

# Immersive Visualization of Light and Heat for Biophilic Arctic Architecture

Seyed Amin Tabatabaeifard

Thèse sous la direction de Claude MH Demers  
et codirecteur de Jean-François Lalonde et Marc Hébert.

La thèse présente un cadre de visualisation immersif développé pour soutenir la prise de décision architecturale pour améliorer le bien-être des occupants dans les espaces intérieurs existants de l'Arctique. Elle préconise la biophilie par la visualisation des ambiances intérieures et l'optimisation du ratio d'accès à la vue extérieure dans le champ de vision de 360°. Elle contribue au bien-être photobiologique en utilisant des techniques basées sur la photographie pour analyser les conditions d'éclairage intégrées, tout en tenant compte de la distribution de la température des surfaces. Grâce au développement d'un processus de capture holistique et à la présentation d'informations multivariées dans des vues immersives à 360°, la thèse aborde l'accessibilité des régions arctiques éloignées pour les explorations multidisciplinaires des ambiances intérieures. Elle sert les communautés nordiques en facilitant l'interprétation des effets environnementaux pour les architectes et les personnes chargées de prendre des décisions du monde entier par le biais d'une visualisation élaborée.

Dans l'architecture arctique, une approche biophilique de la conception des fenêtres se heurte à des difficultés liées aux conditions climatiques telles que des hivers extrêmement froids et prolongés et des photopériodes arctiques variées. Ces conditions climatiques génèrent des effets complexes liés à la lumière et à la chaleur dans les espaces intérieurs. Ces attributs intérieurs non visibles comprennent les effets d'éclairage intégrés sur les occupants et les variations de température sur les surfaces intérieures. La représentation de ces effets non visibles permet d'éclairer la prise de décision pour développer une conception biophilique dans les environnements arctiques. Cependant, l'applicabilité de la représentation des conditions d'éclairage et de température basée sur la simulation est limitée dans de tels environnements, en raison de la variabilité des paramètres influençant la perception des ambiances par rapport aux références humaines et architecturales.

De plus, la réalisation d'évaluations environnementales in situ dans les espaces intérieurs de l'Arctique présente plusieurs défis, notamment l'accessibilité, la complexité des techniques de mesure standard et, plus important encore, l'interprétabilité des résultats concernant les causes et les effets architecturaux et environnementaux. Cette thèse aborde ces limitations en développant une méthodologie compréhensive, établissant des représentations environnementales à travers des évaluations in situ dans des directions de vision à 360°.

L'adaptabilité de la méthodologie aux technologies de visualisation immersive, telles que la réalité virtuelle, et sa compatibilité avec les techniques d'évaluation de la relation humain-environnement la rendent très pertinente pour le domaine plus large de l'architecture et des sciences de l'environnement. Les applications en architecture s'étendent au-delà de l'amélioration de l'éclairage, englobant des considérations liées au confort et à l'efficacité énergétique, en particulier dans les conditions climatiques extrêmes de l'Arctique.

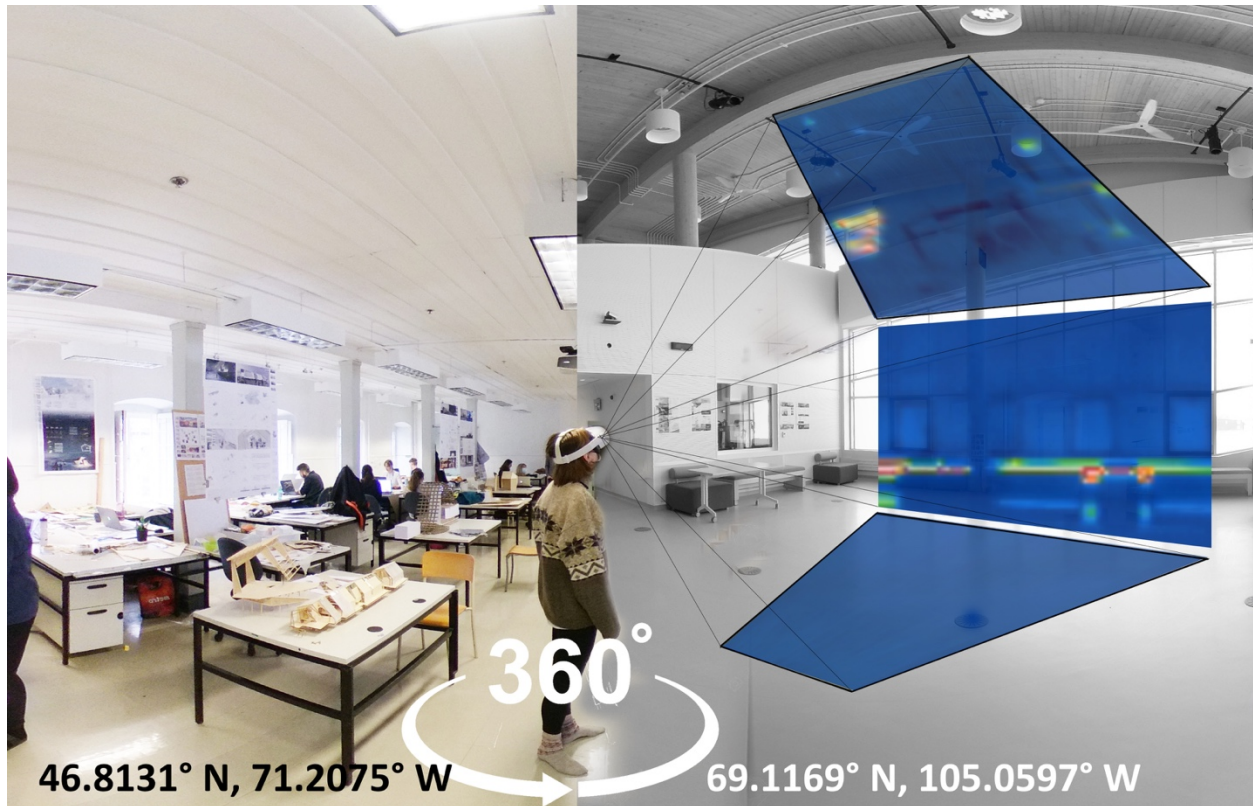
La thèse présente un système de capture économique conçu pour les environnements immersifs à 360°, fournissant des informations sur l'éclairage intégré, la température de surface et le ratio de l'accès à une vue extérieure. En explorant les possibilités d'application des paramètres photobiologique dans les normes de bâtiment et leur représentation par des mesures basées sur l'image, la méthodologie aborde l'accessibilité et l'aspect pratique de la représentation des conditions environnementales non visibles.

La recherche développe une visualisation immersive holistique de la lumière et de la chaleur basée sur l'image pour une architecture biophilique en Arctique, soulignant la nature informative de la méthode proposée à des fins de recherche et de pédagogie. En Outre, l'approche innovante de la recherche permet la visualisation de l'analyse temporelle de ces ambiances physiques, ce qui est très important pour l'analyse des espaces dans les climats arctiques.

Dans les phases finales de la thèse, l'attention se porte sur l'évolution de la technique de capture immersive, en mettant l'accent sur l'aspect du design en co-création avec les communautés éloignées. La thèse encourage la recherche future en menant des expériences qui explorent la pertinence de la méthode pour les évaluations dans un grand nombre d'espaces intérieurs. Elle ouvre la voie à des avancées dans l'évaluation environnementale post-occupation, en développant sa pertinence pour les rétrofits biophiliques dans les contextes climatiques de l'Arctique.

Ainsi, cette thèse propose une approche innovante et multidimensionnelle pour améliorer les environnements construits en Arctique, non seulement en se concentrant sur les aspects visuels et thermiques, mais aussi en intégrant les besoins et les perspectives des communautés locales. Elle souligne l'importance de la co-création et de la participation communautaire dans le développement de solutions architecturales durables et adaptées. En apportant des contributions significatives à la fois théoriques et pratiques, cette recherche pave la voie pour de futures études et applications dans des environnements similaires, où les conditions climatiques extrêmes nécessitent des solutions créatives et robustes.

En conclusion, cette thèse démontre une nouvelle utilisation de la visualisation immersive et met en lumière une approche centrée sur l'occupant pour aborder le bien-être environnemental dans des conditions climatiques complexes. La portée de cette thèse va bien au-delà des applications immédiates, ouvrant des perspectives pour des innovations continues dans le domaine de l'architecture durable et du bien-être environnemental.



Une étudiante en atelier de design étudie les diversités thermiques dans un espace intérieur arctique, capturé pendant l'hiver. Atelier de design, École d'architecture, Université Laval, Québec (gauche). Canadian high arctic research station (CHARS), Iqaluktuuttiaq, Nunavut (droite).

## Bibliographie

Tabatabaeifard, S. A., Lalonde, J. F., Hébert, M., Potvin, A., & Demers, C. M. (2023). Exploring view access for biophilic arctic architecture through immersive visualization of integrative lighting. *Journal of Building Engineering*, 69(March). <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.106249>

Tabatabaeifard, S. A., Ouellet, D., Lalonde, J., Hebert, M., Potvin, A., & Demers, C. M. (2023). Advancing Architectural Decision-Making in Arctic Remote Regions: A Novel 360° Thermal-Visual Imaging System for Daylighting. Preprint. [ssrn: https://ssrn.com/abstract=4612599](https://ssrn.com/abstract=4612599) or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4612599>