

Soumis le: 15/01/2018

Forme révisée acceptée le: 14/02/2019

Correspondant: afadd_bouandes@yahoo.fr



Nature et Technologie

Nature & Technology

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

ISSN : 1112-9778 – E-ISSN : 2437-0312

Caractérisation de l'ambiance lumineuse et de la visibilité, et qualification du degré de confort visuel dans les espaces d'accueil des hôpitaux à Sétif - Algérie

Karima BOUANDES^a et Saïd MAZOUZ^b

^a Laboratoire de Conception et de Modélisation des Formes et des Ambiances (LACOMOFA), Département d'Architecture, Université Mohamed KHIDER, Biskra 07000- Algérie,

^b Département d'Architecture, Université Larbi Ben Mhidi, Oum El Bouaghi 04000- Algérie, s_mazouz_dz@yahoo.fr

Résumé :

L'espace architectural hospitalier notamment l'espace d'accueil et d'attente, de par sa nature, est un lieu sensible et assez complexe. En Algérie, cet espace présente une panoplie de problèmes d'ordre sociétal, fonctionnel, spatial, ambiantal, visuel et humain. La question du confort des usagers et notamment celle du confort visuel reste problématique. L'objectif de ce travail est de proposer un modèle de qualification du degré de confort visuel des usagers généré à partir de dix paramètres physiques choisis obtenus, d'un côté grâce à la caractérisation de la qualité de l'ambiance lumineuse c'est le cas de "la luminance / le contraste de luminances et les cinq indices de l'éblouissement gênant (DGP¹, VCP², UGR³, DGI⁴ et CGI⁵)" et d'un autre côté grâce à la caractérisation de la visibilité selon quatre propriétés des isovistes "surface, périmètre, occlusivité et compacité" obtenus à partir de l'analyse syntaxique "isoviste". Le corpus d'étude regroupe dix-neuf scènes reflétant les espaces d'accueil et d'attente des services des urgences, de chirurgie générale et de médecine interne dans trois hôpitaux à Sétif⁶ - Algérie. L'outil principal d'investigation étant une simulation par logiciels sur la base des supports graphiques et visuels : plans relevés et photographies HDR des espaces étudiés prises durant la période estivale. Les résultats montrent que l'espace est le facteur déterminant qui conditionne le confort visuel des usagers et influence leur degré de satisfaction, comme ils confirment que le modèle proposé a prouvé que l'espace et sa configuration présentent la matière première qui doit être maîtrisée et contrôlée en amont afin de contrôler l'ambiance lumineuse et la visibilité. Nous jugeant que ce modèle expérimental combinant l'utilisation à la fois des techniques et analyses de la théorie de la Syntaxe Spatiale et les atouts des photographies HDR est un outil qui peut être appliqué sur d'autres espaces architecturaux.

Mots-clés : espaces d'accueil et d'attente des hôpitaux, confort visuel, ambiance lumineuse, visibilité, photographie HDR, isoviste.

Abstract

The hospital architectural space, especially the reception and the waiting area is, by its very nature, a sensitive and rather complex place. In Algeria, this space presents a panoply of societal, functional, spatial, environmental, visual and human problems. The question of user comfort, especially that of visual comfort, remains awkward. The objective of this work is to suggest a model of qualification of the degree of user visual comfort generated from ten selected physical parameters. These are obtained, on one hand by the characterization of the quality of the luminous atmosphere as it is the case of "the luminance / the contrast of luminances and the five indices of the bothersome glare (DGP, VCP, UGR, DGI and CGI) and on the other hand by the depiction of the visibility according to four properties of the isovists "surface, perimeter, occlusivity and compactness" obtained from the isovist's syntactic analysis. The study corpus includes nineteen scenes reflecting the reception and waiting areas of the emergency services, general surgery and internal medicine in three hospitals in Setif -Algeria. The main investigative tool is therefore a software simulation based on graphic and visual supports: surveyed plans and HDR photographs of the studied spaces, taken during the summer period. The

¹ Probabilité d'éblouissement (Probability of glare)

² Probabilité de confort visuel (Visual Comfort Probability)

³ Estimation unifiée d'éblouissement (Unified Glare Rating) par CIE (Commission internationale de l'Éclairage/ International Commission of Lighting)

⁴ Indice d'éblouissement (Glare Index)

⁵ Indice d'éblouissement selon CIE (Glare index according to CIE)

⁶ 270 Km à l'est d'Alger



Cet article est mis à disposition selon les termes de la licence [Creative Commons Attributions 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

This article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

results show that space is the determining factor that conditions the visual comfort of the users and influences their degree of satisfaction, as they confirm that the proposed model has proved that the space and its configuration present the raw material which must be mastered and controlled upstream to control the lighting environment and visibility. Finally, this experimental model combining the use of both the techniques and analyses of the Space syntax theory and the advantages of HDR photographs is a tool to be used by researchers to be applied to other architectural spaces.

Keywords: reception and waiting areas in hospitals, visual comfort, luminous environment, visibility, HDR photography, isovist.

1. Introduction

L'espace architectural hospitalier, de par sa nature, est un espace sensible et assez complexe. Le comportement des usagers à l'hôpital a été abordé par les chercheurs essentiellement à travers des questions liées à la fréquentation, le *wayfinding*⁷ des visiteurs, l'orientation spatiale et l'écoulement.

Le confort dans les chambres des malades et la conception du bloc opératoire ont été pleinement traités par les recherches, contrairement aux notions de confort visuel, d'ambiance et d'ambiance lumineuse dans les espaces d'accueil et d'attente des hôpitaux, qui restent des thématiques d'actualité [1]. Dans le contexte algérien, l'espace d'accueil et d'attente de l'hôpital est un contexte qui présente une panoplie de problèmes d'ordre fonctionnel, sociétal, spatial, ambiantal et visuel.

Les usagers de cet espace peuvent rencontrer au cours de son usage un ensemble de situations qui peuvent générer un état de malaise et d'inconfort, notamment celles liées à l'étroitesse ou la fermeture de l'espace, l'insuffisance ou l'inadéquation de la lumière (naturelle ou artificielle), les difficultés de visibilité et d'accessibilité visuelle, la perte de lisibilité ou la désorientation spatiale et visuelle au sein des couloirs et parcours labyrinthiques en l'absence de l'éclairage (surtout naturel) et de signalétique [2].

La lumière naturelle est un facteur indispensable et primordial pour la création d'une ambiance lumineuse de qualité, qui malheureusement semble mal intégrée et mal pensée dans les hôpitaux algériens, ce qui peut influencer la qualité de l'ambiance lumineuse et le degré de visibilité et provoquer par conséquent une gêne et un inconfort sur le plan visuel, lumineux et psychologique.

L'objectif de ce travail est de proposer un modèle de qualification du degré de confort visuel en se basant sur la caractérisation à la fois de l'ambiance lumineuse et de la visibilité.

Afin d'atteindre cet objectif, le corpus d'étude choisi regroupe dix-neuf scènes reflétant les espaces d'accueil et d'attente de trois services : urgences, chirurgie générale et médecine interne, situés respectivement dans trois hôpitaux à Sétif : CHU⁸ de Sétif, l'hôpital d'El Eulma et l'hôpital Ain-Azel.

2. Cadre théorique :

2.1. Les espaces d'accueil et d'attente dans l'hôpital :

Dans les hôpitaux, l'espace d'accueil est un pilier essentiel dans cette structure. En plus de la qualité et les caractéristiques des ambiances physiques, environnementales, sensorielles, sensibles et humaines que cet espace met au service de ses différents usagers (personnels, malades, public -visiteurs et accompagnants de malades), Imbert [3] cite trois autres aspects liés à l'organisation, la structure et le comportement à l'hôpital. Ainsi, l'accueil se rapporte à des actions visant la prise en charge humaine, morale et sociale avant qu'elle soit sanitaire. Il s'agit de bien recevoir, accueillir, informer, renseigner, orienter, préparer, écouter, protéger, respecter, et accompagner les malades et leurs familles avant et tout au long de leurs parcours de soins en leur offrant des espaces flexibles et modulables et surtout confortables qui répondent le plus à leurs besoins en termes d'attentes, positionnements sensoriel et perceptuel, satisfaction, et de confort ... etc. [2, 4].

L'espace d'accueil⁹ et d'attente dans un hôpital change de configuration et de propriétés (caractéristiques) d'une typologie d'hôpital à une autre. Actuellement, afin de maximiser l'introduction de la lumière naturelle au sein de l'espace et d'améliorer la gestion et le contrôle de l'espace, l'espace d'accueil passe de son image classique reflétée par une forme convexe à une typologie plutôt axiale reflétée par la notion de la galerie publique qui articule, organise et

⁷ Le *WAYFINDING* renvoie à une activité d'orientation spatiale qui vise à se situer, à rechercher une destination et à trouver son chemin au sein d'un environnement spatial réel. La lisibilité et le *wayfinding* reflètent la capacité de l'individu de se reconnaître dans l'espace [34].

⁸ Centre Hospitalier Universitaire

⁹ Typologies : **convexe** sous formes de salles d'attente, espaces d'accueil et d'attente, halls, ...etc., ou **axiale** sous formes de galerie publique, couloirs, coursives, passerelles, ...etc. [1].

sépare les espaces, oriente les usagers et anime l'ambiance [2].

L'espace d'accueil est un espace atypique. Malgré le choix du concepteur, il reste toujours conditionné par les spécificités de chaque service quant aux types d'usage, besoins des usagers et les données de son contexte global (externe et interne).

En Algérie, d'après les observations en situation et les entretiens effectués avec les usagers de l'espace (malades et personnels surtout), l'espace d'accueil dans les services d'hospitalisation s'avère, généralement, calme et reposant comme il procure moins de stress et de fréquentation (regroupement, rencontre, attente, déplacements des usagers sauf aux moments des visites où le taux de fréquentation peut arriver au maximum), contrairement à l'espace d'accueil et d'attente des urgences qui est un espace destiné principalement aux malades en situation d'urgence et leurs familles (les accompagnateurs de malades) et aux personnels et qui répond à des fonctions d'accueil, d'information, d'écoute, d'orientation, d'attente, de gestion des flux, d'accompagnement ...etc. Il présente un espace de stress et de pression par excellence vu le taux de fréquentation élevé, la durée d'attente qui peut se prolonger jusqu'à des heures, mais aussi la variété de ses usages et de ses usagers. Interventions, transformations et mutations continues, sont tant d'opérations que l'espace d'accueil doit avoir afin d'améliorer la gestion et le contrôle des différents flux au sein de l'espace ou pour répondre à des soucis d'évolutivité, d'adaptabilité et de fonctionnement de l'espace pour répondre aux préoccupations de confort, de commodité, d'hospitalité et de prise en charge.

En effet, à force de répondre aux exigences fonctionnelles et normatives et parfois d'urgence, on risque de ne pas garantir la qualité de l'espace hospitalier d'accueil et de ses ambiances, notamment celle lumineuse, ce qui peut influencer le degré de satisfaction et de bien-être de ses usagers [2, 4].

2.2. L'ambiance lumineuse et le confort visuel : Éléments de caractérisation et de qualification :

2.2.1. Éléments de définition de l'ambiance lumineuse et du confort visuel :

La notion d'ambiance ou d'ambiances au pluriel, un concept polysémique et complexe, renvoie tout d'abord à une interaction d'une dimension matérielle, physique incluant les éléments et dispositifs physiques (espace et ses composants), avec une dimension morale et

culturelle dépendant de l'utilisateur de l'espace en termes de perception, de ressenti, du vécu et de confort.

L'ambiance lumineuse présente un des types d'ambiance. Si Amphoux *et al.* considèrent pour sa qualification le degré d'interaction entre des "phénomènes physiques" (lumière) et un "environnement spatial réel" (espace) perçu par "l'utilisateur ou l'occupant" (perception visuelle), Narbori pour sa part rajoute à ces éléments "l'usage" afin de la caractériser. Il s'agit de considérer encore "*la quantité de lumière, l'effet de la lumière et les dispositifs lumineux*" dans cette caractérisation [5, 6].

Narbori considère la lumière naturelle comme « *l'éclairage d'ambiance par excellence* ». Pour sa caractérisation, il faut donc considérer cette ambiance lumineuse générée par la lumière naturelle en fonction de cette dépendance et de ses variations dans l'espace et dans le temps: variations spatiales générées suite aux déplacements dans l'espace, suite aux transformations et modifications de l'espace ou suite à la variation des dispositifs lumineux, et variations temporelles liées aux saisons, types de ciel, types de la journée, aux moments de la journée qui influencent principalement la quantité et la qualité de la lumière reçue et perçue au sein de l'espace [1, 6].

L'ambiance lumineuse influence le confort visuel et psychologique des usagers. Elle procure et révèle chez eux des réactions mentales et sensorielles et des sentiments qui leur permettent de qualifier l'espace et son ambiance en termes de repos, de plaisir, de sécurité, de sociabilité, de sécurité, de chaleur et de beauté [7].

Le confort visuel renvoie donc à la maîtrise des paramètres de l'ambiance lumineuse qui l'influencent. On parle du niveau d'éclairage, des luminances et des rapports de luminance présents au sein d'un espace (contraste de luminances), de la température des couleurs, de l'indice de Rendu des Couleurs « IRC » et de l'absence d'éblouissement [8, 9, 10, 11].

Ceci implique que l'ambiance lumineuse et le confort visuel dépendent des paramètres physiques (éclairage, luminance, éblouissement et contraste), des caractéristiques liées à l'environnement interne et externe, et d'autres, propres à la tâche à effectuer (lecture, travail de bureau ...), mais aussi aux facteurs physiologiques (âge, capacités oculaires ...), psychologiques et sociologiques (culture, éducation ...).

Dans ce travail, on s'intéresse aux paramètres physiques qui sont les plus significatifs du confort visuel et les plus perceptibles par l'homme¹⁰.

2.2.2. Paramètres physiques de caractérisation de l'ambiance lumineuse

Plusieurs recherches ont déjà été axées sur l'étude et la qualification du confort visuel, en se basant sur la simulation de la qualité de l'ambiance lumineuse représentée sur des photographies HDR et en décrivant principalement les paramètres physiques [8, 12, 13, 14, 15].

La luminance reflète l'intensité lumineuse visible d'une source donnée par unité de surface apparente de cette source pour l'observateur mesurée en candela sur mètre carré (cd/m^2) à l'aide d'un luminance-mètre. C'est une qualité qui décrit la clarté d'une surface et permet de quantifier l'impression lumineuse perçue par un observateur regardant une source de lumière, elle est généralement associée à la sensation d'éblouissement. Le niveau de luminance est influencé par l'éclairage reçu par une surface, le coefficient de réflexion et la brillance de cette surface, l'intensité lumineuse et la coloration de la source lumineuse. On doit considérer tous les paramètres géométriques qui pondèrent plus ou moins la luminance lorsque la luminance est renvoyée par une surface éclairée [7, 9].

La répartition des luminances implique la notion de contraste qui décrit simplement le rapport entre les luminances minimales et maximales [17]. C'est une appréciation subjective de la différence d'apparence (de couleur, de luminance) entre deux parties du champ visuel vues simultanément ou successivement. Le contraste des luminances est la luminance de l'objet et de son environnement immédiat [7, 18]. Plusieurs méthodes ont traité la question du contraste. Claude Demers s'est basée sur les photographies des édifices tandis que Mehlika Inanici a expliqué les techniques d'analyse des données par pixel des photographies HDR¹¹ visant à déterminer le binôme "confort visuel / performance". [11, 14, 16, 19, 20].

Afin de qualifier le contraste et décrire un espace architectural en fonction des contrastes des luminances de son enveloppe intérieure, Mudri [24] considère les rapports entre tous les plans de l'enveloppe intérieure du local, quelle que soit sa fonction. Ainsi, elle propose

deux termes pour relier les données quantitatives et qualitatives : les « contrastes ou dégradés de luminances » présentés par des sous-ensembles flous des contrastes sur une échelle sémantique allant de juste imperceptibles jusqu'à excessifs, et le « **niveau global de luminances** » allant des luminances très sombres jusqu'à excessives (Figure 01).

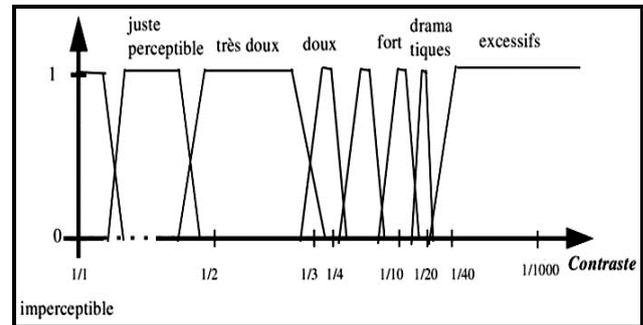


Figure 1. Contrastes ou dégradés des luminances, pour les valeurs plutôt claires des luminances, schéma présenté par Mudri [35].

En parallèle, plusieurs recherches ont proposé des ratios de luminances correspondant aux contrastes soulevés dans les lieux de travail¹² décrivant à la fois, la tâche visuelle (champ de cette tâche) et le fond (champ visuel de l'environnement proche). La qualification de la répartition des luminances dans le macro-champ visuel pour présenter les conditions de confort visuel est à la base d'un ratio de luminances inférieur à 40 :1 (max/min) correspondant à des contrastes à l'intérieur de l'espace (deux surfaces non contiguës), et 20 :1 pour les contrastes maximaux de deux surfaces contiguës [14, 19, 20, 21].

L'éblouissement à son tour, constitue un élément d'inconfort malgré qu'il soit considéré comme un paramètre de confort. Dans un espace éclairé naturellement, la fenêtre est la principale source d'éblouissement. Ce dernier provoque une gêne pour l'œil humain, comme il peut affecter la visibilité d'une façon légère (douleurs) ou intense (perte de vision). Cependant, l'éblouissement est généré suite à une répartition défavorable des luminances dans le champ visuel ou un contraste excessif.

Plusieurs auteurs trouvent que l'éblouissement constitue l'un des principaux problèmes liés à l'utilisation de la lumière naturelle pour éclairer un espace [9, 10, 14, 16, 23].

¹⁰ "Le confort visuel et la normalisation (Normes & Règlements)" éditée par le CSTC EN 2003. : <http://energieplus-lesite.be/index.php>. Consulté le 19.11.2018.

¹¹ High Dynamic Range ou haute gamme dynamique. Pour plus d'information, voir entre-autres les réf. [14, 22-26].

¹² Le rapport (3:1) est recommandé pour un environnement proche (champ de la tâche) et (10:1) pour un environnement périphérique au champ de la tâche.

Il existe deux principaux types d'éblouissement selon son effet sur l'utilisateur : un éblouissement incapacitant (physiologique), et un éblouissement d'inconfort gênant (psychologique). Ce dernier procure une sensation de gêne ou une douleur causée par la perception en permanence des sources lumineuses intenses ou non uniformément réparties dans le champ visuel. Il est difficilement décelable [7, 11].

Afin de mesurer ou quantifier l'éblouissement dans l'espace architectural, le concept "Indices d'éblouissement" reflète la distribution de luminance dans le champ visuel d'un observateur sous forme numérique (calculs métriques) qui projette la probabilité d'éprouver l'inconfort (éblouissement gênant) plutôt que l'incapacité visuelle (éblouissement incapacitant) [21]. Plusieurs logiciels disponibles permettent l'analyse automatisée d'éblouissement en se basant sur les atouts de la photographie HDR, à savoir : Glare Module, Findglare, Glarendx, xglaresrc et EvalGlare.

Cinq indices d'éblouissement gênant¹³ permettent l'évaluation et la caractérisation qualitative et quantitative de la prédiction de l'éblouissement d'inconfort. Il s'agit de la DGP¹⁴, la VCP¹⁵, la CIE - UGR¹⁶, le DGI¹⁷ et la CGI¹⁸. Les études d'inconfort visuel ou la réponse subjective à l'éblouissement s'intéressent plus aux aspects sémantiques qualitatifs de l'ambiance lumineuse sous forme d'une échelle sémantique qui correspond à des valeurs quantitatives [29, 30].

La balance de la valeur de DGP tombe dans une gamme entre 0,16 et 1. Un inférieur à 0,20 correspond à une situation ne favorisant pas la gêne [9, 28]. Quant à la VCP, qui évolue dans une gamme numérique de 0 à 100, spécifie le pourcentage des personnes qui se

¹³ Plusieurs auteurs ont essayé de préciser les équations correspondant à ces cinq indices [13, 14, 27, 28].

¹⁴ La DGP considère la plupart des facteurs contribuant à l'inconfort (éclairage vertical, luminance de la source, rapports de luminances, taille de la source, position de la source d'éblouissement présente dans le champ visuel, contraste).

¹⁵ La VCP est une méthode signifiant la probabilité qu'un observateur normal n'éprouve pas le malaise en regardant un système d'éclairage dans des conditions définies. Elle est adaptée actuellement pour évaluer l'éblouissement direct dans un espace architectural [14].

¹⁶ L'UGR suivant CIE 117 sert à évaluer et à limiter l'éblouissement psychologique direct des appareils d'éclairage. Plus cette valeur est faible, moins l'éblouissement est élevé. Plus la valeur de la VCP est importante plus celle de la UGR est restreinte [17].

¹⁷ Le DGI a été développé pour considérer la présence de grandes sources d'éblouissement. Le DGI constitue une bonne alternative pour l'évaluation du niveau d'éblouissement subi par les occupants.

¹⁸ Le CGI est la formule qui traite les composants directs et indirects d'éclairage à l'œil comprenant l'impact des sources d'éblouissement sur un plan vertical à l'œil du sujet afin d'évaluer des niveaux d'adaptation de l'œil [21].

sentent en état de confort dans des circonstances d'éclairage semblables¹⁹. La valeur de VCP augmente pendant que le malaise diminue [14].

Pour J. Reinhart et J.A. Jakubiec, le DGI, le CGI et les UGR sont évalués dans une gamme de 28 à 31 correspondants à l'éblouissement intolérable²⁰ et moins de 13 à 18 suggère un éblouissement non perceptible qui est une balance difficilement compréhensible pour la prise de décisions de conception. La gamme pratique et utile des valeurs d'UGR est comprise entre 10 et 30. Cet intervalle est une échelle où les différences entre les nombres représentent des différences perceptibles en valeur psychologique. Des différences d'UGR inférieures à une unité ne sont pas détectables [12, 13, 28].

Sur une échelle sémantique des niveaux d'inconfort en rapport avec les valeurs de DGI, les valeurs 16 et 30 représentent les limites supérieures et inférieures de cet indice. La zone comprise entre 16 et 22 est considérée comme confortable, tandis que celle entre 24 et 30 est celle de l'inconfort visuel [28, 29].

Une unité du CGI représente le plus petit changement normalement détectable dans la sensation d'éblouissement, on utilise des paliers de trois unités afin de différencier deux niveaux d'éblouissement [11, 14, 19-21, 27, 29-32, 36, 39].

J. Reinhart et J.A. Jakubiec ont récapitulé l'ensemble des échelles sémantiques spécifiques aux cinq indices d'éblouissement gênant [28] selon le tableau suivant

Tableau 1.
Récapitulation des gammes d'évaluation de prévision de l'éblouissement et les échelles sémantiques qualifiant les indices d'éblouissement gênant [28].

	Imperceptible	Perceptible	Gênant, inconfortable	Intolérable
DGI	< 18	18-24	24-31	> 31
UGR	< 13	13-22	22-28	> 28
CGI	< 13	13-22	22-28	> 28
VCP	80-100	60-80	40-60	< 40
DGP	< 0,3	0,3-0,35	0,35-0,4	> 0,45

2.3. La théorie de la Syntaxe spatiale et la caractérisation de la visibilité

La visibilité renvoie à un caractère de ce qui est visible ou peut être vu, à un processus médiateur liant homme et environnement (espace et ambiance

¹⁹ 70 est la valeur correspondante à la limite entre confort et inconfort "Bordeline between Comfort and Discomfort ou BCD". [21]

²⁰ Une probabilité de 0,40 d'éblouissement signifie que dans cette situation d'éclairage, environ 40 % de personnes sentiraient le malaise ce qui correspond à un éblouissement intolérable. [21]

lumineuse). Une bonne visibilité se définit par la présence d'une quantité adéquate de lumière "l'éclairage", une distribution uniforme de l'éclairage et de la luminance "le contraste de luminances", l'absence d'éblouissement et une bonne directivité de la lumière dans l'espace [16]. En d'autres termes, la quantité et la qualité de la lumière naturelle caractérisant l'ambiance lumineuse sont des facteurs qui influencent et déterminent le degré de visibilité et d'accessibilité visuelle au sein d'un espace [16, 35]. Aux conditions de l'environnement lumineux, se rajoutent les capacités oculaires et visuelles des usagers, leurs âges, et les types de variables spatiales et visuelles (configuration, position, forme, intensité, orientation, relief/perspective, taille, couleur (teinte), transparence/opacité, lumière, texture, mouvement, ...etc., qui sont autant de facteurs déterminant lors de la perception visuelle et lors l'évaluation de la visibilité [16, 36].

La théorie de la Space Syntax²¹ offre un ensemble de techniques et d'analyses qui permettent d'analyser l'espace, la visibilité, l'accessibilité visuelle, le déplacement, l'écoulement, la fréquentation de l'espace par les gens d'une façon systématique utilisant la théorie des graphes ou encore faisant recours à des logiciels de simulation²². Parmi les analyses offertes par cette théorie, l'analyse isoviste qui permet de caractériser la visibilité et de décrire les qualités visuelles et socio-spatiales des espaces [33, 37, 38].

Conçus par Benedikt, "isovistes, polygones de visibilité, *viewsheds* ou champs de vision d'intervisibilité potentiels", signifient les espaces entiers vu à partir d'un point d'observation donné et/ou quand l'observateur se déplace de 360° en l'absence des obstacles visuels, des occlusions et des obstructions géométriques. C'est l'aire dans laquelle toute personne est potentiellement visible depuis l'espace convexe et par les membres du groupe s'y trouvant [37, 38]. On parle de « visibilité » quand ces isovistes sont dessinés à la hauteur de l'œil et quand ils saisissent les propriétés objectives du champ visuel structuré par les affordances de l'environnement²³ (Figure 2).

La visibilité est donc caractérisée suivant les différentes propriétés de l'isoviste : sa surface, son périmètre, sa compacité, son occlusivité et son degré de dispersion. Plus la surface et le périmètre sont importants, plus le champ visuel est grand, plus la visibilité est bonne. En revanche, plus l'occlusivité est importante, plus le champ de vision présente des obstacles visuels, ce qui peut diminuer la visibilité des objets qui se trouvent derrière ou en occlusion. Ainsi, plus la compacité (*clustering*) ou convexité est importante, plus le champ visuel perçu va ressembler dans sa forme à un cercle indiquant l'absence d'obstacles visuels au sein de l'espace et ce qui renvoie à un espace plutôt convexe qui permet la rencontre, la fréquentation et le regroupement. Ce coefficient est représentatif de la qualité visuelle et socio-spatiale [37, 38].

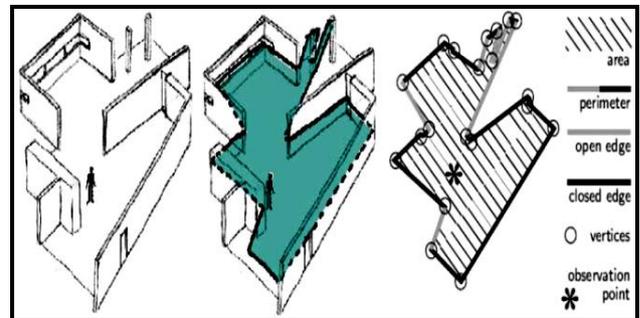


Figure 2. La génération de l'isoviste. À gauche : un environnement d'intérieur hypothétique ; au milieu : le secteur ombragé est évident du point d'observation de la personne dans l'environnement ; à droite : l'isoviste en résultant et ses mesures de base. [35].

Les principales qualités visuelles et socio-spatiales des espaces qui peuvent être décrites en se basant sur les propriétés des isovistes sont : la spaciosité, l'ouverture de l'espace, la complexité et l'ordre. En parallèle, d'autres qualités peuvent être décrites en second lieu, comme la dispersion, l'irrégularité d'isoviste et d'espace / dentelure ou *jaggedness*, la redondance, la symétrie, ...etc. (Tableau 2).

²¹ La théorie de la Syntaxe spatiale "Space Syntax" étudie le rapport entre espace et société en traitant à la fois les configurations spatiales en rapport avec les comportements des usagers en superposant et rapportant la dimension sociale, comportementale et fonctionnelle à une autre spatiale, configurationnelle, géométrique, relationnelle et connexionnelle [33, 38].

²² A savoir le logiciel DepthMap.

²³ On parle "d'accessibilité" quand les isovistes sont dessinés au parquet de niveau et ils capturent les propriétés objectives de l'environnement affectant le mouvement.

La spaciosité dépend de la surface de l'isoviste tandis que l'ouverture²⁴ de l'espace dépend du degré d'ouverture de l'isoviste et de la longueur des types de bordures (bords d'occlusions) présents au sein de l'espace (ouvertes ou fermées). La qualité de la complexité s'appuie sur les qualités de la compacité et celle de la dentelure²⁵ qui dépend à son tour du périmètre de l'isoviste et de sa surface. Enfin, la qualité de l'ordre renvoie à la recherche des modèles de redondance tels que des symétries. Elle peut donc être examinée à partir de deux descripteurs : la symétrie et la redondance²⁶ dans les isovistes.

À partir de cette section, on peut identifier plusieurs techniques, analyses, outils et paramètres de caractérisation du binôme "ambiance lumineuse et visibilité" et de qualification du confort visuel qu'on pourrait combiner afin de construire le modèle expérimental recherché. Il s'agit, en effet, de construire un modèle à partir des paramètres physiques tirés d'une combinaison entre les techniques et analyses de la théorie de la Syntaxe spatiale d'un côté et les atouts des photographies HDR et leurs simulations par logiciels de l'autre côté.

Tableau 2.

Tableau représentant les propriétés de l'isoviste avec ses équations de calculs [35]

Qualité spéciale de base	Variables descriptives de base des isovistes et des graphes de visibilité	Méthode de calcul
Spaciosité	Surface de l'isoviste	Taille de voisinage
	Espace libre proche (moyen)	n vertex de graphes visibles à 2 (4) m de distance
Ouverture	Ouverture de l'isoviste	$\text{Longueur (bords ouverts)} / \text{Longueur (bords fermés)}$
	Dentelure (Jaggedness)	$(\text{Périmètre de l'Isoviste})^2 / \text{surface}$
	Révélation	$(\sum \text{surface adjacente des isovistes} - \text{surface isoviste}) / \text{surface isoviste}$
Complexité	Nombre de vortex	n vertex des isovistes, n segments
	Densité de vertex	n vertex / surface
	Rondeur (Roundness)	Surface de l'Isoviste / périmètre ²
	Dentelure (Jaggedness)	$(\text{Périmètre Isoviste})^2 / \text{surface}$
Ordre	Coefficient de compacité	n inter-visibilités dans le voisinage actuel / (taille de voisinage * (taille de voisinage-1))
	Symétrie	n axes de symétrie
	Redondance	$n_{\text{segment}} / n_{\text{(segment unique)}} + 1$

²⁴ L'ouverture = L (longueur des bordures ouvertes) / L (longueur des bordures fermées).

²⁵ Dentelure = (périmètre isoviste)²/surface

²⁶ Redondance = $n_{\text{segments}} / n_{\text{segments}} + 1$

3. Cas d'étude :

Le corpus d'étude traite le cas des espaces de trois hôpitaux fonctionnels situés à la wilaya de Sétif. Il s'agit du CHU SAADNA Abdennour de Sétif, l'hôpital SAROUB El-Khouthir à El-Eulma et de l'hôpital YAALAOUI Youcef à Ain-Azel (Tableau 3). Ces structures offrent l'opportunité de travailler sur une variété : de compositions, de typologies, de tailles, de statuts, d'agencements spatiaux, d'orientation, de

nombre et types des services et spécialités, de vocations, mais aussi une diversité d'époques de réalisation. En effet, à cause de cette variété des données que présente chaque hôpital, le corpus d'étude sélectionné rassemble dix-neuf (19) scènes reflétant uniquement les espaces d'accueil et d'attente intérieurs des trois services en commun. Il s'agit du service des urgences médico-chirurgicales, chirurgie générale et celui de la médecine interne.

Tableau 2.

Tableau présentant les plans de masse des trois hôpitaux choisis (CHU de Sétif, El-Eulma et Ain-Azel) et les plans des trois services étudiés composant le corpus d'étude. Auteur.

	Le CHU SAÂDNA Abdennour de Sétif	L'hôpital SAROUB El-Khouthir à El-Eulma	L'hôpital YAÂLAOUI Youcef à Ain-Azel
Plan de masse			
Plan du service des urgences médico-chirurgicales			
Plan du service de la chirurgie générale			
Plan du service de la médecine interne			

La lecture des plans démontre que l'ensemble des espaces d'accueil sont éclairés naturellement et que le recul des pavillons et blocs par rapport aux rues et aux blocs qui les entourent, leur offre l'opportunité de ne pas avoir des masques solaires et visuels bâtis ou végétaux.

D'après l'observation en situation et l'enquête in situ, on peut noter que ce corpus d'étude offre des espaces d'accueil et d'attente, de par leurs situations et contextes, avec deux typologies de base : axiale à travers les couloirs et les galeries publiques ; et convexe

à travers les halls, salles / espaces d'attente et patios (Tableau 4).

Tableau 3. Photographies en format LDR prises le 21.06.2011 de 9h à 11h, présentant les dix-neuf espaces d'accueil et d'attente des trois hôpitaux (CHU de Sétif, El-Eulma et Ain-Azel) composant le corpus d'étude avec leurs différentes orientations et compositions visuelles et lumineuses. Auteur.

CHU					
	(Espace 11)	(Espace 08)	(Espace 09)	(Espace 10)	
	Hôpital El-Eulma				
		(Espace 18)	(Espace 12)	(Espace 16)	(Espace 17)
Hôpital Ain Azel					
		(Espace 19)	(Espace 13)	(Espace 14)	(Espace 15)
	Hôpital Ain Azel				
		(Espace 04)	(Espace 01)	(Espace 02)	(Espace 03)
Hôpital Ain Azel					
		(Espace 05)	(Espace 06)	(Espace 07)	

L'espace d'accueil et d'attente dans ces structures n'est pas personnalisé. Il se présente sous différentes typologies et orientations comme il est multifonctionnel ; il est à la fois : un espace d'accueil, d'attente, de transition, d'orientation, mais aussi un lieu de disputes. Des fois, il représente un espace dépourvu de toute qualité spatiale et humaine ; exemple des services de la chirurgie générale et la médecine interne du CHU de Sétif et le côté "hommes" du service de la chirurgie générale de l'hôpital El-Eulma. C'est un espace

instable, en perpétuelle mutation et transformations. La fonctionnalité de cet espace semble primer sur sa spatialité et son humanité.

L'ambiance lumineuse intérieure dépend dans sa quantité et sa qualité du taux de fréquentation de l'espace durant les différentes plages horaires de la journée et notamment durant les horaires de pic d'accueil. En effet, d'après l'enquête in situ, les espaces sont beaucoup plus fréquentés durant la période matinale, durant les moments de la visite allant de 13h

jusqu'à 15 h et durant la période nocturne. A travers ce travail, l'étude des espaces va concerner la période matinale vu qu'il s'agit de la fonction d'attente et d'accueil contrairement aux moments de la visite où il s'agit de la transition et du déplacement plutôt que l'attente

Étant donné que l'objectif est d'évaluer la qualité de l'ambiance lumineuse en se basant sur les propriétés de la scène capturée en fonction des paramètres physiques, le facteur de la fréquentation va être négligé²⁷. Le critère d'orientation et les types des espaces n'ont pas été déterminants lors du choix des espaces composant le corpus d'étude, ce qui explique la variété d'orientation et des compositions spatiales, visuelles et lumineuses de ce corpus.

4. Méthodologie :

Afin de qualifier le degré du confort visuel des usagers et de proposer un modèle de qualification du degré de confort visuel en se basant sur la caractérisation à la fois de l'ambiance lumineuse et de la visibilité dans dix-neuf (19) scènes composant notre corpus d'étude, le modèle d'analyse s'appuie essentiellement sur dix (10) indicateurs « propriétés / paramètres » physiques obtenus grâce au recours à des simulations par des logiciels divers structurés selon trois modalités.

4.1. Outils et paramètres physiques de la caractérisation de l'ambiance lumineuse :

Le support de travail est constitué des photographies HDR [12, 14, 23, 26, 31], obtenues à l'aide du logiciel « LUMINANCE HDR » à la base des multi-captures effectuées durant la période estivale entre 9 h et 11 h. Les valeurs des six premiers paramètres choisis pour la caractérisation de l'ambiance lumineuse générée par la lumière naturelle ont été obtenues grâce au recours aux logiciels et outils de simulation :

« DAYSIM/ EVALGLARE 3.0[®] et RADIANCE IMAGE VIEWER[®] [23-25, 31]. Il s'agit :

- Des ratios des luminances déterminées à partir des cartes des luminances obtenues à la base des photos

²⁷ Ce facteur présente une variable qu'on ne peut pas maîtriser à travers les photographies mais plutôt à travers des vidéos. Ainsi, cette variable va être négligée pour des raisons de raffinement et d'exactitude des photographies HDR qui supposent une superposition de cinq photographies LDR où toute personne qui se présente dans une photo et ne se présente pas dans l'autre va former l'effet fantôme qu'on peut gérer à l'aide du logiciel "Luminance HDR".

HDR permettant la qualification de la répartition des luminances dans le macro-champ visuel. Pour notre cas, afin de présenter les conditions de confort visuel dans le macro-champ visuel, le ratio retenu correspond à un ratio de luminances inférieur à 40 :1 [14, 19-21], tandis que pour la qualification du contraste de luminances, on a fait référence à l'échelle sémantique proposée par Mudri [23] (Figure 01).

- Des cinq indices d'éblouissement (DGP, UGR, DGI, VCP et CGI) obtenus grâce à des lectures suivant des échelles sémantiques correspondant à chacun de ces indices allant de l'éblouissement imperceptible jusqu'à l'éblouissement intolérable [09, 20, 27, 28, 32] (Tableau 1).

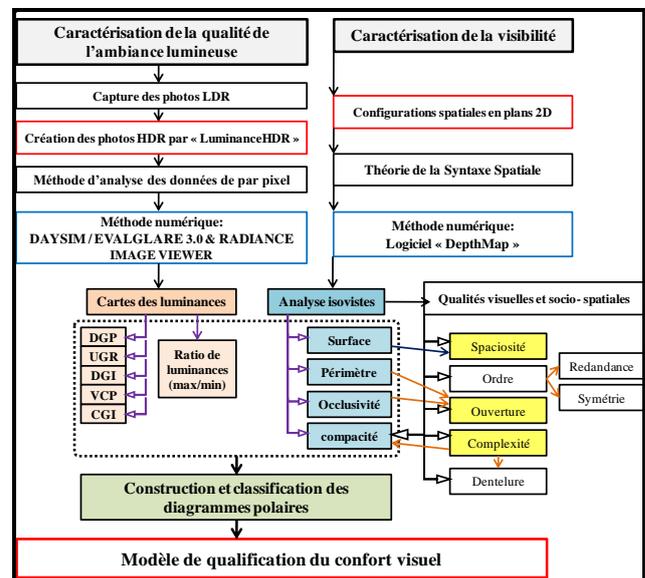


Figure 3. Organigramme du modèle de qualification du degré de confort visuel générés de la caractérisation de la qualité de l'ambiance lumineuse et de la visibilité. (Source : Auteur)

4.2. Outils et paramètres de la caractérisation de la visibilité :

Afin de caractériser la visibilité et de décrire des qualités visuelles et socio-spatiales des configurations spatiales étudiées, on a effectué l'analyse isoviste grâce au recours au logiciel DEPTHMAP[®] propre à la théorie de la syntaxe spatiale [33, 37, 38]. L'analyse isoviste permet d'avoir les quatre propriétés des isovistes choisies pour cette étude à savoir : la surface, le périmètre, l'occlusivité et la compacité, et de décrire les qualités visuelles et socio-spatiales étudiées : la spaciosité, l'ouverture / la fermeture, la complexité et la dispersion.

4.3. Modèle de qualification du degré du confort visuel :

Afin de combiner entre les résultats précédents, on a fait recours à Excel© pour grouper les dix paramètres étudiés pour chaque scène sous forme de diagrammes polaires -radars-. La classification visuelle des diagrammes des espaces obtenus a permis de qualifier le corpus d'étude en fonction du degré de confort visuel et de proposer un modèle de qualification du degré de confort visuel à la fois sur des paramètres syntaxiques décrivant les configurations spatiales et le champ visuel et sur des paramètres décrivant l'environnement lumineux.

5. Résultats et discussions :

5.1. Résultats de la caractérisation de l'ambiance lumineuse :

La caractérisation de l'ambiance lumineuse a pour objectif de qualifier et évaluer la qualité de l'environnement lumineux en qualifiant la luminance, le



Vue sur l'espace principal d'accueil et d'attente de l'hôpital Ain-Azel. La paroi 02 d'une orientation Sud donnant sur une cour externe, tandis que la paroi 03 est d'une orientation Est donnant sur un patio interne. (Photo prise par l'auteur le 21.06.2011 à 09:05 h)

L'interprétation des résultats des différentes surfaces composant cet espace d'accueil montre que malgré le fait que les niveaux des luminances de cet espace soient satisfaisants et suffisants quant à la fonction de cet espace durant la journée (d'où le non recours à l'éclairage artificiel), leur répartition faiblement non uniforme et très légèrement hétérogène, expliquée par une faible différence des luminances entre les surfaces et des ratios qui se rapprochent (sol : 8,32 ; plafond : 5,44 et les murs : 1,88 ; 10,09 ; 11,42), peut générer une

contraste et en caractérisant l'éblouissement gênant dans le macro-champ visuel. En se basant sur les photos HDR comme support de simulation, les logiciels Luminance HDR, DAYSIM/EVALGLARE 3.0 et RADIANCE IMAGE VIEWER ont permis la génération et la simulation des cartes de luminance, les valeurs d'éclairement vertical et les cinq indicateurs d'éblouissement gênant. Le hall principal de l'hôpital Ain-Azel à Sétif situé au RDC ; un espace d'accueil, d'attente et d'orientation, présente l'échantillon qu'on va présenter parmi dix-neuf espaces d'accueil et d'attente composant notre corpus d'étude (Figure 4).

La carte des luminances (Figure 5) montre la même scène avec plusieurs zones à différentes couleurs : le vert indique l'emplacement des sources lumineuses, le jaune informe l'emplacement de la valeur maximale de la luminance dans l'espace et le bleu détermine la situation à partir de laquelle l'utilisateur peut avoir un risque d'éblouissement désagréable, gênant et d'inconfort par réflexion qui peut causer des douleurs visuelles, mais sans perte de la visibilité à un moment donné de la journée [07].



Figure 5. Carte des luminances du hall d'accueil et d'attente de l'hôpital Ain-Azel générée suite à la simulation d'une photo HDR à l'aide des logiciels DAYSIM / EVALGLARE et RADIANCE IMAGE VIEWER. (Source : Auteur)

monotonie très désagréable à un moment donné notamment avec les couleurs verte et beige utilisées dans cet espace [35]. Le ratio des valeurs maximale et minimale ($130,2 \text{ cd/m}^2$ et $5,1 \text{ cd/m}^2$) par rapport au macro-champ visuel est de l'ordre de 25,52 (Tableau 06), moins de 40 :1, indiquant théoriquement une scène confortable visuellement [19] en présence d'un contraste dramatique (Figure 01).

En parallèle, ajoutant à la qualité réfléchissante du sol « dalle de sol », les fenêtres présentes dans cet

espace peuvent être les sources principales d'éblouissement gênant à toute heure de la journée notamment dans la période estivale de l'année, tandis que pour le reste de l'année ce problème d'éblouissement ne se pose que pour le cas des fenêtres verticales qui peuvent être des sources d'éblouissement dans la saison hivernale notamment avec leur orientation sud. Une protection solaire ou un ajout des rideaux semble nécessaire.

Les valeurs des cinq indices d'éblouissement gênant obtenues grâce au logiciel DAYSIM / EVALGLARE ; qui sont respectivement : 16 ; 4,05 ; 3,85 ; 100 et 6,96 (Tableau 06), indiquent un éblouissement gênant imperceptible dans l'ensemble du champ visuel

(Tableau 01). Enfin, sur la base des valeurs et des ratios des luminances, du contraste et des indices d'éblouissement gênant, on peut qualifier cet espace en tant que confortable visuellement.

5.2. Résultats de la caractérisation de la visibilité :

L'analyse isoviste faite par le logiciel DEPTHMAP a permis d'avoir les propriétés des isovistes qui caractérisent les dix-neuf (19) espaces d'accueil étudiés (Tableau 4).

Cette analyse nous a permis de résumer les valeurs maximales, minimales et moyennes des différentes mesures et propriétés des isovistes obtenus (Tableau 5).

Tableau 5.

Tableau des statistiques descriptives des variables spécifiques aux propriétés du macro champ visuel regroupant les valeurs maximales, minimales et moyenne et aux propriétés d'isoviste dessinée tirées de l'analyse ISOVISTE réalisée par DEPTHMAP. Auteur.

Propriétés du macro champ visuel Valeur	Isoviste surface	Isoviste périmètre	Isoviste occlusivité	Isoviste compacité	Isoviste dentelure	Qualification du champ visuel et de la visibilité
Minimum	46,600	54,210	25,640	0,023	63,06	• Champ visuel restreint qui ne ressemble pas à un cercle et un degré de visibilité limité
Maximum	333,680	334,610	249,760	0,214	335,54	• Champ visuel assez large et dispersé qui ressemble dans sa forme à un cercle avec un degré de visibilité important.
Moyenne	169,433	203,277	134,595	0,065	243,88	• Il s'agit d'un degré de visibilité acceptable favorisé par un champ visuel moyen qui tant à ressembler dans sa forme à un cercle.
Propriétés d'isoviste dessinée	325,897	288,753	186,989	0,049	255,84	• L'Isovist obtenu reflète une bonne visibilité, il démontre un champ visuel ouvert d'une forme plus allongée, assez ouverte et grande, avec plus de dispersion et d'occlusions.

Afin d'interpréter ces valeurs, on a fait référence aux valeurs moyennes. Plus les valeurs dépassent la moyenne pour les quatre propriétés (surface, périmètre, occlusivité et dentelure), plus le champ visuel est dispersé, assez large et le degré de visibilité et d'accessibilité visuelle est important, et vice-versa. Également, plus la valeur du coefficient de compacité de l'isoviste est importante, plus celui-ci ressemble dans sa forme à un cercle.

Dans le cas de notre échantillon, la carte d'isoviste présente un isoviste assez dispersé et assez grand (Figure 6). En termes de valeurs de ses propriétés syntaxiques, il présente une surface d'isoviste très grande (325,86), un très grand périmètre (288,75) et une occlusivité importante (186,98) reflétant des valeurs qui dépassent la moyenne pour les trois indicateurs et expliquant ainsi la forte dispersion de l'isoviste et du

champ visuel (Tableau 5). Quant aux qualités visuelles et socio-spatiales, on peut qualifier cet espace visuellement et spatialement en termes de :

- Spaciosité : en tant que très spacieux vu la surface très grande de l'isoviste,
- Ouverture / fermeture : comme un espace assez ouvert et assez dispersé sur le reste des espaces d'accueil du système vu les valeurs importantes du périmètre et de l'occlusivité,
- Complexité : l'espace est moyennement complexe en se basant sur sa valeur de dentelure ou d'irrégularité moyenne (255,86) et sa faible compacité (0,049) validant que la forme de l'isoviste ne ressemble pas à un cercle.

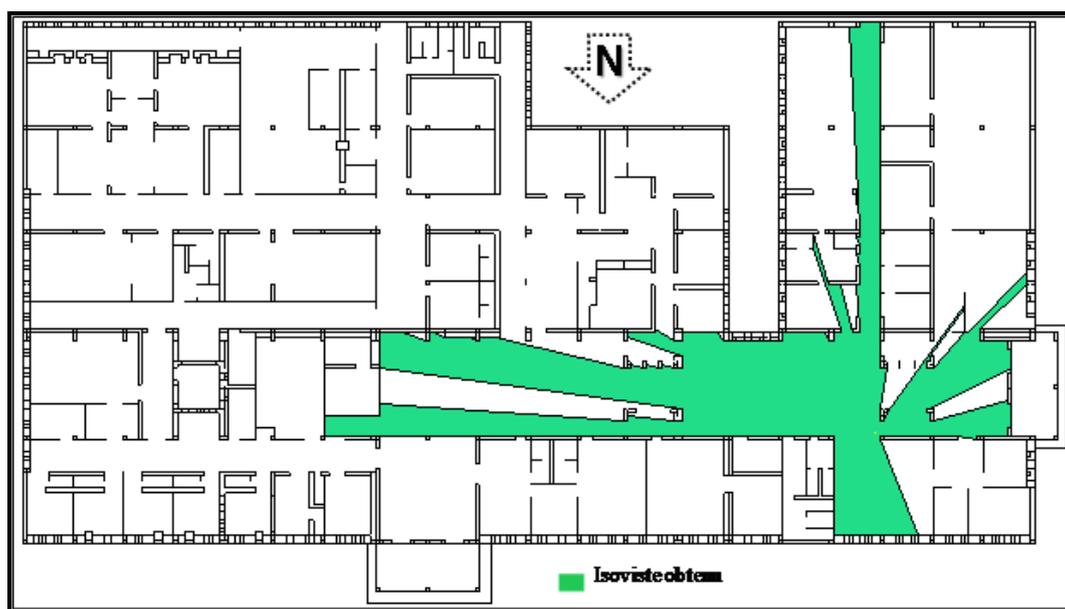


Figure 6. L'analyse isoviste de l'espace principal d'accueil et d'attente du bloc A de l'hôpital Ain-Azel obtenu par DEPTHMAP.
(Source : Auteur)

À travers ces résultats, on peut considérer que cet espace présente dans le système global une bonne visibilité et accessibilité visuelle, de bonnes qualités visuelles et socio-spatiales, un espace à partir duquel on a une vue ouverte sur l'ensemble du système où on peut se repérer, s'orienter et contrôler les espaces d'accueil des deux services de part et d'autre.

5.3. Confrontation des résultats et qualification du confort visuel :

La phase de la confrontation concerne trois étapes : la synthèse numérique de l'ensemble des résultats

obtenus, la traduction de ces résultats en forme visuelle, la construction des diagrammes polaires et enfin la classification des diagrammes polaires selon le degré du confort visuel.

5.3.1. Synthèse numérique de l'ensemble des résultats obtenus :

Afin de qualifier l'espace selon le degré du confort visuel en se basant sur les dix paramètres étudiés dans le présent travail, l'ensemble des résultats relatifs à l'échantillon d'étude présenté à travers ce travail a été résumé dans le tableau suivant (Tableau 6).

Tableau 6.
Propriétés visuelles et socio-spatiales de l'espace d'accueil et d'attente des urgences de l'hôpital Ain-Azel à Sétif -Algérie-.
(Source : Auteur)

Espace	Isoviste surface	Isoviste périmètre	Isoviste occlusivité	Isoviste compacité	Luminances max/min	DGP	DGI	UGR	VCP	CGI	Eval-confort visuel
06	325,86	288,75	186,98	0,049	25,52	16	4,05	3,85	100	6,96	Conf

5.3.2. Traduction des résultats en forme visuelle et construction des diagrammes polaires

La construction des diagrammes polaires a été effectuée à la base de dix paramètres physiques choisis (Tableau 6). Chaque diagramme présente trois zones distinctes et superposées : deux zones de référence de confort et d'inconfort et une zone de l'espace étudié (Figure 7). La zone de confort a été générée faisant référence aux valeurs moyennes des propriétés

d'isoviste pour la caractérisation du champ visuel, de la visibilité et la qualification des qualités visuelles et socio-spatiales (Tableau 5), un ratio inférieur à 1:40 des luminances indiquant des conditions de confort dans un macro-champ visuel et vice-versa et un contraste variant en fonction des ratios des luminances pour la qualification de la qualité de l'ambiance lumineuse, et enfin les valeurs de référence des indices

d'éblouissement pour la qualification de l'éblouissement gênant (Tableau 01).

Les résultats de la superposition des trois zones (Figure 7) montrent que cet espace présente une forme respectant les seuils et conditions de la zone de confort visuel, dont la forte contribution des trois propriétés visuelles et socio-spatiales de l'espace (surface, périmètre et occlusivité de l'isoviste) et de l'indice VCP ; indiquant ainsi une très forte probabilité du confort visuel. Similairement, le ratio des luminances et le reste

des indices d'éblouissement ne dépassent pas la zone de confort ce qui indique un éblouissement imperceptible et une scène confortable visuellement confirmant les résultats précédents (Figure 5 et 6). Par conséquent, on peut qualifier cet espace en tant que confortable visuellement. Il présente une bonne ambiance lumineuse, une bonne visibilité et accessibilité visuelle, un haut degré de repérage et du *wayfinding*, et de bonnes qualités visuelles et socio-spatiales (ouverture, dispersion...).

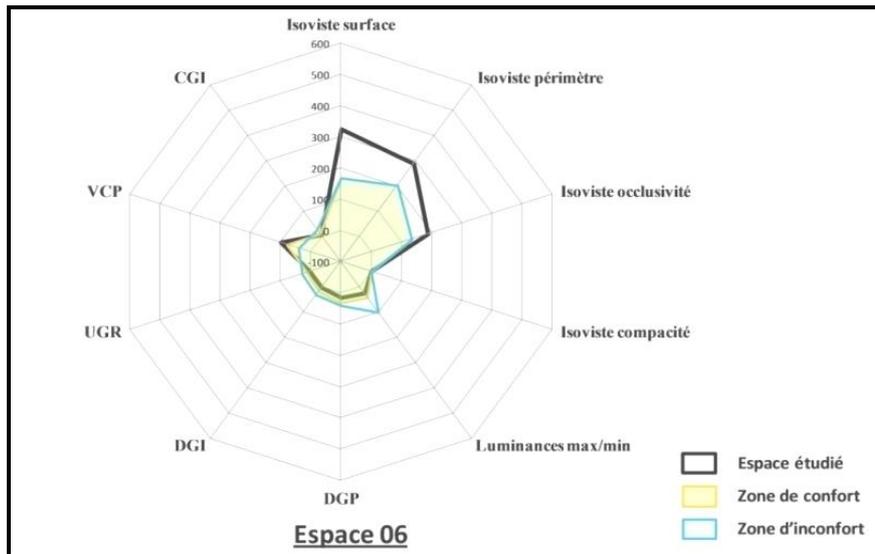


Figure 7. Modèle de qualification du confort visuel de l'espace d'accueil et d'attente principal –hall ou ex-galerie publique de l'hôpital Ain-Azel obtenu par « EXCEL » [20].

5.3.3. Classification des diagrammes polaires selon le degré du confort visuel

À travers la lecture visuelle de l'ensemble des diagrammes, on remarque une forte ressemblance de forme des diagrammes des espaces étudiés, sauf quelques cas extrêmes. Le tableau 7 présente le résultat

d'une classification formelle, visuelle et numérique des diagrammes polaires des dix-neuf espaces étudiés faite en se basant sur les ressemblances formelles, les propriétés des espaces et le degré de confort visuel, dont trois classes ont été distinguées : espaces confortables visuellement, inconfortables et intolérables visuellement.

Tableau 7.

Tableau de classification des diagrammes polaires des (19) espaces des trois hôpitaux étudiés classés suivant les ressemblances formelles, visuelles et numériques des diagrammes et le degré du confort visuel. Auteur.



- *La première classe "espaces confortables"*: regroupe neuf espaces qui se caractérisent par des ratios de luminance inférieurs à 40:1, des valeurs des indices d'éblouissement indiquant tous un éblouissement gênant imperceptible et des valeurs des propriétés d'isovistes supérieures aux valeurs moyennes (Tableau 6). Les espaces (1, 3 et 6) sont confortables visuellement présentant aussi des valeurs des propriétés d'isovistes (surface, périmètre et occlusivité) très importantes; ce qui peut présenter des conditions idéales pour un bon fonctionnement en termes de repérage, de *wayfinding* et du contrôle visuel de l'espace. Également, malgré le fait que les espaces (2, 7, 8, 10 et 14) présentent des valeurs de

propriétés d'isovistes proches de la moyenne, ils sont aussi confortables visuellement vu leurs caractéristiques lumino-spatiales importantes. Or, vu le respect du ratio et l'absence de risque d'éblouissement, seul l'espace 16 est qualifié comme confortable visuellement malgré ses valeurs très restreintes des propriétés d'isoviste qui indiquent un champ visuel limité.

- *La deuxième classe "espaces inconfortables"*: regroupe sept espaces qualifiés comme étant inconfortables visuellement vu le ratio des luminances dépassant 40:1 et l'ensemble des valeurs des indices d'éblouissement indiquant un éblouissement inconfortable. Quant aux propriétés d'isovistes, les valeurs sont variables; elles dépassent les moyennes

dans le cas de l'espace 19, s'approchent des moyennes dans les espaces (5, 12 et 18) et inférieures aux moyennes dans les espaces (13, 15 et 17).

- *La troisième classe "espaces intolérables visuellement"*: vu le rapport intolérable des luminances dépassant (100:1) prouvant un contraste extrêmement excessif et des valeurs des indices d'éblouissement indiquant un éblouissement inconfortable, voire même incapacitant et extrêmement perturbateur, qui peut causer une perte de visibilité momentanée et des douleurs visuelles. Les valeurs des propriétés d'isovistes ne sont pas aussi décisives du fait que les espaces (4 et 9) présentent des valeurs très réduites de propriétés d'isoviste contrairement à l'espace 11 qui présente de très importantes valeurs.

Le modèle d'analyse choisi pour ce travail a permis de déduire qu'afin d'avoir une bonne ambiance lumineuse, une bonne visibilité et accessibilité visuelle, l'espace doit présenter un ensemble d'indicateurs caractérisant un bon confort visuel et un ensemble d'indicateurs caractérisant les qualités visuelles et sociospatiales qui représente un champ visuel ouvert favorisant un sentiment de spaciosité et d'ouverture de l'espace et offrant une vue étendue et assez dispersée sur le reste des espaces adjacents. L'amélioration du degré du confort visuel offre aux usagers un sentiment de sécurité et une diminution considérable du degré de stress.

6. Conclusion

À travers ce présent travail, la proposition d'un modèle expérimental de qualification du confort visuel généré à partir de la caractérisation de l'espace, de l'ambiance lumineuse et de la visibilité, combinant entre l'utilisation des techniques et analyses de la théorie de la Space Syntax et les atouts des photographies HDR, reflète un outil permettant de caractériser les indicateurs et paramètres physiques déterminant la qualité lumineuse et la visibilité et d'évaluer leur influence sur le degré du confort visuel.

Les résultats obtenus montrent que ce modèle indique une correspondance entre ambiance lumineuse, visibilité et confort visuel, comme il nous informe sur la place de l'ambiance lumineuse et de la visibilité dans la qualification du confort visuel. D'une part, les conditions de l'ambiance lumineuse, notamment sa qualité, présentent un facteur dominant, décisif et déterminant du confort visuel. Plus l'ambiance lumineuse et les conditions de l'environnement lumineux sont bonnes, plus il y a une forte probabilité

d'avoir une meilleure visibilité et un meilleur confort visuel. D'autre part, la configuration spatiale joue un rôle primordial quant à la détermination des qualités lumineuses, visuelles et socio-spatiales. Ces dernières présentent, dans le cas de qualification du degré de confort visuel, un facteur favorisant et améliorant la visibilité et le confort visuel.

Le confort visuel est donc étroitement lié à la visibilité. Plus la configuration spatiale permet d'avoir des valeurs importantes des propriétés des isovistes (surface et paramètre surtout), plus elle présente des qualités d'ouverture et de spaciosité du champ visuel indiquant une bonne visibilité et plus de confort visuel.

Ce modèle a prouvé donc que l'espace et sa configuration présentent le facteur déterminant qui conditionne le degré du confort visuel des usagers et influence leur degré de satisfaction. L'espace est donc la matière première qui doit être maîtrisée et contrôlée en amont afin de contrôler à la fois : ambiance lumineuse, visibilité et qualités spatio-visuelles.

Ce travail n'est pas exhaustif. On pourra l'enrichir en appliquant ce modèle sur d'autres plages horaires et dans d'autres saisons. Il pourrait aussi être appuyé par des interviews ciblées réalisées parmi les usagers présents lors de la prise des mesures, ce qui lui donnerait une meilleure assise opérationnelle qui répondrait aux critiques éventuelles du manque d'assise socio-psychologique de l'étude

Références

- [1] BOUANDES K., "Ambiance lumineuse, visibilité et accessibilité visuelle : paramètres contribuant à l'humanisation des espaces d'accueil des hôpitaux. Cas des hôpitaux à Sétif". Masters thesis, Université Mohamed Khider – Biskra (2012). <http://thesis.univ-biskra.dz/id/eprint/2310> (Consulté le 10/10/2017)
 - [2] Ferman C., Les hôpitaux et les cliniques, Architectures de la santé, Collection techniques de conception. Paris : le Moniteur, 1999
 - [3] Imbert J., Histoire des hôpitaux en France, Toulouse : Éditions 14 (PRIVAT), 1982
 - [4] Leather P., BEALE D. & SANTOS A., Outcomes of environmental appraisal of different hospital waiting areas, Environment & Behavior, 35 (6) (2003): 842-869. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0013916503254777> (Consulté le 01/10/2017)
 - [5] Amphoux P., Chelkoff G. & Thibaud J.-P., Ambiances en débats : Editions A la Croisée, Grenoble (Bermin): Collection Ambiances, Ambiance, (2004) 309 p.
 - [6] Narboni R., "Lumière et ambiances" concevoir des éclairages pour l'architecture et la ville. Collection techniques de conception. Paris: Moniteur (2006).
 - [7] Bodart M., Le confort visuel et ses paramètres, Architecture et Climat. Université Catholique de Louvain. Louvain La Neuve (2008)
-

- [8] Kurnia K. A., Azizah D. N., Mangkuto R. A., & Atmodipoero R. T., Visual comfort assessment using high dynamic range images under daylight condition in the Main Library Building of Institut Teknologi Bandung, Engineering Physics International Conference, EPIC 2016, Procedia Engineering 170 (2017): 234 – 239.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817311724> (Consulté le 20/10/2017)
- [9] Fontoynt M. *et al.*, Importance of Wall Luminance on Users' Satisfaction, Proceedings of the 8th European Lighting Conference Lux Europa, Amsterdam (1997)
- [10] Kim W. *et al.*, Evaluation of Discomfort Glare from Daylight. Proceedings of the 26th session of the CIE, 2, D3-170–D3-173. 2007.
- [11] Osterhaus W., Analysis of luminance histograms for the assessment of discomfort glare in daylit offices, Balkan light, (2008, January 1) 155-164.
https://www.researchgate.net/publication/281577565_Analysis_of_luminance_histograms_for_the_assessment_of_discomfort_glare_in_daylit_offices . (Consulté le Novembre 4/11/2017)
- [12] Jakubiec J. A., Van Den Wymelenberg K., Inanici M. N. & Mahic A., Accurate measurement of daylit interior scenes using HDR photography, Conference: CIE 2016 "Lighting Quality & Energy Efficiency", At Melbourne, Australia, (2016, January 1).
https://www.researchgate.net/publication/305703131_Accurate_Measurement_of_Daylit_Interior_Scenes_Using_High_Dynamic_Range_Photos (Consulté le 22/07/2017)
- [13] Jakubiec J.A., Reinhart C., & Van Den Wymelenberg K., Towards an Integrated Framework for Predicting Visual Comfort Conditions from Luminance-Based Metrics in Perimeter Daylit Spaces. In Proc. of Building Simulation, from HYPERLINK <http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2015/p2106.pdf> www.ibpsa.org/proceedings/BS2015/p2106.pdf (Consulté le 02/12/2017)
- [14] Inanici M. & Galvin J., Evaluation of High Dynamic Range Photography as a Luminance Mapping Technique, Lawrence Berkeley National Laboratory, Lighting Research Group, LBNL-Report # 57545, Berkeley, CA. (2006, January 1).
<https://faculty.washington.edu/inanici/.../LRTPublished.pdf> (Consulté le 25/09/2017)
- [15] Kumaragurubaran V. & Inanici M. N., Hdrscope: High dynamic range image processing toolkit for lighting simulations and analysis, (2013, January 1).
https://www.researchgate.net/publication/285954703_Hdrscope_High_dynamic_range_image_processing_toolkit_for_lighting_simulations_and_analysis (Consulté le 10/12/2017)
- [16] Lam W. C., Éclairage et Architecture, Paris : Moniteur (1977).
- [17] Mellon C., Yi Chun H., Acoustics and Lighting, Lecture 4: Lighting Performance 2, Pittsburgh, Pennsylvania, 48-410, 2008.
- [18] Demers C. M., « Expression de la lumière en architecture », cours du groupe GRAP : Lumière et ambiances physiques (07/07/2008).
<https://www.grap.arc.ulaval.ca/a-propos/enseignement.html> (Consulté le 14/08/2010)
- [19] Belakhal A., « Études des aspects qualitatifs de l'éclairage naturel dans les espaces architecturaux. Cas des milieux arides à climat chaud et sec » Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra (2006).
- [20] Parpaïri K., Baker N., Steemers K. & Compagnon R., The Luminance Differences Index; a New Indicator of User Preferences in Daylit Spaces. Lighting Research Technology, 34 (1) (2002) : 55-68.
<https://doi.org/10.1191/2F1365782802li0300a> (Consulté le 15/12/2017)
- [21] Scott Linney A., Maximum Luminances and Luminance Ratios and their Impact on Users' Discomfort Glare Perception and Productivity in Daylit Offices (2008, July 1)
- [22] Reinhart C.F., Walkenhorst O., Validation of Dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds. Energy and Building 33: 683-697. 2001.
- [23] Reinhart C.F., Doyle S., High Dynamic Range Imaging & Glare Analysis. Harvard Graduate School of Design, 2010.
- [24] Ward G., "The Radiance 2.4 Synthetic Imaging System", Lawrence Berkley Laboratory LBL, Berkeley. 1993.
- [25] Wienold J. *et al.*, Evalglare– A New RADIANCE-based Tool to Evaluate Daylight Glare in Office Spaces. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Heidenhofstr, 2005.
- [26] Debevec P.E., Malik J., "Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs", ACM SIGGRAPH Proceedings of the 24th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, 369-378, 1997.
- [27] Coutelier B., "Caractérisation d'un environnement lumineux à l'aide d'outils de mesure vidéo – photométriques et de simulations en milieux virtuels". Thèse de doctorat. L'institut national des sciences appliquées de Lyon. Laboratoire des sciences de l'Habitat – DGCB- URA CNRS 1652. 2006.
- [28] Reinhart J., Jakubiec Alstan, The 'Adaptive zone' –A concept for assessing glare throughout daylit spaces, Harvard University, Graduate School of Design, Department of Architecture. Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 14-16 November, 2011.
- [29] Chauvel P. *et al.*, Évaluation de l'éblouissement dû aux fenêtres, Lux, 121&122, Paris. 1983.
- [30] Iwata T. *et al.*, "Subjective response on discomfort glare caused by windows", Proceedings CIE 22nd session, Melbourne. 1991.
- [31] Wienold J., Dynamic Daylight Glare Evaluation. Proceedings of Building Simulation 2009, Glasgow, 2009.
- [32] Sendrup P., Generalization of the UGR Method a Proposal and Laboratory Test. Lighting Research and Technology. 33(4), 243–257, 2001.
- [33] Hillier B., Space is the machine: A configurational theory of architecture. Londres: Space Syntax, Edition électronique, Reprod de l'ed (1996). Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [34] Mazouz S. La syntaxe spatiale. Cours Mastère en architecture. ENAU. Tunis : s.e. 2009.
- [35] Mudri L., Aide à la conception de l'éclairage naturel dans la phase d'esquisse architecturale et son impact sur l'énergétique du bâtiment, Thèse de doctorat en Energétique Ecole nationale supérieure des mines de paris. 1996.
- [36] Cousin J., L'espace vivant. Paris : Dunod. 1980.
- [37] Turner A., The Ingredients of an Exosomatic Cognitive Map: Isovists, Agents and Axial Lines? Bartlett School of Graduate Studies, UCL, Gower Street, London, 2008.
- [38] Benedikt M.L., To take hold of space: isovists and isovist fields. Environment and Planning B: Design and Planning, 1979.
- [39] Boubekri M., L.L. Loyer, "Effect of Window Size and Sunlight Presence on Glare". Lighting Research and Technology, v. 24, no 2, pp. 69-74. 1992.