Empreintes lumineuses nocturnes : Codes et représentations simplifiées appliquées au design de l'éclairage architectural et urbain

Victor Rodrigue, M.Sc.Arch. Université Laval, Québec, Canada, vserodrigue@yahoo.com

Claude MH Demers, Ph.D., M.Arch. Professeure titulaire / Professor

Résumé :

Cette recherche présente une méthode simple pour mesurer, analyser, représenter et comprendre la complexité des systèmes de lumière urbaine dans les grands espaces. Elle démontre les avantages d'un code simplifié de repérage et de représentation des ambiances lumineuses, appelé ici« empreinte lumineuse nocturne », pour l'intégrer dans l'analyse et la création des paysages, architectures et places publiques vécues la nuit. La recherche propose un outil d'analyse de la lumière urbaine à partir d'une technique photographique basée sur l'idée de mouvement afin de créer ces « empreintes lumineuses nocturnes». Celles-ci permettent de vérifier les conditions critiques des éclairages existants et d'améliorer les propositions de design étudiées.

Mots clés

ambiances lumineuses, photographie numérique, méthode d'analyse de la lumière, design urbain

Problématique

La ville nocturne se vit en mouvement, introduisant à plusieurs égards les notions de complexité dans l'appréhension visuelle des grands espaces. Cela est vrai dans les villes nordiques où le climat froid, présent plus particulièrement où la période nocturne hivernale occupe une grande partie du temps, génère des comportements favorisant la mobilité physique des usagers pour optimiser leur confort physiologique. Il existe donc, dans tout projet de design d'éclairage architectural et urbain, une complexité inhérente à la caractérisation des ambiances lumineuses observées dans le continuum de la perception visuelle. Narboni définit ces ambiances lumineuses comme le « résultat d'une interaction entre une ou des lumières, un individu, un espace et un usage. L'ambiance lumineuse provient d'un éclairage naturel ou artificiel et influence momentanément ou durablement la perception du lieu éclairé. » (Narboni, 2006, p.14)

Si les types de sources lumineuses sont nombreux et que la conception d'ambiances nocturnes occupe une place de plus en plus importante, les problèmes causés par la lumière sont de plus en plus complexes et difficiles à intégrer dans le processus de design, notamment en regard de la pollution lumineuse et du calibrage des contrastes. C'est dans ce contexte qu'il apparaît nécessaire d'adapter les méthodes existantes pour analyser les ambiances lumineuses de manière globale et dynamique.

Par ailleurs, l'espace urbain n'est pas perçu par les utilisateurs à travers des champs visuels statiques, mais plutôt dans son ensemble (Lou, 1996, p.29). Les places publiques sont vécues et perçues par le public selon des champs visuels qui diffèrent d'une expérience à l'autre et d'une personne à l'autre.

Si la photographie numérique est un support pour enregistrer les modèles lumineux dans l'espace (Demers, 1998), il n'existe pourtant pas de méthode photographique permettant de mesurer ou d'analyser la lumière d'un lieu dans son ensemble mis à part l'utilisation d'un objectif de type « fish-eye ». Les méthodes existantes analysent des points de vue particuliers, la capture des ambiances lumineuses se faisant à travers des photographies cadrant un point fixe du lieu ou de l'élément architectural à étudier. En d'autres mots, l'analyse de la lumière urbaine par la photo

numérique reste encore limitée au « champ visuel » tel que définit par Lou, en raison, notamment, des limites de l'appareil photo.

Dans ce contexte, la méthode du balayage photographique se présente comme une méthode alternative d'analyse de la lumière afin d'optimiser son intensité pour améliorer le confort des citoyens, l'ambiance et la santé collective. Ce projet vise donc la création et le développement d'un outil d'analyse des ambiances lumineuses et la représentation visuelle des paysages nocturnes des places publiques. Cette recherche poursuit et approfondit l'analyse de la lumière présente dans les paysages nocturnes urbains à partir de la photographie en mouvement grâce à un procédé technique novateur, qui permet d'enregistrer et de capter la lumière des espaces dans leur ensemble par le biais de photographies panoramiques à 360°. L'outil développé porte le nom d'empreinte lumineuse nocturne.

La méthode du balayage photographique

L'empreinte lumineuse nocturne se présente à la fois comme une expérience, un outil d'analyse et une source de réflexion sur l'éclairage urbain. L'outil permet la mise en relation de données à la fois sensibles et quantifiables à partir de relevés photographiques de la lumière. Cette mise en relation tient compte de l'échelle et de la dimension des lieux, d'un parcours, d'une place publique, etc. Cette réflexion de recherche transpose photographiquement le ressenti en mouvement d'une ambiance lumineuse urbaine et permet une prise de conscience de l'importance d'harmoniser la lumière dans son ensemble.

Cette recherche introduit la photographie comme support d'information et instrument de recherche indispensable dans l'analyse des ambiances lumineuses urbaines. Les outils informatiques appliqués à la technologie photographique numérique permettent de créer le code simplifié de lecture et d'analyse de la ville nocturne. L'objectif de la recherche était d'évaluer le potentiel qualitatif et quantitatif d'une image balayant 360° d'un espace public à partir d'un point précis, pour en caractériser les ambiances lumineuses. Le balayage réunit sur un même plan vertical toutes les sources lumineuses et surfaces éclairées de l'espace qui entourent le photographe et sa caméra.

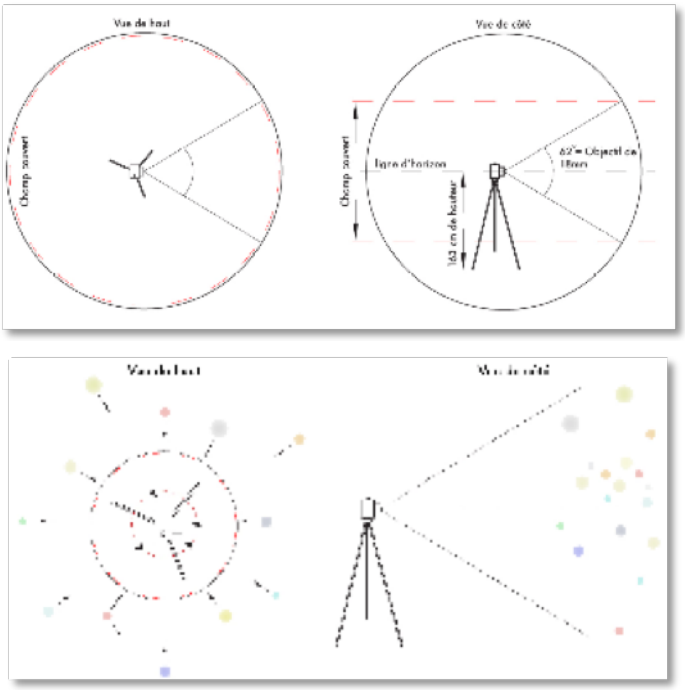


Figure 1 : Champ couvert par le balayage photographique

La méthode consiste en la capture de photographies reconstituant le spectre lumineux d'un lieu dont le mouvement en rotation du balayage photographique estompe l'environnement architectural pour ne percevoir qu'un ordre superposé des tonalités lumineuses d'une atmosphère. Cette

méthode permet d'éviter que les formes architecturales n'interfèrent sur l'image et ne présente ainsi que les sources et les surfaces lumineuses du lieu étudié. Une bande significative d'un pixel de large, c'est à dire une bande où sont imprimées toutes les sources lumineuses, est sélectionnée sur toute la hauteur de l'image (figure 2). Cette bande est extraite au centre de l'image, afin de minimiser l'effet de la distorsion concave de la lentille et de conserver la hauteur réelle des sources lumineuses dans la photo. L'échantillon ainsi obtenu consiste en une tranche qui est étirée sur le sens de la largeur pour visualiser l'*empreinte lumineuse*. Cette empreinte, échantillon du balayage photographique, est transformée et analysée en se basant sur la méthode digitale développée par Demers [2007] pour quantifier les brillances et le contraste afin d'établir une classification des ambiances lumineuses nocturnes. L'ambiance nocturne du lieu ainsi fixée sur support photographique est prête à être réinterprétée. Les couleurs, les contrastes chromatiques et d'intensité ainsi que les brillances sont désormais lisibles et donc analysables.

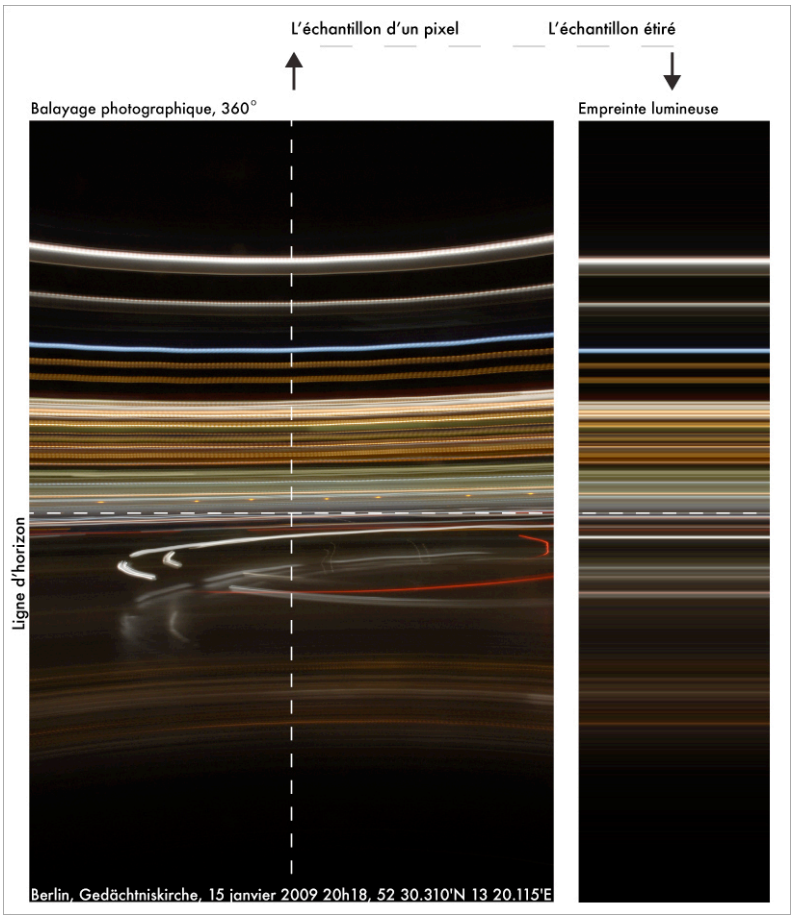


Figure 2 : Du balayage photographique à l'empreinte lumineuse - Un portrait abstrait lumineux condensé au pied de la Gedächtniskirche. Le résultat (balayage photographique) devient graphique quand la colonne d'un pixel est étirée.

L'analyse développée ici se base plus particulièrement sur les notions de contraste et de brillance, de couleur et d'angles de prise de vue. Le contraste est une valeur essentielle de l'image. Il permet de quantifier les données, de comparer différentes zones entre elles et de façon plus globale, différentes images entre elles. Une analyse du contraste par la méthode photographique offre une base critique pour l'étude des éléments urbains existants. Demers explique que le contraste d'intensité peut facilement être mesuré à l'aide de la photographie permettant une analyse quantitative de la lumière. Il existe deux types de contraste : le contraste d'intensité qui est quantifiable, puisque visible et le contraste chromatique, qui tient de la couleur, une mesure subjective et difficilement mesurable. La perception de la lumière dépend toujours du rapport existant entre les intensités lumineuses de diverse sources ou objets dans le champ de vision. Plus la différence de contraste est élevée plus la perception d'un objet par rapport à un autre se distingue. L'étude du rapport entre les éléments éclairés et non éclairés est une étape importante avant de procéder à la mise en lumière. (Demers, Potvin, 1997)

La recherche présente une méthode simple pour mesurer, analyser et représenter la complexité des systèmes de lumière urbaine à partir d'une approche originale de capture photographique et d'analyse numérique transposant des impressions visuelles en empreintes lumineuses. La méthode sert à mesurer l'intensité et le degré d'importance de la lumière et des couleurs dans les paysages urbains et permet d'appliquer plus efficacement les principes de design d'éclairage architectural et urbain. L'empreinte lumineuse réduit l'environnement aux éléments de base de la composition spatiale : les points, les lignes, les surfaces. Pour répondre aux particularités des compositions lumineuses urbaines, la notion de couleur s'ajoute à la réflexion spatiale. L'ensemble des points lumineux est ramené sur un seul plan, générant l'empreinte nocturne d'un point identitaire d'un parcours. L'absence de point de fuite des empreintes lumineuses (figures 4 et 5) procure une impression abstraite du mouvement de l'œil dans le champ de vision. L'approche du balayage photographique considère une ambiance comme une configuration ou un agencement de lignes lumineuses sur une échelle verticale correspondant à l'espace visé. L'organisation des lignes, des couleurs, ainsi que leur épaisseur créent une combinaison spécifique, propre à chaque lieu. Les empreintes lumineuses permettent donc de qualifier et d'interpréter de manière organisée les impressions ressenties des lieux. L'appréhension globale d'un parcours à l'aide de ce procédé peut servir à observer la progression des tonalités ressenties lors d'une promenade urbaine, puis à fixer les critères de design appropriés à une intervention dans le lieu visé. Dans l'ensemble, les empreintes lumineuses permettent donc d'établir une relation physique et abstraite entre l'espace, la lumière et le mouvement, essentielle à la perception visuelle de l'environnement et des ambiances.

Méthode & démarche expérimentale

Afin de confirmer la faisabilité et le potentiel de l'empreinte lumineuse nocturne comme outil d'analyse, nous avons procédé à des expérimentations sur le terrain. La méthode a été appliquée à deux projets d'éclairage urbain: Les champs Élysées, à Paris et Unter den Linden, à Berlin.

À Berlin, le projet d'éclairage urbain, qui s'étale sur un parcours d'environ 1,5 kilomètres sur l'avenue Unter Den Linden a été conçu par la firme *Kardoff Ingenieure lightdesign*. Il a été qualifié d'exemplaire par Christa van Santen, designer d'éclairage et professeure. Ce parcours a été choisi pour son importance comme axe dans la ville. Il a été comparé à l'avenue des Champs Élysées, son équivalent parisien, entrée monumentale de la ville lumière. La collecte des échantillons a été effectuée, en soirée, en janvier 2009. En vue de développer ce projet, 13 points de mesure ont été pris à Berlin et 11 points de mesure à Paris ont été choisis.

La prochaine section décrit avec précision la procédure suivie pour obtenir des empreintes lumineuses nocturnes pour les lieux sélectionnés.

1 Choix des emplacements

La première étape consiste à définir des points de vue représentatifs du lieu à étudier. Ceux-ci doivent permettre de saisir les espaces dans une cohérence photographique pour former un ensemble compréhensible et représentatif. Ainsi, la disposition de la caméra dans l'espace au moment de la mesure doit prendre en considération l'utilisateur habituel de l'environnement étudié. Le projet tient compte du champ de vision à l'échelle de celui du piéton. L'intention est de se rapprocher, avec l'outil photographique, des caractéristiques de l'œil humain afin d'établir le rapport entre l'observateur et la lumière.

Afin de prendre en photo une ambiance lumineuse, le chercheur, observateur/photographe doit sélectionner son emplacement avec soin, en fonction de ce qu'il souhaite étudier dans une scène L'avantage avec l'empreinte lumineuse, c'est qu'elle ne tient pas compte des points de vue des sujets dans une place publique, mais plutôt de la position spatiale dans l'espace. Il est à noter que le choix de l'emplacement reste subjectif. Les distances, donc les données, peuvent ainsi varier en fonction du point de vue du chercheur. Afin de standardiser les analyses, les lieux d'étude, s'il s'agit d'une étude comparative, doivent posséder certaines similitudes. Par exemple, pour les besoins de cette recherche, nous avons sélectionné des trajectoires qui occupent pour deux villes différentes une fonction similaire.

À Berlin, les lieux de mesure ont été choisis en fonction de critères spécifiques : ils devaient faire partie des quartiers centraux, avoir un usage multiple, présenter une concentration importante d'activités nocturnes et la lumière devait y jouer un rôle important dans la définition des ambiances. La position choisie permet, dans la mesure du possible, d'avoir une vue d'ensemble du lieu. À Berlin, la trajectoire Unter Den Linden est étudiée, à l'exception des empreintes 3, 4 et 5. À Paris, c'est l'axe des Champs-Élysées qui est la trajectoire empruntée, d'où l'importance de la séquence lumineuse.

1.1 La localisation de la mesure

Lors des prises de mesures, il est important de réaliser des photographies montrant les lieux afin d'en saisir l'esprit et de consigner certaines caractéristiques sur un support visuel. Ces photographies (figure 3) sont riches en informations qualitatives pour compléter une analyse complète des ambiances lumineuses. Une photographie montrant le contexte des lieux constitue une première source d'information et de repérage. L'image photographique est un outil indispensable pour l'analyse et l'observation de la lumière. Pour chaque empreinte saisie à Paris et Berlin, deux photographies de référence ont été prises pour situer et décrire visuellement les lieux où les points de mesures ont été pris.

Le plan de localisation des images (figure 3) précise le lieu exact des prises de mesure par balayage photographique. En plus des plans, des photos permettent de situer et de suivre l'évolution des conditions lumineuses sur un parcours donné. Il est effectivement possible de mesurer de façon globale la progression lumineuse des couleurs et des tonalités d'un parcours. Par exemple, le parcours emprunté à Paris permet d'observer que la séquence (illustrées par les empreintes) va du peu contrasté et peu brillant (cour carrée du Louvre), au très contrasté et très brillant, sur les Champs Élysées. D'un élément et monument urbain qui sommeille la nuit (musée) à l'activité urbaine grouillante (commerces), il y a là une gradation intéressante des ambiances sur ce parcours.

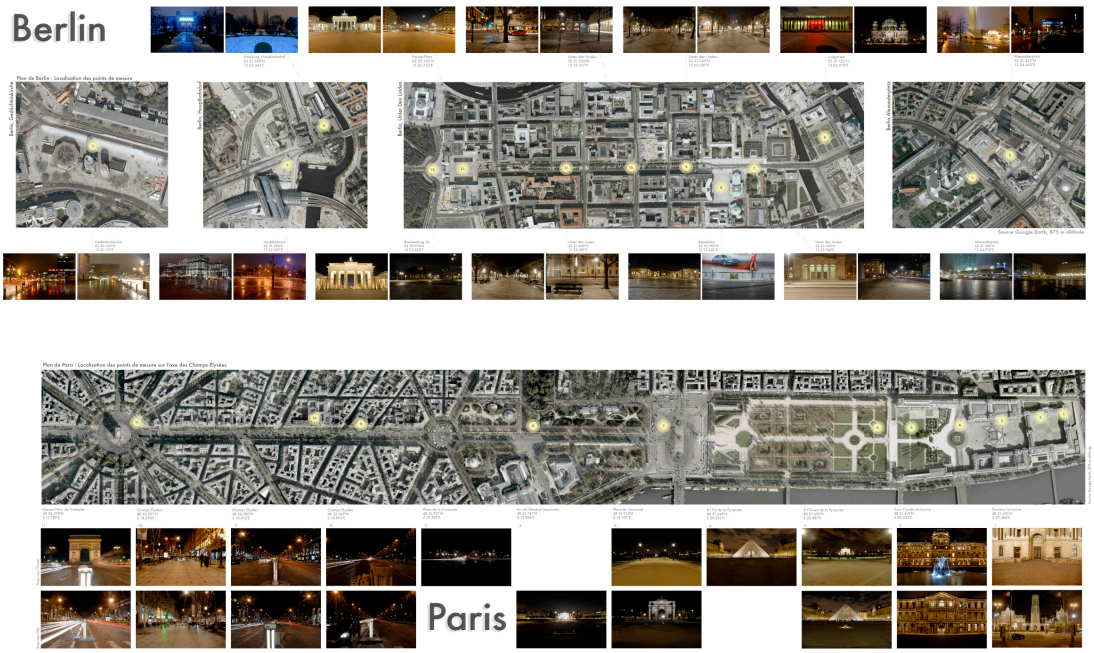


Figure 3 : Les points de localisation des prises de mesure à Berlin et Paris.

2 La technique du balayage photographique

2.1 Équipement

L'équipement nécessaire pour réaliser le balayage photographique est constitué d'un appareil photo reflex numérique réglé en mode manuel, d'un trépied, d'une rotule. Plusieurs variables techniques au moment de la prise de vue sont susceptibles d'influencer les résultats. Il s'agit, notamment, de l'ouverture focale, du temps d'exposition et de l'ISO, c'est-à-dire le degré de sensibilité du capteur de l'appareil photo.

2.2 Réglages de l'appareil numérique

Les mesures à Berlin et à Paris ont été enregistrées avec la plus petite ouverture (f/22), un temps d'exposition de 10 secondes et l'ISO à 100.

Plus l'ouverture de l'objectif est petite (f/22), plus les détails des éléments sources et des surfaces lumineuses sont précis. Parce que le temps d'exposition est relativement élevé (10 secondes) pour compléter une rotation, l'ISO choisie est 100. Avec l'ISO à 100, l'image possède l'avantage d'être plus nette et plus précise, avec moins de bruit visuel. Finalement, une rotation de 10 secondes est une durée qui offre un bon rapport entre qualité des résultats et facilité de réalisation.

2.3 Prise de mesure

Une fois toutes les variables techniques déterminées et l'appareil photographique fixé au trépied, c'est le moment de la capture d'images. Cette dernière consiste en une rotation de l'appareil grâce au trépied sur 360°. Pour ce faire, il faut s'assurer que l'horizon est cadré au milieu du viseur afin de situer et repérer les lumières dans l'environnement avec plus de facilité. Lors de notre expérimentation, toutes les sources lumineuses du lieu ont été, dans la mesure du possible, captées par l'appareil. Par contre, ce n'est pas toujours possible en raison des champs visuels restreints de l'objectif. C'est le cas lorsque le point de mesure est situé au pied d'une source lumineuse ou d'un immeuble en hauteur et que l'objectif n'est pas en mesure de cadrer tout l'ensemble lumineux constituant l'espace public. Il est possible de limiter la portée de cette contrainte en utilisant un objectif grand angulaire.

L'idéal est de commencer et de terminer le balayage photographique à l'endroit le moins éclairé des surfaces ou de l'horizon de l'espace mesuré. Cela permet d'avoir une marge d'erreur dans l'angle de rotation et dans le temps. En effet, lors de la réalisation du balayage photographique, une marge d'erreur est à considérer lors de la réalisation de ce processus manuel. Il serait possible d'y remédier en élaborant un système motorisé.

Le photographe doit poursuivre la rotation pendant toute la durée du déclenchement de l'appareil, afin de créer un panorama de 360°. La constance dans la rotation garantit une mesure exacte. C'est pourtant la considération technique la moins précise et la plus difficile à atteindre. C'est par essais et erreurs que cette synchronisation est atteinte par le chercheur photographe.

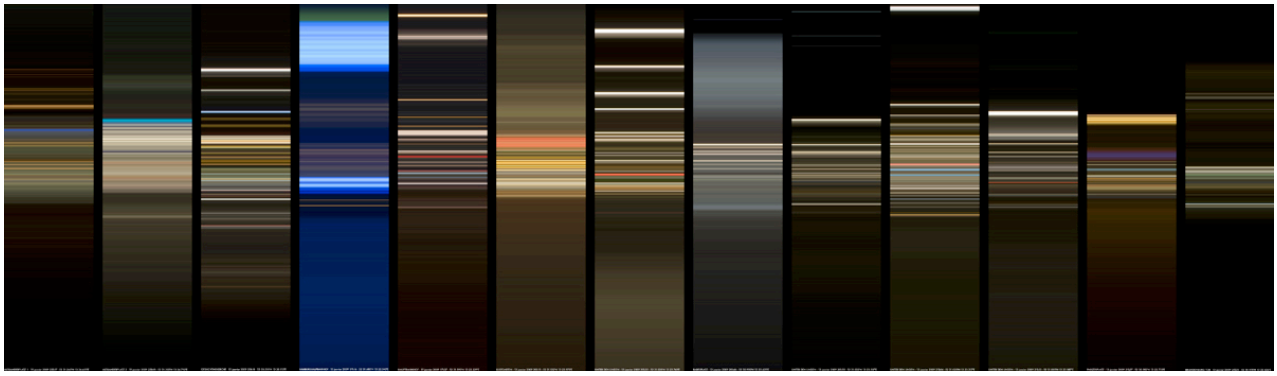
3 Traitement informatique des images

Une fois que le balayage photographique est réalisé, l'image est ensuite traitée à l'aide du logiciel *Adobe Photoshop*. Avec l'outil « rectangle de sélection » réglé à un pixel de large, on sélectionne une bande significative sur toute la hauteur de l'image (figure 2). Cette bande est extraite au centre de l'image, afin de minimiser l'effet de la distorsion concave de la lentille et de conserver la hauteur réelle des sources lumineuses dans la photo. Cette bande très étroite est ensuite étirée horizontalement pour créer une bande de 10 cm de large, qui permet visualiser ce que nous appelons une empreinte lumineuse nocturne. Cet étirement n'influence pas la résolution du document.

Les empreintes lumineuses nocturnes obtenues dans le cadre de cette collecte de données peuvent ensuite être comparées et analysées. Elles constituent chacune une unité qui se prête à la recherche. Elles se présentent de la façon suivante pour les lieux que nous avons étudiés.

Les empreintes lumineuses nocturnes

L'empreinte lumineuse réduit l'environnement aux éléments de base : les points, les lignes, les surfaces et les couleurs. Chaque ligne correspond à une source de lumière ou à une lumière réfléchie. Ici, le point de fuite n'existe plus, les impressions obtenues sont des images en deux dimensions. L'ensemble des points lumineux est ramené sur un seul plan. L'absence de point de fuite dans les images donne une impression abstraite du mouvement. Les résultats présentés ici portent sur les empreintes lumineuses de Berlin et Paris.



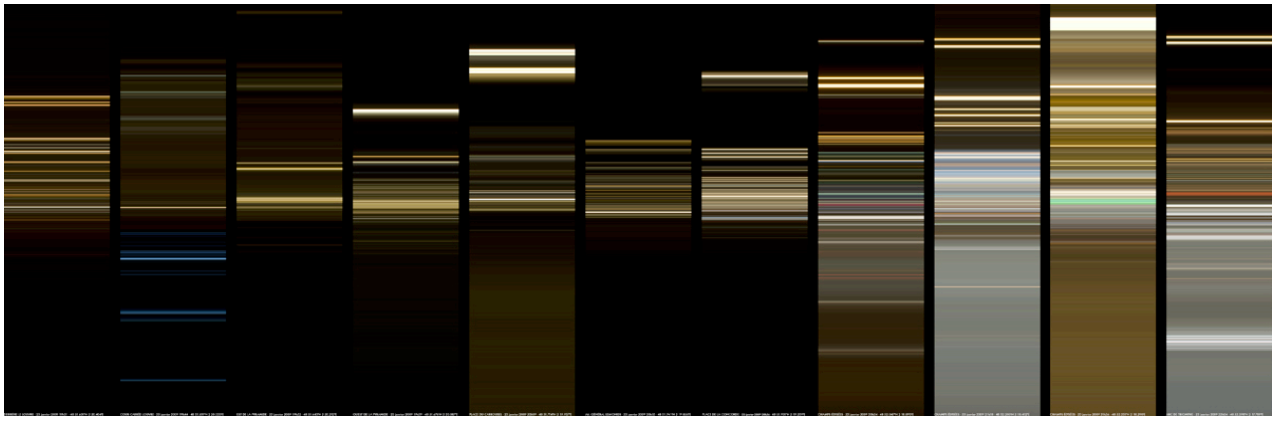


Figure 4 et 5 : L'ensemble des empreintes lumineuses prises à Berlin (haut) et Paris (bas).

Toutes les sources lumineuses perçues sur les empreintes lumineuses sont artificielles, à l'exception de la lune, dont l'intensité varie dans le temps. Les sources lumineuses proviennent des espaces publics (lampadaires, enseignes lumineuses, feux de circulation, etc.), mais aussi des immeubles résidentiels et commerciaux. Les sources proviennent de toutes les directions et hauteurs. Une étude qualitative des empreintes lumineuses nous permet de constater que lorsque des zones noires les dominent, cela signifie dans la majorité des cas que la mise en lumière de l'élément architectural et l'ambiance lumineuse du lieu reposent sur un contraste important.

Autre élément intéressant : la lumière indirecte affecte beaucoup moins l'empreinte et offre un éclairage plus doux et homogène dans l'espace.

Particularités de la lumière visibles sur une image balayée

La plupart des sources lumineuses dans l'espace public sont fixes, certaines sources sont mobiles (ex. véhicules routiers où les lignes sont surtout situées sous la ligne d'horizon, sauf si la topographie du sol est importante), alors que d'autres sources clignotent (ex. panneaux lumineux, enseignes publicitaires, etc…). Les distances, couleurs et intensités sont variables.

Dans la plupart des cas, la lumière blanche est émise par un lampadaire plus ou moins rapproché. (Exemple : images à Berlin 3, 7, 9, 10 et 11) La dimension des sources lumineuses varie en fonction de la distance d'observation, de la position relative de l'objet illuminé en rapport avec son milieu physique et des divers points d'observation, de leur dimension et de leur intensité. (DEMERS, POTVIN, 1997, p15) Il est impossible de connaître les distances à partir de l'empreinte lumineuse seule. Par contre, plus la concentration de lumière est forte et située au centre de l'empreinte et plus les sources lumineuses au loin sont visibles et nombreuses.

Application de la méthode

Étude de la variation du contraste en fonction de la brillance

La méthode Demers (1997) pour l'analyse des ambiances lumineuses nocturnes, qui s'appuie sur la brillance et le contraste des empreintes lumineuses nocturnes, permet une classification des

empreintes lumineuses par catégories pour fins de comparaison. Les valeurs des contrastes et brillances des empreintes lumineuses sont classées dans le tableau suivant (figure 6). Les treize valeurs enregistrées à Berlin sont situées entre 8,62 et 44,91 pour la brillance et 19,7 et 45,01 pour les contrastes. On constate sur le graphique que plus le contraste augmente, plus la brillance a tendance à augmenter.

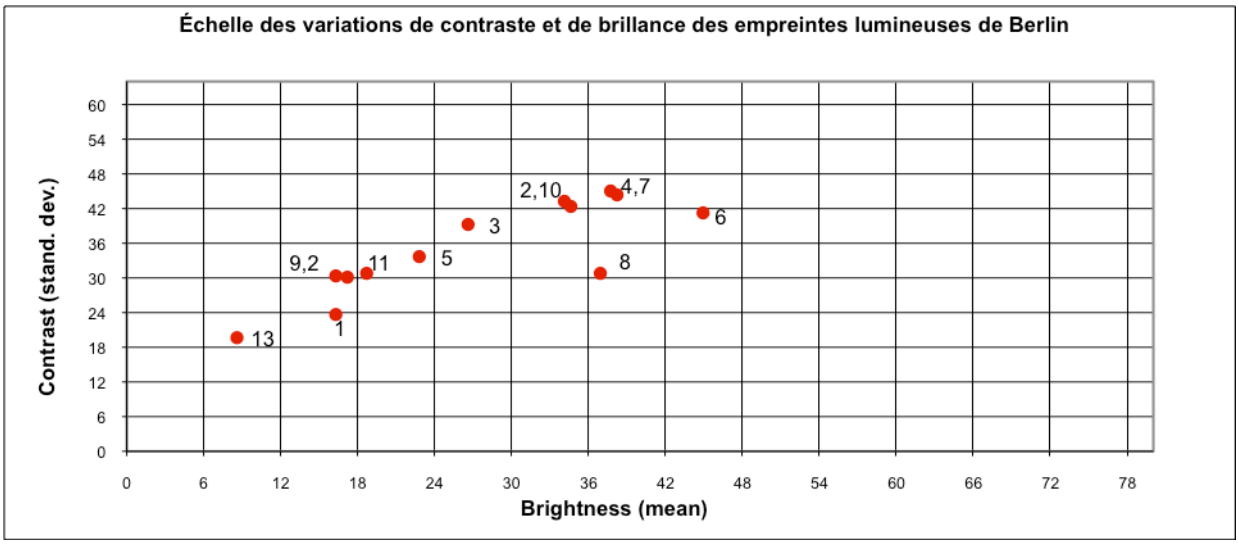


Figure 6 : Échelle des variations de contraste et de brillance des empreintes lumineuses de Berlin.

Les empreintes lumineuses nocturnes des deux symboles historiques allemands que sont la Porte de Brandenburg (13) et la Tour de Berlin (1) ont une brillance et un contraste faibles. Les images les plus contrastées et lumineuses sont les 4, 6 et 7, c'est-à-dire le musée Hamburg Hauptbahnhof, Altes Museum et la gare Centrale de Berlin. Les images 4 et 6 sont enregistrées devant les musées Hamburg Hauptbahnhof et Altes Museum.

Analyse des contrastes et des brillances

Le tableau suivant démontre que la brillance et le contraste d'intensité entre les différentes sources sont beaucoup plus élevés à Alexanderplatz qu'à la Cour Carrée du Louvre, ce qui n'est pas évident sur les photos panoramiques. L'avantage de l'empreinte lumineuse par rapport à une analyse faite sur une photographie statique tient donc à ce qu'elle permet de visualiser l'importance relative d'une source lumineuse par rapport à une autre. Par exemple, dans l'exemple d'Alexanderplatz (figure 8), l'entrée de métro (ligne bleue), qui n'est en définitive qu'un point de lumière dans l'espace, apparaît comme une signalétique forte, si on la compare aux autres sources de lumière de la place. En effet, lorsque ramenée sur un plan simple grâce à l'empreinte lumineuse, cette source s'avère importante.

Empreinte lumineuse	Brillance	Contraste	Ouverture	Temps d'exposition
Cour Carrée du Louvre	7,06	10,81	f/22	10 s.
Alexanderplatz	34,57	42,45	f/22	10 s.

Figure 7 : Comparaison des contraste et brillance entre les empreintes lumineuses et les panoramas.

La comparaison des panoramas et des empreintes lumineuses permet de déterminer la nature de chaque source présente sur l'empreinte (figure 8). Puisqu'il permet un repérage facile, le panorama demeure indispensable à l'analyse qualitative de la lumière. Le panorama et l'empreinte lumineuse se complètent. L'ouverture au moment de la prise de vue n'est pas la même pour le panorama que pour l'empreinte et varie d'un lieu à l'autre, tandis que l'empreinte lumineuse est constante à ce niveau.

Figure 8 : Panoramas et empreintes lumineuses – Cour Carrée du Louvre à Paris et Alexanderplatz.

La Cour Carrée du Louvre est un lieu fermé où toutes les couleurs, les contrastes et les tons forment un ensemble lumineux homogène et cohérent. L'empreinte démontre que la luminosité des façades est faible comparativement à l'empreinte lumineuse nocturne prise à Alexanderplatz. Pratiquement aucune source directe de lumière n'est visible à partir du centre de la place, sauf pour celles situées dans l'eau de la fontaine bleutée. Le point central de cet ensemble équilibré et homogène est marqué par la fontaine bleue, sur un plateau sombre. Les zones bleues dans la portion basse de l'empreinte sont les réflexions de la lumière dans la fontaine située au centre du lieu. Une caractéristique de cette place est l'absence de lampadaires. L'éclairage des bâtiments provient de luminaires montés sur la façade du Louvre. Les sources lumineuses sont discrètes. C'est pourquoi cette empreinte lumineuse est la moins brillante et la moins contrastée du graphique. Parce que l'intensité lumineuse est relativement faible et que la lumière est surtout réfléchie sur les murs de la cour Carrée du Louvre, une ouverture de l'objectif à f :13 permet de mieux lire les couleurs et les tonalités propres à l'ambiance par l'empreinte lumineuse.

À Alexanderplatz (figure 8), l'espace s'ouvre sur une variété de sources lumineuses beaucoup plus importante. La diversité des couleurs provient des commerces et des lampadaires tout autour de la place. L'espace central d'Alexanderplatz n'est pas éclairé, seule la ceinture commerciale illumine ce grand espace sombre. Alors que le brouillard épaissit la lumière dans l'air, le sol mouillé réfléchit la lumière des lampadaires. Le pourtour de la place publique au niveau des étages supérieurs des immeubles discret, sauf pour la tour « Park Inn » qui projette une auréole dans le brouillard nocturne. C'est pourquoi cette empreinte se caractérise par une concentration très forte de lumière juste au-dessus de l'horizon.

Les empreintes lumineuses nocturnes de Unter den Linden, à Berlin, révèlent une variété impressionnante de couleurs. Les commerces, les musées, les édifices, les infrastructures lumineuses jouent pour beaucoup sur ces variations. Sur les Champs-Élysées à Paris (figure 8), on constate une certaine homogénéité de la couleur de la lumière. Un blanc doré chaud illumine l'avenue. Les analyses démontrent également que la lumière s'intensifie du musée du Louvre à l'Arc de Triomphe.

Ambiances lumineuses

Lorsque la méthode est appliquée l'ensemble d'un parcours, la séquence des empreintes lumineuses obtenue on obtient le portrait d'une impression lumineuse d'un parcours et de ce qui est vu par les usagers. Les empreintes lumineuses permettent donc de qualifier et d'interpréter de manière organisée les impressions ressenties des lieux et des parcours. L'appréhension globale d'un parcours à l'aide de ce procédé peut servir à observer la progression des tonalités ressenties lors d'une promenade urbaine. Les figures 4 et 5 présentent l'ensemble des empreintes lumineuses prises à Berlin et Paris. Les lieux où on été prises les mesures sont indiqués sur les empreintes lumineuses. Des photographies des lieux prises à partir des points de mesure sont également présentées sur la figure 3.

Étude de la localisation des concentrations de lumière

À Berlin, les concentrations moyennes de lumière se situent surtout entre l'horizon et 10 ° au-dessus. La figure suivante présente la localisation du niveau de concentration de la lumière pour la moyenne des empreintes lumineuses, généralement situé entre 2 ° sous l'horizon et environ 10 ° au-dessus.

Le graphique suivant présente la distribution moyenne des brillances sur une échelle verticale des tons de gris des treize empreintes lumineuses prises à Berlin. L'analyse démontre que la brillance est à son plus élevé au niveau des yeux, c'est-à-dire environ 150 cm de hauteur (entre les valeurs de 1350 et 1950 px). Dans la partie supérieure de l'empreinte (0 et 1350 px), les valeurs sont plutôt fluctuantes, allant de faibles à moyennes, alors que pour la partie inférieure de l'empreinte (1950 et 3872 px), la brillance diminue de façon graduelle (20 à 10).

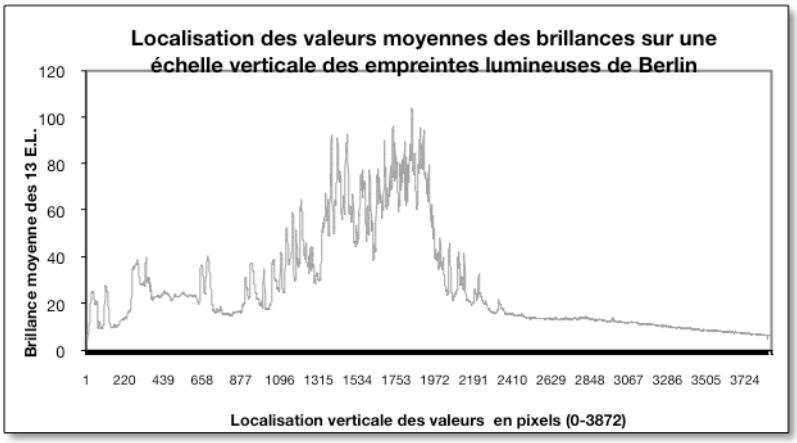


Figure 9 : Distribution moyenne des brillances sur l'ensemble des empreintes lumineuses.

Visualisation moyenne des couleurs

Le logiciel *Adobe Illustrator* CS3 et sa fonction « gradient mesh », permettent de créer des dégradés de couleurs à partir des empreintes lumineuses. Cette analyse sert à comparer les moyennes de couleurs obtenues sur l'échelle verticale d'une empreinte lumineuse. Les couleurs se fondent ainsi les unes dans les autres, ce qui donne une impression plus forte de celles-ci, en faisant abstraction des lignes. Cela simplifie la comparaison des couleurs pour l'ensemble des empreintes lumineuses.

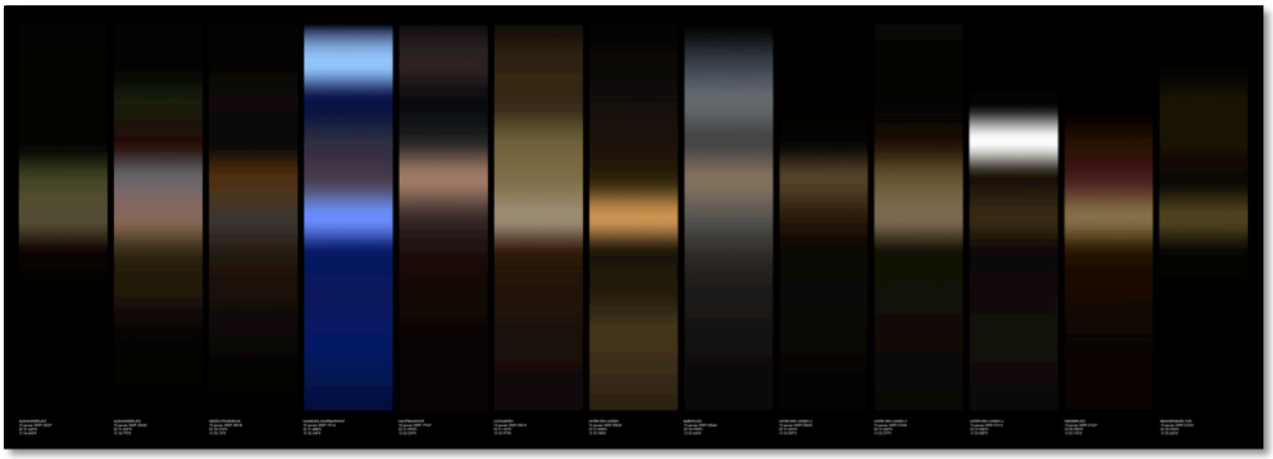


Figure 10 : Les 13 empreintes lumineuses couleurs de Berlin transformées en 10 gradients vectorisés.

En brouillant le paysage nocturne horizontalement, l'ordre vertical des couleurs et des tonalités prédomine sur les détails et les lignes. L'ensemble des couleurs devient par conséquent un matériel de travail et de réflexion.

Synthèse

La mise en application de la méthode sur des échantillons pris à Berlin et à Paris a prouvé que l'outil développé permet notamment d'étudier et d'analyser les ambiances lumineuses pour les aspects suivants:

- Transposer photographiquement des ambiances lumineuses urbaines dans leur ensemble.
- Extraire des informations qualitatives et quantitatives pertinentes sur l'ensemble d'un lieu.
- Étudier la couleur des sources lumineuses des espaces publics et obtenir des moyennes de couleur.
- Analyser les contrastes, la brillance et de les couleurs des sources lumineuses dans un environnement en entier.
- Évaluer l'homogénéité ou l'hétérogénéité d'un parcours lumineux.
- Comparer l'identité lumineuse entre plusieurs lieux.

L'étude a mis en évidence l'intérêt de développer la recherche sur la lumière urbaine. Il serait intéressant, par exemple, d'effectuer une analyse en fonction du zonage ou de l'échelle spatiale, des préoccupations de ses habitants, des spécificités des sites. D'autres expérimentations avec l'outil pourraient aussi être effectuées en vue de mesurer l'intensité lumineuse d'un environnement ou encore ses excès de lumière. Une adaptation du procédé du balayage photographique permettrait éventuellement de déterminer une corrélation entre le niveau de brillance et le niveau de pollution lumineuse dégagé par une source de lumière à partir de points précis dans l'espace.

Limites de la méthode

Il convient de dire qu'il existe une multitude d'approches pour cerner la lumière dans l'espace et qu'il n'existe pas une démarche exacte. L'empreinte lumineuse, même si elle est soumise à certaines contraintes, permet tout de même la précision dans certaines mesures.

Lors de l'analyse d'une empreinte lumineuse, plusieurs facteurs peuvent influencer la démarche expérimentale et l'interprétation des données. Cette synthétisation de la lumière comporte des limites. D'abord, elle ne s'applique qu'à des endroits bien précis dans l'espace. Le mouvement horizontal ne tient pas compte de toutes les forces lumineuses verticales qu'on peut retrouver dans le paysage. La superposition des couleurs par rotation affecte les rendus. L'imprécision des mesures d'un appareil à un autre ou d'un objectif à un autre peut aussi affecter les données.

Conclusion

Cette recherche exploratoire a élargi les possibilités offertes par les outils photographiques et informatiques pour l'analyse des espaces publics urbains. Elle tentait spécifiquement de développer le balayage photographique de la lumière, un processus d'analyse, de réflexion et d'exploration qui permet de réfléchir sur l'aménagement des paysages urbains nocturnes et la représentation des sources lumineuses pour un lieu dans son ensemble.

Le développement de cette méthode, où le lieu est appréhendé non seulement à 360°, mais aussi en mouvement, souligne comment l'image photographique peut aider les différents acteurs du milieu à saisir l'impression ressentie par les utilisateurs des lieux publics. Les expériences et les analyses effectuées pour l'élaboration de cet outil suggèrent en effet que les ambiances lumineuses créées par la lumière artificielle peuvent être condensée sur une empreinte lumineuse. Le balayage photographique peut aider à mesurer certaines qualités lumineuses des espaces urbains. Dans l'ensemble, les empreintes lumineuses permettent donc d'établir une relation physique et abstraite entre l'espace, la lumière et le mouvement, essentielle à la représentation visuelle de l'environnement et des ambiances.

Les empreintes suscitent l'inspiration et peuvent se concrétiser en projets d'éclairage urbain. En effet, cette technique permet d'obtenir une composition propre et unique à chaque lieu et dans le temps. La lumière urbaine est une composition collective. Commerçants, citoyens et aménagistes participent à la créer. L'exploration présentée ici devrait ainsi permettre d'optimiser son utilisation par tous les acteurs du milieu.

References

DEMERS, Claude, (2000), « Light and the digital image : a proposal framework for design and analysis » In *Architecture City Environment*, les actes du colloque de PLEA 2000, Cambridge, United Kingdom. Londres : Koen Steemers and Simos Yannas, James and James Science Publishers, 6 p.

LOU, Michel (1996), Light : The Shape of Space, Designing with Space and Light. New York : Van Nostrand Reinhold Co. 304 p.

NARBONI, Roger, (2006), Lumière et ambiances : Concevoir des éclairages pour l'architecture, Paris : Le moniteur, 244 p.

LAM, W.M.C., (1972), *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*, New York : Van Nostrand – Reinhold, 310 p.

ADOLPHE, Luc, (1998) « Du simplex au complex », In *Ambiances architecturales et urbaines, les cahiers de la recherches architecturale*, Marseille : Éditions Parenthèses, 13 p.

KOULOURIS, Véronique (2001), « Ombre et lumière dans la ville : le potentiel de l'image numérique pour l'exploration et l'analyse des ambiances lumineuses nocturnes », mémoire, Faculté d'aménagement, d'architecture et des arts visuels, École d'architecture, Université Laval, 210 p.

Biographie auteurs

Victor Rodrigue

Designer urbain chez Lemay associés à Montréal, il détient une maîtrise de l'Université Laval en Science de l'architecture, un baccalauréat en urbanisme de l'Université de Montréal et un DESS en design d'événement de l'UQAM.

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.