



**HAL**  
open science

## **Journal lumineux et thermique d'un espace adaptable - Prédiction et analyse des ambiances**

Hélène Giguère-Duval, Claude Mh Demers, André Potvin

► **To cite this version:**

Hélène Giguère-Duval, Claude Mh Demers, André Potvin. Journal lumineux et thermique d'un espace adaptable - Prédiction et analyse des ambiances. Ambiances in action / Ambiances en acte(s) - International Congress on Ambiances, Montreal 2012, Sep 2012, Montreal, Canada. pp.209-214. halshs-00745036

**HAL Id: halshs-00745036**

**<https://shs.hal.science/halshs-00745036>**

Submitted on 24 Oct 2012

**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.

# Journal lumineux et thermique d'un espace adaptable

## Prédiction et analyse des ambiances

Hélène GIGUÈRE-DUVAL<sup>1</sup>, Claude DEMERS<sup>2</sup>, André POTVIN<sup>3</sup>

1. M.Arch, candidate M.Sc. GRAP, École d'architecture de l'Université Laval, Canada - helene.giguere-duval.1@ulaval.ca

2. Ph.D. M.Arch. GRAP, École d'architecture de l'Université Laval, Canada  
Claude.Demers@arc.ulaval.ca

3. Ph.D. M.Arch. GRAP, École d'architecture de l'Université Laval, Canada  
Andre.Potvin@arc.ulaval.ca

**Abstract.** *This paper presents the development of a representational tool that expresses the diversity of physical ambiances generated by an adaptive space. The research argues that adaptive spaces should provide comfort for wider varieties of interactions with the environment, thus generating a higher level of complexity in the promulgation of ambiances with architects. A highly modifiable adaptive structure, specially designed to explore recognized architectural typologies, was built to monitor ambiances. Results are organised into a diary of physical ambiances, a table that simplifies and promotes a quantitative and qualitative discussion on the potential of adaptability in architecture.*

**Keywords:** *adaptive architecture, occupant comfort, thermal imaging*

## Introduction

Lorsque l'on traite de confort en architecture, deux grands modèles s'opposent. Le premier, le « modèle d'équilibre thermique », suggère que l'homme est confortable lorsque son environnement thermique répond à des normes précises d'humidité et de température. Pour atteindre ces conditions idéales, il est nécessaire de recourir à des moyens technologiques coûteux en énergie. De nos jours, plusieurs architectes et chercheurs s'intéressent à une notion de confort beaucoup plus variable : le « modèle adaptatif » (Goto, 2006). L'habitant d'un espace et son comportement sont placés au cœur du défi de performance énergétique. En lui permettant de modifier les paramètres lumineux et thermiques de son environnement, sa perception du confort change et diffère des normes actuellement prescrites (Cole, 2010). L'architecture adaptable permet de responsabiliser l'habitant en facilitant son interaction avec l'architecture et minimiser ainsi la consommation énergétique du bâtiment.

La présente recherche a donc pour objectif de représenter le potentiel expérientiel d'un espace adaptable. Elle consiste à étudier diverses configurations spatiales d'un même lieu et de relever les ambiances thermiques et lumineuses générées pour les mettre en relation avec la perception de confort. La recherche développe un mode de représentation, appelé journal lumineux et thermique, qui permet de communiquer des données environnementales de natures variées dans un même outil de représentation.

## Méthodologie

Afin d'analyser le potentiel de génération d'ambiances d'un espace adaptable, deux options s'offrent au chercheur : la recherche en maquette et la recherche en milieu réel. La première nécessite peu de moyens et permet une grande souplesse d'utilisation. Toutefois il n'est pas possible d'y intégrer la notion de confort, difficilement dissociable de celle d'adaptabilité. Les recherches en milieu réel peuvent mettre en relation les ambiances avec le comportement et la perception de confort des habitants de l'espace. Cependant, la plupart des études portent sur des espaces offrant peu de possibilités d'adaptation. Le groupe de recherche a donc développé et construit un espace ayant un grand potentiel d'adaptativité : la Structure Adaptative.

La forme générale de la structure de bois consiste en une grille de 2 x 3 x 3 cellules cubiques de 6', générant une empreinte au sol de 12' x 18' et une hauteur de 18'. La structure utilise un système en moise pour permettre à des panneaux de glisser selon trois axes (figure 1a). Ces panneaux sont ensuite disposés dans la grille structurale pour former la configuration de base qui consiste en une boîte entièrement fermée (figure 1b). Au cours d'une journée, les habitants de la structure sont invités à s'approprier l'espace et à déplacer les panneaux afin d'améliorer leur confort. Ces glissements offrent l'opportunité de générer une grande diversité d'habitacles présentant des degrés variables d'ouverture et de fermeture, permettant ainsi l'analyse de nombreux types d'ambiances.

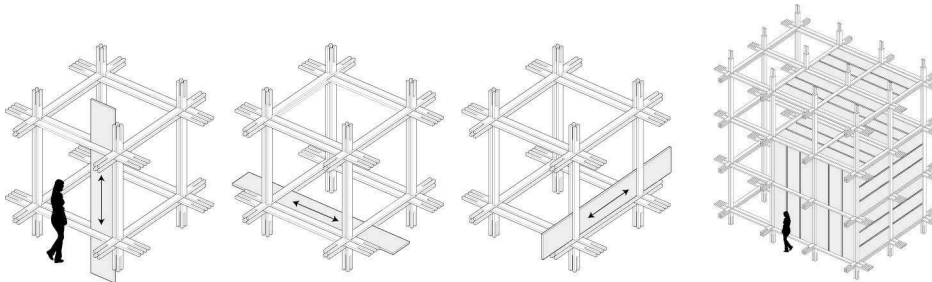


Figure 1. Mouvement des panneaux entre les moises et vue d'ensemble de la structure

Trois types de relevés sont effectués et chacun est relié à des outils et des méthodes d'analyse spécifiques :

- Les relevés lumineux : les photographies HDR (high dynamic range) sont analysées en termes de luminance et de contraste selon une méthode développée par Demers (2007).
- Les relevés thermiques : l'imagerie infrarouge thermique permet de connaître la distribution thermique de l'espace. Le thermoanémomètre mesure la température extérieure et intérieure ainsi que la vitesse du vent.
- Les relevés de confort : les roses d'ambiances physiques, développées par Demers & Potvin (2009), permettent d'illustrer graphiquement les réponses de l'occupant, qui attribue un score variant de -3 (très inconfortable) à 3 (très confortable) à chacun des stimuli environnementaux, soit visuel, thermique, acoustique ou olfactif.

## Résultats

Les données relevées dans la structure adaptative sont présentées dans un journal lumineux et thermique. Par journal, on entend un ensemble de fiches qui peuvent être lues conjointement.

tement, dans un ordre préétabli, ou séparément. Chacune des fiches offre de l'information lumineuse et/ou thermique ainsi que des notes personnelles du chercheur à propos des ambiances et des anecdotes générées au cours des expérimentations. Cette démarche se veut à la fois personnelle, à l'image des carnets de voyage des architectes tels que Le Corbusier, mais aussi rigoureuse dans son mode de représentation. La fiche développée synthétise graphiquement la complexité de l'espace et les ambiances générées.

Chaque configuration testée est représentée dans une fiche divisée en 3 sections.

La section (1) permet de décrire la configuration. Cette description est d'abord exprimée en images selon quatre thématiques :

- Inspiration (A) : un précédent architectural offrant une ambiance lumineuse particulière ;
- Action (B) : une image de la structure dont l'ambiance visuelle est semblable à l'inspiration ;
- Réaction (C) : le résultat, parfois surprenant, généré par le mouvement des panneaux ;
- Occupation (D) : un exemple d'utilisation de cet espace par les occupants.

La description de l'espace est suivie par une image de synthèse, le plan et les vues en élévation de l'ensemble de la structure qui permettent de comprendre la position de chacun des panneaux dans l'espace. Le tout est complété par une description de la journée : la température générale perçue, le type de ciel et les anecdotes climatiques ou expérientielles.

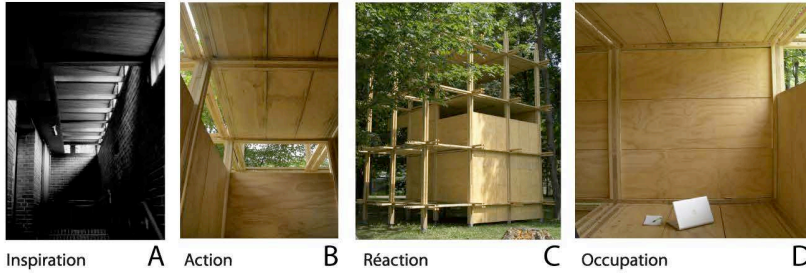
La section (2) est un ensemble de photos qui illustrent l'ambiance générale de la configuration en focalisant sur les détails, les événements lumineux ou thermiques anecdotiques. Les photos illustrent à la fois les ambiances intérieures et extérieures, les relations visuelles entre les différents espaces et les différents types d'appropriation par l'occupant.

Finalement, la section (3) correspond à un relevé méthodique de l'espace. Elle comprend une ligne du temps qui illustre chacune des heures passées dans la structure, normalement une journée entière, le plus fréquemment entre 9:00 et 16:00. Un graphique permet de suivre l'évolution de la température à l'intérieur de l'espace par rapport à l'extérieur. Une rose d'ambiance décrit ensuite la perception de confort visuel, thermique, olfactif et auditif suivi des commentaires de l'occupant. Finalement, une même prise de vue, intérieure et/ou extérieure, décrit les variations d'ambiance tout au long de la journée.

L'exemple de fiche présenté à la figure 2 permet d'analyser l'espace en termes lumineux, thermique et occupationnel de la typologie intitulé « La fenêtre en bandeau ». Les élévations montrent que seules les façades sud et ouest sont ouvertes, avec respectivement 17 % et 8 % d'ouverture. La configuration de panneaux génère donc un éclairage uniquement latéral. Au cours de la journée, plusieurs passages nuageux affectent l'ambiance visuelle : la lumière alterne entre directe à diffuse plusieurs fois dans une même heure. L'ouverture illumine principalement la portion haute de l'espace et le plancher reçoit peu de lumière. Le graphique montre que lors des premiers relevés en matinée, la température est plus élevée d'environ 1°C au deuxième étage de l'espace par rapport à l'extérieur. On observe aussi que les espaces intérieurs sont plus frais que l'extérieur à partir de 11:00, lorsque la boîte est ouverte. D'un point de vue de l'occupation, l'espace au premier étage est perçu comme étant particulièrement désagréable : il ne bénéficie d'aucune ouverture vers l'extérieur. L'espace du deuxième étage est toutefois qualifié de très confortable, l'air y est plus frais, et il offre d'ailleurs une vue vers le ciel et les arbres.

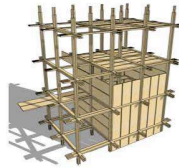
## La fenêtre en bandeau

Date: 25 juillet 2011 Type de ciel: Passage nuageux GRAP Héliène Giguère-Duval



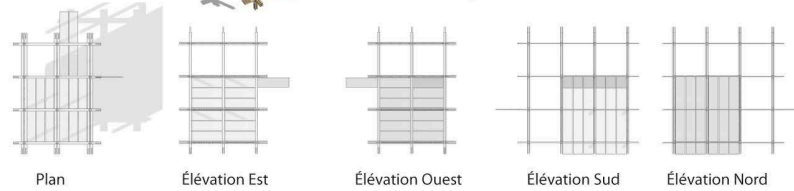
Inspiration A Action B Réaction C Occupation D

Aalto: Saynatsalo Town Hall. Les ouvertures sont uniquement dans la portion haute du mur

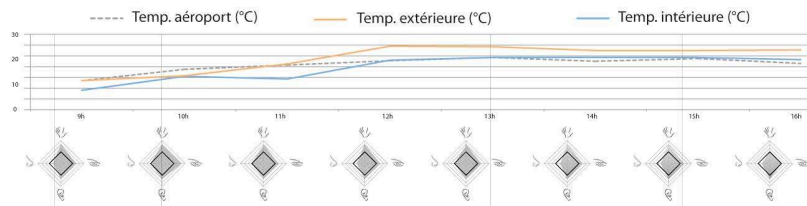


Journée plutôt chaude bien que parfois nuageuse. L'espace est confortable tout au long de la journée puisqu'il fait un peu plus frais qu'à l'extérieur. La lumière est en général diffuse dans l'espace de travail.  
Personnes présentes: Alexandre A.

1



2



À l'arrivée, il y a une forte odeur d'humidité à l'intérieur  
Tous les panneaux sont bougés: Pour la première fois, l'intérieur semble intéressant pour travailler, l'air est frais et la vue est ouverte sur le ciel et les arbres  
Couverture nuageuse, l'air devient plus lourd  
Le vent devient plus fort

3



Figure 2. Une fiche-type du journal

## Conclusions

Le journal lumineux et thermique s'est avéré être un outil de représentation qui intègre des notions qualitatives et quantitatives liées au confort visuel et thermique en architecture.

Une fiche synthétisant toutes les données lumineuses, thermiques et expérientielles d'un espace offre l'avantage de fournir un coup d'œil d'ensemble sur les ambiances générées sans égard à sa complexité. L'imagerie numérique permet de comprendre rapidement la configuration de l'espace tout en permettant d'analyser la distribution de la lumière. L'imagerie thermique permet de percevoir l'invisible : elle révèle les traces de la présence des occupants de l'espace et leurs interactions avec ses surfaces. Finalement, les roses d'ambiances et les commentaires positionnés sur une ligne du temps permettent d'ajouter un niveau plus sensible de compréhension de l'espace, puisqu'il en révèle la dimension perceptuelle des occupants. Le journal environnemental permet donc de mettre en parallèle ces types de relevés variés dans un ensemble cohérent.

Il a aussi été démontré que les espaces adaptables, tels que la Structure Adaptative, offrent une grande variété d'ambiances lumineuses et thermiques. Dans le cadre de la recherche, plusieurs types d'ouvertures ont été testés. À chaque type et combinaison d'ouvertures correspond une distribution lumineuse et thermique particulière. À chaque configuration correspond aussi un type d'usage et une manière d'occuper l'espace suggérée par les vues, la qualité de la lumière et les conditions thermiques. Les configurations choisies s'inspirent de précédents architecturaux tels que Kahn, Le Corbusier, Ando, Aalto et Saarinen, projets reconnus pour la qualité des ambiances qu'ils génèrent. La possibilité de reconstituer des compositions architecturales aussi variées montre toute la polyvalence d'un espace adaptable tel que la Structure Adaptative. Un concepteur peut alors s'inspirer du potentiel d'une configuration en particulier pour concevoir un nouvel espace dont les propriétés thermiques et visuelles sont semblables à celui étudié.

Le journal environnemental développé dans le cadre de cette recherche comporte cinq limites importantes :

- Puisque le format est de type évolutif et que chaque fiche relève des éléments légèrement différents, il est difficile d'établir des éléments de comparaison entre les différentes configurations.
- La Structure Adaptative étant une construction non traditionnelle, le format du journal qui en découle n'est donc pas entièrement réutilisable pour des espaces plus conventionnels. Il faut plutôt y voir un système pertinent pour démontrer la complexité des ambiances générées en réponse au modèle adaptatif.
- Les outils de relevés engendrent des limites techniques liées en particulier à la saisie d'images pour représenter l'espace dans son ensemble.
- La question du confort des occupants n'a pas été étudiée : la portion expérientielle du travail de recherche se base uniquement sur la perception du chercheur. Des études semblables pourraient toutefois être réalisées sur un corpus significatif d'occupants.

La structure ne comporte pas d'isolation ni de verre et a donc été testée uniquement en conditions clémentes, c'est-à-dire durant les journées chaudes de l'été. Il serait par ailleurs intéressant d'appliquer la méthodologie de relevés ambiants à un espace 4 saisons pour mieux connaître le potentiel expérientiel des espaces adaptables dans des conditions extrêmes comme les entre-saisons et l'hiver.

Cette recherche offre des avenues prometteuses dans l'étude des ambiances d'espaces adaptables. Elle permet aux architectes et à leurs clients de connaître le potentiel expérientiel des espaces adaptables au niveau du confort visuel et thermique. En développant la notion d'espaces adaptables, cette recherche vise à promouvoir une architecture où la diversité environnementale permettrait d'élargir la notion de confort.

## Remerciements

Cette recherche a été réalisée dans le cadre du projet « L'œil créatif : un processus digital d'exploration de la diversité visuelle et thermique en architecture », subventionné par le Fonds québécois de recherche sur la société et la culture FQRSC 2008-2012, ainsi que le

projet "Adaptive Architecture: Experiencing Visual and Thermal Delight in Adaptable Environments", subventionné par le Conseil de recherche en sciences humaines du Canada CRSH 2009-2013. Un grand merci aux étudiants qui ont participé activement à la construction et aux transformations de la structure : Chantal Galibois, Cédric du Montier, Alper Harun Caglar, Émilie Bouffard, Alexandre Aubiès et Tomas Strac.

## Références

- Cole R.J., Brown Z., McKay S. (2010), Building human agency: a timely manifesto, *Building Research and Information*, 38(3), pp. 339-350
- Demers C. (2007), *A Classification of daylighting qualities based on contrast and brightness analysis*, Paper presented at the American Solar Energy Society (ASES), Cleveland
- Demers C., Potvin A., Dubois M. (2009), *Environmental Satisfaction and Adaptability: The physical Ambience Rose as global comfort representation*, Paper presented at the Passive and Low Energy Architecture (PLEA), Québec
- Goto T., Toftum J., De Dear R., Fanger P.O. (2006), Thermal sensation and thermophysiological responses to metabolic step-changes, *International Journal of Biometeorology*, 50(5), pp. 323-332

## Auteurs

Hélène Giguère-Duval est titulaire d'une maîtrise professionnelle en architecture et candidate à la maîtrise en science de l'architecture à l'École d'architecture de l'Université Laval. Elle est étudiante affiliée au Groupe de recherche en ambiances physiques (GRAP).

helene.giguere-duval.1@ulaval.ca

Claude MH Demers et André Potvin détiennent un doctorat en architecture du Martin Centre for Architectural and Urban Studies, University of Cambridge. Ils enseignent à l'École d'architecture de l'Université Laval et sont membres fondateurs du GRAP.

Claude.Demers@arc.ulaval.ca, Andre.Potvin@arc.ulaval.ca