

Università degli studi di Roma “La Sapienza”
Dottorato di Ricerca in *Scienze della Rappresentazione e del Rilievo* - Settore disciplinare ICAR 17

Tesi di Dottorato di Ricerca D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXIV - I Sessione 2012

Annika Moscati

Sistemi informativi integrati per la valorizzazione del patrimonio urbano-architettonico

tra 3D GIS, AIS e Web

Tutor: Elena Ippoliti

Co-Tutor: Livio De Luca



Scuola Nazionale di Dottorato in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo

Dipartimento di Storia Disegno e Restauro dell'Architettura, Roma 2011

Tutti i diritti sono riservati:

nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcun modo (comprese fotocopie e microfilms) senza il permesso scritto del dottorando di ricerca in "Scienze della Rappresentazione e del Rilievo"

Scuola Nazionale di Dottorato IV ciclo - 2008/2011
in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo

Sede centrale di coordinamento

Università degli Studi di Firenze

Direttore

Emma Mandelli

Sedi consorziate

Politecnico di Bari

Università di Catania - Siracusa

Università degli studi "G. D'Annunzio" Chieti - Pescara

Università degli Studi di Firenze

Università degli Studi di Palermo

Università Mediterranea di Reggio Calabria

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Dottorato di Ricerca in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo

XXIV Ciclo - Settore disciplinare ICAR 17

Coordinatore

Cesare Cundari

Collegio del Dottorato

Piero Albisinni, Laura Baratin, Carlo Bianchini, Laura Carnevali, Anna Laura Carnevalis, Marco Carpiceci, Carlo Carreras, Andrea Casale, Antonio Catizzone, Emanuela Chiavoni, Laura De Carlo, Roberto De Rubertis, Marco Fasolo, Antonino Gurgone, Carlo Inglese, Elena Ippoliti, Alfonso Ippolito, Fabio Lanfranchi, Maria Martone, Riccardo Migliari, Lia Maria Papa, Leonardo Paris, Paola Quattrini, Luca Ribichini, Biagio Roma, Rocco Sinisgalli, Graziano Mario Valenti

<i>Dottorando</i> Annika Moscati	<i>Coordinatore del Dottorato</i> prof. Cesare Cundari
<i>Tutor</i> prof. Elena Ippoliti	
<i>Co-Tutor</i> ing. di ricerca Livio De Luca	

Indice

1. Introduzione	5	4.4.1 Architettura delle informazioni per il Web GIS: il database	24
1.1 Inquadramento generale della ricerca	5	4.5 Nubes Visum	30
1.2 Obiettivi	5	4.5.1 Architettura delle informazioni per l'AIS: strutturazione dei modelli 3D	30
1.2.1 Obiettivo generale	5	4.6 Connessione dei due sistemi: nuova interfaccia ibrida	38
1.2.2 Obiettivi specifici	5		
1.3 Articolazione delle fasi	6		
1.4 Struttura del documento	6		
2. Stato dell'arte	8	5. Tra interrogazioni e topologia	44
2.1 GIS, Web GIS e 3D Web GIS	8	5.1 Query topologiche: dalle due alle tre dimensioni	47
2.2 Architectural Information System	11	5.2 Dal modello 3D alla descrizione dell'architettura	48
2.3 La topologia	12	5.3 Interrogazioni e analisi topologiche	49
		5.3.1 Aggregazione verticale: allineamento delle aperture	52
		5.3.2 Aggregazione orizzontale: confronto	55
		5.4 Rapporti gerarchici e grafi topologici	61
		5.4.1 Interrogazioni sulla gerarchia	63
3. Il caso studio	16	6. Conclusioni	65
3.1 Scelta del caso studio	16	6.1 Limiti	66
3.2 Descrizione degli edifici	17	6.2. Prospettive di ricerca	66
3.2.1 Chiesa di San Francesco	17	6.2.1 Diversi casi studio	67
3.2.2 Palazzetti rinascimentali	17	6.2.2 Approfondimenti sulla topologia 3D	67
3.2.3 Caffè Meletti	19		
3.2.4 Palazzo dei Capitani del Popolo	19		
3.3 Acquisizione e rielaborazione dei dati	19		
3.3.1 Dati a scala cartografica	20		
3.3.2 Dati a scala architettonica	20		
3.4 Potenzialità e limiti	21		
4. Architettura delle informazioni e architettura informatica	22	Bibliografia	68
4.1 Information System e Geographic Information System	22	Summary	71
4.2 Studio dei diversi modelli di dati tra GIS e AIS	22	Allegato A	73
4.3 Architettura informatica	23	Allegato B	93
4.4 GIS 2D	24		

Ringraziamenti

Desidero ringraziare per la disponibilità e il contributo prezioso quanti mi hanno seguito durante lo svolgimento della tesi.

Il *Collegio dei docenti del Dottorato*, per il supporto costantemente assicurato sul piano scientifico e metodologico.

I Tutor, prof.ssa *Elena Ippoliti* e arch. *Livio De Luca*, per i precisi ed incisivi suggerimenti.

Le tante persone che via via mi hanno affiancato, dedicandomi tempo prezioso, e in particolare il prof. *Francesco Cervellini* e la prof.ssa *Alessandra Meschini* per i puntuali consigli, *Julie Lombardo* e *Pascal Bénistant* per il supporto informatico, il *laboratorio UMR 3495 CNRS/MCC MAP-Gamsau di Marsiglia* tutto.

Infine un ringraziamento alla mia *famiglia*, a *Caterina* e *Johannes* per il continuo supporto morale.

A. M.

1. Introduzione

1.1 Inquadramento generale della ricerca

La tesi si colloca negli ambiti della rappresentazione e del disegno, intesi anche come strumenti per la descrizione e diffusione delle informazioni relative al patrimonio urbano e architettonico. In questo quadro rientra la cartografia, espressione delle conoscenze scientifiche, tecniche e artistiche finalizzate alla rappresentazione di informazioni di diversa natura – dalla forma della superficie terrestre al carattere delle città, dai fenomeni sociali a quelli culturali –, ma sempre in stretta relazione al luogo geografico nel quale si realizzano.

La tesi si è pertanto posta tra gli obiettivi quello di riflettere sulle qualità e sulle possibilità della cartografia intesa nella sua accezione più contemporanea, quindi come sistema di raccolta e organizzazione di dati contestualizzati e rappresentati attraverso sistemi informativi geografici (GIS, Geographic Information System).

Tali sistemi consentono non solo la semplice rappresentazione dei dati cartografici, ma anche di effettuare diverse analisi sugli stessi grazie all'utilizzo dei dati alfanumerici, di quelli geografici e delle relazioni topologiche. Ma quando l'obiettivo è realizzare e divulgare informazioni anche sui beni architettonici, ovviamente la tradizionale sintesi cartografica, le abituali scale di rappresentazione, non posso ritenersi sufficienti, per questo è necessario ricorrere ai modelli tridimensionali in quanto possibili interfacce di accesso alle informazioni e ad azioni di analisi. Il modello 3D, dal quale poter estrarre informazioni, diventa così un oggetto geografico non solo perché inserito nello spazio geografico e/o comunque relazionato ad uno specifico contesto, ma anche perché le singole parti che lo costituiscono sono tra loro relazionate secondo una logica "geografica", una georeferenziazione interna, stabile e univoca.

1.2 Obiettivi

1.2.1 Obiettivo generale

L'obiettivo generale della tesi è quello di indagare intorno alle possibilità di sviluppo dei sistemi informativi geografici in direzione della rappresentazione e dell'analisi dell'architettura sullo spazio tridimensionale.

Partendo dallo studio delle potenzialità e dei limiti di due diversi sistemi per la gestione, l'analisi e la valorizzazione dei beni culturali, i GIS (Geographic Information System) e gli AIS (Architectural Information System), ed essendo uno degli obiettivi la diffusione della conoscenza, è conseguenza logica la necessità di utilizzare sistemi il più efficaci possibili in questa direzione, per cui le ricerche degli ultimi anni, come pure questa tesi, mirano alla realizzazione di sistemi accessibili tramite il web.

Tenendo conto delle profonde differenze tra i due sistemi, il fine ultimo è quello di integrarli proponendo un nuovo sistema ibrido (HS, Hybrid System) che riesca a risolvere il problema del passaggio di scala (dall'analisi alla sintesi) e quello dell'analisi topologica sulle tre dimensioni, utilizzando una nuova interfaccia di accesso alle due diverse strutture di dati¹.

1.2.2 Obiettivi specifici

Sulla base dell'obiettivo generale, al fine di organizzare la tesi secondo fasi operative e sperimentali, sono stati individuati una serie di obiettivi specifici.

Innanzitutto sono state indagate le evoluzioni dei sistemi informativi geografici in direzione della rappresentazione 3D e formulate ipotesi sul perché allo stato dell'arte non esistono sistemi 3D GIS realmente funzionanti.

Si è lavorato poi con l'obiettivo di proporre una nuova interfaccia per l'accesso alle informazioni, un sistema ibrido capace di integrare il sistema informativo bidimensionale con quello tridimensionale.

Sono state ipotizzate analisi topologiche sul piano tridimensionale effettuabili attraverso modelli 3D e, laddove possibile, sperimentate.

Al fine di promuovere la maggiore divulgazione delle informazioni possibile, e quindi garantire l'accessibilità del

nuovo sistema attraverso il Web, si è lavorato in direzione della realizzazione di un sistema ibrido 3D Web GIS.

1.3 Articolazione delle fasi

Ovviamente la sperimentazione è avvenuta per fasi, alcune delle quali si sono succedute, altre invece sono state svolte pressoché in parallelo.

Prima tra tutte, una volta individuati campo d'indagine e obiettivi, è stata quella della scelta e della verifica del caso studio.

Una serie di fasi, anch'esse sperimentali, hanno riguardato la scelta dell'architettura informatica, la progettazione e la realizzazione dell'architettura delle informazioni per il Web GIS e per l'AIS (progettazione e creazione del database per il primo, strutturazione e realizzazione del modello tridimensionale per il secondo, ecc.), alle quali sono seguite la realizzazione della nuova interfaccia ibrida e la scrittura di interrogazioni topologiche sullo spazio tridimensionale. Nello specifico le fasi della ricerca sono state articolate come di seguito descritte.

Fase 1 - Indagine preliminare

La prima fase è stata caratterizzata dalle ricerche sullo stato dell'arte, prevalentemente relative a Web GIS, 3D Web GIS e AIS, focalizzando l'attenzione su quei sistemi capaci di gestire dati tridimensionali. Essendo poi stata individuata nell'accezione topologica la caratteristica fondamentale che distingue i GIS da qualsiasi altro tipo di sistema informativo, su questa, e sulle sue implicazioni nelle analisi spaziali, è stato effettuato un approfondimento.

Fase 2 - 1° fase sperimentale: scelta del caso studio

Il caso studio è stato scelto strategicamente al fine di soddisfare gli obiettivi proposti. Volendo connettere un sistema che gestisce dati urbani-territoriali con uno votato alla gestione di dati a scala architettonica, il caso studio è stato individuato in un settore urbano strutturato in modo da poter soddisfare entrambe le condizioni. Nello specifico è stata individuata la piazza come elemento di connessione tra la scala urbana e quella architettonica.

Fase 3 - Fase operativa: acquisizione dei dati

Alla scelta del caso studio è seguita la fase operativa di raccolta dei dati. Sono stati acquisiti dati di natura cartografica che sono confluiti nel sistema GIS. I rilievi dell'intera piazza e dei singoli edifici che vi si affacciano sono stati eseguiti utilizzando diverse tecniche al fine di ottenere diverse tipologie di dati, utilizzati prevalentemente per la realizzazione dei modelli tridimensionali, successivamente inseriti nell'AIS impiegato.

Fase 4 - 2° fase sperimentale: architettura informatica e architettura delle informazioni

In questa fase sono stati scelti gli strumenti informatici più adatti al raggiungimento degli obiettivi, per quanto possibile free ed open source.

Si è dapprima proceduto alla progettazione della rielaborazione dei dati per l'architettura delle informazioni in modo tale da poter giungere alla definizione di protocolli procedurali ripetibili. L'attenzione è poi stata rivolta alla progettazione e realizzazione del Web GIS e della sua banca dati e parallelamente analoghe operazioni sono state effettuate per i modelli tridimensionali che sono poi stati inseriti nell'AIS utilizzato ai fini della sperimentazione.

Fase 5 - 3° fase sperimentale: connessione tra i due sistemi e interrogazioni

L'ultima fase sperimentale è quella nella quale vengono necessariamente verificate le scelte effettuate relativamente al caso studio, all'architettura informatica e delle informazioni, nonché le stesse ipotesi iniziali. Nel caso specifico questa fase è stata caratterizzata prevalentemente dalla realizzazione della nuova interfaccia ibrida capace di mettere insieme e relazionare i due diversi sistemi (GIS e AIS) e dai tentativi di porre interrogazioni e analisi topologiche sullo spazio tridimensionale.

1.4 Struttura del documento

L'organizzazione del documento segue, per quanto possibile, l'articolazione delle fasi di ricerca, strutturandosi in sei capitoli, il primo dei quali è questa stessa introduzione.

A seguire sono il capitolo sullo studio dello stato dell'arte, poi quello dedicato alla descrizione del caso studio - Piazza

del Popolo di Ascoli Piceno - e all'acquisizione dei dati.

Il quarto capitolo descrive alcune fasi sperimentali, la prima parte è focalizzata soprattutto sugli strumenti informatici e sulle motivazioni che hanno portato alle scelte di questi, la seconda è incentrata prevalentemente sulle fasi operative relative alla rielaborazione dei dati. In una terza parte viene descritta la realizzazione della nuova interfaccia ibrida come logica conseguenza delle risultanze delle precedenti fasi.

Nel quinto capitolo viene affrontato un approfondimento sulla topologia, in particolar modo sulla sua potenziale applicazione nelle tre dimensioni, seguito dalla descrizione delle fasi di sperimentazione relative alla possibilità di porre query sullo spazio tridimensionale tramite la nuova interfaccia realizzata.

La tesi si chiude con un capitolo dedicato alle considerazioni conclusive, dove particolare attenzione è stata data ai limiti dell'intero lavoro, alle potenzialità dello stesso ed ai possibili futuri sviluppi.

Note

1. Il termine HS (Hybrid System) è stato introdotto nell'ambito di questa tesi, l'acronimo e la sua definizione non si riferiscono quindi ad applicazioni informatiche formalmente riconosciute dalla comunità scientifica.

2. Stato dell'arte

Lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie e delle strumentazioni digitali interessa ormai da molti anni anche i diversi aspetti legati alle problematiche della documentazione e della costruzione della conoscenza intorno al patrimonio culturale. Numerose sono infatti le ricerche e le applicazioni che mostrano un interesse alla individuazione di possibili integrazioni tra il settore dell'Information and Communication Technology e quello dei Beni Culturali.

Sono soprattutto due le tipologie di sistemi che consentono la gestione e l'analisi del patrimonio culturale, i GIS (Geographic Information System), in questo contesto Web GIS e 3D Web GIS, e gli AIS (Architectural Information System). Entrambe le tecnologie si propongono come strumenti per la gestione e la conoscenza del patrimonio, ma i GIS si occupano prevalentemente del territorio, mentre gli AIS di quanto concerne l'architettura.

Molti sono i progetti e le ricerche che mirano all'integrazione dei due sistemi informativi in quanto lo strumento risultante potrebbe consentire di gestire il patrimonio architettonico tramite i modelli tridimensionali e di inserirli in un ampio contesto geografico attraverso il GIS.

Lo studio sullo stato dell'arte però mostra ancora una serie di contrasti non risolti tra i due temi tra cui il conflitto tra sintesi e analisi, ovvero come passare da una rappresentazione a scala urbana ad una a scala architettonica, e l'analisi topologica sullo spazio tridimensionale (analisi topologiche che sono le peculiarità più interessanti e caratterizzanti dei GIS e che non sono state ancora appieno sfruttate).

2.1 GIS, Web GIS e 3D Web GIS

L'acronimo GIS significa Geographic Information System. Tra le numerose definizioni e distinzioni reperibili in letteratura, è interessante ai fini di questo contesto quella relativa alla differenza tra software GIS e sistema informativo GIS.

Nel quarto capitolo, relativo all'architettura informatica utilizzata nell'ambito di questo lavoro, più ampio spazio verrà dedicato alla spiegazione del GIS come sistema

informativo, ma nella fase di ricerca sullo stato dell'arte l'attenzione è stata focalizzata sui software GIS e i suoi derivati: Web GIS, 3D GIS, 3D Web GIS.

Il software GIS nasce come strumento informatico in grado di soddisfare la contemporanea amministrazione di dati raster, vettoriali e banche dati. Più dettagliatamente esso può gestire dati geometrici (rappresentazione, dimensione e posizione geografica degli oggetti); topologici (relazioni tra i diversi oggetti); informativi (dati alfanumerici, immagazzinati spesso in un database, associati ad ogni elemento).

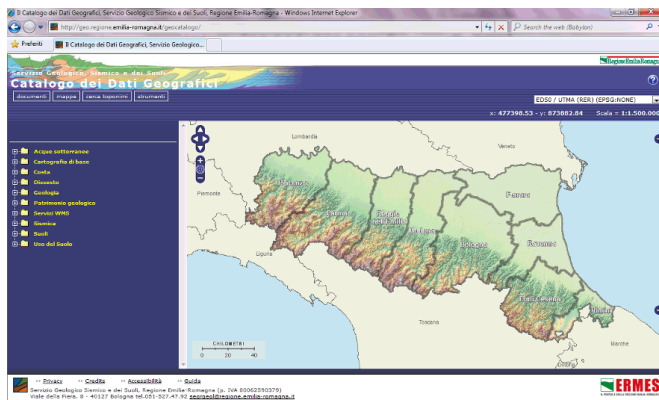
Strumento di indiscussa versatilità, e pertanto utilizzato in moltissimi campi (pianificazione urbanistica, archeologia, valutazione dell'impatto ambientale, ma anche criminologia, meteorologia, ecc.), motivo per cui numerosi sono stati, e sono tutt'ora, gli studi e le ricerche finalizzati alle possibili implementazioni, dai quali sono nati dei "prodotti derivati" che sono oggi non meno validi o importanti.

Altro aspetto fondamentale è stato quello dell'implementazione da parte delle comunità di sviluppatori, spesso volontari, che hanno contribuito alla nascita di significanti progetti free ed open source, alcuni dei quali utilizzati nella fase sperimentale di questa stessa tesi¹.

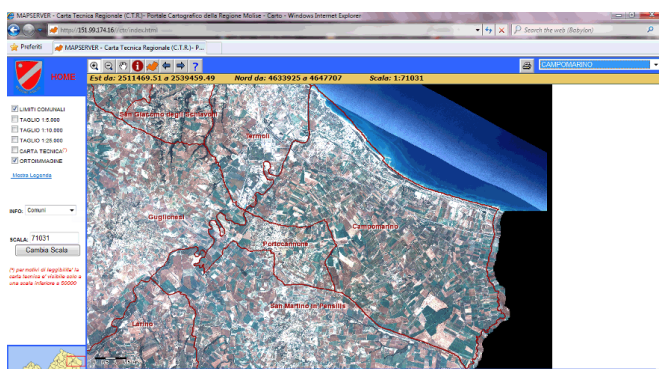
Un primo derivato, divenuto strumento fondamentale ad esempio per la gestione del territorio di moltissimi comuni italiani, e non solo, è il Web GIS. Questo permette la distribuzione di dati geo-spaziali in rete sfruttando le analisi derivanti dai software GIS, e per mezzo di classiche funzionalità di applicazioni web-based pubblicano informazioni geografiche nel World Wide Web. Un sistema Web GIS si basa su normali funzionalità Client-server, come una classica architettura Web. Il client è un qualsiasi browser, come ad esempio Mozilla Firefox, il lato server consiste in Web-server (ad esempio Apache) e un software Web GIS (ad esempio UMN Mapserver) che si occupa di fornire le funzionalità di visualizzazione/interrogazione per l'interpretazione di dati georeferenziati. [GFOSS.it²].

La peculiarità del Web GIS è dunque l'accessibilità all'interfaccia web tramite un qualsiasi browser, consentendo comunque tutte le funzioni di un GIS stand-alone.

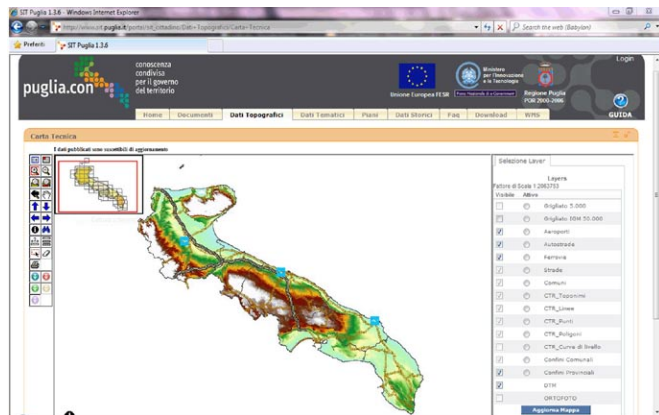
Le moltissime esperienze di Web GIS³ reperibili in rete oggi mostrano l'ampio interesse da parte della amministrazioni pubbliche a divulgare i dati tramite il web.



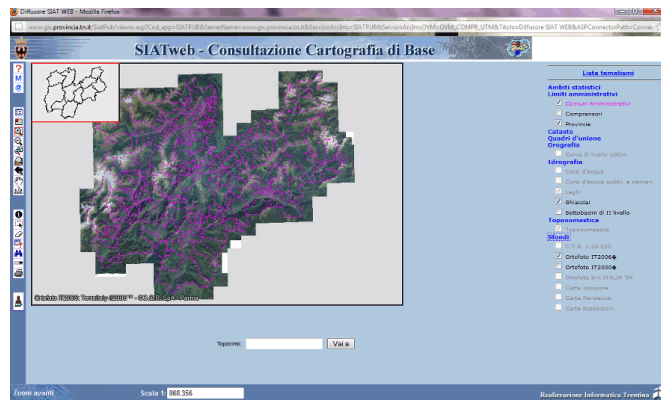
1/ Catalogo dei dati geografici dell'Emilia Romagna. Accessibile alla pagina <http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo>.



2/ Carta tecnica regionale del Molise. Accessibile alla pagina <http://151.99.174.16/ctr/index.html>.

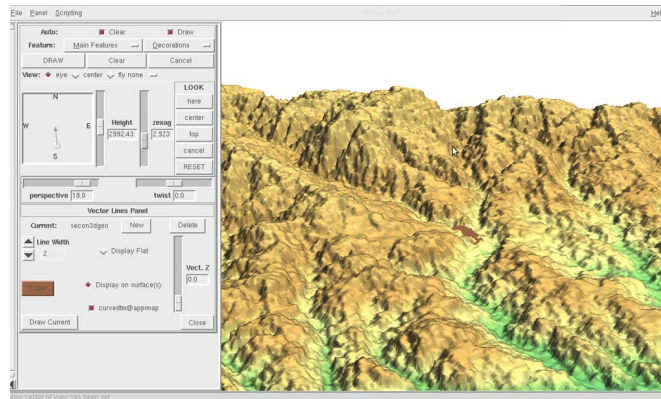


3/ Cata tecnica della Regione Puglia. Accessibile alla http://www.sit.puglia.it/portal/sit_cittadino/Dati+Topografici/Carta+Tecnica.



4/ Consultazione cartografica di Base della Provincia di Trento. Accessibile alla pagina http://www.territorio.provincia.tn.it/portal/server.ptopen=512&objID=260&&PageID=19024&mode=2&i_n_hi_userid=18720&cached=true.

Negli ultimi anni si è sentita però la necessità di compiere ancora un passo in avanti, ovvero di implementare i GIS nella direzione della rappresentazione tridimensionale, andando quindi verso il 3D-GIS. Inizialmente i più diffusi prodotti di questi erano i DEM⁴ e i DTM⁵.



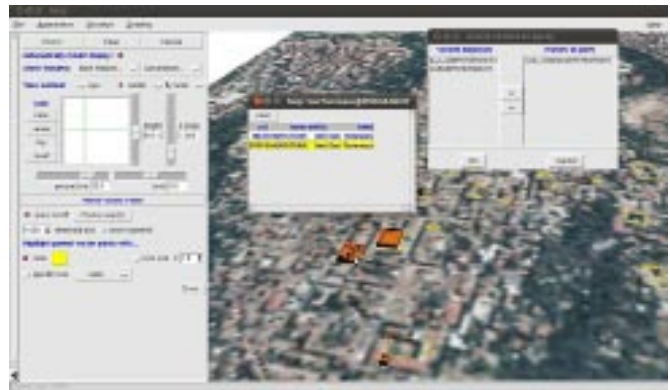
5/ Modello digitale del terreno realizzato in GRASS a partire da curve di livello vettoriali tridimensionali. Immagine estratta dalla pubblicazione PRIN 2006 in "Mappe, modelli e tecnologie innovative per conoscere, valorizzare e condividere il patrimonio urbano. Indagini sperimentali di sistemi integrati sul Piceno". Gruppo di ricerca di Ascoli Piceno coordinato dalla Prof. Elena Ippoliti.

Essendo finalizzati alla descrizione del territorio, DEM e DTM, in quanto raster non sono interrogabili se non relativamente alle coordinate dei singoli pixel. Inoltre le

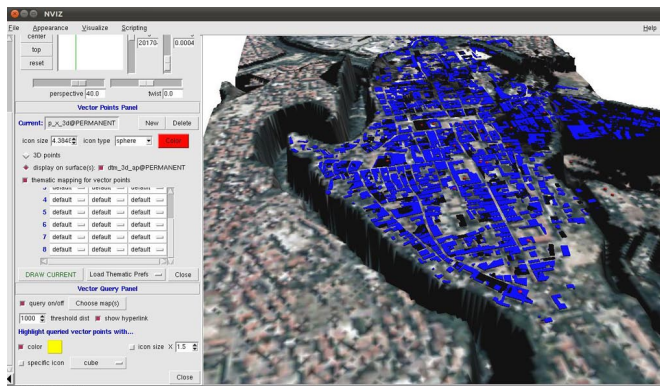
informazioni che si possono ottenere in un ambiente 3D navigabile non sono gestite ed elaborate da un database, ma semplicemente linkate e pertanto statiche.

Per quanto riguarda la modellazione per volumi, nemmeno i principali software GIS sono sufficientemente sviluppati in questo senso: essenzialmente un volume può essere elaborato solo per estrusione di un poligono, ma soprattutto la principale limitazione è rappresentata dal fatto che si tratta di tipi geometrici e non oggetti geografici, ovvero non dotati di attributi [PRIN 2006⁶].

Tuttavia i software GIS più avanzati consentono oggi di importare modelli tridimensionali e di visualizzarli tramite un 3D viewer, pur essendo le connessioni di questi a database ancora impossibili o limitate⁷.

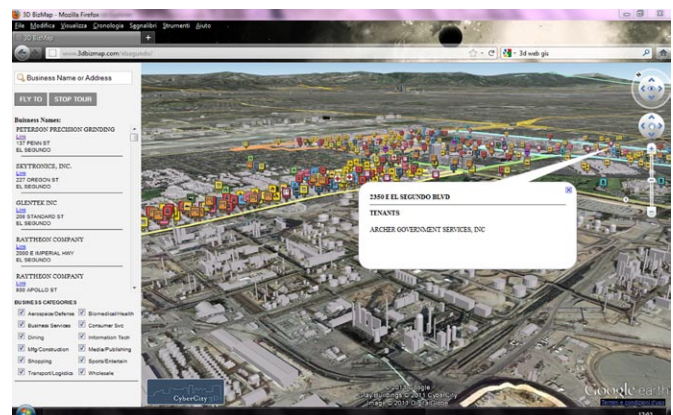
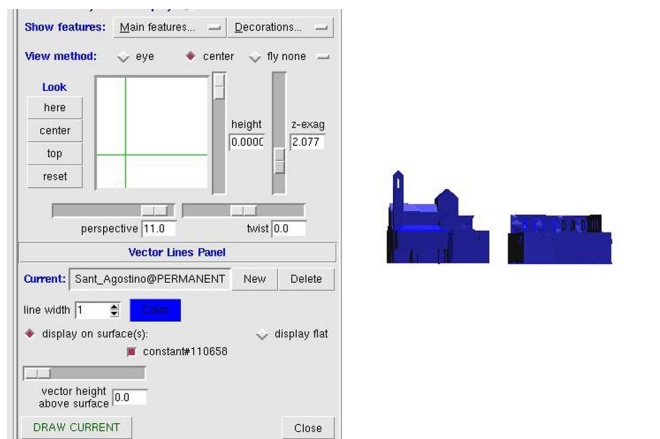


7/8 Modelli tridimensionali georeferenziati inseriti nel software GRASS. Immagine tratta dalla pubblicazione "An approach towards the construction of a Digital Atlas for the documentation of cloister and courtyards in Ascoli Piceno".



6/ Volumetria realizzata attraverso il comando v.extrude del software GRASS. Immagine tratta dalla pubblicazione "An approach towards the construction of a Digital Atlas for the documentation of cloister and courtyards in Ascoli Piceno"¹⁸.

Nonostante le difficoltà riscontrate nella realizzazione di 3D-GIS, è possibile trovare in internet numerosi progetti di 3D Web GIS. Molto spesso in questi sistemi i modelli tridimensionali vengono usati o per rendere più intuitiva una mappa, o come interfaccia di accesso alle informazioni relative al manufatto architettonico, ma mai fin ora i 3D Web GIS hanno raggiunto le potenzialità di analisi di un software GIS stand-alone o di un Web GIS in quanto non è ancora possibile sfruttare le potenzialità delle relazioni e analisi topologiche sul piano tridimensionale, come invece avviene nelle due dimensioni.



9/ Esempio di un 3D Web GIS accessibile alla pagina <http://www.3dbizmap.com/elsegundo/> e visualizzabile dopo l'installazione del plugin Google Earth.

Sono due le principali carenze che allontanano questi prodotti, che nascono spesso dal tentativo di unire un GIS ad un AIS, dall'essere quello che ci si aspetterebbe da dei veri 3D Web GIS: spesso i due sistemi (GIS e AIS) non sono strettamente relazionati, vale a dire, o si interroga il GIS o si interroga il modello 3D; non è mai possibile effettuare delle analisi topologiche sui modelli tridimensionali, di conseguenza è esclusa la possibilità di utilizzare una delle risorse più potenti e caratterizzanti dei GIS.

2.2 Architectural Information System

Con l'obiettivo di realizzare sistemi per l'analisi, la gestione e la conservazione del patrimonio culturale, numerosi gruppi di ricerca hanno lavorato intorno a sistemi informativi a scala architettonica.

Molti di questi non sono andati oltre le prime fasi di studio, pochi sono diventati strumenti realmente utilizzabili, ma sicuramente da diversi anni essi suscitano l'attenzione della comunità scientifica.

L'interesse intorno all'argomento è nato all'incirca intorno alla fine degli anni '90, per poi protrarsi fino ad oggi. Dalla ricerca sullo stato dell'arte si è potuto ricostruire, seppure sommariamente, la storia di questo genere di sistemi informativi.

Inizialmente si trattava di sistemi basati fondamentalmente su rappresentazioni bidimensionali integrate a banche dati. Successivamente, compatibilmente con l'evoluzione delle tecniche di modellazione e dei sistemi informatici in generale, si è indagato intorno alla possibilità di utilizzare modelli tridimensionali non solo come rappresentazioni più realistiche ed oggettive della realtà, ma come veri e propri strumenti di conoscenza. Da qui il bisogno di capire come realizzare e strutturare i modelli stessi e infine quali informazioni associarvi (problematiche che hanno riguardato anche una fase di questa tesi).

Molti sono i casi nei quali è stata sperimentata la possibilità di integrare gli AIS ai GIS, spesso spinti dalle stesse motivazioni di questa stessa ricerca, ovvero la possibilità di inserire i modelli tridimensionali in un contesto geografico, georeferenziarli dunque, e sfruttare le capacità di analisi spaziali e topologiche dei sistemi geografici. Ovviamente i risultati ottenuti sono i più diversi perché diversi sono stati

i casi studio e i campi di applicazione.

Nell'ambito del percorso di ricerca personale, mentre con i GIS si è proceduto gradualmente (i primi interessi sono nati da software GIS stand-alone, free ed open source, poi si è cercato di indagare intorno ai 3D GIS, e solo in ultima istanza, ovvero nell'ambito di questa tesi di dottorato, l'interesse si è focalizzato sui 3D Web GIS), nel caso dei sistemi informativi a scala architettonica si è proceduto a ritroso.

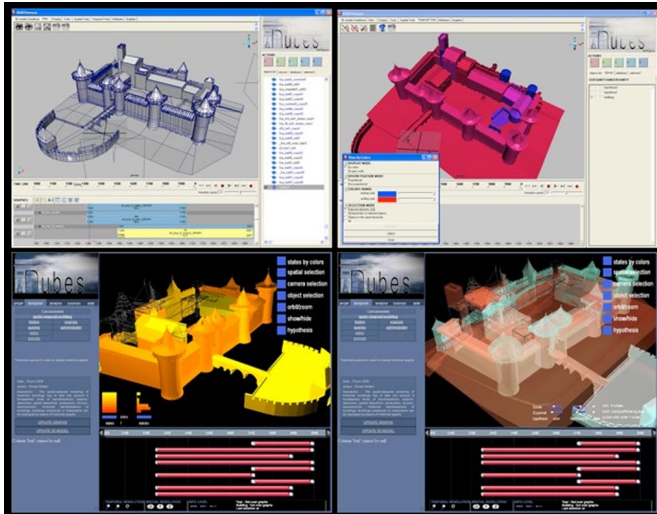
Il punto di partenza è stato un sistema specifico, NUBES Visum⁹ (che verrà ampiamente descritto nel capitolo 4.5) e alcuni sistemi da esso derivati¹⁰, verificate le sue potenzialità si è immaginato un plausibile collegamento con un Web GIS al fine di ottenere un nuovo sistema ibrido capace di tenere insieme le due scale: urbana-territoriale e architettonica.

Dallo studio di NUBES è stato possibile risalire ad altri progetti di sistemi informativi a scala architettonica. Questa operazione si è rilevata piuttosto complicata essenzialmente per due ragioni: sono pochi i sistemi informativi a scala architettonica accessibili e/o funzionanti tramite il Web; spesso è difficile reperire anche il relativo materiale presente in letteratura in quanto non è chiara o definita una terminologia univoca e specifica, come è invece per i GIS. I sistemi informativi che nascono come strumenti per la progettazione, la rappresentazione, la conoscenza e la promozione del patrimonio architettonico sono definiti AIS (Architectural Information Systems).

Un'importante conferenza nazionale, e-Arcom¹¹, ha avuto come focus nella sua seconda edizione del 2007 proprio i "Sistemi Informativi per l'Architettura, già definiti AIS, Architectural Information Systems". Interessante notare che nell'ambito della conferenza quattro sono stati i topics aperti: "archivi e musei di architettura", "tutela, comunicazione e promozione del patrimonio", "design e progetto di architettura", "sistemi per il web". Molti sono stati i contributi e i sistemi presentati, alcuni propongono nuove metodologie di divulgazione dei dati tramite il web, come ad esempio il progetto MACE¹² e il sistema informativo del Patrimonio Culturale della Regione Marche¹³. Altri gruppi di ricerca hanno presentato lavori che aspirano all'utilizzo di AIS integrati a sistemi informativi geografici, che, in coerenza con gli obiettivi di questa ricerca, sono stati quelli più approfonditamente studiati¹⁴.



10/ Nubes Visum. Screenshot della pagina http://www.map.archi.fr/nubes/NUBES_Information_System_at_Architectural_Scale/Visum.html.



11/ Nubes Tempus. Screenshot della pagina http://www.map.archi.fr/nubes/NUBES_Information_System_at_Architectural_Scale/Tempus.html.

2.3 La topologia

La topologia (dal greco τόπος, *tópos*, “luogo”, e λόγος, *lógos*, “studio”) è una vasta branca della matematica che trova applicazione in molteplici campi come la teoria dei grafi, il calcolo differenziale, l’analisi funzionale, ecc.

Tra le varie definizioni matematiche ai fini della tesi interessano quelle atte a definire le relazioni spaziali tra diversi oggetti geometrici.

La topologia, intesa come proprietà di oggetti geometrici contestualizzati in uno spazio cartografico, offre la possibilità di compiere operazioni di analisi spaziale all’interno di software che ne supportino l’utilizzo, come ad esempio i GIS.

La topologia è una sovrastruttura ridondante [Mogorovich, 2011] che esplicita le relazioni spaziali tra le primitive topologiche (*nodo*, *arco*, *face* o *superficie*) già contenute implicitamente nella geometria (le cui primitive sono invece *punto*, *linea* e *superficie*) al fine di rendere più semplici e veloci le operazioni di analisi spaziale che possono essere effettuate tramite diversi tipi di richieste tra le quali la misurazione e la formulazione di query diversificate. Le operazioni di misurazione vengono effettuate sulla geometria dell’oggetto vettoriale. Le query possono essere di tipo a-spaziale (interrogazione sugli attributi), spaziale (interrogazioni sulla geometria e le relazioni topologiche), misto (interrogazione su geometria, relazioni topologiche e attributi). È possibile effettuare query spaziali che lasciano inalterate le geometrie e query spaziali a seguito delle quali i file vettoriali vengono modificati o ne vengono generati di nuovi.

Le relazioni topologiche sono scritte in modo diverso a seconda dei software, ma generalmente in una nuova tabella come per gli attributi.

Le relazioni che possono interessare le primitive topologiche 2D (e 3D con l’aggiunta della primitiva *body*), sono state già ampiamente analizzate nel corso degli anni, in letteratura è possibile trovare articoli, tesi di dottorato e ricerche che si riferiscono alle diverse accezioni del termine topologia.

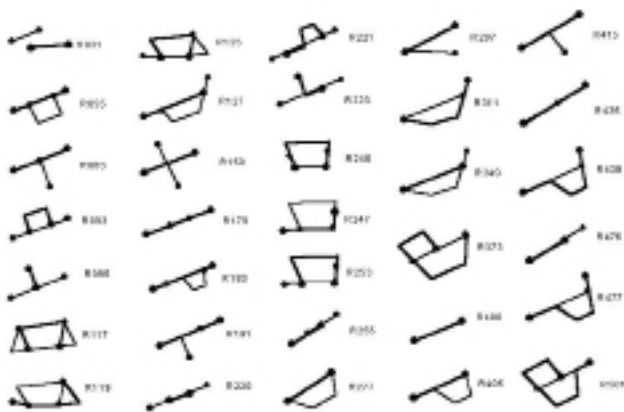
Un documento in particolare, la tesi di dottorato di Siyka Zlatanova¹⁵, è stato considerato qui come punto di partenza per lo studio delle relazioni topologiche e la loro applicazione nello spazio tridimensionale. Di seguito un sunto delle sue considerazioni.

Le primitive analizzate per le relazioni topologiche sono il punto, la superficie, l'arco e *body* (ovvero il corpo *solido*, il *volume*).

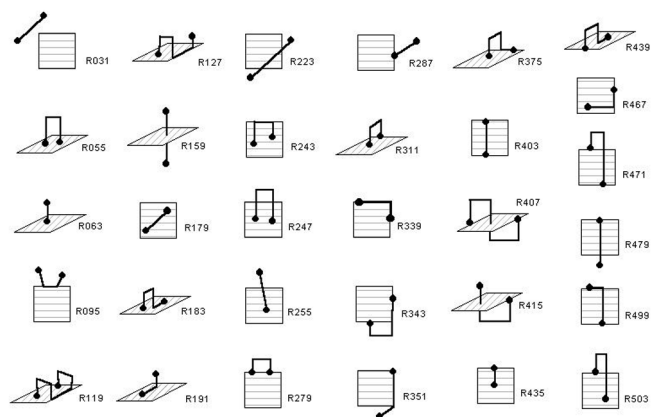
Le relazioni topologiche riguardano sostanzialmente punto e *punto*, *punto* e una delle altre primitive, *arco* e *arco*, *superficie* e *arco*, *superficie* e *superficie*, *body* e *arco*, *body* e *superficie*, *body* e *body*.

Le relazioni più semplici sono quelle tra punto e punto (solo due: due punti possono essere tra loro disgiunti o coincidenti) e punto e un'altra primitiva (tre relazioni: un punto può essere esterno ad una primitiva, trovarsi sul perimetro o trovarsi all'interno della primitiva stessa), mentre si complicano enormemente le relazioni topologiche tra le altre primitive. Queste sono state esemplificate secondo modelli geometrici che rispettano determinate condizioni e sono: 33 tra *linea* e *linea*, 31 tra *linea* e *superficie*, 19 tra *body* e *linea*, 38 tra *superficie* e *superficie*, 19 tra *body* e *superficie*.

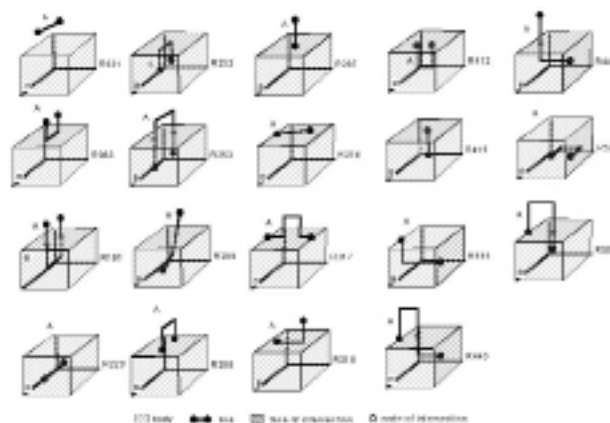
Tra tutte le possibili relazioni ce ne sono 8 fondamentali, comuni a *linea* e *linea*, *superficie* e *superficie*, *body* e *body*, ma anche a *linea* e *superficie*, *linea* e *body*, ecc. (ovviamente se soddisfano determinate condizioni di dimensione e posizione nello spazio) e sono: *disunito*, *collegato*, *contiene*, *dentro*, *coperto*, *copre*, *uguale*, *sovrapposto*. Quasi ogni software GIS consente di effettuare analisi secondo le otto relazioni appena elencate.



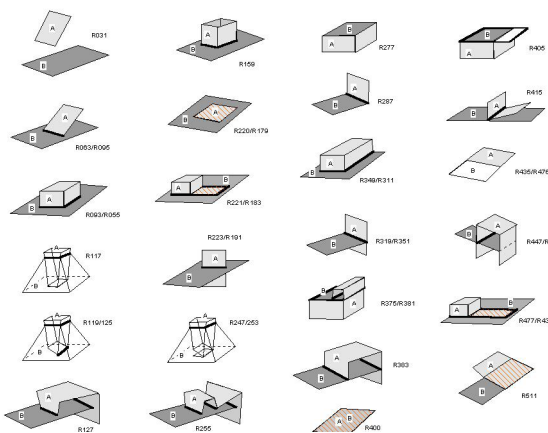
12/ Relazioni tra linea e linea [Zlatanova, 2000].



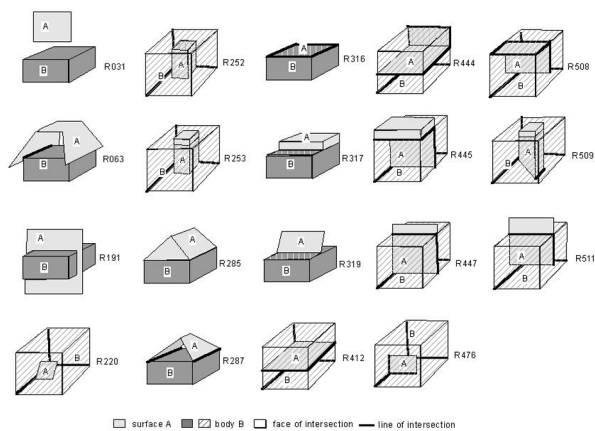
13/ Relazioni tra linea e superficie [Zlatanova, 2000].



14/ Relazioni tra linea e body [Zlatanova, 2000].



15/ Relazioni tra superficie e superficie [Zlatanova, 2000].



16/ Relazioni tra superficie e body [Zlatanova, 2000].

Ovviamente il lavoro svolto dalla Zlatanova, se pur ampio, non può essere considerato sufficientemente esaustivo ai fini della rappresentazione della realtà in quanto i modelli geometrici presi in considerazione non sono altro che una semplificazione geometrica, mentre è chiaro che in architettura le relazioni topologiche sono molto più complesse perché è difficile scomporre in semplici primitive qualche cosa di tanto complesso come un edificio.

Quindi, pur essendo questo un valido punto di partenza, perché le relazioni topologiche siano un reale contributo all'analisi architettonica da effettuare attraverso modelli 3D, sono necessarie alcune considerazioni che verranno esplicitate nel capitolo 5.

Note

1. QuantumGIS, p.mapper e Map Server sono progetti free ed open source utilizzati per lo sviluppo del Web GIS. Progetti importanti come GFOSS (Geographic Free/Open-Source Software), f5fe (Free Software Foundation Europe), GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), e molti altri contribuiscono all'implementazione dei sistemi GIS stand-alone e sul web.
2. GFOSS.it: Geographic Free/Open-Source Software
3. Alla pagina del sito GFOSS.it http://wiki.gfoss.it/index.php/Geodati_Regioni è possibile trovare l'elenco dei Web GIS delle regioni italiane.
4. DEM: Digital Elevation Model.
5. DTM: Digital Terrain Model.
6. All'interno della pubblicazione PRIN2006 *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a

cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore, il gruppo di ricerca della Facoltà di Architettura di Ascoli Piceno, coordinato dalla Prof.ssa Elena Ippoliti, ha contribuito con diversi articoli nella sezione intitolata *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*.

Di seguito l'abstract del lavoro di ricerca.

This article explains the research activity oriented both to the experimentation of particular methods and systems and to the definition of methodological and procedural protocols in order to fully utilise all the possibilities of Geographic Informative Systems in the urban and environmental sphere, in free and open source ambit.

Among the main elements of this research there is the geographic information which has been held in due consideration for the value that in a knowledge/documentation process, it can confer to the cultural heritage. The digital integration of geographical information allows the carrying out of spatial analysis as well as the spatial representation of non – spatial information, digitally integrating diverse types of data and becoming the principal portal for data sharing and exchange, thus turning the system into a formidable tool to make decisions. In this view, the main specific operative keys of the unit, have been essentially three in the ambit of the proposed national research. The first was to put in the middle the “map” as place where it is possible to build and process information. Then, once the “map” has been organized, it is possible to formulate spatial queries and draw out information (organized through database). In particular, it has been considered as strategic to test the possibilities to increase the representative aspects of these systems through the experimentation of different info-graphic ways, that is to assay methods and systems for the realization of 3D GIS models as interfaces of the information's approach. The second operative key was to check open source systems and the possibilities to convey them in to the web in order to point out their possible differences and peculiarities in comparison with proprietary systems. A third operative key was to geographically contextualise these practices in the Piceno territory where the rich environmental and urban heritage is still barely exploited. The area where the experimentation has been carried out is the medium and low Tronto Valley. This choice rises from the peculiar characteristics of this operative sample which is considered “typical” of the Marche region's morphologic – insediative conformation where the relation between natural and man-made realities is particularly marked. It has been formulated an information set that underlines the relationship between open landscape and crowded residential complex: a widening of the inquiry on the Appignano del Tronto downtown, a typical settlement of the Valley that can be used as a model from which carry out repeatable and reproduceable experiences for the numerous historical centres scattered on the territory.

7. Nell'articolo di E. Ippoliti, A. Meschini, D. Rossi, A. Moscati *An approach towards the construction of a Digital Atlas for the documentation of cloister and courtyards in Ascoli Piceno*, (atti della conferenza internazionale 3D ARCH, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 2-5 Marzo 2011, Trento,

Italia), viene spiegata la possibilità di connessione, seppur limitata, tra i modelli tridimensionali importati nel GIS GRASS, visualizzati tramite il 3D viewer Nviz, e le tabelle degli attributi della geometria 2D riferita all'impronta a terra degli edifici modellati.

8. *An approach towards the construction of a Digital Atlas for the documentation of cloister and courtyards in Ascoli Piceno*, E. Ippoliti, A. Meschini, D. Rossi, A. Moscati, atti della conferenza internazionale 3D ARCH, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 2-5 Marzo 2011, Trento, Italia.

9. NUBES Visum è un progetto sviluppato dai ricercatori del Laboratorio UMR 3495 CNRS/MCC MAP-Gamsau, Marsiglia, Francia. Laboratorio nel quale è stata realizzata parte della fase di sperimentazione di questa tesi stessa. Lo stage di 7 mesi, svolto a seguito dell'assegnazione per concorso di una borsa di studio per la specializzazione all'estero di neo laureati, bandita dall'Università degli Studi di Camerino, è stato protratto ad 11 mesi al fine di terminare alcune delle fasi sperimentali della tesi stessa, ovvero il collegamento tra in Web GIS e la piattaforma NUBES e la scrittura delle analisi topologiche sul piano tridimensionale.

10. Nella tesi di dottorato di Chiara Stefani *Maquettes numériques spatio-temporales d'édifices patrimoniaux. Modélisation de la dimension temporelle et multi-restitutions d'édifices*, discussa ad Aix-en-Provence il 16 settembre 2010, viene affrontato il tema dell'evoluzione storica degli edifici e viene proposta una nuova interfaccia nata come implementazione della piattaforma Nubes.

11. e-Arcom, conferenza nazionale svoltasi ad Ancona in prima edizione nel 2004 e in seconda edizione del 2007. Coordinata e diretta dai Professori Fauso Pugnali e Marco Gaiani.

12. Negli atti della conferenza e-Arcom 2007 *Metadata for Architectural content in Europe (MACE): integration of architectural database in the web*, Roberta Ansuini, Manuela De Angelis, Mario De Grassi, Alberto Giretti. Il portale al sito <http://portal.mace-project.eu/>.

13. Negli atti della conferenza e-Arcom 2007 *Il sistema informativo del Patrimonio Culturale della Regione Marche*, Elisa Baldassarri, Roberto Brascugli, Laura Giulianelli, Paola Leocani, Federico Ranuzzi, Rosanna Vigiani. Il portale alla pagina web <http://sirpac.cultura.marche.it/web/>.

14. Negli atti della conferenza e-Arcom 2007 *Rilievo e piano di gestione: G.I.S. 3D per il centro storico di Montepulciano*, Stefano Bertocci, Sandro Parrinello; *Per un DDM del Patrimonio Architettonico di Ascoli Piceno. DDMM: una nuova pagina dell'Atlante della Marche*, Francesco Cervellini; *Per un DDM del Patrimonio Architettonico di Ascoli Piceno. Il Plusvalore dell'informazione geografica*, Elena Ippoliti; *Uso di contenuti 3D per la documentazione dei Beni Architettonici nei SIT*, A. Spano, C. Fierro; *Sistemi Informativi per l'architettura e per il territorio. Attività del laboratorio DART dell'Università di Cassino*, Michela Cigola, Assunta Pelliccio, Sara Mattei.

15. Tesi di dottorato di Siyka Zlatanova, *3D GIS for Urban Development*. Versione HTML, dalla quale sono state tratte le

immagini da 12 a 16. Accessibile alla pagina <http://www.gdmc.nl/zlatanova/PhDthesis/html/content.html>.

3. Il caso studio

Generalmente il metodo scientifico necessita di un caso studio sul quale verificare le ipotesi di partenza. La sua scelta è un'operazione particolarmente importante in quanto esso si deve prestare alle diverse sperimentazioni e tramite esso devono essere verificati i vari risultati.

A seguito della definizione degli obiettivi, è stato possibile individuare un caso studio la cui bontà è stata verificata solo in fase di sperimentazione.

3.1 Scelta del caso studio

Stabilito dall'inizio che il campo di applicazione doveva essere urbano-architettonico, il caso studio è stato individuato in una porzione di città. Nella città intesa come agglomerato formato da pieni e da vuoti, i pieni sono costituiti dal tessuto edilizio, i vuoti da una serie di spazi distributivi e/o funzionali alla vita nella città stessa.

Tra i vari vuoti urbani la piazza è quello che maggiormente risponde alle caratteristiche che si stavano cercando: è difficile riuscire a considerare delle singole unità edilizie parte di un tessuto urbano se non esiste alcun elemento di connessione, la piazza ovvia esattamente a questo perché elemento urbano sul quale singoli edifici o interi isolati si affacciano.

Intendendo la piazza come elemento urbano di organizzazione spaziale dal quale giungere agli elementi architettonici (gli edifici che ne costituiscono il perimetro), si è pensato di concentrare l'attenzione su di essa per mettere in relazione il tessuto urbano con i singoli elementi architettonici.

Nello specifico, le analisi e la sperimentazione si sono focalizzate su una delle piazze più famose d'Italia: Piazza del Popolo di Ascoli Piceno.

Nonostante la consapevolezza dei problemi che sarebbero emersi lavorando in uno spazio tanto ricco di emergenze, uno su tutti la difficoltà, se non l'impossibilità, di strutturare schede informative valide per tutti gli edifici, questo presenta comunque delle caratteristiche fondamentali alla sperimentazione prevista.

Innanzitutto nella piazza è stato individuato l'elemento

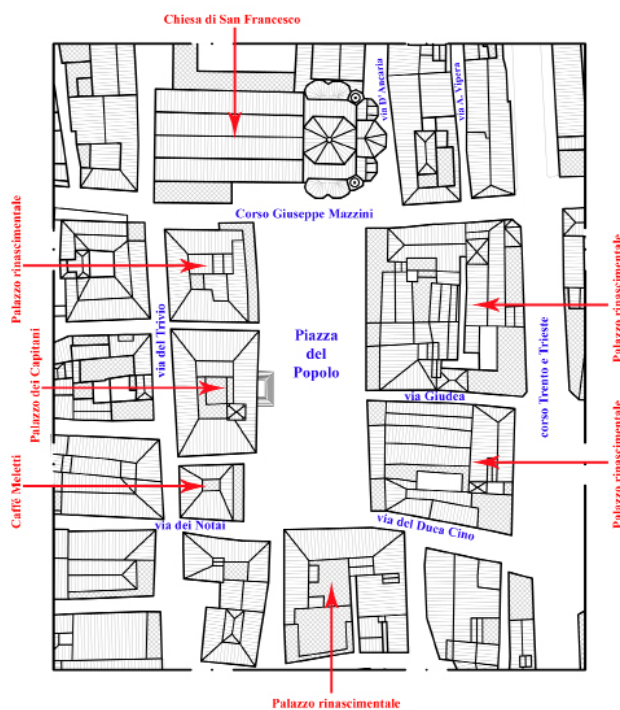
urbano che meglio si presta alla sperimentazione dell'ibridazione tra i due sistemi per la gestione di dati cartografici, e in questo caso a scala urbana, e architettonici. Poi questa piazza in particolare presenta una serie di elementi che si reiterano, che sono quindi una sorta di modulo costruttivo, che caratterizzano la piazza stessa, ovvero i loggiati. Questi sono presenti su tutti gli edifici di perimetro lo spazio, ad eccezione di solo due di questi. Infine gli edifici che caratterizzano lo spazio sono singole emergenze o unità edilizie, oppure parti di un isolato del quale il lato che affaccia sulla piazza si presenta come emergenza, l'altro come semplice unità edilizia.

La Piazza occupa una posizione piuttosto centrale nella città, essa ha origini antiche, come la stessa Ascoli, ma la risistemazione che ha dato origine a quegli interventi che le hanno conferito l'aspetto attuale sono iniziati nei primissimi anni del 1500, per questo è spesso definita, forse superficialmente, una piazza rinascimentale.

A nord la scena è interamente occupata dal fianco destro della Chiesa di San Francesco, ad est ci sono due edifici loggiati (uno dei quali scelto come caso studio architettonico). Sempre con loggiato, ma con caratteristiche architettoniche diverse, è il palazzo che costituisce la quinta a sud della piazza. Ad ovest nell'ordine ci sono: il Caffè Meletti, il Palazzo dei Capitani del Popolo e un altro edificio loggiato, del tutto simile ai due sul lato est.



1/ Piazza del Popolo di Ascoli Piceno. La foto è stata scattata dal lato sud. In fondo la chiesa di San Francesco, a sinistra Palazzo dei Capitani del Popolo e a destra due dei quattro palazzetti rinascimentali presenti nella piazza.



2/ Piazza del Popolo di Ascoli Piceno, vista planimetrica con nomenclatura.

3.2 Descrizione degli edifici

3.2.1 Chiesa di San Francesco

La chiesa è dedicata a San Francesco d'Assisi e costruita proprio per ricordarne il passaggio nella città nel 1215. L'edificio ha un orientamento est-ovest, ed il fianco meridionale costituisce la quinta nord di Piazza del Popolo. Sette sono le absidi poligonali e costolate, due delle quali sono visibili dalla piazza. La copertura delle campate è a doppia falda, mentre in corrispondenza dell'altare e del coro si erge una cupola affiancata da due alti campanili di pianta esagonale. Due lungo le navate, altre tra le costolonature delle absidi, per un totale di sedici, sono le bifore gotiche che guardano su Piazza del Popolo, colonnine tortili e archetti ne incorniciano i vetri policromi.

Per un terzo dell'altezza, lungo tutto il perimetro esterno della fabbrica, corre una zoccolatura di travertino.

Un importante portale, anch'esso di travertino, affaccia su Piazza del Popolo. L'arco a tutto sesto del portale, forse disegnato da Cola della Matrice, è incorniciato da colonnine tortili ed un susseguirsi di altri archi. Al di sopra si erige il portale gotico al centro del quale è stato successivamente alloggiato il monumento a papa Giulio II.

Sullo stesso lato, accanto al suddetto portale, è stata realizzata tra il 1509 ed il 1513 la Loggia dei Mercanti. Si tratta di un bellissimo porticato con colonne composite poggiate su un basamento che le solleva di circa un metro da terra. La lunghezza è scandita da cinque campate e di una è la larghezza. Lo spazio interno è voltato a crociera. A perimetrare la copertura piana ci sono i merli ghibellini che caratterizzano diversi altri edifici della piazza.



3/ Chiesa di San Francesco.

3.2.2 Palazzetti rinascimentali

Quattro sono gli edifici che, almeno in facciata, presentano delle caratteristiche del tutto simili tra loro. La motivazione è facilmente rintracciabile in un determinato avvenimento storico. Nel 1507 il governatore Raniero de' Ranieri si occupò della sistemazione della piazza e dispose la costruzione di portici colonnati. Al termine della nuova conformazione si diede ai privati la possibilità di costruire e sopraelevare i fabbricati seguendo gli spazi della proprietà

preesistente, ma rispettando una norma costruttiva ben precisa, la tipologia della facciata sovrelevata doveva essere per tutti la stessa.

Le campate presentano dunque colonne alte circa 2,60 mt e l'intercolunnio è in media di 2,50 mt. I capitelli sono in stile composito, ma si differenziano tutti per piccoli dettagli del capitello. Tutte poggiano su un basso basamento che ha lo scopo di portare in piano l'interno delle capate e quindi di contrastare la marcata pendenza di tutta la piazza. I portici sono voltati a crociera e nella parete di fondo si aprono ingressi e vetrine dei numerosi servizi commerciali.

A circa un metro sopra le arcate corre un marcapiano sopra il quale sono impostate le finestre che, solo ad un primo sguardo, sembrano allineate alla chiave dell'arco sottostante. Tutte le finestre presentano la stessa modanatura in travertino e sono sovrastate da archetti ciechi. Quasi attaccato alla decorazione delle finestre, ma a circa 1,50 mt dalla vera e propria apertura delle finestre, inizia il lavorato cornicione. La copertura dei porticati è terrazzata e verso la piazza si affacciano una serie di merli ghibellini. Uno solo dei quattro edifici presenta una variazione in copertura e nelle colonne, quello che costituisce, insieme alla rua che gli passa a destra, il lato sud della piazza. In questo edificio, sopra le finestre, anziché il cornicione corre lungo tutta la facciata un altro marcapiano sopra il quale la facciata continua per un ulteriore piano abitato. Questa porzione alta di facciata è totalmente affrescata, il resto, come per gli altri tre edifici, è a mattoni a vista. Solo colonne, basamento, modanature di archi e finestre sono in travertino. Le colonne, a differenza di quelle degli altri tre edifici, non presentano basamenti e i capitelli sono sostituiti da semplici abachi. L'interno voltato è intonacato¹.



4/5/6/7/ Palazzetti rinascimentali che affacciano su Piazza del Popolo.



3.2.3 Caffè Meletti

Il caffè Meletti, uno degli edifici più celebri della città, è caratterizzato dai suoi interni in stile liberty. Occupa il lato sud-ovest della piazza insieme a Palazzo dei Capitani e ad uno dei palazzetti rinascimentali, tutti divisi tra loro da strette rue.

Fu progettato dall'Ing. Marco Massimi e costruito alla fine del 1800.

Anche questo prospetto è caratterizzato da un colonnato di sole cinque campate alle quali corrispondono cinque grandi arcate che si aprono dietro, nel prospetto dell'edificio, ad ognuna delle quali corrisponde un'amplia vetrata che porta luce all'interno del caffè.

Tra due cornici marcapiano, è incorniciata la scritta "Anisetta Meletti". Allineate con gli archi si aprono cinque finestre del tutto simili a quelle degli altri edifici della piazza. Una terrazza funge da copertura del porticato, su questa si aprono ancora cinque porte-finestre.



8/ Caffè Meletti.

3.2.4 Palazzo dei Capitani del Popolo

Palazzo dei Capitani del Popolo è probabilmente uno dei più belli, e al tempo stesso complessi, edifici della città. Fu costruito fra il XIII ed il XIV secolo quando vennero accorpati tre più piccoli edifici e venne eretta una sola facciata.

Prima di giungere alle fattezze attuali, passando per una

serie di vicende storiche, passaggi di proprietà ed incendi, il palazzo ha subito vari interventi e ricostruzioni.

L'accesso avviene attraverso un maestoso portone ligneo incorniciato da un portale arcato, con modanatura e paraste laterali che termina con la statua di papa Paolo III Farnese. A questo si accede dopo aver salito alcuni gradini e tramite esso si entra nel bellissimo chiostro interno.

Ancora nella facciata, interamente in travertino, ai lati della scalinata si aprono due grandi archi a tutto sesto e in corrispondenza, nella parete di fondo, si aprono due porte che danno accesso a dei locali del palazzo. Numerosi sono i basso rilievi, le finestre con modanature, i marcapiani, le cornici ed i dettagli architettonici che rendono la facciata un elemento asimmetrico molto difficile da descrivere. Interessanti sono i due balconi posti all'ultimo livello sui due lati opposti del palazzo e la torre campanaria che si erge dal lato sinistro del complesso.



9/ Palazzo dei Capitani del Popolo.

3.3 Acquisizione e rielaborazione dei dati

Sulla base degli obiettivi prefissati si è proceduto all'acquisizione dei dati per fasi, la prima delle quali è consistita proprio nella progettazione delle successive al fine di individuare criteri e modalità di acquisizione e di trattamento degli stessi.

Due sono le tipologie di dati acquisite:

- dati a scala cartografica
- dati a scala architettonica

I dati cartografici sono stati acquisiti e rielaborati per confluire nel Web GIS, quelli a scala architettonica sono stati utilizzati per la realizzazione dei modelli tridimensionali destinati all'AIS. La scelta di tenere separate le due tipologie di dati, come pure le banche dati destinate a contenerle, e di tentare di metterle in relazione tramite la progettazione di una nuova interfaccia ibrida, deriva dalla loro diversa natura per cui sono difficilmente confrontabili e soggette a degli errori insiti totalmente diversi.

3.3.1 Dati a scala cartografica

I dati a scala cartografica reperiti sono di natura raster e vettoriale, tutti rinvenuti presso l'archivio della Facoltà di Architettura di Ascoli Piceno.

I dati raster riguardano prevalentemente carte storiche: la pianta apocrifia del catasto del 1381, l'incisione del Mortier del 1705, il Catasto Pio Gregoriano del 1816, pianta di Dicastero di Censo del 1845, una carta del 1905, un'altra del 1930 ed un'ortofotocarta degli anni 2000.

Vettoriale è solamente l'aerofotogrammetrico del 1998, in scala 1:2000, relativo al centro urbano di Ascoli Piceno. Tutti i dati cartografici sono stati inseriti nel GIS nel sistema di riferimento internazionale WGS84² e le carte raster sono state georeferenziate sulla base dell'aerofotogrammetrico. Al fine di disporre di tutta la documentazione necessaria ed a partire dai dati sopra elencati, all'interno del GIS sono stati creati i layer poligonali delle piazze e degli edifici di perimetro delle stesse.

3.3.2 Dati a scala architettonica

È necessario qui premettere che il rilievo inteso come operazione scientifica non è tra le finalità di questa tesi, pertanto, seppure tutte le operazioni sono state eseguite secondo l'ordine e la precisione previsti, non verranno in questo contesto approfondite.

Per l'acquisizione dei dati architettonici, finalizzati prevalentemente alla realizzazione dei modelli tridimensionali degli edifici che affacciano sulla piazza, è stata svolta una campagna di rilievo costituita da numerosi sopralluoghi sintetizzabile nelle tre fasi di campagna

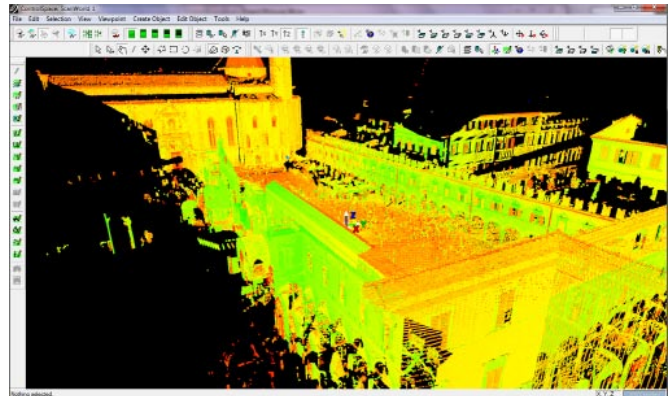
fotografica, battuta topografica e scansione laser.

Le campagne fotografiche sono state finalizzate ad una raccolta di dati che vanno dal generale al particolare. Sono state scattate foto all'intera piazza da più punti di vista, ai singoli edifici, ed ai particolari architettonici. Di uno degli edifici si è giunti fino alla catalogazione dei capitelli del colonnato per poter dimostrare che sono tutti di diversa fattura. La macchina fotografica utilizzata è una reflex digitale NIKON D300³. Le fotografie non sono state utilizzate per la texturizzazione dei modelli tridimensionali in quanto i dati di superficie non fanno parte degli interessi specifici finalizzati alla ricerca.

La battuta topografica ha preceduto la scansione laser e il suo fine è stato quello di consentire la registrazione⁴ delle nuvole di punti acquisite dalla scansione stessa, in quanto lo scanner utilizzato non è munito di teodolite interno.

Le scansioni laser sono state effettuate con una Scan Station 2000 della Leica⁵ durante più giorni, data la mole della piazza.

Una prima scansione è stata effettuata ponendo lo strumento al centro della piazza e programmando per ottenere una scansione a 360° a bassa risoluzione.



10/ Nuvola di punti di Piazza del Popolo visualizzata attraverso il software proprietario Leyca Cyclon.

Scansioni di dettaglio sono state eseguite solo per due edifici: Palazzo dei Capitani del Popolo (scansione della facciata e del chiostro interno), palazzo porticato rinascimentale sul lato est di Piazza del Popolo (scansione di una porzione della facciata con loggiato e interno dello stesso). In questi casi, quando cioè ad un'unica fabbrica corrispondono due

scansioni, le nuvole di punti devono essere registrate, ovvero unite individuando almeno tre punti omologhi su ciascuna di esse.

I primi passaggi (la registrazione e l'esportazione in formati apribili da altri software) sono avvenuti in Cyclon, software proprietario della Leica, necessario anche in fase di acquisizione in quanto attraverso esso si programma lo strumento (relativamente all'angolo di scansione e alla densità della nuvola di punti) che per tutta la durata del processo deve essere connesso ad un computer. Il pc, sempre grazie al software, è il luogo fisico nel quale i dati acquisiti vengono immagazzinati.

In un secondo momento le nuvole di punti devono essere ripulite dal "rumore", ovvero sono stati eliminati tutti quei punti acquisiti che però non fanno parte dell'oggetto rilevato (gente di passaggio, volatili, fasci di luce, ecc.). Le nuvole di punti ripulite sono state usate in due modi: ne sono state sezionate delle porzioni per poi essere importate nel CAD al fine di disegnare profili ed estrarre informazioni metriche, usate per la costruzione automatica di mesh.

Con il primo metodo, attraverso il software Maya, sono stati realizzati i vari modelli tridimensionali, con il secondo invece sono stati realizzati i particolari architettonici (capitelli, modanature delle finestre, ecc.).

3.4 Potenzialità e limiti

Paradossalmente le potenzialità del caso studio, ovvero i caratteri per i quali proprio Piazza del Popolo in Ascoli Piceno è stata scelta, si sono rivelati nel corso delle sperimentazioni anche dei limiti. Tuttavia la scelta di non cambiare in corso d'opera il caso studio è motivata dal fatto che questi limiti rispecchiano i limiti stessi dell'intero sistema.

Come già detto, la Piazza è stata scelta per la vastità di elementi architettonici che presenta e per le loro peculiari differenze. I palazzi in stile prevalentemente rinascimentale presentano dei porticati che è stato possibile scomporre (colonnato, archi e volte), la chiesa in stile gotico (con portale, loggia, abside e torri campanarie), il palazzo civico (con una facciata ricchissima di decorazioni di diversi stili ed epoche, la torre, il chiostro interno, ecc). Sarebbe stata talmente articolata e complessa la descrizione di tutti gli

edifici che si è reso necessario sceglierne uno e solo di questo (uno dei palazzi con portico che perimetrano il lato est della piazza) è stato realizzato un modello tridimensionale dettagliato, costituito da più parti al fine di applicarvi una descrizione semantica. Nel corso della realizzazione dei modelli 3D, e del loro inserimento nell'AIS, si è potuto verificare che il peso in termini di megabyte è un elemento assolutamente da considerare. Quindi seppure in teoria il lavoro potrebbe contenere tutti gli edifici della piazza, modellizzati e descritti semanticamente al dettaglio, nella realtà si incontrerebbe un primo ostacolo dovuto alle capacità di gestione dei dati di comuni computer (che sono poi quelli di cui l'ipotetica utenza del sistema è normalmente dotata). Nello specifico Nubes, l'AIS adottato per la sperimentazione, presenta dei limiti nel senso della vera e propria navigazione di un 3D nel web in quanto non prevede l'utilizzo di mappe precalcolate. L'esplorazione di strategie di semplificazione e di strutturazione multi-risoluzione dei modelli 3D potrebbe essere un primo passo per risolvere il problema del peso in termini di download (web-based) e di visualizzazione interattiva (3D real time).

Note

1. Molte delle informazioni storiche relative alla piazza ed ai suoi monumenti sono state tratte dalla pagina http://it.wikipedia.org/wiki/Piazza_del_Popolo_%28Ascoli_Piceno%29 di Wikipedia e dalle pagine legate ad essa tramite links.
2. WGS84 è l'acronimo di World Geodetic System 1984, sistema geodetico mondiale del 1984. Il sistema di riferimento è tale per cui il centro passa per il centro di massa della terra, l'asse Z per il polo Nord, l'asse X per il meridiano di Greenwich e l'asse Y è scelto in modo da dare una terna destrorsa e quindi Y è posto in Asia.
3. Fotocamera reflex digitale a obiettivo singolo Nikon D300, sensore di immagine CMOS formato DX da 12,3 megapixel. Obiettivo AF-S DX NIKKOR 16-85 mm f/3.5-5.6G ED VR (equivalente a 24-127,5 mm nel formato 35 mm [135]).
4. La registrazione delle nuvole di punti è il procedimento secondo il quale diverse scansioni possono essere unite e orientate secondo un sistema di riferimento ben preciso. I più moderni scanner laser sono dotati di teodolite interno, quindi è possibile stabilire a priori un sistema di riferimento e automatizzare la registrazione. La ScanStation2 della Leica, di proprietà del Dipartimento di Storia e Disegno dell'Architettura, la Sapienza Università di Roma, non è dotata di tale optional, per tanto è necessaria una battuta topografica in modo da acquisire i punti per la registrazione manuale delle nuvole di punti.

4. Architettura delle informazioni e architettura informatica

Per architettura informatica si intende la struttura informatica (software, DBMS, linguaggi di programmazione) che ha interessato l'intero lavoro di ricerca, l'architettura delle informazioni è relativa invece alle operazioni condotte separatamente sui due sistemi.

Per il Web GIS il data base è stato dapprima progettato, poi realizzato ed infine sono stati inseriti al suo interno i dati appositamente raccolti ed elaborati. Per Nubes, l'AIS utilizzato, le prime due fasi, ovvero quelle di progettazione e realizzazione della banca dati, non sono state necessarie in quanto il sistema è già funzionante e gestisce i dati attraverso un proprio database. Sono state comunque necessarie la progettazione e la realizzazione dei modelli tridimensionali sulla base degli obiettivi prefissati, compatibilmente alla struttura stessa di Nubes.

Operazioni queste che hanno un'importanza fondamentale per l'accessibilità¹ e l'usabilità² di tutto il sistema.

In un'ulteriore fase si operato in modo da far comunicare le due banche dati e di visualizzare e gestire i dati di entrambe attraverso una nuova interfaccia.

4.1 Information System e Geographic Information System

Per meglio capire il punto di vista di questa ricerca, è importante chiarire la differenza tra Information System e Geographic Information System e quindi puntualizzare il motivo per cui è di quest'ultimo che ci si è occupati.

Seppure le definizioni di Sistema Informativo³ e Sistema Informativo Geografico⁴ possono sembrare molto simili, perché entrambi sono progettati per catalogare, estrarre ed analizzare dati relativi ad un determinato soggetto ed entrambi sono tanto più efficienti quanto meglio è stata progettata la loro architettura delle informazioni, non lo sono affatto.

Se il GIS⁵ può essere definito come l'insieme di componenti hardware, software, umane e intellettive per acquisire, processare, analizzare, immagazzinare e restituire in forma grafica ed alfanumerica dati riferiti ad un territorio [Grassi

P. A.⁶], per l'IS⁷ possiamo adottare la stessa definizione, modificando però l'ultima parte della proposizione: [...] e restituire in forma alfanumerica i dati, perché nel secondo caso non si può più parlare di restituzione grafica.

In realtà quest'ultima affermazione necessita di un ulteriore chiarimento. La frase, così come scritta, potrebbe risultare ambigua e far intendere che un IS non può mai restituire dati grafici e questo non è affatto vero. Un IS può restituire dati grafici raster se contenuti nel database, quello che non può fare è generare dati grafici vettoriali interattivi con il database stesso, che è invece la peculiarità del GIS.

Quindi l'accezione geografica, ovvero alla capacità dei GIS di gestire dati geografici e quindi geometrici e topologici, è la differenza fondamentale tra i due sistemi.

Un GIS, grazie all'estensione geografica, consente di visualizzare ed analizzare anche graficamente alcune tipologie di dati, dati che sono necessariamente associati alla mappa.

In un ambiente GIS un file vettoriale gode di proprietà geometriche, topologiche e di attributi. La geometria definisce la forma dell'oggetto vettoriale (punto, linea o poligono), la sua dimensione e la posizione geografica rispetto ad un sistema di riferimento. La topologia, che verrà approfondita in seguito, consente di compiere operazioni di analisi sui dati geometrici.

Per tali motivi, perché l'informazione geografica inevitabilmente incide nell'analisi architettonica e per la necessità e l'utilità di compiere analisi sui dati geometrici, è questo secondo gruppo di sistemi informativi che in questa ricerca viene analizzato ed usato.

4.2 Studio dei diversi modelli di dati tra GIS e AIS

Questa ricerca sostiene l'ipotesi che per trovare una soluzione al GIS 3D la strada da percorrere è quella della topologia 3D. Strada che dal punto di vista matematico ed informatico ha già trovato valide soluzioni, ma che fino ad oggi non hanno avuto un'applicazione pratica probabilmente perché le relazioni topologiche sono state pensate in maniera teorica, senza un riscontro con l'architettura, architettura che è molto complessa e che presenta relazioni tra oggetti che probabilmente dovrebbero essere strutturati e analizzati a seconda dei casi.

Le strutture dei modelli dei dati di GIS e dei AIS sono profondamente diverse perché diverse sono le possibilità di interazione dell'utente con i due sistemi, come pure le tipologie di dati contenuti e le query che si possono porre. Si è dunque lavorato proprio sulle loro differenze, tenendo dati e data base dei due sistemi separati e focalizzando l'interesse della ricerca sulla possibilità di farli dialogare tra loro e di accedere ad essi tramite una nuova interfaccia per ciò definita ibrida.

4.3 Architettura informatica

Ai fini della ricerca, e a seguito di uno studio sullo stato dell'arte su GIS, Web GIS e AIS, sono stati scelti ed utilizzati i seguenti strumenti informatici:

- GIS: QuantumGIS⁸
- Web GIS: p.mapper e Map Server⁹
- 3D AIS: Nubes VISUM¹⁰
- DBMS: PostgreSQL¹¹ con estensione PostGIS¹²
- phpPgAdmin¹³ e phpMyAdmin¹⁴

QuantumGIS

QGIS è un'applicazione desktop GIS free ed open scelto perché dispone di una serie di plugin che sono stati utili nel corso delle sperimentazioni della tesi:

- esportazione dei dati in formato .map (formato del file per il Web GIS pmapper);
- connessione al database attraverso PostGIS e possibilità di visualizzare, gestire, modificare e salvare i dati geometrici contenuti nello stesso database;
- possibilità di effettuare query spaziali.

p.mapper e Map Server

p.mapper e Map Server sono stati utilizzati contemporaneamente per la realizzazione del Web GIS.

Map Server è uno strumento open source capace di rappresentare dati geospaziali attraverso un file ASCII di indicizzazione dei dati geografici descritti in file di estensione .map.

Può essere utilizzato per realizzare applicazioni Web GIS, ma non è un GIS completo. È considerabile come un "motore" capace di leggere e visualizzare dati spaziali che però, per essere visualizzati e modificati attraverso il Web

(Web GIS) necessitano di un'interfaccia integrabile.

L'interfaccia scelta a tale scopo è p.mapper. Anch'esso un progetto free ed open source grazie al quale è più facile gestire ed interrogare i file .map.

Nubes VISUM

Nubes VISUM è un'applicazione Web-based che, da un punto di vista tecnico, si propone di rispondere a tre esigenze distinte:

- memorizzazione di dati eterogenei (un database MySQL è utilizzato per organizzare i dati costituiti dalle diverse rappresentazioni e le relative informazioni, secondo diversi profili utente);
- manipolazione in tempo reale di rappresentazioni geometriche 3D (una scena 3D interattiva sviluppata con VirtoolsDEV viene utilizzata per l'upload, la visualizzazione e la manipolazione di rappresentazioni 3D);
- accesso e gestione dei dati online (l'applicazione si basa su un sito web che consente agli utenti l'accesso ai dati memorizzati nel database e fornisce i collegamenti necessari per l'interazione tra la scena 3D e il database stesso).

DBMS: PostgreSQL con estensione PostGIS

PostgreSQL è un DBMS (Database Management System) che consente di creare e gestire banche dati. La scelta di PostgreSQL è stata condizionata, oltre che dalla licenza free ed open source, anche dalla sua possibile estensione spaziale PostGIS.

PostGIS consente al database PostgreSQL di supportare dati geografici. In effetti, PostGIS "attiva spazialmente" il server PostgreSQL, permettendo così di essere utilizzato come database di back-end¹⁵ spaziale per GIS. PostgreSQL e PostGIS sono supportati e accessibili da QuantumGIS e da Map Server.

phpPgAdmin e phpMyAdmin

phpPgAdmin e phpMyAdmin sono applicazioni PHP, libere, che consentono di gestire rispettivamente i database PostgreSQL (per il Web GIS) e MySQL (database di Nubes) tramite un qualsiasi browser.

4.4 GIS 2D

Un GIS 2D è strutturato in modo tale da poter gestire elementi vettoriali nello spazio bidimensionale attraverso tre tipologie di dati: *geometrici*, *topologici*, *informativi*.

I dati *geometrici* definiscono la forma, la dimensione e la posizione geografica di un elemento rispetto ad un sistema di riferimento prestabilito.

I dati *topologici* sono quelli riguardanti le relazioni tra i diversi oggetti (connessioni, adiacenze, vicinanze, sovrapposizioni, ecc.) e consentono la formulazione di query spaziali più o meno complesse.

Informativi sono quei dati alfa-numeriche associati ad ogni geometria che vengono gestiti dal sistema tramite un database relazionale.

I GIS tradizionali nascono come strumenti per la visualizzazione e l'elaborazione cartografica, per cui le scale normalmente impiegate sono quelle che vanno dal territoriale all'urbano.

Generalmente il singolo edificio è l'unità minima digitalizzata ed esso è costituito da una geometria poligonale che ne rappresenta l'ingombro della pianta.

Ad un layer vettoriale è sempre associata una tabella degli attributi che può contenere, oltre ad un codice identificativo univoco e ad un campo nel quale sono registrate le informazioni geometriche, una serie di altre informazioni definite arbitrariamente dall'utente realizzatore del sistema.

Il sistema è in grado di rispondere graficamente solo ad alcune delle query che l'utente può porre, limitandosi ad evidenziare alcuni elementi nella mappa. Altre risposte sono visualizzabili come dati alfanumerici, ovviamente se le informazioni sono state precedentemente inserite nel database.

In questi casi si potrebbe quindi parlare di un eccesso di informazioni rispetto alla possibilità di visualizzazione che lo strumento offre, nel senso che l'utente può inserire molti più dati di quanti poi ne possa visualizzare graficamente. Per descrivere l'alzato di un edificio, ad esempio, si debbono prevedere tabelle che contengano informazioni come il numero di finestre, la tipologia, gli apparati decorativi, ecc. ed accontentarsi di una risposta di tipo alfanumerico alle query poste.

Sono dunque evidenti i limiti che hanno i sistemi GIS 2D

quando vengono forzati alla descrizione dell'architettura. Nel GIS le informazioni hanno senso se agganciate ad una mappa, non essendo questo ancora possibile nelle tre dimensioni, i modelli 3D sono solo delle interfacce limitatamente informative.

4.4.1 Architettura delle informazioni per il Web GIS: il database

Nella realizzazione di un sistema informativo è di fondamentale importanza la corretta progettazione del database, operazione effettuata tenendo in considerazione innanzi tutto il fine ultimo della stessa banca dati, ovvero supportare il Web GIS.

La tabella fulcro del database è quella delle *piazze* in quanto, come già detto, elemento di connessione tra la scala urbana e quella architettonica. Essa è strutturata in modo da contenere informazioni raggruppabili in sei categorie che possono descrivere in maniera piuttosto esaustiva l'elemento piazza:

- identificative e a carattere generale
- planimetriche
- funzionali
- storiche
- di descrizione degli edifici di perimetro
- geometriche.

Il database è stato realizzato attraverso il DBMS PostgreSQL integrato a PostGIS per potervi inserire i dati geospaziali.

La tabella *piazze* è stata progettata per contenere i campi di seguito descritti.

La prima e l'ultima colonna della tabella, *gid* e *the geom*, vengono create automaticamente da PostGIS in PostgreSQL nel momento in cui lo shapefile *piazze*, realizzato in QuantumGIS, viene caricato nel database.

gid è un campo numerico seriale, per cui è possibile leggere al suo interno numeri progressivi che vanno da uno fino al numero di righe contenute nella tabella, ovvero il numero di geometrie digitalizzate.

Il campo *the geom* contiene le informazioni geometriche e topologiche del layer che vengono scritte attraverso numeri e lettere.

L'*id_piazza*, ovvero il codice identificativo univoco, è un campo alfanumerico. La numerazione delle piazze

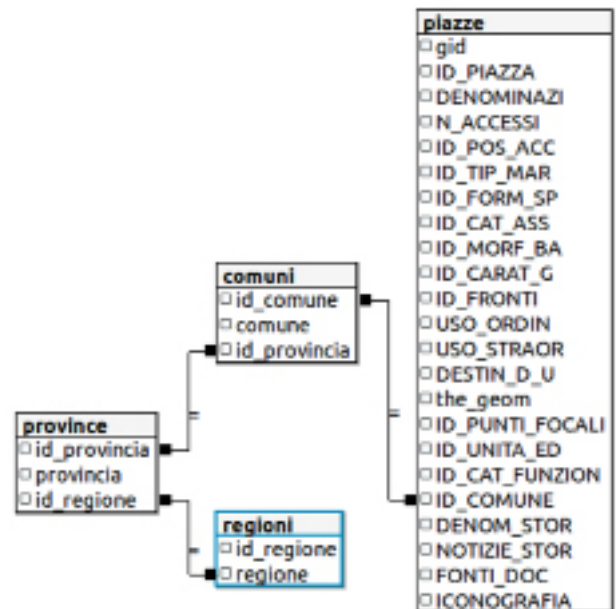
è stata scelta arbitrariamente e ogni numero è preceduto dalla lettera *p* (se identifica una piazza), *l* (se un largo). Ad esempio, il codice univoco di Piazza del Popolo è *p001*, Largo Crivelli è identificato come *l014*.

Sotto il campo *denominazione* sono inseriti le denominazioni attuali delle piazze.

Il campo *id_comune* è di tipo numerico e ad esso è associata una chiave secondaria che fa riferimento alla tabella *comuni*, tabella che è collegata alla tabella *province*, che a sua volta è collegata alla tabella *regioni*. Le tre tabelle (*comuni*, *province* e *regioni*) sono strutturate in modo analogo, tutte hanno una colonna a campo numerico, che è anche *chiave primaria* nella quale sono inseriti i codici ISTAT, ed una colonna contenente i nomi relativi rispettivamente a Comuni, Province e Regioni. Le tabelle *comuni* e *province* hanno in più un campo *chiave secondaria* con il quale sono collegate rispettivamente alle tabelle *province* e *regioni*.

Piazze	
gid	informazioni identificative e a carattere generale
id_piazza	
denominazione	
id_comune	descrizione planimetrica
numero_accessi	
id_posizione_accessi	
id_tipi_margine	
id_forma_speciale	
id_morologia_cil_base	
id_caratteristiche_geometriche	
id_punti_focali	descrizione del perimetro
id_fronti	
id_unita_edilizia	definizione funzionale
id_categorie_asseti	
uso_ordinario	
uso_straordinario	
destinazione_d_uso	informazioni storiche
id_categorie_funzionali	
denominazione_storica	
notizie_storiche	informazioni storiche
fonti_documentarie	
iconografia	dati geometrici
the_geom	

1/ Struttura della tabella piazze nel database prog_ap1_dev.



2/ Relazioni tra le tabelle comuni, province e regioni e la tabella piazze.

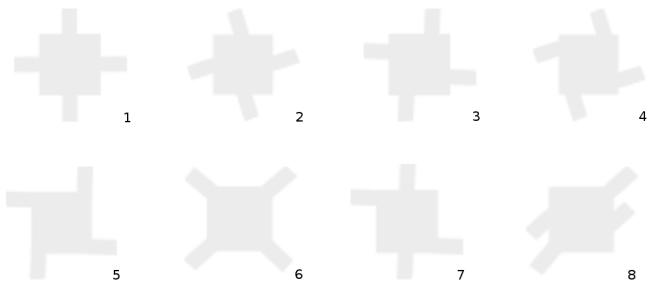
Descrizione planimetrica

Sono state inserite nella tabella alcune voci che aiutano a descrivere dal punto di vista planimetrico la piazza.

Nella colonna *n_ingressi* (numero di ingressi) è previsto l'inserimento di dati numerici relativi appunto al numero di ingressi alla piazza.

Tutte le altre voci (come tutte quelle il cui nome comincia con *id_*) fanno riferimento, tramite chiavi secondarie, ad altre tabelle.

Le risposte per il campo *id_pos_acc* (posizione accessi) descrivono le posizioni degli accessi e la loro tipologia di connessione alla piazza. Esse si trovano nella tabella *posizione_accessi* e sono le seguenti: *centrali ortogonali*, *centrali non ortogonali*, *decentrati ortogonali*, *decentrati non ortogonali*, *agli angoli ortogonali*, *agli angoli non ortogonali*, *agli angoli e ai lati ortogonali*, *agli angoli e ai lati non ortogonali*, *altro*.



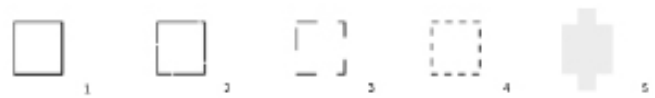
3/ Icone per la descrizione della posizione e la tipologia degli accessi alla piazza: 1 centrali ortogonali, 2 centrali non ortogonali, 3 decentrati ortogonali, 4 decentrati non ortogonali, 5 agli angoli ortogonali, 6 agli angoli non ortogonali, 7 agli angoli e ai lati ortogonali, 8 agli angoli e ai lati non ortogonali.

I tipi di margini possono essere continui o discontinui. Nel primo caso i fronti degli edifici si presentano in modo piuttosto allineato, disegnando la piazza come uno spazio regolare. Nel secondo caso avremo un perimetro irregolare, con fronti che avanzano o indietreggiano rispetto ad altri o che sono posti in maniera obliqua rispetto ad edifici contigui.



4/ Icone per la descrizione dei margini: 1 continui, 2 discontinui.

La tipologia di forma spaziale può essere chiusa, semichiusa, aperta, semiaperta, passante o, ovviamente, altro. Si intendono a forma spaziale chiusa quelle piazza all'interno delle quali si ha la percezione di essere in uno spazio chiuso, gli accessi non sono numerosi e poco evidenti. Nella piazza semichiusa il pieno predomina sul vuoto, sono dunque più evidenti i perimetri rispetto agli ingressi. Nella la piazza definibile aperta o semiaperta avviene esattamente il contrario, le strade di accesso sono numerose e ampie tanto che gli spazi aperti possono essere maggiori rispetto a quelli di quinta. Può essere definita passante la forma spaziale della piazza che viene attraversata da un grande asse viario.



5/ Icone per la descrizione della tipologia della forma spaziale: 1 chiusa, 2 semichiusa, 3 aperta, 4 semiaperta, 5 passante.

Con morfologia di base si vuole definire, se pure schematicamente, la forma geometrica della piazza che può essere quadrangolare, rettangolare, triangolare, circolare, poligonale o altro.



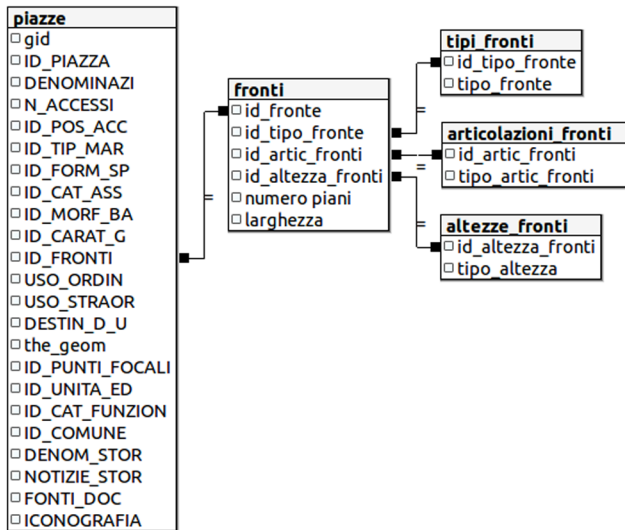
6/ Icone per la descrizione della morfologia di base: 1 quadrangolare, 2 rettangolare, 3 triangolare, 4 circolare, 5 poligonale.

Le caratteristiche geometriche riguardano essenzialmente la presenza o meno di assi di simmetria. Per tanto sono state realizzate due icone che rappresentano due categorie: simmetrica e asimmetrica.



7/ Icone per la descrizione delle caratteristiche geometriche: 1 simmetrica, 2 asimmetrica.

I punti focali sono quegli elementi che possono trovarsi all'interno di una piazza come fontane, monumenti ecc. Il campo è nominato *id_punti_focali* perché collegato alla tabella *punti_focali*. Questa è costituita da tre colonne: *id_punti_focali* (campo numerico seriale), *elemento* (campo alfanumerico dove verrà descritto l'elemento punto focale), *posizione* (campo alfanumerico dove verrà indicata la posizione del punto focale rispetto alla piazza, se al *centro*, *agli angoli*, *ai lati*, ecc.).



8/ Relazione tra la tabella piazze e la tabella fronti e tra quest'ultima e le tabelle tipi_fronte, articolazione_fronte e altezze_fronte.

Descrizione del perimetro

Con i due campi, *id_fronte* ed *id_unità_edilizie*, che rispettivamente sono collegati a diverse altre tabelle, si vuole dare un'esauriente descrizione del perimetro della piazza.

Il campo *id_fronte* è connesso tramite una chiave secondaria alla tabella *fronti*. La tabella *fronti* è composta da tre colonne che richiamano altrettante tabelle e due colonne per le quali sono previste risposte aperte (*numero_piano* e *larghezza*).

Il campo *tipo_fronte* è collegato alla tabella *tipi_fronte*, all'interno di questa troviamo le definizioni *chiuso*, *aperto*, *semiaperto*, *colonnato*. Possiamo definire *chiuso* un fronte piuttosto compatto e che non presenta grandi aperture. *Aperto* è un fronte attraverso il quale è chiaramente visibile cosa c'è all'esterno della piazza. Per *colonnato* si intende un fronte che presenta un portico colonnato.

Per meglio specificare il rapporto tra il fronte e la piazza è stata creata la tabella *articolazioni_fronte* dove è possibile scegliere tra le definizioni *rettilineo*, *aggettante*, *arretrante*, *inflesso* e *altro*.

Con la tabella *altezze_fronte* non si intende definire numericamente la misura dell'altezza dei fronti, bensì specificarne la tipologia con le definizioni *omogenei* o *non omogenei*, ovvero indicare se essi presentano dei caratteri

comuni per tutto il loro sviluppo in altezza oppure no.

Con la chiave secondaria *id_unità_edilizie* si arriva alla tabella *unità_edilizie* e da questa ad una serie piuttosto complessa di tabelle che portano alla dettagliata descrizione delle unità edilizie che costituiscono il perimetro della piazza.

Definizione funzionale

I campi *id_cat_ass* (categoria assetto spaziale), *uso_ordinario*, *uso_straordinario*, *dest_d_u* (destinazione d'uso) e *id_cat_funzion* (categorie funzionali) aiutano a capire il modo e il motivo della conformazione della piazza e l'utilizzo che di essa viene fatto.

Per i campi *uso_ordinario*, *uso_straordinario* e *dest_d_u* non sono necessarie molte spiegazioni, sono dei campi alfanumerici che vengono riempiti caso per caso.

Le diverse categorie di assetto spaziale possibili sono invece inserite nella tabella *categorie_assetto_spaziali* e sono: *piazza di rispetto* (se la piazza è sistemata in modo tale da centrare l'attenzione su un edificio o un elemento dominante), *piazza di apparato* (se la predisposizione della piazza è di rispetto verso un edificio simbolo del potere politico o religioso), *spontaneo* (se la piazza si è conformata nel tempo senza seguire uno schema preciso), *largo* (se la piazza nasce come punto d'incontro di più vie).

Le categorie funzionali, elencate nell'apposita tabella, sono: *religiosa*, *civile*, *monumentale* o *altro*.

Informazioni storiche

Una parte importante per la descrizione della piazza è quella relativa alle informazioni storiche.

Il primo campo è quello *den_stor* (denominazione storica), campo alfanumerico che conterrà appunto il nome o i nomi che la piazza ha assunto nel tempo, se diversi da quello attuale.

Anche il campo *fonti_doc* (fonti documentarie) è un campo alfanumerico e contiene i riferimenti utili a risalire alle fonti dalle quali sono tratte le informazioni).

Nel campo *notizie_storiche* si è ritenuto opportuno inserire, anziché un testo che in alcuni casi potrebbe risultare molto lungo, dei link a documenti e pagine web (compresi libri online) dai quali attingere alle informazioni storiche.

Nel campo *iconografia*, grazie a WKT Raster (una funzione dell'estensione PostGIS), possono essere caricati nel database file raster (cartografie, foto storiche ecc.) relativi alla piazza.

Dati geometrici

Il campo *the_geom* non viene creato dall'operatore, ma in automatico da PostgreSQL nel momento in cui lo shapefile viene caricato nel database, ma, per meglio capire di cosa si tratta, è più opportuno descrivere una serie di passaggi.

La tabella *piazza* non è stata realizzata, come tutte le altre descritte precedentemente, tramite i comandi di PostgreSQL (*CREATE TABLE* ecc.), ma nasce come tabella degli attributi di uno shapefile creato in QuantumGIS nel momento della digitalizzazione delle geometrie delle piazze.

Con il comando *New Shapefile Layer* in QuantumGIS è possibile creare uno shapefile, ovvero un file dotato di caratteristiche geometrico-spaziali e di una tabella degli attributi. In questo caso la tabella degli attributi è stata progettata e strutturata come descritto precedentemente in modo da poter essere facilmente collegata ad altre tabelle una volta importata nel database.

Come già detto, il DBMS PostgreSQL, se implementato con la sua estensione spaziale PostGIS, ha la capacità di gestire dati geometrico-spaziali e quindi è possibile, ad esempio, caricarvi uno shapefile. Questa operazione può avvenire o dalla shell dei comandi, quindi tramite script, o, più facilmente, direttamente da QGIS tramite un suo plugin (SPIT, Shapefile to PostgreSQL).

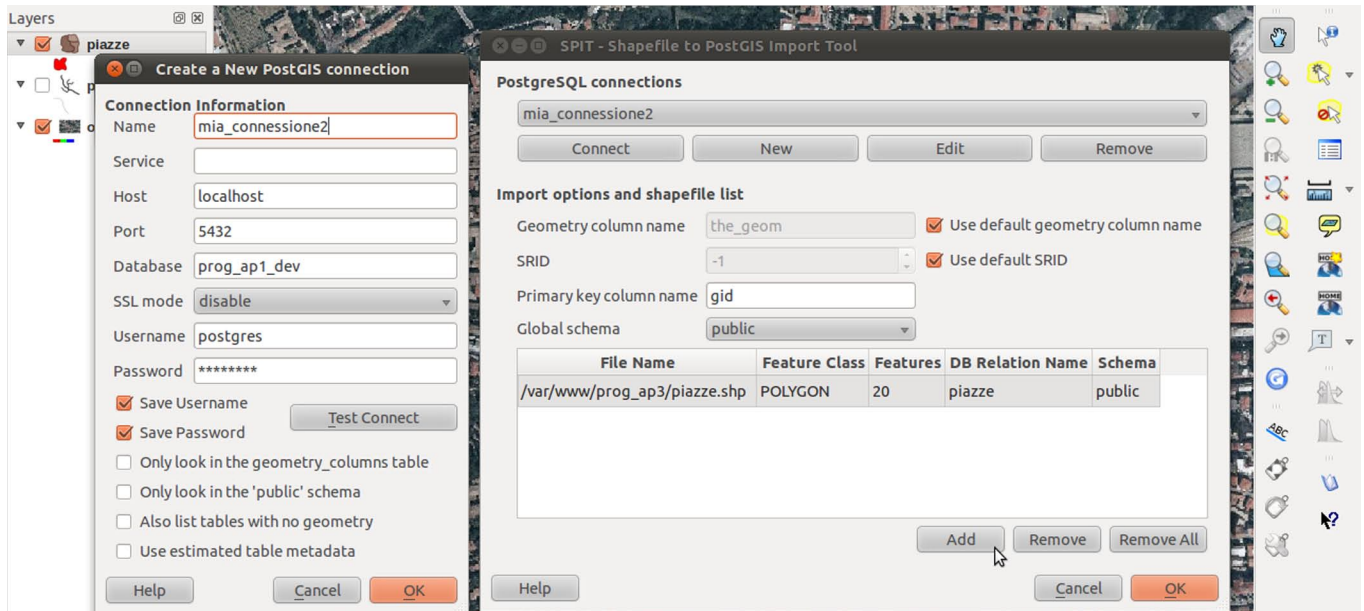
Dall'icona del plugin si apre una finestra che consente la definizione della connessione al database, la scelta di uno shapefile e l'esportazione di questo verso il database indicato.

Una volta effettuata la procedura all'interno del database si avrà la tabella con il nome dello shapefile costituita da tutte le colonne che erano state create per la tabella degli attributi, più una (*the_geom*) nella quale in automatico PostgreSQL scrive una serie di numeri che sono appunto i riferimenti spaziali dello shapefile.

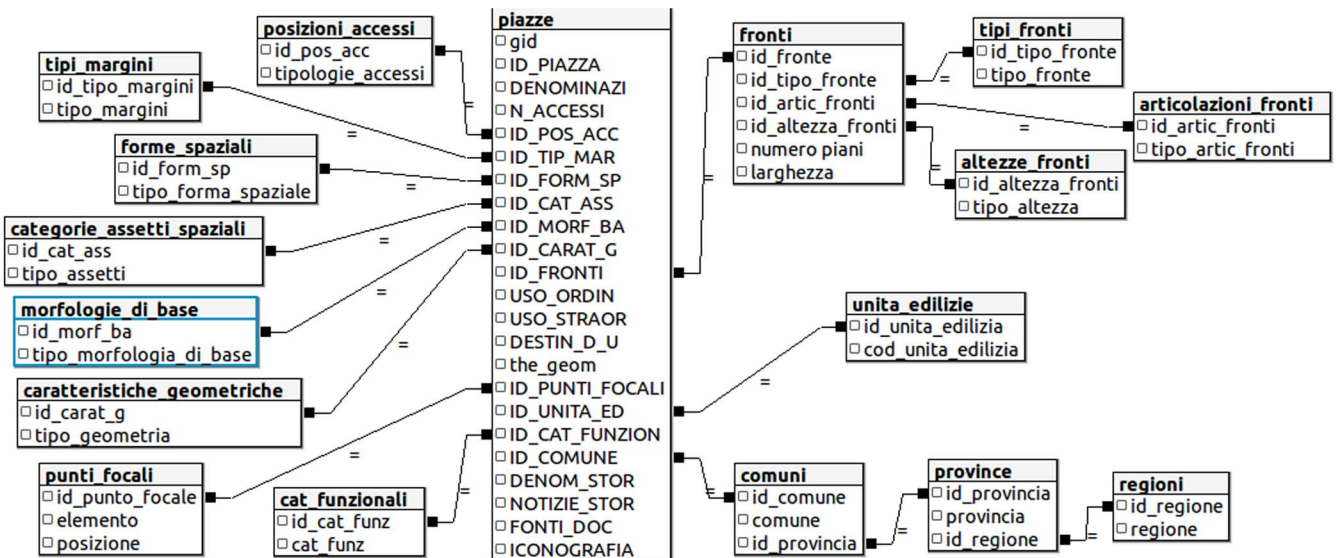
È importante aggiungere però che tale procedura funziona solo se precedentemente è stato installato PostGIS e se è stato aggiunto al database su quale si sta lavorando il suo linguaggio. Questo avviene tramite una serie di script lanciati dalla shell dei comandi come utente postgres.

gid	ID_PIAZZA	DENOMINAZI	N_ACCESSI	ID_POS_ACC	ID_TIP_MAR	ID_FORM_SP	ID_CAT_ASS	ID_MDRF_SA	ID_CARAT_G	ID_FRONTI
0	10 p010	Piazza san ...	0	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
1	13 p013	Piazza G. Gi...	0	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
2	4 p004	Piazzarola	0	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
3	14 1014	Largo Crivelli	0	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

9/ In alto lo shapefile piazze realizzato in QuantuGIS e sovrapposto all'ortofotocarta. In basso la relativa tabella degli attributi.



10/ Connessione tra il file geometrico piazze al database prog_ap1_dev tramite il plugin SPIT (Shapefile to PostGIS Import Tool).



11/ Visualizzazione della tabella piazze e delle tabelle ad essa connessa tramite il software PgAdmin.

Alzato

La descrizione in alzato della piazza è affidata, in questo contesto, esclusivamente a Nubes ed ai modelli tridimensionali in esso inseriti e descritti semanticamente.

4.5 Nubes Visum

Nell'ambito di questa ricerca si è potuto studiare approfonditamente una piattaforma in particolare, Nubes Visum, che presenta tutte le caratteristiche di un sistema che si può definire con l'acronimo 3D AIS (Architectural Information System basato sullo spazio tridimensionale), perciò in questo contesto Nubes diventa il modello di riferimento dal quale trarre i caratteri salienti per la descrizione di questa categoria di sistemi.

Innanzitutto un 3D AIS, secondo quello che con tale sigla si vuole intendere, è tale se consente la visualizzazione e la gestione di modelli tridimensionali a scala architettonica. I modelli, strutturati secondo gerarchie e scomposizioni architettoniche, si propongono come interfacce di accesso alle informazioni (tesauri, qualificazioni, foto, documenti, ecc.).

Nubes è un progetto ideato e realizzato dai ricercatori del Laboratorio UMR 3495 CNRS/MCC MAP-Gamsau di Marsiglia, Francia. Nasce come piattaforma, accessibile dal Web, strutturata per poter gestire due tipologie di informazioni: *geometrico-rappresentative* (il modello 3D) e *descrittive*.

In Nubes è possibile creare un progetto e dello stesso diversi punti di vista, ovvero ad ogni progetto possono corrispondere diversi sotto-progetti e che contengono altrettante scene tridimensionali dello stesso soggetto.

Realizzare un progetto significa che all'interno di esso, una volta denominato, si possono creare una serie di punti vettoriali nello spazio, inserendo per ognuno un nome e coordinate x, y e z.

A ciascuno degli elementi puntuali vettoriali che viene materializzato nella scena è possibile associare una serie di informazioni, tra le quali uno o più rappresentazioni 3D.

Il modello tridimensionale, costituito da diversi elementi, può essere in Nubes descritto semanticamente, ovvero è possibile denominare e descrivere le singole parti secondo criteri e tesauri propri dell'architettura.

Il sistema consente di visualizzare e gestire un modello tridimensionale, ma non è prevista una sua contestualizzazione geografica e neppure una topologia 3D, di conseguenza non è possibile porre query spaziali o di confronto con altri edifici o elementi dello stesso contesto urbano.

4.5.1 Architettura delle informazioni per l'AIS: strutturazione dei modelli 3D

In questo contesto il modello tridimensionale acquista un ruolo fondamentale, tramite esso, la descrizione delle varie parti e la georeferenziazione che avviene nel GIS, la conoscenza intorno ad un bene architettonico dovrebbe se non esaurirsi, essere il più esaustiva possibile.

Il modello non ha però come unica funzione quella di dare tutte le informazioni relative all'alzato di un oggetto e non deve essere solamente un elemento da osservare girandogli intorno.

Un proposito di questa tesi è quello di trasformare lo stesso modello 3D in terreno di conoscenza, costituito da singole parti agganciate tra loro secondo una struttura gerarchica. Solo se visti sotto questo punto di vista gli oggetti tridimensionali acquistano il valore di strumenti per la conoscenza e diventa possibile immaginare la proposizione di query e analisi spaziali.

Per tali motivi alla realizzazione dei modelli ha preceduto una fase di vera e propria progettazione degli stessi.

La modellazione è stata effettuata nel software Autodesk Maya e i modelli, per poter essere visualizzati in Nubes sono stati dapprima esportati in formato COLLADA¹⁶, poi aperti in Virtools¹⁷ per essere verificati (verifica della scala, della triangolazione delle mesh, dell'orientamento delle normali, ecc.), ed infine esportati da Virtools in formato .nmo, formato che viene letto dal motore grafico 3Dvia e con il quale i modelli vengono caricati in Nubes (nell'allegato A la puntuale descrizione dei passaggi da eseguire per la creazione di un progetto in Nubes, dalla realizzazione dei modelli al loro inserimento nel sistema).

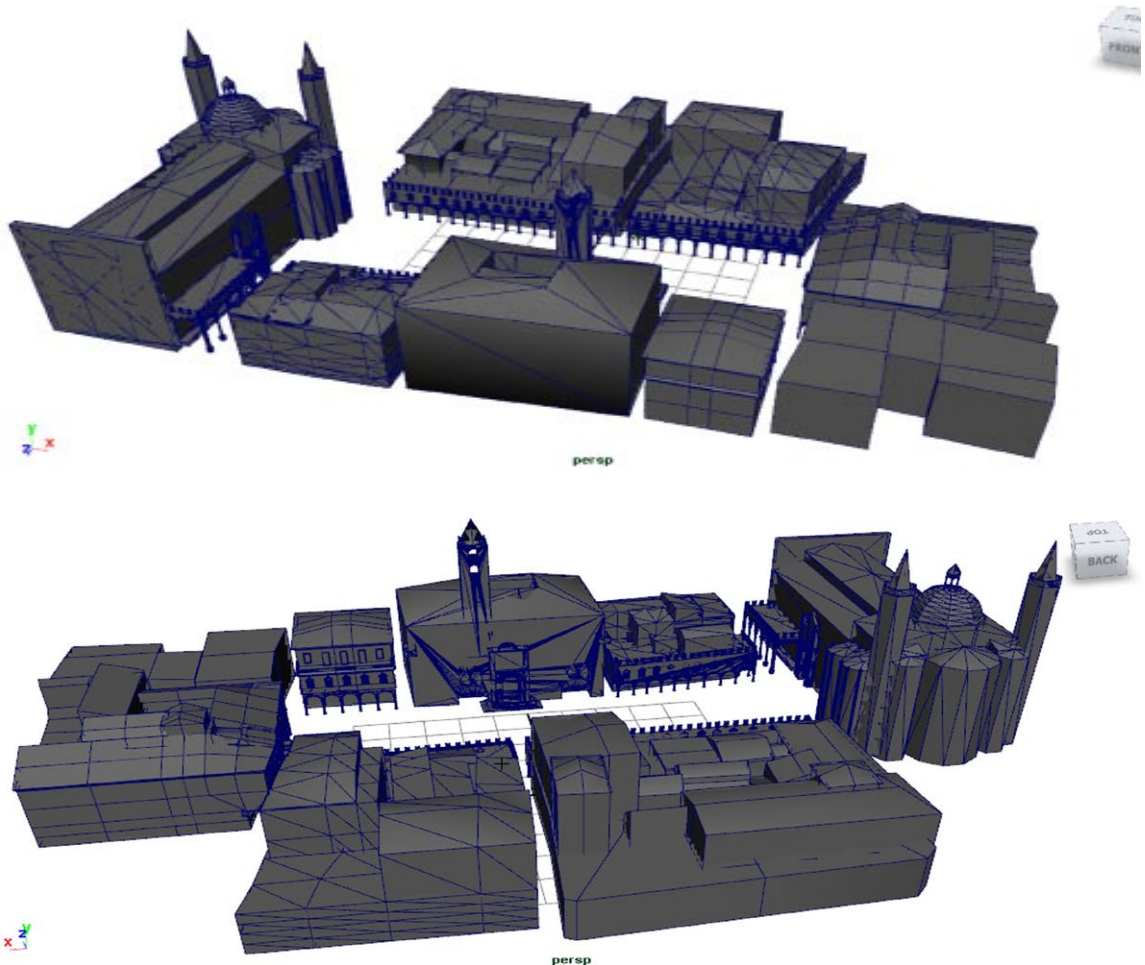
In fase di modellazione è stato importante ragionare sulla scomposizione del modello stesso in quanto l'inserimento in Nubes avviene per singoli oggetti e di conseguenza anche la gerarchizzazione e le interrogazioni. È stato anche

necessario discretizzare la scomposizione del modello per ragioni di gestibilità all'interno del sito.

Per poter porre query su un singolo edificio in fase di sperimentazione, lo si è modellato lasciando come singoli elementi alcune parti, mentre altre geometrie sono state unite per alleggerire il modello.

Per la realizzazione del punto di vista¹⁸ dell'intera piazza gli edifici sono stati modellati singolarmente, poi uniti in un unico elemento geometrico ed importati in nuovo file secondo la corretta georeferenziazione.

Differente è il livello di dettaglio che interessa il file edificio rispetto a quello della piazza: mentre nel primo è possibile vedere le modanature delle singole finestre, cornici e marcapiano, i dettagli dei capitelli delle colonne, nel file che riguarda l'intera piazza gli edifici sono piuttosto semplificati, i capitelli stilizzati, i marcapiani e le cornici omesse. Questo ovviamente per una ragione puramente tecnica: ridurre al minimo i problemi di pesantezza del file.

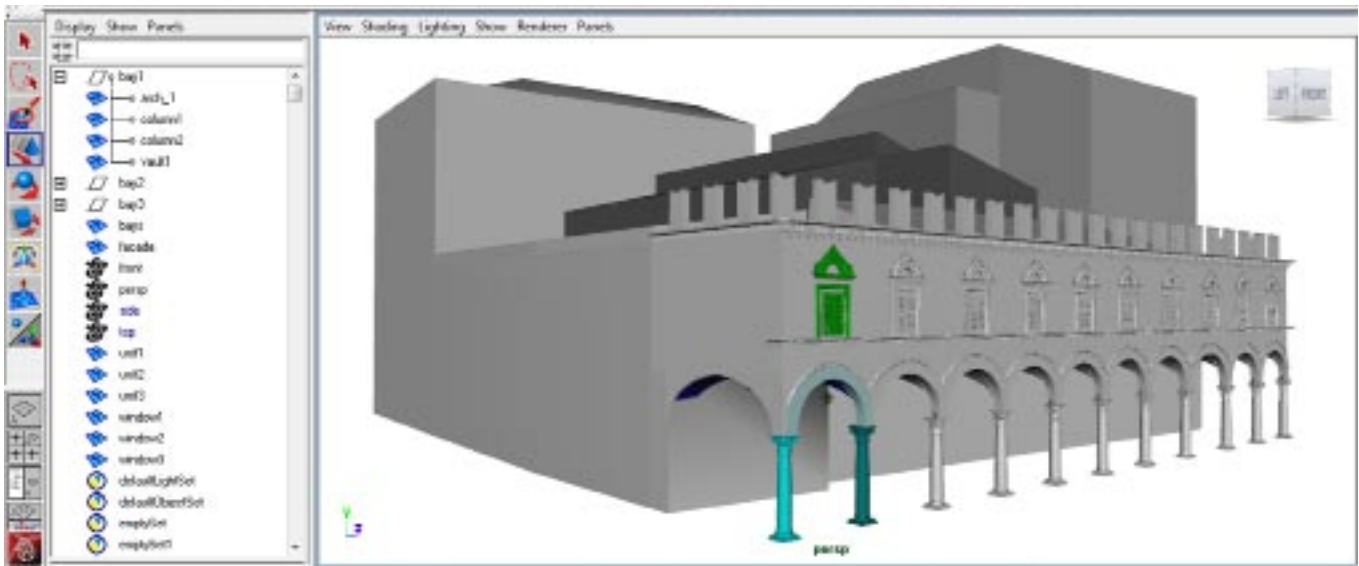


12/13/ Due viste prospettiche del modello tridimensionale dell'intera Piazza del Popolo.

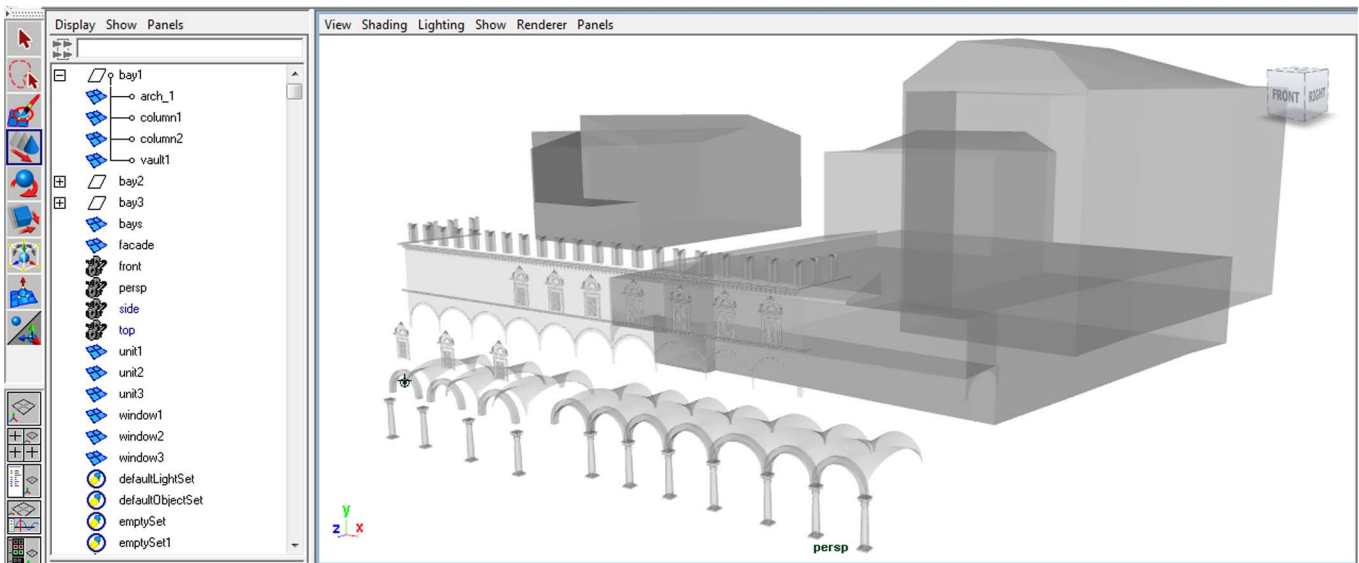
Ai fini della ricerca sono stati sperimentati diversi livelli di aggregazione degli elementi.

Nelle immagini che seguiranno sarà possibile vedere come un edificio è stato scomposto.

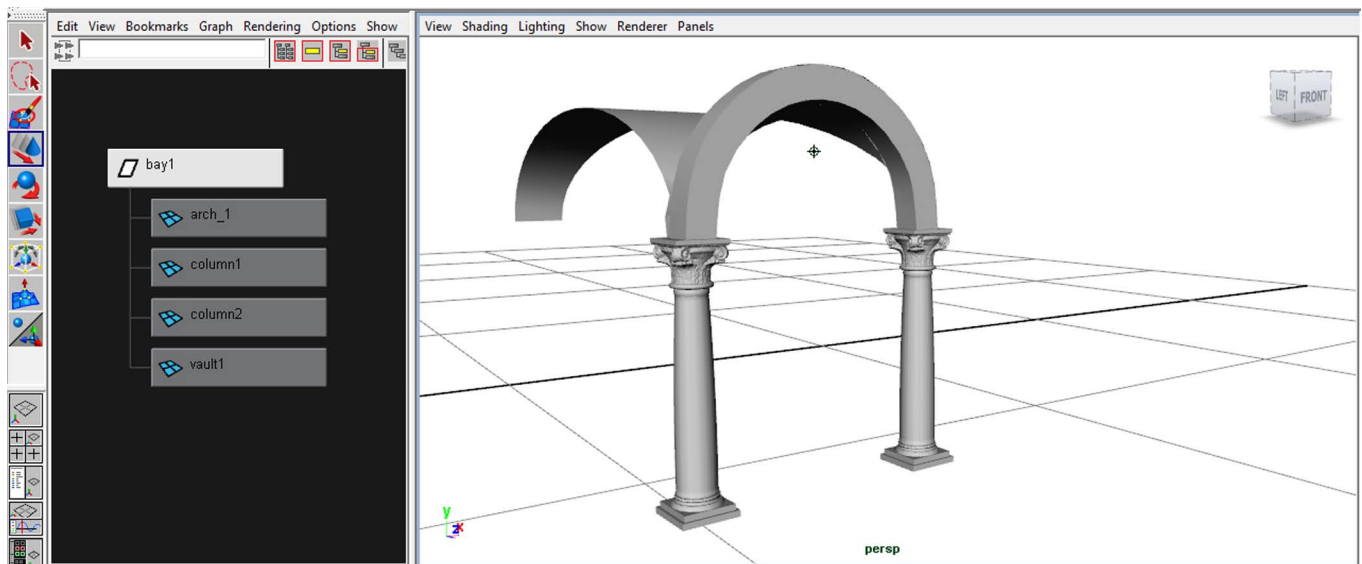
Sono stati lasciati come singoli elementi le prime quattro colonne, i primi tre archi, volte e finestre per poter costruire un elemento campata in Nubes e per poter porre query topologiche relative agli allineamenti verticali e orizzontali e sulle gerarchie.



14/ Modello tridimensionale di uno degli edifici della piazza, realizzato e visualizzato attraverso il software Maya. Con i diversi colori si vogliono evidenziare le varie parti che costituiscono il modello.



15/ Scomposizione del modello tridimensionale del palazzetto rinascimentale.



16/ Modello tridimensionale dettagliato di una campata. A sinistra della schermata è possibile vedere la scomposizione gerarchica effettuata nel software Maya e riproposta successivamente in Nubes.

L'edificio è stato scomposto in singoli elementi ed in blocchi uniti in base alle query che verranno poste della nuova interfaccia. Nella prima immagine sono stati colorati alcuni degli elementi singoli, nello specifico quelli che costituiscono la prima aggregazione verticale: la campata (due colonne, un arco ed una volta) e la finestra. La stessa scomposizione è stata adottata per le prime tre campate e le prime quattro finestre.

L'edificio è stato scomposto anche secondo le proprie singole unità edilizie, esso infatti può essere considerato un isolato in quanto costituito da tre unità edilizie distinte.

Quindi tutti gli edifici che affacciano sulla piazza sono stati modellati, ma per per ciascuno è stato fatto un ragionamento di discretizzazione e/o scomposizione sulla base della scala di dettaglio da raggiungere.

Come già detto, in Nubes è possibile creare un progetto e in esso diversi punti di vista e composizioni spaziali¹⁹, ciascuna con le proprie entità e modelli 3D associati. Si è quindi scelto di sfruttare questa possibilità e di realizzare un solo progetto denominato Web GIS-Nubes con tre punti di vista differenti: *square_1*, *building_test_1*, *bays_1*. Nel primo punto di vista è possibile vedere l'intera Piazza del Popolo, nel secondo un solo edificio, nel terzo due campate dello stesso edificio.



17/ Zoom sulla schermata di Nubes. Selezione del progetto (Selectionner un Site) e scelta di uno dei punti di vista che esso contiene (Selectionner un Project).

Per ognuno dei tre casi sono state inserite manualmente le entità (gli elementi vettoriali baricentro dei modelli 3D) e le relative rappresentazioni tridimensionali, rappresentazioni che sono state pensate e realizzate tenendo conto della scala di rappresentazione che avrebbero dovuto soddisfare.

Per la decomposizione dell'intera piazza tutti gli edifici inseriti sono costituiti da un solo blocco 3D e il livello di dettaglio è tale da poter identificare solamente i caratteri salienti.

Della chiesa sono stati realizzati il corpo principale, la facciata, le absidi, le torri, la loggia e il portale che guarda verso la piazza, tutti gli elementi sono stati poi uniti. Lo stesso ragionamento è stato svolto per gli altri edifici: i palazzi sono costituiti dai blocchi centrali che rappresentano l'ingombro, dalle facciate con archi e colonne, stilizzate, e dalle coperture, tutti elementi che alla fine del processo di medellizzazione sono stati uniti.

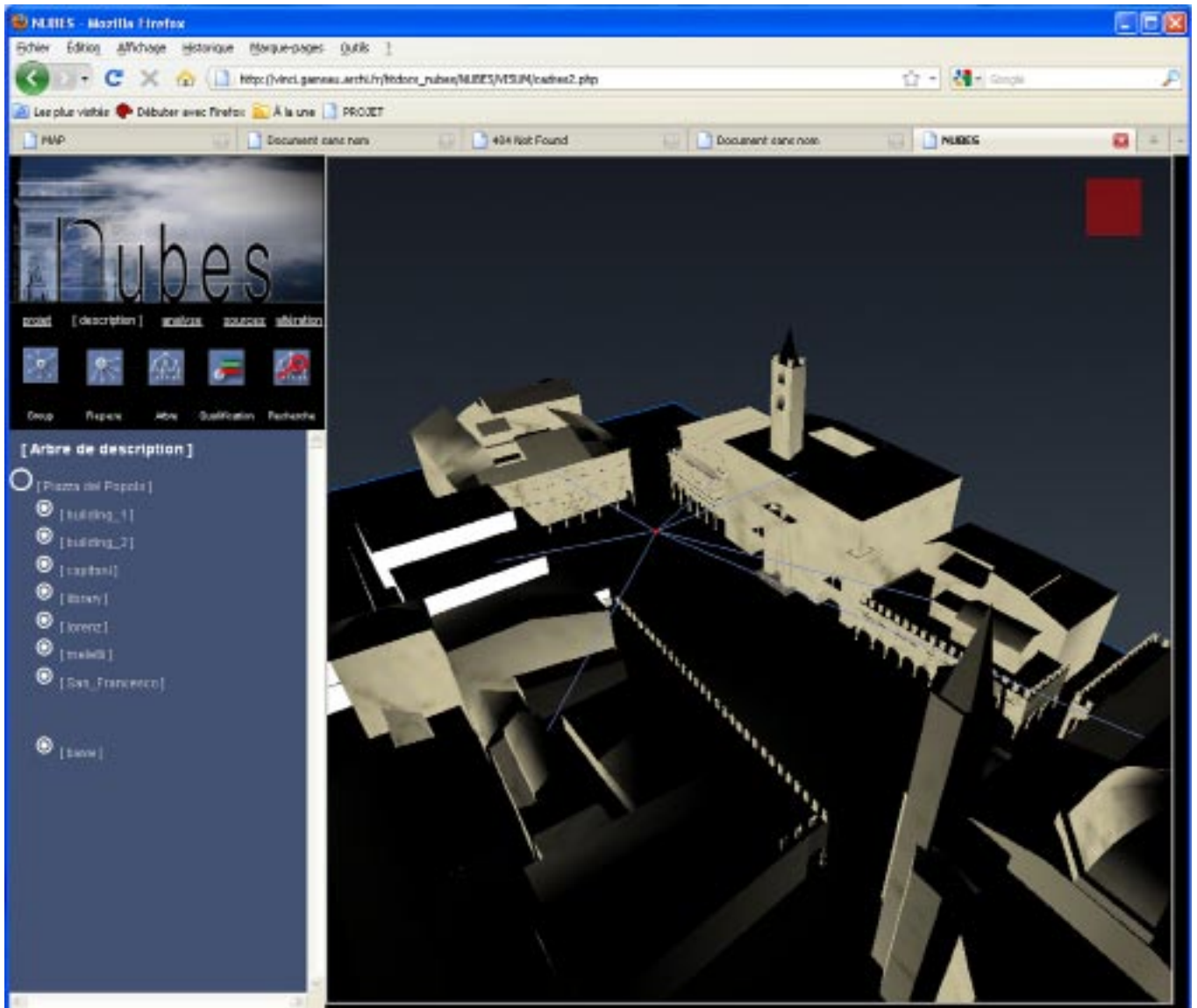
Le ragioni della scelta sono fondamentalmente due: in questo punto di vista si vuole mostrare l'intero spazio "piazza" delimitato da edifici e isolati. L'inserimento nel sistema di così tanti modelli, se realizzati ad una scala maggiore, avrebbe comportato la quasi ingestibilità della scena dovuta al peso dei modelli stessi espresso in Mb²⁰.

Il punto di vista *square_1* è stato utilizzato prevalentemente per effettuare il collegamento tra GIS e AIS e per l'analisi topologica gerarchica.

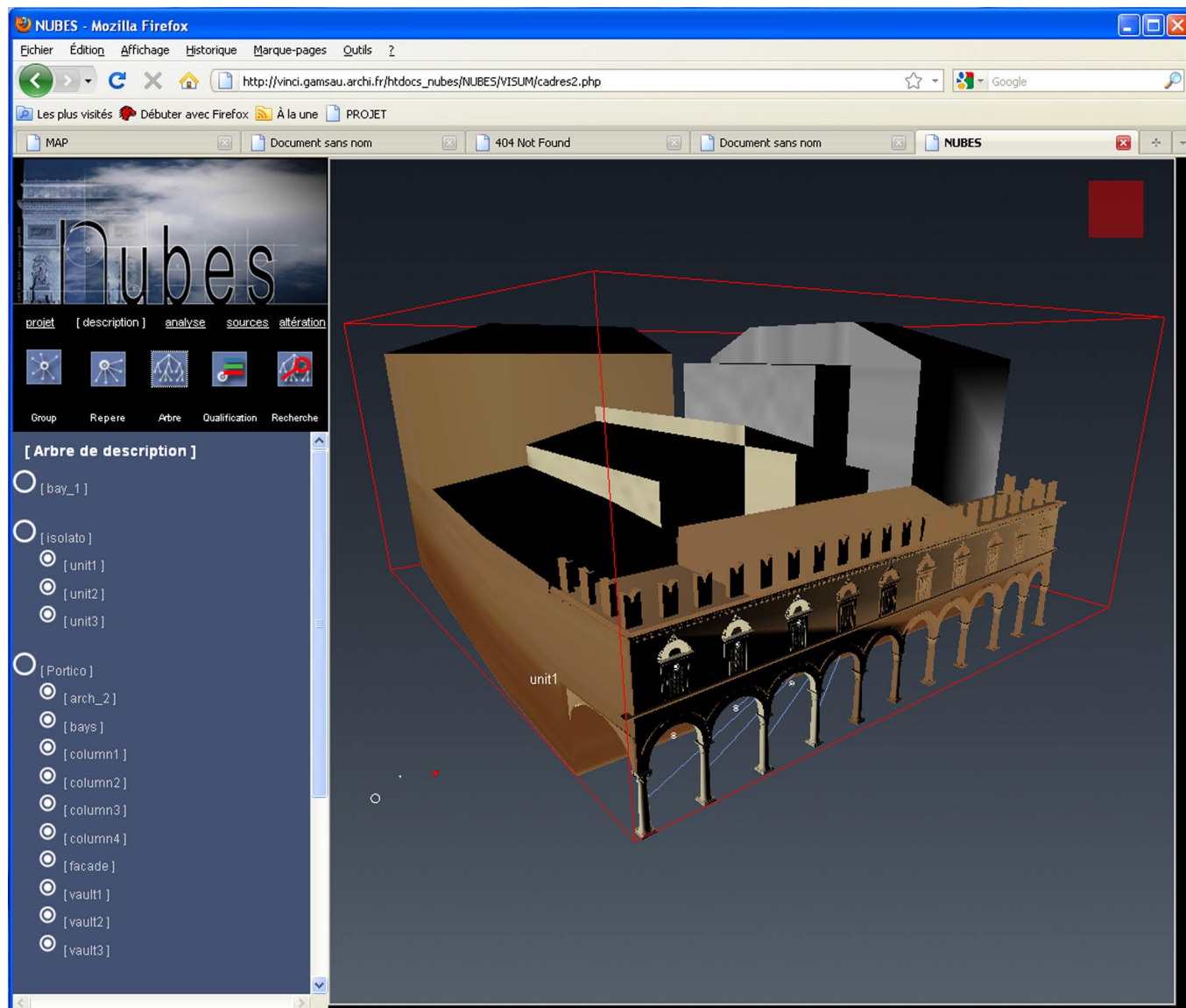
Nel secondo punto di vista, *building_test_1*, è stato importato un solo isolato, questa volta costituito da più parti: un blocco centrale per la prima unità edilizia, due elementi 3D per le altre due unità che costituiscono l'isolato, la facciata che affaccia su Piazza del Popolo, le singole finestre, tutti gli archi, colonne e volte e ancora un elemento che contiene tutti i merli.

Qui è stato necessario effettuare una scomposizione per poter effettuare una serie di analisi topologiche sui singoli elementi e sulle varie relazioni di allineamento.

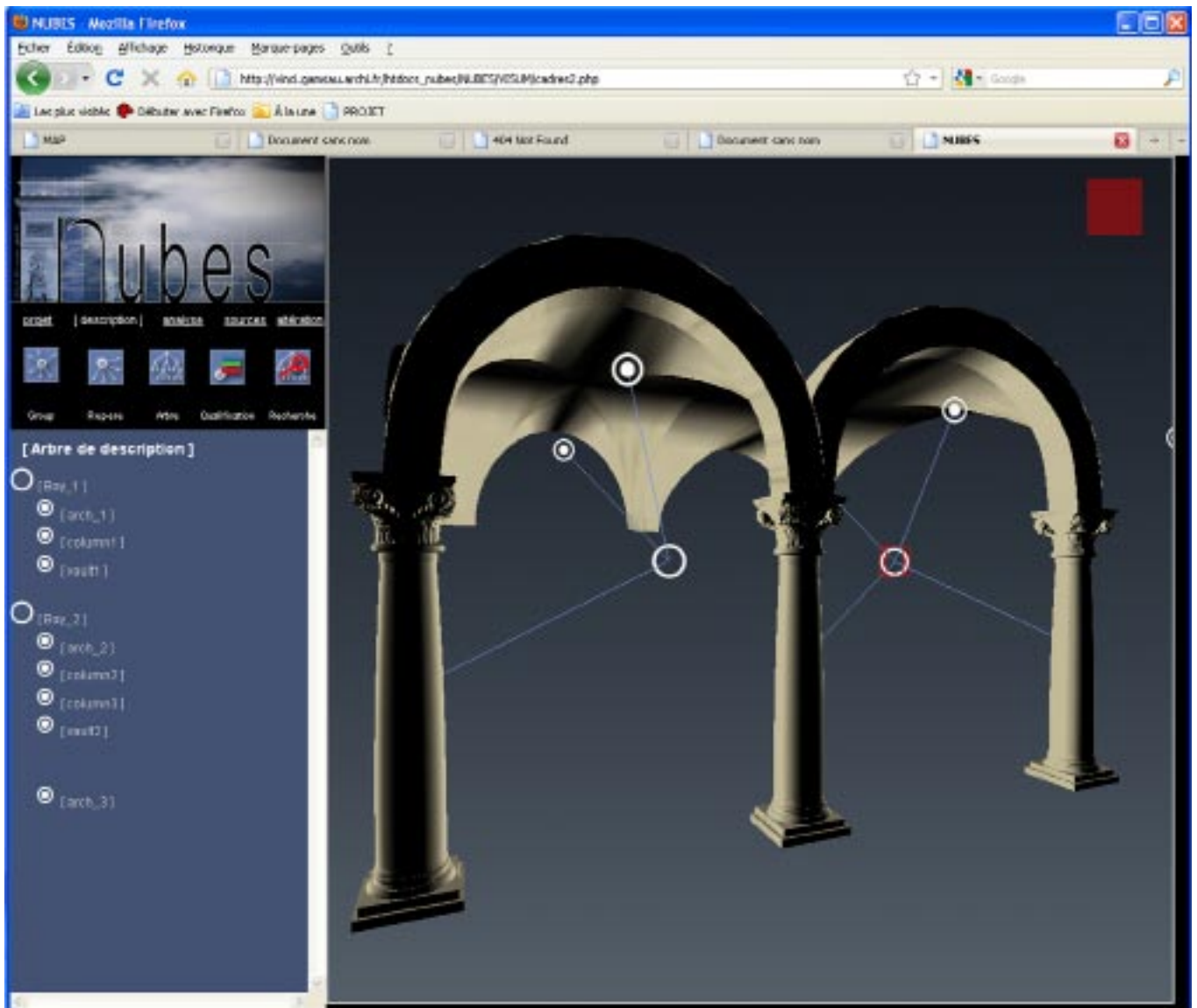
Bays è il punto di vista nel quale sono stati caricati solo i modelli per la composizione di due campate: tre colonne, modellate al dettaglio, due archi e due volte. Punto di vista che costituisce uno zoom e grazie al quale è stato possibile sperimentare ulteriori analisi topologiche come il confronto dimensionale tra due campate.



18/ Visualizzazione del punto di vista square_1. Esso contiene tutti gli edifici che affacciano sulla piazza. In Nubes è stata costruita una gerarchia tale per cui i modelli tridimensionali sono tutti legati tra loro dalla relazione denominata "Piazza del Popolo". Graficamente la costruzione gerarchica è visibile in Nubes attraverso un grafo tridimensionale (a destra) e attraverso un albero descrittivo (a sinistra).



19/ Punto di vista building. L'edificio è stato modellato ed importato in più elementi per la necessità di eseguire diverse operazioni di analisi. Nell'albero descrittivo di sinistra è possibile leggere quali sono i diversi modelli tridimensionali che costituiscono l'insieme, opportunamente denominati, e i loro rapporti gerarchici.



20/ Il punto di vista bays contiene solo due campate del palazzo rinascimentale approfondito. I vari elementi sono stati modellati dettagliatamente. A sinistra è possibile vedere la struttura gerarchica dell'insieme.

4.6 Connessione dei due sistemi: nuova interfaccia ibrida

Già nel corso dei primi studi su GIS e AIS sono emerse una serie di problematiche che rendono facilmente comprensibili i motivi per i quali ancora non esistono dei veri 3D Web GIS. Primi tra tutti, oltre alla topologia 3D per la quale è stato fatto un discorso a parte, ci sono i problemi relativi al passaggio di scala ed alla strutturazione dei dati. Spingere la struttura di un GIS, che nasce per la gestione di dati a scala cartografica, fino al singolo elemento architettonico, significa stravolgere totalmente la sua natura, con tutte le difficoltà gestionali ed informatiche che ne derivano. Ragionamento questo che, se fatto all'inverso, è sicuramente valido anche per l'AIS.

Alla luce di ciò si è pensato di procedere in modo da non dover modificare né il GIS né l'AIS, di non lavorare alla progettazione di un nuovo sistema autonomo con una propria nuova struttura di dati, ma di progettare piuttosto una nuova modalità per visualizzare contemporaneamente due sistemi già esistenti e perfettamente funzionanti e di studiare un metodo per collegarli e per interrogarli.

La soluzione è stata individuata in nuova interfaccia ibrida.

Questa, ovviamente accessibile da internet e apribile con un qualsiasi Web browser²¹, è stata pensata con una struttura tripartita: una parte dello schermo destinata alla visualizzazione 3D attraverso Nubes, una alla visualizzazione 2D grazie al Web GIS, ed una al query editor, fascia dalla quale poter effettuare alcune delle interrogazioni di analisi spaziale.

In totale il progetto è costituito da settantaquattro cartelle e più di trecento files, senza considerare la complessa struttura di Nubes, alcuni relativi propriamente al Web GIS, altri alla nuova interfaccia²². Tramite script, prevalentemente in php e JavaScript, il progetto Web GIS e i progetti inseriti in Nubes vengono relazionati.

Tutti i file e le cartelle sono stati salvati in un server in modo tale da essere accessibili ovunque tramite apposite applicazioni per il collegamento (nel caso specifico è stato usato File Zilla) e sono strutturati in modo tale da poter accedere alla nuova interfaccia dal Web.

Da un qualsiasi browser, digitalizzando <http://brunelleschi.gamsau.archi.fr/index.php>, è possibile visualizzare

l'interfaccia di accesso al progetto. In realtà si apre un file .php che definisce la struttura della pagina e che contiene i vari collegamenti (al Web GIS, a Nubes ed ai file dove sono scritte le funzioni per le query).

Inizialmente l'area di sinistra, quella destinata all'AIS, è vuota, e nell'area di destra, destinata al Web GIS, c'è un menu a tendina dal quale poter scegliere il punto di vista di Nubes che si intende aprire. Una volta scelto il punto di vista²³, a sinistra comparirà un'interfaccia semplificata di Nubes con i modelli tridimensionali caricati precedentemente nel punto di vista scelto, e a destra p.mapper dal quale viene visualizzato solo l'aerofotogrammetrico, layer che in fase di strutturazione del file di configurazione .xml si è deciso di tenere acceso.

Ovviamente i due sistemi sono allo stesso tempo indipendenti e collegati tra loro, ovvero, posso ad esempio compiere una serie di operazioni previste dal Web GIS (accendere i layer elencati nel menù di destra, inserire e nominare alcuni punti, porre query sui layer, misurare, ecc.) senza interagire in alcun modo con Nubes e viceversa (salvo che per ragioni di tempo e di interesse l'interfaccia di Nubes che viene aperta è stata privata di tutte le funzioni di interazione (creazione della gerarchia, misurazione, ecc. di cui sarebbe capace)²⁴).

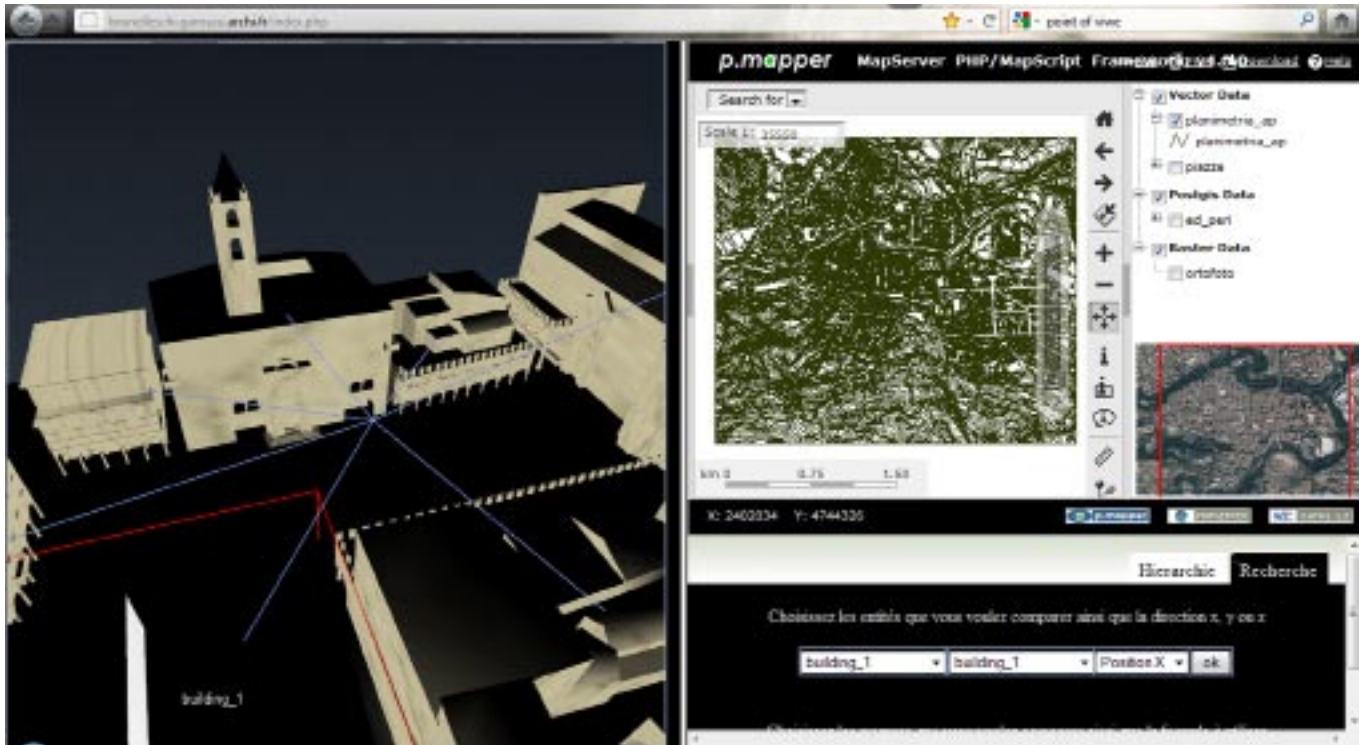
Per quanto riguarda invece il collegamento tra i due sistemi, questo è stato effettuato attraverso la connessione degli id²⁵ dei modelli tridimensionali in Nubes e quelli delle rispettive geometrie bidimensionali, ovvero le piante degli stessi, nel Web GIS.

Accendendo nel Web GIS il file relativo agli edifici che perimetrano la piazza, e attraverso lo strumento per l'interrogazione, si può cliccare sull'id dell'edificio e visualizzare in 3D il rispettivo modello. Grazie ad una funzione JavaScript l'intera scena tridimensionale si muove centrando l'edificio interessato.

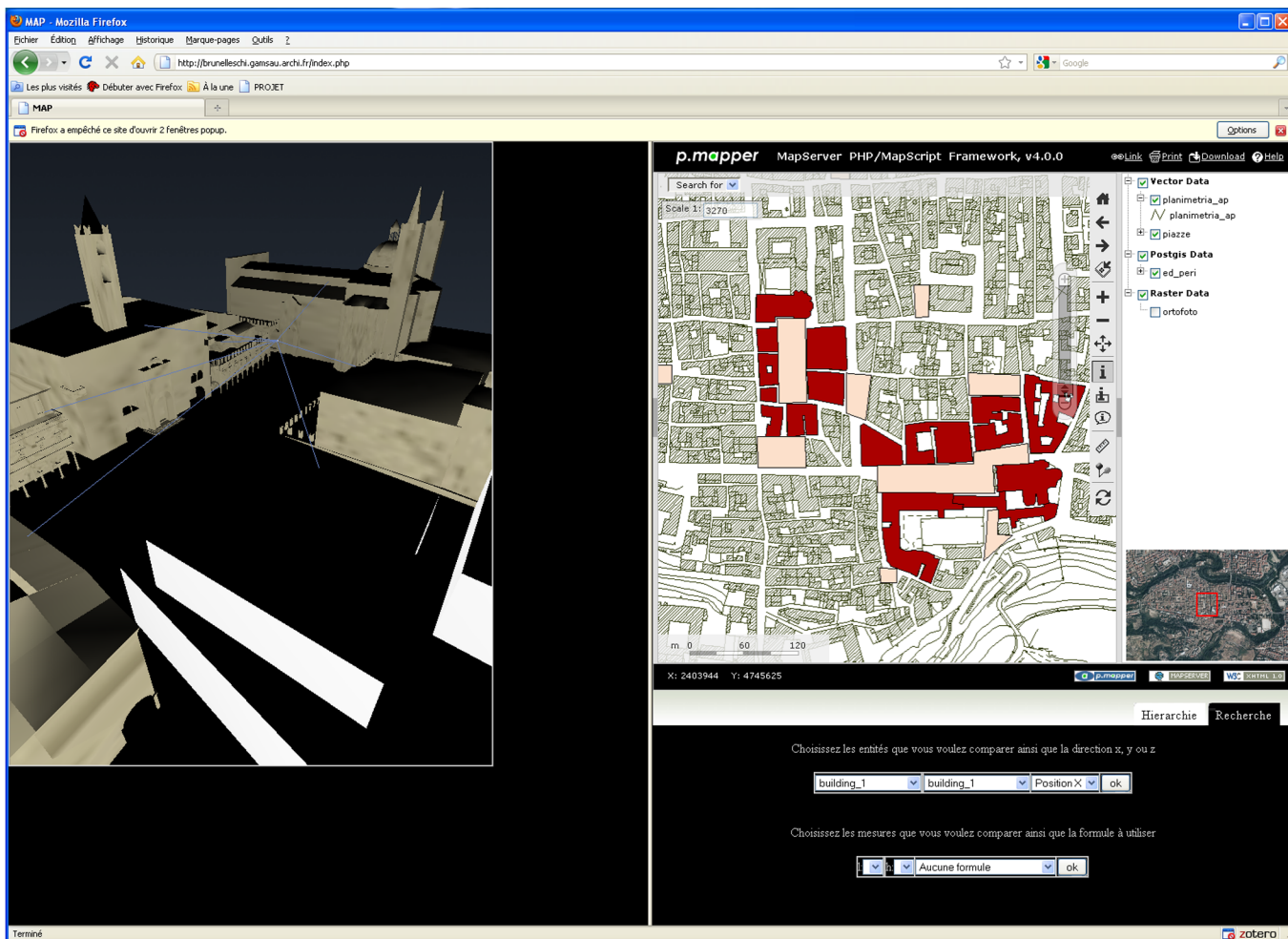
In Nubes i modelli 3D vengono caricati a seguito della registrazione di entità puntuali alle quali vengono assegnati un nome e le coordinate x, y, z. Indipendentemente dai dati inseriti, il DBMS assegna un id seriale a ciascuna entità, id che è un numero intero e che è quello con il quale avviene il collegamento. Per il Web GIS due sono i file da modificare perché la connessione avvenga: il file *.map, dove l'asterisco sta per il nome assegnato al progetto, e il file *config.php*. In entrambi bisogna specificare, con il

linguaggio di programmazione adeguato, che un certo layer vettoriale viene collegato ad una pagina esterna (che può essere un qualsiasi URL) e la modalità di connessione.

Nel file config.php c'è scritta inoltre, in JavaScript, la funzione che consente alla scena di Nubes di muoversi portando in primo piano il modello 3D corrispondente alla geometria 2D selezionata.



21/ Nuova interfaccia accessibile da <http://brunelleschi.gamsau.srchi.fr/index.php>. Lo schermo è stato suddiviso in tre parti: a sinistra è possibile visualizzare la scena 3D caricata in Nubes; in alto a destra il Web GIS; in basso a sinistra è stato posto il query editor.



22/ Ai modelli tridimensionali degli edifici della piazza corrispondono le loro rappresentazioni in pianta (ed_peri), visualizzabili accendendo il layer dal menu a destra delle cartografie.

The screenshot shows a web browser window with a 3D architectural model on the left and a 2D map interface on the right. The 3D model shows a building with a red bounding box. The 2D map interface includes a search bar, a result table, and a layer selection panel.

Result Table:

gid	ID_ED_PERI	NOME_EDIF	ID_SCH_A	the_geom
1	11962	Chiesa di San Francesco	0	

Layer Selection Panel:

- Vector Data
 - planimetria_ap
 - planimetria_ap
 - piazze
- Postgis Data
 - ed_peri
- Raster Data
 - ortofoto

Search and Comparison Interface:

Choisissez les entités que vous voulez comparer ainsi que la direction x, y ou z

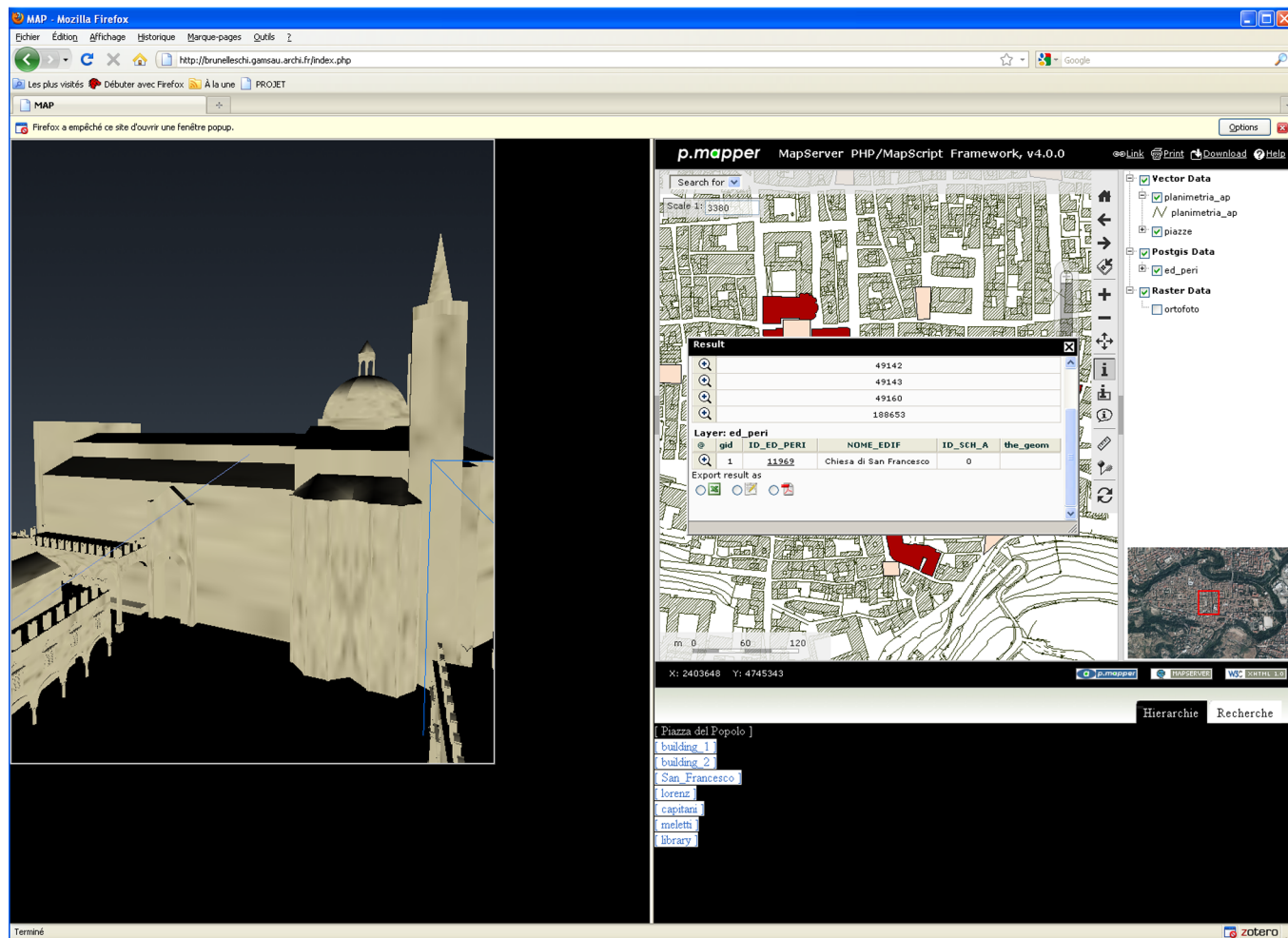
building_1 | building_1 | Position X | ok

Choisissez les mesures que vous voulez comparer ainsi que la formule à utiliser

| | Aucune formule | ok

JavaScript:PM.Custom.openHyperlink('ed_peri','ID_ED_PERI','11962')

23/ Cliccando su uno dei layer in pianta (in questo caso la chiesa) si apre una tabella che mostra i dati relativi all'oggetto selezionato inseriti nel database. Cliccando il numero contenuto nel campo ID_ED_PERI si attiva lo script scritto per mettere in relazione gli elementi in pianta con le loro rappresentazioni tridimensionali.



24/ Grazie allo script inserito, selezionato l'elemento in pianta la scena di Nubes si muove centrando e "zoommando" sull'edificio relazionato alla sua rappresentazione planimetrica attraverso il codice identificativo univoco.

Note

1. L'accessibilità è la caratteristica di un dispositivo, di un servizio o di una risorsa d'essere fruibile con facilità da una qualsiasi tipologia d'utente. Esistono alcuni standard internazionali e alcune leggi nazionali che definiscono l'accessibilità per i sistemi informatici. Le linee guida internazionalmente più utilizzate per quanto concerne il web sono le WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) redatte dalla WAI (Web Accessibility Initiative, sezione del World Wide Web Consortium).

La definizione è stata tratta da Wikipedia alla pagina http://it.wikipedia.org/wiki/Accessibilit%C3%A0_%28informatica%29

2. L'usabilità è definita dall'ISO (International Organisation for Standardisation), come l'efficacia, l'efficienza e la soddisfazione con le quali determinati utenti raggiungono determinati obiettivi in determinati contesti. In pratica definisce il grado di facilità e soddisfazione con cui l'interazione uomo-strumento si compie.

Le principali caratteristiche di un sistema usabile sono:

- efficacia: accuratezza e completezza con cui certi utenti possono raggiungere certi obiettivi in ambienti particolari;
- efficienza: le risorse spese in relazione all'accuratezza e completezza degli obiettivi raggiunti;
- soddisfazione: il comfort e l'accettabilità del sistema di lavoro per i suoi utenti;
- facilità di apprendimento: l'utente deve raggiungere buone prestazioni in tempi brevi;
- facilità di memorizzazione: l'utente deve poter interagire con un'interfaccia anche dopo un periodo di lungo inutilizzo, senza essere costretto a ricominciare da zero;
- sicurezza e robustezza all'errore: l'impatto dell'errore deve essere inversamente proporzionale alla probabilità d'errore.

I benefici che un sistema usabile presenta sono:

- aumenta l'efficienza;
- aumenta la produttività;
- riduce gli errori;
- aumenta la sicurezza;
- riduce il bisogno di addestramento;
- riduce il bisogno di supporto all'utente;
- aumenta l'accettazione;
- diminuisce i costi di sviluppo;
- aumenta le vendite.

La definizione è stata tratta da Wikipedia alla pagina <http://it.wikipedia.org/wiki/Usabilit%C3%A0>

3. Sistema informativo, in inglese Information System (IS).

4. Un SIG (Sistema Informativo Geografico) è più comunemente conosciuto con l'acronimo inglese GIS (Geographic Information System).

5. In italiano l'acronimo è SIT (Sistema Informativo Territoriale).

6. Definizione tratta dal Dizionario Informatico online alla pagina <http://www.dizionarioinformatico.com/cgi-lib/diz.cgi?name=sistema+informativo>

7. IS: Information System.

8. Il sito ufficiale del progetto alla pagina <http://www.qgis.org/>

9. Il sito ufficiale del progetto alla pagina <http://www.pmapper.net/>

10. Il sito ufficiale del progetto alla pagina http://www.map.archi.fr/nubes/NUBES_Information_System_at_Architectural_Scale/Home.html

11. Il sito ufficiale del progetto alla pagina <http://www.postgresql.org/>

12. Il sito ufficiale del progetto alla pagina <http://www.postgis.org/>

13. Il sito ufficiale del progetto alla pagina <http://phpgadmin.sourceforge.net/doku.php>

14. Il sito ufficiale del progetto alla pagina http://www.phpmyadmin.net/home_page/index.php

15. Un database back-end è un database a cui si accede come utenti indirettamente attraverso un programma esterno. Un back-end database memorizza i dati, ma non include per l'utente finale elementi come query, maschere, macro o relazioni.

16. COLLADA è uno standard per l'esportazione del formato .dae, la cui struttura è basata sul formato XML

17. Virtools è un software proprietario che serve per creare scene 3D, accessibili e navigabili anche dal Web. Le scene sono poi visualizzabili da un qualsiasi browser, purché si sia installato il plugin 3dvia.

18. Punto di vista, in Nubes chiamato point de vue.

19. In Nubes decomposition.

20. Mega byte.

21. L'interfaccia e tutta l'architettura informativa sono state pensate per essere accessibili tramite il Web attraverso un qualsiasi Web browser (nelle immagini è possibile vedere l'utilizzo di Mozilla Firefox), ma è necessaria l'installazione del plugin 3DVia per poter visualizzare i modelli 3D in Nubes.

22. Non si fa riferimento al numero di file che costituiscono Nubes perché non si è in possesso di questa informazione. Il Web GIS non è stato utilizzato solamente come software per inserire i dati ma, essendo free ed open source, è stato modificato per poter essere connesso all'AIS, pertanto del Web GIS si posseggono tutti i file e cartelle con il codice sorgente. La connessione e il richiamo a certe funzioni di Nubes sono state realizzate grazie all'aiuto di Julie Lombardo, che attualmente si occupa appunto della banca dati di Nubes nel laboratorio UMR 3495 CNRS/MCC MAP-Gamsau di Marsiglia.

23. p.o.v., point of view.

24. Va infatti specificato che la creazione di grafi 3D relativi alla gerarchia, la nominazione delle singole parti importate e le misurazioni sono state effettuate tramite Nubes Visum e non tramite la nuova interfaccia, ma da essa viene richiamato lo stesso progetto che per tanto conserva tutte le caratteristiche.

25. l'acronimo id si riferisce al codice identificativo univoco.

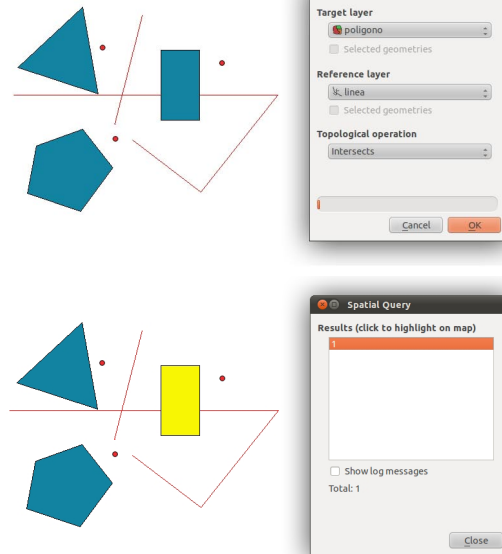
5 Tra interrogazioni e topologia

Come già descritto nel capitolo 4.4, generalmente i GIS consentono di formulare interrogazioni relativamente a determinati rapporti topologici (disunito, collegato, contiene, dentro, coperto, copre, uguale, sovrapposto, con l'aggiunta spesso di interseca, tocca e attraversa) tramite algoritmi già scritti.

Per poter effettuare query spaziali sono necessari almeno due layer vettoriali. Il software è in grado di rispondere graficamente alle query ed è possibile modificare i layer interrogati o crearne di nuovi.

I GIS utilizzati nell'ambito della ricerca (QuantumGIS come GIS standalone, pmapper e MapServer come Web GIS) consentono di costruire la topologia a partire dalla geometria di dati vettoriali inseriti o creati nel sistema stesso ed a partire da questa è possibile effettuare una serie di analisi spaziali, ovviamente in ambiente bidimensionale.

Queste operazioni permettono analisi sui file vettoriali che riguardano principalmente le distanze, la selezione di una o più geometrie secondo caratteristiche geometriche e/o di attributi, operazioni booleane, ecc. Esse sono ormai state messe a punto e non presentano più né un tema di ricerca, né una problematica dal punto di vista applicativo.



2/ Esempio di analisi topologica effettuata nel software GIS free e open source QuantumGIS. In alto il plug-in "Spatial Query" consente di scegliere, attraverso menu a tendina, la query da porre. In basso la risposta grafica (a sinistra) e alfanumerica (a destra) del software.

- Extract features from vector
 - v.extract.where - Select features by attributes
 - v.extract.list - Extract selected features
 - v.select.overlap - Select features overlapped by features in another map
- Buffer
 - v.buffer - Vector buffer
- Vector geometry analysis
 - v.distance - Find nearest element in vector 'to' for elements in vector 'from'. Various information about.
- Network analysis
 - v.net.alloc - Allocate network
 - v.net - Network maintenance
 - v.net.nodes - Create nodes on network
 - v.net.visibility - Visibility graph construction
 - v.net.path - Find shortest path on vector network
 - v.net.iso - Cut network by cost isolines
 - v.net.salesman - Connect nodes by shortest route (traveling salesman)
 - v.net.steiner - Connect selected nodes by shortest tree (Steiner tree)
- Overlay
 - v.patch - Create new vector by combining other vectors
 - v.overlay.or - Vector union
 - v.overlay.and - Vector intersection
 - v.overlay.not - Vector subtraction
 - v.overlay.xor - Vector non-intersection

1/ Elenco delle analisi topologiche possibile nel software GIS free e open source GRASS. Visualizzazione dei comandi accessibili tramite QuantumGIS.

Molto più complesso è quando invece si tenta di applicare allo spazio tridimensionale quanto della topologia è perfettamente funzionante sulle due dimensioni.

Sono due i fattori che rendono ancora difficile la scrittura di query spaziali sul piano tridimensionale: la tipologia di query da porre e, di conseguenza, la struttura del modello 3D.

Innanzitutto bisogna stabilire quali sono le query spaziali che possono essere utili all'analisi architettonica e che non possono avere una soddisfacente risposta nell'ambiente bidimensionale, dove per risposta soddisfacente si intende una risposta grafica e non solamente alfanumerica.

Tutto ciò che riguarda le relazioni spaziali sul piano orizzontale (x, y) è analizzabile tramite un software GIS, ammesso che i dati vettoriali inseriti siano ad una scala adeguata. Il sistema nasce per la gestione della scala urbana e territoriale e le query spaziali che normalmente vi vengono effettuate ruotano intorno agli stessi ordini di grandezza. Ciò nonostante è possibile strutturare layer vettoriali che scendano di scala fino alla definizione di elementi

architettonici. In questo caso però è probabilmente più conveniente effettuare una discretizzazione. Se ad esempio si vuole descrivere un colonnato, o addirittura singole colonne nel GIS, probabilmente la strada più efficace è quella di creare un layer puntuale colonne e strutturare per questo una o più tabelle degli attributi che contengano tante informazioni quante se ne vuole fornire.

Ovviamente un tale layer può dare informazioni grafiche solo relativamente alla pianta del colonnato e nessuna informazione significativa dell'alzato (altezza, tipologia dell'arco, tipologia del capitello, ecc.) a meno che queste

informazioni non vengano scritte in forma alfanumerica nella tabella degli attributi o non vengano allegate immagini. Il GIS consente comunque sul layer operazioni di misurazione, di analisi topologica e di query più o meno complesse, tutte ovviamente dipendono da come è stato strutturato il layer, la relativa tabella degli attributi e il database.

Quantum GIS

Layers

- colonne
 - tipologia
 - composita
 - dorica
 - piani_terr
 - piazze
 - perimetri
 - ed 1
 - curve_AP
 - cortili

Overview

Undo/Redo

<empty>

Attribute table - colonne :: 0 / 55 feature(s) selected

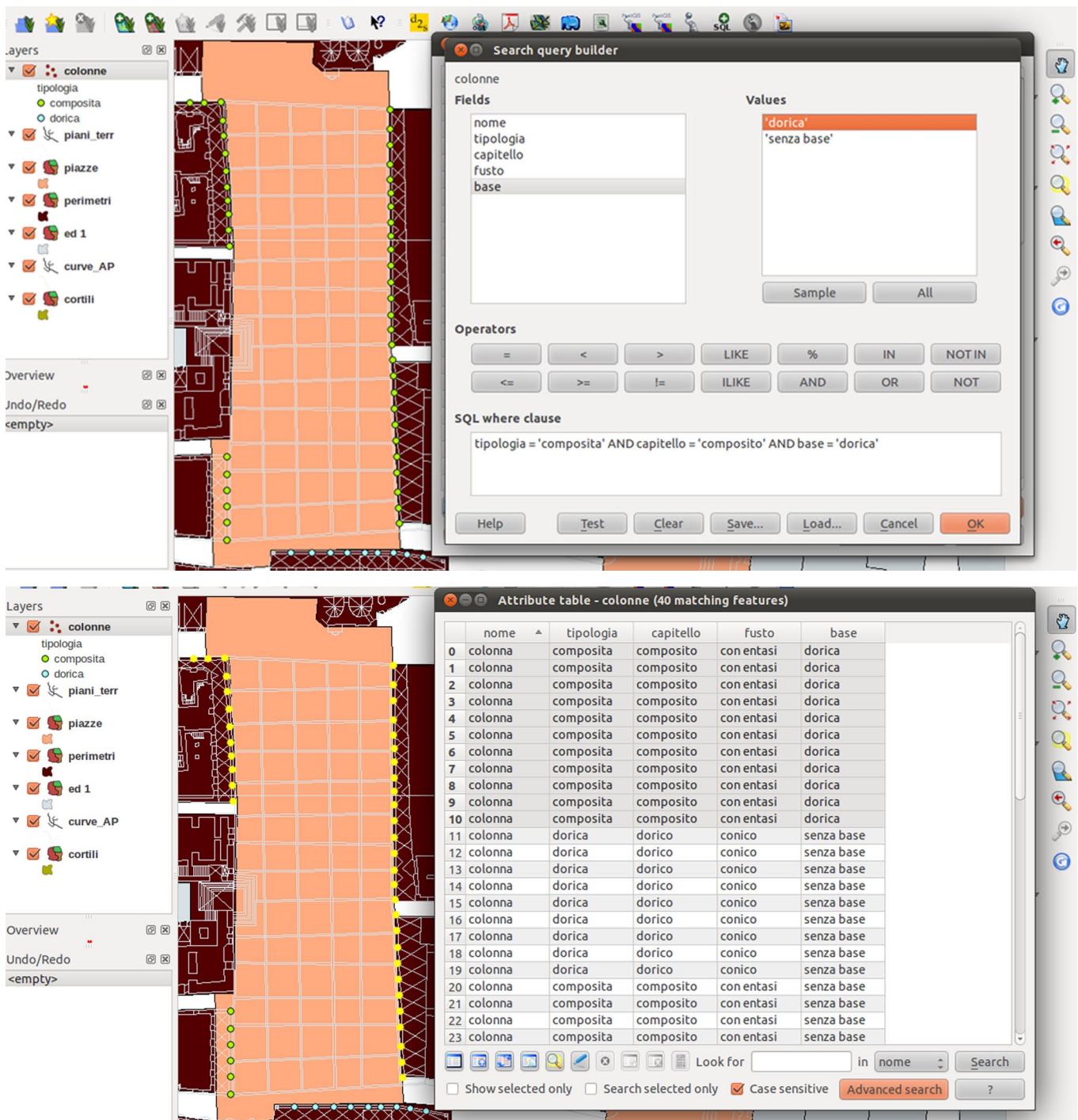
	nome	tipologia	capitello	fusto	base
0	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
1	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
2	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
3	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
4	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
5	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
6	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
7	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
8	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
9	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
10	colonna	composita	composito	con entasi	dorica
11	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
12	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
13	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
14	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
15	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
16	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
17	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
18	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
19	colonna	dorica	dorico	conico	senza base
20	colonna	composita	composito	con entasi	senza base
21	colonna	composita	composito	con entasi	senza base
22	colonna	composita	composito	con entasi	senza base
23	colonna	composita	composito	con entasi	senza base

Look for: in nome Search

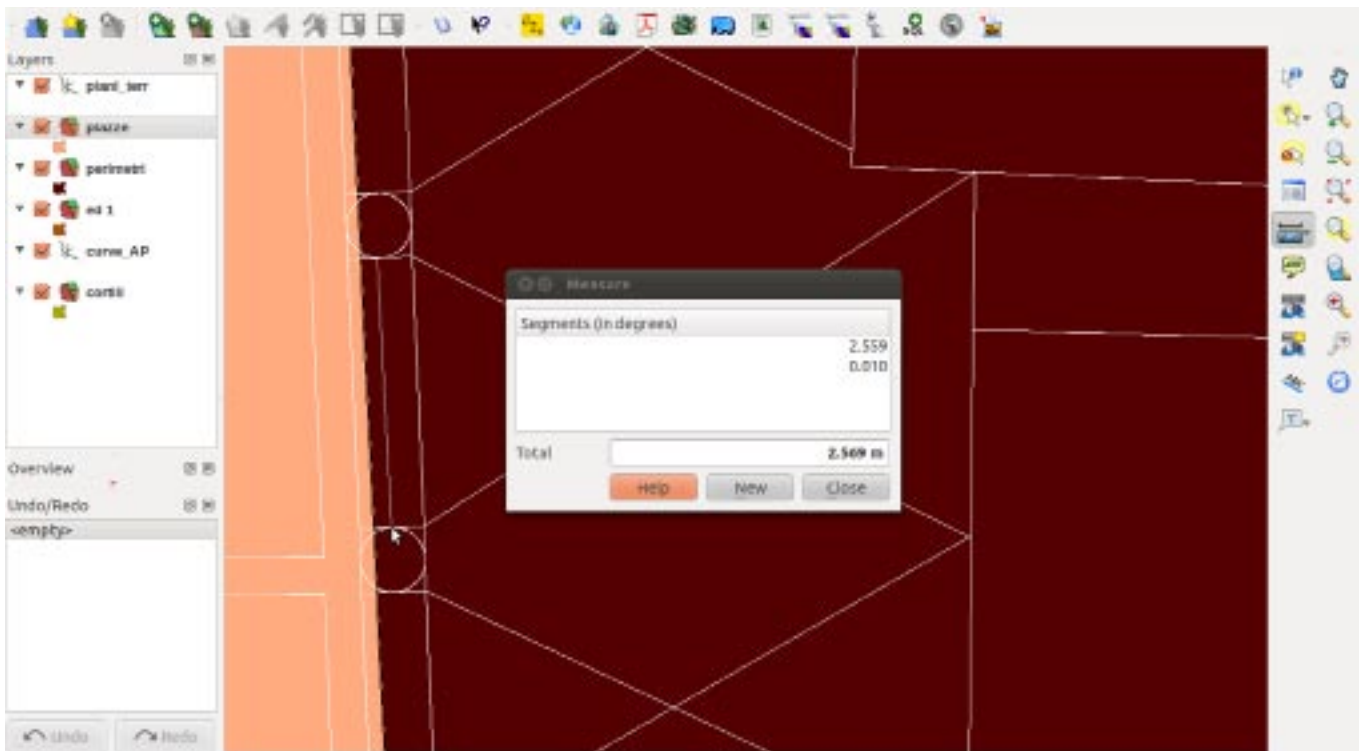
Show selected only Search selected only Case sensitive Advanced search ?

Coordinate: 2403730.9,4745721.9 Scale: 1:608 Render

3/ Visualizzazione della tabella degli attributi dello shapefile colonne.



4/5/ In alto: attraverso il comando “Advanced search”, dalla tabella degli attributi dello shapefile puntuale colonne, è stato richiesto di visualizzare tutte le colonne di tipologia composita, con capitello composito e base dorica. In basso: il software risponde graficamente evidenziando le geometrie riguardanti in pianta e alfanumericamente evidenziando le righe relative nella tabella degli attributi.



6/ Misurazione dell'intercolumnio attraverso lo strumento Measure in QGIS.

5.1 Query topologiche: dalle due alle tre dimensioni

Immaginando che i tutti i layer siano strutturati correttamente, è necessario chiedersi quali sono le query da poter porre alla scala architettonica nelle due e nelle tre dimensioni.

Sullo spazio bidimensionale può essere utile conoscere gli allineamenti, fare confronti dimensionali, misurare distanze, ecc., operazioni che dovrebbero poter essere svolte anche sull'alzato degli edifici.

Prima di approfondire tale argomento bisogna tenere in considerazione anche un altro fattore, nei GIS le operazioni topologiche non servono solo per analizzare, ma anche per creare nuovi strati informativi, ovvero diverse operazioni topologiche servono per produrre nuovi layer a partire da più dati geometrici, da attributi o da entrambi contemporaneamente. In ambiente tridimensionale la

la progettazione. In realtà se il concetto di analisi e di realizzazione di nuovi elementi possono convivere sullo spazio bidimensionale dei GIS, si potrebbe assumere la tesi che dovrebbe poter essere lo stesso sullo spazio tridimensionale.

Evidentemente il solo spazio bidimensionale non è sufficiente a soddisfare la conoscenza intorno ad un oggetto architettonico e la descrizione nelle tre dimensioni risulta indispensabile, pertanto il modello tridimensionale potrebbe rivelarsi non solo come l'interfaccia di accesso ad ulteriori fondamentali informazioni, ma anche l'organizzatore delle informazioni stesse. Esso deve però essere considerato e usato come luogo geografico delle diverse parti che lo costituiscono e in quanto tale dovrebbe essere possibile effettuare query spaziali e analisi topologiche. L'utilizzo del GIS quindi, se pure fondamentale per alcune tipologie di analisi, rende del tutto inutile l'inserimento di alcuni

dati se poi non è possibile visualizzarli o porre query su un piano che non sia quello orizzontale, di conseguenza l'inserimento di alcune informazioni non può che causare una ridondanza di dati limitatamente utilizzabili.

Per capire meglio è forse opportuno fare un esempio sul caso studio. Porre query sulle caratteristiche formali relative al capitello di una colonna in un ambiente GIS 2D implica delle risposte alfanumeriche inevitabilmente insufficienti. Se è possibile catalogare una serie di capitelli come composti, non è possibile descrivere a parole tutte le differenze che intercorrono tra un capitello e l'altro e se si considera che in tutta la piazza del caso studio¹ non ci sono due capitelli uguali, tanto basta per spiegare quanto l'informazione capitello composto sia riduttiva.



7/8/ Esempio di due capitelli di uno stesso edificio. In tutto il fabbricato i capitelli sono composti e presentano caratteristiche simili, ma si differenziano per proporzioni e per tipologie di foglie.

Una completa analisi su un colonnato non può accontentarsi della visualizzazione in pianta della colonne, ma necessita di una visualizzazione completa sulle tre dimensioni, dove sia possibile misurare l'intercolumnio, il rapporto tra il diametro della colonna e la sua altezza, verificare l'eventuale presenza e l'altezza delle basi, ecc.

Per poter supportare un'analisi architettonica completa ed efficace bisogna affrontare e tentare di dare risposte alle due problematiche che seguono:

- come descrivere un edificio attraverso il suo modello tridimensionale e come strutturare quest'ultimo;
- quali tipi di query, o analisi topologiche, potrebbero essere poste, o effettuate, sulle tre dimensioni.

5.2 Dal modello 3D alla descrizione dell'architettura

In questo contesto la descrizione dell'edificio viene effettuata attraverso un modello tridimensionale, spiegato poi semanticamente nell'AIS, ovvero, ogni parte componente deve poter essere riconoscibile come elemento architettonico e come tale denominata e descritta.

Purtroppo non è possibile rispondere in maniera univoca alla prima domanda perché la modalità di descrizione di un manufatto architettonico cambia in base a diversi fattori, tra questi fondamentali sono la scala di rappresentazione, ma anche la tipologia di edificio, la storia delle trasformazioni, come pure il contesto urbano, ecc.

Il livello di dettaglio dei modelli e le scomposizioni nelle varie componenti architettoniche inevitabilmente dipendono dalla scala di rappresentazione. Volendo effettuare uno studio che va dal generale, con l'urbano, al particolare, con l'architettonico, le scale di rappresentazione andranno da quelle a grandi denominatori, fino a quelle generalmente utilizzate per la rappresentazione dei particolari.

Una delle possibili analisi di un edificio prevede lo studio dell'attacco a terra, l'elevazione e la copertura² perché pressoché ogni edificio è dotato di questi elementi. Sappiamo però quanti esempi esistono nella realtà per ciascuno di questi tre elementi e quanto grandi siano le differenze tra loro.

Spesso è difficile trovare un modello di descrizione comune a due corpi che hanno la stessa definizione (una chiesa romanica, una gotica e una contemporanea hanno solo

pochi caratteri in comune e teorizzare un modello pressoché uguale per tutte le chiese è probabilmente impossibile).

Ulteriori complicazioni si hanno quando si devono descrivere edifici di diversa natura, epoche e forme diverse come quelli del caso studio.

Nel caso specifico, dato che l'obiettivo principale è quello di descrivere la piazza, l'attenzione è stata focalizzata prevalentemente sulla descrizione delle facciate degli edifici che vi affacciano.

Bisogna dire ancora che non può essere la stessa cosa descrivere un corpo isolato da uno inserito in un contesto urbano, in quest'ultimo caso è stato necessario trovare dei livelli aggregativi per passare dalla descrizione della porzione urbana al singolo particolare senza compiere un vertiginoso salto di scala. I passaggi sono stati risolti partendo da un elemento urbano "piazza", perimetrato da isolati, ogni isolato è costituito da uno o più edifici, ogni edificio è scomponibile in copertura, elevazione e attacco a terra, e in ognuno dei tre casi si può arrivare a descrivere il singolo elemento architettonico.

Per poter teorizzare delle analisi topologiche però una plausibile scomposizione descrittiva non basta, sono necessarie almeno altre considerazioni di tipo geometrico. Dovendo restringere il campo di analisi, e stabilito che il punto di partenza per l'analisi urbano-architettonica è la piazza in quanto probabile elemento di congiunzione delle due scale, l'obiettivo è quello di proporre analisi sugli edifici che ne costituiscono il perimetro.

Sono dunque stati realizzati più modelli tridimensionali: modelli che costituiscono gli isolati del perimetro della piazza (ogni modello è costituito da un singolo elemento a basso livello di dettaglio), solo due degli edifici sono stati modellati nel dettaglio e solo uno è stato inserito in Nubes scomposto in più parti descritte semanticamente al fine di poter sperimentali su di esso delle query spaziali. L'edificio in questione è quello più a sud tra i due palazzi rinascimentali che costituiscono il perimetro est di Piazza del Popolo e gli elementi inseriti nell'AIS sono: blocco abitativo, facciata, modanature e marcapiani, finestre, colonne, volte e archi.

L'edificio è stato scelto in quanto presenta una serie di caratteristiche interessanti: è contemporaneamente un'emergenza (per il lato che affaccia verso la piazza) e un comune edificio abitativo, è considerabile un isolato perché

costituito da più unità edilizie, l'apparente modularità della sua facciata viene immediatamente smentita dalle prime misurazioni in quanto quasi ogni campata è diversa dall'altra per ampiezza e di conseguenza, per mantenere costante l'altezza delle imposte e per colmare la pendenza della pavimentazione, ogni colonna ha altezza differente rispetto alle altre, inoltre le finestre ed i merli sono raramente allineati con gli archi sottostanti³.

5.3 Interrogazioni e analisi topologiche

Su una facciata come quella in questione, o più in generale su un qualsiasi edificio, ci sono una serie di possibili interrogazioni che coinvolgono geometria e topologia dei diversi elementi, le cui risposte sarebbero sicuramente molto utili per capire la natura dell'edificio ed il suo eventuale comportamento anche in situazioni eccezionali o critiche.

Si è proceduto dunque a formulare possibili interrogazioni, alcune sperimentate attraverso il sistema ibrido (HS) realizzato, altre solamente teorizzate, che riguardano l'aggregazione verticale, l'aggregazione orizzontale, la gerarchia, le informazioni geometriche più o meno complesse, i pieni e i vuoti, l'inclinazione del piano d'appoggio.

Aggregazione verticale

Per aggregazione verticale si intende la possibilità di verificare se due elementi sono o meno allineati rispetto ad un asse verticale. Dal punto di vista geometrico ed informatico provare che due elementi sono allineati significa conoscere il baricentro di entrambi e, stabilito un sistema di riferimento, verificare se i due baricentri hanno una coordinata in comune. Nell'immagine successiva è possibile vedere che la finestra e la campata non sono allineate perché le due coordinate x_1 e x_2 non coincidono.

Aggregazione orizzontale

L'aggregazione orizzontale si riferisce ai rapporti topologici che intercorrono tra elementi rispetto ad un asse orizzontale. Come per l'aggregazione verticale, è possibile verificare l'allineamento di due elementi rispetto ad un asse conoscendo le coordinate del baricentro e verificando che

le due coordinate abbiano lo stesso valore.

Gerarchia

I rapporti gerarchici riguardano l'individuazione di livelli aggregativi, ovvero quelle sovrastrutture utili a capire appunto i rapporti gerarchici tra i vari elementi architettonici. Un livello minimo aggregativo può essere quello che intercorre tra i vari elementi che costituiscono, ad esempio, una colonna (capitello, fusto e base), ma di livello aggregativo possiamo parlare anche per scale maggiori (più unità edilizie costituiscono un isolato, più isolati una città). Nel software utilizzato ed esempio, Nubes, la gerarchia viene esplicitata attraverso la costruzione di grafi tridimensionali che connettono i vari elementi e la scrittura di un albero delle relazioni dal quale è possibile leggere il nome di un gruppo e gli elementi che vi appartengono.

Informazioni geometriche

Come già detto, le query topologiche riguardano le analisi fatte a partire dalla geometria degli elementi. Considerando che il modello tridimensionale può restituire la vera forma degli oggetti e che Nubes consente di effettuare su di essi delle misurazioni, è interessante sfruttare quest'ultima caratteristica immagazzinando nel database i dati rilevati e utilizzarli per operazioni di confronto tra vari oggetti.

Pieni e vuoti

Altra analisi topologica complessa è quella che riguarda i pieni e i vuoti. Quanta parete di un certo edificio è piena e quanta vuota? Dove si trova l'ingresso principale, ovvero, probabilmente, il vuoto più grande? Analisi topologica che nelle due dimensioni è già possibile effettuare.

Piano d'appoggio

Un'altra informazione che potrebbe derivare da analisi sui modelli tridimensionali, sicuramente molto utile e interessante, è quella relativa al piano d'appoggio di un edificio. Se il modello 3D è molto grande e se nell'AIS viene inserito anche un modello digitale del terreno, non è affatto facile stimare se il piano d'appoggio di un edificio è continuo, oppure presenta dei dislivelli, e sappiamo che se il dislivello tra i vari punti di un piano d'appoggio supera i due metri il comportamento dell'edificio cambia se sottoposto a sollecitazioni eccezionali come ad esempio

un sisma.

Alla luce delle considerazioni fatte, che riguardano sostanzialmente lo sforzo di immaginare query utili da effettuare in ambiente 3D, è possibile affermare che una delle ragioni che hanno influito nella scelta di Nubes come AIS integrabile ad un Web GIS è che questo sistema facilita la sperimentazione di alcune delle analisi precedentemente supposte in quanto esso consente alcune operazioni interessanti come effettuare misurazioni e immagazzinare le misure risultanti in una delle tabelle del suo database, nonché la creazione di grafi 3D per fissare la gerarchia tra i vari modelli importati.

Solo alcune delle analisi effettuabili sullo spazio tridimensionale tramite dei modelli sono state sperimentate e sulla base di esse è stato impostato l'intero lavoro di modellizzazione, la scomposizione 3D e l'intera impostazione del progetto in Nubes.

Come già anticipato, nella piattaforma sono state caricate tre differenti scene, a scala diversa, sulle quali sperimentare alcune interrogazioni.

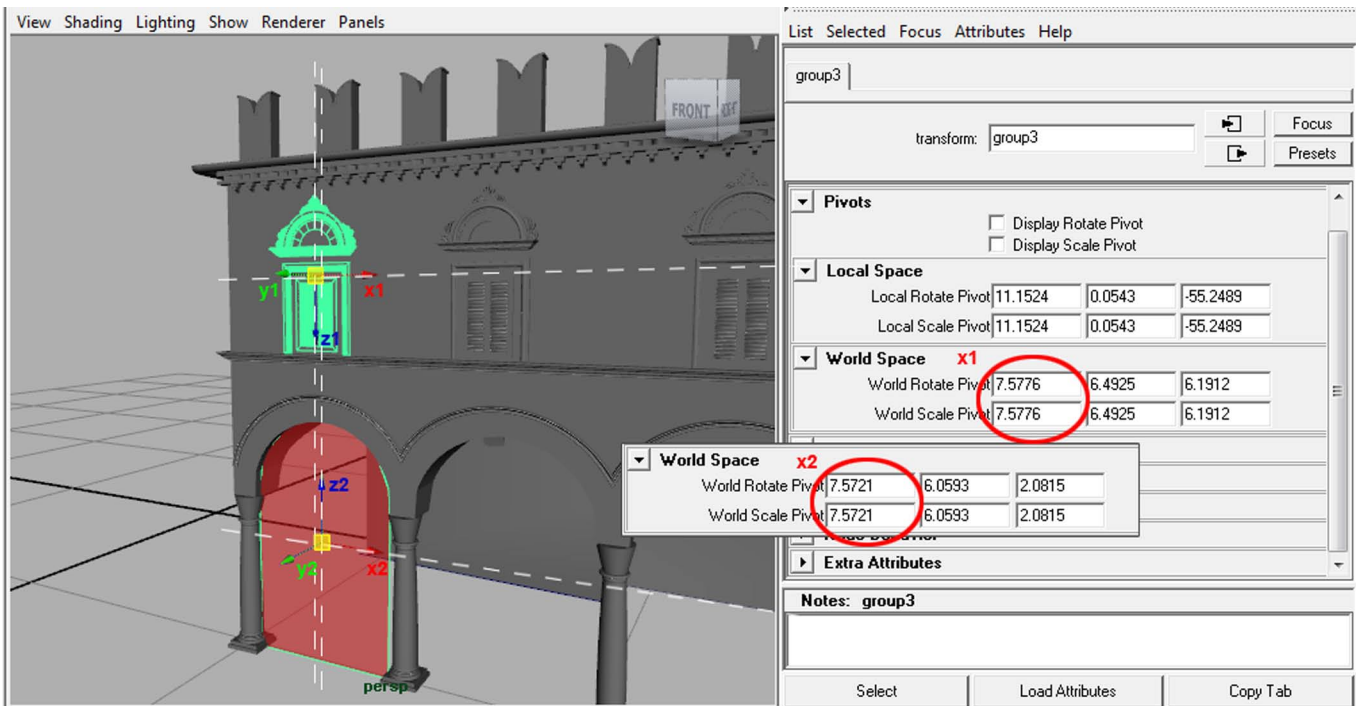
Il primo punto di vista è stato usato per inquadrare la piazza nel suo insieme, per vedere il primo gruppo gerarchico (più edifici intorno ad un vuoto urbano disposti a caratterizzarlo come piazza) e per connettere i due sistemi informativi.

Nella seconda scena invece, quella relativa ad un solo edificio scomposto in più parti, è stato possibile testare le query topologiche relative all'allineamento di diversi elementi.

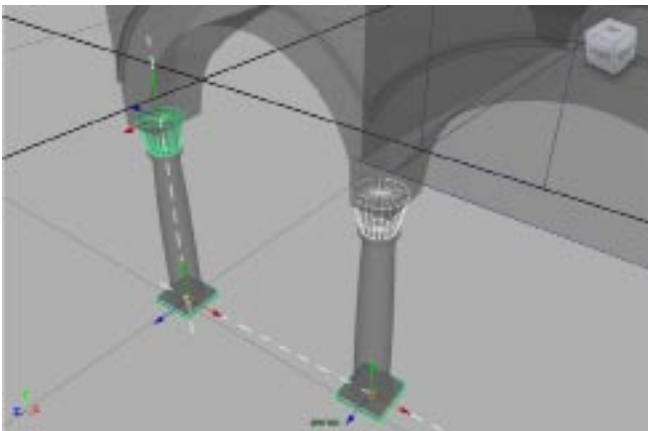
Nell'ultima, bays, è stato sperimentato il confronto dimensionale tra due campate.

Le interrogazioni vengono poste attraverso il query editor posizionato in basso a destra dell'interfaccia e da esso è possibile anche visualizzare le risposte.

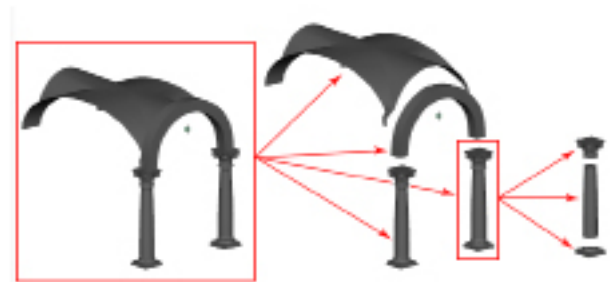
Questa fascia è stata divisa in due finestre accessibili cliccando rispettivamente su *Hierarchie* e *Recherche*. *Hierarchie* (gerarchia), consente di leggere la struttura gerarchica dell'oggetto interrogato. In *Recherche* (ricerca) è possibile porre alcune query spaziali in modo semplice perché l'utilizzo del sistema è previsto per qualsiasi tipo di utente.



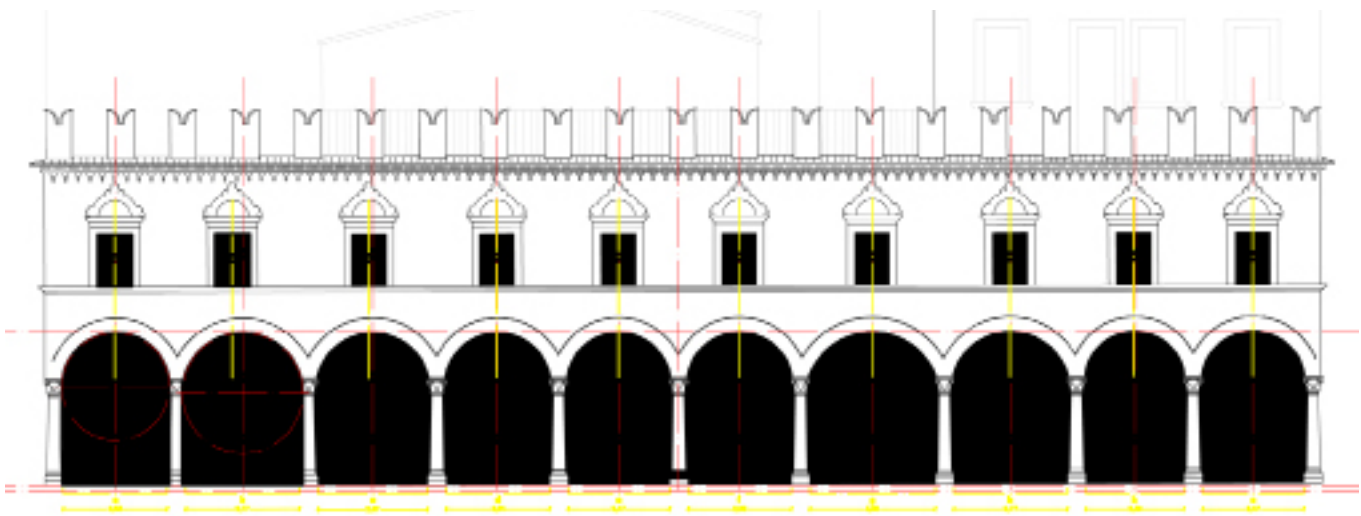
9/ Verifica dell'allineamento di due elementi in Maya. La finestra e le sue modanature sono un unico oggetto con un baricentro comune. A riempimento dello vuoto della campata è stato realizzato un piano in modo da poterne individuare un baricentro. Se i due elementi fossero allineati il valore di una coordinata dei due baricentri sarebbe lo stesso per entrambi.



10/ Studio sulle possibilità di calcolo dell'ampiezza della campata attraverso volumi, superfici e loro baricentri.



11/ Esempio di scomposizione gerarchica: la campata è costituita da una volta, un arco e due colonne. Ogni singola colonna è costituita a sua volta da un capitello, un fusto e una base.



12/ Studio degli allineamenti e delle dimensioni delle bucatore nella facciata del palazzetto rinascimentale della piazza preso ad esmpio.

5.3.1 Aggregazione verticale: allineamento delle aperture

Come già descritto in uno dei capitoli precedenti ed approfondito nell'allegato A, ogni elemento 3D viene caricato in Nubes come rappresentazione di un elemento puntuale vettoriale, dotato di x , y e z , chiamato entità.

Per verificare l'allineamento tra due oggetti può essere sufficiente verificare se la coordinata interessata di uno coincide con quella dell'altro. In questo caso, per tale verifica, è possibile sfruttare proprio l'entità baricentro dell'oggetto 3D, della quale si conoscono le tre coordinate perché specificate in fase di inserimento.

Tecnicamente inserire un'entità in Nubes significa scrivere una riga in una specifica tabella del suo database. Ogni dato viene scritto nell'apposito campo, quindi la query è formulata in modo tale che l'utente può scegliere quale coordinata confrontare e lo script non fa altro che andare a cercare le risposte nella tabella e nei record opportuni.

Il query editor semplifica l'operazione per l'utente, il quale deve solamente scegliere dai due menù a tendina quali elementi confrontare e rispetto a quale coordinata (x , y , o z).

Il query editor risponde scrivendo tutte le tre coordinate dei due elementi selezionati ed evidenziando le due richieste.

Ovviamente se i due oggetti non sono allineati le due coordinate saranno diverse.

Le immagini seguenti sono relative alla verifica dell'allineamento di due aperture in facciata.

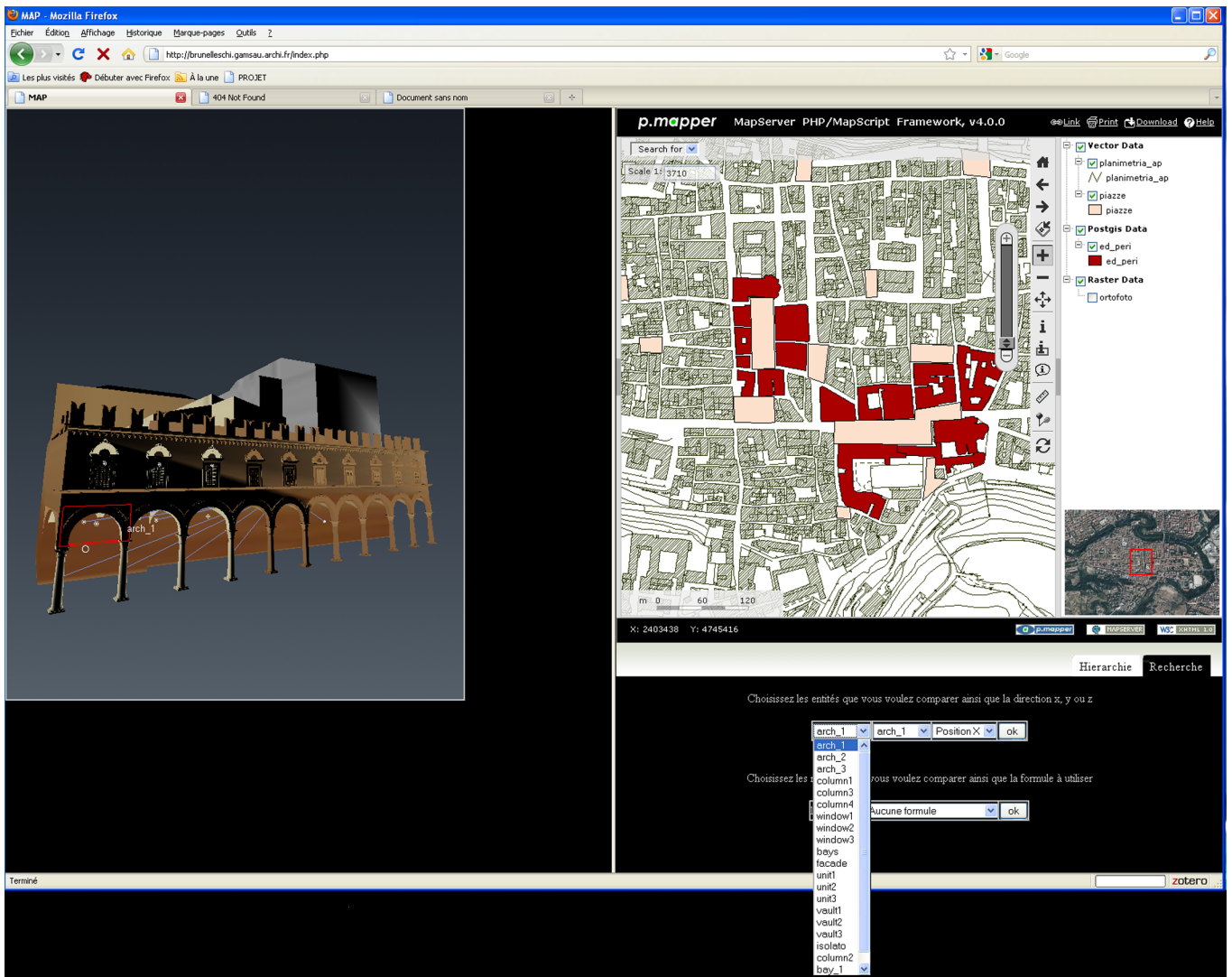
Si vuole verificare che il primo arco (arc1) e la prima finestra (window1) siano allineati rispetto alla coordinata z .

Dal menù a tendina si scelgono gli elementi e le coordinate da confrontare.

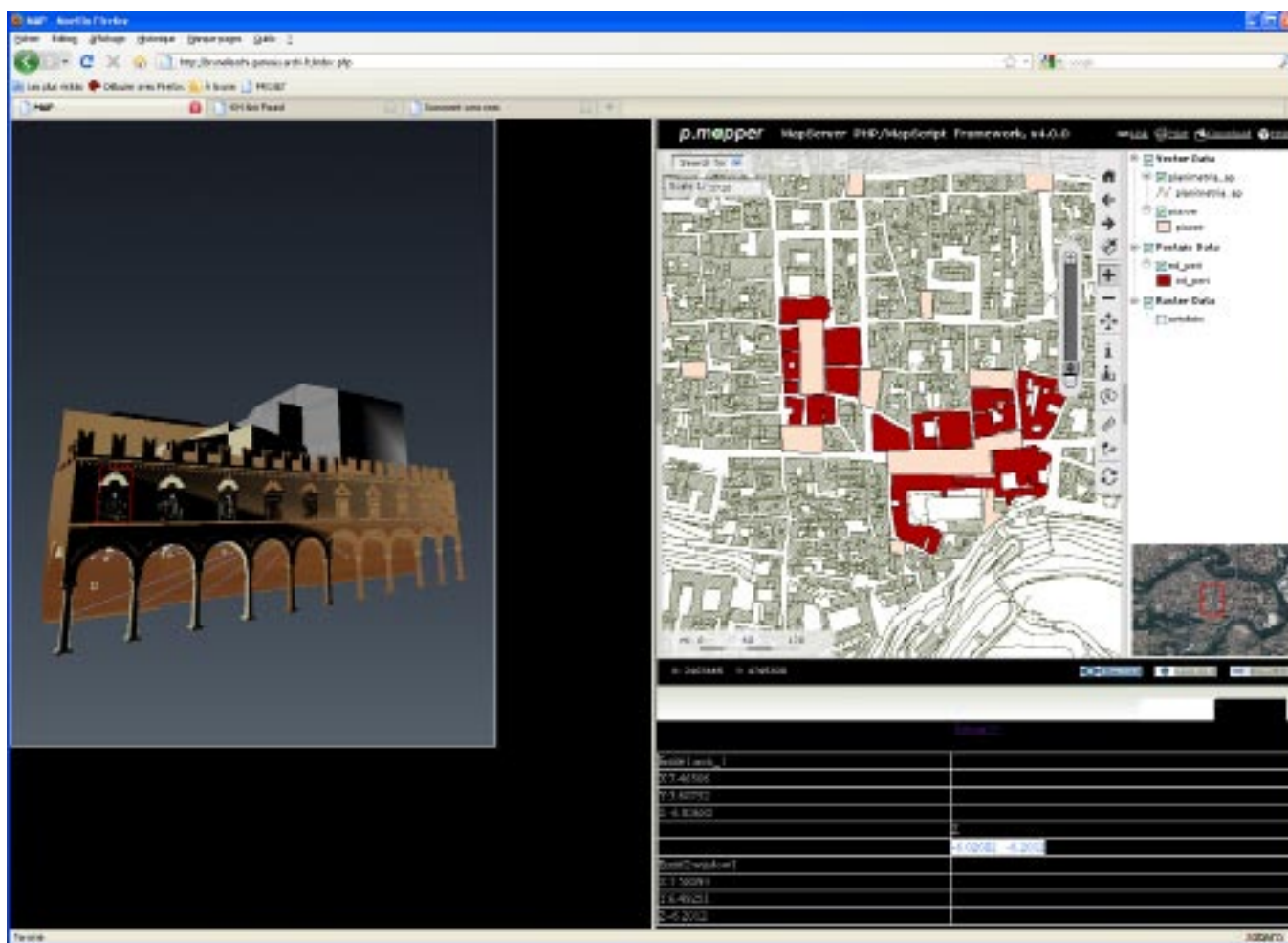
Il sistema, in una nuova schermata, affigge il risultato. Sono leggibili le coordinate del baricentro di entrambi gli elementi e a destra il confronto tra le due coordinate esplicitamente richieste.

Essendo esse diverse è evidente che i due elementi non sono allineati.

Ovviamente la verifica può riferirsi a ciascuno dei tre assi cartesiani ed effettuata su ciascun elemento 3D inserito.



13/ Attivando il point of view `building_test_1` è possibile visualizzare il modello del palazzo rinascimentale caricato in Nubes. Questo è stato usato per sperimentare una tipologia di analisi spaziale, ovvero l'allineamento tra vari elementi. Dalla finestra Recherche del query editor è possibile scegliere, tramite un menu a tendina, i due elementi da confrontare e rispetto a quali assi farlo. Effettuate le scelte si clicca su ok.



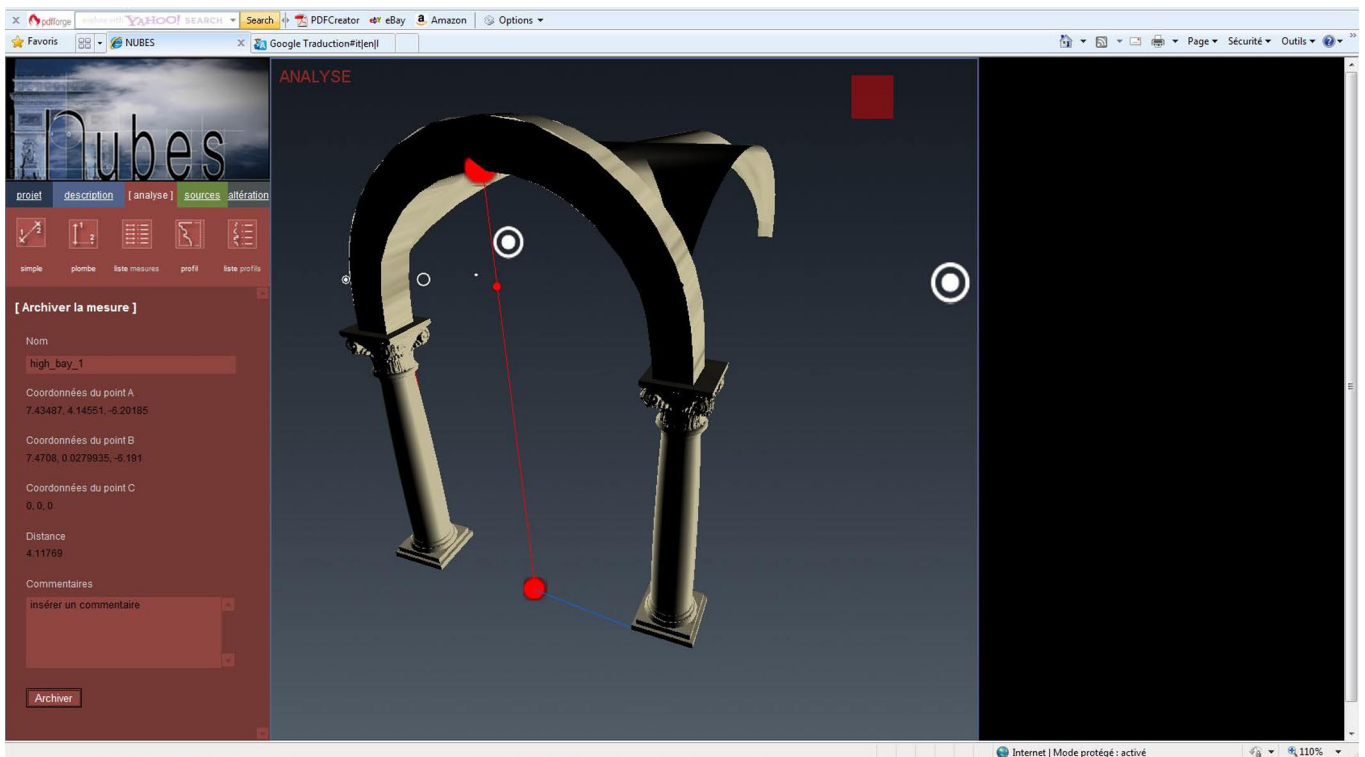
14/ Il query editor risponde mostrando le coordinate x, y e z di entrambi gli elementi scelti e mettendo in evidenza, a destra della stessa finestra, i due valori richiesti facilitandone il confronto.

5.3.2 Aggregazione orizzontale: confronto

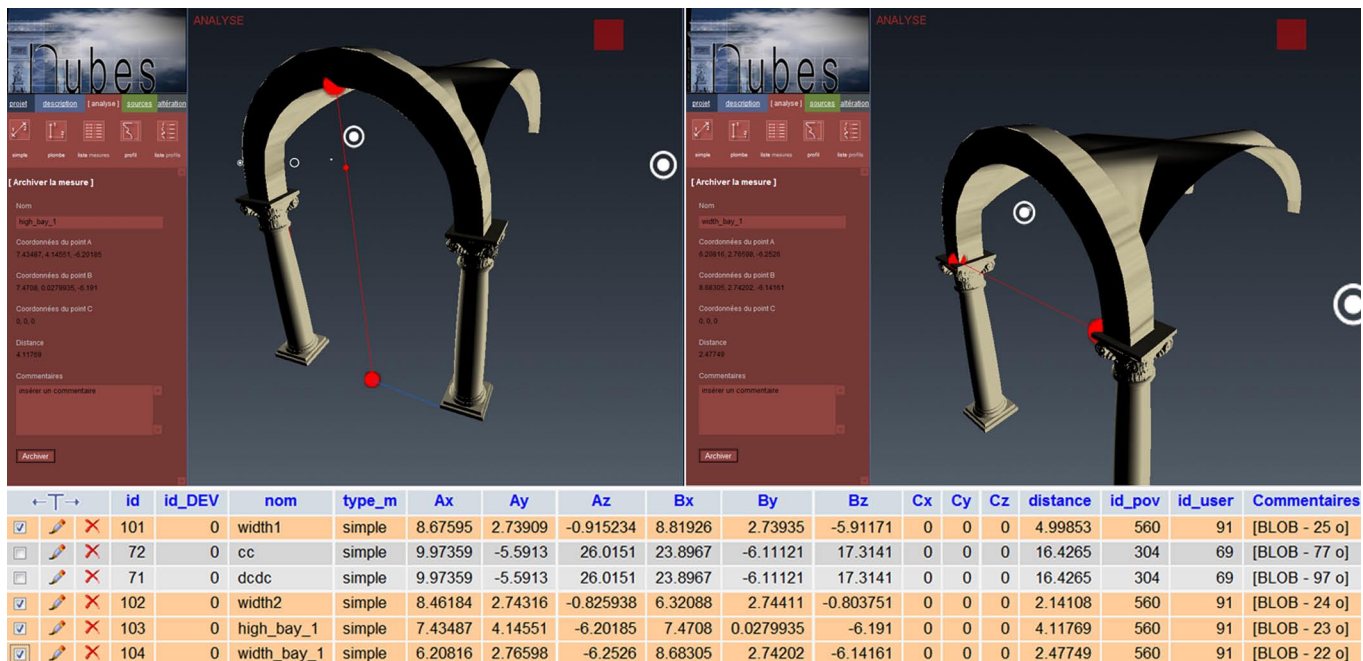
Per poter confrontare l'ampiezza di due campate si è sfruttata un'altra caratteristica di Nubes, ovvero la capacità di misurare elementi sulle tre dimensioni e di immagazzinare i risultati come dati numerici in una delle tabelle del suo database.

Per questa prova è stato utilizzato l'ultimo punto di vista, *Bays* (campate) perché il tentativo è stato quello di confrontare l'ampiezza di due campate adiacenti.

Le immagini che seguiranno mostreranno una prima fase di misurazione in Nubes (nello specifico la larghezza e l'altezza di una campata).



15/ In Nubes, nella sezione analyse, è possibile condurre cinque operazioni di analisi accessibili attraverso le cinque icone in alto a sinistra: simple (consente di effettuare una misurazione semplice tra due punti); plombe (misurazione a piombo tra due elementi); liste mesures (consente di visualizzare tutte le misurazioni effettuate se nominate e salvate); profile (permette di estrarre profili dagli elementi 3D importati nell'applicazione); liste profils (per visualizzare i profili estratti nominati e salvati). L'immagine mostra la misurazione a piombo tra la chiave dell'arco e la base della colonna.



16/17/18/ Le due immagini in alto mostrano la procedura di misurazione e salvataggio delle misure acquisite. La tabella in basso è quella del database di Nubes nella quale i dati metrici vengono immagazzinati.

Nell'area di Nubes chiamata *analyse* è possibile scegliere tra due tipologie di misurazione: semplice o a piombo.

Alla fine del processi di misurazione è possibile nominare e salvare, ovvero registrare in una tabella del database dell'applicazione, la misura estratta.

L'idea è stata quella di effettuare delle misurazioni relativamente alle campate, registrarle e poi scrivere un comando tale che lo script possa estrarre le misure dal database di Nubes, rielaborarle come indicato in una specifica formula matematica e affiggere il risultato nell'apposito spazio del query editor della nuova interfaccia ibrida.

Sono state misurate altezze e ampiezze di due campate ed è stata scritta una formula per calcolare da tali dati l'area di ciascuna campata. Il confronto dei due dati mostra se le due campate sono uguali o no.

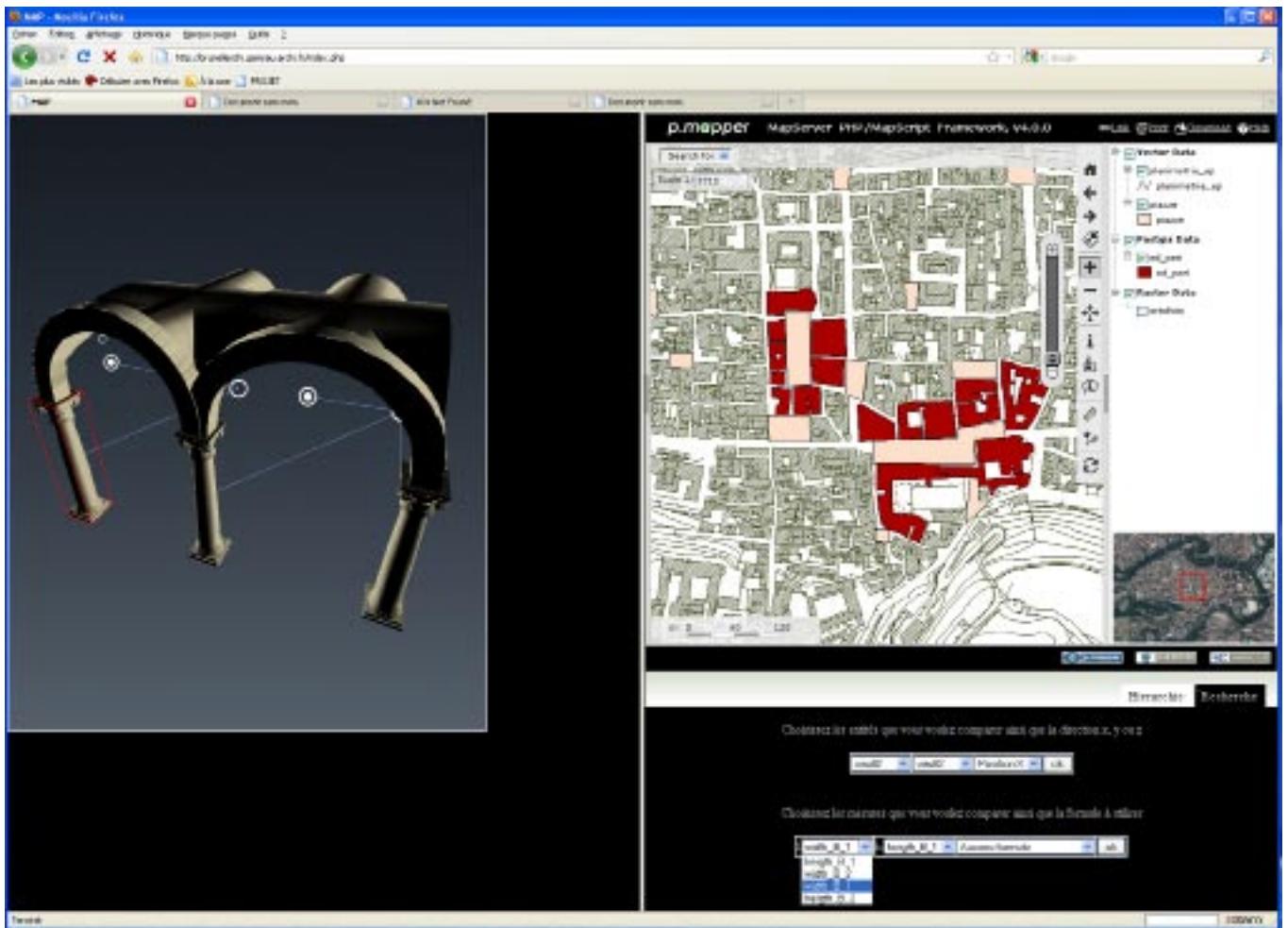
La richiesta avviene sempre attraverso il query editor e dal menù a tendina si possono scegliere le misure che si vogliono utilizzare e la formula con la quale fare il calcolo.

A seguito delle scelte l'interfaccia mostrerà il risultato del primo calcolo.

Ripetendo il procedimento si può calcolare l'area della seconda campata e successivamente confrontare i due risultati ottenuti.

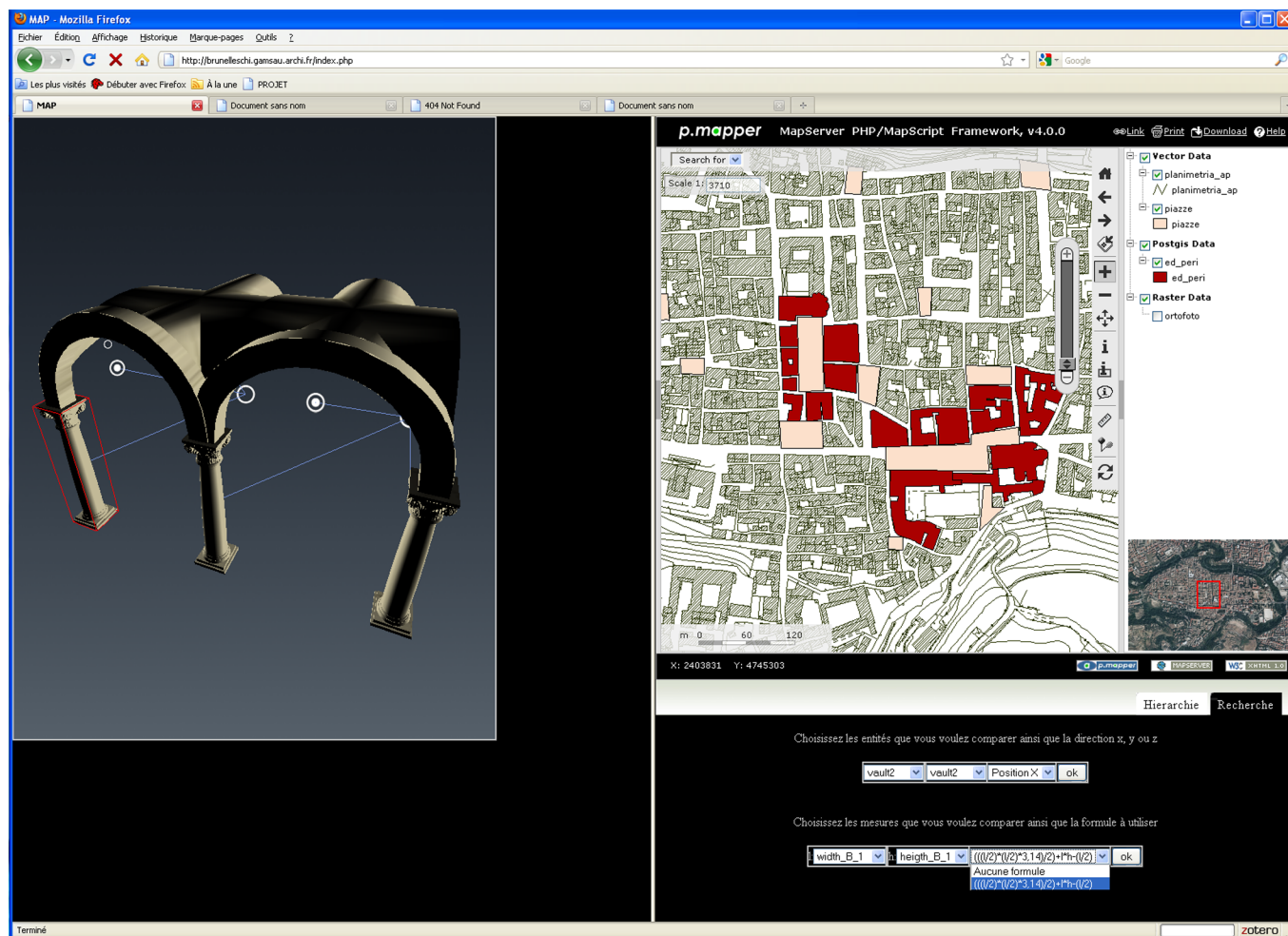
Nella formula inserita, $((l/2)*(l/2)*3,14)/2 + (l*h-(l/2))$, l sta per larghezza, h per altezza e $((l/2)*(l/2)*3,14)/2$ è il calcolo necessario ad individuare l'area della semicirconferenza che identifica l'arco, valore che va sommato all'area della parte sottostante della campata $(l*h-(l/2))$, ovvero la larghezza della campata moltiplicata per l'altezza, alla quale deve essere sottratta l'altezza del semicerchio.

Le immagini che seguono mostrano la sequenza delle operazioni da compiere nella nuova interfaccia per interrogare il sistema relativamente al confronto dimensionale tra due campate.

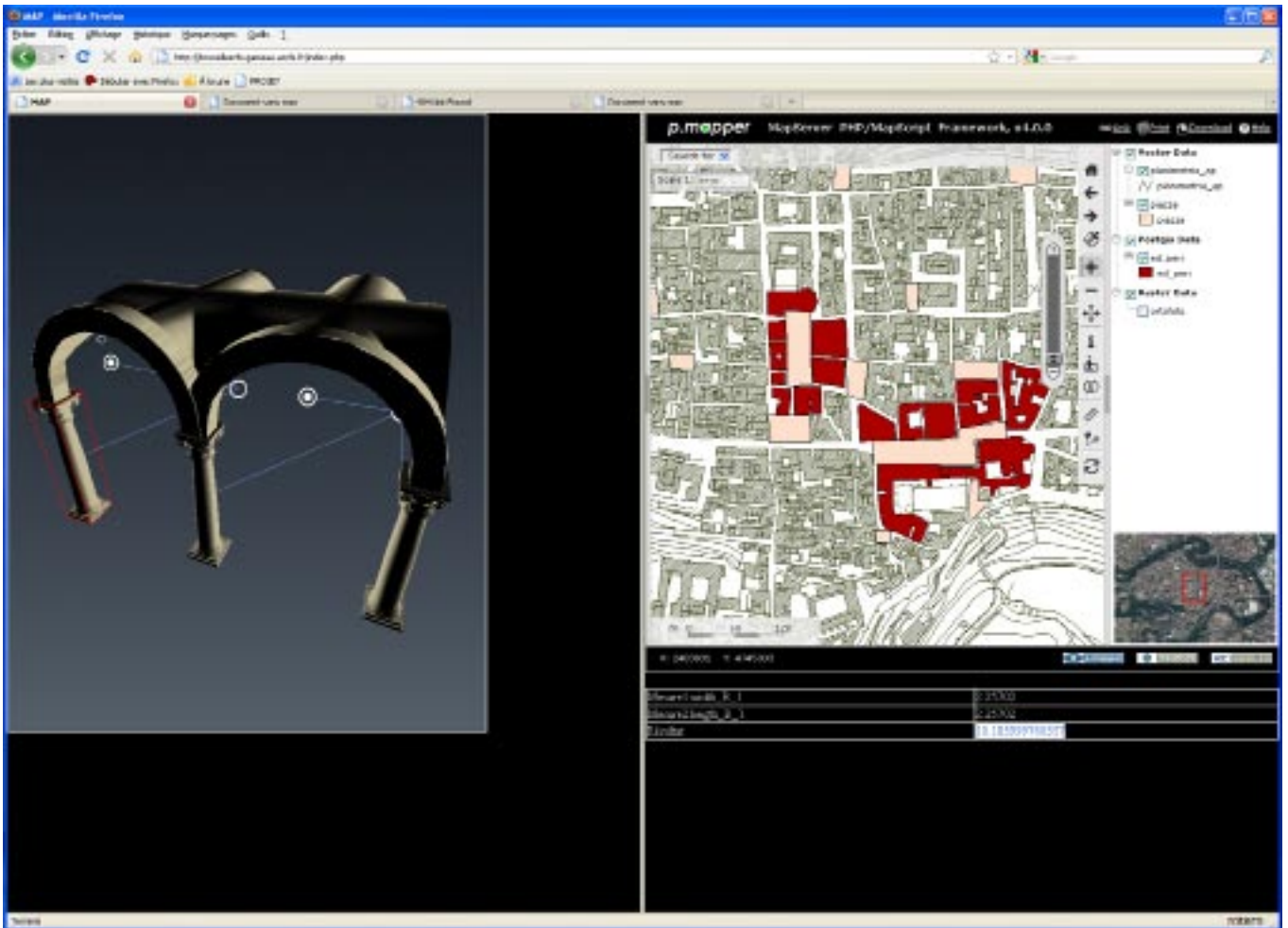


19/ Nella nuova interfaccia, attraverso il query editor, è possibile realizzare il confronto dimensionale tra diversi elementi. In questo caso si è sperimentato il confronto tra due campate. Il primo passo da compiere è quello di calcolare l'area delle due campate utilizzando le distanze precedentemente misurate in Nubes.

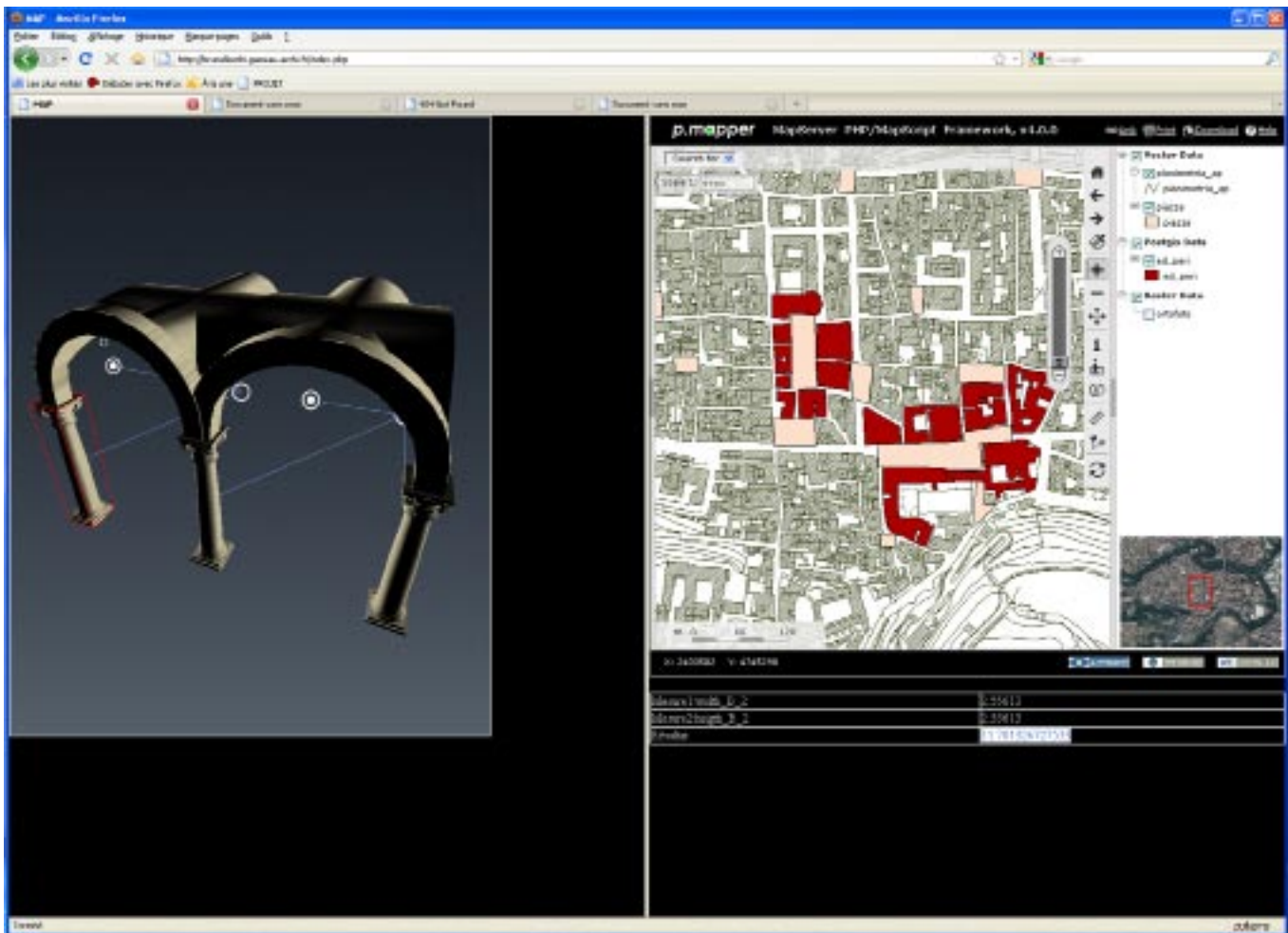
Dal primo menu a tendina si è scelto di usare le misure immagazzinate nel database con il nome larghezza B_1 che corrisponde alla larghezza della campata. Dal secondo menu viene selezionata l'altezza della stessa.



20/ Dal terzo menu a tendina è possibile scegliere la formula matematica inserita al fine di calcolare l'ampiezza della campata a partire dalle due misure precedentemente selezionate.



21/ La risposta alla query è alfanumerica. L'interfaccia mostra due valori selezionati e il risultato dell'operazione, che va confrontato con il valore risultante dallo stesso calcolo effettuato però con i valori di larghezza e altezza della campata contigua.



22/ Il risultato ottenuto dalla seconda operazione è diverso da quello della prima. L'ovvia considerazione deducibile è che le due campate hanno ampiezze diverse.

Riguardo all'estrazione di misure al momento alcuna funzione di strutturazione di parametri dimensionali è stata implementata in Nubes, ma questo lavoro ne dimostra l'interesse e le potenzialità.

È possibile immaginare per il futuro lo sviluppo di pacchetti di dati dimensionali prestrutturati e direttamente integrati alle entità geometriche, anche in funzione di tipologie di elementi specifici (archi, colonne, ecc.).

D'altronde, lo sviluppo di procedure di estrazione automatiche o semi-automatiche è qualcosa di completamente realistico da un punto di vista informatico tramite l'uso di operatori geometrici opportunamente configurati.

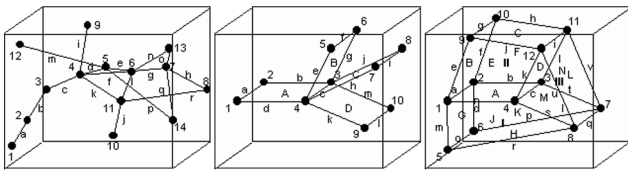
5.4 Rapporti gerarchici e grafi topologici

Tra le tante applicazioni nelle quali vengono impiegati i concetti base della topologia c'è la teoria dei grafi.

Molto è il materiale reperibile in letteratura, articoli⁴ e tesi di laurea riguardanti ricerche finalizzate a risolvere il problema della realizzazione di 3D GIS tramite lo sviluppo della topologia 3D attraverso grafi.

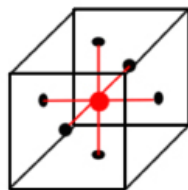
Il principio della maggior parte di queste ricerche è quello di avere una serie di nodi nello spazio tridimensionale connessi tra loro. A ciascun nodo corrisponde una superficie o un volume e grazie al grafo 3D i diversi elementi geometrici sono legati secondo relazioni topologiche.

Le strutture finora proposte sono essenzialmente di due tipi: in una i nodi sono agli angoli dell'elemento geometrico e gli archi del grafo costituiscono gli spigoli, nell'altra i nodi identificano il baricentro delle facce che sono tenute insieme da un nodo centrale⁵.



23/ Prima tipologia di struttura proposta: i modelli sono agli angoli dell'elemento geometrico e gli archi costituiscono gli spigoli. (Immagine tratta dalla pagina http://www.gisurb.it/doctrina/gcav/docs/dgcavj96-ITA-dst.html#La_Topologia_nei_GIS).

Quest'ultima soluzione è quella proposta dagli sviluppatori di Grass⁶ (uno dei software GIS free e open source più sviluppati) per implementare le performance 3D del software. Un volume in Grass è composto da aree, un'area è una boundary (perimetro chiuso) con all'interno un centroide, il nodo centrale che tiene insieme i diversi centroidi è chiamato kernel.



24/ Seconda tipologia di struttura proposta: i nodi identificano il baricentro delle facce che sono tenute insieme da un nodo centrale.

In Nubes la strutturazione dei 3D, pur assomigliando alle tipologie appena descritte, si propone come ulteriore alternativa.

Come già detto i modelli 3D sono inseriti in Nubes come rappresentazione grafica di entità (entities), ovvero punti vettoriali posizionati nello spazio sulla base delle coordinate x , y e z ⁷. Tali coordinate sono esattamente quelle del baricentro dell'oggetto 3D.

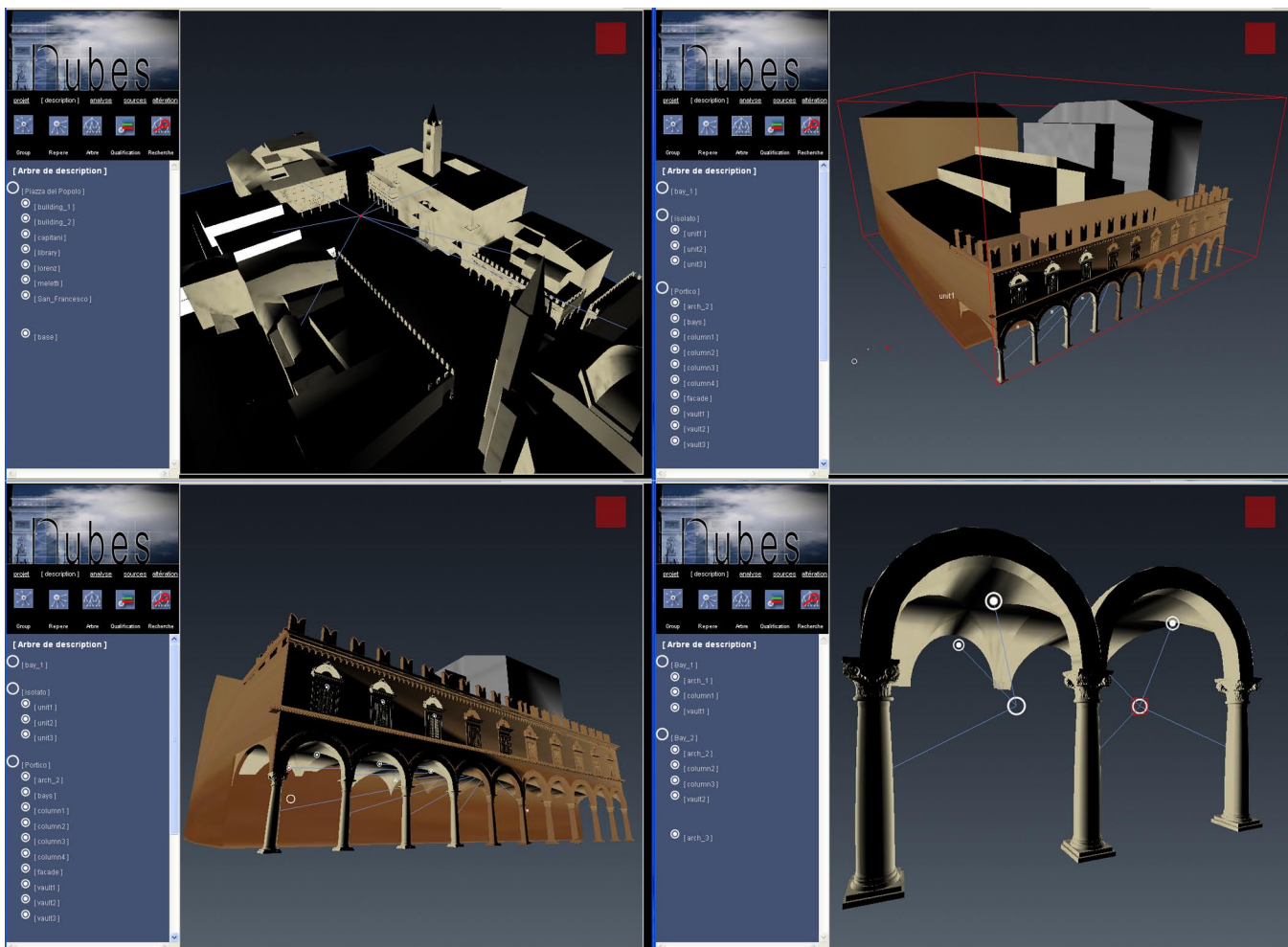
Partendo proprio dalla selezione di più oggetti tridimensionali Nubes consente di creare gruppi gerarchici e ne consente la visualizzazione sotto forma di grafo 3D.

Ogni gruppo può essere denominato e l'albero gerarchico, con scritto il nome del gruppo e l'elenco degli elementi che ne fanno parte, è visualizzabile nella finestra di sinistra dell'applicazione.

Nella scena 3D invece viene creato un grafo tridimensionale tramite la materializzazione di nuovo elemento, rappresentato da un cerchio, equidistante dagli elementi indicati come componenti del gruppo, dal quale partono linee vettoriali che lo collegano alle entità facenti parte del gruppo stesso (ovvero i baricentri delle rappresentazioni 3D).

In tal modo è possibile strutturare delle gerarchie e visualizzarle attraverso grafi 3D.

Nelle immagini che seguono è possibile vedere qualche esempio di strutturazione gerarchica.



25/ a: struttura gerarchica della piazza, ovvero spazio costituito da tutti gli edifici che vi si affacciano.

b e c: scomposizione gerarchica riguardante le parti di uno degli edifici inseriti, che in questo caso possiamo considerare come un isolato in quanto costituito da 3 singole unità edilizie.

d: strutturazione gerarchica di quello che in questo contesto è il livello minimo aggregativo, ovvero la campata, costituita da due colonne, un arco ed una volta.

5.4.1 Interrogazioni sulla gerarchia

I rapporti gerarchici tra vari elementi architettonici sono un altro modo di esplicitare una certa relazione topologica.

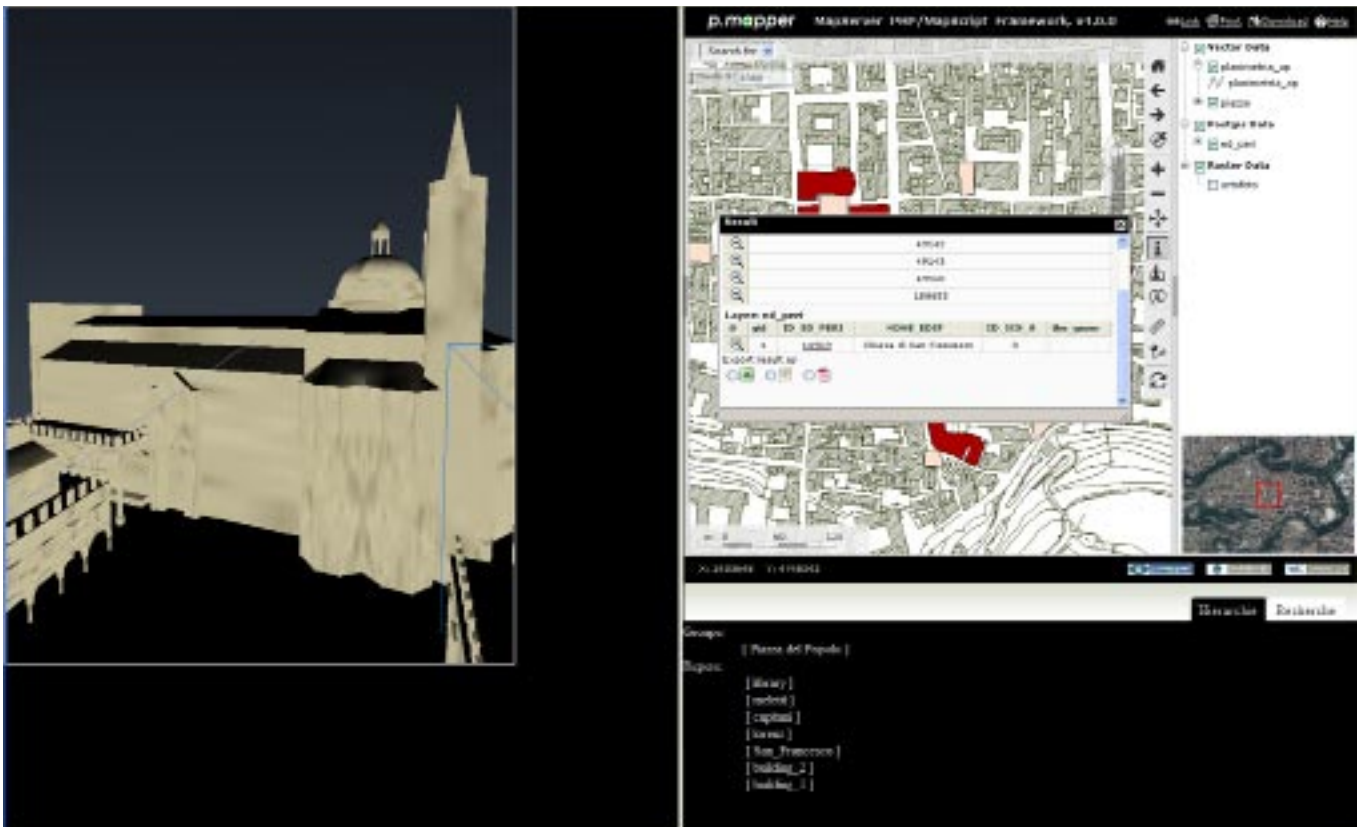
In realtà la strutturazione gerarchica, che deve essere progettata prima della fase di realizzazione del modello 3D, viene poi esplicitata in Nubes e visualizzata grazie ai grafi tridimensionali già citati.

Nell'ambito del primo periodo di stage svolto nel laboratorio di Marsiglia si è lavorato proprio sulle possibilità di descrivere le relazioni gerarchiche dei complessi architettonici tramite grafi. Il lavoro, meglio descritto nell'allegato B, parte dalla persuasione che tramite grafi, descrizioni semantiche, tesauri e tassonomie, sia possibile descrivere un oggetto architettonico in tutte le sue parti.

Oltre ai grafi tridimensionali che Nubes consente di creare,

si è progettata una struttura informatica tale per cui, sulla base della descrizione semantica fatta dell'oggetto, è possibile creare automaticamente un grafo bidimensionale interattivo. Il lavoro, cominciato con la descrizione di Château Comtal in Carcassonne⁸, è stato portato avanti nell'ambito di un'altra tesi di dottorato mostrando addirittura la valenza della descrizione su un'architettura tanto complessa come il Beaubourg di Parigi⁹.

Quindi, per non rinunciare alla descrizione architettonica tramite grafi, in fase di connessione dei due sistemi, Web GIS e Nubes, è stata inserita nella nuova interfaccia ibrida una finestra denominata Hierarchie che consente di visualizzare la struttura gerarchica degli elementi della scena non solo selezionando un modello tridimensionale, ma anche cliccando sugli stessi elementi inseriti nel Web GIS.



26/ Il query editor è costituito da due finestre accessibili tramite un menu a tendina. La finestra Hierarchie consente di visualizzare la gerarchia di appartenenza di un elemento selezionato o tramite il Web GIS o direttamente dal modello tridimensionale. Sotto Groupe il nome del gruppo di appartenenza, sotto Reper tutti gli elementi che lo costituiscono, compreso quello selezionato.

Note

1. Piazza del Popolo di Ascoli Piceno.
2. Struttura descrittiva utilizzata anche dall'ICCD per la catalogazione dei Beni Architettonici.
3. "Le finestre ed i merli sono raramente allineati con gli archi sottostanti". Per il caso specifico, come per gli altri due edifici del tutto simili che si trovano sulla piazza, questa incongruenza deriva dal fatto che il palazzo non fu fabbricato come un corpo unitario, ma prima venne costruito il colonnato, terminato nel 1509 circa, poi si dette a ciascun proprietario la possibilità di sopraelevare con il solo vincolo di inserire in facciata la stessa tipologia di finestra "riquadrate con timpani tondi e decorazioni a palmette" e solo in un secondo momento vennero aggiunti i merli ghibellini.
4. 3D Scene Comparison using Topological Graphs, L. Paraboschi and S. Biasotti and B. Falciديو.
5. http://www.gisurb.it/doctrina/gcav/docs/dgcavj96-ITA-dst.html#La_Topologia_nei_GIS.
6. <http://grass.fbk.eu/>.
7. Nell'allegato A è descritta l'intera procedura, dalla modellazione 3D all'inserimento dei modelli in Nubes.
8. Nell'allegato B è riportata la relazione redatta al termine del primo periodo di stage effettuato nel laboratorio UMR 3495 CNRS/MCC MAP-Gamsau di Marsiglia, relativa all'utilizzo dei grafi nei sistemi informativi per l'architettura.
9. Luigi Valentino Losciale, Dottorato di Ricerca dell'Università di Pescara, ha portato avanti, durante un periodo di stage prima e per la sua tesi di dottorato poi, un lavoro intorno ai grafi ed alla loro possibilità di descrivere le relazioni che intercorrono tra le varie parti che compongono un elemento architettonico.

6. Conclusioni

La ricerca è stata condotta al fine di indagare le possibilità di sviluppo dei sistemi informativi geografici in direzione della visualizzazione e dell'analisi dello spazio tridimensionale, nonché della diffusione delle informazioni attraverso sistemi accessibili e gestibili tramite il Web.

A tal scopo è stata teorizzata la possibilità di integrare due sistemi, i GIS, sistemi informativi geografici che gestiscono dati a scala urbana-territoriale, e gli AIS, sistemi informativi che gestiscono dati a scala architettonica attraverso la scomposizione semantica di modelli tridimensionali. Nel primo caso è stato rielaborato il free ed open source p.mapper con MapServer, nel secondo è stata utilizzata la piattaforma Nubes, sviluppata dai ricercatori del laboratorio UMR 3495 CNRS/MCC MAP-Gamsau di Marsiglia dove è stata svolta parte della fase sperimentale della tesi stessa. Gli obiettivi specifici hanno riguardato prevalentemente lo studio approfondito dei sistemi interessati, la realizzazione di una nuova interfaccia ibrida per connetterli, la teorizzazione, e laddove è stato possibile la sperimentazione, di analisi topologiche da porre sullo spazio tridimensionale.

Uno studio approfondito dei due sistemi è stato fondamentale per capirne i limiti e teorizzare i passi da compiere in direzione di un loro miglioramento.

Se ne è evinto che la peculiarità più interessante del sistema informativo geografico è la sua capacità di compiere analisi spaziali grazie alla scrittura della topologia degli elementi vettoriali inseriti. Mentre sul piano bidimensionale il sistema è perfettamente funzionante, non lo è nelle 3 dimensioni. Nell'accezione topologica è stato riconosciuto il grande vantaggio del GIS, nell'estensione di essa al piano tridimensionale la possibile strada da percorrere per la realizzazione di 3D GIS.

Per quanto riguarda gli AIS si è constatato innanzi tutto che la letteratura reperibile è di molto maggiore rispetto al numero di sistemi accessibili online. Quello utilizzato ai fini della ricerca, Nubes, ha delle caratteristiche tali per cui si è ben prestato al tentativo di raggiungere gli obiettivi prefissati. Esso consente di realizzare progetti con vari punti di vista nei quali è possibile creare entità, ovvero punti vettoriali nello spazio tridimensionale, descrivibili con una serie di dati, tra i quali modelli 3D.

Il primo obiettivo, quello cioè di collegare i due sistemi informativi, è stato raggiunto realizzando una nuova interfaccia, accessibile dal Web, dalla quale è possibile vedere, gestire ed interrogare contemporaneamente 2D e 3D. La struttura dei due sistemi è rimasta inalterata, anzi, è stato sfruttato il vantaggio di lavorare in parallelo su due banche dati indipendenti. Si è lavorato quindi piuttosto sul collegamento secondo due direzioni, quello della progettazione e della realizzazione della nuova interfaccia e quello dello studio relativo alla connessione tra le due banche dati.

La nuova interfaccia presenta una struttura grafica tripartita: una finestra dalla quale visualizzare Nubes, una dalla quale visualizzare e gestire il Web GIS ed un'ultima per il query editor. Essa è attualmente accessibile dalla pagina <http://brunelleschi.gamsau.archi.fr/index.php>.

Più complesso è stato decidere la modalità di connessione tra le due banche dati. Si è già detto che è stato individuato nella piazza l'elemento di passaggio tra l'urbano e l'architettonico. La piazza, secondo il sistema gerarchico pensato, è caratterizzata dagli edifici che vi si affacciano. L'edificio, unica entità descritta in entrambi i sistemi, è il più piccolo oggetto interrogabile nel Web GIS e il più grande nell'AIS, pertanto è stato designato quale elemento di connessione. Dal punto di vista pratico il layer "ed_peri" (edifici di perimetro), visualizzabile nell'area del Web GIS, è contenuto in una tabella del database, tabella nella quale ogni edificio è identificato con un codice univoco. Allo stesso modo, la rappresentazione 3D di un edificio in Nubes è relazionata all'entità puntuale che ha un suo codice univoco nel database. Pertanto la connessione è avvenuta mettendo in relazione i codici univoci relativi in una e nell'altra banca dati tramite uno script, anch'esso in linguaggio php.

Infine sono state ipotizzate alcune possibili analisi spaziali da compiere sullo spazio tridimensionale, alcune sperimentate con successo, altre che invece meriterebbero ulteriori approfondimenti. La maggiore difficoltà riscontrata per raggiungere tale obiettivo è stata quella di immaginare query interessanti e utili da porre su dei modelli 3D. Mentre le casistiche che riguardano le due dimensioni sono state sostanzialmente individuate in un numero finito di casi, non si può dire lo stesso per quelle riscontrabili nelle tre dimensioni.

Le relazioni che intercorrono tra le forme rilevabili nella realtà in architettura si complicano al punto da rendere molto difficile una sintesi schematica per molti motivi. Tra questi innanzitutto l'elevato numero delle variabili, in quanto le relazioni devono essere estese dal piano x y anche al piano z. Poi la complessità deriva dal fatto che alle primitive punto, linea e superficie si deve aggiungere il volume, con tutte le possibili forme che questo potrebbe assumere. Per rendere tale strada percorribile sarebbe necessario innanzitutto decidere tra quali primitive compiere le analisi sullo spazio tridimensionale e di conseguenza strutturare i modelli 3D.

Essendo dunque difficile generalizzare, si è costretti a fare ragionamenti ogni volta diversi a seconda dei casi.

Premesso ciò, sono però state individuate alcune analisi topologiche possibili, ma, tra quelle più utili relativamente al caso studio, sono state sperimentate soltanto quelle che è stato possibile scrivere sfruttando le caratteristiche dei sistemi e delle banche dati utilizzati. Attraverso il query editor della nuova interfaccia realizzata è così possibile interrogare i modelli relativamente all'allineamento dei singoli elementi architettonici sulle tre direzioni, x, y e z, ai rapporti gerarchici ed al confronto dimensionale tra le varie campate.

6.1 Limiti

Due sono i temi che hanno condizionato la ricerca fino a porvi dei limiti: le caratteristiche del caso studio e la difficoltà di applicare le relazioni topologiche allo spazio 3D.

Il caso studio, Piazza del Popolo di Ascoli Piceno, è stato scelto per soddisfare una serie di necessità della tesi come lavorare su uno spazio di connessione tra l'urbano e l'architettonico, disporre di diverse tipologie edilizie che vanno dal tessuto all'emergenza, nonché avere a disposizione elementi simili considerabili seriali (nel caso specifico colonne, archi, campate, ecc.) per la sperimentazione di query attraverso il confronto.

Ma il caso studio ha anche inevitabilmente condizionato la progettazione della banca dati, incentrata prevalentemente nella descrizione della piazza, e la scelta delle analisi spaziali, perché sono state sperimentate le più significative

proprio sulla base del caso studio stesso.

Si è ipotizzato che la realizzazione di efficaci sistemi GIS 3D dipenda dall'effettivo ampliamento di tali sistemi verso la scrittura della topologia sullo spazio tridimensionale. In tal modo i modelli 3D, che già oggi possono essere importati nei sistemi, non sarebbero più solamente delle rappresentazioni degli alzati degli edifici, ma diventerebbero delle vere e proprie interfacce di accesso alle informazioni e strumenti efficienti di analisi.

La topologia 3D presenta però una serie di difficoltà e di limiti che riguardano innanzitutto la capacità di immaginare query utili per l'analisi sulle tre dimensioni e soprattutto la probabile impossibilità di ragionare secondo modelli e casi finiti.

La topologia è quella sovrastruttura grazie alla quale è possibile scrivere le relazioni che intercorrono tra le diverse geometrie. Per capire quanto sia complesso il tema basti pensare al più semplice degli edifici, alle geometrie che lo costituiscono ed a tutti i rapporti e relazioni tra le varie parti.

Nella ricerca, pertanto, una delle prime problematiche presentatesi ha riguardato la scelta degli elementi 3D sui quali sperimentare la topologia. Sullo spazio bidimensionale abbiamo tre elementi (*punto*, *linea* e *superficie*) e i vari rapporti topologici (*appartenenza*, *unione*, *intersezione*, ecc.) intercorrono tra *punto* e *punto*, *punto* e *linea*, *punto* e *superficie*, *linea* e *linea*, *linea* e *superficie*, *superficie* e *superficie*. Ragionando sulle 3D dimensioni ci si è innanzi tutto chiesti in quali primitive scomporre modelli, un edificio dovrebbe poter essere scomposto in volumi, ma probabilmente anche in superfici. Ai fini della ricerca si è deciso di scomporre i modelli per volumi, e di compiere analisi topologiche a partire dalle coordinate dei loro baricentri, a seguito di operazioni di misurazione e dell'utilizzo di dati dimensionali inseriti nel database dell'AIS.

6.2 Prospettive di ricerca

A partire dai risultati ottenuti e dai limiti riscontrati si può affermare che due sarebbero le direzioni di ricerca da percorrere al fine di ottenere un unico risultato, ovvero sistemi 3D Web GIS. La prima quella di definire

una generalizzazione delle analisi spaziali a partire dalle caratteristiche tipizzabili e ripetibili per categorie di casi studio; la seconda, strettamente connessa alla prima, sarebbe così quella di approfondire lo studio intorno alla topologia 3D.

Ulteriori ricerche su entrambi i fronti consentirebbero infatti di definire serie di analisi spaziali per così dire routinarie da poter compiere sullo spazio tridimensionale. Nel contempo individuare casi studio tipizzabili su cui sperimentare tali analisi. Sulla base delle risultanze sarebbe possibile e necessario modificare e adattare al meglio l'architettura informatica e delle informazioni.

6.2.1 Diversi casi studio

La ricerca ha mostrato la possibilità di compiere alcune operazioni di analisi tra vari elementi, ma nel caso studio scelto alcune sarebbero risultate una forzatura. Ad esempio, le potenzialità del GIS nello spazio limitato della piazza sono state molto poco sfruttate. Sicuramente la sperimentazione su elementi simili, ovviamente confrontabili, ma dislocati su un più ampio territorio, potrebbe essere molto interessante e dare la possibilità di sviluppare analisi topologiche e spaziali molto più complesse di quelle precedentemente esposte.

6.2.2 Approfondimenti sulla topologia 3D

La sperimentazione della topologia sullo spazio 3D dovrebbe essere incentrata su due temi principali:

- attraverso quali primitive geometriche scomporre un modello tridimensionale per potervi poi effettuare delle analisi topologiche (problematica già emersa nell'ambito di questa stessa ricerca);
- la possibilità di restituire, come già avviene nei sistemi GIS sul piano bidimensionale, risposte grafiche e non solo alfanumeriche alle query topologiche poste sul piano tridimensionale.

Bibliografia

- Attene, M., Robbiano, F., Spagnuolo, M., Falcidieno, B., (2009), "Characterization of 3D shape parts for semantic annotation", *Computer-Aided Design*, 41(10), pp. 756-763.
- Aguiaro, G., (2009), *Advanced methodologies of acquisition, integration, analysis, management, visualization and distribution of data in the framework of archaeological and architectural heritage*, Università di Padova & TU Berlin.
- Blaise, J-Y., (2003), *Le formalisme objet appliqué à l'étude de l'edifice patrimoniale: Problèmes de modélisation et d'échanges de données sur le réseau Internet*, Tesi di Dottorato dell'Università d'Aix-Marseille III, Spécialité Automatique et Informatique. Accessibile alla pagina <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00268228>.
- Blaise, J-Y., Dudek, I., Driscu, T., (2008), "Infosphere: one artefact, two metaphors, three sort criteria", in *Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, (Larmaca, Cipro 2008), pp. 362-367.
- Buttussi, F., Chittaro, L., Coppo, M., (2007), "Using Web3D Technologies for Visualization and Search of Signs in an International Sign Language Dictionary", in *Proceedings of Web3D: 12th International Conference on 3D Web Technology*, New York, ACM Press, pp. 61-70.
- Cervellini, F., Ippoliti, E., Meschini, A., Rossi, D., (2006), "Per una offerta formativa integrata. Alcune esperienze del Laboratorio EIDOLAB della Facoltà di Architettura dell'Università di Camerino", in: *atti del Convegno di Studi Progettare e-learning, processi, materiali, connettività, interoperabilità e strategie* (Macerata, 8/9 Giugno 2006), MACERATA: Simple, pp. 93-105.
- Clini, P., Lancioni, N., Quattrini, R., (2007), "Sistemi Informativi per l'architettura", in *atti del convegno e-Arcom 07* (Ancona 2007), Firenze, ALINEA editrice s.r.l.
- Coppo, D., Boido, C., (2010) (a cura di), *Rilievo Urbano, Conoscenza e rappresentazione della città consolidata*, Firenze, Alinea editrice s.r.l.
- Cundari, C., (2005) (a cura di), *Il rilievo urbano per sistemi complessi. Un nuovo protocollo per un sistema informativo di documentazione e gestione della città*, Roma, Kappa.
- Cundari, C., Carnevali, L., (2003), *Il rilevamento urbano. Tipologia, procedure, informatizzazione*, Roma, Edizioni Kappa.
- Cusanno, M., (2010), "Condividere dati geografici: apparati, procedure e strumenti", in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.
- Cusanno, M., Rossi, D., Rossi Brunori, A., (2008), "L'officina degli strumenti a codice aperto" in Mingucci, R., Centofanti, M., (a cura di), *Conservazione del patrimonio architettonico e urbano, DISEGNARECON* Vol. 1 n. 2 (2008).
- De Luca, L., (2006), *Relevé et multi-représentations du patrimoine architectural. Définition d'une approche hybride de reconstruction 3D d'édifices*, Tesi di Dottorato dell'Università d'Aix-Marseille III, Spécialité Automatique et Informatique.
- De Luca, L., Busarayat, C., Stefani, C., Véron, P., Florenzano, M., (2010), "A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage" in *Computers & Graphics Volume 35, Issue 2, April 2011*, pp. 227-241. Accessibile alla pagina <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849310001780>.
- Dudek, I., Blaise, J-Y., Beninstant, P., (2003), "Exploiting the Architectural Heritage's Documentation: A Case Study on Data Analysis And Visualisation", in *atti della conferenza I- KNOW '03*, Graz, Austria.
- Gaiani, M., Gamberini, E., Tonelli, G., Bonfigli, M. E., Calori, L., Guidazzoli, A., Brunelli, D., Farella, E., Benini,

- L., Riccò B., (2007), “Realtà Virtuale come strumento di lavoro per il restauro Architettonico e Archeologico: il 3D Virtual GIS - La Via Appia antica”, in *UT NATURA ARS. Virtual Reality e archeologia*, Imola: University Press Bologna, ITALY, pp. 107-114.
- Giandebiaggi, G., Zerbi, A., (2005), “Costruzione di un sistema informativo per la gestione del patrimonio amministrativo pubblico” in *Il rilievo urbano per sistemi complessi. Un nuovo protocollo per un sistema informativo di documentazione e gestione della città*, Cundari, C., (a cura di), Roma, Kappa.
- Guarnieri, A., Pirotti, F., Vettore, A., (2009), “An Open source application for interactive exploration of Cultural Heritage 3D models on the web”, in *atti della conferenza ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2009*, Trento.
- Ippoliti, E., (2010), “Mappe, modelli e tecnologie innovative per conoscere, valorizzare e condividere il patrimonio urbano. Indagini sperimentali di sistemi integrati sul Piceno”, in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.
- Ippoliti, E., Meschini, A., (2011), (a cura di), “Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale” in *DISEGNARECON* Vol. 4 n. 8 (2011), Digital Magazine, Dipartimento di Architettura e Pianificazione territoriale, Università di Bologna.
- Ippoliti, E., Meschini, A., Moscati, A., (2008), “Architettura delle informazioni e architettura informatica sul caso studio di Appignano del Tronto” in Mingucci, R., Centofanti, M., (a cura di), *Conservazione del patrimonio architettonico e urbano*, *DISEGNARECON* Vol. 1 n. 2 (2008).
- Ippoliti, E., Meschini, A., Rossi, D., Moscati, A., (2011), “An approach towards the construction of a Digital Atlas for the documentation of cloister and courtyards in Ascoli Piceno”, in *atti della conferenza internazionale 3D ARCH, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, Trento, Italia, 2-5 Marzo 2011.
- Ippoliti, E., Moscati, A., (2010), “New means of knowledge: 3D, 3D-GIS and Web GIS” in *XIII International Congress of Architectural Graphic Expression*, Actas, Universitat Politècnica de Valencia, Editorial de la Universitat Politècnica de Valencia, Valencia 27-29 maggio 2010.
- Ippoliti, E., Moscati, A., (2010), “Interfacce di accesso alle informazioni: tra 3D, 3D-GIS e Web GIS”, in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.
- Manferdini, A.M., Remondino, F., Baldissini, S., Gaiani, M., Benedetti, B., (2008), “3D modeling and semantic classification of archaeological finds for management and visualization in 3D archaeological databases” in *atti della conferenza 14th International Conference on Virtual Systems and MultiMedia (VSMM)*, Cyprus, pp. 221-228.
- Meschini, A., (1998), *La Piazza a Roma nel XVII e XVIII secolo. Per la definizione di un criterio generale di analisi dello Spazio-Piazza*, Tesi di Dottorato in Disegno e Rilevo del Patrimonio Edilizio, La Sapienza, Università di Roma.
- Meschini, A., (2010), “La progettazione del modello di dati: tra standard e caso studio, in Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano”, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.
- Mingucci, R., (2010), “Modellazione Digitale Informativa per l’analisi e la rappresentazione del Paesaggio Urbano”, in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.
- Mingucci, R., Centofanti, M., (2008) (a cura di), “Conservazione del Patrimonio Architettonico e Urbano” in *DISEGNARECON* Vol. 1 n. 2 (2008), Digital Magazine, Dipartimento di Architettura e Pianificazione territoriale, Università di Bologna.

Mogorovich, P., (2011), *Sistemi Informativi Territoriali, Appunti dalla lezioni, Versione 3.216*. Accessibile alla pagina www.di.unipi.it/~mogorov/SIT_Vers_3_216.pdf; ultimo accesso 19/05/2011.

Moscati, A., (2006), "Architettura delle informazioni: il database", in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.

Moscati, A., (2006), "Architettura delle informazioni e dati geografici 2D: database e GIS", in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.

Neteler, M., Mitasova, H., (2008), *Open Source GIS: A GRASS GIS Approach*, Third Edition, New York, Springer.

Parent, C., Spaccapietra, S., Zimányi, E., (1999), "Spatio-temporal conceptual models: data structures + space + time" in *Proceedings of the 7th ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, Kansas City, Missouri, United States: ACM, pp. 26-33.

Remondino, F., El-Hakim, S., Girardi, S., Rizzi, A., Benedetti, S., Gonzo, L., (2009), "3D Virtual reconstruction and visualization of complex architectures - The 3D-ARCH project" in *atti della conferenza ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2009*, Trento.

Rossi, D., (2006), "Rappresentare le informazioni: interpretare, visualizzare, pubblicare dati geografici", in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.

Sgariglia, S., (2010), "Procedure digitali per una nuova cartografia", in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*, MIUR PRIN COFIN 2006, a cura

di Brusaporci S., Roma, Gangemi Editore.

Spaccapietra, S., Parent, C., Vangenot, C., (2000), "GIS Databases: from Multiscale to Multirepresentation" in *Proceedings of the International Workshop on Emerging Technologies for Geo-Based Applications*, Ascona, Switzerland, EPFL-DI-LBD Publisher.

Stefani, C., (2010), *Maquettes numériques spatio-temporelles d'édifices patrimoniaux. Modélisation de la dimension temporelle et multi-restitutions d'édifices*, Tesi di Dottorato dell'Università d'Aix-Marseille III, Spécialité Automatique et Informatique.

Solonia, P., Negri, A., (2005), "ARKIS-NET: un web-GIS per il progetto di conservazione assistito", in *Archeologia e Calcolatori 16*, pp. 167-176.

Solonia, P., (2000), "Tecnologie informatiche per la gestione delle conoscenze nella conservazione del costruito storico", in *Archeologia e Calcolatori (XI)*. pp. 219-240.

Zlatanova, S., (2000), *3D GIS for Urban Development*, Tesi di dottorato. Accessibile all pagina <http://www.gdmc.nl/zlatanova/PhDthesis/html/ch1/ch1.htm>.

Summary

The scope of the research is the cartographical representation, specifically the urban–architectural one, where very relevant is the issue of “change of scale” from the synthesis to the analysis, from general to particular, both of information and of their displaying.

In this context the main purpose of the thesis was to investigate connections and integrations among GIS (Geographic Information System), and above all between Web GIS and AIS (Architectural Information System) in order to design and test a hybrid system that can effectively integrate them.

Despite their differences, both systems allow a construction of information organized around objects related to a context. In the first case objects were geographic, provided with form and georeferenced (set of coordinates, the reference system, projection), while in the second, the attention was focus on those systems able to process three-dimensional architectural objects, whose individual parts are hierarchically structured and semantically described.

The research was carried out through a systematic methodology, where the deepening of the theoretical framework has been gradually integrate with application and experimental phases.

An application phase aimed at the description of the case study (Piazza del Popolo, Ascoli Piceno), with the acquisition, through different survey activity, of cartographic material and geometric, metric and surface data. These data were then processed to include them in Web GIS, and for the realization of three-dimensional hierarchical models useful to subsequent inquiries.

Another step aimed at defining information architecture and information technology (WebGIS with MapServer and p.mapper and Nubes) which are closely related and designed only according to the needs of further trials.

As far as concern experiments of the hybrid system, for the connection between the two informative systems, a new interface, accessible from the web, was carried out. It allows to manage and query, concurrently, the two data structures, which remained unchanged and independent, thanks to the imposition of an identical unique code to the connection element identified in the individual and entire

building, since it exists in the two systems.

Finally, the experimentation has focused on issues related to the possibility of leading queries both on two-dimensional space and on three-dimensional one, using the original relationships that characterize the two different systems, namely the two-dimensional topological relations and hierarchical ones, in order to forecast the possible implementations.

This is the reason why the study of topology, especially the three-dimensional one, has been deepened by limiting the experimental casuist to the volumetric one. In this way it was possible to describe architectural buildings, entirely or in their different parts and make topological analysis starting from the coordinates of their centers of gravity.

ALLEGATO A

A 3D MODEL IN NUBES VISUM

A.1 Introduction

This guide aims at indicating a procedure to import a 3D model in Nubes Visum.

Nubes Visum is a part of a research project developed in the UMR 3495 CNRS/MCC MAP-Gamsau, Marseille. It's a web based application that uses a MySQL database to store data, and allows the display and the manipulation of interactive 3D scenes in real-time.

Software used for this procedure:

Maya (<http://usa.autodesk.com>);

Virtools (<http://www.virtools.com>);

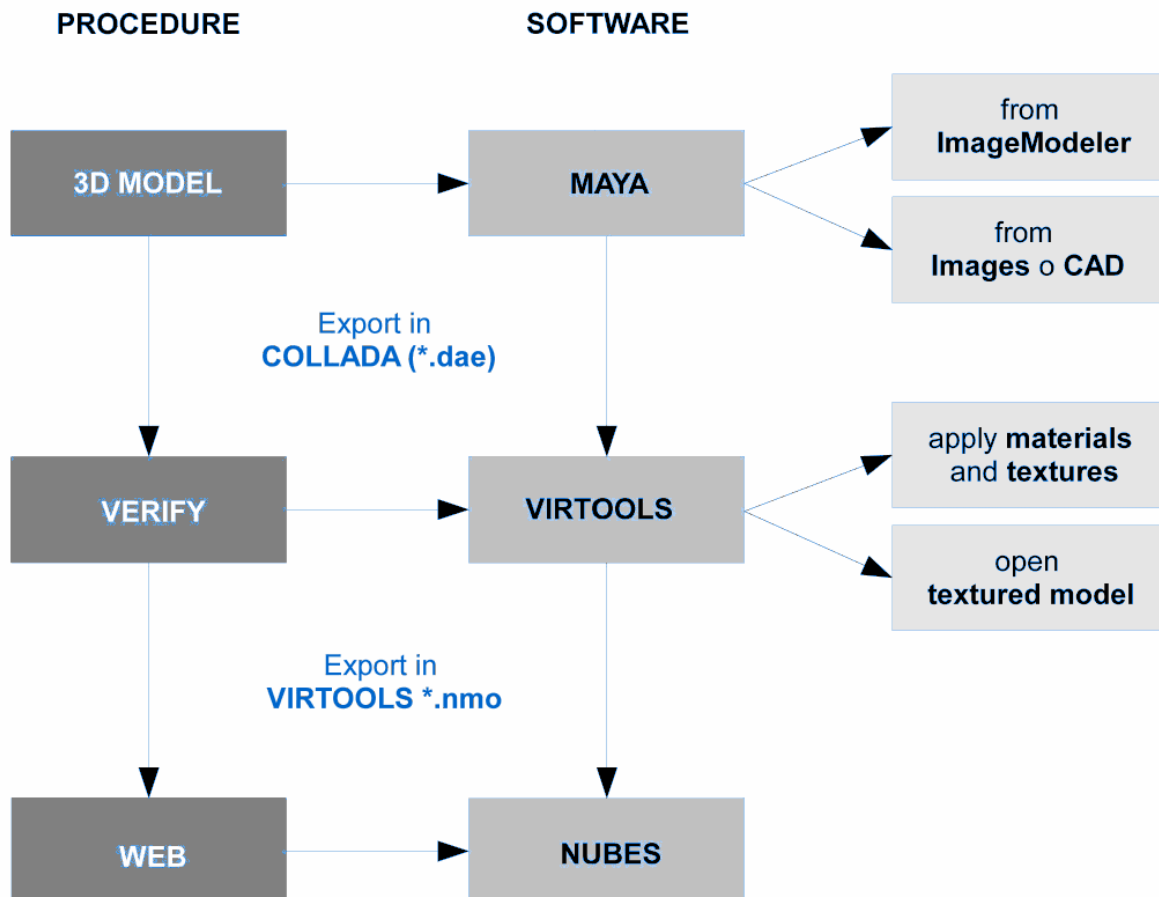
Nubes Visum (http://vinci.gamsau.archi.fr/htdocs_nubes/NUBES/)

A.2 Summary diagrams

The procedure is explained in two parts and on two different 3D models.

The first one concerns a funerary chapel of the monumental cemetery of Ascoli Piceno, Italy. The geometry structure is quite easy, but the hierarchy subdivision is more complex because it was designed to do comparisons with other similar objects. The 3D model was made entirely in Maya and exported from Maya to Virtools in COLLADA (.dae) file format.

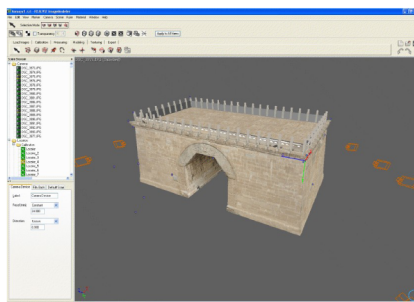
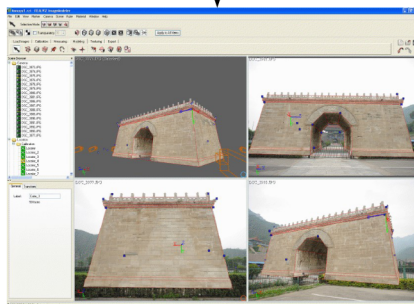
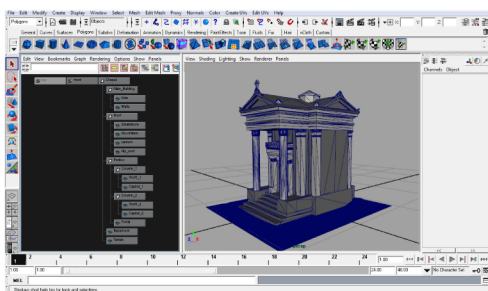
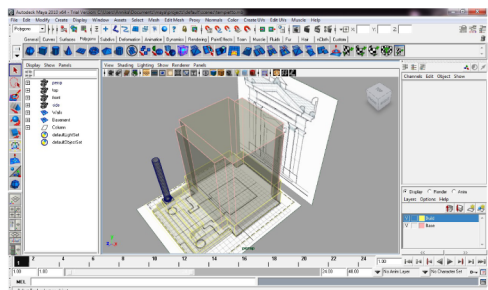
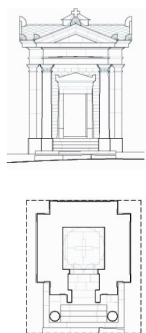
The second one is the model of the Juyongguan, one of the three greatest passes of the Great Wall of China. It was modelled in ImageModeler starting from 16 photos and then saved in .ma to be imported in Maya and exported to Virtools in COLLADA.

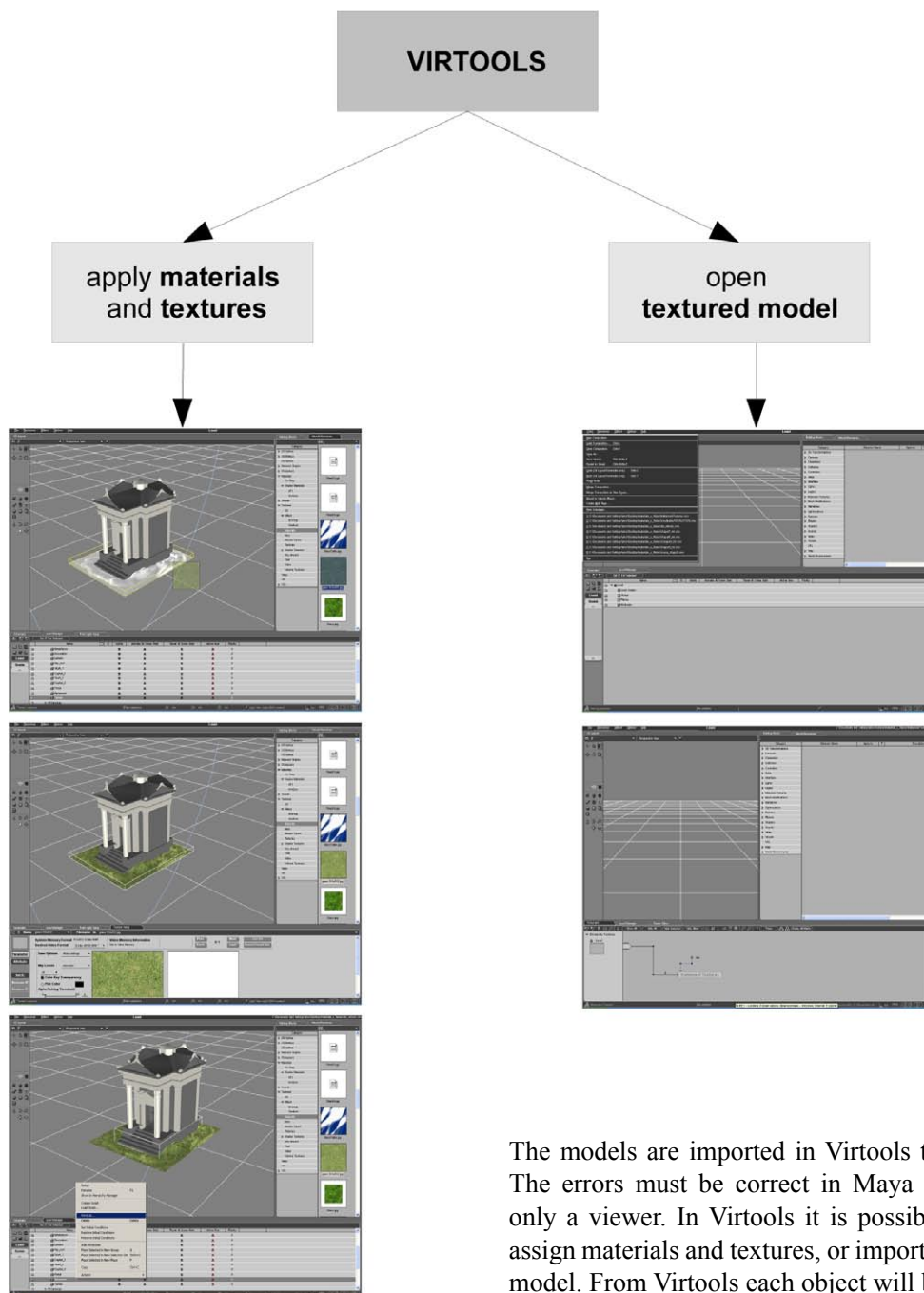


MAYA

from
images or CAD

from
ImageModeler

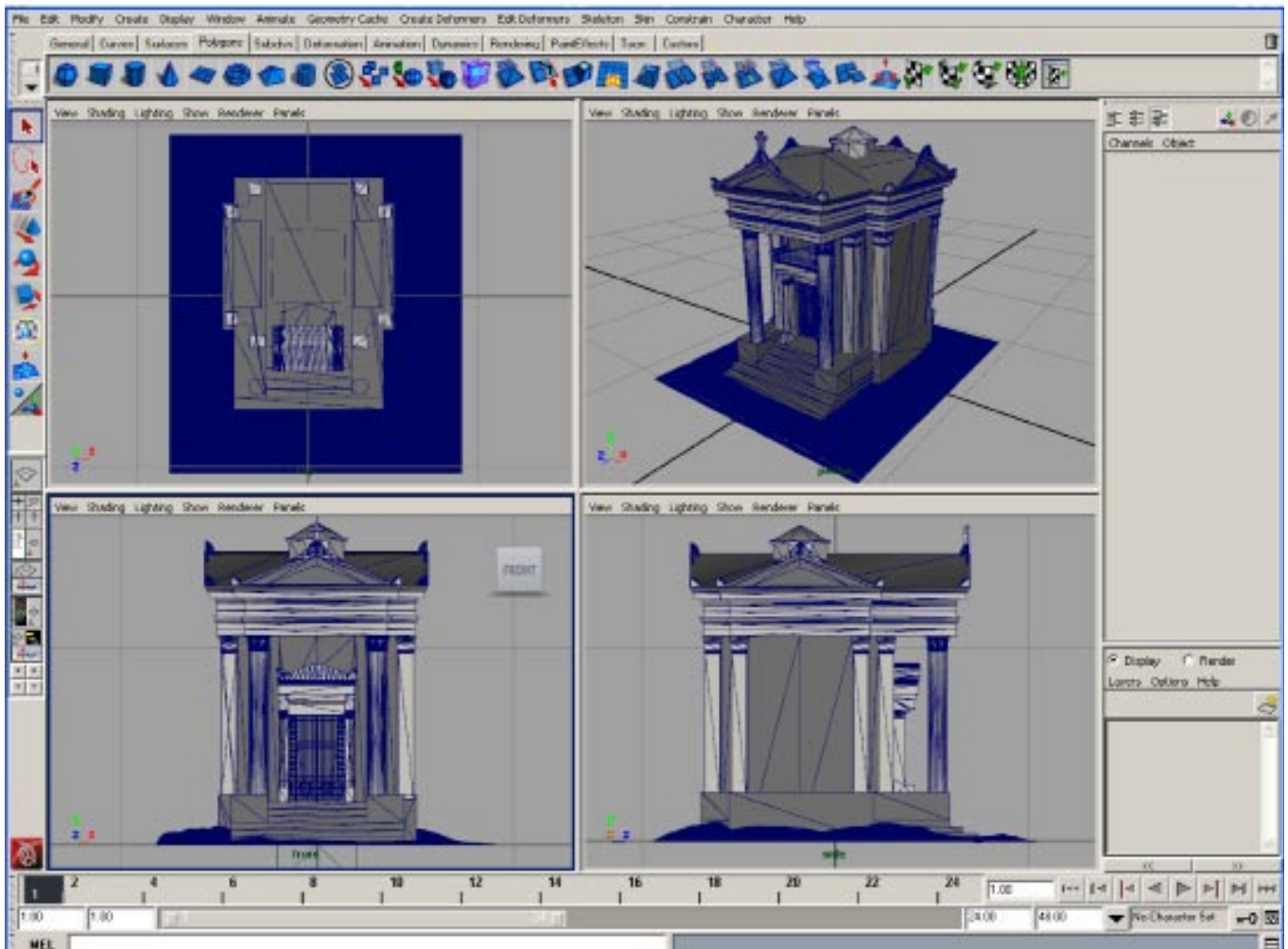




The models are imported in Virtools to verify the errors. The errors must be correct in Maya because Virtools is only a viewer. In Virtools it is possible to set the lights, assign materials and textures, or import an already textured model. From Virtools each object will be exported in .nmo file format.

A.3 The 3D Model

Each object must be a polygon, accordingly each nurbs must be transformed into a polygon [*Modify > Convert > NURBS to Polygons*]. Work with polygons is easier and less problematic during export.



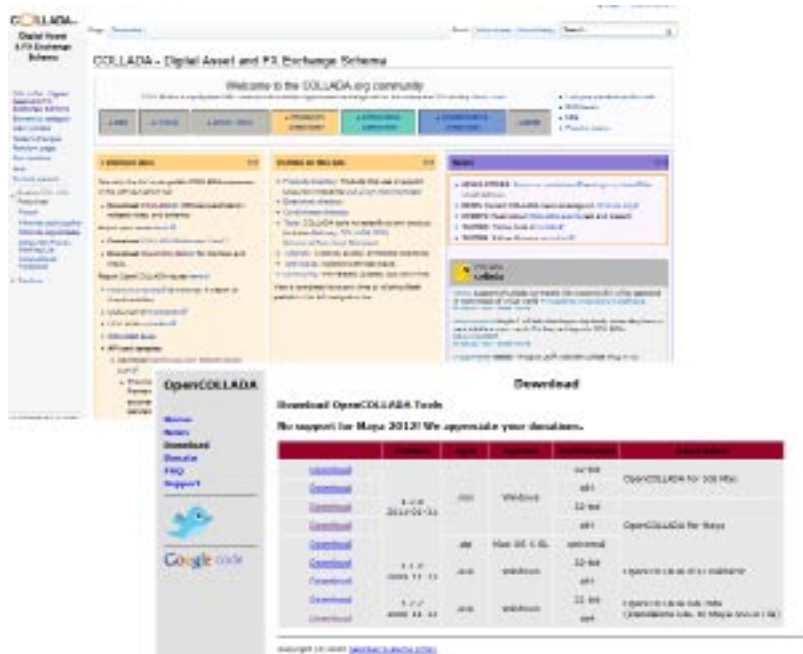
A.4 3D export - From Maya to Virtools

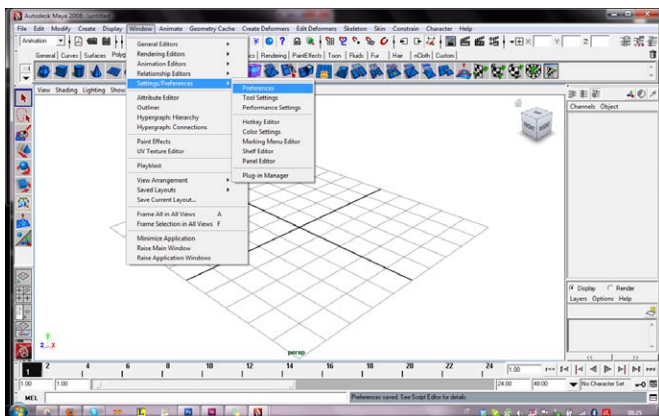
In the end the model is exported for Virtools (software for developing 3D applications in real time) for two basic reasons:

- 1) to visualize if the 3D model has some problems;
- 2) to export it in .nmo, the file format required to import the 3D elements in NUBES.

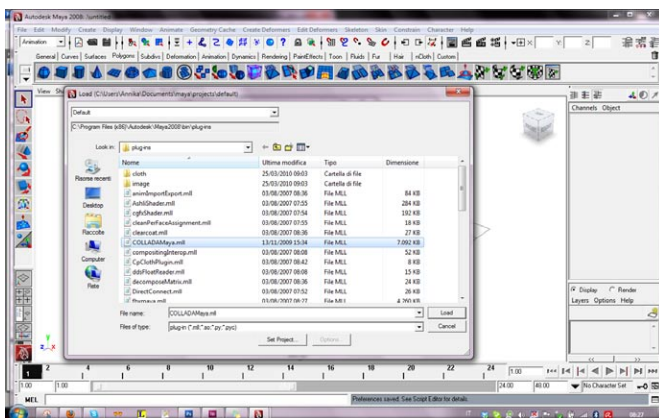
The export from Maya is in COLLADA and therefore the installation of the free plug-in downloadable from the official website OpenCOLLADA (https://collada.org) is required.

COLLADA (Collaborative Design Activity, standard format to export in 3D) defines an open standard XML schema for exchanging digital assets. COLLADA documents that describe digital assets are XML files, usually identified with a .dae (digital asset exchange) filename extension. COLLADA schema aims at making it easy to transport 3D assets between applications - enabling diverse 3D authoring and content processing tools to be combined into a production pipeline. The intermediate language provides comprehensive encoding of visual scenes, including: geometry, shaders and effects, physics, animation, kinematics, and even multiple version representations of the same asset.

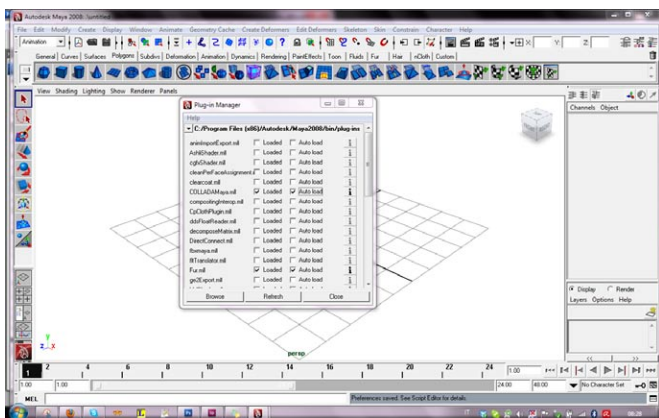




In Maya open the Plug-in Manager Windows [*Windows > Settings/Preferences > Plug-in Manager*]



Click *Loaded* and *Auto load* of COLLADAMaya.mll and than from *Brows* search and select the COLLADAMaya.mll file. Then close all windows.



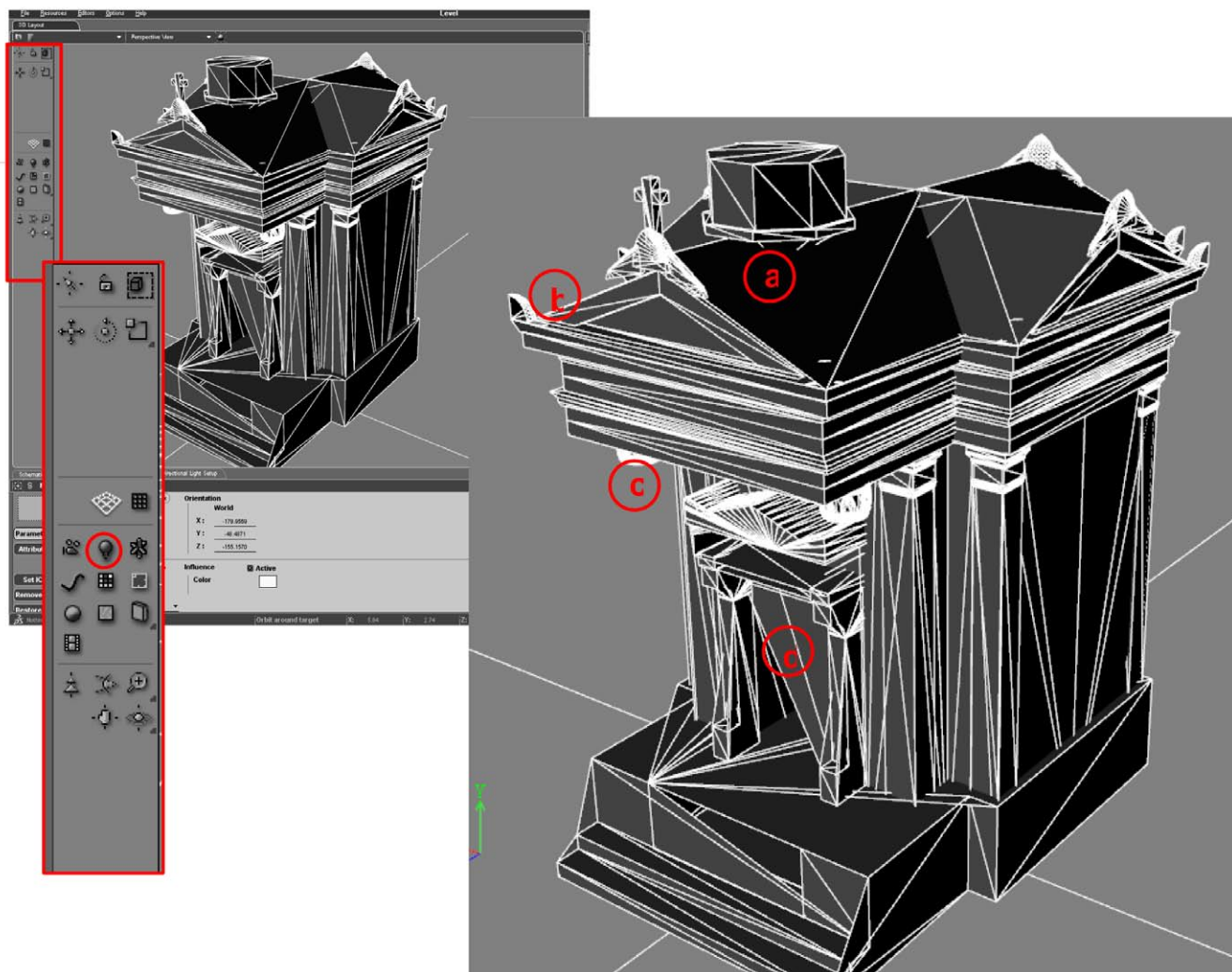
Now it is possible to export in OpenCOLLADAexporter (*.dae; *.xml) from the ExportWindow [*File > Export All*] or [*File > Export Select*].

A.5 Correct the errors

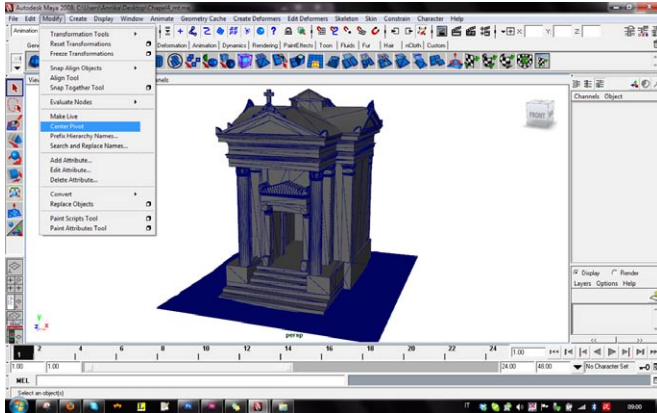
With the Importation of the file COLLADA in Virtools [Resources > Import File] it is possible to see if the model has errors. First it is advisable to add some light to the scene in order to see the model.

This is possible to do from an icon that is in the toolbar on the left. Click the lamp to add the light, and from the lower window it is possible to adjust the parameters.

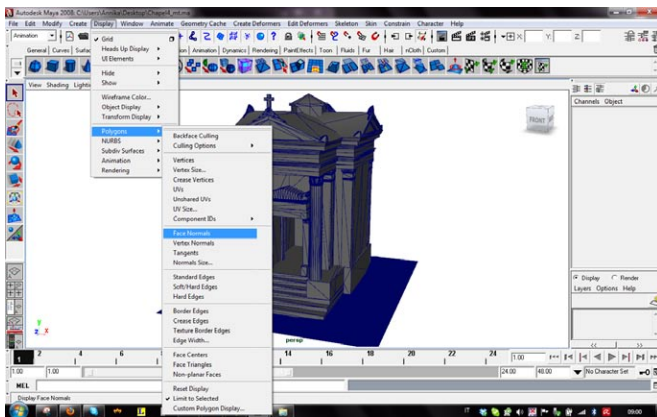
This model shows some of the most probable errors, like:
a) the lantern is exactly reversed;
b) some faces of the roof are impossible to see;
c) the columns has disappeared from the model;
d) there are some faces in front of the door and on the stairs that in reality don't exist in the model.



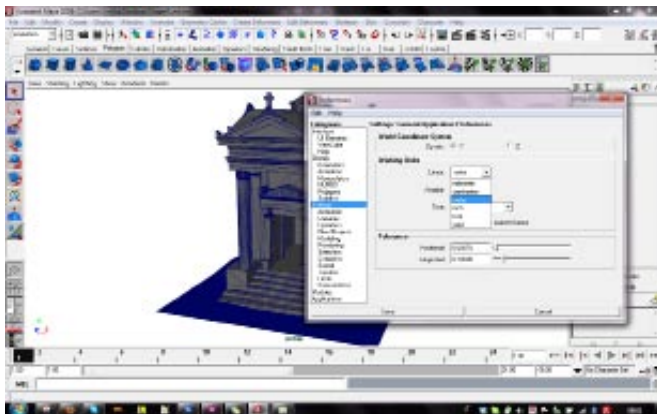
Usually those errors should be resolved in Maya before the exportation in COLLADA. Here are some indications to prevent these problems:



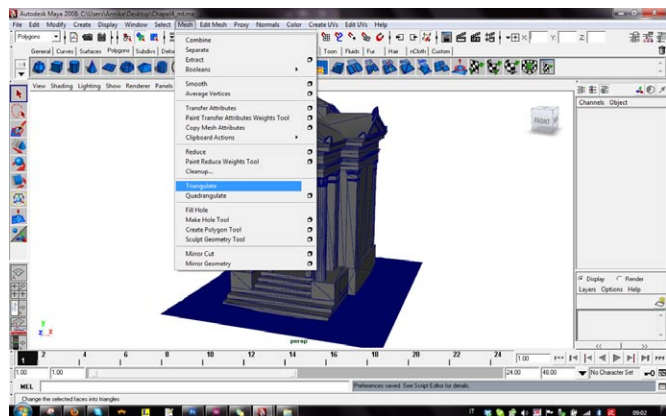
a) if the object isn't in the right position, the problem is the position of the *center pivot*. Verify that the pivot of each element is exactly in the barycenter of the element itself, or adjust it by [*Modify*> *Center Pivot*];



b) if it is impossible to see some face, the problem is probably the direction of the normals. In Maya it is possible to see the directions of the normals and to change them. Click on the polygon and [*Display*> *Polygons*> *Face Normals*] to visualize the normals of its faces and if it is necessary to reverse them, select the face and then go on [*Normals* > *Reverse*];

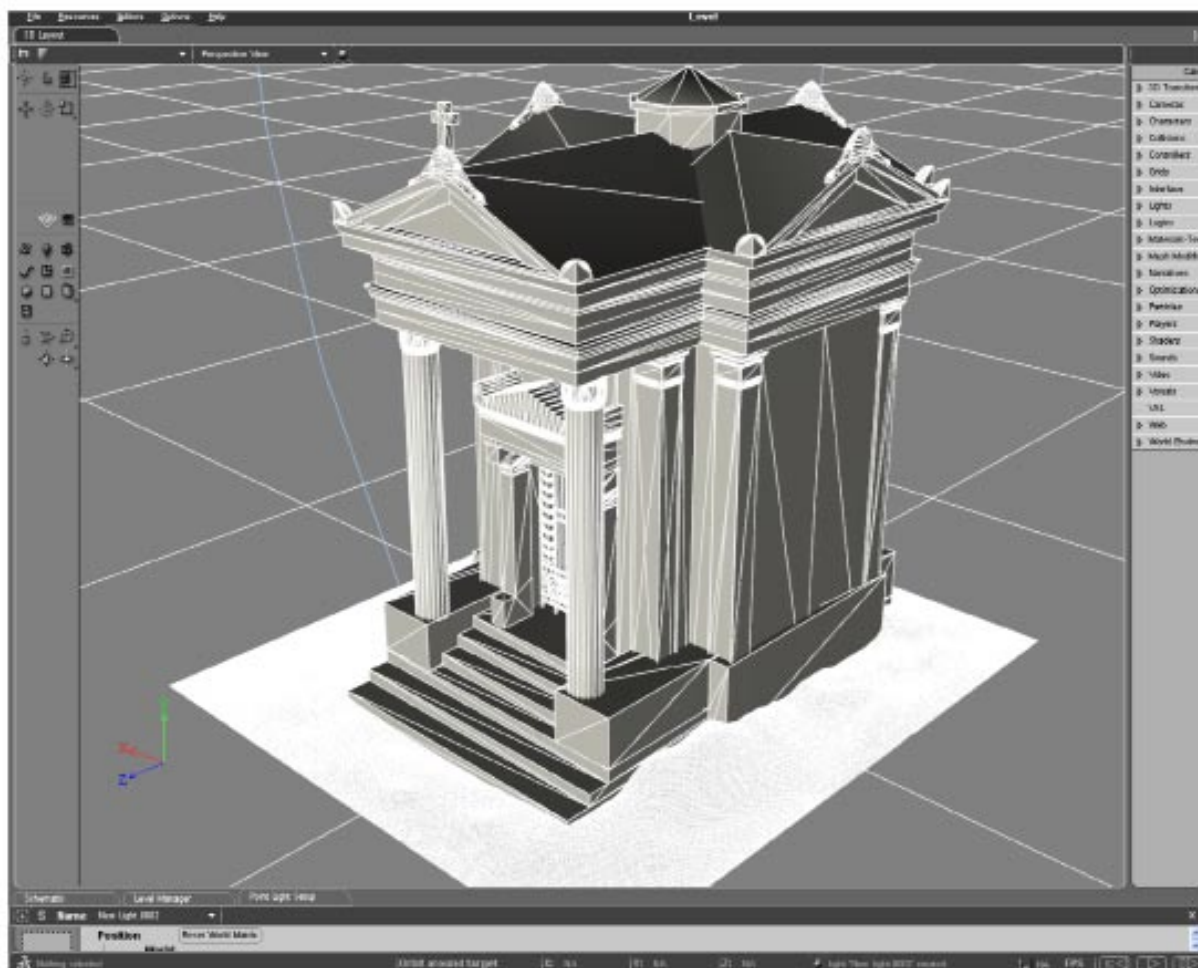


c) if whole objects have disappeared the problem could be the size of the model and the unit of measure. In the example it was possible to see the columns only after setting the units in meters and scaling the model appropriately;



d) the problem of the faces in front of the door and on the stairs is easily resolved by triangulating the faces of the polygons. Select the polygon and [Mesh> Triangular].

Only after all the corrections it is possible to see the correct 3D model.



A6. Improve the model

In this example the 3D model was exported from Maya without textures that are assigned in Virtools.



A7. 3D export - From Virtools to Nubes

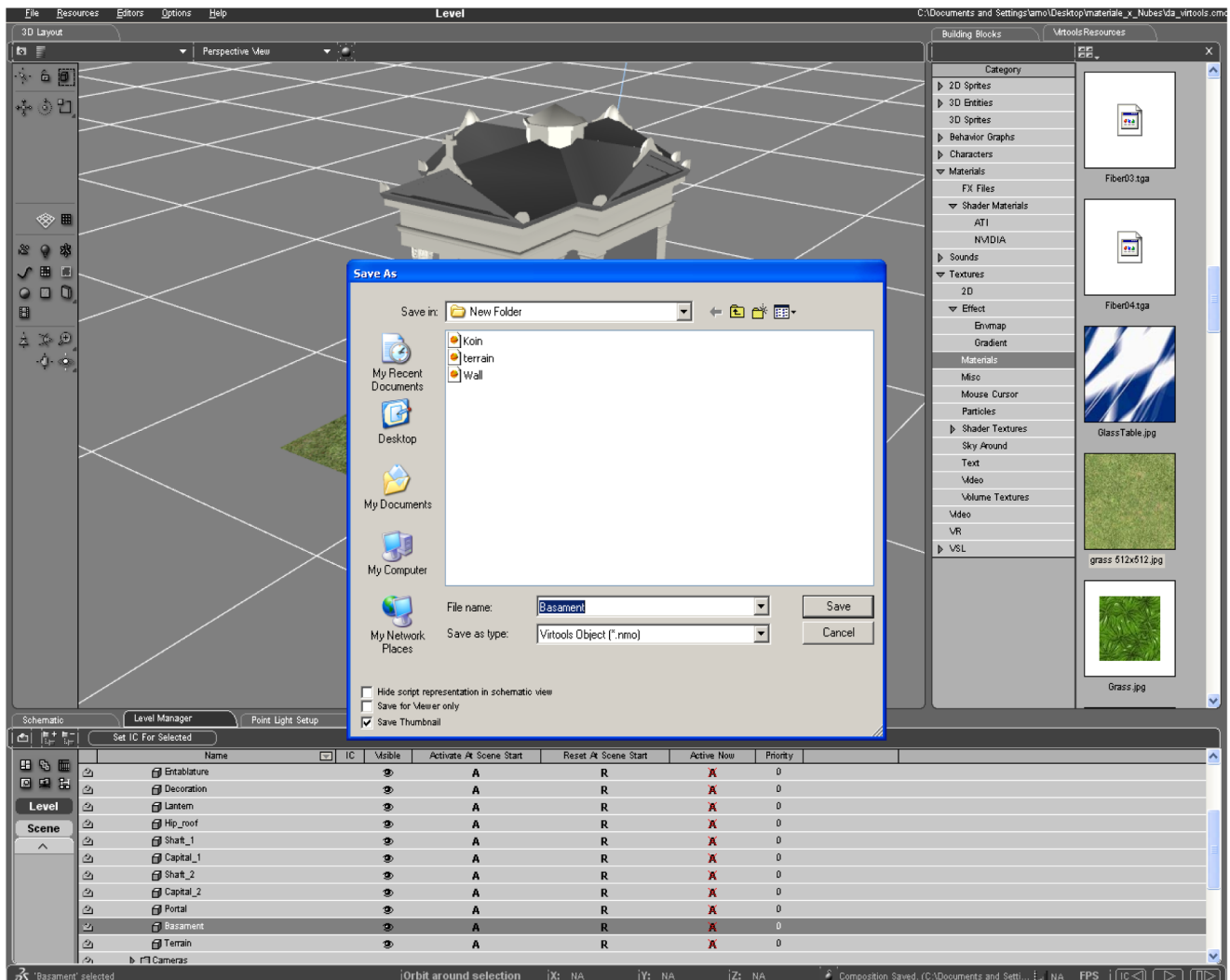
The last step before switching to NUBES is to save all the 3D objects in .nmo.

In the window below in [Level Manager > Global > 3D Objects] it is possible to read all objects of the model.

Press right mouse button on the object's name to save it [Save as > *.nmo].

The procedure must be repeated for all elements that will be opened in NUBES.

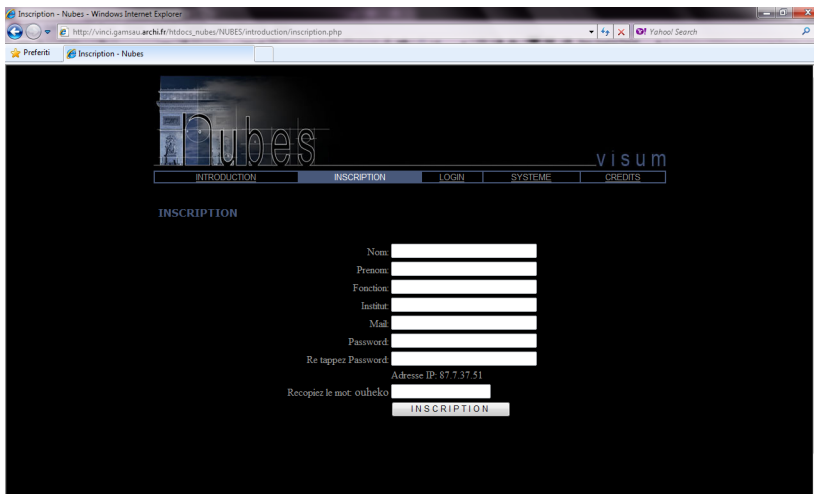
As one can see, the hierarchy structure created in Maya does not exist anymore. Thus it is necessary rebuild it in NUBES with the Group's tools.



A.8 Upload the model in NUBES

http://vinci.gamsau.archi.fr/htdocs_nubes/NUBES/ is the Home Page address of Nubes Visum.

One click to enter the web site. To access: the new user must go to the *INSCRIPTION* page, he will receive a user name and a password and then he can go to the *LOGIN* page and access. Obviously the already registered users must go directly to the *LOGIN* page.

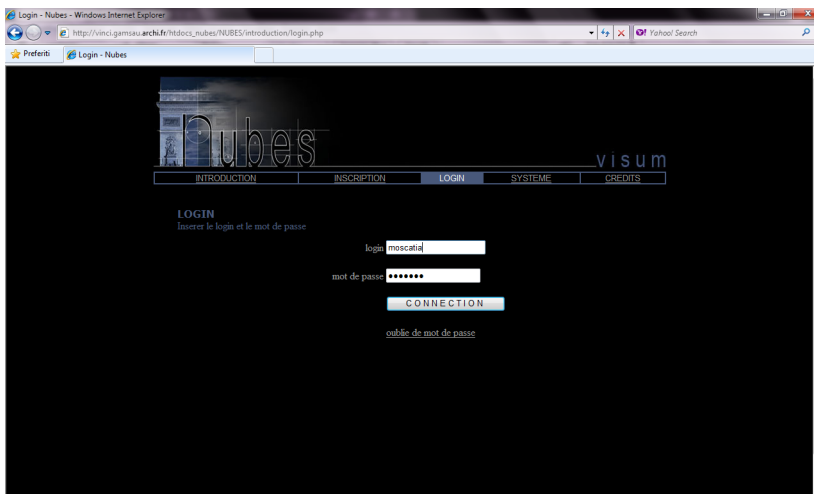


The screenshot shows the registration page of the NUBES website. The browser title is "Inscription - Nubes - Windows Internet Explorer". The address bar shows the URL: http://vinci.gamsau.archi.fr/htdocs_nubes/NUBES/introduction/inscription.php. The page features a dark background with the "nubes" logo in a stylized font and the "visum" logo in a smaller font. A navigation menu includes "INTRODUCTION", "INSCRIPTION", "LOGIN", "SYSTEME", and "CREDITS". The "INSCRIPTION" section contains the following form fields:

- Nom:
- Prénom:
- Fonction:
- Institut:
- Mail:
- Password:
- Re tapez Password:
- Adresse IP: 87.7.37.51
- Recopiez le mot: ouheko

At the bottom of the form is a button labeled "INSCRIPTION".

- subscription page



The screenshot shows the login page of the NUBES website. The browser title is "Login - Nubes - Windows Internet Explorer". The address bar shows the URL: http://vinci.gamsau.archi.fr/htdocs_nubes/NUBES/introduction/login.php. The page features the same dark background and logos as the registration page. The navigation menu is the same, but "LOGIN" is highlighted. The "LOGIN" section contains the following form fields:

- login: moscatini
- mot de passe:

At the bottom of the form is a button labeled "CONNECTION". Below the button is a link: [oublier le mot de passe](#).

- login page

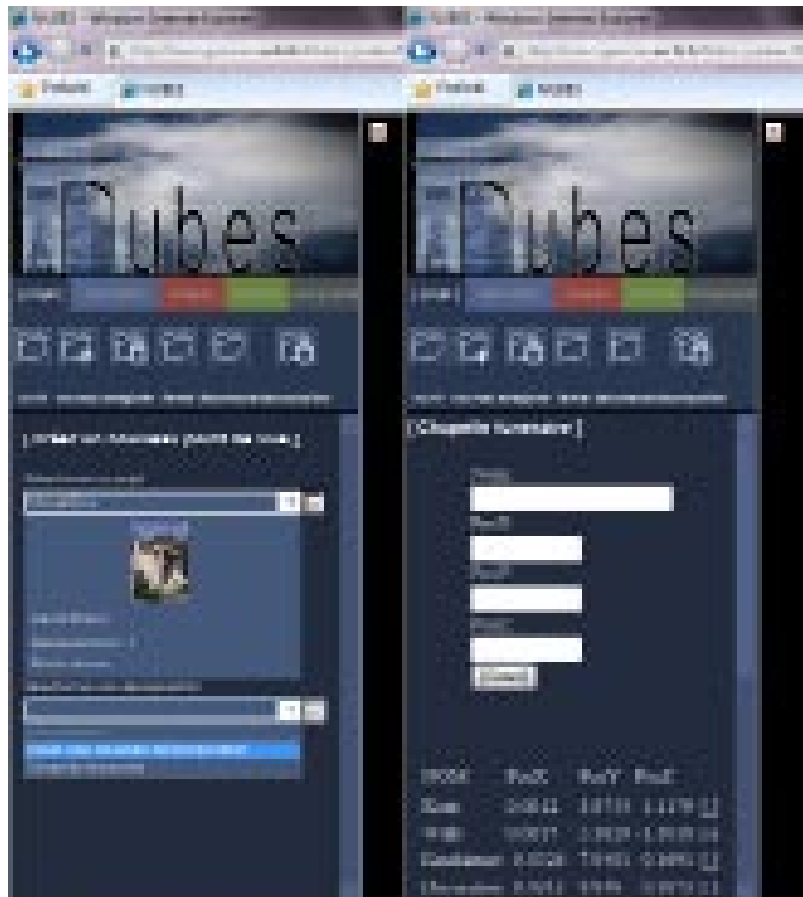


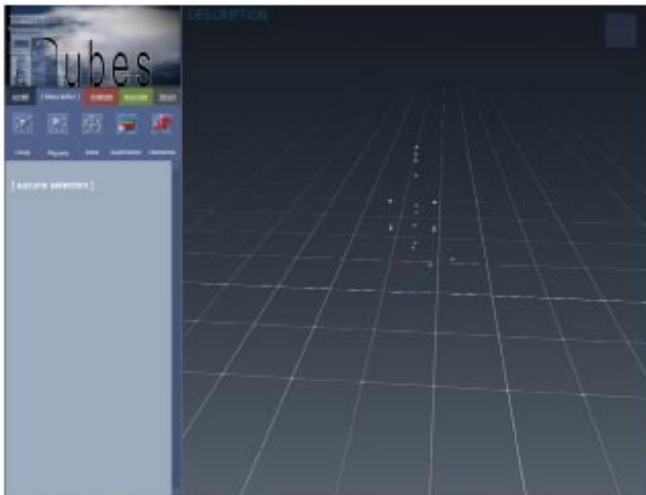
Clicking on *nouveau* it is possible to create a new project (step 1). From the menu that opens below, select the last entry *créer un nouveau projet* (step 2) and click on *[créer un nouveau projet en 3D]* (step 3).

It is important to remember that always, after a choice, it is necessary to click on the symbol “v” on the right. Now (step 4) it is possible to insert the first information about the project like name, place, work, team and an image. In the end click on *[Créer]*.

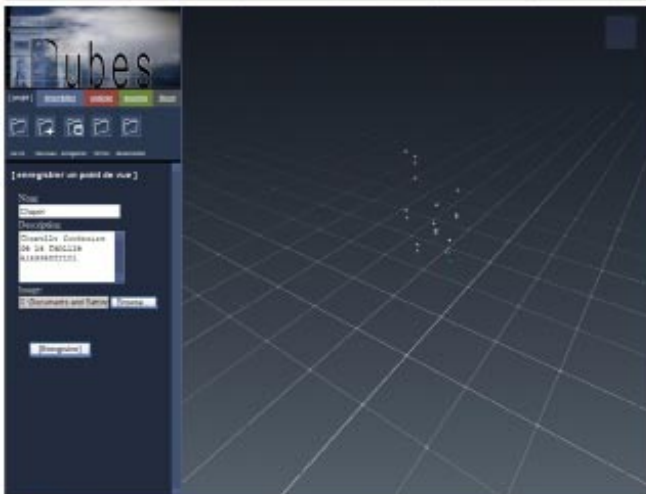
Now another click on *nouveau* and choose the new project just created. From the menu select *Créer une nouvelle décomposition* (step 5). Give a title and a description to the new composition (step 6). This is because every project can have more than one composition. Click on *[Créer]* to go to the next step (step 7).

This part is really important because the bases for the 3D entitys will be created. It will be created a *Repere*, a special landmark which will be given a representation through its corresponding 3D. Therefore in the next step for every point a 3D entity will be associated, but to do this it is really important that the coordinates x, y and z of the *Repere* are the same coordinates as those of the 3D entity *center pivot*.

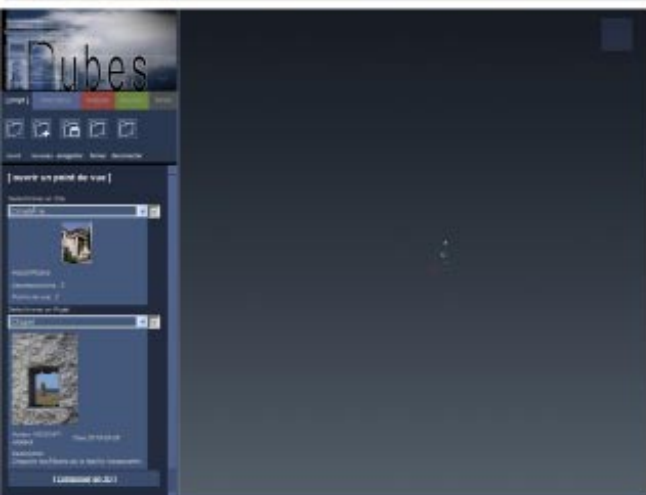




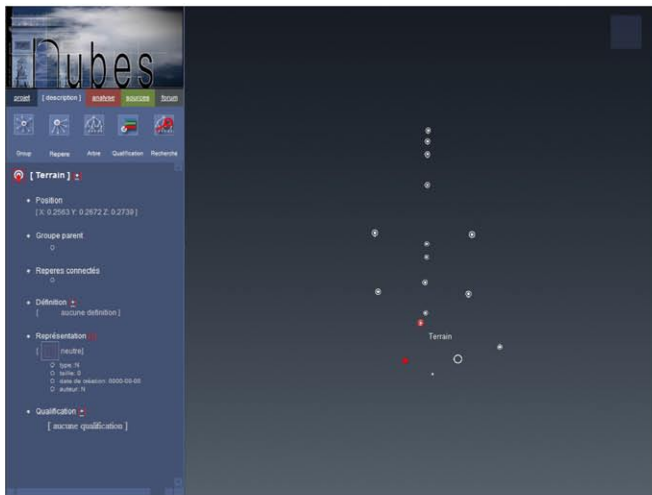
One project and one composition was created and the points that appear on the scene are the *Reperes* of the composition. They do not have any informations associated, nor any representations.



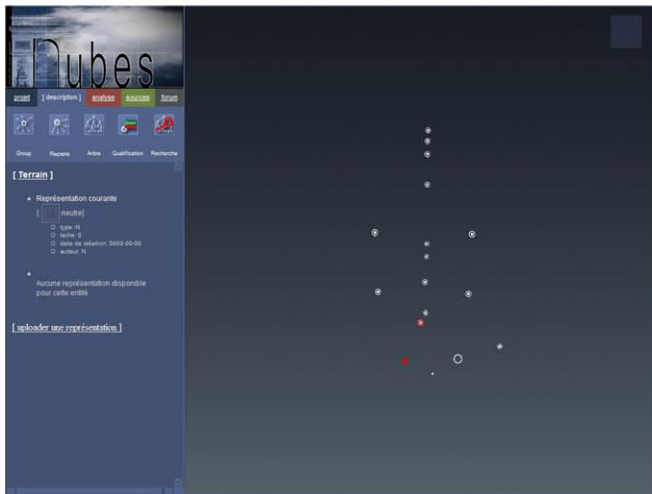
First to associate the 3D representation it is necessary to save this new point of view (every project can have more than one point of view because it can have more than one representation and different informations associated). So, on the menu *projet* select *enregistrer*, write a name, a description, choose an image to upload and *Enregistrer* the new point of view. Close the project with *Fermer*.



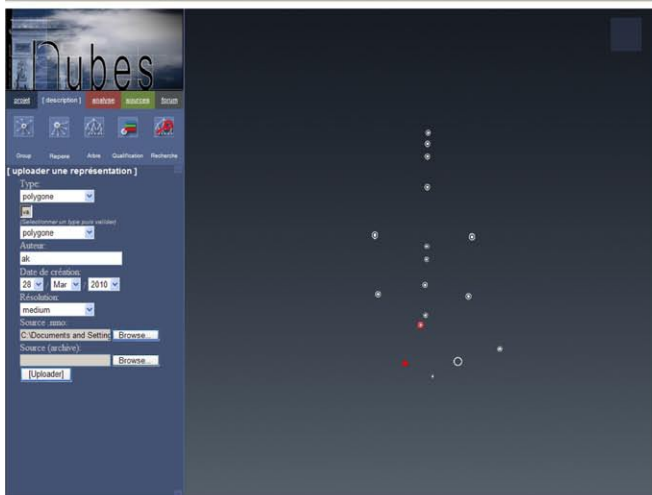
Open the new point of view: [*ouvrir* > *Selectionner un Site* > *Selectionner un Projet* > *composer en 3D*].



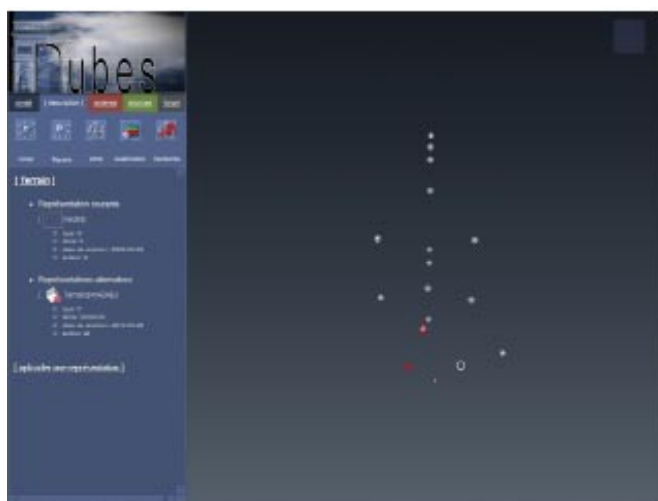
Selecting one *Repere*, it is possible to read near its name and on the left window all informations about it. To upload the 3D object click on the symbol [+] near the written *Représentation*.



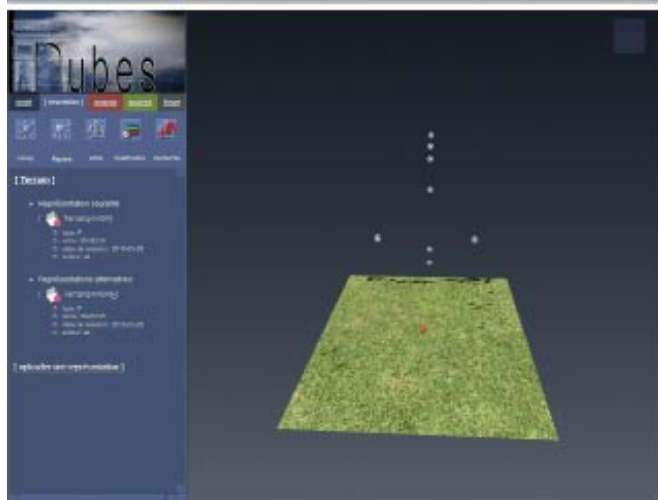
Click on [*uploader une représentation*] to open the next window.



Here insert the requested information and click *Browser* to choose the file .nmo to upload. In the end click on [*Uploader*].



Now click once more the *Reper Terrain* and on the left window select the symbol under the written *Représentations alternatives*.

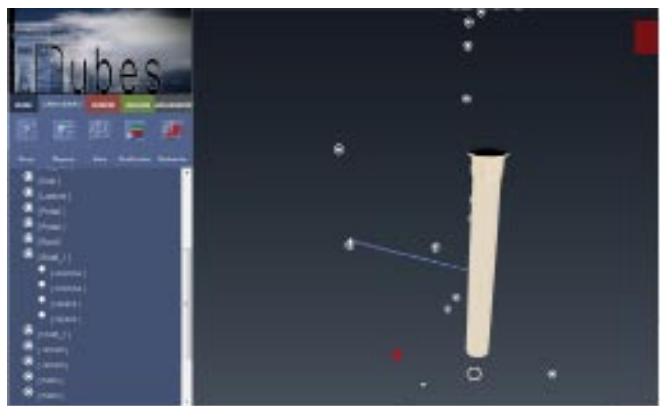


On the scene appears the 3D object.



Repeat the procedure for all objects.

To save the changes of the point of view click on *enregistrer*, fill in *Nouveau Nom*, *Nouvelle Description*, *Nouvelle Image* and click on *Mettre à jour* to save with another name, or only click on the button *Enregistrer* to replace.



It is important that during the steps the hierarchy structure of the model was lost. It is possible to rebuild it in Nubes grouping the 3D elements in Groups.

ALLEGATO B

A GRAPH FOR DESCRIBING THE ARCHITECTURE

B.1 Introduction

The first period of stage was conducted from 09 November 2009 to 18 December 2009 at the Laboratory UMR 3495 CNRS/MCC MAP-Gamsau, “Modèles et simulations pour l’Architecture, l’urbanisme et le Paysage,” Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Marseille .

The theme of research has been chosen with the tutor Monsieur Livio De Luca and it is focused on the possibility of improving the knowledge of architecture through the interrogation of three-dimensional model and related information.

We have immediately established that the final interaction with the 3D model will be via the web, specifically through an online software, Nubes, created by researchers of the laboratory.

The last frontier of the web is the semantic web. Ontologies, web ontology language and graphs allow the creation of databases and languages that are used to make semantic web.

The first question that has arisen, and that started the research was:

“may ontologies, or a graph, explain a building and improve the level of information associated with it?”.

To answer this question, it was necessary the first clarify the meanings of the terms “ontology” and “graph”, often used incorrectly, to understand the technologies that allow to develop new a databases.

B.2 Arguments’ study and the state of the art

Study the meanings of the terms “ontology”, “graph” and words often associated with “thesaurus” or “taxonomy”. Through case studies published on the web understand the potential and usability of these new tools.

To learn more about each of the two arguments, try to answer questions like:

- What are ontology and graphs?
- How to build them?
- How to edit them?

The research mainly consisted in consulting various internet sites and testing of some software and applications.

The starting points are some questions like:

- 1) What is an ontology?
- 2) How to build an ontology?
- 3) How to edit an ontology?
- 4) How to visualize an ontology?
- 5) How to navigate through an ontology?
- 6) Can we explain a building with an ontology?
- 7) How to visualize and navigate a graph?
- 8) What is the relationship between graphs and XML file format?
- 9) Are there viewers in Java, Flash or Flex?
- 10) How is it possible to connect the graph with the 3D object?

B.3 Thesaurus

The word thesaurus is the name that is used to denote a collection of terms that have in common some meanings. A thesaurus is a list of words grouped together according to similarity of meaning.

In computing the thesaurus is the set of keywords that gives access to a database or vocabularies (with lists of synonyms) associated with word processors. The main feature of a thesaurus is its ability to facilitate the search terms by general categories.

In information technology, a thesaurus represents a database or a list of search keys words. The terms are the basic semantic units for conveying concepts. They are usually single words.

“Term relationships” are links between terms. These relationships can be divided into three types: hierarchical, equivalency or associative.

An example: <http://www.cs.utexas.edu/users/jared/aiksaurus/index.cgi?lookup=>

B.4 Taxonomy

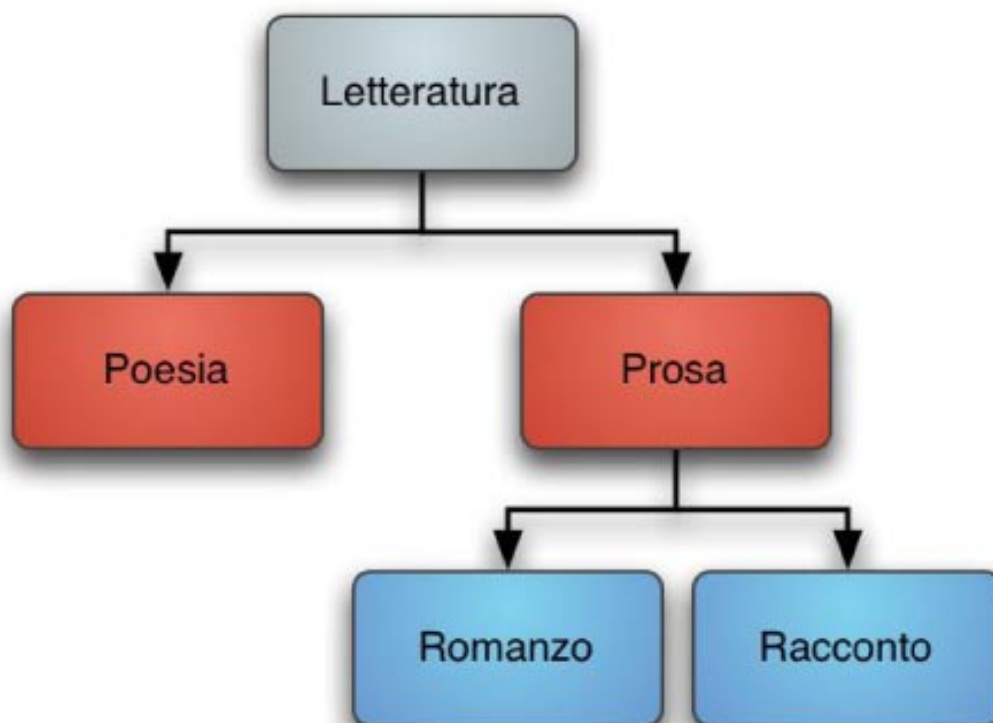
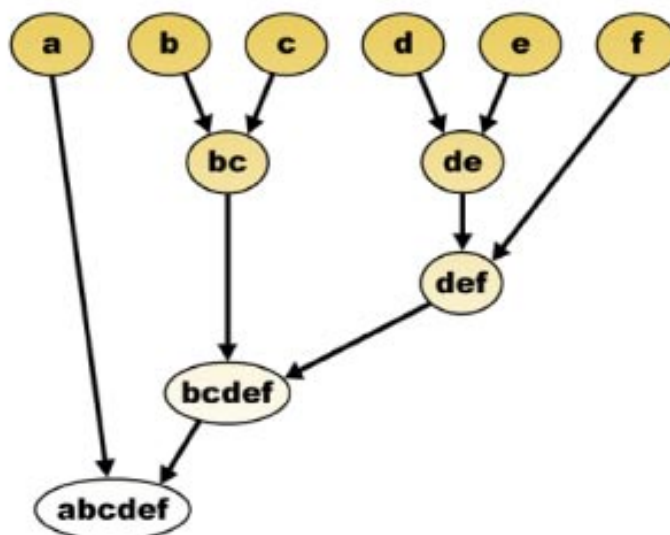
Taxonomy is the practice and science of classification.

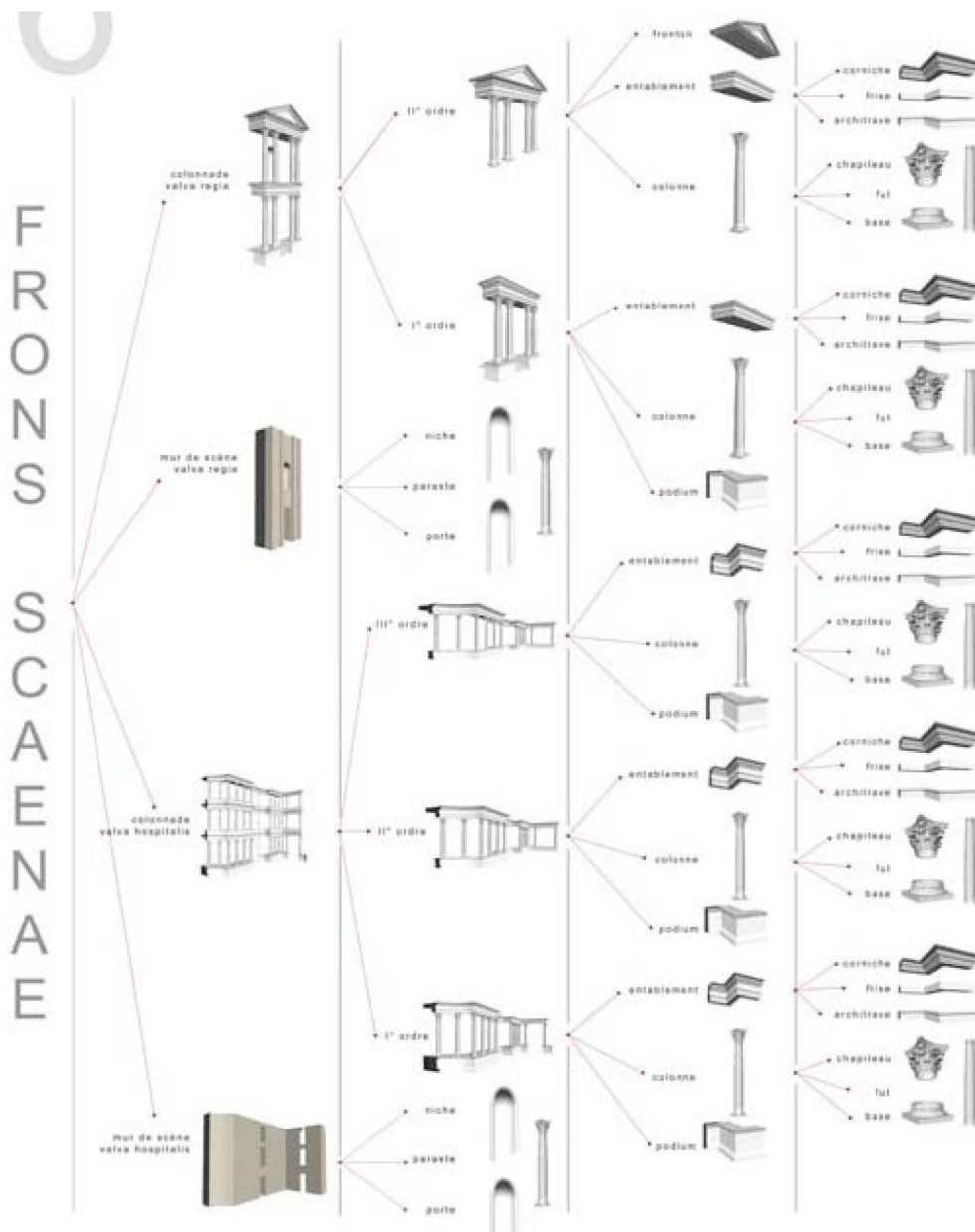
The word is also used as a count noun: a taxonomy, or taxonomic scheme, is a particular classification (“*the taxonomy of ...*”), arranged in a hierarchical structure. Typically this is organized by supertype-subtype relationships, also called generalization-specialization relationships, or less formally, parent-child relationships.

A taxonomy might also be a simple organization of kinds of things into groups, or even an alphabetical list. However, the term vocabulary is more appropriate for such a list.

Here is a software: <http://lcl2.di.uniroma1.it/termextractor/> (FREE software package for erminology Extraction). The software helps to extract relevant domain terms in their interest domain.

Two examples of hierarchical structuration:





Hierarchical structuration of the architectural elements of a Roman Theatre. From: Semantic-based modelling and representation of patrimony buildings, Livio De Luca, Philippe Véron, Michel Florenzano.

B.5 What is an ontology?

The term ontology has been applied in many different ways, but the core meaning within computer science is a model for describing the world that consists of a set of types, properties, and relationship types. Exactly what is provided around this varies, but this is the essential of an ontology. There is also generally an expectation that there is a close resemblance between the real world and the features of the model in an ontology.

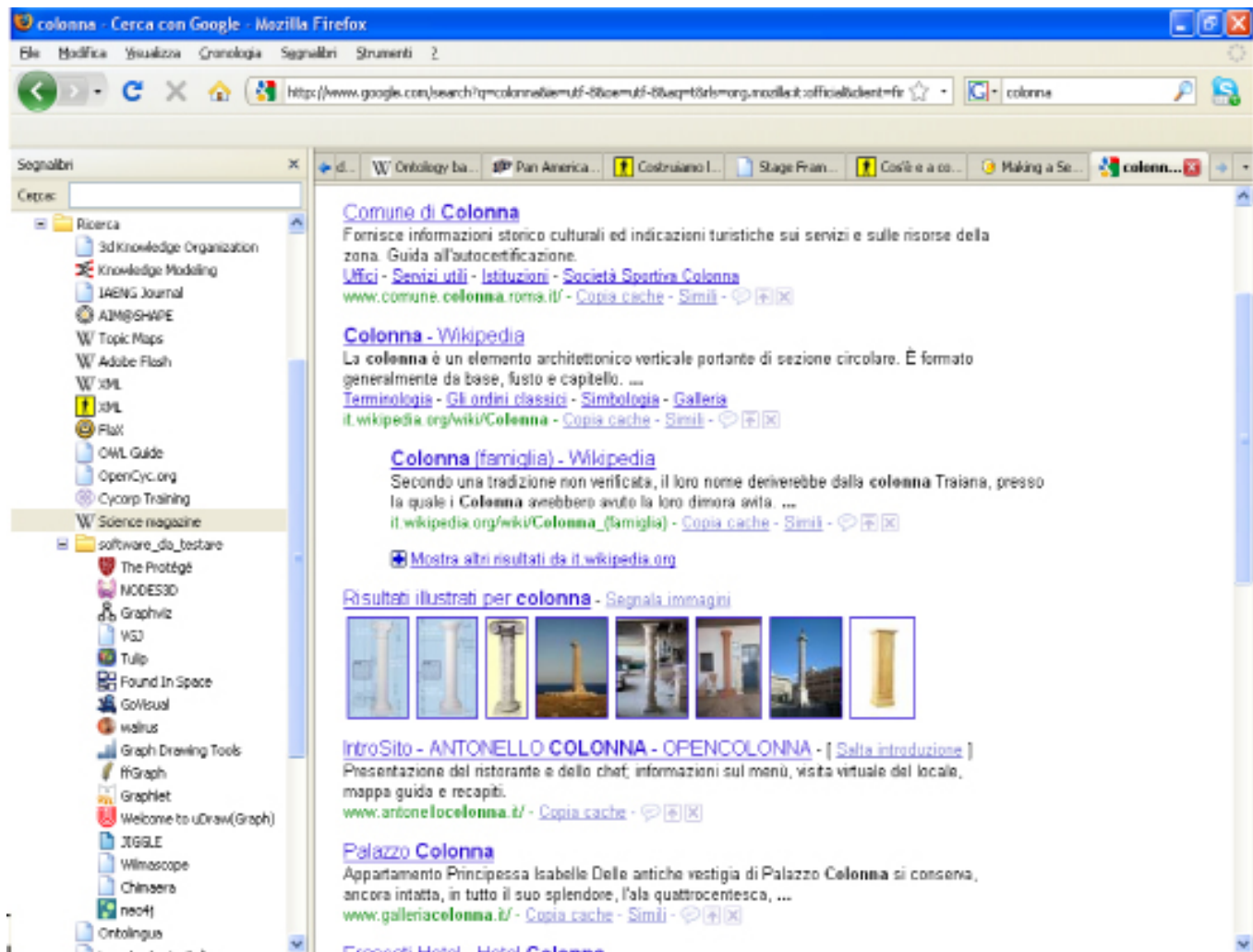
Ontologies have open vocabularies.

B.6 Why use an ontology?

An easy example to understand: if we search in internet the word “colonna”, it gives us the results: (give as the results in image below).

These are the answers to a simple query.

But if we are looking for a specific column of a particular Roman temple (and we do not know the name of the temple) we need to ask something to specify the research.



We need to focus on the research.

We need to specify for example:

- which is the style of the column:
 - doric
 - ionic
 - corinthian
 - ...
- the period of interest is from ... to ...
- etc.

In this way, we do not seek information using keywords as a single (column) or two concepts side by side (column-ionic). But this is possible if the data structure is properly organized.

All this depends on the scheme that was chosen to store informations.

We may have facilities describing and automating the existing links between data, but we need three key levels. At the lowest level we have the data, metadata and the transfer of these data to the concepts of a schema. The schema (called ontology) creates relations between concepts, which become classes of datas.

B.7 Ontology components

Common components of ontologies include:

Individuals: instances or objects.

Classes: sets, collections, concepts, types of objects, or kinds of things.

Attributes: aspects, properties, features, characteristics, or parameters that objects (and classes) can have.

Relations: ways in which classes and individuals can be related to each another.

Function terms: complex structures formed by certain relations that can be used in instead of an individual term in a statement.

Restrictions: formally stated descriptions of what must be true in order for some assertion to be accepted as input.

Rules: statements in the form of an if-then (antecedent-consequent) sentence that describe the logical inferences that can be drawn from an assertion in a particular form.

Axioms: assertions (including rules) in a logical form that together comprise the overall theory that the ontology describes in its domain of application. This definition differs

from that of *axioms* in generative grammar and formal logic. In those disciplines, axioms include only statements asserted as a priori knowledge.

Events: the changing of attributes or relations.

B.8 Ontology languages

An ontology language is a formal language used to encode the ontology. There are a number of such languages for ontologies, both proprietary and standards-based.

OWL is the most important, it's a language for making ontological statements, developed as a follow-on from RDF (based on XML) and RDFS, as well as earlier ontology language projects including OIL, DAML and DAML+OIL. OWL is intended to be used over the World Wide Web, and all its elements (classes, properties and individuals) are defined as RDF resources, and identified by URIs.

B.9 How to edit an ontology?

Ontology editors are applications designed to assist in the creation or manipulation of ontologies.

Some examples:

Chimaera: web service by Stanford;

CMapTools: Java based ontology editor from University of Florida, supports numerous formats;

DOME (DERI Ontology Management Environment): Eclipse-based, open-source;

HOZO: Java-based, graphical editor especially created to produce heavy-weight and well thought out ontologies, from Osaka University and Enegate;

Java Ontology Editor (JOE);

KAON: single user and server based solutions possible, open source, from IPE Karlsruhe;

KMgen: Ontology editor for the KM language. KM: The Knowledge Machine;

Knoodl: free web application/service that is an ontology editor, wiki, and ontology registry. Supports creation of communities where members can collaboratively import, create, discuss, document and publish ontologies. Supports OWL, RDF, RDFS, and SPARQL queries. Available since early Nov 2006 from Revelytix;

LinKFactory: Java-Based, commercial ontology editor, collaborative multi-user support, highly scalable (several millions of knowledge objects), full support for OWL, minimal processing time, allows a multilingual approach, from Language and Computing;

Model Futures OWL Editor: free;

MyWeb: Java-based, mySQL connection, bundled with applet that allows online browsing of ontologies;

NeOn Toolkit: Eclipse-based, open source, OWL support, several import mechanisms, support for reuse and management of networked ontologies, visualization, etc., from NeOn Project;

OilEd: Java-based, downloadable, GPL, many users, from the University of Manchester;

Protégé: Java-based, downloadable, open source, many sample ontologies, from Stanford University;

Swoop: Java-based, downloadable, open source, OWL Ontology browser, from the University of Maryland;

Synaptica: ontology, taxonomy and thesaurus management software available from Factiva from Dow Jones. Web based, supports OWL and SKOS;

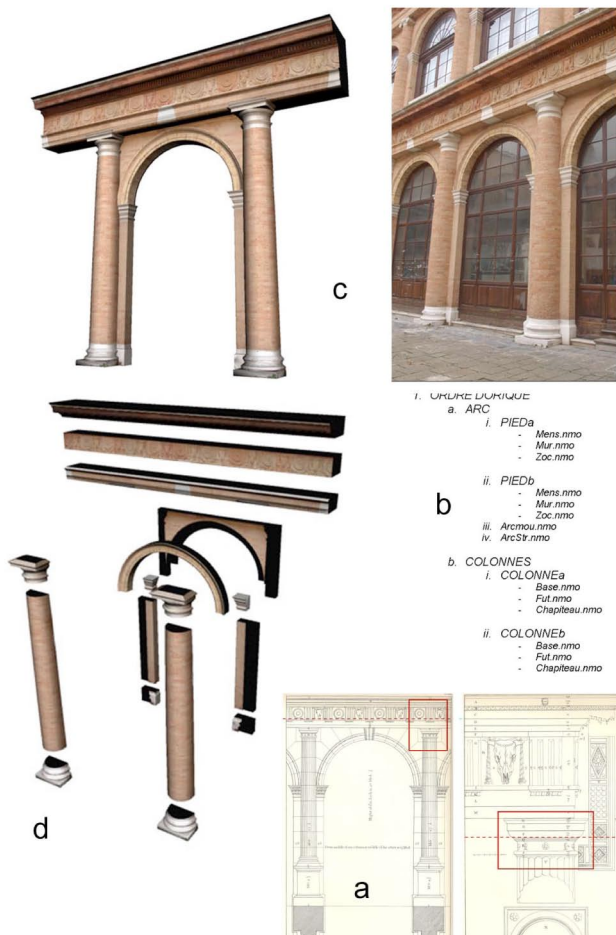
TopBraid Composer: Eclipse-based, downloadable, full support for RDFS and OWL, built-in inference engine, SWRL editor and SPARQL queries, visualization, import of XML and UML, from TopQuadrant.

B.10 How view an ontology?

The image shows the Protege 3.3.1 interface with several panels. On the left, the 'System Categories Hierarchy' is visible, showing a tree structure of categories like 'Application', 'Domain', 'Chemistry', 'E-Commerce', 'Engineering', 'Enterprise', and 'Medical'. The 'Ontology Browser' in the center displays a table of ontologies with columns for 'Namespace' and 'Localname'. The 'Class Hierarchy' on the right shows a tree of classes for the selected ontology, including 'Class', 'Entity', 'Abstract', 'Individual', 'Property', 'Class', 'Agent', 'Collection', 'Region', 'Process', and 'FunctionalProcess'. Below the main interface, a large network graph is displayed, consisting of numerous nodes connected by edges, representing the ontology's structure. The nodes are color-coded and arranged in a complex, interconnected pattern.

B.11 How many and what problems are there to describe a building with an ontology?

- 1) A precise definition of the objectives
- 2) A good and efficient project about the system of architectural knowledge
- 3) A careful choice of visual browsers and programming languages



From: Semantic-based modelling and representation of patrimony buildings, Livio De Luca, Philippe Véron, Michel Florenzano.

B.12 A depth study about graphs

Having understood what graphs and ontology are, we have decided that a graph associated with a 3D model would be able to describe a building.

The study about graphs has been thorough to test the hypothesis.

In particular the study has been made about graphs written in Java language, that allows interaction with HTML pages.

B.13 Software to visualize graphs

Among all the many software found online it has been selected and focused only on those written in Java and/or open source:

JDigraph - JDigraph is a Java library for representing and working with directed graphs and paths. The API is patterned after the Java collections API.

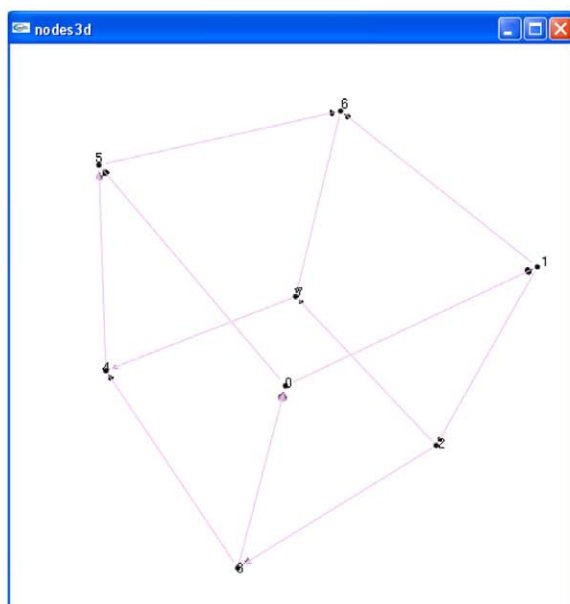
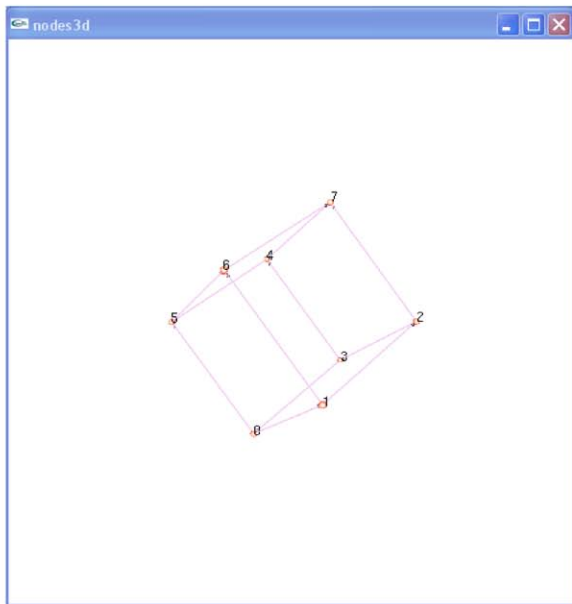
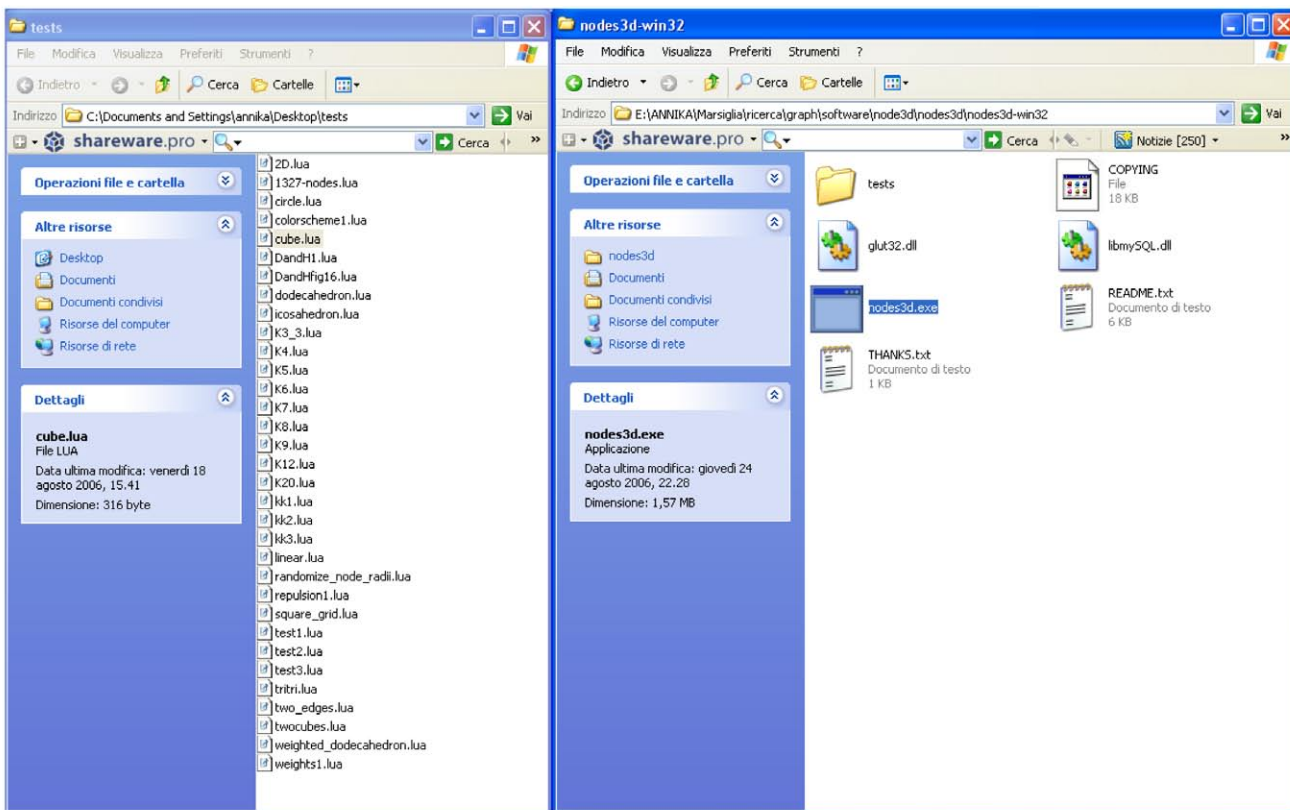
WilmaScope - WilmaScope is a Java3D application which creates real time 3d animations of dynamic graph structures. Currently supported features include: Basic graph components (nodes & edges), Text labels, Translucent clusters of nodes, repulsion between nodes, long-range attraction to the origin, “field” orientation for directed edges and a planar force to squash graphs onto $z=0$. Visualizations with an additional dimension.

TouchGraph - TouchGraph provides a hands-on way to visualize networks of interrelated information. Networks are rendered as interactive graphs, which lend themselves to a variety of transformations. By engaging their visual image, a user is able to navigate through large networks, and to explore different ways of arranging the network's components on screen.

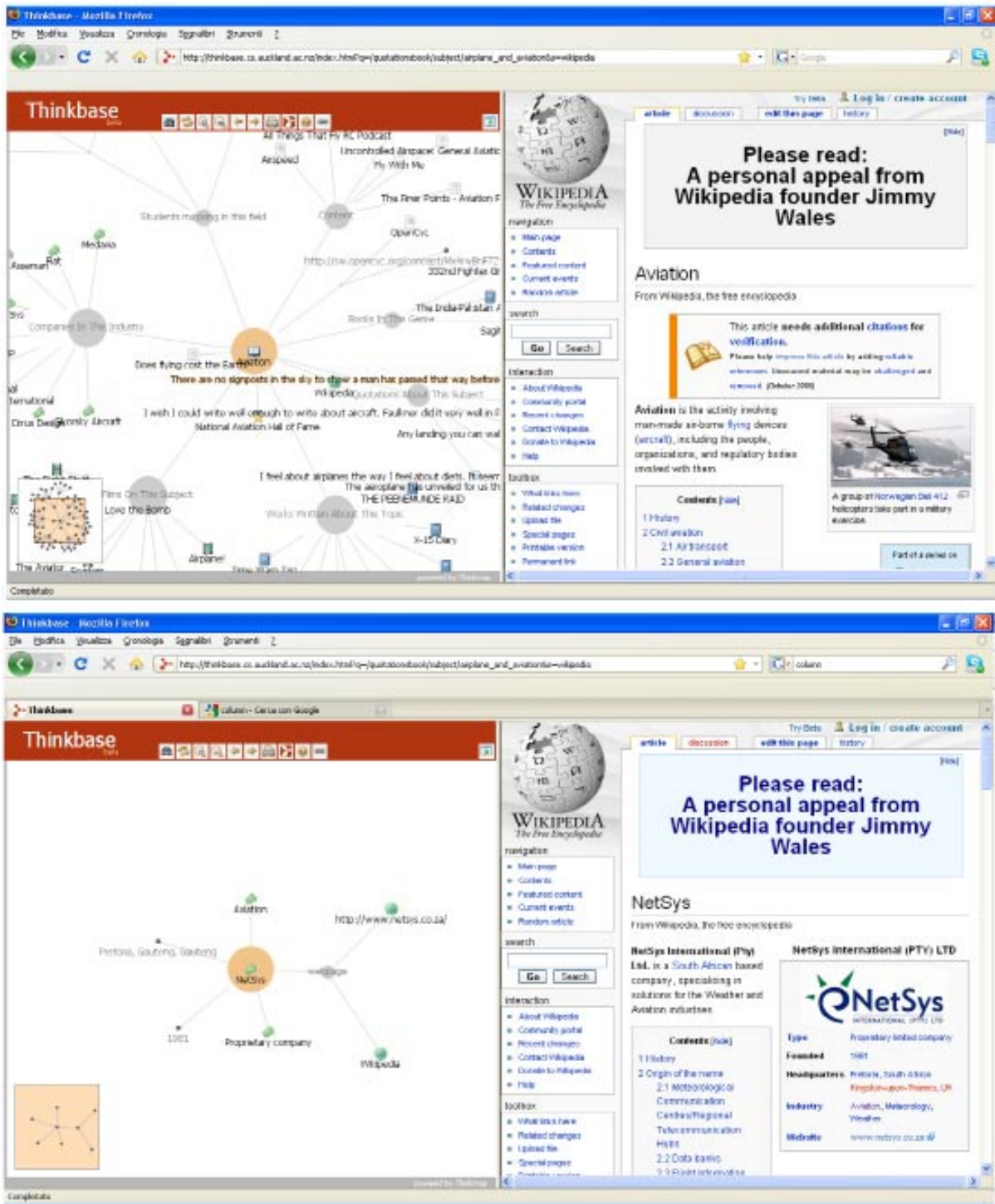
GVF - The Graph Visualization Framework is a set of Java 2 packages that can serve as a foundation for applications that either manipulate graph structures or visualize them. The libraries implement several basic modules for input,

graph management, property management, layout, and rendering. Layouts include Reingold-Tilford (hierarchical - adapted for DAG's), Fruchterman-Reingold (force-directed), Radial, Ring, Barycentric, Random. Add your own Pluggable layouts, metrics, clusterings, coloring. Reads GML, GraphXML, and CNS (Newick Format). Focus+context "fish-eye" interaction.

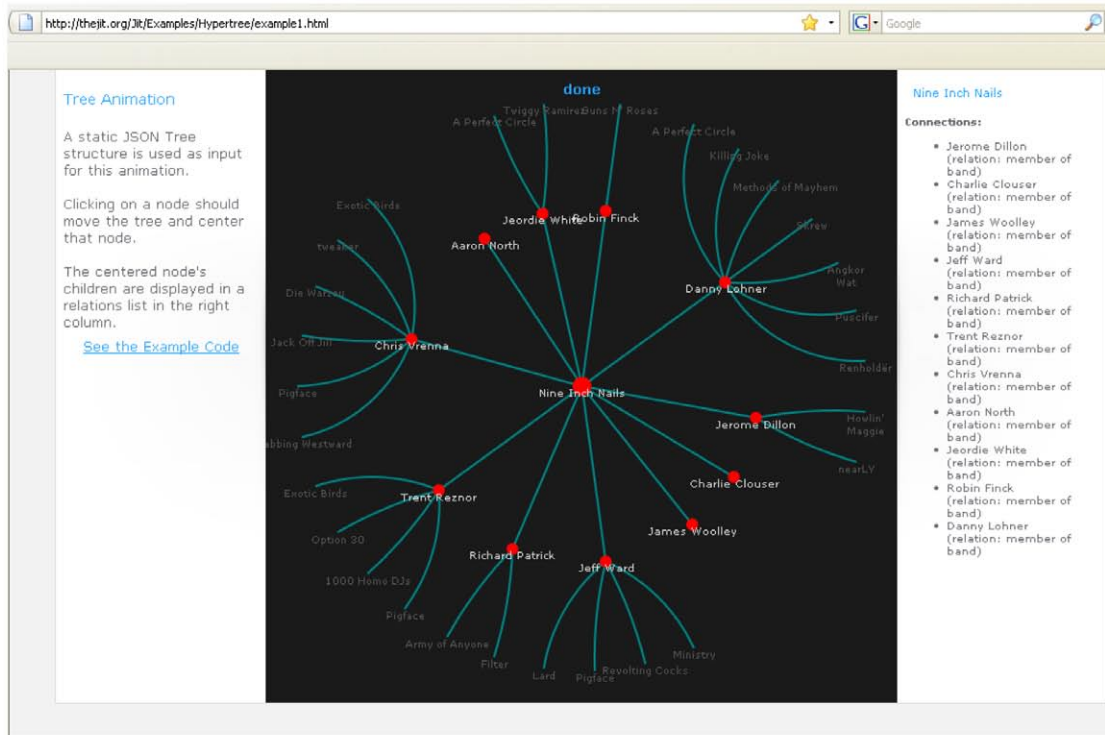
VGJ - Visualizing Graphs with Java (VGJ) is a tool for graph drawing and graph layout. VGJ has two major components: the graph editor and the layout algorithms. Layout algorithms are being developed and implemented to layout different categories of graphs such as trees, planar graphs, directed and undirected graphs, and series-parallel graphs. For the directed graphs, the drawing method uses a unique graph-grammar decomposition to identify intrinsic substructures (clans) in the graph. The method provides for a two-dimensional analysis of the graph while the typical approach to drawing digraphs uses the single dimension, level, to arrange the nodes.



Example 1: *Nodes3D* - software to view graphs and move them in 3D space



Example 3: Thinkbase – an example online of a graph and the connection between it and the Wikipedia's pages



```

data
var json = {
  "id": "347_0",
  "name": "Nine Inch Nails",
  "children": [
    {
      "id": "126510_1",
      "name": "Jerome Dillon",
      "data": {
        "band": "Nine Inch Nails",
        "relation": "member of band"
      },
      "children": [
        {
          "id": "52183_2",
          "name": "Howlin' Maggie",

```

```

Hypertree
var ht = new Hypertree(canvas, {
  //Change node and edge styles such as
  //color, width and dimensions.
  Node: {
    dim: 9,
    color: "#f00"
  },
  Edge: {
    linewidth: 2,
    color: "#088"
  },
  onBeforeCompute: function(node){
    Log.write("centering");
  },
  //Attach event handlers and add text to the
  //labels. This method is only triggered on label
  //creation
  onCreateLabel: function(domElement, node){
    domElement.innerHTML = node.name;
    addEvent(domElement, 'Click', function () {
      ht.onClick(node.id);
    });
  },
  //Change node styles when labels are placed
  //or moved.
  onPlaceLabel: function(domElement, node){
    var style = domElement.style;
    style.display = '';
    style.cursor = 'pointer';
    if (node._depth <= 1) {
      style.fontSize = "0.8em";
      style.color = "#fdd";
    } else if (node._depth == 2){
      style.fontSize = "0.7em";
      style.color = "#555";
    } else {
      style.display = 'none';
    }
    var left = parseInt(style.left);
    var w = domElement.offsetWidth;
    style.left = (left - w / 2) + "px";
  },

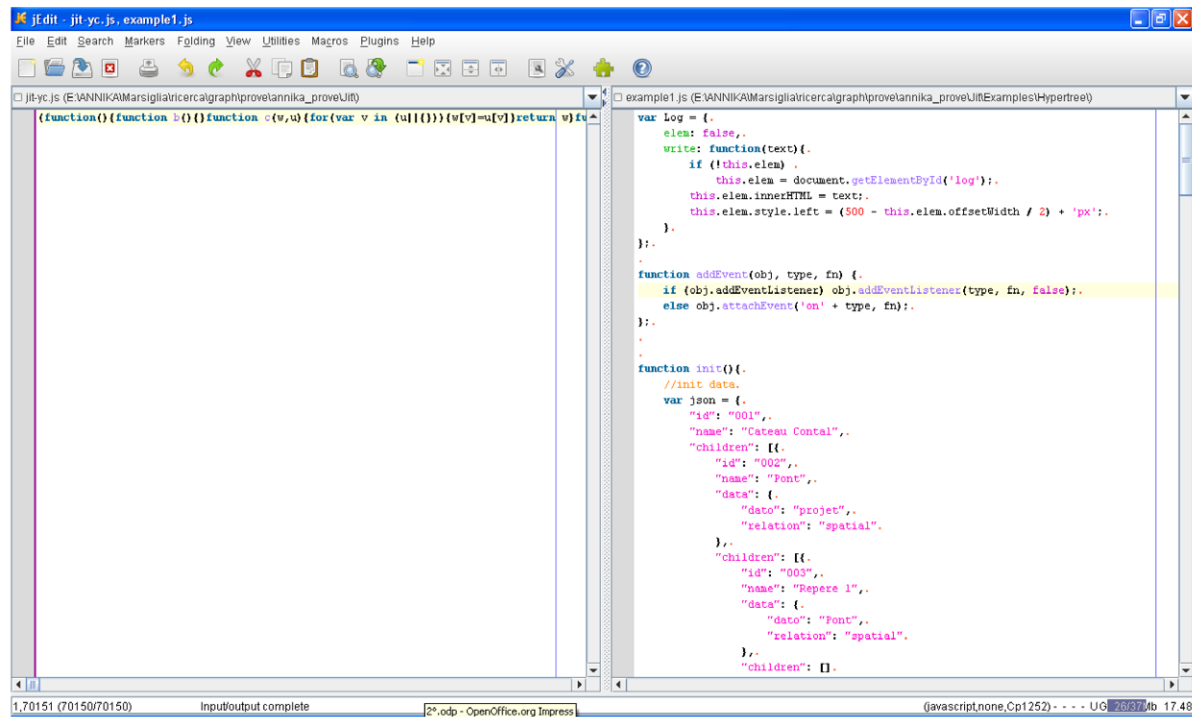
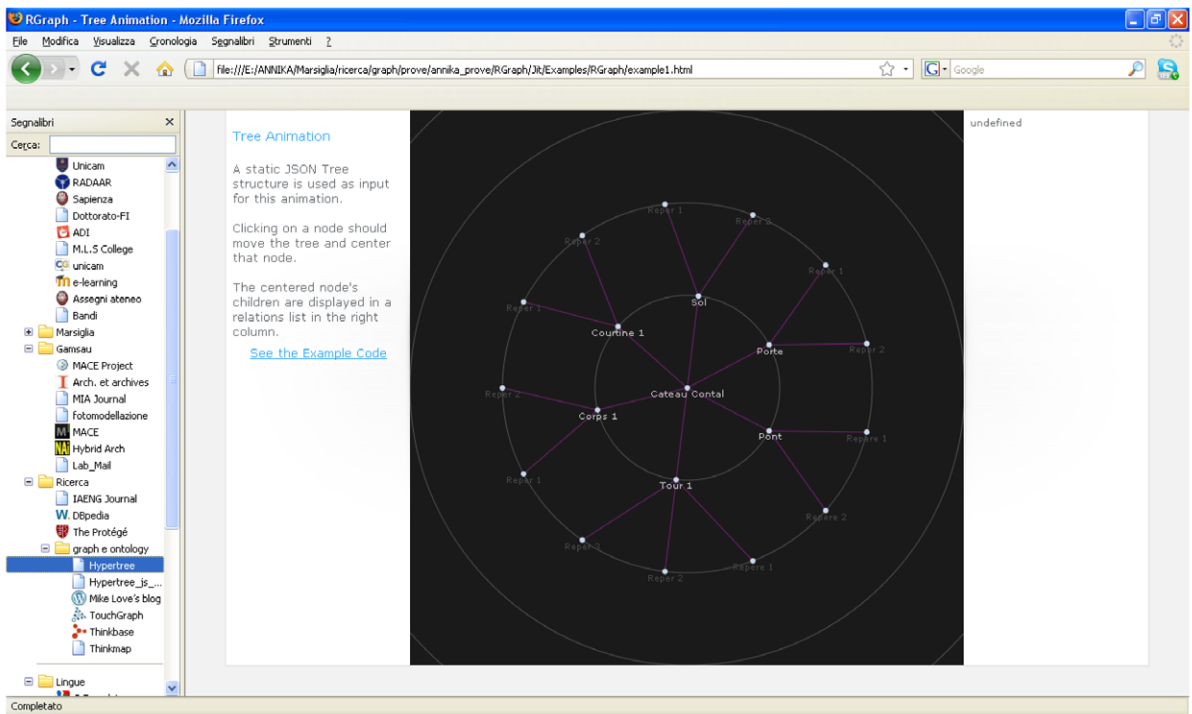
```

```

canvas
//Create a new canvas instance.
var canvas = new Canvas('mycanvas', {
  'injectInto': 'infovis',
  'width': w,
  'height': h
});

```

Example 4: Hypertree – the graph for our example. The .Js .Css and .html files are available and modifiable



Exemple 5: Hypertree – first adjustment

B.14 Integration between graph and 3D model

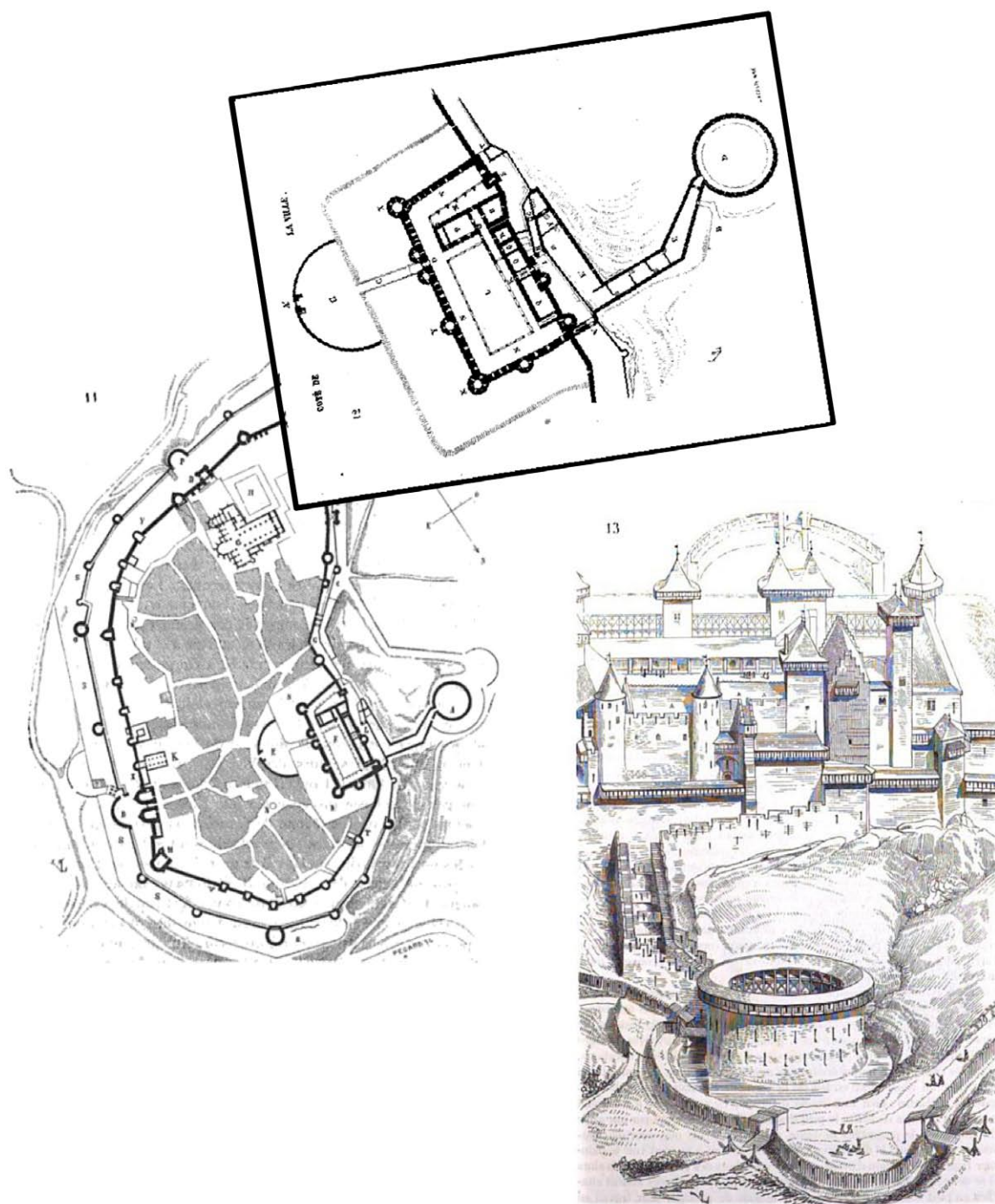
Among the studied graphs one was chosen for its simple graphic, written in Java and open source, so it can easily be modified.

To achieve the objective (describe and extend the knowledge of a building through a graph) a new web page was created, it is divided into two windows, in one is shown the graph, in the other the 3D model in Nubes.

There are three levels of knowledge displayed: the *spatial* construction of the building, the *definitions* of its component parts, the *qualifications* of the parties. For each level there is a graph, selectable by clicking the corresponding button.

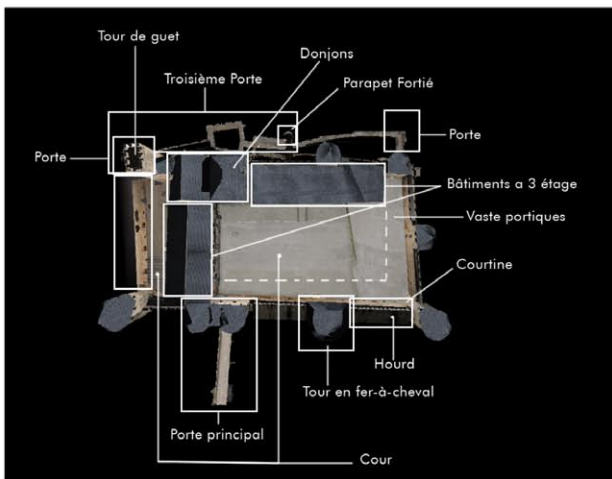
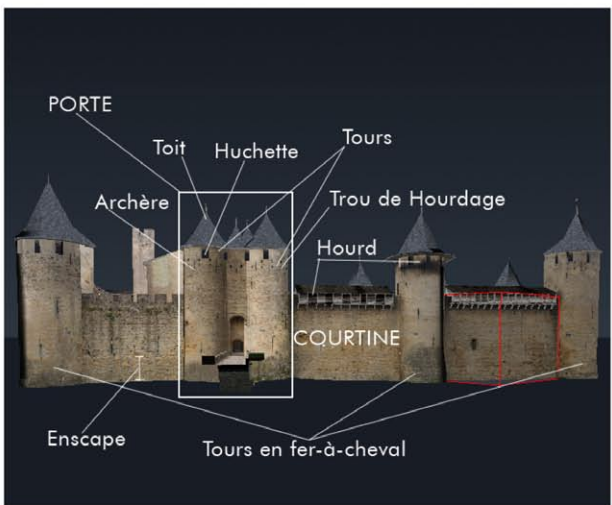
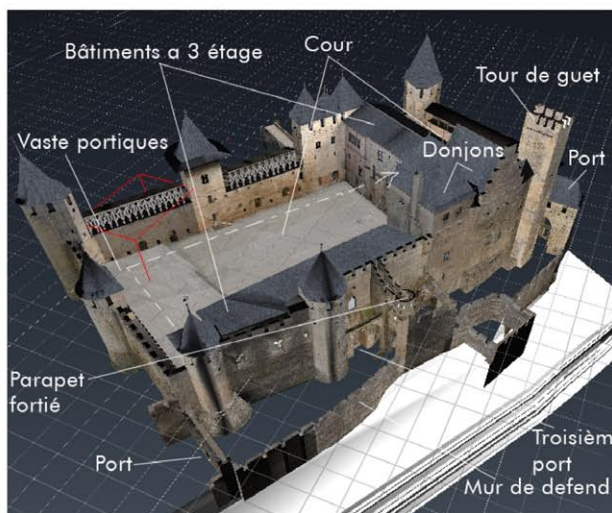
The graph is connected to the Nubes database.

The case of study is Château Comtal, Carcassonne, and its 3D model was previously created and inserted in Nubes.

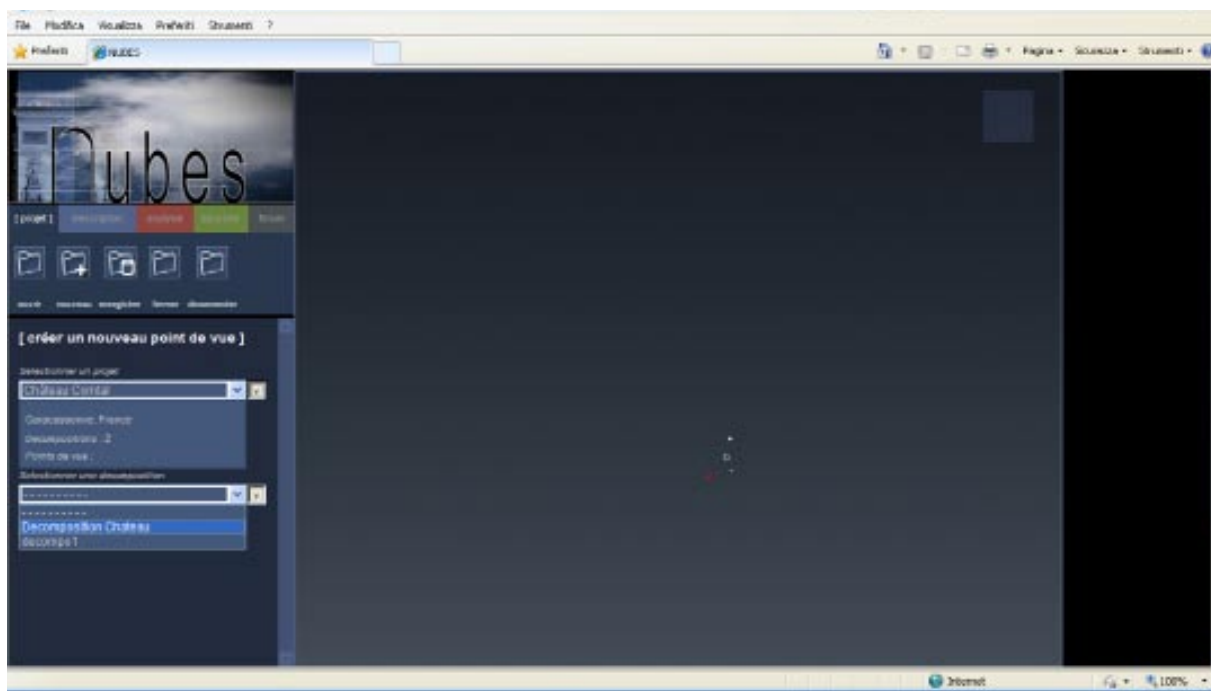


Informations about the castle of Carcassonne, consulting the texts:

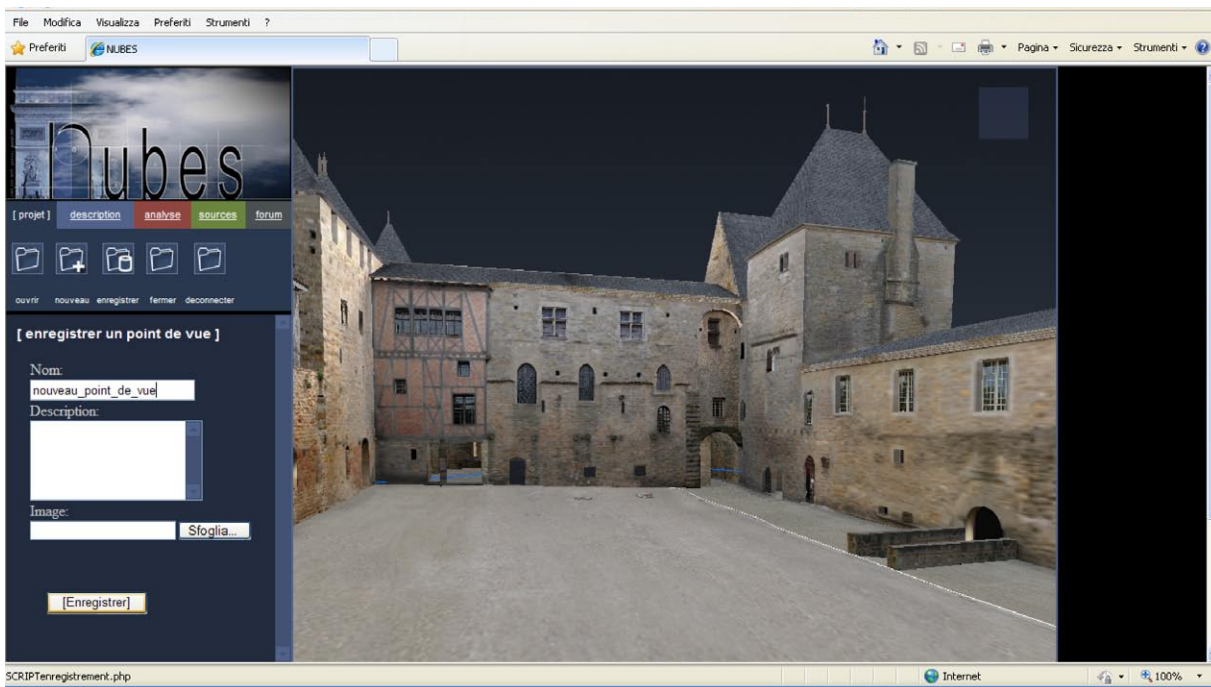
- Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI. au XVI. Siècle, Eugène Viollet-le-Duc
- Vocabulaire De L'Architecture, Jean-Marie Pérouse de Montclos



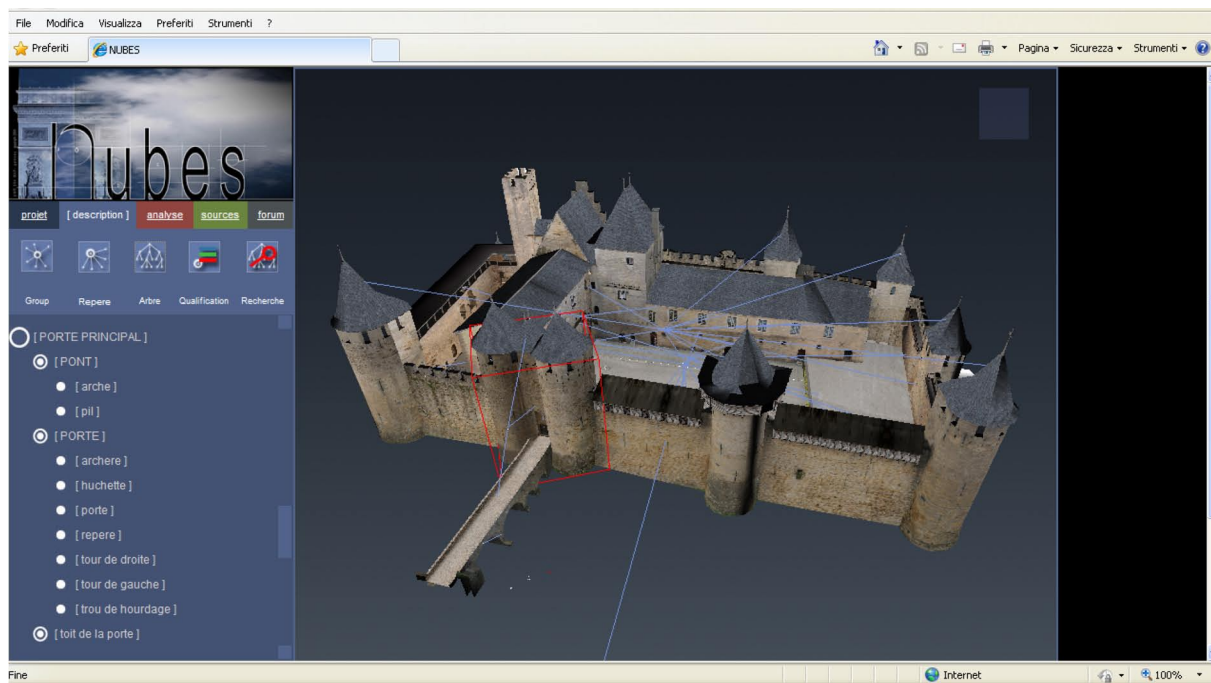
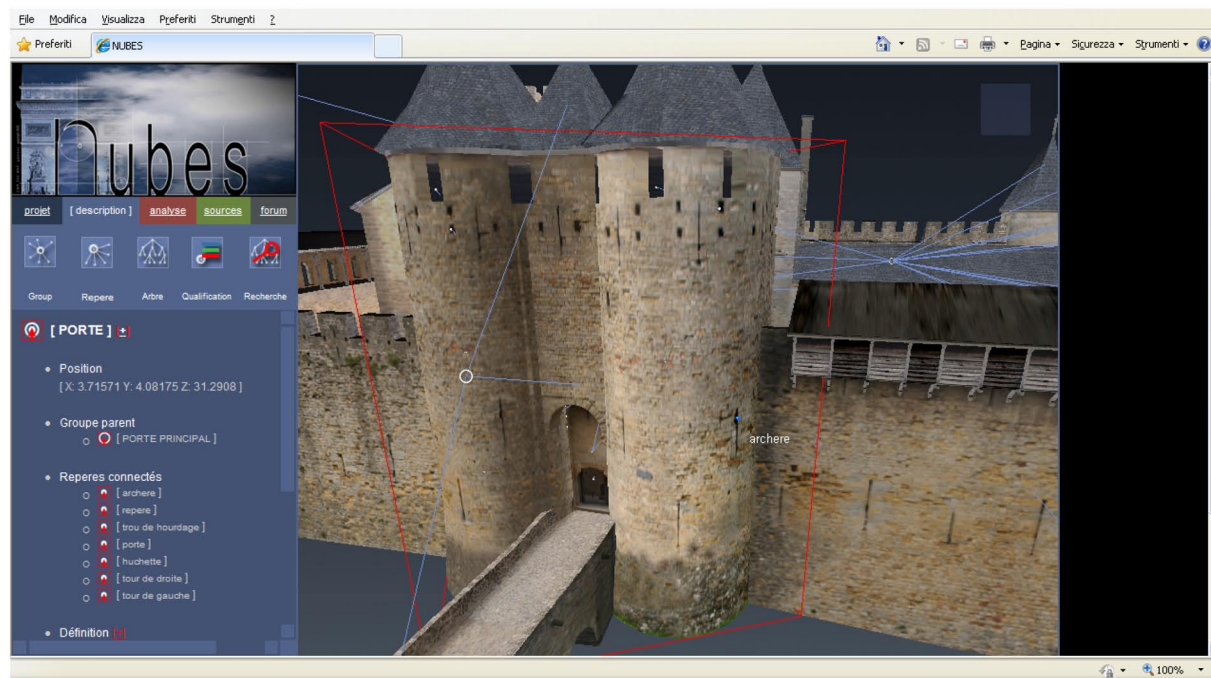
Decomposition of the Castle in groups of structural components and research of specific terminology to define the various parts.

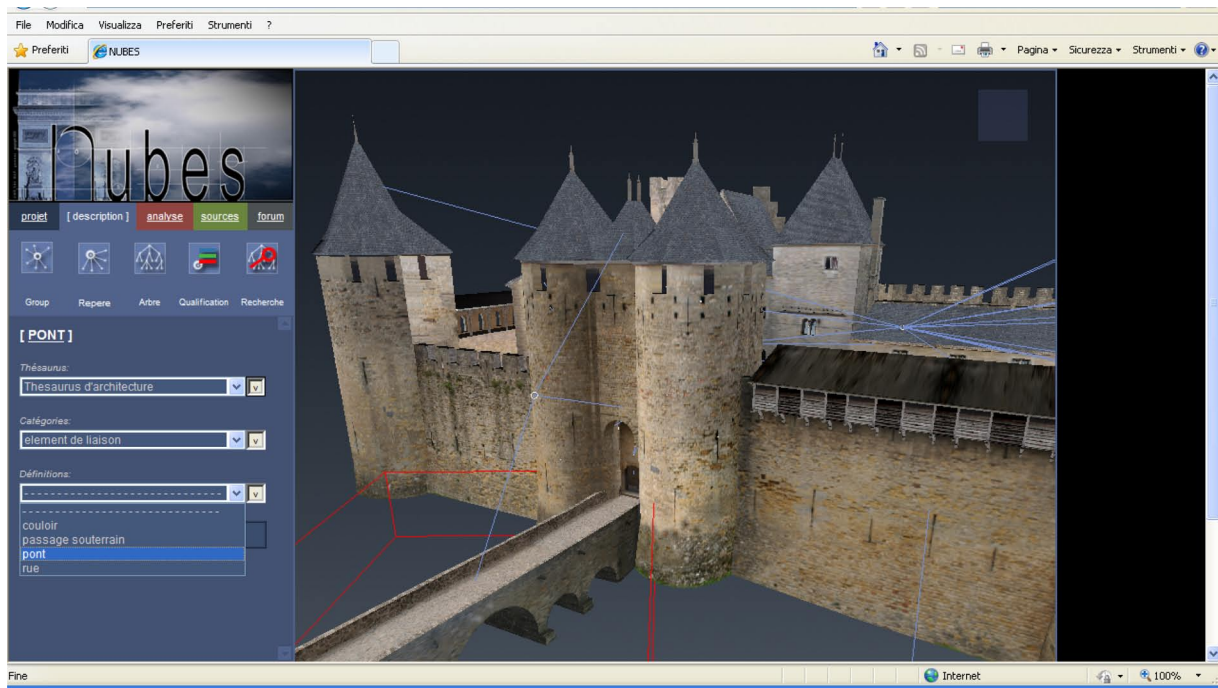


In Nubes *Création d'un nouveau point de vue*

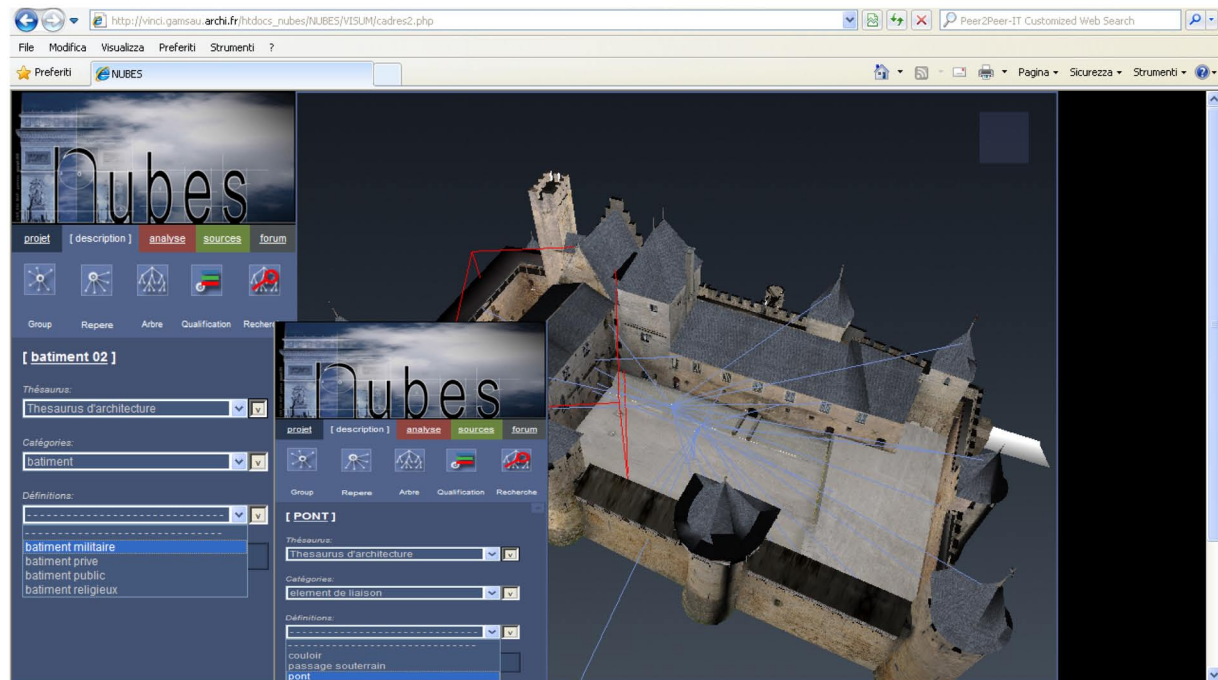


In Nubes *Enregistrement du nouveau point de vue*

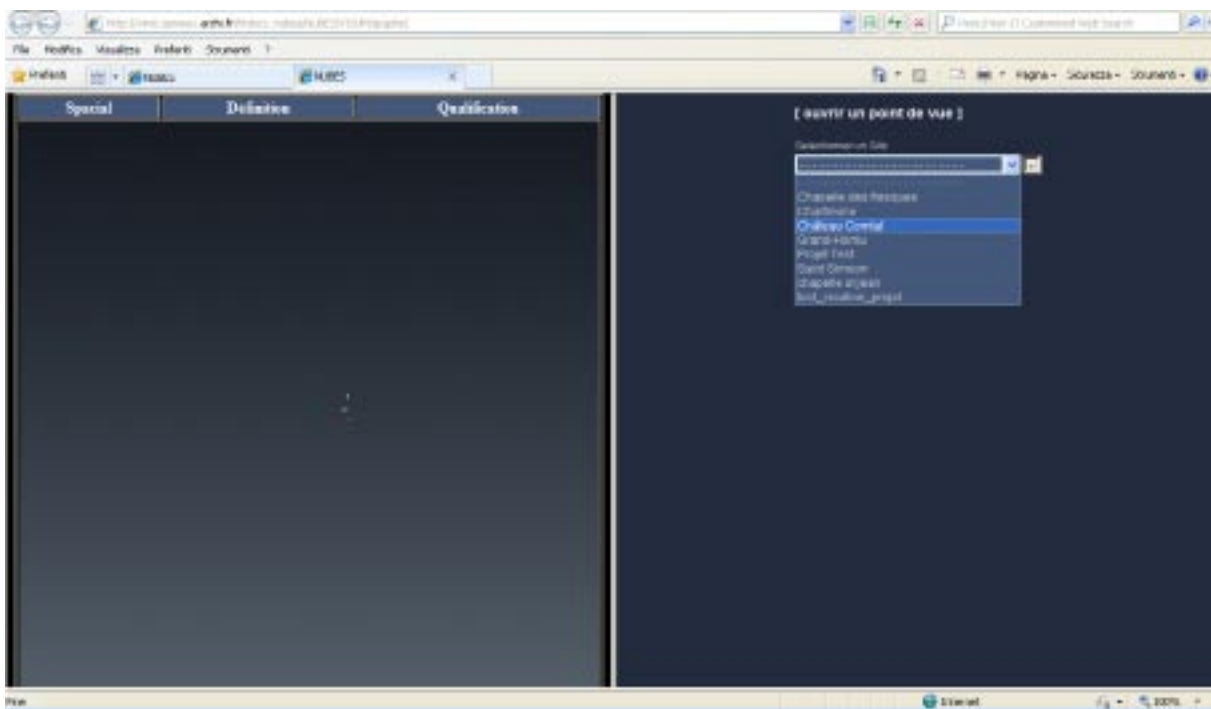
In Nubes *Création des groupes*In Nubes *Création des repères*



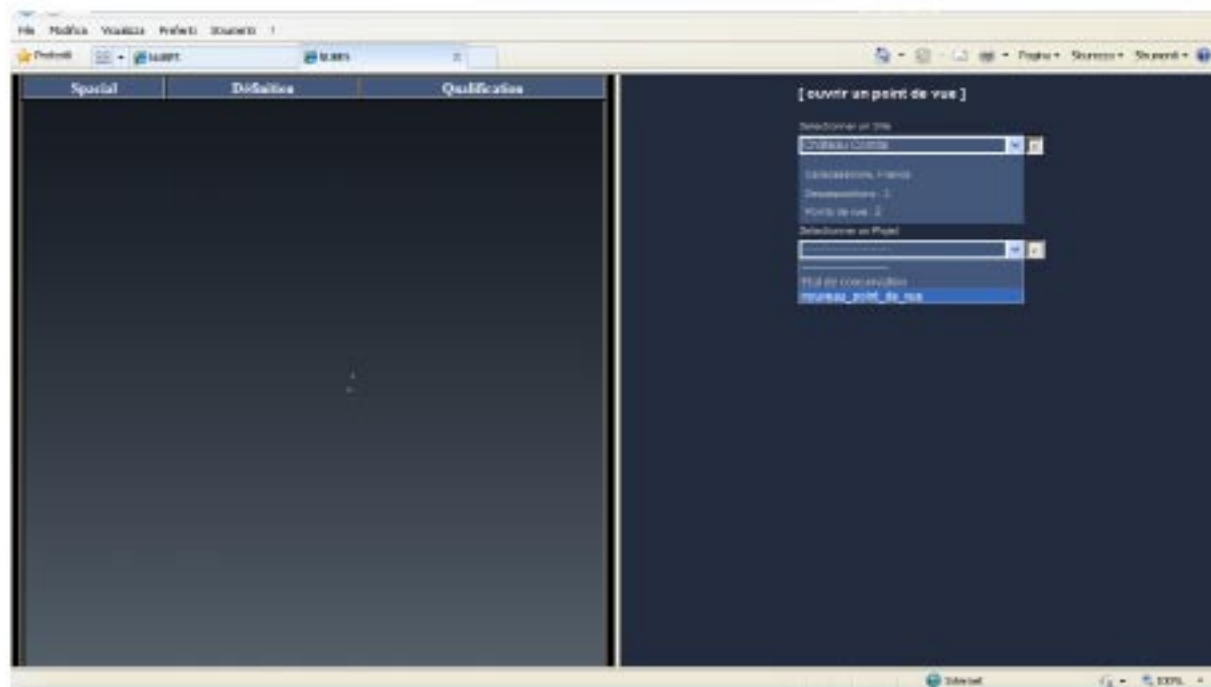
In Nubes Attribution des définitions



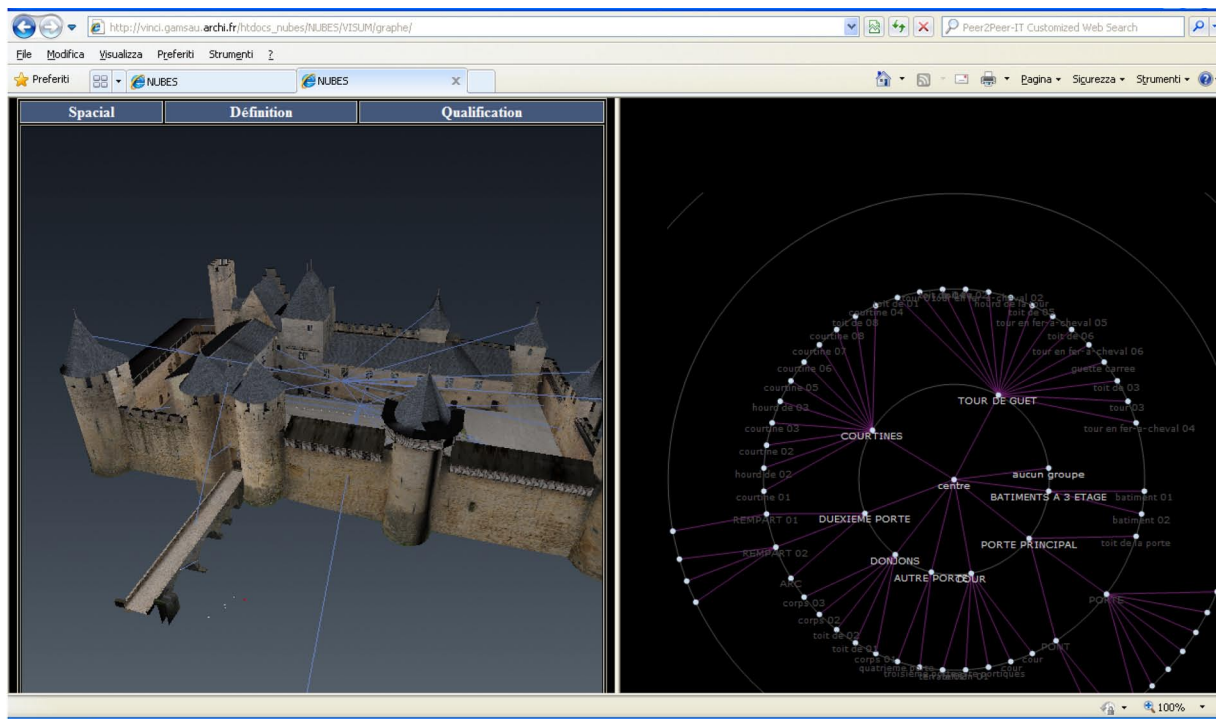
In Nubes Addition de quelques définitions utiles à la description du château



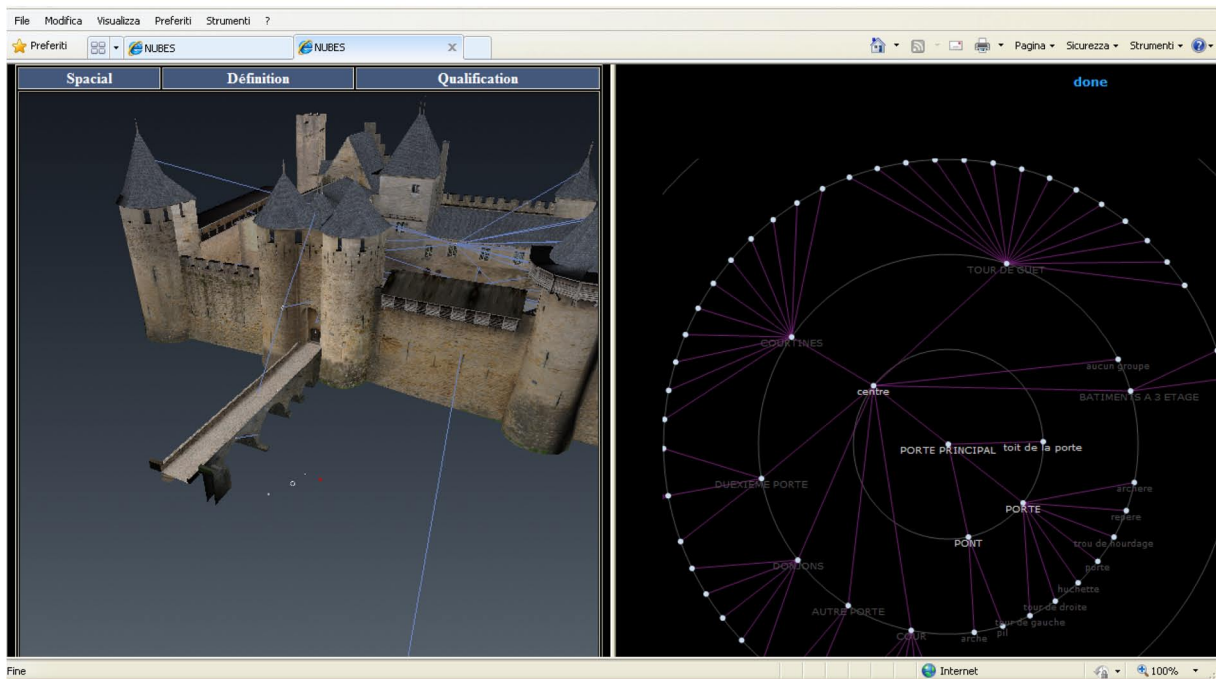
Nubes Graph



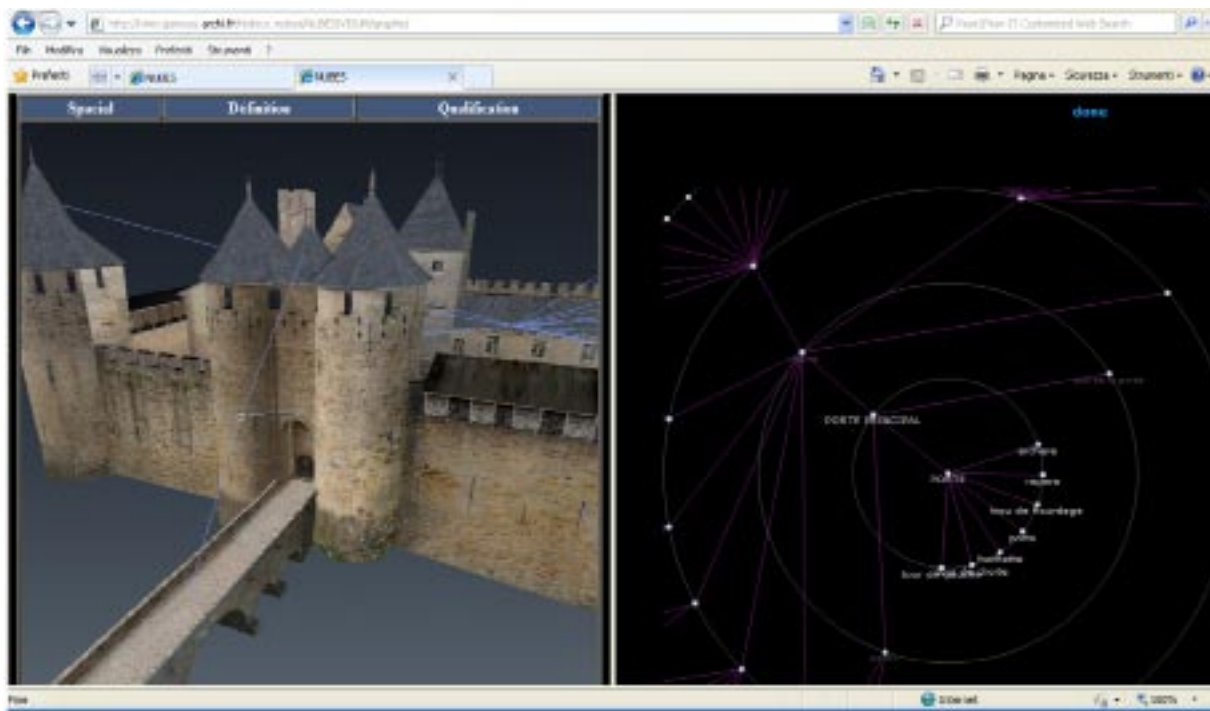
In Nubes Graph *Ouverture du point de vue*



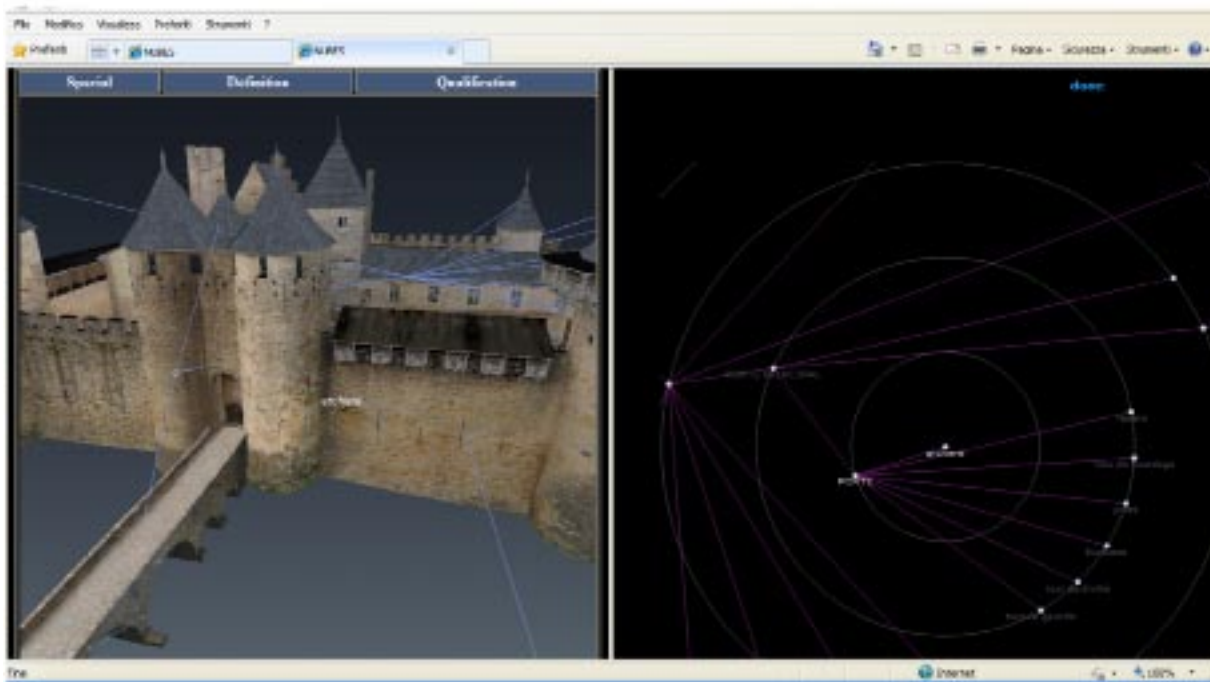
Nubes Graph: graphe of *subdivision spatiale*



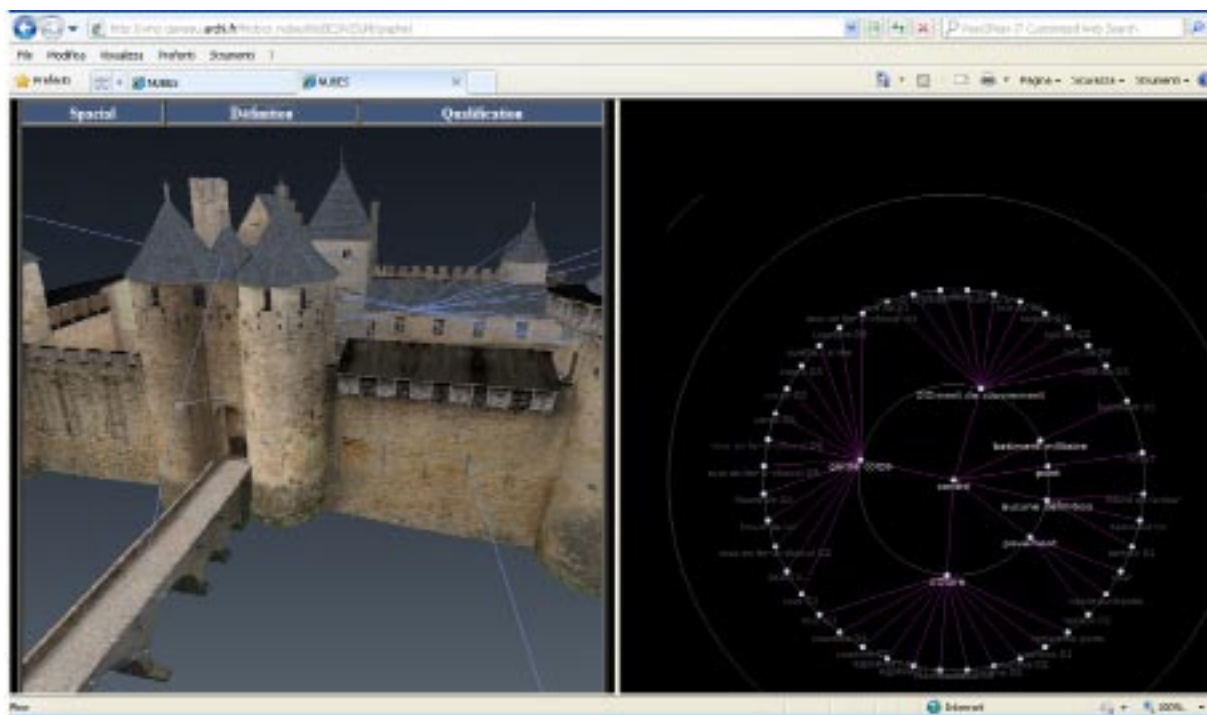
Nubes Graph: interaction between the graph and the 3D model



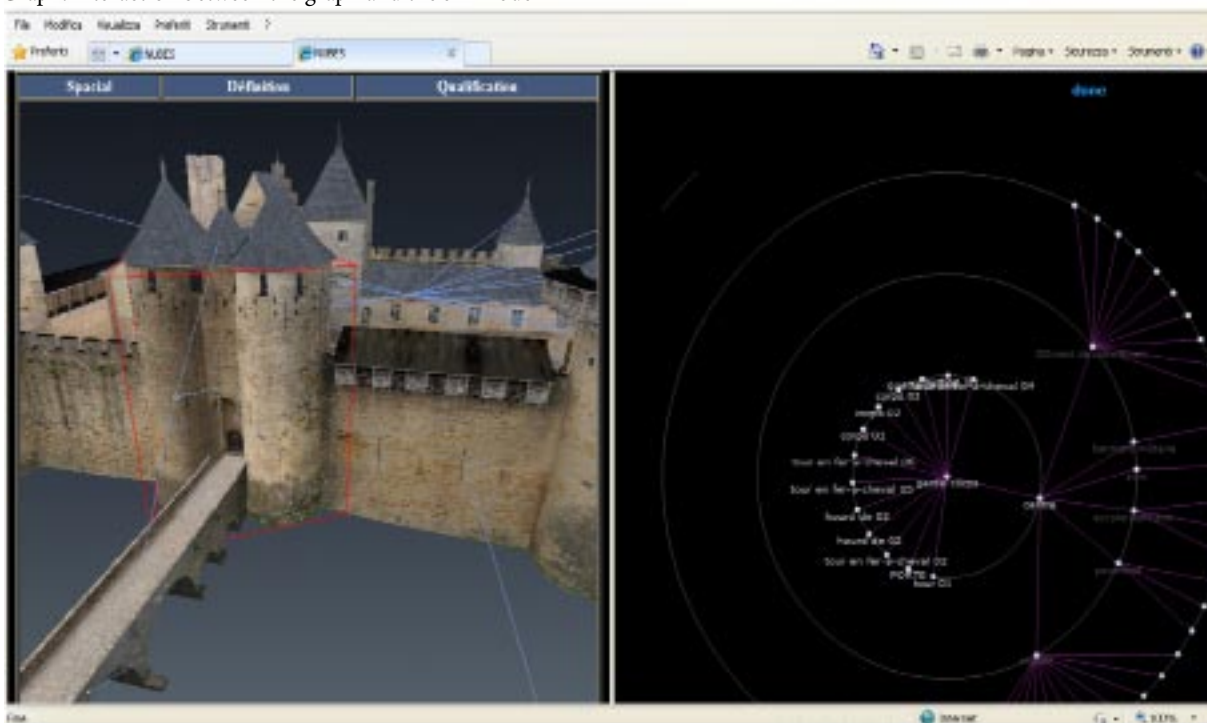
Nubes Graph: interaction between the graph and the 3D model



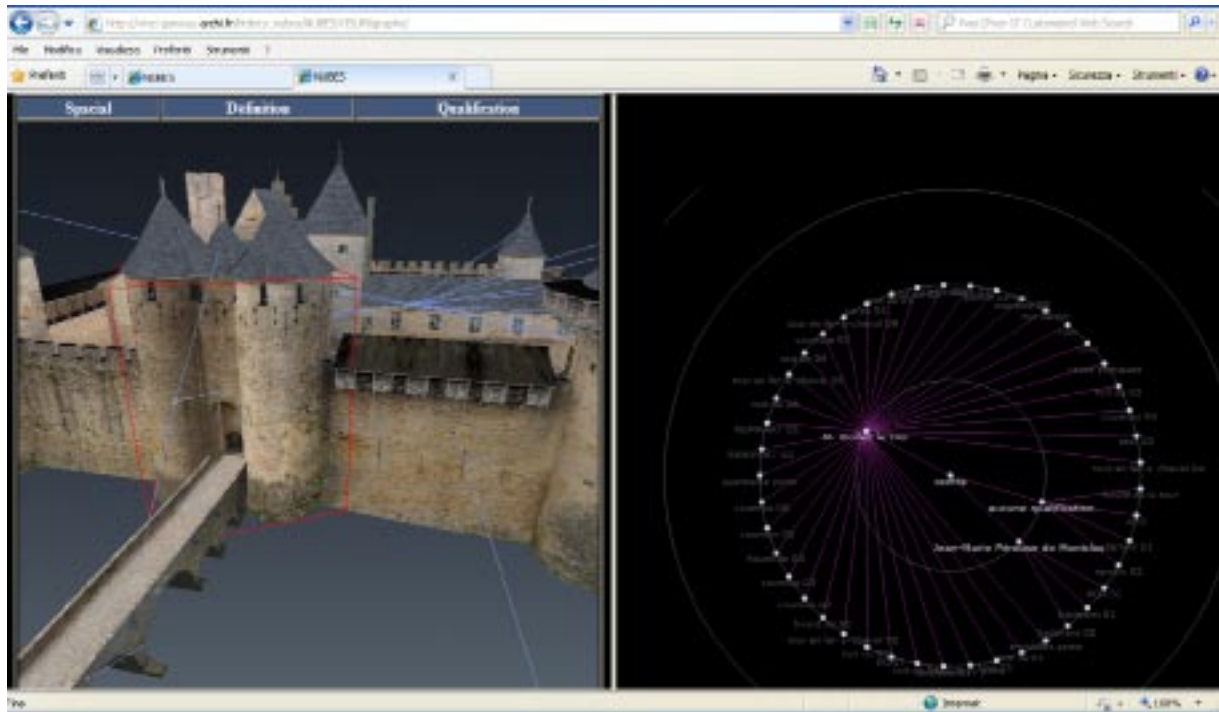
Nubes Graph: interaction between the graph and the 3D model



Nubes Graph: interaction between the graph and the 3D model



Nubes Graph: interaction between the graph and the 3D model



Nubes Graph: *graphe des qualifications*

For interactive visualization:

http://vinci.gamsau.archi.fr/htdocs_nubes/NUBES/VISUM/graphe/

- *ouvrir un point de vue*
- *Château Comtal*
- *nouveau_point_de_vue.*

B.15 References

- Waralak, V., Siricharoen, (2010), "Ontologies and Object models" in *Object Oriented, Software Engineering, IAENG International Journal of Computer Science*, 33:1, IJCS_33_1_4.
- Viollet-le-Duc, E., (1856), *Dictionnaire Raisonné de l'Architecture Française du XIe au XVIe Siècle*.
- Pérouse de Montclos, J.M., (1972), *Architecture. Méthode et vocabulaire*, édition du patrimoine, Parigi.
- http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_study_of_taxonomy
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Thesaurus>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Taxonomy>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Ontology_\(information_science\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ontology_(information_science))
- http://en.wikipedia.org/wiki/Ontology_editor
- http://en.wikipedia.org/wiki/Ontology_components
- http://en.wikipedia.org/wiki/Graph_theory
- <http://portal.mace-project.eu/>
- http://www.iaeng.org/IJCS/issues_v33/issue_1/index.html
- <http://mikelove.wordpress.com/2007/10/>
- <http://thejit.org/Jit/Examples/Hypertree/example1.html>
- <http://www.touchgraph.com/navigator.html>
- http://thinkbase.cs.auckland.ac.nz/index.html?q=quotationsbook/subject/airplane_and_aviation&s=wikipedia
- <http://www.thinkmap.com/>
- <http://www.cs.utexas.edu/users/jared/aiksaurus/index.cgi?lookup=>
- <http://lcl2.di.uniroma1.it/termextractor/>
- <http://portal.geongrid.org/gridsphere/gridsphere?cid=GEON+Search>
- http://www.geongrid.org/index.php/education/detail/how_to_search_resources_using_geon_advanced_search
- <http://blog.veronis.fr/2010/03/ontologies-perl-is-planet-in-solar.html>
- <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/en/ontologies/99-hrmonology>
- <http://www.manageability.org/blog/stuff/open-source-graph-network-visualization-in-java/>
- <http://www.searchenginejournal.com/touchgraph-google-browser-visualize-relations-between-relevant-sites/11043/>
- <http://jdigraph.sourceforge.net/>

