

Dynamique des ambiances lumineuses par relevés vidéo d'espaces de transition

Mathieu Coulombe, Université Laval, Canada, mathieu.coulombe.1@ulaval.ca

Claude MH Demers, Université Laval, Canada

André Potvin, Université Laval, Canada

Abstract

Natural light characterizes architecture in a complex manner, especially when considering its fluctuations and variations whenever we experience a transition or passage from a space to another. It also influences the comfort and the well-being of its occupants. This visual adaptation appears in a process that is translated into a spatio-temporal dynamics implying body movement from space to space. The literature review recognizes the lack of knowledge in the relation light-space-time. This research proposes to study this spatio-temporal relation existing between light and architectural space, to qualify an architectural *promenade*. It proposes to reconsider the design of transitional spaces by the spatio-temporal analysis of light, through *in situ* experimentation including filmic segments. The studied variables of this research take into account the qualitative and quantitative aspects of light such as luminance, time, contrast and brightness. It combines the use of a luminance-meter, a camcorder and the analysis of numerical images as a starting point for the assessment of spatio-temporal qualities of light. The resulting analysis, as well as the visualization of the dynamic experience of visual ambiances, will allow a classification of luminous transitional experiences. The architectural *promenade* is analyzed according to the diversity and relative intensity of luminous ambiances in relation to time, which allows the development of a descriptive analysis of visual perceptions through spatial transitions. This method of analysis and dynamic representation offers a potential to favour the design of spaces while encouraging and applying principles of luminous diversity in architecture.

Keywords

Transitional spaces, contrast, video, images analysis, visual adaptation, Light, daylighting

Résumé

La lumière naturelle dans un bâtiment avec ses fluctuations et ses variations lors du passage d'un espace à un autre, caractérise de manière complexe, mais importante le design d'un bâtiment. Elle influe sur le confort et le bien-être de ses occupants. Cette adaptation visuelle s'inscrit dans un processus qui se traduit par une dynamique spatio-temporelle impliquant le mouvement du corps d'un espace à un autre. La littérature fait état du peu de connaissances en ce qui a trait à la relation lumière-espace-temps. Cette recherche propose donc d'étudier cette relation spatio-temporelle existant entre la lumière et l'espace architectural, afin de qualifier un parcours architectural. Elle propose de reconsidérer le design des espaces transitions, par l'analyse spatio-temporelle de la lumière, au moyen d'une expérimentation en milieu *in situ* et de segments filmiques. Les

variables étudiées lors de cette recherche prennent en compte les aspects qualitatifs et quantitatifs de la lumière tels que la luminance, le temps, le contraste et la brillance. Elle combine l'utilisation d'un luminance-mètre, d'une caméra vidéo et d'une méthode d'analyse d'images numériques comme point de départ pour l'évaluation des qualités spatio-temporelles de la lumière. L'analyse résultante ainsi que la visualisation dynamique des ambiances lumineuses permettent une classification des ambiances lumineuses. Le parcours architectural est analysé en fonction de la diversité et de l'intensité des ambiances lumineuses en fonction du temps, ce qui permet de développer une analyse descriptive des perceptions visuelles d'espaces transitions. Cette méthode d'analyse et de représentation dynamique offre donc un potentiel aux concepteurs désireux d'enrichir le design d'espaces en favorisant la diversité lumineuse dans l'expérience architecturale.

Mots clefs

Espaces transitions, contraste, vidéo, analyse d'images, adaptation visuelle, Lumière, éclairage

Le design d'un espace éclairé naturellement tient à la fois compte de la performance énergétique du bâtiment, mais considère également de la recherche de confort visuel pour ses occupants. Par contre, le design en relation à la lumière naturelle demeure l'un des champs de recherche les moins développés en ce qui a trait à l'analyse qualitative de l'environnement intérieur en relation à des données quantitatives. Par exemple, le facteur lumière du jour (FLJ), largement utilisé pour caractériser les espaces éclairés naturellement, est maintenant reconnu comme mesure déficiente autant d'un point de vue qualitatif que quantitatif [1]. Les défis liés au design de bâtiments éclairés naturellement dépendent donc de la capacité des architectes à optimiser la performance et le confort visuel des espaces. Cette optimisation doit prendre en considération que la perception de l'architecture se vit notamment par la dimension spatio-temporelle de la lumière naturelle impliquant le mouvement. En ce sens, les espaces de transition sont des lieux privilégiés en architecture puisqu'ils permettent d'expérimenter la diversité de la lumière lors de transitions lumineuses, permettant l'adaptation visuelle des usagers. En effet, s'ils sont bien conçus, ces espaces transitions servent à expérimenter les seuils de caractéristiques lumineuses particulières et provoquer des situations complexes et visuellement stimulantes de diversité environnementale. Les espaces de transition peuvent prendre plusieurs formes et accueillir plusieurs usages, tels foyers, lobbies, atriiums, corridors et tous les autres espaces où les gens circulent entre l'intérieur et l'extérieur [2]. Le seuil entre deux espaces devient donc un élément fondamental dans le potentiel expérientiel, car il peut s'exprimer de façon graduelle ou soudaine, rendant la transition plus ou moins confortable. Ce type d'endroit constitue un lieu d'étude important afin de comprendre le processus de perception et d'adaptation visuelles. Si celui-ci est fortement étudié en relation à la notion de temps, peu de recherches ont été développées afin d'étudier le comportement lumineux de manière dynamique. Alors que la photographie, le film, l'architecture et les arts ont toujours reconnu la nature dynamique de la lumière et ses qualités, la communauté scientifique a tenté de simplifier cette relation, en n'arrivant toutefois à aucun modèle suffisant pour supporter l'analyse dynamique de la lumière en architecture. Cette recherche se veut donc une nouvelle approche dans l'analyse de la lumière naturelle, reconnaissant sa nature dynamique dans le contexte d'un parcours architectural, et ciblant de manière expérientielle l'analyse de l'environnement visuel d'un occupant. Les auteurs proposent

la mise au point d'un outil d'analyse vidéo qui permettra d'évaluer et de caractériser la qualité lumineuse de façon dynamique des espaces de transitions, et ce, dans le but d'alimenter le processus décisionnel en phase préliminaire de design. Elle s'inscrit dans une volonté d'approfondir les connaissances sur la dynamique des ambiances lumineuses architecturales, un domaine encore peu étudié puisque les paramètres impliqués dans les phénomènes de transition, de perception et de lumière naturelle sont multiples. À cet égard, la méthode digitale proposée permet de simplifier le processus d'analyse et de représentation de ce phénomène complexe.

Lumière, architecture et mouvement

Lorsque nous regardons le monde qui nous entoure, la lumière qui entre par la pupille passe au travers une série de processus mentaux qui convertissent le patron visuel en une perception du monde comme nous le connaissons [3]. Ainsi, ce patron visuel n'est pas statique, mais il est continuellement en mouvement [4]. En fait, Arnheim [5] décrit l'architecture dynamique par : "The visitor experiences not only a sequence of sights but the constant gradual transformation created by perspective and lighting in every wall and constellation of elements" (Arnheim,R.,1974, p.11). L'architecture dépend donc littéralement de la lumière, qui révèle la forme, l'espace, et simultanément dévoile le sens et les intentions qu'ont imaginés les architectes lors de la conception. La lumière peut améliorer l'expérience de l'architecture, en dévoilant la structure, les matériaux, les textures afin de permettre l'orientation, le focus et l'expérience du temps. Le résultat d'une interaction entre une ou des lumières, un individu, un espace et un usage peut ainsi être décrit comme une ambiance lumineuse [6]. Cette interaction influence momentanément ou durablement la perception du lieu éclairé [6]. La caractérisation d'une ambiance lumineuse est complexe, car elle fait intervenir divers paramètres physiologiques, psychologiques et culturels. L'éclairage à l'origine de ces diverses ambiances lumineuses se mesure grâce aux valeurs photométriques (intensité lumineuse, éclairement, luminance, uniformité, contraste). Par contre, la mesure des ambiances lumineuses fait intervenir des éléments de perceptions plus subjectifs qui font appel à l'appréciation individuelle [6].

Afin de qualifier et quantifier cette perception lumineuse, il est généralement admis d'utiliser une sonde photométrique qui mesure la luminance à certains points de l'espace [7,8]. Ces types de mesures statiques constituent un frein à une compréhension de la lumière comme phénomène dynamique, car elles ne permettent pas une visualisation de l'interaction de la lumière avec l'espace. Déjà en 1980, Derrick Kendrick énonçait l'importance de considérer le rôle prépondérant de la nature dynamique de la lumière naturelle dans un bâtiment [9]. Alors qu'en 1997, Fontoynt soulignait que nous atteindrions les limites des représentations statiques en lien avec la nécessité de représenter l'utilisateur en interaction avec son environnement [10]. En ce sens, la lumière naturelle est une lumière très variable qui peut atteindre sur la façade d'un bâtiment, 100 000 lux par journée ensoleillée et diminuer à quelques centaines de lux lorsque le ciel est couvert [11]. Généralement, lorsque la fréquence et l'écart entre les changements de stimulus dans la distribution lumineuse sont trop élevés, l'œil ne suffit pas et s'en suit une confusion dans l'analyse de l'espace. Ceci peut causer : l'échauffement et l'écoulement des yeux, des douleurs, des maux de tête, des migraines, de la confusion perceptuelle et des étourdissements [7,12]. La présence de la lumière naturelle dans un bâtiment avec ses fluctuations et ses variations lors du passage d'un espace à un autre caractérise le design d'un bâtiment ainsi que le confort

et le bien-être de ses occupants. Dans un parcours architectural, les variations temporelles et visuellement perceptibles de la lumière qui sont dépendantes du design du bâtiment sont considérées dans le cadre de cet article comme étant des dynamiques lumineuses. Dans ce contexte, les architectes doivent être conscients du rôle qu'ils occupent dans la conception d'espaces qui sont soumis à cette dynamique lumineuse [7].

Il paraît alors improbable d'arriver à une définition d'un espace durable d'un point de vue de la qualité lumineuse en utilisant des facteurs mathématiques qui ne tiennent pas en compte la perception de l'espace. L'adaptation visuelle peut être définie comme étant le changement de sensibilité à un patron lumineux résultant d'une exposition prolongée à ce même patron [13]. Par conséquent, l'habileté avec laquelle les individus s'adaptent aux conditions dynamiques de la lumière est très importante [7,13]. En fait, nous nous basons principalement sur la perception visuelle de l'espace lorsque nous nous déplaçons dans un environnement, car, le système visuel est plus sensible aux changements qu'aux conditions stables [14]. Le mouvement et la vitesse sont des paramètres qui influencent grandement notre perception de l'environnement. Ceci est observable, non seulement selon des caractères spatiaux, mais aussi selon le temps [15]. La vidéo constitue de nos jours, une méthode de représentation des espaces qui se rapproche le plus de la réalité perceptuelle des usagers. En effet, elle permet de comprendre l'espace dans son ensemble, d'avoir une représentation des textures, des luminances (horizontales et verticales), des contrastes, et ce, modulé dans le temps. L'analyse de la vidéo, comme outils de représentation et d'analyse de la lumière, permet ainsi une simplification de la représentation et de l'analyse. De plus, contrairement à la photographie, ce médium offre l'avantage d'un continuum de prises de vue (30 images par secondes), et ce, sans interventions manuelles du cameraman sur les paramètres d'une scène (ouvertures, temps d'exposition, etc.). Ces paramètres automatisés par la caméra, donnent la possibilité d'enregistrer de façon presque impersonnelle une progression dans un espace. La prise de relevés vidéo suggère aussi la potentialité d'aborder la problématique selon une approche d'analyse spatiale différente qui tient compte des aspects qualitatifs (l'image) et des aspects quantitatifs (les valeurs numériques des pixels).

Cette recherche, propose l'intégration des variables qualitatives par l'analyse numérique d'images vidéo et des variables quantitatives qui peuvent y être extraites par la corrélation avec la luminance, le temps, le contraste et la brillance.

Méthode

Le développement des technologies numériques, de nos connaissances sur les espaces transitions ainsi que l'utilisation maintenant courante de la vidéo numérique rendent la création d'une interface d'analyse de l'image en mouvement possible. La méthodologie la plus appropriée pour étudier un phénomène complexe, comme le sont les ambiances lumineuses dans les espaces transitions, est une évaluation impliquant un relevé *in situ* [16]. Fondamentalement, la méthode consiste à utiliser la caméra vidéo digitale, de filmer un parcours *in situ* et d'en étudier les images calibrées résultantes afin d'en faire un schéma des caractéristiques lumineuses.

Le bâtiment à l'étude est le séminaire de Québec, situé en plein cœur du quartier historique de la ville de Québec. Il est considéré comme l'un des plus anciens en Amérique du Nord et comporte des caractéristiques spatiales particulières. En effet, il est constitué d'une façade possédant un albédo très élevé, des murs très épais (0,75 m.

à 1 m.), une variété élevée de types d'ambiances lumineuses, un hall d'entrée complètement fermé avec peu d'ouvertures ainsi qu'une fenestration répétée qui rythme la façade. Les relevés, présentés aux figures 2 et 3, ont eu lieu le 27 septembre 2009, à 12h00, par une journée de ciel complètement dégagée, afin d'éliminer les variabilités occasionnées par des passages nuageux. Cette date correspond, à la journée la plus près de l'équinoxe d'automne, soit lorsque le centre du Soleil est exactement à la verticale d'un point de l'équateur de la Terre. Cette évaluation *in situ* comporte trois grandes étapes décrites subséquentement, soient :

- Repérage (Prise de données quantitatives)
- Tournage de la Séquence filmique (Prise de données qualitatives)
- Analyse des données

Le repérage (Prise de données quantitatives)

Cette étape consiste principalement à établir un parcours architectural qui débute à l'extérieur du bâtiment à l'étude, se poursuit dans l'espace transition, pour se terminer à l'intérieur du bâtiment. Ce parcours est établi dans le but d'obtenir le plus de variabilité d'ambiances lumineuses. Les figures 2 et 3 démontrent le parcours établi dans le cadre de cette étude entre le point A, situé à l'extérieur du bâtiment et le point F, situé à l'intérieur du bâtiment.

Une fois ce parcours établi, il est alors possible de déterminer les endroits de faible et de forte luminance tout au long du parcours. Cette étape fait intervenir l'utilisation d'un luminance-mètre afin de calibrer ultérieurement les images vidéo en fonction de leurs luminances, une donnée qui permettra de quantifier les brillances relatives dans le champ visuel des images. La luminance d'une source est le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de la source lumineuse dans la direction considérée, cette mesure s'exprime en candélas par mètre carré (cd/m^2) [17]. Les données de brillance des images seront utilisées pour mesurer le contraste entre des éléments du champ visuel, ainsi que le contraste globalement perçu entre deux espaces. Il s'agit de sélectionner dans la scène, deux zones, une sombre et une seconde plus brillante, tel qu'il est illustré par la figure 1. Il est important de choisir ces zones de tailles raisonnables, d'une luminance constante, utiles et facilement identifiables au sein de l'image. Il s'agit de prendre la luminance de ces zones, les enregistrer et de noter l'endroit exact de la prise de mesure.

Tournage de la Séquence filmique (Prise de données qualitatives)

La seconde étape consiste à filmer le parcours architectural à l'aide d'une caméra vidéo numérique. Cette étape est relativement simple, mais nécessite tout de même une grande rigueur dans sa planification. En effet, bien que la majorité des caméras numériques soient dotées de stabilisateurs d'images intégrés, il est important d'optimiser la stabilité de la caméra, afin d'obtenir une image de plus grande qualité [18]. De plus, le tournage doit s'effectuer avec un pas régulier et standard d'environ 1m/sec [19], afin de représenter le déplacement de la majorité des usagers. Puisque cette recherche se veut également quantitative, le réglage d'exposition automatique intégré à la caméra sera utilisé pour effectuer la prise de données et l'interprétation de la brillance. La brillance d'une image correspond à la luminosité d'une scène qui est un attribut d'une sensation visuelle selon lequel une surface paraît émettre plus ou moins de lumière [20]. À cet

égard, il est important de rappeler que l'œil humain possède un temps d'adaptation visuel différent de celui du système numérique utilisé. En effet, dans le diaphragme mécanique, le temps d'adaptation à la lumière pour rendre efficacement une scène s'établit en fractions de secondes comparativement au système rétinien qui prend plus de temps à effectuer le même travail. L'adaptation complète de l'œil passant de la lumière du soleil à des luminances intérieures cent fois plus faible demande environ 20-30 minutes, bien que 70% de l'adaptation soient réalisés après 90 secondes [21]. Mais si l'espace intérieur est éclairé naturellement, l'adaptation y est deux fois plus rapide. De plus, le temps d'adaptation varie d'un individu à un autre [13-21]. Il est aussi possible d'établir que chaque caméra numérique possède un système de capteurs de la lumière différent. Dans le cadre de cette recherche, les auteurs énoncent l'hypothèse que la caméra vidéo représente un système d'adaptation lumineux parmi ceux de l'œil humain.

Analyses des données

Bien que la brillance d'une image soit un phénomène à première vue subjectif, il est par contre possible d'établir une relation entre la luminosité d'une image et la luminance qui elle, est quantifiable [22]. Cette recherche se base principalement sur une méthode qui intègre le contraste et la luminosité afin de permettre un classement lumineux qualitatif et quantitatif de la vidéo. Pour ce faire, la vidéo est alors traitée à l'aide du logiciel ImageGrab41fr. Ce logiciel permet d'extraire des images d'une vidéo tout en conservant les propriétés de luminosité et de contrastes. L'expérimentation requiert l'extraction d'une image toutes les secondes, ce qui équivaut à 1 mètre de distance parcourue, la vitesse de marche étant de 1 mètre par seconde. Une fois ces images obtenues, elles sont alors traitées par automatisation à l'aide de la fonction traitement par lots dans le logiciel Photoshop. Cette automatisation consiste en un changement de la dimension des images à 320(w) x 240(h), la transformation de l'image à l'aide de la fonction isohélie en 5 tons de gris puis finalement de sauvegarder l'image en format RAW. La transformation d'une image en cinq (5) tons de gris permet une décomposition en cinq (5) zones (0 %, 25 %, 50 %, 75 % et 100 %) de la luminosité. Ceci a pour effet d'abstraire une certaine réalité perceptible pour se concentrer sur la composition lumineuse de l'image [22]. L'ensemble des images est par la suite, modifié en utilisant le logiciel Rascal, qui permet l'extraction des valeurs de chaque pixel en valeurs numériques. L'ensemble des valeurs numériques des images est alors analysé par le tableur Excel Culplite qui permet d'attribuer une valeur de luminance à une valeur numérique d'un pixel [23]. L'utilisation de ce processus permet donc l'établissement d'un rapport entre la luminosité d'une image et la luminance mesurée en milieu réel à l'aide du luminance-mètre. L'image résultante est donc calibrée en fonction de la luminance.

Cette série d'images est alors évaluée en fonction des valeurs de la moyenne et de l'écart-type des valeurs des pixels extraites des images. Ce type d'évaluation de l'image est possible en regardant l'évolution de l'histogramme d'une image. La mesure du contraste, qui correspond à une évaluation de la différence de deux ou plusieurs parties du champ observé, peut être extrapolée en utilisant les valeurs de l'écart-type dans cet histogramme alors que la moyenne des pixels d'une image représente la luminosité [24-25]. Les données obtenues par le biais du logiciel Adobe Photoshop et celles de l'analyse des images faite par Culplite sont utilisées pour générer la valeur correspondante à la valeur de la moyenne de l'image (brillance) et celle de l'écart-type (contraste) en cd/m^2 . L'ensemble de ces données est compilé sous forme d'un graphique (voir figure 1), qui exprime l'évolution de la brillance (luminance) et du contraste d'un parcours architectural en fonction du temps.

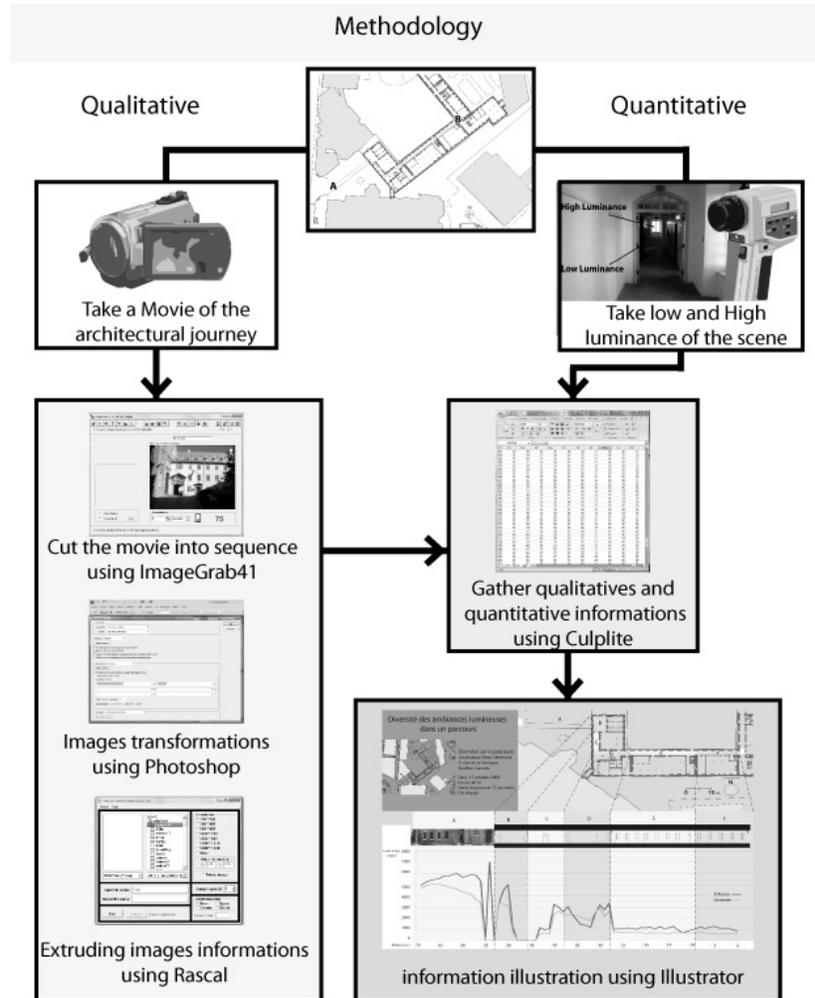


Figure 1 : Méthode d'acquisition de la dynamique des ambiances lumineuse.

Analyse des résultats

La figure 2 illustre la variabilité des ambiances lumineuses dans le parcours architectural effectué de l'extérieur vers l'intérieur, entre le point A et le point F alors que la figure 3 représente un parcours en sens inverse, soit de F vers A. Le parcours a été effectué dans les deux sens afin de comparer la perception lumineuse d'un même espace, mais avec une orientation différente.

L'évolution des valeurs de brillance et de contraste dans la section A, B et C des figures 2 et 3, permet de représenter la relation intérieure-extérieure de manière graphique et offre une analyse globale du phénomène complexe de transitions-espace-lumière. En effet, ces sections du parcours représentent la principale zone d'adaptation lumineuse lors d'un passage entre l'extérieur et l'intérieur. Ces portions du parcours démontrent une plus grande variation dans l'évolution des valeurs de brillance et de contraste, comparativement à la suite du parcours. Si on se réfère à la définition de l'adaptation, laquelle indique un changement de sensibilité à un patron lumineux résultant d'une exposition prolongée à ce même patron [13], l'œil devrait donc s'adapter, dans cette section du parcours, à un grand écart de luminosité et de contraste.

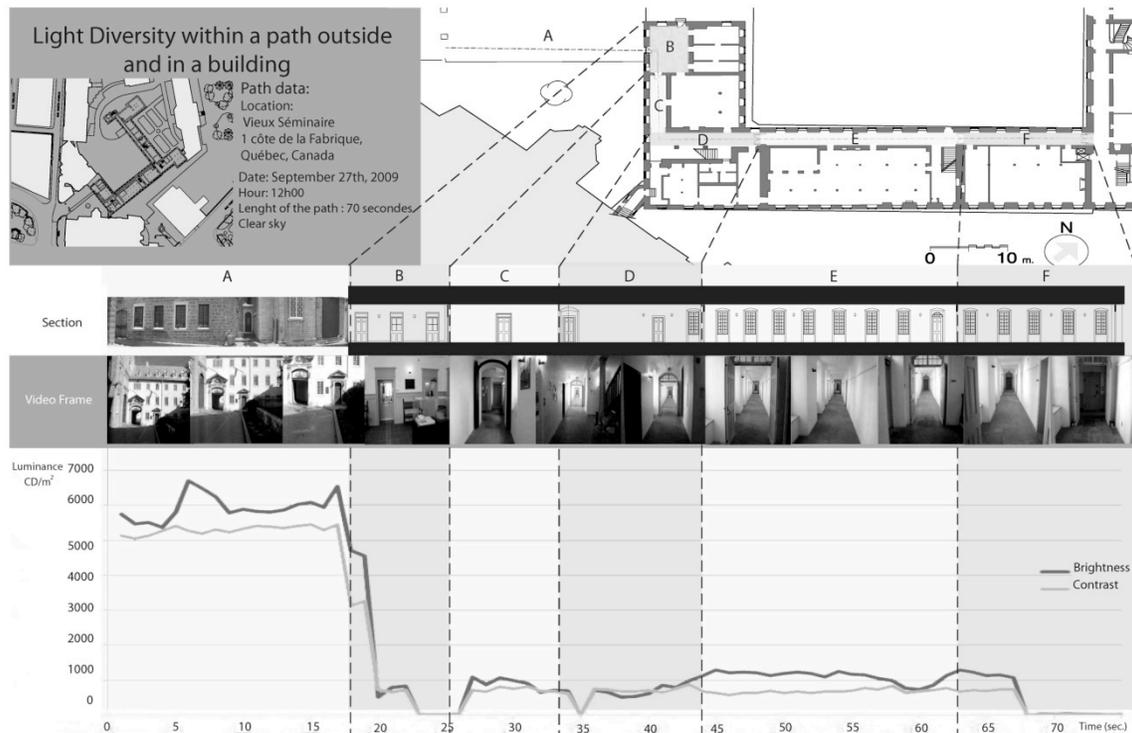


Figure 2 : Distribution de la luminosité et du contraste selon le temps dans un parcours architectural de A vers F.

Les figures 2 et 3 démontrent également que la brillance et le contraste dans les images du parcours varient en fonction du temps. En effet, dans la figure 2, on peut apercevoir que dans l'espace A, bien que nous circulons dans un même espace, nous observons une variation de la brillance et du contraste dans le temps. Les valeurs des moyennes de la brillance des images varient de 6490 cd/m^2 à 7 secondes, 5800 cd/m^2 à 11 secondes, à 6555 cd/m^2 à 17 secondes et 4720 cd/m^2 à 18 secondes. Ces variations sont trop importantes pour qualifier qu'une seule ambiance lumineuse. On peut donc avancer l'hypothèse que cet espace pourrait contenir 4 ambiances lumineuses différentes. Celles-ci correspondent aux deux pointes, à 7 secondes et 18 secondes, de la courbe de la brillance en fonction du temps dans la section A de la figure 2 et aux deux plateaux qui sont observés respectivement entre 1 et 7 secondes et entre 8 et 18 secondes. Les données précédentes démontrent donc que la variabilité des ambiances lumineuses dans un même espace est importante et qu'elles sont modulées et réparties dans le temps. On peut observer également ces variations avec des intensités et des durées variables dans l'ensemble des autres espaces (B,C,D,E,F) des figures 2 et 3.

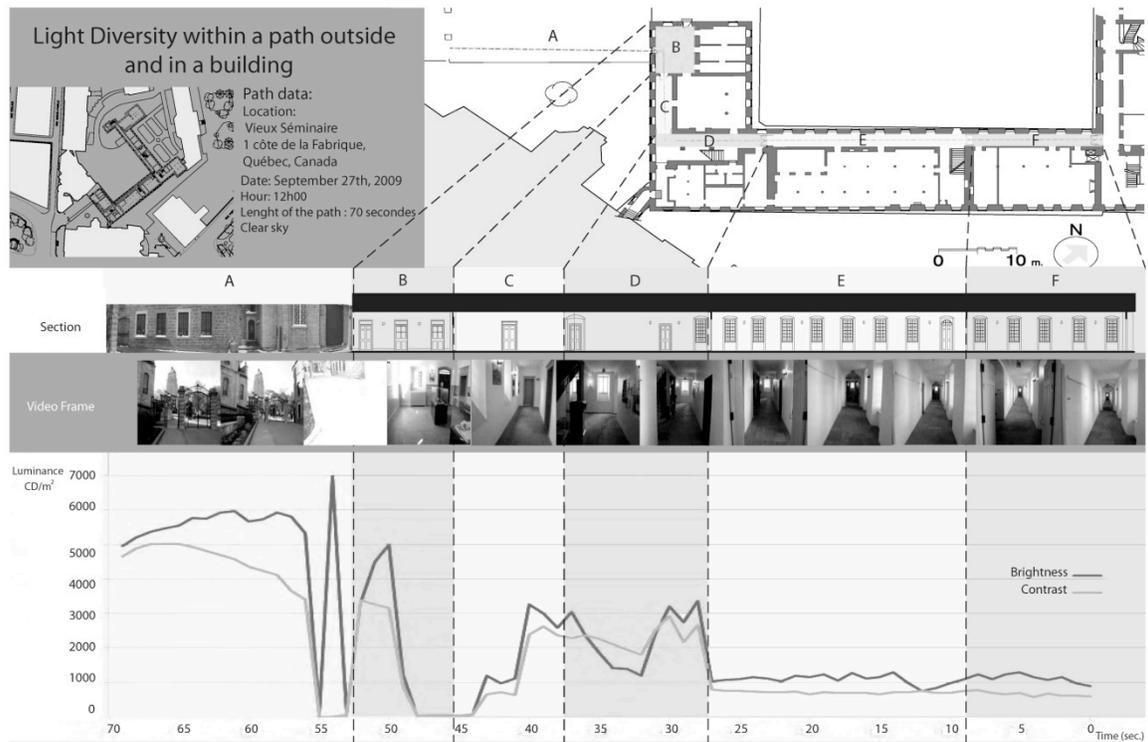


Figure 3 : Distribution de la luminosité et du contraste selon le temps dans un parcours architectural de F vers A.

Dans le relevé présenté, cette adaptation est vécue différemment que l'on sorte (figure 4) d'un bâtiment ou que l'on y entre (figure 5). Ce phénomène peut s'expliquer en étudiant les limites du système visuel lorsqu'il est soumis à des différences de luminosités et des contrastes élevés [7, 21]. Ces situations ont tendance à être plus fréquentes lors de l'entrée et la sortie d'un bâtiment [7,21]. Il semble y avoir un consensus dans la communauté scientifique sur le fait que le processus d'adaptation de l'œil fait intervenir des cellules spécialisées distinctes en conditions de faible et de haute luminosité [21]. Les cônes sont constitués des cellules sollicitées par des luminances élevées alors que les bâtonnets le sont lors de luminances faibles. Cette distinction physiologique amène une discrimination importante dans la perception de l'espace [21]. De par leur évolution, les cônes procurent un meilleur rendement visuel, tant à ce qui a trait aux luminosités, qu'aux contrastes et aux perceptions de l'espace [12-26]. Par contre, les bâtonnets sont plus limités dans la perception des couleurs, des nuances de contrastes et offrent un rendu de l'espace moins performant [21]. La figure 2 illustre que le passage d'un environnement où les luminances moyennes enregistrées sont de l'ordre de 6560 cd/m^2 à 17 secondes, à un environnement où celles-ci sont de 22 cd/m^2 à 22 secondes, implique un ratio correspondant à 1 :300 ce qui est drastique. Lors de cette transition, l'œil doit faire le relai entre l'utilisation des cônes, qui sont sollicités à l'extérieur, vers les bâtonnets qui sont utilisés en luminance faible [21]. Ce phénomène amène la perte momentanée d'informations spatiales, qui se traduit par un *black-out*.

On parle alors d'effet de *black-out*, c'est-à-dire d'une perte d'informations dans la lecture spatiale de l'environnement créée par un effet d'éblouissement qui se traduit par la perception d'un environnement beaucoup plus sombre que la réalité. La figure 4 représente l'effet du *black-out* qui a lieu lors de l'entrée dans le bâtiment. La première image représente la façade du bâtiment avec un albédo élevé et où l'œil offre un rendu

convenable de la scène alors qu'à la lecture de la seconde image, la scène semble être inexistante dans la partie de droite de l'image. L'image démontre une faible luminosité ainsi qu'un faible contraste (image tirant sur le noir). Il s'en suit une perte de la lecture de l'espace qui est retrouvée par un rendu convenable de l'espace dans la dernière image.



Figure 4 : Images représentant la séquence d'entrée du bâtiment et l'effet *black-out*. 4 a) extérieur au $t = 17$ secondes et avec une luminance moyenne de 65600 cd/m^2 , 4 b) phénomène du *black-out* au $t = 20$ secondes et avec une luminance moyenne de 740 cd/m^2 , 4 c) espace transition constitué par le hall d'entrée au $t = 22$ secondes et avec une luminance moyenne de 22 cd/m^2 .

À l'inverse, la figure 3 illustre le passage d'un environnement où les luminances moyennes enregistrées sont faibles (41 cd/m^2 à 57 secondes), à un environnement où celles-ci sont dites élevées (5300 cd/m^2 à 57 secondes). Lors de cette transition, le système d'adaptation de l'œil passe donc du système utilisant les bâtonnets au système utilisant les cônes ce qui génère la perte momentanée d'informations spatiales. On parle alors d'effet de *white-out*, c'est-à-dire d'une perte d'informations dans la lecture spatiale de l'environnement créée par un effet d'éblouissement qui se traduit par la perception d'un environnement beaucoup plus brillant que la réalité. La figure 5 illustre l'effet de *white-out*, qui se traduit par une surexposition de la luminosité et une perte du contraste dans l'image (image tirant sur le blanc). Ces phénomènes sont donc attribuables aux trop grandes différences de luminosité et de contraste qu'il y a entre l'intérieur et l'extérieur. Dans ce cas précis, la différence énorme provoque un éblouissement et une perte de la lecture de l'information architecturale pendant quelques instants (figure 5).



Figure 5 : Images représentant la séquence de sortie du bâtiment et l'effet *white-out* 4 a) intérieur au $t = 52$ secondes et avec une luminance moyenne de 1000 cd/m^2 4 b) phénomène du *white-out* au $t = 55$ et avec une luminance moyenne de 7000 cd/m^2 4 c) extérieur au $t = 57$ et avec une luminance moyenne 5300 cd/m^2 .

La figure 5a) représente l'étape initiale de l'effet d'éblouissement, où on peut bien comprendre la perte de la lecture d'information de la configuration spatiale dans la section de droite de l'image. La figure 5b), représente l'effet de la surexposition de l'image vidéo et de la grande brillance, rendant l'environnement avec une perception

extrêmement lumineuse. Finalement, la figure 5c), illustre l'espace A, soit, l'extérieur du bâtiment.

La conception d'un espace de transition entre l'intérieur et l'extérieur pourrait donc traiter architecturalement ce type de seuil en ce qui a trait à la luminosité. On peut remarquer une variation importante de la luminosité aux limites des environnements terminés par des ouvrants, soient les portes. Ainsi, à la limite des zones A et B ainsi que B et C, des figures 2 et 3, il est possible de constater une variation importante dans la luminosité et le contraste suite à ces frontières spatiales. Cet effet est amplifié par le fait que l'espace transition est très opaque et ne possède que peu de continuité visuelle avec l'extérieur. Ce phénomène serait moins apparent, éclairage moins contrasté, si l'espace de transition comportait une plus grande continuité visuelle avec l'extérieur, c'est-à-dire plus de transparence dans l'espace de transition.

En comparant, la section D (figure 2 et 3) dans les deux parcours, il est possible de constater une différence dans les variations de la luminosité et du contraste. La façon de percevoir cet espace lors de la migration de A vers F section D (figure 2) semble moins soumise aux variations dans la luminosité et le contraste que lorsque nous effectuons la migration inverse de F vers A section D (figure 3). Ce phénomène peut être aperçu à la figure 6 et s'explique par le champ visuel et la nature de la scène filmée. En effet, lors de la progression de F vers A section D (figure 3), il y a présence, au centre du champ visuel, d'un élément de transparence, une fenêtre, qui est absente du champ visuel lors de la progression de A vers F section D (figure 2). La moyenne de la brillance des images de la section D de la figure 3 est de 2200 cd/m² alors que celle de la section D de la figure 2 est de 664 cd/m². Le même espace est donc perçu avec une brillance de plus de 3 fois supérieures dans le parcours fait à la figure 3 que celui effectué dans le cadre de la figure 2. On peut conclure que la perception de brillance est dépendante des variables lumineuses présentes dans le champ de l'observateur en mouvement et qu'elle pourrait être étudiée architecturalement en modifiant la disposition des éléments de transparence pour minimiser l'inconfort visuel créé par une transition trop brusque entre deux espaces.

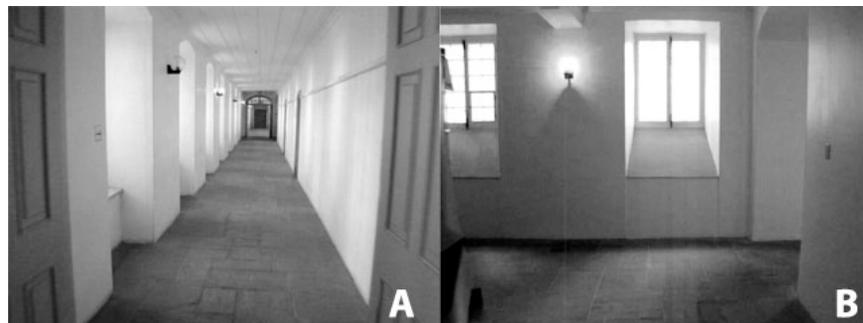


Figure 6 : Images représentant le champ visuel lors dans l'espace D. 6 A) lors de la migration de A vers F de la figure 2; 6 B) lors de la migration de F vers A de la figure 3.

Conclusion

Fondamentalement, la méthode utilisée dans le cadre de cette recherche consiste à utiliser la caméra vidéo digitale, de filmer un parcours *in situ* et d'en étudier les images résultantes afin d'en réaliser une représentation graphique des caractéristiques lumineuses. Les résultats indiquent que la diversité des ambiances lumineuses dans un parcours linéaire relativement « simple » est grandement supérieure au nombre

d'espaces traversés. L'exemple présenté dans la section A de la figure 2 démontre, en effet, que 4 variations importantes de la brillance dans le temps ont été enregistrées dans 1 seul espace. De plus, la recherche illustre que l'adaptation lumineuse, lors du passage intérieur-extérieur d'un bâtiment, est vécue différemment que l'on y sorte (figure 4) d'un bâtiment ou que l'on y entre (figure 5). Ces variations dans la perception des ambiances lumineuses sont caractérisées par deux phénomènes, le black-out et le white-out. Ces deux phénomènes, démontrés aux figures 4 et 5, sont le résultat d'une grande différence dans la brillance des images successives et impliquent un ratio de brillance de l'ordre de 1 :300.

La comparaison entre la section D de la figure 3 et la section D de la figure 2 a permis de conclure que la perception de brillance est dépendante des variables lumineuses présentes dans le champ de l'observateur en mouvement. De plus, cette analyse a permis de constater que la perception lumineuse d'un même espace peut être expérimentée différemment selon la direction avec laquelle il est traversé. Il est alors promulgué qu'un même espace peut provoquer des perceptions différentes selon la position du champ de vision de l'observateur. Les auteurs sont conscients que le choix d'un autre bâtiment procurerait une expérience lumineuse différente. Dans cette optique, il serait alors possible d'étudier les transitions lumineuses dans un certain nombre de bâtiments afin d'en comparer les ambiances lumineuses lors de promenades architecturales planifiées en fonction du mouvement des usagers.

La relation de la brillance avec l'espace est préminente quand il est question d'étudier les ambiances lumineuses. Le mouvement et la vitesse constituent des paramètres qui influencent grandement notre perception de l'environnement. En ce sens, l'utilisation de la vidéo implique non seulement la notion de temps, mais également la relation entre la représentation graphique et l'analyse. La lumière ne possédant aucune échelle, la méthode expérimentée *in situ* pourrait s'avérer très efficace dans le cadre d'une utilisation avec une maquette analogique, permettant de contribuer plus explicitement à la définition des ambiances dynamiques des espaces de transition.

Cette recherche vient appuyer le fait que l'expérience de l'architecture fait partie intégrante de la transformation constante et graduelle, créée par la perspective et la lumière sur un ensemble complexe de variables. Finalement, la création d'un espace devrait impliquer le mouvement des usagers, générant des espaces transitions adaptés à la complexité des ambiances lumineuses. Cette étude établit qu'il est dorénavant possible de qualifier et quantifier le caractère dynamique des ambiances lumineuses pour une promenade architecturale.

References

1. Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., Rogers, Z., (2006). Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. LEUKOS, 3 (1), New York.
2. Pitts, A. and J. Bin Saleh, (2007). Potential for energy saving in building transition spaces. *Energy and Buildings*, 39(7), pp.815-822.

3. Parpairi, K, (2004). Koen Steemers and Mary Ann Steane (ed.), *Environmental Diversity in Architecture*, Spon Press, London, pp.231.
4. Gregory, R.L., Gregory, R.L. (1990). "How do we interpret images?" In: H.B. Barlow; C. Blakemore; M. Weston-Smith (Eds.), *Images and Understanding*, pp. 310-330.
5. Arnheim R., (1974). *Art and visual perception: a psychology of the creative eye*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles. New version; expanded and revised edition of the 1954 original, pp. 508.
6. Narboni, Roger, (2006), *Lumière et ambiances: concevoir des éclairages pour l'architecture de la ville*, Le moniteur, Paris, pp.244.
7. Araj, M.T.B., Mohamed ; Chalfoun, Nader V. , (2007). An Examination of Visual Comfort in Transitional Space. *Architectural Science Review*, 50(4): pp. 349-356.
8. Boyce, P., (2004). Lighting research for interiors: the beginning of the end or the end of the beginning, *Lighting Research and Technology*, 36(4), p. 283-294.
9. Kendrick, D. 1980. *Dynamic Aspects of Daylight*, CIE Symposium on Daylight: Physical, Psychological and Architectural Aspects, 1980, Berlin, pp. 238-252.
10. Fontoynt, M., Berrutto, V. (1997). Daylighting Performance of Buildings: Monitoring Procedure, *Right Light*, 2(4), pp. 119-127.
11. Fontoynt, M., (2002). Perceived performance of daylighting systems: lighting efficacy and agreeableness. *Solar Energy*, 73(2): p. 83-94.
12. Veitch, J. A., (2001). Psychological processes influencing lighting quality, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30(1), pp. 124-140.
13. De Valois, R.L. and K.K. De Valois, *Spatial Vision*, in *Encyclopedia of the Human Brain*, V.S. Ramachandran, Editor. 2002, Academic Press: New York. pp. 419-431.
14. DeLucia, P.R., *Critical Roles for Distance, Task, and Motion in Space Perception: Initial Conceptual Framework and Practical Implications*. *Human Factors*, 2008. 50(5): pp. 811-820.
15. Meyers, V., *Space and the perception of time*. *Journal of Architectural Education*, 1999. 53(2): pp. 91-95
16. Belakehal A., B.A., Tabet Aoul K., (2009), *Towards an Occupant Based Conceptual Model: Case of the natural luminous ambience*, In C. Demers; A. Potvin (Eds.), *PLEA 2009*, Les Presses de l'Université Laval: Quebec City, pp.275-280.
17. Rea M. (2000). *IESNA Lighting Handbook*. 9th edition. New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America.
18. Bontemp A. (2007). *La dynamique des ambiances physiques : Développement d'une technique de représentation par une approche filmique et sensorielle*, 2004-2007. Unpublished master's thesis, Université Laval, Québec, Canada.
19. Delorme A., Flückiger M. (2003) *Perception et réalité: une introduction à la psychologie des perceptions*, *Neurosciences and cognition*, De Boeck Université, pp. 516.

20. Lam, W.M.C. (1972), *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*, New-York : Van Nostrand - Reinhold, pp.310.
21. Marieb, E.N. (1993), *Anatomie et Physiologie Humaine*, Montréal: ERPI, pp.1014.
22. Demers MH, C. (1997), *The Sanctuary of art, images in the assessment and design of light in architecture*, Thèse de doctorat en architecture, Emmanuel Collège, Département d'architecture, Université de Cambridge : Angleterre.
23. Culp, J. (1999), *Image Analysis Procedure, Unpublished work*.
24. DEMERS, C, (2007), "A Classification of daylighting qualities based on contrast and brightness analysis", in the Conference Proceedings of the American Solar Energy Society (ASES), SOLAR 2007, 7-12 July, Cleaveland, Ohio.
25. DEMERS, C., (2006), "Assessing light in architecture: A numerical procedure for a qualitative and quantitative analysis", the Conference Proceedings of Italian Lighting Association (AIDI), Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), Venise, 9-10 octobre 2006.
25. Schowengerdt, R.A., (1983). *Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing*, Academic Press, New York, pp.249.
26. Ekrias, A., et al., Road lighting and headlights: Luminance measurements and automobile lighting simulations. *Building and Environment*, 2008. 43(4): pp. 530-536.

Author Biography

Mathieu Coulombe

Étudiant à la maîtrise en science de l'architecture à l'école d'architecture de l'Université Laval, il détient une maîtrise en architecture de l'Université Laval. Il est impliqué dans la recherche appliquée au domaine de l'éclairage naturel et artificiel. Il a eu le privilège de travailler sur divers projets concernant la lumière naturelle au sein du Groupe de recherche en ambiances physiques, spécialisé dans l'intégration des systèmes passifs de contrôle de l'environnement à l'échelle architecturale et urbaine.

Claude MH Demers

Professeure titulaire à l'école d'architecture de l'Université Laval, elle détient un doctorat de l'Université de Cambridge. Elle est activement impliquée dans la recherche-création fondamentale et appliquée au domaine de l'éclairage naturel et artificiel. Elle est membre et co-fondatrice du Groupe de recherche en ambiances physiques, spécialisé dans l'intégration des systèmes passifs de contrôle de l'environnement à l'échelle architecturale et urbaine.

André Potvin

Professeur titulaire à l'école d'architecture de l'Université Laval, il détient un doctorat de l'Université de Cambridge et est membre fondateur du Groupe de recherche en ambiances physiques. À titre de spécialiste de l'environnement, il participe activement au processus de design intégré de projets tels que l'Ambassade du

Canada à Berlin, la Caisse de Dépôt et de Placement à Montréal, et le Pavillon Kruger à Québec.