Société française d'histoire urbaine,
23 janvier 2008, à l'Université de Paris Est (Marne-la-Vallée).

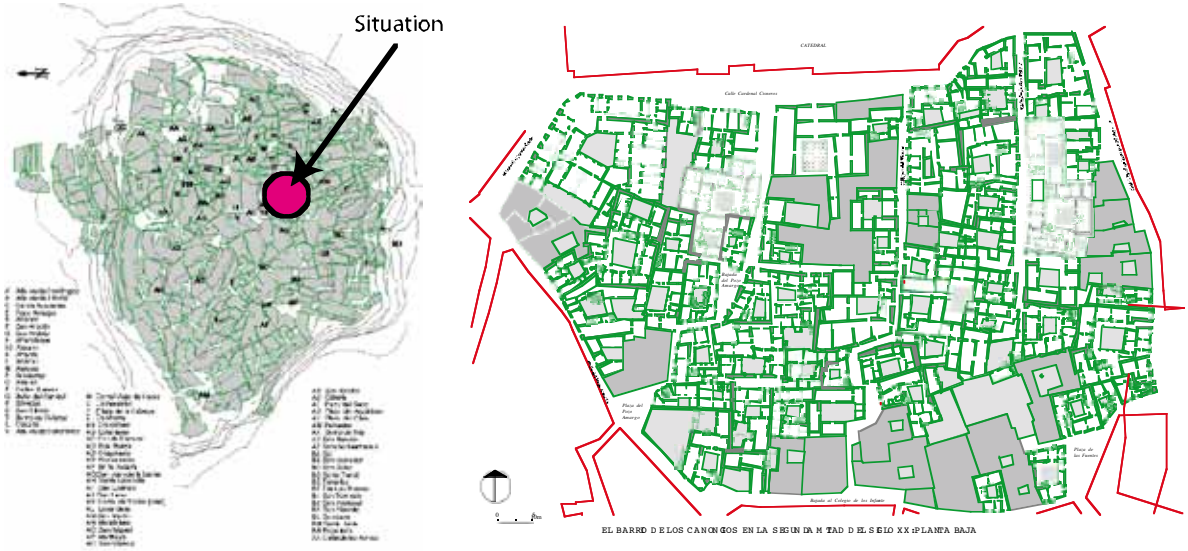
L'analyse spatiale appliquée à l'espace de la ville médiévale[1].

Jean Passini, CNRS UMR 5648 Lyon.

La maison tolèdane à la fin du XV^e^ siècle

L'inventaire des biens, sur lesquels le chapitre cathédrale de Tolède percevait un tribut à la fin du XV^e^ siècle, a été dressé en 1491-1492. Il réunit 557 unités d'architecture mineure, réparties en maisons, boutiques, *mesons* et celliers; la composition d'un grand nombre d'unités est décrite. Les pièces y sont habituellement énumérées depuis l'entrée de la maison. Ce sont au rez-de-chaussée, le (ou les) portal, la cuisine, le *palacio*, le *retrete*, l'étable, le cabinet, le *patio*; aux niveaux supérieurs, les chambres, les *soberados*, les *suelos*, les coursives ; au sous-sol, la cave, voûtée ou non. La longueur et la largeur de chaque pièce sont exprimées en varas, ou en fraction de cette unité de mesure.

Aucun dessin n'accompagne le texte. L'analyse des plans des maisons médiévales identifiées et des données métriques fournies par les textes a conduit à une représentation assez précise de la maison médiévale, des caractéristiques de ses principales pièces qui la composent, en particulier du portal, du *palacio*, de la quadra, et de la cuisine.
Nous ne reprendrons pas ici les descriptions des maisons médiévales tolèdanes nous renvoyons le lecteur à notre publication de 2004, intitulé "Casas y casas principales"[2]



1 Cette conférences reprend en partie une étude présentée à Lyon en 2008, sous l titre : 9e conférence internationale d'histoire urbaine : histoire comparée des villes européennes – Lyon – 27-30 Août 2008 LA DYNAMIQUE DE LA MAISON MÉDIÉVALE DE TOLÈDE: APPORT DE L'ANALYSE SPATIALISÉE
Jean PASSINI, CNRS, UMR 5648,
Françoise PIROT, CNRS-SIS-CEIAS-UMR 8564,

2 J. PASSINI , Casas y casas principales urbanas. El espacio doméstico de Toledo a finales de la Edad Media, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, 2004, 748 p.

Nous avons formulé un certain nombre d'hypothèses relatives à l'évolution de la maison tolèdane, et de certaines de ses composantes.

Cependant depuis nous avons retrouvé dans les archives Cathedral de la ville de Tolède, le livre des mesure de maison de 1439, ce dernier est sans doute le premier livre de mesure des maisons, il contient moins de maisons que celui de 1492, cependant il nous a été posible de choisit un quartier de la ville et d'étudier la dimension temporelle de la maison entre ses deux date, 1439-1492, il nous fallait pour cela prendre chaque pièce de chacune des maisons et de la soustraire a l'autre période. Ainsi il a été posible de nous rendre compte de modification successive qu'a subit la maison, addition de pièce, transformation de fonction, création de nouvelle fonction. évolution du vocabulaire pour une même fonction.
Sur un échantillon de 30 maisons, nous avons fait l'essais. Le nombre de pièces important a manipuler, nous a conduit a utiliser l'analyse spatialisée, qui si elle produit des résultat pour 30 maisons elle serat encore plus riche pour 300 maisons.
Nous nous proposons de décrire les différentes étapes de cette analyse spatialisée qui a conduit a la réalisation de soustraction de deux étapes.
D'abord en soulignant le concept de l' Algèbre de cartes, l'Analyse Spatiale et les résultats obtenus

Algèbre de cartes ou Map Algebra

ANALYSE SPATIALE **Modélisation spatiale basée sur une structure de GRID**	**PRINCIPES**	**GEOTRAITEMENTS**	**Commandes, fonctions, opérateurs sous ArcGIS – ArcInfo / ArcInfo workstation**
Map Algebra ou Algèbre de cartes	Langage de programmation de haut niveau basé sur des structures maillées topologiques géoréférencées appelées GRID	Création de nouvelles informations spatiales et thématiques sous forme de GRID appelées informations spatiales et thématiques dérivées	Opérateurs algèbriques Opérateurs statistiques Opérateurs combinatoires Opérateurs mathématiques, trigonométriques Systèmes de projections Modification des dimensions de la maille d'un GRID, Rééchantillonnage
Modélisation des processus spatiaux et thématiques	Auteur des fonctions : Dana Tomlin (1990)		
	Niveau local	Fonctions locales	Localsum, localmin, localmax, etc….
	Niveau des voisinages	Fonctions Focales ou de voisinage	Focalsum, focalmin, focalmax, focalmajority, focalvariety
	Niveau régional	Fonctions zonales ou régionales	Zonalsum, zonalmin, zonalmax etc….
	Niveau global	Fonctions globales	
Analyses statistiques multidimensionnelles spatialisées	Analyse descriptive	Analyse factorielle en compositions principales spatialisées	Stack, princomp
	Analyse typologiques ou de classification au niveau global	Méthode des nuées dynamiques de Diday ou des nuées dynamiques spatialisées	Stack, Classsig, isocluster, editsig, mlclassify
	Analyse explicative au niveau global	Analyse de régression linéaire spatialisée	Regression linear prediction = a0+ a1x1 + a2x2 + a3x3 + ….
	Analyse explicative au niveau global	Analyse de régression logistique spatialisée	Regression logistic prediction = 1 div (1 + (exp (- (a0 + alxl + a2x2 + a3x3 + …)))
	Analyse explicative au niveau local	Analyse de régression linéaire spatialisée localement	GWR Geographically Weighted Regression

- La méthode utilisée repose sur l'Algèbre de cartes ou Map Algebra.
- L'expression Map Algebra est apparue dans le courant des années 1970.
- Les concepts de l'algèbre de cartes ou Map algebra ont été inventés par Dana Tomlin et J. Berry en 1979 au laboratoire d'Harvard.
- A l'expression « map algebra », est associée l'expression « modélisation cartographique » inventée par Dana Tomlin.
- L'algèbre de cartes a été implémentée dans la version 6 du logiciel ArcInfo – workstation, en 1991 dans un module appelé GRID
- L'algèbre de cartes ou Map Algebra est un langage de programmation de haut niveau basé sur des structures maillées topologiques géoréférencées appelées GRID.
- L'algèbre de carte ou Map Algebra permet de créer des informations spatiales et thématiques nouvelles sous forme d'un GRID qui sont le(s) résultat(s) de calculs réalisés à partir de un ou plusieurs GRID et ce maille par maille.

Selon F. Pirot, 2005

En effet, les traitements sont réalisés au niveau de chaque maille du GRID et les résultats des calculs sont mis au niveau de chaque maille du GRID aussi bien au niveau spatial local, focal, zonal que global.

Structuration des Objets Géographiques

- Afin de mettre en œuvre les géotraitements, l'information spatiale et thématique doit être structurée suivant des lignes et des colonnes pour former des mailles.
- Une fois chaque maille géoréférencée, lui est associée une information thématique.
- Cette structure porte le nom de GRID et possède des caractéristiques topologiques.
- Un graphe dual topologique est associé à celle-ci, graphe dual dont chaque sommet est le centre de chaque maille .

Niveaux de mesure mathématique

L'information thématique associée à l'information spatiale peut être

-soit de nature discrète, soit de nature continue au niveau de l'espace géographique.

- De plus, elle peut correspondre aux différents niveaux de mesure mathématique à savoir:

-le niveau *nominal* ou d'équivalence où l'information thématique se situe au même niveau,

-le niveau *ordinal* où une notion d'ordre, de hiérarchie est introduite à l'intérieur de l'information thématique,

-le niveau *d'intervalle* pour lequel la valeur zéro varie et

- le niveau de *rapport* pour lequel la valeur zéro est absolue.

CREATION DES OBJETS GEOGRAPHIQUES

- Les objets géographiques vont être porteurs de l'information spatiale **et** thématique **et** temporelle.
- Dans le cadre de l'étude, les objets géographiques vont être les pièces qui composent des maisons de la ville de Tolède (Espagne) ayant été transformées durant le XVème siècle.
- Une sélection de 32 maisons a été faite avec leur décomposition en pièces et ce pour la date 1492 et la date de 1439.

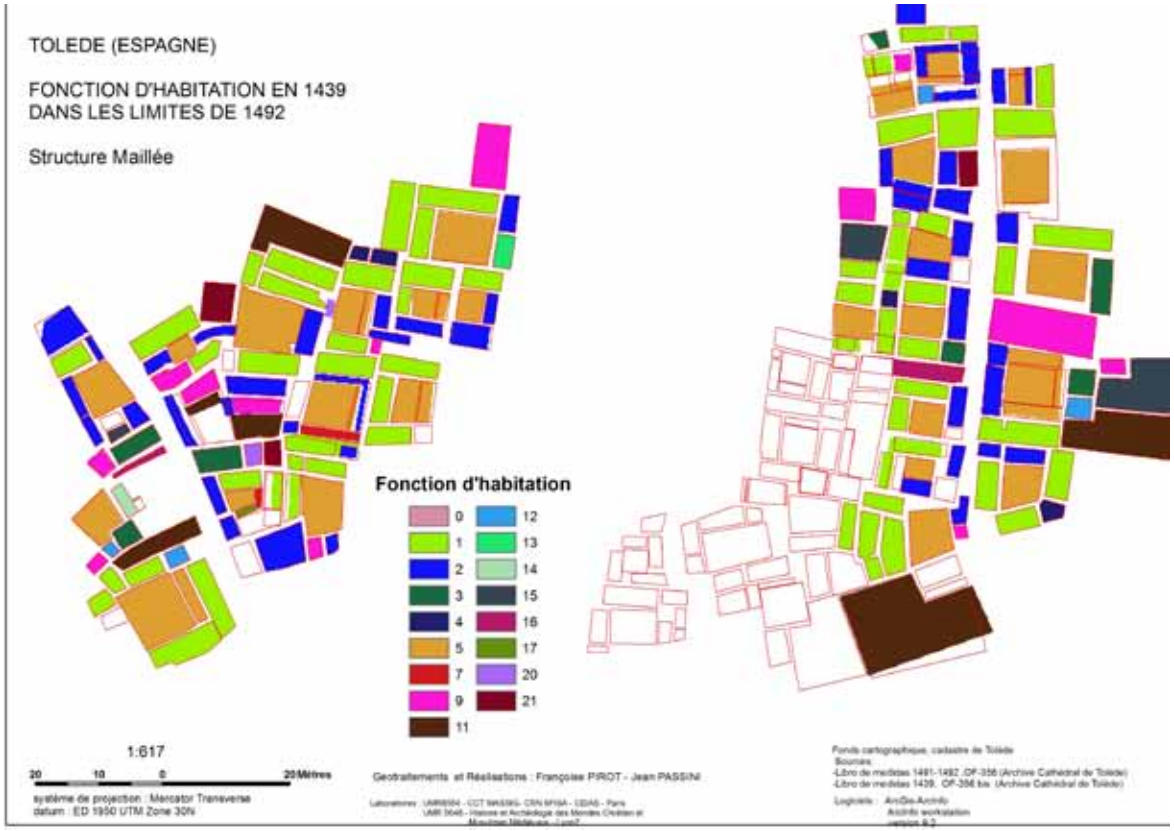
STRUCTURE	OBJETS GEOGRAPHIQUES	ATTRIBUTS DES OBJETS GEOGRAPHIQUES	REFERENCES SPATIALES	DATE
Graphe planaire topologique sans isthme ≡ **Couverture** `hab1506_c17`	Faces du graphe = Pièces de chaque maison	Caractéristiques au nombre de 32	*Système de projection :* ED_1950_UTM_Zone_30N *Système de coordonnées géographiques:* GCS_European_1950	1492
Graphe planaire topologique sans isthme ≡ **Couverture** `hab1506_c17`	Faces du graphe = Pièces de chaque maison	Caractéristiques au nombre de 32	*Système de projection :* ED_1950_UTM_Zone_30N *Système de coordonnées géographiques:* GCS_European_1950	1436

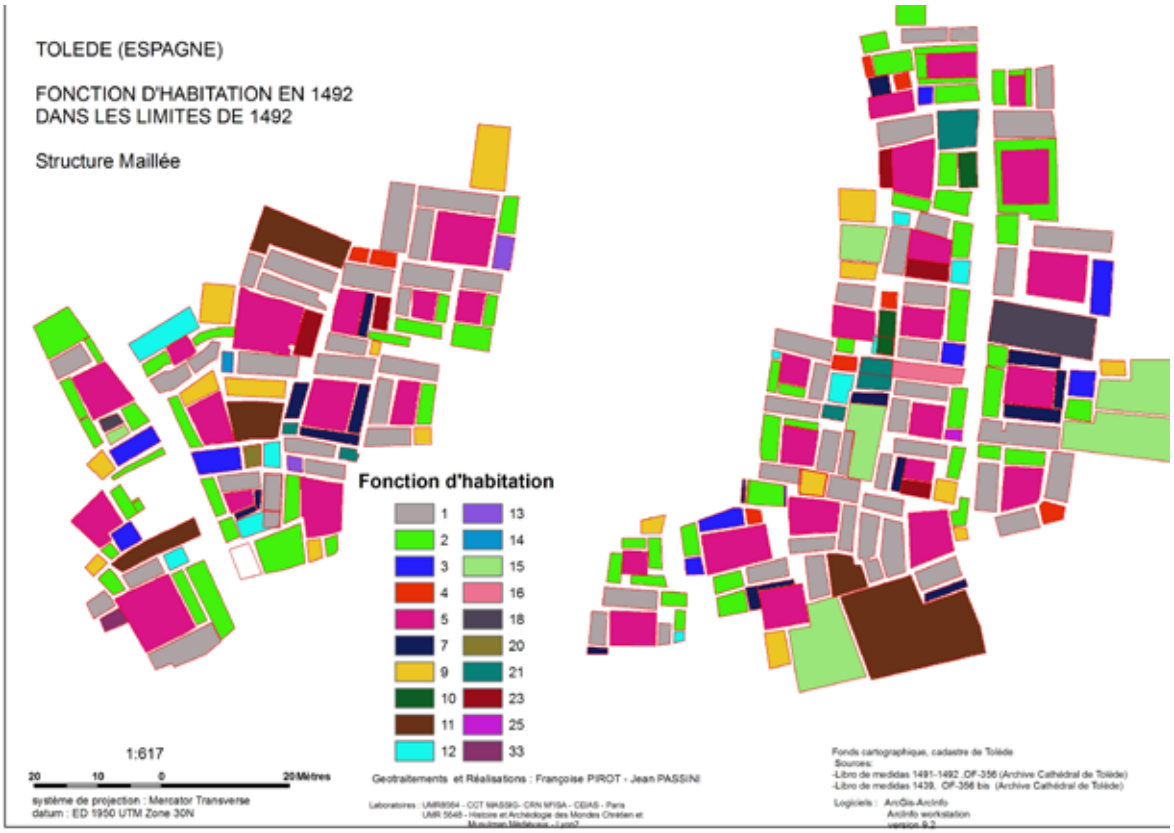
STRUCTURATION DES OBJETS GEOGRAPHIQUES

- Pour chaque date, a été créé
- un graphe planaire topologique sans isthme géoréférencé appelé couverture.
- Chaque face du graphe correspond à une pièce caractérisée par les items présents dans la liste.

- Références spatiales :
-*Système de projection :* ED_1950_UTM_Zone_30N
-*Système de coordonnées géographiques:* GCS_European_1950

- Création des GRID topologiques géoréférencés pour chaque item


TOLEDE (ESPAGNE)
FONCTION D'HABITATION EN 1439
DANS LES LIMITES DE 1492
Structure Maillée
Fonction d'habitation
0
1
2
3
4
5
7
9
11
12
13
14
15
16
17
20
21
1:617
20 10 0 20Mètres
système de projection : Mercator Transverse
datum : ED 1950 UTM Zone 30N
Geotraitements et Réalisations : Françoise PIROT - Jean PASSINI
Fonds cartographique, cadastre de Tolède
Sources :
-Libro de medidas 1491-1492 ,OF-356 (Archive Cathédral de Tolède)
-Libro de medidas 1439, OF-356 bis (Archive Cathédral de Tolède)
Logiciels : ArcGis-ArcInfo
ArcInfo workstation


TOLEDE (ESPAGNE)
FONCTION D'HABITATION EN 1492
DANS LES LIMITES DE 1492
Structure Maillée
Fonction d'habitation
1
2
3
4
5
7
9
10
11
12
13
14
15
16
18
20
21
23
25
33
1:617
20 10 0 20Mètres
système de projection : Mercator Transverse
datum : ED 1950 UTM Zone 30N
Geotraitements et Réalisations : Françoise PIROT - Jean PASSINI
Fonds cartographique, cadastre de Tolède
Sources :
-Libro de medidas 1491-1492 ,OF-356 (Archive Cathédral de Tolède)
-Libro de medidas 1439, OF-356 bis (Archive Cathédral de Tolède)
Logiciels : ArcGis-ArcInfo
ArcInfo workstation

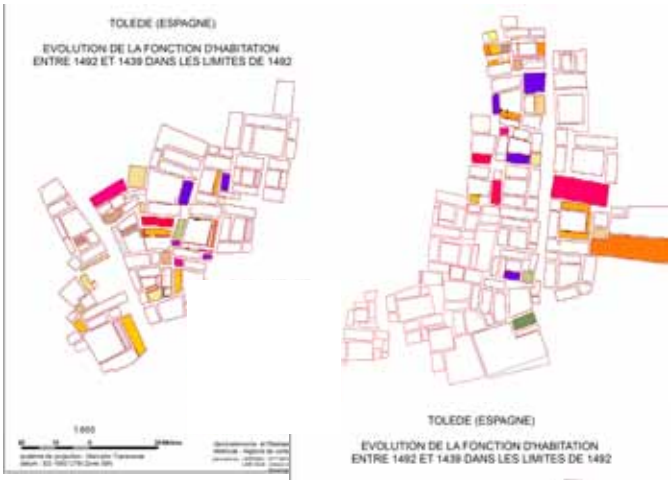
ETAPE 1

METHODE :

ALGEBRE DE CARTES

Soustraction spatialisée :

1492 - 1439



ETAPE 1:

ALGEBRE DE CARTES ou MAP ALGEBRA

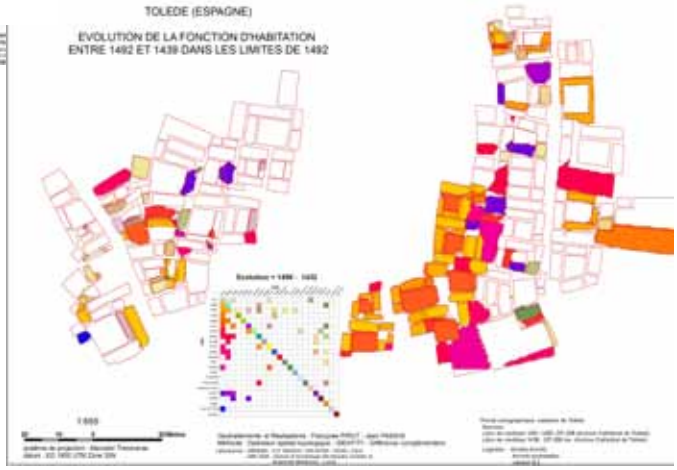
SOUSTRACTION : 1492 - 1439

ETAPE 2 :

IDENTIFICATION DE LA NATURE DE LA TRANSFORMATION DE LA FONCTION D'HABITATION

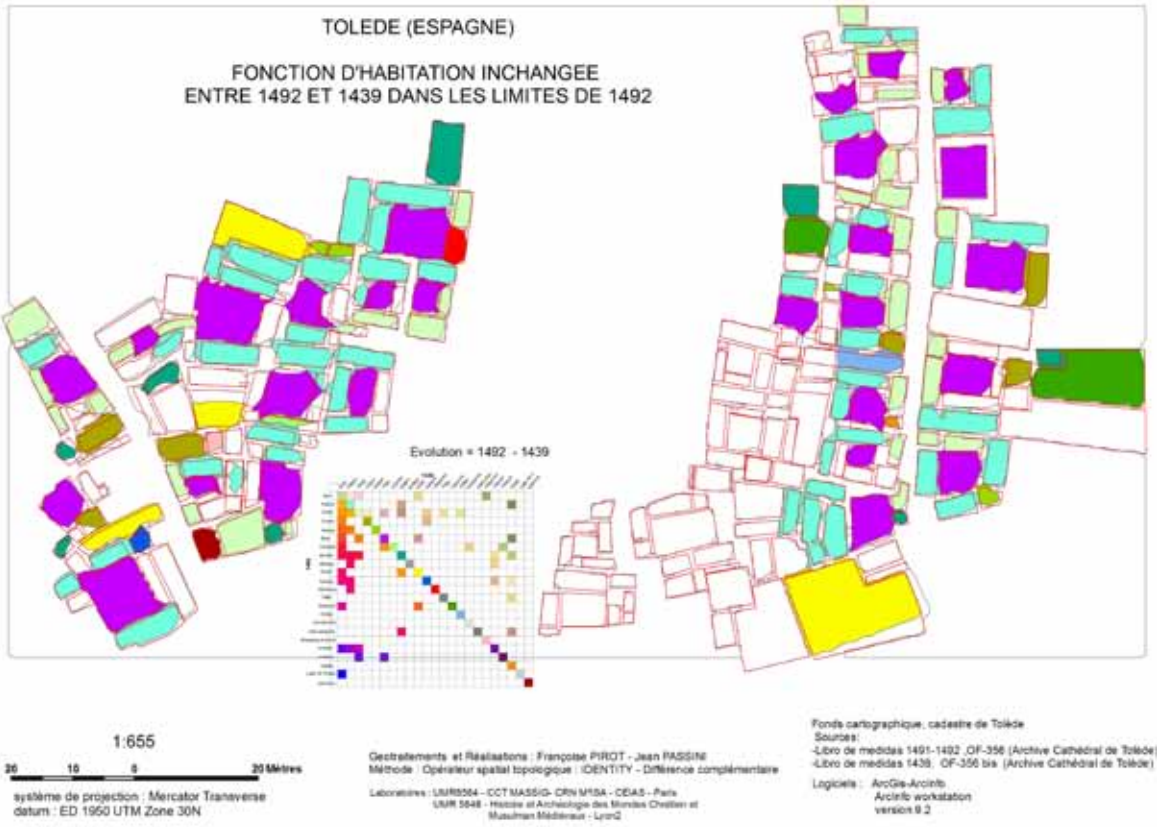
OPERATEUR SPATIAL TOPOLOGIQUE

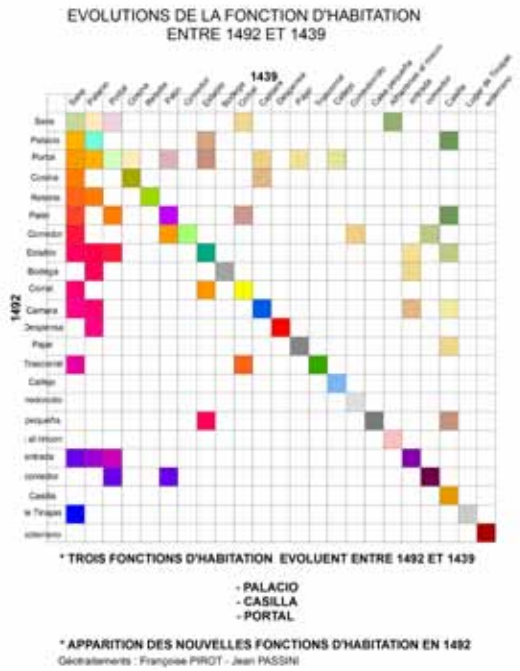
IDENTITY – Différence complémentaire



L'arc d'une alcôve mentionnée en 1439 et bouchée en 1492

Portique dans une cour construite de toute pièce entre 1439 et 1492


TOLEDE (ESPAGNE)
FONCTION D'HABITATION INCHANGEE
ENTRE 1492 ET 1439 DANS LES LIMITES DE 1492
Evolution = 1492 - 1439
1:655
20 10 0 20 Mètres
système de projection : Mercator Transverse
datum : ED 1950 UTM Zone 30N
Géotraitements et Réalisations : Françoise PIROT - Jean PASSINI
Méthode : Opérateur spatial topologique : IDENTITY - Différence complémentaire
Laboratoires : UMR5594 - CCT MASSIG- CRN M²SA - CEIAS - Paris
UMR 5648 - Histoire et Archéologie des Mondes Chrétien et Musulman Méditerran - Lyon2
Fonds cartographique, cadastre de Tolède
Sources:
-Libro de medidas 1491-1492 ,OF-356 (Archive Cathédral de Tolède)
-Libro de medidas 1439, OF-356 bis (Archive Cathédral de Tolède)
Logiciels : ArcGis-ArcInfo
ArcInfo workstation
version 9.2


EVOLUTIONS DE LA FONCTION D'HABITATION
ENTRE 1492 ET 1439
1439
1492
* TROIS FONCTIONS D'HABITATION EVOLUENT ENTRE 1492 ET 1439
- PALACIO
- CASILLA
- PORTAL
* APPARITION DES NOUVELLES FONCTIONS D'HABITATION EN 1492
Géotraitements : Françoise PIROT - Jean PASSINI

ANALYSE SPATIALE

L'Analyse Spatiale est mise en œuvre à l'aide de Géotraitements
Les Géotraitements nécessitent la Spatialisation des items sous forme de GRID géoréférencés:
Chaque caractéristique décrivant les pièces des maisons est structurée selon un maillage topologique géoréférencé.

Les items (caractéristiques, variables) sont géoréférencés donc connus par le triplet (1) (longitude, latitude, z) c'est à dire que
l'item est défini **à la fois** par sa longitude **et** sa latitude **et** la valeur de l'information thématique considérée

Spatialisation des items :
- Dans le cas présent l'item z est la fonction d'habitation (fchab) affectée à la pièce
- L'item fonction d'habitation (fchab) est spatialisé sous la forme du triplet (longitude, latitude, z)
- Structure de l'item fonction d'habitation (fchab) : maillage spatialisé appelé GRID
- Caractéristiques du maillage spatialisé appelé GRID : la taille de la maille correspond à la superficie de la plus petite entité spatiale à savoir la pièce d'habitation. La taille de la plus petite entité spatiale est 0.2 mètre

DEMARCHE METHODOLOGIQUE :

METHODES	OBJET DES GEOTRAITEMENTS	GEOTRAITEMENTS	STRUCTURE DES OBJETS GEOGRAPHIQUES
ALGEBRE DE CARTE	Création de chaque item spatialisé en mode maillé topologique = fonction d'habitation	HAB1492_FCHAB = polygrid (hab1506_cl7,fonc_hab,#,#,0.2) HAB1439_FCHAB = polygrid (habniv01439bc,fhab,#,#,0.2)	Maillée spatialisé topologique
SOUSTRACTION 1492 - 1439	Création de l'information spatiale et thématique et temporelle correspondant à la transformation de la fonction d'habitation entre 1492 et 1439	HAB9239_FCHAB = hab1492_fchab - hab1439_fchab HAB15140_FHAB = hab1492_fhab - hab1439_fhab	Maillée spatialisé topologique
VECTORISATION	Conversion de la structure maillée en structure de graphe planaire topologique	gridpoly hab1492_fchab ha1492fhbc gridpoly hab1439_fchab hab1439fhbc gridpoly hab9239_fchab hab9239fhbc	Graphe planaire topologique sans isthme
OPERATEUR SPATIAL TOPOLOGIQUE IDENTITY Différence complémentaire F. PIROT 2008	Identification de la nature de la transformation de la fonction d'habitation	identity hab15140fhbc hab1506fhbc habdif poly identity habdif hab1439fhbc habdif9239fhb poly	Graphe planaire topologique sans isthme

Conclusion

La soustration de ses deux états temporelles de la maison médiévale, nous montre une utilisation de l'analyse spatialisée, appliquer aux données architectural et textuelles du moyen age. Elle permet de traiter un nombre important de données.

- La méthode sera appliquée à d'autres items (caractéristiques)
- Constitution d'un corpus de maisons plus vaste
- Recherche des formes des réappropriations successives à l'aide des analyses multivariées spatialisées
- Etude comparative de la maison médiévale dans différentes villes européennes

Références Bibliographiques

Bouillé François, 1977 : Un modèle universel de banque de données simultanément portable, répartie, Thèse d'Etat Es Sciences (spécialité : mathématiques, mention : informatique) Paris : Université Pierre et Marie Curie- Paris VI.
Matringe D., Pirot F., Saint Gérand Th., Fussman G., Ollivier E. 1996 : Un système d'information géographique sous ArcInfo appliqué à la recherche en sciences humaines : le programme "Chanderi" de morphologie urbaine historique.
Pirot F., Saint-Gérand Th., 2004, Du concept HBDS à la geodatabase topologique : 25 ans les séparent, Colloque francophone ESRI 2004, Issy-les-Moulineaux, 0ctobre 2004.
Pirot F. : Histoire et Mesure, 2004 Système d'Information Géographique, Archéologie et Histoire, volume XIX, n°3/4
Pirot F., Saint Gérand Th, Estelle Gauthier, Antoine Banza-Nsungu, 2005, L'analyse spatiale versus algèbre de cartes sous ArcGis. Des exemples en sciences de l'homme et de la société, Colloque Francophone, ESRI2005, Issy les Moulineaux.
Tomlin C. Dana, 1990: Geographic Information Systems and cartographic modeling, Editeur : Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey.
Passini Jean, 2004 : Casas y casas principales urbanas El espacio doméstico de Toledo a fines de la Edad media, Université de Castilla-La Mancha (éd.), Tolède.
Medievalgis Toledo www.toledohistorico.es
Passini Jean, 2008: UMR 5648- CNRS et UCLM - IDR. Instituto de Teledetección y SIG (Albacete).
Passini Jean, 2007 : La reconstrucción del plano de Toledo, Spolia en el entorno del poder, Deutsches
Archäeologisches Institut de Madrid, Colloque 28-29 septembre 2006.
Passini Jean, 2007 : MEDIEVALGIS Toledo, ISA, Time, space and the dynamics of change in archaeology, Tours, 25-30 juin 2007, Site Web : http://isa.univ-tours.fr/index.php