

La théorie de la syntaxe spatiale : un outil de compréhension et d'analyse du système urbain vernaculaire saharien

Space syntax theory: a tool for understanding and analysing the Saharan vernacular urban system

BARKANI Abdelaziz *¹

¹ ENERGARID Laboratry (SimulIA Team), ARCHIPEL Laboratry. TAHRI Mohamed Bechar University (Algeria), barkani.abdelaziz@univ-bechar.dz

Résumé: Ce travail s'appuie sur la théorie de la syntaxe spatiale comme cadre méthodologique pour comprendre et analyser les divers composants de système traditionnel saharien dans son ensemble. Cette approche adoptée est relationnelle, visant à identifier les propriétés syntaxiques de la configuration spatiale en manipulant des paramètres relationnels et topologiques. Elle s'inscrit dans une réflexion plus large sur l'intégration des nouvelles approches dans le patrimoine architectural saharien. En appliquant cette méthode au tissu traditionnel du ksar de Kenadsa, l'analyse démontre comment les indicateurs mesurables, tant locaux que globaux, générés par le logiciel DepthmapX, permettent de décrypter les logiques spatiales sous-jacentes ainsi que les comportements sociaux qui structurent ces systèmes. À travers l'utilisation des techniques de la carte axiale et de l'analyse des graphes de visibilité (VGA), les résultats se présentent sous formes des graphes, des cartes et des valeurs numériques. De plus, l'analyse met en évidence l'importance de cette technique pour anticiper les impacts des interventions urbaines dans les ksour. Elle offre une double lecture, rétrospective et prospective, permettant d'analyser et d'évaluer l'influence des travaux de restructuration.

Mots clés (5 mots) : syntaxe spatiale; ksar, VGA, carte axiale, comportement humain.

Abstract: This work draws on the theory of spatial syntax as a methodological framework to understand and analyse the various components of traditional Saharan system as a whole. The approach adopted is relational, aiming to identify the syntactic properties of the spatial configuration by manipulating relational and topological parameters. It is part of a broader reflection on the integration of new approaches into the Saharan architectural heritage. By applying this method to the traditional fabric of Kenadsa ksar in southwestern Algeria, the analysis demonstrates how measurable indicators, both local and global, generated by the DepthmapX software, enable to decipher the underlying spatial logics as well as the social behaviours that structure these systems. Through the use of axial map and visibility graph analysis (VGA) techniques, the results are presented in the form of graphs, maps and numerical values. In addition, the analysis highlights the importance of this technique for anticipating the impacts of urban interventions in the ksour. It provides a dual reading, both retrospective and prospective, enabling to analyse and evaluate the influence of restructuring works on the configurational properties of traditional urban systems.

Keywords (5 words): space syntax, ksar, VGA, axial map, human behaviour..

Introduction:

Les ksour, véritables icônes du Sahara (Bisson, 2003) , incarnent un patrimoine d'une richesse et d'une diversité exceptionnelles. Ces établissements, témoins d'un savoir-faire ancestral, se

distinguent comme des signatures fortes et durables dans l'environnement saharien (Côte, 2012). La production spatiale du tissu vernaculaire ksourien, se manifeste comme une totalité à la fois complexe et cohérente, fait appel à divers facteurs de natures différentes. Morphologiquement, une configuration organiste singularise les ksour dépendant des géométries parcellaires. La structure urbaine se présente comme un réseau complexe de ruelles sinueuses aux dimensions étroites, irrégulières et hiérarchisées, qui attestent d'un ordre caché issu de longues expériences (Barkani, 2011).

La qualité des espaces extérieurs englobe une variété de composantes urbaines et d'agencements spatiaux. Néanmoins, il est problématique de définir les éléments constitutifs des milieux urbains traditionnels et de simplifier les formes urbaines complexes en modèles géométriques simples (Mazouz, 2009). Dans cette perspective, la configuration est davantage une question de structure que de simples connexions ou de composants isolés. Elle renvoie plutôt à la manière dont les espaces sont reliés entre eux, en fonction du schéma général qu'ils constituent (Peponis et al., 1990). Ainsi, l'appréhension du modèle vernaculaire s'inscrit dans une démarche holistique, le considérant comme un système de relations spatiales d'une entité urbaine complexe, dans lequel les connexions entre les éléments revêtent une importance supérieure aux propriétés des espaces étudiés individuellement (B Hillier & Vaughan, 2007). En effet, l'ambiguïté de l'espace ksourien est accentuée par plusieurs éléments : la complexité du tissu, la continuité et l'ouverture des espaces, la variété topologique et morphologique de l'espace extérieur, et la difficulté de la représentation spatiale (Barkani, 2021, 2024). Cependant, des études historiques effectuées par des chercheurs en syntaxe spatiale ont mis en évidence sa capacité prédictive et sa manière de description rétrospective des facteurs sociaux de la configuration urbaine traditionnelle (Aleksandrowicz et al., 2018; Griffiths, 2012).

Ce travail s'inscrit dans une démarche d'investigation qui propose un modèle pour appréhender, analyser et interpréter l'environnement physique. Cette approche s'articule autour de la théorie de *space syntax*, un outil qui permet de comprendre la structure et la configuration de l'espace en termes de relations spatiales. Cette approche relationnelle s'appuie sur l'identification des propriétés syntaxiques de la configuration spatiale, en manipulant des paramètres relationnels et topologiques. Cette méthodologie analytique postule la résolution du problème de la représentation spatiale (Bill Hillier, 1987), permettant de traiter l'espace urbain à la fois comme un espace continu et comme un ensemble d'éléments interconnectés représentés graphiquement par une série de cartes (carte convexe, carte axiale, etc.).

1. La méthodologie de recherche

Cette recherche est basée sur la théorie de la syntaxe spatiale comme approche méthodologique pour décrypter et examiner les différentes composantes du système vernaculaire ksourien dans sa globalité. Elle permet d'analyser la configuration spatiale en croisant la dimension spatiale (l'environnement bâti) et sociale (les conduites humaines) afin de comprendre à la fois le comportement potentiel des usagers en termes de visibilité et de mouvement des utilisateurs à travers les deux techniques (VGA et carte axiale) (Barkani & Bouchareb, 2022).

2.1. La VGA : un outil d'analyse de graphe de visibilité

L'un des axes de recherche majeur en théorie de la syntaxe spatiale est l'étude formelle de la visibilité dans les environnements spatiaux. La VGA a été développée comme une approche de configuration pour la visibilité, fondée sur l'analyse des champs isovistes sous forme de graphes

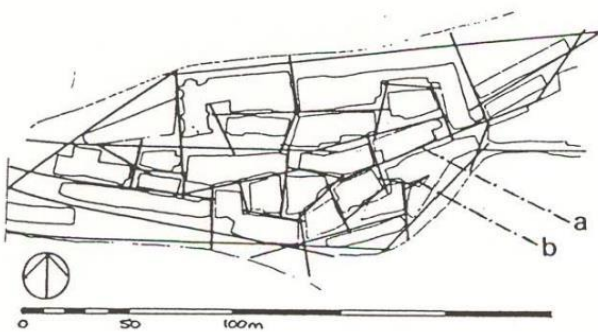
(Turner et al., 2001) qui met en évidence les propriétés visuelles de l'espace. Cette analyse visio-spatiale implique le passage d'une analyse empirique localisée à une étude systématique ou de champs isovistes permettant l'exploration de la structure configurationnelle du système spatial.

L'interprétation des résultats dépend de la technique adoptée. La carte axiale permet de révéler le comportement du mouvement, tandis que la VGA met en évidence les propriétés visuelles de l'espace. Par ailleurs, la carte convexe représente la perméabilité des espaces. En somme, l'approche de la syntaxe spatiale combine l'aspect formel, qui est une variable physique, et la conscience de la nature sociale, qui est une variable non physique, dans un système spatial relationnel (Bill Hillier & Hanson, 1984).

2.2. La technique de la carte axiale

Il s'agit d'une représentation unidimensionnelle, composée des lignes droites les plus étendues et les moins nombreuses qui le traversent, reliant tous les espaces convexes (Desyllas & Duxbury, 2001). Elle permet d'étudier de nombreuses propriétés structurelles de la structure urbaine (Al-Sayed et al., 2014) et d'appréhender la dimension globale et locale du système urbain. Elle se réfère à la navigation des personnes dans l'espace (B Hillier et al., 1993). Tandis que la VGA met en évidence les caractéristiques visuelles de l'espace, la carte axiale permet de révéler le comportement potentiel de mouvement de passage ou de destination (*through-movement* ou *to-movement*).

Figure I : Carte axiale.



Source : (B Hillier, 1989)

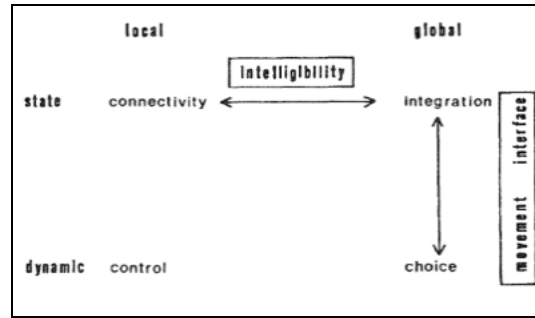
Figure II: Carte VGA, médina de Constantine



Source : (Mazouz, 2009)

2.2. Les indicateurs mesurables

La syntaxe spatiale offre un cadre conceptuel pour comprendre le système spatiale, ce qui permettra de le définir de manière objective et quantifiable, en tenant compte de leurs relations topologiques. En adoptant les deux techniques (VGA et carte axiale) sur notre ksar d'étude Kenadsa, un ensemble d'indicateurs mesurables, tels que la connectivité, l'intégration, l'intelligibilité et le contrôle, sont calculés par le biais du logiciel DepthmapX, qui permet de lire les codes sociaux-culturels relatifs au contrôle, au filtrage et au privacité. Ces mesures sont de nature locale ou globale, statique ou dynamique, et de premier ou de deuxième ordre. Elles reposent sur des notions de proximité, d'étape, de profondeur et de différentes distances (topologique, angulaire, métrique) afin d'estimer la qualité perceptuelle de l'espace et son utilité.

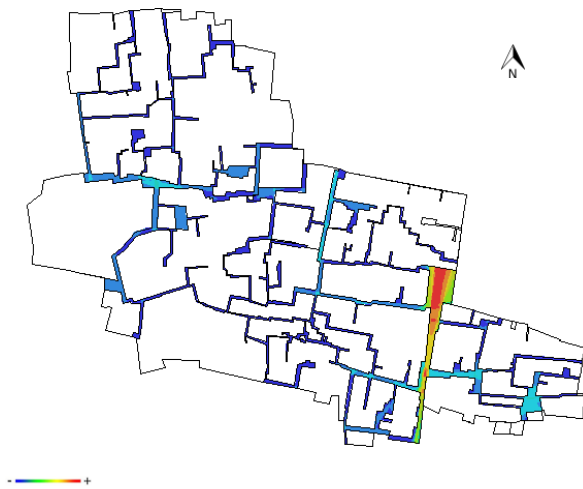
Figure III: Modèle des mesures fondamentales de la représentation des formes urbaines.

Source: (B. Hillier et al., 1987)

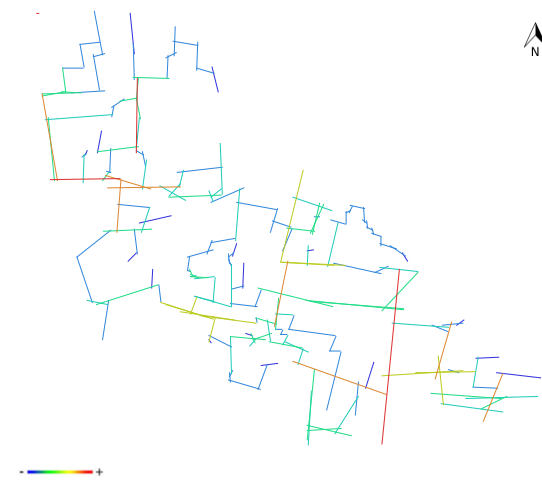
3. Interprétation des résultats

3.1. La connectivité visuelle

La carte de connectivité du VGA montre les caractéristiques et les potentialités des liaisons visuelles entre toutes les zones des espaces urbains extérieurs. Elle révèle une prévalence significative de la couleur bleue dans les espaces libres, où les valeurs sont extrêmement faibles. Cela montre que la majorité des espaces sont déconnectés et que le système spatial du ksar a plutôt une tendance à adopter des parcours à visibilité restreinte, ce qui rend l'accessibilité extrêmement difficile. En effet, les caractéristiques formelles de la configuration du ksar contribuent à la structuration de la visibilité des personnes. L'accessibilité et l'ouverture visuelle sont influencées par les passages étroits, tortueux et labyrinthiques.

Figure IV: La carte de connectivité (VGA)

Source : (Barkani, 2024)

Figure V: La carte de connectivité axiale

Source : (Barkani, 2024)

La carte axiale du ksar Kenadsa a été générée avec 292 lignes. Le nombre de connections que peut avoir un espace avec les autres espaces varié entre 1 et 11 avec une moyenne de 3,58. Les résultats montrent que le ksar présente une connectivité significativement restreinte, où les lignes de couleur bleue indiquent un pourcentage de 32,19 % (93 lignes) des axes les moins connectés. Les axes qui bénéficient d'un grand nombre de connections en couleur rouge et orange montrent seulement un pourcentage de 3,76% (11 lignes). Cela veut dire que le système spatial du ksar a tendance plutôt vers les itinéraires à connectivité limitée vu le nombre des chemins bénéficiant de faible degré de connectivité. Il ressort aussi une décroissance progressive à partir des chemins très connectés qui aboutissent aux impasses ségréguées conduisant aux entités des maisons familiales.

Tableau 1: Les valeurs numériques des mesures de l'intégration

Nbr total des lignes	Plus connecté (rouge et range)		Moyennement connecté (vert)		Faible connexion (Bleu)	
	Nbr		Nbr		Nbr	
292 lignes	11		62		93	
	3,76%		21,23%		32,19%	

3.2. L'intégration visuelle

La carte d'intégration globale présente une gamme spectrale de couleurs allant du bleu pour les valeurs faibles au rouge pour les valeurs élevées. Ces nuances servent à indiquer, respectivement, les axes les plus ségrégués et les plus intégrés. Les valeurs numériques varient entre 0,477 et 1,847 avec une moyenne de 1,237.

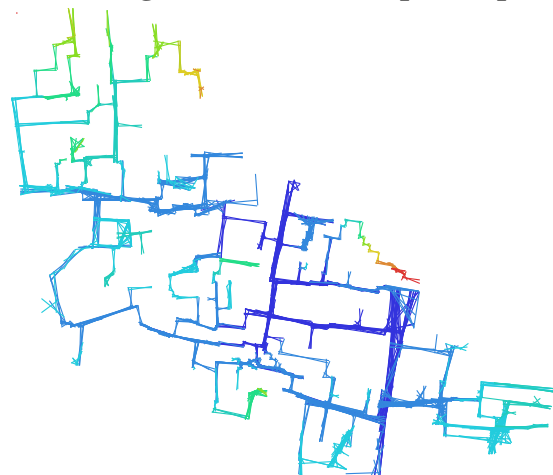
La carte montre que le ksar dispose d'un noyau d'intégration structuré en un réseau maillé, englobant des édifices de caractère religieux (mosquée, *dâr shaykh*, *khalwa*, *dwîriyâ*) et l'espace ouvert « la place ». Les valeurs élevées sont identifiées tout au long de deux axes majeurs qui se croisent au niveau de la mosquée (noyau central du ksar). En ce qui concerne les valeurs légèrement basses, elles sont attribuées aux parcours qui limitent les entités du ksar. De plus, les ruelles et les impasses affichent des valeurs d'intégration globale très faibles, ce qui indique une ségrégation spatiale. Les pics de ségrégation visuelle se situent notamment dans l'espace intérieur de différentes entités.

Tableau 2: Les résultats des valeurs numériques des différentes mesures

		Connectivité visuelle	Intégration visuelle [HH]	Profondeur moyenne visuelle	Visual Clustering Coefficient	Visual control
Valeurs	Min	2	0.476013	6.539	0.388	0.0357
	Moy	366.978	1.38705	10.08	0.84	1
	Max	2146	2.10433	25.4892	1	2.290

Figure VI: L'intégration visuelle [HH]

Source : A. Barkani, 2024

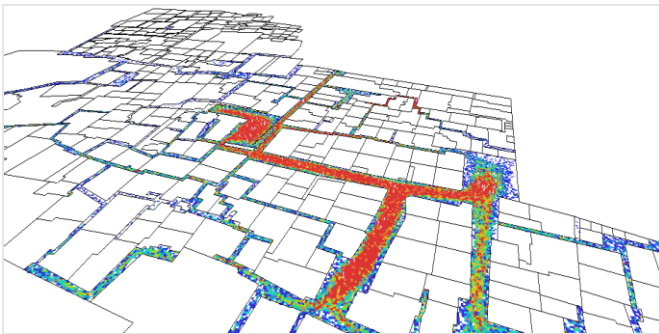
Figure VII: Mean Depth map

Source : A. Barkani, 2024

On compare les résultats de HH avec la profondeur moyenne MD, nous constatons que les lieux où se trouvent les parcours, les bâtiments et les usages majeurs sont plus facilement perceptibles et moins profonds, affichant une VMD = 6.539. En revanche, l'accès aux impasses et ruelles secondaires est souvent difficile, et elles présentent une profondeur accrue avec des valeurs maximales atteignant 25.489.

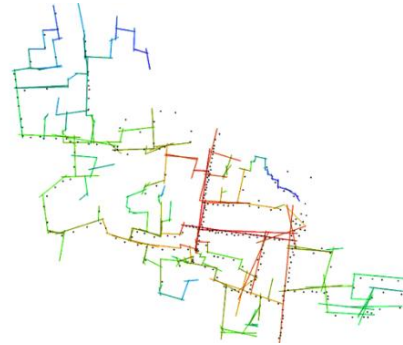
La carte axiale de l'intégration (R_n) révèle que le ksar dispose d'un système spatial très profond et ségrégué où seuls certains chemins spécifiques présentent un niveau élevé d'intégration et d'accessibilité. Ces chemins, représentés en rouge sur la carte, sont ceux qui offrent la plus grande accessibilité et qui présentent une forme légèrement linéaire. Ils relient les accès du ksar aux édifices structurants et aux usages les plus fréquents. Il est à noter que la ségrégation spatiale s'intensifie de manière progressive à mesure que l'on s'enfonce à l'intérieur des entités urbaines, atteignant ses niveaux les plus bas dans les cul-de-sacs (impasses). D'un autre côté, il existe une forte corrélation entre la carte d'intégration [Tek], la carte de simulation multi-agent générée par Depthmap, et les mouvements estimés.

Figure VIII: Simulation multi-agent par Depthmap



Source : A. Barkani, 2024

Figure IX: Flux de mouvement dans le tissu.



Source : A. Barkani, 2024

3.3. L'intelligibilité et la synergie du système spatial

L'analyse du système spatial du ksar permet de mettre en exergue son degré d'intelligibilité déterminé par la corrélation entre la connectivité et l'intégration. Il en découle que donc que le ksar détient un système qui n'est pas compréhensible à l'échelle globale avec coefficient de $R^2 = 0,33$. Cela indique que le système urbain n'était pas facilement compréhensible pour ses utilisateurs et ne pouvait pas être découvert à partir de ses différents éléments.

L'étude de l'effet local via l'indicateur de Synergie, obtenu par la corrélation entre l'intégration (R_3) et (R_n), permettra une comparaison entre les modèles de déplacement locaux et globaux. Le graphique de dispersion montre un coefficient de corrélation $R^2 = 0,57$, signifiant une relation légèrement modérée entre les zones locales et le total du tissu. Cela suggère une connexion quelque peu limitée entre les zones locales et la structure dans son ensemble, indiquant une limitation de l'ouverture de l'espace pour les utilisateurs aux usagers et n'encourage pas le « through-ouvement ». En effet, une dominance de la logique topologique suivi dans ce type de tissu vernaculaire.

Figure X: Intelligibilité

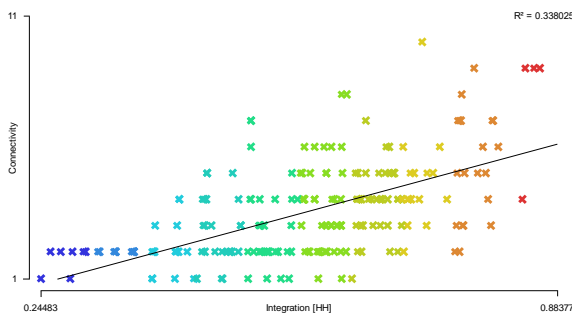
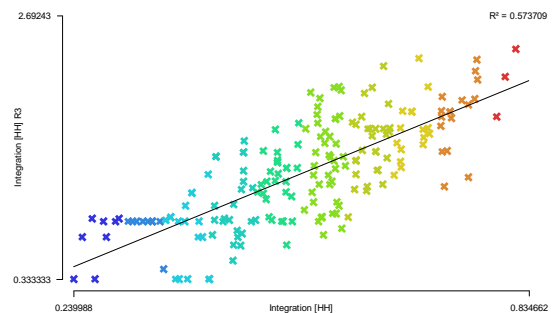


Figure XI: Synergie



Conclusion :

La syntaxe spatiale comme approche et technique de recherche offre une nouvelle perspective d'analyse et de compréhension des tissus traditionnels ksouriens. Elle offre une représentation de son espace urbain ouvert décrivant son agencement spatial ; et permet d'anticiper les comportements possibles des utilisateurs en termes de visibilité et de navigation. À travers les deux techniques (VGA et carte axiale), il ressort que le ksar possède une logique topologique particulière qui s'intègre mieux dans les mesures restreints (R3) dans lequel la navigation se distingue significativement entre les habitants et les étrangers. Les normes socioculturelles profondément ancrées régularisent l'interface spatiale entre les étrangers et les habitants, renforçant une séparation subtile dans l'utilisation et la perception de l'espace. Le système visuel est très fermé, marqué par des champs de visions limités rend le ksar difficilement accessible, en particulier dans ses cheminements les plus ségrégués et les plus profonds.

Bibliographie :

- Al-Sayed, K., Turner, A., Hillier, B., Iida, S., & Alan, P. (2014). *Space Syntax methodology*. 118.
- Aleksandrowicz, O., Yamu, C., & van Nes, A. (2018). Spatio-Syntactical Analysis and Historical Spatial Potentials: The Case of Jaffa–Tel Aviv. *The Journal of Interdisciplinary History*, 49(3), 445–472. https://doi.org/10.1162/jinh_a_01304
- Barkani, A. (2011). *Logique et mode d'organisation de l'espace ksourien. Étude de l'entité de dwirîyât au sein du ksar de Kenadsa*. Université de Béchar, mémoire de magistère.
- Barkani, A. (2021). Configuration ambiante d'un espace oasien: le ksar de Kenadsa saisi par les sens. In *RÉSONANCES OASIENNES* (pp. 131–158).
- Barkani, A. (2024). *Espace patrimonial et configuration ambiante . Au-delà des formes, vers une lecture sensible de l'espace oasien. Cas de la ville de Kenadsa au sud-ouest algérien*. [Université de Constantine3].
- Barkani, A., & Bouchareb, A. (2022). Correlation Between Spatial Configuration and Potential Human Behaviour in a Vernacular Fabric Undergoing Conservation Work. Case of Kenadsa Ksar in Algeria. *International Journal of Conservation Science*, 13(2), 541–564.
- Bisson, J. (2003). *Mythes et réalités d'un désert convoité : le Sahara*. L'Harmattan.
- Côte, M. (2012). Signatures sahariennes, terroirs et territoires vus du ciel. In *Méditerranée*. Méditerranée, Presses Universitaires de Provence. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.6593>
- Desyllas, J., & Duxbury, E. (2001). Axial Maps and Visibility Graph Analysis. *3rd International Space Syntax Symposium Atlanta 2001*, 27.1-27.13. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-3751-3_26
- Griffiths, S. (2012). The use of space syntax in historical research: current practice and future possibilities. *Eighth International Space Syntax Symposium*, 1–26.
- Hillier, B., Burdett, R., Peponis, J., & Penn, A. (1987). Creating life: or, does architecture determine anything? *Architecture & Comportement/Architecture & Behaviour*, 3(3), 233–250.
- Hillier, B. (1989). The architecture of the urban object. *Ekistics*, 56(334–335), 5–21.
- Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20(1), 29–66. <https://doi.org/10.1068/b200029>
- Hillier, B., & Vaughan, L. (2007). The city as one thing. *Progress in Planning*, 67(3), 205–230. <http://discovery.ucl.ac.uk/3272/>
- Hillier, Bill. (1987). La morphologie de l'espace urbain: l'évolution de l'approche syntaxique. In *Architecture et Comportement/Architecture and Behaviour* (Vol. 3, Issue 3, pp. 205–216).
- Hillier, Bill, & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511597237>
- Mazouz, S. (2009). Patrimoine bâti : pour de nouveaux outils et méthodes de lecture. *Séminaire*

International Sur La Conservation Du Patrimoine Didactique et Mise En Pratique., 1–19.

Peponis, J., Zimring, C., & Choi, Y. K. (1990). Finding the Building in Wayfinding. *Environment and Behavior*, 22(5), 555–590. <https://doi.org/10.1177/0013916590225001>

Turner, A., Doxa, M., O’Sullivan, D., & Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: A methodology for the analysis of architectural space. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(1), 103–121. <https://doi.org/10.1068/b2684>