



**HAL**  
open science

# Structures adaptatives en fonction de la lumière : DARMIN comme outil de génération d'ambiances architecturales dynamiques

Alper Harun Caglar, Claude Demers, André Potvin

## ► To cite this version:

Alper Harun Caglar, Claude Demers, André Potvin. Structures adaptatives en fonction de la lumière : DARMIN comme outil de génération d'ambiances architecturales dynamiques. Ambiances, tomorrow. Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances. Septembre 2016, Volos, Greece, Sep 2016, Volos, Grèce. p. 437 - 442. hal-01414011

**HAL Id: hal-01414011**

**<https://hal.science/hal-01414011>**

Submitted on 12 Dec 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Structures adaptatives en fonction de la lumière :

### ***DARMIN comme outil de génération d'ambiances architecturales dynamiques***

Alper Harun CAGLAR<sup>1</sup>, Claude DEMERS<sup>2</sup>, André POTVIN<sup>3</sup>

Groupe de recherche en ambiances physiques, École d'architecture, Université Laval, Québec, (Québec), G1K 7P4, Canada.

1. alper-harun.caglar.1@ulaval.ca

2. claude.demers@arc.ulaval.ca

3. andre.potvin@arc.ulaval.ca

**Abstract.** *This paper focuses on internal lighting ambiances of architectural adaptive façades. DARMIN has been developed as an operational methodology addressing the morphological transformations of a façade to enhance the experience of space. Design solutions are generated by DARMIN, created as a response to visual preferences and daylighting performance. The research suggests that an adaptive façade optimizes the relationship between outside and inside in accordance with the variability of daylighting patterns, and should therefore quantitatively and qualitatively improve the experience of internal and external spaces.*

**Keywords:** *daylighting ambiance, adaptive architecture, façade design*

### **Introduction**

« *The interior is only a selected exterior, and the exterior a projected interior.* »  
Gilles Deleuze, 1988, *Le pli : Leibniz et le baroque*

Selon Deleuze (1988), une ouverture sur la façade permet à l'extérieur de s'introduire vers l'intérieur et inversement, de l'intérieur vers l'extérieur. Cette relation crée un échange dynamique, une ambiance architecturale où la façade se révèle comme « espace de dialogue », et où la lumière contribue activement à la définition de l'espace en entier (Biron, 2008). La recherche s'intéresse ainsi à la création des nouvelles formes architecturales modulées par la lumière naturelle comme catalyseur actif et ce, à l'aide d'outils numériques et d'algorithmes dans le contexte de l'architecture adaptative et sensible (Bullivant, 2006). DARMIN (Daylight Adaptive aRchitecture Modeling Interface) est l'outil développé dans cette recherche (Caglar, 2014). Grâce à son système interactif, il constitue un inducteur exploratoire de la démarche de création. De cette façon, la recherche offre la possibilité et l'émergence de nouvelles réponses morphologiques complexes soutenant la démarche créatrice des architectes de demain (Beesley, 2010). La recherche s'intéresse plus particulièrement à démontrer le potentiel d'une structure architecturale adaptative à bonifier quantitativement et qualitativement

l'expérience de l'espace interne et externe, à travers la nature dynamique de l'ambiance lumineuse.

## Méthodologie

La recherche expose le potentiel d'une façade réactive optimisée à l'aide de simulations paramétriques opérées avec DARMIN. Cette méthodologie, développée avec Processing 1.2.1 (Reas et Fry, 2007) est composée de trois phases : 1. la définition du contexte architectural, 2. la définition des préférences visuelles et 3. l'adaptation morphologique de la façade. Durant les deux premières phases, le modèle de simulation paramétrique DARMIN permet de reformuler des scénarios et résoudre un aspect problématique de la conception lumineuse à travers des algorithmes (Fig. 1).

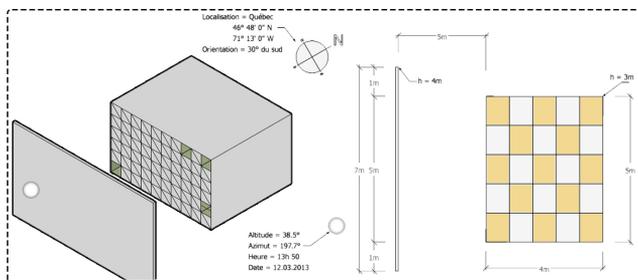


Figure 1. Représentation schématique de la configuration initiale comme modèle paramétrique de simulation - scénario «Dynamique»

Au cours d'une simulation, DARMIN génère une adaptation animée en fonction du contexte et des préférences du concepteur concernant l'ambiance lumineuse décrite par deux critères de conception: les composantes quantitatives et qualitatives. La composante quantitative est constituée du facteur de lumière du jour (FLJ), spécifiquement choisi puisqu'il permet de définir une relation visuelle existant entre l'intérieur et extérieur (Demers & Potvin, 2013) et de cibler une quantité minimale appropriée de lumière naturelle dans l'espace. En outre, inspirée de la recherche de Tourre (2007) qui associe l'aspect directionnel de lumière naturelle avec la forme de l'ouverture, la recherche présente une interface pour intégrer un aspect lié à l'intention du concepteur, puisqu'il s'agit d'un paramètre de création d'ambiances important dans le processus de conception comme composante qualitative. La méthode proposée fournit donc une carte interactive décrite sous forme de plan de l'espace étudié, et y superpose une grille composée de 25 zones (Figure 1, droite) permettant à l'utilisateur d'identifier les zones qui seront ombragées et éclairées par la lumière indirecte ou pénétrées et éclairées (jaune) par la lumière solaire directe. En d'autres termes, cette reformulation paramétrique définit qualitativement l'ambiance lumineuse désirée comme un facteur dynamique qui affecte les transformations morphologiques de la façade. Cette stratégie fournit ainsi un outil hybride qui vise à la fois à combiner les préférences quantitatives et qualitatives du concepteur pour générer une façade qui s'adapte à la variabilité de la lumière naturelle à travers le temps. L'étude (Caglar, 2014) suggère que l'intégration de la composante qualitative, liée à l'intention du concepteur en matière d'ambiance

lumineuse comme facteur actif, pourrait générer des formes architecturales pertinentes et adaptées à leur contexte physique et de cette manière, à enrichir non seulement la forme architecturale, mais aussi l'ambiance lumineuse de l'espace.

## Résultats et Analyses

Les solutions générées par DARMIN sont analysées et classées dans un tableau (Tableau 1) pour exposer le potentiel et les qualités architecturales de ce processus de conception. Le tableau est organisé selon cinq étapes d'analyse et de représentation, soient: la forme architecturale, aperçu visuel de l'ambiance lumineuse intérieure, distribution de la lumière en plan dans l'espace, facteur de lumière du jour (FLJ) moyen et pourcentage d'ouvertures de façade. Les résultats générés sont par la suite validés avec le logiciel d'analyse lumineuse Radiance, outil développé au Lawrence Berkeley Laboratory (LBL). Il est alors possible de comparer les ambiances lumineuses qui seraient expérimentées lors de «déformations adaptatives de la façade». En complément, des modèles physiques furent également produits numériquement pour les valider et les apprécier sous la lumière naturelle.

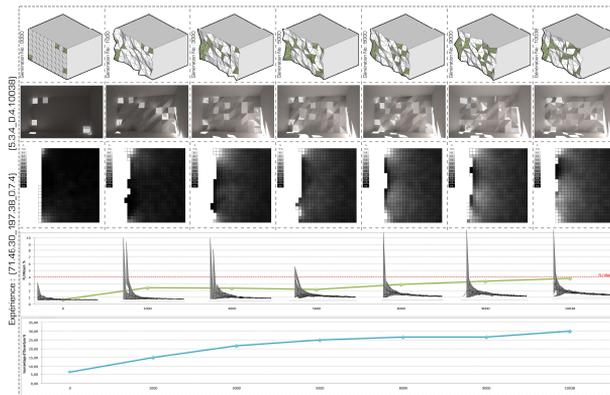


Tableau 1. Comparaison des résultats du scénario « Dynamique »

Le scénario «*Dynamique*» (Fig. 1, Tableau 1) illustre, en exemple, un volume de 5m x 4m x 3m situé à 5 m d'un obstacle sur la façade sud. Ayant l'intention de créer un effet d'éclairage stimulant et dynamique, un patron de damier y est défini dans l'interface d'intention d'ambiance avec un FLJ de 4%, ce qui correspond à un espace plutôt brillant (Demers, 2002). Le Tableau 1 des résultats permet d'illustrer qu'à travers les propositions issues des générations, la morphologie de la façade se déforme vers l'intérieur de l'espace en regard de la présence de l'obstacle pour créer des ouvertures disposées en damier, tel que défini quantitativement et qualitativement dans l'interface du concepteur. Les résultats obtenus entre les générations no.3000 (Tableau 1, 3<sup>e</sup> colonne) et no.5000 (4<sup>e</sup> colonne), permettent de constater que le pourcentage d'ouvertures augmente de 21.67% à 25% alors la valeur du FLJ demeure constante. Toutefois, les simulations Radiance de l'espace (Tableau 1, 2<sup>e</sup> rangée) et les simulations quantitatives horizontales (3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> rangées) démontrent que la distribution de la lumière varie de manière importante.

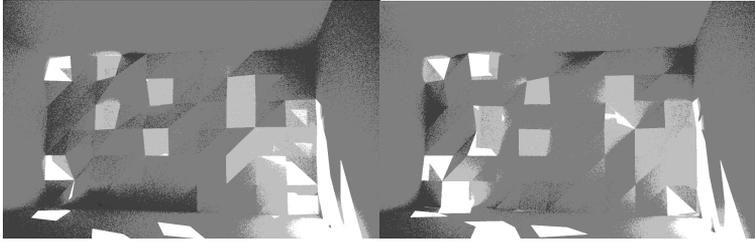


Figure 2. Ambiance lumineuse de la génération no.3000 (gauche) et de la génération no.5000 (droite) traitée via des zones de contrastes

L'analyse du patron lumineux présente visuellement des échelles de contraste dans les espaces intérieurs (Demers, 1997) et démontre que le contraste diminue d'une génération à l'autre (Figure 2). Dans la génération de la proposition finale (Tableau 1, dernière colonne), les zones de contraste sont dispersées et la lumière se diffuse plus uniformément dans l'espace par rapport aux générations précédentes. Entre les générations no.8000 (Tab. 1, 5<sup>e</sup> colonne) et no.9000 (6<sup>e</sup> colonne), le pourcentage d'ouvertures demeure constant alors que la distribution du FLJ moyen dans l'espace indique un changement important: la lumière atteint les zones éloignées de la façade. Cela montre que la façade déformée permet d'augmenter le niveau d'éclairage désiré en utilisant moins d'ouvertures et d'optimiser la distribution lumineuse de l'espace.

Pour démontrer l'effet de la déformation tridimensionnelle en façade sur l'ambiance lumineuse, la proposition finale est reproduite en adoptant une façade plane sur laquelle les mêmes dimensions et positions d'ouverture sont localisées. Par la suite, ces résultats sont exportés dans le logiciel de simulation Radiance pour les comparer. Les images représentent les isoluminances (Fig. 3), une visualisation de la distribution de la luminance dans l'espace à l'aide de lignes de contours où l'on peut identifier les zones de haut contraste lorsque ces courbes sont rapprochées. Ces analyses montrent que pour la façade plane (Fig. 3 gauche), le FLJ moyen dans l'espace est de 3,34%. Pourtant, pour la façade tridimensionnellement déformée (Figure 3, droite) le FLJ moyen s'élève à 3,83%, une amélioration non négligeable de 15% de la condition initiale plane.

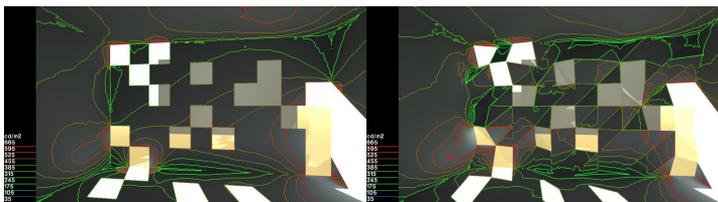


Figure 3. Courbes d'isoluminances : proposition finale avec façade plane (gauche) et proposition générée par DARMIN (droite)

On constate que des manipulations morphologiques créées par DARMIN peuvent bonifier l'ambiance de l'espace au niveau de l'éclairage. De plus, ces images

(Figure 3) révèlent que la façade déformée de manière tridimensionnelle crée des zones de contraste beaucoup plus complexes et mieux définies par rapport à la façade plane, et l'ambiance lumineuse montre des variations de luminance plus graduelles, ce qui suggère un plus grand confort visuel. La façade déformée de manière tridimensionnelle est plus expressive en présence du soleil comme élément dynamique enrichissant l'ambiance lumineuse par des zones de contraste complexes et mieux définies, et par des réflexions diffuses de lumière naturelle.

## Conclusions

DARMIN permet de générer un grand nombre de façades dynamiques offrant des solutions pouvant potentiellement répondre aux critères qualitatifs et quantitatifs du concepteur en lien aux besoins environnementaux de lumière naturelle. L'analyse des résultats montre que par rapport à des façades planes, les façades déformées de manière tridimensionnelle permettent de modifier parfois radicalement l'ambiance lumineuse en changeant la direction du captage solaire ou la vue du ciel, et de manière générale, affecte la distribution et l'intensité de l'éclairage.

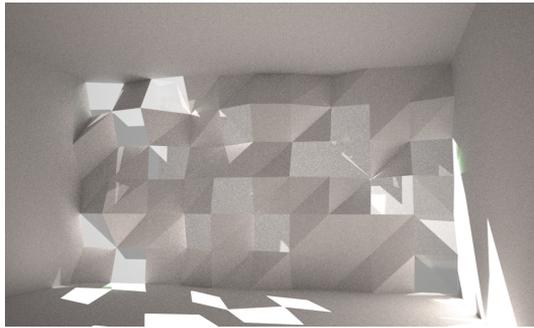


Figure 4. Visualisation de l'ambiance lumineuse - Proposition finale

La morphologie de la façade nouvellement générée augmente de manière importante l'éclairage, le contraste, la diffusion et la distribution de la lumière naturelle dans l'espace. Ces effets ajoutent une richesse visuelle à l'espace (Fig. 4) et permettent une nouvelle lecture architecturale. La façade adaptative crée potentiellement une nouvelle relation entre l'intérieur (espace) et l'extérieur (environnement). En ce sens, la façade, sélectionnée parmi les propositions développées par DARMIN, optimise un relation dynamique entre forme et lumière (Biron 2008). De plus, il est démontré que par rapport à une façade conventionnelle plutôt plane, la façade déformée tridimensionnellement permet d'atteindre un niveau d'éclairage désiré avec moins d'éléments d'ouvertures (vitrage) en façade. Cette optimisation de l'ouverture impliquerait une consommation énergétique moindre, limitant les déperditions thermiques et le potentiel de surchauffe. Ces expériences initiées virtuellement sur la base d'algorithmes et validées numériquement et analogiquement permettent de constater qu'une façade adaptative présente des défis visuels et énergétiques pour inspirer une nouvelle génération de projets architecturaux.

## Remerciements

Cette recherche a été réalisée dans le cadre du projet de recherche-création «*Adaptive Architecture: Experiencing Visual and Thermal Delight in Adaptable Environments*», Conseil de Recherche en Sciences Humaines du Canada (CRSH) 2009-2014.

## Références

- Beesley P. (2010), *Hylozoic Ground: Liminal Responsive Architecture*, Cambridge, Riverside Architectural Press
- Biron K. (2008) *Dynamique forme-lumière : Un processus de création et d'analyse de l'espace architectural par modèles maquettes/images*, thèse de maîtrise,  cole d'architecture, Université Laval, Québec, Canada
- Bullivant L. (2006), *Responsive environments: architecture, art and design*, London, V&A Contemporary Press
- Caglar A. H. (2014) Structures adaptatives en fonction de la lumière : DARMIN comme outil de génération d'ambiances architecturales dynamiques, thèse de maîtrise,  cole d'architecture, Université Laval, Québec, Canada
- Deleuze G. (1988), *Spinoza: Practical Philosophy*, Traduction par Robert Hurley, San Francisco, City lights Books, pp. 125
- Demers C. M.H. (1997), *The Sanctuary of Art, images in the assessment and design of light in architecture*, thèse de doctorat en architecture, Emmanuel Coll ge, Département d'architecture, Universit  de Cambridge, Angleterre
- Demers C. M.H. (2002), *Contrasting appearances: Daylighting studies for the New Canadian Embassy in Berlin*, PLEA 2002 - Design with the Environment, Proceedings of the 19th International Conference, Toulouse, France
- Demers C. M.H. et Potvin, A. (2013), *On the Art of Daylighting Calculations: LUMcalcul as a prediction tool in the early design stage*, PLEA2013 - Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany
- Reas C. et Fry B. (2007), *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists*, MIT Press, Cambridge
- Tourre, V. (2007), *Simulation inverse de l'éclairage naturel pour le projet architectural*, thèse de doctorat,  cole Polytechnique de l'Université de Nantes, France

## Auteurs

Alper Harun Caglar est architecte, diplômé du programme de double maitrise de l' cole d'architecture, GRAP, Université Laval. Il travaille actuellement dans un cabinet d'architectes et poursuit ses recherches en conception bioclimatique.

Claude MH Demers et André Potvin sont professeurs titulaires et détiennent respectivement un doctorat en architecture du Martin Center for Architectural and Urban Studies, University of Cambridge. Ils enseignent à l' cole d'architecture de l'Université Laval et sont membres fondateurs du Groupe de recherche en ambiances physiques (GRAP).