

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME, ALGER
LABORATOIRE VILLE, ARCHITECTURE, PATRIMOINE



THÈSE

Présentée pour obtenir le diplôme de Doctorat LMD

**L'expérience architecturale des parcours de la Casbah d'Alger :
corrélations entre les propriétés morphologiques et les réactions
neurocognitives humaines.**

Par
REZZOUG Imane

Devant le jury composé de :

Président : Pr. CHENNAOUI Youcef, EPAU, Alger

Examineur : Dr. BOUZAHER Soumia, Université de Biskra

Examineur : Pr. KACEIMI Malika, Université d'Oran

Examineur : Dr. BAKOUR Mohammed, EPAU, Alger

Examineur : Pr. SACI Souad, Université de Constantine 3

Encadreur : Pr. BOUSSORA Kenza, EPAU, Alger

Soutenu publiquement le : 19-09-2021

Remerciement

La réalisation de cette thèse a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir donné le courage de persister et terminer ce travail de recherche de doctorat.

Ensuite, je voudrais remercier Dr. Kenza Boussora, qui a assuré la direction de cette thèse. C'est une femme à laquelle j'ai une véritable vénération et beaucoup de respect. Madame, merci pour votre confiance qui m'est précieuse, vos conseils et idées qui me guidaient, votre support moral et scientifique, et surtout pour votre patience au cours de ces cinq dernières années.

J'adresse, également, mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions durant mes recherches, ils étaient d'un grand apport pour l'élaboration de cette thèse. Je remercie notamment les professeurs du laboratoire LVAP pour leurs conseils lors des doctoriales.

Je remercie Madame Zeghdani Nadia, responsable du laboratoire d'imagerie cérébrale EEG au service de psychiatrie de l'hôpital Mustapha pacha, et Dr. Moualik Dalila, médecin neurologue au service de neurologie à l'hôpital Mustapha Pacha de leurs aides considérables pour la mise au point d'un protocole expérimental EEG et la conduite de l'expérience d'imagerie cérébrale au sein de leurs services. Je remercie également toute personne ayant participé à cette expérimentation qui malheureusement, pour des raisons sanitaires (covid19) n'a pas abouti.

Je tiens à remercier le personnel de l'agence de voyage « Fancy Yellow » de m'aider à conduire des expériences « walk along » avec leurs touristes étrangers. Je remercie également toutes les personnes qui ont accepté de faire l'expérience (walk along) avec moi dans la Casbah d'Alger, comme je remercie infiniment toutes les personnes qui ont accepté de faire l'expérimentation d'imagerie cérébrale EEG à l'hôpital Mustapha Pacha.

Je remercie mon amie Samira Akouche de son aide précieuse. Grâce à elle, il était possible et facile de consulter les écrits du Corbusier concernant la Casbah d'Alger auprès de la Fondation le Corbusier à Paris. Je remercie aussi mes amies Amira Meheter, Yousra Yahyaoui, Imane et Djihane, Kahina Medahi et Lilia Chikh. Merci infiniment pour votre soutien moral, pour votre aide continue au cours de ces cinq années, et surtout pour votre amitié.

Enfin, je voudrais remercier mes parents et mes sœurs. Merci d'avoir été à mes côtés ; merci pour votre soutien moral et financier et merci pour votre confiance en moi.

RÉSUMÉ

Cette thèse explore et discute l'architecture de la Casbah d'Alger en référence aux sciences cognitives et à la phénoménologie et en mettant l'accent sur la perception et la réception cognitive de son langage architectural afin de comprendre comment cette architecture livre son attrait visuel et esthétique à ses visiteurs. Ainsi, ce travail s'inscrit dans une approche « écologique-énactive » de réflexion et d'investigation de l'expérience architecturale de la Casbah, avec une attention particulière portée sur les relations complexes entre l'homme (comme entité corporelle et cognitive) et les caractéristiques morphologiques de l'environnement bâti.

Notre argument suggère que les bâtisseurs de la Casbah ont conçu de manière intuitive des espaces stimulants qui affectent fortement les émotions de l'homme, à travers l'usage d'un ensemble de configurations morphologiques et des stratégies architecturales et spatiales qui répondent aux besoins humains biologiques et psychologiques universels les plus innés. Dès lors, cette recherche vise à récupérer certaines de ces configurations morphologiques et stratégies de conception et à comprendre leurs rôles dans l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Ainsi, l'environnement bâti de la Casbah d'Alger est examiné de près, en références aux sciences cognitives à travers l'utilisation d'un ensemble d'approches et de méthodes analytiques.

Dans ce travail, une analyse de contenu est conduite sur un nombre de témoignages anciens et actuels sur l'expérience vécue de la Casbah par des personnes différentes dont le but est de proposer des hypothèses concernant les configurations morphologiques et les stratégies de conception sous-tendant l'expérience architecturale du parcours de la Casbah d'Alger. Ces hypothèses sont ensuite vérifiées au moyen d'une analyse isovist et d'une analyse séquentielle. La rue « Sidi Driss Hamidouch » est choisie comme parcours représentatif de la Casbah pour conduire cette analyse morphologique.

Les résultats montrent que l'expérience architecturale de la Casbah est influencée par différentes diapositives morphologiques et stratégies de conceptions organisées dans l'espace dans des ordres rythmique et harmonieux. Le changement continu des propriétés morphologiques dans l'espace créent des contrastes (ouvert / fermé, large / étroit, éclairé / sombre, ornementé / sans ornement) qui impliquent une stimulation continue des mécanismes

cérébraux et des changements dans les rythmes circadiens chez le spectateur. Les configurations morphologiques et spatiales du parcours de la Casbah créent des situations de mystère lors de la navigation spatiale faisant de parcours une découverte pleine de suspense qui se dévoile au spectateur à la marche. Enfin, l'intégration de la nature ainsi que les vues panoramiques sur la mer génèrent des réponses empathiques chez le spectateur conduisant à l'expérience de la restauration psychologique, l'expérience esthétiques du beau, ainsi que l'expérience esthétiques du sublime (awe et d'épiphanie) en réponse à la grandeur et à l'ampleur qu'offre cette vue sur la mer.

Comprendre l'impact de l'environnement bâti de la Casbah sur l'homme est crucial pour deux raisons. Tout d'abord, ce savoir fournit une phénoménographie du vécu sensoriel et cognitif de cette ville. Ces connaissances peuvent être utilisées comme référence pour mener des opérations de réhabilitation qui préservent l'intégrité et l'esprit architectural de la Casbah. Deuxièmement, compte tenu du fait que la Casbah est considérée comme l'un des exemples parfaits d'une architecture humaine dans le monde, la connaissance de ses configurations morphologiques et ses stratégies de conception, ainsi que de leur impact sur le cerveau et la psychologie humaine constitue un cadre de référence pour de futurs projets architecturaux ou urbains qui visent à produire un environnement de bien-être.

ABSTRACT

This thesis investigates and discusses the vernacular design of the Casbah of Algiers with reference to cognitive science and phenomenology and outlines an approach to the perception and the cognitive reception of its architectural language in order to appreciate how this architecture delivers its visual and aesthetic appeal to its visitors. Such approach places the active human mind and body at the centre of architecture as an experience. Hence, this work follows an enactive-ecological approach to carry on the investigations, while focusing on the complex relationship between the human agent and the built environment.

Our argument suggests that the Casbah' builders designed intuitively a way toward spaces that engage and strongly affect man's emotions, by deploying architectural strategies, spatial conditions and morphologies that respond to universal biological and innate psychological human needs. This research aims to recover some of those design strategies, and understand their effects on the architectural experience of the Casbah of Algiers. Hence, the interrelations and the correlations between the Casbah's morphology and design strategies in one hand and human's cognitive response in the other hand are looked at closely, through the use of a set of analytical approaches and methods, in reference to cognitive sciences, each having a specific question to answer and a goal to achieve.

In order to understand the architectural experience of the Casbah of Algiers, a content analysis is conducted on a number of old and new testimonies about the experience of the Casbah by different people. This analysis allows proposing a suitable set of theoretic hypothesis about 'the architectural experience of the Casbah of Algiers' and its morphologic and design strategies in relation to 'human cognitive response to build environment'. Later, these hypothesis are then verified by means of isovist analysis and sequential analysis, taking as a case study 'la rue Sidi Driss Hamidouch' as representative street from the Casbah.

Over all, results show that the built environment of the Casbah, specifically at "rue Sidi Driss Hamidouch", achieve its striking experience, trigger deep impressions and stir strong emotional and cognitive responses in the beholder through the integration of different morphological properties in harmonious and rhythmic way, and presenting them to a mobile beholder as a set of affordances to assess and then take action, reaction or decision accordingly.

The continuous shift of morphological properties in the space creating strong contrasts (open/closed, large/narrow, lighted/dark, ornamented/unornamented) leads to continuous implication and stimulation of the brain's mechanisms and changings in the circadian rhythms of the beholder. The Casbah's environment is experienced as a discovery due to the effect of its morphological and spatial configurations in creating situations of mystery while wayfinding. The integration of nature as well as the open panoramic view on the sea triggers empathic responses on the beholder's brain leading to the experience of the restorative and aesthetic effects of the nature element in the Casbah. Moreover, the panoramic view provides the opportunity to experience an aesthetic experience of sublime (awe and epiphany) in response to the grandeur and the magnitude provided by the view on the sea.

Understanding the impact of the built environment of the Casbah on the human beholder is crucial for two reasons. Firstly, this knowledge provides a phenomenography for the architectural lived experience of this vernacular city. This knowledge can be used as a second-hand material to preserve the integrity and the architectural spirit of the Casbah. Secondly, taking in consideration that the Casbah is considered as one of the perfect examples of human centric designs in the world, this knowledge about design strategies and their impact on the human brain and psychology constitutes a reference frame for future architectural or urban design works that aim to provide environment of well-being and positive affect.

ملخص

هذه الأطروحة تناقش التصميم المعماري لقصبة الجزائر وتأثيره على الإنسان. هذه المناقشة تستند على العلوم البسكولوجية و علوم العقل و الاعصاب لخلق مقارنة تحاكيالتجربة الحسية للتصميم المعماري للقصبة و فهم دور الإدراك والاستقبال المعرفي و الذهني للخصائص المرفولوجية للقصبة. يضع هذا النهج العقل والجسم البشري النشطين في مركز العمارة كتجربة، مع التركيز على العلاقة المعقدة بين العامل البشري والبيئة المبنية. تشير حجتنا إلى أن بناء القصبة صمموا بطريقة عفوية طريقة نحو خلق بيئة معمارية قادرة على التأثير بشدة على مشاعر الإنسان و تصرفاته ، و ذلك من خلال استخدام استراتيجيات معمارية و مرفولوجيات تستجيب للاحتياجات البشرية النفسية والفطرية . هذه العمارة نجحت في العصور القديمة ، وتركت تراثاً يتردد صداه منذ القرن السادس عشر وحتى اليوم.

يهدف البحث إلى استعادة بعض من استراتيجيات التصميم وفهم آثارها على التجربة المعمارية الحسية لقصبة الجزائر من خلال الإجابة على أسئلة حول الخصائص المورفولوجية واستراتيجيات التصميم التي تكمن وراء هذه التجربة ، بالإضافة إلى توضيح العلاقات المتبادلة بين استراتيجيات التصميمهذه من ناحية الإدراك والعواطف البشرية من ناحية أخرى. ومن ثم ، فإن العلاقة المتبادلة بين فضاء القصبة والإدراك أو الاستجابة المعرفية للإنسان يتم دراستها عن كثب ، من خلال استخدام مجموعة من الأدوات والطرائق التحليلية.

من أجل فهم التجربة المعمارية لقصبة الجزائر ، يتم إجراء "دراسة محتوى" على عدد من الشهادات القديمة والجديدة حول القصبة من قبل أشخاص ذوي خلفيات مختلفة (المهندس العالمي Le Corbusier ، طلاب الهندسة المعمارية و سياح اجانب). يسمح هذا التحليل الأول باقتراح مجموعة من الفرضيات النظرية حول "التجربة المعمارية لقصبة الجزائر" واستراتيجياتها المورفولوجية والتصميمية فيما يتعلق ب "الاستجابة المعرفية البشرية للعمارة". الفرضيات المقترحة خمس: (1) تتأثر التجربة المعمارية للقصبة بالتحول الإيقاعي بين الخصائص والاستراتيجيات المورفولوجية المختلفة. (2) تتأثر التجربة المعمارية للقصبة بشكل أساسي بالتحول الإيقاعي للخصائص المرفولوجية المتعلقة بحجم وانفتاح/انغلاق الفضاء ؛ (3) تتأثر التجربة المعمارية للقصبة بالشفافية الفينومينولوجية أكثر من الشفافية الحرفية ؛ (4) يتميز مسار القصبة بدرجة عالية من التعقيد والغموض المكاني بسبب زيادة الشفافية ؛ (5) التجربة المعمارية للقصبة متناغمة وذات تناسق مكاني و معماري.

يتم بعد ذلك التحقق من هذه الفرضية عن طريق isovist والتحليل المتسلسل sequentielle ، مع اتخاذ "شارع سيدي إدريس حميدوش" كغالة دراسة تمثل شوارع القصبة. تظهر النتائج بشكل عام أن التجربة المعمارية للقصبة معقدة ومتعددة الأبعاد. إنها نتيجة لتأثير الاختلاط بين استراتيجيات التصميم و المورفولوجية المختلفة. تظهر النتائج أن أربع فرضيات من خمس كانت صحيحة. تتأثر التجربة المعمارية للقصبة بالتحول الإيقاعي بين التناقضات المرفولوجية ؛ ترتبط التناقضات بشكل أساسي بالحجم (مساحة وعمق المساحة المرئية) والانفتاح المكاني (مفتوح / مغلق ، كبير / ضيق ، واسع / صغير) ؛ لا يفضل التكوين المكاني الشفافية الهائلة على الشفافية الحرفية ؛ التجربة المعمارية للمسار متناغمة و ذات اتساق مكاني معين.

تحقق البيئة المبنية للقصبة ، وتحديداً في شارع سيدي إدريس حميدوش ، تجربتها المدهشة ، وتثير انطباعات عميقة استجابات عاطفية ومعرفية قوية فعقلي و فكر الإنسان من خلال دمج الخصائص المورفولوجية المختلفة بطريقة متناغمة وإيقاعية ، وتقديمها إلى الناظر المتنقل كمجموعة من الإمكانيات لتفعيل رد فعل أو اتخاذ قرار معين. يؤدي التحول المستمر للخصائص المورفولوجية في الفضاء إلى تباينات قوية (فضاء مفتوح / مغلق ، كبير / ضيق ، مرتفع / منخفض ، مضاء / مظلم ، مزخرف / غير مزخرف) يؤدي إلى التضمين والتحفيز المستمر لآليات الدماغ وتغييراته في إيقاعات الساعة البيولوجية للناظر. القصبة اذا تتميز بتأثير تكويناتها المورفولوجية والمكانية في خلق حالات من الغموض أثناء البحث عن الطريق. يؤدي تكامل الطبيعة وكذلك استخدام تضاريس الموقع للحصول على منظر بانورامي مفتوح على البحر من الشارع إلى استجابات عاطفية على دماغ الناظر تؤدي إلى تجربة تأثيرات بسيكولوجية مخفضة لمستوى الضغط النفسي لدى الإنسان. علاوة على ذلك ، توفر هذه الرؤية البانورامية للناظر فرصة لتجربة تجربة جمالية قوية(awe) تمزج بين الرهبة والفخامة استجابة للمنظر المطل على البحر والأفق. هذه هي أهم نتائج هذا البحث.

إن فهم تأثير البيئة المبنية للقصبة على الإنسان أمر بالغ الأهمية لسببين. أولاً ، هذه المعرفة ، التي تعتبر فجوة في مجال البحث المتعلق بـ قصبة الجزائر العاصمة ، تقدم فينومينوغرافيا للتجربة المعمارية الحسية لهذه المدينة التاريخية. يمكن استخدام هذه المعرفة للحفاظ على تراث القصبة وروحها المعمارية، مع الأخذ في الاعتبار أن القصبة تعتبر واحدة من الأمثلة المثالية للتصاميم التي تتمحور حول الإنسان في العالم ، فإن هذه المعرفة حول استراتيجيات الشكل والتصميم وتأثيرها على العقل البشري وبيكولوجيته تشكل إطاراً مرجعياً للمعماري عند القيام بأعمال تصميم جديدة من شأنها توفير بيئة من الرفاهية و الإيجابية.

Table de matières

REMERCIEMENT

RÉSUMÉ

ABSTRACT

ملخص

TABLE DE MATIERES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
1. INTRODUCTION	2
2. L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE ET LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.....	2
3. L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DANS LE CADRE DU PATRIMOINE.....	4
4. L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE ET LA CASBAH D'ALGER	4
5. CADRE CONCEPTUEL DE LA RECHERCHE.....	6
6. PROBLEMATIQUE GENERALE	6
7. PROBLEMATIQUES SPECIFIQUES DE LA RECHERCHE	7
8. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE.....	7
9. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	8
10. STRUCTURE DE LA THESE	10
11. CONCLUSION.....	11
CHAPITRE DEUX	
RELATION ENTRE L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT BATI	
1. INTRODUCTION	14
2. REALISATION DE LA REVUE DE LA LITTERATURE	15
3. LA RELATION HOMME ET ENVIRONNEMENT BATI.....	17
3.1. LE ROLE DU CORPS DANS L'EXPERIENCE DE L'ARCHITECTURE	19
3.2. LA PERCEPTION ET LA COGNITION	21
3.3. LES AFFORDANCES EN ARCHITECTURE.....	23
4. L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE	25
4.1. L'EXPERIENCE SENSORIELLE DE L'ENVIRONNEMENT BATI	27
4.2. L'EXPERIENCE ESTHETIQUE DE L'ARCHITECTURE.....	29
4.2.1. LA COMPLEXITE	31
4.2.2. L'ORGANISATION ET L'ORDRE	31
4.2.3. LA NATURE	32
4.2.4. LE BEAU	32
4.2.5. LA SYMETRIE	33
4.2.6. PROPORTIONS ET NOMBRE D'OR	33
4.2.7. CONTOURS ET FORMES COURBES	33

4.2.8.	OUVERTURE/FERMETURE SPATIALE (OPENNESS/ENCLOSURE).....	34
4.2.9.	NOUVEAUTE, VARIETE ET SENS DU MYSTERE.....	34
4.2.10.	LA LUMIERE.....	34
4.2.11.	MAGNITUDE ET GRANDEUR.....	34
4.3.	L'EXPERIENCE EMPATHIQUE DE L'ARCHITECTURE "EMBODIED EMPATHY"	35
5.	LE BIEN-ETRE DANS L'ENVIRONNEMENT BATI	37
6.	SYNTHESE	38
7.	CONCLUSION.....	40
CHAPITRE TROIS		
NEUROSCIENCE POUR ARCHITECTURE		
1.	INTRODUCTION	43
2.	NEUROSCIENCE POUR ARCHITECTURE	43
2.1.	LA NEUROSCIENCE AU SERVICE DE L'ARCHITECTURE.....	44
2.1.1.	NEURO-ESTHETIQUE "NEUROAESTHETICS"	46
2.1.2.	NEURO-ARCHITECTURE " NEUROARCHITECTURE"	47
2.1.3.	LA NEUROPHENOMENOLOGIE " NEUROPHENOMENOLOGY"	48
2.2.	L'IMAGERIE CERVEBRALE ET LA NEUROSCIENCE POUR ARCHITECTURE	49
3.	ANATOMIE DU CERVEAU HUMAIN.....	49
3.1.	LA STRUCTURE DU CERVEAU.....	49
3.2.	SYSTEME NERVEUX DU TRAITEMENT COGNITIF ET EMOTIONNEL.....	53
4.	LA NEUROSCIENCE DE L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE.....	55
4.1.	BASE DE DONNEES « NEUROSCIENCE POUR ARCHITECTURE ».....	56
4.1.1.	<i>Méthode de construction de la base de données</i>	56
4.1.2.	<i>Data base 'neuroscience pour architecture'</i>	58
5.	SYNTHESE	71
6.	CONCLUSION.....	72
CHAPITRE QUATRE		
MÉTHODES D'INVESTIGATION DE LA RELATION HOMME/ ENVIRONNEMENT BÂTI		
1.	INTRODUCTION	75
2.	L'ANALYSE SENSORIELLE	76
2.1.	L'ANALYSE DE CONTENU	76
2.1.1.	<i>Les étapes d'une analyse de contenu.....</i>	77
2.1.2.	<i>Programmes informatiques d'aide à l'analyse de contenu qualitative.....</i>	79
2.1.3.	<i>Échantillonnage et corpus d'analyse</i>	79
2.1.4.	<i>Synthèse</i>	79
2.2.	LA « WALK ALONG ».....	80
2.2.1.	<i>La méthode.....</i>	80
2.2.2.	<i>Synthèse</i>	81
3.	L'ANALYSE MORPHOLOGIQUE DE L'ESPACE.....	81
3.1.	L'ANALYSE DE ALEXANDER CHRISTOPHER	81
3.1.1.	<i>Théorie d'Alexander Christopher : "pattern language" et phénoménologie de "wholeness".....</i>	82

3.2.	L'ANALYSE PAYSAGERE	89
3.2.1.	<i>Procédure de l'analyse séquentielle de Panerai</i>	90
3.3.	SHAPE GRAMMAR (LA GRAMMAIRE DES FORMES)	92
3.3.1.	<i>Shape Grammar pour l'étude du patrimoine bâti</i>	93
3.3.2.	<i>Les différentes caractéristiques identifiées par l'analyse Shape Grammar</i>	94
3.3.3.	<i>Pourquoi et quand utiliser Shape Grammar ?</i>	94
3.3.4.	<i>Les méthodes d'analyse Shape Grammar</i>	94
3.3.5.	<i>Les stratégies d'analyse Shape Grammar</i>	94
3.4.	SPACE SYNTAXE	95
3.4.1.	<i>Méthodes d'analyse de la space syntax</i>	97
4.	L'IMAGERIE CERVEALE EN NEUROARCHITECTURE	99
4.1.	LA TECHNIQUE DE L'ÉLECTROENCEPHALOGRAMME (EEG)	100
4.2.	L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE FONCTIONNELLE (IRMF)	100
4.3.	LA TOMOGRAPHIE A EMISSION DE POSITRON (PET)	101
5.	METHODES MIXTES.....	101
11.1.	LA REALITE VIRTUELLE IMMERSIVE (IVR)	101
5.1.1.	<i>Outils et méthodes IVR</i>	102
11.2.	LE HUSS INDEX.....	103
5.3.1.	<i>Les étapes de "Huss Index"</i>	104
5.3.2.	<i>Synthèse</i>	106
6.	CONCLUSION.....	106
CHAPITRE CINQ : CAS D'ÉTUDE		
LA CASBAH D'ALGER : LA RUE « SIDI DRISS HAMIDOUCHE »		
1.	INTRODUCTION	110
2.	LA CASBAH D'ALGER	110
2.1.	L'ARCHITECTURE DE LA CASBAH D'ALGER : LES CARACTERISTIQUES SPATIALES-FORMELLES DE LA CASBAH D'ALGER.....	113
3.	EXPERIENCES DE LA CASBAH D'ALGER : QUELQUES TEMOIGNAGES.....	117
3.1.	LE CORBUSIER	117
3.2.	EUGENE FROMENTIN	118
3.3.	L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DE LA CASBAH D'ALGER A TRAVERS LA LITTERATURE	119
4.	LA CASBAH D'ALGER ET LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	121
5.	LA RUE SIDI DRISS HAMIDOUCHE (EX RUE DE LA CASBAH).....	122
5.1.	DELIMITATION SPATIALE DU CAS D'ÉTUDE.....	123
5.2.	CARACTERISTIQUES DE LA RUE 'SIDI DRISS HAMIDOUCHE'	124
6.	CONCLUSION.....	128
CHAPITRE SIX		
MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE		
1.	INTRODUCTION	130
2.	METHODOLOGIE DE RECHERCHE ET POSITIONNEMENT EPISTEMOLOGIQUE	130
2.1.	POSITIONNEMENT EPISTEMOLOGIQUE	131

2.2.	CONCEPTUALISATION METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE	132
3.	PLAN DE DEVELOPPEMENT DE LA RECHERCHE.....	133
4.	DISPOSITIF METHODOLOGIQUE.....	134
4.1.	L'ANALYSE DE CONTENU	135
4.1.1.	<i>Présentation de la méthode de l'analyse de contenu thématique</i>	<i>135</i>
4.1.2.	<i>Procédure de l'analyse</i>	<i>136</i>
4.1.3.	<i>Codage du contenu</i>	<i>137</i>
4.1.4.	<i>Catégories et thèmes.....</i>	<i>138</i>
4.1.5.	<i>Corpus d'analyse.....</i>	<i>138</i>
4.1.6.	<i>Limitations</i>	<i>140</i>
4.2.	L'ANALYSE MORPHOLOGIQUE SEQUENTIELLE	140
4.2.1.	<i>Présentation de la méthode d'analyse séquentielle</i>	<i>140</i>
4.2.2.	<i>Procédure de l'analyse.....</i>	<i>146</i>
4.2.3.	<i>Les limitations.....</i>	<i>146</i>
4.3.	L'ANALYSE MORPHOLOGIQUE ISOVIST.....	147
4.3.1.	<i>Présentation de la méthode de l'analyse isovist</i>	<i>147</i>
4.3.2.	<i>Relation entre les mesures isovist et la neuroarchitecture.....</i>	<i>152</i>
4.3.3.	<i>Procédure de l'analyse.....</i>	<i>157</i>
4.3.4.	<i>Limitations</i>	<i>158</i>
5.	CONCLUSION.....	159
CHAPITRE SEPT : RESULTAS DE L'ANALYSE DE CONTENU		
L'EXPÉRIENCE ARCHITECTURALE DE LA CASBAH D'ALGER		
1.	INTRODUCTION	161
2.	ANALYSE DE L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DE LA CASBAH D'ALGER	161
2.1.	L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE PASSEE (ANCIENNE) DE LA CASBAH D'ALGER	162
2.1.1.	<i>Expérience architecturale de la Casbah par Le Corbusier</i>	<i>162</i>
2.2.	L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE ACTUELLE DE LA CASBAH D'ALGER.....	166
2.2.1.	<i>Expérience architecturale de la Casbah par les algériens non-résidents.....</i>	<i>167</i>
2.2.2.	<i>Expérience architecturale de la Casbah par des Touristes étrangers</i>	<i>174</i>
3.	ANALYSE DES RESULTATS	178
3.1	EXPERIENCE ARCHITECTURALE DU CORBUSIER	179
3.2	EXPERIENCE ARCHITECTURALE DES ETUDIANTS	179
3.3	EXPERIENCES DES TOURISTES.....	180
3.4	SYNTHESE	181
4.	L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DE LA CASBAH D'ALGER	182
5.	HYPOTHESES.....	184
6.	LIMITATIONS	184
7.	CONCLUSION.....	185
CHAPITRE HUIT : RESULTATS		
ANALYSE MORPHOLOGIQUE DE LA RUE « SIDI DRISS HAMIDOUCH »		
1.	INTRODUCTION	187
2.	RESULTATS DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE MORPHOLOGIQUE.....	187

2.1.	RESULTATS DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE PAR SEQUENCES	190
2.2.	RESULTATS DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE ENTRE SEQUENCES	194
2.3.	RESULTATS DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE DU PARCOURS ENTIER	199
3.	RESULTATS DE L'ANALYSE ISOVIST	201
3.1.	RESULTATS PAR SEQUENCE	202
3.2.	RESULTATS DE L'ANALYSE ISOVIST ENTRE SEQUENCES	211
3.3.	RESULTATS DE L'ANALYSE ISOVIST DU PARCOURS ENTIER.....	219
3.4.	SYNTHESE	236
4.	CONCLUSION.....	237
CHAPITRE NEUF: DISCUSSION		
EXPÉRIENCE ARCHITECTURAL DE LA CASBAH D'ALGER, CORRÉLATIONS ENTRE MORPHOLOGIE ET NEUROARCHITECTURE. CAS DE LA RUE « SIDI DRISS HAMIDOUCH »		
1.	INTRODUCTION	239
2.	CORRELATIONS ENTRE LES RESULTATS DES ANALYSES ISOVIST ET SEQUENTIELLE ET LES CONNAISSANCES EN NEUROSCIENCES COGNITIVES	239
3.	L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DE CHAQUE SEQUENCE DU PARCOURS.....	244
•	<i>LA SEQUENCE AB.....</i>	<i>244</i>
•	<i>LA SEQUENCE BC</i>	<i>245</i>
•	<i>LA SEQUENCE B'C'.....</i>	<i>247</i>
•	<i>LA SEQUENCE CD.....</i>	<i>248</i>
•	<i>LA SEQUENCE DE</i>	<i>250</i>
•	<i>LA SEQUENCE EF.....</i>	<i>251</i>
•	<i>LA SEQUENCE FG</i>	<i>252</i>
•	<i>LA SEQUENCE G'H'</i>	<i>253</i>
•	<i>LA SEQUENCE GH.....</i>	<i>254</i>
4.	VERIFICATION DES HYPOTHESES	255
4.1.	HYPOTHESE 1	255
4.2.	HYPOTHESE 2	260
4.3.	HYPOTHESE 3	265
4.4.	HYPOTHESE 4	267
4.5.	HYPOTHESE 5	268
•	SYNTHESE.....	269
5.	CONCLUSION.....	271
CONCLUSION GENERALE		
1.	SYNTHESE DE LA THESE	273
2.	L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DU PARCOURS DE LA CASBAH D'ALGER.....	277
2.1.	L'EXPERIENCE EMPATHIQUE	277
2.2.	L'EXPERIENCE COGNITIVE ET INTERMODALE A TRAVERS LA NAVIGATION SPATIALE	282
2.3.	L'EXPERIENCE COGNITIVE A TRAVERS LE SENS DU MYSTERE SPATIAL	285
2.4.	L'EXPERIENCE ESTHETIQUE ET LA RESTAURATION PSYCHOLOGIQUE	287
3.	A RETENIR	291
4.	APPORTS DE LA RECHERCHE	292

4.1.	APPORTS METHODOLOGIQUES	292
4.2.	APPORTS PRATIQUES ET THEORIQUES	293
5.	LIMITATIONS DE LA RECHERCHE.....	294
6.	PISTES POUR DES RECHERCHES FUTURES	295
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	297
	GLOSSAIRE.....	330
	ANNEXES.....	334

Liste des figures

FIGURE 1: TABLEAU DE CORRELATION ENTRE LES QUESTIONS ET LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE. AUTEUR.....	8
FIGURE 2: SCHEMA DE LA STRUCTURE GLOBALE DE LA THESE. AUTEUR.....	12
FIGURE 3: ORGANIGRAMME DE L'EVOLUTION DES CONCEPTS THEMATIQUES DE LA RECHERCHE. AUTEUR.	16
FIGURE 4: L'ESCALIER DE CARLO SCARPA AU CIMETIERE DE BRION A SAN VITO D'ALTIVOLE,ITALIE. GOOGLE IMAGE.	20
FIGURE 5: SCHEMAS ET PHOTOS DE LA CHAPELLE 'BRUDER KLAUS FIELD' MONTRANT LA TRANSITION D'UN ESPACE FERME ET SOMBRE VERS UN ESPACE OUVERT ET ECLAIRE. UN EXEMPLE DE LA CO-DEPENDANCE ENTRE-ARCHITECTURE ET INCARNATION (EMBODIEMENT). GOOGLE IMAGE 2021.	25
FIGURE 6: SCHEMA MONTRANT LA COMPLEXITE ET LA MULTI-DIMENSIONNALITE DE L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE. AUTEUR (2021).....	27
FIGURE 7: LA TRILOGIE ESTHETIQUE ET SES ALLIES PSYCHOLOGIQUES. MODELE DE L'EXPERIENCE ESTHETIQUE D'ALEXANDER CORBURN (2020).	30
FIGURE 8: SCHEMA RECAPITULATIF SYNTHETISANT LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT BATI (SELON LA REVUE DE LA LITTERATURE DISCUTEE DANS CE CHAPITRE). AUTEUR 2019.	39
FIGURE 9: ANATOMIE DU CERVEAU HUMAIN. GOOGLE IMAGE.	50
FIGURE 10: ANATOMIE DU CERVEAU HUMAIN. LES LOBES DE CHAQUE HEMISPHERE . GOOGLE IMAGE.....	50
FIGURE 11: DIFFERENTES REGIONS ET STRUCTURES DU CERVEAU. HTTPS://WWW.FRCNEURODON.ORG/	53
FIGURE 12: CAPTURE D'ECRAN DE LA BIBLIOTHEQUE ENDNOTE CONTENANT LA REVUE DE LA LITTERATURE SELECTIONNEE. À GAUCHE EN ROUGE LES GROUPES DE REFERENCES AVEC LE NOMBRE D'ARTICLES COLLECTES. À DROITE LE TYPE DE REFERENCE, LIVRE OU/ARTICLE. AUTEUR (2020).....	57
FIGURE 13: INDICATEURS MORPHOLOGIQUES PAYSAGERES DE SYMETRIE ET D'OUVERTURE SPATIALE. HTTPS://UNT.UNIV-COTEDAZUR.FR/	91
FIGURE 14: EXEMPLE D'APPLICATION DE LA METHODE SHAPE GRAMMAR SUR UNE FORME DE BASE. GENERATIONS DE PLUSIEURS ALTERNATIVES DE LA FORME DE BASE (RECTANGLE) PAR L'APPLICATION DE LA REGLE DE (ROTATION). GOOGLE IMAGES.	93
FIGURE 15: EXEMPLE D'UNE ANALYSE SYNTAXIQUE D'UNE MAISON PAR GRAPHE JUSTIFIE. GOOGLE IMAGES.	97
FIGURE 16: EXEMPLE D'UN PLAN VGA. GOOGLE IMAGES.....	98
FIGURE 17: EXEMPLE DE CARTE AXIALE. GOOGLE IMAGES.....	98
FIGURE 18: EXEMPLE D'UN ISOVIST. GOOGLE IMAGES.	99
FIGURE 19: IMAGE D'IMRF A GAUCHE ET DE EEG A DROITE.....	100
FIGURE 20: HEAD-MOUNTED DISPLAY (HMD). GOOGLE IMAGES.....	102
FIGURE 21: CAVE AUTOMATIC VIRTUAL ENVIRONMENT (CAVE). GOOGLE IMAGES.....	103
FIGURE 22: SYNOPSIS METHODOLOGIQUE DE LA PRESENTE THESE. AUTEUR.....	108
FIGURE 23: LA BASE CASBAH. À GAUCHE LE BASTION 23, A DROITE KETCHAWA ET DAR AZIZA. SOURCE: FAROUK TOUMI (2019).	111
FIGURE 24: PLAN DE LA CASBAH D'ALGER MONTRANT SON RESEAU LABYRINTHIQUE DE RUES. GOOGLE IMAGES.	112
FIGURE 25: ILLUSTRATION ET IMAGE DE LA VUE SUR LA MER DEPUIS LES TERRASSES DES MAISONS. PRISES PHOTOGRAPHIQUES PAR FAROUK TOUMI.	114
FIGURE 26: PHOTOS DU CONTRASTE DE TAILLE ET D'ECLAIRAGE DANS LES RUES DE LA CASBAH D'ALGER. SOURCE: AUTEUR.	116
FIGURE 27: TRANSITION ENTRE CONTRASTES DIFFERENTS DE LA SQIFA AU WAST DAR DANS DAR MUSTAPHA PACHA. AUTEUR (2020).....	116
FIGURE 28: PLAN DE LA RUE 'SIDI DRISS HAMIDOUC'. OGEB.	122
FIGURE 29: RUE SIDI DRISS HAMIDOUC DE LA CASBAH D'ALGER PAR ADDISON THOMAS MILLARD (1860- 1913). SOURCE : HTTP://ALGEROISEMENTVOTRE.FREE.FR/SITE0900/CASBAH02.HTML	123
FIGURE 31: DEBUT DE LA RUE SIDI DRISS HAMIDOUC (DANS UNE DIRECTION DE DESCENTE ELLE CORRESPOND A LA FIN DE LA RUE). SOURCE: AUTEUR (2021).....	124

FIGURE 31: FIN DE LA RUE SIDI DRISS HAMIDOUCHE (DANS UNE DIRECTION DE MONTEE ELLE CORRESPOND AU DEBUT DE LA RUE). SOURCE: AUTEUR (2021).	124
FIGURE 32: PHOTOS DES DEUX FONTAINES SE TROUVANT SUR LA RUE 'SIDI DRISS HAIDOUCH'. SOURCE: AUTEUR (2021).	125
FIGURE 34: ANCIENNE PHOTO DE LA RUE DE LA CASBAH MONTRANT LES BOUTIQUES EXPLOITEES. SOURCE: HTTP://ALGEROISEMENTVOTRE.FREE.FR/SITE0900/CASBAH02.HTML	125
FIGURE 34: PHOTO ACTUELLE DE LA RUE DE LA CASBAH MONTRANT LES BOUTIQUES FERMEES. SOURCE: AUTEUR (2021).	125
FIGURE 36: BOUTIQUE TRANSFORMEE EN RESTAURANT TRADITIONNEL. SOURCE: AUTEUR (2021).	126
FIGURE 36: PORTE D'UNE BOUTIQUE EXPOSANT DES PRODUITS ARTISANAUX TRADITIONNELS. SOURCE: AUTEUR (2021).	126
FIGURE 37: PHOTO MONTRANT UNE VUE VERS LA MER DEPUIS LA RUE DE LA CASBAH. SOURCE: AUTEUR (2021).	126
FIGURE 38: IMAGES ILLUSTRANT LES OUVERTURES DANS LA PAROI LATERALE. CES OUVERTURES DONNENT SUR DES RUELLES QUI RELIENT LA RUE « SIDI DRISS HAMIDOUCHE » A D'AUTRES RUES. SOURCE: AUTEUR (2021).	127
FIGURE 39: IMAGES ILLUSTRANT LES OUVERTURES DANS LA PAROI LATERALE. CES OUVERTURES CORRESPONDENT AUX VIDES URBAINS GENERES PAR L'EFFONDREMENT DES MAISONS VETUSTES. SOURCE: AUTEUR (2021).	127
FIGURE 40: RESTAURATION DES DOUERAS 31, 33 RECONVERTIES EN AUBERGE DE JEUNESSE. SOURCE : UNESCO.	128
FIGURE 41: RECONSTRUCTION DE LA PARCELLE VIDE 53 RECONVERTIE EN CLINIQUE MEDICALE. SOURCE: UNESCO.	128
FIGURE 42: SCHEMA CONCEPTUEL DE LA METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE. AUTEUR.	135
FIGURE 43: CARTE DE L'ITINERAIRE DU PARCOURS COMMENTE 'WALK ALONG' DANS LA CASBAH (EN JAUNE). AUTEUR.	139
FIGURE 44: SCHEMA MONTRANT LES DIFFERENTES MESURES ISOVIST BASIQUES (OSTWALD & LEE, 2017).	148
FIGURE 45: TRAJET DE L'EXPERIENCE "WALK ALONG" LE LONG DE LA RUE "SIDI DRISS HAMIDOUCHE". AUTEUR.	167
FIGURE 46: OCCURENCES ET CLASSEMENTS DE CHAQUE THEME PAR EXPERIENCE. AUTEUR.	181
FIGURE 47: DECOUPAGE INITIAL DES SEQUENCES DU PARCOURS. AUTEUR.	188
FIGURE 48: LE NOUVEAU DECOUPAGE SEQUENTIEL AVEC LA NOTATION MORPHOLOGIQUE SUR LE PLAN DU PARCOURS. AUTEUR.	189
FIGURE 49: RESULTATS DE L'INDICATEUR SURFACE ISOVIST (ISOVIST AREA) PAR DEPTHMAP 7. AUTEUR (2021).	219
FIGURE 50: GRAPHE DE L'INDICE DE LA SURFACE ISOVIST (ISOVIST AREA). AUTEUR.	219
FIGURE 51: RESULTATS DE L'INDICATEUR PERIMETRE ISOVIST (ISOVIST PEREMETER) PAR DEPTHMAP 7. AUTEUR (2021).	221
FIGURE 52: GRAPHE DE L'INDICE DU PERIMETRE ISOVIST. AUTEUR.	221
FIGURE 53: RESULTATS DE L'INDICATEUR ANGLE DE DERIVE ISOVIST (ISOVIST DRIFT ANGLE) PAR DEPTHMAP 7. AUTEUR (2021).	222
FIGURE 54: GRAPHE DE L'INDICE DE L'ANGLE DE DERIVE ISOVIST (DRIFT ANGLE). AUTEUR.	223
FIGURE 55: RESULTATS DE L'INDICATEUR MAGNITUDE DE LA DERIVE (ISOVIST DRIFT MAGNITUDE) PAR DEPTHMAP 7. AUTEUR (2021).	224
FIGURE 56: GRAPHE DE L'INDICE DE MAGNITUDE DE DERIVE ISOVIST (DRIFT MAGNITUDE). AUTEUR.	225
FIGURE 57: RESULTATS DE L'INDICATEUR DISTANCE RADIALE MAXIMALE (MAX RADIAL LINE) PAR DEPTHMAP 7. AUTEUR (2021).	227
FIGURE 58: GRAPHE DE L'INDICE DE LA DISTANCE RADIALE MINIMALE. AUTEUR.	227
FIGURE 59: RESULTATS DE L'INDICATEUR DISTANCE RADIALE MAXIMALE (MAX RADIAL LINE) PAR DEPTHMAP 7. AUTEUR (2021).	229
FIGURE 60: GRAPHE DE L'INDICE DE LA DISTANCE RADIALE MAXIMALE. AUTEUR.	229

FIGURE 61: RESULTATS DE L'INDICATEUR D'OCCLUSIVITE (OCCLUSIVITY) PAR DEPTHMAP 7. SOURCE: AUTEUR (2021).	231
FIGURE 62: GRAPHE DE L'INDICE D'OCCLUSIVITE. AUTEUR.	231
FIGURE 63: RESULTATS DE L'INDICATEUR DE CIRCULARITE PAR DEPTHMAP 7. SOURCE: AUTEUR (2021).	233
FIGURE 64: GRAPHE DE L'INDICE DE CIRCULARITE. AUTEUR.	233
FIGURE 65: RESULTATS DE L'INDICATEUR DE JAGGEDNESS PAR DEPTHMAP 7. SOURCE: AUTEUR (2021).	234
FIGURE 66: GRAPHE DE L'INDICE DE JAGGEDNESS. AUTEUR.	235
FIGURE 67: PRISES DE VUE DANS LA SEQUENCE AB. AUTEUR.	245
FIGURE 68: PRISES DE VUE DANS LA SEQUENCE BC. AUTEUR.	247
FIGURE 69: PRISES DE VUE DANS LA SEQUENCE B'C'. AUTEUR.	248
FIGURE 70: PRISES DE VUE DANS LA SEQUENCE CD. AUTEUR.	249
FIGURE 71: PRISE DE VUE DANS LA SEQUENCE DE. AUTEUR.	250
FIGURE 72: PRISES DE VUE DANS LA SEQUENCE EF. AUTEUR.	251
FIGURE 73: PRISE DE VUE DANS LA SEQUENCE FG. AUTEUR.	252
FIGURE 74: PRISES DE VUE DANS LA SEQUENCE G'H'. AUTEUR.	253
FIGURE 75: PRISES DE VUE DANS LA SEQUENCE GH. AUTEUR.	254
FIGURE 76: DIFFERENTS CAS DE DISTRIBUTION DES VALEURS DES INDICES LE LONG DU PARCOURS. AUTEUR.	262
FIGURE 77: FONTAINES ORNEES DE FAÏENCE (ZELIDI) DANS LES PARCOURS DE LA CASBAH. AUTEUR.	280
FIGURE 78: PORTES DE LA CASBAH D'ALGER. AUTEUR.	280
FIGURE 79: RUES DE LA CASBAH AVEC DES BOUTIQUES FERMEES. AUTEUR.	281
FIGURE 80: LE PASSAGE D'UNE SEQUENCE LARGE ET OUVERTE A UNE SEQUENCE FERMEE ET ETROITE DANS LES PARCOURS DE LA CASBAH D'ALGER. AUTEUR.	283
FIGURE 81: CHANGEMENT DANS LES POSITIONS CORPORELLES ENTRE ESPACE ETROIT/FERME A UN ESPACE LARGE/OUVERT. AUTEUR.	284
FIGURE 82: PARCOURS A PASSAGE VISIBLE ET DESTINATION INCONNUE. L'EXPERIENCE DU MYSTERE SPATIAL EST SOUS-TENDUE PAR L'INCERTITUDE ET L'IMAGINATION. AUTEUR.	286
FIGURE 83: PARCOURS A DESTINATION CONNUE ET PASSAGE INCONNU. L'EXPERIENCE DU MYSTERE SPATIAL EST SOUS-TENDUE PAR LA CONFUSION ET LA SIMULATION COGNITIVE. AUTEUR.	287
FIGURE 84: VUES DEGAGEES SUR LA MER DEPUIS LE PARCOURS. AUTEUR.	288
FIGURE 85: SEQUENCES DANS LES PARCOURS DE LA CASBAH INTEGRANT DES ELEMENTS DE LA NATURE (VUE VER LA MER, POINTS D'EAU ET VEGETATION). AUTEUR.	289
FIGURE 86: MODELE THEORIQUE DE L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DU PARCOURS DE LA CASBAH D'ALGER. AUTEUR.	290

Liste des tableaux

TABLEAU 1: PLAN CONCEPT INITIAL DE LA RECHERCHE. AUTEUR.....	16
TABLEAU 2: TABLEAU SYNTHESE DES ARTICLES SCIENTIFIQUES COLLECTES.....	56
TABLEAU 3: TABLEAU SYNTHESE DE LA BASE DE DONNEES.....	57
TABLEAU 4: BASE DE DONNEES DES RECHERCHES EN NEUROSCIENCE POUR ARCHITECTURE. AUTEUR.....	58
TABLEAU 5: LISTE DES AUTEURS ET DES TEMOIGNAGES SUR L'EXPERIENCE DE LA CASBAH AU FIL DES TEMPS. AUTEUR.....	119
TABLEAU 6: INDICATEURS MORPHOLOGIQUES POUR L'ANALYSE SEQUENTIELLE. AUTEUR (IMAGES DEPUIS GOOGLE).....	141
TABLEAU 7: RELATIONS ENTRE LES MESURES ISOVISTS ET LES CONCEPTS ISSUS DES NEUROSCIENCES POUR ARCHITECTURE. AUTEUR.....	156
TABLEAU 8: EXEMPLE DE CODAGE D'UNE UNITE DE SENS. AUTEUR.....	163
TABLEAU 9: RESULTATS DE L'ANALYSE DE CONTENU DES TEXTES DU CORBUSIER.....	164
TABLEAU 10: RESULTATS DE L'ANALYSE DE CONTENU DE L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DE LA CASBAH D'ALGER PAR DES ALGERIENS NON-RESIDENTS A LA CASBAH.....	168
TABLEAU 11: RESULTATS DE L'ANALYSE DE CONTENU DE L'EXPERIENCE ARCHITECTURALE DE LA CASBAH D'ALGER PAR DES ETRANGERS (TOURISTES).....	175
TABLEAU 12: RESULTATS DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE PAR SEQUENCE.....	190
TABLEAU 13: RESULTATS DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE ENTRE SEQUENCES.....	195
TABLEAU 14: LE CODAGE BINAIRE DES INDICATEURS.....	199
TABLEAU 15: RESULTATS DE L'ANALYSE SEQUENTIELLE DU PARCOURS ENTIER.....	199
TABLEAU 16: RESULTATS DE L'ANALYSE ISOVIST DU PARCOURS PAR DEPTHMAP 7.....	202
TABLEAU 17: RESULTATS DE L'ANALYSE ISOVIST PAR SEQUENCE.....	202
TABLEAU 18: RESULTATS DE L'ANALYSE ISOVIST ENTRE SEQUENCES.....	211
TABLEAU 19: VALEURS DE L'INDICE D'ATTRAIT PAR SEQUENCE.....	226
TABLEAU 20: VALEURS DE L'INDICE D'ATTRAIT DU PARCOURS ENTIER.....	226
TABLEAU 21: CORRELATIONS ENTRE LES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET LES CONNAISSANCES EN NEUROSCIENCE COGNITIVE POUR CHAQUE SEQUENCE DU PARCOURS. AUTEUR.....	239
TABLEAU 22: MESURES ET CONDITIONS DE VALIDITE DE L'HYPOTHESE 1.....	255
TABLEAU 23: MESURES ET CONDITIONS DE VALIDITE DE L'HYPOTHESE 2.....	260
TABLEAU 24: VALEURS MINIMALES, MAXIMALES ET QUARTILES DES MESURES ISOVISTS DU PARCOURS "SIDI DRISS HAMIDOUCH".....	264
TABLEAU 25: MESURES ET CONDITIONS DE VALIDITE DE L'HYPOTHESE 3.....	265
TABLEAU 26: MESURES ET CONDITIONS DE VALIDITE DE L'HYPOTHESE 4.....	267
TABLEAU 27: MESURES ET CONDITIONS DE VALIDITE DE L'HYPOTHESE 5.....	268

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1. Introduction

L'architecture, comme la définissait Vitruve, est "*l'art de bâtir*", un acte de création humaine réalisé par l'homme pour se faire plaisir et satisfaire ses besoins. L'art de bâtir se traduit non seulement par l'enveloppe physique du bâti, mais aussi par ses composantes atmosphériques et esthétiques qui, ensemble avec la composante morphologique, génèrent des sensations, des émotions et modifient les comportements de l'homme dans l'espace, en stimulant de manière très directe les instruments perceptifs, cognitifs et intellectuels de l'homme. Ce pouvoir de l'architecture est le soubassement de la relation de l'homme à son environnement bâti.

La myriade d'expériences que provoque l'architecture chez l'homme est connue sous le concept « expérience architecturale ». L'œuvre architecturale est donc une expérience multi-sensorielle existentielle, mesurée simultanément par le corps humain qui par la suite produit des réponses affectives, cognitive et comportementales en réactions aux caractéristiques de l'environnement bâti (Pallasmaa, 2009). Ces réponses sont parfois explicites ou énigmatiques mais qui, mises bout à bout, dessinent le creuset d'une architecture, de son imaginaire, de son vécu et de son épistémè.

Ce chapitre introductif présente et discute l'ensemble des constats et des concepts sous-jacents à la problématique traitée par cette recherche. Les constats sont issus des observations et des questionnements sur le site (la Casbah d'Alger), ainsi que des observations et questionnements provenant de l'actualité scientifique dans le monde de la recherche en architecture et en patrimoine. Les observations et les questionnements portent une attention particulière à la question de « l'humanisation de l'architecture » et à l'impact affectif et cognitif de l'espace construit sur l'homme. L'ensemble des constats mènent à la formulation de la problématique générale de cette thèse, ainsi que des problématiques spécifiques qui font aussi objet d'investigation dans cette recherche. La problématique est suivie de plusieurs objectifs à atteindre, d'un aperçu sur la méthodologie de conduite de cette recherche ainsi que d'un aperçu sur la structure de la thèse en cours et l'organisation des différents chapitres.

2. L'expérience architecturale et la recherche scientifique

L'expérience architecturale de l'environnement bâti est dépendante de la perception de l'agent humain et de ses réponses cognitives et affectives (M. Merleau-Ponty, 1969). Ainsi l'existence de l'homme en son sein repose sur le couplage entre les systèmes sensori-moteurs

du corps et les caractéristiques de l'environnement (Jelić, 2016). Ce couplage conduit le cerveau à la détection et au décodage constant de divers types d'informations (stimuli) provenant de l'environnement bâti, telles que: les patterns spatiaux-visuels; les impressions haptiques; la proprioception (perceptions du corps dans l'espace); la thermoception (température); les sensations auditives, etc., tout en interagissant avec les systèmes motrices du mouvement et les souvenirs (Stephenson, 2019 ; Rosenblum, 2013).

Plusieurs facteurs ont fait que la neuroscience a commencé à s'intéresser aux aspects esthétiques, cognitifs et émotionnels de l'architecture, ainsi qu'à la question du bien-être et de santé mentale de l'homme au sein de son environnement de vie. Ces facteurs sont liés essentiellement à la prise de conscience de la complexité de l'expérience architecturale ; l'introduction des techniques de la neuro-imagerie cérébrale permettant l'enregistrement de l'activité neuronale du cerveau ; ainsi qu'aux découvertes en neuroscience cognitive concernant la plasticité du cerveau et des systèmes neuronaux sous-tendant la nature complexe et adaptative de l'expérience humaine. Les recherches en neuroscience pour architecture ont pour objectif la mise en évidence des liens entre les connaissances sur le fonctionnement du cerveau et l'expérience de l'espace (Eberhard, 2009).

Aujourd'hui, l'expérience architecturale se trouve au cœur de la recherche neuroscientifique et la formation en architecture. On compte plusieurs institutions, universités et laboratoire de recherche qui s'intéressent à l'étude de l'architecture à travers les neurosciences. Il y a l'**ANFA**, l'Académie de la Neuroscience pour l'Architecture¹. Cette académie, créée en 2003, a pour objectif de faire progresser les connaissances reliant les recherches en neurosciences à une compréhension croissante de la réponse cognitive et affective de l'environnement bâti. Il y a aussi "*the Center of Conscious cities*"², une organisation scientifique qui vise à encourager la création des environnements bâtis humains (human centric), conscients et sensibles à travers l'application des découvertes neuroscientifiques dans la conception de l'architecture. Aux États-Unis les départements d'architecture, "*New School of Architecture and Design*" (ENSAD) à San Diego en Californie et "*Arizona University*" à Tucson, Arizona ont intégré la neuroscience dans la formation d'architecte. Cette actualité dans la recherche scientifique en architecture constitue un premier constat sur lequel se base la présente recherche.

¹ <https://www.anfarch.org/>

² <https://theccd.org/>

3. L'expérience architecturale dans le cadre du patrimoine

L'expérience architecturale est plus profonde et plus significative dans le cadre du patrimoine bâti. L'architecture traditionnelle soulage le stress, libère l'endorphine, provoque le plaisir neurologique et s'inscrit dans notre cerveau comme quelque chose de beau (Pallasmaa, 2014 ; 2015). Certains édifices anciens nous font plonger à l'intérieur des ambiances émotionnelles et esthétiques uniques qui constituent l'identité du lieu. Ces atmosphères patrimoniales incarnent des expériences spatiales, multi-sensorielles et existentielles, qui touchent notre sentiment d'être, en contournant la rationalité et la logique (Merleau-Ponty 1969). Ces expériences du patrimoine sont souvent agréables et exceptionnelles et engendrent des émotions d'appropriation, d'admiration, d'appartenance, des jugements de beauté et stimulent la mémoire et l'imagination (Pallasmaa, 2014).

Récemment, la recherche dans le domaine du patrimoine s'oriente vers le retour à l'authentique dans l'expérience architecturale du patrimoine bâti, et ceci, à travers l'intégration de la dimension sensible, affective et cognitive dans les opérations d'intervention sur le patrimoine bâti. De ce fait, aujourd'hui, l'expérience de l'architecture patrimoniale constitue un réel engouement pour la recherche scientifique en architecture et un cadre de référence pour les pratiques de construction et de design architectural et urbain. Ce constat constitue un autre point d'appui pour la présente recherche. Une telle dimension ne peut guère être ignorée, il faut l'explorer afin d'établir une source documentaire explicite pour des éventuelles interventions sur le patrimoine, ou pour des éventuels projets de design et de construction nouvelle.

4. L'expérience architecturale et la Casbah d'Alger

Les deux constats précédents se rapportent à une actualité scientifique en tendance dans le monde de la recherche. Cette actualité s'intéresse à la question de l'expérience architecturale qui sous-tend la relation de l'homme à son environnement bâti. Le troisième constat, discuté ci-dessus, se rapporte au cas d'étude (la Casbah d'Alger), notamment aux observations sur le site-même et aux observations sur la littérature concernant le site.

La Casbah d'Alger constitue un exemple exceptionnel d'une ville historique Maghrébine du XVI^e siècle. Son architecture et son urbanisme constitue une référence

vivante d'une architecture écologique centrée sur l'homme et produisant des synergies entre l'agent humain et l'agent culture-nature (Le Corbusier, 1935, 1941 ; Gerber, 1993). Elle est considérée comme un modèle imprégné d'histoire et de qualités immatérielles intrinsèques de la culture méditerranéenne. Elle est un exemple éminent d'habitat humain vernaculaire qui a conservé son authenticité et son intégrité esthétique et architecturale, exposant ainsi des valeurs remarquables qui lui ont valu une place au patrimoine mondial depuis 1992 (Benchekroun, 2019).

Cette architecture et cet urbanisme exemplaires de l'époque ottomane ont suscités et suscitent encore beaucoup d'admiration et d'intérêt. En effet, des auteurs d'époque et de cultures différentes, écrivains, artistes, poètes, voyageurs, architectes et géographes... sont restés en admiration devant cette architecture. A titre d'exemple, il faudra citer: Léo L'Africain (1500), un géographe Grenadien ; Le Corbusier (1935-1942), un architecte suisse qui a considéré la Casbah d'Alger comme modèle d'une architecture qui respecte les besoins de l'homme et lui offre abri, confort et bonheur. Il y a aussi Favre Lucienne (1933), une écrivaine Franco-Algérienne; Ravereau (2007), un architecte Français; Felix Mesguich, un pionnier du cinéma Franco-algérien; Douglas Kennedy (2013), un écrivain américain.

La lecture du témoignage de tous ces personnages sur la Casbah, révèle des constantes descriptives du plaisir émotionnel provoqué par les configurations spatiales de la Casbah. Ces écrits qui transcendent les différences culturelles et spatio-temporelles témoignent d'une expérience architecturale universelle. Cette expérience vécue est à la fois sensorielle et émotionnelle. Ces témoignages pris au piège de la beauté et de la fonctionnalité précise de l'architecture et l'urbanisme de la Casbah d'Alger, déploient un langage architectural et esthétique convenable pour une architecture centrée sur l'homme.

On outre, sur le plan des recherches scientifiques, il est constaté que la quasi-majorité des projets et des recherches menés sur la Casbah d'Alger s'intéressent plus aux aspects historiques, sociaux et constructifs (morphologique et structurel). Les aspects phénoménologiques et les questions concernant les dispositifs qui façonnaient et continuent encore à façonner le vécu sensible et l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, semblent être ignorés et écartés non seulement du domaine de la recherche, mais aussi du domaine de la réhabilitation et de la conservation.

5. Cadre conceptuel de la recherche

Les constats présentés plus haut ont justifiés maintes fois l'intérêt qu'il y a à aborder l'architecture à partir de la notion de «l'expérience architecturale». Cette notion constitue le fil conducteur d'un faisceau d'interrogations sur l'architecture dans une époque de changements majeurs (antroposcène) marquée par un souci incessant sur l'avenir de l'homme. Ceci a entraîné une vogue de retour vers la recherche centrée sur la relation de l'homme avec son environnement bâti notamment en psychologie environnementale et en phénoménologie et un retour vers l'émotion et la cognition dans de la recherche scientifique en architecture.

En outre, les nouvelles découvertes et connaissances fournies par les recherches en neurosciences cognitive pour l'architecture établissent des preuves indépendantes et partageables par lesquelles il est possible d'évaluer l'expérience architecturale des environnements construits anciens et comprendre leurs effets sur l'agent humain. La présente recherche soutient cette idée et stipule que les connaissances sur le fonctionnement du cerveau pourraient aider à mieux comprendre et élucider certaines expériences vécues dans l'environnement bâti.

De ce fait, la présente recherche, fait partie de cette perspective globale d'actualité croissante qui met en connexion l'expérience architecturale et les connaissances en neuroscience. Cette perspective pousse ce travail de recherche à s'inscrire dans une approche écologique enactive (Gibson, 1966, 2014) centré sur la perception (morphologie et ambiances spatiales), celle-ci est fondamentale pour comprendre le monde à travers un cadre de référence spatial égocentrique. Ce cadre de référence peut être acquis à travers l'étude des relations spatiales entre les objets perçus (morphologie et ambiances architecturales) et le corps humain. L'approche éactive constitue un terrain d'entente entre les neurosciences et l'architecture. En conséquence, l'agent humain, considéré comme un agent incarné éactif (enactif and embodied), est proposé comme base pour l'interprétation neuroscientifique et phénoménologique de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger.

6. Problématique générale

Dans la perspective des constats et le cadre conceptuel présentés et discutés plus haut, notre argument suggère que l'environnement bâti de la Casbah d'Alger a conçu, de façon intuitive, un cadre référentiel d'une architecture humaine qui stimule l'observateur et

provoque ses émotions ainsi que d'autres réponses cognitives et comportementales, tout en déployant des stratégies architecturales et des morphologies qui répondent aux besoins humains biologiques et psychologiques innés et universels. Ce sont les aspects d'un langage architectural qui ont réussi à leur époque et qui ont laissé un héritage architectural qui a fait écho depuis le XVI^{ème} siècle jusqu'à nos jours. Dès lors, cette thèse, vise à répondre à la problématique suivante :

Comment expliquer les relations entre l'expérience architecturale du parcours de la Casbah d'Alger, et ses caractéristiques et configurations morphologiques?

7. Problématiques spécifiques de la recherche

Pour répondre à cette problématique générale, il est important de répondre à l'ensemble des questions suivantes :

- 1- Quels sont les effets de l'architecture de la Casbah d'Alger sur l'agent humain (observateurs non-résidents à la Casbah)?
- 2- Quels sont les caractéristiques morphologiques et les configurations spatiales de l'environnement bâti qui sous-tendent l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger ?
- 3- Quel rôle jouent ses caractéristiques morphologiques et configurations spatiales dans l'expérience architecturale du parcours de la Casbah?
- 4- Quels enseignements peut-on tirer des résultats de cette recherche aussi bien pour entreprendre des actions sur la Casbah d'Alger que pour la conception architecturale?

8. Objectifs de la recherche

La présente recherche a pour but de rendre visible et intelligible le phénomène de l'expérience architecturale dans la casbah d'Alger. A travers la mise en connexion de l'architecture de la casbah avec des découvertes en neurosciences cognitive, cette recherche vise à apporter des connaissances nouvelles sur le vécu architectural de la Casbah d'Alger. Ces connaissances peuvent servir d'un support phrénographique qui peut aider les architectes lors des interventions sur la Casbah, ou dans le processus de la conception architecturale (Fig.1).

Les objectifs relatifs à la présente recherche sont :

- 1- Identifier et comprendre les effets de l'environnement bâti de la Casbah d'Alger sur l'agent humain (observateur non-résident à la Casbah).
- 2- Identifier les caractéristiques morphologiques et les configurations spatiales qui sous-tendent l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger.
- 3- Comprendre le rôle des caractéristiques morphologiques et configurations spatiales du parcours de la Casbah dans son expérience architecturale et sensible.

PROBLEMATIQUE	OBJECTIF
Quels sont les effets de l'architecture de la Casbah d'Alger sur l'agent humain (observateurs non-résidents)?	Identifier et comprendre les effets de l'environnement bâti de la Casbah d'Alger sur l'agent humain (observateur).
Quels sont les caractéristiques morphologiques et les configurations spatiales de l'environnement bâti qui sous-tendent l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger ?	Identifier les caractéristiques morphologiques et les configurations spatiales qui sous-tendent l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger.
Comment expliquer les corrélations entre l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger et ses caractéristiques morphologiques et ses configurations spatiales?	Comprendre le phénomène de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, et expliquer les façons dont les caractéristiques morphologiques de l'espace façonnent l'environnement bâti en tant qu'entité mentale, cognitive et sensorielle en se référant aux connaissances fournies par la neuroscience.
Quels enseignements peut-on tirer des résultats de cette recherche aussi bien pour entreprendre des actions sur la Casbah d'Alger que pour la conception architecturale?	Proposer des recommandations pour les futures opérations sur la Casbah d'Alger ou bien pour les futures opérations de conceptions architecturales nouvelles.

Figure 1: Tableau de corrélation entre les questions et les objectifs de la recherche.
Auteur.

9. Méthodologie de la recherche

La présente recherche est de nature mixte et opte pour la combinaison de plusieurs méthodes qualitative et quantitative pour répondre aux questions et aux objectifs prononcés plus haut. Comme expliquée précédemment, la recherche s'inscrit dans une approche écologique-enactive qui se base sur deux approches complémentaires : une approche phénoménologique et une approche cognitive. Le choix de ces approches réponds à l'objectif de rendre visible et intelligible le phénomène de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger à travers un travail d'investigation, d'analyse et d'interprétation basé sur les découvertes et les connaissances en neuroscience pour architecture.

La conception méthodologique pour la conduite de ce travail identifie trois étapes majeures d'analyse et d'interprétation, qui correspondent aux questions et aux objectifs de la recherche :

Etape 1 : La proposition d'hypothèses concernant les stratégies et les configurations morphologiques sous-tendant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Cette étape concerne les variables perceptives et cognitives. Elle a pour but la proposition d'hypothèses concernant les stratégies et les configurations morphologiques sous-tendant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Cette première étape, consiste à évaluer des expériences architecturales passées et actuelles de la Casbah d'Alger, en références aux sciences cognitives (neurosciences pour architecture). Cette étape requière la combinaison de plusieurs outils et méthodes pour la collecte et l'analyse des données. Deux méthodes ont été retenues, d'abord la méthode de '*l'analyse de contenu*' (Bardin, 1998) pour l'analyse des textes anciens et récents sur les expériences architecturales à la Casbah d'Alger. Ensuite, la méthode de '*walk along*', retenue pour la collecte des données concernant l'expérience actuelle de la Casbah d'Alger.

Etape 2 : Cette étape concerne les variables topologiques et morphologiques. Elle a pour but l'identification des caractéristiques morphologiques et des stratégies/ configurations spatiales sous-tendant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, à travers la vérification des hypothèses proposées dans l'étape précédente. Cette étape consiste à mener une analyse morphologique de l'environnement bâti de la Casbah d'Alger. Cette analyse combine deux méthodes complémentaires, d'abord '*l'analyse isovist*' de Benedikt (1979), qui est une des variantes de l'analyse Space Syntax et ensuite '*l'analyse séquentielle*' inspirée de l'analyse séquentielle paysagère de Panerai (Panerai et al., 1997).

Etape 3 : Cette étape relie les différents résultats des étapes précédentes. Elle consiste à interpréter ces résultats en faisant référence aux connaissances en neurosciences pour architecture présentées dans la revue de la littérature. Le but est de comprendre l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, en mettant l'accent sur les corrélations entre les stratégies/configurations spatiales et morphologiques de l'environnement bâti de la Casbah et la cognition et la perception de l'homme.

10. Structure de la thèse

La présente thèse est structurée en trois sections, avec une introduction générale et une conclusion générale. La première section est théorique, elle concerne la revue de la littérature et comprend quatre chapitres (le chapitre 2, 3, 4 et 5). Il y a ensuite la section méthodologie, présentée au chapitre six. La dernière section, elle concerne résultats d'analyse et discussion. Elle comprend trois chapitres (chapitres 7, 8 et 9). Cette structuration est illustrée dans le schéma structurel ci-dessous (Fig. 2).

- **Introduction générale**

Elle fait un constat et décrit l'environnement dans lequel s'inscrit cette présente recherche. Ce chapitre présente l'ensemble des constats qui ont mené au développement des idées motivant la présente recherche, la problématique de la recherche avec les questions qui ont découlé, les objectifs visés, ainsi que la méthodologie à adopter pour répondre aux questions posées et atteindre les objectifs visés.

- **La revue de la littérature**

Cette section est constituée de quatre chapitres (2, 3, 4 et 5) au total. Le chapitre 2 illustre la revue de la littérature autour de la notion de l'expérience architecturale. Il présente un ensemble de théories et d'études concernant la relation entre l'homme et son environnement bâti, ainsi que les différentes preuves empiriques connexes.

Le chapitre 3 aborde la relation entre les neurosciences et l'architecture et explique comment cette dernière exerce son impact sur l'homme. Une base de données « Neurosciences pour Architecture » est proposée à la fin de ce chapitre.

Le chapitre 4 présente une revue de la littérature critique des méthodes utilisées à travers différentes disciplines pour analyser et comprendre la relation entre l'homme et son environnement bâti. Ces méthodes seront présentées et critiquées en fonction de leurs limites d'application dans cette présente recherche. A la fin de ce chapitre, des synthèses sont présentées, pour définir et discuter avec des justificatifs, le dispositif méthodologique adopté pour la conduite de la présente recherche.

Le chapitre 5 présente le cas d'étude, La Casbah d' Alger avec la rue « Sidi Driss Hamidouch ». Une description architecturale de l'environnement bâti de la Casbah d'Alger et de la rue « Sidi Driss Hamidouch » est brièvement présentée. Cette brève description est suivie d'un certain nombre de témoignages émanant de personnalités célèbres, venant de culture, d'époques et de pays différents. Ces témoignages relatant leur expérience architecturale à la Casbah seront ensuite discutés.

- **Méthodologie de la recherche**

Cette section est composée d'un seul chapitre (chapitre 6). Ce chapitre présente la méthodologie de recherche, celle-ci s'inspire du soubassement théorique présenté dans les chapitres 2, 3 et 4.

- **Résultats et discussion**

Cette section est composée de trois chapitres (7, 8 et 9) dont deux chapitres (7 et 8) présentent les résultats des analyses effectuées, et un chapitre (9) discute ces résultats à la lumière de ce qui a été présenté et discuté dans la partie de la revue de la littérature.

Le chapitre 7 présente les résultats de l'analyse de contenu et le chapitre 8 présente les résultats de l'analyse morphologique isovist et séquentielle appliquées sur le cas de la rue de la Casbah « Sidi Driss Hamidouch ». Le chapitre 9 présente une discussion analytique des résultats présentés dans les chapitres (7 et 8) en s'appuyant sur la littérature discutée dans les chapitres théoriques (2, 3, et 4). Une synthèse générale est présentée à la fin de ce chapitre, celle-ci met en relation le contenu de tous les chapitres précédents d'une façon claire et succincte.

- **Conclusion générale**

La conclusion générale comprend une discussion intégrée qui met en évidence les découvertes originales de la thèse et illustre les apports théoriques et pratiques de cette recherche. Des limites de la recherche en cours, ainsi que des suggestions de recherches futures sont également identifiées à la fin de cette conclusion.

11. Conclusion

Ce chapitre introductif a présenté et a discuté l'ensemble des constats, qui constituent le soubassement théorique et scientifique sur lequel est construite la problématique de cette

recherche. Les constats sont axés sur la notion de l'expérience architecturale. Celle-ci constitue le fil conducteur d'un faisceau croisant d'interrogations sur l'architecture de la Casbah d'Alger dans une époque marquée par les retours vers l'humanisation en architecture, ainsi que par l'intérêt incessant des sciences cognitives aux questions concernant la relation de l'homme à son environnement bâti.

L'expérience architecturale dans l'ère des recherches neuroscientifiques est le thème général de la présente recherche. Elle fera l'objet de discussions plus approfondies dans les chapitres suivants de revue de la littérature.

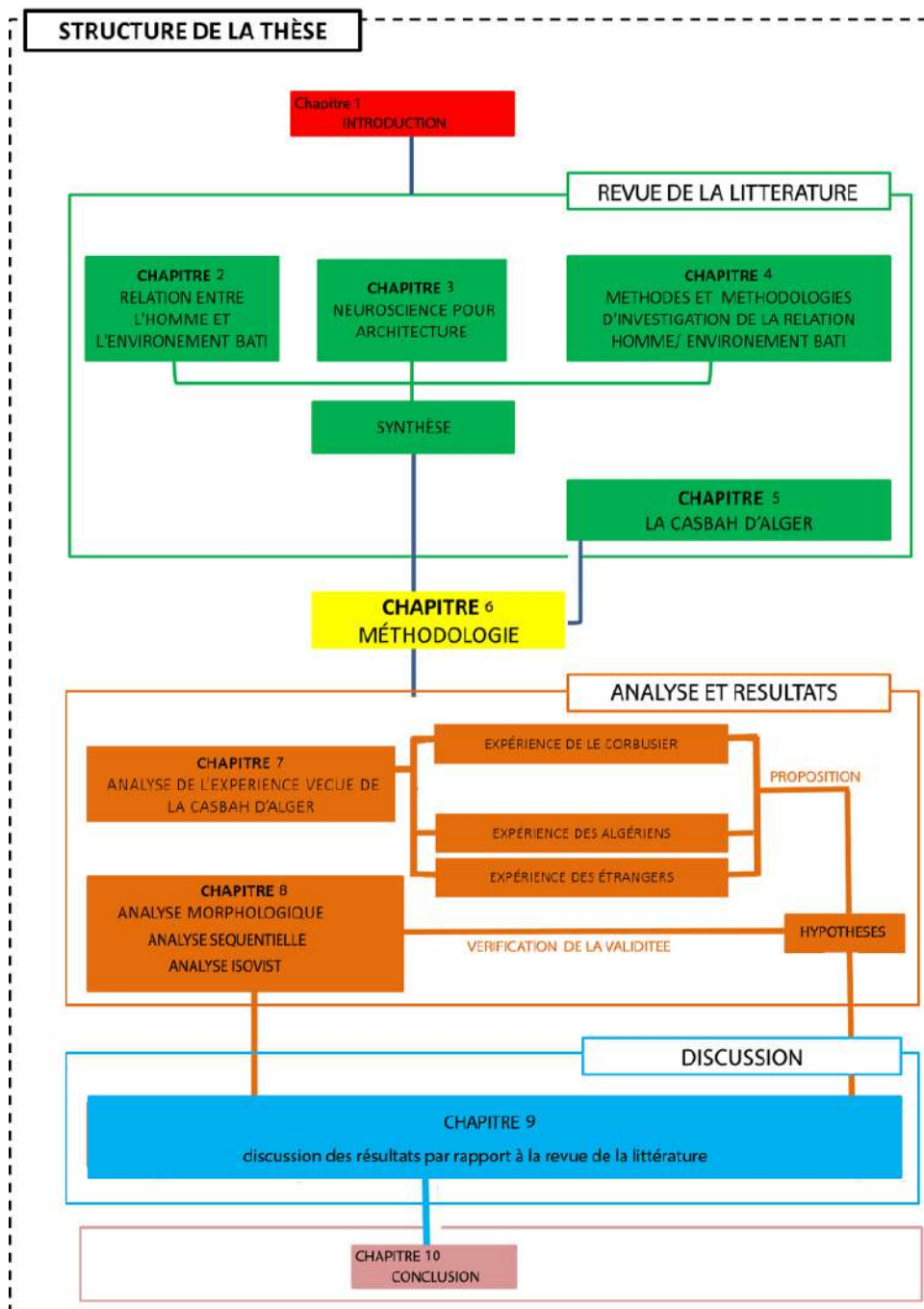


Figure 2: schéma de la structure globale de la thèse. Auteur.

CHAPITRE DEUX

RELATION ENTRE L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT BATI

1. Introduction

L'architecture est un art qui combine l'agencement de formes complexes avec des considérations esthétiques, sociales, environnementales et philosophiques pour réaliser des édifices et des environnements répondant aux besoins fondamentaux de l'homme. L'interaction perpétuelle entre l'Homme et l'environnement bâti, génèrent des réactions émotionnelles, cognitives et motrices qui, à leurs tours, influent positivement ou négativement sur les relations sociales, la production cognitive, la santé mentale et le bien-être psychologique de l'homme au sein de cet environnement.

L'impact de l'environnement bâti sur l'homme réside dans l'aptitude des configurations morphologiques et ambiances atmosphériques de l'espace à modifier les processus neuropsychologiques de l'homme sous-tendant son vécu et son expérience de cet espace. Le contrôle personnel, la prise de décision, l'orientation dans l'espace, le bien-être social et psychologique, la réduction du stress et de la fatigue...etc. sont tous affectés par les propriétés physiques et atmosphériques de l'environnement bâti. Des études plus prospectives et des expérimentations randomisées et exploratoires, de différentes disciplines, notamment les sciences cognitives et psychologiques, ont élucidées et continuent à élucider et à apporter des explications sur la relation de l'homme à son environnement bâti.

Partant de ce consensus et du principe que l'architecture peut être décrite comme une expérience axée sur l'interaction entre le corps et la forme, l'expérience architecturale renvoie vers des concepts biologiques et phénoménologiques divers tel que le concept de l'incarnation (embodiment) et le concept des affordances et la motivation. Ces concepts sont développés, en même temps que plusieurs autres concepts au sein du présent chapitre. Ce chapitre présente les résultats d'une revue systématique de la littérature axée sur la relation liant le binôme corps et architecture, collectée de plusieurs disciplines scientifiques, notamment l'architecture, l'urbanisme, la psychologie environnementale, la biologie, la neuroscience cognitive, la philosophie et la phénoménologie.

La première partie de ce chapitre esquisse l'approche enactive de la relation homme-environnement bâti, ainsi que le rôle prégnant joué par « la cognition », « la perception » et « l'émotion » dans cette relation. La deuxième partie met l'accent sur l'expérience architecturale et sur les concepts des « affordances », de « schéma corporel », de « l'empathie », et de « l'esthétique » afin de mieux décrire et comprendre l'expérience

architecturale. Ces concepts sont exposés et discutés du point de vue phénoménologique et neuroscientifique, afin de dégager une assise théorique qui constitue par la suite un référentiel pour la présente recherche. La dernière partie de ce chapitre comprend une synthèse récapitulative et critique de la littérature discutée. Il faut préciser que ce chapitre commence par présenter la méthodologie de la recherche documentaire. Cette étape décrit le processus de la collecte de l'analyse et de la synthèse des données bibliographiques. Cette étape est présentée explicitement afin de rendre transparent l'enchaînement des idées et le processus de la conceptualisation de l'assise théorique de la présente recherche.

2. Réalisation de la revue de la littérature

Pour mieux comprendre la littérature présentée en ce qui suit ainsi que la discussion analytique de cette littérature, il est impérativement important de comprendre d'abord comment cette littérature a été collectée, organisée, consultée et analysée au fur et à mesure de l'avancement de la recherche. Cette section retrace les différentes étapes de la revue de la littérature, de la phase collecte des informations par le plan concept jusqu'à la phase de l'élaboration des synthèses et la discussion de cette littérature.

Les constats de la recherche, discutés le long du chapitre précédent, ont permis l'élaboration d'une grille de concepts pour mener la recherche sur la revue de la littérature. La recherche a démarré avec trois concepts clés émanant de la thématique générale: architecture, neuroscience et patrimoine. Au fur et à mesure que cette étape de revue de la littérature générique avance, à travers la consultation des travaux scientifiques dans les bases de données *Springer*, *Science Direct*, *Google Scholar*, *Hall* et *J Store*, le champ conceptuel de la recherche s'élargit (Fig. 3). Ainsi, le premier plan concept de la recherche s'est affiné et développé pour contenir quatre concepts, avec pour chacun trois à cinq termes équivalents dans les deux langues française et anglaise (Tab. 1).

- *Navigation spatiale* : comprend des travaux en relation avec les thématiques concernant le wayfinding, les stratégies de navigation spatiale et la prise de décision ;
- *Méthodes* : regroupe des travaux présentant des méthodes analytiques neuroscientifiques, morphologiques, psychanalytiques...etc. qui peuvent être utiles pour la conduite de la recherche en cours,
- *Patrimoine* : comprend des travaux en relation avec les thématiques de réhabilitation sensorielle, de caractéristiques sensorielle et atmosphérique et de phénoménologie ;
- *La casbah d'Alger* : comprend des récits, études sociologiques, études historiques, études morphologiques et études phénoménologiques sur la Casbah d'Alger.

Toute en tenant compte des questionnements et des objectifs de cette recherche, le traitement et la lecture analytique de la littérature collectée de différents domaines scientifiques ont permis de construire l'assiette théorique de ce travail qui va être explicitement présentée et discutée davantage le long du présent chapitre, ainsi que dans les deux chapitres suivants (chapitres 3 et 4).

3. La relation homme et environnement bâti

Depuis toujours, des philosophes comme Maurice Merleau-Ponty (1962) et Martin Heidegger (1996) ont défendu l'idée de l'impact indéniable de l'environnement bâti sur la perception, les préférences et le comportement de l'homme dans l'espace. Dans ses écrits, Heidegger relie indivisiblement l'espace à la condition humaine : "*Quand on parle de l'homme et de l'espace, on dirait que l'homme se tenait d'un côté, et l'espace de l'autre. Pourtant, l'espace n'est pas quelque chose qui fait face à l'homme. Ce n'est ni un objet extérieur ni une expérience intérieure.*"³ (Heidegger, 1996, p. 334). L'espace est donc une extension du corps et de l'esprit (mind).

Dans la même optique, Berthoz (2003) stipule que l'espace n'est pas un concept extérieur au cerveau et au corps de l'homme, il est perçu et il est vécu de façon incarné (embodied) (Gallese et Gattara, 2015). La relation donc entre l'espace physique et l'homme trouve son essence et sa matérialité dans des caractéristiques particulières à l'humain qui sont liées à un certain nombre de stimulations environnementales, telles que les stimulations

³ «When we speak of man and space, it sounds as though man stood on one side, space on the other. Yet space is not something that faces man. It is neither an external object nor an inner experience. It is not that there are men, and over and above them space». Heidegger, 1996; p. 334.

sensorielles (la vision, l'audition, le toucher et l'odorat... etc.), les stimulations cognitives (l'assimilation, l'accommodation et l'adaptation... etc.), les stimulations émotionnelles (les émotions, les sentiments et les pulsions), ainsi que la mémoire, la personnalité et la culture. Ainsi, la relation homme-environnement bâti se traduit par une expérience se basant sur un échange fusionnel entre l'objet qui est l'espace et le sujet qui est l'homme. C'est une expérience d'immersion interactive et incarnée au contact de l'espace. C'est en ce sens que la notion d' « *expérience architecturale* » est née et a fait l'objet d'étude dans plusieurs domaines de recherche.

Il est opportun de savoir que l'étude de la relation « homme-environnement bâti » est née d'un tournant cognitif dans la recherche psychologique durant les années 1960-1970 avec l'émergence de la « psychologie environnementale » en tant que domaine qui étudie le comportement humain en réponse aux facteurs environnementaux (Coburn, 2020). Ce nouveau domaine de recherche s'attaque à la question de la relation homme-espace sur deux niveaux : l'influence de l'espace sur l'homme (comportement, stress, restauration psychologique...etc.) et les conséquences du comportement humain sur l'espace (problèmes environnementaux, la pollution, les bruits...etc.) (Moser, 2009).

Dans le même contexte, la psychologie environnementale classe l'espace en trois catégories. Le premier l'« espace réel », est décrit objectivement à partir des caractéristiques physiques de l'environnement. Le second, l'« espace imaginaire », fait abstraction du réel et ignore la réalité et le troisième, l'« espace symbolique », rajoute un sens et une dimension plus profonde, phénoménologique et culturelle à l'espace. Cette catégorisation de la réalité spatiale implique que la relation homme-espace, et donc l'expérience architecturale, se base sur la perception et la représentation. La perception s'appuie sur le réel, alors que la représentation est issue de l'imaginaire et du symbolique.

Ensuite, sous l'influence du courant phénoménologique, une nouvelle perspective sur la dimension qualitative et l'expérience de l'espace s'est formée. Dès lors, plusieurs études récentes s'intéressent à la recherche de « *l'humanisation de l'architecture* » et de « *l'authentique* » dans le cas particulier du patrimoine bâti (Coburn, 2020). Avec l'approche phénoménologique, des champs stimulants de connaissances et de réflexions se sont déployés à partir de travaux sur la relation entre la perception et le corps, notamment dans les travaux de Maurice Merleau-Ponty. L'esthétique a aussi été dynamisée par la phénoménologie, à

travers les travaux de Mikel Dufrenne et son ouvrage « Phénoménologie de l'expérience esthétique » (1973), qui a permis de décrire et d'élargir la « rencontre artistique » (artistic encounter) bien au-delà des domaines du visible, vers la multi-sensorialité et le sensible.

Ce tournant cognitif et phénoménologique dans la recherche s'est épanoui au début des années 1990 avec l'introduction des techniques avancées de l'imagerie cérébrale et de la réalité virtuelle augmentée. Les outils d'imagerie cérébrale tels que l'IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle), l'EEG (électroencéphalogramme) et l'EMG (encéphalogramme magnétique) permettent l'enregistrement de l'activité neuronale du cerveau lors de l'achèvement d'une activité spécifique ou dans un état de repos. Les technologies avancées de réalité virtuelle immersive (IVR) permettent l'étude de phénomènes ou des éléments spatiaux de manière isolée dans des environnements virtuels conçus et contrôlés. Cette prouesse technologique a rendu possible l'étude des réponses neurobiologiques humaines à la perception de l'espace et à ses caractéristiques.

3.1. Le rôle du corps dans l'expérience de l'architecture

À côté des recherches à visée scientifique sur l'architecture et des apports de la psychologie environnementale, il est indispensable d'interroger philosophiquement la relation homme-environnement bâti. Dans cette perspective, la notion d'expérience architecturale met étroitement en relation l'architecture et la phénoménologie avec une attention particulière à la question des interactions entre le corps et l'espace, et de la place prépondérante qu'occupe le corps dans l'expérience du monde en général, et de l'architecture en particulier

La thématique du « corps » et son rôle dans l'expérience de l'espace renvoie vers les études phénoménologiques du protagoniste Maurice Merleau Ponty (1962). Ce dernier stipule que le point clé de l'interaction et de la perception du monde est bien le « *corps* ». Durant l'interaction avec l'environnement, le corps est constamment dans un état actif de détection et de décodage de divers types d'informations visuelles, haptiques (qualités tactiles), proprioceptives (perceptions du corps dans l'espace), auditives, et thermoceptives (impressions de température) provenant de l'environnement (Stephanson, 2019). Cette compréhension phénoménologique de la relation du corps avec l'environnement renvoie au concept de « schéma corporel » (*body schema*).

Le « schéma corporel » est un concept largement utilisé dans diverses disciplines, dont les neurosciences et la psychologie, pour décrire la capacité à agir de manière cohérente dans l'espace et à prendre conscience de son propre corps (Berlucchi et Aglioti, 2010). Du point de vue neuroscientifique et phénoménologique le schéma corporel est d'un intérêt particulier pour l'interprétation de l'incarnation (embodiment), car il s'agit d'un système de processus pronostic et quasi automatique qui régulent constamment la posture et le mouvement dans l'espace; en même temps, il permet de fournir un sens minimal de soi dans l'espace, c'est-à-dire une conscience préréflexive du soi en tant qu'expérimentant spatial (Gallagher, 2005 ; Gallagher et Zahavi, 2008; Berlucchi et Aglioti, 2010).

Il faut savoir que le 'schéma corporel' est au cœur de l'expérience préréflexive et spontanée de l'architecture. L'espace architectural peut agir directement sur l'attention et la conscience (conscious awareness) en perturbant l'engagement habituel du corps avec l'espace. L'escalier de Carlo Scarpa au cimetière de Brion à San Vito d'Altivole, en Italie (Fig.4) peut servir d'exemple illustrant ce pouvoir de l'architecture. En effet, la configuration de l'escalier oblige le visiteur à recalculer sa position et sa posture corporelle ainsi que l'action appropriée à prendre. Cette brève instance, créée par l'escalier, est juste suffisante pour activer une transition attentionnelle permettant au visiteur de faire consciemment l'expérience de l'escalier et de sentir son corps et son soi dans l'espace.



Figure 4: L'escalier de Carlo Scarpa au cimetière de Brion à San Vito d'Altivole, Italie.
Google image.

En somme, le 'schéma corporel' fonctionne comme un ensemble de processus sensorimoteurs (sensoriels et moteurs) dynamiques qui organisent la perception et l'action en combinant et synchronisant des modalités somato-sensorielles, tels que la proprioception, la kinesthésie et le toucher, avec un schéma sensori-moteur (Cardinali et al., 2009). Donc, le

schéma corporel inclut non seulement les processus sous-jacents à l'activité motrice et à la régulation des informations posturales et kinesthésiques, mais aussi les entrées émotionnelles intéroceptives en tant que propension motivationnelle à l'action (Berlucchi et Aglioti, 2010; Bower et Gallagher, 2013), ceci implique que le 'schéma corporel' est fondamentalement orienté vers l'action (Gallese et Sinigaglia, 2010).

Ce qui est significatif à propos de cette vision concernant la relation homme-environnement bâti, est qu'elle correspond à l'approche écologique-enactive et incarnée de la cognition (*the embodied-enactive approach to cognition*), suggérant que le soi apparaît de l'interaction du corps avec l'environnement. En fait, des preuves récentes ont affirmé cette hypothèse et ont révélé un réseau neuronal sensori-moteur sous-jacent la représentation générale du soi corporel (Ferri et al., 2012). C'est en ce sens que le 'schéma corporel' peut être reconnu comme ayant un rôle essentiel dans l'expérience architecturale, il est intrinsèquement lié aux affordances architecturales, un concept qui va être présenté et discuté davantage en ce qui suit.

3.2. La perception et la cognition

La compréhension de l'expérience architecturale demande une réflexion sur les critères de la réception des propriétés morphologiques et atmosphériques de l'espace. Cette réception commence par la perception et se termine par la production d'une réponse cognitive émotionnelle et comportementale. De ce fait, la compréhension de l'expérience architecturale commence par la perception des stimuli spatiaux à travers le corps. La perception est une série de processus, basés sur l'observation, qui visent à organiser les stimuli de l'environnement afin de cerner et comprendre cet environnement et d'y réagir (Hebb, 1949 ; Berthoz, 2003). Elle a principalement pour fonction de permettre à l'individu de réagir efficacement dans l'espace, que cette réaction soit requise immédiatement ou qu'elle soit stockée pour une utilisation future sous forme de connaissances.

Molzahn et Northcott (1989, p. 57) relient la perception avec la culture et les croyances, et la décrivent comme un "*phénomène sensoriel et cognitif qui est influencé par les attitudes et les croyances d'un individu sur ce qui est le plus important pour lui ou elle*". Ils pensent que les croyances causent des évaluations qui induisent des états mentaux intentionnels qui, à leur tour, induisent des émotions. Donc, la perception peut être définie comme un processus sensoriel-cognitif centré sur l'attention qui permet l'évaluation d'un objet sous l'influence de

plusieurs paramètres de connaissance et expériences antérieures. Ce processus finit par la génération des émotions.

En effet, quand nos sens captent ce qui leur parvient de l'extérieur, cela génère en nous des sensations et des émotions qui peuvent relater un brin de nos archives et de nos expériences antérieures. Nous fonctionnons dans les limites de nos expériences et apprentissages antérieurs, et nous sommes capables de percevoir certains types de perception dans ces limites. Celles-ci sont modifiées par notre imaginaire et par nos attentes, ce qui est dans notre intérêt de percevoir et ce que nous voulons percevoir. Ces perceptions sont susceptibles d'être modifiées ultérieurement par de nouvelles expériences et de nouveaux apprentissages. (Adams, 1991, p. 20).

La perception est un terme polysémique, qui a connu plusieurs définitions et plusieurs acceptions selon plusieurs approches et théories. Des auteurs comme Donald Hebb (1949) et les partisans de l'approche behavioriste définissent la perception comme une série de processus qui vise à traiter les stimuli afin de cerner et comprendre l'environnement et d'y réagir. En revanche, des auteurs comme Emmanuel Kant, Joseph Müller, les gestaltistes ou encore Gibson (1986), discernent la perception comme une réponse automatique et passive du corps à un stimulus, elle reflète plus ou moins la structure de la stimulation. Par contre, pour René Descartes, Jean Piaget et les cognitivistes, la perception est une interprétation active et logique d'informations sensorielles issues de l'environnement.

Dans cette thèse, la perception a été définie selon deux approches. D'abord l'approche des gestaltistes et de Gibson qui rejette la distinction sensation-perception, tout comme l'existence de processus de traitement. Pour eux, l'essentiel de l'information réside dans le stimulus et que la tâche de l'organisme sensoriel ne consiste qu'à saisir cette information. Ensuite et à l'encontre de l'approche des gestaltistes et de Gibson, l'approche cognitive, sous l'influence de la cybernétique, propose de considérer la perception comme un système de traitement de stimuli qui reconnaît la distinction sensation-perception indépendamment des significations des stimuli. En même temps, l'approche cognitive considère l'interprétation de stimuli sensoriels, étant donné que les processus perceptifs se déroulent dans le temps et impliquent des transformations des informations entrantes et leur confrontation à des informations mémorisées (des représentations).

Ce qui est à retenir c'est que l'expérience perceptive de l'espace dépend des schémas sensorimoteurs que les palettes sensorielles peuvent révéler à l'interaction de l'homme avec l'espace (Djebbara, Fich et Gramann, 2020). Ainsi, l'expérience architecturale est une question liée à la façon dont le corps se déplace dans l'espace et le décrypte à travers ses récepteurs sensoriels. Autrement dit, le pouvoir stimulant de l'architecture et des paysages urbains résulte de la manière dont la composition morphologique, géométrique, esthétique et atmosphérique de ces espaces engagent des mécanismes perceptifs et cognitifs chez l'homme, où la perception transforme les informations spatiales en une cartographie spatiale, donnant ainsi, naissance aux sentiments et aux émotions (réactions affectives et physiologiques), aux jugements (des évaluations allocentrique et excentrique) et aux comportements (des décisions d'action) (Pallasmaa, 2014).

La littérature concernant la perception, surtout la perception visuelle, est considérable. Nous n'avons traité au cours de cette section du chapitre que quelques aspects de la perception, de façon très succincte. La présente thèse reconnaît la perception comme un processus multi-sensoriel et cognitif médiatisant la relation homme-espace. La perception est une observation incarnée (embodied) qui permet à l'homme de décrypter les caractéristiques de l'espace bâti à travers différents systèmes sensoriels qui agissent comme des récepteurs sensibles aux stimuli environnementaux. Les informations recueillies par cette observation sont ensuite transmises au cerveau pour l'extraction des informations sensorielles nécessaires et l'interprétation pour la génération d'une réponse émotionnelle ou comportementale.

3.3. Les Affordances en architecture

Un autre concept sous-jacent à la question de la relation homme-espace et l'expérience architecturale est « les affordances spatiales ». Celles-ci sont définies comme l'ensemble des possibilités ou des contraintes, offertes par l'environnement, pour l'entreprise des éventuelles actions. Autrement dit, il existe un couplage viable entre ce que le monde offre et les capacités perceptives et physiques de l'homme. Par conséquent, en prenant en compte la compréhension de la perception en tant que processus préparatoire-anticipatif, les 'affordances' sont des potentialités d'interaction qui émergent dans la perception de l'espace (Xenakis et Arnellos, 2014).

Le terme « affordance » a été introduit pour la première fois par le psychologue J.J. Gibson (1986). Au fil du temps, ce concept est affiné par divers auteurs en mettant

explicitement l'accent sur la complémentarité entre l'homme et l'environnement bâti. Dans cette optique, les 'affordances' sont comprises comme des relations entre les capacités cognitives de l'homme et les caractéristiques de l'environnement qui l'entoure (Clark, 1999; Chemero et al., 2003 ; Chemero, 2018 ; Rietveld et Kiverstein, 2014; Xenakis et Arnellos, 2014).

Partant de cette définition, on pourrait suggérer que l'expérience architecturale est intrinsèquement structurée par les possibilités d'action, qui sont régies par des connaissances sensori-motrices et des facteurs de motivation propre à chaque individu. Dès lors, et en références au concept du « schéma corporel » présenté plus haut, la relation homme-environnement bâti pourrait être décrite comme une mise en scène spatiale du couplage conceptuel du 'schéma corporel' et des 'affordances'.

Plusieurs travaux phénoménologiques supportent ce postulat. Le « schéma corporel » fournit des capacités d'action incarnées (*embodied actions*) qui sont en corrélation avec les « affordances » de l'environnement (Gallagher et Zahavi, 2008). Ce caractère pratique et incarné des expériences vécues implique que la manière dont les choses sont présentées à l'homme est déterminée par son corps ainsi que par ses intérêts et ses buts (Gallagher et Zahavi, 2008; Mallgrave, 2013).

Jélic (2016), présente la chapelle « Bruder Klaus Field » de Peter Zumthor, à Mechernich, en Allemagne (Fig. 5), comme une illustration parfaite de cette idée de couplage conceptuel du schéma corporel et des affordances. Elle estime que cette chapelle peut provoquer une expérience spatiale incarnée (*embodied*) sous-tendue par un jeu d'interaction entre le 'schéma corporel' et les 'affordances' spatiales, à travers une simple stratégie conceptuelle de transition d'un espace étroit et sombre à un espace ouvert et éclairé.

A propos de cette chapelle, Jelic explique : "*L'expérience spatiale du visiteur résulte en deux positions corporelles distinctes: de l'entrée inhabituelle caractérisée par un passage sombre dont l'étroitesse est directement ressentie comme des sentiments corporels vers l'espace central qui se développe verticalement et nécessite un changement de posture avec le regard vers le haut, supposé être en relation avec le sentiment du sublime (awe)...., c'est un scénario expérientiel incarné qui se présente à l'homme comme un scénario d'affordances. L'efficacité des 'affordances' choisies (entrée étroite et espace central vertical) réside dans*

les caractéristiques essentielles de l'incarnation humaine (posture droite et échelle humaine)⁴ (Jélic et al., 2016, p. 11).

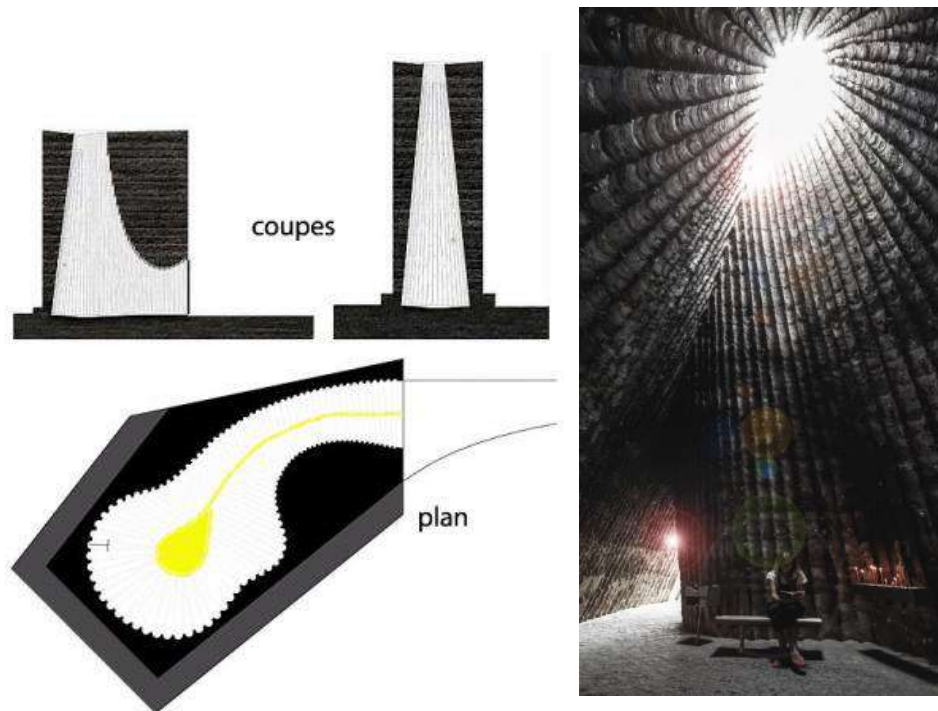


Figure 5: schémas et photos de la chapelle 'Bruder Klaus Field' montrant la transition d'un espace fermé et sombre vers un espace ouvert et éclairé. Un exemple de la co-dépendance entre-architecture et incarnation (embodiment). Google image 2021.

4. L'expérience architecturale

L'architecture peut éveiller les sens de l'homme et influencer sa psychologie et sa cognition. La perception continue et simultanée de la rugosité des surfaces en pierres taillées, les ambiances lumineuses changeant avec le mouvement, les sons résonnants de l'espace, les odeurs, la relation corporelle d'échelle et de proportion...etc. constituent la façon dont l'environnement stimule tous les récepteurs et les mécanismes perceptifs humains (Holl, Pallasmaa et Pérez-Gómez, 2006). Ce processus de stimulation continue et synchronique génère des expériences multiples de l'espace qui se mélangent et se rencontrent en une expérience complexe et holistique de l'espace, l'expérience architecturale (Pallasmaa, 2011 ; 2012).

⁴ "The visitor's spatial experience includes two distinct bodily positions: starting from the unusual entrance through a dark passage with its narrowness being directly felt as bodily feelings toward the central space which expands vertically and requires the changes of posture with the look upwards, hypothesized to be in connection with the sense of awe... Moreover, it is an embodied experiential scenario which presents itself to the subject as a scenario of affordances. Importantly, the effectiveness of selected affordances (narrow entrance to vertical central space) resides in the essential features of man's embodiment (upright posture and human scale)." (Jélic et al., 2016, p. 11)

La nature complexe et holistique de l'expérience architecturale fait qu'elle peut être décomposée en plusieurs couches d'expérience. Chacune de ces expériences se concentre sur un aspect particulier de l'expérience spatiale (esthétique, sensorielle, émotionnelle...etc.), mais interagit en même temps, avec les autres expériences pour assurer ce caractère holistique et complexe de l'expérience de l'architecture. Dans cette perspective, l'architecte et le philosophe Juhani Pallasmaa (2000; 2012) souscrit que toute expérience de l'architecture est esthétique, multi-sensorielle, émotionnelle, et cognitive.

Le chercheur en neuroscience Vittorio Gallese (Gallese et Freedberg, 2007; Gallese et Gattara, 2015) affirme que l'expérience de l'architecture est empathique et incarnée (embodied). Elle trouve sens et force en l'homme (observateur) lui-même, dans ses souvenirs, son savoir et ses attentes. Dans la même optique, Arnold (1970, p. 263) confirme que quand quelque chose (notamment l'espace) est perçue, rappelée ou imaginée, elle ne reste jamais comme une connaissance isolée, mais elle devient immédiatement et intrinsèquement liée à nous-mêmes, par rapport à notre corps, nos sens, nos mémoires, nos connaissances et expériences antérieurs, notre culture, notre psychologie et notre personnalité.

Désormais, l'expérience architecturale peut être définie comme une expérience multi-sensorielle, holistique, complexe et incarnée (embodied) de l'espace. Elle est le résultat de l'interaction homme-espace et émerge du processus de perception et de sensation qui se chevauchent perpétuellement. Elle se base sur la triade cognitive regroupant perception, jugement (évaluation et réponse émotionnelle) et comportement (action). Cette expérience de l'environnement bâti engage le corps et tous les sens du spectateur à la fois. Ainsi, à mesure que l'homme se propulse dans l'espace, son corps devient un gadget de mesure de l'expérience architecturale.

L'expérience architecturale fusionne expérience sensorielle, expérience affective, expérience esthétique, expérience atmosphérique, expérience empathique et expérience du bien-être (Fig. 6). Toutes ces dimensions de l'expérience architecturale seront explicitement examinées et discutées, à tour de rôle, au cours de ce chapitre.

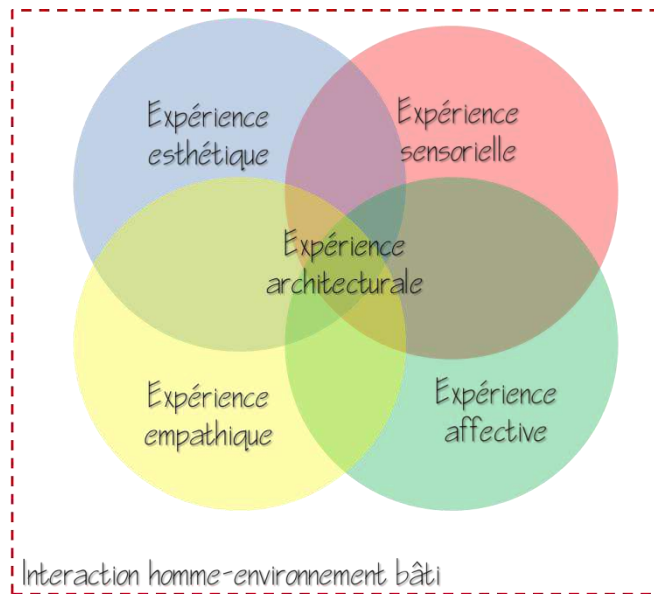


Figure 6: schéma montrant la complexité et la multi-dimensionnalité de l'expérience architecturale. Auteur (2021).

4.1. L'expérience sensorielle de l'environnement bâti

L'environnement bâti stimule sans cesse les sens de l'homme. Les odeurs, les sons, la lumière, le toucher des textures et des matériaux...etc. sont tous des indicateurs aidant l'homme à découvrir l'environnement et à s'y repérer. Chacun des sens permet d'avoir une perception et une appréhension différente du même espace. Dès lors, l'environnement bâti ou l'architecture peut être considéré comme une expérience spatiale multi-sensorielle qui fusionne tous les systèmes sensoriels humains pour explorer et comprendre l'espace, comme l'explique Pallasmaa (2012, p. 41) "*...Toute expérience significative de l'architecture est multi-sensorielle; qualités de la matière, de l'espace et l'échelle sont mesurés par les yeux, les oreilles, le nez, la peau, la langue, le squelette et les muscles*".

L'expérience sensorielle et sensible de l'environnement bâti est subconsciente et globale. Elle engage automatiquement l'homme dans un processus de mobilisation simultanée des systèmes sensoriels du corps humain en réaction aux stimuli environnementaux morphologiques, atmosphériques, sociaux et culturels (Istasse, 2015). Cette dimension multi-sensorielle de l'architecture donne à l'environnement bâti une valeur émotionnelle qui peut façonner les comportements de l'homme dans l'espace et influencer son jugement et ses préférences esthétiques et spatiales.

La simultanéité de la stimulation des sens lors de l'exploration de l'espace est un aspect très important dans l'étude de l'expérience de l'architecture et de la relation homme-espace. Plusieurs études neuroscientifique, phénoménologique et psychologique ont accordé une importance particulière à cet aspect, qui est appelé dans le jargon scientifique « intermodalité sensorielle », un terme qui signifie l'interaction simultanée de plusieurs modes de perception sensorielle. A ce sujet, Adams (1991) explique que toute interaction homme-espace résulte, en premier lieu, de myriades de stimuli sensoriels. La perception de ces stimuli implique obligatoirement plusieurs séquences de sensations qui intègrent plus qu'un seul sens et favorise la corroboration entre les sens (Gibson, 1966; Goldstein, 1981).

- **L'expérience sensorielle somatique**

C'est l'expérience sensorielle issue des réponses sensorielles proprioceptives (des muscles, des tendons, des thermorécepteurs, des nocicepteurs cutanés et vestibulaires...etc.), extéroceptives et intéroceptives de l'homme que développent les différents organes récepteurs de son corps (l'œil, l'oreille, la peau, le nez, la langue...etc.) à l'interaction avec l'espace.

- **L'expérience sensorielle affective**

C'est l'ensemble des émotions que développe l'individu inconsciemment ou consciemment au sein de l'espace. Les émotions sont le plus souvent liées à des facteurs tels que la culture, l'éducation, l'humeur, l'imagination et la mémoire. Les émotions causées par l'environnement bâti ont un impact positif ou négatif sur la santé mentale et physique de l'homme. L'espace à impact positif, entraîne la libération de l'oxytocine et l'endorphine dans le corps, générant ainsi un sentiment de plaisir et une réaction émotionnelle positive chez l'observateur. Ceci permet de restaurer le corps, le système immunitaire, les télomères, réduire le stress etc..., et donc, améliorer la santé mentale et physique de l'homme dans l'espace (Ricci, 2018, p. 12).

Mouratidis (2018) insiste sur le fait que des émotions négatives sont générées lorsque l'environnement bâti est senti dangereux, isolé, impersonnel, extrêmement bruyant, ou considéré comme répulsif et hideux. Tandis que les émotions positives sont générées lorsque les environnements construits se caractérisent par une haute qualité esthétique qui favorise l'intégration des éléments de la nature, les relations de bon voisinage et l'esprit de communauté.

4.2. L'expérience esthétique de l'architecture

Vitruve définit l'architecture, dans son acception la plus complexe, comme la combinaison harmonieuse de trois principes, qui sont la solidité "*Firmitas*" liée aux aspects techniques de l'architecture, l'utilité "*Utilitas*" liée aux aspects fonctionnels de l'architecture, et l'élégance "*Venustas*" qui est liée aux aspects esthétiques de l'architecture. Dès lors, l'expérience esthétique de l'espace constitue une autre composante de l'expérience architecturale (Cold 2001, p. 25). La dimension esthétique de l'architecture réside dans les caractéristiques spatiales et la réponse psychologique et émotionnelle de l'homme face à ces caractéristiques.

L'esthétique psychologique moderne, en incorporant les théories de Shaftesbury (1711), Hutcheson (1725), Kant (1790) et Schopenhauer (1818) définit l'expérience esthétique comme un type spécial d'expérience dans lequel le plaisir est produit par la contemplation désintéressée (sans motifs préalables) des objets ou de l'espace. L'expérience de la beauté est « désintéressée », non pas au sens où nous ne portons aucun intérêt à l'objet beau, mais au sens où l'intérêt que nous lui portons ne dérive pas d'un but quelconque que nous nous serions fixés par ailleurs. Autrement dit, l'expérience esthétique est un processus psychologique spécial impliquant une attention centrée sur l'objet ou l'espace avec la suppression des préoccupations quotidiennes (Cupchik et Winston, 1996).

Le paradigme naturaliste et le paradigme pragmatique définissent «l'esthétique» comme le produit de l'interaction entre l'homme et son environnement (Dewey, 1929). Pour eux, l'expérience esthétique est intrinsèquement liée aux processus incarnés (embodied) qui régissent la nature humaine. Ceci dit, l'expérience esthétique est naturellement engagée lorsque l'homme interagit avec des contextes physiques et culturels incertains où les objets sont esthétiquement vécus comme des conditions évaluées émotionnellement par l'homme afin de soutenir des actions ou des significations qui pourraient réduire l'incertitude interactive (Xenakis et Arnellos, 2014).

Dans l'approche cognitive, Alexander Coburn (2020) a présenté un modèle neuroscientifique de l'expérience esthétique de l'architecture (Fig.7). Selon ce modèle, l'expérience esthétique de l'environnement bâti est sous-tendue par trois systèmes cérébraux : les « systèmes de connaissance-signification », les « systèmes d'émotion-évaluation » et les « systèmes sensori-moteurs ». Ces systèmes s'alignent avec trois domaines de la psychologie :

la cognition, l'émotion et le comportement. Ceci dit, l'interaction avec l'environnement bâti génère trois classes générales d'expériences spatiales : les « jugements cognitifs » associés aux systèmes de connaissance-signification, les « réponses émotionnelles » dérivées des systèmes d'évaluation des émotions et les « réponses comportementales-motivationnelles » liées à l'activation sensorimotrice (sensorielle-motrice).

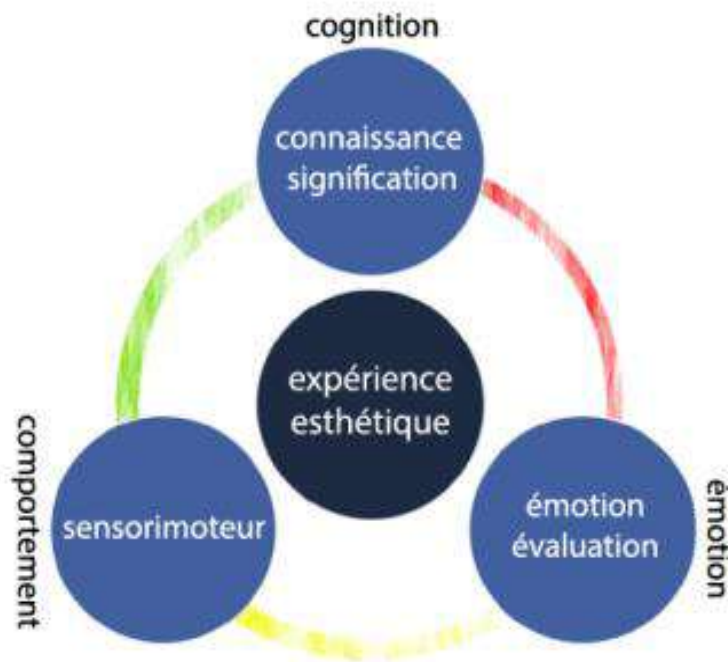


Figure 7: la trilogie esthétique et ses alliés psychologiques. Modèle de l'expérience esthétique d'Alexander Corburn (2020).

Dans le cadre de l'expérience esthétique de l'architecture, le système sensori-moteur (*sensory-motor system*) suggère que l'expérience esthétique résulte de l'interaction entre l'observateur et l'objet. En revanche, le rôle des systèmes d'évaluation des émotions (*emotion-evaluation system*) indique que l'expérience esthétique est un phénomène incarné directement lié à l'adaptabilité (Xenakis et Arnellos, 2015) et que la perception esthétique fonctionne au service d'une meilleure gestion de l'environnement (Xenakis et Arnellos, 2014). Suite à une telle description, 'l'empathie' en tant que compréhension corporelle de l'architecture peut ainsi être identifiée comme relevant du processus de création de sens et de préparation anticipative aux actions ultérieures.

Ce passage en revue de la littérature sur l'expérience esthétique, nous a emmené à considérer dans la présente recherche, l'expérience esthétique, comme le produit d'une interaction désintéressée et incarnée (*embodied*) de l'homme avec son environnement. Cette

interaction engage des réponses émotionnelles et comportementales vis-à-vis de l'environnement en question. Cette définition stipule que la qualité esthétique émerge lorsque les émotions, en tant que processus adaptatif, aident l'homme à attribuer des valeurs à des conditions spatiales. Autrement dit, l'expérience esthétique prépare l'homme à agir en facilitant la formation des activités motrices adaptatives (ceci nous renvoie aux concepts de schéma corporel et des affordances).

L'expérience esthétique engage de fortes réponses cognitives et affectives envers les stimuli présents dans l'environnement Cold (2001, p. 18). D'après les travaux de Wang & Yu (2012), l'expérience esthétique du paysage et de l'architecture est une réaction émotive positive aux propriétés spatiales de l'espace exploré. Ces propriétés ou caractéristiques spatiales constituent les mesures clés du jugement cognitif esthétique de l'environnement bâti (Jélic et al., 2016). Le travail de Jacobsen et Beudt (2017) énumèrent quelques propriétés spatiales permettant de mesurer l'expérience esthétiques de l'environnement bâti : la nature, la complexité, l'organisation et l'ordre, les proportions et le nombre d'or, la symétrie, l'éclairage, la magnitude et la grandeur, la rythmicité, les contours et les formes courbes, ouverture et fermeture spatiale, la hauteur sous-plafond, nouveauté et mystère, la typicalité et le style.

4.2.1. La complexité

La complexité visuelle a attiré l'attention de nombreux théoriciens de l'architecture (Alexander, 2002; Salingaros, 2007), des psychologues de l'environnement (Kaplan, 1989; Kaplan, Kaplan et Wendt, 1972a, 1972b; Ulrich, 1983) et des chercheurs en esthétique (Berlyne et Crozie, 1971; Frith et Nias, 1974). La complexité visuelle fait référence au "*volume d'information présent dans un espace*" (Dosen et Ostwald, 2016, p. 3) et à la "*richesse informationnelle*" d'une scène (Kaplan et Kaplan 1989 : p. 53). Des corrélations positives et linéaires entre la complexité et l'esthétique ont été trouvées dans divers contextes, y compris l'évaluation des œuvres d'art (Day, 1967; Leder et al., 2004), des paysages naturels (Kaplan, 1987; Ulrich, 1977, 1983) et des environnements bâtis (Imamoglu, 2000; Kaplan et al., 1972a).

4.2.2. L'organisation et l'ordre

L'organisation est également essentielle à la psychologie et l'expérience esthétique de l'architecture. L'ordre visuel implique à la fois l'absence de l'aléatoire (Tullett, Kay et

Inzlicht, 2015), la présence de modèles prévisibles comme la symétrie (Alexander, 2002; Reber, Schwarz et Winkielman, 2004; Salingaros, 2007) et la redondance structurelle dans les scènes (Kotabe, Kardan et Berman, 2016). Les effets psychologiques de l'organisation visuelle ont été largement discutés dans la théorie de l'architecture (Alexander 2002) et dans la littérature sur l'esthétique de l'art (Birkhoff, 1933; Eysenck, 1957; Reber, Schwarz et Winkielman, 2004). La perception de l'ordre peut également être modulée par l'âge, l'état et le style architectural de l'environnement bâti.

4.2.3. La nature

La nature constitue un élément important dans l'expérience esthétique et l'expérience architecturale de l'espace. En raison de son pouvoir de restauration psychologique (Jacobsen et Beudt, 2017 ; Havelka, 2018 ; Schertz et Berman, 2019 ; Stenfors et al., 2019) qui peut réduire considérablement le stress et améliore le sentiment de bien-être dans l'espace, la nature influe positivement sur la réponse émotionnelle (positive affect), le jugement et les préférences esthétiques de l'espace (Galindo et Hidalgo, 2005 ; Kotabe, 2016). Ainsi, la diversité du vocabulaire naturel d'un paysage permet d'augmenter la valeur esthétique du cadre bâti. Les effets de la nature et sa relation à l'expérience esthétique de l'espace ont été prouvés à plusieurs reprises par des recherches dans différents domaines (Kaplan, 1995 ; Kotabe, Kardan et Berman, 2017 ; Coburn et al., 2019).

4.2.4. Le beau

Le terme "*esthétique*" est souvent lié à des notions de "*beauté*" (Porteous, 2013, p. 19) et de "*sublime*", qui sont en association avec des sentiments plus spécifiques telles que le plaisir, le 'awe', la joie, la satisfaction...etc. Beauté et sublime sont des émotions esthétiques générées suite à une évaluation cognitive incarnée d'un objet de valeur esthétique comme l'architecture (Nadal et Skov, 2015).

La beauté, qui est peut-être la mesure la plus globale du jugement esthétique, fait partie des qualités les plus fréquemment mesurées en esthétique empirique. Les efforts pour comprendre la beauté dans l'environnement ont gagné du terrain à la fois dans la psychologie environnementale (Cooper, Burton et Cooper, 2014; Kaplan, 1987) dans la recherche architecturale (Kirk et al., 2009; Vartanian et al., 2013, 2015), et dans les recherches neuroscientifiques (Chatterjee et Vartanian, 2014; Ishizu et Zeki, 2013; Nadal et al., 2011 ; Jackobsen et al., 2006). Cet intérêt croissant peut-être lié au rôle principal que joue la beauté dans notre désir de vivre dans un lieu (Ritterfeld et Cupchik, 1996).

L'expérience de la beauté implique des interactions complexes entre les entrées sensorielles, émotionnelles et cognitives (Chatterjee et Vartanian, 2014). Notre interaction avec des stimuli environnementaux auxquels nous attribuons des qualités positives ou négatives dans la dimension de la beauté ou de la laideur donne lieu à une expérience esthétique. *"Cet état neuropsychologique complexe implique l'activation des processus de perception et de représentation qui provoquent des sensations de plaisir ou de douleur, d'attraction ou de répulsion, de convoitise ou de réalisation, ainsi que des processus cognitifs produisant des attributions esthétiques basées sur les connaissances acquises sur l'œuvre artistique perçue ou l'art en général"* (Pihko et al., 2011).

4.2.5. La symétrie

La symétrie constitue un prédicteur puissant du jugement esthétique (Jacobsen et Höfel, 2001). Elle est considérée comme une norme interculturelle d'appréciation esthétique et l'un des aspects biologiques partagé de la beauté. Des études de neuro-imagerie, cherchant des corrélats neuronaux des jugements esthétiques de la beauté des formes géométriques (Jakobson et al., 2006), ont confirmé l'influence de la symétrie sur le jugement esthétique. L'étude de Weber et al (2008) a montré que la régularité visuelle influencée par la symétrie, dans les photographies de paysage des rues, semble être un facteur primordial dans les préférences de beauté.

4.2.6. Proportions et nombre d'or

Les proportions sont l'un des plus grands prétendants à une loi universelle de la beauté. Le nombre d'or est un facteur important d'appréciation esthétique par l'impact des proportions (Freedberg et Gallese, 2007; Jacobsen et Beudt, 2017). De nombreux savants, comme Fechner (Höge, 1997), émettent l'hypothèse du rôle que joue « le nombre d'or », en tant que système proportionnel, dans la détermination des préférences esthétiques. Des architectes, tels que Le Corbusier, ont également adopté cette hypothèse et ont utilisé le « nombre d'or » dans leurs travaux comme système proportionnel pour obtenir des proportions harmonieuses esthétiques et fonctionnelles.

4.2.7. Contours et formes courbes

Une autre propriété spatiale influençant l'expérience esthétique de l'environnement bâti, est la forme et les contours, en particulier les formes et les contours courbes. De nombreuses études psychologiques soulignent la sensibilité exceptionnelle de l'homme aux

courbes de l'environnement bâti (Bar et Neta, 2006). Des études empiriques récentes sur l'expérience esthétique de l'architecture ont confirmé la sensibilité de l'homme aux courbes. Les contours curvilignes sont jugés esthétiquement plus attractifs et plus stimulants que les contours linéaires (Vartanian et al., 2013 ; Banaei et al., 2017).

4.2.8. Ouverture/fermeture spatiale (openness/enclosure)

Les travaux de Franz et al., (2005) et de Meyers-Levy et Zhu (2007) ont suggéré une influence possible des facteurs d'ouverture/fermeture spatiale sur l'expérience esthétique de l'environnement bâti. Vartanian et al., (2015), ont testé cette hypothèse en examinant l'effet de la hauteur sous plafond sur les jugements esthétiques et les décisions d'évitement ou d'approche (approach avoidance decisions). Ils ont montré que les plafonds hauts et les espaces ouverts sont esthétiquement considérés comme plus beaux et plus accueillants, contrairement aux espaces fermés avec une faible hauteur sous plafond. L'expérience des espaces clos est liée à de nombreux processus cognitifs et émotionnels en lien avec les émotions de « peur » (Vartanian et al., 2015).

4.2.9. Nouveauté, variété et sens du mystère

La nouveauté et la variété sont expérimentées dans des espaces équilibrés et harmonieux, très appréciés par l'homme. La qualité de la variété environnementale est étroitement associée à l'expérience de la surprise. Le degré de surprise ressenti est lié au rythme de la variété ou contraste, de l'amplitude du changement et de la familiarité avec le lieu exploré (Makheouf, 2007). Le sens de « mystère » est issu de l'exploration de situations d'environnement bâti (atmosphères et configurations spatiales) qui favorisent la découverte et la curiosité (Biederman et Vessel, 2006).

4.2.10. La lumière

Le facteur de la lumière, lorsqu'il est utilisé stratégiquement en architecture (coordonné avec les autres propriétés esthétiques de l'environnement bâti), peut contribuer à augmenter les réponses cognitives et émotionnelles relatives à l'expérience esthétique de l'espace et ceci à travers les différentes ambiances visuelles qu'il crée (Havelka, 2018).

4.2.11. Magnitude et grandeur

Le surdimensionnement des constructions ainsi que l'ouverture sur un immense champ visuel (vues panoramiques) sur l'espace peut engendrer une expérience esthétique du sublime

régi par un sentiment de 'awe', d'émerveillement, d'étonnement ainsi que d'autres émotions contradictoires envers l'espace observé (Gallagher et al., 2015).

Il est important de noter, que l'appréciation esthétique d'un bâtiment peut être modifiée par les attentes et les connaissances qu'une personne possède à son sujet. Par exemple, la connaissance de la fonction générale prévue pour un bâtiment influence notre expérience esthétique. Les jugements de beauté pour l'architecture varient suivant l'activité de certaines régions cérébrales. L'activation du cortex préfrontal suggère que l'analyse consciente et le raisonnement jouent un rôle significatif dans le jugement esthétique, tandis que l'activation parahippocampique montre la probable influence des souvenirs générés par l'éducation ou l'expérience passée.

4.3. L'expérience empathique de l'architecture "embodied empathy"

La capacité des œuvres d'art et de l'architecture à susciter des réactions émotionnelles chez l'homme a toujours été énigmatique, jusqu'à la découverte des neurones miroirs "*Mirror Neurons*" (Freedberg et Gallese, 2007). Cette découverte a ouvert de nouvelles interprétations théoriques à cette énigme. Son point de départ était la notion d'empathie dans son sens originel comme expérience corporelle de l'art et de l'architecture (*Einfühlung*), telle qu'elle a été développée à la fin du XIXe (Vischer et Wölfflin) et au début du XXe (Lipps) (Freedberg et Gallese, 2007).

Pour Vischer, le concept d'*Einfühlung* (littéralement 'ressentir') signifiait la projection inconsciente de notre "*propre forme corporelle dans la forme de l'objet*" (Vischer, Mallgrave et Ikonomou, 1994, p. 92). En suivant l'étude de Wölfflin sur l'empathie en architecture, Freedberg et Gallese (2007) ont suggéré que les processus d'empathie incarnée (*embodied empathy*) (Mallgrave, 2015 ; Pallasmaa et al., 2015) pourraient être impliqués dans la perception des espaces architecturaux ainsi que des arts visuels. La neuroscience cognitive explique ce phénomène mental d'empathie incarnée (*embodied empathy*) par la capacité de nos systèmes neuronaux à imiter ou simuler subconsciemment des propriétés perçues, d'actions, d'émotions et de sensations corporelles dans l'espace ou l'œuvre d'art.

Grâce à ses propriétés sensorielles-spatiales, l'environnement bâti peut inculquer le potentiel émotionnel dans l'environnement physique pour créer des sensibilités chez l'homme par empathie (Pallasmaa, 2015). Selon Gallese (2015), les gens peuvent ressentir de

l'empathie pour l'espace lorsqu'ils établissent une *simulation incarnée* imitant certaines propriétés architecturales, à travers un mécanisme cérébral empathique qui cartographie sur les propres représentations du spectateur, des représentations sensorielles d'une action, d'une émotion ou d'une sensation ou autres. L'empathie pour un lieu - la capacité de s'y connecter et de le posséder - est différente de le connaître. Cette empathie est souvent génératrice d'un sens de l'espace (*sense of place*), qui est engendré par la promotion de sentiments d'attachement et d'appartenance chez le spectateur (Adams, 1991).

L'expérience empathique de l'architecture rentre dans la catégorie de «*objectual empathy*» ou l'empathie pour les objets (Tüscher, 2016), qui repose sur un mode de compréhension imaginative basée sur les objets perçus (*imaginative object-based understanding*). Ce mode de compréhension est divisé en quatre types : les «traces d'action» (*Traces of action*), les «traces d'émotion» (*Traces of emotion*), «l'exploration imaginatif» (*Imaginative exploration*), et la «projection corporelle» (*Bodily projection*) (Tüscher, 2016). Les modes de compréhension «traces d'action» (*Traces of action*) et les «traces d'émotion» (*Traces of emotion*) peuvent être considérés comme des cas de compréhension générant une empathie indirecte vers l'objet ou l'environnement observé. «L'exploration imaginatif» (*Imaginative exploration*) et la «projection corporelle» (*Bodily projection*) peuvent être considérées comme des cas de compréhension générant une empathie directe vers l'objet ou l'environnement observé.

Dans «Traces of action», les objets perçus sont vécus de manière imaginative comme des traces ou des résultats des actions passées. Ici l'«*objectual empathy*» envers les objets perçus est le résultat de la perception et du traitement cognitif de ces objets qui atteignent et reproduisent les actions de leurs créateurs de manière imaginative (Tüscher, 2016). Par exemple, lorsque quelqu'un perçoit des dessins à la main, des poteries faites à la main, les lignes d'un dessinateur ou d'une calligraphie, il suit inconsciemment par procuration l'effort musculaire imaginé dans l'expérience nerveuse de l'artisan comme s'il faisait l'expérience lui-même (Neutra 1969) et il s'engage dans l'imitation incarnée des simulations motrices qui recréent les types de mouvements de la main réalisés par l'artisan (Freedberg & Gallese, 2007). Les «Canonical neurons» et les «Mirror neurons» jouent un rôle dans ce type de réponse empathique car ils garantissent que tout environnement dans lequel sont visibles des traces humaines de sa construction par des mains humaines, déclenche une sorte d'engagement incarné actif des visiteurs envers l'environnement bâti et ses composants.

Dans le cas de «l'exploration imaginative», la perception des objets implique une simulation active imaginative de ce qui peut être fait avec/de l'objet perçu au-delà de ses affordances (Tüscher, 2016). La «projection corporelle», c'est lorsque la perception des objets implique leur expérience en tant que des personnes ou des corps humains, c'est-à-dire que les percepteurs projettent de manière imaginative des caractéristiques corporelles sur les objets. Les gens étendent métaphoriquement les schémas qu'ils construisent d'expériences avec des surfaces et des objets dans des arènes de leur vie qui se situent loin des expériences incarnées dont ils proviennent (Goldhagen, 2017), comme c'est le cas par exemple, dans la simulation de la sensation de pression ou de constriction dans la perception d'une colonne porteuse, ou dans l'attribution des traits du visage humain, avec même des grimaces et des états émotionnels, à des façades de bâtiments.

5. Le bien-être dans l'environnement bâti

Les réactions émotionnelles de l'homme à l'environnement bâti sont essentielles pour assurer à la fois le bien-être et la conscience urbaine. L'idée d'une interaction réciproque entre l'homme et l'espace bâti et son impact potentiel sur le bien-être dans l'environnement bâti rencontre un accord partagé et une attention croissante de différentes disciplines, notamment l'architecture, le design urbain, la psychologie et les neurosciences (Sternberg et al., 2009). De plus, le bien-être est considéré comme un besoin crucial de garantir la santé mentale de l'homme dans l'environnement bâti et l'un des défis les plus importants auxquels les villes sont confrontées, à maintenir ou à améliorer (Mouratidis, 2017). L'environnement bâti s'avère être un facteur prédictif important des mesures subjectives du bien-être.

Les effets des caractéristiques de l'environnement bâti sur les processus affectifs et le bien-être ont été largement explorés dans le contexte des environnements de soins de santé. Selon Mouratidis (2017), les caractéristiques des espaces intérieurs et extérieurs, telles que le type de portes et de matériaux, les voies de circulation, le son, l'air, la lumière, les vues, les contours et les formes, les textures et autres, se sont révélées avoir une influence sur la santé mentale et sur le bien-être dans cet environnement construit. Il est donc crucial d'examiner comment l'environnement bâti influence le bien-être de l'homme par le biais de ses émotions. Le bien-être est considéré comme synonyme de santé, généralement de santé mentale, qui fait référence au bien-être mental par le biais de l'attention et de la restauration de

l'environnement bâti, de la réduction du stress et de l'évocation d'émotions positives (Abraham et al., 2010).

Le bien-être peut être aussi synonyme de santé physique qui fait référence au bien-être physique via la promotion de l'activité physique dans la vie quotidienne dans l'environnement bâti (Abraham et al., 2010). Watson (2018) définit le bien-être comme un état de satisfaction cognitive atteint par la réalisation d'un objectif, associé à la présence des réponses émotionnelles positives et à l'absence de sentiments négatifs, associé à des besoins psychologiques de compétence personnelle, de relation sociale et d'autonomie.

La dernière tendance dominante dans les études empiriques sur le bien-être subjectif propose trois types de mesures du bien-être subjectif "SWB" qui correspond à des théories philosophiques différentes. Selon les lignes directrices de l'organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)⁵ sur la mesure du bien-être subjectif (OCDE, 2013), les mesures du bien-être subjectif sont classées comme suit:

- Bien-être hédonique: il considère les réponses émotionnelles au stimulus (le stimulus environnemental). Il est aussi connu sous le nom de bonheur psychologique. Ce type de bien-être est généralement mesuré par rapport à un moment donné.
- Satisfaction à l'égard de la vie: une évaluation réflexive de la vie d'une personne.
- Eudémonisme: sentiment d'avoir un but dans l'existence ou signe d'un fonctionnement psychologique équilibré.

6. Synthèse

D'après la revue de la littérature discutée tout au long de ce chapitre, l'expérience vécue de l'architecture est basée sur les différentes interactions qu'entretient le corps avec l'environnement bâti. Cette expérience de l'architecture résulte en des changements systématiques des comportements (réactions motrices notamment) et de l'état émotionnel (réactions affectives) de l'observateur dans l'espace, au fur et à mesure que son schéma corporel réagit aux affordances spatiales de façon incarnée (*embodied*).

L'expérience architecturale est très complexe, elle est sensorielle, émotionnelle, esthétique et empathique. Elle engage l'observateur dans un acte de perception multi-

⁵ <http://www.oecd.org/>

sensorielle active et un acte d'évaluation systématique auto-référencié de l'espace. L'auto-référenciation dépend d'un certain nombre de facteurs comme la mémoire, les connaissances, les expériences personnelles, l'éducation, les aspirations, l'imagination et la culture de l'observateur. Le schéma suivant (Fig. 8) récapitule graphiquement cette synthèse.

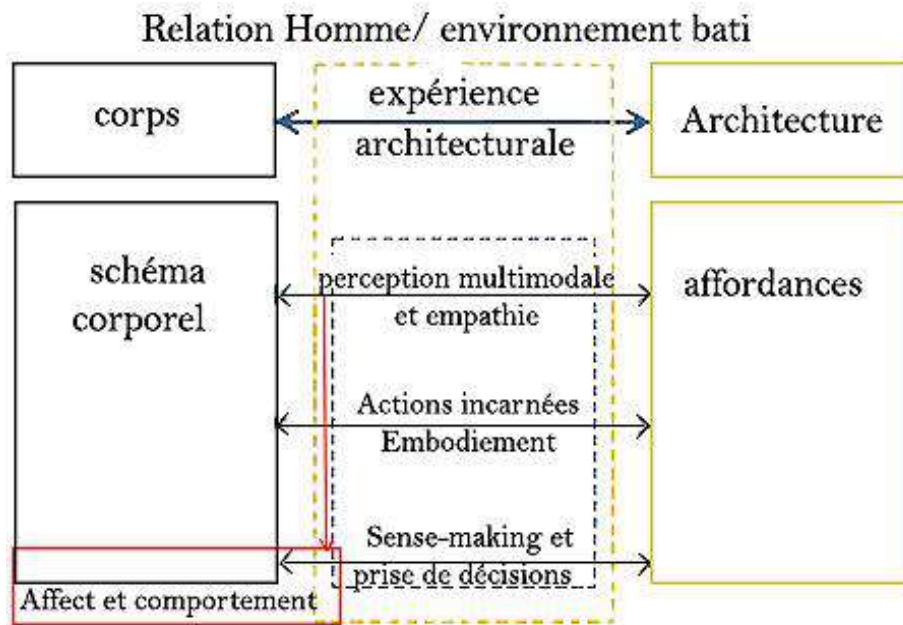


Figure 8: Schéma récapitulatif synthétisant la relation entre l'homme et l'environnement bâti (selon la revue de la littérature discutée dans ce chapitre). Auteur 2019.

Il est constaté, à partir de la présente revue de la littérature, qu'il y a deux courants et deux approches de recherche pour étudier l'expérience architecturale. Un courant positiviste, très fréquent dans les recherches en sciences cognitives évolutives, en psychologie et dans d'autres disciplines liées à la santé ; et un courant constructiviste très fréquent dans la littérature philosophique et phénoménologique.

Le courant positiviste permet d'étudier et d'évaluer l'expérience de l'architecture dans une perspective positiviste basée sur une approche cognitive utilisant des preuves numériques (des mesures neurologiques, physiologiques ou psychométriques) avec peu d'intérêt porté aux facteurs individuels qui pourraient affecter les résultats de ces études. Dans cette perspective, les propriétés physiques des espaces sont quantifiées indépendamment du perceuteur en tant que sujet corporel, qui se transforme alors en un observateur désincarné (disembodied observer).

Le courant constructiviste permet d'étudier le phénomène de l'expérience de l'architecture dans une perspective phénoménologique qui vise à décrire l'expérience plutôt qu'à l'évaluer. Dans cette optique, les propriétés physiques des espaces sont dépendantes du percepteur en tant que sujet corporel, ce qui fait de lui un observateur incarné (embodied observer).

Pris ensemble, ces constats suggèrent qu'il existe une possibilité de développer une approche d'étude mixte centrée sur l'homme dans l'espace en tant que sujet architectural incarné afin de remplacer le modèle désincarné de l'utilisateur de l'espace à travers l'approximation biologique précise du corps humain en tant que sujet expérimentant. Les tentatives de rapprochement de ces deux courants, cognitifs et phénoménologiques, bien que très limités, sont en forte croissance, notamment durant ces cinq dernières années.

7. Conclusion

Ce chapitre présente et discute la littérature concernant la relation entre l'homme et l'environnement bâti, son soubassement théorique et ses effets psychologiques et comportementaux; une attention particulière est portée à l'expérience architecturale qu'entretient l'homme avec son environnement bâti. Cet état de l'art relie les contributions scientifiques émanant de plusieurs approches et domaines de recherches, telles que l'architecture, la philosophie, la psychologie et les neurosciences et met en évidence les progrès réalisés dans l'étude de cette question.

En outre, ce chapitre démontre l'intérêt croissant pour l'étude de l'expérience architecturale de l'environnement bâti. Cette expérience est comprise dans le contexte des théories de l'empathie de la fin du XIXe siècle ainsi que les théories d'affordances spatiales de Gibson (1986). L'intérêt croissant pour l'étude de cette expérience est inspirée par le récent tournant vers une architecture centré sur l'homme, ainsi que par le récent tournant neuro-phénoménologique dans la recherche scientifique dans le domaine de l'architecture, inspiré par le cadre conceptuel et expérimental neuroesthétique de Freedberg et Gallese (2007).

La revue de la littérature présentée dans ce chapitre, va se poursuivre encore dans le chapitre suivant, pour se focaliser sur la relation entre Architecture et les Neurosciences. Le chapitre suivant tentera d'expliquer la contribution des dernières découvertes en

neurosciences dans la compréhension du phénomène architectural et dans la résolution de certaines énigmes de l'expérience architecturale.

CHAPITRE TROIS

NEUROSCIENCE POUR ARCHITECTURE

1. Introduction

La relation homme-environnement bâti était explicitement discutée dans le chapitre précédent. L'essence de cette relation est bien l'expérience architecturale. Cette dernière est un polyptyque d'expériences incarnées (embodied) différentes, qui impliquent l'homme en tant qu'entité corporelle-sensorielle et cognitive-émotionnelle vis-à-vis des stimuli de l'espace. Elle est empathique, multi-sensorielle, émotionnelle et esthétique. Cette expérience complexe fait objet d'investigation pluridisciplinaire profonde sous différents angles d'approches, notamment l'approche scientifique cognitive, qui fera l'objet de discussion dans ce présent ce chapitre.

Les neurosciences cognitives accordent un intérêt croissant à la relation énigmatique homme-architecture. Au cours des deux dernières décennies, les découvertes en neuroscience ont pu élucider de multiples phénomènes sous-jacents à cette relation tels que l'empathie incarnée (embodied), le jugement esthétique et les affordances. Ces aspects et d'autres encore sont présentés au cours du présent chapitre dans une revue systématique de la littérature, qui participe à un arpentage, toujours en cours, des savoirs en neuroscience pour architecture et offre un regard succinct sur les thèmes et problématiques qu'ouvre cette nouvelle discipline scientifique.

Ce présent chapitre se déploie sur trois parties qui permettent de rendre intelligible la relation neuroscience-architecture et exposent l'essentiel de ce qui a été produit dans ce nouveau domaine de recherche. La première partie discute la relation de l'architecture à la neuroscience. La deuxième partie présente une brève anatomie du cerveau humain et des systèmes cognitifs et affectifs afin de permettre une meilleure compréhension du jargon neuroscientifique, fréquemment retrouvé dans les études neuroscientifiques explorant le phénomène architectural. La dernière partie présente une synthèse des découvertes en neuroscience pour architecture et explique l'impact de l'environnement bâti sur l'homme.

2. Neuroscience pour Architecture

À première vue, l'architecture et la neuroscience semblent n'avoir rien en commun. Pourtant, la relation entre ces deux disciplines est très étroite et profonde. L'architecture offre un abri à l'homme et elle est en même temps le produit de l'homme dans l'espace et le temps. La neuroscience est une discipline qui s'intéresse aux mécanismes cérébraux et neuronaux qui

sous-tendent la cognition et les actions de l'homme dans l'espace et le temps. Ainsi, les deux disciplines ont « l'homme » comme point commun. La relation architecture- neuroscience trouve son essence dans la "*neuroplasticité*" du cerveau humain, c'est-à-dire la capacité du cerveau à changer structurellement grâce aux expériences vécues et les savoirs acquis dans l'espace et le temps. Le cerveau humain est donc constamment remodelé par l'environnement bâti.

2.1. La neuroscience au service de l'architecture

La neuroscience pour architecture a pour but d'expliquer l'impact de l'environnement bâti sur l'homme, en étudiant ses réactions aux différentes propriétés spatiales, morphologiques, esthétiques et atmosphériques. La compréhension de cet impact peut aider les architectes à concevoir un environnement de bien-être, servant une meilleure navigation spatiale et un plaisir esthétique et émotionnel, tout en renforçant les capacités cognitives et en minimisant les effets négatifs sur l'état psychologique de l'homme. Dans cette optique, Eberhard, un des chercheurs pionniers dans le domaine de la neuroscience pour l'architecture, dans une interview avec Society for Neuroscience (2003, p. 6) affirme que "*L'architecture a plus d'impact lorsque la conception reflète notre compréhension de la façon dont le cerveau réagit aux stimuli de l'environnement. Les neuroscientifiques peuvent aider les architectes à comprendre scientifiquement ce qui a toujours été de l'ordre de l'intuition*"⁶.

La neuroscience aborde la question de l'architecture et ses expériences sur trois niveaux de recherche (Arbib, 2013) :

- 1- L'expérience des utilisateurs : leur mode de vie, leur expérience, leur réaction et leur interaction avec les bâtiments. Comment l'environnement conçu pourrait affecter les processus cognitifs de son utilisateur?
- 2- Le processus de conception architecturale : cherchant à comprendre le fonctionnement du cerveau de l'architecte lors du processus de conception de l'environnement construit ;
- 3- Le neuromorphisme : l'intégration de l'intelligence artificielle dans la conception architecturale par la création de bâtiments dotés d'une infrastructure interactive sur le plan cognitif, et en attribuant des fonctions et des qualités de systèmes cérébraux à la conception.

⁶ "Architecture has the most impact when the ideas used in building design reflect our understanding of how the brain reacts in different environments. Neuroscientists can help architects understand scientifically what have historically been intuitive observations" Eberhard (2003)

Eberhard (2009a) identifie cinq domaines de recherche en neuroscience pour architecture:

- 1- Sensation et perception : cet axe de recherche vise à comprendre et expliquer les sentiments humains. Comment voyons-nous, entendons-nous, sentons-nous et goûtons-nous à travers nos sens et notre corps.
- 2- Apprentissage et mémoire : comment stockons-nous nos expériences sensorielles dans le cerveau ? Comment et pourquoi rappelons-nous ces informations (acquis et souvenirs) lorsque nous rencontrons une situation/ environnement similaire?
- 3- Prise de décision : Comment et par quels mécanismes d'évaluation décidons-nous des choses ou des actions ?
- 4- Émotion : cet axe de recherche vise à étudier nos mécanismes affectifs et comprendre nos réponses émotionnelles telles que la peur, la sécurité, l'anxiété, le plaisir, l'excitation, le bonheur, la tristesse, l'émerveillement et l'épanouissement.
- 5- Mouvement : comment décidons-nous de la direction à prendre lors de l'exploration d'un environnement nouveau ? Quels sont les mécanismes cérébraux sous-tendant la navigation spatiale ?

L'incessante prise de conscience de la complexité des processus cognitifs et émotionnels impliqués dans l'expérience quotidienne de l'environnement bâti fait qu'on assiste actuellement à de multiples projets de coopération entre les neuroscientifiques et les architectes, le but étant de forger des liens entre les connaissances sur le fonctionnement du cerveau et les propriétés de l'environnement construit (Eberhard, 2009a). Au cours des deux dernières décennies, on compte un nombre croissant de travaux de recherche en neuroscience pour architecture. Ces travaux interrogent les mécanismes cérébraux et neuronaux sous-jacents à différents aspects de l'expérience architecturale.

Les différentes recherches menées en neuroscience pour architecture peuvent être classées en huit domaines différents. D'abord l'expérience et le jugement esthétique (Jakobson, 2006; Chatterjee et Vartanian, 2004, 2013; Kirk, Ulrich et Skov, 2009); ensuite la navigation spatiale (Sternberg, 2006; Dalton, Spires et Hölscher 2015); la cognition incarnée et l'empathie (Freedberg et Gallese, 2007; Mallgrave, 2013 ; Stamatopoulou, 2018); la lumière (Panda et Marks, 2015 ; Aries et al., 2020); la perception visuelle et haptique (Albright, 2011; Arbib, 2015; Lee Masson, 2017); l'intermodalité sensorielle (Robinson et Pallasmaa, 2015 ; Vecchiato et al., 2015 ; Langner et al., 2012); la reconnaissance des

objets (Pietrini et al., 2004 ; Bermejo et al., 2015); et enfin les affordances (Djebbara et al., 2020). Il est à remarquer, que la quasi-majorité des recherches en neuroscience pour architecture se concentrent surtout sur l'expérience esthétique et le beau, la navigation spatiale, l'empathie et, très récemment sur les affordances.

Le tournant neuroscientifique dans l'exploration de l'expérience architecturale, à travers l'étude de l'activité cérébrale, a mené à l'émergence de nouveaux domaines de recherche scientifique, fusionnant architecture et neuroscience, précédés de préfixe "neuro", tel que la neuroarchitecture, la neuroesthétique, la neuropsychologie environnementale et la neurophénoménologie. Ces nouvelles disciplines sont présentées brièvement en ce qui suit.

2.1.1. Neuro-esthétique "*Neuroaesthetics*"

Neuroaesthetics, définie comme la neuroscience cognitive de l'expérience esthétique (Churchland et Sejnowski, 1988 ; Nadal et Skov, 2013 ; Zeki, 2020), est un domaine de recherche récent qui vise à comprendre les fondements neuronaux de l'expérience esthétique de différents objets à valeur esthétique comme l'architecture (Pearce et al., 2016). Il étudie les mécanismes cérébraux et neuronaux sous-jacents à la perception esthétique, le jugement et l'évaluation des propriétés perceptuelles intrinsèques du stimulus tel que la beauté et la sublimité, ainsi que de l'attitude de l'observateur à l'égard des affordances esthétiques du stimulus (Zeki, 1999 ; Jacobsen et al., 2006). La méthodologie neuroesthétique est souvent mixte, elle combine plusieurs outils d'investigation et d'analyse en psychologie (le questionnaire, l'observation, l'interview...) et en neurosciences (le EEG, le EMG, le FMRI...). Le beau et le sublime sont les concepts les plus étudiés en neuroesthétique.

L'expérience du beau

La beauté est une qualité attribuée aux œuvres ou aux objets provoquant des émotions de plaisir et un sens de récompense (reward) et de satisfaction (Era, 2015). L'expérience esthétique du beau découle de l'interaction entre les propriétés du stimulus tel que la complexité, la nouveauté, la symétrie, les contours, les proportions et l'équilibre... et les processus cognitifs et affectifs du perceuteur. L'expérience du beau est aussi influencée par les expériences personnelles et le contexte culturel de l'individu.

L'expérience du sublime

Burke, Kant et Schopenhauer ont proposé que beauté et sublime sont deux notions différentes puisqu'elles entretiennent une relation différente avec le traitement sensoriel, l'imagination et les émotions. Par exemple, selon Burke, la beauté est associée à des sentiments de plaisir, de récompense et de satisfaction, alors que le sublime est associé à la crainte, à la peur et à la terreur (Vandenabeele, 2015). Schopenhauer aussi, souligne que le sublime est une expérience émotionnelle mixte: il implique à la fois le sentiment d'être puissamment submergé, humilié ou disloqué et le sentiment d'être élevé ou exalté (Vandenabeele, 2015).

Dans la même perspective, les approches neuroscientifiques modernes, à travers l'utilisation de techniques d'imagerie cérébrale, ont suggéré que l'expérience de la beauté et celle du sublime semblent partiellement se dissocier en termes de corrélats neuronaux (Ishizu et Zeki, 2011, 2014). On prétend que le sublime n'est pas simplement une expérience agréable parmi d'autres, mais aussi une expérience basée sur les capacités mentales nécessaires à la cognition, à la conscience de soi et à la simulation et l'empathie (Vandenabeele, 2015).

L'expérience du sublime est associée au "awe", un sentiment direct d'émerveillement face à quelque chose d'étonnant ou de sublime. Le "awe" est classé comme une émotion associée à la surprise, à la peur et à l'ambiguïté (Shiota, Keltner et Mossman, 2007; Ekman, 1992 ; Chirico et Yaden, 2018). Keltner et Haidt (2003) suggèrent que le "awe" requiert l'immensité perçue, décrite comme une expérience considérée à la fois puissante et émouvante. Cela pourrait se rapporter à tout objet perçu comme étant plus grand que soi, impliquant une taille physique, un statut social ou d'autres catégories liées à la grandeur et à l'amplitude (Gallagher, 2015 ; Eberhard, 2009b).

2.1.2. Neuro-architecture " *Neuroarchitecture* "

La neuroarchitecture est une nouvelle discipline qui se situe au croisement de la neuroscience et de l'architecture. Elle s'appuie sur la connaissance croissante du fonctionnement du cerveau pour expliquer et émettre des hypothèses viables sur les réactions de l'homme à tout ce qui relève de l'architecture. Plus particulièrement, la neuroarchitecture étudie les mécanismes cérébraux qui sous-tendent la façon dont des caractéristiques morphologiques et atmosphériques de l'environnement bâti sont perçues par le corps et

traitées au niveau du cerveau. Cette connaissance permet par la suite d'élucider comment ces caractéristiques affectent les réponses cognitives, affectives et comportementales d'un utilisateur.

Les recherches en neuroarchitecture sont menées en situations réelles ou en réalité virtuelle (IVR), le but étant de mesurer les réponses physiologiques et l'activité cérébrale des participants. Ces recherches utilisent des méthodes et des outils de la psychologie traditionnelle comme le questionnaire, les capteurs sensoriels qui mesurent la réaction électrodermale (le rythme cardiaque et la température corporelle) ou les mouvements des yeux, ainsi que des méthodes et outils de la neuroscience comme l'EEG et le FMRI, qui permettent l'enregistrement de l'activité cérébrale des participants à l'expérimentation.

Plusieurs chercheurs en neuroscience comme en architecture ont mené des recherches en neuroarchitecture. Il y a par exemple, Vartanian et al., qui ont étudié l'impact des contours courbes et rectilignes (2013), l'effet des hauteurs sous plafonds (2015) et l'effet de l'ouverture/fermeture spatiale (2015) sur les jugements du beau, la prise de décisions d'évitement ou d'approche (approach-avoidance) et la perception du temps. Il y a aussi Banaei et al., qui se sont intéressés à l'étude de la forme et son impact sur les dynamiques cérébrales (2017a, 2017b).

2.1.3. La neurophénoménologie " *Neurophenomenology* "

Le terme « neurophénoménologie » a été introduit pour la première fois par Varela (1999) dans ses études sur le temps et la perception. La neurophénoménologie est un domaine de recherche récent, qui combine phénoménologie et neuroscience pour étudier l'expérience et la conscience. Elle se concentre essentiellement, sur l'analyse de la structure de l'expérience en tant que base de description précise de l'existence incarnée (embodied) de l'homme, en confrontant des récits phénoménologiques avec leurs corollaires neurobiologiques et cognitifs. Le résultat d'une telle enquête est une prise de conscience croissante de la nature incarnée de la conscience et de notre être dans le monde. Jelić (2015) stipule que les connaissances en neurophénoménologie peuvent fournir une meilleure approximation de l'être humain dans sa complexité biologique et culturelle, qui peut être utilisée dans la conception architecturale.

Il faut noter cependant, que la démarche neurophénoménologique rencontre un certain nombre d'objections, qui ont tous trait à la remise en question de la fiabilité de l'introspection. En effet, les neurosciences cognitives ne peuvent pas accéder au fond de certaines variables liées à l'état émotionnel et attentionnel de l'homme, ou encore au type de stratégie cognitive qu'il utilise. La seule façon de les prendre en compte est de passer par le recueil de descriptions fines de l'expérience vécue. Dans ce cas, la phénoménologie constitue un allié adapté pour combler de tels manques.

2.2. L'imagerie cérébrale et la neuroscience pour architecture

L'imagerie cérébrale est actuellement couramment utilisée, aussi bien dans le domaine des sciences médicales que dans d'autres domaines de recherches. Plusieurs technologies avancées, telles que l'*EEG* (Electroencéphalographie), l'*IRMf* (Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle) et la *PET* (Tomographie par Emission de Positrons) sont utilisées pour retracer et visualiser l'activité neuronale du cerveau, afin de comprendre le fonctionnement de ce dernier lors de l'exécution de certaines tâches précises. Le but étant d'expliquer certains phénomènes liés à la perception, aux sens, aux émotions, aux comportements, aux interactions sociales, à la langue, à l'apprentissage, au mouvement et à la navigation spatiale, à la prise de décision, aux différences culturelles, aux troubles et désordres psychologiques et neurobiologiques.

3. Anatomie du cerveau humain

Le cerveau est constitué d'un grand nombre de cellules nerveuses, appelées les "*neurones*", qui forment les unités de base fonctionnelles du système nerveux. Chaque neurone effectue environ mille à dix mille connexions avec d'autres neurones. Les points de contact entre les neurones, sont appelés "*synapses*" et c'est justement à ce niveau là que se passe l'échange d'informations. En raison de cette complexité stupéfiante du cerveau et du système nerveux, il paraît important de présenter brièvement dans ce chapitre quelques-unes des notions de base relatives à l'anatomie du cerveau et de son fonctionnement.

3.1. La structure du cerveau

Les anatomistes divisent le cerveau en quatre parties principales : le cerveau (cerebrum), le diencéphale (brainstem), le cervelet (cerebellum) et le tronc cérébral (spinal cord) (Fig. 9).

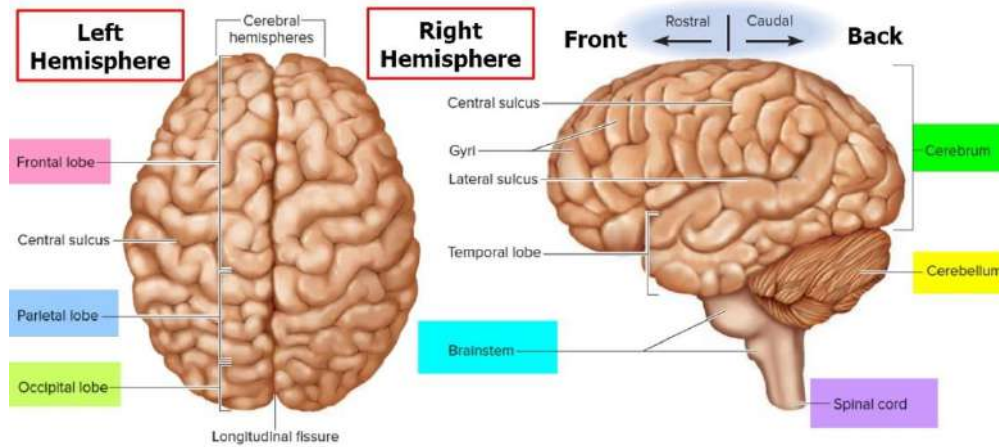


Figure 9: Anatomie du cerveau humain. Google image.

A. L'encéphale "*cerebrum*"

Le télencéphale est la grande partie externe du cerveau. Il est composé d'un cortex cérébral superficiel de matière grise, de la substance blanche, de la substance grise, des régions corticales et autres subcorticales. Le télencéphale consiste en une paire de demi-globes appelés hémisphères cérébraux. Chaque hémisphère est divisé en quatre lobes : frontal, pariétal, occipital et temporal (Fig. 10).

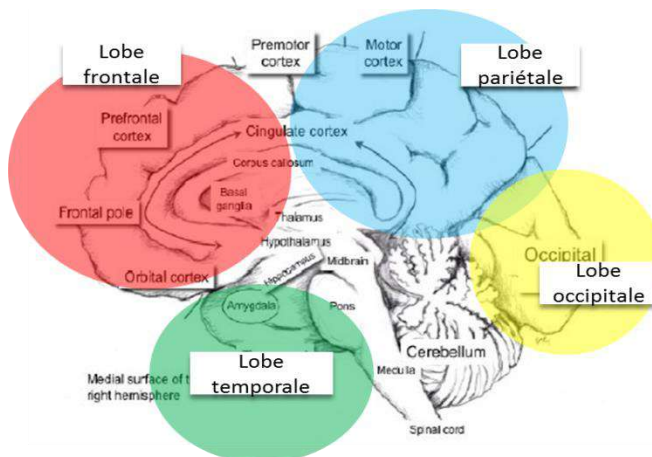


Figure 10: Anatomie du cerveau humain. les lobes de chaque hémisphère . Google image.

- Le lobe occipital: il est situé en arrière du cerveau, profondément dans l'os occipital et forme la partie la plus postérieure du cerveau. Il est séparé du lobe pariétal par le sulcus pariéto-occipital situé à la surface médiale de l'hémisphère. Il contient le cortex visuel qui traite la vision. Il faut savoir que tout dommage causé à cette partie peut provoquer la cécité.

- Le lobe temporal: il est situé sur le côté latéral de l'hémisphère dans la fosse crânienne moyenne, profondément dans l'os temporal. Il est séparé des lobes frontaux et pariétaux sous-jacents par le sulcus latéral profond. Le lobe temporal contient le cortex auditif et le cortex olfactif. Il se charge de certains aspects de la perception visuelle liés à la reconnaissance d'objets, de mots et de visages. Il est impliqué également dans la réponse émotionnelle et la mémoire.

- Le lobe pariétal : il est profond jusqu'aux os pariétaux, il s'étend en arrière du sillon central au sulcus pariéto-occipital. Le sillon latéral forme sa limite inférieure. Le gyrus post-central, juste en arrière du sillon central, contient le cortex somato-sensoriel primaire. Le lobe pariétal traite les stimuli sensoriels permettant :

- La prise de conscience de la sensation somatique générale ;
- La création des représentations en trois dimensions de l'arrangement spatial du monde extérieur,
- La connaissance particulière des objets ;
- La proprioception (la connaissance de son propre corps dans l'espace);
- La compréhension de la parole.

- Le lobe frontal: il est situé profondément dans l'os frontal et remplit la fosse crânienne antérieure. Il s'étend postérieurement au sillon central, qui sépare le lobe frontal du lobe pariétal. Le gyrus précentral contenant le cortex moteur primaire se situe juste en avant du sillon central. Le lobe frontal contient des zones fonctionnelles qui planifient, initient et activent le mouvement moteur, y compris le mouvement des yeux et la production de la parole. La région la plus antérieure du cortex frontal exécute des fonctions cognitives d'ordre supérieur, telles que la pensée, la planification, la prise de décision, la mémoire de travail et d'autres fonctions exécutives. Il s'occupe de certains aspects très énigmatiques de l'esprit et des comportements humains, comme le sens moral, la sagesse, l'ambition et d'autres activités de l'esprit qui nous sont, en grande partie, inconnues.

Au cœur de chaque hémisphère cérébral, se trouvent trois noyaux (masses de matière grise) qui sont collectivement appelés les noyaux principaux "*basal nuclei*", également appelés noyaux gris centraux "*The basal ganglia*". Ces noyaux reçoivent des informations (input) du cortex cérébral et fournissent d'autres (output) aux parties motrices du cortex via les noyaux des groupes médiaux et ventraux du thalamus. Une des fonctions majeures de ces

noyaux est d'aider à réguler l'initiation et la terminaison des mouvements. Mais il faut savoir, qu'ils ont aussi d'autres rôles en plus d'influencer les fonctions motrices. En effet, ils aident à initier et à terminer certains processus cognitifs d'attention, de mémoire et de planification et peuvent même réguler les comportements émotionnels.

B. Le diencephale

Le diencephale est une structure cérébrale composée en grande partie de trois structures appariées: le thalamus, l'hypothalamus et L'hippocampe (Fig. 9). Le thalamus joue un rôle de coordinateur des informations sensorielles allant au cortex ; l'hypothalamus, quant à lui, est le centre de contrôle de l'appétit, des comportements, de reproduction et du cycle circadien.

C. Le mésencéphale

Le mésencéphale est constitué de deux paires de petits renflements appelés « colliculi ». Ces groupes de neurones jouent un rôle prépondérant dans les réflexes visuels et auditifs et dans le transfert de ces informations vers le thalamus. Le mésencéphale comprend également des îlots de neurones éparpillés dans le système nerveux central jouant un rôle important dans les mécanismes de récompense et dans l'humeur.

D. Le cervelet "*The Cerebellum*"

Le cervelet ou petit cerveau (Fig. 9) est un centre de surveillance des contractions musculaires, de coordination motrice, d'évaluation de certains types d'informations sensorielles et haptiques et de la perception spatiale.

E. La moelle épinière

La moelle épinière est une extension du cerveau dans la colonne vertébrale (Fig. 11). Elle reçoit des informations sensorielles de toutes les parties du corps en dessous de la tête. Elle utilise ces informations pour générer les réflexes, par exemple, en réponse à une douleur et elle transmet également les informations sensorielles au cerveau notamment dans le cortex cérébral. Par ailleurs, la moelle épinière génère des influx nerveux dans les nerfs qui contrôlent les muscles et les viscères au travers d'activités réflexes ou de commandes volontaires en provenance de l'encéphale.

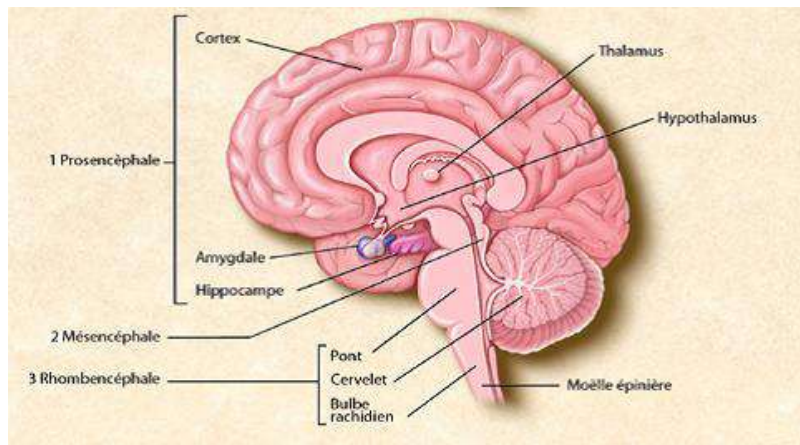


Figure 11: différentes régions et structures du cerveau.
<https://www.frcneurodon.org/>

3.2. Système nerveux du traitement cognitif et émotionnel

Le système limbique, le système nerveux autonome et le système d'activation réticulaire interagissent tous dans le traitement physiologique de l'émotion. Le système limbique catégorise les expériences émotionnelles humaines en tant qu'états mentaux agréables ou désagréables. Le système nerveux autonome, associé à l'hypothalamus, régule la pulsation, la tension artérielle, la respiration et l'éveil sensoriel (*arousal*). Lorsqu'il est activé, le système nerveux sympathique prépare le corps aux urgences en contrôlant les glandes du système endocrinien.

- **Le système limbique**

Le système limbique, parfois appelé "cerveau émotionnel", est la région du cerveau la plus impliquée dans les émotions. Il joue un rôle primordial dans diverses émotions, notamment la douleur, le plaisir, la docilité, l'affection et la colère. Il est également impliqué dans la perception olfactive (odorat), ainsi que dans l'apprentissage et la mémoire.

La structure du système limbique comprend l'hypothalamus, le thalamus, l'amygdale, l'hippocampe et le cortex cingulaire (*cingulate gyrus*). L'hypothalamus joue un rôle dans l'activation du système nerveux sympathique, qui fait partie de toute réaction émotionnelle. Le thalamus sert de centre de relais sensoriel; ses neurones envoient des signaux à l'amygdale et aux régions corticales supérieures en vue d'un traitement ultérieur. L'amygdale joue un rôle dans le traitement de l'information émotionnelle et dans la transmission de cette information aux structures corticales. L'hippocampe intègre l'expérience émotionnelle avec la cognition.

Les processus du système limbique contrôlent nos réponses physiques et émotionnelles aux stimuli environnementaux. Ce système catégorise l'expérience d'une émotion en tant qu'état mental agréable ou désagréable. Sur la base de cette catégorisation, les substances neurochimiques telles que la dopamine, la noradrénaline et la sérotonine augmentent ou diminuent, ce qui entraîne une fluctuation du niveau d'activité du cerveau et des modifications des mouvements, des gestes et des postures du corps. La plupart des structures du système limbique ont des centres de gratification et d'aversion. La stimulation d'un centre de gratification produit un sentiment de plaisir ou de récompense, tandis que la stimulation d'un centre d'aversion produit des sensations désagréables telles que la peur ou le chagrin.

- L'amygdale (*The Amygdala*): est située dans les lobes temporaux gauche et droit du cerveau. Elle joue un rôle déterminant dans l'évaluation émotionnelle et la reconnaissance des situations, dans l'analyse des menaces potentielles, ainsi que dans la formation des émotions. L'amygdale inclut le noyau central (*central nucleus*) et le complexe basolatéral (*basolateral complex*). Ce dernier a des connexions denses avec une variété de zones sensorielles du cerveau. Il joue un rôle critique dans l'attribution des valeurs émotionnelles aux processus d'apprentissage et aux mémoires. Par contre, le noyau central joue plutôt un rôle dans l'attention et la régulation de l'activité des systèmes nerveux autonome et endocrinien (Pessoa, 2010).

- Le thalamus (*The thalamus*): Les masses thalamiques sont considérées comme la "passerelle" du cortex cérébral. Elles contiennent des cellules nerveuses qui trient les informations des différents sens, comme la vue, l'ouïe, le goût et le toucher, puis les transmettent au cortex cérébral. Les sensations de douleur, de température et de pression sont également relayées par le thalamus, de même que les impulsions nerveuses des hémisphères cérébraux qui initient le mouvement volontaire. Chaque partie du cerveau qui communique avec le cortex cérébral doit relayer ses signaux à travers le thalamus.

- L'hypothalamus (*The hypothalamus*): c'est la partie inférieure du diencephale située au carrefour de quatre systèmes: neurovégétatif, neuroendocrinien, limbique et optique. L'hypothalamus est le principal centre de contrôle viscéral du corps, régulant de nombreuses activités des organes viscéraux. Il a de multiples fonctions, comme :
 - 1- Le contrôle du système nerveux autonome. Ainsi, il contrôle le rythme cardiaque et la pression artérielle, le passage des aliments dans le tube digestif, la sécrétion des glandes

sudoripares et salivaires, la contraction de la vessie et de nombreuses autres activités viscérales.

2- Le contrôle des réponses émotionnelles. Les régions impliquées dans le plaisir, la rage et la peur se situent dans l'hypothalamus. L'hypothalamus est l'intermédiaire du cerveau pour traduire l'émotion en réponse physiologique. Lorsque des sentiments forts (rage, peur, plaisir, excitation) sont générés dans l'esprit, que ce soit par des stimuli externes ou par l'action de pensées, le cortex cérébral transmet des impulsions à l'hypothalamus qui envoie des signaux de changement physiologique via le système nerveux autonome à travers la libération d'hormones par l'hypophyse.

3- Le contrôle des comportements de motivation et des comportements gratifiants "*rewarding behaviours*".

4- La formation des mémoires.

- L'hippocampe (*The Hippocampus*): l'hippocampe est également impliqué dans le traitement des émotions et dans divers troubles de l'humeur et de l'anxiété (Wang et al., 2010).

- Le cortex cingulaire antérieur –ACC- (*Anterior cingulate cortex*): fait partie du système limbique du cerveau. Le cortex cingulaire antérieur (ACC) occupe une position unique dans le cerveau, reliant à la fois le système limbique "émotionnel" et le cortex préfrontal "cognitif". L'ACC est une partie d'un circuit impliqué dans la régularisation et le traitement cognitif et émotionnel (Bush, 2000). L'ACC a de nombreuses relations avec des zones reconnues comme étant importantes pour l'émotion (l'amygdale), le système autonome (l'hypothalamus, le tronc cérébral), la mémoire (l'hippocampe) et la récompense (le cortex orbitofrontal) (Stevens et al., 2011).

4. La neuroscience de l'expérience architecturale

Les effets de l'environnement bâti sur les processus affectifs, cognitifs et le bien-être ont été largement explorés dans des recherches empiriques pluridisciplinaires en neuroarchitecture et neuroesthétique, ainsi que dans d'autres domaines émergents. Les résultats de ces recherches constituent une base de données neuroscientifiques importante qui permet aux chercheurs de combler le fossé conceptuel et pratique entre architecture, phénoménologie et psychologie. Ces nouvelles connaissances expliquent certains mécanismes neurobiologiques qui sous-tendent l'effet des variations systématiques des caractéristiques

architecturales sur les réponses affectives; cognitives et comportementales de l'homme. Cette base de données offre aux chercheurs la possibilité de croiser, comparer et analyser les résultats de cette masse de travaux scientifiques.

4.1. Base de données « neuroscience pour architecture »

4.1.1. Méthode de construction de la base de données

En se basant sur une revue de la littérature, cette thèse, tente de construire une base de données « neuroscience pour architecture », en classant et organisant les données et les résultats des travaux scientifiques consultés selon la méthodologie « PRISMA ». Le but de cette base de données est de faciliter l'exploitation des connaissances fournies par la neuroscience pour architecture, pour non seulement, discuter les résultats de cette recherche, mais aussi pour une éventuelle utilisation dans d'autres recherches futures.

La présente base de données neuroscience pour architecture est le fruit d'un travail de tri, d'organisation et de traitement analytique de la revue de littérature collectée. Les articles scientifiques collectés ont été divisés en deux catégories, articles de synthèse et articles empiriques. Chaque article est analysé et résumé dans un tableau référencé (Tab. 2) contenant des informations sur la problématique traitée, les questions posées (quoi), les objectifs de la recherche (pourquoi), la méthodologie (comment), les résultats, ainsi que les pistes potentielles pour des recherches futures.

Tableau 2: tableau synthèse des articles scientifiques collectés.

Etude n°1	Problématique	Questions	objectifs	Méthodologie	Résultats	recherches futures	Références
Auteurs							

Ensuite, les articles présentant des similitudes dans les problématiques, les objectifs et les questions posées, sont groupés ensemble, afin d'établir une liste de catégories et des thématiques traitées en neuroscience pour architecture. Toutes les données sont récapitulées et organisées dans un tableau de manière à permettre d'effectuer des lectures longitudinales et diagonales de ces données, offrant ainsi la possibilité de croiser les résultats de différentes catégories (Tabl. 3). Ceci peut éventuellement aider à fournir des explications plus détaillées de certains phénomènes, ainsi qu'à identifier des lacunes ou de nouveaux thèmes de recherche.

Tableau 3: tableau synthèse de la base de données.

catégories	sujet	Question	Résultats	Référence

La base de données « Neuroscience pour Architecture » rapporte les résultats de l'analyse de plus de 300 articles scientifiques et de 10 ouvrages de différents domaines de recherche (neuroarchitecture, neuroesthétique, neuropsychologie, neuroscience cognitive, architecture, urbanisme...etc.) (Fig. 12). Cette base de données englobe dans ces deux groupes « neuroscience for architecture » et « architecture » (Fig. 12) plusieurs productions scientifiques traitant plusieurs thématiques (problématiques de recherches) que nous avons regroupées en huit catégories:

1. l'expérience esthétique (l'expérience du beau et de sublime);
2. la réponse émotionnelle (positives, négatives, arousal & valence);
3. la navigation spatiale (wayfinding, decision making);
4. l'empathie incarnée (embodied empathy);
5. les affordances ;
6. la cognition;
7. la restauration psychologique (restorative psychology);
8. la perception multimodale.

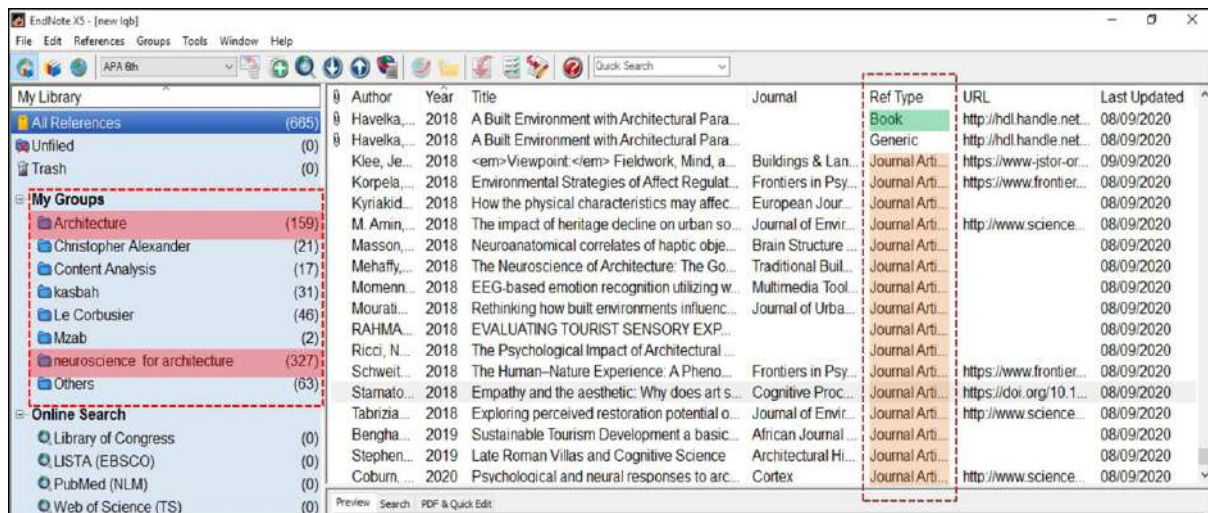


Figure 12: capture d'écran de la bibliothèque Endnote contenant la revue de la littérature sélectionnée. À gauche en rouge les groupes de références avec le nombre d'articles collectés. À droite le type de référence, livre ou/article. Auteur (2020).

Il est important de noter que plus de 90% de la littérature rassemblée est en anglais et produite par des chercheurs pionniers dans leurs domaines de recherche. Toutes les données ont été recueillies à partir de revues connues et indexées comme "*Frontiers in neuroscience*",

"Frontiers in psychology", "Frontiers in architecture", "Cell", "Nature", "Society of architectural historian", "Journal of environmental psychology", "Journal of architecture" "Journal of cognitive neuroscience"...etc. (voir annexe 2). Ces articles ont été téléchargés à partir des bases de données fiables telles que "Springers", "Web of Science", "Jstore", "Google Scholar", "Hall" et "Science directe", ou téléchargés depuis "Researchgate" après avoir demandé l'autorisation auprès de leurs propres auteurs.

4.1.2. Data base 'neuroscience pour architecture'

Le tableau suivant (Tab. 4) présente une base de données d'un ensemble de recherche et des études en neuroscience pour architecture. Le Tableau est organisé en 4 colonnes : une colonne pour le thème générique regroupant les résultats similaires ; une colonne sous-thèmes identifiant plusieurs variables du même thème ; une colonne reportant les éléments d'étude des différentes recherches toujours en relation avec les thèmes et les sous-thèmes ; et une colonne résumant le contenu des recherches. Le contenu concerne l'effet des éléments d'études sur l'homme ainsi que les activités neurophysiologiques et neuropsychologiques associées.

Tableau 4: base de données des recherches en neuroscience pour architecture. Auteur.

Thèmes	Sous-thème	Élément d'étude	Activité neurophysiologique associée
Esthétique	jugement esthétique	Environnements et styles architecturaux	• Activité dans les zones frontales gauches et de la bande thêta lors de la visualisation d'espaces intérieurs agréables (Vecchiato et al., 2015). • Zone faciale fusiforme (Fusiform face), impliquée dans l'encodage neuronal des scènes architecturales (Choo et al., 2017). • L'activité de la bande thêta augmentée dans le lobe frontal dans des environnements familiers et confortables (Vecchiato et al., 2015). • Activité de bande alpha augmentée dans les zones pariétales et frontales centrales gauches dans des environnements agréables (Vecchiato et al., 2015). • Bande Mu désynchronisée dans les zones motrices gauches, dans un environnement agréable et confortable (Vecchiato et al., 2015).

Emotion	Scènes architecturales et urbaines	• Le cortex orbito-frontal et sa subdivision médiale, dans différents modes sensoriels : Goût (Jalil et al., 2012) ; Odeur (Gottfried et al., 2002) ; somatosensoriel (Aminoff et al., 2007); vue (Kawabata et Zeki, 2004). • Lobe temporal médial (Delgado et al., 2000). • Gyri fusiforme en regardant des visages souriants (Iidaka et al., 2002). • Striatum (Yue, Vessel et Biederman, 2007). • Un lien fonctionnel entre les substrats neuronaux soutenant l'évaluation et l'appréciation esthétiques des stimuli (par exemple, insula) et les fondements neuronaux impliqués dans l'attribution d'une valeur cognitive ou émotionnelle aux stimuli perçus (par exemple, caudé ou amygdale) (Aglioti, 2012). • Cortex préfrontal rostral (Ernst et al., 2012) joue un rôle dans la régulation des émotions (Campbell-Sills et al., 2011) et la mémoire (Volle et al., 2010).
Attention	représentation des stimuli	• Champ oculaire frontal (Frontal eye field) (Serences et al., 2006). • Cortex cingulaire (Lane et al., 1998). • L'insula peut être sélectivement impliquée dans la représentation objective de la beauté tandis que l'amygdale peut être plus impliquée dans la représentation subjective de la beauté (Di Dio et al. 2007).
	Observation	• Cortex préfrontal dorsolatéral (Kirino et al., 2000), lorsque les stimuli s'écartent des attentes. • Zone temporelle inférieure à environ 170 ms (Munar et al., 2011) en art visuel. • Insula (Di Dio et al. 2007).
Jugement du beau	Contours et géométrie	• Les espaces géométriques courbes sont préférés aux espaces géométriques angulaires (Di Dio et al. 2007). • Les espaces géométriques courbes sont préférés par les sujets non-experts en design et les espaces à angles aigus sont préférés par les sujets experts en design (Cela-Conde et al.,

		2004). • La géométrie angulaire n'est pas évitée, mais les espaces géométriques courbes invitent à des comportements d'approche (plutôt que d'évitement) (Francis et al., 1999). • Activation de l'amygdale lors de la visualisation de contours nets (aigus) que courbes et d'images de paysages et d'objets de soins. Cependant, lors de la visualisation d'images d'intérieurs et d'extérieurs hospitaliers, il y a une plus grande activation pour les contours incurvés. L'hypothèse suppose que dans des environnements associés au stress, les contours courbes ne sont pas souhaitables (Small et al., 2003). • Les contours curvilignes activent exclusivement le cortex cingulaire antérieur, une région fortement sensible aux propriétés de récompense et aux qualités émotionnelles des objets (Vartanian et al., 2013). • Le jugement du beau pour les espaces curvilignes est étayé par les émotions et la récompense (Vartanian et al., 2013). • Le cortex cingulaire antérieur [ACC] fait partie du circuit de traitement esthétique de Brown (Vartanian et al., 2013). • Le para-hippocampe répond, en général, aux traits rectilignes (Nasr et al., 2014).
--	--	---

		symétrie	• Les zones rétinotopiques extrastriées (extrastriate retinotopic areas) V3, V4A, V7, au sein du cortex occipital latéral (LOC) (Jacobsen et Höfel, 2001). • Le LOC prend en charge la détection de la symétrie visuelle et la forme des objets (Jacobsen et Höfel, 2001). • Activation dans le cortex frontomédian (BA9/10), le préfrontal bilatéral (BA45/47), le cingulaire postérieur, le lobe temporal gauche et la jonction temporo-pariétale (Jacobsen et al., 2006). • Le jugement de symétrie active les zones pariétales et prémotrices responsables du traitement spatial (Jacobsen et al., 2006). • Le jugement du beau, de la symétrie induit une amélioration du signal sanguin dans le cortex frontomédien et la scissure antipariétal gauche (Yeh et al., 2015).
		Complexité	• La préférence esthétique est liée à la complexité organisée (Lavdas et Schirpke, 2020). • Les patterns fractals possèdent une qualité esthétique basée sur leur complexité visuelle. Des préférences esthétiques élevées sont enregistrées pour les patterns avec des dimensions fractales moyennes (Taylor, 2006).
		Ouverture/fermeture spatiale	• Le jugement du beau de l'ouverture spatiale (le cas de la hauteur sous plafond) active le précuneus gauche et le gyrus frontal moyen gauche, qui sont des systèmes neuronaux de traitement visuo-spatial. Cette activation n'est pas liée à l'affect et aux émotions (Vartarien et al., 2015).

		Beauté normative VS beauté subjective	• La beauté normative et la beauté subjective impliquent toutes deux le cortex cingulaire antérieur gauche (ACCL) (Yeh et al., 2015). • La beauté subjective et l'émotion positive impliquent toutes deux le cortex cingulaire antérieur droit (ACCR) (Yeh et al., 2015). • La beauté subjective et l'émotion négative impliquent toutes deux le précuneus (Yeh et al., 2015). • La laideur subjective et l'émotion négative impliquent toutes deux le gyrus frontal inférieur droit (Yeh et al., 2015). • La laideur subjective seule active en plus l'insula (Yeh et al., 2015). • La beauté subjective seule active en plus le caudé (caudate) (Yeh et al., 2015).
	Le sublime	Awe	• Le sentiment de 'awe' peut être influencé par la magnitude et la grandeur. Le fait d'avoir un espace au-dessus de la tête qui est hors de vue jusqu'à ce que nous bougions les yeux ou la tête vers le haut (Eberhard, 2009). • Un ensemble complexe d'activités et de réseaux cérébraux, y compris le cervelet, le cortex cérébral, l'amygdale, les ganglions de base et le mésencéphale, travaillent ensemble pour produire le sentiment de 'awe' (Eberhard, 2009 ; Gallagher et al., 2015). • Le sentiment de 'awe' est associé à l'expérience des environnements religieux et de la spiritualité (Newberg et al., 1998).
		Sublime VS beau	• L'expérience du sublime est différente de celle du beau, les deux engagent des systèmes cérébraux différents (Ishizu et Zeki, 2014). • L'expérience du sublime, à l'inverse de l'expérience du beau, semble incompatible avec la perception des affordances discrètes. (Tüscher et Dokic, 2020).
Empathie	Affect	Ouverture/f ermeture spatiale	• Le gyrus cingulaire est activé dans les espaces clos. Cette zone est liée à une multitude de processus cognitifs et émotionnels (en relation avec la peur, uniquement pour les étrangers car la familiarité affiche la peur) (Vartarian et al., 2015).

	Incarnation (Embodiment)	Perception du corps	• La perception visuelle de corps entiers ou des parties du corps active les zones latérales sélectives (extrastriate body area, EBA) et le médiale occipito-temporale-visuelle (fusiform body area, FBA) (Aglioti et al., 2012). • La perception visuelle active la population neuronale dans les régions somato-motrices qui peuvent reproduire l'expérience de ce qui est observé chez les autres (Gallese, 2003), en imitant les informations proprioceptives, tactiles et nociceptives à travers des mécanismes de simulation incorporée (Gallese, 2008) à l'aide des neurones miroirs (Freedberg et Gallese, 2007).
		Perception des objets	• le cortex insulaire (The insular cortex) qui est lié au traitement sensoriel, les sentiments et les émotions, le contrôle autonome et moteur, la prédiction des risques et la prise de décision, la conscience corporelle et de soi, et l'empathie (Gogolla, 2017). • L'expérience de l'empathie est associée à une plus grande activité dans le PFC médial (MPFC). MPFC joue dans l'instanciation de l'expérience empathique et du comportement qui en découle (Rameson, Morelli et Lieberman, 2012).
		Expérience esthétique	• La simulation incarnée (embodied simulation) peut être pertinente pour l'expérience esthétique. Elle génère la vision qui joue un rôle particulier dans l'expérience esthétique. Elle est en relation avec les souvenirs corporels et les imaginations que provoquent les œuvres d'art dans l'esprit du spectateur (Gallese, 2017).
Navigation spatiale Wayfinding	Navigation	Représentations spatiales	• Activation dans les zones pariétales postérieures, prémotrices et frontales lorsque le sujet utilise un référentiel égocentrique (Gramann et al., 2006). • Activation dans la zone occipitale et temporale montre lorsque le sujet utilise un référentiel allocentrique (Gramann et al., 2006). • Activation de la zone temporale médiale, liée aux représentations allocentriques (Burgess et al., 2001). • Activation de la scissure lingual droite à la perception des bâtiments (Aguirre et al., 1998). • Cortex cingulaire postérieur et lobe occipital

		sont impliqués dans la navigation et la perception sous différents angles (Banaei et al., 2017a). • L'hippocampe, le cortex pariétal postérieur droit et le postéro-pariétal médial sont en lien avec la récupération des informations sur contexte spatial (Burgess et al., 2001). • L'hippocampe et la bande thêta élevée sont liés à l'intégration sensorimotrice lors de la navigation (Ekstrom et al., 2005). • Le para-hippocampe participe au traitement spatial des scènes (Epstein et al., 1999 ; Burgess et al., 2002). • Les bandes alpha et bêta indiquent que les trois premières minutes de marche ont les effets cognitifs les plus importants sur les utilisateurs (Banaei et al., 2015). • L'hippocampe, le Cortex Entorhinal (CE), le subiculum, le pré-subiculum, le para-subiculum et le gyrus denté sont impliqués dans la navigation spatiale. (Jain et al., 2017). • L'hippocampe sous-tend la représentation de la relation entre les éléments individuels dans l'espace (Lavazza, 2008). • Une stratégie de navigation spatiale allocentrique active l'hippocampe (Moffat, 2016). • Une stratégie de navigation spatiale égocentrique, l'activation active le noyau caudé (caudate nucleus) (Moffat, 2016).
Familiarité et nouveauté		• L'observation d'objets ambigus augmente l'activité de la bande gamma dans les régions occipitale (Keil et al., 1999) et frontale (Başar-Eroglu et al., 1996). • Les images de paysage de rue familières augmentent l'activité de la bande Alpha et activent la zone occipitale (Kacha et al., 2015).

	Mémoire	Repère	• Les vecteurs de points de repère (LV) codent les emplacements des édifices/objets dans l'espace en fonction de la distance et de la direction à partir d'un point de repère (Moffat, 2016). • La navigation basée sur les repères permet de corriger les erreurs de navigation. Plus la distance du vecteur de déplacement entre deux points de repère est courte, plus l'étendue de l'accumulation d'erreurs dans le système d'intégration de chemin pendant la traversée du chemin est faible, et donc plus la précision de la navigation est grande (Moffat, 2016). • La zone occipitale traite les caractéristiques visuelles importantes pour la reconnaissance des points de repère (Marchette et al., 2015). • Le complexe rétro-splénial récupère les informations spatiales et conceptuelles liées aux points de repère (Marchette et al., 2015). • Le para-hippocampe code l'identité du repère (Marchette et al., 2015).
		Cognition et mémorisation	• Le ratio θ/α est lié à une cognition et une mémoire élevées (Ulrich et al., 2006). • L'hippocampe droit participe à la mémorisation des lieux (O'Keefe et al., 1978). • L'hippocampe gauche participe à la mémoire des événements autobiographiques (Zola-Morgan et al., 1986). • Cortex entorhinale (Entorhinal cortex) relie la mémoire et les données de navigation pour créer une carte cognitive des événements (McNaughton et al., 2006).
	Orientation	Orientation	• Le complexe rétrosplénial (RSC) détermine comment une personne est orientée dans un espace local (Baker, 2011). • Les cellules directionnelles de la tête HD sont des neurones dont l'activité est modulée par la direction (dans le plan horizontal). Elles sont actives au maximum lorsque la tête fait face à la direction préférée (Moffat, 2016). • Le changement de la position angulaire d'un repère visuel dans l'environnement entraîne une rotation presque identique dans l'activation des neurones dans la direction préférée (Moffat, 2016). • Activation des zone pariétales avec bande alpha désynchronisée dans des environnements où l'orientation est difficile (Zhang et al., 2011).

	Cartographie spatiale	auto-mouvement (self-motion)	• Grid cells, trouvés à la fois dans le présubiculum et le parasubiculum, sont impliqués dans le traitement des informations d'auto-mouvement (self-motion). L'activation périodique des Grid cells agit comme un papier millimétré et aide à mesurer la distance entre le point de départ et le point d'arrivée (Moffat, 2016).
		Cartographie spatiale	• Place cells encodent l'espace en formant une carte spatiale. Le codage dépend des entrées que reçoit l'hippocampe (Moffat, 2016). • La modification de la nature des signaux allothétiques (allothetic) dans l'environnement peut modifier les schémas de déclenchement des Place cells. Ce phénomène est appelé re-cartographie spatiale (remapping) (Moffat, 2016).
	Ouverture/fermeture spatiale	Reconnaissances des scènes	• La zone parahippocampique (PPA) sous-tend la reconnaissance des scènes ouvertes et fermées (Bischof et Boulanger, 2003).
Bien-être	Confort psychologique	Espace intérieur/extérieur agréables	• La visualisation d'espaces intérieurs agréables active les zones frontales gauches et accentue l'activité de la bande thêta (Vecchiato et al., 2015a). • La zone faciale fusiforme est impliquée dans l'encodage neuronal des scènes architecturales (Choo et al., 2017). • La bande thêta augmente dans le lobe frontal, dans des environnements familiers et confortables (Vecchiato et al., 2015b). • La bande alpha augmente dans le lobe pariétal et le lobe frontal-central-gauche dans des environnements agréables (Vecchiato et al., 2015b). • La bande Mu est désynchronisée dans les zones motrices gauches, dans des environnements agréables et confortables (Vecchiato et al., 2015b).

	Stress	Nature	• Les individus stressés se sentent nettement mieux après avoir été exposés à des scènes de nature plutôt qu'à des scènes urbaines dépourvues d'éléments de nature (Ulrich, 1979). • Les vues de la nature ont des effets positifs sur les états émotionnels et physiologiques (Ulrich, 1986). • Les vues de la nature (dans les vidéos) produisent une HR significativement plus élevée que les vues urbaines (Laumann et al., 2003). • L'absence de la végétation génère un environnement plus oppressant, ce qui affecte le jugement de distance et génère plus de stress (Mazumder et al., 2018). • Des schémas cérébraux similaires entre images positives et des simulations multisensorielles de ciel ouvert. Ces derniers génèrent également une activité cérébrale liée à la cognition spatiale et à l'expansion de l'espace (Navarrete, 2018).
		Ouverture/fermeture spatiale	• Les espaces clos génèrent une plus grande activité corticale liée au stress. (Vartanian et al., 2013) • L'existence d'ouvertures peut réduire le stress, mesuré par électrocardiogramme (HR, et HRV-HF, et amplitude des ondes T), et le cortisol (Fich et al., 2018).
affordances	Prise de décisions	Ouverture/fermeture spatiale	• Pour la décision d'évitement (sortir) ou d'approche (entrer) (approach/avoidance), la fermeture spatiale active le cortex médio-cingulaire antérieur [AMCC] dans les deux hémisphères. (Vartanian et al., 2015a) • Les espaces ouverts sont jugés plus beaux, plus agréables et donnent envie d'entrer et d'explorer. (Vartanian et al., 2015a) • Le cortex médio-cingulaire antérieur (Anterior midcingulate cortex) montre une plus grande activation dans les espaces clos, générant éventuellement des décisions d'évitement (sortir) (Vartanian et al., 2015a).
			• L'activité de certains neurones pariétaux a été interprétée comme un codage d'affordances (opportunités directement perceptibles) pour saisir des informations et des opportunités de l'environnement (Bonaiuto et Arbib, 2015). • Les dynamiques sensorimotrices sont sensibles aux affordances architecturales qui soutiennent

			ou suppriment certaines actions (Djebbara, Fich et Gramann, 2020). • La dynamique sensorimotrice est développée pour traiter les caractéristiques comportementales dans l'environnement (Djebbara, Fich et Gramann, 2020). • La désynchronisation événementielle des oscillations de la bande alpha dans les régions pariéto-occipitales et médio-temporelles varie avec les affordances architecturales (Djebbara, Fich et Gramann, 2020). • Les bandes alpha provenant du complexe cingulaire postérieur covarient avec les affordances architecturales avant que les participants n'interagissent avec l'environnement (Djebbara, Fich et Gramann, 2020). • Au cours de l'interaction, les zones parahippocampiques bilatérales reflètent dynamiquement les comportements possibles tels qu'ils sont perçus par le système visuel (Djebbara, Fich et Gramann, 2020).
Perception	Lumière		• La lumière blanche influe sur l'humeur et les rythmes du sommeil (Ancoli et al., 2003). • Les espaces éclairés au-dessus de 7500 K augmentent la pression artérielle (Kobayashi et al., 1992). • Différences d'éveil démontrées (mesurées par EEG) dans les espaces éclairés à 5000 K et 3000 K (Noguchi et al., 1999). • La lumière bleue accélère la relaxation post-stress (Minguillon et al., 2017). • La géométrie des façades et l'éclairage qui les traverse dans les intérieurs affectent les réponses physiologiques (les rythmes cardiaques) et psychologiques de différentes manières (Chamilothori et al., 2018).
	Couleurs	Rouge	• Les espaces de couleur rouge augmentent l'excitation mesurée par l'EEG (Küller et al., 2009). • L'EEG a prouvé que le rouge a tendance à augmenter la tension artérielle, accélérer les pulsations, la respiration et la réponse cutanée (transpiration) et à stimuler les ondes cérébrales (Brucker, 2013).
		Bleu	• Le bleu est associé à la tristesse et à la sérénité. Il semble que trop de bleu foncé est déprimant,

		mais le bleu est aussi une couleur qui aide à se détendre du chaos (Brucker, 2013). • Le bleu peut être utile pour réduire l'insomnie, car la couleur bleue stimule l'hypophyse (pituitary gland), qui régule les patterns du sommeil. (Brucker, 2013). • Le bleu a tendance à baisser la tension artérielle et les pulsations. La réponse cutanée est moindre et les ondes cérébrales ont tendance à décliner (Brucker, 2013).
	Vert	• Le vert est associé à la nature et, par conséquent, il peut produire un effet calmant et nous rendre paresseux et détendus. Le vert aide à détendre les muscles et à favoriser une respiration profonde (Brucker, 2013).
	Jaune	• Le jaune renforce la confiance en soi et l'optimisme. L'orange et le jaune sont tous deux considérés comme de bons antidépresseurs (Brucker, 2013). • Il a été prouvé que le jaune stimule le cerveau, en le rendant plus alerte (Brucker, 2013). • Le jaune a un effet énergisant. Il active également le système lymphatique et rend les muscles plus actifs (Brucker, 2013).
	Rose	• Le rose, qui est une nuance de rouge plus claire, a tendance à avoir un effet opposé au rouge. Le rose a tendance à détendre les muscles et à produire un effet calmant (Brucker, 2013).
	Orange	• L'orange soulage l'apitoiement de soi (self-pity), le manque d'estime de soi et le refus de pardonner (Brucker, 2013). • L'orange peut stimuler les organes sexuels (Brucker, 2013).
	Détection	• La couleur est détectée par l'œil et le cerveau. Elle affecte le système nerveux, les glandes pituitaire et pinéale et l'hypothalamus (Brucker, 2013). • Le lobe pariétal supérieur et le précuneus (BA 7), l'hippocampe droit et le fusiform gyrus droit (V4) font partie d'un réseau responsable de détection et traitement des couleurs (Brucker, 2013). • La différence de température entre couleur froide et neutre influe sur la vigilance, la fatigue

		et le fonctionnement cognitif (Soto Magan et al., 2018). • L'harmonie des couleurs est sous-tendue par une activité dans le cortex orbitofrontal médial et dans l'amygdale (Ikeda et al., 2015).
	Objets colorés	• Les objets colorés activent des régions cérébrales liées à l'information/récupération sémantique visuelle et des régions cérébrales liées au traitement visuo-spatial (Bramão et al., 2010). • Les objets colorés activent le lobe temporal inférieur, le parahippocampe et le lobe frontal inférieur. Ces zones sont généralement impliquées dans le traitement et la récupération sémantique visuelle (Bramão et al., 2010). • l'influence de la connaissance des couleurs sur la reconnaissance d'objets dépend de la présence des informations sur la couleur dans les surfaces appropriées (In et al., 2010).
Intermodalité sensorielle	Représentations spatiales	• Les régions intra-pariétales et pariétales supérieures sous-tendent les représentations spatiales supra-modales (intermodale) (Bonino et al., 2015).
	Vision et toucher	• Les zones corticales des voies ventrales et dorsales, spécialisées dans divers aspects du traitement visuel, sont également activées pendant la perception tactile (le toucher) (Lacey et Sathian, 2015). • La vision et le toucher sont intégrés et adressent le rôle de l'imagerie mentale dans l'activité corticale visuelle au cours de la perception haptique (Lacey et Sathian, 2015).

	Haptic	Perception et performance haptique	• Des corrélats haptiques ont été obtenus dans le faisceau longitudinal inférieur défini fonctionnellement (fSLF) (Lee Masson et al., 2017). • La performance haptique est significativement corrélée avec une diffusivité axiale plus élevée dans le faisceau longitudinal supérieur (fSLF) reliant les lobes frontaux et pariétaux (Lee Masson et al., 2017). • SLF relie les zones frontales et pariétales en tant qu'une voie de matière blanche importante pour le traitement des informations spécifiques au toucher pendant la perception, tandis que l'ILF transmet les informations visuellement apprises pendant le traitement haptique (Lee Masson et al., 2017).
La conscience (consciousness)			• Les corrélats neuronaux de la conscience sont les mécanismes neuronaux minimums suffisants pour toute perception consciente. Les corrélats neuronaux anatomiques de la conscience sont principalement localisés dans une zone corticale postérieure qui comprend des zones sensorielles, plutôt que dans le network fronto-pariétal impliqué dans la surveillance et le compte rendu des tâches (Koch et al., 2016).

5. Synthèse

L'expérience architecturale est mise en scène par les systèmes sensoriels et moteurs du cerveau. Lorsque nous agissons, nous modifions l'environnement perçu en fonction d'un ensemble d'attentes qui dépendent de notre corps et des affordances de l'environnement bâti. Cette expérience de l'architecture est un processus incarné (embodied) basé sur le cycle action-perception dirigé par les affordances.

Notre expérience perceptive de l'environnement bâti est très complexe. L'expérience d'un même élément peut avoir plusieurs effets sur la cognition, l'émotion et le comportement. Par exemple, à partir du tableau (Tab.4) nous pouvons voir que la perception de la condition spatiale d'ouverture/fermeture (openness/enclosure) joue un rôle important dans l'expérience esthétique de l'espace, les espaces ouverts sont jugés beaux, tandis que les espaces fermés sont jugés moins beaux. Dans l'expérience empathique, les espaces ouverts provoquent des émotions positives, alors que les espaces fermés provoquent des émotions négatives souvent liées à la peur. L'ouverture/fermeture (openness/enclosure) spatiale a aussi un impact

considérable sur la navigation spatiale et la prise de décision d'entrer et d'explorer ou au contraire de sortir et de fuir.

Cependant, il faut savoir que pour cerner ses effets sur l'homme, cette condition spatiale a souvent été étudiée en isolation, ignorant la réalité de l'espace et de l'architecture, où l'expérience est beaucoup plus complexe. En effet, cette condition d'ouverture/fermeture (openness/enclosure) spatiale n'existe pas seule dans l'environnement bâti. Elle est en étroite relation avec d'autres conditions spatiales et avec plusieurs propriétés morphologiques, tels que la géométrie, l'éclairage, le ciel ouvert, l'ornementation, les couleurs, les formes et les contours. Tous ces éléments ont aussi un impact indéniable sur l'homme. De ce fait, la neuroscience pour architecture a, encore devant elle, un long chemin à emprunter, avant de pouvoir déceler les énigmes de l'expérience architecturale.

Il est aussi important de rappeler que les connaissances fournies par la neuroscience ne sont pas des recettes à appliquer lors de la conception, mais se sont plutôt des notices informatives rappelant comment l'environnement bâti peut influencer la vie, le bien-être et la santé de l'homme. Considérer ces connaissances comme des recettes risque d'instaurer et de promulguer une vision réductionniste de l'architecture et de son expérience, ce qui peut entraîner une crise profonde dans la conception en architecture.

6. Conclusion

Ce chapitre présente et discute la littérature concernant la relation entre Neurosciences et Architecture. Le passage en revue des différentes contributions scientifiques émanant de plusieurs domaines de recherches cognitives au profit du design architectural et la mise en évidence des progrès réalisés dans l'étude de la relation homme-espace construit ont mis l'accent sur l'impact des propriétés spatiales de l'environnement bâti sur l'homme. Les chercheurs ont examiné les expériences de l'homme dans l'environnement bâti et ont pu expliquer comment l'engagement avec les caractéristiques physiques et atmosphériques de l'espace suscite des réactions affectives, cognitives et comportementales, à travers la stimulation sensorielle mémorielle et imaginative du corps et du cerveau humain. Ils ont exploré les corrélats neurophysiologiques de la perception et l'expérience architecturale concernant les circuits cérébraux impliqués dans l'incarnation (*embodiment*), les affordances, l'intégration sensorimotrice, l'esthétique, l'empathie et la navigation spatiale.

Le chapitre suivant (chapitre 4) est une extension du présent chapitre, et du chapitre précédent (chapitre 2). Il présente l'état de l'art concernant l'ensemble des méthodes, des méthodologies et des outils que les chercheurs et les scientifiques, à travers le monde, utilisent pour étudier et comprendre les mécanismes et les énigmes de l'expérience architecturale et l'impact de l'environnement bâti sur l'homme.

CHAPITRE QUATRE

MÉTHODES D'INVESTIGATION DE LA RELATION HOMME/ ENVIRONNEMENT BÂTI

1. Introduction

La question de la relation homme-espace et de l'expérience spatiale de l'architecture est très ancienne. Elle fut objet d'étude dans différentes disciplines telles que la phénoménologie, la philosophie, l'architecture, la psychologie et récemment les sciences cognitives. Ainsi, différentes méthodes et divers outils sont utilisés par les chercheurs dans ces disciplines pour étudier cette relation. Le présent chapitre présente certaines de ces méthodes et outils dans le but de dégager un cadre de référence méthodologique qui permettra par la suite, l'élaboration de la méthodologie d'étude pour la présente recherche.

Ce chapitre présente les résultats d'une revue systématique de la littérature axée sur les méthodes, les méthodologies et les outils élaborés, développés et utilisés par différents chercheurs pour déceler les énigmes qui sous-tendent la relation entre l'homme et son environnement bâti. Cette revue de la littérature couvre plusieurs recherches dans des disciplines diverses, comme l'architecture et l'urbanisme, la psychologie environnementale, la biologie, la neuroscience cognitive et la philosophie.

La comparaison entre les approches méthodologiques, les méthodes et les outils utilisés dans la littérature collectée a permis d'identifier un ensemble de méthodes et d'approches méthodologiques qui semblent aptes à apporter des réponses aux questions que pose cette thèse. Ce passage en revue de la littérature a permis de classer ces méthodes et outils sous trois thèmes différents. Ces derniers correspondent aux différents types d'analyse et d'aspects évaluatifs de la relation homme-environnement bâti : l'analyse sensorielle, l'analyse morphologique et l'imagerie cérébrale. Le choix de ces trois thèmes est régi par les questions et les objectifs de la thèse.

Ce chapitre se développe en deux parties. La première partie présente, à travers une étude descriptive, l'ensemble des outils et méthodes sélectionnés pour chaque thème. La deuxième partie présente une discussion analytique transversale, qui croise les différents thèmes et méthodes afin d'identifier les méthodes et les outils pertinents pour répondre aux questions et aux objectifs de la présente étude.

2. L'analyse sensorielle

2.1. L'analyse de contenu

Dans les recherches explorant la question de l'expérience humaine, les témoignages des participants jouent un rôle fondamental pour la compréhension de cette expérience et d'autres phénomènes qui lui sont connexes. Ces témoignages recueillis à travers plusieurs sources, comme les interviews, les questionnaires ou encore les archives, peuvent prendre la forme d'un texte écrit, un enregistrement audio ou vidéo, ou même un dessin. Pour analyser ces documents, les chercheurs utilisent souvent la méthode de « *l'analyse de contenu* ».

Cette méthode est utilisée pour l'analyse objective et systématique du contenu d'un champ de littérature et/ou d'un manifeste de communication; l'objectif étant de révéler les informations potentielles de ce contenu. L'analyse de contenu tend à quantifier le qualitatif à travers l'abstraction et le comptage de certaines caractéristiques contenues dans le matériel d'expertise, en particulier des mots et des concepts. Les résultats sont présentés sous formes de tableaux de données de chiffres et de commentaires. Il s'agit donc d'une méthode holistique consistant à mettre en évidence le sens global et la structure significative latente d'un ensemble de données. La méthode consiste à découvrir, sous l'ensemble des données phénoménales, (action et expression écrite ou orale) un organisateur de ces données appelé structure, qui n'est pas perceptible directement mais se trouve à un niveau latent.

Ainsi, l'analyse qualitative du contenu transforme systématiquement une grande quantité de texte en un résumé très organisé et concis à travers un processus d'abstraction des données brutes. Cette abstraction permet de former des catégories ou des thèmes d'analyse (Erlingsson et Brysiewicz, 2017). Il est important de souligner que l'analyse de contenu qualitative peut être combinée avec d'autres procédures qualitatives et expérimentales. La question de recherche et les caractéristiques du corpus d'étude doivent avoir la priorité dans la décision concernant les méthodes adaptées (Mayring, 2000).

Downe-Wambolt (1992, p.314) souligne que l'analyse de contenu a pour objectif de lier les résultats à leur contexte ou à l'environnement dans lequel ils ont été générés. Il explique que "*L'analyse de contenu est une méthode de recherche qui fournit un moyen systématique et objectif pour établir des inférences valides à partir de données verbales, visuelles ou écrites*

*afin de décrire et de quantifier des phénomènes spécifiques"*⁷. En outre, ce type de recherche ne vise pas la généralisation statistique mais la généralisation théorique. Son but ne consiste pas à fournir des connaissances universelles, indépendantes du contexte mais à sensibiliser la communauté scientifique aux interactions complexes et hiérarchisées existant entre les phénomènes étudiés et l'environnement naturel. Cette méthode permet d'ouvrir de nouvelles pistes de recherche pour d'autres disciplines expérimentales.

2.1.1. Les étapes d'une analyse de contenu

Il existe de nombreux articles et ouvrages qui décrivent la méthode de l'analyse de contenu. Le synopsis en quatre étapes décrit ci-dessus, suggéré par Erlingsson et Brysiewicz (2017), est un récapitulatif des nombreuses descriptions issues de différents articles concernant cette méthode.

- 1- **Se familiariser avec les données:** une phase initiale importante du processus d'analyse de contenu consiste à lire et à relire le matériel d'expertise, tout en gardant le cap sur les objectifs et les questions de la recherche. Au cours de cette phase d'analyse, le chercheur acquiert une idée sur le texte dans son ensemble.
- 2- **Diviser le texte en unités de sens et en unités de sens condensées:** Après plusieurs lectures du matériel d'analyse, le chercheur procède à la division du texte en unités de sens, tout en gardant clairement les objectifs et les questions de la recherche en tête. Les unités de signification localisées sont ensuite condensées davantage tout en conservant la signification et le sens intact. La condensation est une version abrégée du même texte qui transmet toujours le message essentiel de l'unité de signification. Parfois, l'unité de signification est déjà si compacte qu'aucune condensation supplémentaire n'est nécessaire.
- 3- **Formulation des codes:** L'étape suivante consiste à associer des codes au passage textuel. Se sont donc, des étiquettes descriptives pour les unités de sens condensées. Les codes décrivent de manière concise l'unité de signification condensée, et constituent des outils permettant aux chercheurs de réfléchir sur les

⁷ "Content analysis is a research method that provides a systematic and objective means to make valid inferences from verbal, visual, or written data in order to describe and quantify specific phenomena".

données de manière nouvelle. Ils facilitent l'identification des liens entre les unités de signification. A ce stade de l'analyse, l'interprétation du contenu, par le chercheur, doit rester très limitée. Il est possible d'ajuster, de refaire, de repenser et de recoder le contenu jusqu'à ce que le chercheur soit convaincu que ses choix sont raisonnables.

4- Développer des catégories et des thèmes: L'étape suivante consiste à trier les codes et les regrouper en catégories. Pour ce faire, il faut comparer les codes et les évaluer afin de déterminer quels codes semblent s'allier pour former une catégorie. En d'autres termes, une catégorie est constituée de codes qui semblent traiter du même problème, un contenu manifeste visible dans les données avec une interprétation limitée de la part du chercheur. Les titres de catégorie ont le plus souvent une apparence courte et factuelle.

Dans les données riches en signification latente, l'analyse peut être poursuivie pour créer des thèmes. Les thèmes expriment la signification sous-jacente, c'est-à-dire le contenu latent, et sont formés en regroupant deux catégories ou plus. Les titres des thèmes peuvent inclure des verbes, des adverbes et des adjectifs. Ils sont très descriptifs, voire poétiques.

Comme dans toute analyse qualitative, l'analyse de contenu est un processus de réflexion en boucle rétroactive (feedback); il n'y a pas de progression linéaire “ *step 1, 2, 3, done!* ”. Cela signifie que l'identification et la condensation des unités de signification, le codage et la catégorisation ne sont pas des événements ponctuels. Il s'agit d'un processus continu et rétroactif de codage et de catégorisation, puis de retour aux données brutes pour refléter l'analyse initiale. Par exemple, après révision, il peut être nécessaire de scinder une unité de sens en deux unités de sens afin de saisir un sens central supplémentaire; modifier un code pour qu'il corresponde plus étroitement à la signification principale de l'unité de signification condensée; ou modifier un nom de catégorie pour décrire avec plus de précision les codes inclus. En d'autres termes, l'analyse est un processus de réflexion flexible consistant à travailler et à retravailler les données du matériel d'expertise analysé (Erlingsson et Brysiewicz, 2017). Chaque étape doit être effectuée plusieurs fois pour maintenir la qualité et la fiabilité de l'analyse. Un tableau dans lequel le chercheur peut rendre transparent le

processus, des données brutes aux résultats, est nécessaire pour garantir la qualité de l'analyse (Bengtsson, 2016).

2.1.2. Programmes informatiques d'aide à l'analyse de contenu qualitative

Plusieurs programmes informatiques ont été développés dans le cadre de l'analyse qualitative pour soutenir (et non pour remplacer) les étapes de l'interprétation de texte (Mayring, 2004). En analysant le contenu de manière qualitative, deux programmes informatiques avaient prouvé leur utilité, « *ATLAS / ti* » et « *winMAX* », ils sont disponibles gratuitement en version démo (<http://www.atlasti.de> et <http://www.winmax.de>).

2.1.3. Échantillonnage et corpus d'analyse

La taille de l'échantillon et le corpus d'étude de l'analyse de contenu doivent être déterminés par le chercheur, sur la base des besoins en informations afin de pouvoir répondre aux questions de recherche avec suffisamment de confiance (Krippendorff, 2004; Patton, 2002). Dans cette décision, le chercheur est guidé par les objectifs à atteindre. Il n'existe aucun critère établi lors de l'utilisation de l'analyse de contenu pour la taille d'une unité d'analyse, ni le nombre d'informateurs ou d'objets à étudier, ni pour le nombre de pages des textes à analyser (Bengtsson, 2016).

2.1.4. Synthèse

Il en ressort de cette présentation que l'analyse de contenu n'est pas liée à une perspective épistémologique ou théorique particulière. Cela en fait d'elle une méthode très flexible. Aussi, contrairement aux méthodes de recherche qualitatives, l'analyse de contenu n'est liée à aucune science particulière et à moins de règles à suivre, par conséquent, le risque de confusion en matière de concepts philosophiques et de discussions est réduit. Cependant, son problème majeur est d'obtenir la rigueur et la crédibilité nécessaires pour que les résultats soient aussi fiables que possible. Il est donc primordial que le chercheur maintienne une vigilance de non-biais lors de l'analyse.

Il faut savoir aussi, que bien que l'analyse de contenu soit flexible, cette flexibilité peut entraîner des incohérences et un manque de cohésion lors de l'élaboration des thèmes dérivés des données de recherche. La cohérence et la cohésion peuvent être promues en appliquant et

en expliquant une position épistémologique qui peut sous-tendre de manière cohérente les affirmations empiriques de l'étude (Holloway et Todres, 2003).

2.2. La « *walk along* »

2.2.1. La méthode

Les études sur la santé et l'espace ont utilisé diverses méthodologies pour explorer les manières complexes par lesquelles les contextes de l'environnement urbain influent sur la santé mentale de l'homme. La méthode « *walk along* » est une variante flexible des techniques d'interview qualitative approfondie, elle peut être conçue pour s'appuyer sur différents formats d'interview, ouverts et semi-dirigés. La « *Walk Along* » constitue un moyen unique d'obtention d'informations contextuelles sur la façon dont l'homme vit et interagit avec son entourage local et sur les effets de ses expériences sur son bien-être (Carpiano, 2009). Kusenbach (2003) identifie cinq terrains d'application pour la « *Walk Along* » : (1) la perception; (2) les pratiques spatiales; (3) les liens entre la biographie et le lieu; (4) l'architecture sociale des environnements naturels; et (5) les domaines sociaux.

Comme son nom l'indique, La méthode du « *Walk Along* » (ou « *Go Along* » dans d'autres références) est menée par des chercheurs accompagnant des informateurs individuels lors des sorties et promenades dans l'environnement sujet d'investigation (Kusenbach, 2003). Fondamentalement, tous les accompagnements consistent à interroger (d'une manière directe ou indirecte) un participant de son expérience vécue dans l'environnement en question (Carpiano, 2009). En posant des questions et en observant, le chercheur est en mesure d'examiner les expériences, les interprétations et les pratiques de l'informateur dans l'environnement exploré, ainsi que d'obtenir des réponses sensorielles et affectives des participants à l'égard de cet environnement.

En termes d'épistémologie, la méthode du « *Walk Along* » est compatible avec un large éventail d'approches théoriques. Du point de vue des orientations théoriques contemporaines, la méthode est conforme aux préoccupations interactionnistes et phénoménologiques relatives à l'étude d'expériences humaines ainsi qu'à la création et au maintien de l'intersubjectivité (Carpiano, 2009).

2.2.2. Synthèse

La « *Walk Along* » est une méthode qui peut être adaptée au projet de recherche de cette thèse. En raison de sa capacité à examiner l'expérience des participants de l'espace, la « *Walk Along* » est avantageuse pour étudier la perception spatiale. Cet avantage découle de ses capacités d'adresser et même évaluer ce que Lynch (1960) décrit comme une « *image de l'environnement* », c'est-à-dire l'image mentale généralisée du monde physique extérieur qui est le produit de la sensation immédiate et des souvenirs des expériences passées ou des pré-acquis. Les entretiens « *Walk Along* » peuvent servir comme une méthode qualitative de collecte des informations contextuelles concernant l'expérience sensorielle des gens dans l'environnement bâti de la Casbah d'Alger.

La méthode « *Walk Along* » présente aussi de nombreuses limitations pratiques, éthiques et épistémologiques à prendre en compte (Carpiano, 2009). Les promenades « *Walk Along* », sont influencées par de nombreuses conditions indépendantes de la volonté du chercheur, telles que les conditions météorologiques.

3. L'analyse morphologique de l'espace

3.1. L'analyse de Alexander Christopher

Dans ces travaux, Christopher Alexander (1968, 1979, 2002-2004), souligne la corrélation entre le milieu construit et les activités humaines, ce qui rejoint les propos et les constats de départ de cette recherche. Alexander cherche inlassablement la "qualité sans nom" ou la "beauté" qui émerge des rapports des parties au tout, tant dans l'architecture que dans la nature, que l'homme peut sentir, décrire et même évaluer.

Les théories de Christopher Alexander sont basées sur des fondements phénoménologiques. Ses efforts, ses point de vue et ses découvertes se rapportent à une perspective et à une méthode phénoménologique, stipule David Seamon (2007), son travail visant à créer un langage conceptuel en patterns « *pattern language* » peut assez bien être décrit comme une phénoménologie implicite de situations conçues contribuant à l'émergence d'un sentiment d'appartenance chez l'utilisateur de l'espace. En outre, son ouvrage « *Nature of order* » (2002-2004) peut être interprété comme une phénoménologie d'un type d'ordre particulier qu'Alexander appelle « *wholeness* ». Ce concept est, selon Alexander,

intégralement lié aux qualités vécues de la beauté, de l'éloquence, de la bonne santé, du bien-être, de la vitalité et de la vie qui sont objets d'investigation dans la présente recherche.

L'hypothèse d'Alexander suppose que l'ordre ou « *wholeness* » est une question objective, qui a ses racines dans la cognition de l'homme. L'objectif principal d'Alexandre est de comprendre comment les éléments d'un objet fabriqué - qu'il s'agisse d'un édifice ou d'un quartier ou d'une ville- vont de pair et ont leur place dans le concept de « *wholeness* ». Le tout, « *whole* », ne peut être compris qu'en pénétrant profondément dans ses parties par un mode de perception intuitive et attentive unissant les sentiments, les émotions et les pensées. En plus du concept de « *wholeness* », Christopher Alexander a présenté d'autres concepts clés, comme les centres et l'harmonie ; ils sont tous liés à la cohérence atteinte par un système.

3.1.1. Théorie d'Alexander Christopher : "*pattern language*" et phénoménologie de "*wholeness*"

a. *Pattern languages*

Depuis toujours, Alexander est convaincu que l'architecture traditionnelle est plus belle, plus vivante et plus émouvante que l'architecture moderne et contemporaine. Il affirme que cette disparité provient de l'utilisation d'un processus de conception radicalement différent. En effet, l'architecture traditionnelle est le produit d'un système de valeurs partagées par la communauté et d'un processus d'adaptation aux circonstances changeantes de l'environnement et de la société, contrairement à l'architecture contemporaine.

Un "pattern" est une configuration reliant une solution générique à un problème dans un contexte donné. Ainsi, un problème qui revient fréquemment évoquera une solution testée, rodée et prête à être adaptée à son contexte particulier. Une tradition architecturale est alors décrite comme un sous-ensemble de patterns qui s'entrelacent. Chaque pattern regroupe diverses formes géométriques.

Un langage de patterns ou « *Pattern Language* » (en anglais) est un sous-ensemble cohérent de patterns et de règles combinatoires qui, à l'instar d'un pattern individuel, peut donner lieu à un nombre infini de variations. La beauté subtile des espaces profondément organisés émerge de la juxtaposition et des chevauchements complexes de patterns individuels. C'est à l'évidence l'aspect le plus difficile du travail avec des patterns. C'est

aussi l'aspect le moins élucidé dans les publications au sujet des patterns et de leur mise en œuvre dans l'environnement bâti. « *Pattern Language* » de Christopher Alexander est réputé pour fournir des solutions humanistes simples et pratiques, aux problèmes de conception complexes, allant de la planification urbaine à la décoration intérieure (Dawes et Ostwald, 2017, 2020).

« *Pattern Language* » est analogue au langage ordinaire, il offre la possibilité de créer une variété infinie de villes, de bâtiments et d'espaces urbains nouveaux et uniques, tout comme le « langage ordinaire » a la possibilité d'offrir une variété infinie de phrases (Alexander, 1979). Comme les mots qui peuvent être liés pour former des phrases différentes, les patterns peuvent générer un nombre infini de solutions de conception. Le livre « *Pattern Language* » fournit des modèles basés sur la manière dont les gens ont construit et utilisé leur environnement physique. Alexander énumère 253 patterns pouvant être divisés en trois groupes principaux: les villes, les bâtiments et la construction (Alexander, 1977).

Grâce à l'utilisation de « *pattern Language* », les concepteurs ne sont pas obligés de copier et de recréer une architecture ancienne, mais peuvent utiliser des idées pouvant fournir une sorte de cadre ou de base pour leur conception. Les patterns fournissent un vocabulaire riche qui peut aider à créer un environnement construit de qualité. Les patterns ne peuvent être utilisés que comme guides pour le développement de concepts de design et non comme des recettes de design toutes prêtes (Jutla, 1993).

Cependant, « *pattern Language* » a échoué à produire des bâtiments de beauté et de grâce, ce qui a conduit Alexander à se rendre compte que sa théorie de « *pattern Language* » est incomplète et ne répond toujours pas pleinement à sa principale question de savoir comment créer la qualité de l'intemporalité dans l'environnement bâti ? Cette qualité sans nom qui lie le design à la nature humaine et au ressenti. Il a compris qu'il devait aller plus loin vers la compréhension du processus d'émergence de cette qualité sans nom. C'est en effet, ce terme « *wholeness* », qui est le terme énigmatique d'Alexandre pour la qualité sans nom (Seamon 2007).

b. La théorie de "Wholeness" et de "living structure" (structure vivante)

Dans « *The Timeless Way of Building* » (1979), Alexander cherche la qualité qui se dégage de certaines constructions traditionnelles: la qualité qui émerge du lieu tout en lui étant propre, qui est aussi une présence vivace qui apporte confort immédiat et sentiment d'éternité, et qui captive et libère à la fois. Cette "qualité sans nom", il la nomme plus tard, « *wholeness* ».

Le livre « *The Nature of Order* »⁸, est un ouvrage pionnier et séminal qui se propose de saisir ce qu'il y a d'insaisissable dans la beauté des espaces bâtis. Alexander avance la thèse que cette qualité et la beauté résultent largement des processus de conception et des séquences de décision qui les ont engendrés. Le tout (whole) est le point de départ de toute réflexion et de toute action, tandis que le point d'arrivée est un tout plus intense. C'est le tout qui crée les parties. Un tout peut devenir encore plus fort et plus vivant en augmentant sa « *wholeness* ». Dans les systèmes adaptifs complexes, des tous (wholes) plus complexes émergent à partir des tous plus simples dans un processus « d'émergence-déploiement » (*unfolding process*).

Le concept de « *wholeness* » peut être défini comme le caractère structurel global d'une configuration donnée existant dans l'espace. Alexander l'appelle également « structure vivante » (*living structure*), car elle émerge d'un processus incrémental. Alexander soutient que tout a un certain degré de vie. Sa signification pour la vie est davantage liée à la cohérence et à l'harmonie (Rauber et Krafta, 2018).

Selon les théories d'Alexander, le « *wholeness* » est une structure définie récursivement et composée de plusieurs centres⁹, eux-mêmes composés d'autres centres. Ces centres se soutiennent et se renforcent mutuellement. Alexander propose aussi quinze propriétés géométriques des centres dont l'application successive, dans une vision transformative, conduit à la formation et à la génération de structures vivantes (Alexander, 2002–2004, vol.1). Un tel « processus générateur » (*generative process*) est orienté vers la recherche de

⁸ The Nature of Order est un livre en 4 volumes : le 1^{er} adopte un point de vue statique et analyse 15 propriétés géométriques ; le 2^{ème} prend un point de vue dynamique et parle de processus, de déploiement (*unfolding*) et de séquences ; le 3^{ème} présente des études de cas ; le 4^{ème} propose une cosmologie qui reprend l'idée spinoziste selon laquelle "Dieu est le tout".

⁹ Alexander les appelle des "centres" car ils sont des centres d'influence, des centres d'action, des centres d'autres centres (Alexander, 2002–2004, vol.1, p. 108).

l'harmonie qui permet de préserver la structure précédente du « *wholeness* » lors de son extension (Alexander, 2002–2004).

La décomposition de quelque chose en éléments individuels détruit sa configuration et sa cohérence interne. C'est pourquoi Alexandre utilise le concept de « la récursivité »: les centres sont induits par le « *wholeness* » et se réfèrent à leurs relations avec les autres parties, qui contribuent en tant que centres eux-mêmes. Les centres détiennent le secret de la "structure vivante" et de la manière dont « la vie » (life) provient du « *wholeness* » (Alexander, 2002–2004, vol.4). Il faut savoir que les centres doivent :

- Avoir un degré de vie.
- S'entraider : la vie d'un centre peut intensifier la vie d'un autre.
- Etre composé de centres.
- Avoir une structure. Cette structure prend vie en fonction de la densité et de l'intensité des centres qui y ont été formés.

Les quinze propriétés géométriques identifiées par Alexander (Alexander 2002–2004, vol.1), décrivent comment les centres interagissent les uns avec les autres et aident à augmenter la cohérence et la force de tout centre et à en générer de nouveaux. Alexander estime que les quinze propriétés jouent un rôle majeur dans la réalisation du "*wholeness*" d'un système (Rauber et Krafta, 2018). Dans le domaine de l'architecture, ces propriétés peuvent être définies comme des descriptions des structures architecturales visibles dans les bâtiments comme dans le monde naturel. Ils tentent de décrire la manière dont un tout architectural (maison, ville...) évolue comme une conséquence de son environnement et de son utilisation (Hoverd et Stepney, 2010). Les quinze propriétés sont décrites comme suit:

1. *Niveaux d'échelle (level of scale)*: Comment un centre est rendu plus fort (plus cohérent) par les centres plus petits et plus puissants qui le composent et par les grands centres plus forts qui l'entourent. Cette propriété vaut que les éléments ou choses qui sont animés par des degrés de vivacité plus grands sont, très souvent, aussi des choses qui comprennent des gammes diverses de dimensions dans leurs détails des niveaux d'échelle.

2. *Espace positif (positive Space)*: Cette propriété est liée à l'utilisation réfléchie de l'espace positif, c'est-à-dire, l'espace existant entre les éléments. Cette propriété augmente les interactions entre les entités qui composent les centres et entre les centres eux-mêmes en créant des connexions et des relations entre les entités. Il s'agit donc de créer des espaces intéressants entre les objets, les pièces d'une maison ou les bâtiments d'une ville.

3. *Rugosité (roughness)*: Le rustique (roughness) se décrit par les imperfections naturelles intrinsèques à toute chose produite par l'homme ou la nature. Alexander décrit la propriété comme le produit élémentaire de l'abandon créé seulement lorsqu'une personne est réellement libre (Alexander, 2002-2004, vol 1, p. 212).

4. *Répétitions en alternance (Alternating Repetition)*: La manière dont les centres se renforcent quand ils se répètent, par l'insertion d'autres centres entre ceux qui se répètent. Les répétitions alternantes sont des répétitions alternées de centres qui ont la capacité de s'intensifier l'un l'autre. Les ensembles d'éléments ainsi répétés créent des systèmes qui s'enchevêtrent et participent à l'augmentation de la force du centre principal. Dans la majorité des cas où une structure prend vie grâce à une forme de répétition, la répétition tend à être inexacte (Alexander, 2002-2004, vol1, p. 169).

5. *Frontières (thick Boundary)*: cette propriété est illustrée par la manière dont le champ d'effet d'un centre est renforcé par la création d'un centre en anneau, constitué de centres plus petits qui entourent et intensifient le premier. Une frontière unit un centre au monde alentour, tout comme elle l'en sépare. Les frontières aident à la génération du centre en créant une limite forte entre ce qui est contraint à l'intérieur et à l'extérieur de chaque frontière. Ainsi, les interactions intérieures, extérieures et entre frontières sont mieux définies et, donc, plus fortes.

6. *Bonne Forme (good shape)*: Cette propriété se concentre sur la composition des formes de façon globale. Les formes sont «bonnes» lorsqu'elles sont composées d'une série de centres cohérents (Alexander, 2002-2004, vol. 1, p. 179). Une bonne forme devrait être composée d'une multitude de formes également «bonnes». Les formes considérées les plus fortes sont souvent composées des éléments les plus élémentaires comme le cercle, le losange, la flèche, etc.

7. *Symétrie locale (local Symmetry)*: Assurément, une symétrie crée un centre géométrique. Pour cette raison, l'utilisation des symétries locales permet de renforcer la cohérence d'une structure. Au lieu d'appliquer la symétrie à un ensemble beaucoup trop large, ce qui serait inefficace, il vaut mieux l'appliquer aux détails, à certaines entités spécifiques propres à un objet ou à un lieu afin de contribuer à la force des centres majeurs. Toute symétrie trop stricte ou exagérée forcera un ordre imposé et non naturel qui viendra déconstruire la force du centre.

8. *Contraste (contrast)*: Les «contrastes» accentuent les différences entre les entités en créant de nouvelles interactions entre les centres impliqués. De plus, ces différences permettent de mieux percevoir la réelle nature des centres en attirant une attention plus définie vers les centres majeurs. Comme Alexander l'a dit: «la vie ne peut pas se produire sans différenciation¹⁰» (Alexander, 2002-2004, vol. 1, p. 200).

9. *Degrés (gradient)*: Le concept de dégradés implique une fine transition entre les entités en introduisant des dégradés de toutes sortes (forme, grandeur, couleur, dimensions, etc.) afin de créer des transitions progressives entre les éléments. Encore une fois, cette propriété a la force d'accentuer un centre en unifiant les divers centres d'un ensemble tout en créant une cohésion ou une logique entre eux.

10. *Entrelacs et ambiguïté (deep Interlock and Ambiguity)*: Cette caractéristique est liée à la propriété « Frontières ». Elle souligne la parfaite intégration d'un élément avec son environnement en rendant les limites difficilement reconnaissables. Alexander introduit la propriété par la création d'une zone ambiguë commune à deux centres voisins et à leur environnement rendant difficile de désenchevêtrer les différentes entités (Alexander, 2002-2004, vol. 1, p. 195).

11. *Résonances (echoes)*: Cette propriété fait référence non pas à une répétition d'éléments, mais plutôt à un groupe d'éléments de même famille, non identiques. Quelques ressemblances se font écho d'un élément à l'autre les liant ensemble par leurs similitudes et les différenciant par leurs légères différences.

¹⁰ "Life cannot occur without differentiation" (Alexander, 2002, vol 1, p. 200)

12. *Simplicité (simplicity and Inner Calm)*: La force d'un centre dépend de sa simplicité - du processus de réduction du nombre de centres différents et inutiles qui existent dans ou autour de ce centre. Autrement dit, on élimine tout ce qui n'est pas nécessaire, tout en augmentant la valeur de ce qui reste.

13. *Vide (the Void)*: Cette caractéristique est liée directement à nos sentiments. Lorsque cette caractéristique est atteinte, le pouvoir du centre est ressenti comme libre de tensions, entier et complet. Alexander compare cette caractéristique avec l'eau : infinie dans sa profondeur, l'eau est entourée et contrastée par le désordre des choses qui l'entourent (Alexander, 2002-2004, vol1, p. 222). Le vide est nécessaire à tous les centres afin de créer un espace de contemplation calme et juste assez éloigné de toutes formes, motifs, etc.

14. *Inséparabilité (not Separateness)*: La propriété de non-séparation lie tous les éléments essentiels d'un Tout unifié. La vie et la force d'un centre dépend de sa fusion avec d'autres centres qui forment son environnement. Alexander considère cette propriété comme la plus importante puisqu'elle intègre toutes les autres propriétés et connecte tous les centres dans un réseau d'interactions. Pour atteindre cette propriété, Alexander (2002-2004, vol. 1, p. 233) propose d'éviter le brusque ou le tranchant et d'encourager la fluidité et les changements doux.

15. *Centre fort (Strong Centre)*: Les centres forts se différencient de façon subtile de la notion unique de centre par l'importance qu'on leur apporte. Ces centres identifiés comme forts doivent avoir une puissance d'attraction plus importante qu'un centre simplement géométrique. Un centre fort nécessite un effet spécial semblable à un champ, créé par d'autres centres, comme source principale de sa force. La création d'un effet de champ (field effect) permet au centre de prendre toute sa force avec la participation des éléments environnants.

c. *Le processus générateur (generative process)*

La tâche de créer le « *wholeness* » dans la ville ne peut être atteinte, qu'à travers un processus générateur. Chaque nouvel acte de construction n'a qu'une obligation, c'est de générer une structure continue des ensembles autour de lui. Alexander considère cela comme

un processus génératif séquentiel qui a pour obligation de préserver le « *wholeness* » et « *l'harmonie* » de la structure de départ. Ce processus est appelé par Alexander « *structure preserving transformation* », il s'opère à travers les 15 changements qui correspondent aux 15 propriétés géométriques (Hoverd et Stepney, 2010). Selon Christopher Alexander, l'idée clé dans un processus générateur "*c'est que ce qui grandit et se développe, se développe et se déploie comme une conséquence naturelle de ce qui est, parce qu'il découle littéralement du wholeness*"¹¹ (Alexander 2004, vol. 4 : p. 321).

Une séquence est un agencement temporel des décisions à prendre. La décision (n) crée le contexte de la décision (n+1), qui, à son tour, crée le contexte de la décision (n+2). Ce processus résultant d'un processus d'émergence-déploiement est récursif « *recursive unfolding process* ».

Cette description montre que les travaux et les théories développés par Christopher Alexander peuvent être pertinents pour cette présente recherche, surtout au niveau du soubassement phénoménologique. La pertinence est aussi retrouvée au niveau des questionnements sur la compréhension des qualités de l'environnement bâti à travers l'homme et au niveau de la création d'environnements bâtis plus vivables, plus confortables, plus beaux et humains (human centric).

3.2. L'analyse paysagère

L'approche de l'analyse morphologique et paysagère par le biais des séquences visuelles est une approche basée sur la perception visuelle des espaces urbains et architecturaux, axée sur la reconstruction, par le dessin, la photographie ou la vidéo, de la succession d'images qui se dévoilent à l'observateur se déplaçant dans l'espace. Le premier auteur à avoir clairement codifié l'analyse des séquences visuelles est l'architecte anglais Gordon Cullen.

Cullen(1961) a introduit le terme de vision sérielle (serial vision) pour représenter, par le biais de croquis, la succession d'images perceptibles par un piéton se déplaçant dans l'espace. Ceci dit, la vision sérielle est basée sur l'évolution de la vision de l'observateur au gré de son déplacement dans l'espace. Ainsi, l'environnement perçu déploie à l'observateur

¹¹ The key idea "*is that what grows and unfolds grows and unfolds as a natural consequence of what is, because it literally grows out of the wholeness*"

un langage particulier, perceptif et symbolique, fait d'ouvertures et de fermetures du champ visuel et d'exposition ou de dévoilement au regard des éléments architecturaux.

Cette approche ou outil d'analyse a connu plusieurs évolutions avec le temps par d'autres architectes et urbanistes comme Lynch, ou encore Pinon (1991) qui a relié la méthodologie de la séquence visuelle à l'analyse pittoresque. Pour Pinon, la démarche du « townscape » (1961), ou la lecture pittoresque, vise à mettre en correspondance des formes caractéristiques relevables sur plan avec la perception que peut avoir le piéton qui explore l'espace urbain.

De leur côté, les architectes français, Panerai et Depaule et Demorgon (1999) ont opérationnalisé l'approche des séquences visuelles de Cullen, en apportant des précisions à la définition des concepts de l'analyse par successions visuelles. Pour un observateur progressant selon une direction déterminée, un parcours peut se découper en un certain nombre de séquences. Chaque séquence est constituée d'une succession de « plans ». Ces « plans », tout comme le passage d'un plan à l'autre, peuvent être caractérisés objectivement.

3.2.1. Procédure de l'analyse séquentielle de Panerai

L'analyse séquentielle de Panerai commence par définir un cheminement le long du parcours à étudier et déterminer un découpage adapté à son terrain. Chaque section permet ensuite d'établir des « tableaux de scènes » ponctuelles. A partir de ces tableaux le chercheur ou l'architecte essaye de reconnaître certains éléments morphologiques révélateurs de la configuration particulière de l'espace perçu, comme symétrie/dissymétrie, ouverture/fermeture du champ visuel, concavité/convexité des formes dominantes...etc. (Fig.13). Les éléments pittoresques révélateurs de la morphologie de l'espace sont définis par celui qui conduit l'analyse. Ainsi, les « tableaux de scènes » deviennent des dispositions schématiques et codifiées du paysage.

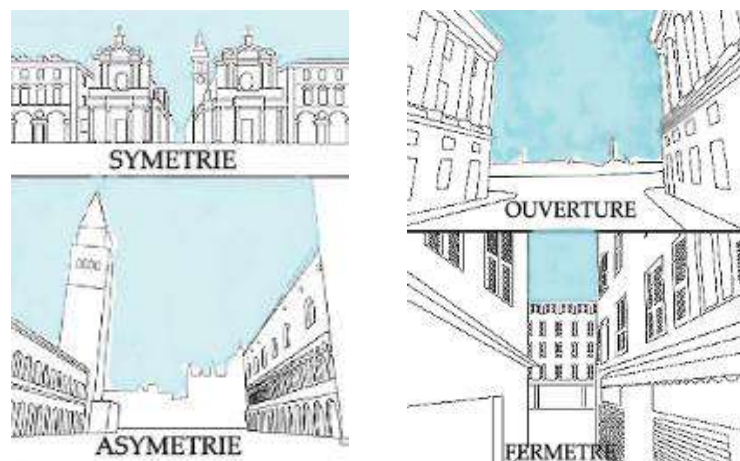


Figure 13: indicateurs morphologiques paysagères de symétrie et d'ouverture spatiale. <https://unt.univ-cotedazur.fr/>

Enfin, pour définir des séquences, il faut regrouper les plans enchaînés portant sur les mêmes éléments du paysage urbain. Pour marquer le passage d'une séquence et d'une autre, une rupture est nécessaire. La rupture est liée à un changement des éléments perçus ou à la façon de les percevoir. Donc, pour construire une séquence à partir de plusieurs plans, il faut:

1. Regrouper une suite de plans liés au même objet : les repères et les monuments jouent alors un rôle primordial et la séquence se définit à partir d'eux.
2. Regrouper les plans en fonction de leur parenté dans les caractéristiques de composition visuelle et introduire des coupures au moment où l'on passe d'une famille de plan à une autre.

L'analyse des séquences visuelles permet d'aiguiser la réflexion sur la perception des espaces urbains et architecturaux. Cependant, cette méthode démontre une faible applicabilité dans le domaine de la conception architecturale et urbaine. Plusieurs critiques ont été formulées dans ce sens, notamment sur le caractère prétendu objectif de la perception visuelle de la séquence et sur sa capacité à devenir un véritable outil d'aide à la décision pour la composition urbaine.

Il est souvent reproché à cette méthode d'être une simple étude descriptive de la morphologie et la configuration spatiale. Cette méthode a besoin d'un support mathématique et empirique pour rendre ses résultats plus accessibles et interprétables aux architectes et aux

urbanistes, étant donné que sa dimension lourdement descriptive peut être détournée, par ces deux derniers, en vue de légitimer leurs choix d'aménagement spatial dans les projets.

3.3. Shape Grammar (la grammaire des formes)

La grammaire des formes ou Shape Grammar est un domaine de recherche interdisciplinaire qui traite le langage morphologique, syntaxique, géométrique, mathématique et les structures topologiques d'un produit architectural (ou de design) et des processus incrémentaux et récurrents qui le génèrent (Eilouti 2012, 2019). Shape Grammar s'intéresse aux composants constitutifs d'une forme et ses arrangements spatiaux et interrelations de proximité. Par analogie aux langues, Shape Grammar met généralement l'accent sur l'aspect lexical (éléments de vocabulaire), syntaxique (grammaires et structures) et parfois pragmatique (effets contextuels dans les contextes-sensibles des grammaires) des composants de la conception plutôt que sur les aspects sémantique, symbolique ou sémiotique.

La Shape Grammar (Stiny, 1980a) a d'abord été appliquée pour l'analyse et la compréhension de compositions 2D, telles que les treillis de rayons de glace chinoises (Stiny, 1977) et les grammaires palladiennes de Stiny et Mitchell (1978). Plus tard, Shape grammar a été appliquée sur des structures 3D, telles que les grammaires des maternelles avec les blocs de Froebel (Stiny, 1980b), les grammaires de l'architecture de Frank Lloyd Wright (Koning et Eisenberg, 1981), les grammaires de la maison « Queen Anne » (Flemming, 1987) et la grammaire de Siza (Duarte, 1998).

La Shape Grammar est considérée aussi comme des systèmes génératifs qui, grâce à l'utilisation de règles de forme, peuvent générer des solutions pour la conception architecturale (Stiny et Gips 1972). Il faut savoir que la Shape grammar peut générer plusieurs alternatives de conception architecturale à partir d'une même forme de base en lui appliquant des règles de forme de manière récursive (Fig. 14) (Stiny 1980a). Lorsque les règles de Shape Grammar sont exécutées sur un produit architectural (ensemble des vocabulaires), les formes originales sont recrées et différentes alternatives de formes sont générées.

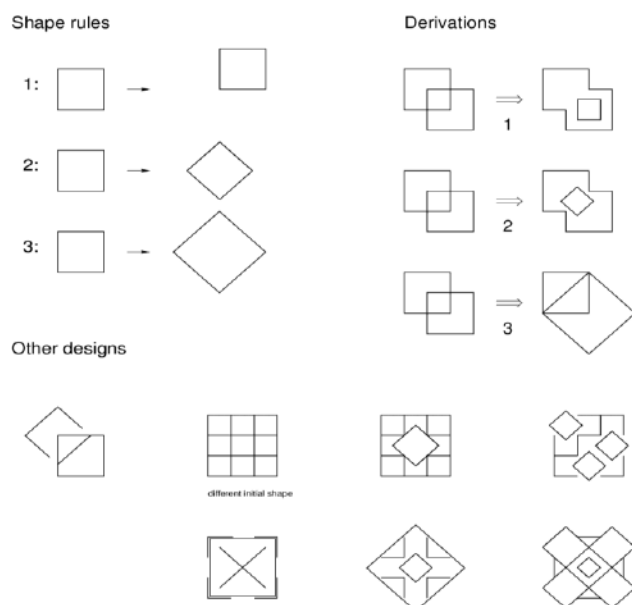


Figure 14: exemple d'application de la méthode Shape Grammar sur une forme de base. Générations de plusieurs alternatives de la forme de base (rectangle) par l'application de la règle de (rotation). Google images.

Shape Grammar a un grand succès dans le domaine de l'architecture depuis l'introduction de ce concept par Stiny (1980a). Son importance réside dans sa double vocation d'analyse des structures architecturales et de reproduction de nouveaux géotypes dans le même langage. Shape Grammar est utilisée en architecture comme un outil de classification, d'analyse, de génération et d'évaluation des architectures en termes de caractéristiques morphologiques, fonctionnelles et mathématiques. Il faut savoir que Shape Grammar peut aussi être utilisé comme un outil de conception architecturale.

3.3.1. Shape Grammar pour l'étude du patrimoine bâti

Shape Grammar combine l'analyse morphologique et mathématique avec l'outil informatique pour générer des algorithmes. Cette fonctionnalité lui a permis d'analyser des architectures traditionnelles et de déterminer leurs caractéristiques morphologiques et structurales, ce qui peut faciliter considérablement les travaux de restauration et de réhabilitation du patrimoine. En conséquence, de nombreuses études et recherches ont utilisé Shape Grammar dans la conservation et l'étude du patrimoine, citons par exemple : Eilouti (2012, 2019), Lee, Ostwald et Gu (2017), et Hussein et Ismaeel (2020).

3.3.2. Les différentes caractéristiques identifiées par l'analyse Shape Grammar

L'analyse morphologique-mathématique des édifices avec Shape Grammar permet l'identification des caractéristiques suivantes :

- Caractéristiques morphologiques ;
- Caractéristiques mathématiques comme les proportions ;
- Caractéristiques fonctionnelles ;
- Caractéristiques typologiques (les relations entre les éléments) ;
- Caractéristiques spatiales, tel que l'emplacement d'un élément dans un groupe.

3.3.3. Pourquoi et quand utiliser Shape Grammar ?

Shape Grammar est souvent utilisée en architecture et en urbanisme pour :

- La classification, par le regroupement des éléments ou des styles qui partagent les mêmes caractéristiques ;
- L'analyse, par la détermination des caractéristiques morphologiques et mathématiques d'un style particulier ;
- L'évaluation, par la détermination des localisations possibles d'un élément particulier dans un langage architectural ;
- La génération, par la création de nombreuses alternatives du génotype dans un même langage architectural.

3.3.4. Les méthodes d'analyse Shape Grammar

L'analyse Shape Grammar peut être exécutée de différentes manières et avec l'aide de différents outils, cela dépend de l'objectif de l'analyse.

- Analyse traditionnelle (manuelle): représentation des caractéristiques et des règles par le dessin ;
- Analyse par logiciels (analyse assisté par ordinateur): utilisation des applications et des logiciels dans l'analyse numérique des modèles architecturaux ;
- Analyse avec les langages numériques OWL, GDL, CITY GML et Python.

3.3.5. Les stratégies d'analyse Shape Grammar

Pour analyser des modèles et des styles architecturaux, il existe plusieurs stratégies d'analyse Shape Grammar. Chaque stratégie a ses avantages et ses inconvénients. C'est au

chercheur de décider de la stratégie d'analyse la plus adaptée à sa question ou à son objectif de recherche. Les différentes stratégies peuvent être présentées, comme suit :

- Stratégie Top-Bottom: définition des frontières extérieures, puis procéder par division des éléments à l'intérieur du cadre extérieur ;
- Stratégie Bottom-Top: définition d'un élément central, puis procéder par rajout d'autres éléments de manière relationnelle ;
- Stratégie d'ajout: ajout d'éléments progressivement selon le critère de priorité jusqu'à atteindre la forme finale ;
- Stratégie de division: division de l'élément ou la forme totale en d'autres éléments jusqu'à atteindre la forme finale ;
- Stratégie procédurale: modélisation assistée par des applications informatiques.

3.4. Space syntax

Hillier et Hanson (1984) ont proposé une nouvelle méthode d'analyse spatiale basée sur l'idée de la continuité et de l'interdépendance (connectivité) spatiale sans lien direct avec la forme. Cette théorie propose une méthodologie analytique en vue d'étudier la relation étroite qui existe entre les individus et leur environnement bâti, surtout la dimension sociale de l'espace. En effet, elle fournit un outil puissant pour l'analyse de l'expression socio-culturelle incarnée dans les configurations spatiales de l'environnement bâti décrites structurellement et comprises objectivement dans une structure sémiologique. Elle permet surtout la confrontation des représentations mathématiques de l'espace aux données sociales empiriques.

La Space Syntax se distingue des autres méthodes morphologiques par son approche morpho-mathématique. Pour qualifier de façon scientifique la configuration de l'environnement bâti, cette méthode s'appuie sur une base mathématique de mesure pour la qualification des relations entre les différents espaces composant l'environnement bâti analysé. Aussi, pour systématiser cet environnement bâti, les espaces sont traduits en des représentations abstraites, dans ce cas, les voies sont assimilées à des segments liés entre eux par des intersections, et les champs de visions sont assimilés à des polygones montrant l'emprise de l'espace vue.

Il faut savoir que l'intérêt de la space syntax ne se résume pas à sa capacité de traduire mathématiquement les tissus urbains/architecturaux et les configurations spatiales pour mesurer par exemple, la connectivité, l'accessibilité ou la profondeur spatiale, mais il s'étend plutôt, à l'interprétation de ces résultats mathématiques. En effet, les résultats de l'analyse space syntaxe seront interprétés en les confrontant à d'autres réalités spatiales comme par exemple, les données démographiques, culturelles ou encore sociales. C'est là que la thèse de Hillier et Hanson (1984) et de Hillier (2014) devient intéressante. En effet, les caractéristiques de la configuration spatiale sont directement liées à la fonction sociale et aux significations culturelles véhiculées par l'environnement bâti et son expérience. Ainsi, la space syntaxe a connu un grand succès et une large applicabilité dans plusieurs domaines comme l'architecture, la sociologie et l'archéologie (Brown et Bellal, 2001 ; Zaco et al., 2006 ; Letesson, 2009 ; Mazouz, 2009 ; Lee, Ostwald et Lee, 2017 ; Lee, Ostwald et Gu, 2017, 2018 ; Yu et Ostwald, 2018a, 2018b ; Dabbour, 2020).

Un certain nombre d'études, visant à comprendre les relations entre homme-environnement bâti, ont confronté neuroscience et psychologie cognitive à la space syntax (Dalton, Hölscher et Turner, 2012 ; Dalton, Hölscher et Spiers, 2015 ; Marcus, Giusti et Barthel, 2016 ; Koutsolampros et al., 2019 ; 261. Charalambous, Hanna et Penn, 2017 ; Charalambous, 2019). La particularité de la méthodologie de la syntaxe spatiale réside dans sa capacité à cartographier quantitativement les propriétés configurationnelles et visuelles de l'espace architectural et urbain. Cependant, bien que de telles analyses spatiales aient montré des résultats intéressants concernant la perception de l'espace et l'orientation en son sein (navigation spatiale et wayfinding) (Conroy, 2001) il est à noter certaines limites de cette méthode, surtout celles concernant la liaison des réponses émotionnelles et esthétiques avec les propriétés spatiales autres que configurationnelles (topologiques).

La space syntaxe est très flexible, elle peut être appliquée en prospective et en amont de la planification comme pour la réhabilitation urbaine et architecturale. En effet, le changement d'un seul segment du réseau peut redistribuer largement les résultats. Il serait intéressant, par exemple, de simuler des changements sur un réseau viaire de la Casbah d'Alger et voir ses implications sur le caractère spatial et la perception de son environnement. Il est donc possible de simuler des changements en amont et effectuer des tests itératifs pour déterminer l'adéquation entre l'idée et le résultat simulé, en aval.

3.4.1. Méthodes d'analyse de la space syntax

- *Analyse par graphes justifiés (théorie des graphes)*

La principale méthode d'analyse des modèles de relations spatiales est la modélisation par graphes justifiés. Ce dernier est constitué de cercles disposés en lignes horizontales parallèles selon leurs valeurs de profondeur. Les cercles seront reliés entre eux par des lignes suivant les rapports de perméabilité que les espaces entretiennent entre eux (Letesson 2009) (Fig. 15). Il faut savoir que la taille de l'espace est insignifiante dans cette analyse, de même, la longueur, la direction ou la forme des lignes qui expriment la relation des espaces n'ont pas de signification.

L'analyse par graphes justifiés consiste à traduire un plan architectural ou urbain en un graphe. Celui-ci montre la disposition des espaces convexes (vertices), leurs accès (lignes de jonction), le mouvement dans ces espaces et le contrôle des accès. Au niveau du graphe, les espaces sont représentés par des cercles justifiés. Ces derniers sont ensuite alignés en lignes horizontales et parallèles au-dessus d'un espace d'assise, appelé transporteur du système (carrier). La profondeur (depth) est définie par le nombre de niveaux qu'il faut traverser à partir d'un point d'origine pour parvenir à un espace particulier dans la configuration (Brown et Bellal, 2001). Les espaces de la même profondeur sont placés sur la même ligne horizontale.

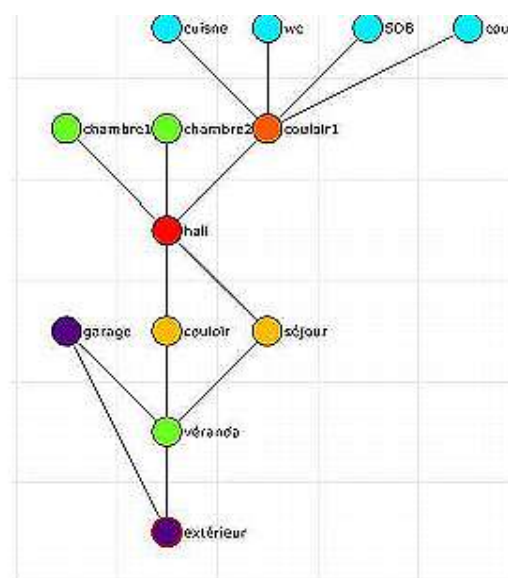
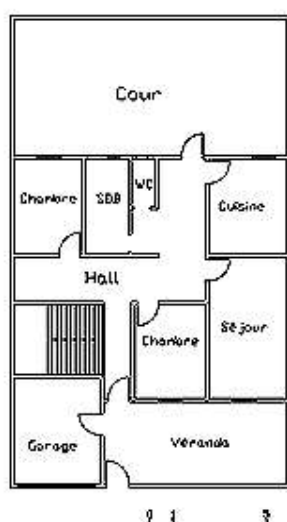


Figure 15: exemple d'une analyse syntaxique d'une maison par Graphe Justifié. Google images.

- **Analyse par carte axiale**

Pour l'étude des villes et des structures urbaines complexes, la space syntax utilise la carte axiale (axial map). Celle-ci est l'ensemble minimum des plus longues lignes droites, lignes axiales ou lignes de direction (Sight lines). Ces lignes sont dessinées à partir du réseau spatial formé par les espaces publics accessibles, comme les rues et les places, de sorte que chaque espace convexe soit traversé au moins par une ligne (Fig. 17). Les lignes axiales forment un réseau de lignes interconnectées et inter-accessibles qu'on appelle « carte axiale ». Cette dernière est analysée en utilisant la topologie et la théorie mathématique des graphes. L'analyse par carte axiale et ses calculs sont facilement exécutés avec l'aide de différents logiciels de Space Syntax tels que : Axman©, Spatialist©, Depthmap©.

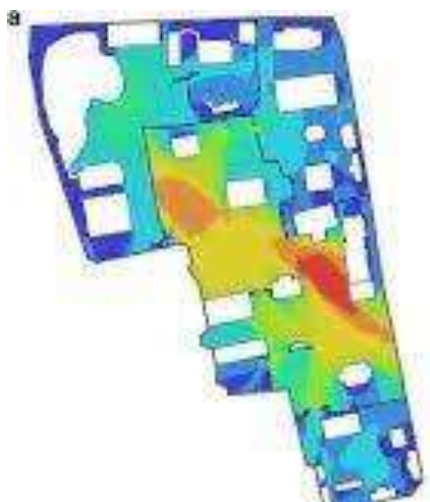


Figure 16: Exemple d'un plan VGA.
Google images.

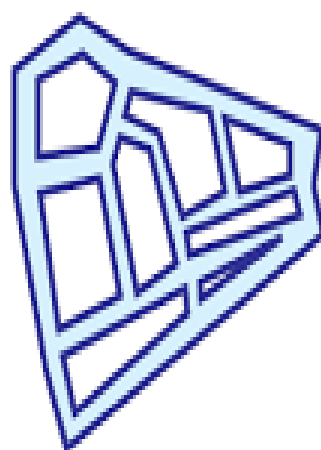
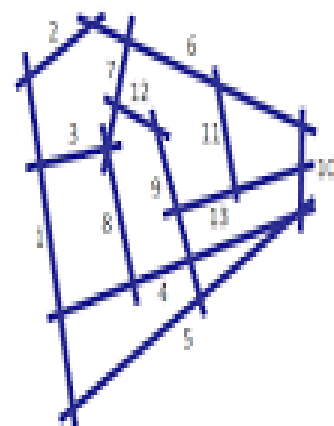


Figure 17: Exemple de carte axiale. Google images.



- **Analyse de visibilité Isovist et VGA (visibility graph analysis)**

Le graphe de visibilité (VGA) est une modélisation fine, basée sur la discrétisation de l'espace en entités fines et le calcul des relations de connexion visuelle entre elles (Fig. 16). Les mesures syntaxiques résultantes permettent de caractériser l'accessibilité, la connectivité et d'autres propriétés morphologiques de l'espace en question.

L'analyse isovist, développée par Benedikt en 1979, constitue une méthode d'analyse morphologique des espaces architecturaux et urbains en 2D. Un isovist correspond à l'espace de visibilité d'un observateur dans un espace architectural ou urbain, c'est-à-dire l'isovist mesure la quantité visible de l'espace au gré de déplacement d'un point à un autre dans l'espace (Fig. 18). Les champs d'isovists permettent d'observer la répartition des mesures sur

les isovists dans un environnement, comme la surface visible (isovist area), la circularité, la distance maximale et minimale entre l'observateur et le mur le plus proche...etc.

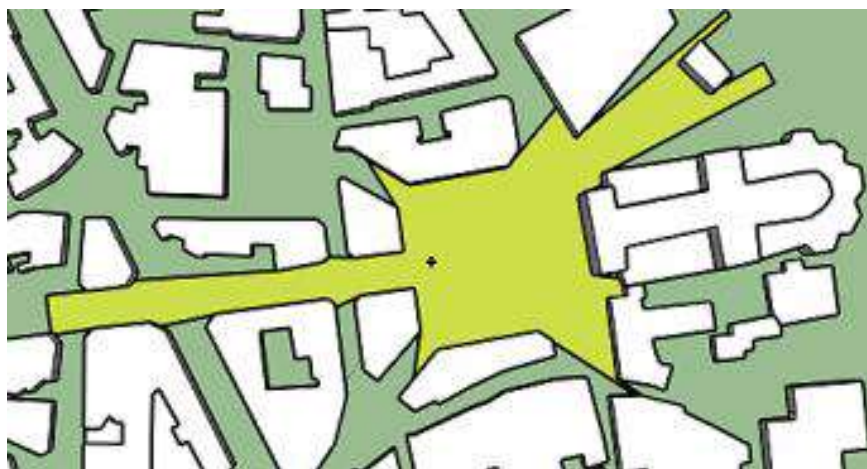


Figure 18: Exemple d'un isovist. Google images.

4. L'imagerie cérébrale en neuroarchitecture

La rapidité avec laquelle les sciences du cerveau (les neurosciences) s'insinuent dans le monde scientifique, est frappante. Cet essor des neurosciences est étroitement associé à l'émergence des technologies d'imagerie cérébrale (ou neuroimagerie) qui permettent de tracer et de visualiser l'activité cérébrale. La possibilité de voir le cerveau pendant son fonctionnement, ouvrirait la voie au décryptage de la pensée, des émotions, des motivations, avec au-delà la possibilité de maîtriser les processus de prise de décision qui guident nos choix et nos actions. Kandel et al., stipulent que "la compréhension que nous avons aujourd'hui des fonctions cérébrales supérieures dépend de la capacité de produire une cartographie fine des circuits de neurones, grâce aux techniques nouvelles anatomiques et d'imagerie" (Kandel, Schwartz et Jessel, 1991, p. 271)

Les techniques d'imagerie cérébrale ont pour but de visualiser les structures du cerveau et du système nerveux (imagerie anatomique). Elles permettent de mettre en relation l'activité de ces structures avec les fonctions, élémentaires et complexes, qu'on peut observer par les méthodes de psychologie expérimentale et de psychologie cognitive (imagerie fonctionnelle). D'après la littérature consultée, les techniques d'imagerie cérébrale les plus utilisées dans la recherche scientifique dans le domaine de l'architecture et de l'urbanisme sont l'IRM (la résonance magnétique fonctionnelle), l'EEG (électroencéphalographie) et le PET (la tomographie à émission de positron). Ces trois techniques d'imagerie fonctionnelle sont expliquées en ce qui suit.

4.1. La technique de l'Électroencéphalogramme (EEG)

L'électroencéphalographie (EEG) (Fig. 19) est une technique non invasive dans laquelle l'activité électrique du cerveau est enregistrée au niveau du cuir chevelu. L'encéphalogramme résultant présente les changements dans l'activité électrique en fonction du temps. L'activité électrique est enregistrée au moyen d'électrodes qui sont positionnées sur la surface du cuir chevelu. De nombreuses recherches en relation avec l'environnement bâti et l'architecture ont utilisé la technique de l'EEG (Hagerhall et al., 2008; Küller, Mikellides et Janssens, 2009 ; Mavroset al., 2012 ; Roe et al., 2013 ; Hagerhall et al., 2015 ; Lin, Chiu et Gramann, 2015 ; Vecchiato et all., 2015a, 2015b ; Mavros, Austwick et Smith, 2016).

Dans une expérience utilisant l'EEG, le sujet effectue une tâche spécifique pendant l'enregistrement, de sorte que les fluctuations de l'activité électrique (mesurée en microvolts, mV) au fil du temps peuvent être mesurées en fonction des conditions expérimentales définies dans le protocole de l'expérimentation.

Les signaux EEG sont divisés en bandes par fréquences. Les quatre bandes de base sont Alpha, Beta, Delta et Theta.

- Alpha correspond à la plage de fréquences de 7 à 13 Hz. L'alpha est le plus souvent associé à des états calmes, passifs, au repos, mais éveillés (Zillmer et Spires et Culbertson, 2008).

- Bêta est une onde à faible amplitude et à activité rapide avec une fréquence supérieure à 13Hz. La bêta est habituellement observée dans le lobe frontal et est souvent divisée en une bêta élevée (24–30 Hz), généralement liée à une concentration étroite, à l'excitation excessive et à l'anxiété; bêta moyenne (18–24 Hz), souvent liée au fait d'être active, alerte, excitée ou concentrée; et une bêta faible (13–18 Hz), qui a été associée à une attention extérieure détendue (Zillmer et Spires et Culbertson, 2008).

- Delta est la gamme de fréquence allant jusqu'à 3,5 Hz. Il est considéré normalement chez les adultes en sommeil profond. (Sadock et al., 2000).

- Theta est la fréquence entre 4 Hz et 7 Hz; parfois, Theta peut être vu dans le lobe frontal chez des adultes en bonne santé (Sadock et al., 2000).

4.2. L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) (Fig.19) permet de déterminer, avec une excellente résolution spatiale (une fraction de millimètre), les zones du

cerveau qui s'activent lors d'une tâche (langage, mémoire, vision, lecture, calcul, etc.). Contrairement à l'EEG, la résolution temporelle de l'IRMf est faible, elle n'est que de l'ordre de la seconde. La technique de l'IRMf est fondée d'une part sur le fait que les zones cérébrales qui sont actives consomment plus d'oxygène, et d'autre part, sur le fait que les propriétés magnétiques de l'hémoglobine du sang varient en fonction de la présence d'oxygène. Or, un afflux de sang oxygéné se produit dans les zones cérébrales où l'activité neuronale est intense. Le résultat de l'IRMf, présenté sous la forme d'une image construite par des calculateurs, montre les zones cérébrales au niveau desquelles le débit sanguin a changé entre la situation de contrôle et l'exécution de la tâche. On en déduit que ces zones ont participé à l'exécution de la tâche.

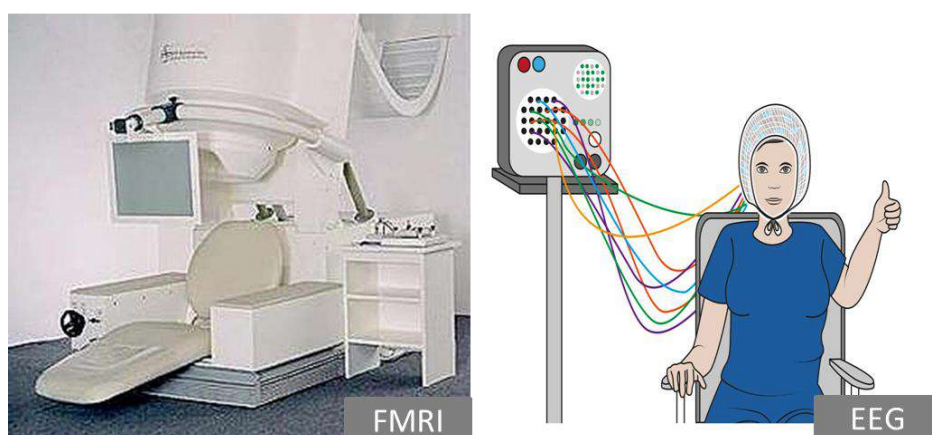


Figure 19: image d'IRMf à gauche et de EEG à droite. Google images.

4.3. La tomographie à émission de positron (PET)

La tomographie à émission de positron (PET) est une technique de neuroimagerie qui se base sur l'émission de particules de photons gamma (produites par l'annihilation d'un positon lorsqu'il rencontre un électron) et leur captation par un détecteur. L'identification de la zone de l'activation cérébrale par technique de (PET) se fait à travers l'injection de l'oxygène radioactif dans le sang, suivre son parcours jusqu'au cerveau et noter les zones où se trouve la plus grande concentration d'oxygène, car c'est ici qu'on aura la plus grande émission de photons gamma.

5. Méthodes mixtes

11.1. La réalité virtuelle immersive (IVR)

Les technologies de la réalité virtuelle immersive (IVR) créent une immersion sensorielle élevée dans un environnement virtuel (des mondes numériques que l'on peut explorer en mouvement comme dans la vraie vie et où l'on peut même toucher et ressentir des

objets virtuels), induisant chez l'observateur un sens de "présence" défini comme le "sentiment d'être dans l'environnement virtuel" (Slater et Wilbur 1997), qui est un état psychophysique reproduisant des comportements réalistes et des réponses physiologiques réelles comme si le sujet vivait une situation réelle.

Cette nouvelle technologie fondée sur la réalité augmentée, motive la communauté scientifique, dans différentes disciplines. La réalité virtuelle est l'avenir de la recherche scientifique expérimentale des comportements et perceptions humains. Dans le domaine de l'architecture, en utilisant l'IVR, il est possible de créer des environnements architecturaux de taille réelle hautement contrôlés, permettant de mesurer des indices comportementaux et neurophysiologiques fiables (Vecchiato et al., 2015a , 2015b).

Contrairement aux méthodologies expérimentales classiques dans la réalité est souvent réduite à des abstractions textuelles, graphiques ou informatiques du monde réel, les approches expérimentales basées sur l'IVR ont la capacité d'induire une expérience où l'utilisateur est entouré d'une représentation tridimensionnelle assistée par ordinateur, capable de se déplacer , voir et toucher ce monde virtuel (Rheingold 1991).

5.1.1. Outils et méthodes IVR

Les outils IVR actuellement utilisés sont le Head-Mounted Display (HMD) (Fig.20)- un appareil immersif portable - et le Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) (Fig.21)- un paramètre VR semblable à une pièce (Cruz-Neira et al., 1993). Le grand avantage de telles technologies immersives, c'est qu'elles permettent de concevoir un monde virtuel qui réponde en temps réel au mouvement de l'utilisateur qui devient ainsi une partie de l'environnement tridimensionnel virtuel. Les contingences sensori-motrices qu'offrent ces outils, jouent un rôle crucial dans la caractérisation d'un système virtuel comme immersif (Slater, 1999) et apte à générer des résultats très proches de la réalité.



Figure 20: Head-Mounted Display (HMD). Google images.

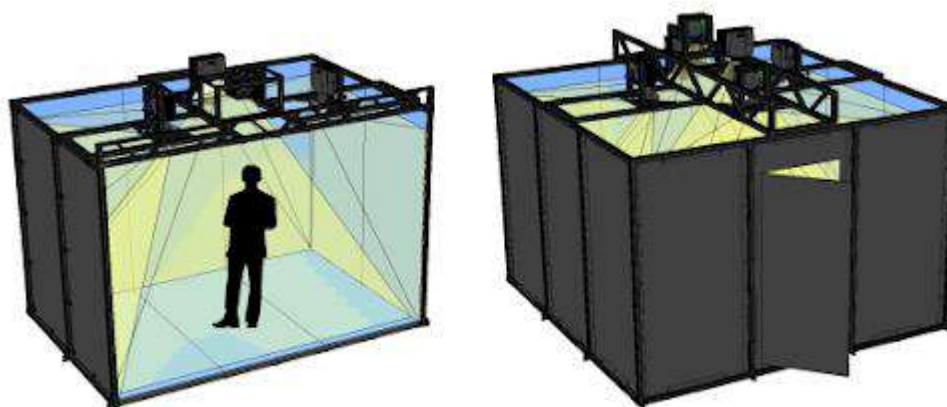


Figure 21: Cave Automatic Virtual Environment (CAVE). Google Images.

Une autre valeur fondamentale de l'IVR pour les paradigmes expérimentaux réside dans sa capacité à démontrer que l'exposition à un scénario virtuel immersif peut susciter chez les participants un fort sentiment d'«être physiquement présent» dans l'environnement perçu, qui représente un aspect important de la conscience (Seth et al., 2012). Cette capacité est définie conceptuellement comme le sentiment de présence et elle se traduit par une modulation des réponses psychophysiologiques et neurophysiologiques qui reproduisent des comportements réalistes et des réactions physiologiques comme si le sujet était physiquement situé dans un lieu réel.

En raison de la nouveauté relative de l'application des paradigmes de réalité virtuelle aux fins de la recherche en architecture, certaines limites doivent être soulignées. La principale limitation concerne le manque d'études exhaustives sur la mesure dans laquelle les expériences des utilisateurs sont analogues dans les environnements virtuels et les environnements réels. Ainsi, malgré que la technologie IVR a confirmé son potentiel dans la recherche, une étude est nécessaire pour examiner le degré de similitude et de différence-entre les résultats de l'expérience dans la réalité virtuelle immersive et l'expérience des environnements réels.

11.2. Le HUSS Index

C'est une méthode d'enquête développée en 2017 par le "*Huss Studio*" (Daly et al., 2016). Elle permet d'évaluer simultanément la perception multi-sensorielle des espaces et

étudie comment l'environnement physique influe sur le statut émotionnel et le niveau de confort des utilisateurs de l'espace. L'objectif principal de cette méthode est d'explorer l'expérience sensorielle et émotionnelle humaine dans les espaces publics et de mesurer le confort physiologique et psychologique.

Le "*Huss Index*" s'appuie sur deux approches ; une approche ethnographique pour la compréhension subjective de l'espace et une approche expérimentale pour la mesure objective de l'expérience environnementale. Donc, la méthode combine des outils et des méthodes ethnographiques (entretiens et cartographie sensorielle) et des dispositifs technologiques de mesure (GSR et EEG). Cette combinaison cherche à corrélérer ce que les participants ressentent subjectivement à propos de leurs expériences environnementales avec leur état physique et émotionnel objectif en temps réel et dans l'espace. Le "*Huss Studio*" définit trois étapes pour la conduite d'une telle méthode.

5.3.1. Les étapes de "*Huss Index*"

- **Entretiens de marche**

Les entretiens de marche peuvent générer des données quantitatives plus riches car les participants sont motivés par les significations et les liens avec l'environnement environnant. Les entretiens de marche sont une méthode de recherche phénoménologique qui tient compte des éléments sensoriels de l'expérience humaine des lieux. Certaines recherches architecturales ont adopté la "photo-interview" comme méthodologie, mais elles ne parviennent pas à stimuler l'expérience réelle des espaces étudiés. Les images architecturales photographiées, qui sont régulièrement utilisées dans les méthodologies de recherche en architecture et en environnement, favorisent le centrisme oculaire. La qualité d'un environnement architectural semble dépendre fondamentalement de la vision au détriment des autres sens. Par conséquent, l'exploration d'une expérience architecturale ne peut être complète et ne peut représenter la réalité qui se produit dans l'espace étudié. Marcher dans la rue signifie que le chercheur et le participant sont exposés à la stimulation multi-sensorielle de l'environnement bâti.

- **Cartographie sensorielle (Sensory mapping)**

En règle générale, les cartes sont considérées et utilisées comme un moyen graphique de représentation de la perception spatiale. La cartographie sensorielle est un outil

permettant d'enregistrer la perception sensorielle des utilisateurs / participants. Les entretiens de marche seront utilisés pour capturer les perceptions sensorielles des environnements urbains. Les cartes seront générées à partir de données recueillies auprès d'un échantillon varié de participants sélectionnés pour les interviews.

- **Utilisation de dispositifs technologiques**

L'évaluation des préférences et des comportements dans les espaces architecturaux et urbains fondée sur des dispositifs technologiques pourrait contribuer à une évaluation ou même une conception plus efficace de l'espace, qui contribue de manière positive à l'humeur, au bien-être et au confort. L'un des marqueurs les plus sensibles de l'excitation émotionnelle est la réponse galvanique de la peau (Galvanic Skin Response- GSR), également appelée conductance de la peau (Skin Conductance- KC). La GSR mesure la quantité de sueur rejetée par les glandes sudoripares. La quantité de glandes sudoripares varie à travers le corps humain, étant plus élevée dans la région des mains et des pieds. Bien que la sécrétion de sueur joue un rôle majeur dans la thermorégulation et la discrimination sensorielle, la stimulation de la conductance cutanée dans la région des mains et des pieds est également provoquée par la stimulation émotionnelle. L'hypothèse est que ces changements sont une indication de "l'intensité émotionnelle".

L'autre appareil permettant d'enregistrer l'état émotionnel est le "EEG", qui permet de mieux comprendre la base neurale des réponses cognitives humaines aux stimuli externes tels que les situations et les environnements. L'EEG mobile fournit des méthodes non invasives pour capturer les états affectifs des personnes lorsqu'elles occupent des environnements. Les ondes cérébrales sont mesurées en fonction de l'amplitude et de la fréquence. Ces bandes sont indépendantes les unes des autres et sont généralement mappées sur des états cérébraux et mentaux spécifiques. Par exemple, des valeurs alpha plus élevées sont considérées comme une indication d'une activité cérébrale faible typique d'un état mental détendu. Les ondes de la bande bêta, d'autre part, sont dominantes dans un état d'esprit actif et alerte. Nous nous attendons donc à ce que de telles lectures indiquent quelque chose au sujet de l'humeur d'une personne qui se déplace dans un espace.

Le principal avantage de l'EEG par rapport à d'autres mesures telles que la GSR (réponse galvanique de la peau) est qu'il permet aux chercheurs d'identifier les régions du

cerveau activées et leur rôle dans le comportement humain. Les stimuli positifs ("heureux" ou "joyeux") et négatifs ("menaçants" ou "attristants") peuvent entraîner une augmentation de l'excitation - et une augmentation de la conductance de la peau. La GSR ne peut pas enregistrer si une expérience est positive ou négative. De plus, des capteurs de température et d'humidité sans fil peuvent être utilisés pour mesurer et contrôler le confort physiologique et thermique.

5.3.2. Synthèse

Une meilleure compréhension de la manière dont l'environnement physique et les espaces publics influent sur l'expérience de l'homme peut fournir aux universitaires et aux professionnels des preuves solides sur lesquelles fonder leurs recherches, la conception et la gestion future des environnements bâtis. "*Huss Index*" est une méthodologie de recherche en cours de développement pour étudier la manière dont les gens perçoivent les espaces publics.

L'utilisation simultanée d'interviews, de cartographie sensorielle et d'appareils tels que GSR et EEG donne aux chercheurs l'occasion de développer une compréhension plus ou moins complète de l'expérience vécue de l'espace. Cette méthodologie expérimentale permet non seulement d'analyser les stimuli sensoriels et les expériences émotionnelles, mais donne également l'occasion d'explorer comment ces facteurs peuvent interagir les uns avec les autres et comment ces perceptions et expériences peuvent être reliées aux antécédents culturels et aux expériences de la vie.

6. Conclusion

Les méthodes et les méthodologies consultées à travers cette revue de la littérature, traitent la question de la relation homme-environnement bâti à travers deux approches distinctes. Une première approche centrée autour de la "perception sensorielle" qui s'intéresse à la façon dont l'homme perçoit son environnement et une seconde approche causale (cause-effet). Celle-ci s'intéresse à l'impact psychologique et physiologique de la configuration spatiale morphologique et ambiante de l'environnement bâti sur l'homme. Toutes les méthodes collectées sont classées en quatre grandes catégories: des méthodes expérimentales, des méthodes qualitatives, des méthodes mathématiques et des méthodes géométriques.

Chacune des méthodes présentées ici, peut être utilisée seule pour élucider certains aspects énigmatiques de la relation homme-espace construit. Cependant, chaque méthode dispose de ses propres inconvénients et lacunes par rapport aux questions de recherche traitées dans la présente thèse. Ces inconvénients et lacunes peuvent être comblés à travers la combinaison de plusieurs méthodes. L'élaboration d'un schéma méthodologique contrôlé et précis, tissant des liens de complémentarité entre les méthodes présentées au cours de cette revue de littérature, permet de mieux répondre aux questions et aux objectifs de cette thèse.

Ce schéma méthodologique est le résultat d'un travail de croisement des méthodes (présentées le long de ce chapitre) à deux niveaux. Un premier croisement entre les avantages et les inconvénients de chacune des méthodes présentées permet d'élaborer un schéma des méthodes complémentaires pour estimer la complémentarité entre une méthode et une autre. Le deuxième croisement confronte le résultat du schéma des méthodes complémentaires aux questions et aux objectifs de la recherche afin de trancher sur le choix des dispositifs méthodologiques pertinents pour cette recherche.

Le synopsis méthodologique résultant de cette série de croisements est composé essentiellement de trois volets d'analyse et d'interprétation interconnectés (Fig. 22).

1- L'expérience architecturale: analyse des textes écrits et des témoignages sur l'expérience de la Casbah. Le but de cette analyse est de proposer des hypothèses concernant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Le choix est porté sur l'analyse de contenu pour l'accomplissement de cette partie.

2- Caractéristiques et configurations morphologiques : analyse morphologique de l'espace de la Casbah, cas des parcours. Le but est de vérifier la validité des hypothèses proposées plus haut. L'analyse morphologique combine deux méthodes d'analyse, l'analyse séquentielle et l'analyse isovist.

3- Interprétation: interprétation des résultats de l'analyse morphologique et des hypothèses valides en référence aux connaissances en neuroscience pour architecture discutées dans les chapitres précédents.

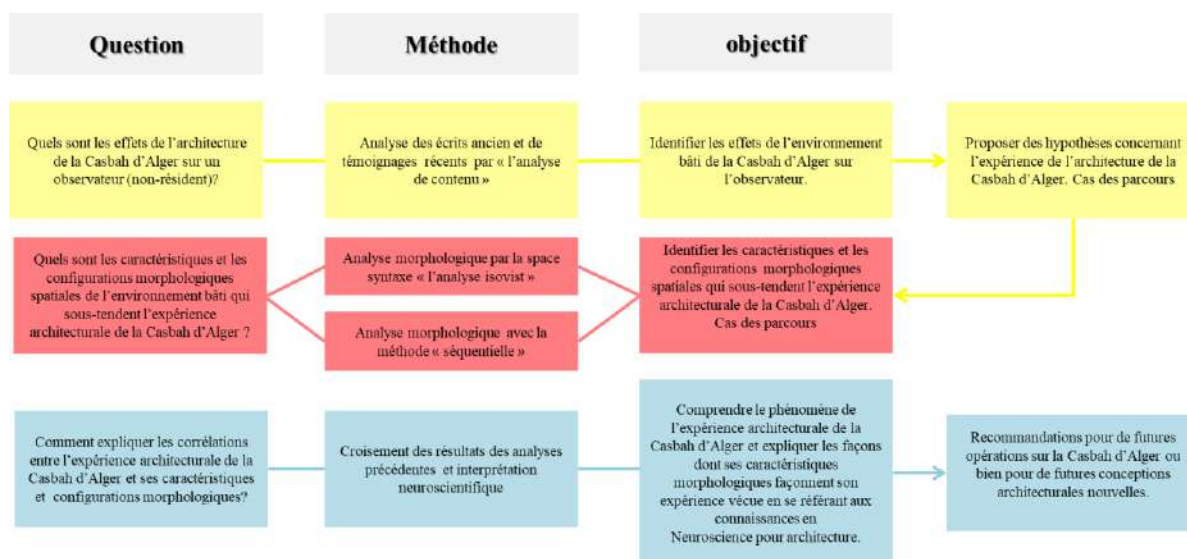


Figure 22: synopsis méthodologique de la présente thèse. Auteur.

La méthodologie ainsi que le choix des dispositifs méthodologiques proposés pour la conduite de la présente recherche sont explicitement présentés et discutés dans le chapitre six de cette thèse.

CHAPITRE CINQ : CAS D'ÉTUDE

LA CASBAH D'ALGER : LA RUE « SIDI DRISS HAMIDOUCH »

1. Introduction

Le présent chapitre se concentre sur la présentation du cas d'étude choisi pour l'élaboration de cette recherche. Cette présentation porte sur la description architecturale, morphologique et expérimentale. Le dévolu est jeté sur la Casbah d'Alger pour les diverses qualités architecturales, urbanistiques, phénoménologiques et esthétiques qu'elle possède. Elle est considérée comme un modèle-type d'une architecture humaine et écologique. En plus, la Casbah est une ville millénaire et un patrimoine mondial qui a fait rêver plusieurs architectes et artistes à travers le monde (Karabag et Fellahi, 2017). En outre, la disponibilité importante des textes et d'écrits sur la Casbah est une autre raison justifiant le choix de ce cas d'étude.

2. La Casbah d'Alger

La Casbah représente le quartier historique d'Alger. Fondée par la dynastie « Zirid » au Xe siècle sur les vestiges de l'ancienne cité phénicienne d'Ikosim sous le nom de « Djezair Beni Mezghenna », la Casbah s'installe sur un site exceptionnel, dont l'emplacement stratégique en a fait une possession convoitée par plusieurs pouvoirs gouverneurs (Missoum, 2003). Après les Phéniciens du VI^e siècle av. J.-C., la région fut habitée par une succession de carthaginois, berbères, romains, byzantins et arabes. Alger fut gérée comme un petit port de commerce par les Arabes du VII^e au début du XVI^e siècle. Après elle fut reconquise par le corsaire turc Khair-al-Din Barberousse qui la déclara Capitale de l'Algérie en 1516. Il y a peu de connaissances sur la ville pré-ottomane, cependant, les murs de la cité berbère auraient pu correspondre aux murs ottomans ultérieurs, mais la densité était considérablement inférieure à celle de la période post-XVI^e siècle. Beaucoup de rues sont d'anciens chemins romains ou des ravins remplis qui servaient d'égout à ciel ouvert à l'époque berbère.

La Casbah est divisée en deux zones: la ville haute appelée Al-Djabal ou « la montagne » et la ville basse appelée « Al-Wata » ou les plaines. Les structures administratives, militaires et commerciales occupaient la partie basse habitée principalement par des dignitaires et des familles riches contrairement à la partie haute de la ville. Cette division est toujours existante. Cependant, la partie basse de la ville, notamment le quartier de la Marine, s'est complètement transformée avec l'intervention des français. Contrairement à la partie haute de la Casbah, la partie base ne conserve de son état original que quelques édifices, palais et mosquées, qui témoignent de la présence et l'étendue de la Casbah dans cette partie, tel que Dar Aziza, Bastion 23, mosquée Ketchawa, Dar Hassan Pacha, Dar

Mustafa Pacha, Dar Essouf...etc. (Fig.23). C'est la raison pour laquelle cette thèse s'intéresse à la partie haute de la Casbah d'Alger.



Figure 23: la base Casbah. À gauche le Bastion 23, à droite Ketchawa et Dar Aziza. Source: Farouk Toumi (2019).

Le long des rues principales se trouvent des souks et des petits commerces concentrés, mais actuellement il n'en reste que quelques-uns. Le réseau viaire se caractérise par la hiérarchie et l'arborescence qui donne à la ville son image de labyrinthe géant et à ciel ouvert. La hiérarchie fonctionnelle et dimensionnelle permet de distinguer deux types de rues des rues grande et bordée de commerces et d'autres activités tertiaires ou administratives ; et des rues étroites et sinueuses, transversales ou longitudinales, voutées ou plafonnées ou à ciel ouvert. Ces rues sont souvent connectées à des impasses pour assurer plus d'intimité et de sécurité des maisons.

La médina d'Alger contient aussi un grand nombre de bâtiments religieux et publics, parmi lesquels viennent en premier lieu les grandes mosquées et une multitude de petites mosquées de quartier. Zawiyas (petites mosquées), medersas (écoles religieuses), fontaines et hammams (bains publics) étaient également disséminés dans la ville. Les petits marchés (swika) constituent des interfaces entre les quartiers. Il y avait aussi des espaces de loisirs comme les sabats (sièges voûtés), les qahouet (cafés), les installations pour des visiteurs

passagers ou des marchands comme les foundouks (hôtels), et les installations militaires comme les palais, les bordjs (citadelles, tours) et les casernes militaires qui se situent à proximité des remparts (Mazouz 2009).

Après l'occupation française, de nombreux projets, basés sur la tradition urbaine haussmannienne, ont été élaborés et ont plus tard changé radicalement le visage de la ville (Celik 1997). La Casbah s'est progressivement transformée et a été en partie détruite et reconstruite entre le 19^{ème} et le 20^{ème} siècle, devenant ainsi une mosaïque qui raconte une histoire dynamique de la ville. Les traces marquant son histoire résultent tant des actes de ses habitants que du temps qu'elle a traversé. Ainsi, les rues et les maisons ottomanes construites en concordance avec le style de vie islamique, les édifices coloniaux qui cherchaient à masquer l'architecture indigène, la nouvelle vague de squatters qui ont fui les villages ruraux pour y habiter, constituent tous des éléments qui ont façonné et continuent à façonner l'espace et l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger.

Autrefois, les caractères les plus distinctifs de la Casbah sont : son réseau labyrinthique de rues (Fig. 24) et ces maisons très en harmonie avec la topographie et la nature du site. Aujourd'hui, les caractéristiques de la Casbah sont: les maisons de la période ottomane qui conservent toujours leur forme d'origine, elle sont plus concentrées dans la partie supérieure connue sous le nom de Haute Casbah ; les maisons ottomanes remaniées qui ont subi des modifications durant l'occupation française ; les bâtiments qui ont été construits pendant la période de l'occupation française pour remplacer les constructions de style ottoman dans la Basse Casbah; les terrains vides et les fragments de maisons en ruine. Il est important de noter, que le réseau des rues n'a pas été gravement altéré, cependant le vide créé par la chute de plusieurs maisons a changé le caractère étroit et sinueux d'un nombre considérable de rues.



Figure 24: Plan de la Casbah d'Alger montrant son réseau labyrinthique de rues. Google images.

2.1. L'architecture de la Casbah d'Alger : Les caractéristiques spatiales-formelles de la Casbah d'Alger

Inscrite au patrimoine mondial de l'humanité en 1992, la Casbah d'Alger est un exemple unique de médina du Maghreb et de ville historique médiévale Méditerranéenne. Située sur une immense baie en croissant sur la Méditerranée entourée de pentes abruptes, la Casbah d'Alger s'étale comme un labyrinthe de ruelles étroites et sinueuses et de hautes maisons aux murs blancs densément peuplées grimpant la pente du bord de la mer au sommet de la colline.

La Casbah d'Alger est un exemple d'un urbanisme organique qui s'est développé progressivement grâce à un processus génératif évolutif régi par l'interaction entre la géométrie de la forme bâtie, le climat, la topographie du site et les besoins culturels religieux et sociaux des résidents (Hadjri 1993 ; Benhamouch 2003; Karabag et Fellahi 2017 ; Benchekroun et all., 2019). En somme, l'environnement bâti de la Casbah est le produit de toutes les forces opérant sur le site, tels que la topographie, la nature, le soleil, la direction de la lumière et du vent, les besoins humains et les croyances culturelles et religieuses.

- ***Le réseau de viaire***

Selon Zeynep Çelik (1997), du point de vue d'un étranger, le réseau de circulation de la Casbah n'a aucun sens; cependant, pour ceux qui l'habitent et le fréquentent, la logique de ses rues est claire. C'est-à-dire que les rues de la Casbah constituent une découverte pour les nouveaux usagers/visiteurs et un refuge très intime et familier pour les usagers permanents et les visiteurs fréquents. Au fur et à mesure que la ville monte vers la citadelle, un dédale de ruelles se déploie à la vue et, de temps en temps, une fontaine (Sabil) bien ornementée crée un moment de pause et un repère dans ce labyrinthe de rues. Il est facile de se perdre dans ce labyrinthe et seule, la mer sert de repère pour rejoindre la partie basse de la Médina.

Çelik (1997) classe les rues de la Casbah en trois types principaux qui correspondent à la nature de leur usage. Le premier type se trouve principalement dans la partie basse de la vieille ville. C'est des rues larges qui accueillent des activités militaires, gouvernementales et commerciales. Ces rues sont en particulier les artères qui se connectent, autrefois, aux portes de la ville. Le deuxième type de rues est celles qui traversent la Casbah reliant entre les quartiers commerciaux dans la partie basse de la ville et les quartiers résidentiels nichés dans la partie haute de la ville. Au fur et à mesure que le réseau viaire monte vers la citadelle, les

rues deviennent étagées (en escalier) pour s'adapter à la topographie abrupte et assurer une communication efficace. Le dernier type dans le réseau viaire complexe de la Casbah est les «ruelles» étroites qui dominent la circulation dans la haute Casbah.

- **Forme urbaine**

La Casbah d'Alger a une forme triangulaire et se dresse sur une colline descendant vers la mer. Elle se caractérise par la densité de l'étagement des formes cubiques simples (et d'une certaine uniformité stylistique) entrelacées qui forment les habitations et autres bâtiments publics. Les maisons sont toutes construites autour d'une cour centrale à ciel ouvert et couronnées d'une terrasse ouverte sur une vue panoramique sur la mer (Fig.25) (Hadjri 1993 ; P.68). La disposition spatiale des maisons flanquant les bords de ces rues forme des contours curvilignes de divers degrés de courbure. Les rues sont tortueuses (suivent les lignes de ravines qui forment les égouts naturels). Plus la ville grimpe la colline, plus les maisons deviennent petites et compactées.

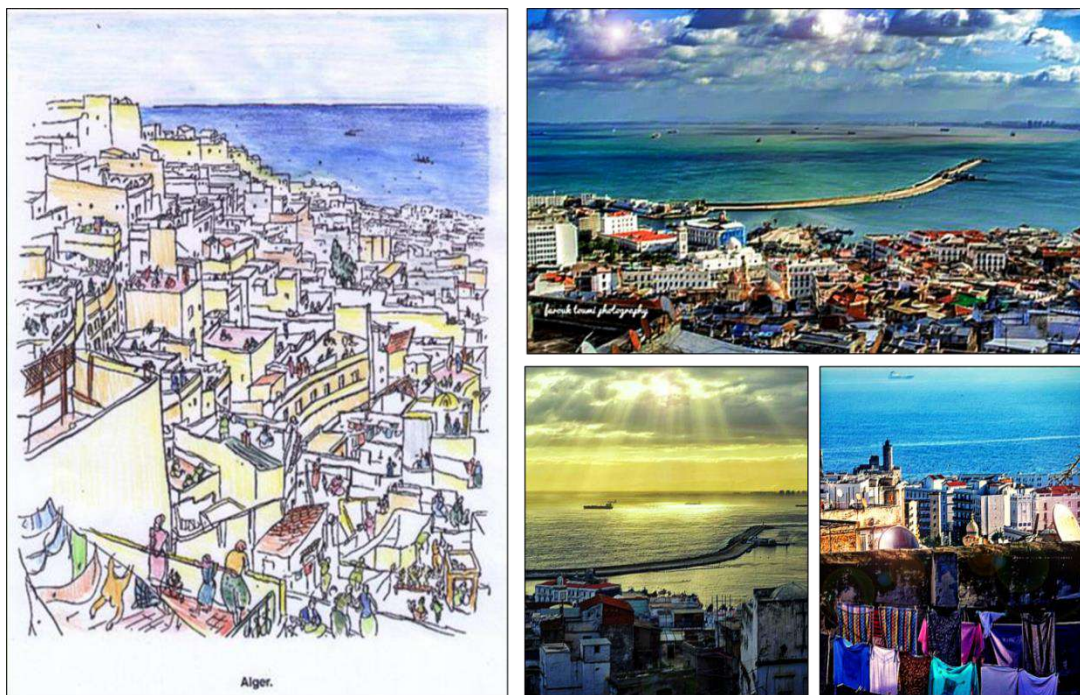


Figure 25: illustration et image de la vue sur la mer depuis les terrasses des maisons. Prises photographiques par Farouk Toumi.

- **Dualité de la Casbah**

Cette qualité est le résultat des interventions françaises sur la ville originale. Comme l'a déclaré Çelik (1997) dans son livre "*Colonial forms and Urban Interventions*". Les premières interventions coloniales françaises dans la Casbah ont connu la destruction aveugle d'édifices religieux et civiques algériens indigènes pour faire place à un nouvel urbanisme

haussmannien centré sur le mouvement militaire et la domination coloniale. La Casbah est donc remodelée à la haussmannienne, pour faire place à des boulevards plus larges et à de larges places publiques pour accueillir les rassemblements des troupes militaires et quelques festivités. De plus, une nouvelle série d'édifices a été construite dans le quartier de la Marine pour devenir le nouveau visage de la ville, créant alors une dualité à cette ville entre l'ancien indigène et le nouveau exogène, entre l'organique et l'orthogonale, entre le minimalisme et le richement ornementé, entre les façades aveugles et les façades avec balcons et plusieurs ouvertures.

- ***Familiarité et appartenance spatiale***

Au-delà de sa configuration et de sa dualité, la Casbah a fourni à ses habitants un sentiment d'attachement fort à leur identité à travers la mémoire collective de l'espace (Faidi 2015). Pendant la guerre de l'indépendance algérienne (1954-1962), l'architecture de la Casbah a été utilisée comme un instrument pour les révolutionnaires pour contourner l'œil et échapper aux arrestations du colonisateur, en offrant aux révolutionnaires un espace de refuge et de fuite d'un part et de surveillance d'autre part, grâce aux terrasses imbriquées et connectées des maisons ainsi qu'au réseau viaire labyrinthique et entortillé. Dans cette optique, Yacef Saadi atteste «[...] *située dans un coin de la ville, dominant la mer et jouant un rôle actif dans le centre urbain européen, avec son inextricable labyrinthe de ruelles, la Casbah est un vaste labyrinthe sur lequel se superposent des milliers d'accès et des imprévus passerelles [...]. Avec sa configuration urbaine arborescente et ascendante, avec ses impasses, ses portes anonymes et furtives, ses murs inclinés et entrelacés - bref, avec toutes ses caractéristiques architecturales hors-la-loi -, la Casbah est presque prédestinée à lutter et 'rébellion'.* » (Faidi 2015). L'architecture, notamment ses affordances spatiales, est devenue ici un instrument de «surveillance».

- ***Ambiances atmosphériques et spatiales***

Des contrastes existent partout dans la Casbah d'Alger à différents niveaux. Les contrastes sont retrouvés dans la transition entre l'espace intérieur (la maison) et extérieur (la rue) où les ambiances sont si différentes et changent du calmes et minimalistes à l'extérieur (la rue) à ornementées et dynamiques à l'intérieur (la maison). Le contraste dans la taille de l'espace et dans l'éclairage se retrouve aussi dans la transition entre les espaces adjacents aussi bien dans la rue que dans la maison, par exemple une rue ouverte et bien

éclairée devient soudainement étroite et sombre ou couverte et sombre ou les deux à la fois (Fig. 26), ou comme dans le passage de la Sqifa (l'entrée) à wast dar (le patio) dans la maison de la Casbah (Fig. 27).



Figure 26: photos du contraste de taille et d'éclairage dans les rues de la Casbah d'Alger. Source: Auteur.

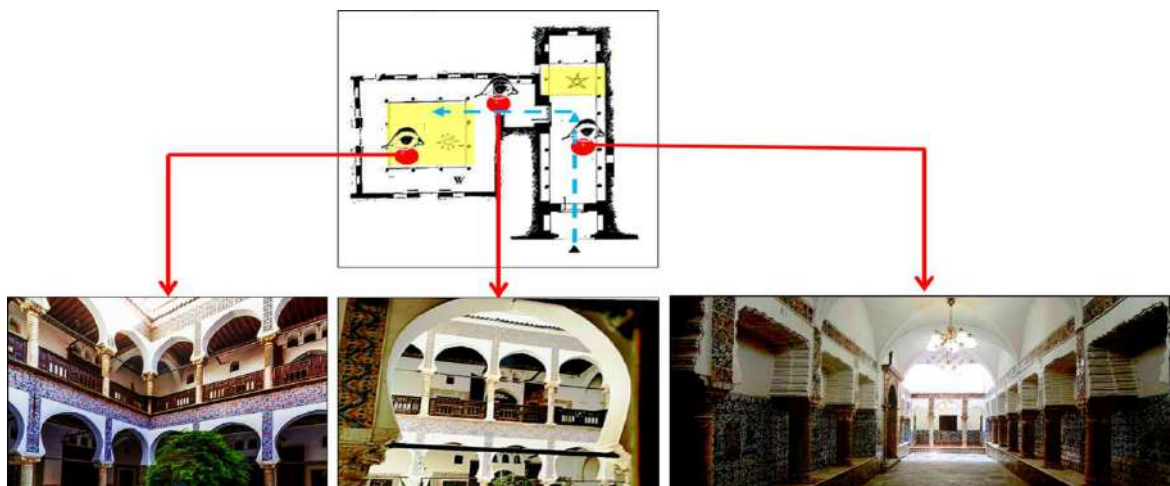


Figure 27: transition entre contrastes différents de la Sqifa au Wast dar dans Dar Mustapha Pacha. Auteur (2020).

- **Synthèse**

L'environnement issu de l'architecture vernaculaire de la Casbah d'Alger fait référence à un ensemble complexe de savoir-faire. L'harmonie entre la topographie du site, le paysage, le climat, la religion, la culture et l'homme fait de la Casbah d'Alger un parfait exemple de ce que Ravéreau appelle la «loi de cohérence». Il semble opportun de soumettre l'architecture et le design de la Casbah d'Alger sous la loupe des sciences cognitives (neuroarchitecture, neuro-esthétique et neurophénoménologie), afin de comprendre ses caractéristiques morphologiques et spatiales, leurs effets sur les émotions et la cognition des individus, ainsi que les enseignements qui peuvent en découler.

3. Expériences de la Casbah d'Alger : quelques témoignages

La découverte de la Casbah fut un passage obligé pour beaucoup d'européens du XIX^{ème} et XX^{ème} siècle. Bénéficiant d'un climat très doux, Alger était la destination phare des touristes d'hiver. D'autre part, la montée de l'orientalisme a encouragé de nombreux architectes, écrivains, ou encore peintres à la découvrir.

3.1. Le Corbusier

Le Corbusier était particulièrement intéressé par Alger. Il s'y rend pour la première fois en 1931. À cette époque, il croyait qu'Alger était peut-être la plus belle ville du monde (Roy 2001). Parmi les nombreuses villes qu'il visita et étudia, Alger occupa une place privilégiée, non seulement par la durée de ses études menées sur cette ville (plus d'une décennie), mais également par l'intensité des idées et des projets qu'il a développés à ce sujet, notamment le projet "Obus".

Le Corbusier a découvert cette médina, qu'il qualifie d' « admirable ». Elle a suscité son attention, son imagination et sa créativité. Le Corbusier en explorant la Casbah, avec son dédale de ruelles étroites et ses demeures densément peuplées, était surpris, fasciné et foudroyé, non seulement par son architecture et ses ambiances (Sobin 1994), mais aussi par les femmes algériennes en tant que composante de la ville et de son fantasme orientaliste. Roy (2001) a même affirmé que La Casbah aux yeux de Le Corbusier est aussi belle et plastique que la femme algérienne à la hanche souple et la poitrine généreuse.

Le Corbusier défendait le modèle de la Casbah avec un regard admiratif et respectueux, non seulement dans ses ouvrages *La Ville Radieuse* (1935) et *le folklore est l'expression fleurie des peuples* (1941), mais aussi dans d'autres revues. Son obsession de la Casbah l'a

poussée à mesurer les qualités des espaces de la Casbah (Gerber 1992). Le Corbusier en retient les caractères suivants : une coupe qui épouse la pente, le grand paysage qui s'offre depuis les terrasses, la captation et la protection du soleil depuis les cours intérieures des habitations, l'harmonie des proportions et des dimensions qui se mesure en référence au corps humain et ses différentes postures. On sait aussi, grâce au témoignage de Jean de Maisonseul, qui le conduisit pour la première fois en 1931 dans le dédale des rues de la casbah d'Alger, que sa pratique et sa sensibilité de peintre l'amènent vers les maisons closes, à la recherche de modèles vivants, pour nourrir son désir d'exotisme. L'attention qu'il porte à la casbah relève de fait de sa quête moderne du primitif, "*non pour y trouver la barbarie, mais pour y mesurer la sagesse*" (La Ville radieuse).

3.2. Eugène Fromentin

Eugène Fromentin, a consacré tout un livre "Une Année dans le Sahel", pour décrire son voyage à Alger. Ce livre permet de rapprocher les attitudes de Fromentin des sentiments de Le Corbusier et de Picasso. Avec les yeux d'un peintre et dans un esprit orientaliste il décrit la Casbah d'Alger enchanteresse, son architecture comme son urbanisme :

... Alger demeure toujours la capitale et la vraie reine des Maghrébins. Elle a toujours sa Casbah pour couronne, avec un cyprès, dernier vestige apparent des jardins intérieurs du Dey Hussein. Quoi qu'on fasse, elle est encore, et pour longtemps, j'espère, El-Bahadja, c'est-à-dire, la plus blanche ville peut être de tout l'Orient. Et quand le soleil se lève pour l'éclairer..., on la croirait sortie de la veille d'un immense bloc de marbre blanc veiné de rose. (Gerber 1992, p. 91- 92)

Fromentin qui a séjourné un instant à Mustapha, à proximité de la baie d'Alger, il a beaucoup parlé de ce qu'il appelle "les maisons turques " :

...Ces demeures étaient une création à la fois des plus poétiques et des plus spirituelles. Ce peuple avait su faire des prisons qui fussent des lieux de délices, et cloître ses femmes dans des couvents impénétrables aux regards et transparents. Pour le jour, une multitude de petites ouvertures, des jardins tendus de jasmin et de vignes; pour la nuit, des terrasses: quoi de plus malicieux et en même temps de plus prévoyant pour la distraction des prisonnières? Ces maisons si bien fermées n'ont, pour ainsi dire, pas de clôture... Nous ne comprenons rien, nous autres, aux mystères d'une pareille existence. Nous jouissons de la campagne en nous y promenant: rentrons-nous dans nos maisons, c'est pour nous enfermer; mais cette vie recluse près d'une fenêtre ouverte, l'immobilité devant un si grand espace, ce luxe intérieur, cette mollesse du climat, le long écoulement des heures, l'oisiveté des habitudes, devant soi, autour de soi, partout, un ciel unique, un pays radieux, la perspective infinie de la mer, tout cela devait développer des rêveries étranges, déranger les forces vitales, en changer le cours, mêler je ne sais quoi d'ineffable au sentiment douloureux d'être captif. Ainsi naissait au fond de ces délicieuses prisons tout un ordre de voluptés

d'esprit qui sont à peine imaginables. Au surplus, ne me trompé-je pas en prêtant des sensations très littéraires à des êtres qui assurément ne les ont jamais eues?...(Gerber 1992, p. 93-94)

3.3. L'expérience architecturale de la Casbah d'Alger à travers la littérature

Le passage en revue des différents témoignages sur la Casbah d'Alger sera présenté dans le tableau (Tab. 5) ci-dessus. Ce tableau récapitule l'ensemble de ces témoignages et ouvrages consultés durant la phase de l'élaboration des constats pour la formulation de la question de recherche. Les témoignages sont classés par ordre chronologique de l'année 1500 jusqu'à aujourd'hui. Les cellules de ce tableau désignent la nationalité et le background des auteurs, ainsi que les éléments de la casbah cités et décrits par ces auteurs. Il a été remarqué que malgré les différences culturelles et spatio-temporelles entre les auteurs, il existe des similitudes constantes dans leurs descriptions de la casbah et dans leur expérience.

Tableau 5: liste des auteurs et des témoignages sur l'expérience de la Casbah au fil des temps. Auteur.

Chronologie	Auteurs	Discipline	Nationalité	Éléments de réaction	Références
1500	Jean Léon l'Africain	Voyageur géographe	Grenadien (Espagnol)	Les paysages et les couleurs, l'ampleur des murailles, les avenues et les maisons, et la grande mosquée	l'Africain, 1957
1600	Fernand Braudel	Historien			Braudel, 1966
	Ismayl Urbain	Journaliste interprète	Français	Les paysages, les couleurs, la verdure,	Levallois, 2001
1800	Berbrugger	archéologue		Ruelles étroites et sinueuses, ligne courbes, les kbous, couleurs, surprise et changement de direction	Orloff et Stétite, 2011

1900	Onésime Reclus	géographe	Français	Les boutiques, les ruelles, surprise et changement de direction, les paysages, les maisons, couleurs, et terrasses	Orloff et Stétite, 2011
	Le Corbusier	Architecte	Suisse	Les maisons, les rues, les proportions, les terrasses	Corbusier, 1941
	Lucienne Favre	Écrivaine	Française	Les rues de la Casbah, l'ambiance, la vie dynamique	Favre, 1933
	André Ravéreau	Architecte	Français	Les maisons et les proportions, les terrasses	Ravéreau, 2007
	Mebtouche Ali	Écrivain	Algérien	Couleurs, mémoire, dédale, les ruelles sinueuses, intimité, odeurs (café et jasmin), les terrasses, les paysages, boutiques fontaines	Recueil de la fondation Casbah
2000	Douglas Kennedy	Écrivain	Américain	Panoramas et paysages, les minarets des mosquées, les immeubles coloniaux, beauté et grandeur, les ruelles, les dédales	https://www.lemonde.fr/culture/article/2013/08/29/revoir-l-algerie_3468534_3246.html

Cette liste de témoignages n'est pas exhaustive, elle ne comprend qu'un échantillon de témoignages très limité, car l'objectif de cette thèse n'est pas de collecter tous les témoignages, mais de démontrer leur dimension universelle. En définitif, la Casbah a fasciné beaucoup de personnes, parmi eux plusieurs architectes. Pour les architectes du Team Ten, comme pour Le Corbusier avant eux et pour d'autres après, la casbah illustre un espace d'harmonie et d'humanité. Elle les a séduits par son rapport sublime au site et sa force plastique, ainsi que par les enseignements qu'elle offre en matière de profondeur anthropologique et complexité sociale de l'habiter.

4. La Casbah d'Alger et la recherche scientifique

Malgré les recherches approfondies sur la période ottomane d'Alger, l'architecture et l'urbanisme ont encore besoin de plus de recherches et d'approfondissements pour dévoiler leurs secrets. En effet, la plupart des ouvrages et des recherches sur la Casbah d'Alger, n'ont traité que des aspects généraux liés à son histoire urbaine ou à des aspects spécifiques de son tissu urbain ou encore à des aspects liés à des savoir-faire architecturaux et urbains. A titre d'exemple, certains auteurs ont étudié l'histoire d'Alger, sa géographie, son économie ou sa sociologie (Cresti 2005, 2008; Lespes 1931; Lesbet 1985, 1987 ; Vergès 1994 ; Taraud 2008 ; Staszak 2018 ; Sebih 2019). Tandis que d'autres se sont plus concentrés sur son urbanisme ou sur des bâtiments singuliers (Chérif, 2005, 2007, 2008, 2009, 2016 ; Chergui, 2017 ; Chergui et Haddad, 2020; Golvin, 1988; Kamache-Ouzidane, 2013; Zekagh, 2008; Hadjilah, 2014 ; Orloff et Stétié, 2011 ; BenHamouche, 2003 ; Abdessemed-Foufa, 2011 ; Atek 2012; Abdiche et Cherifi, 2019 ; Benchekroun et al., 2019 ; Benghadbane, 2019 ; Hadjilah et Chérif, 2020).

Ce passage en revue de ce riche univers de recherches sur la Casbah d'Alger par plusieurs chercheurs de différentes disciplines, a démontré que peu de recherches s'intéressent à la dimension phénoménologique et le vécu sensible de cette ville, qui a fait réagir plusieurs voyageurs, écrivains, et architectes du monde entier. Parmi les rares travaux qui ont étudié ce côté sensible de la Casbah d'Alger on retrouve : les travaux de Belakehal et Farhi (2008) et de Zidelman et Belakehal (2016) sur les ambiances de la Casbah d'Alger ; ces travaux essaient d'identifier ce patrimoine oublié à travers une analyse de contenu de plusieurs écrits révélateurs sur la Casbah d'Alger. Il y a aussi le travail de Belbey (2020), qui n'est pas en rapport direct avec l'architecture et l'urbanisme de la médina d'Alger, mais plus avec la littérature sur cette ville. Ce travail est une recherche littéraire conduite avec une approche

interdisciplinaire qui englobe la poétique, la stylistique, l'analyse thématique et psychanalytique ainsi que la sémiologie et la narratologie, dans le but de savoir comment cet espace est perçu et représenté par les écrivains 'Samir Toumi' et Albert Camus dans leurs écrits sur la Casbah.

Tous ces travaux sur la dimension phénoménologique sensible de la Casbah essayent d'identifier les ambiances qui constituent l'identité sensorielle de la ville. Malheureusement, les liens entre les configurations spatiales et les ambiances ne sont pas encore compris et encore moins le lien entre ses ambiances ou expériences sensorielles vécues et la perception et la cognition humaine.

5. La rue Sidi Driss Hamidouch (ex rue de la Casbah)

Les caractéristiques les plus marquantes de la Casbah qui lui donnent son identité et son charme, sont d'abord le terrain lui-même, en pente et accidenté (118 mètres de dénivellation), viennent ensuite les rues tortueuses qui nous renvoient dans un Alger mystérieux et magique d'un autre temps. La pente est tellement raide dans la partie haute de la Casbah que la plupart des ruelles sont en escaliers. La présente recherche se concentre sur les rues de la Casbah d'Alger, et particulièrement sur 'la rue de la Casbah' aussi connue sous le nom « Rue Sidi Driss Hamidouch » (Fig. 28). Cette rue fera l'objet d'une analyse dans les chapitres suivants de la thèse.

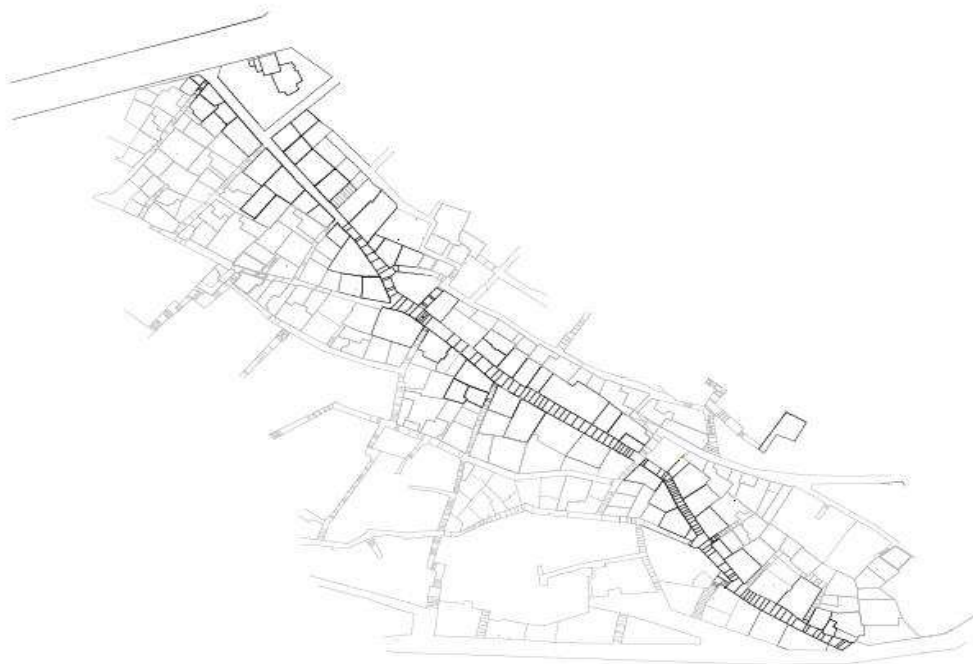


Figure 28: Plan de la rue 'Sidi Driss Hamidouch'. OGEBC.

5.1. Délimitation spatiale du cas d'étude

Il faut remarquer, que la rue « Sidi Driss Hamidouch » est la plus longue rue de la Casbah d'Alger (497 marches). Elle a été immortalisée par le peintre Addison Thomas Millard (1860-1913) (fig.29).



Figure 29: Rue Sidi Driss Hamidouch de la Casbah d'Alger par Addison Thomas MILLARD (1860-1913). Source : <http://algeroisementvotre.free.fr/site0900/casbah02.html>

Cette rue débute de la rue Bab-el-oued et monte en ligne continue vers les hauteurs de la Casbah d'Alger, jusqu'au boulevard de la victoire. La rue coupe la rue 'Arbadji' (ex Marengo), et bifurque complètement à gauche à hauteur de la rue du Diable pour être presque parallèle au boulevard de Verdun et à la rue des Maghrébins. De ce fait la rue 'Sidi Driss Hamidouch' (ex rue de la Casbah) est scindé en deux parties : la première partie, qui porte aujourd'hui le nom de 'rue du Professeur Soualah', débute de la rue Bab El Oued, au niveau de Djamaa 'Ali Bitchine' et arrive jusqu'à la rue 'Arbadji' (ex Marengo). La deuxième partie correspond à l'actuelle rue 'Sidi Driss Hamidouch' ; elle commence de la rue 'Arbadji' (ex Marengo) (Fig. 30) et monte jusqu'au boulevard de la Victoire (Fig. 31). Cette présente recherche s'intéressera à cette deuxième partie de la rue Sidi Driss Hamidouch.



Figure 31: Début de la rue Sidi Driss Hamidouch (dans une direction de descente elle correspond à la fin de la rue). Source: Auteur (2021).



Figure 31: Fin de la rue Sidi Driss Hamidouch (dans une direction de montée elle correspond au début de la rue). Source: Auteur (2021).

5.2. Caractéristiques de la rue ‘Sidi Driss Hamidouch’

L’exploration et la littérature sur la rue ‘Sidi Driss Hamidouch’ a permis d’identifier certaines caractéristiques qui sont résumées dans les points suivants :

- Plusieurs maisons de la rue ‘Sidi Driss Hamidouch’, surtout au début et à la fin de la rue, ont été remaniées pendant la présence française. Souvent les murs des anciennes maisons mauresques sont percés pour créer des fenêtres ce qui change le caractère stylistique de la rue et donne naissance à une nouvelle caractéristique, la dualité du langage architectural et stylistique.
- Le long de la rue, deux fontaines sont construites aux points d’intersection de la rue avec d’autres rues (Fig. 32).



Figure 32: Photos des deux fontaines se trouvant sur la rue 'Sidi Driss Haidouch'. Source: Auteur (2021).

- La rue est flanquée sur ces bords latéraux de boutiques aux rez-de-chaussée des maisons. Actuellement peu de ces boutiques sont exploitées, sauf celles situées dans la partie haute de la Casbah (Fig. 33, 34, 35, 36).



Figure 34: ancienne photo de la rue de la Casbah montrant les boutiques exploitées. Source: <http://algeroisementvotre.free.fr/site0900/casbah02.html>



Figure 34: photo actuelle de la rue de la Casbah montrant les boutiques fermées. Source: Auteur (2021).

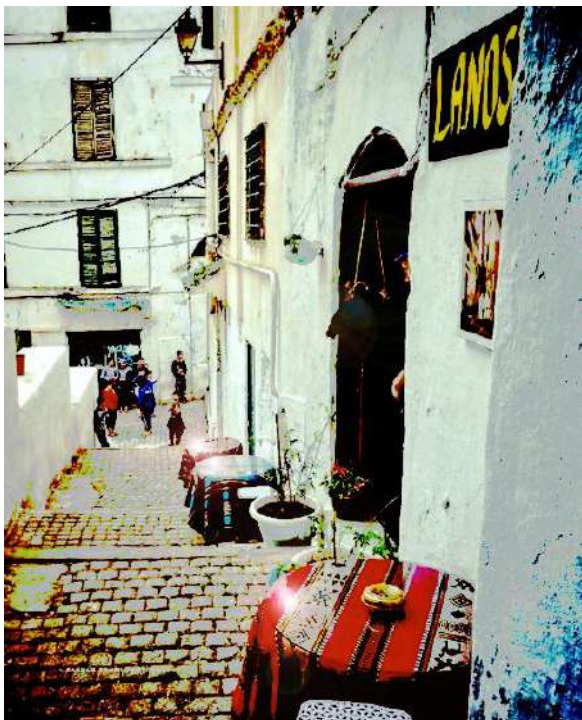


Figure 36: Boutique transformée en restaurant traditionnel. Source: Auteur (2021).



Figure 36: Porte d'une boutique exposant des produits artisanaux traditionnels. Source: Auteur (2021).

- Il est important de noter, que sur une grande partie de l'étendue de cette rue, il est possible d'avoir des percées ou des vues panoramique donnant sur la mer (Fig.37).



Figure 37: photo montrant une vue vers la mer depuis la rue de la Casbah. Source: Auteur (2021).

- Les parois latérales de la rue sont caractérisées par un certain degré de porosité (des ouvertures dans les parois) qui correspond soit à d'autres ruelles qui lient cette rue (la rue Sidi Driss Hamidouche) à d'autres rues (Fig.38), soit à des vides urbains qui sont le résultat d'effondrement des maisons vétustes (Fig.39). Ces vides sont devenus des espaces publics de regroupement souvent inutilisés ou squattés par des familles pour installer des tentes et y vivre en attendant d'être relogés.



Figure 38: Images illustrant les ouvertures dans la paroi latérale. Ces ouvertures donnent sur des ruelles qui relient la rue « Sidi Driss Hamidouche » à d'autres rues. Source: Auteur (2021).

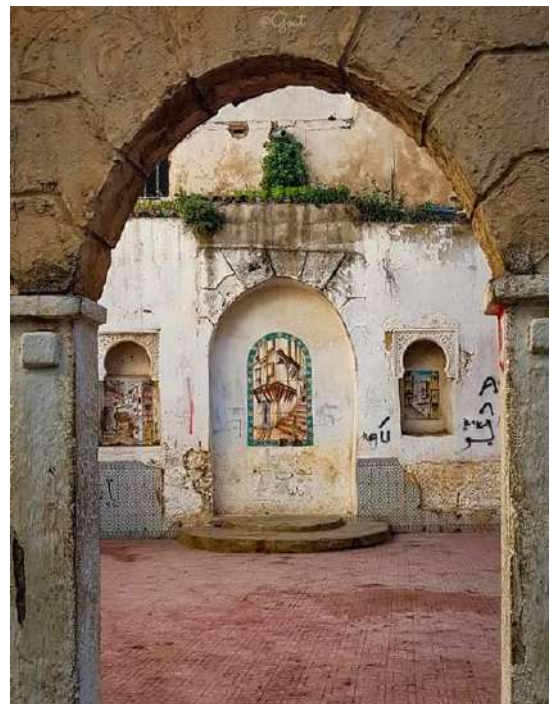


Figure 39: Images illustrant les ouvertures dans la paroi latérale. Ces ouvertures correspondent aux vides urbains générés par l'effondrement des maisons vétustes. Source: Auteur (2021).

- La rue Sidi Driss Hamidouch est souvent touchée par des opérations de réhabilitation et de sauvegarde. Dernièrement, l'Unesco avec les autorités Algériennes ont décidé de restaurer les Doueras 31 et 33 de la rue Sidi Driss Hamidouch, pour les reconvertir en auberge de jeunesse (Fig.40); de reconstruire aussi une parcelle vide au 53 rue Sidi Driss Hamidouch, pour la reconvertir en clinique médicale (Fig.41).

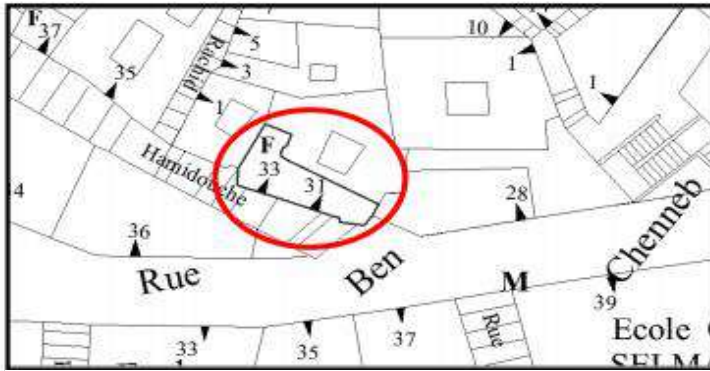


Figure 40: restauration des Doueras 31, 33 reconverties en auberge de jeunesse. Source : UNESCO.

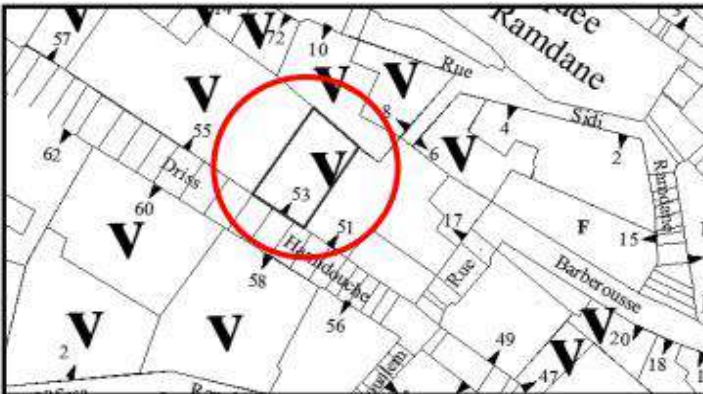


Figure 41: reconstruction de la parcelle vide 53 reconvertie en clinique médicale. Source: UNESCO.

6. Conclusion

Le chapitre présente la Casbah et son environnement bâti et illustre sa pertinence et son pouvoir imminent à provoquer des émotions et des réactions similaires chez des usagers appartenant à différentes époques, différentes cultures, et de différents backgrounds. Vue la complexité de la Casbah et la diversité de ses maisons et rues, cette thèse se concentre sur le parcours de la Casbah comme un cas d'étude pour répondre aux questions de la recherche, ainsi que pour tester une méthodologie à instaurer pour des études futures similaires sur d'autres espaces de la Casbah. Dans ce chapitre, la rue de la Casbah 'Sidi Driss Hamidouch' est présentée comme cas d'étude et fera objet d'investigation dans les chapitres suivants.

CHAPITRE SIX

MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

1. Introduction

La morphologie et la configuration spatiale de l'environnement bâti ont prouvé à multiples reprises avoir le pouvoir d'influencer l'expérience architecturale de l'espace et provoquer chez les individus des réactions cognitives, affectives et même comportementales. Cette expérience contient des « patterns » induits par plusieurs paramètres tels que la géométrie, la morphologie et les caractéristiques Visio-spatiales de l'environnement exploré. L'enquête sur la relation homme-environnement bâti et sur l'expérience architecturale en particulier passe obligatoirement par l'analyse et la compréhension de l'espace et de son expérience vécue à travers la perception et les réactions affectives-cognitives de l'homme vis-à-vis de cet espace lors de l'exploration.

Du point de vue méthodologique et épistémologique, la démarche s'appuie sur un double mouvement. Il s'agit d'une part de restituer et d'analyser l'expérience sensible de la ville en termes de sensation, de perception et d'émotion, à partir d'une phénoménologie et d'une herméneutique de l'expérience vécue des espaces visités. D'autre part, il s'agit de relier cette expérience aux réalités matérielles, mathématiques et cognitives, qui lui donnent forme et socle. Sur ce, cette étude se situe à l'intersection des mathématiques, des sciences cognitives et de la phénoménologie. Cette démarche permet de mettre en exergue à la fois la complexité et l'historicité des schèmes perceptifs et des représentations cognitives et affectives qui structurent l'expérience sensible de la Casbah.

Partant de cette brève introduction, ce chapitre déploie et discute d'une façon explicite la méthodologie et l'ensemble des outils et méthodes adoptés dans cette étude pour répondre aux questions posées et atteindre les objectifs visés. La méthodologie de cette thèse est composée de trois étapes d'investigation et de discussion combinant plusieurs méthodes et outils d'analyse. Les sections de ce chapitre décrivent, justifient et expliquent en détails la position épistémologique, l'ensemble du dispositif méthodologique, ainsi que la stratégie de la présente recherche.

2. Méthodologie de recherche et positionnement épistémologique

La présente recherche est une recherche analytique phénoménologique dont le but majeur est de rendre visible, intelligible et compréhensible le phénomène de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger à travers un travail d'investigation, d'analyse, et

d'interprétation basé sur les connaissances en sciences cognitives (neuroscience pour architecture).

2.1. Positionnement épistémologique

Cette recherche adopte un positionnement réaliste critique reconnaissant l'importance du monde physique et ses incidences psychologiques dans l'expérience de l'architecture. Cette position réaliste critique est axée sur les questions de recherche, et donne priorité aux problèmes de recherche plutôt qu'à une position épistémologique spécifique et classique. Ainsi, cette étude cherche la meilleure combinaison possible, d'approches et de méthodes pour répondre à la problématique traitée dans cette thèse.

L'ensemble des éléments de cette recherche, les constats de départ, les questions et les objectifs, le positionnement réaliste critique et le socle théorique constitué par la littérature consultée, mènent cette thèse à s'inscrire dans une approche écologique-énactive centrée sur la perception et les réactions de l'homme vis-à-vis l'espace exploré (Gibson, 1986 ; Jelić et al., 2016). Cette approche définit l'environnement (ses caractéristiques morphologiques et visuelles) comme une structure ou un ensemble d'informations géométriques, morphologiques et ambiances atmosphériques. Ces éléments sont retrouvés partout dans l'espace et permettent la perception, l'interaction et le développement des réactions diverses (émotionnelles et comportementales) suite au déplacement au sein de cet espace (Gibson, 1986 ; Jelić et al., 2016 ; Santuber et al., 2020 ; Sepúlveda-Pedro, 2020).

Il faut savoir que l'essence de l'approche écologique-énactive consiste à rechercher une description de l'environnement spécifique à une position ou à un chemin donné. La perception et l'expérience architecturale d'un observateur sont ainsi circonscrites, sinon déterminées, par l'environnement tel que présenté au point d'observation. Une compréhension cumulative de la forme de l'environnement est obtenue en percevant des variantes et des invariants dans la transformation de l'information dans l'espace causée par le mouvement de l'observateur. En conséquence, puisque les points d'observation potentiels sont contigus, les informations disponibles sont réparties dans l'espace sous forme d'un champ visuel d'informations morphologiques et atmosphériques auxquelles l'observateur réagit cognitivement et émotionnellement (Benedikt 1979).

Le recours à l'approche écologique-énactive (*the ecological-enactive approach*) pour l'étude de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger s'explique par deux raisons. La première est sa capacité à rendre compte de la connexion profonde entre l'homme (corps et esprit) et le monde (l'architecture), c'est-à-dire, entre le schéma corporel et les affordances spatiales, dans une relation active et dynamique. L'approche énative considère la perception comme « *une confrontation incarnée à l'environnement* » (Gallagher et Zahavi 2008 : P. 99), elle est donc essentielle à la manière d'être et de connaître l'espace de la Casbah à travers un cadre de référence spatial égocentrique qui peut être acquis à travers les relations spatiales entre les objets perçus (la morphologie du parcours de la Casbah) et le corps.

La seconde raison est son énativisme (*the enactivism*), celui-ci est fortement ancré dans la pensée phénoménologique, largement présente dans les théories de l'architecture. De ce fait, l'approche énative constitue un terrain d'entente entre les neurosciences et l'architecture. Pour ces raisons, cette recherche propose le modèle esquissé du sujet architectural en termes énatifs, c'est-à-dire un modèle d'un être humain en tant qu'agent incarné et situé, comme base pour l'interprétation neuroscientifique et phénoménologique de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. L'approche écologique énative est donc comprise comme une position unifiée qui suit principalement la vision incarnée-énative (*embodied-enactive*) de l'homme telle qu'envisagée par Varela et al. (1991) et Thompson et al., (2007).

Il faut savoir que, les stratégies de méthodes mixtes sont fortement adaptées aux positions réalistes critiques et à l'approche énative, car plusieurs mesures et observations sont nécessaires pour obtenir une vision plus complète de la réalité investie, comblant ainsi les limites de chaque approche. Ces méthodes sont donc pertinentes pour cette recherche. La section suivante illustre la stratégie globale et les dispositifs méthodologiques choisis, avant que chacune des méthodes ne soit examinée en détail dans d'autres sections.

2.2. Conceptualisation méthodologique de la recherche

La stratégie globale de la présente étude s'étend sur trois étapes conceptuelles :

1. **La conception d'un plan de recherche**, c'est-à-dire, l'identification du synopsis d'investigation permettant l'obtention des réponses aux questions posées ainsi que l'atteinte des objectifs tracés. Cette étape conceptuelle conduit à l'identification des étapes

d'investigation qui correspondent respectivement aux questions et aux objectifs majeurs de la recherche présentés dans le chapitre introductif.

2. **La conception du dispositif méthodologique**, c'est-à-dire, l'identification de l'ensemble des méthodes et outils à mettre en place pour l'exploration et la compréhension du phénomène de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger en référence aux sciences cognitives (neuroscience pour architecture). Cette étape dépend de l'analyse critique de la revue de la littérature sur les différentes méthodes présentées au chapitre quatre (4).

3. **La conception du synopsis de conduite de la recherche**, c'est-à-dire, la mise en place d'un scénario de coordination entre les différents dispositifs méthodologiques (méthodes et outils) choisis pour l'accomplissement de la présente recherche, dans un ordre corrélationnel bien précis.

3. Plan de développement de la recherche

La problématique traitée dans ce travail s'articule autour de deux types de variables, des variables cognitives-perceptives et des variables morphologiques- topologiques. Ainsi, la méthodologie de recherche se structure en trois étapes. Deux d'entre elles sont dédiées à l'investigation de ces variables et la troisième à l'interprétation des résultats de l'investigation. Ces étapes s'articulent dans un ordre bien défini comme le montre le schéma ci-dessus (Fig.42)

Etape 1 : Construction des hypothèses concernant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger

Cette étape concerne les variables perceptives et cognitives. Elle a pour but la formulation des hypothèses concernant les stratégies et les configurations morphologiques sous-tendant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Cette première étape, consiste à évaluer des expériences architecturales de la Casbah d'Alger, aussi bien les anciennes expériences, que les actuelles, tout ceci en références aux sciences cognitives (neurosciences pour architecture). Cette étape requiert la combinaison de plusieurs outils et méthodes pour la collecte et l'analyse des données nécessaires. Le choix est porté sur la méthode de '*l'analyse de contenu*' pour l'analyse des discours anciens et actuels, et la méthode de '*walk along*' pour la collecte des données concernant l'expérience actuelle de la Casbah d'Alger.

Etape 2 : Vérification de la validité des hypothèses

Cette étape concerne donc les variables topologiques et morphologiques. Elle a pour but l'identification des caractéristiques morphologiques et des stratégies/ configurations spatiales sous-tendant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, à travers la vérification des hypothèses formulées dans l'étape précédente. Cette étape consiste à mener des analyses morphologiques sur l'environnement bâti de la Casbah d'Alger. L'analyse morphologique combine deux méthodes complémentaires, à savoir '*l'analyse isovist*' qui est une des variantes de l'analyse space syntax et '*l'analyse séquentielle*' inspirée de l'analyse séquentielle paysagère de Philippe Panerai.

Etape 3 : Interprétation neurophénoménologique de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger

Cette étape relie les résultats des étapes précédentes. Elle consiste à interpréter les résultats en références aux connaissances en neurosciences pour architecture présentées dans la revue de la littérature. Le but est de comprendre l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger en mettant l'accent sur les corrélations entre les stratégies/configurations spatiales et morphologiques de l'environnement bâti de la Casbah avec la cognition et la perception de l'homme.

4. Dispositif méthodologique

La nature complexe et multidimensionnelle de la problématique de cette thèse exige la combinaison de plusieurs méthodes de collecte et d'analyse des données ce qui permet de mieux cerner la problématique, tout en communiquant des résultats fiables qui se rapportent à la nature hybride du sujet de recherche même. En ce qui suit, sont présentés et discutés les différentes méthodes et outils utilisés par cette recherche pour répondre aux questions et atteindre les objectifs présentés au début de cette thèse.

Le choix des méthodes est le résultat d'un tri sélectif critique entre plusieurs méthodes (voir chapitre 3). Les méthodes sont sélectionnées selon deux critères. Premièrement, la complémentarité entre les méthodes, où chacune doit enrichir les résultats de l'autre et combler ses lacunes dans le but de couvrir l'ensemble des aspects relatifs à la problématique de cette recherche. Ensuite, sur le plan conceptuel et théorique, les méthodes choisies doivent

rejoindre le présent travail sur deux points principaux : le soubassement phénoménologique et cognitif et la compatibilité avec l'approche écologique enactive.

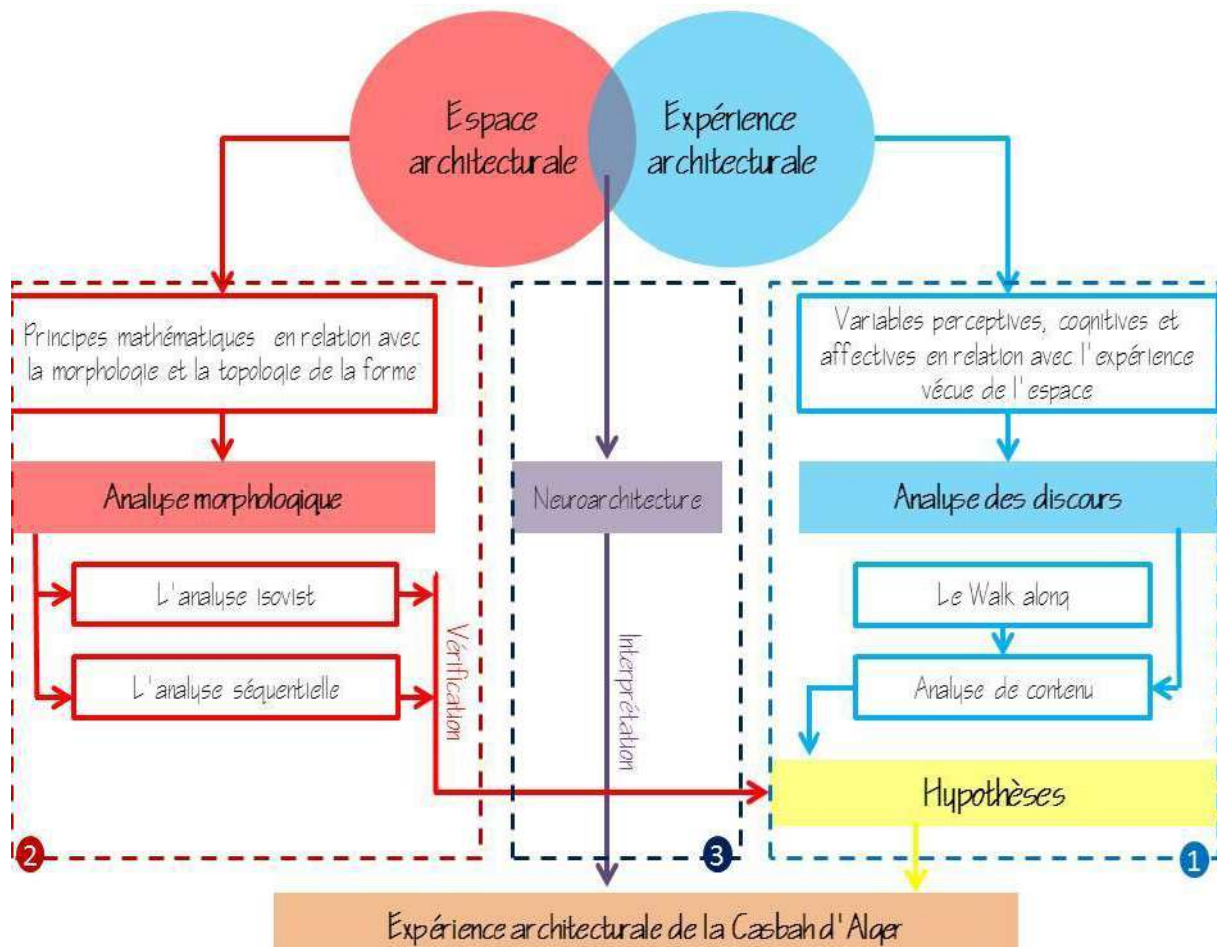


Figure 42: schéma conceptuel de la méthodologie de la recherche. Auteur.

4.1. L'analyse de contenu

4.1.1. Présentation de la méthode de l'analyse de contenu thématique

C'est une méthode holistique pour l'analyse objective et systématique du contenu d'un discours, ou un texte, afin de mettre en évidence le sens global et la structure significative latente du contenu. Elle permet de définir des catégories thématiques et formelles pertinentes pour la vérification/proposition des hypothèses et de coder le contenu du discours ou du texte (Schiltz, 2006). La méthode consiste à découvrir, sous l'ensemble des données phénoménales, (action, expression écrite ou orale) une structure latente organisant les données du contenu analysé.

Le but de l'analyse de contenu thématique comme méthode d'analyse de contenu est de repérer les unités sémantiques (les thèmes) qui constituent l'univers discursif du contenu analysé. Dans ces conditions, il s'agit de procéder par une abstraction objective du contenu.

Pour réaliser cette tâche il faut repérer les idées significatives du contenu et les catégoriser. La catégorisation permet d'obtenir une modalité pratique pour le traitement des données brutes du contenu. Les thèmes sont indifférents aux jugements ou aux composants affectifs, c'est-à-dire, peu importe qu'une unité de sens (unité d'enregistrement) donnée porte un jugement, possède une connotation affective ou ne constitue qu'une information, elle sera codifiée et catégorisée dans un thème.

« L'analyse de contenu », déjà appliquée dans de nombreuses études en architecture et en urbanisme (Dagenais 2007 ; Joanne, 2003 ; Kowaltowski et al., 2006; Zidelman et Belakehal, 2016), semble être apte à répondre à quelques questions que pose la présente recherche, elle permet d'analyser objectivement certains aspects de l'architecture liés à la perception et à la représentation spatiale, à travers une approximation objective de l'expérience holistique de l'espace vécu par l'homme. La revue de littérature sur la relation de l'homme à l'environnement bâti, ainsi que la revue de littérature sur la "Neuroscience pour architecture" sont utilisées comme un background théorique pour la définition des codes, des catégories et des thèmes pour cette analyse.

4.1.2. Procédure de l'analyse

La première étape consiste en la collecte d'un corpus de textes choisis pour l'élaboration de cette étude. Ce corpus est ensuite analysé avec la méthode de l'analyse de contenu "thématique" qui implique l'identification, l'analyse et la communication de « patterns » de données (thèmes) à partir de ce corpus. Les directives de Boyatzis (1998) sur l'analyse thématique ont été suivies et respectées dans la conduite de la présente recherche : (1) familiarisation avec les données (lire à plusieurs reprises) ; (2) génération d'un système initial de catégories (grille) ; (3) recherche des catégories (thèmes) dans le corpus ; (4) révision du système de catégories ; (5) définition et dénomination des catégories (thèmes).

La première phase de l'analyse concerne la transcription et la familiarisation avec le corpus d'étude. Pour rappel, ce corpus comprend les textes sur l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Il y a donc, les textes du Corbusier et ceux recueillis à travers la méthode du parcours commenté (walk along). Ainsi, les écrits du Corbusier sur la Casbah sont lus à multiples reprises, de même que les enregistrements du parcours commenté (*Walk Along*). Ces derniers sont d'abord transcrits, ensuite lus à plusieurs reprises, dans le but de se familiariser avec leur contenu.

La deuxième phase de l'analyse repose sur des opérations de codage du contenu. Dans un premier temps, sont établis les segments de discours en lien avec l'objet de représentation étudié. Ces énoncés constituent les unités de l'analyse (unité de sens) et se définissent principalement par leur caractère irréductible de base. En effet, une unité d'analyse doit correspondre à un message que la personne veut transmettre. Ensuite, ces unités sont classées dans des catégories thématiques formalisables dans des affirmations simples, explicites et exhaustives. Ainsi classifiés, ils sont codés de manière à ce que le lecteur puisse déduire sans difficulté le contenu de chaque thème (d'après le critère de la suggestibilité des codes).

Par la suite, les codes sont regroupés dans des catégories qui, à leurs tours, sont rassemblées dans des thèmes initiaux. Un thème est un concept d'organisation centrale qui capture un aspect important des données par rapport à la question de recherche. Les thèmes ont une signification pour les données, ils doivent donc être distincts et "*avoir un sens par eux-mêmes*" (Braun et Clarke, 2014, p. 123). Après avoir développé les catégories et les thèmes initiaux, l'analyse doit être révisée à plusieurs reprises pour valider le codage et la thématisation des unités de sens.

Une fois la validation de l'ensemble terminée, la prochaine étape concerne l'interprétation des résultats. Cette dernière est basée sur ce qui a été présenté dans la revue de la littérature de cette thèse. La finalité de cette analyse est d'arriver à proposer des hypothèses concernant le vécu et l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, notamment au niveau de ses parcours. Ces hypothèses seront ensuite soumises à l'investigation et la vérification à travers une analyse morphologique.

4.1.3. Codage du contenu

Le codage "*correspond à une transformation – effectuée selon des règles précises – des données brutes du texte. Transformation qui permet, par découpage, agrégation et dénombrement, d'aboutir à une représentation du contenu*" (Bardin, 1998, p. 134). Il s'agit de repérer des "*noyaux de sens qui composent la communication et dont la présence ou la fréquence d'apparition pourraient signifier quelque chose pour l'objectif analytique choisi*" (Bardin, 1998, p. 137).

Définir des codes revient à expliciter la compréhension intérieure que l'on a du contenu global du message-source, c'est-à-dire de l'unité de sens. La compréhension sera d'autant

plus fine que le chercheur sera familiarisé avec son objet d'étude (connaissance préalable sur l'objet d'étude) et le corpus (lire et relire le corpus) (Braun et Clarke, 2014). La présente thèse adopte une démarche d'analyse sommative, ceci dit, les codes sont identifiés avant et pendant l'analyse des données. Les codes, comme les thèmes sont dérivés de la revue de la littérature sur la relation homme-espace et sur la neuroscience pour architecture.

4.1.4. Catégories et thèmes

Le thème comme catégorie doit capturer quelque chose d'important dans les données en relation avec la question de recherche. Il doit représenter un certain niveau de réponse ou de connaissance concernant l'ensemble de données (Braun et Clarke, 2006). La pertinence du thème ne relève pas nécessairement de mesures quantifiables (la fréquence), mais de la façon dont il capture quelque chose d'important en relation avec la question de recherche dans sa globalité (sa pertinence et son caractère heuristique).

4.1.5. Corpus d'analyse

4.1.5.1. *Les écrits du Corbusier*

Cette thèse développe une méthodologie qualitative pour étudier l'impact qu'exerce l'environnement bâti de la Casbah d'Alger sur l'homme en tant qu'entité physique et mentale, En utilisant une méthodologie phénoménologique-cognitive, et avec l'aide de l'analyse de contenu, les écrits du Corbusier concernant son expérience dans la Casbah d'Alger sont analysés, afin d'identifier les propriétés spatiales qui ont façonnés l'expérience du Corbusier dans l'architecture et l'urbanisme vernaculaire de la Casbah d'Alger. Les écrits du Corbusier sont collectés à partir de différentes sources, aussi bien des ouvrages comme son livre « Poésie sur Alger (2015) », que des articles comme, la ville radieuse (1933); ou Le folklore est l'expression fleurie des traditions (1941). D'autres données sont recueillies auprès de La fondation le Corbusier à Paris, comme la thèse de Geber (1993, 1994) et le livre de Bonillo (2012).

4.1.5.2. *Corpus de l'expérience architecturale actuelle de la Casbah d'Alger*

- **La procédure**

Pour identifier l'expérience vécue actuellement dans la Casbah d'Alger, la méthode du parcours commenté « *Walk Along* » est utilisée, pour la collecte des informations concernant l'expérience actuelle vécue, aussi bien par des algériens, que par les touristes étrangers. Le

choix des touristes étrangers est expliqué pour assurer la diversité culturelle dans les témoignages. Pour ce faire, les participants (algériens et étrangers) devaient se promener (assisté par le chercheur) le long d'un parcours dans la Casbah et parler librement de leurs expériences, sensations, émotions, idées et réactions vis-à-vis de l'environnement bâti de la Casbah d'Alger et de ses caractéristiques physiques et atmosphériques. La promenade des participants dans la Casbah d'Alger a eu lieu dans un itinéraire en boucle, choisi par le chercheur, allant de la Rue « Sidi Driss Hamidouch » jusqu'à « la citadelle » et puis de « la citadelle » vers la Rue « Ali la pointe » (Fig.43).

Les commentaires et les témoignages vocaux des participants sont enregistrés sur le smartphone du participant. Ces enregistrements sont ensuite communiqués au chercheur via email. Il est important de noter ici, que les promenades ont été exécutées séparément, par petits groupes de 3 à 5 personnes, afin de pouvoir guider les participants dans la Casbah et bien surveiller l'applicabilité de la méthode du parcours commenté « *Walk Along* ».

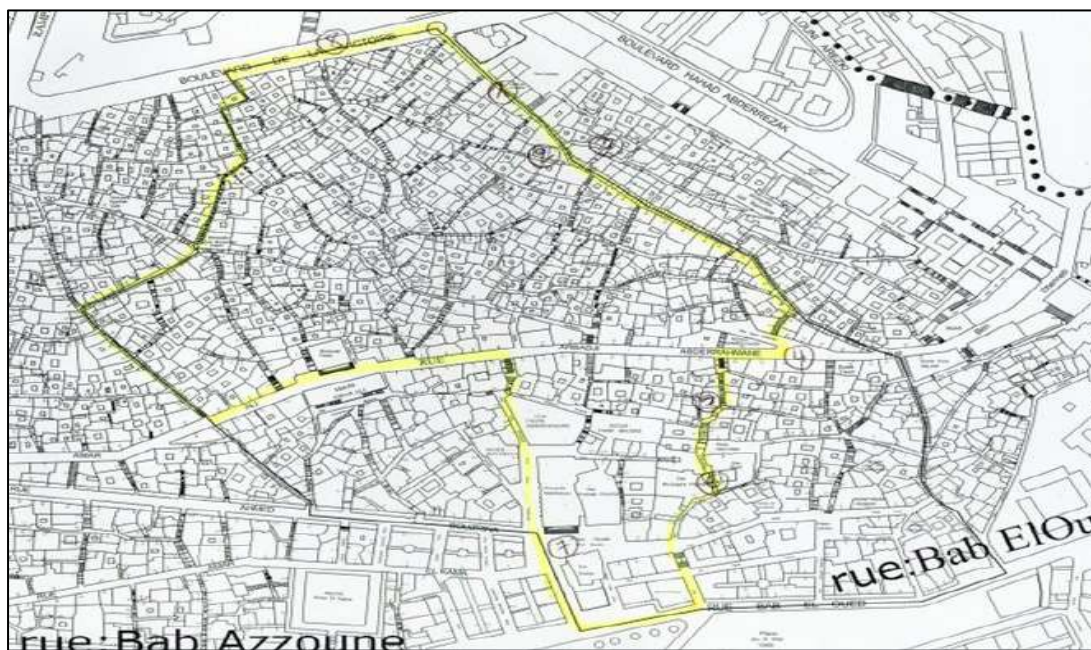


Figure 43: Carte de l'itinéraire du parcours commenté 'Walk Along' dans la Casbah (en jaune). Auteur.

• Les participants

Pour l'acquisition des informations sur l'expérience architecturale actuelle de la Casbah d'Alger, l'échantillon des personnes interrogées comprend deux catégories : des algériens non-résidents dans la Casbah, et des touristes étrangers bien sûr, non-résidents dans la Casbah.

Pour les usagers algériens, 30 participants des deux sexes et venant de de différentes régions de l'Algérie ont été recrutés pour l'accomplissement de cette tâche. Tandis que, pour les étrangers, ce sont des touristes, des deux sexes, contactés à travers l'agence de voyage algérienne "*FencYellow*". Les 18 touristes sont issus de différents pays, il y a 09 Français, 3 suédois, 2 Italiens, 2 Anglais, et 2 Chinois.

4.1.6. Limitations

Plusieurs chercheurs reprochent à la méthode de l'analyse de contenu son caractère un peu subjectif dans la mesure où c'est au chercheur de diviser le discours et le coder en thèmes. Comblant cette lacune préconise le recours à de nombreux chercheurs pour mener l'analyse de contenu. C'est en fait un élément clé de l'analyse qualitative afin de garantir la fiabilité et l'objectivité. Pour en tester l'homogénéité, chaque chercheur réinterprète le contenu du corpus analysé par leurs collègues. Les différences de réinterprétation sont analysées en équipe (Erlingsson et Brysiewicz, 2017).

4.2. L'analyse morphologique séquentielle

4.2.1. Présentation de la méthode d'analyse séquentielle

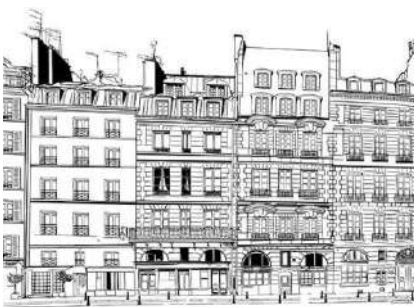
La séquence visuelle est une approche d'analyse de la perception visuelle des espaces urbains axée sur la restitution, par le dessin, la photographie ou la vidéo, de la succession d'images qui s'affichent consécutivement à un observateur, explorant l'espace urbain à travers la marche. Cette exploration dévoile à l'observateur un langage particulier constitué de plusieurs éléments morphologiques placés dans un ordre et des configurations particulières. Cette approche de 'séquence visuelle' constitue la base de la méthode de l'analyse morphologique séquentielle (Panerai et al., 1999) utilisée dans cette recherche. La particularité de l'analyse séquentielle appliquée dans cette recherche réside dans les indicateurs morphologiques décrivant l'espace et sa configuration.

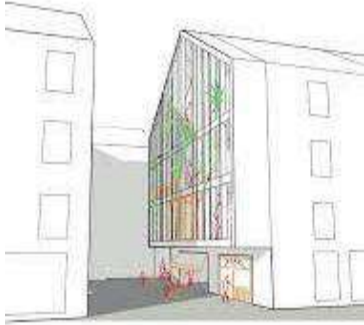
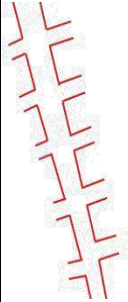
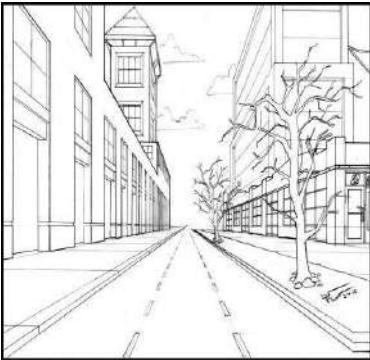
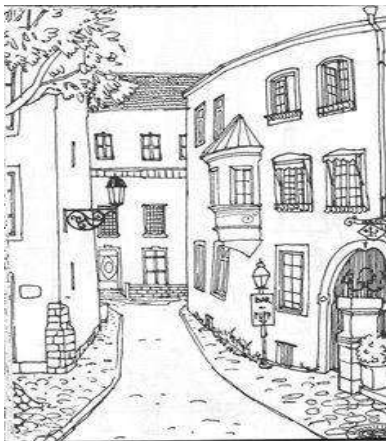
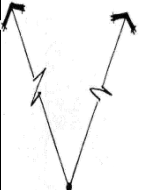
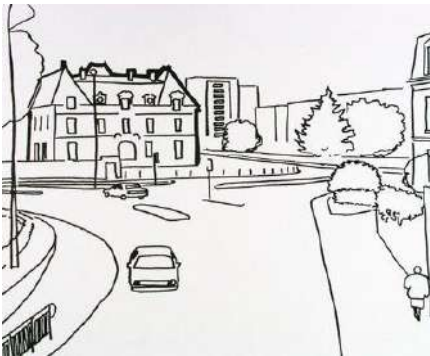
En effet, pour des raisons d'adaptation aux spécificités de cette recherche et de sa problématique, les indicateurs proposés par Panerai ont été revisités et redéfinis en références aux connaissances en neuroarchitecture et neuroaesthetics (voir chapitre 3). L'objectif derrière cette action est de mettre en correspondances les caractéristiques morphologiques identifiées sur le plan avec la perception d'un piéton qui explore l'espace urbain. Ces correspondances sont ensuite reliées aux concepts et théories en neuroarchitecture et en

neurosciences. . En effet, l'étude de la correspondance entre caractéristiques morphologiques et connaissances en neuroarchitecture et en neurosciences, a donné lieu à l'identification d'indicateurs morphologiques pour l'analyse séquentielle spécifique à la problématique de cette recherche. Ces indicateurs sont présentés dans le tableau suivant (Tab. 6). Il faut préciser aussi, que ce tableau propose aussi des codes et des symboles pour l'identification et la notation de chacun de ces indicateurs sur plan.

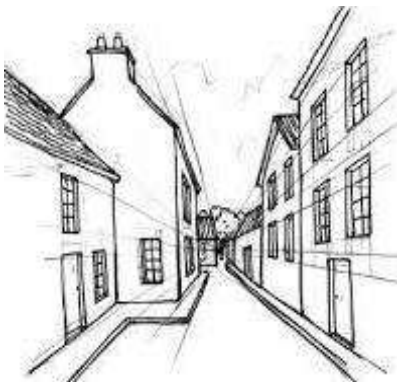
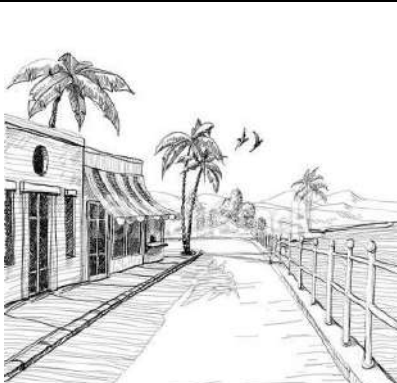
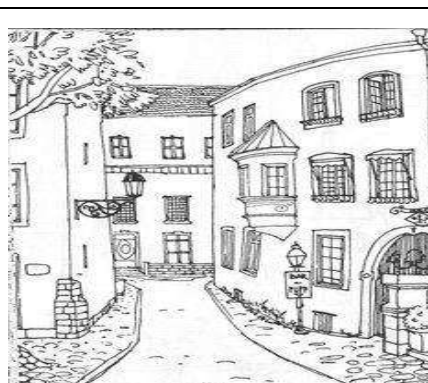
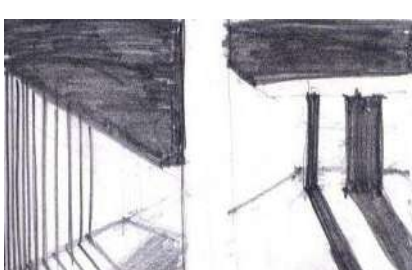
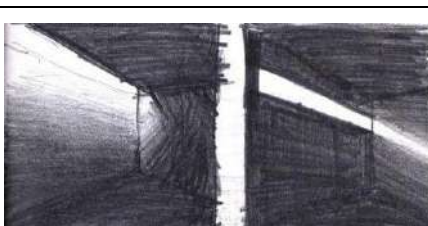
Tableau 6: Indicateurs morphologiques pour l'analyse séquentielle. Auteur (Images depuis Google).

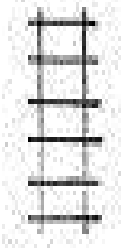
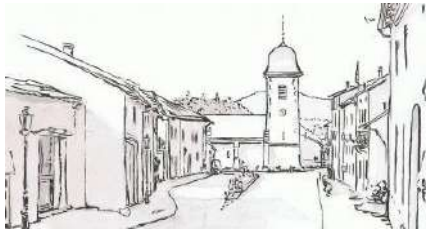
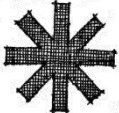
indicateur	Caractéristiques	Code	Illustration	Notation
Contours	Linéaire	C _L		
	Courbe	C _C		
Ratio H/L	Large	R _L		

	Étroit	R_E		
Porosité ciel	Ouvert	PC_O		
	Fermé	PC_F		
Porosité latérale	Continue	P_C		

	Discontinue ¹²	P _D		
Perspective frontale	Libre	PR _L		
	Bloqué	PR _B		
Perspective (parois latérales)	Resserrement	PL _R		

¹² La notion de discontinuité, comme définie auparavant (voir chapitre II), est directement liée aux transformations continues qui affectent les caractéristiques de l'environnement le long d'un parcours.

	Elargissement	PL_E		
Vue	nature	V_N		
	Bâtis	V_B		
Lumière	Eclairé	L_E		
	Sombre	L_S		

Sol	Pente	S _P		
	Escalier	S _E		
Ornementation	Présence	O _P		
	Absence	O _A		
Nature (eau / végétation)	Présence	N _P		
	Absence	N _A		
Repère	Présence	RE _P		
	Absence	RE _A		

4.2.2. Procédure de l'analyse

Pour un observateur explorant l'espace en se déplaçant à pied selon une direction déterminée, le parcours ou le trajet à étudier peut être découpé en un certain nombre de séquences. Chaque séquence est constituée d'une succession de « plans » dans lesquels le champ visuel est déterminé d'une façon constante ou subit des modifications minimales. Ce « plan » est susceptible d'être caractérisé objectivement.

L'analyse morphologique séquentielle passe par trois (03) étapes:

- a) Définir un cheminement le long d'un parcours, dans cette recherche il s'agit de la rue « Sidi Driss Hamidouch » dans une direction de descente ; et déterminer un découpage adapté à son terrain. Chaque section découpée permet d'établir des «tableaux» de scènes urbaines ponctuelles.
- b) Définir les plans des séquences visuelles. Il s'agit d'identifier les indicateurs morphologiques discutés plus haut dans le parcours analysé. Chaque plan permet d'exprimer une configuration particulière pour le paysage urbain perçu, comme la symétrie/dissymétrie, l'ouverture/fermeture, la concavité/convexité, ...etc.
- c) Définir les séquences du parcours. Le regroupement de plusieurs plans enchaînés permet de définir une séquence. La séquence est définie donc, comme une succession d'évènements morphologiques, où on passe d'une séquence à une autre par le biais d'une transition. Cette transition peut être repérée par le changement des ambiances morphologiques au sein du même espace et par la création de contrastes avec les séquences adjacentes.

4.2.3. Les limitations

L'analyse séquentielle a été toujours critiquée pour la faible applicabilité de ses résultats sur le terrain lors de la conception. Cette analyse objective, basée sur l'identification et la notation sur plan des caractéristiques morphologiques et paysagères de l'espace en question, est conforme aux études analytiques de l'espace et permet de passer des descriptions qualitatives aux descriptions quantitatives et mathématiques de l'espace. Cependant, ces résultats sont difficiles à appliquer sur le terrain en vue de concevoir un nouvel espace. Il est donc important de la combiner avec d'autres méthodes, comme c'est le cas dans cette étude.

4.3. L'analyse morphologique isovist

4.3.1. Présentation de la méthode de l'analyse isovist

4.3.1.1. *La méthode isovist*

Pour analyser les caractéristiques morphologiques et visuo-spatiales de l'environnement bâti à petite échelle, Benedikt (1979) propose la méthode des isovists comme éléments de base objectivement déterminables. Les isovists sont des polygones de champ de vision qui capturent les propriétés spatiales en décrivant la zone visible à partir d'un seul point d'observation. À partir de ces polygones, plusieurs descripteurs quantitatifs peuvent être identifiés pour refléter les propriétés physiques de l'espace correspondant. Ce type d'analyse peut être utilisé pour explorer les propriétés morphologiques et visuo-spatiales d'un plan, car chaque point de l'espace a une relation géométrique particulière avec son environnement qui définit ses propriétés visuelles et morphologiques (Benedikt 1979).

4.3.1.2. *Choix de l'isovist parmi les autres outils de la space syntax*

La méthode isovist a été choisie parmi plusieurs autres méthodes pour les raisons suivantes :

- L'indépendance du contexte spatial et le degré élevé de faisabilité et de testabilité. Lors de la vérification des hypothèses, les éléments utilisés dans la recherche doivent être clairement définis, pour produire des résultats et des explications scientifiques solides. La qualité d'indépendance du contexte rend la méthode isovist applicable à tous les types d'environnements bâtis, indépendamment du type de société, de la structure politique ou de la culture.

- Les projets de recherche utilisant la méthode isovist sont multiples et vont des sciences cognitives aux mathématiques appliquées et à l'informatique, voir même à la philosophie. La méthode isovist peut être appliquée pour expliquer la configuration spatiale physique des environnements bâtis (notamment les rues). Cependant, l'interprétation de ses résultats doit se faire en corrélation avec les connaissances concernant la cognition humaine. Divers facteurs perceptifs et cognitifs sont bien représentés par certaines mesures numériques de forme et de taille attachées à l'isovist.

- L'analyse isovist a prouvé son utilité dans des sujets similaires à cette présente recherche. Il existe des preuves empiriques montrant que les mesures isovists capturent effectivement les propriétés environnementales de l'espace et que celles-ci sont pertinentes pour la description et l'analyse de l'expérience architecturale de l'environnement bâti, ainsi

que pour la compréhension du comportement de l'homme dans l'espace. Par exemple, des études de cas sur le comportement spatial dans la Tate Gallery ont révélé des corrélations élevées entre les mesures du graph visuel (Visual Graph Analysis) et la dispersion spatiale des visiteurs (Turner et Penn, 1999). Aussi, Readinger (2002) a trouvé des indications sur la pertinence des isovists pour la perception des configurations d'objets.

4.3.1.3. Les mesures isovist

Les isovists capturent les propriétés spatiales en réduisant l'espace visible à son abstraction bidimensionnelle (Benedikt 1979). À partir de ces polygones de champ visuel, plusieurs descripteurs géométriques quantitatifs peuvent être identifiés tels que la surface, le périmètre... etc. (Fig.44). Les valeurs de ces descripteurs peuvent être combinées mathématiquement pour obtenir d'autres valeurs caractéristiques pour d'autres descripteurs géométriques (Meilinger, Franz et Bühlhoff, 2012). Cette section de chapitre présente et discute les mesures isovists de base et les mesures secondaires pour comprendre leur importance et leur rôle dans la description de la morphologie de l'espace analysé.

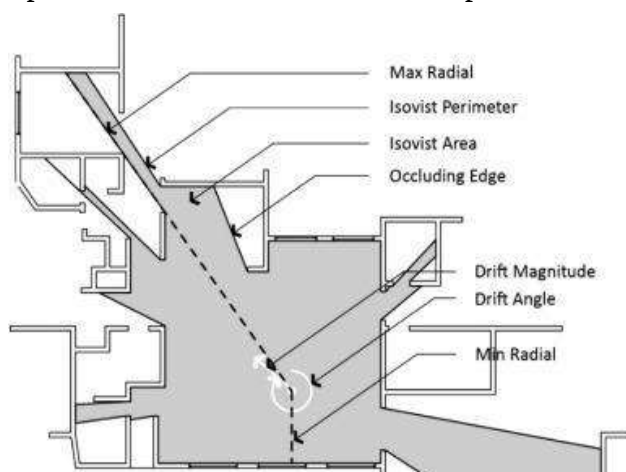


Figure 44: Schéma montrant les différentes mesures isovist basiques (Ostwald & Lee, 2017).

- **La surface isovist (isovist area)**

C'est la surface de la zone visible (champ visuel) et accessible à partir d'un point de perception. Cette zone prend la forme d'un polygone.

- **Périmètre isovist (isovist perimeter)**

Le nombre de sommets dessinant le contour du polygone de l'isovist. Ce descripteur géométrique capture le nombre absolu de fonctionnalités des environnements, comme les segments de mur ou les alcôves. C'est donc une mesure de base déterminante pour les descripteurs géométriques secondaires.

Les isovists sont de simples polygones, donc pour tout isovist avec n sommets sur sa frontière et x_i, y_i les coordonnées de chaque sommet, Depthmap (un logiciel de calcul) calcule ces mesures en utilisant les formules suivantes:

$$IsovistArea = A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i), \text{ where } (x_n, y_n) = (x_0, y_0) \text{ and}$$

$$Isovist Perimeter = \Pi = \sum_{i=0}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}, \text{ where } (x_n, y_n) = (x_0, y_0)$$

- **Les dérives d'angle et de magnitude (Drift angle / Drift magnitude)**

La propriété isovist finale fournie par Depthmap est une métrique suggérée par Conroy (2001) appelée «Drift». La dérive d'un isovist est le vecteur partant du point générateur (g) au centre de gravité du polygone (c). Depthmap fournit deux métriques pour décrire complètement ce vecteur ; il y a sa magnitude (**Drift magnitude**) et son angle par rapport à l'axe des x positif (**Drift angle**). Ces deux valeurs sont calculées dans Depthmap7 comme suit:

$$Isovist Drift Magnitude = \sqrt{(c_x - g_x)^2 + (c_y - g_y)^2}$$

$$Isovist Drift Angle = \begin{cases} 2\pi - \arccos(c_x - g_x), & \text{if } (c_y - g_y) < 0 \\ \arccos(c_x - g_x), & \text{otherwise} \end{cases}$$

Le vecteur montre généralement la direction vers les parties les plus larges d'un isovist étant donné que ces chemins larges glissent davantage vers le centre de gravité. Ainsi, Conroy (2001) suggère qu'il est possible d'identifier des directions vers un chemin minimum à partir duquel l'espace entier est visible. Autrement dit, si la différence entre le centre de gravité d'un isovist et la position de localisation de l'observateur est petite, cela implique que l'espace est statique. Par contre, si la différence est grande, cela implique un fort sens de la directionnalité tirant une personne à travers l'espace (Koutsolampros et al., 2019).

En combinaison, la magnitude de la dérive et la surface de la zone isovist peuvent être utilisées pour suggérer si un espace est phénoménalement ou littéralement transparent. Bien qu'elle ne soit pas définitive, une corrélation élevée entre la dérive et la surface isovist implique que la transparence phénoménale est un facteur majeur dans la conception de l'espace, tandis qu'une faible corrélation implique que la transparence littérale est un facteur

majeur dans la conception de l'espace. Une corrélation inverse pourrait suggérer qu'un tel schéma clair n'existe pas (Yu, Gu et Ostwald, 2016).

- **Ligne radiale (Radial line maximum, minimum)**

Dans la littérature concernant l'isovist, la distance entre le point de position de l'observateur et la limite du polygone isovist est appelée une radiale. On distingue deux mesures radiales, le Min Radial et le Max Radial. Celles-ci représentent les distances minimales et maximales entre le point générateur (position de l'observateur) et les obstacles qui composent l'isovist (les limites du polygone). Ces deux mesures sont calculées automatiquement par le logiciel Depthmap en utilisant les formules suivantes:

$$Isovist\ Max\ Radial = \max_{v \in \partial I} d(p, q)$$

$$Isovist\ Min\ Radial = \min_{l \in \partial I} d(p, q)$$

- **L'occlusivité (Occlusivity)**

Un isovist a deux types de limites, des limites solides et des limites occlusives (Stamps 2005). Les limites solides correspondent aux obstacles qui bloquent la perméabilité visuelle et la locomotion (ex : mur en briques). Les limites occlusives correspondent aux obstacles qui bloquent la perméabilité visuelle uniquement, autrement-dit se sont des projections de lignes de vision indiquant des régions qui sont cachées à la perception visuelle, mais qui permettent le passage et le déplacement corporel.

Mathématiquement parlant, l'occlusivité est la longueur totale de toutes les arêtes/limites qui ne sont pas définies par des surfaces bâties, ainsi elle constitue la partie inconnue ou mal définie de l'expérience visuelle de l'espace (Yu, Gu et Ostwald, 2016). Une valeur d'occlusivité isovist élevée indique un degré élevé de mystère spatial, cela signifie soit qu'il est peut-être plus difficile de trouver le chemin lors de la navigation, ou bien que l'observateur est peut-être plus confus visuellement.

- **Compacité et circularité (compactness and circularity)**

La compacité ainsi que la convexité sont des mesures isovists importantes pour comprendre l'espace (Batty, 2001). Ces mesures peuvent être facilement générées à partir d'autres mesures isovists de surface, de périmètre et radiales.

La première mesure de la compacité, $\wp_i$, est définie comme le rapport entre la distance radiale moyenne et la distance la plus éloignée (distance radiale maximale) de chaque point d'observation :

$$\wp_i = d_i / d_{\max_i}$$

Selon Batty (2001), si l'isovist est un cercle avec i comme centre, sa valeur de compacité ou de circularité est maximale et égale à un, $\wp_i = 1$, parce que la distance radiale moyenne est la même que la distance radiale maximale. En revanche, si l'isovist est une droite provenant de l'un des points d'extrémité, sa valeur de compacité ou de circularité est nul $\wp_i = 0$, par ce que toutes ses distances radiales, sauf une, ont une valeur de zéro. Ainsi, les valeurs de compacité ou de circularité varient de 0 à 1, avec les valeurs faibles (proche de 0) correspondent aux formes linéaires non compactes, et les valeurs élevées (proche de 1) correspondent aux formes circulaires compactes.

- **Elongation (Allongement/ élancement)**

Partant de l'hypothèse que l'on pourrait se sentir plus enfermé dans un couloir que dans un hall ou dans une rue, plutôt que dans une place, même si les deux ont la même surface, Batty (2001, p.129) a examiné la question de comment distinguer entre les formes longues et étroites (telles que les rues) et les espaces courts et larges (telles que les places urbaines). La solution réside dans la possibilité d'un mouvement latéral, qui est bien sûr plus important dans une région large et courte que dans une région longue et étroite.

Deux mesures ont été proposées pour mesurer l'allongement de l'espace. Premièrement, la mesure de la compacité, qui est le rapport de la distance radiale moyenne à la distance radiale maximale ($\wp$, où $\wp = d_{\text{ave}} / d_{\text{max}}$). Deuxièmement, le calcul du rapport du rayon d'un cercle idéal associé à l'aire réelle de l'isovist, au rayon d'un périmètre idéalisé à partir du périmètre réel : $\wp = (A/\pi)^{1/2} / P/2\pi$.

- **Jaggedness (irrégularité)**

La mesure isovist de Jaggedness (J) est le rapport du périmètre à la surface. Une valeur J élevée indique un espace plus complexe en termes d'accessibilité piétonne et d'accessibilité visuelle (Batty, 2001).

Si un isovist est concave (à des bosses) sur une échelle suffisamment grande, il y aura des endroits cachés. Un indicateur numérique possible pour les évaluer est le degré de concavité qui est calculé simplement, en divisant le périmètre carré par la surface (P^2/A). Également, la mesure de circularité peut aussi servir d'indice de concavité, elle est calculée à partir de la formule est $P^2 / 4\pi A$ (Batty, 2001).

4.3.2. Relation entre les mesures isovist et la neuroarchitecture

Les isovists décrivent les propriétés spatiales d'un point de vue centré sur l'observateur humain, ce qui rend les mesures isovists apte à identifier, mesurer et décrire les propriétés spatiales en relation avec la cognition humaine. Cette relation entre les mesures isovists et la neuroarchitecture sera discutée dans cette section, donnant un aperçu sur les corrélations possibles entre les théories en psychologie environnementale, en sciences cognitives (les connaissances en neuroarchitecture) et les mesures isovist discutées plus haut. Il faut préciser ici, que les propriétés morphologiques et les configurations/ stratégies spatiales seront reliées aux mesures isovists. Pour rappel, ces propriétés sont en relation avec l'expérience architecturale de l'environnement bâti et ont un impact considérable sur la cognition et l'émotion de l'homme, elles ont toutes été identifiées dans cette thèse dans la partie consacrée à la revue de la littérature. Ces corrélations vont être présentées et discutées davantage dans les sections suivantes.

4.3.2.1. Spaciousness (grandeur)

La théorie architecturale (par exemple, Joedicke, 1985) suggère que la qualité la plus fondamentale de l'espace architectural et de son expérience, est sa grandeur spatiale. De même, la théorie de l'action écologique « ecological action theory » (Kaminski, 1976, p. 255-259) rend les réponses affectives à la grandeur spatiale (spaciousness) plausibles, car la taille d'un espace détermine largement le comportement et les préférences. De plus, la théorie de la proxémie¹³ « the theory of proxemics » (Hall, 1966) suggère une pondération différente de

¹³ La théorie de la proxémie soutient que la perception et la compréhension de l'espace est modelée par la culture.

l'espace en fonction de sa distance à l'observateur. Ainsi, les mesures mathématiques décrivant la taille de l'espace disponible, éventuellement modérée par la distance égocentrique, semblent capturer les qualités pertinentes de l'espace architectural. Donc, il serait plausible de considérer la surface du polygone isovist (A) et du périmètre de l'isovist (P), comme des indices de grandeur spatiale (spaciousness), car plus de surface signifie plus d'espace.

4.3.2.2. Ouverture et fermeture spatiale “openess/enclosure”

La fermeture/ ouverture spatiale est une caractéristique très importante de l'expérience architecturale et esthétique de l'environnement bâti (voir chapitre 3). Dans le cerveau humain, il existe une région spécifique (la zone parahippocampique PPA) qui répond directement et sélectivement à cette caractéristique spatiale. De plus la fermeture/ ouverture spatiale constitue un facteur important dans la prise de décision (affordances, prospect and refuge) lors de la navigation, vue son impact considérable dans l'expérience esthétique de l'espace et sur les réponses affectives (sécurité, peur, contrôle...) de l'homme vis-à-vis de cette configuration spatiale (effet d'empathie).

L'impression de fermeture/ ouverture spatiale est liée à plusieurs variables morphologiques et spatiales (Stamps, 2005), comme par exemple, (1) le pourcentage de vue couvert par des obstacles bloquant la vision et la locomotion; (2) la profondeur de vue; (3) la lumière ou l'obscurité de la scène; et (4) le nombre de côtés ouverts à la vue sur la limite frontale. De ce fait, il serait plausible de suggérer que les impressions de fermeture/ ouverture spatiale (openess/ enclosure) peuvent être liées à plusieurs mesures isovists, à savoir, la surface isovist, le périmètre isovist, la dérive et la distance radiale maximale et minimale.

4.3.2.3. Largeur/étroitesse

La largeur et l'étroitesse de l'espace peuvent être mesurées en fonction de la distance radiale minimum. Plus la distance (comparée à la valeur moyenne ou le quartile de l'ensemble des distances moyennes obtenus par l'ensemble des isovists, le long du parcours) est petite, plus l'espace est étroit. Large et étroit, est un autre indicateur morphologique et spatial de l'ouverture spatiale (openess/ enclosure) ou de grandeur (spaciousness).

4.3.2.4. *Sens du mystère spatiale (spatial Mystery)*

La perception des espaces mystérieux peut être associée au manque d'informations disponibles sur le lieu (c'est-à-dire à une capacité limitée de voir ou de se déplacer dans l'espace) (Hillier, 1996; Ostwald et Dawes, 2014) ce qui engendre des émotions de curiosité et de confusion chez l'observateur explorant l'espace. Kaplan (1987) déclare qu'un espace mystérieux incite le navigateur-observateur (l'homme) à en apprendre plus sur l'espace en avançant davantage plus loin dans la scène et dans l'espace. Appliqué sur l'isovist, un segment occlusif indique une région qui est cachée à la vue mais qui permet la locomotion. Par conséquent, il serait plausible de suggérer que la mesure isovist d'occlusivité est considérée comme un indicateur de mystère spatial.

4.3.2.5. *La complexité*

Les environnements diffèrent largement en ce qui concerne leur structuration, leur perceptibilité et la facilité de les codifier dans la mémoire spatiale. Pour décrire les facteurs sous-jacents de cette structuration, plusieurs concepts et plusieurs termes ont été utilisés. Dans l'ensemble, il existe deux concepts forts majeurs, la complexité (impliquant diversité, entropie, et richesse) et l'ordre (comprenant lisibilité, clarté, et cohérence). Alors que la théorie architecturale tend à souligner la valeur esthétique de ce dernier, les sciences cognitives et la psychologie environnementale se sont plutôt concentrées sur les effets de la complexité et suggèrent que la complexité est un facteur important de l'expérience architecturale de l'environnement bâti.

La mesure isovist jaggedness est considérée comme un indicateur de la complexité (visuelle) de l'espace. Plus la valeur de jaggedness (irrégularité) est élevée, plus l'espace est complexe et vice-versa. En outre, la complexité spatiale peut-être aussi liée à la prévisibilité des limites, par conséquent, la complexité est liée aux mesures isovists de la distance radiale. Si toutes les radiales sont identiques, la connaissance de l'une, implique la connaissance de toutes les autres et donc la surface est prévisible et simple ou régulière. En revanche, si les radiales séquentielles sont assez différentes, la surface est complexe ou rugueuse.

4.3.2.6. *Sécurité*

La morphologie de l'environnement bâti affecte le sens de sécurité chez l'homme en limitant les mouvements (accessibilité locomotrice) et en limitant la perception (accessibilité

sensorielle) (Stamps, 2005). Le sens de sécurité dépend de la possibilité d'un mouvement latéral, qui est bien entendu plus important dans une région large et courte que dans une région longue et étroite. Par conséquent, les mesures isovists de l'allongement, de la distance radiale maximale et minimale peuvent aider à mesurer la sécurité spatiale.

4.3.2.7. Vues panoramiques (*Panoramic views*)

La théorie de la perspective et du refuge (Prospect and refuge theory) est à l'origine exprimée par des termes tels que «panorama», «vista» et «peephole» (Stamps 2005). Les interprétations mathématiques possibles pour ses termes comprennent l'angle de vision, les variances radiales et l'inclinaison radiale. Par exemple, les panoramas doivent avoir des angles de vision plus grands que les peepholes. Ainsi, les mesures isovists qui peuvent corrélérer avec l'ouverture des vues et l'identification des vues panoramiques sont l'angle de dérive (drift angle), magnitude de la dérive (drift magnitude) et les distances radiales.

4.3.2.8. Synthèse

Le tableau suivant (Tab. 7) présente une récapitulation des corrélations entre les mesures isovists et les concepts liés à l'expérience architecturale de l'environnement bâti, puisés essentiellement des sciences cognitives (neuroarchitecture) et de la psychologie environnementale.

Tableau 7: Relations entre les mesures isovists et les concepts issus des neurosciences pour architecture. Auteur.

Mesure isovist	Description	Concepts liés
La surface (A)	Surface du polygone isovist	• Spaciousness • Ouverture/fermeture spatiale (openness/eclosure) • Affordances
Le périmètre (P)	Longueur de l'ensemble des limites du polygone isovist	• Spaciousness • Ouverture/fermeture spatiale (openness/eclosure)
Maximum radial line (RLl)	La distance radiale de vision la plus longue à partir du point de la	• Spaciousness • Ouverture/fermeture spatiale

	perception	(openness/eclosure) • Elongation • sécurité (empathie) • Complexité • Affordances
Minimum radial line (RLs)	La distance radiale de vision la plus courte à partir du point de la perception. C'est une façon de juger à quel point l'observateur est proche d'un mur (limite solide)	• Spaciousness • Ouverture/fermeture spatiale (openness/eclosure) • étroitesse/ largeur • sécurité (empathie) • Complexité • Affordances
Occlusivity (O)	le volume d'espace traversable mais invisible (locomotion libre et visibilité bloquée),	• Mystère (mystery) • Navigation spatiale et wayfinding (les potentiels d'exploration) • Complexité • Affordances • Jugement esthétique
Jaggedness (J)		• Navigation spatiale et wayfinding (la mémoire spatiale) • Complexité • Affordances • Jugement esthétique
Drift magnitude (Dm)	Distance du point d'observation au centre de gravité du polygone de l'isovist	• Spaciousness • Elongation • sécurité (empathie) • vue panoramique • direction de vision

		● Affordances
Drift angle	Angle entre la direction de vision et le centre de gravité du polygone de l'isovist	● Spaciousness ● Elongation ● sécurité (empathie) ● vue panoramique ● direction de vision ● Affordances
Compactness (C)	une mesure de la forme de l'isovist	● Spaciousness ● Ouverture/fermeture spatiale (openness/eclosure) ● sécurité (empathie) ● contours ● Jugement esthétique

4.3.3. Procédure de l'analyse

4.3.3.1. La procédure

Après le choix du cas d'étude (la rue de la Casbah 'Sidi Driss Hamidouch') et le choix de la direction de navigation (direction de descente) et après identification des séquences visuelles du parcours choisi avec la méthode de l'analyse séquentielle; la prochaine étape est l'analyse isovist de toutes les séquences du parcours choisi afin d'identifier les caractéristiques et les configurations morphologiques du parcours entier et de chacune de ses séquences.

Le logiciel Depthmap 7 développé par un groupe de chercheurs de l'University College London (UCL) est utilisé dans cette recherche pour conduire l'analyse isovist. La procédure est très simple et peut se résumer en trois étapes :

- 1- Importation du dessin CAD de la rue 'Sidi Driss Hamidouch' au logiciel Depthmap 7.
- 2- Introduction, sur le plan CAD importé, des points d'observation d'un angle de vision de 180 ° à l'aide de la fonctionnalité isovist de Depthmap 7. Les points d'observation

sont répartis le long du parcours sur toutes les séquences identifiées par l'analyse séquentielle.

3- Génération automatique des mesures Isovist par Depthmap 7.

4.3.3.2. *Précautions à prendre en considération pour l'analyse isovist*

Les isovists, tels que conçus à l'origine par Benedikt (1979), décrivent toutes les directions de vue possibles à partir d'un seul point d'observation donné, même une perspective qui n'est directement perceptible que dans une vue aérienne artificielle de l'environnement. Il faut savoir qu'en réalité, les observateurs expérimentent l'environnement principalement à partir d'une perspective intérieure dirigée le long de leur ligne principale de déplacement, ce qui suggère une pondération différente des directions de vue en fonction de leur angle relatif par rapport à cette direction principale. Afin de tenir compte de cette situation, plusieurs adaptations ont été introduites dans cette présente étude d'analyse isovist :

- Premièrement, au lieu de baser l'analyse sur des isovists ordinaires d'angles à 360 °, des isovists dirigés couvrant un angle horizontal de 180 ° ont été appliqués.
- Deuxièmement, afin d'inclure également des informations sur les branchements au-delà de cet angle restreint, les points de référence des isovists ont été placés au début du segment de trajectoire dans la direction d'approche pour chaque séquence. Ainsi, les isovists correspondent au champ visuel disponible immédiatement à l'entrée de la séquence.
- L'emplacement des points d'observation isovists au début de chaque séquence, se fait en fonction du sens de la navigation spatiale choisie, qui est, pour cette recherche, le sens de la descente.
- Les points d'observation isovists au début de chaque séquence, sont placés au centre (milieu) de la séquence.

4.3.4. Limitations

La méthode isovist présente quelques déficiences et limites qui peuvent être résumées dans les points suivants :

- Isovist Depthmap ne considère que l'espace 2D, donc l'accès à des informations comme 'espace couvert', 'évasement/rétrécissement de la paroi', les 'vues' n'était pas possible avec l'analyse isovist uniquement.

- Isovist Depthmap considère tout plan vertical ayant une hauteur supérieure à 1.70m comme un obstacle et coupe le champ visuel. Ainsi, ce paramètre isovist, quand c'est appliqué à l'espace de la Casbah d'Alger, peut mener à des résultats erronés en coupant et limitant le champ visuel, qui est en réalité n'est pas limité.
- L'isovist Depthmap ne prend pas en considération la topographie du site, il considère le terrain comme plat, ceci donne des computations du champ visuel un peu différentes de ce qui est la réalité.

5. Conclusion

Ce chapitre décrit, discute et défend la méthodologie adoptée pour la conduite de la présente recherche, dans le cadre d'une approche écologique-énactive, centrée sur l'homme et basée sur des fondements phénoménologiques et cognitifs. La stratégie méthodologique, ainsi que le choix des méthodes et outils à exploiter sont en étroite relation avec les questions et les objectifs de cette recherche. Les résultats de l'application de ce dispositif méthodologique à l'ensemble des données collectées sont présentés et discutés dans les chapitres sept, huit et neuf.

CHAPITRE SEPT : RESULTAS DE L'ANALYSE DE CONTENU

L'EXPÉRIENCE ARCHITECTURALE DE LA CASBAH D'ALGER

1. Introduction

Le présent chapitre présente les résultats de la première étape d'analyse de cette recherche. Il présente les résultats de l'analyse de contenu du corpus défini dans le chapitre précédent (chapitre 6). Il est opportun de rappeler que l'analyse de contenu des témoignages du Corbusier et des algériens non-résidents à la Casbah avec ceux des touristes étrangers, vise à analyser et comprendre l'expérience architecturale vécue à la Casbah d'Alger à travers les révélations des discours (textes du Corbusier et les commentaires enregistrés à travers la *Walk along*). Les résultats de cette analyse thématique de contenu sont couronnés par la formulation d'hypothèses concernant le vécu architectural d'un individu se déplaçant le long d'un parcours à la Casbah d'Alger.

Le chapitre est organisé en trois parties. La première présente les résultats de l'analyse de contenu des trois expériences de la Casbah, celle du Corbusier, celle des étudiants et celle des touristes. La deuxième partie discute ces résultats en références à la revue de la littérature présentée dans les chapitres précédents (chapitre 2 et 3). La dernière partie propose un ensemble d'hypothèses concernant le vécu et l'expérience architecturale de la Casbah. Ces hypothèses se concentrent essentiellement sur les éléments de l'espace extérieur de la Casbah et les configurations morphologiques qui régissent cette expérience architecturale d'après les témoignages analysés.

2. Analyse de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger

Les expériences architecturales, passées anciennes et actuelles, de l'environnement bâti de la Casbah d'Alger sont évaluées séparément. Les résultats de cette évaluation sont ensuite comparés pour dessiner une synthèse concernant l'expérience vécue dans la Casbah d'Alger. L'expérience antérieure est repérée dans les différents écrits du Corbusier, tandis que les données concernant l'expérience actuelle de la Casbah d'Alger sont collectées à travers des enquêtes effectuées in situ à l'aide de la méthode du parcours commenté « *Walk Along* ».

Il est à remarquer, que cette recherche utilise des expériences architecturales de la Casbah d'Alger vécues par différentes personnes appartenant, non seulement à différentes époques, mais aussi de différentes nationalités et cultures et de différents backgrounds éducatifs. La raison de ce choix est pour l'obtention de résultats sur l'expérience architecturale à la Casbah d'Alger aussi variés, aussi riches et aussi complets que possible. En plus, cette diversité des expériences permet de saisir les expériences universelles, celles qui

sont communes à tous et qui ont persisté à travers le temps et celles qui ont changées. Cette étude permettra de mettre en exergue les aspects communs et les différences entre les différentes expériences architecturales à la Casbah d'Alger.

2.1. L'expérience architecturale passée (ancienne) de la Casbah d'Alger

2.1.1. Expérience architecturale de la Casbah par Le Corbusier

- **Les écrits du Corbusier**

Cette section présente les résultats de l'analyse de contenu thématique effectuée sur un certain nombre d'écrits du Corbusier sur la Casbah d'Alger et sur sa propre expérience en son sein. Les écrits du Corbusier ont été collectés auprès de différentes sources, comme les livres « Poésie sur Alger (2015) », les articles « La ville radieuse (1933-1935) », « Œuvre complète (1929-1934) », « Architecture vivante (1932) » et « Le folklore est l'expression fleurie des traditions (1941) ». Ces données ont été recueillies auprès de La fondation le Corbusier à Paris, le livre de Bonillo (2012), la thèse de Geber (1993) et son article portant sur le même thème (1994).

- **Procédure**

Chacun des écrits du Corbusier, cités par haut, est lu plusieurs fois (40 fois). Les 10 premières lectures ont pour but la familiarisation avec le contenu de ces écrits. Le reste des lectures, sont consacrés au découpage initial du texte en plusieurs unités de sens¹⁴. Le découpage est revisité à chaque nouvelle lecture des textes, c'est-à-dire, d'une lecture à une autre, on confronte et on compare le nouveau découpage des unités de sens avec le découpage précédent.

Pour chaque unité de sens, est attribué un label (étiquette) composé d'une lettre majuscule suivie d'un chiffre. Cet étiquetage permet de faciliter le codage et la catégorisation des unités de sens. Les unités extraites de la même source (même texte) ont la même lettre mais ont des chiffres différents, par exemple, les unités de sens avec le label C_x (x est un chiffre) sont tous extraites du texte dans « Le folklore est l'expression fleurie des traditions (1941) ».

¹⁴ Le découpage des unités de sens doit satisfaire la condition stipulant qu'une unité d'analyse doit correspondre à un seul message que la personne veut transmettre (Erlingsson et Brysiewicz, 2017).

La prochaine étape de cette analyse de contenu c'est le codage¹⁵ des unités de sens. Le processus de codage dans cette analyse suit une démarche déductive, également appelée conceptuelle (Schreier, 2012). Cette démarche permet d'identifier des thèmes clés dans le domaine d'intérêt en réduisant le matériel à un ensemble de thèmes ou de catégories (Erlingsson et Brysiewicz, 2017). Cette phase de codage est accompagnée par une révision, ajustement et redéfinition des unités de sens.

Le codage déductif dans cette analyse s'appuie sur les théories en neuroscience pour architecture et en psychologie environnementale discutées dans les chapitres deux et trois de cette thèse. Ensuite, les codes se sont regroupés dans des catégories qui, à leurs tours, sont rassemblées dans des thèmes initiaux¹⁶.

La formulation des catégories et des thèmes se réfère à la littérature en neuroscience pour architecture et la littérature concernant la relation homme-environnement bâti (chapitre 22 et 3). Après avoir développé les catégories et les thèmes initiaux, l'analyse doit être révisée à plusieurs reprises pour valider le codage et la thématisation des unités de sens. Le tableau (Tab. 8) présente un exemple de codage d'une unité de sens extraite d'un passage sur la Casbah d'Alger dans *Architecture vivante* (1932)

Tableau 8: exemple de codage d'une unité de sens. Auteur.

Unité de sens	Etiquette	Source	Code	Catégorie	thème
«... les contrastes si prodigieusement architecturaux des volumes vastes et petits »	B3	Corbusier, 1932, p.7	Contraste de taille	Contrastes géométriques	Effet des contrastes

En somme, on compte 29 unités de sens extraites de 5 textes du Corbusier sur la Casbah. Ces unités sont codées par 20 codes regroupés en 16 catégories et répartis sur 7 thèmes. Le tableau suivant (Tab. 9) présente les résultats de l'analyse de contenu effectuée sur les écrits du Corbusier.

¹⁵ Les codes sont des expressions qui décrivent de manière concise les unités de sens. À ce stade de l'analyse, l'interprétation des données reste très limitée, voir même inexistante. (Erlingsson et Brysiewicz, 2017)

¹⁶ Un thème est un concept d'organisation centrale qui capture un aspect important des données par rapport à la question de recherche. (Erlingsson et Brysiewicz, 2017)

Tableau 9:Résultats de l'analyse de contenu des textes du Corbusier. Auteur.

Unité de sens		Codes	Catégories	Thèmes
Unité	source			
A1	1933, p. 260	formes compactes et courbes	contours curvilignes	Effet des contours courbes
Totale : 1				
E1	1993, p. 209	Vue étendue vers l'horizon	La domination via l'ouverture	Effet de l'ampleur et de l'immensité
C1	1941, p. 30			
C2	2012, p. 267			
G1	1941, p. 30	Escalier géants de terrasses ouvert sur la mer	dominance par la taille et l'ouverture	
Totale : 4				
C3	1941, p. 31	Murs blancs scintillants	Dominance de la couleur blanche	Effet des couleurs
C4	1941, p. 32	Mélange et contraste harmonieux des couleurs	Harmonie des couleurs	
Totale : 2				
C5	1941: 32	Des dimensions et des proportions mathématiques en concordance avec le corps et l'activité	Echelle humaine	Effet de l'harmonie et des proportions
F3	1994, p. 370			
F4	1933, p. 260			
A2	1933, p. 230	Des proportions mathématiques	Proportions et dimensions	

A3	2015, p. 16	« Wholeness » harmonieux et imminent	Harmonie symphonique	
D1	1941, p. 30			
C6	1941, p. 30			
Totale : 7				
A4	1933, p. 230	calme, intimité, confort et d'hospitalité	Empathie via des émotions positives	Effet de l'empathie
F1	1994, p. 366			
B2	1932, p. 7			
E2	1993, p. 266	Bonheur et joie		
G2	1941, p. 30	Attachement	Empathie via l'attachement	
C7	1941, p. 30	Surprise, admiration et beauté	Empathie par la beauté et la crainte	
F2	1994, p. 366	sensibilité aux besoins humains	Architecture humaine	
C8	1941, p. 32	Tendresse et sensibilité		
Totale : 7				
A5	1933, p. 247	Contraste de taille	Contraste dans la forme géométrique	Effet des contrastes
B3	1932, p. 7			
B1	1932, p. 7	Contraste d'ambiances lumière / ombre	Contraste d'ambiances	
E3	1993, p. 267	Contraste des ambiances intérieures / extérieures		
A6	1933, p. 230			
Totale : 5				

E5	1993, p. 209	Transition flexible	Promenade spatiale	Effet de la navigation spatiale
E4	1928-34, p. 24	l'architecture favorise la marche et la découverte spatiale	Découverte et mystères	
F5	1994, p. 370	l'architecture favorise la marche et la découverte spatiale		
Totale : 3				

2.2. L'expérience architecturale actuelle de la Casbah d'Alger

Pour identifier l'expérience vécue actuellement dans la Casbah d'Alger, la méthode du « *Walk Along* » est utilisée, pour l'acquisition des informations sur l'expérience architecturale actuelle de la Casbah d'Alger auprès de deux catégories d'utilisateurs de la Casbah. Des usagers algériens non-résidents à la Casbah, et des usagers étrangers, des touristes en visite à la Casbah.

Dans l'expérience « *Walk Along* » il a été demandé aux participants de se promener dans la rue « Sidi Driss Hamidouch » (Fig. 45) tout en parlant, de manière libre et spontanée, de leurs expériences, sensations, émotions, idées et réactions vis-à-vis de l'environnement bâti du parcours exploré. Les commentaires et les témoignages vocaux des participants sont enregistrés sur leurs Smartphones. Ces enregistrements sont communiqués au chercheur via email.

Il est à noter que toutes les expériences « *Walk Along* » se sont déroulées dans les mêmes conditions climatiques (ciel clair, soleil n'est pas fort et taux de l'humidité faible) et la même plage horaire (entre 9 :30 et 10 :30 du matin). Dérouler l'expérience dans les mêmes conditions climatiques et temporelles a pour objectif de minimiser au maximum l'impact que peut avoir ces deux paramètres sur l'expérience architecturale du parcours de la Casbah.

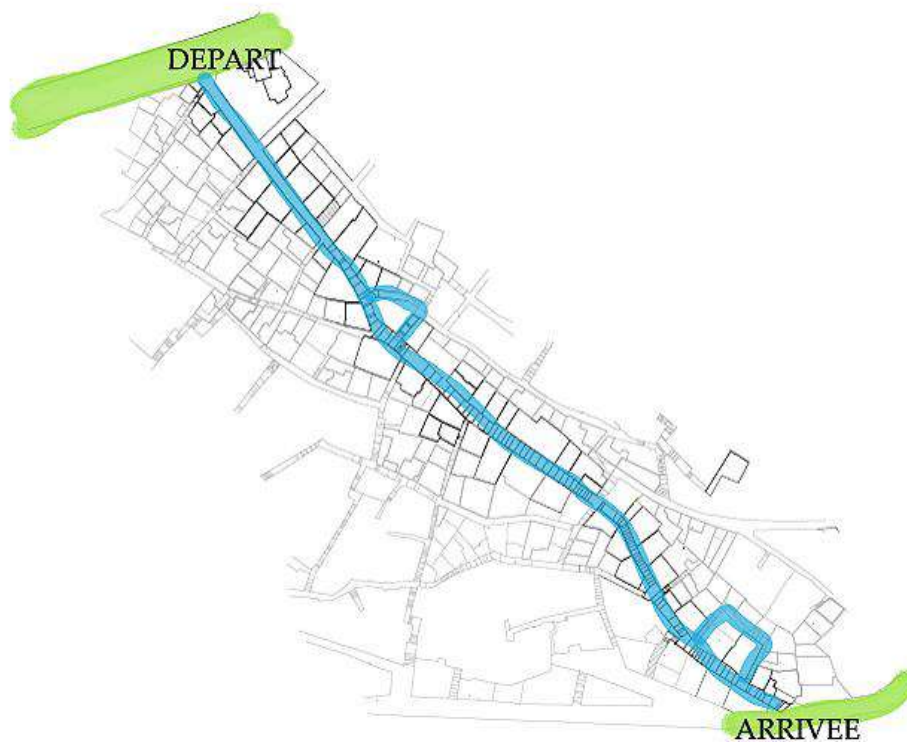


Figure 45: trajet de l'expérience "Walk along" le long de la rue "Sidi Driss Hamidouch". Auteur.

2.2.1. Expérience architecturale de la Casbah par les algériens non-résidents

Pour identifier l'expérience vécue actuellement dans la Casbah d'Alger par des Algériens non-résidents à la Casbah, la méthode du parcours commenté « *Walk Along* » est utilisée, pour la collecte des informations concernant l'expérience architecturale de la Casbah auprès de 30 participants algériens des deux sexes. Ces participants viennent de différentes régions d'Algérie.

- **Procédure**

L'expérience « *Walk Along* », par les usagers Algériens, s'est déroulée en deux jours. Au premier jour, 20 étudiants en architecture, accompagnés du chercheur, se sont rendus à la rue « Sidi Driss Hamidouch » pour faire l'expérience. Après avoir expliqué le Protocole et le trajet de l'expérience aux participants, le chercheur les a guidé le long du parcours choisi pour une durée 30 minutes durant laquelle les participants parlent librement de leurs expériences du parcours.

Le deuxième jour (15 jours après le 1^{ère} expérience), les 10 participants Algériens non-résidents à la Casbah (de différents âges et backgrounds) ont fait la même expérience suivant le même protocole. De même, la promenade a suivi le même trajet (Fig.) pendant la même

durée (30 minutes) durant laquelle les 10 participants ont parlé librement et spontanément de leurs expériences du parcours « Sidi Driss Hamidouch ».

Avant de procéder par l'analyse de contenu des témoignages collectés, il faut d'abord transcrire chacun de ces témoignages en un texte écrit. Ceci permet de faciliter l'identification des unités de sens et leur codage thématique. Après la transcription des enregistrements audio en texte, l'analyse de contenu de ces textes suit le même protocole adopté pour l'analyse de contenu des écrits du Corbusier.

En somme, on compte 220 unités de sens extraites de 30 textes (transcrit depuis des enregistrements audio des participants). Ces unités sont codées par 22 codes regroupés en 18 catégories et répartis sur 7 thèmes. Le tableau suivant (Tab. 10) présente les résultats de l'analyse de contenu de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger par des algériens non-résidents à la Casbah.

Tableau 10: Résultats de l'analyse de contenu de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger par des algériens non-résidents à la Casbah. Auteur.

Unité de sens	Codes	Catégories	Thèmes
C12	formes compactes et courbes	contours curvilignes	Effet des contours courbes
D3			
G2			
I3			
J1			
V1	Formes et bordures droites	contours rectilignes	
AA1			
U2			
Totale : 8			
A1	Vue étendue vers l'horizon et la mer	La domination via l'ouverture	Effet de l'ampleur et de l'immensité
B4			
C7			
D8			
E6			
G7			
H3			
I1			
F9			
J4			

K2			
L3			
M5			
N8			
S3			
O4			
T8			
P7			
Y9			
Q1			
R4			
V2			
X7			
AA2			
U1			
CC5			
W5			
BB3			
Z1			
DD7			
Totale : 30			
B2	Murs blancs scintillants	Dominance de la couleur blanche	Effet des couleurs
D4			
F1			
H2			
I2			
J2			
O5			
Y8			
AA3			
B3	Mélange et contraste harmonieux des couleurs	Harmonie des couleurs	
C11			
F2			
G3			
J3			
M5			
O6			
Totale : 16			

B8	Des proportions mathématiques fascinantes	Proportions et dimensions	Effet de l'harmonie et des proportions
L2			
S4			
DD7			
B6	« Wholeness » harmonieux et imminent	Harmonie symphonique	
C1			
F3			
H1			
M3			
O1			
T9	Uniformité stylistique architecturale	Harmonie	
O2			
P8			
Y7			
CC4			
Z2			
DD6			
Totale : 17			
A2	Calme, intimité, confort et hospitalité	Empathie via des émotions positives	Effet de l'empathie
J5			
K3			
B5			
H4			
M2			
S5			
V3			
X6			
U4			
Z7	Joie et bonheur		
F8			
K4			
M1			
O3			
X5			
AA4			
CC6			
BB2			
DD5			

D9	Attachement	Empathie via l'attachement		
F4				
K6				
C4	Surprise, admiration et beauté	Empathie par la beauté et la crainte		
C5				
G1				
I4				
N7				
S6				
P6				
Y4				
Q2				
BB4				
H10	Peur et insécurité dans les espaces clos sombres	Empathie via des émotions négatives		
N6				
T7				
R3				
W4				
Totale : 38				
C7	Contraste des hauteurs	Contraste dans la forme géométrique	Effet des contrastes	
E3				
T6				
F5	Contraste des espaces ouverts /fermés	Contraste d'ouverture/fermeture spatiale		
G5				
H9				
I5				
J6				
K8				
M6				
N1				
Y3				
R2				
V5				
BB1				
Z3				
C10				Contraste des espaces ouverts /couverts
D6				
E4				

F6			
G6			
I6			
K11			
O6			
T4			
P1			
DD3			
D5	Contraste des espaces étroits/larges		
E5			
H8			
I7			
K9			
M7			
N2			
S1			
O7			
T3			
P2			
Y5			
Q3			
R1			
V4			
X3			
AA5			
CC3			
W1			
Z4			
DD2			
A3	Contraste d'ambiances lumière / ombre	Contraste d'ambiances	
B7			
C8			
C9			
D7			
E2			
F7			
H7			
I8			

K7				
N3				
S2				
T5				
P3				
Y6				
Q4				
W2				
Z5				
A4				
C6	Contraste des ambiances intérieures / extérieures	Contraste d'ambiances		
I10				
L4				
M8				
CC2				
Totale : 72				
A5	Transition flexible	Promenade spatiale	Effet de la navigation spatiale	
C1				
D2				
H5				
I9				
J7				
N5				
P4				
Y1				
Q5				
X2				
DD1				
C2	Rappel des anciens souvenirs	Mémoire		
K5				
M10				
T2				
C3	Architecture de marche et de découverte spatiale	Découverte et mystères		
D1				
E1				
G8				
H6				
I11				

K1			
L1			
M9			
N4			
S7			
O8			
T1			
P5			
Y2			
V6			
X1			
AA6			
U3			
CC1			
W3			
BB5			
Z6			
Totale : 39			

2.2.2. Expérience architecturale de la Casbah par des Touristes étrangers

Pour identifier l'expérience vécue actuellement dans la Casbah d'Alger par des étrangers (non-résidents à la Casbah), la méthode du « *Walk Along* » est utilisée, pour la collecte des informations concernant l'expérience architecturale de la Casbah auprès de 18 participants étrangers. Ces participants étrangers, sont des touristes, des deux sexes, identifiés et sélectionnés avec l'agence de voyage algérienne « *FencYellow* », qui a aimablement accepté de contribuer à cette enquête. Les 18 touristes sont issues de différents: 09 Français (4 femmes et 5 hommes), 3 suédois (hommes), 2 Italiens (femmes et homme), 2 Anglais (hommes architectes), et 2 Chinois (femme et homme).

- **Procédure**

L'expérience « *Walk Along* », par des usagers étrangers, s'est déroulée en plusieurs jours. En effet, l'agence de voyage « *FencYellow* » nous a donné des rendez-vous tous les vendredis, de 10h à 10 :30h, pendant trois mois (Mars, Avril et Mai 2018) pour rencontrer des touristes qui ont aimablement accepté de faire l'expérience. L'expérience « *Walk Along* » avec les participants étrangers a suivi le même protocole de l'expérience avec les participants Algériens. Les participant se promènent et explorent la rue « Sidi Driss Hamidouch », depuis

le « boulevard de la victoire » jusqu'à la rue « Arbadji », pendant une durée de 30 minutes durant laquelle ils parlent librement et spontanément de leurs expériences du parcours.

De même pour l'expérience architecturale de la Casbah par des étrangers, avant de procéder par l'analyse de contenu des témoignages collectés, il faut d'abord transcrire chacun de ces témoignages en un texte écrit. Ceci permet de faciliter l'identification des unités de sens et leur codage thématique. Après la transcription des enregistrements audio en texte, l'analyse de contenu de ces textes suit le même protocole adopté pour l'analyse de contenu des écrits du Corbusier.

En somme, on compte 114 unités de sens extraites de 18 textes (transcrit depuis des enregistrements audio des participants). Ces unités sont codées par 16 codes regroupés en 14 catégories et répartis sur 7 thèmes. Le tableau suivant (Tab. 11) présente les résultats de l'analyse de contenu de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger par les touristes.

Tableau 11: Résultats de l'analyse de contenu de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger par des étrangers (touristes). Auteur.

Unité de sens	Codes	Catégories	Thèmes
H1	formes compactes et courbes	contours curvilignes	Effet des contours courbes
D2			
Totale : 02			
A1	Vue étendue vers l'horizon et la mer	La domination via l'ouverture	Effet de l'ampleur et de l'immensité
C5			
H2			
M4			
I8			
D3			
J3			
N4			
G1			
S6			
K1			
L2			
P1			

T4			
E2			
O1			
Totale : 16			
H4	Murs blancs scintillants	Dominance de la couleur blanche	Effet des couleurs
F1			
J2			
I7	Mélange et contraste harmonieux des couleurs	Harmonie des couleurs	
F2			
K2			
E1			
Totale : 07			
H3	Des proportions mathématiques fascinantes et une architecture humaine	Proportions et dimensions	Effet de l'harmonie et des proportions
B5	Uniformité stylistique architecturale	Harmonie et beauté	
H5			
F3			
D1			
I6			
J4			
G2			
L3			
Totale : 09			
B6	calme, intimité, confort et hospitalité	Empathie via des émotions positives	Effet de l'empathie
H6			
F5			
I9			
J1			
G3			
E7			
O2			
C6	Surprise et admiration	Empathie par la beauté et la crainte	
D8			
K3			
P2			
E3			
C7	Peur et insécurité dans les espaces	Empathie via des	

I5	clos sombres	émotions négatives	
M5			
F9			
J5			
T3			
Totale : 19			
A2	Contraste des espaces ouverts /fermés	Contraste d'ouverture/fermeture spatiale	Effet des contrastes
C1			
H7			
M2			
F6			
I3			
N2			
P3			
E5			
O3			
B3	Contraste des espaces ouverts /couverts		
H9			
M3			
F7			
I4			
D7			
J6			
S4			
P4			
T2			
O4			
A3	Contraste des espaces étroits/larges		
B4			
C2			
H8			
M1			
F8			
I2			
D6			
J7			
N1			
G4			

S3				
S5				
L1				
E4				
A4	Contraste d'ambiances lumière / ombre	Contraste d'ambiances		
H10				
E6				
Totale : 39				
C3	Transition flexible	Promenade spatiale		Effet de la navigation spatiale
L4				
B2	Rappelle des anciens souvenirs	Mémoire		
H12				
M6				
D5				
S2				
A5	Architecture de marche et de découverte spatiale	Découverte et mystères		
B1				
C4				
H11				
F10				
I1				
D4				
N3				
G5				
S1				
K4				
P5				
T1				
E7				
O5				
Totale : 22				

3. Analyse des résultats

Une fois la validation de l'ensemble terminée, la prochaine étape concerne l'interprétation des résultats. Cette dernière est basée sur ce qui a été présenté dans la revue de la littérature de cette thèse. La finalité de cette analyse est d'arriver à proposer des hypothèses

concernant le vécu et l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, notamment au niveau de ses parcours.

3.1 Expérience architecturale du Corbusier

D'après le tableau (Tab. 9), les thèmes identifiés et leurs corollaires spatiaux peuvent être classés en trois catégories, fort, moyenne et faible, selon leur importance et degré d'influence sur l'expérience du Corbusier dans la Casbah d'Alger. Ce classement se fait avec le calcul des quartiles des occurrences des thèmes dans le discours du Corbusier (1+4+2+7+7+5+3) (Fig. 46). En effet, les thèmes ayant une fréquence d'apparition supérieure ou égale à Q_3 (7) sont considérés forts, les thèmes ayant une fréquence d'apparition inférieure ou égale à Q_1 (2) sont considérés faibles et les thèmes dont la fréquence d'apparition est entre Q_1 et Q_3 sont considérés moyens.

De ce fait, on peut distinguer dans les écrits du Corbusier concernant son expérience architecturale de la Casbah :

- L'effet de l'harmonie avec une valeur d'occurrence de 7 et l'effet de l'empathie avec une valeur d'occurrence de 7 constituent les thèmes les plus influents dans l'expérience architecturale du Corbusier dans la Casbah d'Alger.
- Ensuite, l'effet du contraste avec une valeur d'occurrence de 5, l'effet d'immensité et d'amplitude avec une valeur d'occurrence de 4 et l'effet de la navigation spatiale avec une valeur d'occurrence de 3, ces thèmes ont une importance moyenne dans l'expérience de la Casbah par Le Corbusier.
- Enfin, l'effet des couleurs avec une valeur d'occurrence de 2 l'effet des contours avec une valeur d'occurrence de 1, constituent les thèmes les moins influents dans l'expérience architecturale du Corbusier dans la Casbah d'Alger.

3.2 Expérience architecturale des étudiants

D'après le tableau (Tab. 10), les thèmes identifiés et leurs corollaires spatiaux peuvent être classés en trois catégories, fort, moyenne et faible, selon leur importance et degré d'influence sur l'expérience des visiteurs algérien (étudiants en architecture) dans la Casbah d'Alger. Ce classement se fait avec le calcul des quartiles des occurrences des thèmes (8+30+16+17+38+72+39) (Fig. 46). En effet, les thèmes ayant une fréquence d'apparition supérieure ou égale à Q_3 (39) sont considérés forts, les thèmes ayant une fréquence

d'apparition inférieure ou égale à Q_1 (16) sont considérés faibles et les thèmes dont la fréquence d'apparition est entre Q_1 et Q_3 sont considérés moyens.

De ce fait, on peut distinguer dans les témoignages des étudiants en architecture concernant leurs expériences architecturales de la Casbah :

- L'effet des contrastes avec une valeur d'occurrence de 72 et l'effet de la navigation spatiale avec une valeur d'occurrence de 39 constituent les thèmes les plus influents dans l'expérience architecturale des visiteurs algériens (étudiants en architecture) dans la Casbah d'Alger.
- Ensuite, l'effet de l'empathie avec une valeur d'occurrence de 38, l'effet d'immensité et d'amplitude avec une valeur d'occurrence de 30, l'effet de l'harmonie avec une valeur d'occurrence de 17 et l'effet des couleurs avec une valeur d'occurrence de 16, ces thèmes ont une importance moyenne dans l'expérience des visiteurs algériens (étudiants en architecture).
- Enfin, l'effet des contours avec une valeur d'occurrence de 8 constitue le thème le moins influent dans l'expérience architecturale des visiteurs algériens (étudiants en architecture) dans la Casbah d'Alger.

3.3 Expériences des touristes

D'après le tableau (Tab. 11), les thèmes identifiés et leurs corollaires spatiaux peuvent être classés en trois catégories, fort, moyenne et faible, selon leur importance et degré d'influence sur l'expérience des visiteurs étrangers (touristes) dans la Casbah d'Alger. Ce classement se fait avec le calcul des quartiles¹⁷ des occurrences des thèmes dans le discours (2+16+7+9+19+39+22) (Fig. 46). En effet, les thèmes ayant une fréquence d'apparition supérieure ou égale à Q_3 (22) sont considérés forts, les thèmes ayant une fréquence d'apparition inférieure ou égale à Q_1 (7) sont considérés faibles et les thèmes dont la fréquence d'apparition est entre Q_1 et Q_3 sont considérés moyens.

De ce fait, on peut distinguer dans les témoignages visiteurs étrangers (touristes) concernant leurs expériences architecturales de la Casbah :

- L'effet des contrastes avec une valeur d'occurrence de 39 et l'effet de la navigation spatiale avec une valeur d'occurrence de 22 constituent les thèmes les plus influents

¹⁷ Les quartiles sont calculés avec « CalculatorSoup® online calculator » (<https://www.calculatorsoup.com/>)

dans l'expérience architecturale des visiteurs étrangers (touristes) dans la Casbah d'Alger.

- Ensuite, l'effet de l'empathie avec une valeur d'occurrence de 19, l'effet de l'immensité et de l'amplitude avec une fréquence de 16 et l'effet de l'harmonie avec une valeur d'occurrence de 9, ces thèmes ont une importance moyenne dans l'expérience des visiteurs étrangers (touristes).
- Enfin, l'effet des couleurs avec une valeur d'occurrence de 7 et l'effet des contours avec une valeur d'occurrence de 2, constitue le thème le moins influent dans l'expérience architecturale des visiteurs étrangers (touristes) dans la Casbah d'Alger.

thème	Le Corbusier	Algériens	Etrangers
Effet des contours	1	8	2
Effet des magnitude et amplitude	4	30	16
Effet de couleurs	2	16	07
Effet d'harmonie et de proportions	7	17	09
Effet d'empathie	7	38	19
Effet de contrastes	5	72	39
Effet de navigation spatiale	3	39	22

Figure 46: Occurences et classements de chaque thème par expérience. Auteur.

3.4 Synthèse

La comparaison entre les résultats des trois analyses thématiques démontre une forte corrélation entre l'expérience des algériens (étudiants en architecture) et l'expérience des étrangers (les touristes) et une corrélation moyenne entre ces deux expériences et celle du Corbusier (Fig. 46). Pour les deux expériences actuelles de la Casbah, les contrastes et la

navigation spatiale sont les éléments les plus influents dans leurs expériences de la Casbah d'Alger, alors que pour Le Corbusier c'est plutôt l'harmonie et l'empathie.

En somme, pour les trois expériences analysées, les contrastes, la navigation spatiale et la magnitude (amplitude) sont les plus significatives dans l'expérience architecturale de la Casbah, ces deux thèmes ont toujours les valeurs d'occurrence les plus élevées. Les couleurs et les contours sont les moins significatifs dans les trois expériences, ces deux thèmes ont toujours les valeurs d'occurrence les plus faibles.

D'après les tableaux d'analyse (Tab 9, 10 et 11), l'effet de magnitude est en relation avec l'expérience des vues panoramiques qui s'ouvrent sur l'horizon, là où se rencontrent la mer et le ciel. L'effet de la navigation spatiale est en relation avec le sens du mystère et la complexité, ce qui implique la notion de « la découverte » pour décrire l'expérience de la Casbah à travers la navigation et le « wayfinding ». L'effet de contraste est en relation avec les paramètres morphologiques de la taille et de l'ouverture/fermeture spatiale. Les contrastes sont régis essentiellement par des transitions entre espace ouvert/fermé, large/étroit, ouvert/couvert et éclairé/obscur.

Pour Le Corbusier c'est l'harmonie et les proportions qui ont influencé sa perception et son expérience architecturale de la Casbah. Ceci peut être en relation avec sa quête de recherche d'un système de proportion en architecture. Il se peut, comme le stipulent déjà plusieurs chercheurs (Gerber, 1993), qu'il a trouvé dans l'environnement bâti de la Casbah une architecture proportionnelle à l'échelle humaine.

4. L'expérience architecturale de la Casbah d'Alger

D'après les écrits et les témoignages sur l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, son environnement bâti suscite des expériences émotionnelles et sensorielles riches à travers la stimulation de différentes modalités perceptuelles provoquées par une multitude de propriétés spatiales situées le long d'un parcours ou d'une promenade. La qualité de "l'exploration libre" garantie par le réseau de rues labyrinthiques et complexes de la Casbah d'Alger fait du mouvement des piétons un paramètre important dans l'expérience architecturale de la Casbah et dans la formation de souvenirs spatiaux à long terme (Mofat, 2016). Autrement dit, les affordances et les propriétés spatiales le long des parcours entraînent un acte continu de renforcement et de mise à jour des souvenirs de l'expérience architecturale.

En outre, L'ensemble des écrits et des témoignages analysés ont évoqué, à plusieurs reprises, la présence des différents contrastes de tailles et de hauteurs, d'ombre et de lumière, d'ambiances et d'ouverture / clôture. En fait, le jeu continu des contrastes variés amplifie l'expérience esthétique et sensorielle à travers une stimulation des mécanismes cérébraux et physiologiques (Vartarian et al., 2015 ; Pallasma, 2015). Ces contrastes sont d'une part responsables des ambiances atmosphériques spécifiques de la Casbah d'Alger. Un "sens du lieu" (sens of place) est généré par les configurations spatiales et les ambiances atmosphériques (distribution spatiale, formes, proportions, nature, calme, fraîcheur...etc.) de l'environnement bâti de la Casbah d'Alger, ce qui conduit à la naissance et à l'émergence de certaines sensations architectoniques incarnées (intimité, félicité, confinement, bonheur et attachement...etc.) à travers une projection empathique provoquée par un fort engagement émotionnel envers l'environnement bâti rencontré (Gallese, 2017).

Un autre paramètre très important dans l'expérience architecturale de la Casbah c'est l'effet de magnitude et d'immensité que génèrent les vues panoramiques sur la mer. La vue ouverte et dégagée vers l'horizon, reliant le bleu du ciel au bleu de la mer génère une forte expérience de « sublime » liée à l'effet d'échelle (grandeur et immensité) et à l'effet de la nature. Certains témoignages évoquent clairement la notion du « awe », tandis que d'autres n'utilisaient pas littéralement le mot « awe », mais certains aspects de « awe », tels que définis précédemment (chapitre 2 et 3), sont encore reconnaissables comme le sentiment d'émerveillement couplé avec la joie, l'élévation et la peur.

La dominance de la couleur blanche dans la Casbah d'Alger captive l'attention et l'admiration des individus. Sous la lumière de la revue de la littérature (chapitre 2 et 3), cela peut s'expliquer par un fort "engagement émotionnel" et l'expérience d'un "bien-être subjectif" positif lié à des sentiments "d'accomplissement" et de "satisfaction" de trouver le sentiment exotique recherché dans les villes vernaculaires de culture musulmane. En outre, l'harmonie entre la couleur blanche des murs et la couleur bleue du ciel et de la mer intensifie la valeur esthétique de l'environnement de la Casbah d'Alger.

5. Hypothèses

Les résultats de l'analyse de contenu permettent de suggérer plusieurs hypothèses concernant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger :

- (1) L'expérience architecturale des parcours de la casbah est influencée par les transitions et l'alternance rythmiques entre différentes caractéristiques et configurations morphologiques;
- (2) L'expérience architecturale des parcours de la Casbah est influencée principalement par la transition rythmique des conditions spatiales et morphologiques en relation avec la taille de l'espace et son degré d'ouverture/fermeture ;
- (3) L'expérience architecturale du parcours est influencée par la transparence phénoménale plus que par la transparence littérale ;
- (4) Le parcours de la Casbah présente un niveau élevé de complexité et de mystère spatial en raison d'une perméabilité accrue ;
- (5) L'expérience architecturale du parcours est harmonieuse et d'une certaine uniformité spatiale.

6. Limitations

Le présent travail d'analyse de contenu thématique présente plusieurs limitations. Ci-dessous sont citées quelques limitations auxquelles s'est confrontée cette étude :

- Les facteurs climatiques sont ignorés dans cette analyse. En effet, toutes les interviews du parcours commenté « walk along » ont été faites en matinée, lors de journées ensoleillées et de faible humidité.
- La différence de taille de l'échantillon des participants, entre les données d'analyse de chaque expérience architecturale de la Casbah est aussi une limite, qui a des conséquences sur les résultats. Tout d'abord, pour l'expérience actuelle de la Casbah, il y avait 30 participants algériens non-résidents contre 18 participants étrangers non-résidents. Aussi, le nombre des écrits du Corbusier, qui représente l'expérience passée

de la Casbah, est très limité comparé au nombre de participants (30+18), qui représente l'expérience actuelle de la Casbah.

- A partir des résultats de cette analyse de contenu, il est encore possible de proposer d'autres hypothèses concernant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Cependant, nous nous sommes limités aux cinq hypothèses uniquement parce qu'il est impossible de vérifier la validité d'un plus grand nombre d'hypothèses dans une analyse morphologique. Par exemple, les hypothèses portant sur l'effet de l'empathie, ou encore des proportions et de l'harmonie, nécessitent des méthodes et des outils utilisés généralement dans des études psychologiques et neuroscientifiques comme le EEG et l'IVR.

7. Conclusion

Le présent chapitre reporte les résultats de l'analyse de contenu appliquée sur un corpus varié de textes et de témoignages concernant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Les résultats ont permis de suggérer un ensemble d'hypothèses concernant l'expérience architecturale de l'environnement bâti de la Casbah et ses corollaires spatiaux et morphologiques, toujours en références à la perception et la cognition humaine. Ces hypothèses font objet de vérification dans les prochains chapitres de cette thèse.

CHAPITRE HUIT : RESULTATS

ANALYSE MORPHOLOGIQUE DE LA RUE « SIDI DRISS HAMIDOUCH »

1. Introduction

Ce chapitre a pour objectif la vérification des hypothèses formulées au chapitre 7 et dérivées de l'analyse de contenu effectuée sur un corpus varié de textes et de témoignages différents sur l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger, notamment au niveau de ses parcours. Cette vérification se base sur deux méthodes d'analyse morphologiques axées sur la perception lors de l'exploration de l'espace (observateur en mouvement). La première méthode, l'analyse séquentielle, est une méthode paysagère basée sur les théories et les travaux de Philippe Panerai (1999), tandis que la deuxième méthode, l'analyse isovist, est une méthode computationnelle mathématique basée sur les théories de la space syntax (voir chapitre 7).

Ce chapitre présente les résultats des deux analyses, morphologique séquentielle et isovist, effectuées sur le cas d'étude la rue « Sidi Driss Hamidouch », ancienne « rue de la Casbah » (voir chapitre 5). Les résultats de l'analyse sont d'abord présentés pour chaque séquence, ensuite pour tout le parcours entier. Ceci permet d'identifier les caractéristiques morphologiques du parcours et de déterminer les variations des caractéristiques morphologiques lors du passage d'une séquence à l'autre.

2. Résultats de l'analyse séquentielle morphologique

L'analyse séquentielle procède par un découpage séquentiel avec une notation morphologique sur le plan du parcours étudié (Fig. 47). La notation morphologique est basée sur la reconnaissance, ensuite, l'attribution des indicateurs morphologiques (voir chapitre 7) à l'espace en question. Les séquences du parcours sont identifiées en introduisant des ruptures là où il y a un changement dans le caractère morphologique de l'espace. Cette transition se distingue par le changement des ambiances et des configurations morphologiques au sein du même espace et la création de contrastes avec les séquences adjacentes (voir chapitre 7).

L'analyse séquentielle commence par le découpage initial du parcours (Fig. 47) qui se base sur la forme du parcours pour délimiter les séquences. Dans cette décomposition séquentielle initiale du parcours, les ruptures séparant deux séquences adjacentes sont introduites à chaque fois qu'il y a un changement dans la direction du parcours ou à chaque nœud rencontré (croisement du parcours avec d'autres). Ensuite, à partir d'un plan de

séquence, il y a la notation des indicateurs morphologiques reconnus sur ces séquences initiales.

Une fois les indicateurs reconnus et notés sur le plan, de nouvelles ruptures sont introduites sur le plan modifiant ainsi le découpage initial des séquences. Les ruptures sont introduites quand il y a un changement du même indicateur morphologique sur la même séquence. C'est-à-dire quand un indicateur morphologique change dans une même séquence initiale, une rupture est marquée dans cette séquence. Par exemple si, sur la même séquence initiale, l'indicateur morphologique Ratio H/L change d'espace large à espace étroit une rupture est marquée.

Quand le nombre d'indicateurs morphologiques changeants est supérieur ou égal à trois indicateurs (valeur de Q_1), une nouvelle limite est marquée, transformant la séquence initiale en deux ou plusieurs séquences adjacentes. Ainsi le nouveau découpage des séquences distingue neuf séquences différentes le long du parcours (Fig. 48).

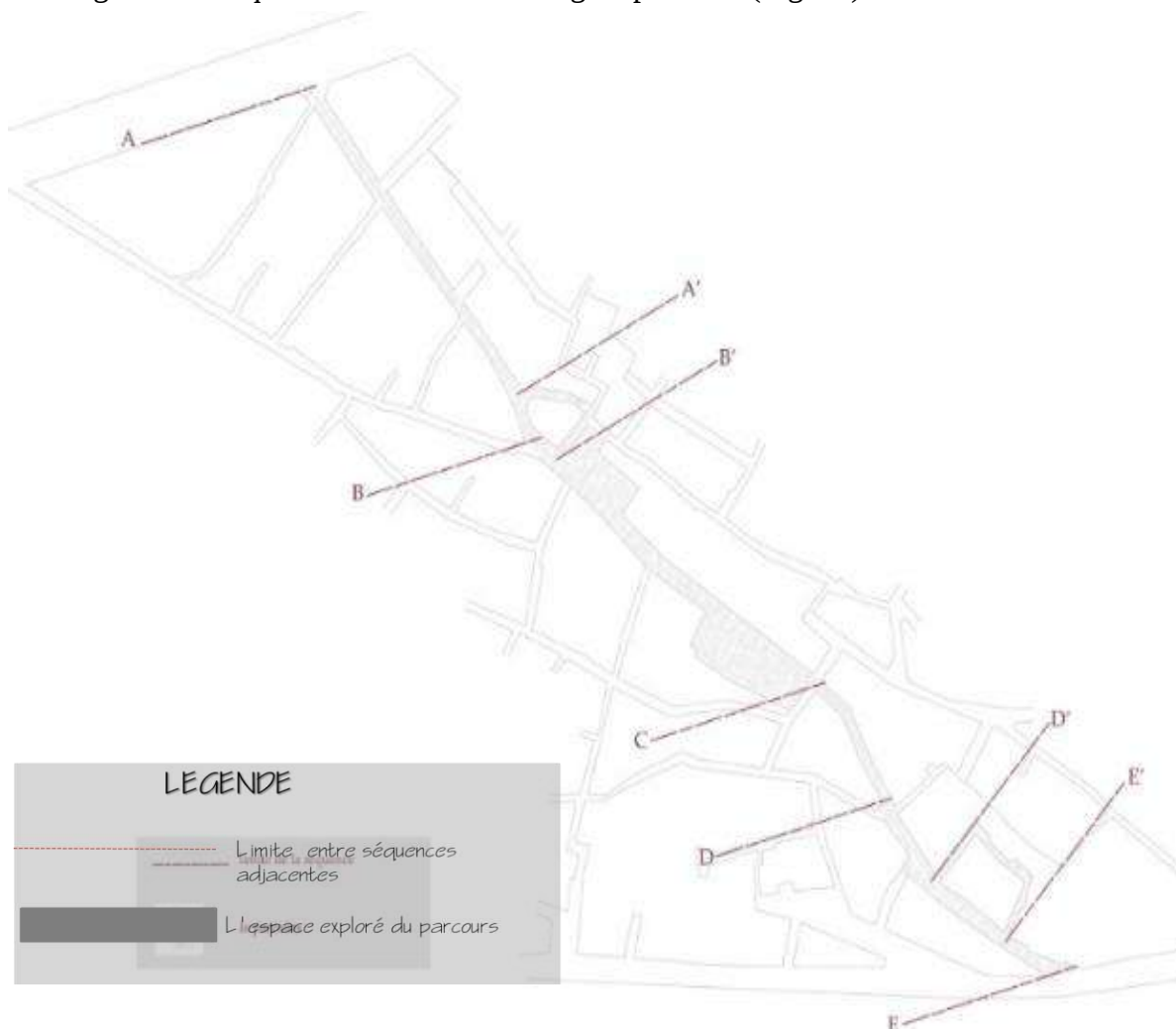


Figure 47: découpage initial des séquences du parcours. Auteurs.



Figure 48: Le nouveau découpage séquentiel avec la notation morphologique sur le plan du parcours. Auteur.

2.1. Résultats de l'analyse séquentielle par séquences

Les résultats de l'analyse séquentielle appliquée au cas de la rue « Sidi Driss Hamidouch » sont présenté ci-dessous dans le tableau suivant (Tab. 12). Ce dernier est composé de trois colonnes : la première colonne comporte des présentations illustrées (une prise de vue dans la séquence) de chaque séquence du parcours, la deuxième colonne reporte les résultats de la notation morphologique de chaque séquence et la troisième colonne reporte des observations et explication concernant les résultats de l'analyse morphologique de chaque séquence.

Tableau 12: Résultats de l'analyse séquentielle par séquence. Auteur.

Séquence	Notation morphologique	Résultats
AB 	$\left(\begin{array}{l} C_L ; R_L ; PC_O ; \\ P_C ; PR_L ; PL_R ; \\ V_N ; S_P ; O_A ; \\ N_A ; RE_A ; L_E \end{array} \right)$	• Un champ de vision limité à gauche et à droite par les maisons et les boutiques. • La paroi latérale dessine un contour ou une limite linéaire continue (à l'exception de petites perforations qui donnent sur des ruelles et des impasses étroites et accidentées). • Un parcours large. • La séquence se rétrécit au fur et à mesure qu'on se rapproche de sa fin (point de contact avec la séquence BC). • Champ de vision étendu et libre avec une perspective frontale qui s'ouvre sur une vue dégagée sur la mer. • La séquence est à ciel ouvert, bien éclairée. • Absence d'ornementation et d'éléments naturels (végétation et/ou eau ne sont pas intégrées).

BC 	$\left(\begin{array}{l} C_C ; R_L ; PC_O ; \\ P_C ; PR_L ; PL_E ; \\ V_N ; S_E ; O_P ; \\ N_P ; RE_P ; L_E \end{array} \right)$	• Un champ de vision limité à gauche et à droite (parois latérales) par les maisons et les boutiques. • La paroi latérale dessine un contour ou une limite linéaire continue. • Un parcours large. • La séquence s'élargit au fur et à mesure qu'on se rapproche de son milieu, qui correspond à son intersection avec la séquence B'C', ensuite, elle se rétrécit légèrement à la fin. • La fin de la séquence est marquée par une intersection avec la séquence CD ainsi que d'autres parcours. • La fin de la séquence est marquée par la présence d'un repère (la fontaine). • Champ de vision étendu et libre avec une perspective frontale qui s'ouvre sur une vue dégagée sur la mer. • La séquence est à ciel ouvert, bien éclairée • La séquence est ornementée et intègre des éléments naturels (végétation et eau).
B'C' 	$\left(\begin{array}{l} C_C ; R_E ; PC_F ; \\ P_C ; PR_B ; PL_R ; \\ V_B ; S_E ; O_A ; \\ N_A ; RE_A ; L_S \end{array} \right)$	• Un champ de vision limité à gauche et à droite par les maisons uniquement. • La paroi latérale dessine un contour ou une limite courbe et continue. • Un parcours étroit. • La séquence se rétrécit au fur et à mesure qu'on se rapproche de sa fin. • Champ de vision court et bloqué par le bâti. • La séquence est à ciel couvert d'une toiture basse et sombre. • Absence d'ornementation et d'éléments naturels (végétation et/ou

CD 	$(C_L; R_L; PC_O;$ $P_D; PR_L; PL_E;$ $V_N; S_E; O_A;$ $N_A; RE_A; L_E)$	eau ne sont pas intégrées). • Un champ de vision limité à gauche et à droite par les maisons uniquement. • La paroi latérale dessine un contour ou une limite linéaire discontinue. La discontinuité est causée par l'effondrement des maisons ce qui laisse apparaître de grands espaces vides. • Un parcours large. • La séquence s'élargit au fur et à mesure qu'on se rapproche de sa fin. • Champ de vision étendu et libre avec une perspective frontale qui s'ouvre sur une vue dégagée sur la mer. • La séquence est à ciel ouvert et bien éclairée, • Absence d'ornementation et d'éléments naturels (végétation et/ou eau ne sont pas intégrées).
DE 	$(C_L; R_L; PC_O;$ $P_D; PR_L; PL_R;$ $V_N; S_E; O_A;$ $N_P; RE_P; L_E)$	• Un champ de vision limité à gauche et à droite par les maisons uniquement. • La paroi latérale dessine un contour ou une limite linéaire discontinue. La discontinuité est causée par l'effondrement des maisons, ce qui laisse apparaître de grands espaces vides. • Un parcours large. • La séquence se rétrécit au fur et à mesure qu'on se rapproche de sa fin. • Champ de vision libre avec une perspective frontale, donne sur une vue dégagée sur la mer. • La séquence est à ciel ouvert et bien éclairée. • La fin de la séquence est marquée par la présence d'un repère (le vide transformé en placette). • Absence d'ornementation et

		d'éléments naturels (végétation et/ou eau ne sont pas intégrées).
EF 	$\left(\begin{array}{l} C_L ; R_E ; PC_O ; \\ P_C ; PR_B ; PL_R ; \\ V_B ; S_E ; O_A ; \\ N_A ; RE_A ; L_E \end{array} \right)$	• Un champ de vision limité à gauche et à droite par les maisons/boutiques, • La paroi latérale dessine un contour ou une limite linéaire continue. • Un parcours étroit. • La séquence se rétrécit au fur et à mesure qu'on se rapproche de sa fin. • Champ de vision bloqué avec une vue dirigée vers le bâti. • La séquence est à ciel ouvert et bien éclairée • Absence d'ornementation et d'éléments naturels (végétation et/ou eau ne sont pas intégrées).
FG 	$\left(\begin{array}{l} C_L ; R_L ; PC_O ; \\ P_C ; PR_L ; PL_E ; \\ V_B ; S_E ; O_P ; \\ N_P ; RE_P ; L_E \end{array} \right)$	• Un champ de vision limité à gauche et à droite par les maisons et les boutiques. • La paroi latérale dessine un contour ou une limite linéaire continue. • Un parcours large. • La séquence s'élargit au fur et à mesure qu'on se rapproche de sa fin. • Le début de la séquence est marqué par la présence d'un élément de repère (fontaine), juste à son intersection avec la séquence DF ainsi qu'avec d'autres parcours. • La fin de la séquence est marquée par son intersection avec la séquence FG ainsi qu'avec d'autres parcours. • Champ de vision libre avec une vue dirigée vers le bâti. • La séquence est à ciel ouvert et bien éclairée • La séquence est ornementée et intègre des éléments naturels (végétation et eau).

G'H' 	$\left(C_C ; R_E ; PC_F ; \right.$ $P_C ; PR_B ; PL_E ;$ $V_B ; S_E ; O_A ;$ $N_A ; RE_A ; L_S$	• Un champ de vision limité à gauche et à droite par les maisons uniquement. • La paroi latérale dessine un contour ou une limite courbe et continue. • Un parcours étroit. • La séquence s'élargit au fur et à mesure qu'on se rapproche de sa fin. • Champ de vision bloqué avec une vue sur le bâti. • La séquence est à ciel couvert d'une toiture en voûtes et sombre • Absence d'ornementation et d'éléments naturels (végétation et/ou eau ne sont pas intégrées).
GH 	$\left(C_C ; R_L ; PC_O ; \right.$ $P_C ; PR_B ; PL_R ;$ $V_B ; S_E ; O_A ;$ $N_A ; RE_A ; L_E$	• Un champ de vision limité à gauche et à droite par les maisons. • La paroi latérale dessine un contour ou une limite courbe continue. • Un parcours large. • La séquence se rétrécit au fur et à mesure qu'on se rapproche de sa fin. • champ de vision bloqué avec une vue sur le bâti. • La séquence est à ciel ouvert et bien éclairée. • Absence d'ornementation et d'éléments naturels (végétation et/ou eau ne sont pas intégrées).

2.2. Résultats de l'analyse séquentielle entre séquences

La comparaison entre les résultats des séquences permet de mieux comprendre le caractère morphologique du parcours « Sidi Driss Hamidouch ». Les résultats de cette comparaison entre-séquences adjacentes sont reportés dans le tableau ci-dessous (Tab. 13).

Tableau 13: Résultats de l'analyse séquentielle entre séquences. Auteur.

Entre-Séquences	Notation morphologique	Remarques
AB ∩ BC	$AB \cap BC = 6$ $\left(\begin{array}{l} C_L/C_C ; PL_R/PL_E ; \\ S_P/S_E ; O_A/O_P ; \\ N_A/N_P ; RE_A/RE_P \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence à contour linéaire à une séquence à contour courbe. • Passage d'une séquence qui se rétrécit (se ferme) à une séquence qui s'élargit (s'ouvre). • Passage d'une séquence sans ornementation et qui n'intègre pas d'éléments naturels, à une séquence ornementée et qui intègre des éléments naturels. • Passage d'une séquence sans élément de repère à une séquence avec un repère. • Passage d'une séquence plate à une séquence en escalier. • Passage d'une séquence dont la fin est marquée par une continuité linéaire vers une autre séquence dont la fin est marquée par une intersection avec d'autres parcours.
BC ∩ B'C'	$BC \cap B'C' = 9$ $\left(\begin{array}{l} R_L/R_E ; PC_O/PC_F ; \\ PR_L/PR_B ; \\ PL_E/PL_R ; V_N/V_B ; \\ O_A/O_P ; N_A/N_P ; \\ RE_P/RE_A ; L_E/ L_S \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence large à une séquence étroite. • Passage d'une séquence à ciel ouvert et bien éclairée à une séquence couverte (avec une toiture basse) et sombre. • Passage d'une séquence qui s'élargit (s'ouvre) à une séquence qui se rétrécit (se ferme). • Passage d'une séquence dont la perspective est libre et s'ouvre sur une vue dégagée sur la mer à une séquence dont la perspective et la vue sont bloquées par le bâti. • Passage d'une séquence ornementée et qui intègre des éléments de la nature à une séquence sans ornement et sans éléments de la nature. • Passage d'une séquence avec un repère à une séquence sans élément de repère. • Passage d'une séquence dont la fin est marquée par

		une intersection avec d'autres parcours à une séquence dont la fin est marquée par une continuité linéaire vers une autre séquence.
B'C' ∩ CD	$B'C' \cap CD = 8$ $\left(\begin{array}{c} C_C/C_L; R_E/R_L; \\ P_C/P_D; \\ P_R/P_L; \\ P_L/P_E; V_B/V_N; \\ L_S/L_E \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence à contour courbe à une séquence à contour linéaire. • Passage d'une séquence étroite à une séquence large. • Passage d'une séquence à paroi latérale continue à une séquence à paroi latérale discontinue (présente de grands vides) • . Passage d'une séquence couverte (avec une toiture basse) et sombre à une séquence à ciel ouvert et bien éclairée. • Passage d'une séquence qui se rétrécit (se ferme) à une séquence qui s'élargit (s'ouvre). • Passage d'une séquence dont la perspective et la vue sont bloquées par le bâti à une séquence dont la perspective est libre et s'ouvre sur une vue dégagée sur la mer.
BC ∩ CD	$BC \cap CD = 5$ $\left(\begin{array}{c} C_C/C_L; P_C/P_D; \\ O_P/O_A; N_P/N_A; \\ R_E/P/R_E_A \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence à contour courbe à une séquence à contour linéaire. • Passage d'une séquence à paroi latérale continue à une séquence à paroi latérale discontinue (présente de grands vides) • Passage d'une séquence ornementée et qui intègre des éléments de la nature à une séquence sans ornement et n'intègre pas d'éléments de la nature. • Passage d'une séquence avec un repère à une séquence sans élément de repère. • Passage d'une séquence dont la fin est marquée par une intersection avec d'autres parcours à une séquence dont la fin est marquée par une continuité linéaire vers une autre séquence.

CD ∩ DE	$CD \cap DE = 3$ $\left(\begin{array}{c} PL_E/PL_R ; N_A/N_P ; \\ RE_A/RE_P \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence qui s'élargit (s'ouvre) à une séquence qui se rétrécit (se ferme). • Passage d'une séquence qui n'intègre pas des éléments de la nature, à une séquence qui intègre des éléments de la nature. • Passage d'une séquence sans élément de repère à une séquence avec un repère.
DE ∩ EF	$DE \cap EF = 6$ $\left(\begin{array}{c} R_L/R_E ; P_D/P_C ; \\ PR_L/PR_B ; V_N/V_B ; \\ N_P/N_A ; RE_P/RE_A \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence large à une séquence étroite. • Passage d'une séquence à paroi latérale discontinue (présente de grands vides) à une séquence à paroi latérale continue. • Passage d'une séquence dont la perspective est libre et s'ouvre sur une vue dégagée sur la mer à une séquence dont la perspective et la vue sont bloquées par le bâti. • Passage d'une séquence qui intègre des éléments de la nature à une séquence qui n'intègre pas d'éléments de la nature. • Passage d'une séquence avec un repère à une séquence sans élément de repère. • Passage d'une séquence dont la fin est marquée par une intersection avec d'autres parcours à une séquence dont la fin est marquée par une continuité linéaire vers une autre séquence.
EF ∩ FG	$EF \cap FG = 5$ $\left(\begin{array}{c} R_E/R_L ; PR_B/PR_L ; \\ PL_R/PL_E ; O_A/O_P ; \\ N_A/N_P \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence étroite à une séquence large. • Passage d'une séquence dont la perspective et la vue sont bloquées par le bâti à une séquence dont la perspective est libre avec une vue sur le bâti. • Passage d'une séquence qui se rétrécit (se ferme) à une séquence qui s'élargit (s'ouvre). • Passage d'une séquence sans ornementation et qui n'intègre pas des éléments de la nature à une séquence

		ornementée et qui intègre des éléments de la nature. • Passage d'une séquence sans élément de repère à une séquence avec un repère.
$FG \cap G'H'$	$FG \cap G'H' = 8$ $\left(\begin{array}{l} C_L/C_C; R_L/R_E; \\ PC_O/PC_F; \\ PR_L/PR_B; \\ O_P/O_A; N_P/N_A; \\ RE_P/RE_A; L_E/L_S \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence large à une séquence étroite. • Passage d'une séquence à ciel ouvert et bien éclairée à une séquence couverte (avec une toiture en voûtes) et sombre. • Passage d'une séquence à contours linéaires à une séquence à contours courbes. • Passage d'une séquence dont la perspective est libre avec une vue sur le bâti à une séquence dont la perspective et la vue sont bloquées par le bâti. • Passage d'une séquence ornementée et qui intègre des éléments de la nature à une séquence sans ornementation et qui n'intègre pas d'éléments de la nature. • Passage d'une séquence avec un repère à une séquence sans élément de repère.
$G'H' \cap GH$	$G'H' \cap GH = 4$ $\left(\begin{array}{l} R_E/R_L; PC_F/PC_O; \\ PL_R/PL_E; L_S/L_E \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence étroite à une séquence large. • Passage d'une séquence couverte (avec une toiture en voûtes) et sombre à une séquence à ciel ouvert et bien éclairée. • Passage d'une séquence qui s'élargit (s'ouvre) à une séquence qui se rétrécit (se ferme).
$FG \cap GH$	$FG \cap GH = 6$ $\left(\begin{array}{l} C_L/C_C; PR_L/PR_B; \\ PL_E/PL_R; O_P/O_A; \\ N_P/N_A; RE_P/RE_A \end{array} \right)$	• Passage d'une séquence à contours linéaires à une séquence à contours courbes. • Passage d'une séquence dont la perspective est libre avec une vue sur le bâti à une séquence dont la perspective et la vue sont bloquées par le bâti. • Passage d'une séquence qui s'élargit (s'ouvre) à une séquence qui se rétrécit (se ferme).

		• Passage d'une séquence ornementée et qui intègre des éléments de la nature à une séquence sans ornementation et qui n'intègre pas d'éléments de la nature. • Passage d'une séquence avec un repère à une séquence sans élément de repère.
--	--	--

2.3. Résultats de l'analyse séquentielle du parcours entier

Sur le tableau (Tab. 14) sont transcrits tous les indicateurs de l'analyse séquentielle sous la forme de combinaisons binaire (0 ; 1). Pour chaque indicateur est accordé un chiffre, 1 ou 0, représentant son existence dans la séquence du parcours. Cette façon de représenter les résultats permet d'identifier les corrélations ainsi que les variations dans les transitions entre indicateurs le long du parcours.

Tableau 14: Le codage binaire des indicateurs. Auteur.

indicateur	Contours		Ratio H/L		Porosité ciel		Porosité latérale		Perspective frontale		Parois latérales		Vue	
	C _L	C _C	R _L	R _E	PC _O	PC _F	P _C	P _D	PR _L	PR _B	PL _E	PL _R	V _N	V _B
Code binaire	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
indicateur	Lumière		Sol		ornements		Nature		Repère					
	L _E	L _S	S _P	S _E	O _P	O _A	N _P	N _A	RE _P	RE _A				
Code binaire	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0				

Les résultats de l'analyse séquentielle sur le parcours entier sont présentés dans le tableau suivant (Tab. 15).

Tableau 15: résultats de l'analyse séquentielle du parcours entier. Auteur.

Indicateur	Séquences									Remarques
	A B	BC	B' C'	CD	DE	EF	FG	G'H'	GH	
C _L /C _C	1	0	0	1	1	1	1	0	0	Les séquences à contours linéaires sont concentrées au centre et au milieu du parcours

										Une presque égalité entre séquence à contour linéaire (5/9) et séquence à contour courbe (4/9).
R_L/R_E	1	1	0	1	1	0	1	0	1	Plus de séquences larges (6/9) que de séquences étroites (3/9). Dispersion équitable le long du parcours.
PC_O/PC_F	1	1	0	1	1	1	1	0	1	Toutes les séquences sont à ciel ouvert (7/9) sauf les séquences de ramification B'C' et G'H' (2/9).
P_C/P_D	1	1	1	0	0	1	1	1	1	Toutes les séquences ont une paroi continue (7/9), sauf CD et DE (2/9).
PL_E/PL_R	0	1	0	1	0	0	1	1	0	Dispersion équitable le long du parcours.
PR_L/PR_B	1	1	0	1	1	0	1	0	0	Les séquences à perspective libre avec vue sur la mer sont concentrées au début et au milieu du parcours (5/9). Les séquences à perspective bloquée avec vue sur le bâti se concentrent à la fin du parcours et aux séquences de ramification (4/9).
V_N/V_B	1	1	0	1	1	0	0	0	0	Idem
S_p/S_E	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Toutes les séquences sont à escalier (8/9), sauf la séquence de départ AB qui est plate (1/9).
O_p/O_A	0	1	0	0	0	0	1	0	0	Absence d'ornementation le

										long du parcours (7/9), sauf à la séquence BC et FG (2/9).
N_P / N_A	0	1	0	0	1	0	1	0	0	Absence d'éléments naturels le long du parcours (6/9), sauf à la séquence BC, DE et FG (3/9).
										Transition rythmique
RE_P / RE_A	0	1	0	0	1	0	1	0	0	présence de repères aux séquences BC, DE et FG (3/9).
L_E / L_S	1	1	0	1	1	1	1	0	1	Toutes les séquences sont bien éclairées (7/9). sauf les séquences de ramification B'C' et G'H' (2/9).

D'après le tableau (Tab. 15) on remarque :

- Une forte corrélation entre l'indice porosité ciel (espace ouvert/ espace couvert) et l'indice de lumière (espace éclairé/ espace sombre).
- Une forte corrélation entre l'indice des éléments naturels (présence/absence des éléments naturels), l'indice de l'ornementation (présence/absence de l'ornementation) et l'indice de repères (présence/absence des repères).
- Une corrélation entre l'indice de ratio (espace large/ espace étroit) et l'indice de perspective (libre/bloquée), à l'exception de la séquence GH.
- Corrélation entre l'indice de ratio (espace large/ espace étroit) et l'indice de porosité ciel (espace ouvert/ espace fermé), à l'exception de la séquence GH et la séquence FG.
- Corrélation entre l'indice de l'évasement/ rétrécissement de la paroi latérale et présence/absence de repères, à l'exception de la séquence DE.

3. Résultats de l'analyse Isovist

Le tableau suivant (Tab. 16) présente les résultats des différentes mesures isovists le long du parcours tel que calculé par Depthmap 7. Les résultats comprennent aussi les valeurs moyennes, médianes, quartiles et skewness de toutes les mesures isovists. Ces valeurs sont

très importantes pour les comparaisons entre les séquences du parcours, ainsi que pour saisir le caractère général du parcours.

Tableau 16: Résultats de l'analyse isovist du parcours par Depthmap 7. Auteur.

Mesures Iovist	Valeur min	Valeur moyenne	Valeur max	Valeur médiane	Le quartile		Skewness (Y ₁)
					Q1	Q3	
Area (m2)	71.0489	548.996	1259.39	441.859	178.721	930.898	0.472
Perimeter (m)	63.0003	263.939	444.888	244.203	137.441	410.501	-0.187
Drift angle (°)	5.82569	215.95	337.259	305.232	82.462	328.283	-0.564
Drift magnitude	2.71104	13.3333	41.2487	5.973	3.389	24.981	1.494
Min radial (m)	0.892729	1.88564	2.8889	1.571	1.361	2.598	0.184
Max radial (m)	18.6437	75.6913	137.795	64.1264	35.306	127.699	0.285
Occlusivity	14.5236	115.082	249.871	90.099	47.049	189.355	0.499
compactness	0.05175	0.11183	0.22495	0.0824	0.072	0.165	1.313
Jaggdness	55.8634	139.6957	242.827	152.449	83.161	175.028	0.024

3.1. Résultats par séquence

Les résultats de l'analyse isovist de chaque séquence de la rue « Sidi Driss Hamidouch » sont présenté dans le tableau ci-dessous (Tab. 17).

Tableau 17: Résultats de l'analyse isovist par séquence. Auteur.

Séquence	Résultats isovists		Remarques
	mesure	valeur	
AB	surface (m ²)	1259.39	• Une surface isovist supérieure à la valeur Q₃ (A > 930. 8m²) indiquant que l'espace est spacieux (le champ visuel de la séquence est grand et ouvert). • Un angle de vue supérieur à 180° indiquant que la séquence n'est pas unidirectionnelle (not forward) et a une vue dégagée.
	Périmètre (m)	444.888	
	Drift angle (°)	324.573	
	Drift magnitude (m)	11.5122	
	Min radial (m)	2.88895	
	Max radial (m)	118.91	

	Occlusivité (m)	163.694	• Une valeur de magnitude de dérive supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($3.38 < Dm < 13.33$) indique que l'espace n'est pas profond visuellement. • Distance radiale minimale supérieure à Q_3 ($RLS > Q_3$ ($Q_3 = 2.5$)). Une grande distance entre l'observateur et le mur le plus proche indique que la séquence est large. • Distance radiale maximale inférieure à Q_3 et supérieure à Q_2 ($75 < RLI < 127.6$). Une distance moyenne entre l'observateur et le mur le plus loin indique que la séquence est moyennement allongée. • Une valeur d'occlusivité inférieure à Q_3 et supérieure à Q_2 ($115.08 < O < 189.30$) indiquant que la séquence présente plusieurs parties qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vue. • Une valeur de circularité proche de Q_1 et inférieur à la valeur moyenne ($0.072 \approx C < 0.11$). La séquence est plus convexe que concave. • Une valeur de Jaggedness est inférieure à Q_3 et supérieure à la moyenne Q_2 ($139 < J < 175$). Le champ visuel de la séquence est moyennement irrégulier et complexe.
	circularité	0.07996	
	Jaggedness	157.159	
BC	surface (m ²)	274.294	• Une surface isovist supérieure à la valeur Q_1 et inférieure à la valeur moyenne Q_2 ($178.72 < A < 548.99$) indiquant que l'espace n'est pas spacieux (le champ visuel est petit). • Un angle de vue inférieur à 180° indiquant que la séquence est unidirectionnelle
	Périmètre (m)	214.067	
	Drift angle (°)	117.702	
	Drift magnitude (m)	5.97312	
	Min radial (m)	1.37159	

	Max radial (m)	64.1264	(forward) avec une vue dégagée.
	Occlusivité (m)	90.0993	• Une valeur de magnitude de dérive supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($3.38 < Dm < 13.33$) indiquant que l'espace n'est pas profond visuellement. • Distance radiale minimale proche de la valeur Q_1 ($RLS \approx Q_1$ ($Q_1 = 1.36$)). Une petite distance entre l'observateur et le mur le plus proche indiquant que la séquence est étroite. • Distance radiale maximale inférieure à Q_2 et supérieure à Q_1 ($35.3 < RLI < 75$). Une courte distance entre l'observateur et le mur le plus loin indiquant que la séquence est courte. • Une valeur d'occlusivité inférieure à Q_2 et supérieure à Q_1 ($47 < O < 115.08$) indiquant que la séquence présente peu d'espaces qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vision. • Une valeur de circularité proche de Q_1 et inférieure à la valeur moyenne ($0.072 \approx C < 0.11$). La séquence est plus convexe que concave. • Une valeur de Jaggedness est inférieure à Q_3 et supérieure à la moyenne Q_2 ($139 < J < 175$). Le champ visuel de la séquence est moyennement irrégulier et complexe.
	circularité	0.07522	
	Jaggedness	167.0641	
B'C'	Surface (m ²)	83.1487	• Une surface isovist inférieure à la valeur Q_1 ($A < 178.72m^2$) indiquant que l'espace n'est pas spacieux (le champ visuel est très petit et fermé). • Un angle de vue supérieur à 180° indiquant que la séquence n'est pas unidirectionnelle
	Périmètre (m)	69.9664	
	Drift angle (°)	331.943	
	Drift magnitude (m)	2.71104	
	Min radial (m)	1.35184	

	Max radial (m)	20.9182	(not forward) avec une vue dégagée.
	Occlusivité (m)	24.182	• Une valeur de magnitude de dérive inférieure à Q_1 ($Dm < 3.38$) indiquant que l'espace n'est pas profond visuellement.
	circularité	0.21344	
	Jagddness	58.874	• Distance radiale minimale inférieure à la valeur Q_1 ($RLS < 1.36$). Une petite distance entre l'observateur et le mur le plus proche indiquant que la séquence est étroite. • Distance radiale maximale inférieure à Q_1 ($RLI < 35.3$). Une courte distance entre l'observateur et le mur le plus loin indiquant que la séquence est courte. • Une valeur d'occlusivité inférieure à Q_1 ($O < 47$) indiquant l'absence d'espaces qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vision dans cette séquence. • Une valeur de circularité supérieure à Q_3 ($C > 0.165$). La séquence est plus concave que convexe indiquant que le parcours est courbe. • Une valeur de Jaggedness inférieure à Q_1 ($J < 83.16$). Le champ visuel de la séquence est de faible complexité.
CD	Surface (m ²)	947.634	• Une surface isovist supérieure à la valeur Q_3 ($A > 930.8$ m²) indiquant que l'espace est spacieux (le champ visuel est grand et ouvert). • Un angle de vue supérieur à 180° indiquant que la séquence n'est pas unidirectionnelle (not forward) et a une vue dégagée. • Une valeur de magnitude de dérive supérieure à Q_3 ($Dm > 24.98$) indiquant que l'espace est visuellement profond.
	Périmètre (m)	416.425	
	Drift angle (°)	324.623	
	Drift magnitude (m)	41.2487	
	Min radial (m)	2.56637	
	Max radial (m)	137.795	
	Occlusivité	249.871	
	circularité	0.06867	
	Jagddness	182.9923	

			• Distance radiale minimale proche de la valeur Q_3 ($RLS \approx Q_3$ ($Q_3 = 2.59$)). Une grande distance entre l'observateur et le mur le plus proche indiquant que la séquence est large. • Distance radiale maximale supérieure à Q_3 ($RLI > 127.6$). Une distance moyenne entre l'observateur et le mur le plus loin indiquant que la séquence est allongée. • Une valeur d'occlusivité supérieure à Q_3 ($O > 189.30$) indiquant que la séquence présente plusieurs parties qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vue. • Une valeur de circularité inférieure à Q_1 ($C < 0.072$). La séquence est plus convexe que concave indiquant que le parcours est linéaire. • Une valeur de Jaggedness est supérieure à Q_3 ($J > 175$). Le champ visuel de la séquence est moyennement irrégulier et complexe.
DE	Surface (m ²)	914.162	• Une surface isovist proche de la valeur Q_3 ($A \approx 930.8$) indiquant que l'espace est spacieux (le champ visuel est grand et ouvert). • Un angle de vue supérieur à 180° indiquant que la séquence n'est pas unidirectionnelle (not forward) et a une vue dégagée. • Une valeur de magnitude de dérive inférieure à Q_1 ($Dm < 3.38$) indiquant que l'espace n'est pas profond visuellement. • Distance radiale minimale supérieure à Q_3 ($RLS > 2.59$). Une grande distance entre l'observateur et le mur le plus proche indiquant que la séquence est large.
	Périmètre (m)	313.409	
	Drift angle (°)	337.259	
	Drift magnitude (m)	3.13811	
	Min radial (m)	2.62976	
	Max radial (m)	76.0918	
	Occlusivité (m)	124.2	
	circularité	0.116953	
	Jagddness	107.4483	

			• Distance radiale maximale proche de Q_1 ($RLI \approx 75$). Une courte distance entre l'observateur et le mur le plus loin indiquant que la séquence est courte. • Une valeur d'occlusivité inférieure à Q_2 ($115.08 < O < 189.30$) indiquant que la séquence présente des espaces qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vue. • Une valeur de circularité inférieure à Q_3 et proche de Q_2 ($C < 0.165$). La séquence est plus convexe que concave indiquant que le parcours est linéaire. • Une valeur de Jaggedness est supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($83.16 < J < 139$). Le champ visuel de la séquence est de faible complexité.
EF	Surface (m ²)	674.073	• Une surface isovist inférieure à Q_3 et supérieure à Q_2 ($548.99 < A < 930.8$). Un champ visuel moyennement grand indiquant que l'espace est moyennement spacieux. • Un angle de vue supérieur à 90° et inférieur à 180° indiquant que la séquence est unidirectionnelle (forward) avec une vue canalisée. • Une valeur de magnitude de dérive supérieure à Q_3 ($Dm > 24.98$) indiquant que l'espace est visuellement profond. • Distance radiale minimale supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($1.36 < RLS < 1.88$). Une petite distance entre l'observateur et le mur le plus proche indiquant que la séquence est étroite.
	Périmètre (m)	404.578	
	Drift angle (°)	149.175	
	Drift magnitude (m)	38.4507	
	Min radial (m)	1.4476	
	Max radial (m)	136.488	
	Occlusivité (m)	215.016	
	circularité	0.0517502	
	Jagddness	242.827	

			• Distance radiale maximale supérieure à Q_3 ($RLI > 127.6$). Une grande distance entre l'observateur et le mur le plus loin indiquant que la séquence est allongée. • Une valeur d'occlusivité supérieure à Q_3 ($O > 189.30$) indiquant que la séquence présente plusieurs parties qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vision. • Une valeur de circularité inférieure à Q_1 ($C < 0.072$). La séquence est plus convexe que concave indiquant que le parcours est linéaire. • Une valeur de Jaggedness est supérieure à Q_3 ($J > 175$). Le champ visuel de la séquence est très complexe.
FG	Surface (m ²)	275.347	• Une surface isovist supérieure à la valeur Q_1 et inférieure à la valeur moyenne Q_2 ($178.72 < A < 548.99$) indiquant que l'espace n'est pas spacieux (le champ visuel est petit). • Un angle de vue supérieur à 180° indiquant que la séquence n'est pas unidirectionnelle (not forward) et a une vue dégagée. • Une valeur de magnitude de dérive supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($3.38 < Dm < 13.33$) indiquant que l'espace n'est pas profond visuellement. • Distance radiale minimale supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($1.36 < RLS < 1.88$). Une petite distance entre l'observateur et le mur le plus proche indiquant que la séquence est étroite. • Distance radiale maximale proche de Q_1 (RLI
	Périmètre (m)	204.915	
	Drift angle (°)	305.232	
	Drift magnitude (m)	8.39165	
	Min radial (m)	1.5714	
	Max radial (m)	49.6957	
	Occlusivité (m)	69.9168	
	circularité	0.0824029	
	Jagddness	152.449	

			< 75). Une courte distance entre l'observateur et le mur le plus loin indiquant que la séquence est courte. • Une valeur d'occlusivité inférieure à Q_2 et supérieure à Q_1 ($47 < O < 115.08$) indiquant que la séquence présente peu d'espaces qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vision. • Une valeur de circularité supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($0.072 < C < 0.11$). La séquence est plus convexe que concave indiquant que le parcours est linéaire. • Une valeur de Jaggedness est inférieure Q_3 et supérieure à Q_2 ($139 < J < 175$). Le champ visuel de la séquence est moyennement complexe.
G'H'	Surface (m ²)	71.0489	• Une surface isovist inférieure à la valeur Q_1 ($A < 178.72m^2$). indiquant que l'espace n'est pas spacieux (le champ visuel est très petit et fermé). • Un angle de vue inférieur à 90° indiquant que la séquence est fermée et unidirectionnelle (forward) avec une vue canalisée. • Une valeur de magnitude de dérive supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($3.38 < Dm < 13.33$) indiquant que l'espace n'est pas profond visuellement. • Distance radiale minimale inférieure à la valeur Q_1 ($RLS < 1.36$). Une petite distance entre l'observateur et le mur le plus proche indiquant que la séquence est étroite (moins de 1m).
	Périmètre (m)	63.0003	
	Drift angle (°)	47.2217	
	Drift magnitude (m)	3.6417	
	Min radial (m)	0.892729	
	Max radial (m)	18.6437	
	Occlusivité (m)	14.5236	
	circularité	0.224948	
	Jagddness	55.8634	

			• Distance radiale maximale inférieure à Q_1 (RLI < 35.3). Une courte distance entre l'observateur et le mur le plus loin indiquant que la séquence est courte. • Une valeur d'occlusivité inférieure à Q_1 ($O < 47$) indiquant l'absence d'espaces qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vision dans cette séquence. • Une valeur de circularité supérieure à Q_3 ($C > 0.165$). La séquence est plus concave que convexe indiquant que le parcours est courbe. • Une valeur de Jaggedness inférieure à Q_1 ($J < 83.16$). Le champ visuel de la séquence est de faible complexité.
GH	Surface (m ²)	441.859	• Une surface isovist supérieure à la valeur Q_1 et inférieure à la valeur moyenne Q_2 ($178.72 < A < 548.99$). indiquant que l'espace n'est pas spacieux (le champ visuel petit). • Un angle de vue inférieur à 90° indiquant que la séquence est unidirectionnelle (forward) avec une vue étroite et canalisée (fente visuelle). • Une valeur de magnitude de dérive supérieure à Q_1 et inférieure à Q_2 ($3.38 < Dm < 13.33$) indiquant que l'espace n'est pas profond visuellement. • Distance radiale minimale inférieure à Q_3 et supérieure à Q_2 ($1.88 < RLS < 2.59$). Une grande distance entre l'observateur et le mur le plus proche indiquant que la séquence est large. • Distance radiale maximale inférieure à Q_1
	Périmètre (m)	244.203	
	Drift angle (°)	5.82569	
	Drift	4.9324	
	magnitude (m)		
	Min radial (m)	2.25054	
	Max radial (m)	58.5533	
	Occlusivité (m)	84.2324	
	circularité	0.0931091	
	Jagddness	134.9641	

			(RLI < 75). Une petite distance entre l'observateur et le mur le plus loin indiquant que la séquence est courte. • Une valeur d'occlusivité inférieure à Q_2 et supérieure à Q_1 ($47 < O < 115.08$) indiquant que la séquence présente peu d'espaces qui permettent le déplacement (locomotion) mais bloquent la vision. • Une valeur de circularité supérieure à Q_1 et inférieure à la valeur moyenne Q_2 ($0.072 < C < 0.11$). La séquence est plus convexe que concave. La séquence est linéaire. • Une valeur de Jaggedness inférieure à Q_2 et supérieure à la moyenne Q_1 ($83.16 < J < 139$). Le champ visuel de la séquence est de faible complexité.
--	--	--	--

3.2. Résultats de l'analyse isovist entre séquences

La comparaison entre les résultats isovist des séquences permet de mieux comprendre le caractère morphologique du parcours « Sidi Driss Hamidouch ». Les résultats de cette comparaison entre-séquences adjacentes sont reportés dans le tableau ci-dessous (Tab. 18).

Tableau 18: Résultats de l'analyse isovist entre séquences. Auteur.

Entre-Séquences	Résultats isovists		Remarques
	Mesure	Valeur	
AB $\cap$ BC	Surface (m ²)	AB > BC	• Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, d'angle de vue et de dérive visuelle, de distance minimale et maximale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, ainsi que d'occlusivité de la séquence AB sont plus grandes que ceux de la séquence BC. indiquant que la séquence AB est plus spacieuse, longue, large et ouverte
	Périmètre (m)	AB > BC	
	Drift angle (°)	AB > BC	
	Drift magnitude	AB > BC	
	Min radial (m)	AB > BC	
	Max radial (m)	AB > BC	
	Occlusivité (m)	AB > BC	
	circularité	AB $\geq$ BC	

	Jaggdness	AB < BC	que BC. Aussi AB présente une vue plus dégagée et libre et offre une multitude de choix de navigation que BC. - Le degré de circularité des séquences AB et BC sont très proches indiquant que AB et BC sont les deux parcours linéaires. - Le degré d'irrégularité (jaggdness) et de complexité de AB est inférieur à celui de BC.
BC $\cap$ B'C'	Surface (m ²)	BC > B'C'	- Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, de distance maximale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, ainsi que d'occlusivité et d'irrégularité (complexité) de la séquence BC sont plus grand que ceux de la séquence B'C' indiquant que la séquence BC est plus spacieuse, longue, large, ouverte et complexe que B'C'. - La valeur de la dérive visuelle à BC est supérieure à la valeur de la dérive visuelle à B'C' indiquant que la perspective à B'C' est plus bloquée que celle de BC. - L'angle de vue de B'C' est supérieur à celui de BC indiquant que la séquence B'C' offre une multitude de choix de navigation que BC. - Les valeurs de la distance minimale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche du parcours BC et du parcours B'C' sont proches indiquant que BC est légèrement plus large que B'C'. - Le degré de circularité de la séquence
	Périmètre (m)	BC > B'C'	
	Drift angle (°)	BC < B'C'	
	Drift magnitude	BC > B'C'	
	Min radial (m)	BC $\geq$ B'C'	
	Max radial (m)	BC > B'C'	
	Occlusivité (m)	BC > B'C'	
	circularité	BC < B'C'	
	Jaggdness	BC > B'C'	

			B'C' est supérieur à celui de BC indiquant que la séquence B'C' est plus concave que convexe (courbe) alors que BC est plus convexe que concave (linéaire).
B'C' ∩ CD	Surface (m ²)	B'C' < CD	- Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, d'angle de vue et de dérive visuelle, de distance minimal et maximal entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, ainsi que d'occlusivité et d'irrégularité (complexité) de la séquence CD sont plus grandes de celles de la séquence B'C' indiquant que la séquence CD est plus spacieuse, longue, large, ouverte, et complexe que B'C'. - Les valeurs d'angle de vue, de dérive visuelle ainsi que d'occlusivité à CD sont supérieures à celles de B'C' indiquant que CD présente une vue plus dégagée et libre et offre une multitude de choix de navigation que B'C'. - Le degré de circularité de la séquence B'C' est supérieur à celui de CD indiquant que la séquence B'C' est plus concave que convexe (courbe) alors que CD est plus convexe que concave (linéaire).
	Périmètre (m)	B'C' < CD	
	Drift angle (°)	B'C' < CD	
	Drift magnitude	B'C' < CD	
	Min radial (m)	B'C' < CD	
	Max radial (m)	B'C' < CD	
	Occlusivité (m)	B'C' < CD	
	circularité	B'C' > CD	
	Jagddness	B'C' < CD	
BC ∩ CD	Surface (m ²)	BC < CD	Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, d'angle de vue, de la dérive visuelle, de la distance minimale et maximale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, ainsi que d'occlusivité et d'irrégularité (complexité) de la séquence CD sont plus grandes de celles
	Périmètre (m)	BC < CD	
	Drift angle (°)	BC < CD	
	Drift magnitude	BC < CD	
	Min radial (m)	BC < CD	
	Max radial (m)	BC < CD	
	Occlusivité (m)	BC < CD	

	circularité	BC > CD	de la séquence BC indiquant que la séquence CD est plus spacieuse, longue, large, ouverte, et complexe que BC. - Les valeurs d'angle de vue, de dérive visuelle ainsi que d'occlusivité à CD sont supérieures à celles de BC indiquant que CD présente une vue plus dégagée et libre et offre une multitude de choix de navigation que BC. - Le degré de circularité de la séquence BC est supérieur à celui de CD indiquant que la séquence CD est plus linéaire que BC (bien que les deux séquences soient linéaires, il reste que BC est plus courbe comparée à CD)
	Jaggdness	BC < CD	
CD ∩ DE	Surface (m ²)	CD > DE	- Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, de la dérive visuelle, de la distance maximale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, ainsi que d'occlusivité et d'irrégularité (complexité) de la séquence CD sont plus grandes que ceux de la séquence DE indiquant que la séquence CD est plus spacieuse, longue, large, ouverte, mystérieuse et complexe que DE, et que CD offre une multitude de choix de navigation que DE. - Bien que les deux séquences (CD et DE) présentent un angle de vue supérieur à 180° indiquant qu'elles sont de directions réversibles (not forward), il reste que l'angle de vue à DE est supérieure à ceux à CD indiquant que DE offre une vue plus dégagée et plus ouverte que CD
	Périmètre (m)	CD > DE	
	Drift angle (°)	CD < DE	
	Drift magnitude	CD > DE	
	Min radial (m)	CD ≤ DE	
	Max radial (m)	CD > DE	
	Occlusivité	CD > DE	
	circularité	CD < DE	
	Jaggdness	CD > DE	

			Le degré de circularité de la séquence DE est supérieur à celui de CD indiquant que la séquence CD est plus convexe que concave (linéaire) et que DE est plus concave que convexe (courbe)
DE $\cap$ EF	Surface (m ²)	DE > EF	- Les valeurs de surface du champ visuel, de la dérive visuelle, d'angle de vue, de la distance minimal entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche de la séquence DE sont supérieures à ceux de la séquence EF indiquant que la séquence DE est plus spacieuse et large, que EF - DE présentent un angle de vue supérieur à 180° indiquant qu'il est de direction réversible (not forward), alors que EF présente un angle de vue inférieur à 180° indiquant qu'il est unidirectionnel (not forward) indiquant que DE a une vue plus dégagée et a plus de choix de navigation que EF. - La valeur de la dérive visuelle à EF est supérieure à celle à DE indiquant que la perspective à EF est plus libre qu'à DE (moins d'obstacle à EF qu'à DE) - La valeur de distance maximale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche de la séquence DE est inférieure à celle de la séquence EF indiquant que EF est plus long (élongé) que DE - Le degré d'occlusivité et d'irrégularité (complexité) à DE est inférieur à celui de EF indiquant que la séquence EF est plus complexe et mystérieuse que DE.
	Périmètre (m)	DE < EF	
	Drift angle (°)	DE > EF	
	Drift magnitude	DE < EF	
	Min radial (m)	DE > EF	
	Max radial (m)	DE < EF	
	Occlusivité (m)	DE < EF	
	circularité	DE > EF	
	Jagddness	DE < EF	

			Le degré de circularité de la séquence DE est supérieur à celui de EF indiquant que la séquence DE est plus concave que convexe (courbe) et que EF est plus convexe que concave (linéaire)
EF ∩ FG	Surface (m ²)	EF > FG	- Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, de la dérive visuelle, de la distance maximale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, ainsi que d'occlusivité et d'irrégularité (complexité) de la séquence EF sont plus grandes que ceux de la séquence FG indiquant que la séquence EF est plus spacieuse, longue, ouverte, mystérieuse et complexe que FG. - FG présente un angle de vue supérieur à 180° indiquant qu'il est de directions réversible (not forward), alors que EF présente un angle de vue inférieure à 180° indiquant qu'il est unidirectionnel (not forward). Ceci indique que FG a une vue plus dégagée et a plus de choix de navigation que EF. - La valeur de la dérive visuelle à EF est supérieure à celle à FG indiquant que la perspective à EF est plus libre qu'à FG (moins d'obstacle à EF qu'à FG) - La valeur de distance minimale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche de la séquence EF est inférieure à celle de la séquence EG indiquant que FG est plus long (élongé) que EF - Le degré de circularité de la séquence FG est supérieur à celui de EF indiquant que
	Périmètre (m)	EF > FG	
	Drift angle (°)	EF < FG	
	Drift magnitude	EF > FG	
	Min radial (m)	EF < FG	
	Max radial (m)	EF > FG	
	Occlusivité (m)	EF > FG	
	circularité	EF < FG	
	Jaggdness	EF > FG	

			la séquence EF est plus convexe que concave (linéaire) et que FG est plus concave que convexe (courbe)
FG $\cap$ G'H'	Surface (m ²)	FG > G'H'	- Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, d'angle de vue, de la dérive visuelle, de la distance minimal et maximal entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, ainsi que d'occlusivité et d'irrégularité (complexité) de la séquence FG sont supérieures à celles de la séquence G'H' indiquant que la séquence FG est plus spacieuse, longue, large, ouverte, mystérieux et complexe que G'H'. - Les valeurs d'angle de vue, de dérive visuelle ainsi que d'occlusivité à FG sont supérieures à celles à G'H' indiquant que FG offre une vue plus dégagée et libre et offre une multitude de choix de navigation que G'H'. - Le degré de circularité de la séquence FG est inférieur à celui de G'H' indiquant que la séquence FG est plus convexe que concave (linéaire) et que G'H' est plus concave que convexe (courbe)
	Périmètre (m)	FG > G'H'	
	Drift angle (°)	FG > G'H'	
	Drift magnitude	FG > G'H'	
	Min radial (m)	FG > G'H'	
	Max radial (m)	FG > G'H'	
	Occlusivité (m)	FG > G'H'	
	circularité	FG < G'H'	
	Jaggdness	FG > G'H'	
G'H' $\cap$ GH	Surface (m ²)	G'H' < GH	Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, de dérive visuelle, de distance minimal et maximale entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, ainsi que d'occlusivité et d'irrégularité (complexité) de la séquence GH sont supérieures à celles de la séquence G'H' indiquant que la séquence GH est plus
	Périmètre (m)	G'H' < GH	
	Drift angle (°)	G'H' > GH	
	Drift magnitude	G'H' < GH	
	Min radial (m)	G'H' < GH	
	Max radial (m)	G'H' < GH	
	Occlusivité	G'H' < GH	
	circularité	G'H' > GH	

	Jagddness	G'H' < GH	spacieuse, longue, large, ouverte, mystérieux et complexe que G'H'. - La valeur d'angle de vue de G'H' est supérieure à celle de GH, alors que la valeur de dérive visuelle de G'H' est inférieure à celle de GH indiquant que la séquence GH offre une vue d'angle limité mais la perspective est libre, et que G'H' offre une vue plus ouverte mais bloquée - Les deux parcours offrent un angle de vue inférieur à 180° indiquant qu'il est unidirectionnel (not forward) - Le degré de circularité de la séquence GH est inférieur à celui de G'H' indiquant que la séquence GH est plus convexe que concave (linéaire) et que G'H' est plus concave que convexe (courbe)
FG ∩ GH	Surface (m ²)	FG < GH	- Les valeurs de surface et de périmètre du champ visuel, de la distance minimale et de distance maximal entre l'observateur et le mur/ obstacle le plus proche, et d'occlusivité de la séquence GH sont supérieures à celles de la séquence FG indiquant que la séquence GH est plus spacieuse, longue, large, mystérieuse que FG - FG présente un angle de vue supérieur à 180° indiquant qu'il est de directions réversibles (not forward), alors que GH présentent un angle de vue inférieure à 180° indiquant qu'il est unidirectionnel (not forward). On outre, la valeur de la dérive visuelle de FG est supérieure à celle de GH. Ceci indique que FG a une vue plus dégagée
	Périmètre (m)	FG < GH	
	Drift angle (°)	FG > GH	
	Drift magnitude	FG > GH	
	Min radial (m)	FG < GH	
	Max radial (m)	FG < GH	
	Occlusivité (m)	FG < GH	
	circularité	FG < GH	
	Jagddness	FG > GH	

			et libre que GH, ainsi que FG offre plus de choix de navigation que GH. Le degré de circularité de la séquence GH est supérieur à celui de EF indiquant que la séquence EF est plus convexe que concave (linéaire) comparée à GH qui est plus concave que convexe (courbe)
--	--	--	---

3.3. Résultats de l'analyse isovist du parcours entier

A. Indice de la surface isovist (Area index)

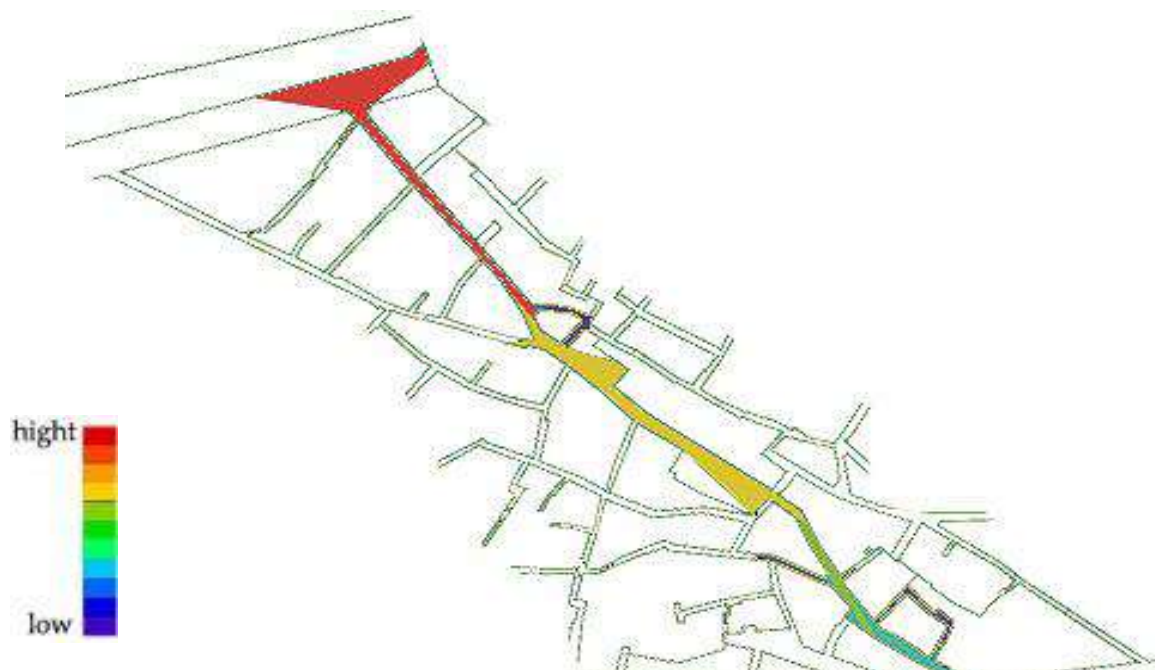


Figure 49: Résultats de l'indicateur Surface Isovist (isovist area) par Depthmap 7. Auteur (2021).

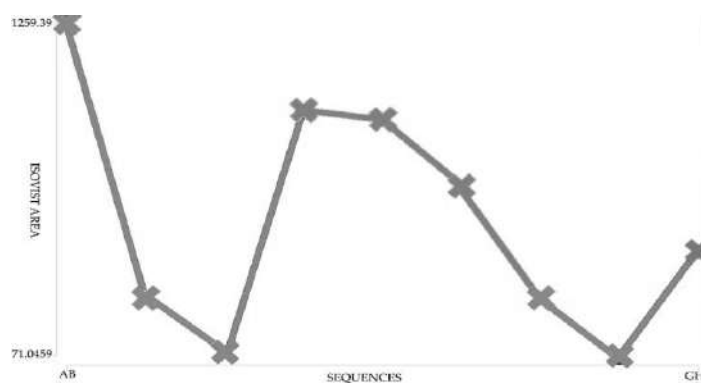


Figure 50: Graphe de l'indice de la surface isovist (isovist area). Auteur.

- En termes d'indice de surface du champ visuel (isovist area), la plage des valeurs va de 71,0489 m² (à la séquence G'H') à 1259,39 m² (à la séquence AB).
- D'après le plan (Fig. 49) les valeurs de surface (isovist area) les plus grandes se concentrent au début (en rouge) et au centre du parcours (en jaune). Les valeurs les plus faibles sont concentrées à la fin du parcours ainsi que dans les ramifications du parcours (en bleu ciel et bleu nuit).
- Quatre séquences (AB, CD, DE et EF) ont une valeur de surface supérieure à la valeur moyenne Q_2 ($A > 548,996\text{m}^2$), et cinq séquences (BC, B'C', FG, G'H' et GH) ont une valeur de surface inférieure à la valeur moyenne ($A < 548,996\text{m}^2$).
- Deux séquences (AB et CD) ont une valeur de surface supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée de quartile Q_3 ($A \geq 930 \text{ m}^2$), tandis que deux séquences (B'C', H'G') ont une valeur de surface inférieure ou équivalente à la valeur la plus basse du quartile Q_1 ($A \leq 180 \text{ m}^2$).
- La distribution spatiale de la surface visible de l'espace (isovist area) le long du parcours n'est ni équitable ni symétrique. Les données sont inclinées vers la droite ($Y_1 = 0,472$) et sensiblement distribuées.
- Le graphe de la surface isovist (isovist area) (Fig. 50) montre une ligne de tendance linéaire inclinée vers le bas. Ceci indique que la distribution spatiale de la surface visible (isovist area), en générale, diminue le long du trajet.
- Le graphe de la surface isovist (Fig. 50) est multimodale, ce qui indique que la surface visible (isovist area) n'est pas répartie équitablement le long du chemin, elle diminue et augmente à plusieurs reprises. En tout, quatre (4) tendances sont notables sur le graphe (diminution, augmentation, diminution, augmentation).

B. Indice de périmètre (Perimeter index)

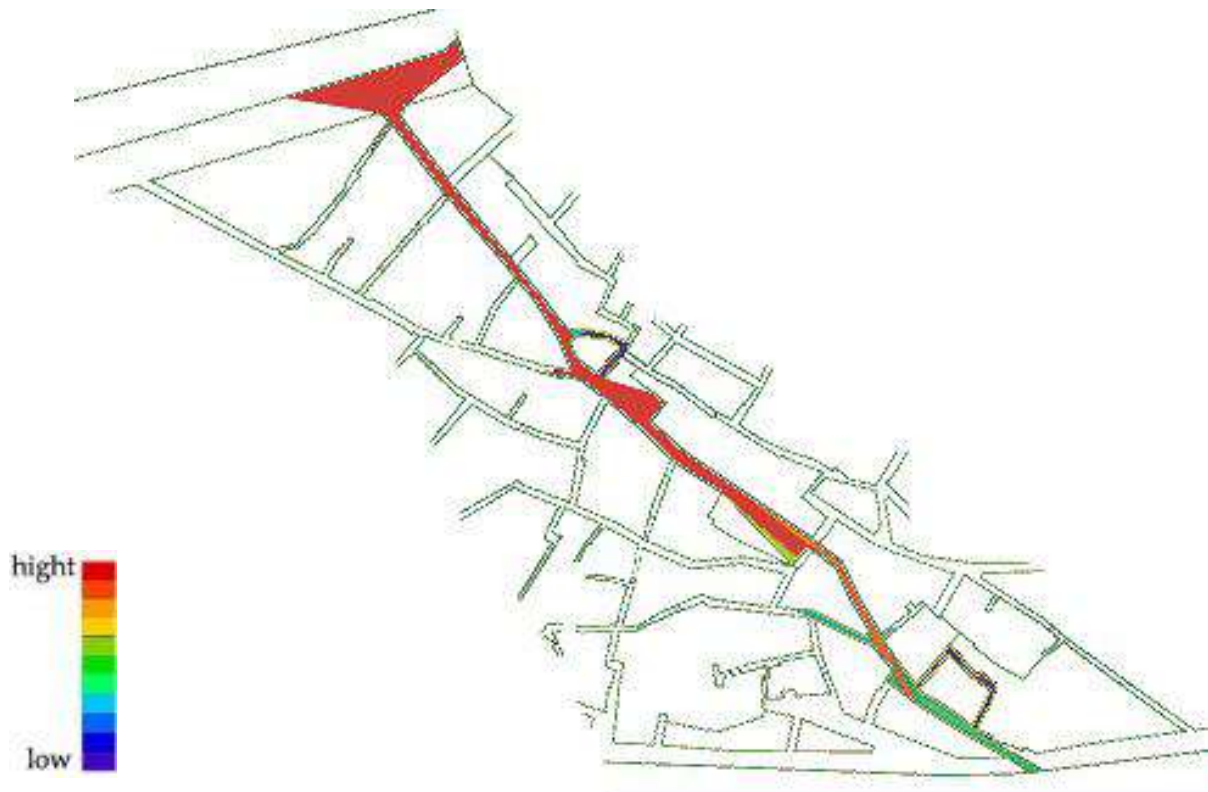


Figure 51: Résultats de l'indicateur périmètre Isovist (isovist peremeter) par Depthmap 7. Auteur (2021).

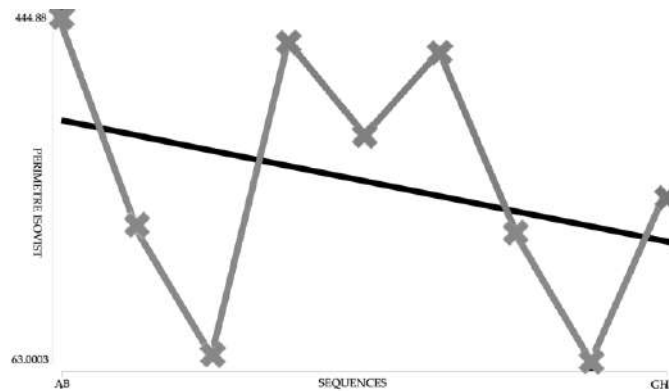


Figure 52: Graphe de l'indice du périmètre isovist. Auteur.

- En termes d'indice de périmètre de l'espace vu, la plage des valeurs est entre 63.0003m (à la séquence G'H ') et 441.859m (à la séquence AB).
- D'après le plan (Fig. 51), les valeurs de surface (isovist area) les plus grandes se concentrent au début et au centre du parcours (en rouge). Les valeurs les plus faibles sont concentrées dans les ramifications du parcours (en bleu nuit).
- Quatre séquences (AB, CD, DE et EF) ont une valeur périmétrique supérieure à la valeur moyenne ($P > 263,939$ m), et 5 séquences ont une valeur périmétrique inférieure à la valeur moyenne ($P < 263,939$ m).

- Deux séquences (AB et CD) ont une valeur de périmètre supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée du quartile Q_3 ($P \geq 410$ m), tandis que deux séquences (B'C' et H'G') ont une valeur de périmètre inférieure ou équivalente à la valeur la plus basse du quartile Q_1 ($P \leq 137$ m).
- Le graphe de périmètre (Fig. 52) montre une ligne de tendance linéaire inclinée vers le bas indiquant que la distribution spatiale du périmètre de l'espace visible, en générale, diminue le long du parcours.
- Le graphe de périmètre (Fig. 52) est multimodal, ce qui indique que l'espace visible change fréquemment le long du parcours. Il diminue et augmente à plusieurs reprises. En tout, quatre (04) tendances sont notables sur le graphe (diminution, augmentation, diminution, augmentation).

C. Indice de l'angle de derive (Drift angle index)

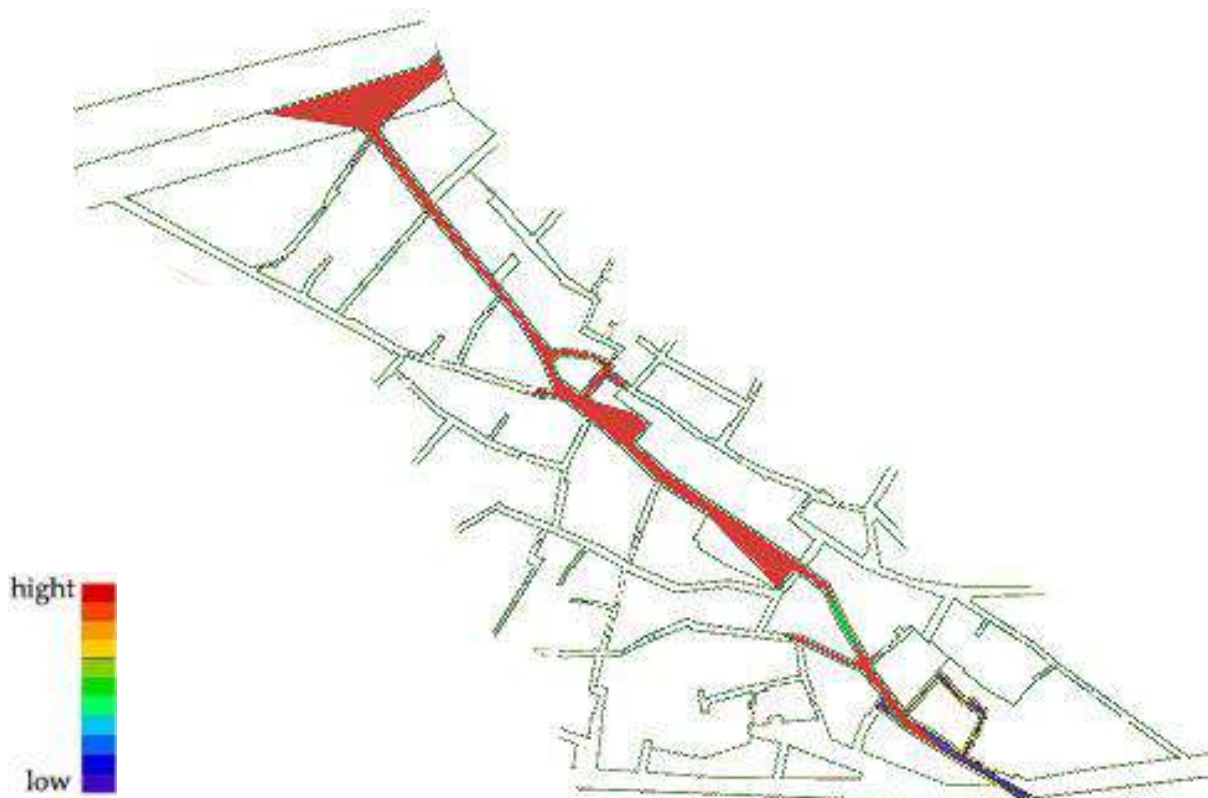


Figure 53: Résultats de l'indicateur angle de dérive Isovist (isovist drift angle) par Depthmap 7. Auteur (2021).

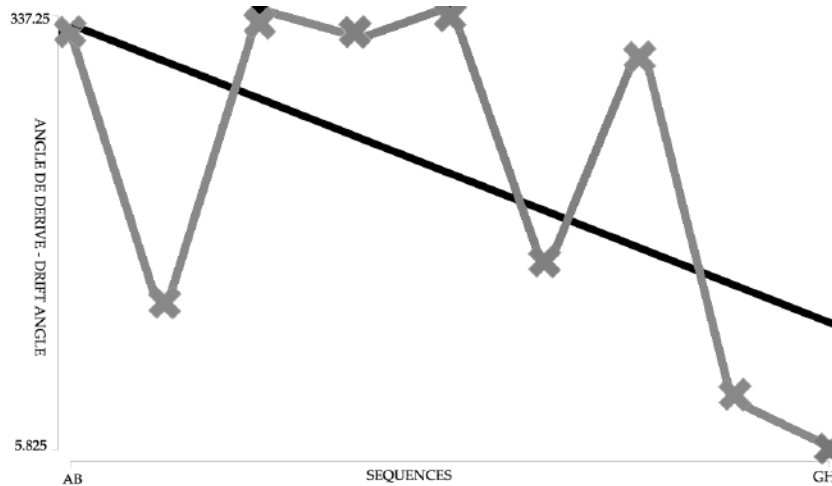


Figure 54: Graphe de l'indice de l'angle de dérive isovist (drift angle). Auteur.

- Les valeurs de l'indice de l'angle de dérive (drift angle) varient de 5,8 ° (à la séquence GH) à 337,2 ° (à la séquence DE).
- D'après le plan (Fig. 53) les valeurs de l'angle de dérive (drift angle) les plus grandes se concentrent au début et au centre du parcours (en rouge). Les valeurs les plus faibles sont concentrées dans la fin du parcours (en bleu nuit). Ceci indique que le parcours est majoritairement de direction réversible avec des vues dégagées, c'est-à-dire qu'il n'est pas unidirectionnel (not forward).
- Cinq séquences (AB, B'C', CD, DE et FG) ont une valeur d'angle de dérive supérieure à la valeur moyenne ($Da > 215,9^\circ$), et 4 quatre séquences (BC, EF, G'H' et GH) ont une valeur d'angle de dérive inférieure à la valeur moyenne ($Da < 215,9^\circ$).
- Les valeurs d'angle de dérive dans les cinq séquences (AB, B'C', CD, DE et FG) sont supérieures à 180° , indiquant une direction réversible qui n'est pas unidirectionnelle (not forward), tandis que les valeurs de l'angle de dérive pour les 4 quatre séquences (BC, EF, G'H' et GH) sont inférieures à 180° indiquant que la direction est vers l'avant (forward).
- Deux séquences (B'C, DE) ont une valeur d'angle de dérive (drift angle) supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée de quartile Q3 ($Da \geq 328,2^\circ$) et deux séquences (AB, CD) ont une valeur d'angle de dérive de $324,5^\circ$ qui est très proche de la valeur Q3 ($Da \approx 328,2^\circ$), tandis que deux séquences (GH et G'H') ont une valeur d'angle de dérive inférieure ou équivalente à la valeur la plus basse du quartile Q1 ($\leq 82,4^\circ$).

- Le graphe de l'angle de dérive (drift angle) (Fig. 54) montre une distribution spatiale non équitable et asymétrique le long du trajet. Les données sont inclinées vers la gauche ($Y1 = -0,564$) et sensiblement distribuées.
- Le graphe (Fig. 56) montre une ligne de tendance linéaire inclinée vers le bas indiquant que la distribution spatiale de l'angle de dérive (drift angle), diminue en général le long du parcours.
- Le graphe (Fig. 54) présente une distribution bimodale indiquant un changement fréquent de l'indice de l'angle de dérive (drift angle) le long du parcours. Il diminue et augmente à plusieurs reprises. En tout, cinq (5) tendances sont notables dans le graphe (diminution, augmentation, diminution, augmentation, diminution).
- Les valeurs de l'angle de dérive (drift angle) les plus élevées coïncident avec les espaces où le parcours est élargi avec des formes plus ou moins carrées (là où il y a des vides résultant de l'effondrement des maisons), ou dans les points d'intersections du parcours avec d'autres parcours.

D. Indice de magnitude de dérive (Drift magnitude index)

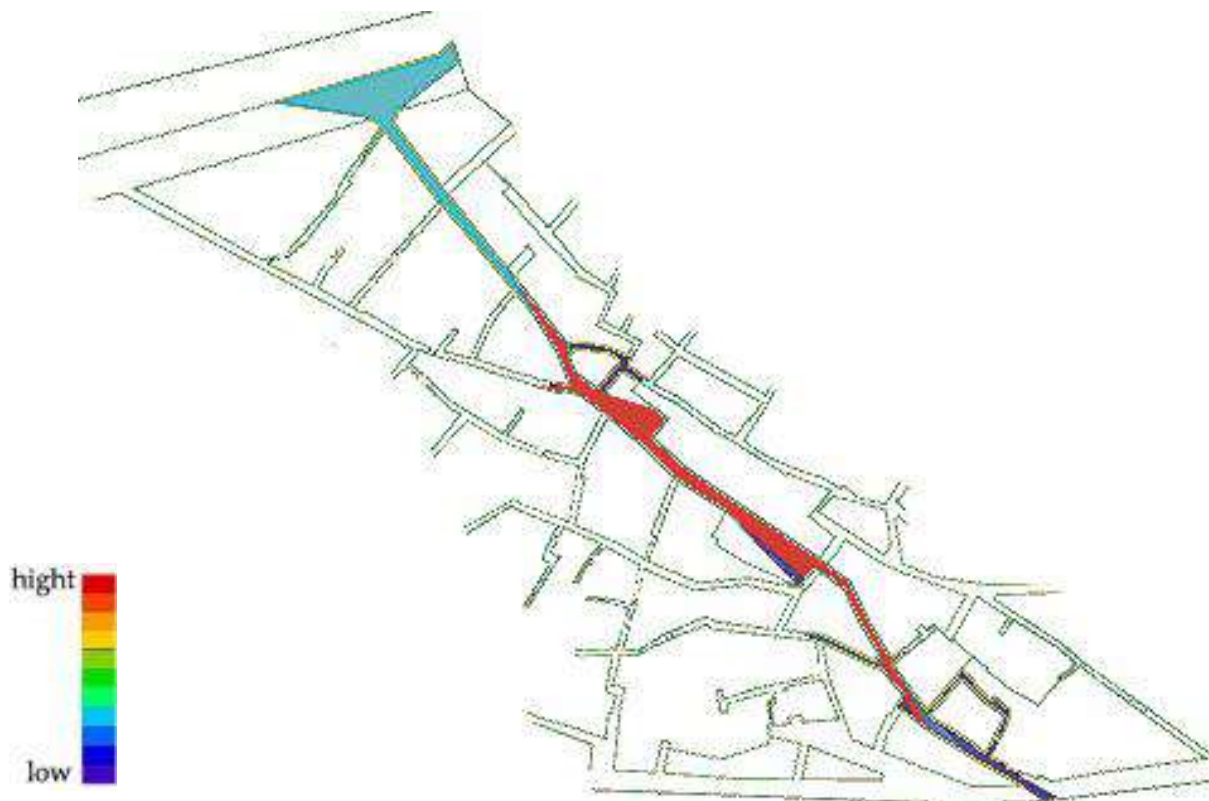


Figure 55: Résultats de l'indicateur magnitude de la dérive (isovist drift magnitude) par Depthmap 7. Auteur (2021).

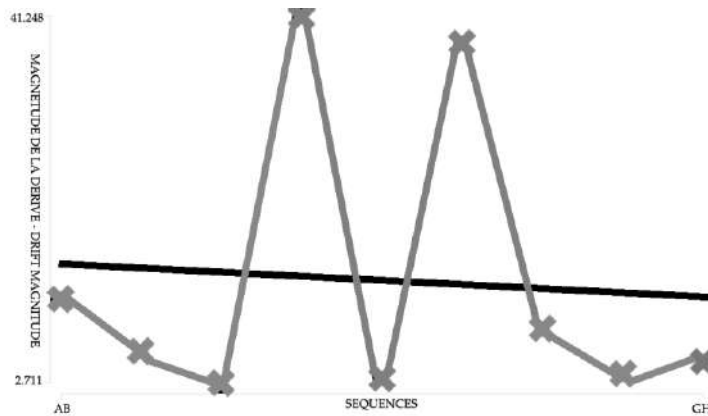


Figure 56: Graphe de l'indice de magnitude de dérive isovist (drift magnitude). Auteur.

- Les valeurs de magnitude de la dérive (drift magnitude) vont de 2,71104 (enregistrées à la séquence B'C ') à 41,2487 (enregistrées à la séquence CD).
- D'après le plan (Fig. 55) les valeurs de magnitude (drift magnitude) les plus grandes se concentrent au centre du parcours (en rouge). Les valeurs les plus faibles sont concentrées à la fin du parcours ainsi que dans les ramifications du parcours (en bleu nuit).
- Deux séquences (CD et EF) ont une valeur de magnitude de dérive (drift magnitude) supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée du quartile Q_3 ($Dm \geq 24,981$), tandis que trois séquences (B'C ', H'G' et DE) ont une valeur d'amplitude de dérive inférieure ou équivalente à la valeur la plus basse du quartile Q_1 ($Dm \leq 3,389$) et sept séquences ont une valeur d'amplitude de dérive inférieure à la valeur moyenne Q_2 ($Dm < 13,33$). Ces résultats indiquent que les séquences du parcours ne sont pas profondes, ainsi les scènes urbaines et naturelles composant l'environnement du parcours sont à portée de vue pour l'observateur.
- Le graphe de magnitude de la dérive (Fig. 56) montre une distribution spatiale symétrique bimodale le long du trajet. Les données sont inclinées vers la droite ($Y1 = 1,494$) et sensiblement distribuées.
- Le graphe (Fig. 56) montre qu'une ligne de tendance linéaire presque horizontale indiquant une distribution spatiale fastidieuse de cet indice le long du parcours.
- Le graphe (Fig. 56) est bimodal et montre deux modes correspondant aux deux moments de pic de la valeur de la magnitude de la dérive le long du trajet. Les moments de pointe sont situés au centre du chemin (séquences CD et EF) indiquant que le centre du parcours est plus profond visuellement que ses extrémités (début et fin).

L'indice d'amplitude de la dérive est lié à la notion de l'attrait (enticement). L'attrait est le rapport de la magnitude de la dérive au radial maximum (D_m / RLI). Les tableaux suivants (Tab. 19 et Tab. 20) montrent les valeurs d'attrait de chaque segment du parcours.

Tableau 19: Valeurs de l'indice d'attrait (enticement) par séquence. Auteur.

Segment	Valeur de d_m / RLI	L'attrait (Enticement)
AB	9	Faible
BC	9.3	Faible
B'C'	13	Faible
CD	30	Forte
DE	4	Faible
EF	28	Forte
FG	16	Faible
G'H'	19	Faible
GH	5.7	Faible

Tableau 20: Valeurs de l'indice d'attrait (enticement) du parcours entier. Auteur.

Enticement	Valeur	Valeur	Valeur	Valeur	Le quartile		Skewness (Y_1)
	min	moyenne	max	médiane	Q1	Q3	
	4	14.89	30	13	7.35	23.5	

- La valeur de l'attrait la plus basse est enregistrée au centre du chemin (à DE) entre les deux valeurs les plus élevées (CD et EF).
- La valeur moyenne de l'attrait est d'environ 15, ce qui est relativement faible. L'attrait est le plus fort à deux séquences situées au centre du parcours (CD et EF), ceci indique qu'il y a présence d'événements perturbateurs à ces séquences.
- À l'exception des deux valeurs enregistrées à CD et EF, les valeurs d'attrait, le long du parcours, changent de manière studieuse avec de petites différences (faible écart), indiquant un environnement homogène et fastidieux, ainsi qu'un sentiment d'attrait modéré le long du parcours sans la présence d'événements perturbateurs puissants.

E. Indice de la distance radiale minimale (Min radial index)

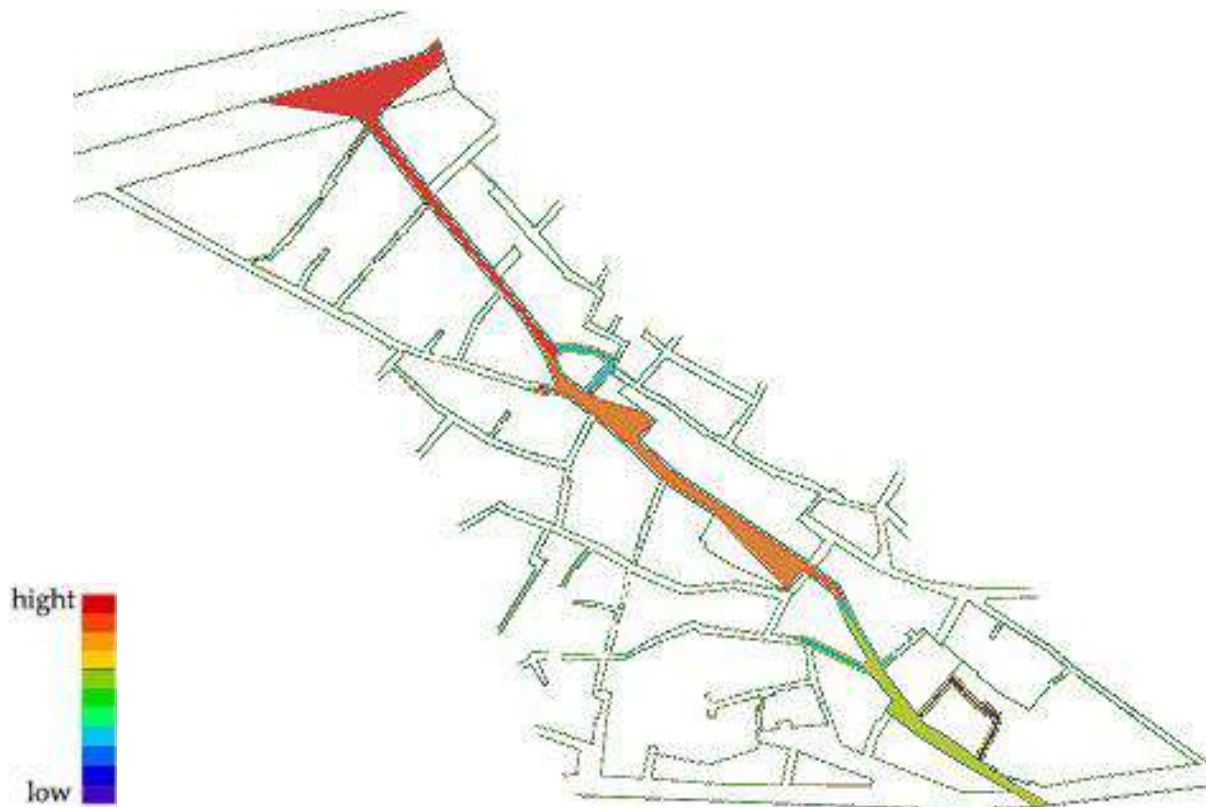


Figure 57: Résultats de l'indicateur distance radiale maximale (Max radial line) par Depthmap 7. Auteur (2021).

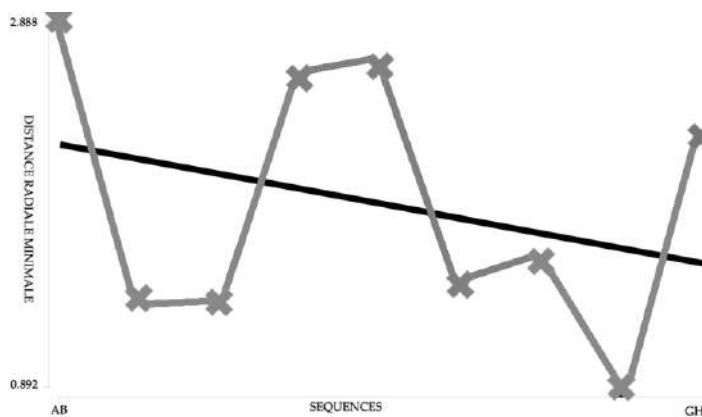


Figure 58: Graphe de l'indice de la distance radiale minimale. Auteur.

- En ce qui concerne la distance radiale minimale (Min radial), la plage des valeurs varie de 0,892 m (à G'H ') à 2,889 m (à AB). Ces valeurs indiquent qu'une personne n'est jamais plus loin de 1m du mur (ou un obstacle) le plus proche.
- D'après le plan (Fig. 57), les valeurs de la distance radiale minimale (Min radial) les plus grandes se concentrent au centre (en rouge) et au début du parcours (en orange).

Les valeurs les plus faibles sont concentrées dans les ramifications du parcours (en bleu nuit).

- Les séquences (AB, CD, DE et GH) ont une valeur de distance radiale minimale (Min radial) supérieure à la valeur moyenne ($RLS > 1,885$ m), et cinq séquences ont une valeur radiale min inférieure à la valeur moyenne ($RLS < 1,885$ m).
- Trois séquences (AB, CD et DE) ont une valeur radiale min supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée du quartile Q_3 ($RLS \geq 2,598$ m), tandis que deux séquences (B'C ' et H'G') ont une valeur radiale min inférieure ou équivalent à la valeur la plus basse du quartile Q_1 ($RLS \leq 1,361$ m).
- Le graphe de l'indice de la distance radiale minimale (Min radial) (Fig. 58) montre une distribution spatiale non équitable et asymétrique le long du chemin. Les données sont inclinées vers la droite ($Y1 = 0,184$) et sensiblement distribuées.
- Le graphe (Fig. 58) montre une ligne de tendance linéaire inclinée vers le bas indiquant que la distribution spatiale de la distance radiale minimale (Min radial) diminue, en générale, le long du parcours.
- Le graphe (Fig. 58) est multimodal, ce qui indique que la ligne visible la plus courte change fréquemment le long du parcours. Elle enregistre plusieurs moments de diminution et d'augmentation.
- Les valeurs les plus élevées de la distance radiale minimale (Min radial) correspondent aux séquences où la pente est faible ou plate et aux séquences où la forme de l'espace est presque carrée. Les valeurs les plus basses de la distance radiale minimale (Min radial) correspondent aux ramifications.

F. Indice de distance radiale maximale (Max radial index)

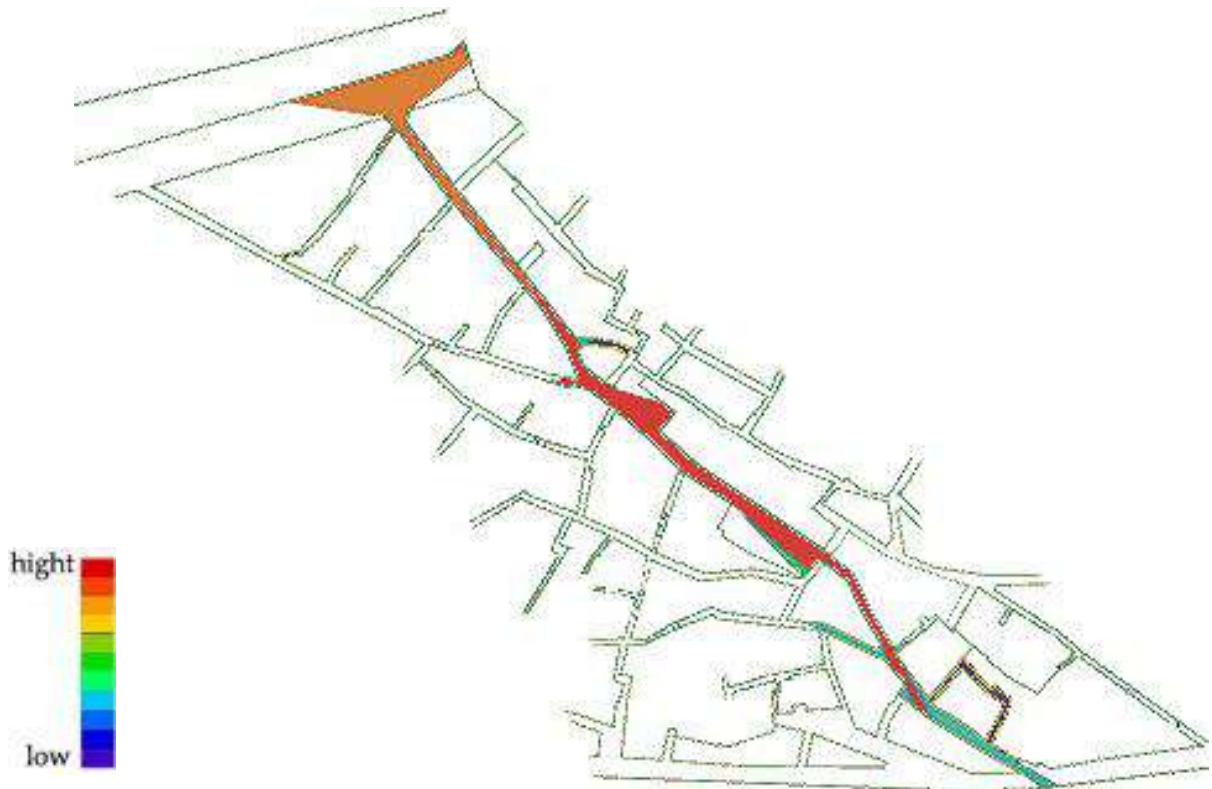


Figure 59: Résultats de l'indicateur distance radiale maximale (Max radial line) par Depthmap 7. Auteur (2021).

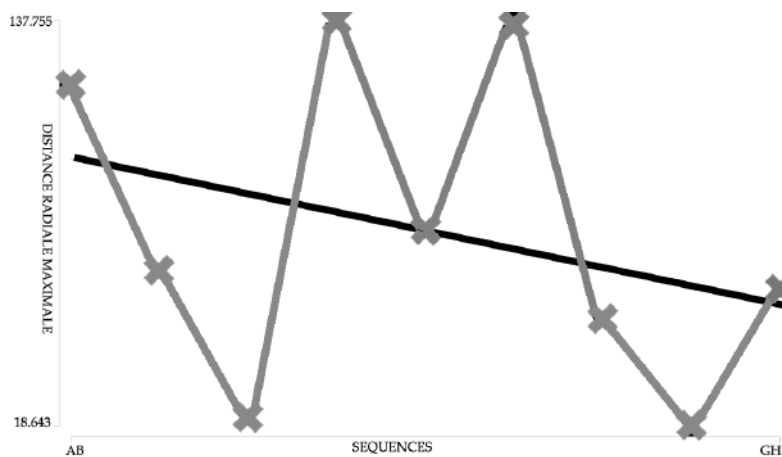


Figure 60: Graphe de l'indice de la distance radiale maximale. Auteur.

- Pour l'indice de la distance radiale maximale (Max radial), la plage des valeurs est de 18,6437 m (à la séquence G'H ') à 137,795 m (à la séquence CD).
- D'après le plan (Fig. 59) les valeurs de la distance radiale maximale (Max radial) les plus grandes se concentrent au début (en rouge) et au centre du parcours (en orange). Les valeurs les plus faibles sont concentrées dans les ramifications du parcours (en

bleu). Ceci dit, au début et au centre du parcours, les séquences et leurs champs visuels sont allongés et sans obstacles contrairement aux séquences de la fin du parcours et de ramifications.

- Quatre séquences (AB, CD, DE et EF) ont une valeur de distance radiale maximale (Max radial) supérieure à la valeur moyenne ($RLI > 75,6913m$) et cinq séquences ont une valeur Max Radial inférieure à la valeur moyenne ($RLI < 75,6913m$).
- Deux séquences (CD et EF) ont une valeur de distance radiale maximale (Max radial) supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée de quartile Q_3 ($RLI \geq 127,699m$) et deux séquences (B'C' et H'G') ont une valeur de distance radiale maximale (Max radial) inférieure ou équivalente à la valeur la plus basse du quartile Q_1 ($RLI \leq 35,306m$).
- Le graphe de la distance radiale maximale (Max radial) (Fig. 60) montre une distribution spatiale non équitable et asymétrique le long du parcours. Les données sont inclinées vers la droite ($Y1 = 0,285$) et sensiblement distribuées.
- Le graphe (Fig. 60) montre aussi une ligne de tendance linéaire inclinée vers le bas indiquant que la distribution spatiale de la ligne visible plus longue diminue, en générale, le long du parcours.
- Le graphe (Fig. 60) est multimodal, ce qui indique que la distance radiale maximale change fréquemment le long du parcours. Elle diminue et augmente à de nombreuses reprises de manière rythmique. En tout, six (6) tendances sont notables dans le graphe (diminution, augmentation, diminution, augmentation, diminution, augmentation).

G. Indice d'occlusivité (Occlusivity index)

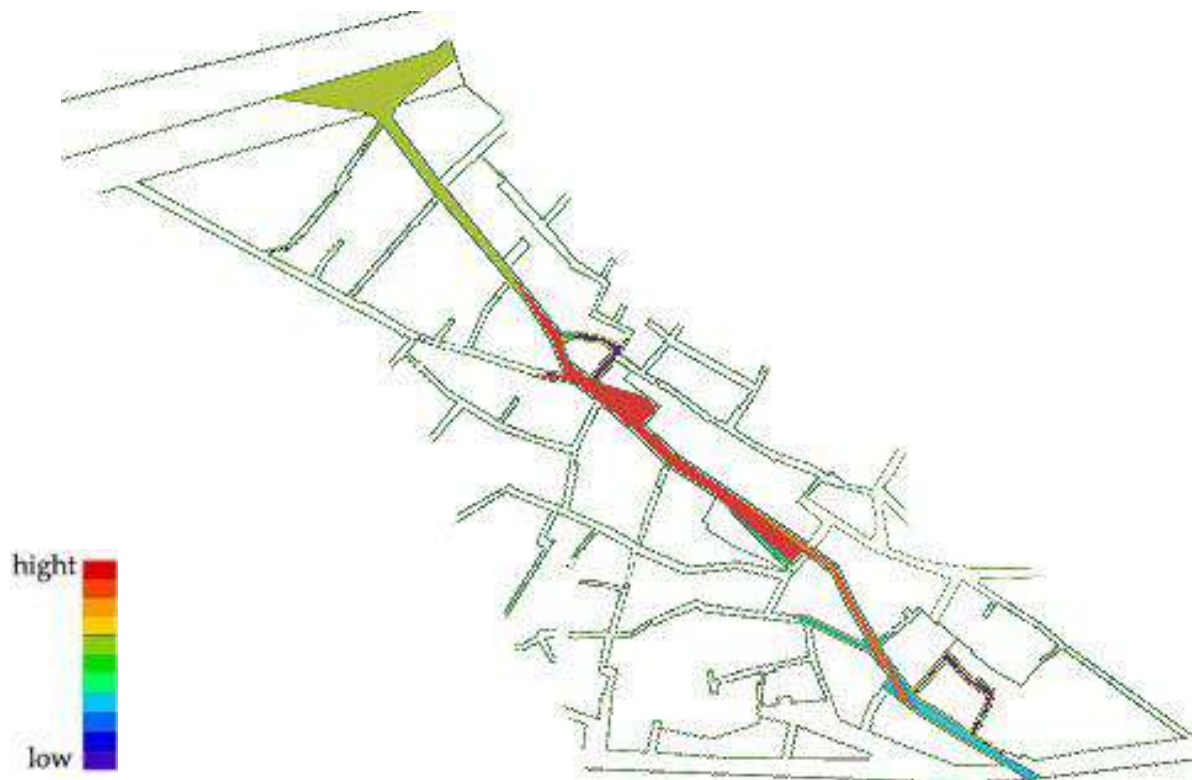


Figure 61: Résultats de l'indicateur d'occlusivité (occlusivity) par Depthmap 7. Source: Auteur (2021). —

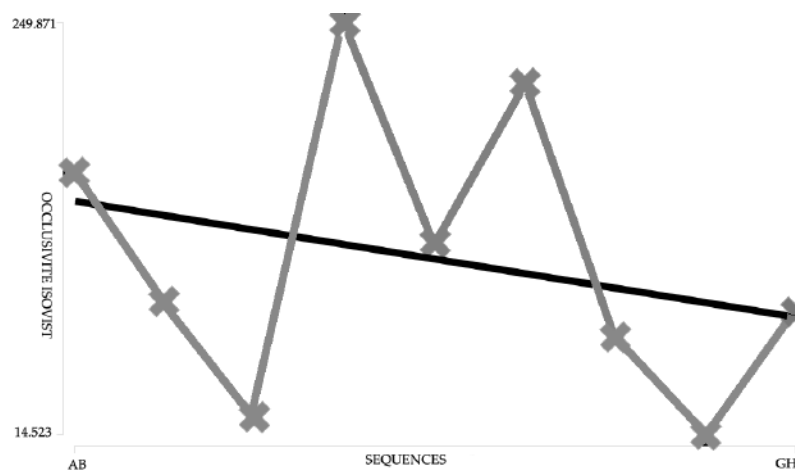


Figure 62: Graphe de l'indice d'occlusivité. Auteur.

- L'indice d'occlusivité (occlusivity) a une marge de valeurs comprise entre 14,5236 (à la séquence G'H') et 249,871 (à la séquence CD).
- D'après le plan (Fig. 61) les valeurs d'occlusivité (occlusivity) les plus grandes se concentrent au centre du parcours (en rouge). Les valeurs les plus faibles sont concentrées à la fin du parcours ainsi qu'aux séquences de ramifications (en bleu).

Ceci dit, les séquences au centre du parcours possèdent des espaces qui bloquent la vision mais permettent la locomotion (déplacement) et donc, présentent un bon sens du mystère.

- Quatre (4) séquences (AB, CD, DE et EF) ont une valeur d'occlusivité supérieure à la valeur moyenne ($O > 115,082$) et cinq (5) séquences ont une valeur d'occlusivité inférieure à la valeur moyenne ($0 < 115,082$).
- Deux séquences (CD et EF) ont une valeur d'occlusivité supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée de quartile Q_3 ($O \geq 189,355$) et deux (2) séquences (B'C' et H'G') ont une valeur d'occlusivité inférieure ou équivalente à la valeur la plus basse du quartile Q_1 ($0 \leq 47,049$).
- Le graphe de l'indice d'occlusivité (Fig. 62) montre une distribution spatiale non équitable et asymétrique le long du parcours. Les données sont inclinées vers la droite ($Y1 = 0,499$) et sensiblement distribuées.
- Le graphe d'occlusivité (Fig. 62) montre une ligne de tendance linéaire inclinée vers le bas indiquant que la distribution spatiale des surfaces occluses (bloque la vue et permet la locomotion) diminue, en générale, le long du parcours.
- Le graphe d'occlusivité (Fig. 62) est multimodal, ce qui indique que les surfaces occlus (permettent la locomotion mais bloquent la vision) changent fréquemment le long du parcours. Elles diminuent et augmentent à de nombreuses reprises de manière rythmique. En tout, six (6) tendances sont notables dans le graphe (diminution, augmentation, diminution, augmentation, diminution, augmentation).
- Le graphe (Fig. 62) est bimodal et montre deux (2) modes correspondant aux deux (2) moments de pic de la valeur d'occlusivité le long du trajet. Les moments de pointe sont situés au centre du chemin (séquences CD et EF).
- Les moments d'augmentation de l'indice d'occlusivité correspondent aux séquences du parcours larges avec des formes plus ou moins carrées (là où il y a des vides causés par l'effondrement des maisons), ou dans les points d'intersections du parcours avec d'autres parcours.

H. Indice de Circularité (Circularity index)

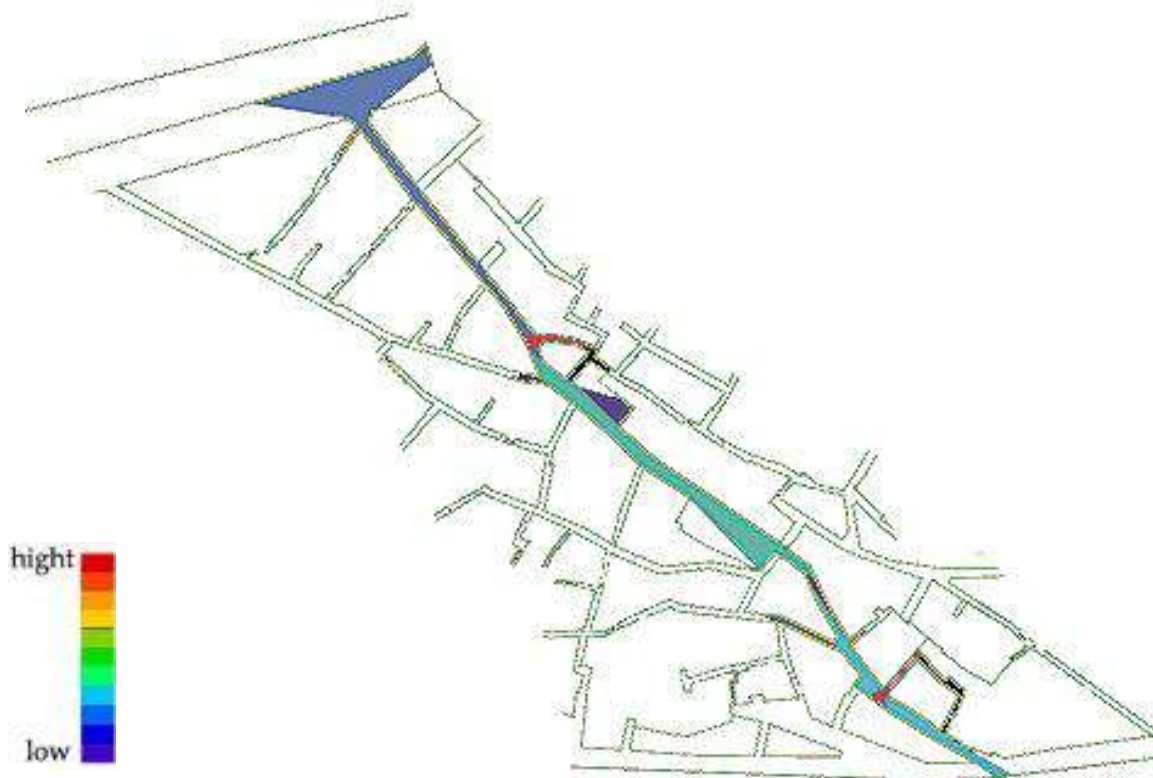


Figure 63: Résultats de l'indicateur de circularité par Depthmap 7. Source: Auteur (2021).

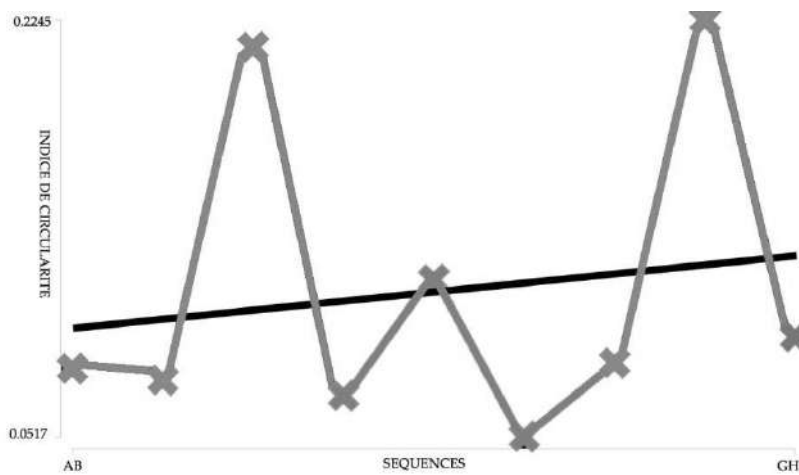


Figure 64: Graphe de l'indice de circularité. Auteur.

- Pour l'indice de circularité, la plage des valeurs va de 0,05175 (à la séquence EF) à 0,22495 (à la séquence G'H ').
- D'après le plan (Fig. 63) les valeurs de circularité les plus grandes se concentrent aux ramifications (en rouge). Les valeurs les plus faibles sont concentrées au début du parcours (en bleu). Ceci dit, au début du parcours, les séquences sont linéaires contrairement aux ramifications qui sont courbes.

- Trois séquences (B'C', DE et G'H') ont une valeur de circularité supérieure à la valeur moyenne ($C > 0,11183$), et six séquences ont une valeur de compacité inférieure à la valeur moyenne ($C < 0,11183$).
- Deux séquences (B'C' et G'H') ont une valeur de circularité supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée du quartile Q_3 ($C \geq 0,165$), tandis que deux séquences (CD et EF) ont une valeur de circularité inférieure ou équivalente à la valeur la plus basse du quartile Q_1 ($C \leq 0,072$) et deux séquences (AB et BC) ont une valeur de circularité (0,079 et 0,075) proche de la valeur Q_1 .
- Le graphe de circularité (Fig. 64) montre une distribution spatiale non équitable et asymétrique le long du parcours. Les données sont inclinées vers la droite ($Y1 = 1,313$) et sensiblement distribuées, ceci dit, il n'y a qu'un petit nombre d'objets très compacts et courbes dans l'espace visible.
- La ligne de tendance linéaire du graphe (Fig. 64) va vers le haut indiquant une légère augmentation dans la distribution de la circularité le long du parcours.
- Le graphe (Fig. 64) est multimodal indiquant que la circularité change fréquemment le long du parcours. Elle diminue et augmente à plusieurs reprises. En tout, sept (7) tendances sont notables sur le graphe (diminution, augmentation, diminution, augmentation, diminution, augmentation, diminution).

I. Indice de Jaggedness (irrégularité)

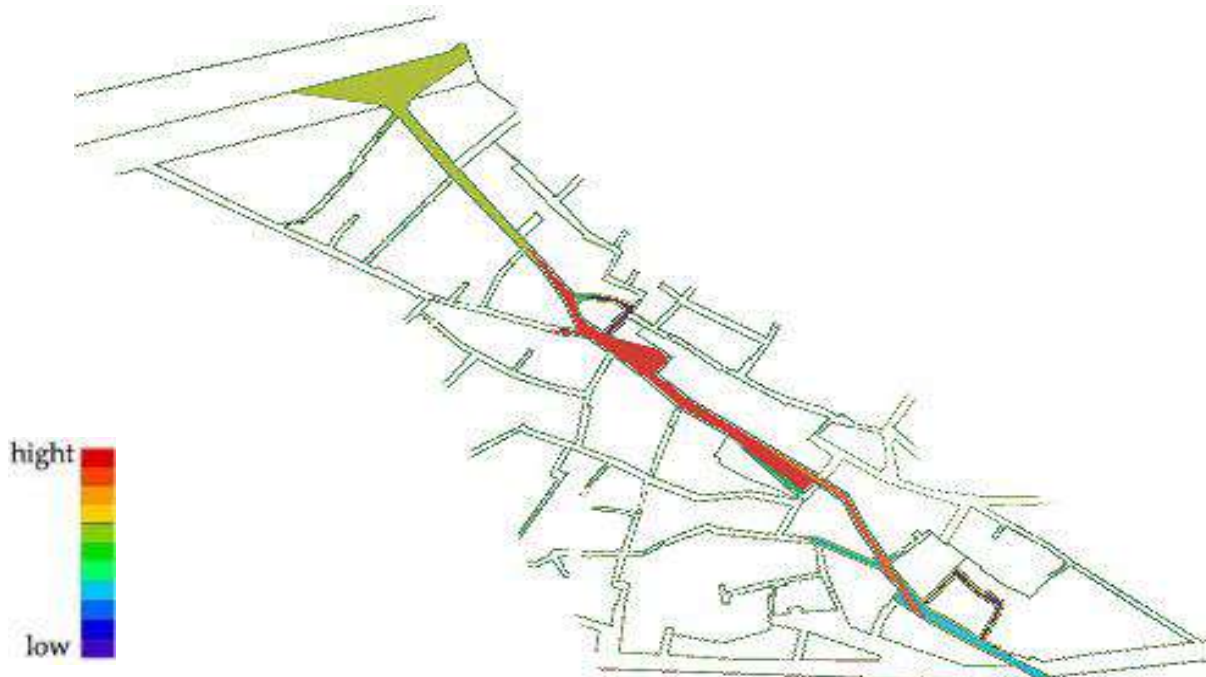


Figure 65: Résultats de l'indicateur de jaggedness par Depthmap 7. Source: Auteur (2021).

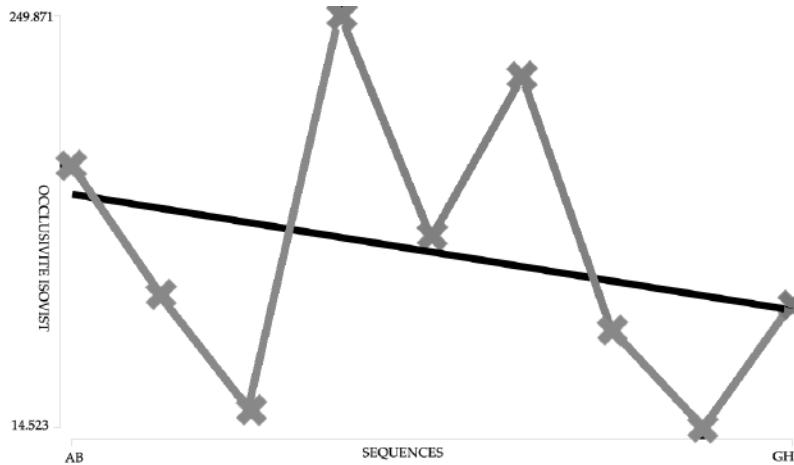


Figure 66: Graphe de l'indice de jaggedness. Auteur.

- En ce qui concerne l'indice de jaggedness, la plage des valeurs va de 55,8634 (à la séquence G'H') à 242,827 (à la séquence EF).
- D'après le plan (Fig.65) les valeurs de jaggedness les plus grandes se concentrent au début et au centre du parcours (en rouge). Les valeurs les plus faibles sont concentrées dans les ramifications du parcours (en bleu). Ceci dit, au début et au centre du parcours, contrairement aux séquences de ramifications, l'espace est visuellement complexe.
- La plus grande valeur de jaggedness est enregistrée dans la séquence EF, qui se caractérise par la présence d'intersections avec d'autres parcours.
- Cinq séquences (AB, BC, CD, EF et FG) ont une valeur de jaggedness supérieure à la valeur moyenne ($J > 139,6957$) et quatre séquences ont une valeur de jaggedness inférieure à la valeur moyenne ($J < 139,6957$).
- Deux séquences (CD et EF) ont une valeur de jaggedness supérieure ou équivalente à la valeur la plus élevée de quartile Q_3 ($J \geq 175,028$) et deux séquences (B'C' et H'G') ont une valeur de jaggedness inférieure ou équivalente à la valeur la plus basse du quartile Q_1 ($J \leq 83,161$).
- Le graphe de jaggedness (Fig. 66) montre une distribution spatiale non équitable et asymétrique le long du parcours. Les données sont inclinées vers la droite ($Y1 = 0,024$) et sensiblement distribuées.
- La ligne de tendance linéaire de jaggedness (Fig. 66) descend légèrement, ce qui indique que la distribution spatiale de l'indice de jaggedness diminue en général, légèrement le long du parcours. Ainsi, le parcours se caractérise en général par une diminution de la complexité visuelle.

- Le graphe de jaggdness (Fig. 66) est multimodal, ce qui indique que la complexité visuelle le long du parcours change fréquemment. Elle diminue et augmente à de nombreuses reprises.

3.4. Synthèse

Cette analyse morphologique séquentielle et isovist, effectuées sur le cas d'étude la rue « Sidi Driss Hamidouch », ancienne « rue de la Casbah » a donné les résultats suivants :

- Les variations des valeurs de la surface isovist (isovist area) et de périmètre indiquent que l'espace visible du parcours est divisé en espace ouvert/ spacieux et espace clos.
- Le parcours présente plus d'espace ouvert que d'espace clos.
- L'indice de la surface isovist (isovist area) et l'indice de périmètre sont fortement corrélés.
- L'indice de surface isovist (isovist area) et l'indice de périmètre isovist atteignent leurs valeurs maximales aux séquences où le parcours est en intersection avec d'autres parcours.
- La majorité des mesures isovists atteignent leurs valeurs minimales aux séquences de ramification (B'C' et G'H'). Ces deux séquences sont caractérisées par une forte pente et par un ciel couvert par une toiture plate ou en voûtes.
- Selon les valeurs de l'angle de dérive, le parcours présente plus de séquences non directes (not forward) que de séquences directes (forward). Ceci indique que la majorité des séquences du parcours offrent plusieurs choix de navigation à l'observateur. Donc, le parcours présente une faible directivité (sens de direction /directionality).
- Les valeurs d'angle de dérive les plus élevées sont réparties sur les séquences de départ et du milieu du parcours, contrairement aux séquences de la fin du parcours qui présentent des angles très aigus.
- Tous les indices présentent des valeurs qui changent constamment le long du parcours. Leurs distributions asymétriques et variées indiquent un espace écologiquement non fastidieux et dynamique.
- Le graphe de l'indice de magnitude de la dérive visuelle (drift magnitude) présente une ligne de tendance presque horizontale. Ceci dit, le parcours n'est pas profond visuellement, ainsi, la majorité des scènes sont à portée de vue.

- À l'exception des valeurs élevées atteintes à CD et EF, l'indice de l'attrait présente des valeurs proches tout le long du chemin, indiquant que le parcours est visuellement homogène et fastidieux et sans événements perturbateurs puissants.
- Les graphes de la distance radiale maximale et minimale présentent des lignes de tendance inclinées vers le bas. Ceci indique que plus l'observateur progresse dans le parcours (du début à la fin du parcours) plus l'espace devient étroit et les vues cachées. Ce résultat est en parfaite corrélation avec les résultats de l'analyse séquentielle.
- Corrélation positive entre occlusivité, magnitude de dérive (drift magnitude) et distance radiale maximale indiquant une concordance entre le sens de mystère spatial, la profondeur de la vue et les surfaces exposées/non-exposées à la perception visuelle. Le sens de mystère dans l'espace vu augmente avec l'augmentation de la profondeur et l'exposition de scènes (architecturales et urbaines).
- Une personne ne se trouve jamais à plus de 1 m loin d'un mur ou d'un obstacle tout le long du parcours.
- L'indice d'occlusivité et de jaggedness sont corrélés positivement aux variations d'amplitude de la dérive (drift magnitude) et de la ligne radiale max.

4. Conclusion

Le présent chapitre présente les résultats de l'analyse isovist et de l'analyse séquentielle appliquée sur la rue de la Casbah « Sidi Driss Hamidouch ». Le parcours se divise en neuf séquences qui donnent neuf isovists au total. Les résultats présentés dans ce chapitre serviront à vérifier la validité des hypothèses formulées au chapitre précédent et cerner les caractéristiques et les configurations spatiales sous-jacentes à l'expérience architecturale du parcours de la Casbah d'Alger, particulièrement de la rue « Sidi Driss Hamidouch ». Cette vérification fera l'objet du prochain chapitre qui est dédié à la discussion et à l'interprétation des résultats en référence aux connaissances en neuroscience pour l'architecture.

CHAPITRE NEUF: DISCUSSION

**EXPÉRIENCE ARCHITECTURAL DE LA CASBAH D'ALGER,
CORRÉLATIONS ENTRE MORPHOLOGIE ET
NEUROARCHITECTURE. CAS DE LA RUE « SIDI DRISS
HAMIDOUCH »**

1. Introduction

Dans l'objectif de vérifier les hypothèses dérivées de l'analyse de contenu effectuée sur un corpus varié de textes et de témoignages concernant l'expérience architecturale des parcours de la Casbah d'Alger (voire chapitre 7), une analyse morphologique est conduite (chapitre 8) sur le cas de la rue « Sidi Driss Hamidouch » en utilisant deux méthodes d'analyse morphologique, l'analyse isovist qui est une méthode computationnelle basée sur la théorie de la space syntax et l'analyse séquentielle qui est une méthode paysagère basée sur les théories et les travaux de Panerai (voir chapitre 6).

Ce chapitre discute les résultats de l'analyse morphologique séquentielle et de l'analyse isovist en relation avec les résultats de l'analyse de contenu et de la revue de la littérature (les connaissances en neurosciences pour architecture). Le but étant d'identifier les caractéristiques et les configurations morphologiques du parcours de la Casbah sous-jacents son expérience architecturale.

Le présent chapitre est constitué de deux parties. La première partie discute et confronte les résultats des analyses morphologiques isovist et séquentielles appliquées au cas de la rue « Sidi Driss Hamidouch » aux connaissances en neurosciences pour architecture. La deuxième partie porte sur la vérification des hypothèses en les confrontant aux résultats de l'analyse isovist et de l'analyse séquentielle.

2. Corrélations entre les résultats des analyses isovist et séquentielle et les connaissances en neurosciences cognitives

Le tableau (Tab. 21) suivant présente une synthèse des croisements entre les résultats de l'analyse isovist et de l'analyse séquentielle pour chaque séquence du parcours et met en exergue les différentes corrélations entre les caractéristiques morphologiques de chaque séquence et les connaissances en neurosciences cognitive pour architecture (neuroarchitecture, neuroesthétique et neurophénoménologie).

Tableau 21: Corrélations entre les caractéristiques morphologiques et les connaissances en neurosciences cognitive pour chaque séquence du parcours. Auteur.

Séquence	Caractéristiques morphologiques	Relation avec les neurosciences
AB	• Un parcours ouvert, spacieux (grand), large et long (profond) • Un champ visuel étendu et	• L'ouverture spatiale résultant de la largeur, la grandeur et l'élongation de l'espace est en relation avec l'expérience esthétique positive, les affordances

	une perspective libre • Vue dégagée sur la mer • Une navigation spatiale libre (not forward) et à choix multiples, indiquant un potentiel pour l'expérience du mystère spatial • Une complexité spatiale modérée (pas de confusion visuelle) et une uniformité stylistique et spatiale • Contours linéaire	spatiales et les choix de navigation. • La perspective libre et la vue dégagée sur la mer est en relation avec l'expérience du sublime (awe), la restauration psychologique via la nature, et l'empathie via l'affect positif. • Les choix multiples de la navigation sont en relation avec l'expérience du mystère et la prise de décision dans le wayfinding, l'empathie, les affordances et la mémoire spatiale. • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire • L'uniformité spatiale est en relation avec la mémoire. • Le contour linéaire est en relation négative avec l'expérience du beau.
BC	• Un parcours petit et court (pas profond). • une perspective libre avec une vue dégagée sur la mer • Une navigation spatiale guidée et unidirectionnelle (forward) et un faible sens de mystère spatiale • Une complexité spatiale modérée (pas de confusion visuelle) et une uniformité stylistique et spatiale • Contours courbes	• L'étroitesse et le rétrécissement de l'espace sont en relation avec les affordances spatiales et les choix de navigation, l'empathie, et l'expérience esthétique négative. • La perspective libre et la vue dégagée sur la mer sont en relation avec l'expérience du sublime (awe), la restauration psychologique via la nature et l'empathie via l'affect positif. • La navigation est unidirectionnelle (forward) et limitée en termes de choix de navigation. Elle est en relation avec le wayfinding et la mémoire spatiale. • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire. • L'uniformité spatiale est en relation avec la mémoire. • Le contour courbe est en relation positive avec l'expérience du beau.

B'C'	• Un parcours étroit, couvert et court • une perspective bloquée avec une vue sur le bâti • Une navigation spatiale libre, à choix multiples à son contact avec les séquences BC et CD. • Un sens de mystère spatial remarquable • Une complexité spatiale faible (pas de confusion visuelle) • Contours courbes	• La fermeture spatiale, le clos et l'étroitesse sont en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale. Cette condition spatiale est en relation avec l'expérience des affordances spatiales et les choix de navigation, l'expérience esthétique négative et l'empathie via l'affect négatif. • La navigation est unidirectionnelle (forward) et limitée en termes de choix de navigation. Elle est en relation avec le wayfinding, l'empathie et la mémoire • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire • L'uniformité spatiale est en relation avec la mémoire • Le contour courbe est en relation positive avec l'expérience du beau.
CD	• Un parcours ouvert, spacieux (grand), large et long (profond) • Un champ visuel profond (espace allongé) et une perspective libre • Vue dégagée sur la mer • Une navigation spatiale libre à choix multiples, indiquant un potentiel de mystère spatial • Une complexité spatiale importante (confusion visuelle) et une uniformité stylistique et spatiale • Contours linéaires	• L'ouverture spatiale résultant de la largeur, la grandeur et l'élongation de l'espace est en relation avec l'expérience esthétique positive, les affordances spatiales et les choix de navigation. • La perspective libre et la vue dégagée sur la mer est en relation avec l'expérience du sublime (awe), la restauration psychologique via la nature, et effet positif via l'empathie. • Les choix multiples de la navigation sont en relation avec l'expérience du mystère et la prise de décision dans le wayfinding, l'empathie, les affordances et la mémoire spatiale. • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire • L'uniformité spatiale est en relation avec la mémoire • Le contour linéaire est en relation négative avec l'expérience du beau.
DE	• Un parcours ouvert, spacieux (grand), large et	• L'ouverture spatiale résultant de la largeur, la grandeur et l'élongation de

	court (pas profond). • Un champ visuel court. • Vue dégagée sur la mer sur sa paroi latérale. • Une navigation spatiale libre à choix multiples, indiquant un potentiel pour l'expérience du mystère spatial • Une complexité spatiale faible (pas de confusion visuelle) • Contours courbe	l'espace est en relation avec l'expérience esthétique positive, les affordances spatiales et les choix de navigation. • La perspective libre et la vue panoramique sur la mer sont en relation avec l'expérience du sublime (awe), la restauration psychologique via la nature, et effet positif via l'empathie. • Les choix multiples de la navigation sont en relation avec l'expérience du mystère et la prise de décision dans le wayfinding, l'empathie, les affordances et la mémoire spatiale. • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire • L'uniformité spatiale est en relation avec la mémoire • Le contour linéaire est en relation négative avec l'expérience du beau.
EF	• Un parcours petit, étroit et long (profond). • une perspective bloquée avec une vue sur le bâti. • Une navigation spatiale guidée et unidirectionnelle (forward) et un faible sens de mystère spatiale • Un bon sens de mystère spatial • Une complexité spatiale importante (confusion visuelle) • Contours linéaires	• fermeture spatiale, le clos et l'étroitesse sont en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale. Cette condition spatiale est en relation avec l'expérience des affordances spatiales et les choix de navigation, l'expérience esthétique négative et l'empathie via l'affect négatif. • La vue sur le bâti est en relation négative avec l'expérience esthétique et la restauration psychologique. • La navigation est unidirectionnelle (forward) et limitée en termes de choix de navigation. Elle est en relation avec le wayfinding et la mémoire spatiale. • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire • Le contour linéaire est en relation négative avec l'expérience du beau.
FG	• Un parcours petit, étroit et court (pas profond). • Une perspective libre	• La fermeture spatiale, le clos et l'étroitesse sont en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture

	ouverte sur une vue dégagée sur le bâti. • Une navigation spatiale libre à choix multiples (not forward) • Un faible sens de mystère spatial • Une complexité spatiale moyenne et une uniformité stylistique et spatiale • Contours linéaires	spatiale. Cette condition spatiale est en relation avec l'expérience des affordances spatiales et les choix de navigation, l'expérience esthétique négative et l'empathie via l'affect négatif. • La perspective libre et la vue dégagée sur le bâti sont en relation négative avec l'expérience esthétique et la restauration psychologique via le nature. • Les choix multiples de la navigation sont en relation avec l'expérience du mystère et la prise de décision dans le wayfinding, l'empathie, les affordances et la mémoire spatiale. • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire. • L'uniformité spatiale est en relation avec la mémoire. • Le contour linéaire est en relation négative avec l'expérience du beau.
G'H'	• Un parcours étroit, couvert (clos) et court (pas profond). • une perspective bloquée avec une vue sur le bâti • Une navigation spatiale guidée et unidirectionnelle (forward). • Un faible sens de mystère spatial • Une complexité spatiale faible (pas de confusion visuelle) • Contours courbes	• La fermeture spatiale, le clos et l'étroitesse sont en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale. Cette condition spatiale est en relation avec l'expérience des affordances spatiales et les choix de navigation, l'expérience esthétique négative et l'empathie via l'affect négatif. • La vue sur le bâti est en relation négative avec l'expérience esthétique et la restauration psychologique. • La navigation est unidirectionnelle (forward) et limitée en termes de choix de navigation. Elle est en relation avec le wayfinding et la mémoire spatiale. • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire • L'uniformité spatiale est en relation avec la mémoire
GH	• Un parcours petit, large et court (pas profond).	• La fermeture spatiale, le clos et l'étroitesse sont en relation avec

	• une perspective bloquée donnant sur une vue sur le bâti. • Une navigation spatiale guidée et unidirectionnelle (forward). • Un faible sens de mystère spatial • Une complexité spatiale faible et une uniformité stylistique et spatiale.	l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale. Cette condition spatiale est en relation avec l'expérience des affordances spatiales et les choix de navigation, l'expérience esthétique négative et l'empathie via l'affect négatif. • La vue sur le bâti est en relation négative avec l'expérience esthétique et la restauration psychologique. • La navigation est unidirectionnelle (forward) et limitée en termes de choix de navigation. Elle est en relation avec le wayfinding et la mémoire spatiale. • La complexité spatiale est en relation avec l'expérience esthétique et la mémoire
--	--	--

3. L'expérience architecturale de chaque séquence du parcours

- ***La séquence AB***

Pour la séquence AB, cette étude a révélé les caractéristiques suivantes :

1. Absence d'ornementation, absence de végétation et de tout autre élément de la nature
En plus de l'absence de ces éléments caractéristiques, le contour de cette séquence est linéaire et sa complexité spatiale moyenne. Il faut savoir que ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Leur absence peut influencer négativement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence AB.
2. La grandeur spatiale (espace spacieux) et l'ouverture du champ visuel et de la vue dégagée sur la mer peuvent être liées à une expérience du sublime et du « awe » dans la séquence. Cette expérience forte est provoquée essentiellement par l'effet de grandeur et de magnitude qu'offre l'ouverture spatiale et la vue dégagée sur la mer.
3. Malgré l'absence d'éléments naturels, comme la végétation et les points d'eau, cette séquence s'ouvre comme même, sur une vue dégagée sur la mer. Cette situation peut aussi bien causer une expérience empathique à effet de restauration psychologique sous-tendue par l'affect positif et la récompense (reward effect). Cette configuration spatiale est également liée à la cognition spatiale et à l'expansion de l'espace, ce qui peut éventuellement générer une expérience esthétique du sublime sous-tendue par l'ouverture spatiale et une émotion du « awe ».

4. La grandeur spatiale (taille de l'espace), l'élongation et l'ouverture de la séquence AB, sont des éléments en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale. Cette configuration spatiale est en relation avec l'expérience positive du beau et la perception du temps. En effet, l'espace ouvert ralentit la perception du temps et par conséquent ralentit aussi le mouvement. En outre, l'ouverture spatiale est un facteur important dans la perception des affordances spatiales. Un espace ouvert est accueillant et invite à y entrer.
5. La navigation spatiale libre aux choix multiples (la séquence est à double direction et se connecte à plusieurs autres ruelles secondaires de ramification) accentue le sens de mystère spatial et la prise de décision dans le wayfinding en provoquant un sentiment de curiosité et une envie de découverte chez l'observateur-navigateur. La séquence AB se présente alors comme un groupe de scénarios d'affordances offrant de multiples cycles de perception-action possibles. Les affordances et la prise de décision dans le wayfinding est donc propre à la curiosité, l'imagination, les prés acquis et les attentes de l'observateur.



Figure 67: Prises de vue dans la séquence AB. Auteur.

- ***La séquence BC***

Pour la séquence BC, cette étude a révélé les caractéristiques suivantes :

1. La présence de l'ornementation, l'intégration de la végétation et de l'eau (la fontaine) et la complexité spatiale moyenne, et le contour courbe. Ces éléments sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Leur présence peut influencer positivement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence BC. Cette influence est sous-tendue par l'affect positif et la récompense (reward).
2. La petite surface, le rétrécissement, l'étroitesse et la profondeur limitée. Ces éléments sont en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale. Il faut noter que cette configuration spatiale est en relation avec l'expérience du beau et la perception du temps. En effet, l'espace fermé est jugé moins beau qu'un espace ouvert et accélère la perception du temps. Par conséquent, l'espace fermé accélère le mouvement et invite à quitter l'espace ou à décider de ne pas y entrer.
3. La perspective ouverte avec une vue dégagée sur la mer est liée à la cognition et l'expansion spatiale, qui peut éventuellement générer une expérience du sublime et du 'awe' provoquée essentiellement par l'effet de grandeur et de magnitude qu'offre cette vue.
4. En plus de son ouverture sur un élément de la nature (la mer), la séquence BC intègre d'autres éléments de la nature comme la végétation et l'eau (présence d'une fontaine). Cette situation peut provoquer une expérience empathique à effet de restauration psychologique sous-tendue par l'affect positif et la récompense (reward).
5. La navigation spatiale est guidée (forward) et n'offre qu'un seul choix pour la navigation et le wayfinding (la séquence est à double direction mais sans ruelles secondaires de ramification). Le caractère direct et prévisible de la configuration spatiale et la navigation de la séquence BC offre un sens de mystère spatial faible.
6. Ce type de configuration introvertie à navigation guidée et éléments de repères est très favorable à la formation de mémoires spatiales à long terme.



Figure 68: Prises de vue dans la séquence BC. Auteur.

• *La séquence B'C'*

Cette séquence B'C' du parcours est caractérisée par :

1. Une absence d'ornementation, de végétation et de tous autres éléments de la nature. Elle est caractérisée aussi par une complexité spatiale moyenne. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Leur absence peut influencer négativement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence B'C'.
2. La clôture spatiale, la couverture de l'ouverture vers le ciel, le rétrécissement, l'étroitesse et la profondeur limitée. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale dans la séquence B'C'. Cette configuration spatiale est en relation avec l'expérience du beau, l'empathie et la perception du temps. Il faut savoir que l'espace clos est jugé moins beau qu'un espace ouvert et provoque des réactions émotionnelles de peur lié au manque de sécurité. L'espace clos ou fermé accélère la perception du temps, par conséquent, il accélère le mouvement de l'observateur et l'invite à quitter l'espace ou à décider de ne pas y entrer.

3. La navigation spatiale est guidée (forward) et n'offre qu'un seul choix pour la navigation et le wayfinding (la séquence est à double direction mais sans ruelles secondaires de ramification). Le caractère direct et prévisible de la configuration spatiale et la navigation de la séquence B'C' offre un sens de mystère spatial faible.
4. Le contour curviligne influe positivement sur l'expérience et le jugement esthétique. Cette influence est sous-tendue par l'affect positif et la récompense (reward).



Figure 69: Prises de vue dans la séquence B'C'. Auteur.

- ***La séquence CD***

La séquence CD du parcours est caractérisée par :

1. L'absence de l'ornementation, l'absence de la végétation et tout autre élément de la nature et le contour linéaire. Ces éléments sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Leur absence peut influencer négativement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence CD.
2. La grandeur spatiale (espace spacieux) et l'ouverture du champ visuel et de la vue dégagée sur la mer peuvent être liées à une expérience du sublime et du « awe » dans la séquence. Cette expérience forte est provoquée essentiellement par l'effet de grandeur et de magnitude qu'offre l'ouverture spatiale et la vue dégagée sur la mer.
3. Malgré l'absence d'éléments de la nature comme la végétation et les points d'eau, cette séquence CD s'ouvre sur une vue dégagée sur la mer. Cette situation peut provoquer une expérience d'empathie à effet de restauration psychologique sous-

tendue par l'affect positif et la récompense (reward effect). Cette configuration spatiale est également liée à la cognition spatiale et à l'expansion de l'espace, ce qui peut éventuellement générer une expérience esthétique du sublime sous-tendue par l'ouverture spatiale et une émotion de « awe ».

4. La grandeur spatiale (taille de l'espace), la profondeur, l'élongation et l'ouverture de la séquence CD. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale. Cette configuration spatiale est en relation avec l'expérience positive du beau et la perception du temps, l'espace ouvert ralentit la perception du temps et par conséquent ralentit le mouvement. En outre, l'ouverture spatiale est un facteur important dans la perception des affordances spatiales. Un espace ouvert est accueillant et invite à y entrer.
5. La navigation spatiale libre aux choix multiples (la séquence est à double direction et se connecte à plusieurs autres ruelles secondaires de ramification) accentue le sens de mystère spatial et la prise de décision dans le wayfinding, en provoquant un sentiment de curiosité et une envie de découverte chez l'observateur-navigateur. La séquence CD se présente alors comme un groupe de scénarios d'affordances offrant de multiples cycles de perception-action possibles. Les affordances et la prise de décision dans le wayfinding est donc propre à la curiosité, l'imagination, les prés acquis et les attentes de l'observateur.
6. La complexité Visuo-spatiale élevée influe positivement sur le jugement et les préférences esthétiques.



Figure 70: Prises de vue dans la séquence CD. Auteur.

• ***La séquence DE***

La séquence DE du parcours est caractérisée par :

1. Absence d'ornementation et contour linéaire. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Leur absence peut influencer négativement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence DE.
2. La grandeur spatiale (espace spacieux) et l'ouverture du champ visuel sur une vue dégagée sur la mer peuvent être liées à une expérience du sublime et du « awe » dans la séquence DE. Cette expérience forte est sous-tendue par le sens incarné de grandeur et de magnitude qu'offre la perception incarnée de l'ouverture spatiale de la vue dégagée sur la mer.
3. L'intégration des éléments de la nature (la végétation), ainsi que l'ouverture sur une vue dégagée sur la mer peuvent bien causer une expérience empathique à effet de restauration psychologique sous-tendue par l'affect positif et la récompense (reward).
4. La navigation spatiale libre aux choix multiples (la séquence est à double direction et se connecte à plusieurs autres ruelles secondaires de ramification) accentue le sens de mystère spatial et la prise de décision dans le wayfinding, en provoquant un sentiment de curiosité et une envie de découverte chez l'observateur-navigateur. La séquence DE se présente alors comme un groupe de scénarios d'affordances, offrant de multiples cycles de perception-action possibles. Les affordances et la prise de décision dans le wayfinding est donc propre à la curiosité, l'imagination, les prés acquis et les attentes de l'observateur.
5. La complexité Visuo-spatiale élevée influe positivement sur le jugement et les préférences esthétiques.



Figure 71: Prise de vue dans la séquence DE. Auteur.

- **La séquence EF**

La séquence EF du parcours est caractérisée par :

1. L'absence de l'ornementation, l'absence de végétation et de tout autre élément de la nature, ainsi qu'une vue sur le bâti et un contour linéaire. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Il faut savoir que leur absence peut influencer négativement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence EF.
2. La navigation spatiale est guidée (forward) et n'offre qu'un seul choix pour la navigation et le wayfinding (la séquence est à double direction mais sans ruelles secondaires de ramification). Malgré cette caractéristique, la séquence EF est allongée, profonde et composée d'espaces qui bloquent la vue, tout en permettant la locomotion. Ceci explique le bon degré de mystère spatial dans cette séquence.
3. La petite surface, l'élongation, l'étroitesse et la profondeur. Toutes ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience de fermeture spatiale. Cette configuration spatiale est en relation avec l'expérience du beau et la perception du temps. En effet, l'espace fermé est jugé moins beau qu'un espace ouvert et accélère la perception du temps. Par conséquent, l'espace fermé accélère le mouvement et invite à quitter l'espace ou à décider de ne pas y entrer.
4. La complexité Visuo-spatiale élevée influe positivement sur le jugement et les préférences esthétiques.



Figure 72: Prises de vue dans la séquence EF. Auteur.

• ***La séquence FG***

La séquence FG du parcours est caractérisée par :

1. La présence de l'ornementation et l'intégration de la végétation et de l'eau (présence d'une fontaine). Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Leur présence peut influencer positivement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence FG.
2. Le contour linéaire et la vue dégagée sur le bâti. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Leur présence peut influencer négativement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence FG.
3. La petite surface, l'étroitesse et la profondeur limitée. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience de la fermeture spatiale (le clos). Cette configuration spatiale est en relation avec l'expérience du beau et la perception du temps. L'espace fermé est jugé esthétiquement moins beau qu'un espace ouvert et accélère la perception du temps. Par conséquent, l'espace fermé accélère le mouvement et invite à quitter l'espace ou à décider de ne pas y entrer.
4. la présence d'éléments de la nature comme la végétation et l'eau (présence d'une fontaine). Ces derniers peuvent provoquer une expérience d'empathie à effet de restauration psychologique sous-tendue par l'affect positif et la récompense (reward).
5. Une configuration introvertie à navigation à choix multiples et intégrant des éléments de repères. Ce type de configuration est très favorable à la formation de mémoires spatiales à long terme.
6. Une navigation spatiale libre aux choix multiples (la séquence est à double direction et se connecte à plusieurs autres ruelles secondaires de ramification). Malgré cette caractéristique, la séquence FG est caractérisée par un faible sens de mystère spatial.



Figure 73: Prise de vue dans la séquence FG. Auteur.

• *La séquence G'H'*

La séquence G'H' du parcours est caractérisée par :

1. L'absence de l'ornementation, l'absence de la végétation et de tous autres éléments de la nature, la vue dirigée vers le bâti et la faible complexité spatiale. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Ils peuvent influencer négativement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence G'H'.
2. La clôture spatiale, la couverture de l'ouverture vers le ciel et l'espace sombre, le rétrécissement, l'étroitesse et la profondeur limitée. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience de la fermeture spatiale (le clos) dans la séquence G'H'. Cette configuration spatiale est en relation avec l'expérience du beau, l'empathie et la perception du temps. L'espace clos est jugé moins beau que l'espace ouvert et provoque des réactions émotionnelles de peur qui révèlent un manque de sécurité. L'espace clos ou fermé accélère la perception du temps, par conséquent, il accélère aussi le mouvement de l'observateur et l'invite à quitter l'espace ou à décider de ne pas y entrer.
3. La navigation spatiale est guidée (forward) et n'offre qu'un seul choix pour la navigation et le wayfinding (la séquence est à double direction mais sans ruelles secondaires de ramification). Le caractère direct et prévisible de la configuration spatiale et la navigation de la séquence G'H' offre un sens de mystère spatial faible.
4. Le contour curviligne influe positivement sur l'expérience et le jugement esthétique. Cette influence est sous-tendue par l'affect positif et la récompense (reward).



Figure 74: Prises de vue dans la séquence G'H'. Auteur.

• **La séquence GH**

La séquence GH du parcours est caractérisée par :

1. L'absence de l'ornementation, l'absence de la végétation et de tous autres éléments de la nature, la vue dirigée vers le bâti et la faible complexité spatiale. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience esthétique et le jugement du beau. Ils peuvent influencer négativement sur l'expérience et le jugement esthétique de la séquence G'H'.
2. La navigation spatiale est guidée (forward) et n'offre qu'un seul choix pour la navigation et le wayfinding (la séquence est à double direction mais sans ruelles secondaires de ramification). Le caractère direct et prévisible de la configuration spatiale et la navigation de la séquence GH offre un sens de mystère spatial faible.
3. La petite surface et la profondeur limitée, mais aussi le ciel ouvert, éclairé et large. Ces caractéristiques sont en relation avec l'expérience de l'ouverture/fermeture spatiale dans la séquence GH. La séquence GH est un espace ouvert mais n'est pas spacieux.
4. Le contour curviligne influe positivement sur l'expérience et le jugement esthétique. Cette influence est sous-tendue par l'affect positif et la récompense (reward).



Figure 75: Prises de vue dans la séquence GH. Auteur.

4. Vérification des hypothèses

Pour vérifier la validité des hypothèses proposées au chapitre sept (07), il est nécessaire de les confronter d'abord à la terminologie et aux concepts des deux analyses isovist et séquentielle et de les soutenir par des déclarations (conditions) contenant les concepts utilisés par ces deux types analyses. Ces hypothèses seront ensuite confrontées aux résultats de ces deux analyses (isovist et séquentielle), pour définir les conditions de leur validité. Les tableaux suivants (Tab. 22, 23, 25, 26 et 27) présentent pour chaque hypothèse les conditions qui la soutiennent et identifient les mesures isovists et séquentielles nécessaires pour leur vérification.

4.1. Hypothèse 1

Tableau 22: Mesures et conditions de validité de l'hypothèse 1. Auteur.

Hypothèses	Conditions pour soutenir les hypothèses	Mesures	Conditions de validité
L'expérience architecturale des parcours de la casbah est influencée par les transitions et l'alternance rythmique entre différentes caractéristiques et configurations morphologiques	L'espace est caractérisé par la présence de contrastes morphologiques.	Tous les indicateurs morphologiques de l'analyse séquentielle.	Tous les indicateurs, le long du parcours, enregistrent des alternances de présence/absence traduit par la combinaison binaire 0-1 (chapitre 8. Tab. 14).
		Toutes les mesures isovists	Les graphes des mesures isovists doivent enregistrer quatre ou plusieurs moments de tendance entre forts et faibles (up and down) tout le long du parcours. Sur les cartes des indices isovists, la variation des couleurs est très remarquable le long du parcours.
	Les contrastes apparaissent dans un rythme cyclique le long du parcours	Toutes les mesures isovists et tous les indicateurs morphologiques de l'analyse séquentielle.	Les combinaisons binaires 0-1 doivent former des rythmes cycliques (0-1-0-1...), avec quatre transitions minimum tout le long du parcours.
			Sur les graphes, un cycle se produit avec quatre transitions minimum le long du parcours.
			Vérifier que les transitions sont remarquables et que les indices morphologiques sont répartis le long du parcours de façon

			équitable de sorte à former un cycle répétitif
--	--	--	--

Cette première hypothèse implique la vérification de deux conditions (déclarations), la présence des alternances (contrastes) et la rythmicité répétitive et cyclique de ces alternances.

1. L'espace est caractérisé par la présence de contrastes morphologiques.

Pour vérifier la validité de cette déclaration il faut avoir plusieurs variations de présence/absence des indicateurs morphologiques dans l'analyse séquentielle et de plusieurs moments de tendances entre forts et faibles dans les mesures isovists.

Pour l'analyse séquentielle dans le chapitre des résultats (Tab. 14 ; chapitre 8), la présence/absence des indicateurs est exprimée à l'aide d'un codage binaire (0-1). Sur le tableau (Tab. 14) on remarque que tous les indicateurs morphologiques présentent un codage binaire varié et alterné qui confirme la répartition alternée de ces indicateurs morphologiques le long du parcours.

En outre, dans le chapitre résultats, dans le tableau (Tab. 13) qui reporte les différences des indicateurs morphologiques opposés entre les séquences adjacentes, on remarque que le nombre de ces différences varie entre 3 et 8. Ce fait indique que le passage d'une séquence à une autre séquence adjacente est marqué par une transition entre un minimum de trois éléments morphologiques opposés, créant ainsi des contrastes. Ces contrastes sont plus remarquables quand le nombre de différences est grand (8 différences par exemples, comme c'est le cas pour le passage de la séquence B'C' à la séquence CD), et sont moins remarquables quand le nombre de différences est petit (3 par exemple, comme c'est le cas pour le passage de la séquence CD à la séquence DE).

Pour ce qui est de l'analyse isovist, afin de s'assurer de la présence de plusieurs variations remarquables, il suffit d'observer les oscillations formant les courbes des graphes schématisant la présence et les répartitions des indices isovists le long du parcours. Il faut repérer plusieurs moments de tendances (up & down) dans la courbe du graph. Dans les graphes et les plans (voir chapitre 8) on remarque que cette condition est valide. Tous les graphes présentent au moins trois tendances (down-up-down) et les variations de couleurs (les couleurs représentent l'intensité de la valeur de l'indice isovist à cet endroit) sur les plans sont remarquables.

Les résultats des analyses isovist et séquentielle présentés dans la section précédente, confirment et valident la première condition pour la validation de l'hypothèse 1.

2. Les contrastes apparaissent dans un rythme cyclique (périodicité spatiale)

Pour vérifier la validité de cette condition il faut s'assurer que les transitions entre les différentes conditions spatiales sont notable (la transition se produit à une distance relativement courte) et constituent un cycle rythmique, c'est-à-dire, la transition devrait se produire au moins quatre fois le long du parcours pour qu'elle soit rythmique et cyclique. Il faut savoir que quatre est le nombre minimum effectif de quarts de travail pour identifier un cycle complet (ouvert, fermé, ouvert, fermé) (Yu et Ostwald, 2018). Ceci dit, il faut noter dans les graphes des indices isovists quatre ou plusieurs moments de tendance alternant entre forts et faibles (up and down) tout le long du parcours.

•La surface isovist (isovist area)

Les données montrent qu'une telle transition se produit à cinq reprises le long du parcours : diminution rapide de AB à B'C', augmentation rapide de B'C' à CD, diminution progressive de CD à G'H', et enfin augmentation rapide de G'H' au GH. La surface de l'espace visible augmente et diminue à de nombreuses reprises et quatre tendances sont spécifiquement notables (Fig.49 et 50 ; chapitre 8). Cette constatation indique que l'expérience de la grandeur spatiale (spaciousness) est cyclique.

•La distance radiale isovist maximale (max radial line)

Les données montrent qu'une telle transition se produit à cinq reprises le long du parcours : diminution de AB à B'C', augmentation rapide de B'C' à CD, diminution rapide de CD à DE, augmentation rapide de DE à EF, et enfin diminution de EF au GH. La distance sans obstacle la plus longue de l'espace visible augmente et diminue à de nombreuses reprises et cinq tendances sont spécifiquement notables (Fig. 59 et 60; chapitre 8). Ce constat indique que l'expérience de l'allongement spatial et de vue lointaine libre est cyclique.

•La distance radiale isovist minimale (min radial line)

Les données montrent qu'une telle transition se produit à cinq reprises le long du parcours : diminution rapide de AB à B'C', augmentation rapide de B'C' à DE, diminution rapide de DE à G'H' (en ignorant l'augmentation très légère de EF à FG), et enfin augmentation rapide de G'H' au GH. La distance la plus proche d'un mur dans l'espace visible augmente et diminue à de nombreuses reprises et quatre tendances sont spécifiquement

notables (Fig. 57 et 58; chapitre 8). Ce constat indique que l'expérience de l'étroitesse spatiale et de vue bloquée est cyclique.

• Magnitude de la dérive (drift magnitude)

Les données montrent qu'une telle transition se produit à cinq reprises le long du parcours : diminution de AB à B'C', augmentation rapide de B'C' à CD, diminution rapide de CD à DE, augmentation rapide de DE à EF, et enfin diminution de EF au GH. La profondeur de vue de l'espace visible augmente et diminue à de nombreuses reprises, et cinq tendances sont spécifiquement notables (Fig. 55 et 56; chapitre 8). Ce constat indique que l'expérience de la profondeur de vue et du sens de la direction (directionality) est cyclique.

• L'angle de dérive (drift angle)

Les données montrent qu'une telle transition se produit à cinq reprises le long du parcours : diminution rapide de AB à B'C', augmentation rapide de B'C' à CD, diminution progressive de CD à G'H', et enfin augmentation rapide de G'H' au GH. L'angle de vue dans l'espace visible augmente et diminue à de nombreuses reprises, et quatre tendances sont spécifiquement notables (Fig. 53 et 54 ; chapitre 8). Ce constat indique que l'expérience des vues panoramiques/ vues non-panoramiques est cyclique.

• La circularité isovist (circularity)

Les données montrent qu'une telle transition se produit à cinq reprises le long du parcours : augmentation de AB à B'C', diminution rapide de B'C' à CD, augmentation rapide de CD à DE, diminution rapide de DE à EF, et enfin augmentation de EF au GH. La compacité de l'espace visible augmente et diminue à de nombreuses reprises, et cinq tendances sont spécifiquement notables (Fig. 63, 64; chapitre 8). Ce constat indique que l'expérience de circularité spatiale est cyclique.

• L'occlusivité isovist (occlusivity)

Les données montrent qu'une telle transition se produit à cinq reprises le long du parcours : diminution de AB à B'C', augmentation rapide de B'C' à CD, diminution rapide de CD à DE, augmentation rapide de DE à EF, et enfin diminution de EF au GH. Le volume occlusive de l'espace visible augmente et diminue à de nombreuses reprises, et cinq tendances sont spécifiquement notables (Fig. 61 et 62; chapitre 8). Ce constat indique que l'expérience de mystère spatial est cyclique.

• Jaggedness

Les données montrent qu'une telle transition se produit à cinq reprises le long du parcours : diminution de AB à B'C', augmentation rapide de B'C' à CD, diminution rapide de CD à DE, augmentation rapide de DE à EF, et enfin diminution de EF au GH. Les irrégularités perçues de l'espace visible augmentent et diminuent à de nombreuses reprises, et cinq tendances sont spécifiquement notables (Fig. 65 et 66; chapitre 8). Ce constat indique que l'expérience de la complexité spatiale est cyclique.

Pour l'analyse séquentielle, il faut identifier dans le tableau (Tab. 14) des codes binaires (0-1) des transitions cycliques notables (de quatre transitions minimum) :

- Contour linéaire/courbe : 1-0-1-0 ; c'est une transition cyclique de 4.
- Ratio large/étroit : 1-0-1-0-1-0-1 ; c'est une transition cyclique de 7.
- Porosité ciel ouverte /fermée (couverte) : 1-0-1-0-1 ; c'est une transition cyclique de 5.
- Porosité latérale continue/discontinue : 1-0-1 ; la transition n'est pas cyclique.
- Parois latérales évasement/rétrécissement : 0-1-0-1-0-1-0 ; c'est une transition cyclique de 7.
- Perspective frontale libre/bloquée : 1-0-1-0-1-0 ; c'est une transition cyclique de 6.
- Vues nature /bâti : 1-0-1-0 ; c'est une transition cyclique de 4.
- Sol pente/escalier : 1-0 ; la transition n'est pas cyclique.
- Ornementation présence/absence : 0-1-0-1-0 ; c'est une transition cyclique de 5.
- Nature présence/absence : 0-1-0-1-0-1-0 ; c'est une transition cyclique de 7.
- Repère présence/absence : 0-1-0-1-0 ; c'est une transition cyclique de 5.
- Lumière éclairé/sombre : 1-0-1-0-1 ; c'est une transition cyclique de 5.

Les résultats de l'analyse séquentielle et de l'analyse isovist présentés dans la section précédente, confirment et valident la seconde condition pour la validation de l'hypothèse 1.

- **Résultats : hypothèse n° 1 est valide. L'expérience architecturale des espaces de la Casbah est influencée par les transitions et l'alternance rythmique entre différentes caractéristiques et configurations morphologiques**

4.2. Hypothèse 2

Tableau 23: Mesures et conditions de validité de l'hypothèse 2. Auteur.

Hypothèses	Conditions pour soutenir les hypothèses	Mesures	Conditions de validité
L'expérience architecturale des parcours de la Casbah est influencée principalement par la transition rythmique des conditions spatiales et morphologiques en relation avec la taille de l'espace et son degré d'ouverture/fermeture.	Une dominance dans les changements basculant entre espace ouvert/couvert, large/étroit, long/court.	- Porosité ciel - Perspective libre/bloquée - Paroi latérale évasement/rétrécissement - Ratio large/étroit - Paroi latérale continue/discontinue	La fréquence d'apparition des indicateurs est la plus importante parmi tous les indicateurs.
		- Surface isovist (isovist area) - Distance radiale maximale et minimale (max & min radial line) - Magnitude de dérive (drift magnitude) - Angle de dérive (drift angle)	- le pourcentage des séquences enregistrant des valeurs $\geq Q_3$ doit être supérieur à 30% - le pourcentage des séquences enregistrant des valeurs $\leq Q_1$ doit être supérieur à 30%
	Les contrastes apparaissent dans un rythme cyclique	Voir hypothèse n°1	Voir hypothèse n°1

Cette deuxième hypothèse implique la vérification de deux conditions. La première est la dominance des transitions alternant entre espace ouvert/couvert, large/étroit, long/court et la seconde est la rythmicité répétitive et cyclique de ces alternances. Cette seconde condition ne sera pas étudiée ici, car elle a déjà été vérifiée et validée dans le cas de la première hypothèse, elle est donc valide aussi pour cette seconde hypothèse. Seule la première condition sera vérifiée et présentée dans la section suivante.

Il faut rappeler ici, que l'impression de fermeture/ ouverture spatiale est liée à plusieurs conditions morphologiques et spatiales (Stamps 2005) de : (1) le pourcentage de vue

interrompues par des obstacles bloquant la vision et la locomotion, cette condition est en relations avec les indices de distances radiales et avec la surface isovist; (2) la profondeur de vue, cette condition est en relation avec l'indice de magnitude de dérive (drift magnitude); (3) la lumière ou l'obscurité de la scène; et (4) le nombre de côtés ouverts à la vue sur la limite frontale, cette condition est en relation avec l'angle de dérive (drift angle).

L'hypothèse est valide si, dans l'analyse séquentielle, les indicateurs morphologiques de porosité ciel ouvert/couvert, perspective libre/bloquée, paroi latérale évasement/rétrécissement, ratio large/étroit et de paroi latérale continue/ discontinue possèdent des fréquences de transition élevées à travers le parcours. Sur ce, on remarque sur le plan de notation morphologique de l'analyse séquentielle (Fig. 48 ; chapitre 8) que les indicateurs cités plus haut sont fréquemment présents. Quantitativement, à l'exception de l'indice de continuité/discontinuité de la paroi latérale, tous les indicateurs enregistrent des fréquences de transition (changement) supérieures à la moyenne (4.5) et trois d'entre eux sont supérieurs à la valeur Q_3 (5.5).

- Ratio large/étroit : change 7 fois.
- Porosité ciel ouverte /fermée (couverte) : change 5 fois.
- Paroi latérale continue/discontinue : change 3 fois.
- Parois latérales évasement/rétrécissement : change 7 fois.
- Perspective frontale libre/bloquée : change 6 fois.
- Lumière éclairé/sombre : change 5 fois. Cet indicateur est en corrélation avec l'indicateur de porosité ciel ouvert/couvert.

Pour vérifier cette partie de l'hypothèse 2 il faut aussi vérifier que les indices isovists de surface isovist, de périmètre, de dérive (drift) et de distance radiale maximale et minimale sont répartis le long du parcours de façon inéquitable avec dominance des transitions entre espaces ouverts et espaces fermés. Ceci dit, le pourcentage de chacune des grandes valeurs (supérieur à ou égale à la valeur Q_3) et des petites valeurs (inférieurs ou égale à la valeur Q_1) de ces indices le long du parcours doit être supérieur à 25% pour que l'expérience du parcours soit fortement influencée par la transition d'un espace ouvert (spacieux) à un espace clos (Fig. 76).

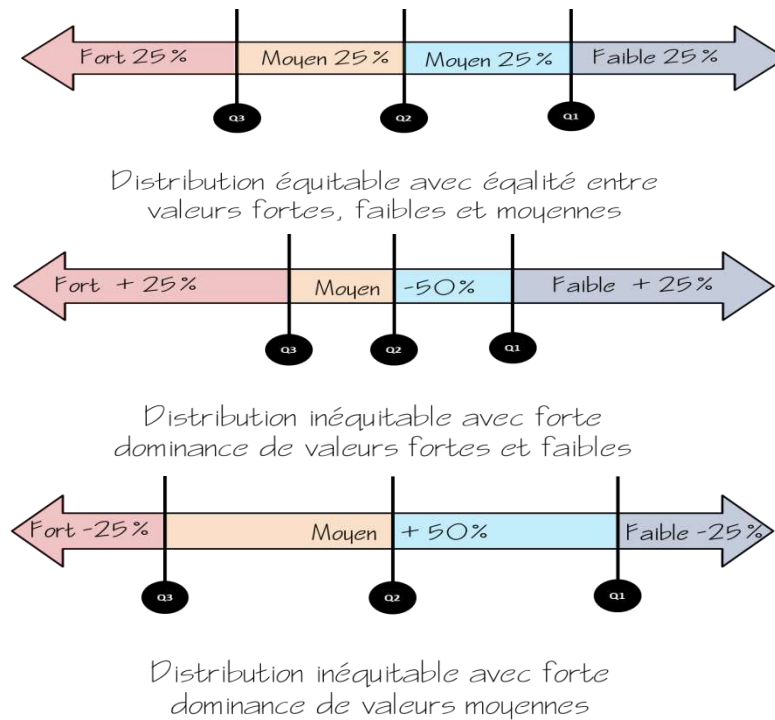


Figure 76: Différents cas de distribution des valeurs des indices le long du parcours. Auteur.

- **Indice de surface**

La zone isovist est le volume d'espace visible à partir d'un point d'observation. Un espace ouvert à une valeur plus élevée pour cette mesure qu'un espace clos. Neuf isovists sont établies le long du parcours pour déterminer ce qui constitue un espace ouvert ou/et fermé par rapport à l'expérience totale du parcours. La plage de surface isovist s'étend de **1259.39m²** à **71.0489m²**. Un espace «ouvert et spacieux» doit avoir une valeur de **930.898m²** (Q₃) ou plus. Un espace «clos et petit» doit avoir une valeur de **178.721m²** (Q₁) ou moins. Ces valeurs de seuil sont dérivées des quartiles de l'ensemble des surfaces isovists. Ainsi, pour que l'expérience du parcours soit fortement influencée par la transition entre espace ouvert (spacieux) et espace clos (petit), le pourcentage des espaces ouvert ($S_{\text{isovist}} \geq Q_3$) le long du parcours doit être supérieur à 25% et le pourcentage des espaces clos ($S_{\text{isovist}} \leq Q_1$) le long du parcours doit être supérieur à 25%. Sur cette base, le premier test exige que $\pm 30\%$ des zones isovists rencontrées le long du chemin soient $\geq 930.898\text{m}^2$ et $\pm 30\% \leq 178.721\text{m}^2$. La valeur de 30% pourrait être considérée comme un seuil bas car elle n'est que 5% supérieure à une distribution aléatoire «normale» de données dans un ensemble. Les résultats de ce test confirment que **31,8%** des surfaces isovists sont supérieures ou égales à **930.898m²** et **37,5%** sont inférieures ou égales à **178.721m²** pour les 9 séquences du parcours.

- *Ce résultat confirme que la distribution spatiale de l'espace visible le long du parcours est inéquitable et dominée par l'alternance entre grands (spacieux) et petits espaces.*

- **Indice de distance radiale minimale et maximale**

La deuxième façon d'interpréter cet argument sur l'expérience du parcours, concerne la distance la plus proche et la plus éloignée d'un mur ou d'un obstacle. Ces indices nous informent sur les qualités «large-long» et «étroit-court» de l'espace.

Les valeurs pour les distances radiales les plus longues et les plus courtes affichent plusieurs résultats intéressants. Par exemple, une personne ne se trouve jamais plus loin de **137 m** d'un mur ou d'un obstacle et jamais plus proche de **1m** d'un mur ou d'un obstacle. Il est à remarquer ici, que l'écart entre ces deux valeurs est très important, ceci a un impact sur l'intensité de l'expérience, basculant d'un espace long ou large à un espace court ou étroit. Cet écart nous montre aussi que le parcours est majoritairement plus long et étroit que court et large.

La plage des valeurs pour la distance radiale maximale s'étend de **18.6437m** à **137.795m**, et tandis que la plage de la distance radiale minimale s'étend de **0.892729m** à **2.8889m**. Pour la distance maximale, les valeurs de seuil dérivées des quartiles sont $Q_3 = 127.699m$ et $Q_1 = 35.306m$, alors que pour la distance minimale, ils sont $Q_3 = 2.598m$ et $Q_1 = 1.361m$. Suivant le même raisonnement appliqué plus haut (pour la surface isovist), les résultats confirment que **22.2%** des distances radiales maximales sont supérieures ou égales à **127.699m** et **22.2%** sont inférieures ou égales à **35.306m** pour les 9 séquences du parcours. Tandis que, les résultats de la distance radiale minimale confirment que **33.3%** des valeurs sont supérieures ou égales à **2.598m** et **33.3%** sont inférieures ou égales à **1.361m** pour les 9 séquences du parcours.

- *La distribution spatiale, le long du parcours, de la distance entre l'observateur et le mur (obstacle) le plus lointain est inéquitable, mais elle n'est pas dominée par l'alternance entre espace long (allongé) et espace court.*
- *La distribution spatiale, le long du parcours, de la distance entre l'observateur et le mur (obstacle) le plus proche est inéquitable et elle est dominée par l'alternance entre espace large et espace étroit.*

- **Indice de magnitude de dérive**

Concernant l'indice de magnitude de dérive (drift magnitude), les valeurs varient de **2.71m** à **41.24m**. Un espace «profond avec des vues lointaines» doit avoir une valeur de **24.98m** ou plus. Un espace «peu profond avec des vues proches» doit avoir une valeur de **3.38m** ou moins. Ces valeurs de seuil sont dérivées des quartiles de l'ensemble des valeurs de magnitude de dérive (drift magnitude). Suivant le même raisonnement appliqué plus haut (pour l'indice de la surface isovist), le premier test exige que 30% des valeurs de magnitude de dérive le long du chemin soient $\geq$ **24.98m** et 30% soient $\leq$ **3.38m**. Les résultats de ce test confirment que **22.2%** des valeurs sont supérieures ou égales à **24.981m** et **22.2%** sont inférieures ou égales à **3.38m** pour les 9 séquences du parcours.

➤ *La distribution spatiale, le long du parcours, de la profondeur de vue est inéquitable mais elle n'est pas dominée par l'alternance entre espace profond avec des vues lointaines et un espace peu profond avec des vues proches.*

- **Indice d'angle de dérive**

Les valeurs de l'angle de dérive (drift angle) s'étendent de **5.82569°** à **337.259°**. Les valeurs de seuil dérivées des quartiles sont $Q_3 = 82.462^\circ$ pour un espace à «vue limitée et direction guidée (forward)» et $Q_1 = 328.283^\circ$ pour un espace à «vue dégagée et directions multiples (not forward)». Suivant le même raisonnement appliqué plus haut (pour la surface isovist), le test exige que 30% des angles de dérive (drift angle) le long du chemin soient $\geq$ **328.28°** et 30% soient $\leq$ **82.46°**. Les résultats de ce test confirment que **22.2%** des valeurs sont supérieures ou égales à **328.28°** et que **22.2%** sont inférieures ou égales à **82.46°** pour les 9 séquences du parcours.

➤ *Ceci dit, la distribution spatiale, le long du parcours, de vues dégagées et de directions multiples le long du parcours est inéquitable, mais n'est pas dominée par l'alternance entre espace à vues dégagées et directions multiples (not forward) et espace à vues cadrées et directions guidées (forward).*

Tableau 24: Valeurs minimales, maximales et quartiles des mesures isovists du parcours "Sidi Driss Hamidouch". Auteur. Auteur.

Indice Isovist	Valeur min	Valeur max	Le quartile	
			Q1	Q3

Area (m2)	71.0489	1259.39	178.721	930.898
Drift angle (°)	5.82569	337.259	82.462	328.283
Drift magnitude	2.71104	41.2487	3.389	24.981
Min radial (m)	0.892729	2.8889	1.361	2.598
Max radial (m)	18.6437	137.795	35.306	127.699

- **Résultats : hypothèse n°2 n'est pas valide. L'expérience architecturale des espaces de la Casbah est dominée par les transitions rythmiques entre espace spacieux / espace petit, espace large/espace étroit, espace éclairé/ espace sombre, espace ouvert/ espace couvert, mais pas par les transitions entre espace long/espace court et entre espace profond et vista (vues) lointains/ espace non-profond et vista (vues) proches. Cependant, les corrélations entre ces propriétés spatiales peuvent créer des impressions d' « ouverture/fermeture » spatiale fortes et déterminantes pour l'expérience architecturale du parcours.**

4.3. Hypothèse 3

Tableau 25: Mesures et conditions de validité de l'hypothèse 3. Auteur.

Hypothèses	Conditions pour soutenir les hypothèses	Mesures	Conditions de validité
L'expérience architecturale du parcours est influencée par la transparence phénoménale plus que par la transparence littérale.	– La profondeur de l'espace visible est plus significative que sa surface lors de la perception.	– Surface isovist (isovist area) – Magnitude de la dérive (drift magnitude)	– La magnitude de dérive (drift magnitude) est plus différenciée que la surface isovist

L'hypothèse n°3 stipule que la transparence phénoménale est plus significative dans l'expérience du parcours que la transparence littérale, c'est-à-dire, la perception du parcours est plus influencée par la profondeur de l'espace vue que par sa surface. Pour vérifier la validité de cette hypothèse il faut prouver que, tout le long du parcours, la profondeur mesurée par le « drift magnitude » est plus différenciée et plus variée que la surface mesurée par « isovist area ».

La propriété spatiale de la transparence est mesurée en utilisant une combinaison de la surface isovist (isovist area) et de magnitude de la dérive (drift magnitude). Une zone isovist plus grande signifie que la partie visible de l'espace est plus étendue et offre donc potentiellement une plus grande opportunité de voir, augmentant ainsi le sens de la transparence littérale. La transparence est également influencée par la profondeur de l'espace vu, c'est-à-dire que la profondeur augmente la transparence phénoménale de l'espace.

Les résultats de l'analyse isovist montrent que l'indice de la surface isovist est plus différencié à travers le parcours. Sur les cartes des deux indices, en examinant les couleurs et leurs répartition sur le parcours, il peut être constaté, que la carte de l'indice de surface (Fig. 49 ; chapitre 8) est plus variée que celle de l'indice de magnitude de dérive (Fig. 55 ; chapitre 8). En outre, sur les graphes des deux indices, on remarque que le graph de l'indice de surface présente une ligne de tendances inclinée vers le bas indiquant que cet indice est varié le long du parcours et diminue en générale du début à la fin du parcours. A l'opposé, le graph de l'indice de magnitude de dérive présente une ligne de tendances presque horizontale indiquant que cet indice varie très peu le long du parcours.

➤ *Ces résultats impliquent une distribution plus uniforme et constante de la transparence phénoménale à travers le parcours.*

➤ ***L'hypothèse n° 3 est donc non valide. La transparence littérale et phénoménale travaillent ensemble pour façonner l'expérience du parcours, mais la première est plus diversifiée que la seconde. Cependant, il y a des moments où la transparence phénoménale domine l'expérience du parcours, notamment en son milieu, dans les séquences CD, DE, et EF. Cette dominance peut être en relation avec les effondrements massifs des maisons sur ces séquences du parcours.***

4.4. Hypothèse 4

Tableau 26: Mesures et conditions de validité de l'hypothèse 4. Auteur.

Hypothèses	Conditions pour soutenir les hypothèses	Mesures	Conditions de validité
Le parcours de la Casbah présente un niveau élevé de complexité et de mystère spatial en raison d'une perméabilité accrue.	- Une corrélation positive entre complexité, mystère spatial et transparence phénoménale le long du parcours. - La transparence phénoménale oblige l'œil à regarder profondément dans les espaces ouverts	- Indice de surface isovist (isovist area) - Indice de magnitude de dérive (drift magnitude) - Indice d'irrégularité (jaggedness) - Indice d'occlusivité (occlusivity)	- L'amplitude de la dérive augmentera en fonction de la zone isovist. - Corrélation positive entre transparence phénoménale, complexité et mystère

L'hypothèse n°4 stipule que le parcours de la Casbah présente un niveau élevé de complexité et de mystère spatial en raison d'une perméabilité accrue. Deux conditions sont nécessaires pour valider cette hypothèse. La première considère que la transparence phénoménale oblige l'œil à regarder plus profondément dans l'espace, tandis que la seconde suppose une corrélation positive entre mystère, complexité et transparence phénoménale.

Pour vérifier la première condition il faut prouver qu'il existe une corrélation positive entre l'indice de surface isovist (isovist area) et l'indice de dérive (drift magnitude). Pour vérifier la deuxième condition il faut prouver qu'il existe une corrélation positive entre l'indice de surface isovist (isovist area), l'indice de dérive (drift magnitude), l'indice d'occlusivité (occlusivity) et l'indice de jaggedness (complexité).

Une valeur d'occlusivité élevée signifie qu'il y a des propriétés moins définies et potentiellement plus déroutantes dans l'espace. Le jaggedness représente le degré de complexité visuelle d'un espace particulier. Les résultats de ces mesures, pour chaque séquence du parcours (Tab. 17 ; chapitre 8) montrent qu'il existe une corrélation positive entre les valeurs de la surface isovist, de magnitude de dérive, d'occlusivité et de jaggedness. Cela implique que les espaces significatifs (espaces ayant des valeurs A et Dm élevées) dans

le parcours sont à la fois complexes (valeurs J élevées) et possèdent un grand potentiel pour le mystère spatial (valeurs O élevées).

- *La corrélation positive entre ces indicateurs indique que les espaces les plus importants du parcours, en termes de taille, de profondeur et de transparence, sont aussi les plus complexes et possèdent un grand potentiel pour le mystère spatial.*
- *L'hypothèse n° 4 est valide. Le sens visuel du mystère dans le parcours est renforcé par la complexité et la transparence phénoménale de sa configuration.*

4.5. Hypothèse 5

Tableau 27: Mesures et conditions de validité de l'hypothèse 5. Auteur.

Hypothèses	Conditions pour soutenir les hypothèses	Mesures	Conditions de validité
L'expérience architecturale du parcours est harmonieuse et d'une certaine uniformité spatiale.	Le parcours ne présente pas d'événements perturbants et soudains lors de la navigation (un sens d'attrait modéré).	Magnitude de la dérive (drift magnitude). Distance radiale maximale (Max radial line).	Une faible valeur d'attrait (enticement).

L'hypothèse n°5 stipule que l'expérience architecturale du parcours est harmonieuse et d'une certaine uniformité spatiale. C'est-à-dire, le parcours ne présente pas d'événements perturbants et soudains à l'observateur lors de la navigation. Ceci implique, pour la vérification de la validité de l'hypothèse, un faible attrait (enticement) spatial dans le parcours en général.

Les résultats présentés dans le chapitre précédent (Tab. 20 ; chapitre 8) montrent que le parcours présente une valeur d'attrait (enticement) de **17%** qui est une valeur relativement faible (Yu et Ostwald, 2018). En outre, le graph présente une ligne de tendance qui est presque horizontale indiquant un sens modéré d'attrait (enticement) tout le long du parcours.

Le sens d'attrait est très varié d'une séquence à une autre (Tab. 19 ; chapitre8). Le début et la fin du parcours affichent des valeurs assez rapprochées, indiquant un

environnement d'homogénéité et d'uniformité. Ceci suppose que les éléments de repères (les fontaines) sont placés stratégiquement dans le parcours de sorte à renforcer son équilibre ou uniformité et non pas pour créer des moments forts qui perturbent ou brisent le caractère du parcours.

Le centre du parcours, par contre, affiche des valeurs d'attrait très écartées par rapport au reste des séquences du parcours. Les valeurs montent de 13% à B'C' jusqu'à 30% à CD, ensuite descendent à 4% à DE pour remonter à 28% à EF et redescendre à 16% à FG. La hausse soudaine à 30%, puis la chute à 4% suivie d'une deuxième hausse proche de la première à 28% indiquent que sur le plan morphologique il y a un déséquilibre qui crée un événement perturbateur puissant dans cette partie du parcours. Ce moment de déséquilibre est peut être en relation avec les effondrements massifs des maisons dans cette partie du parcours, ce qui a altéré le caractère de ces séquences en laissant apparaître de grands vides sur les parois latérales du parcours. Ce point est à vérifier dans d'autres études.

➤ *L'hypothèse n° 5 est valide¹⁸. l'expérience architecturale du parcours est harmonieuse, uniforme et ne présente pas des événements perturbants forts et soudains lors de la navigation.*

• Synthèse

L'étude computationnelle mathématique du parcours de la Casbah montre que l'expérience architecturale de ce dernier est sous-tendue par la transition rythmique et cyclique entre plusieurs variables morphologiques (hypothèse n°1) offrant des affordances spatiales et des conditions atmosphériques très variées, dynamiques et adéquates pour la formation des souvenirs et pour l'engagement émotionnel et cognitive incarné. La rythmicité des contrastes dans l'espace constitue une des stratégies de conception (design strategies) dominantes dans les parcours de la Casbah d'Alger. Cette stratégie permet à l'environnement bâti d'exercer un impact indéniable sur l'émotion et la cognition de l'homme, en stimulant une large palette sensorielle et impliquant une variété de mécanismes cérébraux. L'effet de la

¹⁸ Note : Il est à noter que pour cette hypothèse les déséquilibres au niveau de la partie centrale du parcours ont été ignorés, vu qu'il est possible de rétablir l'équilibre de cette zone à travers une reconstruction adéquate. Même si on prend ce moment perturbant en considération, l'hypothèse reste valide vue que la valeur de l'attrait (enticement) dans le parcours entier est faible.

rythmicité et des contrastes est généralement en relation avec les affordances spatiales, l'empathie et la formation des souvenirs (la mémoire spatiale).

Les contrastes rythmiques de volume de l'espace vu (spacieux/ petit), de ratio (large/ étroit), d'ouverture sur le ciel (ciel ouvert/couvert) et d'éclairage (éclairé/sombre) semblent dominer l'expérience architecturale du parcours (hypothèse n°2). Ces contrastes sont en relation avec la taille de l'espace vu et avec son degré d'«ouverture/fermeture ». Ce deuxième résultat renforce les premiers résultats (hypothèse 1) en rajoutant de nouvelles informations et apportant des précisions sur l'expérience du parcours de la Casbah. La stratégie conceptuelle d'alternance entre certaines conditions d'ouverture/fermeture spatiale influe aussi sur le jugement esthétique (la beauté) et la prise de décision lors de la navigation spatiale (surtout des décisions d'approcher ou d'éviter l'espace).

Les résultats de l'analyse (hypothèse n°2) ont révélé que le parcours est composé de séquences qui sont majoritairement plus longues et étroites que courtes et larges et que les séquences sont plus multidirectionnelles (not forward) que unidirectionnelles (forward), bien que cela ne soit jamais explicitement mentionné en termes d'expérience du parcours de la Casbah.

Les résultats ont infirmés l'hypothèse n°3, indiquant ainsi que la transparence littérale et phénoménale travaillent ensemble pour façonner l'expérience du parcours. Cependant, cette transparence, surtout la phénoménale, est en corrélation positive avec la complexité et le sens de mystère dans l'espace (hypothèse n°4). La corrélation positive entre ces indicateurs indique que les espaces les plus importants du parcours, en termes de taille, de profondeur et de transparence, sont aussi les plus complexes et avec un potentiel pour le mystère spatial. Sur le plan cognitif de l'homme, la complexité spatiale est en relation avec le jugement esthétique du beau, alors que le sens de mystère est en relation intrinsèque avec l'empathie et les affordances spatiales lors du wayfinding.

Le sentiment d'attrait le long du parcours est faible et presque homogène (à l'exception de quelques emplacements). Ce résultat supporte l'hypothèse (hypothèse n°5), confirmant que l'expérience architecturale du parcours est harmonieuse et d'une certaine uniformité spatiale. Cette harmonie et uniformité sont en relation avec le jugement esthétique (beau) et la formation des souvenirs (la mémoire spatiale) lors de la navigation. Cette stratégie conceptuelle favorisant l'harmonie, l'intégration et l'absence d'événements perturbant

d'envergure couplée avec l'uniformité stylistique du parcours en générale détermine le développement des impressions affectives et empathiques incarnées ainsi que la formation des souvenirs de l'espace exploré.

Il est important de remarquer ici, que la plupart du temps, les anomalies dans les résultats sont toutes retrouvées dans une même partie du parcours, c'est-à-dire la partie centrale au niveau de la séquence DE. Ceci n'est pas étonnant, car cette partie du parcours correspond à l'espace qui a subi des altérations majeures de son caractère morphologique initial. Ces altérations sont les résultats des effondrements massifs des maisons qui bordaient autrefois cette partie du parcours.

5. Conclusion

Le présent chapitre a d'abord discuté les résultats des analyses morphologiques présentées au chapitre précédent (chapitre 8). Ces résultats ont ensuite été confrontés aux hypothèses proposées au niveau du chapitre sept (chapitre 7) avec pour objectif la vérification de ces hypothèses. Il est à préciser que la discussion des résultats de l'analyse morphologique ainsi que la vérification et la discussion des hypothèses ont été conduites en références aux connaissances en neuroscience pour architecture présentées dans la revue de la littérature dans le chapitre trois (chapitre 3). Cette discussion sera développée, enrichie et synthétisée dans le prochain chapitre-conclusion de cette thèse.

CONCLUSION GENERALE

La présente recherche traite la question de l'expérience architecturale de l'environnement bâti en relation avec la perception et la cognition humaine. Elle se concentre particulièrement sur la question des corrélations entre l'espace, en tant qu'ensemble de configurations de propriétés morphologiques et l'homme en tant qu'entité émotive et cognitive. Au vu de l'intensité et de la complexité de l'expérience architecturale dans les sites patrimoniaux, cette étude s'intéresse au patrimoine bâti et à son vécu. En effet, la présente thèse étudie l'expérience architecturale d'un des parcours de la Casbah d'Alger en relation avec la perception et la cognition humaine et prend comme cas d'étude la rue « Sidi Driss Hamidouch », ex Rue de la Casbah.

Le présent Conclusion passe en revue le contenu de la thèse, de l'argument de base jusqu'à la discussion des résultats, dont l'objectif est de mettre en exergue des relations entre les différentes parties constitutives de la thèse. On outre, cette conclusion rappelle les principaux résultats, les différents apports et les limites de cette recherche, ainsi que d'éventuelles pistes de recherches futures.

1. Synthèse de la thèse

L'argument de base de cette recherche est présenté au niveau de l'introduction, où sont retrouvés toutes les évidences et le constat justifiant l'intérêt de cette recherche. Cet argument s'interroge sur l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger en relation avec la perception et la cognition humaine et soulève la question de « *comment expliquer les relations entre l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger et ses caractéristiques et configurations morphologiques et architecturales?* ». Les constats sont issus des différentes observations sur le cas d'étude (la casbah d'Alger), ainsi que de l'actualité scientifique issue des sciences cognitives, notamment celles concernant la neuroarchitecture et la neuroesthétique.

En effet, les nouvelles connaissances et découvertes des neurosciences fournissent des preuves indépendantes et partageables par lesquelles il est possible d'évaluer l'expérience architecturale de l'environnement bâti. On outre, l'observation des constantes descriptives du plaisir émotionnel provoqué par les configurations spatiales de la Casbah dans les écrits et les témoignages de différentes personnes stipulent que l'environnement bâti de la Casbah incarne une expérience architecturale universelle, transcendant les différences culturelles et spatio-

temporelles. Cette expérience est le produit des propriétés morphologiques et des configurations spatiales particulières. Il faut souligner ici, que cette dimension cognitive et phénoménologique est souvent ignorée dans les recherches scientifiques précédentes sur la Casbah.

La revue de la littérature de cette thèse s'étend sur trois chapitres, dont chacun traite un aspect relatif à l'expérience architecturale de l'environnement bâti. Le premier chapitre (chapitre 2) s'intéresse à la relation entre l'homme et l'environnement en général et met en évidence le soubassement historique et théoriques qui supporte cette question. Ce chapitre examine certaines notions sous-jacentes à la relation de l'homme à l'environnement bâti, telles que la notion des affordances, la notion de l'esthétique architecturale et environnementale, les notions de complexité et d'ordre...etc. Cette partie de la revue de la littérature montre que la notion de l'expérience architecturale est très ancienne et aussi très complexe, car elle est à la fois esthétique, cognitive, affective et sensorielle. Les chevauchements entre ces dimensions de l'expérience architecturale suggèrent qu'il pourrait y avoir une certaine confusion, lorsqu'on appréhende cette dernière à partir d'un background architectural (morphologique); et c'est la raison pour laquelle la perception et la cognition humaine sont intégrées dans cette étude.

Le deuxième chapitre de la revue de la littérature (chapitre 3) poursuit la quête de compréhension de l'expérience architecturale de l'espace à travers l'investigation de la relation homme/ espace, mais cette fois-ci en se concentrant sur l'homme lui-même. Ainsi, le chapitre trois passe en revue un ensemble d'études neuroscientifiques (neuroarchitecture, neuroesthétique) qui s'intéressent à cette relation. Les résultats de ces études montrent comment le cerveau et le corps humain réagissent aux propriétés morphologiques de l'espace, en générant des réponses émotionnelles, cognitives et comportementales. Le chapitre explique d'abord l'apport des neurosciences dans le domaine de l'architecture, notamment pour les questions concernant la navigation spatiale, l'esthétique (le beau), l'empathie, et les affordances. Pour un souci de compréhension des termes et des connaissances issues des études en neuroarchitecture et neuroesthétique, le chapitre présente une brève anatomie du cerveau humain, avec ses différentes régions et leurs rôles respectifs dans la perception et la cognition spatiale. A la fin de ce chapitre, est présentée une base de données neuroscience pour architecture, regroupant l'ensemble des découvertes et des connaissances

issues de la revue de la littérature. Cette base de données sert comme soubassement théorique fondé empiriquement pour l'analyse et la discussion de la problématique de cette recherche.

Le troisième chapitre de la revue de la littérature (chapitre 4) passe en revue l'ensemble des méthodes et outils développés dans différentes disciplines pour étudier l'expérience architecturale. Ces méthodes peuvent être classées en quatre groupes. Les premières s'intéressent aux réactions sensorielles et émotionnelles de l'homme, ce sont généralement des méthodes qualitatives de notation et d'analyse. Les secondes se focalisent sur l'analyse morphologique de l'environnement bâti ; tandis que les troisième s'intéressent aux mécanismes cérébraux et neuronaux sous-jacent les réponses cognitives et émotionnelles de l'homme vis-à-vis l'espace, ce sont des méthodes empiriques utilisées par les neurosciences pour étudier l'expérience architecturale à travers l'analyse des variations dans l'activité cérébrale chez l'homme à son interaction avec l'espace. Enfin, les quatrième sont des méthodes mixtes qui combinent plusieurs outils, comme le Huss Index et l'IVR (réalité virtuelle immersive). Il est important de rappeler que cette étape de la revue de la littérature s'est terminée par une comparaison entre les différentes méthodes en soulignant les avantages et les inconvénients de chacune. L'objectif est d'identifier les méthodes à intégrer dans le dispositif méthodologique à élaborer pour conduire cette recherche.

Le chapitre cinq (chapitre 5) traite du cas d'étude. La Casbah est d'abord présentée, en identifiant la pertinence de son environnement bâti et sa capacité à provoquer des émotions et des réactions positives similaires chez des personnes appartenant à différentes époques, différentes cultures et de différents backgrounds scientifiques. Le chapitre se focalise ensuite, sur l'espace extérieur de la Casbah et plus particulièrement sur les parcours et présente la rue « Sidi Driss Hamidouch », ex rue de la Casbah. Cette rue est choisie pour la richesse de l'expérience architecturale sur son parcours.

Le chapitre six (chapitre 6) présente et explique la méthodologie de cette recherche. Il commence par une présentation du positionnement épistémologique et du cadre idéologique et théorique dans lequel s'inscrit cette thèse. En effet, la thèse utilise l'approche écologique-énactive. Ensuite, ce chapitre présente et justifie le dispositif méthodologique élaboré pour répondre aux questions posées et aux objectifs présentés dans le chapitre introductif. L'analyse de contenu, l'analyse isovist et l'analyse séquentielle sont les trois méthodes de ce dispositif méthodologique, élaboré aussi en références aux connaissances en neurosciences pour architecture (la revue de la littérature). La méthode de l'analyse de contenu est utilisée

ici, pour l'analyse des textes en vue de formuler des hypothèses concernant l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger. Cette méthode a permis l'identification des propriétés et des configurations morphologiques en relation avec la perception et les réponses émotionnelles-cognitives de l'homme vis-à-vis de l'environnement bâti de la Casbah. Ces hypothèses sont ensuite vérifiées et validées par les deux autres analyses isovist et séquentielle.

Les résultats de la recherche sont présentés aux chapitres sept et huit (chapitres 7 et 8). Le chapitre sept présente et discute les résultats de l'analyse de contenu appliquée à un corpus varié de témoignages (textes anciens et nouveaux) sur la Casbah d'Alger. Ces témoignages sont soit puisés de la littérature sur la Casbah, comme pour les textes du Corbusier, soit ils sont issus d'un travail d'investigation et d'interview via l'application de la méthode du parcours commenté (*Walk along*). Cette méthode a permis la collecte de données concernant le vécu actuel de la Casbah d'Alger. Ce chapitre propose à la fin, cinq hypothèses concernant l'expérience architecturale du parcours de la Casbah. La première hypothèse stipule que l'expérience architecturale des parcours de la casbah est influencée par les transitions et l'alternance rythmiques entre différentes caractéristiques et configurations morphologiques. La seconde hypothèse déclare que l'expérience architecturale des parcours de la Casbah est influencée principalement par la transition rythmique des conditions spatiales et morphologiques en relation avec la taille de l'espace et son degré d'ouverture/fermeture. Pour la troisième hypothèse, l'expérience architecturale du parcours est influencée par la transparence phénoménale plus que par la transparence littérale. La quatrième hypothèse suppose que le parcours de la Casbah présente un niveau élevé de complexité et de mystère spatial en raison d'une perméabilité accrue. Enfin, pour la cinquième hypothèse, l'expérience architecturale du parcours de la Casbah est harmonieuse et d'une certaine uniformité spatiale.

Benedict, Kaplan, Franz et Wiener suggèrent que notre capacité à se déplacer dans l'environnement est ce qui rend un lieu «intéressant», car elle permet de saisir les changements d'informations spatiales dans la zone vue de l'espace (isovist) lors du déplacement d'un point à tous les autres points environnants. C'est pour ces raisons que l'analyse isovist et l'analyse séquentielle ont été choisies pour vérifier la validité des hypothèses proposées. Le chapitre huit (chapitre 8) communique les résultats de ces analyses morphologiques. Il commence par la présentation des résultats de l'analyse séquentielle et isovist du parcours « Sidi Driss Hamidouch » séquence par séquence, ensuite il enchaîne par

la comparaison des résultats entre les séquences adjacentes, pour finir avec la présentation des résultats globaux du parcours entiers.

Le chapitre neuf (chapitre 9) présente la discussion des résultats des différentes analyses. Il donne des explications interprétatives aux résultats de l'analyse en référence à la littérature présentée dans les chapitres 2, 3 et 4. Ensuite, le chapitre enchaîne sur la vérification de la validité des hypothèses et leur discussion. Ce chapitre confirme trois hypothèses sur cinq. Il valide donc, l'hypothèse 1, l'hypothèse 4 et l'hypothèse 5. Ces hypothèses stipulent respectivement, que l'expérience architecturale des parcours de la casbah est influencée par les transitions et l'alternance rythmiques entre différentes caractéristiques et configurations morphologiques ; que le parcours de la Casbah présente un niveau élevé de complexité et de mystère spatial en raison d'une perméabilité accrue et que l'expérience architecturale du parcours est harmonieuse et d'une certaine uniformité spatiale.

Les résultats de cette recherche démontrent que l'expérience architecturale du parcours de la Casbah est sous-tendue par la transition rythmique entre plusieurs variables morphologiques (contrastes) offrant des affordances spatiales et des conditions atmosphériques de mystères et de complexité très variées, dynamiques et adéquates pour la stimulation de l'imagination, la formation des souvenirs et l'engagement empathique et émotionnel incarné. L'expérience du parcours est, également, sous-tendue par la présence des conditions et des configurations spatiales favorables à l'expérience du beau et du sublime, tel que la simplicité et l'uniformité spatiale, l'ouverture spatiale et les vues dégagées sur la mer qui offrent au spectateur l'occasion de vivre une expérience esthétique de « awe » et d'épiphanie sous l'effet de la grandeur et de magnitude qu'offre cette vue. La restauration psychologique, en réponse à la présence de la nature et aux vues ouvertes sur la mer, constitue aussi une des caractéristiques de l'expérience architecturale du parcours de la Casbah d'Alger.

2. L'expérience architecturale du parcours de la Casbah d'Alger

2.1.L'expérience empathique

L'architecture a le pouvoir d'instancier une relation entre ses qualités spatiales (morphologiques et atmosphériques) et le corps humain à travers un engagement empathique et cognitif envers l'espace observé (Pallasmaa, et al., 2015). Cet engagement conduit à la

génération de réponses émotives, physiologiques et comportementales différentes (Vecchiato et al., 2015). Il faut préciser que cet engagement est généré lorsque l'homme établit une simulation incarnée (*embodied simulation*) de certaines propriétés de l'espace perçu (Gallese et Gattara, 2015) à travers l'activation de mécanismes cérébraux et l'implication du schéma corporel pour cartographier et copier les représentations sensorielles de l'action ou de l'émotion perçues sur ses propres représentations sensorielles et motrices (Freedberg et Gallese, 2007).

Les neurosciences expliquent ce phénomène au moyen des systèmes neuronaux spécialisés dans les imitations subconscientes des objets et des phénomènes observés. En effet, par le biais des «mécanismes miroirs», les neurones miroirs et les neurones canoniques dans les lobes frontaux et pariétaux (Acharya et Shukla, 2012) cartographient l'espace ou les objets/corps observés en son sein dans les cortex moteur et sensorimoteur de l'observateur en activant la même structure neuronale impliquée dans la modélisation inconsciente de cet espace où de ces objets/corps agissant dans l'espace (Rizzolatti et Sinigaglia, 2016). Autrement-dit, les «neurones canoniques» et les «neurones miroirs» sont impliquées dans l'empathie et la cognition motrice lorsque l'observateur regarde un objet qui implique un potentiel de manipulation et permet inconsciemment de refléter cette action dans son inconscient (Goldhagen, 2017).

Gallese (2003) nomme ce mécanisme imitatif l'«empathie incarnée» (*embodied empathy*). Cette empathie incarnée (*embodied empathy*) constitue une caractéristique fondamentale de notre cerveau, sous-jacente à nos expériences diversifiées de l'espace et de l'architecture. Freedberg et Gallese (2007) soutiennent que les réponses empathiques découlant de ce système (*embodied empathy*) sont au cœur de l'expérience de l'art et de l'architecture indépendamment des contextes culturels et temporels. A l'instar de tous les environnements bâtis patrimoniaux, il semble plausible de supposer que «l'empathie incarnée» a des implications pour l'expérience active des parcours de la Casbah d'Alger, car ils ont le potentiel pour générer des expériences et des réponses empathiques chez l'observateur.

Dans les parcours de la Casbah, il s'agit de parler plus de l'empathie pour les objets. Cette dernière repose sur une compréhension imaginative basée sur les objets. L'empathie

pour les objets comporte quatre stratégies de compréhension des objets et de l'espace. Les «traces d'action» et les «traces d'émotion» peuvent être vues comme des stratégies de compréhension basées sur une empathie personnelle indirecte, tandis que, «l'exploration imaginative» et la «projection corporelle» peuvent être considérées comme des stratégies de compréhension basées sur une empathie personnelle directe (Tüscher, 2016).

Dans l'expérience empathique à travers les «traces d'action», l'environnement bâti et les objets en son sein sont appréhendés comme des traces ou des résultats d'actions passées. La réponse empathique envers ces espaces ou objets est donc le résultat d'une perception et d'une évaluation cognitive basée sur l'imagination des actions des fabricants de ces objets et de ces espaces (Tüscher, 2016). Sur ce, Freedberg et Gallese (2007) explique que lorsqu'on perçoit un dessin, une poterie, une calligraphie ou une sculpture fait à la main, on suit inconsciemment l'effort musculaire et l'expérience motrice de l'artisan comme si on le vivait nous-mêmes, et on s'engage dans des simulations motrices qui recréent les mêmes types de mouvements de la main de l'artiste. Les «neurones canoniques» et les «neurones miroirs» ont un rôle à jouer dans ce type de réponse empathique, car ils garantissent que tout environnement, dans lequel se trouvent des traces humaines visibles de sa construction, déclenche une sorte d'engagement actif incarné (active embodied engagement) dans le cerveau de l'individu.

Dans cette perspective, il semble plausible de supposer que l'observation incarnée des carrés de faïence (Zelidj) qui ornent les fontaines (Fig. 77), ou des éléments sculptés en bois et en plâtre formant les portes des maisons (Fig. 78) peuvent stimuler l'imagination de l'observateur et déclencher chez lui des simulations incarnées (embodied simulation) des propriétés de ces éléments, qui l'amènent à expérimenter inconsciemment l'effort et l'expérience motrice des artisans qui ont fabriqué ces objets. En outre, le contraste entre le fond blanc minimaliste des murs délimitant les parois du parcours avec les éléments ponctuels richement colorés et décorés, comme les portes des maisons et les fontaines, accentue l'expérience empathique par «traces d'action», en attirant l'attention vers ses éléments pour un observateur en déplacement dans le parcours. Ainsi, La richesse de traces visibles variées dans le parcours de la Casbah rend son expérience architecturale intense à travers une expérience empathique incarnée (embodied empathy), qui génère un «sens du lieu» (sens of place) fort et accentue la formation de souvenirs chez l'observateur.

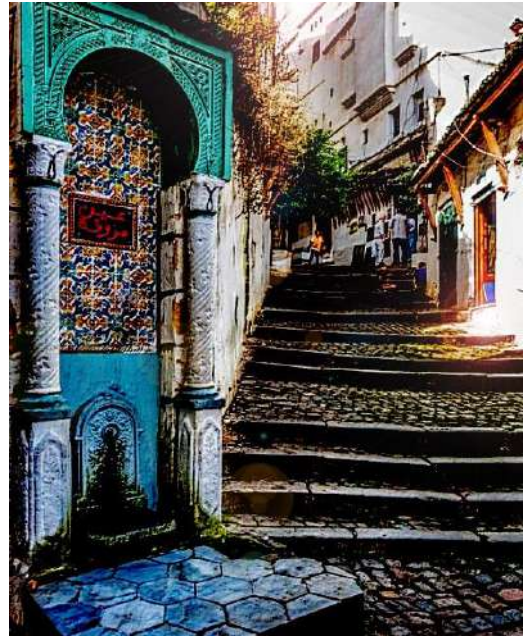


Figure 77: Fontaines ornées de faïence (Zelidj) dans les parcours de la Casbah. Auteur.

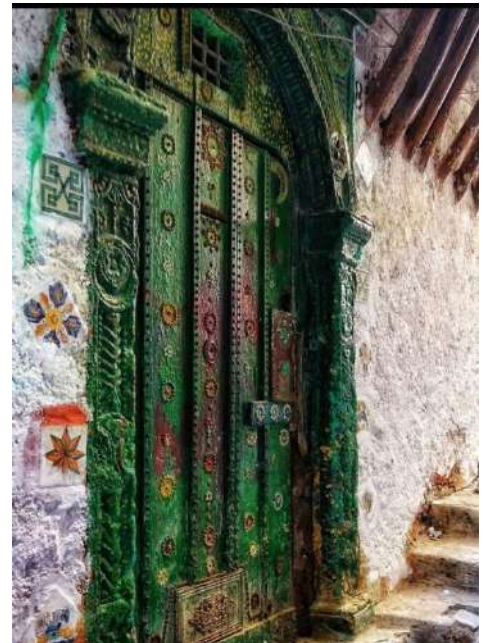


Figure 78: Portes de la Casbah d'Alger. Auteur.

Quant à l'expérience empathique par «exploration imaginative», la perception de l'espace implique une simulation active et imaginaire de cet espace au-delà de la perception des affordances présentes dans le parcours (Tüscher, 2016). Cette expérience empathique est en consonance avec l'aptitude de l'homme à imaginer la vie des générations passées dans un espace, notamment l'espace à valeur patrimoniale. Les différents espaces (de différentes configurations morphologiques) composant un parcours stimulent l'imagination du spectateur

alors qu'il se retrouve plongé dans l'imagination de différents scénarios d'ambiances, d'occupations ou d'activités qui se déroulaient ou peuvent se dérouler dans ces espaces.

L'individu imagine comment ces espaces étaient occupés par les anciennes générations, comme par exemple, imaginer la vie dans ces parcours, autrefois, quand les boutiques qui bordaient les rues (Fig. 79) étaient fonctionnelles, ou imaginer les ambiances atmosphériques des rues quand certaines maisons tenaient encore debout. L'individu peut aussi imaginer comment ces parcours peuvent être utilisés maintenant s'ils doivent être occupés par le spectateur lui-même, comme par exemple, imaginer la façon dont il peut occuper les boutiques fermées et instaurer une dynamique et ambiance nouvelle dans le parcours.



Figure 79: Rues de la Casbah avec des boutiques fermées. Auteur.

Cette empathie incarnée (*embodied empathy*) par l'exploration imaginative peut être forte ou faible, cela dépend du spectateur, de ses aspirations, de ses connaissances préalables sur le lieu, où de ses souvenirs de lieux similaires au lieu exploré. Pour cette dernière il a été remarqué, que plusieurs témoignages du parcours commenté (*walk along*) ont évoqué des souvenirs de la Sicile et du Maroc quand ils exploraient les rues de la Casbah et parlaient de ses boutiques fermées et de ses fontaines.

2.2.L'expérience cognitive et intermodale à travers la navigation spatiale

La navigation spatiale est l'un des thèmes les plus étudiés par les sciences cognitives, car elle est considérée comme l'une des stratégies conceptuelle centrée sur l'homme (human centric), les plus importantes qui aident à explorer et à interagir avec l'environnement bâti. Elle implique des processus complexes de la perception intermodale de l'espace ainsi que des processus cognitifs de contrôle moteur (Iglói et al., 2015). Ensemble, ces processus aident à créer des représentations mentales et des cartographies de l'espace exploré dans les zones corticales du cerveau pendant la navigation (Lacey et Sathian, 2015).

Le système nerveux de la navigation implique différents types de neurones, notamment «Place cells» et «Grid cells». Ces neurones sont situés dans l'hippocampe et les régions parahippocampiques et agissent comme des cartes cognitives recevant des données égocentriques de l'environnement et les convertissent en des représentations allocentriques (en référence au soi) (Moffat, 2017). Ces régions cérébrales sont également reconnues comme l'endroit clé du stockage des souvenirs à long terme (Moffat, 2017). Les «Place cells» agissent ensemble pour coder l'espace et former une carte spatiale (Jain et al., 2017), tandis que les «Grid cells» agissent comme un papier millimétré qui permet de mesurer la distance entre le point de départ et le point d'arrivée pendant le déplacement (Jain et al., 2017).

La conception et le système complexe et interconnecté des parcours de la Casbah favorisent l'acte de marcher et d'explorer. De ce fait, le parcours de la Casbah suscite des expériences riches liées à la perception intermodale, au mouvement, à l'orientation et au wayfinding. Dans cette perspective, il semble plausible de supposer que la navigation spatiale et le système cérébrale de la navigation, jouent un rôle important dans l'expérience cognitive et affective du parcours de la Casbah à travers l'appréhension et l'évaluation (cognitive, affective et esthétique) des affordances, la prise de décision (approcher-entrer/ éviter-sortir) et la formation des souvenirs.

Tout d'abord, la multitude des propriétés spatiales morphologiques, harmonieusement corrélées, situées le long du parcours, ou le long d'une séquence du parcours font du mouvement piéton un paramètre important dans l'expérience architecturale des parcours de la Casbah. Ces propriétés et leur configuration dans le parcours stimulent différentes modalités de perception et engagent des mécanismes cérébraux de mouvement-vision (motion-vision

mechanisms) (Moffat, 2017) et d'autres liées à la récompense (reward) comme réaction à l'expérience de différentes affordances, contrastes et complexités spatiales (Jelic et al., 2016). Cela conduit à renforcer l'expérience empathique et l'expérience esthétique du parcours via le jugement esthétique, l'éveil et la valence émotionnelle et la formation de souvenirs.

Un exemple frappant de cette stratégie est illustré par l'inter-connectivité et l'articulation des séquences dans un parcours. Cette inter-connectivité et continuité, tantôt physique tantôt visuo-physique, permettent de vivre différents contrastes, harmonies et complexités visuelles, qui mènent à des réactions et à des expériences variées, voir même contradictoires. Par exemple, dans un parcours, le passage d'une séquence large et ouverte à une séquence fermée et étroite (Fig. 80) suscite des réactions émotionnelles et cognitives et des décisions d'action distinctes. Au début, l'observateur se trouve dans un espace ouvert, spacieux et ouvert sur le ciel, qui génère des émotions positives de confort et de joie liées à un sentiment de récompense (reward) et incite à prendre une décision d'approcher et d'entrer (Vartarian et al., 2015). Ensuite, le spectateur se déplace vers un espace fermé, faiblement éclairé et faiblement décoré et avec une vue bloquée sur le ciel. Cette situation génère des émotions de cloisonnement, d'étouffement et de peur ainsi que des décisions d'évitement ou d'exit (Vartarian et al., 2015).



Figure 80: Le passage d'une séquence large et ouverte à une séquence fermée et étroite dans les parcours de la Casbah d'Alger. Auteur.

affordances spatiales. Les affordances sont comprises comme des possibilités d'action offertes par le milieu environnant (Gibson, 2014). Cela suggère que l'expérience de l'architecture et plus particulièrement de la navigation spatiale, est structurée en cycles de perception-action incarnée (Eberhard, 2009). La configuration spatiale qui se présente au spectateur actif

comme un ensemble de scénarios d'affordance offre différentes possibilités de cycle perception-action incarnées. Une illustration claire de ce cycle de perception-action incarnée dans le parcours de la Casbah peut être vue dans la transition d'un parcours étroit/fermé à un parcours large/ouvert. L'expérience incarnée de l'observateur comprend deux scénarios de perception-action exprimés par des changements dans les positions corporelles de l'observateur (Fig. 81). Dans l'espace fermé et sombre, la position corporelle prend une posture compacte (compresser) et pencher vers l'avant, mouvements accélérés et les yeux explorent l'espace rapidement et reviennent très vite vers la source de lumière (le point d'arrivée). Une fois arrivée à l'espace ouvert et éclairé, la position corporelle change à une posture droite et détendue, mouvements ralentis et la tête vers le haut et les yeux regardent le ciel (Jelic et al., 2016). L'action de lever la tête pour regarder le ciel est supposée être en relation avec le sentiment du «awe» lié à l'expérience de la grandeur et de l'expansion spatiale (Biederman et Vessel, 2006).



Figure 81: Changement dans les positions corporelles entre espace étroit/fermé à un espace large/ouvert. Auteur.

Le parcours de la Casbah est caractérisé par la présence de plusieurs contrastes morphologiques et visuels. Le changement tumultueux entre les caractéristiques morphologiques dans un parcours peut éventuellement stimuler plusieurs mécanismes cérébraux de la navigation spatiale, de façon continue et alternée. Ainsi, l'attention de l'observateur (système perceptif), son schéma corporel et son système kinésique et moteur sont tout le temps impliqués dans la perception, l'évaluation et la régulation cognitive et

émotive des affordances spatiales du parcours. Cette stratégie conduit à un changement tumultueux et dynamique des réponses émotionnelles et comportementales et de l'état psychologique de l'observateur. Cette dynamique et variation des états émotionnels et cognitifs générés est supposée avoir un rôle dans l'expérience architecturale des parcours de la Casbah d'Alger.

2.3.L'expérience cognitive à travers le sens du mystère spatial

Le sens du «mystère» dans l'environnement bâti est la quantité d'informations cachées qu'une scène contient (Kaplan, 1987). Sur le plan cognitif, le sens du mystère spatial réside dans la détection intermodale des propriétés spatiales en combinant vision et mouvement. L'expérience du mystère spatial implique des régions du cortex parahippocampal et du cortex rhinal où les informations visuelles sont décodées et les souvenirs sont engagés. Ces zones contiennent des récepteurs liés au plaisir qui dégagent des «endorphines» opiacés lorsqu'un individu cherche à découvrir et appréhender l'espace visuellement et physiquement (Biederman et Vessel, 2006).

Ce système de récompense pour l'exploration spatiale dans des conditions de «mystère» est activé lorsque la conception manipule l'espace pour exhorter une détection intermodale de l'espace sous-tendue par un sens de curiosité et une volonté pour découvrir (Stephenson, 2019). Ainsi, la manipulation des affordances spatiales, à travers le contrôle de l'espace visible et invisible à l'observateur et le jeu dynamique des caractéristiques morphologiques et atmosphériques dans l'espace sous l'effet de la lumière et d'autres conditions climatiques et topographiques, peut créer des conditions spatiales favorables à l'expérience du mystère spatial (Jelic et al., 2016 ; Stephenson, 2019). Cette stratégie de manipulation des affordances peut avoir une implication dans l'expérience de «mystère» dans les parcours de la Casbah d'Alger.

En effet, le parcours de la Casbah est riche en stimuli et en affordances spatiales. Les états de manipulation spatiale, comme le jeu des profondeurs, le jeu des vista (vues) proches et lointaines, les vues partiellement bloquées, les séquences à directions multiples (not forward), le jeu de transparence littérale et de transparence phénoménales, ainsi que le jeu d'ouverture/ fermeture spatiale, créent des conditions de mystères spatiales, dans lesquelles

les choix de navigation sont contraints par le sens de la curiosité, la surprise et les attentes des wayfinders au fur et à mesure qu'ils explorent l'espace (au-delà de la ligne de visée actuelle).

Le recours à des affordances surprenantes, inattendues, étranges ou déroutantes fait à l'évidence partie de la panoplie conceptuelle des parcours de la Casbah d'Alger. La perception de ces affordances est partielle et incomplète. Ceci dit, le cerveau identifie un moyen sans le relier à une fin, ou il identifie une fin sans être en mesure de déterminer le moyen pour y parvenir (Tüscher et Dokic, 2020). Dans le parcours de la Casbah, on peut repérer des passages sans savoir où ils mènent (Fig. 82). Dans ce cas, l'expérience de l'espace est sous-tendue par l'incertitude (destination inconnue) et l'imagination. Dans le cas inverse, on peut identifier une destination avant de comprendre comment y parvenir (Fig. 83). Ici, l'expérience de l'espace est sous-tendue par la confusion et la simulation cognitive (simulation des scénarios possibles pour parvenir à la destination).



Figure 82: Parcours à passage visible et destination inconnue. L'expérience du mystère spatial est sous-tendue par l'incertitude et l'imagination. Auteur.



Figure 83: Parcours à destination connue et passage inconnu. L'expérience du mystère spatial est sous-tendue par la confusion et la simulation cognitive. Auteur.

Ces stratégies du wayfinding et de mystères font de la navigation spatiale un paramètre décisif dans l'expérience architecturale des parcours de la Casbah, car elle implique la perception incarnée des scénarios d'affordances, de la prise de décision, du jugement esthétique et de la formation de la mémoire. Ceci peut conduire éventuellement à une expérience architecturale riche du parcours de la Casbah. Les anciens bâtisseurs de la Casbah ont habilement exploité le potentiel du site pour engager le visiteur émotionnellement et cognitivement. Toutes les propriétés spatiales sont là pour créer des expériences multisensorielles fortes à travers la navigation et la formation de la mémoire, donnant ainsi au spectateur des indices et des initiations pour des actions et des décisions.

2.4.L'expérience esthétique et la restauration psychologique

La grandeur perçue génère une émotion du « awe » que Schopenhauer définit comme une expérience émotionnelle puissante, impliquant à la fois le sentiment d'être puissamment submergé, humilié ou disloqué et le sentiment d'être élevé ou exalté (Vandenabeele, 2015). Cette émotion est liée à la taille physique et à d'autres éléments impliquant la magnitude (Eberhard, 2009). Par exemple, lorsque vous regardez un ciel ouvert ou un paysage naturel ouvert, tel que la mer ou la forêt, la mémoire spatiale évoque un sens incarné de l'espace qui aide à créer le sens du « awe » (Navarrete et al., 2017). Ce sens ou émotion naît d'une

expérience esthétique du sublime (Gallagher et al., 2015). L'expérience sublime implique le cortex temporal inférieur, le gyrus frontal et l'hippocampe postérieur, ainsi que les noyaux gris centraux et surtout, le cervelet qui est associé à la cognition spatiale et à l'expérience de l'espace étendu (Ishizu et Zeki, 2014).

La vue dégagée depuis le parcours vers l'horizon, reliant le bleu du ciel au bleu de la mer (Fig. 84), crée une expérience d'effets de magnitude (échelle) et d'effets de nature assimilés à l'expérience du sublime et génère un sentiment de « awe », de soumission et de bonheur (Corbusier, 1933). Cette consonance et cette synergie entre la nature et l'environnement bâti de la Casbah donnent lieu à un sentiment d'immensité et de grandeur, générant une expérience spatiale écrasante, forte et mémorable égale à l'expérience de l'épiphanie. L'épiphanie est un mécanisme qui rend l'homme plus réceptif et attentif à l'objet ou à l'environnement perçu. Elle permet aux mécanismes que nous utilisons habituellement pour la perception des choses dans le monde quotidien d'être presque totalement dédiés à cet objet perceptif particulier (Gianni, 2018), qui est dans ce cas, la vue vers le ciel et la mer. Lorsque le spectateur entre dans cet état d'esprit esthétique, il expérimente une hausse dans l'activité des mécanismes de simulation incarnés sous-tendant cette expérience.

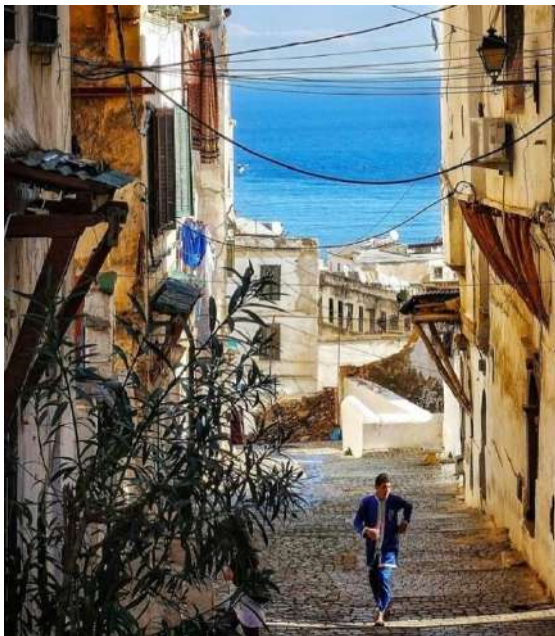


Figure 84: Vues dégagées sur la mer depuis le parcours. Auteur.

Au-delà de l'expérience esthétique et de l'affect positif, la présence de la nature a un impact indéniable sur l'état psychologique des individus. Ceci a été cliniquement prouvé dans plusieurs d'études d'Ulrich qui démontrent le rôle de la nature dans l'atténuation des effets du

stress psychologique (Ulrich, 1979); raccourcissement de la période de récupération post-chirurgicale pour les patients dans les chambres d'hôpital avec une fenêtre donnant sur les éléments naturels (Ulrich, 1984); et l'augmentation des effets physiologiques positifs comme la baisse de la pression artérielle, de la tension musculaire et de la conductance cutanée (Ulrich et al., 1991). Compte tenu des effets importants de la nature, il s'ensuit que les parcours de la Casbah qui incorporent des éléments et des vues de la nature peuvent faciliter les mêmes effets réparateurs et psychologiques et du bien-être cognitif et psychologique. Les séquences du parcours qui disposent d'un espace pour placer des plantes ou dont les parois latérales (les façades des maisons) sont bordées de plantes (Fig. 85), les séquences du parcours dotées des points d'eau (fontaines) (Fig. 85) et les séquences du parcours ayant une vue dégagée sur la mer (Fig. 85) sont les plus susceptibles de produire les avantages mentionnés plus haut, de cimenter des souvenirs et de développer un attachement émotionnel à ces séquences (Bell, 2011).



Figure 85: Séquences dans les parcours de la Casbah intégrant des éléments de la nature (vue ver la mer, points d'eau et végétation). Auteur.

En somme, l'expérience du sublime, de l'épiphanie et de l'impact restaurateur de la nature crée une sorte d'expérience unique de l'architecture du parcours de la Casbah. Elle a aussi un impact sur la perception psychophysique, incarnée et sensorimotrice de l'observateur. Cette expérience est décrite dans le langage de Christopher Alexander (1979) comme une «qualité intemporelle», qui offre des lieux confortables sans contradictions internes. La conception du parcours de la Casbah envisage donc une stratégie perceptuelle progressive

séquentielle et dynamique pour moduler les émotions et l'expérience architecturale des individus.

Il faut souligner ici, que cette analyse et discussion interprétative de l'expérience architecturale du parcours de la Casbah d'Alger n'est pas exhaustive. Elle ne touche qu'à quelques aspects de l'expérience cognitive, affective et esthétique du parcours de la Casbah. Ces aspects sont essentiellement liés aux notions de morphologie, de conception, de navigation spatiale et d'affordances spatiales. Cette recherche propose un modèle théorique de l'expérience architecturale du parcours de la Casbah d'Alger en références à tous les concepts et notions présentés dans cette brève discussion.

Ce modèle théorique est illustré ici par un schéma composé de trois volets (Fig. 86) dont chacun correspond à un aspect de l'expérience architecturale du parcours identifiés dans précédemment. Le premier volet concerne « les stratégies spatiales conceptuelles » de l'environnement bâti du parcours. Le deuxième volet concerne « les éléments de support » des stratégies conceptuelles énumérées dans le premier volet. Ces éléments sont à l'intersection entre la composante spatiale et la composante humaine dans l'expérience architecturale. Le troisième volet comporte les différentes « expériences » résultant des interrelations entre les deux volets précédents.

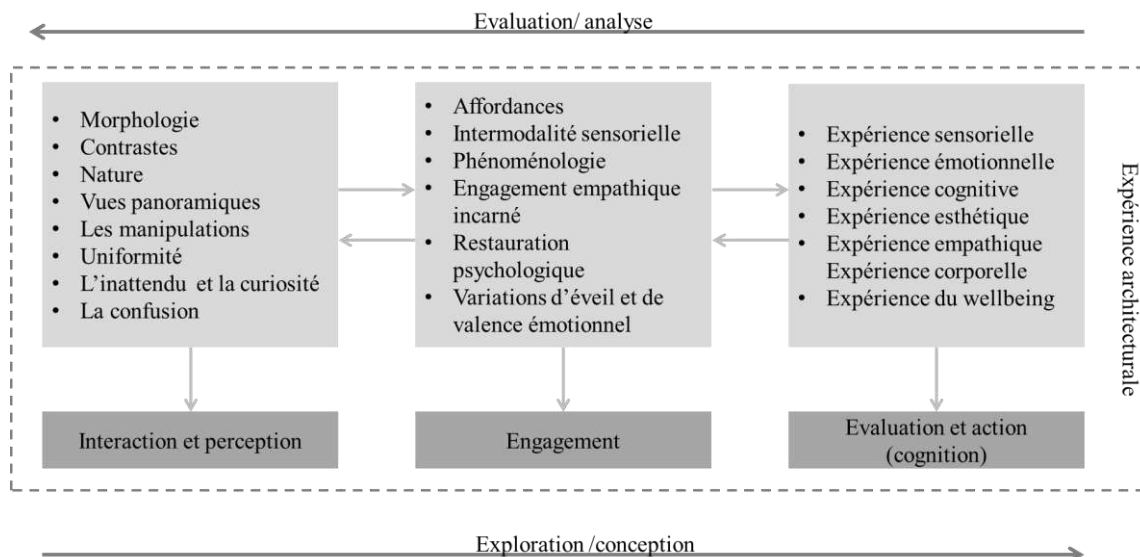


Figure 86: Modèle théorique de l'expérience architecturale du parcours de la Casbah d'Alger. Auteur.

Le modèle théorique proposé ci-dessus ne constitue qu'une première ébauche vers la connaissance et la compréhension de l'expérience architecturale du parcours de la Casbah. Ce

modèle n'est pas exhaustif, mais il peut servir de feuille de route, aussi bien pour la conception que pour des opérations de réhabilitation ou d'évaluation de la Casbah.

3. A retenir

- Les résultats de cette recherche confirment et renforcent le postulat de départ stipulant que l'environnement bâti de la Casbah d'Alger a conçu, de façon intuitive, un cadre référentiel d'une architecture humaine qui stimule l'observateur et provoque ses émotions, ainsi que d'autres réponses cognitives et comportementales grâce à sa morphologie et sa configuration spatiale qui répondent aux besoins humains biologiques et psychologiques innés.
- Ce travail renforce l'argument de certains chercheurs en neurosciences pour l'architecture, tel que Eberhard, Gallese et Spiers, qui stipulent que les connaissances sur le fonctionnement du cerveau pourraient aider à mieux comprendre et élucider certaines expériences vécues dans l'environnement bâti sous-tendant la relation homme-environnement bâti.
- Cette recherche est une première ébauche pour l'investigation de la dimension phénoménologique et sensorielle dans la Casbah d'Alger, un point qui fait rarement l'objet d'étude dans les recherches scientifiques et pourtant il est d'une importance primordiale pour toute intervention sur ce site vernaculaire. Il est important de rappeler ici que toute altération de l'environnement physique, et donc des propriétés morphologiques de l'espace, entraîne obligatoirement un changement dans son caractère et ses atmosphères. Ce changement influe sur son expérience architecturale, surtout sa composante esthétique. Ce point a été bien illustré par Christopher Alexander (2002-2004) dans son livre « The nature of order, tome 2 » quand il parle de l'effet des transformations dans l'altération du « wholeness » et du caractère du quartier de la marine de la Casbah après le projet Socard.
- L'expérience de la Casbah d'Alger associe géométrie, lumière, ornementation, nature (végétation et fontaines), manipulation des affordances, vues panoramiques vers la mer, jeu des profondeurs (vista lointaines/ vista proches) et contrastes rythmiques (ouvert/ couvert, large/ étroit et grand/ petit) pour développer des stratégies spatiales

centrées sur l'homme (perception et cognition incarnées), qui provoquent des réactions émotionnelles et comportementales et génèrent des souvenirs spatiales forts.

- L'espace de la Casbah compose toujours avec les mêmes propriétés morphologiques dans des ordres différents (stratégies spatiales), afin de créer des conditions spatiales différentes de complexité et de mystère, qui influent de différentes façons sur la perception et la cognition des individus explorant l'espace. Ceci dit, pour stimuler un observateur explorant les rues de la Casbah, il n'y a pas besoin d'instaurer des événements forts ou des changements brusques le long du parcours et créer des situations de confusion, qui risquent de perturber l'observateur. Bien au contraire, les changements morphologiques le long du parcours de la Casbah sont très légers, ils sont introduits sans porter de modifications majeures au caractère de l'espace et à son expérience et ne créent pas d'effet de choc chez l'observateur.

4. Apports de la recherche

4.1. Apports méthodologiques

- Cette thèse se démarque comme le produit d'une recherche pluridisciplinaire empirique-objective fondée sur des observations phénoménologiques. Il faut savoir que plusieurs chercheurs, comme par exemple, Hillier et Seamon, ont appelé à conduire plus de recherches dans ce genre dans le domaine de l'architecture et l'urbanisme. En effet, ce type de recherche a la capacité de représenter l'espace de façon abstraite et de lier cette représentation abstraite à la réalité sociale, culturelle et cognitive de cet espace.
- Les résultats de cette thèse démontrent que l'espace peut être exploré utilisant les méthodes objectives et empiriques de la syntaxe spatiale en référence aux sciences cognitives (neuroscience, neuroarchitectures, neuroaesthetics...).
- Un autre apport de cette thèse réside dans sa méthodologie. Les méthodes utilisées permettent à travers une computation mathématique d'identifier empiriquement le caractère morphologique d'un espace, qui, à travers une interprétation neurocognitive et phénoménologique, permet de faire comprendre l'expérience architecturale d'un lieu.

- La méthode isovist et la méthode séquentielle ont montré leur aptitude à identifier la morphologie spatiale en rapport avec la perception humaine de l'espace. Les résultats ont montré une corrélation entre les mesures mathématiques isovist, la notation morphologique séquentielle et la perception de l'ouverture/ fermeture spatiale, la perception de la grandeur (volume de l'espace visible) et la profondeur (vues proches et vues lointaines) spatiale, la complexité et le mystère spatiale.
- La méthodologie élaborée dans cette recherche, avec toutes les méthodes et les outils qu'elle a mobilisés, peut servir comme protocole d'investigation de l'expérience architecturale de l'environnement bâti, en relation avec la perception et la cognition humaine. Ce protocole peut être réutilisé dans d'autres recherches sur d'autres cas d'étude urbain et architectural.

4.2.Appports pratiques et théoriques

- Les résultats de cette recherche ont permis de cerner le caractère sensible et phénoménologique du parcours de la Casbah, en mettant en relation ses propriétés et ses configurations morphologiques avec des connaissances sur la perception et la cognition humaine, fournissant ainsi une phénoménographie de ce lieu.
- La compréhension du vécu et de l'expérience architecturale de la Casbah est très importante dans la mesure où cette compréhension apporte des connaissances nouvelles et supplémentaires pour atteindre une réhabilitation qui préserve, non seulement l'ossature physique de l'espace, mais aussi son caractère et ses dimensions sensorielles et phénoménologiques. Cette dimension qui selon M. Merleau-Ponty est la raison pour laquelle les gens visitent les lieux de patrimoine.
- La conception architecturale doit tenir compte du corps humain, de la géométrie et de la nature, afin de produire un «langage» ou des «stratégies» qui répondent aux besoins biologiques et psychologiques humains innés. C'est pourquoi nous valorisons encore l'architecture et l'urbanisme vernaculaire de la Casbah d'Alger, debout et influente depuis le XVI^{ème} siècle. C'est pourquoi, en se promenant en son sein, on s'émerveille encore devant une rue allongée et ouverte sur une vue panoramique époustouflante et sublime, on profite toujours des décors en zelij, on admire toujours

les rues sinueuses et arborescentes, et on apprécie toujours les différents contrastes de lumière, de volumes (grand, petit ; large, étroit), de décor (y compris les couleurs) et de hauteurs (à ciel ouvert, couvert par une toiture ou par des encorbellements). C'est à ce niveau cognitif que nous pouvons d'abord reconnaître ce que nous valorisons et partageons dans l'espace. Une telle analyse des chefs-d'œuvre architecturaux peut nous enseigner quelque chose sur l'impact de l'environnement bâti sur l'homme.

- Au-delà de la réhabilitation, ces résultats constituent des enseignements et des connaissances qui peuvent servir la conception architecturale et urbaine. Plusieurs leçons peuvent être tirées des résultats et contextualisées (pour ne pas tomber dans le pastiche) pour concevoir des lieux de bien-être susceptibles de provoquer des émotions et des réactions chez l'homme.

5. Limitations de la recherche

- Une limite qu'on peut mentionner ici, est que l'analyse isovist, telle qu'elle est actuellement dans Depthmap, ne tient pas compte de la troisième dimension de l'espace. En effet, l'analyse est faite sur une représentation 2D de l'espace, alors que l'expérience architecturale de l'environnement bâti est tridimensionnelle. Cette limite a été comblée légèrement par la combinaison de l'analyse isovist avec l'analyse morphologique séquentielle, cependant, cela reste encore insuffisant pour appréhender l'expérience architecturale dans son intégrité.
- Cette recherche traitant de l'expérience architecturale de la Casbah ne couvre qu'une partie des connaissances en neuroscience pour architecture, surtout que les travaux de recherche dans ce domaine ne cessent d'apparaître chaque jour.
- Les hypothèses et l'analyse isovist et séquentielle ne portent que sur un échantillon représentatif des rues de la Casbah d'Alger. Dans ce cas, les résultats de cette recherche ne peuvent pas être généralisés à toutes les rues de la Casbah d'Alger. Cependant, d'après l'analyse de contenu, même avec des configurations spatiales différentes, les rues de la Casbah et l'espace domestique (la maison) partagent les mêmes hypothèses avec le cas d'étude. Cependant, pour plus de rigueur, il est nécessaire de conduire une analyse morphologique computationnelle (comme c'est le

cas dans cette étude) des différents espaces de la Casbah, pour confirmer encore ou infirmer la validité de ces hypothèses.

6. Pistes pour des recherches futures

- De toute évidence, les hypothèses concernant l'expérience architecturale des parcours de la Casbah ont été tirées des résultats de l'analyse de contenu sur un échantillon réduit de témoignages. En outre, la vérification de ces hypothèses à travers l'analyse morphologique isovist et séquentielle ne portait que sur un seul parcours représentatif de la Casbah. Par conséquent, il peut être fructueux, pour une meilleure compréhension de l'expérience architecturale de la Casbah d'Alger et de ses parcours, de conduire une analyse de contenu sur un échantillon de textes plus large et plus varié et de tester les hypothèses qui en découlent, sur un corpus plus important de rues et même de maisons de la Casbah.
- Dans la même perspective, appliquer l'analyse de contenu sur un échantillon de textes plus large et plus varié, peut être révélateur de l'évolution et des changements dans l'expérience architecturale de la Casbah à travers le temps, comme il peut être révélateur de l'effet de cette expérience sur l'homme selon son cadre spatio-temporelle et son background culturel et scientifique.
- L'introduction des éléments sensoriels tels que le son, l'odeur et la texture...etc. peut éventuellement renforcer notre compréhension de l'expérience architecturale de l'environnement bâti et permet d'évaluer l'impact de leur absence sur cette expérience. Il serait donc intéressant de combiner, dans d'autres études exploratoires, les méthodes utilisées dans la présente thèse avec d'autres méthodes de notation sensorielle et d'évaluation environnementale.
- La présente recherche n'a pas tenu compte des transformations spatiales temporelles du parcours analysé (le parcours avant et après l'effondrement des maisons). Il est donc intéressant de comparer les propriétés spatiales du parcours dans son état original avec les propriétés spatiales du parcours dans son état actuel. Les résultats de cette comparaison permettront de mieux cerner l'impact des variations des propriétés physiques et morphologiques sur le caractère de l'espace.

- Les résultats de la présente recherche peuvent faire objet d'investigation empirique plus profonde en utilisant des méthodes et des outils de neuroimagerie cérébrale et de réalité augmentée (EEG, IMRF, IVR...). Ainsi, plusieurs pistes de recherches peuvent en être tirées, comme par exemple, la recherche sur la navigation spatiale et le wayfinding dans les parcours de la Casbah, notamment l'orientation et la prise de décision. Il y a aussi, la recherche liée à l'expérience esthétique du beau dans les parcours de la Casbah en relation avec les caractéristiques morphologiques d'ouverture/fermeture spatiale, les affordances et les contrastes ; les recherches liées à l'expérience esthétique du sublime liées aux variations de magnitude et aux vues dégagées sur la mer. D'autres recherches sont encore possibles, comme celles liées à l'effet de restauration psychologique et la réduction du stress qu'offrent les vues sur la mer et l'intégration de la végétation dans les parcours de la Casbah.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Abdessemed-Foufa, A. (2011). Le manuel de réhabilitation comme outil de conservation dans le cadre du plan permanent de sauvegarde de la Casbah d'Alger: RehabiMed, Alger.
2. Abdiche, H., & Cherifi, S. (2019). *Requalification du parcours millénaire et revalorisation des biens culturels de la Casbah d'Alger*. Université Mouloud Mammeri.
3. Abraham, A., Sommerhalder, K., & Abel, T. (2010). Landscape and well-being: a scoping study on the health-promoting impact of outdoor environments. *International Journal of Public Health*, 55(1), 59-69. doi: <https://doi.org/10.1007/s00038-009-0069-z>
4. Acharya, S., & Shukla, S. (2012). Mirror neurons: Enigma of the metaphysical modular brain. [Review Article]. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 3(2), 118-124. doi: <https://doi.org/10.4103/0976-9668.101878>
5. Adams, E. (1991). Back to Basics: Aesthetic Experience. *Children's Environments Quarterly*, 8(2), 19-29.
6. Aglioti, S. M., Minio-Paluello, I., & Candidi, M. (2012). The beauty of the body. *Rendiconti Lincei*, 23(3), 281-288. doi: <https://doi.org/10.1007/s12210-012-0169-1>
7. Aguirre, G. K., Zarahn, E., & D'Esposito, M. (1998). An Area within Human Ventral Cortex Sensitive to "Building" Stimuli: Evidence and Implications. *Neuron*, 21(2), 373-383. doi: [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)80546-2](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80546-2)
8. Albright, T. (2011). *Vastu Veda in the age of neuroscience: Some brain-based principles for the design of human environments*. Paper presented at the ANFA Interfaces Lecture Series. Symposium conducted at the meeting of Academy of Neuroscience for Architecture, La Jolla, CA.
9. Alexander, C. (1968). THE ENVIRONMENTAL PATTERN LANGUAGE. *Ekistics*, 25(150), 336-337.
10. Alexander, C. (1977). *A pattern language: towns, buildings, construction*: Oxford university press.
11. Alexander, C. (1979). *The timeless way of building* (Vol. 1): New York: Oxford University Press.

-
12. Alexander, C. (2002–2004). *The Nature of Order* (Vol. 1-4). Berkeley, California, USA. Book.
 13. Aminoff, E., Gronau, N., & Bar, M. (2006). The Parahippocampal Cortex Mediates Spatial and Nonspatial Associations. *Cerebral Cortex*, 17(7), 1493-1503. doi: <https://doi.org/10.1093/cercor/bhl078>
 14. Arbib, M. (2015). Toward a neuroscience of the design process. *Mind in Architecture*, eds S. Robinson and J. Pallasmaa (Cambridge, MA: MIT Press), 75-98.
 15. Aries, M. B. C., Beute, F., & Fischl, G. (2020). Assessment protocol and effects of two dynamic light patterns on human well-being and performance in a simulated and operational office environment. *Journal of Environmental Psychology*, 69, 101409. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101409>
 16. Arnold, M. B. (1970). Brain function in emotion: A phenomenological analysis *Physiological correlates of emotion* (pp. 261-285): Elsevier.
 17. Atek, A. (2012). *Pour une réinterprétation du vernaculaire dans l'architecture durable: cas de la casbah d'Alger*.
 18. Baker, C., Saxe, R., & Tenenbaum, J. (2011). *Bayesian theory of mind: Modeling joint belief-desire attribution*. Paper presented at the Proceedings of the annual meeting of the cognitive science society.
 19. Banaei, M., Ahmadi, A., & Yazdanfar, A. (2017 b). Application of AI methods in the clustering of architecture interior forms. *Frontiers of Architectural Research*, 6(3), 360-373. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.05.002>
 20. Banaei, M., Hatami, J., Yazdanfar, A., & Gramann, K. (2017a). Walking through Architectural Spaces: The Impact of Interior Forms on Human Brain Dynamics. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 477. doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00477>
 21. Banaei, M., Yazdanfar, A., Nooreddin, M., & Yoonessi, A. (2015). Enhancing Urban Trails Design Quality by Using Electroencephalography Device. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 201, 386-396. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.191>
 22. Bar, M., & Neta, M. (2006). Humans prefer curved visual objects. *Psychological science*, 17(8), 645-648. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01759.x>
 23. Bardin, L. (1998). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses Universitaires de France.

24. Başar-Eroglu, C., Strüber, D., Kruse, P., Başar, E., & Stadler, M. (1996). Frontal gamma-band enhancement during multistable visual perception. *International Journal of Psychophysiology*, 24(1), 113-125. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(96\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(96)00055-4)
25. Batty, M. (2001). Exploring Isovist Fields: Space and Shape in Architectural and Urban Morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(1), 123-150. doi: <https://doi.org/10.1068/b2725>
26. Baudoui, R. (2012). Le carrefour algérois, 1930-1962. In Editions de la Villette (Ed.), *Le corbusier - visions d'alger* (pp. 23-53). Paris: Editions de la Villette. Retrieved from <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:24204>
27. Belakehal, A., & Farhi, A. (2008). *Les ambiances environnementales de la médina: le patrimoine oublié*. Paper presented at the Actes de la conférence internationale sur la médina: un Tissu Urbain à Sauvegarder.
28. Bell, P. A., Greene, T. C., Mace, B. L., Romano, P. A., Benfield, J., & Nurse, G. (2011). Teaching environmental psychology: Demonstrations and exercises. *Promoting student engagement*, 2.
29. Benchekroun, M., Chergui, S., Ruggiero, F., & Di Turi, S. (2019). Improving the indoor climate of the traditional Ottoman houses in the Medina of Algiers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 609, 042073. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/609/4/042073>
30. Benedikt, M. L. (1979). To Take Hold of Space: Isovists and Isovist Fields. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 6(1), 47-65. doi: <https://doi.org/10.1068/b060047>
31. Benghadbane, F. (2019). Sustainable Tourism Development a basic factor for preserving urban heritage in Algeria: An Applied study on the Casbah of Algiers. *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*, Volume 8 (1).
32. Bengtsson, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis. *NursingPlus Open*, 2, 8-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.npls.2016.01.001>
33. BenHamouche, M. (2003). DECISION-MAKING SYSTEM AND URBAN GEOMETRY IN TRADITIONAL MUSLIM CITIES: THE CASE OF ALGIERS 1516-1830. *Journal of Architectural and Planning Research*, 20(4), 307-322.
34. Berlucchi, G., & Aglioti, S. M. (2009). The body in the brain revisited. *Experimental Brain Research*, 200(1), 25. doi: <https://doi.org/10.1007/s00221-009-1970-7>

35. Berlyne, D. E., & Crozier, J. B. (1971). Effects of complexity and prechoice stimulation on exploratory choice. *Perception & Psychophysics*, 10(4), 242-246. doi: <https://doi.org/10.3758/bf03212813>
36. Bermejo, F., Paolo, E. A. D., Hüg, M. X., & Arias, C. (2015). Sensorimotor strategies for recognizing geometrical shapes: a comparative study with different sensory substitution devices. *Frontiers in Psychology*, 6, 679. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00679>
37. Berthoz, A. (2003). *La décision*. Paris. Odile Jacob.
38. Biederman, I., & Vessel, E. A. (2006). Perceptual pleasure and the brain: A novel theory explains why the brain craves information and seeks it through the senses. *American Scientist*, 94(3), 247-253. doi: <https://doi.org/10.1511/2006.59.995>
39. Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic Measure*: Harvard University Press (2013). doi: <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674734470>
40. Bischof, W. F., Boulanger, P. (2003). Spatial Navigation in Virtual Reality Environments: An EEG Analysis. *CyberPsychology & Behavior*, 6(5), 487-495. doi: <https://doi.org/10.1089/109493103769710514>
41. Boesiger, W., & Girsberger, H. (1934). Le Corbusier et Pierre Jeanneret, Oeuvre complète 1929–34 vol. 2. Zurich: Editions Girsberger.
42. Bonaiuto, J., & Arbib, M. A. (2015). Learning to grasp and extract affordances: the Integrated Learning of Grasps and Affordances (ILGA) model. *Biological Cybernetics*, 109(6), 639-669. doi: <https://doi.org/10.1007/s00422-015-0666-2>
43. Bonillo, J.-L. (2012). Le Corbusier visions d'Alger. *La villette, Paris*.
44. Bonino, D., Ricciardi, E., Bernardi, G., Sani, L., Gentili, C., Vecchi, T., & Pietrini, P. (2015). Spatial imagery relies on a sensory independent, though sensory sensitive, functional organization within the parietal cortex: A fMRI study of angle discrimination in sighted and congenitally blind individuals. *Neuropsychologia*, 68, 59-70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.01.004>
45. Boyatzis, R. E. (1998). *Transforming qualitative information: Thematic analysis and code development*: sage.
46. Bramão, I., Faísca, L., Petersson, K. M., & Reis, A. (2010). The influence of surface color information and color knowledge information in object recognition. *The American Journal of Psychology*, 123(4), 437-446.

47. Braudel, F. (1966). *La Mediterranee et le Meditteraneeen a l'epoque de Philippe II*: Librairie Armand Colin.
48. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. doi: <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
49. Brown, F., & Bellal, T. (2001). *Comparative analysis of m'zabite and other berber domestic spaces*. Paper presented at the 3rd international space syntax symposium, Atlanta.
50. Brucker, D. A. (2013). Theorizing The Effects of Color, Environmental Space, Culture and Gender on Communication.
51. Burgess, N., Maguire, E. A., & O'Keefe, J. (2002). The Human Hippocampus and Spatial and Episodic Memory. *Neuron*, 35(4), 625-641. doi: [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00830-9](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00830-9)
52. Burgess, N., Maguire, E. A., Spiers, H. J., & O'Keefe, J. (2001). A Temporoparietal and Prefrontal Network for Retrieving the Spatial Context of Lifelike Events. *NeuroImage*, 14(2), 439-453. doi: <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0806>
53. Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 215-222.
54. Campbell-Sills, L., Simmons, A. N., Lovero, K. L., Rochlin, A. A., Paulus, M. P., & Stein, M. B. (2011). Functioning of neural systems supporting emotion regulation in anxiety-prone individuals. *NeuroImage*, 54(1), 689-696. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.07.041>
55. Cardinali, L., Frassinetti, F., Brozzoli, C., Urquizar, C., Roy, A. C., & Farnè, A. (2009). Tool-use induces morphological updating of the body schema. *Current Biology*, 19(12), R478-R479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.05.009>
56. Carpiano, R. M. (2009). Come take a walk with me: The "Go-Along" interview as a novel method for studying the implications of place for health and well-being. *Health & Place*, 15(1), 263-272. doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2008.05.003>
57. Cela-Conde, C. J., Marty, G., Maestú, F., Ortiz, T., Munar, E., Fernández, A., . . . Quesney, F. (2004). Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(16), 6321. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0401427101>

58. Çelik, Z., & McDermott, J. (1997). Urban forms & colonial confrontations: Algiers under French rule. *Urban History Review*, 26(1), 59.
59. Chamilothoni, K., Chinazzo, G., de Matos Rodrigues, J. P., Dan-Glauser, E., Wienold, J., & Andersen, M. (2018). *Perceived interest and heart rate response to façade and daylight patterns in Virtual Reality*. In Proceedings of the 2018 ANFA Conference; The Academy of Neuroscience for Architecture: La Jolla, CA, USA, 2018; pp. 42–43.
60. Charalambous, E. (2019). *The Aha! Experience of Spatial Reorientation*.
61. Charalambous, E., Hanna, S., & Penn, A. (2017). *Visibility analysis, spatial experience and EEG recordings in virtual reality environments: The experience of @ knowing where one is and isovist properties as a means to assess the related brain activity*.
62. Chatterjee, A., & Vartanian, O. (2014). Neuroaesthetics. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(7), 370-375.
63. Chemero, A. (2018). An outline of a theory of affordances *How Shall Affordances be Refined? Four Perspectives* (pp. 181-195): Routledge.
64. Chemero, A., Klein, C., & Cordeiro, W. (2003). Events as Changes in the Layout of Affordances. *Ecological Psychology*, 15(1), 19-28. doi: https://doi.org/10.1207/s15326969eco1501_02
65. Chergui, S. *Masonry Ceilings at the Dey Palace in the Citadel of Algiers*. <http://hdl.handle.net/10045/70481>
66. Chergui, S., & Haddad, D. (2020). *Les abords de la citadelle d'Alger au XIXème siècle*. Paper presented at the FORTMED2020 - Defensive Architecture of the Mediterranean, Granada, Spain.
67. Cherif, N. (2016). *Historical Analysis contribution of the structural and technical diagnosis of historic building: The case of the Ketchawa Mosque-Cathedral of Algiers*. Paper presented at the Rehabend 2016. Euro-American Congress. Construction pathology, rehabilitation technology and heritage management:(6th Rehabend Congress). Burgos (Spain), May 24th-27th, 2016.
68. Chérif, N. (2017). Alger, 1830-1980: chronique d'une historiographie en construction. (2). doi: <https://doi.org/10.4000/perspective.7596>
69. Cherif-Seffadj, N. (2005). *Les bains d'Alger durant la période ottomane (XVIe-XIXe siècle): histoire, topographie et étude urbaine*. Paris 4.

70. Cherif-Seffadj, N. (2007). Waqf et gestion des bains publics à Alger durant la période ottomane (XVIe-XIXe siècle). *Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée*(119-120), 197-231. doi: <https://doi.org/10.4000/remmm.4273>
71. Chérif-Seffadj, N. (2008). *Les bains d'Alger durant la période ottomane XVIe-XIXe siècles*: PU Paris-Sorbonne.
72. Cherif-Seffadj, N. (2009). THE MEDIEVAL AND OTTOMAN HAMMAMS OF ALGERIA; ELEMENTS FOR A HISTORICAL STUDY OF BATHS ARCHITECTURE IN NORTH AFRICA. *ArchNet-IJAR*, 3(1).
73. Chirico, A., & Yaden, D. B. (2018). Awe: A Self-Transcendent and Sometimes Transformative Emotion. In H. C. Lench (Ed.), *The Function of Emotions: When and Why Emotions Help Us* (pp. 221-233). Cham: Springer International Publishing.
74. Choo, H., Nasar, J. L., Nikrahei, B., & Walther, D. B. (2017). Neural codes of seeing architectural styles. *Scientific Reports*, 7(1), 40201. doi: <https://doi.org/10.1038/srep40201>
75. Churchland, P. S., & Sejnowski, T. J. (1988). Perspectives on cognitive neuroscience. *Science*, 242(4879), 741-745.
76. Clark, A. (1999). An embodied cognitive science? *Trends in cognitive sciences*, 3(9), 345-351. doi: [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01361-3](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01361-3)
77. Clarke, V., & Braun, V. (2014). Thematic Analysis. In T. Teo (Ed.), *Encyclopedia of Critical Psychology* (pp. 1947-1952). New York, NY: Springer New York.
78. Coburn, A., Kardan, O., Kotabe, H., Steinberg, J., Hout, M. C., Robbins, A., . . . Berman, M. G. (2019). Psychological responses to natural patterns in architecture. *Journal of Environmental Psychology*, 62, 133-145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.02.007>
79. Coburn, A., Vartanian, O., Kenett, Y. N., Nadal, M., Hartung, F., Hayn-Leichsenring, G., . . . Chatterjee, A. (2020). Psychological and neural responses to architectural interiors. *Cortex*, 126, 217-241. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.01.009>
80. Cold, B. (2001). *Aesthetics, well-being and health: essays within architecture and environmental aesthetics*: Ashgate.
81. Colombetti, G., & Thompson, E. (2007). The feeling body: Toward an enactive approach to emotion *Developmental perspectives on embodiment and consciousness* (pp. 61-84): Psychology Press.

82. Conroy-Dalton, R. A. (2001). *Spatial navigation in immersive virtual environments*. (PhD), University of London. Retrieved from <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1111/> Google Scholar database.
83. Cooper, R., Burton, E., & Cooper, C. (2014). *Wellbeing: A complete reference guide, wellbeing and the environment* (Vol. 2): John Wiley & Sons.
84. Corbusier, L. (1935). *La ville radieuse, éléments d'une doctrine d'urbanisme pour l'équipement de la civilisation machiniste: Paris, Genève, Rio de Janeiro, Sao Paolo, Montevideo, Buenos-Aires, Alger, Moscou, Anvers, Barcelone, Stockholm, Nemours, Piacé*: Éditions de l'architecture d'aujourd'hui.
85. Corbusier, L. (1941). Le Folklore est l'expression fleurie des traditions.". *Voici la France de ce mois*, 16.
86. Corbusier, L. (2015). *Poésie sur Alger*: Editions Parenthèses.
87. Corbusier, P. J. (1932). *Architecture vivante* (Albert Morancé ed.). Paris
88. Cresti, F. (2005). LA POPULATION D'ALGER ET SON ÉVOLUTION DURANT L'ÉPOQUE OTTOMANE: UN ÉTAT DES CONNAISSANCES CONTROVERS. *Arabica*, 52(4), 457-495.
89. Cresti, F. (2008). Algiers in the Ottoman Period: The City and Its Population *The City in the Islamic World* (2 vols.) (pp. 407-443): Brill.
90. Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., & DeFanti, T. A. (1993). *Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE*. Paper presented at the Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, Anaheim, CA. <https://doi.org/10.1145/166117.166134>
91. Cullen, G. (1961). *Townscape*, Reinhold Pub. Corp.: New York, NY, USA.
92. Cupchik, G. C., & Winston, A. S. (1996). Confluence and divergence in empirical aesthetics, philosophy, and mainstream psychology. *Handbook of perception and cognition: Cognitive ecology*, 61-85.
93. Dabbour, L. M. (2021). Morphology of quarters in traditional Arab Islamic city: A case of the traditional city of Damascus. *Frontiers of Architectural Research*, 10(1), 50-65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.11.004>
94. Dagenais, D. (2007). Écologie, structuralisme et art des jardins dans le discours du paysagiste français Gilles Clément (1943-).

95. Dalton, R. C., Hölscher, C., & Spiers, H. (2015). Navigating complex buildings: cognition, neuroscience and architectural design *Studying visual and spatial reasoning for design creativity* (pp. 3-22): Springer.
96. Dalton, R. C., Hölscher, C., & Turner, A. (2012). Understanding Space: The Nascent Synthesis of Cognition and the Syntax of Spatial Morphologies. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 39(1), 7-11. doi: <https://doi.org/10.1068/b3901ge>
97. Daly, J., Mahmoudi Farahani, L., Hollingsbee, T., & Ocampo, R. (2016). Measuring human experiences of public spaces: A methodology in the making. *Conscious Cities*, 1.
98. Dawes, M. J., & Ostwald, M. J. (2014). *Spatio-visual patterns in architecture: an analysis of living rooms in Frank Lloyd Wright houses*. Paper presented at the 48th International Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA 2014). Across: Architectural Research through to Practice: 48th International Conference of the Architectural Science Association 2014. Genoa, Italy 10-13 December. <https://ogma.newcastle.edu.au/vital/access/manager/Repository/uon:19333>
99. Dawes, M. J., & Ostwald, M. J. (2017). Christopher Alexander's A Pattern Language: analysing, mapping and classifying the critical response. *City, Territory and Architecture*, 4(1), 17. doi: <https://doi.org/10.1186/s40410-017-0073-1>
100. Dawes, M. J., & Ostwald, M. J. (2020). The mathematical structure of Alexander's A Pattern Language: An analysis of the role of invariant patterns. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(1), 7-24. doi: <https://doi.org/10.1177/2399808318761396>
101. Day, H. (1967). Evaluations of subjective complexity, pleasingness and interestingness for a series of random polygons varying in complexity. *Perception & Psychophysics*, 2(7), 281-286. doi: <https://doi.org/10.3758/bf03211042>
102. Delgado, M. R., Nystrom, L. E., Fissell, C., Noll, D. C., & Fiez, J. A. (2000). Tracking the Hemodynamic Responses to Reward and Punishment in the Striatum. *Journal of Neurophysiology*, 84(6), 3072-3077. doi: <https://doi.org/10.1152/jn.2000.84.6.3072>
103. Dewey, J. (1988). John Dewey: The later works, 1925-1953: Vol. 4. 1929: The quest for certainty (JA Boydston, Ed.). Carbondale: Southern Illinois University Press.(Original work published 1929).

-
104. Di Dio, C., Macaluso, E., & Rizzolatti, G. (2007). The Golden Beauty: Brain Response to Classical and Renaissance Sculptures. *PLOS ONE*, 2(11), e1201. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001201>
105. Djebbara, Z., Fich, L. B., & Gramann, K. (2020). Architectural Affordance Impacts Human Sensorimotor Brain Dynamics. *bioRxiv*, 2020.2010.2018.344267. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.10.18.344267>
106. Dosen, A. S., & Ostwald, M. J. (2016). Evidence for prospect-refuge theory: a meta-analysis of the findings of environmental preference research. *City, Territory and Architecture*, 3(1), 4. doi: <https://doi.org/10.1186/s40410-016-0033-1>
107. Dougherty, B. O., & Arbib, M. A. (2013). The evolution of neuroscience for architecture: introducing the special issue. *Intelligent Buildings International*, 5(sup1), 4-9. doi: <https://doi.org/10.1080/17508975.2013.818763>
108. Downe-Wamboldt, B. (1992). Content analysis: Method, applications, and issues. *Health Care for Women International*, 13(3), 313-321. doi: <https://doi.org/10.1080/07399339209516006>
109. Duarte, J. (1998). *Using Grammars to Customize Mass Housing: the Case of Siza's Houses at Malagueira*. Paper presented at the IAHS World Congress on Housing.
110. Dufrenne, M. (1973). *The phenomenology of aesthetic experience*: Northwestern University Press.
111. Eberhard, J. P. (2009 a). Applying Neuroscience to Architecture. *Neuron*, 62(6), 753-756. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.06.001>
112. Eberhard, J. P. (2009 b). Applying Neuroscience to Architecture. *Neuron*, 62(6), 753-756. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.06.001>
113. Eilouti, B. (2019). Shape grammars as a reverse engineering method for the morphogenesis of architectural façade design. *Frontiers of Architectural Research*, 8(2), 191-200. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.03.006>
114. Eilouti, B. H., & Hamamieh Al Shaar, M. J. (2012). Shape Grammars of Traditional Damascene Houses. *International Journal of Architectural Heritage*, 6(4), 415-435. doi: <https://doi.org/10.1080/15583058.2011.575530>
115. Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3-4), 169-200. doi: <https://doi.org/10.1080/02699939208411068>

116. Ekstrom, A. D., Caplan, J. B., Ho, E., Shattuck, K., Fried, I., & Kahana, M. J. (2005). Human hippocampal theta activity during virtual navigation. *Hippocampus*, 15(7), 881-889. doi: <https://doi.org/10.1002/hipo.20109>
117. Epstein, R., Harris, A., Stanley, D., & Kanwisher, N. (1999). The Parahippocampal Place Area: Recognition, Navigation, or Encoding? *Neuron*, 23(1), 115-125. doi: [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)80758-8](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80758-8)
118. Era, V., Candidi, M., & Aglioti, S. M. (2015). Subliminal presentation of emotionally negative vs positive primes increases the perceived beauty of target stimuli. *Experimental Brain Research*, 233(11), 3271-3281. doi: <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4395-5>
119. Erlingsson, C., & Brysiewicz, P. (2017). A hands-on guide to doing content analysis. *African Journal of Emergency Medicine*, 7(3), 93-99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.afjem.2017.08.001>
120. Ernst, L. H., Weidner, A., Ehrlis, A.-C., & Fallgatter, A. J. (2012). Controlled attention allocation mediates the relation between goal-oriented pursuit and approach–avoidance reactions to negative stimuli. *Biological Psychology*, 91(2), 312-320. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2012.08.004>
121. Eysenck, H. J. (1957). *Sense and nonsense in psychology*. Oxford, England: Penguin Books, Inc.
122. Faidi, M. (2015). *The Casbah: Reimagining the Counter-Space*. Carleton University.
123. Favre, L. (1933). Tout l'inconnu de la Casbah. *Alger, Baconnier*.
124. Ferri, F., Frassinetti, F., Ardizzi, M., Costantini, M., & Gallese, V. (2012). A Sensorimotor Network for the Bodily Self. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(7), 1584-1595. doi: https://doi.org/10.1162/jocn_a_00230
125. Fich, L. B., Gimmmler, A., Petrini, L., Jelic, A., Djebbara, A. Z., & Jönsson, P. (2018). Does views to nature and the design of spaces matter?: A pain stress experiment. In Proceedings of the 2018 ANFA Conference *Shared Behavioral Outcomes. Academy of neuroscience for Architecture, La Jolla, CA, USA*, (pp. 68-69).
126. Flemming, U. (1987). More Than the Sum of Parts: The Grammar of Queen Anne Houses. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 14(3), 323-350. doi: <https://doi.org/10.1068/b140323>

127. Francis, S., Rolls, E. T., Bowtell, R., McGlone, F., O'Doherty, J., Browning, A., . . . Smith, E. (1999). The representation of pleasant touch in the brain and its relationship with taste and olfactory areas. *NeuroReport*, 10(3).
128. Franz, G., von der Heyde, M., & Bülthoff, H. H. (2005). An empirical approach to the experience of architectural space in virtual reality—exploring relations between features and affective appraisals of rectangular indoor spaces. *Automation in Construction*, 14(2), 165-172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.07.009>
129. Frith, C., & Nias, D. (1974). What determines aesthetic preferences. *Journal of General Psychology*, 91(2), 163-173.
130. Galindo, M. P., & Hidalgo, M. C. (2005). Aesthetic preferences and the attribution of meaning: Environmental categorization processes in the evaluation of urban scenes. *International Journal of Psychology*, 40(1), 19-26. doi: <https://doi.org/10.1080/00207590444000104>
131. Gallagher, S. (2005), *How the Body Shapes the Mind*. New York: Oxford University Press.
132. Gallagher, S., & Zahavi, D. (2008). Précis: The Phenomenological Mind. *Abstracta*, 4(3), 4-9.
133. Gallagher, S., Janz, B., Reinerman, L., Trempler, J., & Bockelman, P. (2015). *A Neurophenomenology of Awe and Wonder: Towards a Non-Reductionist Cognitive Science*: Springer.
134. Gallese, V. (2003). The Roots of Empathy: The Shared Manifold Hypothesis and the Neural Basis of Intersubjectivity. *Psychopathology*, 36(4), 171-180. doi: <https://doi.org/10.1159/000072786>
135. Gallese, V. (2003). The Roots of Empathy: The Shared Manifold Hypothesis and the Neural Basis of Intersubjectivity. *Psychopathology*, 36(4), 171-180. doi: <https://doi.org/10.1159/000072786>
136. Gallese, V. (2008). Empathy, embodied simulation, and the brain: Commentary on Aragno and Zepf/Hartmann. *Journal of the American Psychoanalytic Association*, 56(3), 769-781.
137. Gallese, V. (2017). The Empathic Body in Experimental Aesthetics – Embodied Simulation and Art. In V. Lux & S. Weigel (Eds.), *Empathy: Epistemic Problems and Cultural-Historical Perspectives of a Cross-Disciplinary Concept* (pp. 181-199). London: Palgrave Macmillan UK.

138. Gallese, V., & Freedberg, D. (2007). Mirror and canonical neurons are crucial elements in esthetic response. *Trends in cognitive sciences*, 11(10), 411-411. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.07.006>
139. Gallese, V., & Gattara, A. (2015). Embodied simulation, aesthetics and architecture: an experimental aesthetic approach (pp. 161-180): Birkhäuser GmbH Cambridge, Massachusetts.
140. Gallese, V., & Sinigaglia, C. (2010). The bodily self as power for action. *Neuropsychologia*, 48(3), 746-755. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.09.038>
141. Gerber, A. (1993). *L'Algérie de Le Corbusier*. (PhD), Lausanne. Retrieved from <http://infoscience.epfl.ch/record/31555>
142. Gerber, A. (1994). Le Corbusier et le mirage de l'Orient. L'influence supposée de l'Algérie sur son œuvre architecturale. *Revue du monde musulman et de la Méditerranée*, 73(1), 363-378. doi: <https://doi.org/10.3406/remmm.1994.1688>
143. Gianni F. P. (2018). "Conversation With Vittorio Gallese about Empathy and Aesthetic Experience". *Studies in Digital Heritage* 2 (1), XXX-XLVII. <https://doi.org/10.14434/sdh.v2i1.27926>.
144. Gibson, J. J. (1986). *The Ecological Approach to Visual Perception*. East Sussex, UK: Psychology Press.
145. Gibson, J. J. (2014). *The ecological approach to visual perception: classic edition*: Psychology Press.
146. Gogolla, N. (2017). The insular cortex. *Current Biology*, 27(12), R580-R586. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.010>
147. Goldhagen, S. W. (2017). *Welcome to your world*.
148. Goldstein, E. B. (1981). The ecology of JJ Gibson's perception. *Leonardo*, 191-195.
149. Golvin, L. (1988). *Palais et demeures d'Alger à la période Ottomane*.
150. Gottfried, J. A., Deichmann, R., Winston, J. S., & Dolan, R. J. (2002). Functional Heterogeneity in Human Olfactory Cortex: An Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *The Journal of Neuroscience*, 22(24), 10819. doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.22-24-10819.2002>
151. Gramann, K., Müller, H. J., Schönebeck, B., & Debus, G. (2006). The neural basis of ego- and allocentric reference frames in spatial navigation: Evidence from

- spatio-temporal coupled current density reconstruction. *Brain Research*, 1118(1), 116-129. doi: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.08.005>
152. Hadjilah, A. (2014). *La rue Bab Azoun Bab el oued histoire, topographie, étude architecturale et urbaine*. Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme-Hocine Aït Ahmed.
 153. Hadjilah, A., & Chérif, N. (2020). The Casbah of Algiers's Transformation Between 1833 and 1859: Expropriation, Concession, and Plot Remodeling. *Journal of Urban History*, 46(4), 889-907. doi: <https://doi.org/10.1177/0096144219835158>
 154. Hadjri, K. (1993). VERNACULAR HOUSING FORMS IN NORTH ALGERIA. *Traditional Dwellings and Settlements Review*, 5(1), 65-74.
 155. Hagerhall, C. M., Laike, T., Taylor, R. P., Küller, M., Küller, R., & Martin, T. P. (2008). Investigations of Human EEG Response to Viewing Fractal Patterns. *Perception*, 37(10), 1488-1494. doi: <https://doi.org/10.1068/p5918>
 156. Hagerhall, C., Laike, T., Kuller, M., Marcheschi, E., Boydston, C., & Taylor, R. (2015). Human physiological benefits of viewing nature: EEG responses to exact and statistical fractal patterns. *Nonlinear dynamics, psychology, and life sciences*, 19(1), 1-12.
 157. Hall, E. T. (1966). *The hidden dimension* (Vol. 609): Garden City, NY: Doubleday.
 158. Havelka, H. L. (2018). *A Built Environment with Architectural Parameters in Sustainability that Mitigates the Onset of PTSD in High Armed Conflict: Physiological, Cognitive, Psychoanalytic, and Social/Behavioral Stimuli to Induce Cognitive Processing for Self-Healing*. The University of Arizona.
 159. Hebb, D. O. (1949). The organization of behavior; a neuropsychological theory. *A Wiley Book in Clinical Psychology*, 62, 78.
 160. Heidegger, M. (1996). *Being and Time*. Trans. by J Stambaugh. Albany, NY: State University of New York Press.
 161. Hiller, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*: Cambridge University Press Cambridge.
 162. Hillier, B. (1996). *Space is the machine* UK: Cambridge University Press.
 163. Hillier, B. (2014). Space syntax as a method and as a theory. *0. PLENARY SESSIONS* 25, 30.

164. Höge, H. (1997). The golden section hypothesis—its last funeral. *Empirical studies of the arts*, 15(2), 233-255.
165. Holl, S., Pallasmaa, J., & Gómez, A. P. (2006). *Questions of perception: phenomenology of architecture*: William K Stout Pub.
166. Holloway, I., & Todres, L. (2003). The Status of Method: Flexibility, Consistency and Coherence. *Qualitative Research*, 3(3), 345-357. doi: <https://doi.org/10.1177/1468794103033004>
167. Hoverd, T., & Stepney, S. (2010). *Formalising Harmony Seeking Rules of Morphogenesis*. Paper presented at the ALIFE.
<http://www.implications-philosophiques.org/implications-epistemologiques/affordances-et-sublimites-architecturales>.
168. Hussein, K. A., & Ismaeel, E. H. (2020). Shape Grammar Strategies for Representing the Built Heritage. *Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences*, 13(3).
169. Hutcheson, F. (1725/2004). *An Inquiry into the Origin of the Ideas of Beauty and Virtue*. Edited by W. Leidhold, Indianapolis, IN: Liberty Fund.
170. Iglói, K., Doeller, C. F., Paradis, A.-L., Benchenane, K., Berthoz, A., Burgess, N., & Rondi-Reig, L. (2015). Interaction Between Hippocampus and Cerebellum Crus I in Sequence-Based but not Place-Based Navigation. *Cerebral Cortex*, 25(11), 4146-4154. doi: <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu132>
171. Iidaka, T., Okada, T., Murata, T., Omori, M., Kosaka, H., Sadato, N., & Yonekura, Y. (2002). Age-related differences in the medial temporal lobe responses to emotional faces as revealed by fMRI. *Hippocampus*, 12(3), 352-362. doi: <https://doi.org/10.1002/hipo.1113>
172. Ikeda, T., Matsuyoshi, D., Sawamoto, N., Fukuyama, H., & Osaka, N. (2015). Color harmony represented by activity in the medial orbitofrontal cortex and amygdala. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 382. doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00382>
173. Imamoglu, Ç. (2000). COMPLEXITY, LIKING AND FAMILIARITY: ARCHITECTURE AND NON-ARCHITECTURE TURKISH STUDENTS' ASSESSMENTS OF TRADITIONAL AND MODERN HOUSE FACADES. *Journal of Environmental Psychology*, 20(1), 5-16. doi: <https://doi.org/10.1006/jevp.1999.0155>

174. In, xca, S. B., xc, Lu, xcd, . . . Alexandra, R. (2010). The influence of surface color information and color knowledge information in object recognition. *The American Journal of Psychology*, 123(4), 437-446. doi: <https://doi.org/10.5406/amerjpsyc.123.4.0437>
175. Ishizu, T., & Zeki, S. (2011). Toward A Brain-Based Theory of Beauty. *PLOS ONE*, 6(7), e21852. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021852>
176. Ishizu, T., & Zeki, S. (2014). A neurobiological enquiry into the origins of our experience of the sublime and beautiful. [Original Research]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(891). doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00891>
177. Istasse, M. (2015). Expériences sensorielles et présence du passé dans les attachements à l'environnement urbain. Les résidents étrangers dans la médina de Fès. *Parcours anthropologiques*(10), 84-100.
178. Jacobsen, T., & Beudt, S. (2017). Stability and Variability in Aesthetic Experience: A Review. *Frontiers in Psychology*, 8, 143. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00143>
179. Jacobsen, T., & Höfel, L. (2001). Aesthetics electrified: An analysis of descriptive symmetry and evaluative aesthetic judgment processes using event-related brain potentials. *Empirical Studies of the Arts*, 19(2), 177-190. doi: <https://doi.org/10.2190/P7W1-5F1F-NJK9-X05B>
180. Jacobsen, T., Schubotz, R. I., Höfel, L., & Cramon, D. Y. v. (2006). Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. *NeuroImage*, 29(1), 276-285. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.07.010>
181. Jain, D., Jakhalekar, I. R., & Deshmukh, S. S. (2017). Navigational Strategies and Their Neural Correlates. [journal article]. *Journal of the Indian Institute of Science*, 97(4), 511-525. doi: <https://doi.org/10.1007/s41745-017-0053-1>
182. Jalil, N. A., Yunus, R. M., & Said, N. S. (2012). Environmental Colour Impact upon Human Behaviour: A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 35, 54-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.062>
183. Jelić, A. (2015). Designing “pre-reflective” architecture: Implications of neurophenomenology for architectural design and thinking. *Ambiances. Environnement sensible, architecture et espace urbain*. doi: <https://doi.org/10.4000/ambiances.628>

184. Jelić, A., Tieri, G., De Matteis, F., Babiloni, F., & Vecchiato, G. (2016). The Enactive Approach to Architectural Experience: A Neurophysiological Perspective on Embodiment, Motivation, and Affordances. [Hypothesis and Theory]. *Frontiers in Psychology*, 7(481). doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00481>
185. Joanne, P. (2003). *L'espace sensible du monastère cistercien aux origines: essai de caractérisation des ambiances architecturales*. Nantes. Retrieved from https://cressound.grenoble.archi.fr/fichier_pdf/librairie_ambiance/espace_sensible_du_monastere_cistercien.pdf
186. Joedicke, J. (1985). Raum und form in der architektur. Space and form in architecture.
187. Jutla, R. S. (1993). Christopher Alexander's design theory from notes on the synthesis of form to a pattern language. *Design Methods: Theories, Research, Education, and Practice*, 27(4), 1899-1913.
188. Kacha, L., Matsumoto, N., & Mansouri, A. (2015). Electrophysiological Evaluation of Perceived Complexity in Streetscapes. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 14(3), 585-592. doi: <https://doi.org/10.3130/jaabe.14.585>
189. Kamache-Ouzidane, D. (2013). *Irriguer l'urbanité: les eaux d'Alger (XVIe-XIXe siècles)*. Paris, CNAM.
190. Kaminski, G. (1976). *Psychologie de l'environnement- Perspectives, problèmes, pratique*. Stuttgart : Velcro
191. Kant, I. (1790). *Critique of the Power of Judgement*. Edited by Guyer, P., translated by Guyer, P. and Matthews, E., Cambridge: Cambridge University Press.
192. Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*: Cambridge University press.
193. Kaplan, S. (1987). Aesthetics, Affect, and Cognition: Environmental Preference from an Evolutionary Perspective. *Environment and Behavior*, 19(1), 3-32. doi: <https://doi.org/10.1177/0013916587191001>
194. Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169-182. doi: [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
195. Kaplan, S., & Wendt, J. S. (1972 b). Preference and the visual environment: Complexity and some alternatives. *Environmental design: Research and practice*, 6, 75-76.

196. Kaplan, S., Kaplan, R., & Wendt, J. S. (1972 a). Rated preference and complexity for natural and urban visual material. *Perception & Psychophysics*, 12(4), 354-356. doi: <https://doi.org/10.3758/bf03207221>
197. Karabag, N. E., & Fellahi, N. (2017). Learning from Casbah of Algiers for more Sustainable Environment. *Energy Procedia*, 133, 95-108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.376>
198. Kawabata, H., & Zeki, S. (2004). Neural Correlates of Beauty. *Journal of Neurophysiology*, 91(4), 1699-1705. doi: <https://doi.org/10.1152/jn.00696.2003>
199. Keil, A., Müller, M. M., Ray, W. J., Gruber, T., & Elbert, T. (1999). Human Gamma Band Activity and Perception of a Gestalt. *The Journal of Neuroscience*, 19(16), 7152. doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.19-16-07152.1999>
200. Keltner, D., & Haidt, J. (2003). Approaching awe, a moral, spiritual, and aesthetic emotion. *Cognition and Emotion*, 17(2), 297-314. doi: <https://doi.org/10.1080/02699930302297>
201. Kirino, E., Belger, A., Goldman-Rakic, P., & McCarthy, G. (2000). Prefrontal Activation Evoked by Infrequent Target and Novel Stimuli in a Visual Target Detection Task: An Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *The Journal of Neuroscience*, 20(17), 6612. doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.20-17-06612.2000>
202. Kirk, U., Skov, M., Christensen, M. S., & Nygaard, N. (2009). Brain correlates of aesthetic expertise: a parametric fMRI study. *Brain and cognition*, 69(2), 306-315.
203. Kobayashi, H., & Sato, M. (1992). Physiological Responses to Illuminance and Color Temperature of Lighting. *The Annals of physiological anthropology*, 11(1), 45-49. doi: <https://doi.org/10.2114/ahs1983.11.45>
204. Koch, C., Massimini, M., Boly, M., & Tononi, G. (2016). Neural correlates of consciousness: progress and problems. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(5), 307-321. doi: <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.22>
205. Koning, H., & Eizenberg, J. (1981). The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 8(3), 295-323. doi: <https://doi.org/10.1068/b080295>
206. Kotabe, H. P. (2016). *Disorder, naturalness, and their influence on aesthetics and behavior*. The University of Chicago.

207. Kotabe, H. P., Kardan, O., & Berman, M. G. (2017). The nature-disorder paradox: A perceptual study on how nature is disorderly yet aesthetically preferred. *Journal of Experimental Psychology: General*, 146(8), 1126-1142. doi: <https://doi.org/10.1037/xge0000321>
208. Koutsolampros, P., Sailer, K., Varoudis, T., & Haslem, R. (2019). *Dissecting Visibility Graph Analysis: The metrics and their role in understanding workplace human behaviour*. Paper presented at the Proceedings of the 12th International Space Syntax Symposium.
209. Kowaltowski, D. C., da Silva, V. G., Pina, S. A., Labaki, L. C., Ruschel, R. C., & de Carvalho Moreira, D. (2006). Quality of life and sustainability issues as seen by the population of low-income housing in the region of Campinas, Brazil. *Habitat International*, 30(4), 1100-1114.
210. Krippendorff, K. (2004). Reliability in Content Analysis. *Human Communication Research*, 30(3), 411-433. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2004.tb00738.x>
211. Küller, R., Mikellides, B., & Janssens, J. (2009). Color, arousal, and performance—A comparison of three experiments. *Color Research & Application*, 34(2), 141-152. doi: <https://doi.org/10.1002/col.20476>
212. Kusenbach, M. (2003). Street Phenomenology: The Go-Along as Ethnographic Research Tool. *Ethnography*, 4(3), 455-485. doi: <https://doi.org/10.1177/146613810343007>
213. Lacey, S., & Sathian, K. (2015). CROSSMODAL AND MULTISENSORY INTERACTIONS BETWEEN VISION AND TOUCH. *Scholarpedia journal*, 10(3), 7957. doi: <https://doi.org/10.4249/scholarpedia.7957>
214. l'Africain, L. (1957). *Description de l'Afrique*: Librairie d'Amérique et d'Orient-A. Maisonneuve.
215. Lane, R. D., Reiman, E. M., Axelrod, B., Yun, L.-S., Holmes, A., & Schwartz, G. E. (1998). Neural Correlates of Levels of Emotional Awareness: Evidence of an Interaction between Emotion and Attention in the Anterior Cingulate Cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(4), 525-535. doi: <https://doi.org/10.1162/089892998562924>
216. Langner, R., Kellermann, T., Eickhoff, S. B., Boers, F., Chatterjee, A., Willmes, K., & Sturm, W. (2012). Staying responsive to the world: Modality-specific

- and -nonspecific contributions to speeded auditory, tactile, and visual stimulus detection. *Human Brain Mapping*, 33(2), 398-418. doi: <https://doi.org/10.1002/hbm.21220>
217. Laumann, K., Gärling, T., & Stormark, K. M. (2003). Selective attention and heart rate responses to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 23(2), 125-134. doi: [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(02\)00110-X](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(02)00110-X)
218. Lavazza, A., & Swinburne, R. (2008). *L'uomo a due dimensioni: il dualismo mente-corpo oggi*: ESBMO.
219. Lavdas, A. A., & Schirpke, U. (2020). Aesthetic preference is related to organized complexity. *PLOS ONE*, 15(6), e0235257. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235257>
220. Leder, H., Belke, B., Oeberst, A., & Augustin, D. (2004). A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments. *British Journal of Psychology*, 95(4), 489-508. doi: <https://doi.org/10.1348/0007126042369811>
221. Lee Masson, H., Kang, H.-m., Petit, L., & Wallraven, C. (2017). Neuroanatomical correlates of haptic object processing: combined evidence from tractography and functional neuroimaging. [journal article]. *Brain Structure and Function*. doi: <https://doi.org/10.1007/s00429-017-1510-3>
222. Lee, J. H., Ostwald, M. J., & Gu, N. (2017). A Combined Plan Graph and Massing Grammar Approach to Frank Lloyd Wright's Prairie Architecture. *Nexus Network Journal*, 19(2), 279-299. doi: <https://doi.org/10.1007/s00004-017-0333-0>
223. Lee, J. H., Ostwald, M. J., & Gu, N. (2018). A Justified Plan Graph (JPG) grammar approach to identifying spatial design patterns in an architectural style. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(1), 67-89. doi: <https://doi.org/10.1177/0265813516665618>
224. Lee, J. H., Ostwald, M. J., & Lee, H. (2017). Measuring the spatial and social characteristics of the architectural plans of aged care facilities. *Frontiers of Architectural Research*, 6(4), 431-441. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.09.003>
225. Lesbet, D. (1985). *La Casbah d'Alger: gestion urbaine et vide social* (Vol. 3): Office des publications universitaires.
226. Lesbet, D. (1987). *La casbah d'Alger, gestion de la salubrite*. Paper presented at the Les Annales de la recherche urbaine.

227. Letesson, Q. (2009). *Space Syntax Theory and Methods in the Analysis of Minoan Neopalatial Architecture*. Paper presented at the Space Syntax Group Seminars (Department of Archaeology).
228. Levallois, M. (2001). Une autre conquête de l'Algérie. Ismaÿl Urbain (1812–1884); Paris: Maisonneuve et Larose.
229. Lin, C. T., Chiu, T. C., & Gramann, K. (2015). EEG correlates of spatial orientation in the human retrosplenial complex. *NeuroImage*, 120, 123-132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.07.009>
230. Lynch, K. (1960). *The image of the city* (Vol. 11); MIT press.
231. Makhèouf, M. (2007). Aesthetics values in urban design.
232. Mallgrave, H. F. (2013). *Architecture and embodiment: the implications of the new sciences and humanities for design*; Routledge.
233. Mallgrave, H. F. (2015). Embodiment and enculturation: the future of architectural design. [Perspective]. *Frontiers in Psychology*, 6(1398). doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01398>
234. Marchette, S. A., Vass, L. K., Ryan, J., & Epstein, R. A. (2015). Outside Looking In: Landmark Generalization in the Human Navigational System. *The Journal of Neuroscience*, 35(44), 14896. doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2270-15.2015>
235. Marcus, L., Giusti, M., & Barthel, S. (2016). Cognitive affordances in sustainable urbanism: contributions of space syntax and spatial cognition. *Journal of Urban Design*, 21(4), 439-452.
236. Maurice, M.-P., & Colin, S. (1962). Phenomenology of perception. *Trans. Colin Smith. London, New York: Routledge*.
237. Mavros, P., Austwick, M. Z., & Smith, A. H. (2016). Geo-EEG: Towards the Use of EEG in the Study of Urban Behaviour. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 9(2), 191-212. doi: <https://doi.org/10.1007/s12061-015-9181-z>
238. Mavros, P., Coyne, R., Roe, J., & Aspinall, P. (2012). Engaging the brain: Implications of mobile EEG for spatial representation.
239. Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. *Forum: Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 1(2), Art. 20, <http://nbnresolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0002204>

240. Mayring, P. (2004). Qualitative content analysis. *A companion to qualitative research*, 1(2), 159-176.
241. Mazouz, S., & Benhsain, N. (2009). *Handling Architectural Complexity by Combining Genetic and Syntactic Approaches*. Paper presented at the 7th International Space Syntax Symposium, Stockholm, İsveç.
242. Mazumder, R., & Ellard, C. (2018). The space between: An exploration into how urban environments influence affect and distance perception. In *Proceedings of the 2018 ANFA Conference; The Academy of Neuroscience for Architecture: La Jolla, CA, USA* (pp. 104-105).
243. McNaughton, B. L., Battaglia, F. P., Jensen, O., Moser, E. I., & Moser, M.-B. (2006). Path integration and the neural basis of the 'cognitive map'. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(8), 663-678. doi: <https://doi.org/10.1038/nrn1932>
244. Meilinger, T., Franz, G., & Bühlhoff, H. H. (2012). From Isovists via Mental Representations to Behaviour: First Steps toward Closing the Causal Chain. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 39(1), 48-62. doi: <https://doi.org/10.1068/b34048t>
245. Meyers-Levy, J., & Zhu, R. (2007). The Influence of Ceiling Height: The Effect of Priming on the Type of Processing That People Use. *Journal of consumer research*, 34(2), 174-186. doi: <https://doi.org/10.1086/519146>
246. Minguillon, J., Lopez-Gordo, M. A., Renedo-Criado, D. A., Sanchez-Carrion, M. J., & Pelayo, F. (2017). Blue lighting accelerates post-stress relaxation: Results of a preliminary study. *PLOS ONE*, 12(10), e0186399. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186399>
247. Missoum, S. (2003). *Alger à l'époque ottomane: la médina et la maison traditionnelle*: Édisud.
248. Moffat, S. D. (2016). Spatial Cognition and Wayfinding. In N. A. Pachana (Ed.), *Encyclopedia of Geropsychology* (pp. 2236-2244). Singapore: Springer Singapore.
249. Molzahn, A. E., & Northcott, H. C. (1989). The social bases of discrepancies in health/illness perceptions. *Journal of Advanced Nursing*, 14(2), 132-140. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1989.tb00911.x>
250. Moser, G. (2009). *Psychologie environnementale: les relations homme-environnement*: Armando Editore.

251. Mouratidis, K. (2018). Rethinking how built environments influence subjective well-being: a new conceptual framework. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 11(1), 24-40.
252. Munar, E., Nadal, M., Castellanos, N., Flexas, A., Maestú, F., Mirasso, C., & Cela-Conde, C. (2012). Aesthetic appreciation: event-related field and time-frequency analyses. [Original Research]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5(185). doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00185>
253. Nadal, M., & Pearce, M. T. (2011). The Copenhagen Neuroaesthetics conference: Prospects and pitfalls for an emerging field. *Brain and cognition*, 76(1), 172-183.
254. Nadal, M., & Skov, M. (2013). Introduction to the special issue: Toward an interdisciplinary neuroaesthetics. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 7(1), 1.
255. Nadal, M., & Skov, M. (2015). Neuroesthetics. In J. D. Wright (Ed.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)* (pp. 656-663). Oxford: Elsevier.
256. Nasr, S., Echavarria, C. E., & Tootell, R. B. H. (2014). Thinking Outside the Box: Rectilinear Shapes Selectively Activate Scene-Selective Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 34(20), 6721. doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4802-13.2014>
257. Navarrete, D. A., Witherspoon, B., & Witherspoon, S. (2017). The Restorative Impact of Perceived Open Space. In Proceedings of the 2018 ANFA Conference; The Academy of Neuroscience for Architecture: La Jolla, CA, USA, 2018; pp. 122–123.
258. Neutra, R. J. (1969). SURVIVAL THROUGH DESIGN.
259. Newberg, A. B., & D'Aquili, E. G. (1998). 6 - The neuropsychology of spiritual experience A2 - Koenig, Harold G *Handbook of Religion and Mental Health* (pp. 75-94). San Diego: Academic Press.
260. Noguchi, H., & Sakaguchi, T. (1999). Effect of Illuminance and Color Temperature on Lowering of Physiological Activity. *Applied Human Science*, 18(4), 117-123. doi: <https://doi.org/10.2114/jpa.18.117>
261. O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The Hippocampus as a Cognitive Map*: Oxford: Clarendon Press.
262. Orloff, A., & Stétié, S. (2011). *Les trois Médinas: Tunis, Alger, Fès*: Imprimerie nationale, Paris.

263. Pallasmaa, J. (2000). Hapticity and time. *Architectural Review*, 207(1), 78-84.
264. Pallasmaa, J. (2009). *The thinking hand: Existential and embodied wisdom in architecture*: Wiley Chichester.
265. Pallasmaa, J. (2011). *The embodied image: Imagination and imagery in architecture*: John Wiley & Sons.
266. Pallasmaa, J. (2012). *The eyes of the skin: architecture and the senses*: John Wiley & Sons.
267. Pallasmaa, J. (2014). Space, place and atmosphere. Emotion and peripheral perception in architectural experience. *Lebenswelt: Aesthetics and Philosophy of Experience*.
268. Pallasmaa, J., Mallgrave, H. F., Robinson, S., & Gallese, V. (2015). *Architecture and Empathy. Finland: Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation*.
269. Panda, S., & Marks, F. (2015). Circadian Lighting for Health. [Column]. *ASHRAE Journal*, 57(11), 84+.
270. Panerai, P., Demorgon, M., & Depaule, J.-C. (1999). *Analyse urbaine*: Parenthèses Marseille.
271. Patton, M. (2002). *Qualitative research & evaluation methods* . Thousand Oaks, CA: Publication: Inc.
272. Pearce, M. T., Zaidel, D. W., Vartanian, O., Skov, M., Leder, H., Chatterjee, A., & Nadal, M. (2016). Neuroaesthetics. *Perspectives on Psychological Science*, 11(2), 265-279. doi: <https://doi.org/10.1177/1745691615621274>
273. Pessoa, L. (2010). Emotion and cognition and the amygdala: From “what is it?” to “what's to be done?”. *Neuropsychologia*, 48(12), 3416-3429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.038>
274. Pihko, E., Virtanen, A., Saarinen, V.-M., Pannasch, S., Hirvenkari, L., Tossavainen, T., . . . Hari, R. (2011). Experiencing Art: The Influence of Expertise and Painting Abstraction Level. [Original Research]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5(94). doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00094>
275. Pinon, P. (1991). *Lire et composer l'espace public*. Paris: Ministère de l'équipement , service technique de l'urbanisme.
276. Porteous, J. D. (2013). *Environmental aesthetics: Ideas, politics and planning*: Routledge.

277. Rameson, L. T., Morelli, S. A., & Lieberman, M. D. (2012). The Neural Correlates of Empathy: Experience, Automaticity, and Prosocial Behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(1), 235-245. doi: https://doi.org/10.1162/jocn_a_00130
278. Rapport de l'UNESCO sur l'état de sauvegarde de la Casbah d'Alger 2020. <https://whc.unesco.org/document/185425>
279. Rauber, A., & Krafta, R. (2018). Alexander's Theories Applied to Urban Design. *Urban Science*, 2(3), 86.
280. Ravéreau, A. (2007). *La Casbah d'Alger, et le site créa la ville*. Arles: Sindbad-Actes Sud.
281. Readinger, W. O. (2002). Representing and partitioning visual space: applying isovist field theory to human perception. *Journal of Vision*, 2(7), 515-515. doi: <https://doi.org/10.1167/2.7.515>
282. Reber, R., Schwarz, N., & Winkielman, P. (2004). Processing Fluency and Aesthetic Pleasure: Is Beauty in the Perceiver's Processing Experience? *Personality and Social Psychology Review*, 8(4), 364-382. doi: https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0804_3
283. Reussner, A. (1931). Lespès (René). — <i>Alger. Étude de géographie et d'histoire urbaines</i>. *Outre-Mers. Revue d'histoire*, 202-205.
284. Rheingold, H. (1991). *Virtual reality*. London: Secker and Warburg
285. Ricci, N. (2018). *The Psychological Impact of Architectural Design*.
286. Rietveld, E., & Kiverstein, J. (2014). A Rich Landscape of Affordances. *Ecological Psychology*, 26(4), 325-352. doi: <https://doi.org/10.1080/10407413.2014.958035>
287. Ritterfeld, U. T. E., & Cupchik, G. C. (1996). PERCEPTIONS OF INTERIOR SPACES. *Journal of Environmental Psychology*, 16(4), 349-360. doi: <https://doi.org/10.1006/jevp.1996.0029>
288. Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2016). The mirror mechanism: a basic principle of brain function. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(12), 757-765. doi: <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.135>
289. Robinson, S., & Pallasmaa, J. (2015). *Mind in architecture: Neuroscience, embodiment, and the future of design*: MIT Press.

290. Roe, J. J., Aspinall, P. A., Mavros, P., & Coyne, R. (2013). Engaging the brain: the impact of natural versus urban scenes using novel EEG methods in an experimental setting. *Environ Sci*, 1(2), 93-104.
291. Roy, A. (2001). Traditions of the Modern: A Corrupt View. *Traditional Dwellings and Settlements Review*, 12(2), 7-19.
292. Sadock, B. J., Sadock, V. A., & Ruiz, P. (2000). *Comprehensive textbook of psychiatry* (Vol. 1): lippincott Williams & wilkins Philadelphia, PA.
293. Salama, A. M. (2007). Nikos A. Salingaros: a new vitruvius for 21st-century architecture and urbanism? *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 1(2), 114-131.
294. Santuber, J., Dremel, C., de Paula, D., Owoyele, B., & Edelman, J. A. (2020). Towards an Enactive-Ecological Approach to Sociomateriality in Information Systems Research. *AMCIS 2020 Proceedings*.
295. Schertz, K. E., & Berman, M. G. (2019). Understanding Nature and Its Cognitive Benefits. *Current Directions in Psychological Science*, 28(5), 496-502. doi: <https://doi.org/10.1177/0963721419854100>
296. Schiltz, L. (2006). Grilles d'analyse de contenu basées sur l'approche phénoménologico-structurale. *Bulletin de la Société des Sciences Médicales du Grand Duché de Luxembourg*, 2, 265-280.
297. Schopenhauer, A. (1844). *Die Welt als Wille und Ausstellung*, translated as *The World as Will and Representation*, Vol. I. Transl. EFJ Payne (1969): New York, NY: Dover Publications.
298. Schreier, M. (2012). *Qualitative content analysis in practice*: Sage publications.
299. Schwartz, J. H., Jessell, T. M., & Kandel, E. R. (1991). *Principles of neural science*: Elsevier New York.
300. Seamon, D. (2007). *Christopher Alexander and a phenomenology of wholeness*. Paper presented at the Annual meeting of the Environmental Design Research Association (EDRA), Sacramento, CA.
301. Sebih, R. (2019). Les dynamiques sociolangagières dans les graffiti de la Casbah d'Alger. *Insaniyat/إنسانيات. Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales*(85-86), 131-151.

302. Sepúlveda-Pedro, M. A. (2020). Levels and Norm-Development: A Phenomenological Approach to Enactive-Ecological Norms of Action and Perception. *Frontiers in Psychology*, 11, 1666-1666. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01666>
303. Serences, J. T., & Yantis, S. (2006). Selective visual attention and perceptual coherence. *Trends in cognitive sciences*, 10(1), 38-45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.11.008>
304. Seth, A. K., Suzuki, K., and Critchley, H. D. (2012). An interoceptive predictive coding model of conscious presence. *Front. Psychol.* 2:395. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00395>
305. Shaftesbury (A. A. Cooper) Third Earl of (1711/2001). *Characteristics of Men, Manners, Opinions, Times*. Edited by den Uyl, D., Indianapolis, IN: Liberty Fund.
306. Shiota, M. N., Keltner, D., & Mossman, A. (2007). The nature of awe: Elicitors, appraisals, and effects on self-concept. *Cognition and Emotion*, 21(5), 944-963. doi: <https://doi.org/10.1080/02699930600923668>
307. Slater, M. (1999). Measuring presence: A response to the Witmer and Singer presence questionnaire *the Massachusetts Institute of Technology* (Vol. 8, pp. 560-565): the Massachusetts Institute of Technology. <http://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/105474699566477>
308. Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603-616. doi: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
309. Small, D. M., Gregory, M. D., Mak, Y. E., Gitelman, D., Mesulam, M. M., & Parrish, T. (2003). Dissociation of Neural Representation of Intensity and Affective Valuation in Human Gustation. *Neuron*, 39(4), 701-711. doi: [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00467-7](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00467-7)
310. Sobin, H. J. (1994). Veils and Shadows: Le Corbusier in North Africa, 1928-1936. *Proceedings of the Meeting of the French Colonial Historical Society*, 19, 187-199.
311. Soto Magan, V. E. W., Forrest Simon ; Andersen, Marilyne. (2018). *Perceived and yet not seen: non-visual effects in daylight spaces*. In Proceedings of the 2018 ANFA

- Conference *Shared Behavioral Outcomes. Academy of neuroscience for Architecture*, La Jolla, CA, USA.
312. Stamatopoulou, D. (2018). Empathy and the aesthetic: Why does art still move us? *Cognitive Processing*, 19(2), 169-186. doi: <https://doi.org/10.1007/s10339-017-0836-3>
 313. Stamps, A. E. (2005). Isovists, Enclosure, and Permeability Theory. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(5), 735-762. doi: <https://doi.org/10.1068/b31138>
 314. Staszak, J.-F. (2018). Exotisation et érotisation d'un haut-lieu et bas-fond touristique: la Casbah d'Alger. *Téoros. Revue de recherche en tourisme*, 37(37, 2).
 315. Stenfors, C. U. D., Van Hedger, S. C., Schertz, K. E., Meyer, F. A. C., Smith, K. E. L., Norman, G. J., . . . Berman, M. G. (2019). Positive Effects of Nature on Cognitive Performance Across Multiple Experiments: Test Order but Not Affect Modulates the Cognitive Effects. [Original Research]. *Frontiers in Psychology*, 10(1413). doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01413>
 316. Stephenson, J. (2019). Late Roman Villas and Cognitive Science. *Architectural Histories*, 7(1). doi: <https://doi.org/10.5334/ah.284>
 317. Sternberg, E. M. (2009). *Healing spaces*: Harvard University Press.
 318. Sternberg, E. M., & Wilson, M. A. (2006). Neuroscience and Architecture: Seeking Common Ground. *Cell*, 127(2), 239-242. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.10.012>
 319. Stevens, F. L., Hurley, R. A., & Taber, K. H. (2011). Anterior cingulate cortex: unique role in cognition and emotion. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 23(2), 121-125.
 320. Stiny, G. (1977). Ice-Ray: A Note on the Generation of Chinese Lattice Designs. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 4(1), 89-98. doi: <https://doi.org/10.1068/b040089>
 321. Stiny, G. (1980 a). Introduction to Shape and Shape Grammars. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 7(3), 343-351. doi: <https://doi.org/10.1068/b070343>
 322. Stiny, G. (1980 b). Kindergarten grammars: designing with Froebel's building gifts. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 7(4), 409-462.

323. Stiny, G., & Gips, J. (1972). Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture in CV Freiman (ed), *Information Processing 71*: Amsterdam: North-Holland.
324. Stiny, G., & Mitchell, W. J. (1978). The Palladian Grammar. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 5(1), 5-18. doi: <https://doi.org/10.1068/b050005>
325. Taraud, C. (2008). Les yaouleds: entre marginalisation sociale et sédition politique. Retour sur une catégorie hybride de la casbah d'Alger dans les années 1930-1960. *Revue d'histoire de l'enfance «irrégulière»*. *Le Temps de l'histoire*(10), 59-74.
326. Taylor, R. P. (2006). Reduction of Physiological Stress Using Fractal Art and Architecture. *Leonardo*, 39(3), 245-251. doi: <https://doi.org/10.1162/leon.2006.39.3.245>
327. Tullett, A. M., Kay, A. C., & Inzlicht, M. (2014). Randomness increases self-reported anxiety and neurophysiological correlates of performance monitoring. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(5), 628-635. doi: <https://doi.org/10.1093/scan/nsu097>
328. Turner, A., & Penn, A. (1999). *Making isovists syntactic: isovist integration analysis*. Paper presented at the 2nd International Symposium on Space Syntax, Brasilia.
329. Tüscher, A. (2016). *The Scope of "Empathy" in Architecture: From the design process to the user's experience, and back*.
330. Tüscher, A., & Dokic, J. (2020). « Affordances et sublimités architecturales », Implications philosophiques, 2020. <http://www.implications-philosophiques.org/implications-epistemologiques/affordances-et-sublimites-architecturales>.
331. Ulrich, R. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224(4647), 420-421. doi: <https://doi.org/10.1126/science.6143402>
332. Ulrich, R. S. (1979). Visual landscapes and psychological well-being. *Landscape Research*, 4(1), 17-23. doi: <https://doi.org/10.1080/01426397908705892>
333. Ulrich, R. S. (1983). Aesthetic and affective response to natural environment *Behavior and the natural environment* (pp. 85-125): Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3539-9_4

334. Ulrich, R. S. (1986). Human responses to vegetation and landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 13, 29-44. doi: [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(86\)90005-8](https://doi.org/10.1016/0169-2046(86)90005-8)
335. Ulrich, R. S. (2006). Essay: Evidence-based health-care architecture. *The Lancet*, 368, S38-S39. doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(06\)69921-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(06)69921-2)
336. Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201-230. doi: [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)
337. Vandenabeele, B. (2015). *A companion to Schopenhauer* (Vol. 49): John Wiley & Sons.
338. Varela, F. J. (1999). The specious present: A neurophenomenology of time consciousness *Naturalizing phenomenology: Issues in contemporary phenomenology and cognitive science*. (pp. 266-314): Stanford University Press.
339. Varela, F., Thompson, E. & Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind*, The MIT Press.
340. Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Gonzalez-Mora, J. L., Leder, H., . . . Skov, M. (2015). Architectural design and the brain: effects of ceiling height and perceived enclosure on beauty judgments and approach-avoidance decisions. *Journal of environmental psychology*, 41, 10-18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.11.006>
341. Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Leder, H., Modro, . . . Skov, M. (2013). Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 10446-10453. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1301227110>
342. Vecchiato, G., Jelic, A., Tieri, G., Maglione, A. G., De Matteis, F., & Babiloni, F. (2015 a). Neurophysiological correlates of embodiment and motivational factors during the perception of virtual architectural environments. *Cognitive Processing*, 16(1), 425-429. doi: <https://doi.org/10.1007/s10339-015-0725-6>
343. Vecchiato, G., Tieri, G., Jelic, A., De Matteis, F., Maglione, A. G., & Babiloni, F. (2015 b). Electroencephalographic Correlates of Sensorimotor Integration and Embodiment during the Appreciation of Virtual Architectural Environments. [Original

- Research]. *Frontiers in Psychology*, 6(1944). doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01944>
344. Vergès, M. (1994). La Casbah d'Alger: chronique de la survie dans un quartier en sursis. *NAQD*(1), 36-43.
345. Vischer, R., Mallgrave, H. F., & Ikonomidou, E. (1994). Empathy, form, and space: Problems in German aesthetics, 1873-1893.
346. Volle, E., Gilbert, S. J., Benoit, R. G., & Burgess, P. W. (2010). Specialization of the Rostral Prefrontal Cortex for Distinct Analogy Processes. *Cerebral Cortex*, 20(11), 2647-2659. doi: <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq012>
347. Wang, L., LaViolette, P., O'Keefe, K., Putcha, D., Bakkour, A., Van Dijk, K. R. A., . . . Sperling, R. A. (2010). Intrinsic connectivity between the hippocampus and posteromedial cortex predicts memory performance in cognitively intact older individuals. *NeuroImage*, 51(2), 910-917. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.02.046>
348. Wang, M., & Yu, B. (2012). Landscape characteristic aesthetic structure: Construction of urban landscape characteristic time-spatial pattern based on aesthetic subjects☆. *Frontiers of Architectural Research*, 1(3), 305-315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.07.001>
349. Watson, K. J. (2018). Establishing psychological wellbeing metrics for the built environment. *Building Services Engineering Research and Technology*, 39(2), 232-243.
350. Weber, R., Schnier, J., & Jacobsen, T. (2008). Aesthetics of Streetscapes: Influence of Fundamental Properties on Aesthetic Judgments of Urban Space. *Perceptual and Motor Skills*, 106(1), 128-146. doi: <https://doi.org/10.2466/pms.106.1.128-146>
351. Xenakis, I., & Arnellos, A. (2014). Aesthetic perception and its minimal content: a naturalistic perspective. [Original Research]. *Frontiers in Psychology*, 5(1038). doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01038>
352. Xenakis, I., & Arnellos, A. (2015). Aesthetics as an Emotional Activity That Facilitates Sense-Making: Towards an Enactive Approach to Aesthetic Experience. In A. Scarinzi (Ed.), *Aesthetics and the Embodied Mind: Beyond Art Theory and the Cartesian Mind-Body Dichotomy* (pp. 245-259). Dordrecht: Springer Netherlands. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-017-9379-7_15

353. Yeh, Y.-c., Lin, C.-W., Hsu, W.-C., Kuo, W.-J., & Chan, Y.-C. (2015). Associated and dissociated neural substrates of aesthetic judgment and aesthetic emotion during the appreciation of everyday designed products. *Neuropsychologia*, 73, 151-160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.05.010>
354. Yu, R., & Ostwald, M. J. (2018). Spatio-visual experience of movement through the Yuyuan Garden: A computational analysis based on isovists and visibility graphs. *Frontiers of Architectural Research*, 7(4), 497-509. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2018.08.003>
355. Yu, R., Gu, N., & Ostwald, M. (2016). The mathematics of spatial transparency and mystery: using syntactical data to visualise and analyse the properties of the Yuyuan Garden. *Visualization in Engineering*, 4(1), 4. doi: <https://doi.org/10.1186/s40327-016-0033-y>
356. Yue, X., Vessel, E. A., & Biederman, I. (2007). The neural basis of scene preferences. *NeuroReport*, 18(6), 525-529. doi: <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e328091c1f9>
357. Zahavi, D., & Gallagher, S. (2008). The (in) visibility of others: a reply to Herschbach. *Philosophical Explorations*, 11(3), 237-244. doi: <https://doi.org/10.1080/13869790802302306>
358. Zako, R., Bendon, H., Thom, J., & Hanson, J. (2006). Opening up the open spaces through space syntax.
359. Zekagh, A. (2008). PLAN PERMANENT DE SAUVEGARDE DU SECTEUR SAUVEGARDE DE LA CASBAH D'ALGER. *Stratégies Pour Un Développement Durable Local: Renouvellement Urbain Et Processus de Transformations Informelles*, 48.
360. Zeki, S., & Ishizu, T. (2013). The “Visual Shock” of Francis Bacon: an essay in neuroesthetics. [Hypothesis and Theory]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(850). doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00850>
361. Zeki, S., & Nash, J. (1999). *Inner vision: An exploration of art and the brain* (Vol. 415): Oxford University press Oxford.
362. Zeki, S., Bao, Y., & Pöppel, E. (2020). Neuroaesthetics: The art, science, and brain triptych. *PsyCh Journal*, 9(4), 427-428. doi: <https://doi.org/10.1002/pchj.383>
363. Zhang, L., Gossmann, J., Stevenson, C., Chi, M., Cauwenberghs, G., Gramann, K., ... & Architects, H. M. C. (2011, November). Spatial cognition and architectural

design in 4d immersive virtual reality: Testing cognition with a novel audiovisual cave-cad tool. In *Proceedings of the Spatial Cognition for Architectural Design Conference*.

364. Zidelman, N., & Belakehal, A. (2016). *Les ambiances de la Casbah d'Alger. Les revelations des textes*. Paper presented at the Ambiances, tomorrow. Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances. Septembre 2016, Volos, Greece.
365. Zillmer, E., Spiers, M., & Culbertson, M. (2008). Principles of neurophysiology: Belmont, CA: Thomson Higher Education.
366. Zola-Morgan, S., Squire, L. R., & Amaral, D. G. (1986). Human amnesia and the medial temporal region: enduring memory impairment following a bilateral lesion limited to field CA1 of the hippocampus. *The Journal of Neuroscience*, 6(10), 2950. doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.06-10-02950.1986>

GLOSSAIRE

- **Configuration spatial (spatial configuration)**

C'est le mode d'agencement et d'arrangement des éléments dans l'espace. La configuration morphologique de l'espace est un facteur déterminant dans l'expérience architecturale de l'espace (perception et action)

- **Le centrisme oculaire (l'oculocentrisme /l'hégémonie visuelle)**

C'est une notion qui décrit l'hégémonie visuelle ou le primat du sens de la vue sur le reste des sens dans la perception de l'espace

- **Rythme circadien (circadian rhythm)**

Est un rythme regroupant des processus biologique cycliques d'une durée d'environ 24heures. Les rythmes sont endogènes produits par des horloges biologiques qui s'opèrent même en absence de stimulus extérieur dans des conditions constante de lumière et de température. Les rythmes sont exogènes quand un stimulus extérieur modifie l'heur biologique. Le fonctionnement des rythmes circadien est sous-tendu par des noyaux suprachiasmatiques dans l'hypothalamus. Les rythmes circadiens sont très sensibles aux changements des stimuli environnementaux (comme la lumière), surtout quand ce n'est pas attendu.

- **La phénoménologie**

Elle peut être définie comme une description et une interprétation soignées de l'expérience humaine. L'accent est mis sur les phénomènes ou les expériences vécues par l'homme. La phénoménologie peut être définie comme une science qualitative intuitive qui accepte les sentiments, l'intuition et l'expérience individuels et de groupe comme un sujet d'étude valable et comme un moyen d'étudier la chose qui nous intéresse.

- **Mirror neurons (Neurones miroirs)**

Neurones qui se déchargent à la fois lorsqu'un individu exécute un comportement donné et lorsqu'un individu observe une autre personne effectuer le même comportement ou un comportement similaire; ces neurones se trouvent dans de nombreuses zones corticales cérébrales du cerveau.

- **Mirror mechanism (Mécanisme de miroir)**

Un mécanisme cérébral de base qui transforme les représentations sensorielles du comportement d'autrui en ses propres représentations motrices ou viscéromotrices concernant ce comportement et peut remplir une gamme de fonctions cognitives, y compris la compréhension de l'action et des émotions.

- **Understanding from the inside (Comprendre de l'intérieur)**

Une notion qui décrit comment le mécanisme du miroir (mirror mechanism) pourrait fournir une voie vers la connaissance des autres en capitalisant sur ses propres représentations motrices ou viscéromotrices. Cela reflète également l'idée qu'il existe des aspects phénoménaux communs aux expériences de ses propres actions, émotions et formes de vitalité et celles des autres.

- **Emotions (Emotions)**

Programmes d'action largement déclenchés par des stimuli externes (perçus ou rappelés). Les exemples incluent le dégoût, la peur, la colère, la tristesse, la joie, la honte, le mépris, l'orgueil, la compassion et l'admiration.

- **Feelings (Sentiments)**

Les expériences mentales qui accompagnent les états corporels. Les programmes d'action (pulsions et émotions) peuvent susciter des sentiments. Les expériences liées aux sens extéroceptifs (vision, audition, toucher, goût et odorat) provoquent généralement des émotions et des sentiments qui en découlent, mais en général ne sont pas ressenties en elles-mêmes. Cette définition exclut également l'utilisation de «sentir» dans le sens de «penser» ou «intuire».

- **Le 'Awe'**

Le 'Awe' est une émotion secondaire complexe combinant plusieurs émotions primaires contradictoire, notamment la peur, la soumission, l'admiration, et la gaité. Le 'Awe' décrit une réponse émotionnelle provoquée par l'expérience esthétique du sublime.

- **Interoceptive system (Système intéroceptif)**

Une collection de voies nerveuses et de noyaux du SNC dédié à la détection et à la cartographie des signaux homéostatiques (tels que les degrés de contraction musculaire viscérale et la composition chimique du milieu interne). Les principales voies intéroceptives sont le nerf vague et la voie lamina I (spinothalamocorticale). Le système intéroceptif surveille l'état du corps, orchestre les réponses à celui-ci et joue un rôle central dans la génération de sentiments.

- **Représentation spatiale égocentrique**

Dans la navigation spatiale, un cadre de référence égocentrique signifie que le sujet (l'observateur) est le point de référence autour duquel s'organise l'espace environnant. Dans un tel cadre, les représentations que l'observateur garde en mémoire maintiennent la perspective en fonction de laquelle l'information a été codée.

- **Représentation spatiale allocentrique**

Dans un cadre de référence allocentrique, la localisation des objets et leur orientation sont définies indépendamment de la position et de l'orientation de l'observateur. En d'autres termes, les représentations construites dans un tel cadre sont centrées sur les objets présents dans l'environnement.

- **Perception haptique**

La perception haptique signifie la perception du corps dans l'environnement. Elle est centrée autour trois modalités perceptuelles : tactile, kinesthésique et sensorimotrices.

- **Supermodalité ou intermodalité sensorielle (sensory supermodality)**

C'est la capacité d'intégrer de façon multimodale des informations en provenance de plusieurs modalités sensorielles

ANNEXES