

Cognition et syntaxe spatiale. Analyse de la résilience des parcours de l'unité d'urgence Sadok Mokaddem à Djerba

Cognition and space syntax. Analysis of the pathways resilience of the Sadok Mokaddem emergency unit in Djerba

Khouloud Barouni^{1,*}, et Damien Claeys^{1,2}

¹TSA-LAB, LAB, UCLouvain, Rue Wafelaerts 47/51, 1060 Bruxelles, Belgique

²LOCI, UCLouvain, Rue Wafelaerts 47/51, 1060 Bruxelles, Belgique

Résumé. Dans le cadre d'une recherche pour améliorer la circulation des patients dans les unités de soins en cas de crises sanitaires, une méthode d'analyse est proposée du point de vue de la cognition spatiale. À partir de l'analyse de l'unité d'urgence Sadok Mokaddem à Djerba, la méthode est testée en deux phases : la dynamique des systèmes modélise les flux de patients à travers différents parcours cliniques possibles, tandis que la syntaxe spatiale calcule des corrélations entre le mouvement humain et la disposition spatiale. Enfin, l'analyse contribue à comprendre les états possibles du système de l'unité d'urgence, en généralisant la méthode pour intégrer une logique spatiale résiliente.

Mots clés. architecture hospitalière, syntaxe spatiale, cognition, perception, modélisation

Abstract. As part of a research project to improve patient flow in care units during health crises, an analysis method is proposed from the perspective of spatial cognition. Based on the analysis of the Sadok Mokaddem emergency unit in Djerba, the method is tested in two phases: system dynamics models patient flows through different possible clinical pathways, while spatial syntax calculates correlations between human movement and spatial layout. Finally, the analysis contributes to understanding the possible states of the emergency unit system, by generalizing the method and integrating resilient spatial logic.

Keywords. hospital architecture, space syntax, cognition, perception, model

* Corresponding author: khouloud.barouni@uclouvain.be

1 Introduction

À la suite de la crise du Covid-19, l'organisation spatiale des unités de soins est remise en question, mais les informations liées à ces structures sont très limitées. Selon un rapport de l'OMS, seulement 4 % des 133 pays participants à l'enquête ont une capacité durable à optimiser les données des services de santé, afin de faciliter la réalisation d'une analyse couvrant tous les aspects des services de santé [1]. Plus précisément, la gestion des flux des patients dans une unité d'urgence est un défi majeur auquel les structures hospitalières sont confrontées. Et cette situation est encore plus complexe lorsque cette unité est exposée à un aléa significatif (par exemple, une pandémie ou une catastrophe naturelle). La spécificité du service des urgences par rapport à d'autres services hospitaliers réside dans l'arrivée aléatoire des patients. Cette particularité entraîne un manque de maîtrise en amont et en aval du parcours du patient, ainsi qu'une faible anticipation du processus de prise en charge. L'augmentation et l'imprévisibilité du nombre de patients arrivant à ce service impactent leur capacité à résister aux aléas.

Dans le cadre d'une recherche pour améliorer la circulation des usagers dans les unités de soins, de manière à rendre les structures hospitalières plus résilientes en cas de pandémies ou de catastrophes naturelles, une méthode d'analyse est proposée du point de vue de la cognition spatiale.

Pour proposer des solutions améliorant le fonctionnement des unités de soins, la relation entre leur organisation spatiale et la cognition spatiale des usagers est questionnée méthodologiquement, en ayant recours à la dynamique des systèmes et au cadre d'analyse de la syntaxe spatiale. Le cas d'étude proposé pour tester la méthode est volontairement limité à l'unité d'urgence Sadok Moakkadem à Djerba en Tunisie, pour utiliser les informations liées à la prise en charge des patients lors d'un travail de terrain. En mettant l'accent sur l'importance de la perception visuelle, plusieurs schémas questionnent la cognition spatiale des unités de soins pour analyser le comportement humain par rapport à l'environnement. La dynamique des systèmes met en évidence cette relation en modélisant les flux de patients à travers différents parcours cliniques possibles au sein de l'unité d'urgence. Ensuite, l'analyse avec les outils de la syntaxe spatiale mesure différents indicateurs de la structure et du fonctionnement de l'espace, tels que la profondeur, la connectivité et l'intégration. Au terme de ces deux modélisations, l'analyse de l'unité d'urgence contribue à comprendre les différents états possibles du système hospitalier et elle aide à comprendre comment concevoir une architecture hospitalière résiliente du point de vue du flux des usagers.

2 Cognition et syntaxe spatiale

D'après Ulric Neisser [2], la *cognition* humaine est « l'ensemble des processus par lesquels les informations sensorielles sont transformées, réduites, élaborées, stockées, récupérées et utilisées », tandis que, d'après Roger Brunet [3], l'*organisation spatiale* est la mise en relation d'un ensemble de lieux, plus au moins cohérents, mis en relations dans lequel circulent des flux. De là, la *cognition spatiale* peut être définie comme un processus dynamique qui permet (implique) de comprendre et analyser les informations relatives à la structure, à l'environnement et aux utilisateurs d'un système donné. Cette approche interpelle la manière dont les individus construisent le potentiel spatial qu'ils utilisent pour qu'il devienne à son tour un levier d'action [4].

Les questionnements sur la cognition spatiale sont divers et complexes en raison de la variété des sources d'informations qui permettent d'élaborer des connaissances spatiales et de guider des conduites adaptées [5]. D'après Leila Hajibabai *et al* [6], la cognition spatiale est « la manière dont les êtres humains gèrent les problèmes liés aux relations dans l'espace, à la navigation et à l'orientation ». Différentes recherches ont progressivement développé

l'étude de la cognition spatiale. Ainsi, Edward T. Hall [7] décrit la distance physique entre les individus et la divise en zones de proximité qui influencent la façon dont nous interagissons dans l'espace avec les autres, tandis que Kevin Lynch [8] identifie des éléments construits utiles à la formation d'images mentales mémorables, pour faciliter le repérage de l'individu dans une ville. Plus tard, Peter Gould et White Rodney [9] ont développé le concept majeur de la *carte mentale*, comme étant une représentation mentale d'un environnement spatial pour former des espaces mentaux et construire un sens à partir d'informations sensorielles. Elle est utilisée mentalement comme référence pour s'orienter, prendre des décisions et comprendre l'environnement. Les principes de la carte mentale ont été largement développés par la suite. Ainsi, Rob Kitchin et Freundschuh [10] ont examiné la façon dont les gens interagissent avec leur environnement, à travers la modélisation d'un nouveau modèle conceptuel de carte cognitive, influencée par divers facteurs, tels que la culture, le genre et les expériences personnelles.

Face à l'infinité des configurations possibles, les recherches en cognition spatiale positionnent leurs tentatives de compréhension du comportement humain en interaction avec un *environnement donné* et dans un *cadre socio-culturel spécifique*.

Proposée comme l'une des théories relatives à la circulation humaine [11], la cognition spatiale est un atout à l'analyse des structures de soins. Une étude faite sur le sanatorium de Paimio d'Alvar Alto [12] montre que l'architecte donne de l'importance à la nature, la lumière, l'air, les couleurs et l'exposition au bruit, pour concevoir un lieu de guérison. Ces facteurs pris en considération sollicitent les organes perceptifs (capteurs sensoriels) et principalement l'œil. Sachant que « pour savoir ce qui est », il faut « regarder ce qui est en regardant » [13], la structuration de l'objet (espace) peut être définie comme l'élaboration de l'ensemble des propriétés physiques de la scène visuelle en une configuration [14]. C'est par l'expérience, la perception et l'observation des résultats de son comportement en interaction avec son environnement que l'être humain peut développer sa cognition spatiale.

La littérature menée précédemment indique que la cognition spatiale des individus est principalement étudiée à travers le concept de *perception* et que les capacités cognitives des humains se développent par leurs interactions avec leur environnement.

La syntaxe spatiale cherche à identifier des caractéristiques de la configuration spatiale qui influencent les capacités cognitives à travers les comportements de déplacement.

Initiée en 1984, la « *space syntax* » [syntaxe spatiale] est une théorie développée par Bill Hillier [15] et d'autres à la Bartlett School of Architecture de l'University College of London. L'approche étudie la relation entre la « configuration » de l'espace, la structure de l'environnement bâti et le comportement humain [14]. Elle considère que l'espace bâti n'est pas un objet passif et que son organisation physique influence la perception de l'environnement et les interactions sociales qui en résultent. Elle traduit les comportements sociaux c'est-à-dire « la façon dont les acteurs humains comprennent l'espace et répondent à ses modèles complexes » [15] à travers un ensemble d'outils et de techniques qui aboutissent à des modèles interprétatifs. Ils donnent accès à certaines caractéristiques et propriétés des graphes qui permettent une analyse plus poussée de la configuration spatiale [16]. La « configuration spatiale » est un concept central se référant à la disposition et l'organisation des éléments d'un espace, tout en se focalisant sur les relations qui les lient et comment elles affectent la perception, l'utilisation et l'interaction dans l'espace [16]. Ainsi, la structure influe et modifie le comportement et vise à créer un schéma collectif.

Un état de l'art des usages du cadre d'analyse de la syntaxe spatiale [17–22] montre qu'à partir de l'analyse du graphe de visibilité, plusieurs indicateurs principaux peuvent être étudiés, tels que l'intégration, la connectivité et la profondeur. Ces mesures configurationnelles sont fortement liées à la perception de l'espace.

La « *visual graph analysis* » [analyse du graphe de visibilité] (VGA) est une modélisation en plan de l'édifice étudié représentant les relations entre les différentes composantes à

travers la capacité des individus à percevoir et à s'orienter dans un espace. Il s'agit d'une méthode de description quantitative de la configuration visuelle d'un environnement qui permet d'étudier l'impact de la visibilité sur les interactions sociales et les déplacements des individus. Elle s'appuie sur l'isovist qui est défini comme l'ensemble des emplacements vus en ligne directe depuis le point d'observation. Elle détermine aussi les conditions de coprésence des occupants, et donc les possibilités d'action et d'interaction dans un espace donné. En réinterprétant l'ensemble des isovists, des graphes des emplacements sont créés, offrant un outil pour explorer l'expérience commune de l'espace étudié à travers les relations de visibilité et de perméabilité au sein des systèmes spatiaux [23].

Des principes de la cognition spatiale sont mobilisés ici pour prendre en compte les perceptions visuelles collectives qui guident les flux des patients. Ils mesurent la résilience configurationnelle d'une structure hospitalière par le biais de l'étude d'une unité d'urgence à l'hôpital Sadok Mokaddem et de la méthode de la syntaxe spatiale. L'espace vécu est le point de départ pour décrire les perceptions individuelles qui dépendront des parcours de prise en charge de chaque patient. Chaque perception fera référence à un ensemble de schémas ou d'images donnant un sens et une adaptabilité au système [24].

3 Prise en charge du patient : une posture systémique

Les configurations spatiales et leurs compositions sont des représentations qui interprètent la réalité, néanmoins, ces représentations ne suffisent pas pour traduire le réel. Percevoir l'espace, traiter les informations liées à sa configuration, comprendre la manière avec laquelle l'utilisateur y circule et interpréter cet espace vécu nécessite une modélisation « personnalisée » [25], cognitivement consciente, qui prend en compte tous les paramètres constants et variables du système.

D'après une définition adaptée [26–28], un système est une entité organisée dont les éléments sont interreliés, dans un environnement, pour réaliser un but. Sa structure évolue au cours du temps sans perdre son identité. La complexité d'un système est définie par les interrelations de toutes ses composantes et du système par rapport à son environnement et le rend difficile à comprendre et à prédire.

Inclure certains composants ou interrelations, ou en ignorer d'autres, peut conduire à une clarification du problème pour mieux comprendre la complexité des milieux de soins [29]. L'unité d'urgence requiert une approche systémique, afin que des changements paramétriques sur l'ensemble du système ou des parties du système puissent être observés [30]. Comme chaque système complexe, les éléments de l'unité d'urgence sont classés sous deux catégories : structurelles et comportementales. La structure présente l'architecture du système et définit ses limites, alors que les comportements élargissent d'avantage la description du système et présentent les détails de la communication, du flux de personnes et des informations liées au processus [31].

L'élaboration d'une approche holistique par le biais de la dynamique des flux de patients est essentielle. Elle explicite la structure organisationnelle, les parcours cliniques, les goulots d'étranglement ainsi que les scénarios « et si » [30]. L'objectif est d'analyser, comprendre et prédire le comportement de systèmes complexes en analysant ses facteurs d'évolution [32] pour mesurer le degré de résilience et garantir un retour constant à l'état stable.

La modélisation du processus de prise en charge (fig. 1) permet d'analyser l'ensemble des parcours de soins et de développer des processus cohérents pour mieux répondre à leurs besoins [33]. Ce processus de prise en charge peut varier d'un service à un autre, d'un patient à un autre et d'un environnement à un autre. L'élaboration de cette modélisation « initiale » facilite la comparaison de l'état initial du système étudié par rapport à son état réel, vécu.

Le processus de prise en charge des patients au service des urgences, comporte des entrées et des sorties. Les entrées correspondent aux patients arrivant aux urgences et nécessitant une

prise en charge quant aux sorties, elles représentent q les patients ayant bénéficié de cette prise en charge. Ce processus déclenche une séquence d'actions et d'interactions impliquant la disponibilité de différents sous-espaces pouvant accueillir l'ensemble de ses prestations. Une fois le patient soigné, il sera capable de quitter le service ou sera orienté vers le service d'hospitalisation adéquat.

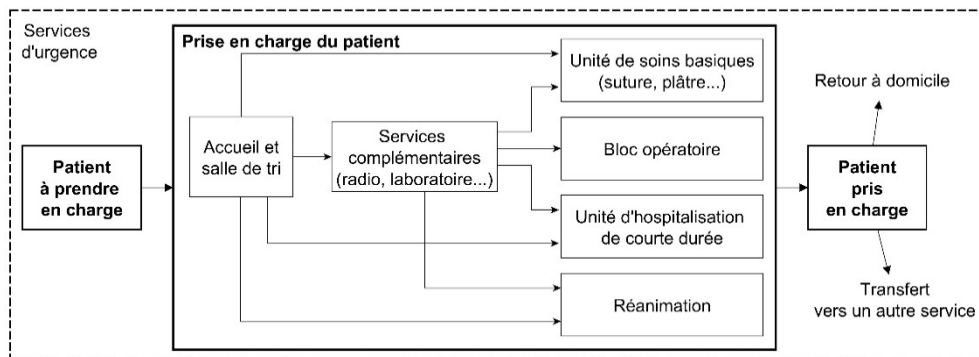


Fig. 1. Modélisation de la prise en charge du patient au sein d'un service d'urgence.

Le parcours de prise en charge du patient est une étape globale couvrant la prise en charge depuis l'accueil jusqu'à la sortie du patient, ou son transfert vers une autre structure de soins. Il est composé des étapes suivantes :

1. *l'accueil et triage* : l'accueil, premier espace du service d'urgence, facilite l'enregistrement et l'orientation du malade vers l'espace de triage. Le tri est nécessaire pour évaluer l'état du patient. À cette étape, des analyses médicales, des radiographies et des échographies (services complémentaires) peuvent être demandées pour faciliter la prise de décisions. Le but d'un espace de tri est de classer les patients en fonction de la gravité de leur état afin de s'assurer qu'ils reçoivent les mesures urgentes requises, dans les délais adéquats et être orienté vers le service approprié. L'activité principale des unités d'urgence repose sur le triage. Cette étape doit être fluide puisque son efficacité détermine les faiblesses et les écarts au niveau de la qualité de soins du service ;
2. *l'orientation et soins* : à l'issue de l'étape de triage, la suite de la prise en charge doit être décidée. En fonction du motif de consultation et de la gravité de l'état, plusieurs orientations sont possibles : unité de soins basiques, réanimation, unité d'hospitalisation de courte durée ou même une introduction au bloc opératoire ;
3. *la sortie du service* : une fois la prise en charge accomplie, le patient peut être autorisé à quitter le service ou à être transféré dans un autre service.

4 Analyse de l'unité d'urgence de l'hôpital Sadok Mokaddem

Cette étude s'appuie sur les principes de la « *space syntax* » pour étudier et modéliser la perception au sein des unités d'urgence et identifier les dysfonctionnements organisationnels liés aux flux de patients. Comme l'analyse de la syntaxe spatiale a été détaillée en profondeur dans plusieurs travaux, cet article se contentera d'en présenter quelques éléments clés en lien avec le sujet traité. La procédure de l'analyse de la syntaxe spatiale consiste à représenter et quantifier des aspects de l'environnement bâti, pour ensuite les utiliser dans une analyse de comportements observés. Dans le cas d'étude, le comportement principal étudié est le mouvement, et notre principale variable est le flux de patients.

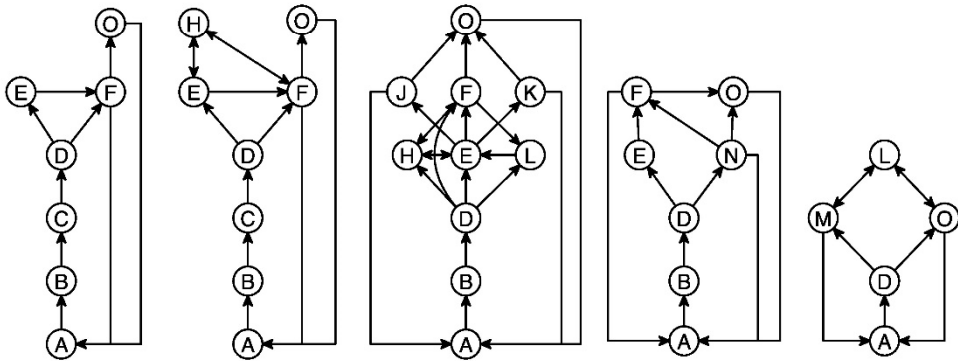
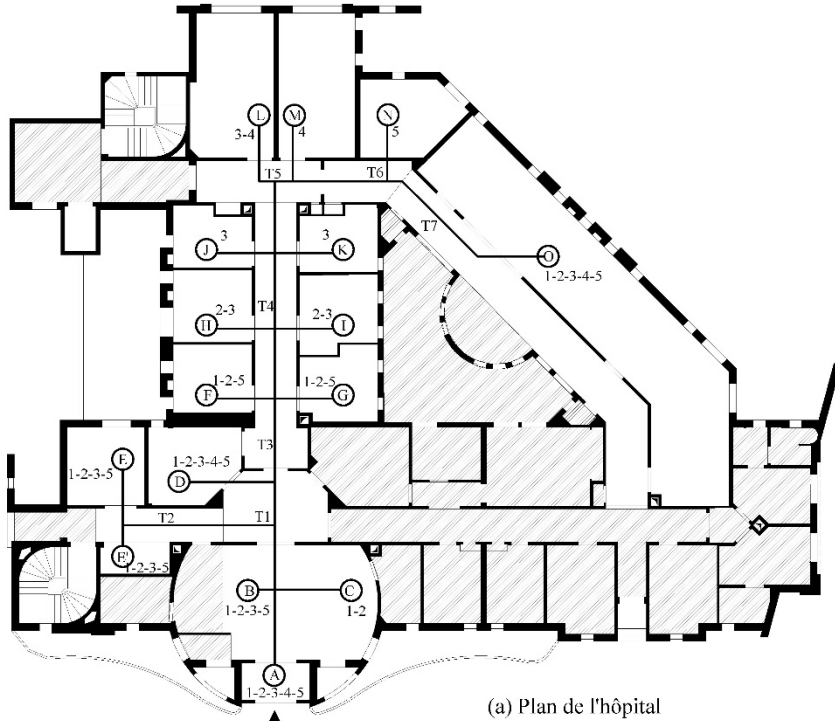
Pour analyser les valeurs mentionnées ci-dessous, les logiciels Depthmap et Agraph [34,35] sont utilisés pour modéliser les graphes et générer les calculs associés :

- a. l'« *integration value* » [valeur d'intégration,] prend en compte toutes les connexions directes et indirectes d'un espace. Elle mesure l'accessibilité d'une ligne par rapport à d'autres lignes, et inversement l'accessibilité d'autres lignes par cette ligne. Le paramètre décrit l'intégration par un nombre élevé, lorsqu'un nœud est hautement intégré. L'intégration indique à quel point tous les espaces sont visuellement connectés dans l'empreinte et la facilité avec laquelle un espace spécifique peut être atteint ;
- b. la « *connectivity value* » [valeur de connectivité] est une mesure syntaxique locale qui prend en compte les relations entre un espace et ses espaces voisins immédiats pour détecter les chemins possibles. Un espace avec une connectivité élevée a de nombreuses connexions avec ses voisins ce qui signifie qu'il est facilement accessible et qu'il offre de multiples possibilités de mouvement ;
- c. la « *depth value* » [valeur de profondeur,] indique le nombre de pas nécessaire pour couvrir toute la zone. Le chemin le plus court à travers le graphe de visibilité est calculé jusqu'à chaque autre nœud du graphe. Plus la profondeur moyenne d'un nœud est faible, plus la valeur d'intégration qui lui est attribuée est élevée [23].

La méthodologie de la recherche peut être résumée comme suit : (1) la visite de l'unité d'urgence Sadok Mokaddem à Djerba et la discussion avec l'équipe médicale ont permis de sélectionner cinq parcours de prise en charge de patients selon la configuration spatiale du service ; (2) la représentation des différents parcours sous forme de graphiques où les espaces sont représentés par des nœuds liés par des lignes pour illustrer les interactions de visibilité entre les espaces ; (3) l'évaluation de la performance spatiale du service d'urgence a été entreprise à l'aide de la théorie de la syntaxe spatiale à travers la VGA ; (4) l'évaluation des indicateurs de visibilité et d'accessibilité dans les unités d'urgence, à partir des graphes générés, à travers l'intégration visuelle, la connectivité et la profondeur ; (5) la détermination de l'influence de la perception et la relation entre l'organisation spatiale et les critères de résilience du parcours de patient.

L'hôpital Sadok Mokaddem est une institution régionale qui se localise dans l'île de Djerba – gouvernorat de Médenine situé au sud-est de la Tunisie. Le service d'urgences de l'hôpital a ouvert ses portes en février 2019. De nombreux types d'utilisateurs empruntent les cheminements de l'hôpital, mais seuls les mouvements des patients sont étudiés ici. Différents parcours théoriques des patients peuvent être définis en fonction de leur état de santé (fig. 2) :

1. le *parcours 1* (cas simple) : accueil, salle de tri, salle de consultation, sortie ou salle de surveillance rapprochée si nécessaire ;
2. le *parcours 2* (cas simple avec explorations) : accueil, salle de tri, salle de consultation, salle de soins pour bilan, laboratoire, salle d'attente (le temps que le bilan soit prêt), retour à la salle de consultation, sortie ;
3. le *parcours 3* (traumatisme) : accueil, salle de tri, salle de consultation, labo ou radio, salle d'attente ou de surveillance rapprochée selon gravité de l'état (en attendant les bilans ou les radios demandées), salle de suture ou de plâtre, sortie ou transfert à un autre service ;
4. le *parcours 4* (douleurs thoraciques) : entrée principale, salle de tri, salle de douleurs thoraciques, si urgence, bilan et transfert cardio ou surveillance dans salle de douleurs thoraciques, si non urgence, transfert bureau de consultation, transfert salle de surveillance rapprochée, sortie ;
5. le *parcours 5* (ambulance) : entrée principale, passage rapide à la salle de tri, salle de surveillance rapprochée ou salle de déchoquage, radio ou labo si nécessaire, si amélioration, transfert à la salle de surveillance rapprochée ou à un autre service ou sortie.



- | | | | |
|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|
| A : entrée/sortie | E, E' : salle d'attente (patients) | L : salle de radio | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 :
espaces de transition |
| B : inscription | F, G : salle de consultation | M : salle de déchocage | |
| C : accueil/attente | H, I : salle de soins | N : salle de douleurs thoraciques | |
| D : salle de tri | J : salle de suture/plâtre | O : unité de surveillance rapprochée | |

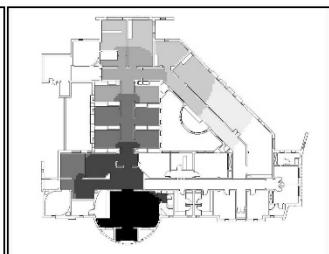
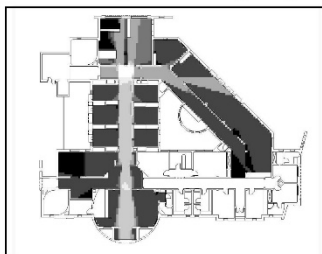
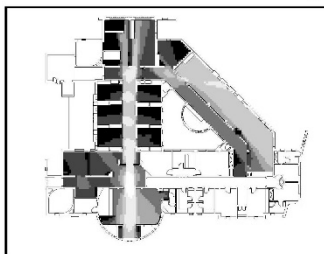


Fig. 2. Analyse de l'unité d'urgence Sadok Mokaddem, Djerba, Tunisie.

5 Interprétations et conclusions

L'objectif de la syntaxe spatiale est : (1) de formaliser les relations entre l'espace construit et les flux des utilisateurs et (2) de mesurer la connaissance configurationnelle de l'espace à travers l'analyse du graphe de visibilité.

Ce texte explore quatre indicateurs clés pour analyser les flux dans un service d'urgence. Ces indicateurs, dérivés d'un graphe représentant l'espace, permettent de comprendre comment les individus interagissent avec leur environnement. Pour analyser les graphes, un code couleur avec une graduation du blanc au noir est utilisé : les valeurs les plus élevées appartiennent aux espaces les plus clairs (le blanc).

Le graphe de connectivité montre que les espaces les plus clairs (en blanc) sont ceux qui indiquent les connexions les plus fortes, les espaces les plus dégagés et les interactions visuelles les plus probables. L'accès entre l'accueil (C) et la salle de tri (D) et les couloirs (de T1 à T5) représentent les espaces avec les options de bifurcation les plus disponibles à un individu car plus la connectivité est élevée, plus les choix sont nombreux et la flexibilité accrue.

Le graphe d'intégration indique que l'espace le plus central est le couloir (T5) qui se situe devant la salle radio (L) et la salle de déchocage (M) et juste après les espaces de soins. Cependant, les salles d'attentes, la salle de tri et les salles de soins sont les espaces les plus isolés. Les espaces avec une intégration élevée et un potentiel de déplacement fluide sont ceux qui sont les moins utilisées d'après les parcours de prise en charge du patient.

Le graphe de profondeur met l'accent sur les espaces les plus difficiles d'accès depuis l'entrée, tels que l'espace de surveillance rapprochée (O) et la salle de déchocage (M) (espace de soins dédié à de la mise en place des gestes de réanimation d'urgence : ventilation, massages cardiaques,). Il permet aussi de décrire l'organisation hiérarchique de l'unité d'urgence qui n'est pas en concordance avec les parcours de prise en charge du patient.

Ces paramètres étudiant la configuration spatiale impactent la perception de l'acteur au sein de l'espace et ainsi sa capacité à comprendre et naviguer dans la structure de soins. Ils mettent aussi l'accent sur l'accessibilité conditionnée de plusieurs espaces de soins par un seul point (couloir T4) responsable de distribuer les flux dans une grande partie du système.

À travers les trois graphes, les valeurs élevées de la perception visuelle et physique appartiennent aux sous-espaces de circulation ou aux espaces aux fonctions secondaires et les valeurs faibles appartiennent aux fonctions primordiales comme la salle de tri (D). Elle représente l'une des fonctions les plus importantes dans le processus de prise en charge du patient et doit être bien intégrée. Elle doit avoir aussi une circulation fluide avec les autres espaces de soins vers lesquels le patient va être orienté.

Toutes ces interprétations renforcent l'idée d'encombrement et de saturation dans certains nœuds du système à cause de leur grande distributivité et poussent à réfléchir sur la résilience/résistance de cet édifice à la survenue d'un événement imprévu (une crise). L'analyse faite par la syntaxe spatiale montre que la structure architecturale hospitalière étudiée manifeste une résistance à l'évolution demandée pour accueillir un nombre élevé de patients. Les résultats de l'analyse peuvent être utilisés pour identifier les zones à améliorer en termes de connectivité, de circulation ou d'accessibilité et impacter les conceptions d'espaces. En comprenant ces indicateurs les concepteurs peuvent choisir judicieusement l'emplacement des espaces et établir leur lien visuel avec l'importance de leurs activités afin d'anticiper les flux de patients. Ainsi la cognition à travers la connectivité visuelle doit être considérée comme une priorité de conception pour réorganiser les espaces, isoler ceux dont l'utilisation est restreinte pour les patients et intégrer ceux qui traitent les activités cruciales.

La survenue d'un aléa comme une pandémie dans un système dynamique (unité d'urgence) agit sur la cognition spatiale et implique des changements au niveau de la perception et la compréhension de l'environnement physique. Tenant compte des principes

de la dynamique des systèmes, ces changements engagent le système à se réorganiser, s'adapter aux modifications, et montrer leur résilience pour absorber les perturbations et conserver un état d'équilibre. La résilience étant définie comme étant la capacité d'un système écosocial à s'auto-organiser pour faire face à un aléa (interne ou externe), retrouver un équilibre et perdurer [36], elle peut permettre à l'unité de soin de modifier la manière dont les utilisateurs perçoivent l'espace et formulent des réponses (fig. 3).

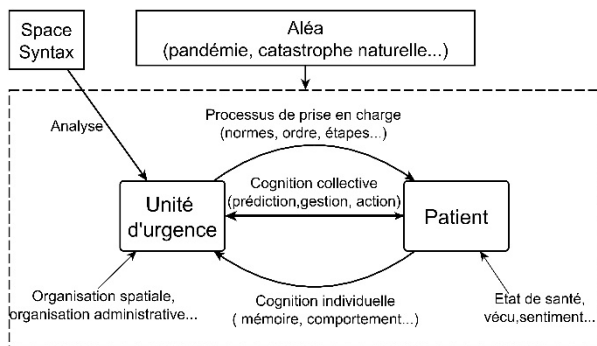


Fig. 3. Schéma méthodologique.

L'analyse à travers la syntaxe spatiale permet de prédire les probabilités de coprésence dans un lieu donné, éclairant ainsi son impact potentiel sur les interactions des différents parcours. Elle permet aussi de générer des graphes des mouvements aléatoires identifiant les zones propices aux rencontres et celles favorisant l'intimité. Elle est aussi utile pour évaluer le potentiel de coprésence d'un lieu existant, pour orienter la conception de nouveaux espaces en fonction d'une structure sociale donnée pour éviter les encombrements à la survenue d'un aléa causant une augmentation du nombre de patients.

L'utilisation de la syntaxe spatiale associée à la cognition spatiale permettent de décrire et analyser les espaces, prédire la perception et l'interaction des utilisateurs dans les unités de soins et d'identifier les facteurs qui contribuent à l'orientation et la navigation. Cependant, les structures de soins sont complexes et la circulation des patients est conditionnée par des parcours bien définis, auxquels s'ajoutent un niveau de stress et d'anxiété très élevé, et à une cognition individuelle influencée par la mémoire personnelle et les déplacements antérieurs dans cet espace. Cette étude doit être complétée à travers une modélisation basée sur la dynamique des systèmes pour prendre en compte les imprévus identifiables et ainsi comprendre le système dans ces différents états.

La survenue d'un aléa est liée à l'écart entre les mouvements prévus et les mouvements perçus. Bien que cette prédictibilité des flux ne puisse pas être mesurable, l'analyse de la syntaxe spatiale aide à minimiser cet écart en ajustant leurs prédictions à travers la compréhension d'une cognition collective de l'espace. Afin de prendre en compte le risque d'un événement pouvant entraîner la perturbation du fonctionnement dynamique d'un système, des théories telles que la syntaxe spatiale peuvent être intégrées par le concepteur et ainsi faciliter la prise de décision.

Références

1. Collectif (OMS), *Outil Technique SCORE pour les données sanitaires : rapport mondial 2020 sur la capacité des pays à produire des données sanitaires* (Genève, 2021)
2. U. Neisser, *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology* (Freeman, San Francisco, 1976)

3. R. Brunet, *Le développement des territoires : formes, lois, aménagement* (Aube, La Tour-d'Aigues, 2005)
4. S. Darnat, F. Johany, and S. Lardon, Identifying choremes in mental maps to better understand socio-spatial representations, *Cybergeog* (2016)
5. M. Denis, editor , *La psychologie cognitive* (Maison des sciences de l'homme, 2012)
6. L. Hajibabai, M. R. Delavar, M. R. Malek, and A. U. Frank, Spatial cognition and wayfinding strategy during building fire, *Cognitive Processing* (2006)
7. E. T. Hall and E. T. Hall, *La dimension cachée* (Seuil, Paris, 2001)
8. K. Lynch, *The Image of the City* (MIT Press, Cambridge, 2008)
9. P. Gould and R. R. White, *Mental Maps* (Routledge, London, 1992)
10. R. Kitchin and S. Freundschuh, editors , *Cognitive Mapping: Past, Present, and Future* (Routledge, London, 2000)
11. S. Jamshidi and D. Pati, A narrative review of theories of wayfinding within the interior environment, *Health Environments Research & Design Journal* **14**, 290 (2021)
12. K. Agnihotri, Lieux de guérison, *Canadian Family Physician* **68**, e196 (2022)
13. D. Marr, *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information* (MIT Press, Cambridge, 1982)
14. M. Boucart, *La reconnaissance des objets* (Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, 1996)
15. B. Hillier and J. Hanson, *The Social Logic of Space* (Cambridge University Press, Cambridge, 1984)
16. B. Hillier, *Space Is the Machine: A Configurational Theory of Architecture* (Space Syntax, London, 1996)
17. Q. Letesson, *Du phénotype au génotype : analyse de la syntaxe spatiale en architecture minoenne* (Presses universitaires de Louvain, Louvain-la-Neuve, 2009)
18. A. van Nes and C. Yamu, *Introduction to Space Syntax in Urban Studies* (Springer, Cham, 2021)
19. K. A. Youssef and A. M. A. Youssef, Promoting spatial cognition in hospital buildings using space syntax analyses, *Journal of Engineering and Applied Science* **69**, 101 (2022)
20. S. Bafna, Space syntax: a brief introduction to its logic and analytical techniques, *Environment and Behavior* **35**, 17 (2003)
21. P. Ortega-Andeane, E. Jiménez-Rosas, S. Mercado-Doménech, and C. Estrada-Rodríguez, Space syntax as a determinant of spatial orientation perception, *International Journal of Psychology* **40**, 11 (2005)
22. A. Rahmane and M. Abbaoui, The Architectural Genotype Approach in Contemporary Housing (1995 to 2010): The Case Study of Setif, Algeria, *Engineering, Technology & Applied Science Research* **11**, 6810 (2021)
23. A. Penn and A. Turner, Space syntax based agent simulation in *Space syntax based agent simulation*, edited by M. Schreckenberg, and S. D. Sharma (Springer, New York, 2002), pp. 99–114
24. C. Norberg-Schulz, *Existence, Space & Architecture* (Studio Vista, London, 1971)
25. M.-T. Manrique-Sancho, S. Avelar, T. Iturrioz-Aguirre, and M.-Á. Manso-Callejo, Using the spatial knowledge of map users to personalize city maps: a case study with tourists in madrid, spain, *International Journal of Geo-Information* **7**, 332 (2018)

26. N. Wiener, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (MIT Press, Cambridge, 1948)
27. L. von Bertalanffy, *General System Theory. Foundations, Development, Applications* (Georges Braziller, New York, 1968)
28. J.-L. Le Moigne, *La modélisation des systèmes complexes* (Dunod, Paris, 1990)
29. T. G. Kannampallil, G. F. Schauer, T. Cohen, and V. L. Patel, Considering complexity in healthcare systems, *Journal of Biomedical Informatics* **44**, 943 (2011)
30. T. M. Abuhay, O. G. Metsker, A. N. Yakovlev, and S. V. Kovalchuk, Constructing holistic patient flow simulation using system approach in computational science – ICCS 2020, edited by V. V. Krzhizhanovskaya, G. Závodszy, M. H. Lees, J. J. Dongarra, P. M. A. Sloot, S. Brissos, and J. Teixeira (Springer International, Cham, 2020), pp. 418–429
31. Ward, P. Clarkson, P. Buckle, J. Berman, R. Lim, and G. Jun, *Prospective Hazard Analysis: Tailoring Prospective Methods to a Healthcare Context* (Patient Safety Research Portfolio, 2010)
32. J. Sterman, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World* (Irwin/McGraw-Hill, Boston, 2000)
33. S. A. Kreindler, The three paradoxes of patient flow: an explanatory case study, *BMC Health Services Research* **17**, 481 (2017)
34. B. Manum, AGRAPH Complementary Software for Axial-Line Analysis in edited by D. Koch, L. Marcus, and J. Steen (Stockholm, 2009)
35. B. Manum, E. Rusten, and P. Benze, AGRAPH, Software for Drawing and calculating Space Syntax Graphs in (2005)
36. D. Claeys, Changements d'états en conception architecturale : rémanence, résistance, résilience, *Acta Europeana Systemica* **10**, pp. 33–48 (2020)