Techno-Aesthetic Exaptation: A Letter on Drawing from 2051 <i>Exaptation</i> tecno-estetica: una lettera sul disegno dal 2051
40	Irene Cazzaro	Exaptation as a Criterion for Modelling Complex Ecosystems. The Case of the Venice Lagoon / <i>Exaptation</i> come criterio per la modellazione di ecosistemi complessi. Il caso della laguna di Venezia
60	Michela Rossi Sara Conte Cecilia Santacroce Giorgio Buratti	Italo Calvino's Algorithms in Representing the DNA of Urban Complexity Gli algoritmi di Italo Calvino e la rappresentazione del DNA della complessità urbana
78	Cesare Battelli	From Traces to the Mythopoietic Co-Optation of AI Dalle tracce alla co-optazione mitopoietica dell'IA
98	Angela Cicala	Text-to-Form: Artificial Exaptation in Algorithmic Design <i>Text-to-form: exaptation</i> artificiale nella progettazione algoritmica
116	Paola Raffa	Ordered Fragments. From Forms to Form: A Conversation with Demetrio Di Grado / Frammenti ordinati. Dalle forme alla forma: colloquio con Demetrio Di Grado
130	Roberto de Rubertis	Notes on a Similarity Note su una somiglianza



This essay considers how the evolutionary principle of ‘exaptation’ – understood as the co-option of pre-existing structures or properties within new functional systems – may be extended to the domain of techno-aesthetic artefacts and rendered amenable to operational modelling there. Its thesis is developed through a retrospective fiction set in 2051: the environmental, technical, and cultural changes described in §§ 0.0-0.3 outline systems in which forms, functions, and environments transform one another, while generative AI makes some of these relations increasingly open to exploration (§§ 0.4-0.5). To demonstrate that exaptation is also a principle of design (§ 1.0), the essay distinguishes the evolutionary mechanisms of *Naturalia* and *Artificialia*, whilst identifying in both a principle of relational co-option (§ 1.1). The central thesis (stated in § 1.2) translates this principle into an operational criterion by means of several categories of structural semiotics: ‘paradigm/syntax’, ‘selection/combination’, and the ‘commutation test’. It argues, in other words, that by transferring and recombining a property within a new configuration, one may determine whether the variation produces a functionally pertinent difference. On the techno-aesthetic plane, the argument turns to Gilbert Simondon’s philosophy, locating the evolutionary dynamic in the principle of ‘concretisation’, whereby the technical object evolves through the progressive integration of formerly separate functions and properties (§ 2.1). Since this process entails the reciprocal ‘individuation’ of the object and its *milieu associé* (§ 2.2), the essay specifies how the object renders sensible the system of relations between form, function, and environment. The technical object may thus operate as an aesthetic prosthesis, and its aesthetic quality emerges when these relations become perceptible and intelligible (§ 2.3). A comparison with the diachronic change of ‘languages’ and the transformation of ‘styles’ then shows how visual forms and cultural traits, too, may persist beyond their original context, migrate, and acquire new pertinences (§ 3.0). Because AI models trained through deep learning themselves exhibit exaptive dynamics, they make processes of transfer, recombination, and refunctionalisation computationally explorable (§ 3.1). Finally, multimodality extends this same exaptive logic to intersemiotic (intermodal) translations, thereby redefining Drawing as a discipline capable of exploring, comparing, and testing new possibilities of exaptation (§ 3.2).

Keywords: heuristics, individuation, morphogenesis.

0.0 Trento, 3 August 2051

Here too, in the old ‘temperate zone’, the summer of 2051 brings civic displays announcing 49°C in the shade. Then follow, with their customary administrative precision, the safeguard protocols: the suspension of daytime activities, the displacement of the city’s hours, the temporary reconfiguration of habitable spaces. All this has long since become routine. And yet I believe you would still judge the quality of life in these places to be ‘good’. I do not know, however, whether you would find them more beautiful than they were twenty-five years ago. Most probably, on average, they would appear to you a little ‘more fractal and more theatrical’. I say ‘fractal’, first, with houses in mind. Do not ascribe to the term a geometrical rigour it does not possess here: it merely denotes a dif-

ferentiation that tends to repeat itself, almost obstinately, at the several scales of the built environment. As you may readily imagine, climate adaptation forced us to relinquish the relative continuity of interiors that you will remember. Dwellings have become clusters of spaces, somewhat smaller and more varied than those of your time: reduced rooms, interposed greenhouses, filtering loggias, planted courtyards, chambers with different climates. For some time now, we have been unable to afford to heat, cool, or humidify a house – still less a garden – as though it were a single volume. It is easier for us to regulate the climates of distinct micro-environments according to the hour, their use, the organisms that inhabit them, and what is happening outside. You will also imagine how the building enve-



Il saggio tratta di come il principio evolutivo di *exaptation* – inteso come cooptazione di strutture o proprietà preesistenti entro nuovi sistemi funzionali – possa essere esteso e reso operativamente modellizzabile nel dominio degli artefatti tecno-estetici. La tesi è trattata attraverso una finzione retrospettiva dal 2051: i mutamenti ambientali, tecnici e culturali descritti nei §§ 0.0-0.3 delineano sistemi nei quali forme, funzioni e ambienti si trasformano reciprocamente, mentre l’AI generativa rende sempre più esplorabili alcune di queste relazioni (§§ 0.4-0.5). Per dimostrare che il tema dell’*exaptation* è anche un principio della progettazione (§ 1.0), il saggio distingue i meccanismi evolutivi di *Naturalia* e *Artificialia*, riconoscendo tuttavia in entrambi un principio di cooptazione relazionale (§ 1.1). La tesi centrale (enunciata in § 1.2) consiste nel tradurre tale principio in un criterio operativo mediante alcune categorie della semiotica strutturalista: quelle di “paradigma/sintagma”, “selezione/combinazione” e “prova di commutazione”. Cioè, sostiene che trasferendo e ricombinando una proprietà entro una nuova configurazione, è possibile verificare se la variazione produca una differenza funzionalmente pertinente. Specificando sul versante tecno-estetico, il contributo si riferisce alla filosofia di Gilbert Simondon, identificando la dinamica evolutiva nel principio di “concretizzazione” per cui l’oggetto tecnico evolve integrando progressivamente funzioni e proprietà prima separate (§ 2.1). Indicando che tale processo implica una “individuazione” reciproca dell’oggetto e del suo *milieu associé* (§ 2.2), si precisa come l’oggetto renda sensibile il sistema di relazioni fra forma, funzione e ambiente. L’oggetto tecnico può così operare come protesi estetica, e la sua qualità estetica emerge quando queste relazioni diventano percepibili e intelligibili (§ 2.3). Un confronto con il mutamento diacronico delle “lingue” e con le trasformazioni degli “stili” mostra poi come anche forme visuali e tratti culturali possano persistere oltre il proprio contesto, migrare e acquistare nuove pertinenze (§ 3.0). Dato che i modelli AI addestrati mediante *deep learning* sono formati attraverso dinamiche esattive, essi rendono computazionalmente esplorabili i processi di trasferimento, ricombinazione e rifunzionalizzazione (§ 3.1). Infine, la multimodalità estende questa stessa logica esattiva alle traduzioni intersemiotiche (intermodali), ridefinendo così il Disegno come disciplina capace di esplorare, confrontare e verificare nuove possibilità di exattamento (§ 3.2).

Parole chiave: euristica, individuazione, morfogenesi.

0.0 Trento, 3 agosto 2051

Anche qui, nella vecchia “zona temperata”, l’estate del 2051 porta i *display* civici ad annunciare 49°C all’ombra. E seguono, con l’abituale precisione amministrativa, i protocolli di salvaguardia: sospensione delle attività diurne, slittamento degli orari della città, temporanea riconfigurazione degli spazi abitabili. Tutto questo ormai è diventato routinario. E, tuttavia, credo che giudicherei ancora “buona” la qualità della vita in questi luoghi. Ma non so se li troverai più belli di venticinque anni fa. Molto probabilmente ti appariranno, mediamente, un po’ “più frattali e più teatrali”. Dico “frattali”, anzitutto, pensando alle case. Non attribuire al termine un rigore geometrico che qui non possiede: esso indica soltanto una differenziazione che tende a ripetersi, quasi

per ostinazione, alle diverse scale dell’ambiente costruito. Come puoi facilmente immaginare, l’adattamento climatico ci ha costretto a rinunciare alla relativa continuità degli interni che ricorderai. Gli alloggi sono diventati gruppi di ambienti un poco più piccoli e vari d’allora: stanze ridotte, serre interposte, logge filtranti, corti vegetate, vani con climi differenti. Da tempo non possiamo più permetterci di riscaldare, raffrescare o umidificare una casa – meno ancora un giardino – come se costituisse un unico volume. Ci è più facile regolare i climi di microambienti distinti secondo le ore, gli usi, gli organismi che li abitano e ciò che accade fuori. Immaginerai anche come l’involucro dell’edificio abbia cessato di essere, in senso proprio, un semplice confine. Funziona piuttosto come un sistema di membrane selettive: governa

lope has ceased to be, in any strict sense, a mere boundary. It functions instead as a system of selective membranes: it governs thermal, luminous, hydric, and atmospheric exchanges and, at times, even biological ones. Half a century ago, we would have called all this ‘biomimicry’. Today, the word seems naïve to us, almost comic. Architecture no longer imitates living beings: it co-opts certain operative principles from them and transfers those principles to other materials, functions, and scales.

This same logic extends far beyond the house. The neighbourhood, too, has become a mosaic of surfaces endowed with different behaviours. Roofs, streets, courtyards, car parks, gardens, and soils – which we once treated as the city’s inert mineral support – absorb, filter, retain, and redistribute rain; they cast shade, evaporate water, deflect or slow the air; they host plants, insects, and specific microbial communities; they alter temperature and humidity locally. In all this, you will recognise the distant descendant of the Chinese ‘sponge cities’ of the century’s first decades. By now, however, agroecology, agroforestry, soil regeneration, and vegetative continuities have extended that logic well beyond the city, to the point where it has become territorial. The boundary between the ‘inside and outside’ of the house is now highly articulated. More arbitrary, then, has it become to say where the city ends, and the countryside begins; everywhere one encounters instead gradients, thresholds, filters, membranes, and niches, each capable of regulating something.

Travelling through these places by public transport, humanity itself might seem still more fractal to you. The public mobile cabins (private ones are forbidden here) look, at first glance, like nursing homes in motion – and I allow myself the sarcasm because today I turn eighty-eight. They carry long-lived bodies, fat or slender, tattooed, prosthetically augmented, made-up, modified, and dressed according to increasingly idiolectal codes; bodies of every age, provenance, and identity. Had I encountered this humanity on my train journeys half a century ago, I would have invoked a ‘teratology’, something between Rabelais, the *cantina* in *Star Wars*, *Blade Runner* and the hybrid populations of China Miéville:

not a catalogue of monsters, but the ordinary variety of forms that human beings have chosen to make visible – at least in those democracies where, thanks to ‘the starry heavens’, no one is required to resemble anyone else.

0.1 Two Consubstantial Meanings of ‘Atmosphere’

I am trying, rather ineptly, to convey to you the atmosphere of this place today. Yet I realise that the word ‘atmosphere’ has for you at least two meanings which you regard as very different. I began by trying to present to you the atmosphere in its meteorological, physical, and ecological sense: temperature, humidity, air quality, radiation, wind, water, particles, and microorganisms. All these conditions are physically measurable and, at least in part, technologically modifiable through membranes, vegetation, surfaces, and regulatory systems.

I am also trying to convey this ‘atmosphere’ in its aesthetic sense: the affective and expressive quality with which this place offers itself to experience, before its components are analytically distinguished. In this sense, atmosphere belongs neither solely to things nor solely to those who perceive them; it is, rather, a kind of ‘environmental affordance’ (Gay, Cazzaro 2024), arising from their relation and from the interweaving of very different factors – light, temperature, sounds, materials, bodies, distances, smells, figures, protocols, signs, memories, expectations, conventions and styles.

In even more concrete, textual terms, I mean ‘cultural atmospheres’. Here, the matter is neither merely a subjective state of mind nor merely a physical property of place: it is, really (realistically) a ‘social object’ – in the sense of Maurizio Ferraris’s weak textualism – because it acquires public consistency through shared practices, recognitions, and inscriptions. At the same time, the public traits of this atmosphere belong to a culture’s Encyclopaedia, in Umberto Eco’s sense: that historically sedimented ensemble of competences, memories, conventions and expectations which makes the recollection of a library, the solemnity of a lecture hall or the melancholy of a ruin recognisable (and communicable). Precisely because it is socially instituted and encyclo-

scambi termici, luminosi, idrici e atmosferici e, talvolta, persino biologici. Mezzo secolo fa avremmo chiamato tutto questo “biomimesi”. Oggi la parola ci sembra ingenua, quasi comica. Ma l’architettura non imita più i viventi: ne coopta certi principi operativi e li trasferisce ad altre materie, funzioni e scale.

Questa stessa logica continua ben oltre la casa. Anche il quartiere è divenuto un mosaico di superfici dotate di comportamenti differenti. Tetti, strade, corti, parcheggi, giardini e suoli – che un tempo trattavamo come l’inerte supporto minerale della città – assorbono, filtrano, trattengono e redistribuiscono le piogge; fanno ombra, evaporano, deviano o rallentano l’aria; ospitano piante, insetti e specifiche comunità microbiche; modificano localmente temperatura e umidità. Riconoscerai in tutto questo il lontano discendente delle “città-spugna” cinesi dei primi decenni del secolo. Ma ora, l’agroecologia, l’agroforestazione, la rigenerazione dei suoli e le continuità vegetali hanno esteso quella logica ben oltre la città, fino a renderla territoriale. Il confine tra “dentro e fuori” della casa è oggi molto articolato. A maggior ragione è divenuto ancor più arbitrario affermare dove finisce la città e dove comincia la campagna; ovunque incontri piuttosto gradienti, soglie, filtri, membrane e nicchie, ciascuno capace di regolare qualcosa. Viaggiando in questi posti su un mezzo pubblico, forse l’umanità ti sembrerà ancor più frattuale. Gli abitacoli mobili pubblici (qui, quelli privati sono banditi) ricordano, a prima vista, gerontocomi in movimento – e mi permetto l’espressione sarcastica perché oggi compio ottantotto anni. Vi prendono posto corpi longevi, grassi o esili, tatuati, protesizzati, truccati, modificati e vestiti secondo codici sempre più idiolettali; età, provenienze e identità. Se avessi incontrato questa umanità nei miei viaggi in treno di mezzo secolo fa, avrei invocato una “teratologia”, qualcosa fra Rabelais, la cantina di *Star Wars*, *Blade Runner* e le popolazioni ibride di China Miéville: non come un catalogo di mostri, ma l’ordinaria varietà delle forme che gli esseri umani hanno scelto di dare a vedere; almeno in quelle democrazie nelle quali – grazie “al cielo stellato” – nessuno è tenuto a somigliare agli altri.

0.1 Due consustanziali accezioni di “atmosfera”

Cerco, maldestramente, di comunicarti l’atmosfera di oggi qui. Ma mi rendo conto che la parola “atmosfera” ti vale almeno in due sensi che reputi molto diversi. Ho cominciato cercando di farti presente l’atmosfera in senso meteorologico, fisico ed ecologico: temperatura, umidità, qualità dell’aria, irraggiamento, vento, acqua, particelle, microrganismi. Queste sono tutte condizioni fisicamente misurabili e, almeno in parte, tecnologicamente modificabili attraverso membrane, vegetazione, superfici e sistemi di regolazione.

Cerco anche di comunicarti questa “atmosfera” intesa nel suo significato estetologico: riferendomi alla qualità affettiva ed espressiva con cui questo luogo si offre all’esperienza, prima ancora che se ne distinguano analiticamente le componenti. In questo senso l’atmosfera non appartiene né soltanto alle cose né soltanto a chi le percepisce: è piuttosto una sorta di “*affordance ambientale*” (Gay, Cazzaro 2024), che nasce dalla loro relazione e dall’intreccio di fattori molto diversi – luce, temperatura, suoni, materiali, corpi, distanze, odori, figure, protocolli, segni, memorie, aspettative, convenzioni, stili.

In modo ancora più concreto e testuale, io mi riferisco alle “atmosfera culturali”. In questo caso, non si tratta solo di uno stato d’animo soggettivo né solo di una proprietà fisica del luogo: si tratta, realmente (realisticamente), di un “oggetto sociale” – nel senso del testualismo debole di Maurizio Ferraris – perché acquista consistenza pubblica attraverso pratiche, riconoscimenti e iscrizioni condivise. Al tempo stesso, i tratti pubblici di questa atmosfera appartengono all’“enciclopedia” di una cultura, nel senso di Umberto Eco: a quell’insieme storicamente sedimentato di competenze, memorie, convenzioni e aspettative che rende riconoscibili (comunicabili) il raccoglimento di una biblioteca, la solennità di un’aula o la malinconia di una rovina. Proprio perché socialmente istituita ed enciclopedicamente codificata, un’atmosfera culturale può essere descritta, confrontata, trasmessa e, entro certi limiti, progettata, disegnata, pre-espressa, persino stereotipata.

0.2 Ambienti di cose memori

Per descriverti quanto è cambiato, in un quar-

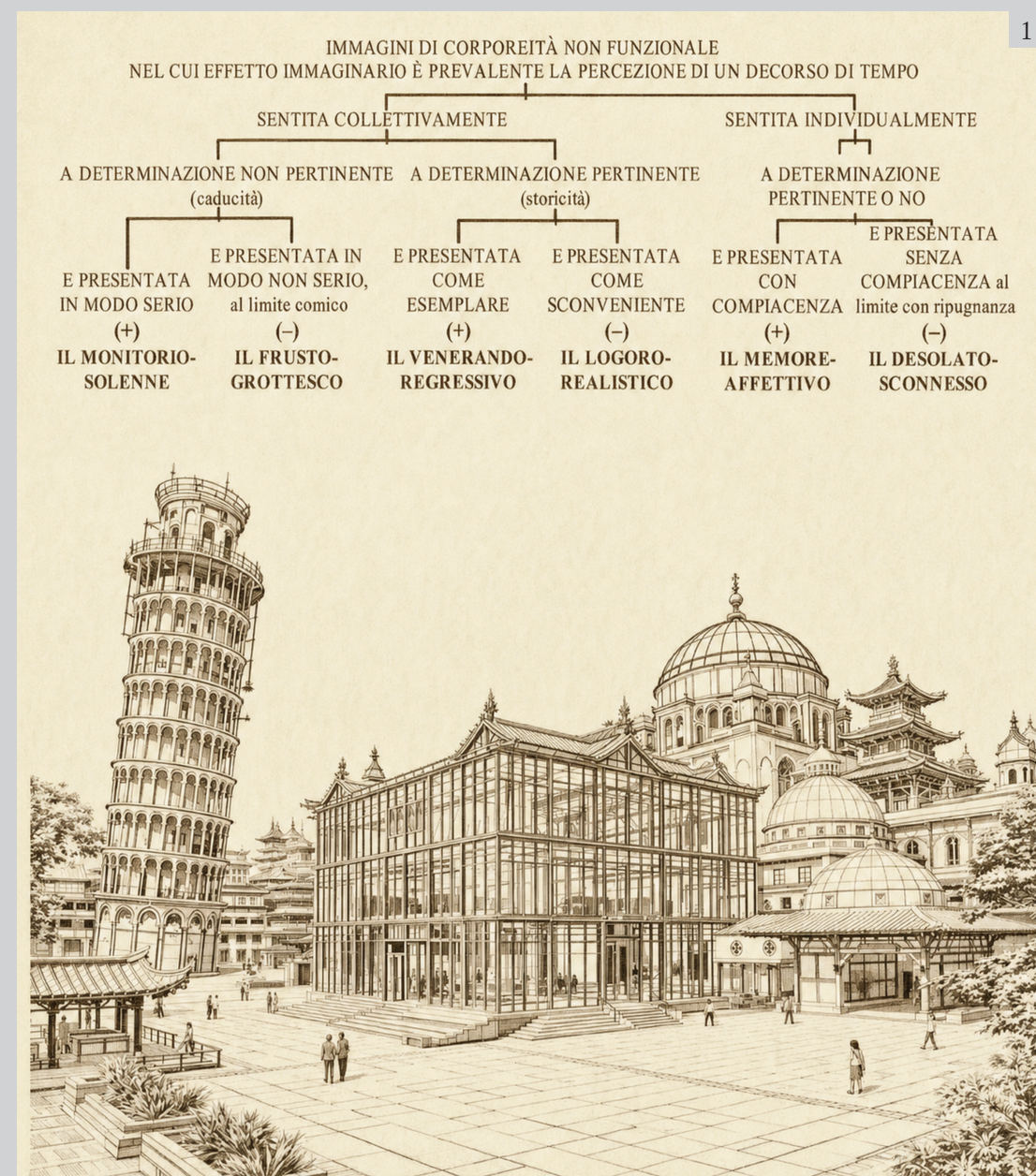


Figure 1
View of the Campo dei Miracoli in Tokyo, 2032. Above, a section of Francesco Orlando's taxonomy (ORLANDO 1993) concerning the perception of the passage of historical time in literary images of non-functional materiality.

Figure 2
View of the Campo dei Miracoli in Tokyo, 2040. Above, a section of Francesco Orlando's taxonomy (ORLANDO 1993) concerning the incidence of the present upon images of non-functional materiality.

paedically encoded, a cultural atmosphere may be described, compared, transmitted, and, within certain limits, designed, drawn, pre-expressed, even stereotyped.

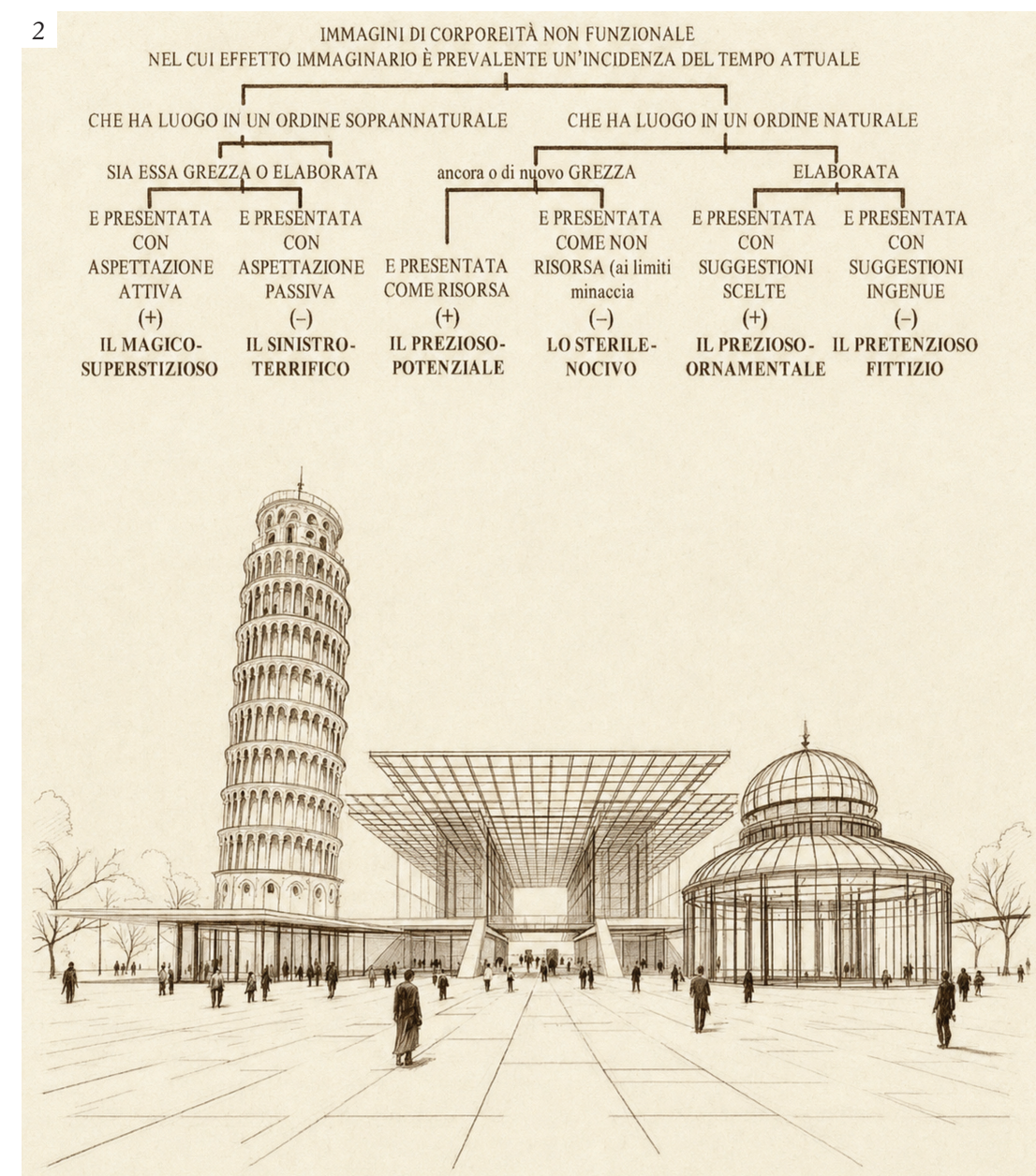
0.2 Environments of Memory-Bearing Things

To describe how greatly the character of these environments has changed in a quarter of a century, I have used only two adjectives: 'fractal' and 'theatrical'. The first concerns, above all, their spatial organisation, increasingly articulated into thresholds, niches and

micro-environments capable of regulating different physical, meteorological and ecological conditions. 'Theatrical', by contrast, is what you would call the way in which many places compose, intensify, and render recognisable their own cultural atmospheres. Perhaps the most strongly characterised and technically sophisticated environments would also appear to you the most theatrical, both indoors and in open spaces. You would find them strangely populated by old things: relics, reused materials, fragments of buildings, surviving trees,

Figura 1
Veduta del Campo dei Miracoli a Tokyo, 2032. In alto, settore della tassonomia di Francesco Orlando (ORLANDO 1993) relativo alla percezione del decorso del tempo storico nelle immagini letterarie di corporeità non funzionale.

Figura 2
Veduta del Campo dei Miracoli a Tokyo, 2040. In alto, settore della tassonomia di Francesco Orlando (ORLANDO 1993) relativo all'incidenza del tempo attuale sulle immagini di corporeità non funzionale.



to di secolo, il carattere di questi ambienti, ho usato soltanto due aggettivi: "frattale" e "teatrale". Il primo riguarda soprattutto la loro organizzazione spaziale, sempre più articolata in soglie, nicchie e microambienti capaci di regolare condizioni fisiche, meteorologiche ed ecologiche differenti. "Teatrale", diresti invece, del modo in cui molti luoghi compongono, intensificano e rendono riconoscibili le proprie atmosfere culturali. E forse proprio gli ambienti più topici e tecnicamente sofisticati ti apparirebbero anche i più teatrali, negli

interni come negli spazi aperti. Li troveresti stranamente popolati di cose antiche: reliquie, materiali reimpiegati, frammenti di edifici, alberi sopravvissuti, mobili riparati, macchine riconvertite, strutture industriali trasformate. Ovunque incontreresti oggetti che esibiscono senza imbarazzo la propria età e provenienza, benché il loro uso presente non coincida più con quello per cui erano stati prodotti (figg. 1-3)¹. A prima vista diresti anzitutto "teatrale": non perché la scena è artificiosa o spettacolare, ma, al contrario, perché composta da



Figure 3
View of the Campo dei Miracoli in Tokyo, 2044. Above, an oppositional synthesis of the final categories in Francesco Orlando's taxonomy (ORLANDO 1993): historicity/transience and the positive/negative valuation of the collective perception of time's passage in literary images of non-functional elements.

Figure 4
Study of urban metabolism, 2033. Relations among infrastructures, natural systems, and ecological and logistical flows in a coastal port territory.

repaired furniture, converted machines, transformed industrial structures. Everywhere you would encounter objects that display their age and provenance without embarrassment, although their present use no longer coincides with that for which they were made (figs. 1-3)¹. At first sight, you would call the scene 'theatrical': not because it is artificial or spectacular, but, on the contrary, because it is composed of genuine heterogeneous presences, each sharply characterised and called upon to make its part legible within a common whole. Rather than 'theatrical', you will judge these environments to be 'memory-bearing', because you will recognise an authenticity in them: no longer entrusted to the stylistic integrity of an ensemble or to a postmodern masquerade, but

to the legible coexistence of a place's several genealogies. An element may belong materially to one period, functionally to another, and symbolically to a third. This is why spaces will sometimes strike you as resembling theatrical scenes: not because they are false but, on the contrary, because irreducibly real things are gathered there, each a witness – almost a relic – of its own history, now summoned to play a part different from the one for which it first came on stage. For this reason, many of today's urban spaces would remind you of that fragment Nietzsche wrote some hundred and seventy years ago: "A hundred profound solitudes together make the city of Venice – that is its enchantment. An image for the men of the future"². Venice was prophetic in both senses of 'at-

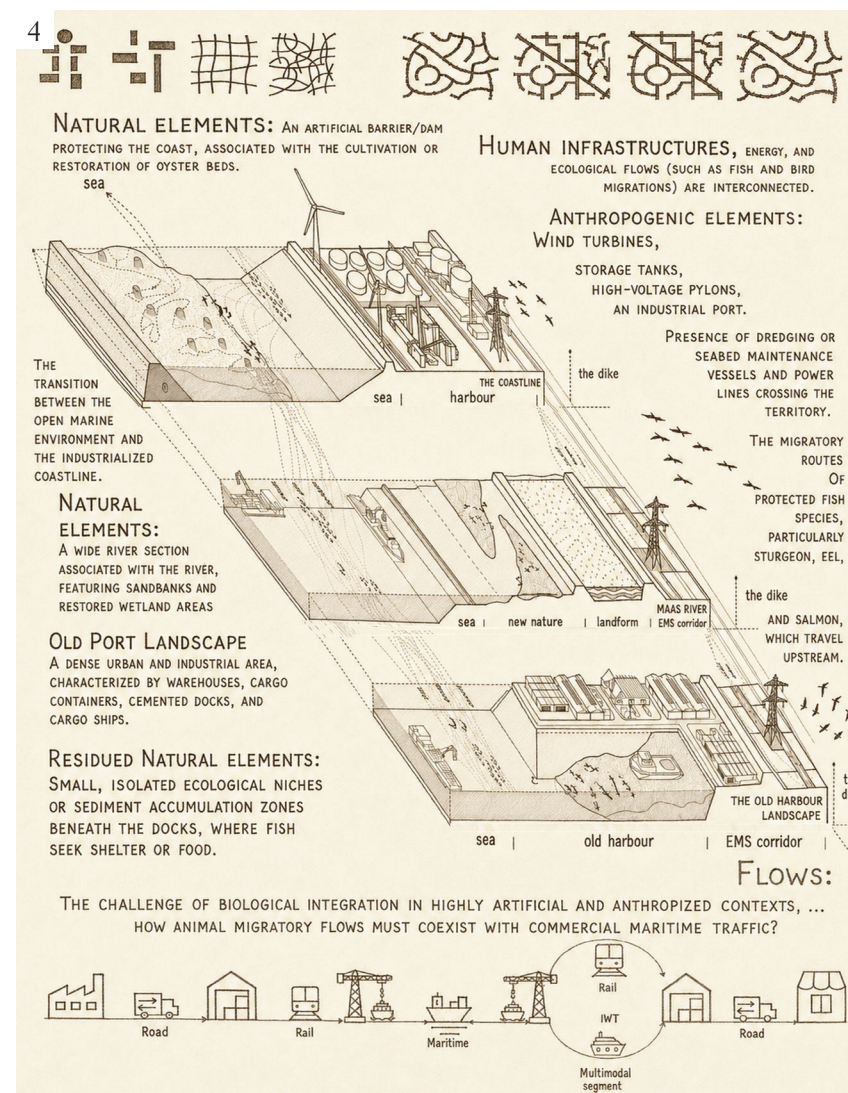


Figure 3
Veduta del Campo dei Miracoli a Tokyo, 2044. In alto, sintesi oppositiva delle categorie finali della tassonomia di Francesco Orlando (ORLANDO 1993): storicità/caducità e valorizzazione positiva/negativa della percezione collettiva del decorso del tempo nelle immagini letterarie di elementi non funzionali.

Figure 4
Studio di metabolismo urbano, 2033. Relazioni tra infrastrutture, sistemi naturali e flussi ecologici e logistici in un territorio portuale costiero.

vere presenze eterogenee, ciascuna fortemente caratterizzata e chiamata a rendere leggibile la propria parte dentro un insieme comune. Più che "teatrali", giudicherai questi ambienti "memori", perché riuscirai a riconoscervi dell'autenticità: non più affidata all'integrità stilistica di un insieme, a una carnevalata post-moderna, ma alla compresenza leggibile delle diverse genealogie di un luogo. Un elemento può appartenere materialmente a un'epoca, funzionalmente a un'altra, simbolicamente a una terza. Per questo gli spazi ti risulteranno talvolta simili a scene teatrali: non perché siano finti, ma, al contrario, perché vi si trovano riunite cose irriducibilmente vere, ciascuna testimone – quasi reliquia – della propria storia, chiamata ora a svolgere una parte diversa da

quella per cui era entrata in scena. Per questo molti spazi urbani di oggi ti ricorderebbero proprio quel frammento di Nietzsche scritto circa centosettant'anni fa: «Cento profonde solitudini formano insieme la città di Venezia – questo è il suo incanto. Un'immagine per gli uomini del futuro»². Venezia fu profetica nei due sensi di "atmosfera". Lo fu anzitutto in quello estetico e culturale: la sua forma teneva insieme presenze diverse senza abolirne la distanza semiotica, era spazio conteso, non dissolveva l'individuo in una folla, né le identità visive in uno stile comune. Quelle cento solitudini che Nietzsche poteva ancora cogliere come profetica singolarità veneziana sono diventate per noi una condizione ordinaria: lo spazio comune è tanto più topico quanto più è conteso tra più solitudini che si avvicinano, si espongono reciprocamente e si ritirano senza cessare di appartenere allo stesso ambiente. Ma Venezia fu profetica anche per la sua gestione millenaria dell'"atmosfera" fisica e ecologica. Per secoli la città aveva dovuto negoziare continuamente il proprio limite con acqua, aria, salinità, umidità, sedimenti e organismi viventi. Non possedeva un confine netto tra natura e artificio: esisteva attraverso argini, fondazioni, canali, barene, pozzi, rive, soglie e manutenzioni incessanti. Era, per così dire, un ambiente costruito che non poteva permettersi di dimenticare il proprio *milieu*. È questa duplice alterità – culturale e ambientale – che rende oggi il vecchio mito veneziano stranamente attuale. Venezia non è stata profetica perché ha anticipato la forma visiva della città futura, ma perché ha reso presto evidente una condizione che altrove poteva ancora essere rimossa: abitare significa comporre differenze senza annullarle e governare un ambiente contraddittorio senza potersene separare. Per più di un millennio funzionò come una smisurata macchina "artificialmente naturale": una città e un territorio interamente costruiti e, nello stesso tempo, incessantemente mantenuti attraverso una moltitudine di costosi interventi tecnici: dalla regolazione dei fondali alla manutenzione delle rive, dalla deviazione delle acque fluviali alla difesa delle barene, fino alla sperimentazione vegetale.

mosphere'. It was prophetic first in the aesthetic and cultural sense: its form held different presences together without abolishing their semiotic distance; it was a contested space that dissolved neither the individual into a crowd nor visual identities into a common style. Those hundred solitudes, which Nietzsche could still perceive as Venice's prophetic singularity, have become an ordinary condition for us: common space becomes more intensely a place the more it is contested among solitudes that draw near, expose themselves to one another, and withdraw without ceasing to belong to the same environment. Yet Venice was also prophetic in its millennial management of the physical, ecological 'atmosphere'. For centuries, the city had been continually compelled to negotiate its boundaries with water, air, salinity, humidity, sediments, and living organisms. It possessed no clear frontier between nature and artifice: it existed through embankments, foundations, canals, salt marshes, wells, quays, thresholds, and unremitting maintenance. It was, so to speak, a built environment that could not afford to forget its own *milieu*. It is this double alterity – cultural and environmental – that makes the old Venetian myth so strangely current today. Venice was not prophetic because it anticipated the visual form of the future city, but because it made evident early a condition that elsewhere could still be repressed: to inhabit is to compose differences without cancelling them and to govern a contradictory environment from which one cannot detach oneself. For more than a millennium, it functioned as an immeasurable 'artificially natural' machine: a city and territory wholly constructed and, at the same time, incessantly maintained through a multitude of costly technical interventions – from the regulation of the seabed to the upkeep of the quays, from the diversion of river waters to the defence of the salt marshes, and as far as experiments with vegetation. What appeared to be Venice's 'naturalness' was a myth of its own marketing: the myth of Venice as a city-territory in equilibrium with the lagoon, an equilibrium that had continually to be reproduced. In fact, it was the result of continuous and immense artificial labour. Its balance was therefore always metastable: a provisional

composition of natural and technical processes requiring ceaseless adjustments between the Venetian atmosphere and semiosphere.

0.3 Ecosystemic Design

What the Venetian Republic tested out of local necessity was only a remote prototype of the serendipitous ecosystemic design to which we are now compelled in almost every field of design. Let me explain.

As you will unfortunately know, we achieved carbon neutrality too late. Nor did achieving it restore the climate we had lost; it merely prevented further deterioration. What remains habitable today we owe above all to a lucid 'design culture' and to a multitude of successful local projects. We owe it largely to the fact that every 'project' is now 'ecosystemic': it must mediate among human, technical, climatic, vegetal, animal, and infrastructural requirements, often competing and sometimes incompatible (fig. 4).

Designing has become far less schematic: it no longer means isolating a problem from its context to optimise a single performance. Today, it is a humbler, more concrete, and more complex practice of mediation: it modifies a system of relations locally, in the knowledge that every intervention alters others. Every design intervention now concerns a co-evolving environment, in which every form is already invested with multiple ends, and every decision modifies a network of dependencies. No doctor, urbanist, or designer today – and no simulation system – merely 'applies' a pre-existing model to a given problem. Every forecast, every product form, and every decision now proceeds by reactivating prior knowledge, often transferring it into domains for which it was not conceived and recombining it under new conditions of use. I shall now try to explain how the forms of design – the prefiguration of objects, environments, practices, and ways of life – have thus become fundamentally 'heterogenetic': they no longer descend from a single creative intention but emerge at the intersection of different genealogies, constraints, memories, and potentialities. It is not easy to make clear in a few lines what we now mean by 'heterogenetic' design, nor to exemplify the forms of representation it en-

Quella che appariva come la "naturalità" di Venezia era un mito del suo marketing; il mito di Venezia come città-territorio in equilibrio con la laguna, che doveva essere continuamente ri-prodotto. Di fatto era il risultato di un continuo, immane, lavoro artificiale. Perciò il suo equilibrio fu sempre metastabile: una composizione provvisoria di processi naturali e tecnici che richiedeva aggiustamenti continui tra atmosfera e semiosfera veneziana.

0.3 Progettazione ecosistemica

Ciò che la Repubblica di Venezia sperimentò per necessità locale fu soltanto un remoto prototipo della serendipica progettazione ecosistemica alla quale oggi siamo costretti in quasi ogni campo del design. Mi spiego.

Come purtroppo saprai, la neutralità carbonica l'abbiamo raggiunta troppo tardi. E raggiungerla non restituì il clima perduto; impedì soltanto che il deterioramento climatico proseguisse indefinitamente. Ciò che oggi rimane abitabile lo dobbiamo soprattutto a una chiara "cultura progettuale" e a una moltitudine di progetti locali ben riusciti. Lo dobbiamo in gran parte al fatto che ogni "progetto" è ormai "ecosistemico": deve mediare fra esigenze umane, tecniche, climatiche, vegetali, animali e infrastrutturali, spesso concorrenti e talvolta incompatibili (fig. 4). Progettare è assai meno schematico: non significa più isolare un problema dal suo contesto per ottimizzarne una singola prestazione. È oggi una più umile, concreta e complessa pratica di mediazione: modifica localmente un sistema di relazioni sapendo che ogni intervento altera altre. Ogni intervento progettuale oggi riguarda un ambiente in coevoluzione, nel quale ogni forma è già investita di molteplici finalità e ogni decisione modifica una rete di dipendenze. Oggi nessun medico, urbanista, progettista – e nessun sistema di simulazione – si limita più ad "applicare" un modello preesistente a un problema dato. Ogni previsione, ogni forma di prodotto, ogni decisione procede oggi dalla riattivazione di conoscenze anteriori, spesso provenienti dal loro trasferimento verso domini per i quali non erano state concepite e dalla loro ricombinazione entro nuove condizioni d'uso. Provo ora a spiegare

che anche le forme di design – la prefigurazione degli oggetti, degli ambienti, delle pratiche e dei modi di vita – sono così divenute fondamentalmente "eterogenetiche": non discendono più da una singola intenzione creatrice, ma emergono dall'intersezione di genealogie, vincoli, memorie e potenzialità differenti. Non è facile chiarirti in poche righe che cosa intendiamo oggi per progettazione "eterogenetica", né esemplificarti le forme di rappresentazione che essa comporta. Ma è precisamente per questo che ti scrivo; non per chiacchierare su vaghi concetti, ma per indicare il funzionamento di modelli operativi basati sulla nozione di "exattamento".

0.4 Il disegno artificiale come traduzione intersemiotica

Permettimi di partire dai fatti più ovvi, perché sono anche i più strutturali. Perdona il mio vetero-marxismo, ma continuo a pensare che «l'umanità non si propone se non quei problemi che può risolvere» (Marx 1859: 11). Così, le forme di prefigurazione progettuale con modelli di "eterogenesi" non sarebbero state concepibili senza lo sviluppo, negli anni Venti, delle applicazioni generative e agentive dell'intelligenza artificiale⁴ e il successo dei modelli morfogenetici nella disciplina del disegno. Questi strumenti modificarono radicalmente i mezzi con cui potevamo raccogliere, confrontare, tradurre e ricombinare quantità immense di informazioni eterogenee; coordinare dati relativi a sistemi materiali, biologici e climatici differenti; ma anche operare sui fattori culturali ed estetici per calcolare le potenzialità espressive di cose con diverse "durate significanti". Le protesi cognitive sviluppate dall'AI accrebbero le possibilità del Disegno: resero testi, immagini, dati, modelli e simulazioni reciprocamente traducibili entro uno stesso processo progettuale, facendo della rappresentazione una forma molto avanzata di "traduzione intersemiotica". Non produssero soltanto una nuova infrastruttura tecnica del progetto: ne trasformarono contemporaneamente il "disegno", ovvero la cultura estetica ed euristica, modificando insieme le condizioni materiali della produzione delle forme e i criteri con cui imparavamo a immaginarle, a

tails. Yet that is precisely why I am writing to you: not to chatter about vague concepts, but to indicate how operational models based on the notion of ‘exaptation’ function.

0.4 Artificial Drawing as Intersemiotic Translation

Allow me to begin with the most obvious facts, for they are also the most structural. Forgive my old-fashioned Marxism, but I still believe that “mankind always sets itself only such tasks as it is able to solve” (Marx 1859: 11). Thus, forms of design prefiguration based on models of ‘heterogenesis’ would have been inconceivable without the development, during the 2020s, of generative and agentic applications of artificial intelligence⁴ and the success of morphogenetic models within the discipline of Drawing.

These instruments radically altered how we could collect, compare, translate, and recombine immense quantities of heterogeneous information; coordinate data across different material, biological, and climatic systems; and operate upon cultural and aesthetic factors to calculate the expressive potential of things with different ‘signifying durations’. The cognitive prostheses developed through AI enlarged the possibilities of Drawing: they made texts, images, data, models, and simulations mutually translatable within a single design process, turning representation into a highly advanced form of ‘intersemiotic translation’. They did not merely produce a new technical infrastructure for design; at the same time, they transformed its ‘drawing’ – its aesthetic and heuristic culture – altering both the material conditions under which forms were produced and the criteria by which we learned to imagine, recognise and judge them.

You will remember how widespread the fear then was – not unfounded⁵, but often badly formulated – that machines would deprive human beings not only of work, but also of agency, authorship, and even their most basic faculties. Algorithmic development did indeed provoke vast and sometimes traumatic economic restructurings; it caused considerable deskilling. Yet it did not abolish the old trades wholesale. It decomposed them: it transferred skills, separated and recombined tasks, changed the objects upon which those skills were exercised,

and reoriented their forms of craftsmanship. Mechanical technicians learned to regulate bioreactors and fermentation plants; mining and metallurgical expertise was transferred to the recovery of critical metals from the immense deposits constituted by cities’ electronic waste; the farmer increasingly became the custodian of an ecosystem composed at once of soils, plants, insects, microorganisms, sensors, and algorithms.

Craft authorship did not disappear, and not only because more people were needed who could lay their hands on old techniques. The more familiar professions also survived, as forms survive: not by remaining intact, but by finding other functions. So, it was with drawing. Nor did the designer’s profession become extinct. It ceased, however, to be represented through the old mythology of the ‘creator’ *ex nihilo*, as though every project began before the virginity of a blank sheet – a virginity that had never existed. Designers finally realised that they were merely mediators among contradictory demands and therefore translators among heterogeneous models: models which the computation developed over the previous thirty years had rendered partially commensurable without making them equivalent.

This was the decisive turn for design drawing. Within the same design process, it became possible to compare thermal performance and perceptual qualities, biodiversity and maintenance costs, physiological needs and heritage constraints, water cycles and social behaviours. Multimodal systems could relate their multiple correlates – forms, images, texts, sounds, behaviours, materials, and documented memories – and treat them within a single decision-making process without pretending that they belonged to the same scale of measurement. They did not make heterogeneous phenomena equivalent; rather, they made some of their translations practicable. Unexpected correspondences sometimes emerged from these translations. The structure of a bone might inform the model of a building; a textile technique might suggest how a façade should work; a clinical protocol might offer a principle for maintaining an aqueduct or a cultivated field; a hydrological model might be reused to describe flows of people or energy.

riconoscerle e a giudicarle.

Ricorderai quanto era allora diffuso il timore – non infondato⁵, ma spesso mal formulato – che le macchine sottraessero agli esseri umani non soltanto il lavoro, ma anche l’*agency*, l’autorialità fino alle facoltà basilari. Lo sviluppo algoritmico provocò effettivamente ristrutturazioni economiche vaste e talvolta traumatiche; causò parecchio *deskilling*. Ma non abolì in blocco gli antichi mestieri. Li scompose: trasferì competenze, separò e ricombinò mansioni, mutò gli oggetti sui quali quelle competenze venivano esercitate e orientò diversamente le loro artigianalità.

I tecnici della meccanica impararono a regolare bioreattori e impianti di fermentazione; competenze minerarie e metallurgiche furono trasferite al recupero dei metalli critici nei giganteschi giacimenti costituiti dagli scarti elettronici delle città; l’agricoltore divenne sempre più il custode di un ecosistema composto da suoli, piante, insetti, microrganismi, sensori e algoritmi.

L’autorialità artigianale non scomparve, non solo perché occorsero più persone capaci di mettere le mani in tecniche antiche. Sopravvissero anche le professioni più usuali, come sopravvivono le forme: non conservandosi intatte, ma trovando altre funzioni. Così fu per il disegno.

Neppure il mestiere del designer si estinse. Cessò però di essere rappresentato attraverso la vecchia mitologia del “creativo” *ex nihilo*, come se ogni progetto cominciasse davanti alla verginità di un foglio bianco – verginità che non era mai esistita. I progettisti si resero finalmente conto di essere dei meri mediatori fra istanze contraddittorie, dunque, dei traduttori fra modelli eterogenei, modelli che il calcolo sviluppato nell’ultimo trentennio rese parzialmente commensurabili senza renderli equivalenti.

Fu questo il passaggio decisivo per il disegno di progetto. Si poterono confrontare, entro lo stesso processo progettuale, prestazioni termiche e qualità percettive, biodiversità e costi di manutenzione, esigenze fisiologiche e vincoli patrimoniali, cicli idrici e comportamenti sociali. I sistemi multimodali poterono mettere in relazione i loro molteplici correlati – forme, immagini, testi, suoni, comportamenti, materiali, memorie documentate – e trattarli entro uno stesso processo decisionale, senza preten-

dere che appartenessero alla stessa scala di misura. Non resero equivalenti fenomeni eterogenei: piuttosto resero praticabili alcune delle loro traduzioni. Da queste traduzioni emergevano talvolta corrispondenze impreviste. La struttura di un osso poteva informare il modello di un edificio; una tecnica tessile suggerire il funzionamento di una facciata; un protocollo clinico offrire un principio per la manutenzione di un acquedotto o di un campo coltivato; un modello idrologico essere riutilizzato per descrivere flussi di persone o di energia.

0.5 Exattamento artificiale

Ma l’uso di queste protesi cognitive del disegno e del progetto non ha causato solo *deskilling*; al contrario, ha richiesto e imposto un grado di consapevolezza (coscienza teorica) altrettanto elevato, e non solo sul piano della fisica ambientale. L’uso padrone delle protesi cognitive e percettive AI cambiò il significato delle fondamentali categorie tradizionali dell’estetica, della pragmatica e del disegno: “immaginazione”, “creatività”, “stile”, “originalità”, “autenticità”, “unicità”, “autorialità”, “percezione”, “giudizio”, “scelta”, “atmosfera”.

Ti ho già accennato a come la doppia nozione di “atmosfera” (ecologica ed estetologica) acquistò un significato operativo. Temperatura, umidità o qualità dell’aria potevano essere misurate direttamente; raccoglimento, familiarità, monumentalità, inquietudine o autenticità no. Accennerò più avanti a come per “stile” intendiamo oggi un insieme di regolarità statistiche modellizzabili, parametrabili e trasferibili da un oggetto a un altro. Ma non parlerò più di originalità o creatività. Per autenticità, non intendo più l’integrità originaria di un’opera o di un gesto, ma la leggibilità scientifica della sua genealogia. Poco importa oggi l’unicità dell’opera: è ormai una condizione relativa entro un morfospazio di varianti, oltretutto nelle molteplici forme che assume oggi ciò che chiamavate “autorialità”.

Il punto essenziale è che l’uso consapevole delle protesi cognitive e percettive offerte dall’AI per il Disegno è avvenuto grazie al successo dei modelli morfogenetici maturati specialmente nelle scienze biologiche e ispirati a un parallelismo tra evoluzione naturale degli or-

0.5 Artificial Exaptation

Yet the use of these cognitive prostheses of drawing and design did not result only in deskilling; on the contrary, it demanded and imposed an equally high degree of awareness – a theoretical consciousness – and not only in the domain of environmental physics. Mastery of AI's cognitive and perceptual prostheses changed the meaning of fundamental categories inherited from aesthetics, pragmatics, and drawing: 'imagination', 'creativity', 'style', 'originality', 'authenticity', 'uniqueness', 'authorship', 'perception', 'judgement', 'choice', 'atmosphere'.

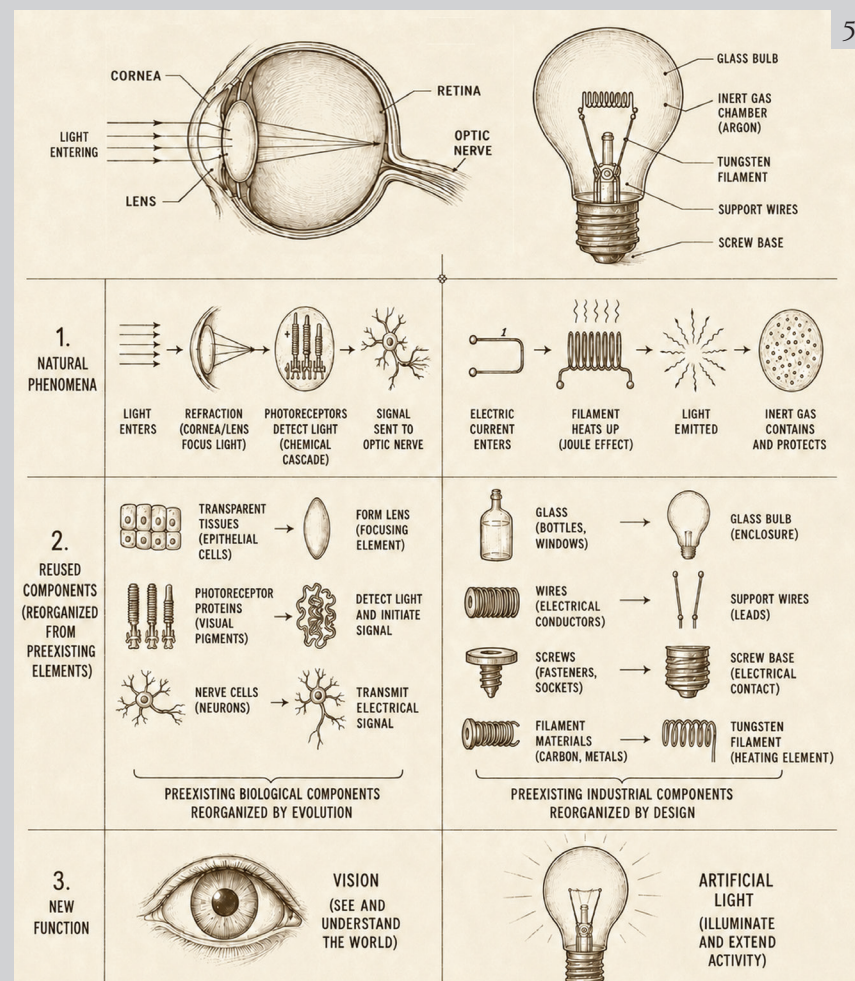
I have already hinted at how the double notion of atmosphere (ecological and aesthetic) acquired an operational meaning. Temperature, humidity, or air quality could be measured directly; recollection, familiarity, monumentality, disquiet, or authenticity could not. I shall return later to how, by 'style', we now mean a set of statistical regularities amenable to modelling, parametrisation and transfer from one object to another. But I shall no longer speak of originality or creativity. By authenticity, I no longer mean the original integrity of a work or gesture, but the scientific legibility of its genealogy. The uniqueness of the work matters little today: it has become a relative condition within a morphospace of variants, and moreover within the multiple forms now assumed by what you called 'authorship'.

The essential point is that the conscious use of the cognitive and perceptual prostheses offered by AI for Drawing became possible through the success of morphogenetic models developed especially in the biological sciences and inspired by a parallel between the natural evolution of organisms and the techno-aesthetic evolution of human artefacts (fig. 5). Here I shall address the principle of 'artificial exaptation' in the form developed by the philosopher Telmo Pievani⁶.

1.0 Design Exaptation

I send you this letter to accompany the five essays and the editorial that the journal «XY» published on 'artificial exaptation' in the now distant summer of 2026.

The subject was not new. Five years earlier, the Italian Pavilion at the 17th Architecture Biennale had devoted a section to *Architectural*



Exaptation (Melis 2021) within the programme *Resilient Communities*, proposing design responses to the climate crisis and to the vulnerability of urban, productive, and agricultural systems. The 2020 pandemic abruptly made the principle of exaptation concrete, showing how spaces and infrastructures could assume functions not envisaged at their origin⁷. In this sense exaptation meant something more than adaptive reuse: not simple intentional reuse, but the emergence and possible stabilisation of an unprogrammed function.

In the years that followed, this intuition was systematised in the idea of architectural exaptation: first as a strategy for community resilience (Melis, Pievani 2022), then as a far more general design principle (Melis, Pievani, Lara-Hernandez 2024), in which diversity, variability, redundancy, and openness to unforeseen uses were configured as alternatives

Figure 5
Natural and artificial exaptation. Comparative diagram of the genesis of the mammalian eye and the incandescent light bulb: exploitation of physically salient properties – light, transparency, refraction and photosensitivity; electrical conduction, the Joule effect and incandescence – and the co-optation of pre-existing structures, including opsins, photosensitive cells and proteins later used in the lens, on the one hand, and glass, metal conductors, fastening systems and filament materials, on the other, reorganised within a new function.

ganismi ed evoluzione tecno-estetica degli artefatti umani (fig. 5). Qui tratterò il principio di "exattamento artificiale" secondo gli sviluppi che diede il filosofo Telmo Pievani⁶.

1.0 Design exaptation

Con questa lettera accompagno i cinque saggi e l'editoriale che la rivista «XY» pubblicò sul tema "exattamento artificiale" nell'ormai remota estate 2026.

Il tema non era nuovo. Cinque anni prima, il Padiglione Italia della XVII Biennale di Architettura aveva dedicato una sezione all'*Architectural Exaptation* (Melis 2021) entro il programma *Comunità resilienti*, proponendo risposte progettuali alla crisi climatica e alla vulnerabilità dei sistemi urbani, produttivi e agricoli. La pandemia del 2020 rese improvvisamente concreto il principio di exattamento, mostrando come spazi e infrastrutture potessero assumere funzioni non previste in origine⁷. In questo senso l'exattamento indicava qualcosa di più dell'*adaptive reuse*: non il semplice riuso intenzionale, ma l'emergere e l'eventuale stabilizzazione di una funzione non programmata. Negli anni successivi questa intuizione fu sistematizzata nell'idea di *architectural exaptation*: dapprima come strategia per la resilienza delle comunità (Melis, Pievani 2022), poi come principio progettuale molto più generale (Melis, Pievani, Lara-Hernandez 2024) in cui diversità, variabilità, ridondanza e apertura a usi imprevisi si configuravano come alternative al determinismo monofunzionale della progettazione. Due anni dopo, «XY» volle trarre dal tema conseguenze più specifiche per la teoria della rappresentazione e del progetto. La rivista, fondata e diretta da Roberto de Rubertis nel 1986 e rivolta anche alla comunità scientifica italiana del Disegno, aveva del resto un precedente significativo. Già sul finire del secolo scorso de Rubertis era stato tra i primi, in quell'ambito disciplinare, a elaborare concetti e modelli della biologia evoluzionistica, tanto che il folklore accademico associava ironicamente questo interesse alla sua stessa somiglianza con Darwin. La sua era una lettura morfologica dell'architettura e della città in cui le forme non discendevano soltanto dall'intenzione di un autore, ma – come la tradizione

morfologica italiana aveva iniziato a chiarire – si trasformavano attraverso variazioni, adattamenti, selezioni e riusi di possibilità latenti⁸.

1.1 Naturalia e Artificialia

de Rubertis si era confrontato con le difficoltà più sostanziali dell'analogia evoluzionistica in rapporto allo sviluppo tecno-estetico degli artefatti. Soprattutto con il fatto che *Naturalia* e *Artificialia* non evolvono attraverso gli stessi meccanismi. Da un lato, le forme biologiche si trasformano senza progetto né finalità preventiva, attraverso processi genetici, ontogenetici ed ecologici distribuiti su tempi generalmente lunghissimi. Dall'altro, gli artefatti appartengono a un'evoluzione culturale molto più rapida, nella quale ciò che viene appreso, inventato o modificato può essere trasmesso direttamente alla generazione successiva. In questo senso la loro eredità è almeno in parte "lamarckiana". Richard Dawkins aveva tentato di ricondurre anche la trasmissione culturale a uno schema neodarwiniano; aveva introdotto (Dawkins 1976) la nozione di "meme", analogo culturale del gene: un'unità informazionale capace di replicarsi, variare ed essere sottoposta a selezione differenziale (Dawkins 1983). In questo modello, come nella rappresentazione canonica della discendenza e divergenza biologica, la genealogia assume la forma di un albero a ramificazione divergente; una forma completamente diversa da quella dell'evoluzione degli *Artificialia*, dove la novità deriva dall'incrocio laterale di genealogie.

Così le ricerche di de Rubertis – e di chi in parte lo seguì (Gay 2008; Gay 2011) – non giungevano a una formale "genetica degli artefatti", o a una "memetica della rappresentazione". Il confronto fra *Naturalia* e *Artificialia* non poteva identificare i due domini attraverso gli stessi meccanismi, ma riconoscere una struttura comune nella produzione storica del mutamento morfologico e funzionale. Era questa la prospettiva di Stephen Jay Gould, secondo la quale, tanto in biologia quanto in tecnologia, una nuova funzione può emergere dalla cooptazione di proprietà preesistenti entro nuove relazioni con un ambiente, un sistema o un uso.

È qui che acquistava precisione la distinzione

to the monofunctional determinism of design. Two years later, «XY» sought to draw more specific consequences from the theme for the theory of representation and design. The journal, founded and directed by Roberto de Rubertis in 1986 and addressed, among others, to Italy's scholarly community in the field of Drawing, had, after all, a significant precedent. As early as the end of the last century, de Rubertis had been among the first in that disciplinary field to elaborate concepts and models drawn from evolutionary biology – so much so that academic folklore ironically associated this interest with his own resemblance to Darwin. His was a morphological reading of architecture and the city, in which forms did not descend solely from an author's intention but – as the Italian morphological tradition had begun to clarify – were transformed through variations, adaptations, selections, and reuses of latent possibilities⁸.

1.1 *Naturalia* and *Artificialia*

de Rubertis had confronted the most substantial difficulties raised by the evolutionary analogy as it bore upon the techno-aesthetic development of artefacts – above all, the fact that *Naturalia* and *Artificialia* do not evolve through the same mechanisms. On the one hand, biological forms change without design and without a predetermined end, through genetic, ontogenetic, and ecological processes distributed over generally immense spans of time. Artefacts, on the other hand, belong to a far more rapid cultural evolution, in which what is learned, invented or modified may be transmitted directly to the next generation. In this sense, their inheritance is at least partly 'Lamarckian'.

Richard Dawkins had attempted to bring cultural transmission within a neo-Darwinian scheme, too. He introduced the notion of the 'meme' (Dawkins 1976), the cultural analogue of the gene: an informational unit capable of replication, variation and differential selection (Dawkins 1983). In this model, as in the canonical representation of biological descent and divergence, genealogy assumes the form of a divergently branching tree – a form entirely unlike the evolution of *Artificialia*, where novelty arises from lateral crossings between genealogies.

Thus, the research of de Rubertis – and of those who partly followed him (Gay 2008; Gay 2011) – did not arrive at a formal 'genetics of artefacts' or a 'memetics of representation'. The comparison between *Naturalia* and *Artificialia* could not identify the two domains through identical mechanisms; it could, however, recognise a common structure in the historical production of morphological and functional change. This was Stephen Jay Gould's perspective: in biology as in technology, a new function may emerge through the co-option of pre-existing properties into new relations with an environment, a system, or a use.

It is here that the distinction introduced by Gould and Vrba (1982) between 'function' and 'effect' acquired precision⁹. A property of a morphological trait may produce a useful effect without that usefulness explaining its origin. The nose – to return to Voltaire's irony¹⁰ – supports spectacles very well, but it was not formed for supporting them. Exaptation names precisely this difference between the genesis of a form and its present utility: an available effect is co-opted for a new use and may subsequently be stabilised and refined (adapted). From this point of view, what distinguishes the Latin *forma ad-aptata* from a *forma ex-apta* is not necessarily its appearance, nor the function it presently performs, but the history through which that form and that function came to encounter one another. It is therefore, in the last analysis, a difference in their process of individuation (Gould 1997).

1.2 Selection, Combination: The Commutation Test

Exaptation is, in this sense, a profoundly rhetorical concept: it describes the change in value that a form undergoes when it is transferred and reused within new relations. As had happened with classical rhetoric, the study of exaptation gradually produced a casuistry of the modes of functional change. Arnold distinguished three (fig. 6): 'first-use exaptation', in which a trait previously devoid of functional advantage is co-opted for a first use; 'addition exaptation', in which a new function is added to the previous one; and 'transfer exaptation', in which the new function replaces the orig-

Figure 6
Three forms of exaptation (ARNOLD 1994). Comparative diagram of first-use exaptation, the addition of a new function, and functional transfer, with biological examples drawn from the literature.

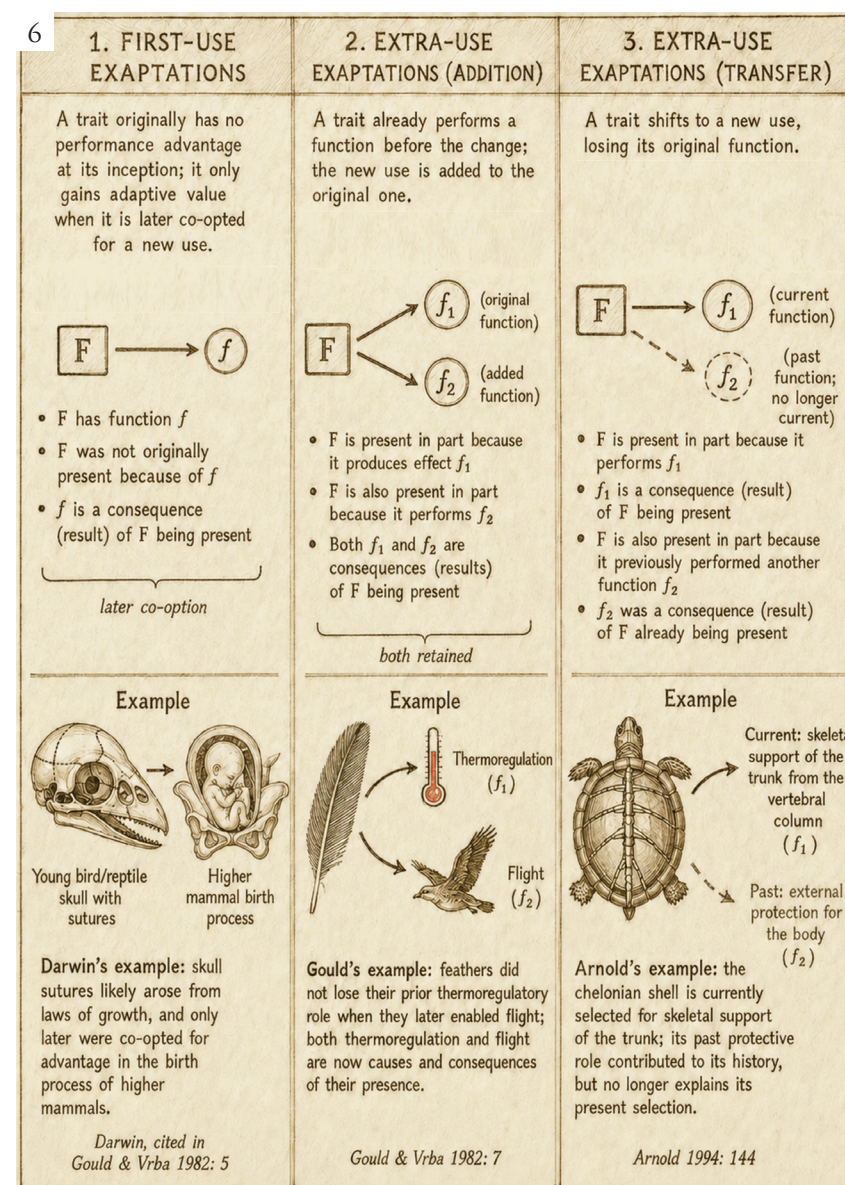


Figure 6
Tre forme di exaptation (ARNOLD 1994). Schema comparativo tra first-use exaptation, aggiunta di nuova funzione e trasferimento funzionale, con esempi biologici tratti dalla letteratura.

introdotta da Gould e Vrba (1982) fra "funzione" ed "effetto"⁹. Una proprietà di un tratto morfologico può produrre un effetto utile senza che tale utilità spieghi la sua origine. Il naso – per riprendere l'ironia di Voltaire¹⁰ – sostiene molto bene gli occhiali, ma non per questo si è formato allo scopo di sostenerli. L'exaptation designa precisamente questa differenza fra genesi della forma e utilità presente: un effetto disponibile viene cooptato per un nuovo uso e può successivamente stabilizzarsi e venire affinato (adattato). Da questo punto di vista, ciò che distingue una (lat.) *forma ad-aptata* da una *forma ex-apta* non è necessariamente il suo

aspetto né la funzione che svolge nel presente, ma la storia attraverso cui quella forma e quella funzione sono giunte a incontrarsi. È dunque, in ultima analisi, una differenza nel loro processo di individuazione (Gould 1997).

1.2 Selezione, combinazione: prova commutativa

Quello di exaptation è, in questo senso, un concetto profondamente retorico: descrive il mutamento di valore che una forma subisce quando viene trasferita e riutilizzata entro nuove relazioni. Come era accaduto per la retorica classica, anche lo studio dell'exaptation produsse progressivamente una casistica delle modalità del cambiamento funzionale. Arnold ne distingueva tre (fig. 6): la *first-use exaptation*, nella quale un tratto precedentemente privo di vantaggio funzionale viene cooptato per un primo uso; la *addition exaptation*, nella quale una nuova funzione si aggiunge alla precedente; la *transfer exaptation*, nella quale la nuova funzione sostituisce quella originaria (Arnold 1994). Si tratta dunque di tre esiti differenti: comparsa, aggiunta o sostituzione di un valore funzionale.

Una tipologia generale dell'exaptation resta però assai sfuggente se viene effettivamente costruita sulla natura materiale degli elementi coinvolti (Pievani 2002): può essere cooptato un gene, un organo, un comportamento, un processo di sviluppo o, nel dominio artificiale, una tecnica, un artefatto o persino un dispositivo socioeconomico. A scale tanto diverse ricorre tuttavia una medesima struttura relazionale: una configurazione preesistente viene selezionata fra possibilità disponibili e inserita in una nuova rete di relazioni, nella quale acquista un diverso valore funzionale.

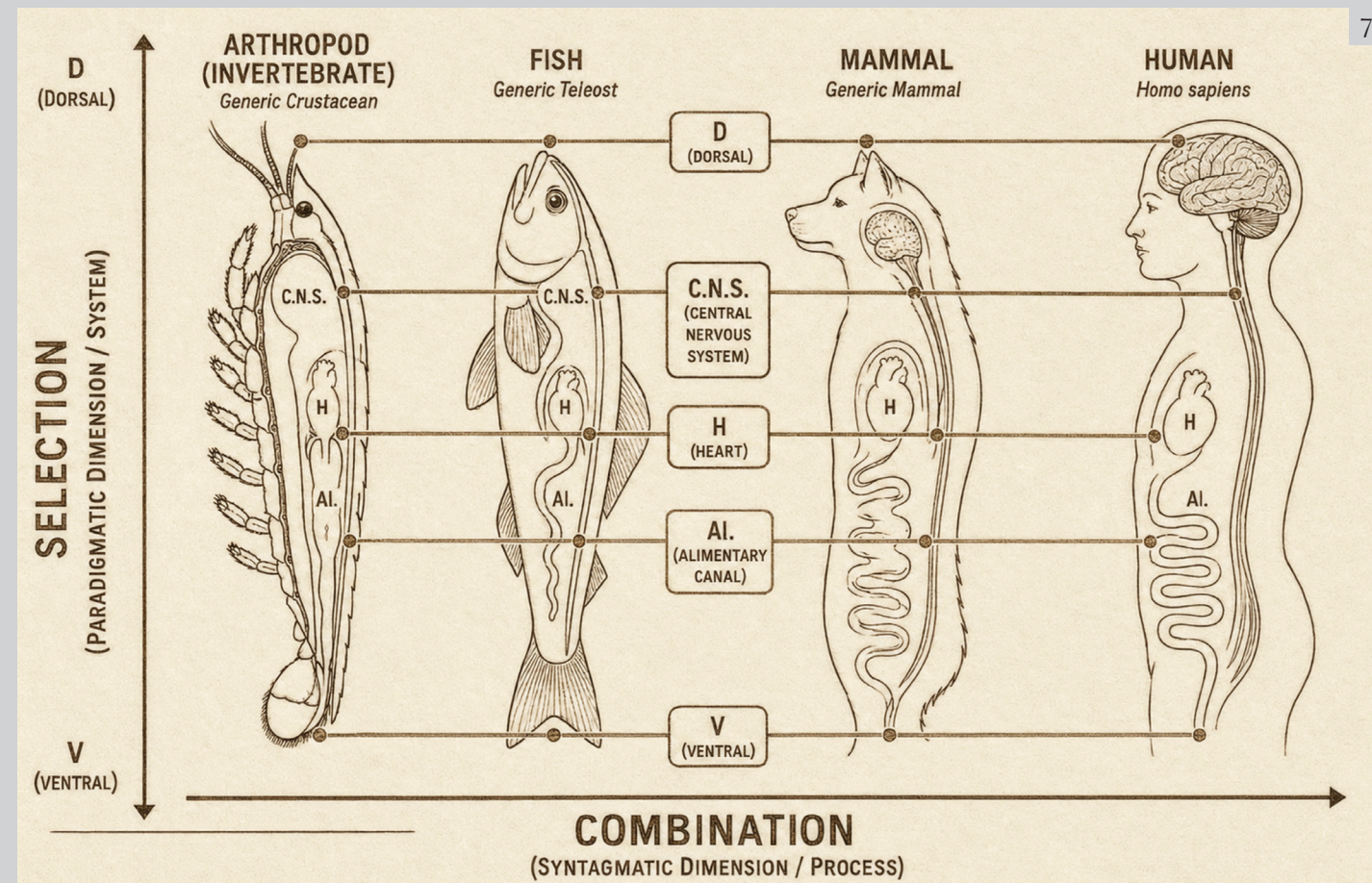
Per descrivere una dinamica tanto generale (con sistemi sub e super ordinati) – che può interessare un gene, un organo, un comportamento o un artefatto complesso come un computer – oggi assumiamo un criterio elaborato dalla vecchia semiotica strutturale – giusto un secolo fa – perché ci offre un procedimento empirico e computabile, la "prova di commutazione", capace di stabilire quali variazioni di una configurazione producano effettivamente una differenza di valore, nel nostro caso, di funzione.

inal (Arnold 1994). These are three different outcomes: the appearance, addition, or substitution of a functional value. A general typology of exaptation remains exceedingly elusive if it is constructed on the material nature of the elements involved (Pievani 2002): what is co-opted may be a gene, an organ, a behaviour, a developmental process or, in the artificial domain, a technique, an artefact or even a socio-economic apparatus. At such different scales, however, the same relational structure recurs: a pre-existing configuration is selected from available possibilities and inserted into a new network of relations, within which it acquires a different functional value. To describe so general a dynamic – with sub- and superordinate systems – which may concern a gene, an organ, a behaviour or an artefact as complex as a computer, we now adopt a criterion elaborated by the old structural semiotics just a century ago. It offers us an empirical and computable procedure, the ‘commutation

test’, capable of establishing which variations in a configuration actually produce a difference in value – in our case, a difference in function. The idea is not especially complicated. You need only begin by observing that exaptation may be described through the same distinction between an ‘axis of selection’ and an ‘axis of combination’ by which Jakobson and Halle (Jacobson, Halle 1956: 58-60) translated one of the five characteristics required of any system capable of functioning as a ‘language’, even when it is not linguistic¹¹. It is already De Saussure’s distinction between *langue* and *parole* – the simultaneous dimensions of every semiotic fact: the paradigmatic dimension of associative relations among alternative elements *in absentia*, and the syntagmatic dimension of elements combined *in praesentia* in the realised chain. Consider, then, that everything we know about a certain ‘type’ of organism or a certain ‘type’ of artefact forms a ‘paradigm’: an ‘ideal model’ constituted by subordinate paradigms and itself

Figure 7
Comparative anatomy as a model of selection and combination. Homologous structures in different organisms render visible both the paradigmatic axis of possible alternatives and the syntagmatic axis of their combination within different functional organisations (different ‘body plans’ as concrete actualisations of a general zootype assumed as an ideal model).

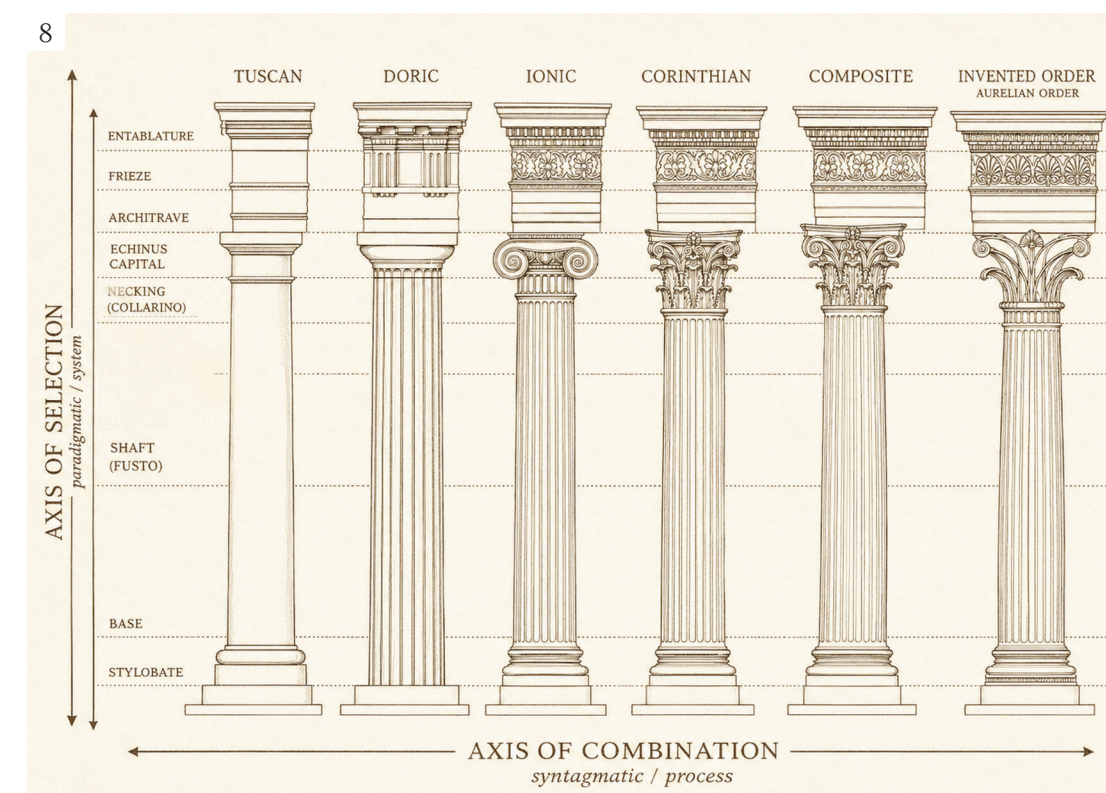
Figure 8
The architectural orders as a model of selection and combination. Each element derives its value simultaneously from the position it occupies within the syntagm of the realised order (performance), in accordance with a given canon (Doric, Ionic, etc.), and from the



7

Figura 7
Anatomia comparata come modello di selezione e combinazione. Le strutture omologhe di organismi diversi rendono visibile l’asse paradigmatico delle alternative possibili e quello sintagmatico della loro combinazione entro differenti organizzazioni funzionali (diversi “piani corporei” come attualizzazioni concrete di uno zootipo generale assunto quale modello ideale).

Figura 8
Gli ordini architettonici come modello di selezione e combinazione. Ogni elemento vale simultaneamente per la posizione che occupa nel syntagma dell’ordine realizzato (performance) secondo un dato canone (dorico, ionico, ...) e per le differenze che lo oppongono alle alternative disponibili nel “sistema” inteso come forma generale (modello ideale) di figurazione della struttura tettonica.



L’idea non è molto complicata. Ti basta cominciare col notare che per descrivere l’exaptation vale anzitutto quella medesima distinzione fra un “asse della selezione” e un “asse della combinazione” con cui Jakobson e Halle (Jakobson, Halle 1956: 58-60) traducevano una delle cinque caratteristiche necessarie a qualunque sistema che possa funzionare come un “linguaggio”, anche se non linguistico¹¹. È la distinzione già di De Saussure tra *langue* e *parole*, le dimensioni simultanee di ogni fatto semiotico: quella paradigmatica dei rapporti associativi fra elementi alternativi *in absentia*, e quella sintagmatica fra elementi combinati *in praesentia* nella catena realizzata. Considera poi che tutto ciò che sappiamo di un certo “tipo” di organismo o di un certo “tipo” di artefatto forma un “paradigma”, cioè un “modello ideale” costituito da paradigmi subordinati e compreso in paradigmi superordinati. La psicologia della percezione e della cognizione del secolo scorso chiamava questo fatto “categorizzazione”. Dunque, sull’asse della “selezione” – detto “paradigmatico” o del sistema – esistono (virtualmente) le forme disponibili: strutture, organi,

geni, comportamenti o, nel dominio artificiale, tipi, tecniche, valorizzazioni che costituiscono un repertorio di possibilità relativamente sostituibili o correlabili tanto per l’evoluzione naturale quanto per l’ideazione umana. Sull’altro asse – quello del “syntagma” o del processo – s’invera ordinatamente la sequenza di ruoli esercitati da quelle forme virtuali, ovvero, si attuano le loro combinazioni effettivamente realizzate in un metabolismo biologico o nella pronuncia di frasi o nelle funzioni pragmatiche di un oggetto. Frasi pronunciate o metabolismi: rapporti funzionali, metabolici, comportamentali ed ecologici attraverso i quali una struttura partecipa a una certa fase del funzionamento di un organismo o di un sistema tecnico. Ecco che la distinzione saussuriana¹² fra rapporti associativi e sintagmatici – formalizzata da Hjelmslev come sistema e processo e riformulata da Jakobson nei termini biologici di selezione e combinazione – suggerisce come nell’exaptation avvengano due operazioni logicamente distinguibili: una configurazione preesistente viene selezionata o cooptata entro un repertorio di possibilità in absentia e combinata, in praesentia, entro un nuovo ordine di

included within superordinate ones. The psychology of perception and cognition in the last century called this phenomenon ‘categorisation’. Thus, on the axis of ‘selection’ – called the ‘paradigmatic’ axis, or that of the system – there exist, virtually, the available forms: structures, organs, genes, behaviours or, in the artificial domain, types, techniques, and valuations. Together, they constitute a repertoire of possibilities that are relatively substitutable or correlatable, both for natural evolution and for human ideation.

On the other axis – that of the ‘syntagm’, or process – the sequence of roles exercised by those virtual forms is actualised in an ordered fashion: their combinations are realised in a biological metabolism, in the utterance of a sentence or in the pragmatic functions of an object. Uttered sentences or metabolisms are functional, metabolic, behavioural, and ecological relations through which a structure takes part in a given phase of the operation of an organism or a technical system.

The Saussurean distinction¹² between associative and syntagmatic relations – formalised by Hjelmslev as system and process and reformulated by Jakobson in the biological terms of selection and combination – thus suggests that two logically distinguishable operations occur in exaptation: a pre-existing configuration is selected or co-opted from a repertoire of possibilities *in absentia* and combined, *in praesentia*, within a new order of functional relations. To explain it, De Saussure might have chosen the evident example of comparative anatomy (fig. 7). Instead, he preferred the cases offered by the classical architectural orders (fig. 8). The Doric order, for example, entails a sequence (a syntagma) of elements morphologically selected from among possible homologues, Ionic or Corinthian, which might have occupied their place and which, precisely because they are alternatives, are absent from the realised configuration¹³. Each element has value through the position and relations it assumes in the realised process and, simultaneously, through the differences that set it apart from the alternatives available in the system. We can calculate the cases in which a configuration may be varied, replaced, or recombined while the other

conditions remain controlled. Simulations and models can then measure which differences remain mere variants and which instead produce new performances, new uses, or new metastable equilibria. Before turning to artificial intelligence, however, it is worth distinguishing between two phenomena: the exaptation of artefacts themselves and the adoption of exaptation as a heuristic design procedure.

2.0 Advances in *Bricolage*

The exaptation of objects themselves is an everyday experience: many artefacts preserve their original technical schema yet perform functions for which they were not conceived. For example, as I write, I can hear the hum of drones above the city’s scattered market gardens: they recognise pathologies, measure water stress, release beneficial insects, and monitor the balances between crops and antagonistic species, reducing pesticide use almost to zero. They enter the old multi-storey car parks, now transformed into agricultural greenhouses – buildings that preserve their original sections and ramps but now distribute water, humidity, light and harvests.

Although agricultural uses of drones had already been tested a quarter of a century ago¹⁴, it was the wars of the 2020s¹⁵ that subjected commercial quadcopters, model-aircraft components, inexpensive cameras and FPV systems to ferocious selective pressure. Conflict favoured modularity, low cost, autonomy, repairability, and resistance to interference, transforming not only the devices themselves but also software, supply chains, protocols, and skills.

When those capacities were redirected towards civilian fields – agriculture, environmental monitoring, fire prevention, and infrastructure maintenance – it was not so much individual drones that ‘changed profession’ as the entire technical lineage that had produced them, together with many features of the built environment. This was only a repetition of the general dynamic already displayed by the twentieth century: techniques born for civilian uses were co-opted by war, accelerated by conflict, and then returned to society with new functions, along genealogies shaped more by deviation and transfer than by linear develop-

differences that distinguish it from the alternatives available within the ‘system’, understood as a general (ideal model) form of figuration of tectonic structure.

relazioni funzionali.

Per spiegarlo, De Saussure avrebbe potuto fare l’evidente esempio dell’anatomia comparata (fig. 7). Ma preferì i casi degli ordini architettonici classici (fig. 8). Per es., l’ordine dorico implica una sequenza (sintagma) di elementi morfologicamente trascesi tra possibili altri omologhi (ionici o corinzi) che avrebbero potuto occuparne il posto e che, proprio perché alternativi, non sono presenti nella configurazione realizzata¹³. Ogni elemento vale per la posizione e le relazioni che assume nel processo realizzato e, simultaneamente, per le differenze che lo oppongono alle alternative disponibili nel sistema. Si possono calcolare i casi in cui una configurazione può essere variata, sostituita o ricombinata mantenendo controllate le altre condizioni. Simulazioni e modelli consentono poi di misurare quali differenze restino semplici varianti e quali producano invece nuove prestazioni, nuovi usi o nuovi equilibri metastabili. Ma, prima di arrivare all’intelligenza artificiale, conviene distinguere due fenomeni diversi: l’exattamento degli artefatti stessi e l’exattamento assunto come procedimento euristico della progettazione.

2.0 Progressi del *bricolage*

L’exattamento degli oggetti stessi è esperienza quotidiana: molti manufatti conservano lo schema tecnico originario, ma svolgono funzioni per le quali non erano stati concepiti. Per esempio, mentre ti scrivo, sento il ronzio dei droni sugli orti discontinui della città: riconoscono patologie, misurano lo stress idrico, liberano insetti utili e sorvegliano gli equilibri fra colture e specie antagoniste, riducendo quasi a zero l’uso dei pesticidi. Entrano nei vecchi parcheggi multipiano oggi trasformati in serre agricole: edifici che conservano la sezione e le rampe originarie, ma ora distribuiscono acqua, umidità, luce e raccolti.

Anche se gli impieghi agricoli dei droni erano già sperimentati un quarto di secolo fa¹⁴, furono le guerre degli anni Venti¹⁵ a sottoporre quadricotteri commerciali, componenti da aeromodellismo, camere economiche e sistemi FPV a una feroce pressione selettiva. Il conflitto privilegiò modularità, basso costo, autonomia, riparabilità e resistenza alle interferenze, trasformando

non soltanto gli apparecchi, ma anche software, filiere produttive, protocolli e competenze.

Quando quelle capacità furono nuovamente rivolte ad ambiti civili – agricoltura, monitoraggio ambientale, prevenzione degli incendi, manutenzione delle infrastrutture – non furono tanto i singoli droni a “cambiare mestiere”, quanto l’intera linea tecnica che li aveva prodotti e molte caratteristiche dell’ambiente costruito. Ciò non era che il ripetersi di quella dinamica generale che il Novecento aveva già mostrato: lo sviluppo di tecniche nate per usi civili veniva cooptato dalla guerra, accelerato dal conflitto e poi restituito alla società con funzioni nuove, secondo genealogie fatte più di deviazioni e trasferimenti che di sviluppo lineare (Hadjadji, Tesquet 2025).

Che molte innovazioni nascano da deviazioni, errori, trasferimenti e usi imprevisti è un dato ricorrente nell’euristica scientifica e tecnologica¹⁶. Se la serendipità fa emergere una possibilità inattesa¹⁷, l’exattamento la riconosce, la coopta e la stabilizza in una nuova funzione. L’exattamento artificiale, tuttavia, non dipende necessariamente dal caso: può essere assunto intenzionalmente come strategia euristica del progetto.

2.1 Exaptation come euristica progettuale

L’exattamento non riguarda solo le storie di artefatti. Può diventare esplicitamente anche un principio euristico dell’invenzione: quando si riconoscono proprietà già presenti e si scoprono quali altre funzioni possano assumere entrando in nuove relazioni.

L’espressione più rigorosa e completa di questa forma di evoluzione è nella filosofia della tecnica di Gilbert Simondon che in *Du mode d’existence des objets techniques* (Simondon 1958) propone un vero principio evolutivo degli oggetti tecnici. Tale evoluzione non implica necessariamente progresso; quando però avviene un miglioramento, c’è “concretizzazione”: l’oggetto passa da una configurazione primitiva, relativamente “astratta”, nella quale le parti restano indipendenti e assolvono funzioni separate, ed evolve in una configurazione più integrata. Le funzioni convergono, gli elementi entrano in causalità reciproca e le proprietà prima secondarie, passive o persino antagoniste diventano condizioni positive del

ment (Hadjadj, Tesquet 2025). That many innovations arise from deviations, errors, transfers, and unforeseen uses is a recurrent fact in scientific and technological heuristics¹⁶. If serendipity brings an unexpected possibility to light¹⁷, exaptation recognises it, co-opts it, and stabilises it in a new function. Artificial exaptation, however, does not necessarily depend on chance: it may be intentionally adopted as a heuristic design strategy.

2.1 Exaptation as a Design Heuristic

Exaptation concerns more than the histories of artefacts. It may also become an explicit heuristic principle of invention: one recognises properties already present and discovers what other functions they may assume by entering new relations.

The most rigorous and complete expression of this form of evolution is found in Gilbert Simondon's philosophy of technology. In *Du mode d'existence des objets techniques* (Simondon 1958), Simondon proposes a genuine evolutionary principle for technical objects. Such evolution does not necessarily imply progress; when an improvement does occur, however, there is 'concretisation': the object passes from a primitive, relatively 'abstract' configuration, in which its parts remain independent and perform separate functions, towards a more integrated configuration. Functions converge, elements enter reciprocal causality, and properties that were formerly secondary, passive, or even antagonistic become positive conditions of operation. It is precisely this capacity to recognise and integrate previously unused compatibilities that makes concretisation pertinent to a heuristic of exaptation. Progressive concretisation runs through the genealogy of the *lignée technique*¹⁸, which, intertwining with other genealogies, forms a true phylogeny along which the technical object progressively acquires the internal coherence of a quasi-organism: functions converge, elements enter reciprocal causality, and formerly secondary or even antagonistic properties become positive conditions of operation. Among Simondon's examples, that of Jean-Claude Guibal's turbine is particularly clear (Simondon 1958: 54-57). In earlier turbines,

the generator, cooling, insulation, and sealing depended upon relatively separate devices; the Guibal turbine integrates them within a single operational regime. Turbine and generator form a unit immersed in the conduit: water not only produces motion but also cools the generator; oil not only lubricates but also provides electrical insulation, conveys heat, and, when maintained under excess pressure, prevents water from entering. Properties already available thus acquire further functions and contribute to the object's overall coherence. Invention consists less in adding new elements than in recognising and organising new compatibilities among existing ones.

2.2 Concretisation and the *Milieu Associé*

The Guibal turbine cannot be defined independently of the water, oil, heat, and pressure with which it forms a system of recurrent causalities. The technical object, as it evolves and acquires an aesthetic character, co-evolves with what Simondon calls its *milieu associé*. This associated *milieu* is not simply whatever surrounds the turbine; it is the part of the environment that the object's operation integrates and, at the same time, modifies. The faster the turbine turns, the more heat it produces; yet the same acceleration intensifies the circulation of the fluids that dissipate that heat. Object and environment thus individuate one another. The Guibal turbine produces an associated *milieu* composed of water, oil, heat, and pressure, which become internal elements of its operational regime.

The mutual individuation of the internal and external environments of technical objects also occurs on historical, economic, and geographical scales: a railway, electrical, or digital network modifies the territory in which it operates and upon which it depends. Railways, energy networks, and infrastructures help shape technical landscapes by redistributing the forces, distances, and activities of a territory or place. Every technical regime has a spatiality of its own, synchronous with economic and historical transformations. There has been a thermodynamic landscape of coal, factories, and railways; an electrotechnical landscape of dams, pylons, interconnected grids, and road mobility; a digital landscape of smartphones, aerials, satellites,

funzionamento. È precisamente questa capacità di riconoscere e integrare compatibilità prima inutilizzate che rende la concretizzazione pertinente a un'euristica dell'esattamento. La concretizzazione progressiva corre lungo la genealogia della *lignée technique*¹⁸ che, intrecciandosi ad altre genealogie, forma una vera filogenesi lungo la quale l'oggetto tecnico acquista progressivamente la coerenza interna di un quasi organismo.

Tra gli esempi di Simondon, particolarmente chiaro è quello della turbina di Jean-Claude Guibal (Simondon 1958: 54-57). Rispetto alle turbine precedenti, nelle quali generatore, raffreddamento, isolamento e tenuta dipendevano da dispositivi relativamente separati, la Guibal li integra entro un unico regime operativo. Turbina e generatore formano un'unità immersa nella condotta: l'acqua non soltanto produce il moto, ma raffredda il generatore; l'olio non soltanto lubrifica, ma isola elettricamente, trasporta calore e, mantenuto in sovrappressione, impedisce l'ingresso dell'acqua. Proprietà già disponibili acquistano così funzioni ulteriori e concorrono alla coerenza complessiva dell'oggetto. L'invenzione non consiste tanto nell'aggiungere nuovi elementi, quanto nel riconoscere e organizzare nuove compatibilità fra quelli esistenti.

2.2 Concretizzazione e *milieu associé*

La turbina di Guibal non può essere definita indipendentemente dall'acqua, dall'olio, dal calore e dalla pressione con cui forma un sistema di causalità ricorrenti. L'oggetto evoluto ed estetico evolve con quello che Simondon chiama il suo *milieu associé*. Il suo ambiente associato non è semplicemente ciò che circonda la turbina: è quella parte dell'ambiente che il funzionamento dell'oggetto integra e, al contempo, modifica. Più la turbina accelera, più produce calore; ma la stessa accelerazione intensifica la circolazione dei fluidi che dissipano quel calore. Oggetto e ambiente si individuano così reciprocamente. La turbina di Guibal produce un ambiente associato: fatto di acqua, petrolio, calore e pressione che diventano elementi interni del suo regime operativo.

La mutua individuazione di un ambiente interno ed esterno agli oggetti tecnici avviene

anche a scala storica, economica e geografica: una rete ferroviaria, elettrica o digitale modifica il territorio in cui opera e dal quale dipende. Ferrovie, reti energetiche e infrastrutture contribuiscono a plasmare i paesaggi tecnici ridistribuendo le forze, le distanze e le attività di un territorio o di un luogo. Ogni regime tecnico ha una spazialità propria e sincrona alle trasformazioni economiche e storiche. C'è stato un paesaggio termodinamico del carbone, delle fabbriche e delle ferrovie; un paesaggio elettrotecnico di dighe, tralicci, reti interconnesse e mobilità stradale; un paesaggio digitale di smartphone, antenne, satelliti, cavi sottomarini e data center, solo apparentemente immateriale, ma drammaticamente incarnato in una geo-economia planetaria di energia, acqua, minerali e lavoro (Crawford 2022).

La teoria simondoniana dell'individuazione (Simondon 2005) chiarisce un principio evolutivo analogo anche a scale differenti. A scala fisiologica, l'organismo mantiene un ambiente interno differenziato, composto da diversi gradi di interiorità ed esteriorità. A scala cellulare, la membrana polarizzata non separa passivamente l'interno dall'esterno: stabilisce e rigenera la loro differenza.

Insomma, nel vivente l'individuazione mantiene una relazione metastabile fra un *milieu intérieur* differenziato e l'ambiente esterno. La membrana cellulare è il luogo operativo in cui la differenza interno/esterno è il luogo di scambi selettivi di materia, energia e informazione. Dalla cellula al paesaggio tecnico ricorre dunque un analogo principio di individuazione: l'individuo non preesiste semplicemente al proprio ambiente, ma si individua insieme a esso. Dalla membrana cellulare al paesaggio tecnico, l'individuo – vivente o tecnico – si costituisce insieme al proprio ambiente. Quando questa relazione tra interno ed esterno diventa percepibile e intelligibile, l'oggetto tecnico acquista anche una qualità estetica: rende visibile il *milieu* entro cui funziona e talora amplifica il suo effetto estetico.

È questa relazione a chiarire la dimensione estetica dell'esattamento. L'"epifania estetica" dell'oggetto tecnico si produce quando la relazione fra forma, funzione e *milieu associé* diventa sensibile e intelligibile nell'esperienza.

submarine cables, and data centres – only apparently immaterial, yet dramatically embodied in a planetary geo-economy of energy, water, minerals, and labour (Crawford 2022).

Simondon's theory of individuation (Simondon 2005) clarifies an analogous evolutionary principle at different scales. At the physiological scale, the organism maintains a differentiated internal environment composed of varying degrees of interiority and exteriority. At the cellular scale, the polarised membrane does not passively separate the inside from the outside: it establishes and regenerates the difference between them.

In the living being, then, individuation maintains a metastable relation between a differentiated *milieu intérieur* and the external environment. The polarised cellular membrane is the operative site of selective exchange of matter, energy, and information across the boundary between the inside and the outside. From the cell to the technical landscape, an analogous principle of individuation recurs: the individual does not simply pre-exist its environment but individuates together with it. From the cellular membrane to the technical landscape, the individual – living or technical – is constituted together with its environment. When this relation between inside and outside becomes perceptible and intelligible, the technical object also acquires an aesthetic quality: it makes visible the *milieu* within which it operates and sometimes amplifies its aesthetic effect. It is this relation that clarifies the aesthetic dimension of exaptation. The 'aesthetic epiphany' of the technical object occurs when the relation between form, function, and *milieu associé* becomes sensible and intelligible in experience. That is, it occurs when the technical object genuinely operates as an 'aesthetic' prosthesis (Greek *aísthēsis*): it extends the capacity for action and, at the same time, intensifies our perception of the relations that bind us to the world, as does a blind person's cane. Sensory prostheses make evident that the object's aesthetic quality emerges precisely when form, matter, operation, and environment appear as mutually integrated aspects of the same relation. This also holds for the artistic object, insofar as it too organises and transforms sensible experience by technical means.

2.3 Aesthetic Exaptation

A sail has an 'aesthetic epiphany' only when the wind draws it taut and makes visible the force that moves the vessel; a bridge, when it renders legible its leap across the valley; a tractor, when its disposition manifests the resistance of the ground; an aerial, when its position makes intelligible the network of relations within which it operates. In these cases, we contemplate more than a form and a set of forces: we perceive, intensified, a relation of individuation among form, function, and *milieu*. The aesthetic epiphany of the technical object occurs when a form renders sensible the system of relations that makes it work and which, reciprocally, it helps constitute.

Even an ordinary pair of scissors¹⁹ displays this double adaptation with clarity: it is shaped for the hand, its grip and its movements; once held, however, it confers upon the hand a capacity it does not naturally possess – the precise production of a certain kind of cut. The tool is therefore adapted simultaneously to the organism and to the task that the organism and the tool perform together within a given environment. Yet it is also an 'aesthetic prosthesis': not because it belongs to the domain of art, but because it transforms both capacities for action and forms of sensibility.

Like a pair of scissors, an old iPhone also possessed a striking aesthetic epiphany, grounded in the integration of form, dimensions, material qualities, sensorimotor affordances and technical operation. Its physical and interactive configuration rendered efficient the system of relations linking the device to the user's body and to the several *milieux associés* in which it operated: sensorimotor, energetic-thermal, electromagnetic-networked, computational-informational, cognitive, and semiotic-pragmatic. The last included cognitive affordances, communicative practices, conventions of use, codes, intersubjective relations, and forms of identity construction. Today, the iPhone is studied in art history. Yet, *en passant*, the genealogy of this techno-aesthetic object also bears witness to a process of hybridisation and exaptation: the iPhone arose from the convergence of three technical lineages – the media player, the telephone and the Internet communication device – to which

Cioè, avviene quando l'oggetto tecnico funziona davvero come una vera protesi "estesica" (gr. *aísthēsis*): estende la capacità d'azione e, insieme, intensifica la percezione delle relazioni che ci legano al mondo, come fa il bastone per i ciechi. Le protesi sensoriali rendono evidente che la qualità estetica emerge precisamente quando forma, materia, funzionamento e ambiente si manifestano come aspetti reciprocamente integrati di una stessa relazione. Ciò vale anche per l'oggetto artistico, nella misura in cui anch'esso organizza tecnicamente e trasforma l'esperienza sensibile.

2.3 Exaptation estetica

Una vela ha "epifania estetica" solo quando il vento la tende e rende visibile la forza che muove l'imbarcazione; un ponte quando rende leggibile il suo salto della valle che attraversa; un trattore quando il suo assetto manifesta la resistenza del terreno; un'antenna quando la sua posizione rende intelligibile la rete di relazioni nella quale opera. In questi casi non contempliamo solo una forma e delle forze: percepiamo intensificata una relazione di individuazione fra forma, funzione e *milieu*. L'epifania estetica dell'oggetto tecnico si verifica quando una forma rende sensibile il sistema di relazioni che la fa funzionare e che, reciprocamente, essa contribuisce a costituire.

Anche una banale forbice¹⁹ mostra con particolare evidenza questa doppia adeguazione: è conformata alla mano, alla sua presa e ai suoi movimenti; ma, una volta impugnata, conferisce alla mano una capacità che essa naturalmente non possiede: produrre con precisione un certo tipo di taglio. L'utensile è dunque adattato contemporaneamente all'organismo e al compito che l'organismo e l'utensile svolgono insieme in un determinato ambiente. Ma è anche "protesi estetica": non perché appartenga al dominio dell'arte, ma perché trasforma insieme la capacità d'azione e le forme della sensibilità. Non diversamente dalle forbici, anche un antico iPhone possedeva un'eclatante epifania estetica, fondata sull'integrazione di forma, dimensione, qualità materiche, *affordance* sensorimotorie e funzionamento tecnico. La sua configurazione fisica e interattiva rendeva efficiente il sistema di relazioni che collegava il

dispositivo al corpo dell'utente e ai diversi *milieux associés* entro cui operava: sensomotorio, energetico-termico, elettromagnetico-reticolare, computazionale-informazionale, cognitivo e semiotico-pragmatico. Quest'ultimo comprendeva *affordance* cognitive, pratiche comunicative, convenzioni d'uso, codici, relazioni intersoggettive e forme di costruzione identitaria. Oggi l'iPhone si studia in storia dell'arte. Ma, detto *en passant*, anche la genealogia di questo oggetto tecno-estetico testimonia un processo di ibridazione ed exattamento: l'iPhone nacque dalla convergenza di tre linee tecniche – lettore multimediale, telefono e dispositivo di comunicazione Internet – alle quali si aggiunse la cooptazione del multitouch, sviluppato dapprima come sistema gestuale di input e poi sperimentato su un tablet, fino a determinarne forma, interfaccia e regime d'interazione (Merchant 2017).

3.0 L'exattamento possibile è prevedibile?

Dunque, l'analogia pragmatica fra organi viventi e oggetti tecno-estetici risiede nel modo in cui entrambi possono produrre novità funzionali riutilizzando strutture e proprietà preesistenti. Gli uni e gli altri mediano il rapporto fra un vivente e il suo ambiente: compensano limiti, estendono capacità, sostituiscono prestazioni e modificano l'insieme delle relazioni possibili fra interno ed esterno. Sfruttano proprietà disponibili, combinano elementi già dati, realizzano spostamenti di funzione e possono integrarli progressivamente in configurazioni più coerenti o, nel caso degli oggetti tecnici, più "concretizzate". Vale dunque un analogo principio di cooptazione relazionale: una proprietà acquista un nuovo valore entrando in un nuovo sistema di rapporti. Per modellizzare queste dinamiche di exattamento, come ti dicevo (§ 1.2), ci sembra utile il criterio operativo ed empirico formulato dalla semiotica strutturale del secolo scorso e reso praticabile su larga scala dalle applicazioni dell'AI sviluppate negli ultimi decenni. D'altronde, se ci pensi, anche il linguaggio umano è un utensile; è una protesi cognitiva che si trasforma secondo genealogie storiche. Le lingue sono sistemi storicamente evoluti nei quali materiali antichi possono perdere

was added the co-option of multi-touch, first developed as a gestural input system and then tested for a tablet, until it came to determine the device's form, interface and regime of interaction (Merchant 2017).

3.0 Can Possible Exaptation Be Predicted?

The pragmatic analogy between living organs and techno-aesthetic objects thus lies in the way both may produce functional novelty by reusing pre-existing structures and properties. Both mediate the relationship between a living being and its environment: they compensate for limitations, extend capacities, replace performances, and modify the ensemble of possible relations between the inside and the outside. They exploit available properties, combine given elements, effect shifts of function, and may progressively integrate them within more coherent configurations – or, in the case of technical objects, more fully ‘concretised’ ones. An analogous principle of relational co-option therefore applies: a property acquires a new value by entering a new system of relations.

To model these dynamics of exaptation, as I was telling you (§ 1.2), we find useful the operational and empirical criterion formulated by the structural semiotics of the last century and made practicable on a large scale by the AI applications developed over recent decades.

After all, if you think about it, human language is itself a tool: a cognitive prosthesis transformed through historical genealogies. Languages are historically evolved systems in which old materials may lose a function, survive as residues, and subsequently be re-used for different tasks. Roger Lass identified precisely this kind of exaptive dynamic in linguistic change (Lass 1990): morphological oppositions may acquire new grammatical or pragmatic values, while structures that have become redundant may be refunctionalised. The linguistic case thus suggests that the capacity to preserve ‘waste’ and attribute new pertinences to it belongs neither exclusively to biological nor to technological evolution.

The same holds for the concept of style; it too denotes a historical system of differences. It individuates a work or an author and, at the same time, relates them to families of forms,

places, periods, and traditions. Stylistics describes the relational character of style as a relatively coherent configuration of invariants and deviations, whose value emerges by difference within a system. It is precisely for this reason that style lends itself to the commutation test: by transferring, replacing, or recombining a trait, we may test whether and how the overall configuration's value changes.

Analytical and generative AI made the commutation test technically explicit. Systems of pattern recognition – which soon surpassed human expertise in stylistic attribution²⁰ – were followed by neural style transfer in multimodal models, across different kinds of visual, acoustic and kinetic artefacts. Style became, at least in part, extractable, transferable, recombinable and controllable. Some statisticians and computer scientists even believed, thirty years ago, that they could predict the style of future pictorial movements²¹.

Today you would see the inadequacy of those forecasts: not so much because they crudely treated images as mere matrices of pixels, but because they presumed that the historical succession of styles could be extrapolated from statistical distributions learned from the past. They failed to consider that, from Wölfflin to Warburg, style always entails historical ways of perceiving and organising forms and images – their survivals, migrations and transformations. Even now, the Warburgian atlas offered perhaps the most eloquent example²²: images and forms originating in different genealogies survive their contexts, migrate, and acquire new relations and new values.

3.1 What Can We Actually Calculate, and Why?

There is, after all, an entire probabilistic gradient between what we can and cannot predict: the hour of the next sunrise in Trento and the number to be drawn tomorrow on the Naples lottery wheel are not equally predictable facts. Even today, generative AI makes neither history nor the stock market predictable. It does not prophesy exaptation in the strong sense; rather, it makes a field of possible exaptations explorable, multiplying commutations and allowing their effects to be compared. Prediction concerns not the ‘prospective prophecy’ of future history, but a ‘retrospective prophecy’

una funzione, conservarsi come residui e venire successivamente riutilizzati per compiti differenti. Roger Lass aveva riconosciuto precisamente una dinamica “esattiva” di questo tipo nel cambiamento linguistico (Lass 1990): opposizioni morfologiche possono acquistare nuovi valori grammaticali o pragmatici e strutture divenute ridondanti essere rifunzionalizzate. Il caso linguistico suggerisce così che la capacità di conservare “scarti” e attribuire loro nuove pertinenze non appartenga esclusivamente all'evoluzione biologica o tecnologica. Lo stesso accade per il concetto di stile; anch'esso indica un sistema storico di differenze: individua un'opera o un autore e, nello stesso tempo, li riconduce a famiglie di forme, luoghi, epoche e tradizioni. La stilistica descrive il carattere relazionale dello stile come configurazione relativamente coerente di invariants e deviazioni, il cui valore emerge per differenza entro un sistema. Proprio per questo lo stile si presta alla prova di commutazione: trasferendo, sostituendo o ricombinando un tratto possiamo verificare se e come muti il valore complessivo della configurazione.

L'AI analitica e generativa ha reso la prova commutativa tecnicamente esplicita: dai sistemi di *pattern recognition* – che superarono subito l'*expertise* umana nell'attribuzione stilistica²⁰ – si passò ai *neural style transfer* in modelli multimodali: tra generi diversi di artefatti visuali, acustici, cinetici. Lo stile è divenuto almeno in parte estraibile, trasferibile, ricombinabile e controllabile. Addirittura, alcuni statistici e informatici, trent'anni fa, credevano di poter prevedere lo stile di futuri movimenti pittorici²¹.

Oggi vedresti l'inadeguatezza di quelle previsioni: non tanto perché trattassero banalmente le immagini solo come matrici di pixel, ma perché presumevano di poter estrapolare la successione storica degli stili da distribuzioni statistiche apprese sul passato. Non consideravano il fatto che, da Wölfflin a Warburg, lo stile implica sempre modi storici di percepire e organizzare le forme, le immagini, le loro sopravvivenze, migrazioni e trasformazioni. Ancora oggi, l'atlante warburghiano ne offre forse l'esempio più eloquente²²: immagini, forme provenienti da genealogie differenti

sopravvivono al proprio contesto, migrano e acquistano nuove relazioni e nuovi valori.

3.1 Cosa possiamo effettivamente calcolare e perché

C'è, del resto, un intero gradiente probabilistico fra ciò che possiamo e ciò che non possiamo prevedere: l'ora della prossima alba a Trento e il numero che sarà estratto domani sulla ruota di Napoli non sono fatti ugualmente prevedibili. Nemmeno oggi l'AI generativa rende prevedibile la storia o l'andamento della borsa. Non profetizza l'exattamento in senso forte; rende piuttosto esplorabile un campo di exattamenti possibili, moltiplicando le commutazioni e permettendo di confrontarne gli effetti. La previsione non riguarda la “profezia prospettiva” della storia futura, ma quella “profezia retrospettiva” basata sulle condizioni entro cui una proprietà disponibile può acquistare una nuova pertinenza.

I sistemi AI formati mediante *deep learning* resero tecnicamente praticabile proprio questa profezia retrospettiva in una logica esattiva. Costruivano solo a posteriori vasti sistemi di correlazioni a partire da *corpora* di esempi: non ricevevano un inventario preventivo delle forme possibili, ma ne apprendevano statisticamente regolarità, differenze e compatibilità. Inoltre, ciò che veniva appreso per un compito poteva eccedere quel compito ed essere trasferito o rifunzionalizzato altrove.

Questa dinamica “esattiva” assunse prestissimo soprattutto tre forme: trasferimento, ricombinazione e rifunzionalizzazione. Il *transfer learning* rendeva riutilizzabili rappresentazioni apprese per nuovi compiti; architetture come il transformer migrarono dal trattamento del linguaggio alle immagini, ai suoni, alla chimica e alla robotica; componenti e capacità apprese potevano essere selezionate e ricombinate sotto nuove condizioni d'uso. Qualcosa di sviluppato o appreso entro un sistema restava disponibile per un uso ulteriore e imprevisto. Spazi latenti, moduli, memorie e politiche d'azione costituivano inoltre repertori di capacità parzialmente disponibili, selezionabili e ricombinabili sotto nuove pressioni d'uso. Fortunatamente ci accorgemmo che, in termini semiotici, l'apprendimento poteva essere

based on the conditions under which an available property may acquire a new pertinence. AI systems developed through deep learning made precisely this retrospective prophecy technically practicable within an exaptive logic. They constructed, entirely *a posteriori*, vast systems of correlations from *corpora* of examples: they were not given a prior inventory of possible forms, but statistically learned their regularities, differences, and compatibilities. Moreover, what was learned for one task could exceed that task and be transferred or refunctionalised elsewhere. This ‘exaptive’ dynamic very soon assumed three principal forms: transfer, recombination, and refunctionalisation. ‘Transfer learning’ made representations learned for one task reusable in others; architectures such as the ‘transformer’ migrated from language processing to images, sounds, chemistry, and robotics; learned components and capacities could be selected and recombined under new conditions of use. Something developed or learned within one system remained available for further and unforeseen use. Latent spaces, modules, memories, and action policies also constituted repertoires of partially available capacities, selectable and recombable under new pressures of use. Fortunately, we realised that, in semiotic terms, learning could be described as the construction of a paradigm of virtual possibilities, while generation actualised some of them by realising them within operative syntagms. The commutation test thus became operational: by systematically varying elements, relations, representations, parameters, or contexts and comparing their effects, one could distinguish inconsequential transformations from those capable of producing a new functional pertinence. Possible/impossible. Applied to design, this difference could be evaluated as a variation in performance, use, behaviour, meaning, or environmental equilibrium. What we now call the ‘calculus of exaptation’ is therefore not a deterministic prophecy of invention. It is the

systematic exploration of differences that can produce new, operative pertinences.

3.2 Drawing as Multimodal Morphology

These instruments gave substance to a discipline of Artificial Drawing: on the computational plane, they extended a profound morphological tradition of drawing that, from Leonardo da Vinci and Goethe, through Haeckel and D’Arcy Thompson, reached Turing’s mathematical morphogenesis.

To draw increasingly meant exploring morphologies and managing passages among heterogeneous languages and modes of representation: text and image, image and geometry, scan and model, diagram and simulation, verbal description and buildable space, environmental data and formal configuration.

Drawing thus became, more explicitly, a discipline of intersemiotic translations, conscious of the selection, transformation, and verification of equivalences (homologies and/or isomorphisms) and of the differences among various ways of representing and operating upon the possible. It soon came to treat texts, images, sounds, videos, maps, geometries, sensory data, and sequences of action. These different expressive substances no longer constituted rigidly separate computational domains, but partially translatable, comparable, and mutually co-optable modalities. A configuration learned or constructed within one system of representation could then, meaningfully, be transferred, transformed, and refunctionalised within another.

In short, the essays in that «XY» 17 (2026) identified the notion of ‘artificial exaptation’ as one of the principles that would make Artificial Drawing work. In this August of 2051, you may calmly judge whether those attempts were still uncertain, at times rash, if not vain or fraudulent. Certainly ‘rash’, at the very least, was the choice to entrust a scientific thesis to an avowedly fictional, epistolary text, one that used the future to make recognisable certain *ad-aptae possibilitates* which that present already contained: this very text.

descritto come la costruzione di un paradigma di possibilità virtuali, mentre la generazione ne attualizzava alcune realizzandole entro sintagmi operativi. La prova di commutazione diventava così operativa: variando sistematicamente elementi, relazioni, rappresentazioni, parametri o contesti e confrontandone gli effetti, era possibile distinguere le trasformazioni ininfluenti da quelle capaci di produrre una nuova pertinenza funzionale. Possibile/impossibile. Applicata al progetto, tale differenza poteva essere valutata come variazione di prestazione, uso, comportamento, significato o equilibrio ambientale. Quello che oggi chiamiamo “calcolo dell’exattamento” non è dunque una profezia deterministica dell’invenzione. È l’esplorazione sistematica delle differenze suscettibili di produrre nuove pertinenze funzionanti.

3.2 Il Disegno come morfologia multimodale

Questi strumenti diedero corpo a una disciplina del Disegno Artificiale: estesero sul piano computazionale una profonda tradizione morfologica del disegno che, da Leonardo da Vinci e Goethe, attraverso Haeckel e D’Arcy Thompson, giungeva alle morfogenesi matematiche di Turing.

Disegnare significò sempre più esplorare morfologie, gestire passaggi fra linguaggi e modi di rappresentazione eterogenei: testo e immagine, immagine e geometria, scansione e mo-

dello, diagramma e simulazione, descrizione verbale e spazio costruibile, dati ambientali e configurazione formale.

Il Disegno divenne così, più esplicitamente, una disciplina delle traduzioni intersemiotiche: cosciente della selezione, trasformazione e verifica delle equivalenze (omologie e/o isomorfismi) e delle differenze fra diversi modi di rappresentare e di operare sul possibile. Giunse presto a trattare testi, immagini, suoni, video, mappe, geometrie, dati sensoriali e sequenze d’azione. Queste diverse sostanze espressive non costituivano più domini computazionali rigidamente separati, ma modalità parzialmente traducibili, confrontabili e reciprocamente cooptabili. Una configurazione appresa o costruita in un sistema di rappresentazione poteva essere poi, sensatamente, trasferita, trasformata e rifunzionalizzata in un altro.

Insomma, i saggi di quel «XY» 17 (2026) indicavano nella nozione di “exattamento artificiale” uno dei principi che avrebbero fatto funzionare il Disegno Artificiale. In quest’agosto 2051 potrai serenamente valutare se quelli furono tentativi ancora incerti, talvolta azzardati, se non velleitari o imbroglianti. Quantomeno “azzardata” era certamente anche la scelta di affidare una tesi scientifica a un testo patentemente finzionale, epistolare, che usava il futuro per rendere riconoscibili alcune *ad-aptae possibilitates* che quel presente già conteneva: questo.

1. On the taxonomy of literary images of achronic dysfunctionality, see Francesco Orlando (ORLANDO 1993).
2. Friedrich Wilhelm Nietzsche, *Frammenti postumi*, Spring 1880, 2(29). <https://www.nietzschesource.org/eKGWB/NF-1880,2> (last access 1/10/2026).
3. Heterogenesis is a paradigm of morphodynamic modelling in which forms do not merely evolve within a predetermined space of possibilities; the differential operators that generate both the forms and that very space of possibilities are themselves recombined (SARTI, CITTI, PIOTROWSKI 2022).
4. On the development of AI and the structure of the relations of production, see Matteo Pasquinelli's reconstruction (PASQUINELLI 2023).
5. In 2026, the ILO chiefly predicted a transformation of tasks rather than the disappearance of jobs; UNESCO and the OECD (CALVINO, REIJERINK, SAMEK 2025) recorded genuine risks of income loss, occupational displacement and weakened professional autonomy.
6. The introduction of the notion of 'exaptation' into Italian design culture may be dated to the first publication of Gould and Vrba's seminal studies (GOULD, VRBA 1982). Telmo Pievani reconstructed the history of the concept (PIEVANI 2008), which he had already analysed much earlier (PIEVANI 2004); he subsequently articulated its epistemological scope (PIEVANI 2009) and addressed the operationalisation of exaptation, including the possibility of empirically distinguishing 'ad-aptive' from 'ex-aptive' hypotheses (PIEVANI, SERRELLI 2011).
7. The pandemic of 2020 revealed the lightning speed of artificial exaptation. Entire hospitals, schools and other facilities were adapted for care and quarantine, while remote work and teaching rapidly extended functions that were already technically possible but not yet ordinary (WORLD HEALTH ORGANIZATION 2020).
8. Between 2007 and 2013, there is an initial series of studies by de Rubertis in this direction: *L'evoluzione del fondovalle* (Officina Edizioni, 2007), *La città mutante. Indizi di evolucionismo in architettura* (FrancoAngeli, 2008), *Morfologie evolutive dell'architettura* (Artegrafica, 2010) and, finally, the programmatic title *Darwin architetto. L'evoluzione in architettura e oltre* (ESA, 2012). For a fuller account, one should perhaps also mention his contemporary contributions to debates at the conferences of the Unione Italiana Disegno.
9. The distinction between '[ad]-aptation' and '[ex]-aptation' in the original definition lies in the fact that: "Adaptations have functions;

- exaptations have effects" (GOULD, VRBA 1982: 6). A 'function' is not just any useful effect produced by a form. An 'effect' is what a structure can presently do; to call it a 'function', by contrast, requires a historical-evolutionary explanation – an account of what that structure was selected for.
10. In the first chapter of *Candide* (VOLTAIRE 1759), Pangloss maintains that "the nose was made to bear spectacles". It should be clear that to deduce the genesis of a form from its present utility is like saying that "the nose has the function of supporting spectacles", ignoring the fact that spectacles did not exist during the nose's phylogenetic evolution.
11. Hjelmslev reduces the identification of the structure of every language (including non-linguistic ones) to five conditions: 1) the distinction between the two planes of expression and content [E/C]; 2) the distinction between the two axes of process (the realised concatenation) and system (the virtual repertoire of possibilities); 3) the possibility of establishing, by commutation and permutation, which variations are pertinent on the two planes; 4) the existence of determinate relations of governance and coordination among units; and 5) the conformal or non-conformal character of the correspondence between expression and content. The first two features thus define the architecture of the semiotic system, while the remaining three permit its empirical analysis and classification (HJELMSLEV, WEWER, LÉONARD, CANGER 1971: 175-227).
12. In the *Cours de linguistique générale*, Ferdinand de Saussure distinguished two simultaneous modes of existence in which every element of signification (S/s) may be considered: on the one hand, the relations we would call 'syntagmatic', linking it *in praesentia* to the other elements actually concatenated in the act of *parole*; on the other, associative – or paradigmatic – relations, correlating it *in absentia* with the alternative elements virtually available within the subject's competence in *langue*.
13. Hjelmslev formalised the double articulation (*parole/langue*, psychologically analogous to 'performance/competence') by distinguishing it as 'process' and 'system'. In the process, co-present elements are connected by 'relations' (this and that – and that); in the system, each element is instead linked by 'correlations' (either this – or that) to the other elements that might replace it. The two dimensions therefore do not describe separate realities, but two mutually presupposed aspects of the same configuration. I argue that it is this double perspective that matters to a theory of exaptation: a structure

- may remain materially recognisable and yet, by entering a different concatenation of relations or being actualised in place of other possibilities, acquire a new functional value.
14. Agricultural uses of drones (crop monitoring, the detection of water stress and plant disease, pest control, sowing and risk management) were already documented by the FAO and ITU before 2020. The FAO (SYLVESTER 2018) also documents the use of drones to release antagonistic organisms for biological control. Pre-war thermal cameras could already detect fires, energy losses and plant diseases (CHEN, HOPKINS, WANG et al. 2022).
15. The North Atlantic Treaty Organization – NATO describes the war in Ukraine caused by the Russian invasion at dawn on 24 February 2022 as an environment of continuous innovation (NATO 2025); the European Defence Agency had already treated UAS as a paradigmatic case of interaction between civilian and military technologies.
16. On the development of 'serendipity' as a heuristic principle of the technosciences, see, for example, the project *Serendipity In Research and Innovation* – SIRI, funded by the European Research Council (Grant Agreement No. 759897, 2018-2024). It studied the production of unexpected and valuable results, together with the limits and possibilities of institutionally directing research.
17. For some conclusions of the SIRI research, see Coburn, Yaqub, Ràfols, Chataway 2024.
18. For Simondon, a *lignée technique* is not a succession of objects intended for the same use. Technical kinship depends instead upon the continuity and transformation of the same operational schema. Each generation inherits an operative structure from the preceding one and opens it to further developments (BONTEMS 2018).
19. This observation, among Simondon's other celebrated examples, also appears in his fundamental 'letter' on techno-aesthetics (SIMONDON 1992).
20. This began with the fruitful use of pattern-recognition software designed for histopathology but exapted for the attributional expertise of works of art: see, for example, software capable of distinguishing authentic Jackson Pollock drip paintings (SHAMIR 2015).
21. The 'prophecy of the pictorial style of the future' has generated an extensive literature; here I refer to a single contribution (LISI, MALEKZADEH, HADDADI et al. 2020).
22. For a reconstruction of the last documented configuration of Aby Warburg's celebrated *Mnemosyne* atlas, see Warnke, Birnk 2000.

1. Sulla tassonomia delle immagini letterarie della disfunzionalità acronica cfr. Francesco Orlando (ORLANDO 1993).
2. Friedrich Wilhelm Nietzsche, *Frammenti postumi*, primavera 1880, 2(29). <https://www.nietzschesource.org/eKGWB/NF-1880,2> (ultima consultazione 1/10/2026).
3. L'eterogenesi è un paradigma di modellizzazione morfodinamica nel quale non evolvono soltanto le forme entro uno spazio di possibilità prestabilito, ma si ricombinano anche gli operatori differenziali che generano, insieme alle forme, lo stesso spazio delle possibilità (SARTI, CITTI, PIOTROWSKI 2022).
4. Sugli sviluppi dell'AI e la struttura dei rapporti di produzione cfr. la ricostruzione di Matteo Pasquinelli (PASQUINELLI 2023).
5. Nel 2026 l'ILO prevedeva soprattutto una trasformazione delle mansioni, non la scomparsa dei lavori; UNESCO e OECD (CALVINO, REIJERINK, SAMEK 2025) registravano rischi reali di perdita di reddito, spostamento occupazionale e indebolimento dell'autonomia professionale.
6. L'introduzione della nozione di *exaptation* nella cultura progettuale italiana daterebbe con la prima edizione dei due saggi seminali di Gould e Vrba (GOULD, VRBA 1982); Telmo Pievani ricostruisce la storia del concetto (PIEVANI 2008), che aveva analizzato ben prima (PIEVANI 2004) e di cui articolerà la portata epistemologica poco dopo (PIEVANI 2009), affrontando l'operazionalizzazione dell'*exaptation* con la possibilità di distinguere empiricamente ipotesi "ad-attative" ed "es-attive" (PIEVANI, SERRELLI 2011).
7. Durante la pandemia del 2020 si sono rivelati i tempi fulminei dell'exattamento artificiale. Furono adattati interi ospedali, scuole e altre strutture per l'assistenza e la quarantena, mentre il lavoro e l'insegnamento a distanza estesero rapidamente funzioni già tecnicamente possibili ma non ancora ordinarie (WORLD HEALTH ORGANIZATION 2020).
8. Tra il 2007 e il 2013 si ha una prima sequenza di studi di de Rubertis in questa direzione: *L'evoluzione del fondovalle* (Officina Edizioni, 2007), *La città mutante. Indizi di evolucionismo in architettura* (FrancoAngeli, 2008), *Morfologie evolutive dell'architettura* (Artegrafica, 2010) e, infine, il titolo programmatico *Darwin architetto. L'evoluzione in architettura e oltre* (ESA, 2012). Forse, per un quadro più completo, servirebbe menzionare i contributi coevi dell'autore ai dibattiti dei convegni dell'Unione Italiana Disegno.
9. La distinzione tra "[ad]-attamento" ed "[es]-attamento" nella definizione originaria è nel

- fatto che: «Gli adattamenti hanno funzioni; le *exaptation* hanno effetti» (GOULD, VRBA 1982: 6). Una "funzione" non è un qualsiasi effetto utile prodotto da una forma. "Effetto" è ciò che una struttura può fare attualmente; invece, per dire che si tratta di "funzione" bisogna dare una spiegazione storico-evolutiva: indicare ciò per cui quella struttura è stata selezionata.
10. Nel primo capitolo del *Candide* (VOLTAIRE 1759), Pangloss ritiene che "il naso è stato fatto per portare gli occhiali". Sarà evidente che dedurre la genesi di una forma dalla sua utilità presente è come dire che "il naso ha la funzione di sostenere gli occhiali", ignorando che gli occhiali non esistevano durante l'evoluzione filogenetica del naso.
11. Hjelmslev riconduce l'identificazione della struttura di ogni linguaggio (anche non linguistico) a cinque condizioni: 1) la distinzione dei due piani dell'espressione e del contenuto [E/C]; 2) la distinzione dei due assi del processo (la concatenazione realizzata) e del sistema (il repertorio virtuale delle possibilità); 3) la possibilità di stabilire, mediante commutazione e permutazione, quali variazioni siano pertinenti nei due piani; 4) l'esistenza di relazioni determinate di reggenza e coordinazione fra le unità; 5) il carattere conforme o non conforme della corrispondenza fra espressione e contenuto. I primi due tratti definiscono così l'architettura del sistema semiotico, mentre i tre successivi ne permettono l'analisi empirica e la classificazione (HJELMSLEV, WEWER, LÉONARD, CANGER 1971: 175-227).
12. Nel *Cours de linguistique générale*, Ferdinand de Saussure distingueva due modi di esistere simultanei di considerare ogni elemento di significazione (S/s): da un lato i rapporti che diremmo "sintagmatici", che lo legano *in praesentia* agli altri elementi effettivamente concatenati nell'atto di *parole*; dall'altro lato i rapporti associativi – paradigmatici – che lo correlano *in absentia* agli elementi alternativi disponibili, virtualmente, nella competenza soggettiva della *langue*.
13. Hjelmslev formalizzò la duplice articolazione (*parole/langue*, psicologicamente analoga a "performance/competenza") distinguendola come "processo" e "sistema". Nel processo gli elementi co-presenti sono connessi da "relazioni" (questo e quell'altro – e quell'altro); nel sistema ciascun elemento invece è legato da "correlazioni" (o questo – o quello) agli altri elementi che potrebbero sostituirlo. Le due dimensioni non descrivono dunque realtà separate, ma due aspetti reciprocamente presupposti della medesima configurazione. Sostengo che è questa duplice prospettiva che interessa una teoria dell'*exaptation*: una

- struttura può conservarsi materialmente riconoscibile e tuttavia, entrando in una diversa concatenazione di relazioni o venendo attualizzata in luogo di altre possibilità, acquistare un valore funzionale nuovo.
14. Gli impieghi agricoli dei droni (monitoraggio delle colture, individuazione di stress idrico e fitopatologie, controllo dei parassiti, semina e gestione dei rischi) erano già documentati dalla FAO e dall'ITU prima del 2020. La FAO (SYLVESTER 2018) documenta anche l'impiego di droni per liberare organismi antagonisti nel controllo biologico. Le camere termiche prebelliche sapevano già riconoscere gli incendi, le dispersioni energetiche o le malattie delle piante (CHEN, HOPKINS, WANG et al. 2022).
15. La North Atlantic Treaty Organization – NATO descrive la guerra in Ucraina, causata dall'invasione russa all'alba del 24 febbraio 2022, come un ambiente di innovazione continua (NATO 2025); l'Agenzia europea per la difesa considerava già gli UAS un caso paradigmatico di interazione fra tecnologie civili e militari.
16. Sullo sviluppo del concetto di "serendipità" come principio euristico delle tecnoscienze, vedi per es. il progetto *Serendipity In Research and Innovation* – SIRI finanziato dall'European Research Council (Grant Agreement n. 759897, 2018-2024) che studiava la produzione di risultati inattesi e di valore, nonché i limiti e le possibilità di orientare istituzionalmente la ricerca.
17. Su alcune conclusioni della ricerca SIRI cfr. Coburn, Yaqub, Ràfols, Chataway 2024.
18. Una *lignée technique* non è per Simondon la successione di oggetti destinati allo stesso uso. La parentela tecnica dipende invece dalla continuità e dalla trasformazione di uno stesso schema di funzionamento. Ogni generazione eredita dalla precedente una struttura operativa e ne dischiude ulteriori sviluppi (BONTEMS 2018).
19. L'osservazione è, tra altri celebri esempi di Simondon, anche nella sua fondamentale "lettera" sulla tecno-estetica (SIMONDON 1992).
20. Si trattò inizialmente del fruttuoso impiego di software di *pattern recognition* concepiti per istopatologia, ma esattati per l'*expertise* attributivo di opere d'arte: cfr. per esempio i software in grado di discriminare veri dipinti in *dripping* di Jackson Pollock (SHAMIR 2015).
21. Il tema della "profezia dello stile pittorico del futuro" ha avuto una vasta letteratura; qui mi riferisco a un solo contributo (LISI, MALEKZADEH, HADDADI et al. 2020).
22. Per una ricostruzione dell'ultima configurazione documentata del celebre atlante *Mnemosyne* di Aby Warburg, cfr. Warnke, Brink 2000.

References / Bibliografia

ARNOLD E.N. (1994), *Investigating the Origins of Performance Advantage: Adaptation, Exaptation and Lineage Effects*, in EGGLETON P., VANE-WRIGHT R.I., eds, *Phylogenetics and Ecology*, «Linnean Society Symposium Series», 17, pp. 123-168.

BONTEMS V. (2018), *Sur la classification des objets techniques selon Simondon*, «Artefact. Techniques, histoire et sciences humaines », 3, pp. 183-198. DOI: <https://doi.org/10.4000/artefact.8270>.

CALVINO F., REIJERINK J., SAMEK L. (2025), *The Effects of Generative AI on Productivity, Innovation and Entrepreneurship*, «OECD Artificial Intelligence Papers», 39. DOI: <https://doi.org/10.1787/b21df222-en>.

CHEN X., HOPKINS B., WANG H. et al. (2022), *Wildland Fire Detection and Monitoring Using a Drone-Collected RGB/IR Image Dataset*, «IEEE Access», 10, pp. 121301-121317. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9953997> (last access 28/8/2026).

COBURN J., YAQUB O., RÄFOLS I., CHATAWAY J. (2024), *Cross-Disease Spillover from Research Funding: Evidence from Four Diseases*, «Social Science & Medicine», 349, p. 116883. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2024.116883>.

CRAWFORD K. (2022), *Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence*, New Haven-London, Yale University Press.

DAWKINS R. (1976), *The Selfish Gene*, Oxford University Press.

DAWKINS R. (1983), *Universal Darwinism*, in BENDALL D.S., ed., *Evolution from Molecules to Men*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 403-425.

DE RUBERTIS R. (2008), *La città mutante. Indizi di evoluzionismo in architettura*, Milano, Franco Angeli.

DE RUBERTIS R. (2012), *Darwin architetto: l'evoluzione in architettura e oltre*, Torre del Greco, Edizioni scientifiche e artistiche.

GAY F. (2008), *Architettura e le Arti: verso una genetica degli artefatti*, in *L'architettura e le sue declinazioni*, Verona, Iper-Edizioni, pp. 85-92.

GAY F. (2011), *Necessità dell'ornamento: retorica e Storia Naturale dell'architettura*, in MIGLIORE T., a cura di, *Retorica del visibile: strategie dell'immagine tra significazione e comunicazione*, Roma, Aracne Editrice, 3, pp. 381-394.

GAY F., CAZZARO I. (2024), *Environmental Affordances: Some Meetings between Artificial Aesthetics and Interior Design Theory*, in ZANELLA F. et al., eds, *Multidisciplinary Aspects of Design*, International Conference Design! OPEN 2022 (5-6 May 2022, Parma), Cham, Springer (“Springer Series in Design and Innovation”, 37), pp. 354-364. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-49811-4_34.

GOULD S.J. (1997), *Evolution: The Pleasures of Pluralism*, «The New York Review of Books», 44, 11, pp. 47-52.

GOULD S.J., VRBA E.S. (1982), *Exaptation – a Missing Term in the Science of Form*, «Paleobiology», 8. <https://explore.openaire.eu/search/publication?pid=10.1017%2Fs0094837300004310> (last access 30/7/2026).

HADJADJI N., TESQUET O. (2025), *Apocalypse nerd : comment les technofascistes ont pris le pouvoir / Nastasia Hadjadji et Olivier Tesquet*, Paris, Éditions Divergences.

HJELMSLEV L., WEWER A., LÉONARD A.-M., CANGER U. (1971), *Prolégomènes à une théorie du langage ; suivi de La structure fondamentale du langage*, Paris, Éditions de Minuit (“Arguments”).

JAKOBSON R., HALLE M. (1956), *Fundamentals of Language*, Den Haag (’s-Gravenhage), Mouton & Co. <http://archive.org/details/fundamentalsofla00jako> (last access 23/8/2026).

LASS R. (1990), *How to Do Things with Junk: Exaptation in Language Evolution*, «Journal of Linguistics», 26, 1, pp. 79-102. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022226700014432>.

LISI E., MALEKZADEH M., HADDADI H., LAU F.D.-H., FLAXMAN S. (2020), *Modelling and Forecasting Art Movements with CGANs*, «Royal Society Open Science», 7, 4, p. 191569. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.191569>.

MARX K. (1859), *Prefazione*, in *Per la critica dell'economia politica*, Edizioni Rinascita. <https://www.marxists.org/italiano/marx-engels/1859/criticaep/> (ultima consultazione 26/8/2026).

MELIS A., MEDA B., PIEVANI T. (2021), *Comunità resilienti*, catalogo del *Padiglione Italia* della Biennale Architettura 2021 (Venezia, Arsenale, 22 maggio - 21 novembre 2021), Roma, D Editore.

MELIS A., PIEVANI T. (2022), *Exaptation as a Design Strategy for Resilient Communities*, in REZAEI N., ed., *Transdisciplinarity*, Cham, Springer International Publishing, pp. 307-327. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94651-7_15.

MELIS A., PIEVANI T., LARA-HERNANDEZ J.A. (2024), *Architectural Exaptation: When Function Follows Form*, Abingdon, Oxon, Routledge.

MERCHANT B. (2017), *The One Device: The Secret History of the iPhone*, London, Bantam Press.

NATO (2025), *Drones – Lessons from Ukraine*. <https://www.nato.int/en/multimedia/multimedia/videos/2025/10/03/drones-lessons-from-ukraine> (last access 29/7/2026).

ORLANDO F. (1993), *Gli oggetti desueti nelle immagini della letteratura: rovine, reliquie, rarità, robaccia, luoghi inabitati e tesori nascosti*, Torino, Einaudi.

PASQUINELLI M. (2023), *The Eye of the Master: A Social History of Artificial Intelligence*, London, Verso.

PIEVANI T. (2002), *Rhapsodic Evolution: Essay on Exaptation and Evolutionary Pluralism*, «World Futures», 59, 2, pp. 63-81. DOI: <https://doi.org/10.1080/02604020216077>.

PIEVANI T. (2004), *Exaptation: la biologia dell'imprevedibile. Un approccio costruttivista all'idea di “adattamento”*, in BARBETTA P., CAPARARO M., PIEVANI T., a cura di, *Sotto il velo della normalità*, Roma, Meltemi, pp. 13-141.

PIEVANI T. (2008), *Exaptation. Storia di un concetto*, in GOULD J.S., VRBA E.S., *Exaptation. Il bricolage dell'evoluzione*, Torino, Bollati Boringhieri, pp. 105-130.

PIEVANI T. (2009), *Exaptation: la logica evolutiva del vivente tra funzioni e strutture*, «Discipline filosofiche», XIX, 1, pp. 137-152. DOI: <https://doi.org/10.1400/179524>.

PIEVANI T., SERRELLI E. (2011), *Exaptation in Human Evolution. How to Test Adaptive vs. Exaptive Evolutionary Hypotheses*, «Journal of Anthropological Sciences - JASS», 89, pp. 9-23. DOI: 10.4436/jass.89015.

SARTI A., CITTI G., PIOTROWSKI D. (2022), *Differential Heterogenesis: Mutant Forms, Sensitive Bodies*, Cham, Springer International Publishing (“Lecture Notes in Morphogenesis”). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-97797-9>.

SHAMIR L. (2015), *What Makes a Pollock Pollock: A Machine Vision Approach*, «International Journal of Arts and Technology», 8, 1, pp. 1-10.

SIMONDON G. (1958), *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Éditions Aubier.

SIMONDON G. (1992), *Sur la techno-esthétique et Réflexions préalables à une refonte de l'enseignement*, «Les papiers du Collège international de philosophie», 12.

SIMONDON G. (2005), *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*, Grenoble, Editions Jérôme Millon.

SYLVESTER G. (2018), *E-Agriculture in Action: Drones for Agriculture*, FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i8494en> (last access 29/7/2026).

VOLTAIRE (1759), *Candide, ou L'optimisme, traduit de l'allemand de M. le docteur Ralph*, Genève, Cramer. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1057560q> (ultima consultazione 21/8/2026).

WARNKE M., BRINK C. (2000), *Aby Warburg. Der Bilderatlas Mnemosyne*, Berlin, Akademie Verlag.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (2020), *Strengthening Preparedness for COVID-19 in Cities and Urban Settings: Interim Guidance for Local Authorities*, World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/331896> (last access 3/10/2026).