

## A PROPOSITO DI VIRTUAL ARCHAEOLOGY: DISORDINI, INTERAZIONI COGNITIVE E VIRTUALITÀ

*...Non basta parlare del principio su cui una tecnica si costituisce e si sviluppa, occorre parlare del modo in cui questo principio si articola concretamente e dinamicamente, nel rapporto tra gli attori umani e gli attori macchinici, nel rapporto tra segni ed interpretazione, nel rapporto tra ambiente in cui si costituisce l'attività di cognizione e di linguaggio e di creazione, e la produzione di senso, la proiezione sociale del mondo.*

P. LEVY, *Le tecnologie dell'intelligenza*, 1992

### 1. INTRODUZIONE

«Nessuna delle scienze esistenti si occupa oggi espressamente della combinazione di informazioni... il processo evolutivo deve dipendere da doppi incrementi di informazione (*più sorgenti di informazione si combinano per generare informazione di tipo diverso da quella che si trovava in ciascuna sorgente presa da sola*). Ogni passo dell'evoluzione è un'aggiunta di informazioni a un sistema già esistente» (BATESON 1984, 38). La tesi di Bateson è che «pensare a molti problemi di ordine e disordine nell'universo biologico sia possibile e proficuo» e che «ogni comunicazione ha bisogno di un contesto, che senza contesto non c'è significato, che i contesti conferiscono significato perché c'è una classificazione dei contesti». In altri termini le cose si dovrebbero definire non mediante ciò che si suppone che siano, ma mediante le relazioni e interazioni con le altre cose.

Credo che la discussione di queste premesse sia essenziale per comprendere la vasta portata della definizione di "virtuale", di virtualizzazione dell'informazione e, in definitiva, di *Virtual Archaeology*, intesa anche come proprietà creativa di classificazione sperimentale di nuovi contesti, attraverso interazioni cognitive e connettive (o inter-connettive, volte alla comprensione del tutto attraverso le relazioni-interazioni fra le parti). L'archeologia non è forse scienza "in potenza" proprio perché volta alla ricostruzione virtuale e non attuale dell'antico a partire dalla connettività dei reperti materiali e dei contesti?

Ma che cosa è effettivamente la *Virtual Archaeology-Archeologia Virtuale* (REILLY 1990; FORTE 1996, 1996a; BARCELÓ, FORTE, SANDERS 2000; FORTE 2000) (d'ora in poi abbreviata in VA)? Che cosa è il "virtuale"? In senso logico-ontologico, come traduzione del greco *dunaton*, è «ciò che è in potenza» (Aristotele, *Analitici primi*); infatti nella filosofia aristotelica è ciò che esiste in potenza e non in atto. Secondo Levy è la «trasformazione da una modalità dell'essere a un'altra... uno dei possibili modi di essere, in con-

	<b>Definizione</b>	<b>Esempi</b>
<i>Virtuale in senso comune</i>	Falso, illusorio, irreal, immaginario, possibile	
<i>Virtuale in senso filosofico</i>	Esiste in potenza e non in atto, esiste senza essere qui	L'albero del seme (per opposizione all'attualità di un albero effettivamente cresciuto).
<i>Mondo virtuale nel senso della calcolabilità informatica</i>	Universo di possibili calcolabile a partire da un modello digitale e dagli input forniti dall'utente	Insieme dei messaggi che possono essere emessi rispettivamente da: – programmi per la scrittura, il disegno o la musica; – sistemi ipertestuali; – database; – sistemi esperti; – simulazioni interattive, ecc.
<i>Mondo virtuale nel senso del dispositivo informativo</i>	Il messaggio è uno spazio di interazione per prossimità nel quale l'esploratore può controllare direttamente il suo rappresentante	– carte dinamiche dei dati che presentano l'informazione in funzione del "punto di vista", della posizione o della storia dell'esploratore; – giochi di ruolo in rete; – videogiochi; – simulatori di volo; – realtà virtuali, ecc.
<i>Mondo virtuale in senso tecnologico ristretto</i>	Illusione di interazione sensorimotoria con un modello informatico	Utilizzazione di occhiali stereoscopici, di guanti o di tute per visitare monumenti ricostruiti o per prepararsi a effettuare operazioni chirurgiche, ecc.

Tab. 1 – I diversi sensi del virtuale dal più debole al più forte, da LEVY 1999, 75.

trapposizione non alla *realtà* ma all'*attualità*... Il virtuale tende ad attualizzarsi, senza essere tuttavia passato a una concretizzazione effettiva o formale... virtualità e attualità sono solo due diversi modi di essere» (LEVY 1997). «Il virtuale sta a monte della concretizzazione effettiva o formale» (LEVY 1999); l'informazione digitale (binaria) può essere definita virtuale, proprio perché è inaccessibile in quanto tale (LEVY 1999; Tab. 1).

In una fase di grande evoluzione tecnologico-digitale che attraversa tutti gli ambiti scientifici, e non solo, è infatti quanto mai importante cercare di decifrare, monitorare e descrivere criticamente lo stato dell'arte, con particolare riguardo per quei settori interdisciplinari che contraddistinguono le fasi più avanzate della ricerca del nuovo secolo. Il grande impatto comunicativo e sperimentale che di per sé offre l'archeologia viene ulteriormente accresciuto dalle possibili interfacce digitali e dalla intelligibilità che queste restituiscono anche ben oltre lo spazio esiguo delle comunità scientifiche.

Durante il CAA'98 (*Computer Applications in Archaeology*), a Barcellona, è stata dedicata un'intera sessione congressuale e un festival cinematografico-digitale sull'argomento, con grande partecipazione anche di pubblico non specializzato. Basta vedere, poi, un motore di ricerca come Altavista in grado di trovare centinaia di pagine (e chissà quante altre quando uscirà a stampa questo articolo) relative a queste parole chiave (cfr. ad esempio <http://www.ukans.edu/~hoopes/virtual.htm>) per capire quanti progetti e applicazioni siano dedicati in varia misura alla ricostruzione virtuale del mondo antico, anche se con procedure applicative e risultati molto diversi. Pertanto, considerando queste premesse, e quanto diremo in seguito, possiamo defini-

re *Virtual Archaeology* l'archeologia "digitale ricostruttiva", epistemologia computazionale volta alla ricostruzione di ecosistemi archeologici tridimensionali, ecologia cognitiva, dunque (LEVY 1992, 1996). L'aspetto epistemologico è determinante nella valutazione dei processi computazionali e, congiuntamente, nell'attività archeologica: all'elaborazione in uscita si deve attribuire un incremento cognitivo rispetto ai dati in ingresso (realtà "incrementata"): il contesto è cognitivamente maggiore della somma delle sue componenti e dobbiamo identificare in senso strutturalista l'ambito della VA.

Pertanto nella valutazione delle applicazioni di VA è fondamentale la commensurabilità epistemologica; se ci priviamo infatti della facoltà di "misurare" la qualità cognitiva dei modelli si corre il rischio di destrutturare completamente l'informazione rispetto al contesto. Facciamo un esempio: durante il SIGGRAPH '99 (Congresso ed esposizione mondiale di computer grafica tenutosi a Los Angeles nel 1999), uno spazio espositivo della Silicon Graphics per applicazioni di realtà virtuale immersiva era dedicato a un progetto di ricostruzione virtuale dei Fori Imperiali. I modelli erano errati nella riproduzione in scala e riportavano diverse fasi edilizie indistintamente; in assenza di strumenti di navigazione adeguati, di mappe cognitive (cartografia computazionale) di navigazione e di appropriati strumenti ipermediali, era quasi impossibile, anche per un archeologo classico, orientarsi negli spazi tridimensionali; quindi in questo caso la ricostruzione virtuale allontanava l'utente dalla memoria rappresentativa del contesto (i Fori), ostacolando qualunque tipo di alfabetizzazione. In definitiva potremmo dire che l'applicazione, intesa come sola finalità di esercizio tecnologico, ha comportato una completa deterritorializzazione cognitiva dell'utente, senza orientamento e alcun incremento dell'informazione, anzi con un impoverimento della stessa.

Da qui risulta evidente che lo spazio virtuale, nella dimensione archeologica, deve essere contestualizzato e ristrutturato gerarchicamente in modo da permettere di identificare nella geometria dei modelli le unità logiche dell'informazione; teoricamente si dovrebbe "smontare" e "rimontare" il contesto per verificarne appieno l'impianto geometrico e funzionale.

Le parole chiave potrebbero essere "3D", "interazione", "modelli virtuali", vedremo poi in seguito con quali ulteriori variabili. Più specificatamente esistono due macro-classi di applicazioni a cui fare riferimento: la computer grafica (rendering fotorealistico senza interattività con i modelli) e la realtà virtuale e relative variabili (navigazione in real time). La prima classe include i filmati di sintesi con algoritmi (Raytracing, Gouraud, Radiosity) che incrementano il grado di fotorealismo ma aumentano anche i tempi di calcolo, la seconda invece racchiude tutte le applicazioni interattive di tipo immersivo (a vari stadi) – *flythrough*, con movimento guidato dall'utente in tempo reale sia off line che on line (ad esempio il VRML in Internet). Nel primo caso, anche se con tempi di rendering molto lunghi, si potrà operare anche

con PC o macchine medio-piccole (il calcolo sarà sempre *frame by frame*), nel secondo caso però il rendering non potrà essere completamente fotorealistico come nel primo, ma per avere un real time, sarà necessario avere una macchina con ottime performance grafiche e un elevato potere di calcolo.

Gli algoritmi più utilizzati dagli acceleratori grafici sono il Gourad e il Phong; il Raytracing è troppo impegnativo per essere utilizzato in applicazioni in tempo reale (18-20 frame al secondo per una visualizzazione fluida dell'animazione), e il Radiosity si utilizza soprattutto per ambientazioni statiche (necessita di un tempo di preelaborazione molto lungo). Il Gourad assegna ad ogni vertice del poligono un valore di luminosità; le informazioni per i pixel rimanenti sono prodotte dalle interpolazioni dei singoli valori di ciascun vertice: il risultato è caratterizzato da sfumature molto morbide, soprattutto su superfici curve. Il Phong, oltre alla interpolazione tra vertice e vertice, immette nel calcolo anche la luce incidente, rappresentando la riflessione sulle superfici in modo molto realistico; non è possibile calcolare un'immagine riflessa con questo metodo (ad esempio il riflesso di un oggetto su una superficie d'acqua), ma si può simulare utilizzando apposite mappe (*reflection mapping*), dando un'impressione di realismo ancora più accentuata.

Negli anni '90 possiamo dire che la maggior parte delle applicazioni di VA si sono indirizzate alla computer grafica, mentre risultano più episodiche le realizzazioni di realtà virtuale, queste ultime quasi tutte concentrate su workstation di fascia alta. Ad esempio le ricostruzioni della tomba di Nefertari (Tav. XII, a), del Colosseo (Fig. 1) e della Basilica di San Pietro (Tav. XII, b) sono state realizzate da Infobyte su ONYX 2 Silicon Graphics, mentre la grotta di Lascaux (Fig. 2) è stata realizzata da B. Britton su stazioni Intergraph (personal workstation). È evidente pertanto che il notevole incremento di potenza dei Personal Computer e il basso costo delle macchine ha ottenuto, negli ultimi due-tre anni un doppio effetto: maggiore sviluppo delle applicazioni e, soprattutto, partecipazione attiva (anche se ancora troppo sporadica) degli archeologi in qualità di utenti-sviluppatori. Di grande interesse sarà anche seguire gli sviluppi delle applicazioni on line in Internet, anche perché è su questo territorio digitale che la realtà virtuale troverà una distribuzione capillare con visibilità ed effettivo scambio delle informazioni.

Ma al di là della soggettività delle definizioni l'analisi dello stato dell'arte ci restituisce un incremento davvero considerevole dei casi di studio e delle applicazioni, con l'effetto, forse impreveduto, di essere passati repentinamente da una fase pionieristica, in cui tutto faceva clamore, a una fase di assuefazione o meglio di decantazione tecnologica e di contenuti. A questa assuefazione non positiva ha poi contribuito, a mio parere, un inadeguato livello comunicativo-cognitivo delle applicazioni e, in modo ancora più marcato, la mancanza di veri e propri progetti archeologici a monte delle realizzazioni informatiche. È opportuno infatti riconoscere che la maggior parte

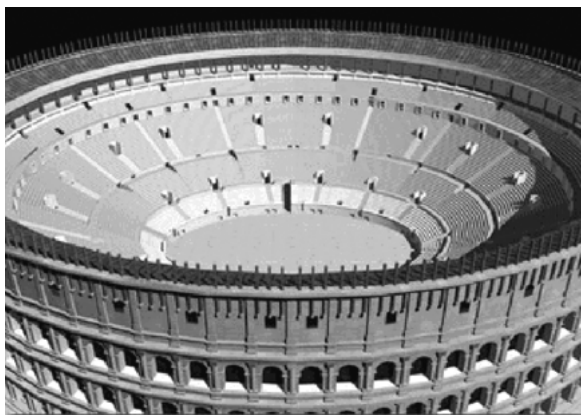


Fig. 1 – Ricostruzione virtuale del Colosseo (Infobyte).



Fig. 2 – Ricostruzione virtuale della grotta preistorica di Lascaux (B. Britton).

delle applicazioni di VA sviluppate sino ad oggi non hanno “contenuti” archeologici di rilievo, né, come si converrebbe, rispondono a domande precise, galleggiando in un ambito genericamente divulgativo e multimediale, oppure con precisi intenti di esercitazione tecnologica o di spettacolarizzazione del tutto separata dal contesto della ricerca e dalla esegesi dei dati. Lacune vistose sono poi rappresentate dal fatto che i modelli non sono “trasparenti” rispetto all’informazione di origine (*come erano i dati da cui si è partiti?*) e che si è scelta quasi sempre la strada perentoria dell’“unica ricostruzione” senza offrire percorsi alternativi (*poteva essere così, ma possiamo proporre anche altri modelli...*).

Al riguardo è verosimile ritenere che le troppe occasioni mancate dalla VA siano da attribuire alla netta e talora incomunicabile separazione di competenze fra archeologi e informatici o modellisti e dall'inesistenza di figure interdisciplinari di raccordo; gli archeologi coinvolti nei progetti non solo devono conoscere in dettaglio le tecnologie digitali, ma devono anche partecipare a tutte le fasi di elaborazione delle informazioni, a cominciare dalla progettazione e, nei casi possibili, all'acquisizione digitale dei dati sul campo. Il rischio ulteriore della VA è di sedimentarsi in percorsi evolutivi del tutto simili a quelli dell'archeologia quantitativa, cioè: «...in stretta relazione con il dibattito teorico connesso con il metodo processuale e quello post-processuale, o anti-processuale» (MOSCATI 1996; CLARKE 1998). Rispetto ai metodi della statistica quantitativa la VA deve definirsi attraverso nuovi strumenti di formalizzazione archeologica, imboccando quindi un percorso fondamentalmente cognitivista e "neutrale" rispetto alla potenza tecnologica.

Con queste considerazioni non si vogliono comunque ridimensionare i molti risultati innovativi della VA che si evidenziano particolarmente nelle analisi comparative fra reale e ricostruito, fra geometrie fisiche e modelli virtuali, perché le nuove informazioni visuali rappresentate digitalmente costituiscono comunque dei nuovi modelli cognitivi (FORTE 1996a; BARCELÓ, FORTE, SANDERS 2000; FORTE 2000).

Piuttosto è importante sottolineare le potenzialità ancora inespresse della VA in particolar modo se la ricerca si indirizzerà allo studio dei possibili modelli e processi cognitivi computazionali integrati con le istanze più avanzate della *Cognitive Archaeology* (RENFREW, ZUBROW 1994), o altrimenti dell'*Archéologie introspective* (GARDIN 1996: «...comment validons-nous reconstitutions du passé?»), definendo l'analisi di questi processi antropologici *Cognitive Virtual Archaeology*, Archeologia Virtuale Cognitiva, ecologia computazionale.

Nello stesso contesto è invece ancora tutto da verificare il contributo che potrebbero dare gli studi di intelligenza artificiale (DORAN 1996), anche se la strada degli esperimenti computazionali di vita artificiale dovrebbe fornire nei prossimi decenni nuove potenzialità applicative attraverso i cosiddetti agenti intelligenti (elementi computazionali che si sviluppano nell'ecosistema artificiale interagendo con l'ambiente).

Di seguito cercherò di soffermarmi sugli aspetti cognitivi della VA, con approfondimenti e riferimenti teoretico-filosofici (a cui devo le proficue discussioni con Roberta Beltrami, docente di filosofia) che ci permettano di valutare meglio la complessità epistemologica della virtualità e del ruolo, a mio parere tutt'altro che trascurabile, della scienza archeologica come ambito sperimentale di avanguardia, territorio di sintesi del virtuale. In questo senso decifrare il presente dal punto di vista antropologico-cognitivo credo ci fornisca nuovi e improrogabili strumenti di discussione. Devo infine un ringraziamento par-

ticolare a Juan A. Barceló per le ricerche davvero approfondite che ha potuto indirizzare allo stato dell'arte (BARCELÓ, FORTE, SANDERS 2000).

## 2. LA PSICOLOGIA DEL VEDERE

«Ciò che *vediamo* può essere assai differente da ciò che conosciamo, o in cui crediamo; con il progredire della scienza la differenza tra apparenze percepite e realtà accettate diviene sempre più grande... Ciò che maggiormente sorprende è il grande contributo dato dal cervello alla visione nel fornire un enorme valore aggiunto alle immagini che si formano negli occhi» (GREGORY 1998, 2). Le conoscenze delle facoltà percettive e dell'elaborazione visuale sono infatti determinanti per le ricostruzioni virtuali, proprio perché colori, grafica, mappature delle superfici (texturing), calcolo delle luci, struttura dei modelli, ecc., influiscono sulla qualità definitiva della ricezione o acquisizione cognitiva.

Secondo BATESON (1984, 46-47), «ricevere informazioni vuol dire sempre e necessariamente ricevere notizie di differenza, e la percezione della differenza è sempre limitata da una soglia... In qualsiasi istante, la nostra conoscenza è sempre funzione della soglia dei mezzi di percezione di cui disponiamo... La scienza non prova, esplora».

L'attività di rappresentazione del cervello e di organizzazione delle informazioni si basa sulla percezione e sulla conoscenza, regole e analogie; vediamo un esempio archeologico. La Fig. 3 mostra una planimetria archeologica raffigurante possibili buchi di palo; sulla base delle condizioni di giacitura, dei rapporti stratigrafici, di confronti tipologici, ecc., gli archeologi potrebbero suggerire interpretazioni differenti come una grande capanna rettangolare, un edificio circolare o una piccola capanna rettangolare (Fig. 4). In questo caso le regole di tipo *bottom-up* (dal basso verso l'alto) – i buchi di palo sono vicini e formano linee rette o curve arrotondate – e la conoscenza di tipo *top-down* (dall'alto verso il basso) – cioè le ipotesi preliminari sul modello di edificio – possono determinare effetti percettivi diversi, lasciando teoricamente aperte le varie ipotesi (GREGORY 1998, 19).

Sappiamo comprendere ciò che vediamo virtualmente? Siamo abituati a vedere ricostruito il mondo antico? Quanto influenza l'interpretazione la conoscenza "a priori" di pattern cognitivi (ad es. tipi, standardizzazioni o modelli archeologici)? La percezione/acquisizione cognitiva di un modello archeologico virtuale ingloba infatti sia la geometria di un possibile "reale", sia la predeterminazione interpretativa (su base empirica o teoretica): cioè il modello rappresenta sia informazioni dimensionali (ad es. altezza dei muri, pavimentazioni, ecc.), sia informazioni interpretative tipologiche (ad es. una capanna circolare, con muri in argilla cruda, più fasi costruttive, ecc.), strutturali, antropologiche (ad es. ci viveva un nucleo familiare, era destinata a riti collettivi, ecc.) o simboliche.

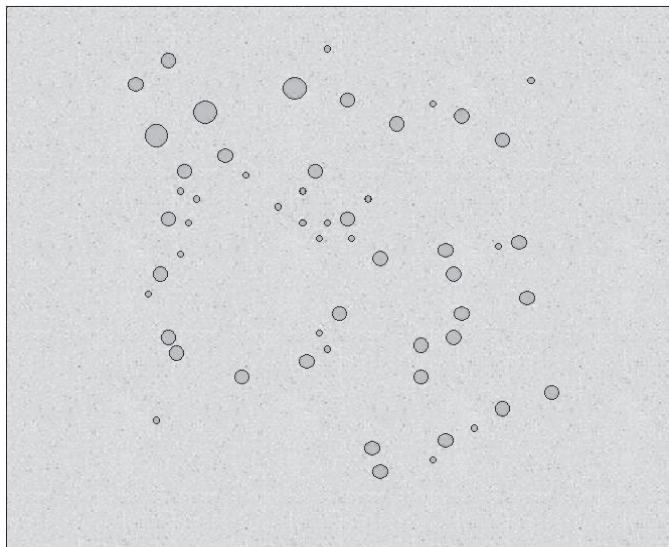


Fig. 3 – Planimetria di scavo con rilievo di buchi di palo.

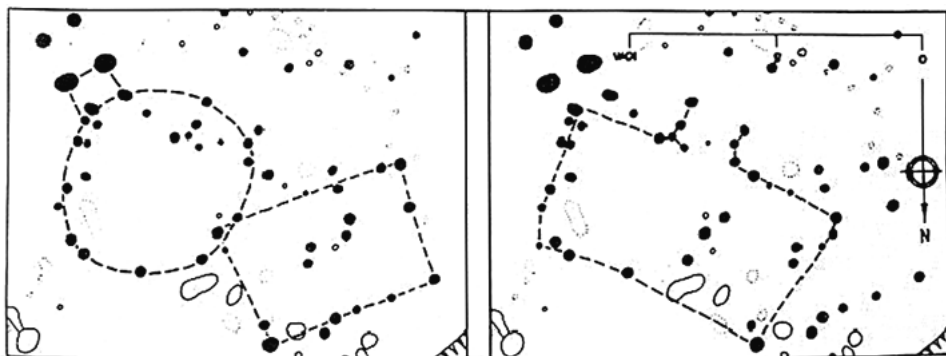


Fig. 4 – Interpretazione della planimetria di scavo (Fig. 3) sulla base di inferenze logiche diverse.

È dunque importante prevedere un'alfabetizzazione virtuale dell'informazione visuale, agevolando l'apprendimento dei modelli ricostruttivi e confrontando le interpretazioni. Nell'apprendimento dei modelli, cioè, dobbiamo imparare ad assimilarne la grammatica computazionale, in modo che la qualità della comunicazione sia garantita progressivamente a vari livelli (dal neofita allo scienziato).

L'alfabetizzazione deve procedere secondo il principio dei vasi comunicanti: imparata la grammatica l'utente assimerà il modello cognitivo nel



rispetto delle possibili interpretazioni, magari offrendo, a sua volta, altre ipotesi interpretative. Ogni applicazione di VA dovrà prevedere una mappa concettuale delle informazioni, con riportati i rapporti gerarchici, deduttivi e induttivi, orizzontali e verticali di tutte le informazioni visuali e significative nella rappresentazione. La psicologia visiva, infatti, è un aspetto importante, anche se troppe volte trascurato, del percorso ricostruttivo della VA: conoscere le proprietà della visione e della rappresentazione ci permette di creare una geometria cognitiva dei modelli, anche a prescindere dai fattori di scala e di riproduzione.

### 3. DEFINIZIONI

*Towards a virtual archaeology* è il titolo di un articolo pubblicato da Paul Reilly nel 1991, nel quale l'autore descriveva alcuni dei percorsi possibili dell'archeologia del futuro, con alcuni esempi di visualizzazione tridimensionale relativa alla ricostruzione virtuale di contesti stratigrafici. Ma la VA nasce unicamente come conseguenza dello sviluppo tecnologico digitale o integra in sé anche una propria evoluzione teoretica?

Io propendo per questa seconda ipotesi, altrimenti ci troveremmo di fronte solo a un fenomeno tecnologico, senza rilevanti ricadute a livello epistemologico. Non era forse nata anche la *New Archaeology* come riflesso sistemico della necessità di discretizzare, rielaborare e razionalizzare l'informazione archeologica? Potremmo dunque pensare alla VA come a un processo di modellazione tridimensionale dell'informazione che diventa in sintesi informazione visuale?

Questo tipo di informazione visuale ci permette di rimodellare e ampliare il campo del visibile. La necessità di virtualizzare i dati, con modellazioni sempre più avanzate, rappresenta una conseguenza "naturale" del forte incremento informativo, più dati, più elaborazioni digitali. La necessità poi di catalogare e archiviare quantità sempre più cospicue di informazioni archeologiche pone l'informatica applicata come metodologia ormai pienamente integrata nella ricerca archeologica, tant'è che parliamo ormai diffusamente di archeologia computazionale. La facoltà di rendere significativamente visualizzabile un modello archeologico diventa la silloge dell'interpretazione, la base sostanziale per descriverne il contenuto informativo per geometrie e contesto.

La possibilità poi di riprodurre virtualmente l'intera fase esplorativa, o parte di essa, e il relativo pattern-modello archeologico, diventa lo strumento cognitivo per eccellenza che ci consente di rispondere alla domanda: quanto e che cosa ricostruiamo? La qualità dei fattori psico-percettivi e rappresentativo-simbolici dipende dal livello di interattività secondo il quale si può misurare la qualità del modello.

#### 4. INTERAZIONI COGNITIVE

Il valore aggiunto di un modello virtuale è rappresentato dalla sua interazione cognitiva, regola quanto mai valida per la ricostruzione dei contesti archeologici.

“L’ambiente agisce sul sistema e il sistema a sua volta reagisce con un’emissione. Il comportamento del sistema quindi può essere considerato come l’interazione tra immissione ed emissione. Il comportamento dipende in primo luogo dalla struttura del sistema, con la quale si intende l’organizzazione dei legami tra gli elementi dello stesso.” (MALINA, VASICEK 1997, 78).

La percezione di oggetti e/o ecosistemi virtuali tridimensionali contempla diversi gradi di interattività con lo spazio virtuale (cfr. Tab. 2): qualunque fenomeno percettivo contempla un livello di interazione o meglio uno “scambio” o un’assenza di comportamenti fra attori e recettori; in questo ambito possiamo individuare principalmente due livelli di interazione in tempo reale:

- un’interazione cognitiva passiva dove la navigazione/movimento nello spazio 3D avviene senza scambio di comportamento degli oggetti (eventi). È il caso della maggior parte delle applicazioni archeologiche, dove la navigazione (tipo *walking* o *flythrough*) permette l’esplorazione passiva del modello;
- un’interazione cognitiva attiva in cui la navigazione nello spazio 3D avviene con scambio di comportamenti con l’ambiente e gli eventi. Questo tipo di interazione è praticabile solo nel caso di modelli virtuali tridimensionali e rappresenta il più avanzato livello di incremento percettivo-cognitivo (ancora raro nelle applicazioni archeologiche). Per esempio potremmo tentare di ricostruire virtualmente le fasi di scavo e di esplorazione sul terreno rimuovendo in tempo reale le unità stratigrafiche, spostando i reperti, utilizzando virtualmente la trowel, attribuendo ulteriori comportamenti anche agli oggetti virtuali della scena. Per altro l’utilizzo dei campi di forza a livello digita-

RAPPORTO COL MESSAGGIO/ DISPOSITIVO DI COMUNICAZIONE	Messaggio lineare non modificabile in tempo reale	Interruzione e riorientamento del flusso informativo in tempo reale	Coinvolgimento dei partecipanti nel messaggio
<i>Diffusione unilaterale</i>	Stampa Radio Televisione Cinema	– Database multimodali – Iperdocumenti fissi – Simulazioni senza immersione né possibilità di modificare il modello	– Videogiochi individuali – Simulazioni con immersione (simulazione di volo) senza possibilità di modificare il modello
<i>Dialogo, reciprocità</i>	Corrispondenza postale tra due persone	– Telefono – Videotelefono	Dialogo tramite mondi virtuali, cybersex
<i>Multilogia</i>	– Rete di corrispondenza – Sistemi di pubblicazioni in una comunità di ricerca – Posta elettronica – Conferenze elettroniche	– Teleconferenze o videoconferenze con molti partecipanti – Iperdocumenti aperti accessibili in rete, frutto della scrittura/lettura di una comunità – Simulazioni (con possibilità di agire sul modello) come supporto ai dibattiti di una comunità.	– Giochi di ruolo multi-utenti nel cyberspazio – Videogiochi a più partecipanti in una “realtà virtuale” – Comunicazione tramite mondi virtuali, negoziazione continua dei partecipanti sulla propria immagine e sull’immagine della situazione comune.

Tab. 2 – I vari tipi di interattività, da LEVY 1999, 83.

le ci può fare percepire con grande realismo l'effetto della nostra azione, come peso, dimensioni e spessori di un oggetto, con impensabili effetti di realismo.

Volendo procedere a una classificazione di massima delle possibili interazioni nello spazio 3D, è possibile disegnare una gerarchia computazionale così ripartita (massimo grado di interattività = 1):

- Real time 3D con rendering e texturing delle superfici (a diversi gradi di immersione) *walkthrough* (modelli 3D, VRML, OpenGL) - interattività 1.
- Real time 3D wire frame, modello trasparente, senza rendering - interattività 2.
- Real time 2D - pseudo 3D non immersive, fotografiche (panorami virtuali tipo QTVR) - interattività 3.
- Real time 2D (multimedia) - interattività 4.
- Computer grafica 3D e animazioni passive (.avi, filmati, percorsi guidati) - interattività 5.

## 5. MODELLI E RICOSTRUZIONI VIRTUALI

Perché ricostruire virtualmente? Qual è il fine della modellazione virtuale? Qual è l'incremento cognitivo in una ricostruzione virtuale in ambito archeologico?

I suddetti quesiti parrebbero semplici, ma in realtà alla base di numerosi progetti di ricostruzione queste domande non sono affatto sottese e, purtroppo, restano inesitate. Al contrario l'intero processo ricostruttivo deve farsi carico di chiarire fin dall'inizio le proprie finalità, a prescindere dal mezzo tecnologico e tenendo conto di un presupposto indispensabile: l'informazione contestuale del "ricostruito" deve superare cognitivamente la somma delle sue parti, sfruttando al massimo le potenzialità della percezione dinamica.

Riassumendo i lavori degli ultimi anni, i principali campi di applicazione della VA riguardano: la comunicazione, la didattica, la simulazione, la ricerca, con evidenti integrazioni e sovrapposizioni fra i vari ambiti.

Proviamo a disegnare una classificazione preliminare delle applicazioni archeologiche possibili attraverso la VA:

- Ricostruzioni di siti archeologici conservati (ad es. la *Domus Aurea*, Tav. XII, c).
- Ricostruzioni di siti non conservati o parzialmente conservati ma di cui resta ampia documentazione.
- Ricostruzioni di siti completamente distrutti o di cui resta memoria sulla base di analisi comparative, iconografiche, ecc. (Tav. XII, d).

- Ricostruzioni di siti conservati solo in fondazione sulla base dei rilievi planimetrici (ad es. Fig. 4).
- Ricostruzioni di siti archeologici ancora conservati ma inaccessibili (ad es. grotte preistoriche dipinte, Fig. 2).
- Riproduzioni cromatiche e di materiali (affreschi, terracotte, frontoni, tombe dipinte, ecc.).
- Contestualizzazioni di materiali o reperti.
- Ricostruzioni di paesaggi.
- Eventi dinamici di tipo antropico, morfologico, geologico.
- Ricostruzioni funzionali di reperti e meccanismi.
- Ricostruzioni o integrazioni di collezioni.
- Destutturazione-ricomposizione di contesti (ad es. lo scavo come metafora di discretizzazione digitale ed elaborazione logica ricostruttiva).
- Ricostruzioni e/o simulazioni per le reti telematiche (metafore di linguaggio VRML e Java) (Figg. 5-6).
- Ricostruzioni effettuate sulla base di strumenti GIS (VRGIS, Virtual Reality Geographical Information System) e di telerilevamento (navigazioni attraverso modelli telerilevati).
- Musei virtuali. Il concetto di museo virtuale, museo on line, si sviluppa sulla base di una raccolta multimediale di informazioni digitali accessibili a livello telematico (FORTE, FRANZONI 1998). In quanto struttura-sistema il museo virtuale diventa spazio cognitivo, quindi si incrementa di significati sulla base del contesto che ricompone, cioè della somma di informazioni che accorpa. L'interscambio con altri ambienti reali e virtuali e la narratività dell'esposizione virtuale moltiplicano a dismisura i livelli della comunicazione museale e delle relative proprietà connettive.

I requisiti a cui i progetti di VA afferiscono contemplan numerose variabili, ovvero:

- Multimedialità-interattività: la visibilità del progetto utilizza fonti di comunicazione diverse.
- Multidisciplinarietà: il progetto si avvale di numerose competenze.
- Multisensorialità: quanto più sono i sensi coinvolti tanto più sarà efficace l'interazione.
- Multidimensionalità: il progetto può integrare differenti geometrie e scale di modellazione.
- Multitemporalità: il progetto può includere fattori quadritemporali (4D) nel caso si tratti di applicazioni diacroniche.
- Connettività o multiutenza: nel caso esistano interazioni o scambio di informazioni fra più utenti.

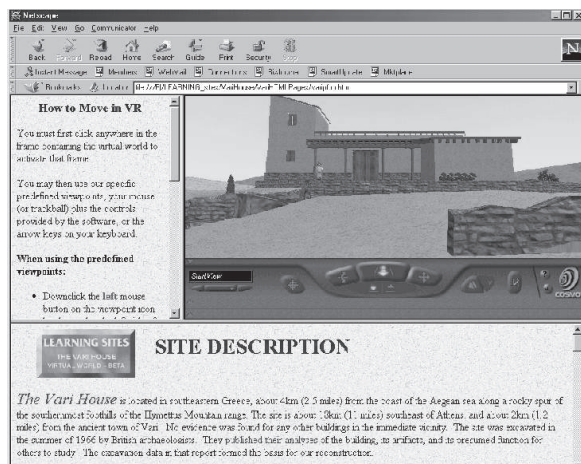


Fig. 5 – Ricostruzione virtuale in VRML e on line del sito di Vari (Grecia, D. Sanders, Learningsites Inc.).



Fig. 6 – Ricostruzione in VRML di una superficie di scavo e rilievo dei reperti della terramara di S. Rosa (Poviglio, Reggio E., M. Forte).

- Iperstestualità: quando il progetto di VA prevede nodi informativi (link) o gerarchie di dati.
- Dinamicità: dati e modelli devono interagire in tempo reale.
- Contestualizzazione dei dati (con riferimenti anche ad altri livelli di interazione, URL, ecc.).

- Deterritorializzazione (l'informazione non appartiene ad alcun territorio se non al contesto).
- Polisemicità: i modelli sottendono significati distribuiti secondo le geometrie dei modelli.
- Meta-alfabetizzazione: la navigazione viene guidata da metafore di informazioni complesse e da nuove grammatiche computazionali.
- Cognitività-realtà incrementata: la percezione del modello diventa un orizzonte interpretativo complesso e incrementa la significatività del modello.
- Alfabetizzazione: la conoscenza del territorio virtuale viene guidata da sistemi didattici e di comunicazione virtuali che incrementano notevolmente il livello informativo.
- Rappresentazione grafico-simbolica (cartografia computazionale): il progetto di VA diventa una mappa cognitiva e referenziata di spazi e territori virtuali con nuove topologie contestuali.

## 6. COME RICOSTRUIRE

Il rapporto fra reale e virtuale, considerato epistemologicamente dicotomico in ambito scientifico, deve al contrario essere rivisitato per quanto concerne le applicazioni archeologiche.

Le informazioni archeologiche sono già di per sé virtuali, perché all'origine sono incomplete, potenziali e soggette a molteplici interpretazioni, dunque rappresentano un contesto virtuale, quale ad esempio uno scavo o un paesaggio archeologico. Pertanto l'ulteriore virtualizzazione di informazioni archeologiche al calcolatore, come processo ricostruttivo-simbolico, è da considerarsi un passaggio da virtuale a virtuale e non da realtà a virtualità, da fotorealismo a simulazione. Credo sia abbastanza importante soffermarsi su questo concetto, proprio perché alcune "cattive interpretazioni" possono fuorviare il processo rappresentativo-ricostruttivo, confezionando contestualizzazioni virtuali prive di controllo o, peggio, elevando quest'ultime a metafore cognitive a prescindere dal contenuto.

"Un mondo virtuale – considerato come un insieme di codici digitali – è un potenziale di immagini, mentre una certa visione, emersa nel corso di un'immersione al suo interno, attualizza quel potenziale in un particolare contesto d'uso. Questa dialettica del potenziale, del calcolo e dell'aspetto contestuale caratterizza la maggior parte dei documenti e degli insiemi d'informazioni a supporto digitale" (LEVY 1999, 52).

Nell'ambito del campo ormai vasto delle ricostruzioni virtuali troviamo differenti approcci progettuali che rispecchiano (purtroppo anche troppo pedissequamente) quasi sempre le proprietà tecnologiche dell'hardware. È evidente che la qualità tecnica dei modelli dipende dalle facoltà di model-

lazione e dalle risorse software, ma non è di questo che ci dobbiamo preoccupare; l'archeologo deve tracciare innanzitutto un percorso metodologico-ricostruttivo chiaro e saturo di contenuti, possibilmente guidando la ricerca a partire dall'acquisizione dei dati sul campo (quando possibile):

– Che cosa e perché ricostruire? Non è essenziale prevedere sempre ricostruzioni virtuali, ma è importante utilizzare tecnologie virtuali quando possiamo effettivamente ottenere significativi incrementi di informazione (realtà incrementata).

– Progetto: definire preliminarmente gli obiettivi della ricostruzione virtuale e le ipotesi interpretative è fondamentale per avere un adeguato livello di comunicazione e rilevanti risultati scientifici.

– La pre-elaborazione e la standardizzazione dei dati sul campo già in formato digitale è necessaria per pianificare le possibili ricostruzioni virtuali.

– La scelta e la creazione delle mappature (texturing bidimensionale o tridimensionale) deve essere dedicata. Si deve prevedere cioè la creazione di textures archeologiche “percettive” (HEALEY, INTERRANTE, RHEINGANS 1999), studiando materiali e superfici per aumentare il livello di informazione (a volte anche a scapito del fotorealismo). Nuovi metodi di indagine per scegliere colori, mappature, orientazioni, forme e altre caratteristiche potranno permettere la visualizzazione di diversi tipi di dataset multidimensionali, traendo vantaggio soprattutto dalle facoltà illusorie della visione umana.

– Chi dovrebbe ricostruire in 3D: archeologi, architetti, informatici, artisti grafici, esperti multimediali? La soluzione più idonea è quella di prevedere un lavoro multidisciplinare in team, con un coordinamento generale che deve spettare ai *V-archeologists*.

– In un lavoro di VA, rispetto all'unica ricostruzione, si dovrebbe privilegiare il percorso ricostruttivo: il modello dovrebbe essere “trasparente”, permettere cioè una modellazione gerarchica dei dati in modo da rendere intelligibile l'intero processo di virtualizzazione.

– Ricostruzione come metafora di navigazione ipermediale: in questo caso il modello di VA non è l'obiettivo finale ma una chiave di accesso a navigazioni più complesse.

– L'impatto fotorealistico è importante ma sempre secondario rispetto al reale incremento di informazione.

– La creazione di interfacce di navigazione specifiche facilita l'alfabetizzazione virtuale e migliora i fattori interattivo-percettivi dei modelli.

L'approccio metodologico nella ricostruzione di modelli archeologici si può schematizzare in cinque classi principali:

– *Virtual find*: ricostruzione di reperti e relative funzioni.

- *Virtual intra-site*: a) ricostruzioni di strutture, siti o elementi architettonici; b) ricostruzioni stratigrafiche.
- *Virtual context*: ricostruzioni multidimensionali che contengono i 3 tipi precedenti.
- *Virtual landscape*: ricostruzione di paesaggi informativi, sia on line che off line.
- *Mindscape (mind landscape)*: ricostruzione virtuale diacronica e multidimensionale di paesaggi archeologici (FORTE 1991, 1992, 1993; BARCELÓ, FORTE, SANDERS 2000). Procedendo a una libera navigazione nel paesaggio virtuale 3D (*flythrough, landscape navigation*) l'informazione diventa cognitiva (*mindscape*) attraverso la dinamicità del percorso e l'interazione con i modelli (geometrici, culturali, telerilevati, diacronici). Il fattore dinamico risulta quindi fondamentale per l'interpretazione; l'interpretazione, a sua volta, si anniderà in una sequenza di navigazioni mosse in tempo reale. La metafora del *mindscape* ci aiuta a comprendere il valore semantico della navigazione orizzontale (spaziale-geometrica) e della navigazione verticale (attraverso il tempo) nell'ambito di un territorio caotico-frattale quale il paesaggio (in cui ogni traccia può diventare un elemento cognitivo).

## 7. LA CARTOGRAFIA COMPUTAZIONALE O LA GEOGRAFIA INTERATTIVA DELLE RETI DIGITALI

Internet rappresenta senza dubbio il territorio di interazione collettiva più vasto dell'era digitale e pre-digitale; in questo territorio la realtà virtuale è in procinto di completare la sua rivoluzione più significativa: la multiutenza cibernetica (ogni utente può essere rappresentato da un'entità virtuale, avatar), la geminazione politetica di comunità virtuali e la creazione di spazi virtuali n-dimensionali.

Ma qual è la distanza che ci separa dal centro dell'informazione? Se ci dobbiamo aspettare in futuro un flusso informativo e una memoria culturale prevalente sulle reti digitali come si disegna la geografia del cyberspazio (cybergeography)? Come ci si può orientare?

Mappe concettuali, agglutinazioni semantiche e cartografiche, paesaggi informativi, MUDs (Multi-User Dimensions), mappe "satellitari", costituiscono la cartografia digitale dell'universo informativo delle reti; infatti per navigare adeguatamente on line è necessario dotarsi di una cartografia dettagliata e interattiva, una mappa della connettività delle informazioni e dei territori virtuali.

Fra gli esempi più interessanti di cartografia in rete il Department of Geography della University of Colorado di Boulder ha utilizzato per navigare nelle informazioni le metafore spaziali del paesaggio.

Le mappe "satellitari" di città virtuali sono invece le metafore nell'AlphaWorld, un vasto mondo virtuale 3D Multi-User Dimensions (MUDs)



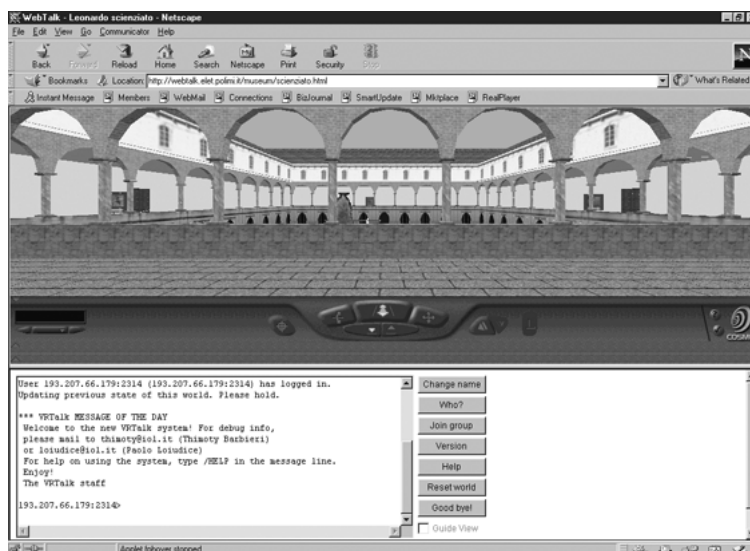


Fig. 7 – Applicazione “Leonardo Virtuale” nello spazio web del Museo della Scienza e della Tecnica di Milano: modello VRML che permette la visita virtuale alla sezione dedicata alle macchine di Leonardo.

creato dalla ActiveWorlds (<http://www.activeworlds.com>). Le mappe sono state realizzate in differenti momenti e comparandole si può osservare il rapido sviluppo urbano nel Cyberspazio. I cittadini-utenti di Alpha World possiedono un proprio territorio e costruiscono progressivamente lo stesso mondo che abitano, costituendo vere e proprie comunità-cittadinanze virtuali. L’Advanced Technology Group di Palo Alto ha creato una mappa multi-scala di AlphaWorld utilizzando come metafora la visualizzazione di una foto aerea.

Le proprietà di comunicazione-navigazione 3D multiutente che offre AlphaWorld sono straordinarie: ogni utente può impersonare un avatar, comunicare con altri utenti-avatar, costruire mondi e territori virtuali, compiere interazioni con altri oggetti virtuali (ad es. spostandoli o modificandoli). L’esplorazione di AlphaWorld è un’alfabetizzazione/territorializzazione cognitiva: contemporaneamente alla navigazione si costruiscono nuovi mondi, maggiore è l’esplorazione 3D, maggiore è lo sviluppo spaziale di territori virtuali (sul percorso del navigatore i territori si incrementano di spazi e oggetti virtuali).

Di grande interesse in quest’ambito è l’applicazione “Leonardo Virtuale” (Fig. 7), nello spazio web del Museo della Scienza e della Tecnica di Milano (<http://webtalk.elet.polimi.it/museum/scienziato.html>), una vera e propria “sezione digitale” del Museo in 3D dedicata alle macchine di Leonardo. La visita virtuale al museo avviene attraverso metafore di tipo Muds, in partico-

lare: esplorando stanze e chiostri, camminando o volando, azionando le macchine leonardesche; interagendo e comunicando con altri visitatori, oppure partecipando a “visite guidate virtuali”.

Le potenzialità della cartografia virtuale sono davvero enormi e ci aiutano a tracciare anche una parte del futuro della VA, ovvero quello delle mappe concettuali e delle interazioni collettive (cfr. anche LEVY 1999, “interazioni tutti-tutti”). Infatti la creazione e l’evoluzione di un modello o contesto archeologico virtuale potranno essere interamente visualizzate mediante metafore visuali del tutto simili a quelle suddescritte, con la possibilità concreta, per i ricercatori, di seguire collettivamente i processi ricostruttivi e di comunicarne in tempo reale gli esiti. La meta-costruzione di territori archeologici virtuali in rete apre la strada a nuove forme di connettività e informazione condivisa, come vedremo anche nei prossimi paragrafi.

## 8. IL FUTURO

Il futuro della VA dipende fondamentalmente dai seguenti ordini di fattori: l’evoluzione tecnologica hardware-software e delle reti, l’elaborazione digitale dell’informazione archeologica, la discussione teoretica da parte della comunità scientifica degli archeologi. A prescindere comunque dai limiti tecnologici, rispetto all’attuale stato dell’arte è possibile fare ancora molto, indirizzando la ricerca verso le applicazioni telematiche e le ricostruzioni multilivello.

- Multiutenza 3D. L’evoluzione telematica permetterà a più utenti (avatar) di poter interagire contemporaneamente sullo stesso modello o territorio virtuale, scambiando dati, informazioni e simulazioni.
- Reti VR. Le reti ad alta velocità potrebbero diventare lo strumento dedicato per interazioni tridimensionali in tempo reale (come il VRML), sopportando modelli sempre più dettagliati e complessi.
- Interattività immersive con incremento delle performance grafiche.
- Librerie grafiche e banche dati 3D. Lo sviluppo dei progetti di VA dovrà prevedere la creazione di librerie grafiche 2D-3D dedicate, costituite su basi crono-tipologiche; l’accesso, ad esempio telematico, a questa classe di risorse, consentirà anche una certa standardizzazione dei modelli e conseguente incremento del livello di cognitivtà.
- Scambio di comportamenti fra oggetti e modelli (visualizzazione coordinata di modelli 3D), ovvero creazione di azioni/comportamenti dinamici programmati per oggetti virtuali (ad es. come accade in alcuni videogiochi interattivi).
- Sviluppo di vite artificiali: nell’ambito della simulazione di ecosistemi virtuali le entità artificiali (modelli, sistemi insediativi, comunità virtuali) posso-

no crescere, evolversi, riprodursi in un ambiente virtuale in modo random e imprevedibile.

– Cognitività computazionale: la conoscenza virtuale attraverso l'interazione in tempo reale potrà determinare nuovi livelli di percezione e rappresentazione dell'informazione visuale.

– Creazione di architetture computazionali per agenti ed ecosistemi di comunicazione e meta-comunicazione. Gli agenti di comunicazione saranno guide telematiche virtuali progettate per apprendere attraverso “la navigazione on line” e lo studio delle interazioni telematiche di altri utenti. Infine, in qualità di interfacce didattiche, diventeranno agenti sociali di comunicazione, o sistemi esperti (di grande utilità nei musei virtuali, ad esempio). Alcuni di questi agenti virtuali sono definiti *bot* (contrazione della parola robot, cfr. <http://www.activeworlds.com/sdk/ideas.htm>; <http://www.refdesk.com/bot.html>) e svolgono funzioni “intelligenti” (scientifiche, di ricerca, statistiche, di supporto, ecc.) del tutto simili ai comportamenti dei robot artificiali.

– Sviluppo di texture percettive (come ho menzionato prima).

– Incremento della qualità grafica del fotorealismo e delle prestazioni grafiche in tempo reale.

– Sviluppo di sistemi VRGIS (Virtual Reality Geographic Information System): integrazione di GIS, reti e applicazioni multimediali per creare nuove piattaforme interattive con dati geografici in territori virtuali (ma con migliori risultati rispetto al VRML).

– Integrazione di modelli di differente geometria: 3D, stitching fotografici, billboard (figure virtuali prive di volume e visibili da un lato solo), filmati, suono tridimensionale, ecc...

– Disponibilità in Internet di librerie grafiche archeologiche tridimensionali; le librerie permetteranno la costruzione a distanza di modelli di VA, la comparazione fra tipi, le analisi diacroniche, rimarcando gli aspetti comunicativi delle ricerche archeologiche (si auspica anche con una pubblicazione rapida dei dati di scavo in forma multimediale).

– Percezioni tattili tridimensionali nello spazio virtuale grazie alla costruzione di apposite interfacce.

– Didattica archeologica a distanza e multiutente attraverso l'integrazione telematica di applicazioni VRML, OpenGL, Java 3D e multimediali in MPEG 4 (cfr. SANDERS, in BARCELÓ, FORTE, SANDERS 2000).

## 9. GLI AMBIENTI IMMERSIVI: IL TEATRO VIRTUALE

L'interazione con sistemi di realtà virtuale immersivi e semi-immersivi costituisce una delle premesse per l'interazione avanzata uomo-macchina, come ha documentato l'utilizzo dei caschi (HMD) e dei guanti, strumenti

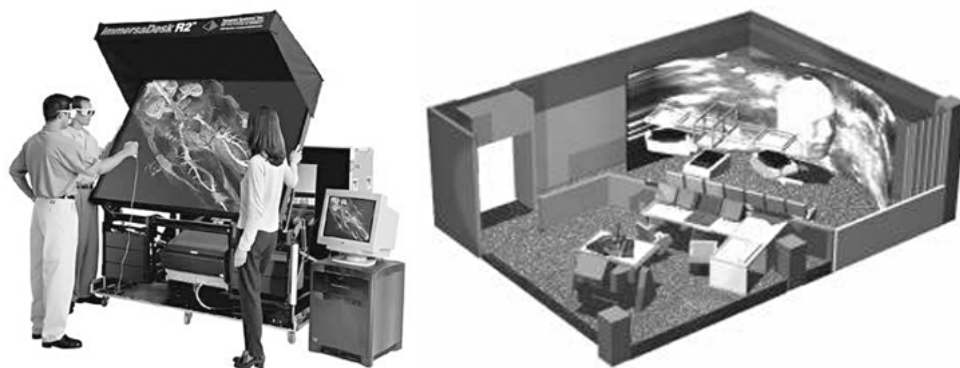


Fig. 8 – a) Tavolo proiettivo per realtà virtuale del tipo immersadesk; b) Il teatro virtuale nella configurazione digitale predisposta al CINECA (Bologna, [www.cineca.it](http://www.cineca.it)).

certo avanzati, ma dedicati a un'interazione mono-utente. Nell'ambito delle applicazioni di realtà virtuale avanzata rappresentano invece uno strumento interamente dedicato alla grafica immersiva collettiva i teatri virtuali, nuovi spazi di comunicazione interattiva per la visualizzazione tridimensionale in tempo reale. Uno dei primi in Europa è stato realizzato dal CINECA (Centro di Calcolo Interuniversitario dell'Italia Nordorientale, Bologna), dotato di un sistema SGI Onyx 2 configurato con 8 processori R10000, 4 Gigabyte di Ram, 3 pipeline grafiche modello "Infinite Reality 2" con 10 raster manager, tre proiettori Barco e un sistema di switching integrato nel sistema di calcolo grafico. La sala dispone di un ambiente audio Dolby-Surround Prologic e di un sistema di commutazione integrata che permette da un semplice touch panel un'agevole selezione delle sorgenti audio-video disponibili (Supercalcolatore grafico, PC, DVD, superVHS, videoconferenza ecc.) il tutto integrato da un tavolo proiettivo del tipo immersadesk (Fig. 8, a).

Questo tipo di struttura è dedicata alla visualizzazione computerizzata tridimensionale immersiva: dotata di un impianto di *surround sound* e di uno schermo semicircolare adatto alla proiezione stereografica, permette allo spettatore, fornito di particolari occhiali che oscurano alternativamente gli occhi, di sperimentare l'illusione di una visione tridimensionale di quanto viene proiettato sullo schermo. Il *surround sound* fornisce un coinvolgimento uditivo profondo, come nelle più moderne sale cinematografiche, ma è l'esperienza visiva a renderlo un evento particolare ed a suggerire un'infinità di possibili applicazioni. La prima applicazione che stiamo implementando per il teatro virtuale è un esperimento di navigazione multiscala sulla ricostruzione del paesaggio archeologico di Aksum (Etiopia). La navigazione in 3D attraversa prima le immagini da satellite, poi le foto aeree del territorio per arrivare infine alla visualizzazione virtuale dello scavo (il tutto utilizzando

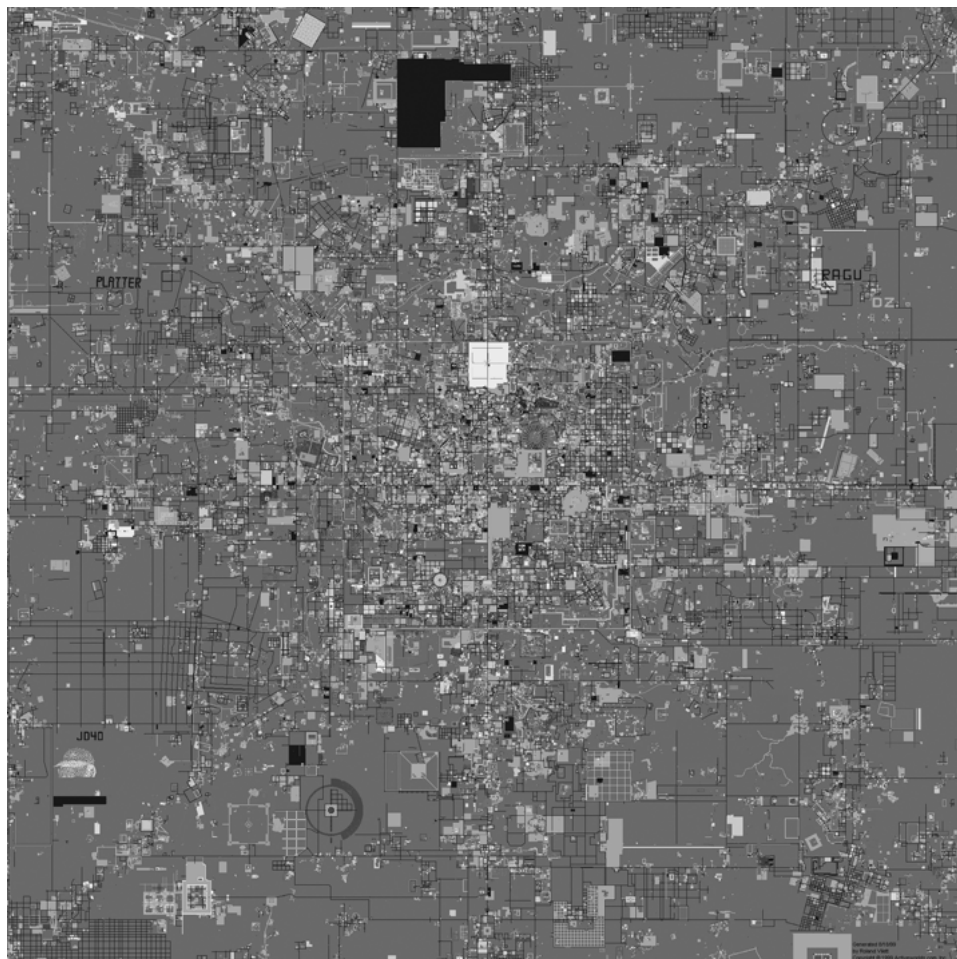


Fig. 9 – Mappa “satellitare” di città virtuali nel mondo di Alphaworld (3D Multi-User Dimensions, MUDs).

modelli OpenGL realizzati con sistemi GIS; ogni modello è integrato al proprio DEM, modello digitale del terreno). A questa esplorazione virtuale si affiancherà poi una ricostruzione diacronica del territorio di Aksum, sulla base di differenti immagini satellitari.

Questo tipo di interazione immersiva tridimensionale si avvale di diversi tipologie di interazione: i Reality Center Desks, i Reality Center Walls (Figg. 8, b-9), i Reality Center Rooms, il Fakespace Immersadesk 2 (basati su tecnologia SGI, Fig. 8, a). I Reality Center Desks sono tavoli facilmente tra-

sportabili e ideali per applicazioni di laboratorio; i Reality Center Walls sono teatri virtuali anche per 50 postazioni, i Reality Center Rooms sono ambienti di riproduzioni stereografiche integrati con sale sonore; infine il Fakespace Immersadesk 2 è un altro sistema di visualizzazione portatile con schermo di proiezione 3D orientabile a seconda delle applicazioni in tempo reale.

M.F.

## 10. COGNITIVITÀ, PAESAGGI INFORMATIVI E COMPUTER

“Sapere è potere” racchiude in sé il significato dell’avventuroso viaggio del conoscere. Da Bacone agli sviluppi della scienza moderna della natura, lo scopo della ricerca dell’uomo si è delineato in modo sempre più chiaro: decifrare il linguaggio dei fenomeni per potere prevedere il loro corso e modificarlo a suo piacimento. È un’aspirazione ambiziosa che non troverà mai una realizzazione definitiva. Rimane lo scopo ultimo della conoscenza, il termine a cui ci avviciniamo progressivamente, senza poterlo raggiungere mai. Il primo ostacolo è dato dai limiti delle nostre facoltà: «...senza sensibilità nessun oggetto ci verrebbe dato e senza intelletto nessun oggetto verrebbe pensato. I pensieri senza contenuto sono vuoti, e le intuizioni senza concetti sono cieche...». Noi conosciamo infatti a partire da ciò che ci offre l’esperienza, e quindi il numero delle informazioni è sempre limitato ad un particolare momento ed a un particolare luogo. Il processo della conoscenza consiste proprio nel superamento di questi limiti, a cui è subordinata la sensazione, cioè nel passaggio dalle semplici impressioni isolate ai “concetti”. Essi non hanno nulla in comune con i fenomeni iniziali, eppure ci permettono di spiegare questi ed altri che non si sono ancora verificati e che forse non si verificheranno mai.

Lo studio del processo della conoscenza è volto a “scoprire” o “creare” le leggi di questo processo, che permettano di controllarlo passo dopo passo e di ampliarne le potenzialità. L’informazione computazionale è interessata più che mai a questo meccanismo: lo studio del modo in cui noi percepiamo gli oggetti dello spazio reale, è indispensabile qualora costruiamo spazi sintetici, che ci devono trasmettere un numero maggiore di informazioni, di quelli fisici, ma pur sempre tramite i sensi. Una chiara realizzazione di questo progetto è la “simulazione computazionale”, ossia la ricostruzione sintetica di un fenomeno fisico o concettuale. Grazie alla raccolta di una molteplicità di dati altrimenti sparsi, che vengono resi tra loro omogenei, attraverso il calcolo, si costruisce un modello del fenomeno. Questo permette di visualizzare tutte le fasi di sviluppo passo dopo passo, fornendo all’uomo uno straordinario potere di predittività, perché ogni stadio è la condizione necessaria di quello successivo.

La “simulazione interattivo-computazionale” diventa così l’ideale metodico dello scienziato: ragione ed osservazione permettono di scomporre un fenomeno nei suoi elementi primi e di ricostruirlo a partire da essi. Tra infor-

mazione computazionale e “architettura del pensiero” si stabilisce un legame strettissimo, perché ambedue concretizzano il desiderio dell’uomo di essere “architetto” del mondo. Infatti le varie metafisiche che si sono succedute nel pensiero occidentale, sono simili ad edifici realizzati mattone dopo mattone secondo precise regole di costruzione. Ogni loro parte è un livello della realtà, che non è reale, ma nemmeno arbitrario, perché espone la legge del reale. Le immagini sintetiche, che popolano il mondo della virtualità hanno il medesimo ruolo: sono esseri intermedi tra il mondo delle idee e la realtà sensibile, cioè rappresentano una “non realtà” che esiste, perché sono la visualizzazione della verità del reale. L’informazione computazionale tende a realizzare il “sogno” dell’uomo di abbracciare con un solo sguardo il tutto. Ma nel momento in cui per realizzare questa idea si sono sfruttati gli strumenti che la tecnologia metteva a disposizione, cioè i calcolatori, le tecniche di simulazione visiva, nonché le acquisizioni matematiche delle geometrie dei frattali e dell’inversione, si è andati ben oltre quella prima meta: una porzione del reale non è più rappresentata da una catena di idee in cui sono raccolte tutte le informazioni, che su di esso si possono avere, ma viene ricostruito in modo che l’osservatore possa immergersi, agire su di esso e farsi agire. Quando D’Alambert e Diderot decidono di raccogliere tutte le conoscenze sulla realtà, disseminate nei diversi campi del sapere, progettano una nuova immagine della realtà adatta alle esigenze dell’uomo.

Con i mezzi attuali sarebbe possibile realizzare virtualmente questa impresa. Occorrerebbe costruire un grande spazio simbolico, che rappresenterebbe il quadro generale di riferimento, entro cui troverebbero posto tanti spazi simbolici, cioè le varie discipline o, nel nostro caso, le varie archeologie. L’insieme delle relazioni che tracciamo non è “garantito” dalla corrispondenza con la realtà, perché essa non ci offre rapporti ma solo individui ed oggetti singoli. La validità del nostro reticolato è fondata sulla sua semplicità di lettura e al tempo stesso sul maggior numero possibile di nessi che stabilisce. Allo stesso modo lo spazio simbolico non pretende di esaurire la complessità del reale, ma soltanto di permettere una migliore classificazione delle informazioni e un loro migliore utilizzo da parte dell’osservatore. Ambedue sono creazioni “aperte”, cioè rivedibili da parte di nuovi complessi di relazioni, ma non arbitrarie, perché fondati su due principi, l’ordine alfabetico e le leggi della matematica, assimilabili in ogni singola parte. In una parola non hanno bisogno di alcuna “garanzia” esterna.

Nella metafisica leibniziana la ricostruzione della realtà è affidata ad un numero finito di “idee prime”, ricavate dall’analisi di tutte le conoscenze che abbiamo sul mondo, combinate tra loro dalle regole dell’algebra. Partendo da queste e operando su di loro arriviamo ad un insieme aperto di idee composte, sempre controllabili entro il sistema, perché sempre riducibili a quelle idee prime. Questo progetto è animato dallo stesso “spirito” che anima la

virtualità: raccolta di informazioni da fonti molto diverse, selezione e classificazione di esse e loro visualizzazione in immagini sintetiche. L'ultimo elemento è ciò che differenzia i due sistemi, perché nell'Enciclopedia leibniziana compaiono solo formule concatenate le une alle altre, secondo rapporti di derivabilità logica, e non c'è nessun progetto per una loro ulteriore conversione in immagini.

Il mondo della virtualità cognitiva è dunque molto meno tecnologico di quanto possa sembrare, perché risponde ad una antica esigenza dell'uomo: quella di cogliere la verità al di là dell'apparenza, identificando la prima nell'unità e la seconda nella molteplicità. Il sogno di tutta la metafisica occidentale sembra realizzato dalla cooperazione di teoria (sviluppi della matematica, della geometria, degli studi sulla percezione) e applicazioni tecnologiche. Tra questi il mondo della percezione, è quello meno esplorato e parallelamente il più importante. Qui occorre abbandonare ogni "laplaciana" pretesa di una completa predittività del futuro, dalla raccolta dei dati del passato. Il mondo della coscienza non sembra potersi ridurre a un semplice sostrato materiale, quale il cervello. Questo è indispensabile alla sua "emergenza", ma una volta che il pensiero si è formato, non si lascia interamente spiegare dalle leggi neurofisiologiche. Di fronte a questa insufficienza, lo sguardo della ricerca è volto a determinare "principi" del meccanismo percettivo. Essi non si preoccupano di "che cosa" percepiamo, ma di "come" lo percepiamo. Disporre di un modello di funzionamento della percezione, permette la ricostruzione di uno spazio in cui ciascuno può trovarsi a suo agio, senza che il numero e la qualità dell'informazione computazionale possano essere stabiliti a priori per il singolo caso. In questo consiste il carattere "aperto" dell'immagine sintetica: è utilizzabile da parte di un gran numero di individui, senza che la particolarità del contenuto delle loro percezioni sia annullato. Questo duplice carattere fa sì che con esse lo scarto tra il mondo delle idee e quello dei fenomeni sensibili, tra il mondo dell'immutabilità e quello del divenire, sembra finalmente colmato, perché esse sono il modello matematico reso visibile. Il lungo cammino della storia del pensiero occidentale, che tende a conciliare universale e particolare, si è arrestato?

Platone e Plotino avevano individuato nel numero il "medium" tra la verità e la realtà, e prima di loro i Pitagorici lo avevano definito la struttura della realtà. In tempi "moderni" la teoria dell'arte e la scienza della natura, nelle elaborazioni che hanno ricevuto tra '500 e '600, hanno individuato nel concetto di "legge" il luogo di incontro di libertà e necessità. E da qui al mondo di Galilei e a quello di Descartes, in cui la matematica, non è più come per il primo trovata nella realtà, ma è soltanto il modo più semplice per esprimere i rapporti tra le idee, e quindi la "struttura" del reale. Infatti basta guardare alle varie immagini cosmologiche che compaiono nei "Principi della filosofia", per rendersi conto del ruolo che ora svolge la matematica. Il



valore di un'immagine di questo tipo non sta nella ricchezza di particolari con cui riproduce la realtà, ma nella sua capacità di spiegarla secondo pochi elementi ben definiti. Non importa se il mondo delle linee e dei punti non si trova nella realtà, perché esso deve solo servire a spiegare quello dei suoni e dei colori. Tuttavia, nonostante la chiarezza e univocità di significato, immagini di questo tipo incontrano un limite: riescono a trasmettere un numero maggiore di informazioni, a scapito della vivacità e ricchezza del contenuto della percezione. La grandezza dell'immagine sintetica sta nel conciliare queste due esigenze, perché essa agisce sui sensi dell'osservatore, comunicandogli informazioni "come se" si trovasse a contatto con un'immagine reale, o meglio ancora, evocandone la memoria rappresentativa, non necessariamente geometrica, ma essenzialmente concettuale o percettivo-simbolica.

Le tecniche dell'immersione, dell'interazione, dell'interazione sensoriale, sono tutte fondate sui meccanismi della percezione, e sono gli strumenti che permettono all'utente di agire sullo spazio sintetico, cioè di coglierlo in tutta la sua ricchezza, con lo spostamento del punto di vista. Questo mondo creato da un'immaginazione imbrigliata dalla ragione, si sta diffondendo in tutti i campi del sapere, perché offre finestre visibili su di un mondo altrimenti invisibile, cioè offre le condizioni per utilizzare meglio la realtà senza volersi sostituire ad essa.

R.B.

## 11. CONCLUSIONI

Come ulteriore considerazione, mi sono chiesto recentemente quale significato alle soglie del prossimo millennio potrebbe avere in generale la definizione di archeologia computazionale o archeologia digitale (ovvero l'elaborazione di informazioni archeologiche attraverso il calcolatore), e se questo ambito scientifico ha comportato significativi progressi della disciplina in termini metodologici e teoretici. Dobbiamo cioè considerare l'esistenza di una "archeologia digitale", tecnologica, post-(iper)processuale, e cognitiva, separatamente rispetto all'"archeologia" tout court? L'archeologia digitale è un campo applicativo a sé stante? Per molti di noi ("archeologi computazionali") sarebbe auspicabile, ma non è così; storicamente facciamo risalire agli anni '60 le prime applicazioni archeologiche al calcolatore, quasi contemporaneamente all'evoluzione della *New Archaeology* (RENFREW, ZUBROW 1994; MALINA, VASICEK 1997); è evidente cioè che il grande sviluppo dell'archeologia "al calcolatore" rispecchia in gran parte lo sviluppo tecnologico-digitale e, in particolare, l'era rivoluzionaria del computer personale.

Progressivamente mi sono convinto che l'archeologia digitale o computazionale rappresenti un percorso necessario (con picchi anche rivoluzionari per certi versi) e ineludibile per l'evoluzione metodologica della scienza

archeologica. Ma la portata rivoluzionaria e iperprocessualista dell'archeologia digitale risiede proprio negli strumenti di ricerca.

E credo che l'archeologia del terzo millennio sarà per forza di cose digitale (salvo "non essere" del tutto), perché non potrà fare a meno di esserlo, ma sarà comunque "archeologia" o, per dirla come Foucault, "archeologia del sapere" (FOUCAULT 1980).

MAURIZIO FORTE

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali  
CNR – Area della Ricerca di Roma, Montelibretti

ROBERTA BELTRAMI

Liceo Classico "Guardini", Reggio Emilia

### Note e ringraziamenti

Desidero ringraziare in particolare ACS Studio, Infobyte, CINECA, B. Britton, D. Sanders per le immagini e la documentazione fornitami. Per un saggio preliminare al presente articolo cfr. FORTE 2000.

### BIBLIOGRAFIA

- BARCELÓ J., FORTE M., SANDERS (eds.) 2000, *Virtual Reality in Archaeology*, BAR International Series 843, Oxford, Archaeopress.
- BATESON G. 1984, *Mente e natura*, Milano, Adelphi.
- CLARKE D.L. 1998, *Archeologia analitica*, Milano (I edizione 1968).
- CREMASCHI M., FORTE M. 1999, *Reconstructing a fossil landscape by Remote Sensing and GIS applications: Sites, virtual models and territory during the Middle Bronze age in the Po Plain (Northern Italy)*, «Archeologia e Calcolatori», 10, 207-225.
- DORAN J. 1996, *Artificial societies and cognitive archaeology*, in P. MOSCATI (ed.), *III Convegno Internazionale di Archeologia e Informatica (Roma 1995)*, «Archeologia e Calcolatori», 7, 1231-1245.
- FORTE M. 1991, *Archaeology and computer image processing: Applications in the aerial photographs analysis and the perspectives in the landscape navigation*, in *Archéologie et Informatique, Colloque Européen (Saint-Germain-en-Laye 1991)*, *Aplicaciones informáticas en Arqueología: Teoría y Sistemas*, vol. 1, 210-229.
- FORTE M. 1992, *Image processing applications in archaeology: Classification systems of archaeological sites in the landscape*, in J. ANDRESEN, T. MADSEN, I. SCOLLAR (eds.), *Computing the Past: Computer and Quantitative Methods in Archaeology 1992*, Aarhus, Aarhus University Press, 53-61.
- FORTE M. 1993, *Un esperimento di visualizzazione scientifica per l'archeologia del paesaggio: la navigazione nel paesaggio virtuale*, «Archeologia e Calcolatori», 4, 137-152.
- FORTE M. (ed.) 1996a, *Archeologia. Percorsi virtuali delle civiltà scomparse*, Milano, Mondadori.
- FORTE M. 1996b, *Il Progetto ARCTOS. Verso un GIS multimediale*, in P. MOSCATI (ed.), *III Convegno Internazionale di Archeologia e Informatica (Roma 1995)*, «Archeologia e Calcolatori», 7, 179-192.
- FORTE M. 2000, *About virtual archaeology: Disorders, cognitive interactions and virtuality*, in BARCELÓ, FORTE, SANDERS 2000, 247-263.

- FORTE M., FRANZONI M. 1998, *Il museo virtuale: comunicazione e metafore*, «Sistemi Intelligenti», 10 (2), agosto, 193-240.
- FORTE M., GUIDAZZOLI A. 1996a, *Archaeology, GIS and desktop virtual reality: The ARCTOS project*, in H. KAMERMANS, K. FENNEMA (eds.), *Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, Analecta Praehistorica Leidensia, 28, Leiden, 443-456.
- FORTE M., GUIDAZZOLI A. 1996b, *Shape from motion: dalle sequenze filmate alla modellazione tridimensionale. Progetto per l'elaborazione 3D di immagini video archeologiche*, in P. MOSCATI (ed.), *III Convegno Internazionale di Archeologia e Informatica (Roma 1995)*, «Archeologia e Calcolatori», 7, 223-232.
- FORTE M., MOZZI P., ZOCCHI M. 1998, *Immagini satellitari e modelli virtuali: interpretazioni geoarcheologiche della regione del Sistan meridionale*, «Archeologia e Calcolatori», 9, 271-290.
- FOUCALT M. 1980, *L'archeologia del sapere*, Milano, Rizzoli.
- GARDIN J.C. 1996, *La révolution cognitive et l'archéologie*, in P. MOSCATI (ed.), *III Convegno Internazionale di Archeologia e Informatica (Roma 1995)*, «Archeologia e Calcolatori», 7, 1221-1230.
- GREGORY R.L. 1998, *Occhio e cervello. La psicologia del vedere*, Milano, Raffaello Cortina.
- HEALEY C., INTERRANTE V., RHEINGANS P. 1999, *Fundamental issues of visual perception for effective image generation*, in SIGGRAPH '99, 26<sup>th</sup> International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, Los Angeles.
- LEVY P. 1992, *Le tecnologie dell'intelligenza*, Bologna, A/Traverso.
- LEVY P. 1996, *L'intelligenza collettiva. Per un'antropologia del cyberspazio*, Milano, Feltrinelli.
- LEVY P. 1997, *Il virtuale*, Milano, Raffaello Cortina.
- LEVY P. 1999, *Cybercultura. Gli usi sociali delle nuove tecnologie*, Milano, Feltrinelli.
- MALINA J., VASICEK Z. 1997, *Archeologia. Storia, problemi, metodi*, Milano, Electa.
- MOSCATI P. 1996, *Archeologia quantitativa: nascita, sviluppo e "crisi"*, in P. MOSCATI (ed.), *III Convegno Internazionale di Archeologia e Informatica (Roma 1995)*, «Archeologia e Calcolatori», 7, 579-590.
- REILLY P. 1990, *Towards a virtual archaeology*, in K. LOCKYEAR, S. RAHTZ (eds.), *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990*, BAR International Series 565, Oxford, 133-139.
- RENFREW C., ZUBROW E.B. 1994 (ed.), *The Ancient Mind. Elements of Cognitive Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press.

## ABSTRACT

What is Virtual Archaeology (from now on abbreviated as VA) really? And what is virtual? In a period of great technological-digital evolution in all scientific fields, it is even more important to try to decipher, monitor and critically describe the state of the art, with particular attention to those interdisciplinary areas which will represent the avant-garde of future research. The great communicative impact that archaeology offers in itself is greatly enhanced by the possible digital interfaces and by the comprehensibility that these provide for much more than the scientific community. Therefore, considering what has been noted in this introduction and what will be discussed below, VA can be defined as digital reconstructive archaeology, computational epistemology applied to the reconstruction of three dimensional archaeological ecosystems, therefore, cognitive ecology. The epistemological aspect is essential in the assessment of computational processes and therefore, in archaeological activity. To the out-going elaboration one must increase the cognitive significance of the in-going data ("augmented" reality). The context is

cognitively greater than the sum of its components and we must identify the “environment” of the VA in a structuralist sense. In the assessment of the application of VA therefore, an epistemological measurement is essential; if, in fact, we try to “measure” the cognitive quality of models there is a risk of completely deconstructing the information in respect to the context. Moreover it is evident that virtual space, in the archaeological dimension, must be contextualised and hierarchically restructured in order to allow for the identification of the logical units of information in the geometry of the models; theoretically one should “undo” and “redo” the context to completely verify the geometric and functional system. Key words might be 3D, interaction, virtual models, and other variables described in the text.