

Biophilic light and colour in interior architecture: Fostering occupants' well-being in northern regions

Carolina Belén Espinoza Sanhueza, Architecte, Mg, PhD
Candidate in Architecture

Résumé

Cette recherche développe des ambiances bénéfiques grâce à l'intégration de stratégies biophiliques comprenant l'éclairage naturel, l'éclairage électrique et l'application de couleurs de surface pour répondre au bien-être des individus dans un contexte architectural nordique isolé. Les occupants des régions nordiques sont confrontés à plusieurs défis climatiques, notamment des températures froides et une exposition limitée à la lumière du jour durant l'hiver, qui les obligent à habiter principalement des espaces intérieurs, ce qui les sépare physiquement de la nature. Cette situation a des effets notables sur plusieurs processus physiologiques, y compris la performance visuelle et circadiennes, tout en influençant les expériences spatiales qui se manifestent par des réactions émotionnelles. Les conditions intérieures doivent donc contribuer à compenser les besoins photobiologiques et psychologiques pour favoriser la satisfaction environnementale des êtres humains. Dans le cadre de l'amélioration de la conception biophilique dans un contexte nordique grâce à l'intégration des applications de lumière et de couleur, cette recherche poursuit les objectifs suivants : (1) établir les avantages physiologiques et perceptuels potentiels des motifs de lumière et de couleur chez les occupants d'une architecture biophilique dans les climats nordiques (2) déterminer une méthode de reproduction à distance et une évaluation numérique des attributs photobiologiques et spatiaux des effets de la lumière et de la couleur dans un contexte nordique (3) évaluer les performances photobiologiques et les attributs spatiaux de la configuration des couleurs de la surface dans le cadre de stratégies d'éclairage distinctes.

Cette recherche introduit un cadre et une méthode de conception fondés sur des données probantes et utilisant des techniques avancées et analogiques. Elle permet de reproduire et d'évaluer de manière descriptive les impacts photobiologiques et perceptuels de la lumière et de la couleur dans le contexte d'une architecture biophilique à distance. L'évaluation des ambiances a été réalisée à l'aide de l'imagerie à grande gamme dynamique (*en anglais : high dynamic range imaging – HDR*) et d'images en correspondance de tons (*en anglais : tone-mapped images*) obtenus à partir d'un modèle à échelle réduite présentant différentes caractéristiques d'éclairage et de couleur. Les images HDR permettent d'analyser, de calculer et de classer les effets photobiologiques en fonction de l'intensité lumineuse nécessaire à la vision et à la stimulation circadienne au cours d'une journée. Des images avec mappage de tons ont été utilisées pour évaluer les effets perceptifs possibles en analysant le contraste chromatique et de luminosité des

scènes. Une nouvelle méthode de caractérisation est présentée sous la forme d'un graphique en 2D reliant les propriétés de saturation et de luminosité à des descripteurs de couleur. Les descriptions des couleurs aident à transmettre les propriétés des couleurs aux émotions probables causées par l'interaction de l'éclairage et de la couleur des surfaces intérieures qui affectent l'expérience spatiale de l'utilisateur.

Cette thèse propose que les habitants des régions nordiques manifestent une profonde affinité pour la lumière et les couleurs de leur environnement immédiat. Par conséquent, il est suggéré que l'intégration de l'éclairage et de la couleur des surfaces dans les bâtiments nordiques soit basée sur les couleurs générées dans le paysage naturel afin d'assurer le confort et la satisfaction environnementale. Les expériences menées révèlent que l'application de couleurs sur les surfaces intérieures dans le cadre de stratégies d'éclairage distinctes, qu'elles soient naturelles ou électriques, s'aligne sur les besoins photobiologiques humains et répond potentiellement aux exigences perceptuelles des occupants. Les résultats révèlent que les ambiances colorées des surfaces, sous un ciel couvert du nord, peuvent fournir les conditions d'éclairage nécessaires à la stimulation circadienne. En outre, les espaces présentant des combinaisons distinctes de couleurs de surface dans le cadre de différentes stratégies d'éclairage permettent de générer une large gamme d'ambiances répondant à différentes conditions d'éclairage pour les tâches visuelles et les besoins circadiens au cours d'une journée. Il est également plausible d'affirmer que l'emplacement de l'éclairage par rapport au point de vue de l'observateur et le type de source lumineuse peuvent générer des attributs distincts de lumière et de couleur, susceptibles d'évoquer différentes émotions chez les occupants. Les présentes analyses exploratoires et descriptives permettent de caractériser de manière exhaustive les effets de la lumière et de la couleur aux niveaux physiologique et émotionnel afin de répondre aux différentes dimensions de l'être humain. La combinaison des méthodes présentées dans cette recherche est cruciale pour comprendre l'impact de l'architecture au cours du processus de conception à distance. Cette recherche démontre les avantages potentiels de la conception biophilique, en particulier l'éclairage et la couleur, pour améliorer les conditions intérieures de l'architecture nordique.

Abstract

This research develops positive ambiances through the integration of biophilic strategies including daylighting, electric lighting, and surface colour applications to respond to individuals' well-being in remote northern architecture. Northern occupants encounter several climate challenges including cold temperatures and limited daylight exposure compelling individuals to mainly inhabit indoor spaces, resulting in a physical separation from nature. This circumstance exerts notable effects on several physiological processes, encompassing visual and circadian functions, while also influencing the spatial experiences manifested in emotional responses. Indoor conditions therefore should compensate photobiological and emotional needs to promote humans' environmental satisfaction. In the context of enhancing biophilic design in a northern context through the integration of light and colour applications, this research endeavours the following

objectives: (1) to establish the potential physiological and perceptual benefits of light and colour patterns in occupants inhabiting biophilic architecture in northern climates, (2) to determine a remote reproduction method and numerical evaluation to photobiological and spatial attributes of light and colour effects under a northern context, (3) to evaluate the photobiological performance and spatial attributes of surface colour configuration under distinct lighting strategies.

This research introduces an evidence-based design framework and method employing advanced and analog techniques. It permits replication and descriptive evaluation of the photobiological and perceptual impacts of light and colour within the context of remote biophilic architecture. The assessment of ambiances was conducted using high dynamic range (HDR) and tone-mapped images obtained from a reduced scale model with different lighting and colour characteristics. HDR images permit analyzing, computing, and classifying the photobiological effects according to light intensity required for vision and circadian stimulation over a day. Tone-mapped images have been used to evaluate possible perceptual effects by analyzing the chromatic and brightness contrast of the scenes. A novel characterization method is presented as a 2D chart relating saturation and brightness properties to colour descriptors. The colour descriptions help to convey colour properties to likely emotions caused by the interaction of lighting and indoor surface colour that affect the user's spatial experience.

This thesis dissertation proposes that inhabitants of northern regions exhibit a profound affinity for the light and colours of their immediate surroundings. Consequently, it is suggested that the incorporation of lighting and surface colour in northern buildings should be based on the colours generated in the natural landscape to achieve comfort and environmental satisfaction. The conducted experiments reveal that the application of colour on interior surfaces under distinct lighting strategies, whether natural or electric, aligns with human photobiological needs and potentially addresses the perceptual requirements of occupants. The experiments conducted in this research unveil that surface colour ambiances, under a northern overcast sky, can provide the necessary lighting conditions for circadian stimulation. Furthermore, spaces with distinct surface colour combinations under different lighting strategies permit generating a wide range of ambiances responding to different lighting conditions for visual tasks and circadian needs over a day. It is also plausible to affirm that the placement of lighting concerning the observer's viewpoint and the type of light source can generate distinct attributes of light and colour, potentially evoking different emotions in occupants. The present exploratory and descriptive analyses help to comprehensively characterize the effects of light and colour at both physiological and emotional levels to respond to different human beings' dimensions. The combination of methods presented in this research is crucial to understanding the impact of architecture during the remote design process. This research demonstrates the potential benefits of biophilic design, specifically lighting and colour, to improve the indoor conditions of northern architecture.