



Livio De Luca

Architetto, dottore di ricerca Arts et Métiers ParisTech, insignito del premio Pierre Bézier 2007, è ricercatore al CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique). Nel laboratorio MAP-Gamsau coordina differenti studi del progetto 3D-monuments (programma nazionale di digitalizzazione 3D del patrimonio monumentale) del Ministero della Cultura francese ed è anche responsabile scientifico di diversi progetti di ricerca sullo sviluppo di sistemi informativi a scala architettonica per la documentazione digitale del patrimonio costruito.

Verso la caratterizzazione semantica di rappresentazioni digitali di artefatti architettonici: linee programmatiche di ricerca / *Towards the semantic characterization of digital representations of architectural artifacts: programmatic lines of research*

Queste linee programmatiche di ricerca, all'intersezione disciplinare tra la documentazione del patrimonio costruito e le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, hanno l'ambizione di definire un insieme di elementi di ordine tecnico riguardanti lo sviluppo di sistemi informativi a scala architettonica integrandoli in seno a riflessioni di ordine metodologico legate alle problematiche scientifiche sollevate dallo studio degli edifici storici. Tre aspetti principali si integrano in un approccio trasversale. Innanzitutto la definizione di protocolli per l'acquisizione, il trattamento e la strutturazione semantica di rappresentazioni digitali di manufatti architettonici. In secondo luogo, l'identificazione di soluzioni per l'intecconnessione di molteplici sistemi di rappresentazione relativi a varie scale. Infine, la definizione di nuovi percorsi per l'analisi comparativa di artefatti architettonici basata su criteri dimensionali, morfologici e semantici.

These programmatic lines of research, at the intersection between the disciplinary fields of the built heritage documentation and the information and communication technologies, aims to define a set of technical elements concerning the development of information systems at an architectural scale integrating it into methodological reflections related to scientific issues concerning the study of historic buildings. Three main aspects are integrated in a cross approach. First, the definition of protocols for acquisition, processing and semantic structuring of digital representations of architectural artefacts. Secondly, the identification of solutions for interconnecting multiple representation systems at various scales. Finally, the definition of new way for the comparative analysis of architectural artefacts based on dimensional, morphological and semantic criteria.

La rappresentazione digitale si sta progressivamente affermando come supporto efficace per documentare lo stato attuale di edifici storici, fornire risorse ai ricercatori che ne studiano le trasformazioni nel tempo oltre che per l'elaborazione di supporti di diffusione e valorizzazione destinati al grande pubblico. In questo contesto, molti lavori di ricerca mirano oggi allo sviluppo di nuovi mezzi per l'osservazione e la comprensione del patrimonio costruito. I lavori di ricerca condotti dal laboratorio MAP-Gamsau[1] si concentrano sull'acquisizione, la modellazione e l'arricchimento semantico di dati tridimensionali a scala architettonica attraverso la formulazione di metodi, la definizione di formalismi e lo sviluppo di strumenti informatici. In seguito ad uno studio approfondito sulla definizione di un approccio ibrido[2] (che unisce laser scanning 3D e fotomodellazione) per la ricostruzione tridimensionale di edifici storici, i nostri lavori di ricerca si sono concentrati sulla definizione e sullo sviluppo di sistemi d'informazioni spazializzate a scala architettonica[3]. Questi lavori di ricerca più recenti, condotti nell'ambito di progetti di ricerca ANR (Agence Nationale de la Recherche), del Ministero della Cultura e della Comunicazione (Plan de Numérisation) e della Comunità Europea, affrontano differenti tematiche che mirano ad esplicitare il potenziale della strutturazione d'informazioni eterogenee attorno a dei modelli di descrizione semantica[4] di edifici del patrimonio in diversi settori: documentazione dello stato di conservazione e monitoraggio delle alterazioni, indicizzazione e ricerca visiva di risorse iconografiche, analisi e rappresentazione delle trasformazioni spazio-temporali.

VERSO LA CONCETTUALIZZAZIONE DEI SISTEMI DI RAPPRESENTAZIONE DIGITALE DELL'ARCHITETTURA

Le nuove tecnologie per la digitalizzazione 3D costituiscono oggi degli strumenti di analisi dalle performances impressionanti in termini di precisione, esaustività e rapidità. L'applicazione di queste soluzioni recenti sta rapidamente producendo un vero e proprio problema di sovraccarico d'informazione. La massa crescente di nuvole di punti e di modelli 3D non interpretati fa di fatto

emergere un grande bisogno di metodologie innovative (che sfruttino in profondità il valore informativo di questi nuovi sistemi di rilievo e rappresentazione) per il trattamento e l'analisi di questi dati, nonché per la loro classificazione. In effetti, se nel corso degli ultimi anni delle soluzioni per la rappresentazione tridimensionale delle forme sono state esplorate dalle comunità scientifiche che si interessano allo sviluppo di nuove tecnologie di acquisizione e restituzione di dati spaziali, ben poche soluzioni esistono oggi per completare ed integrare tali dati con altri di tipo geografico, storico, documentario, etc.

Se è vero che la rappresentazione dello spazio si è legata, negli ultimi anni, in modo molto stretto con la strutturazione dell'informazione, e questo anche grazie ai contributi importanti in semiologia grafica e allo sviluppo di sistemi informativi geografici, è evidente che questo avvicinamento tra rappresentazione e concettualizzazione ha interessato essenzialmente (se non quasi esclusivamente) le scale della città e del territorio, lasciando la scala architettonica legata piuttosto a dei sistemi di descrizione grafica principalmente dedicati alla restituzione di caratteri formali.

D'altro canto, anche se differenti approcci di ricerca si concentrano oggi sullo studio di modalità di rappresentazione capaci di prendere in conto l'analisi di un manufatto integrandolo in modo globale e coerente alle scale della città e del territorio, è evidente che la strutturazione dei dati trattati in questi tipi di approcci resta molto spesso vincolata ai paradigmi della sola rappresentazione cartografica. I GIS sono sempre più usati per la documentazione e l'analisi di siti storici ed archeologici[5]. Questi lavori sono interessanti nella misura in cui cercano di mettere in relazione le analisi condotte sugli alzati con una rappresentazione planimetrica georeferenziata. Il grande limite di questi lavori consiste però nel fatto che i dati eterogenei che qualificano la rappresentazione 2D di una facciata per esempio (degrado, qualificazioni semantiche, etc.), sono espresse in un sistema di proiezione arbitrario (cioè ancorate ad un riferimento cartografico, come un link verso un altro supporto d'analisi) ma non si trovano realmente in relazione spaziale con il supporto planimetrico di riferi-

mento. Ciò costituisce un problema nella misura in cui non c'è vera distribuzione d'informazioni tra un supporto di rappresentazione e l'altro: un manufatto architettonico può difficilmente essere rappresentato in maniera esaustiva in tutta la sua complessità morfologica attraverso un semplice insieme di rappresentazioni bidimensionali (pianche, sezioni, prospetti, etc.).

Di conseguenza, se i sistemi informativi geografici sono oggi una soluzione valida per l'analisi spaziale su supporto cartografico, i tentativi di sviluppare dei GIS 3D restano ancora inefficaci per gestire la ricchezza e la complessità dei dati che è possibile osservare, acquisire ed analizzare su delle rappresentazioni tridimensionali dettagliate di edifici storici. Parallelamente, alcuni tentativi di concepire e sviluppare dei sistemi d'informazione 3D a scala architettonica (tra i quali si ritrovano anche i lavori del nostro laboratorio) sono stati condotti negli ultimi anni e si dimostrano efficaci come soluzione per gestire l'informazione relativa all'analisi e allo studio delle superfici e dei volumi oltre che alla strutturazione semantica della morfologia dell'edificio. Malgrado ciò, questi sistemi confinano l'analisi alle frontiere della morfologia dell'artefatto studiato rendendo ancora difficile l'estensione dell'osservazione ad altre scale.

Certo, si possono attribuire le cause di questo gap importante alla mancanza di una vera formalizzazione di esigenze chiaramente espresse dagli specialisti del campo (i GIS non sono sviluppati da storici, archeologi, architetti, etc.) o ancora alla mancanza di lavori di ricerca veramente ibridi (combinanti una sensibilità verso gli obiettivi di studio propri dell'architettura e delle competenze in materia di sviluppo di sistemi informativi). In ogni modo, il problema della discontinuità informativa tra molteplici scale e supporti di rappresentazione risiede probabilmente in ragioni più profonde da ricercare nel consolidamento dei meccanismi di astrazione e di interpretazione legati alle convenzioni di rappresentazione (e di comprensione) dello spazio fisico.

Delle nuove soluzioni sono quindi da ricercare al fine di identificare delle strade per la concettualizzazione dei sistemi di descrizione delle forme architettoniche nell'obiettivo di costruire un con-

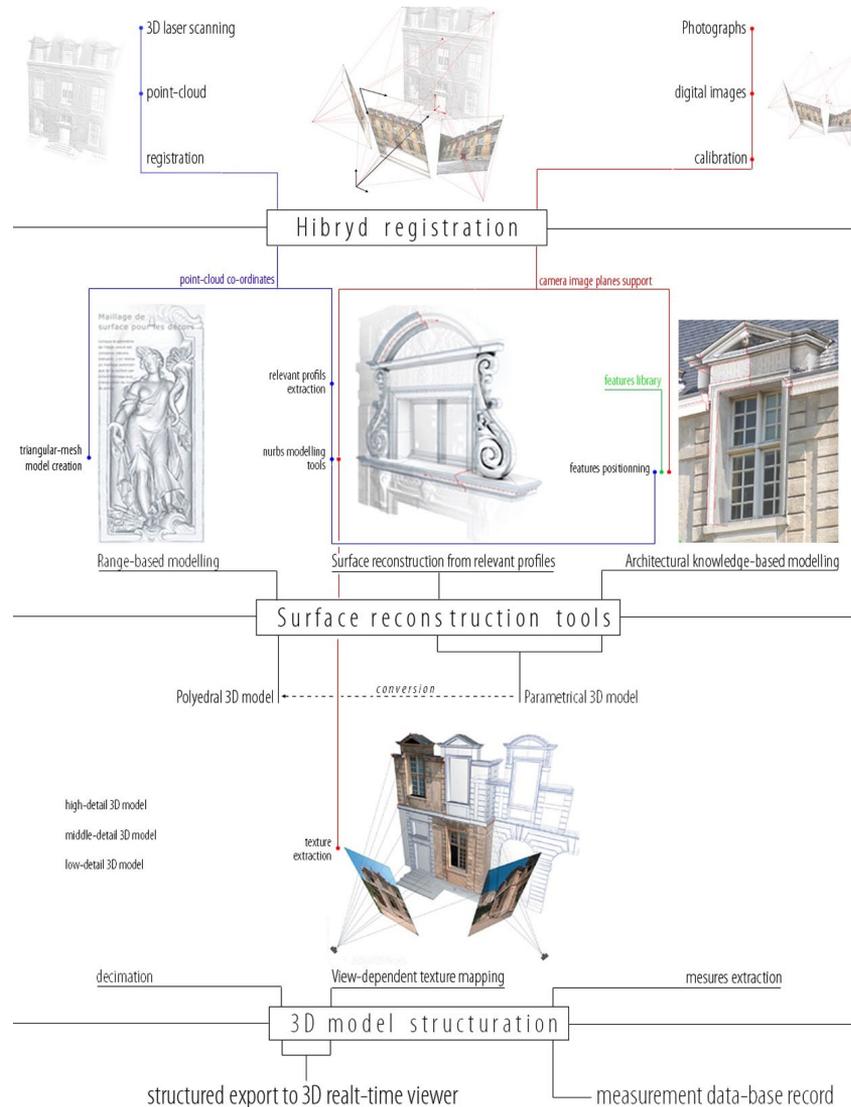
tinuum informativo tra l'acquisizione dei dati, la loro modellazione geometrica fino all'integrazione delle rappresentazioni che ne risultano con tutti gli altri tipi di rappresentazione (anche relativi ad altre scale) che possono esservi associate.

LINEE PROGRAMMATICHE DI RICERCA

In un periodo in cui il progresso tecnologico rinnova la sfera del possibile è importante concentrare gli sforzi attorno ad un questione centrale: come si possono mettere realmente a profitto i progressi tecnologici e metodologici recenti al fine di osservare, analizzare e far conoscere il nostro patrimonio in modo più razionale, più economico e più perenne? Per tentare di rispondere a questa domanda il nostro laboratorio si orienterà nei prossimi anni verso la definizione di un approccio di studio del patrimonio costruito, e dei saperi di cui testimonia, che si declina attraverso lo sviluppo di strumenti, di metodi e di modelli appartenenti scientificamente tanto alle scienze storiche quanto a quelle informatiche.

Un primo problema riguarda la possibilità di creare dell'informazione strutturata sugli artefatti architettonici, di archivarla e di metterla a disposizione di ricercatori, insegnanti e studenti, professionisti. Ciò necessita innanzitutto dello sviluppo di strumenti semplici da usare, non vincolati all'utilizzo di tecnologie troppo sofisticate e costose, e soprattutto adatte ai vincoli specifici del rilievo architettonico (oggetti di grande dimensione e complessità, forte bisogno di segmentazione e di semantizzazione delle masse di dati acquisiti, etc.). Un secondo problema riguarda la possibilità di strutturare e configurare le rappresentazioni (e le informazioni associate) in funzione di molteplici scale e supporti d'analisi, con l'ambizione di concepire delle piattaforme di lavoro che rispondano al meglio alle esigenze di condivisione e di interoperabilità tipiche degli studi pluridisciplinari. Queste linee programmatiche di ricerca possono allora identificarsi nell'obiettivo centrale di studiare i principi metodologici e tecnici per l'elaborazione di sistemi di rappresentazione informatizzata per l'analisi e la modellazione di grandi insiemi di artefatti architettonici. Due principali caratteri innovanti identificano il nostro approccio: da

Verso la caratterizzazione semantica di rappresentazioni digitali di artefatti architettonici: linee programmatiche di ricerca



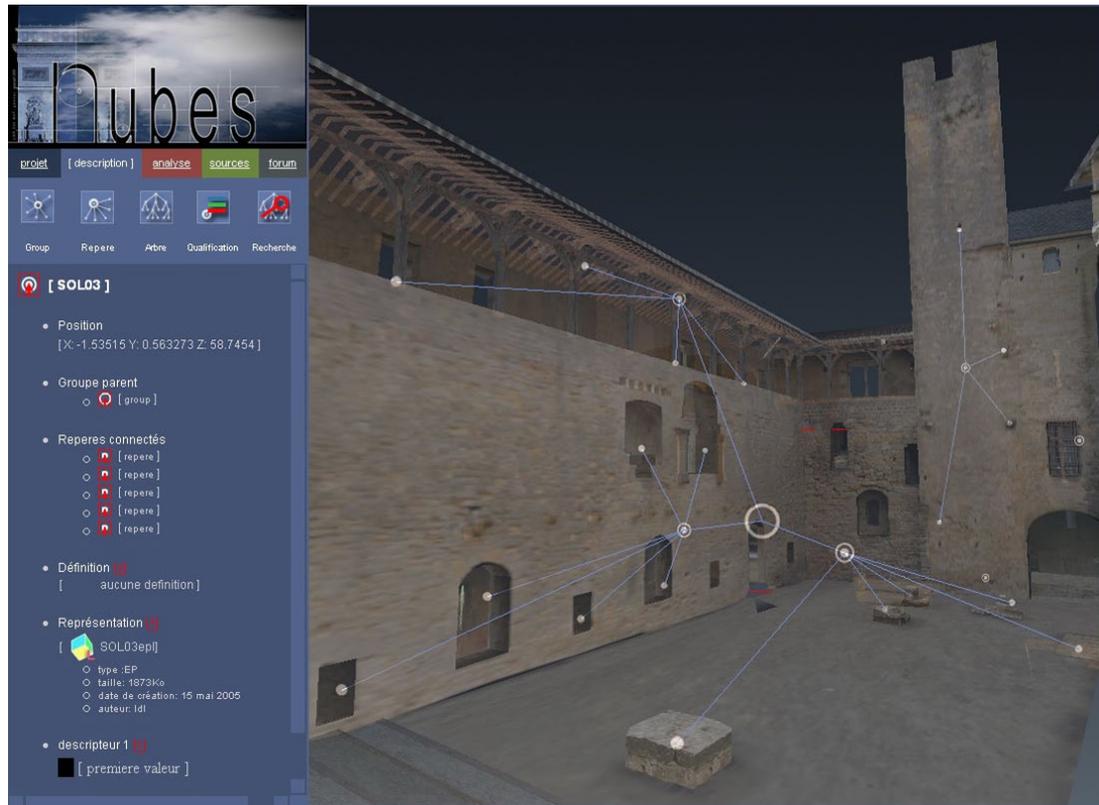
1. Rappresentazione schematica dell'approccio ibrido proposto.

una parte l'idea di legare (ed avvicinare) la fase di acquisizione dei dati spaziali a quelle della loro archiviazione e strutturazione semantica; dall'altra parte, l'ambizione di elaborare dei supporti di analisi spaziale e morfologica interconnessi da un sistema di caratterizzazione semantica basato su dei meccanismi di propagazione multi-scala e multi-proiezione. I paragrafi che seguono presentano le tre principali dimensioni dell'approccio programmato.

ACQUISIZIONE E STRUTTURAZIONE SEMANTICA DI RAPPRESENTAZIONI DIGITALI

La fotomodellazione[6] ha raggiunto ormai un punto di sviluppo in cui i costi, l'accessibilità, la qualità e la diversità dei risultati arrivano a soddisfare i bisogni ed i vincoli (tecnici ed istituzionali) del rilievo a scala architettonica. Questa tecnica richiedeva fino a poco tempo fa un controllo tecnico abbastanza complesso delle differenti fasi che dall'acquisizione delle fotografie conducono alla ricostruzione geometrica tridimensionale. Dei progressi molto recenti nel campo dell'analisi d'immagine[7], della visione computazionale[8] e della fotogrammetria[9] permettono oggi di definire dei trattamenti completamente automatici riguardanti l'estrazione di punti omologhi, la calibrazione e l'orientamento d'immagini oltre che la generazione di nuvole di punti o di mesh poligonali arricchite da textures. I risultati ottenuti su di una serie di sperimentazioni che il nostro laboratorio conduce da due anni a questa parte nell'ambito del progetto TAPEnADe[10] permettono di prefigurare a breve un vero rinnovamento tecnologico ed applicativo delle pratiche di rilievo architettonico. In effetti, la diffusione delle macchine fotografiche digitali, e più in generale, dell'uso della fotografia come mezzo per l'acquisizione e la registrazione d'informazioni all'interno delle comunità scientifiche e professionali della conservazione e della valorizzazione del patrimonio, unite alle attuali tendenze di condivisione e di comunicazione digitale, aprono oggi la porta ad una opportunità senza precedenti per capitalizzare, in approcci collaborativi, analisi di forme architettoniche su vasta scala.

Lo sviluppo di nuovi supporti di analisi che sfruttino al meglio l'apporto di questi recenti risultati ri-



chiede una riflessione importante sulle pratiche e sulle metodologie di documentazione consolidate al fine di identificare dei protocolli di acquisizione e di processamento di dati, semplici da applicare, accessibili a tutti, che rispondano chiaramente alle esigenze di osservazione e di descrizione proprie allo studio degli artefatti architettonici. Lo studio dei criteri geometrici e strumentali dell'acquisizione, l'identificazione di caratteri morfologici tipici, nonché la formalizzazione di esigenze specifiche di analisi, permetterebbe infatti di declinare insieme di protocolli di acquisizioni specifici a categorie di oggetti (spazi urbani, elevati, interni, elementi, frammenti, ecc..) e relativi a tipi di analisi (analisi

dimensionale, cartografia del degrado, stratigrafia, strutturazione semantica, ecc.).

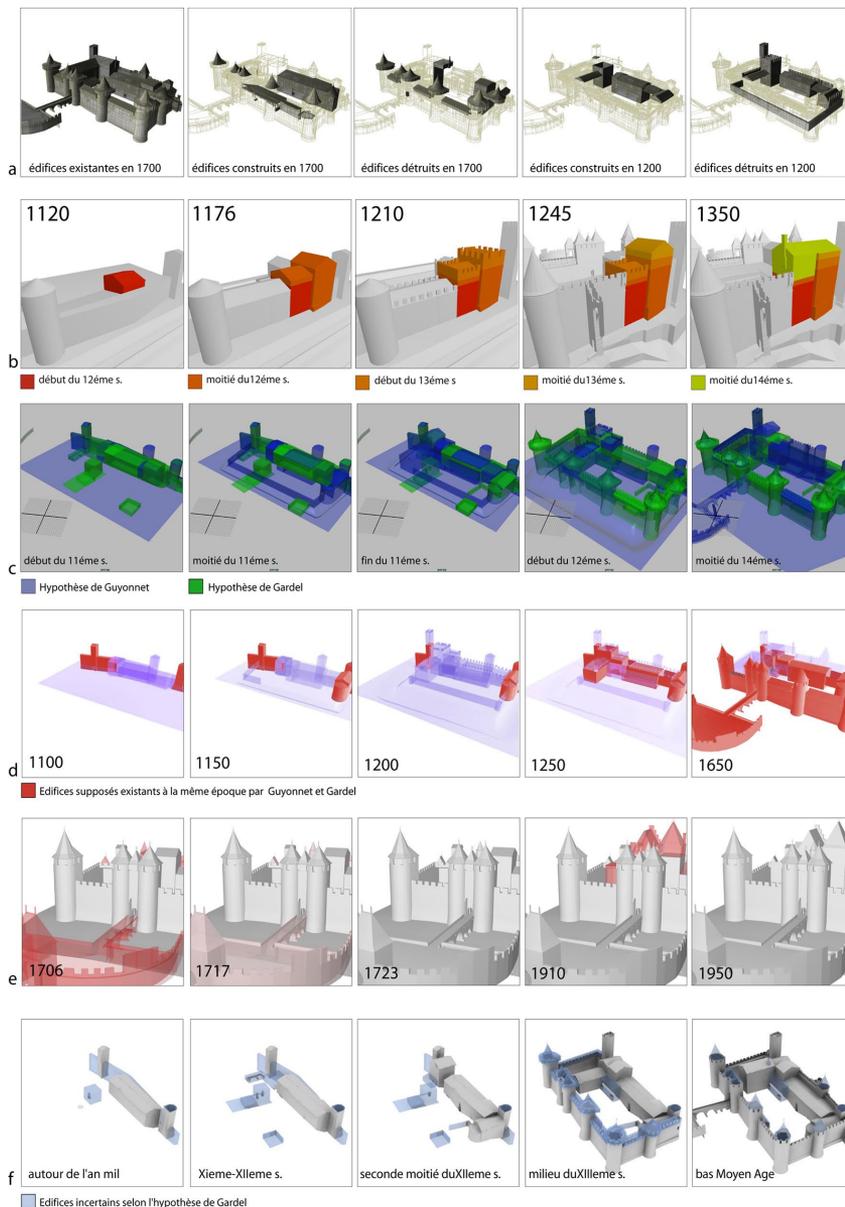
La definizione di protocolli di acquisizione per un processamento automatico di grandi quantità di dati trova giustificazione anche nelle recenti tendenze di sviluppo tecnologico inerenti la creazione di piattaforme di trattamento informatico centralizzato (cloud computing) che potrebbero a breve costituire una risposta efficace ad un duplice problema: dare accesso ai non specialisti ad una tecnologia molto sofisticata (ed in miglioramento continuo) tramite delle interfacce web standard ; capitalizzare (archiviare, classificare e strutturare) gli elaborati provenienti da differenti utilizzatori all'interno di banche dati condivise.

[nella pagina precedente]

2. Qualificazione semantica di una rappresentazione 3D in Nubes Visum. L'utente può selezionare una entità morfologica, assegnare un termine di vocabolario, scegliere un tipo di rappresentazione (nuvola di punti, profili, poligoni, ecc.), qualificare le entità di attributi personalizzati e creare punti di riferimento relativi.

[nella pagina]

3. Visualizzazione di query semantiche temporali: (a) selezioni temporali, (b) vetustà dell'edificio, (c) ipotesi, (d) confronto ipotesi, (e) incertezza temporale, (f) livello di affidabilità spaziale.



INTERCONNESSIONE DI MOLTEPLICI SUPPORTI DI RAPPRESENTAZIONE

Lo studio degli edifici storici richiede molto spesso di condurre osservazioni ed analisi su supporti grafici di varia natura (disegni tecnici 2D, modelli digitali 3D, risorse iconografiche storiche, etc.). Al di là degli aspetti legati all'acquisizione ed al trattamento dei dati tridimensionali, la "materia" digitale alla base di queste diverse forme di rappresentazione permette oggi di intraprendere una riflessione molto più profonda (forse più radicale) sull'installazione di una relazione coerente e continua tra i dati eterogenei che possono essere utilizzati per l'analisi, la comprensione e la descrizione dello spazio costruito. Nel tentativo di avvicinare la fase di acquisizione dei dati spaziali a quella della loro strutturazione semantica, un carattere innovante del nostro approccio riguarda la possibilità di stabilire una relazione tra questi dati sul piano geometrico/spaziale e non soltanto puramente ipertestuale o ipermediale. Ovvero, invece di utilizzare i legami di tipo entità-relazione tra forme rappresentate e dati collegati (nozione fondante di alcuni sistemi informativi geografici e delle applicazioni ipermediali) è possibile sfruttare la relazione proiettiva (da costruire tra le differenti rappresentazioni della stessa forma) come via di comunicazione, di distribuzione e di propagazione dell'informazione.

Un primo esempio è la sovrapposizione di molteplici livelli di analisi all'interno di un supporto di rappresentazione unico (2D o 3D). Una possibile applicazione di questo principio potrebbe riguardare l'integrazione di un insieme di acquisizioni spazializzate (metriche, radiometriche, termografiche, etc..) per l'elaborazione di supporti di analisi dei fenomeni di degrado delle superfici. Un altro esempio può riguardare la distribuzione di descrizioni semantiche tra rappresentazioni 3D e 2D interconnesse. La relazione spaziale/proiettiva tra rappresentazioni 2D e 3D potrebbe essere sfruttata in due sensi: qualificare immagini 2D a partire da modelli 3D (ad esempio l'annotazione semantica di risorse iconografiche orientate su di un modello 3D strutturato); oppure condurre la caratterizzazione semantica di immagini 2D al fine di strutturare delle rappresentazione 3D da esse



4. Alcune immagini dalle sperimentazioni condotte nell'ambito del progetto TAPeNAde.

dipendenti (ad esempio la generazione di nuvole di punti semanticamente strutturate a partire da un insieme di fotografie segmentate). Questo principio può facilmente essere esteso all'insieme di rappresentazioni tecniche 2D direttamente generate a partire da rappresentazioni tridimensionali (piane, prospetti, sezioni, etc.). Infine, gli stessi meccanismi di distribuzione/propagazione potrebbero ugualmente essere utilizzati per garantire una continuità informativa tra molteplici scale di rappresentazione prendendo ugualmente in conto i problemi della multi-risoluzione.

ANALISI COMPARATIVA DI ARTEFATTI BASATA SU CRITERI DIMENSIONALI, MORFOLOGICI E SEMANTICI
L'introduzione di protocolli di acquisizione e di processamento automatico di dati tridimensionali a scala architettonica permette d'immaginare la raccolta di vere e proprie masse di dati contenenti rilievi, analisi geometriche e caratterizzazioni semantiche. Ciò fa emergere nuove preoccupazioni relative allo sviluppo di approcci di classificazione e di analisi comparata di artefatti. Ci si potrebbe ad esempio concentrare sulle modalità che permettano di inserire degli elementi di semantica

architettonica direttamente nelle procedure di rilievo al fine di estrarre e strutturare informazioni dimensionali (e non semplici distanze tra coordinate) sin dalle prime fasi di trattamento dei dati acquisiti. Questa integrazione potrebbe essere sfruttata anche al fine di condurre la lettura diretta di parametri dimensionali corrispondenti ai concetti architettonici capaci di descrivere l'artefatto studiato, come, al tempo stesso, al fine di elaborare rappresentazioni geometriche 2D e/o 3D strutturate in funzione di tali concetti (ed eventualmente fungenti da interfacce grafiche per l'accesso alle informazioni eterogenee connesse). Elementi di semantica potrebbero ugualmente essere introdotti in fase di post-processamento dei dati tramite lo sviluppo di strumenti di supporto all'analisi interpretativa. Ad esempio attraverso funzioni che permettano di alleggerire le fasi della segmentazione di nuvole di punti o di maglie poligonali dense per mezzo di analisi di similarità geometriche e/o il riconoscimento di caratteri morfologici tipici. Parallelamente, differenti lavori si concentrano oggi sull'annotazione semantica di rappresentazioni 3D in funzione di concetti descrittivi strut-

turati (ontologie ad esempio). Questi approcci si basano molto spesso sulla scelta di descrivere le forme in funzione di vocabolari precisi e condivisi. Ora, al di là delle sperimentazioni già condotte in ambiti relativi ad importanti teorizzazioni (come ad esempio la descrizione di forme architettoniche del linguaggio classico) la definizione univoca delle forme architettoniche resta di certo un'utopia, vista l'impressionante ricchezza del patrimonio costruito, l'eterogeneità dei suoi elementi costitutivi, nonché i problemi legati alla terminologia (diversità linguistica, pluridisciplinarietà, etc.).

Ma se i concetti descrittivi dipendono dal linguaggio, le forme no. Si potrebbe dunque immaginare di utilizzare le masse di dati geometrici acquisite al fine di condurre delle classificazioni di forme architettoniche in funzione di criteri morfologici (basati ad esempio su analisi puramente geometriche o intrecciando semantica e geometria) con lo scopo di fare fronte all'obiettivo ambizioso di isolare (ed al tempo stesso di illustrare) dei concetti architettonici. Ciò aprirebbe di certo nuove strade per lo sviluppo di sistemi di supporto alla ricerca sulla variabilità delle forme architettoniche, con degli impatti importanti sullo studio delle correnti stilistiche (anche tramite dei meccanismi di auto-estensione che potrebbero fornire una soluzione operativa per la manipolazione di forme non classificabili e/o difficilmente interpretabili).

Degli sforzi di ricerca potrebbero quindi concentrarsi inizialmente sulla definizione di strutture di descrizione semantico-geometriche che permettano l'analisi incrociata di parametri dimensionali e morfologici di elementi tipici; in seguito sulla costituzione di biblioteche di forme architettoniche a partire dai protocolli di acquisizione e di trattamento geometrico organizzati attorno a concetti appartenenti a sistemi di conoscenze pre-strutturate; infine sulla definizione di metodi di classificazione di elementi architettonici basati al tempo stesso su criteri qualitativi (annotazione semantica) e morfologici (analisi geometrico-semantiche). Incrociando la modellazione a scala architettonica con l'osservazione a scala territoriale, questi approcci per-

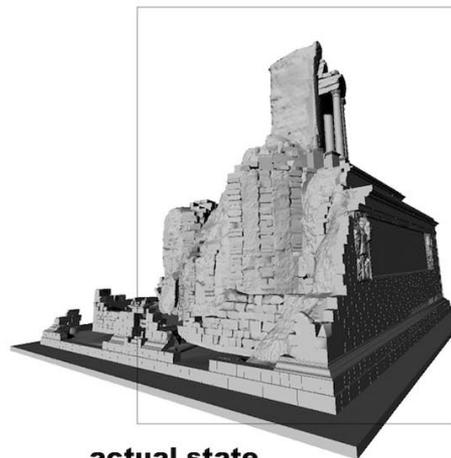
metterebbero allora di esplorare nuove forme di analisi basate sull'intersezione di molteplici criteri : similarità morfologica, localizzazione geografica, stato temporale, concetto semantico di riferimento, posizione del concetto relativo in una struttura di conoscenze, etc.

CONCLUSIONI

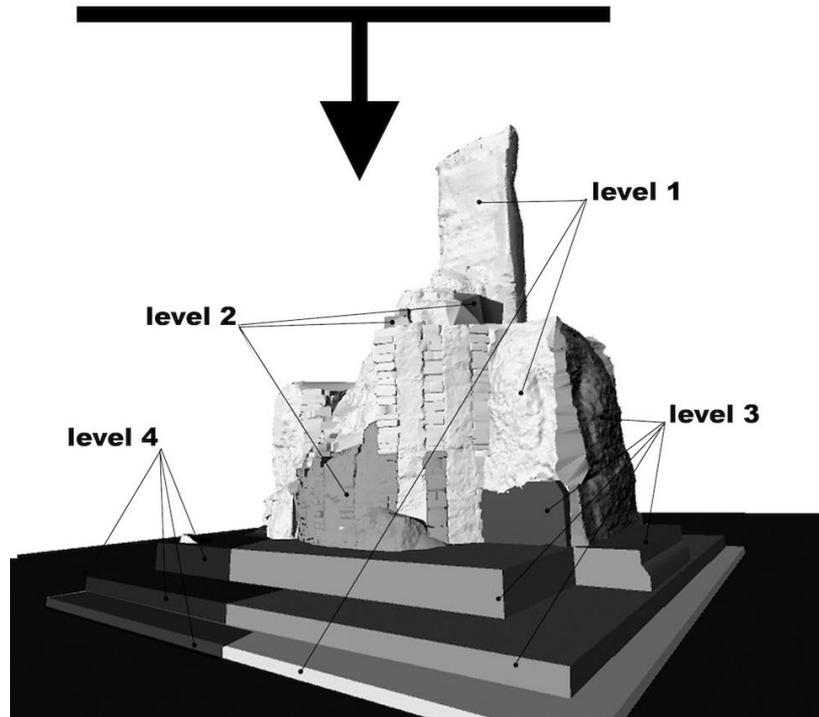
Queste linee programmatiche di ricerca ricoprono strumenti, metodi e modelli integrati in un approccio trasversale che mira allo sviluppo di sistemi di rappresentazione informatizzata innovanti per la documentazione del patrimonio architettonico. Al di là del controllo dei più profondi elementi tecnici (analisi e trattamento d'immagini, modellazione geometrica, algoritmica, sistemi informativi, ecc..) queste linee programmatiche dovranno confrontarsi con il rapporto tra la percezione ed i fondamenti semiologici della comunicazione, partendo dal principio che l'atto di rappresentare non potrà mai sottrarsi allo sguardo che si porta sull'oggetto architettonico, oltre che alle conoscenze mobilitate dalla sua comprensione. Ciò corrisponde alla possibilità di intrecciare lo sviluppo di tecnologie informatiche con le problematiche dell'analisi e della modellazione architettonica nell'obiettivo di "disegnare" dei sistemi di rappresentazione come dei veri e propri strumenti di indagine e di visualizzazione scientifica. Se è evidente che i ricercatori in architettura sono chiamati oggi a contribuire alla riflessione attorno all'evoluzione dei sistemi di rappresentazione dello spazio (metodi per acquisire ed analizzare informazioni geometriche, soluzioni per l'integrazione visiva e concettuale di scale di rappresentazione, principi di visualizzazione d'informazioni e di conoscenze, gestione del continuum informativo tra spazio reale e rappresentazione digitale, etc.), soltanto il consolidamento di percorsi d'ibridazione di conoscenze (architettura/ingegneria/informatica) potrà far fronte alle ambizioni scientifiche di un settore in piena effervescenza. Le politiche emergenti di digitalizzazione di contenuti culturali, unite allo sviluppo crescente di soluzioni per la condivisione di risorse e la creazione collaborativa, aprono oggi una nuova era della rappresentazione dell'architettura, da sempre terreno privilegiato di sperimentazioni interdisciplinari.



temporal state



actual state



5. Codifica visiva dell'incertezza applicata alla rappresentazione ipotetica di uno stato temporale. Confrontando la fonte originale documentaria con una ricostruzione pertinente 3D, l'utente può assegnare un livello di certezza agli elementi o a parti di questi in base alle informazioni spaziali e metriche incluse nella sorgente.

6. Interconnessioni: l'approccio mira a stabilire una relazione tra i dati sul piano geometrico/spaziale.



NOTE

[1] Laboratoire MAP (Modèles et simulations pour l'Architecture, l'urbanisme et le Paysage), équipe Gamsau (Groupe de recherche pour l'Application des Méthodes Scientifiques à l'Architecture et à l'Urbanisme). Unità di ricerca del "Centre National de la Recherche Scientifique" e del "Ministère de la Culture et de la Communication". http://www.map.archi.fr/accueil_presentation-v09.php.

[2] De Luca, L., Véron, P., Florenzano, M., *Reverse engineering of architectural buildings based on a hybrid modeling approach*, Computers & Graphics. Volume 30, Issue 2. Pages 160-176. Elsevier, April 2006. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849306000240>.

[3] De Luca, L., Busarayay, C., Stefani, C., Veron, P., Florenzano, M., *A semantic-based platform for the digital analysis of the architectural heritage*,

Computers & Graphics. Volume 35, Issue 2, April 2011, Elsevier. Pages 227-241.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849310001780>

[4] The NUBES project. http://www.map.archi.fr/nubes/NUBES_Information_System_at_Architectural_Scale/Home.html.

[5] *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*, Lock, G.

(ed), 2000, Spatial Technology and Archaeology, Wheatley, D. and Gillings, M., 2002.

[6] De Luca, L., *La fotomodellazione architettonica. Rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*, Dario Flaccovio, 2011. 276 pages. ISBN : 978-88-579-0070-4. http://www.darioflaccovio.it/libro.php/la-fotomodellazione-architettonica-df0070_C688_A8.

[7] Lowe, D. G., *Object recognition from local scale-invariant features*, Proceedings of the International Conference on Computer Vision, vol. 2, 1999, p. 1150-1157.

[8] Snavely, N., M. Seitz, S., Szeliski, R., *Modeling the World from Internet Photo Collections*, International Journal of Computer Vision, 2007.

[9] Pierrot-Deseilligny, M., De Luca, L., Remondino, F., *Automated Image-*

Based Procedures for Accurate Artifacts 3D Modeling and Orthoimage, Proceedings of XXIIIrd International CIPA Symposium, Prague, Czech Republic, September 12 - 16, 2011.

[10] TAPEnADE Project: Tools and Acquisition Protocols for Enancing Artifact Documentation. <http://www.tapenade.gamsau.archi.fr/TAPEnADE/Home.html>.