

"Mécanismes-lumière"

Le cas des bibliothèques d'Alvar Aalto

Jean-Denis Thiry, Jean-Luc Capron

La lumière naturelle est essentielle à l'expérience de l'espace architectural. Avec les connaissances et moyens de l'époque, l'architecte moderniste finlandais Alvar Aalto a conçu des mécanismes d'éclairage naturel innovants et exemplaires. Malgré le faible ensoleillement sous des latitudes qualifiées d'arctiques, l'architecte nous plonge dans des ambiances lumineuses d'une grande qualité.

Pour caractériser les effets spatiaux et dispositifs architecturaux associés, nous ferons appel à deux concepts, "espace-lumière" et "mécanisme-lumière" :

- Un "espace-lumière" est un espace défini par la lumière, telle une bulle de lumière quasi-tangible. Plusieurs unités peuvent être combinées selon une mise en scène spatiale sensible. Ainsi, en guise d'espaces de transition ou de seuils, Alvar Aalto utilise des zones d'ombre, agissant sur la perception de l'espace, sans avoir recours aux limites physiques que sont sol, murs et plafond.
- Un "mécanisme-lumière" est un dispositif capable de guider la lumière naturelle depuis l'extérieur vers l'intérieur d'un bâtiment, avec une intensité et une directionnalité maîtrisées, dans le but de répondre aux besoins d'usages donnés.

Parmi les approches permettant de simuler le niveau d'éclairement d'un bâtiment, très peu considèrent les qualités spatiales, plastiques et humaines que la lumière naturelle peut apporter à l'architecture, par défaut de connaissances et de données rigoureuses.

Par l'analyse d'exemples majeurs de l'architecture, ces recherches tendent

à articuler techniques d'éclairage naturel et conception architecturale. Pour ce faire, des bibliothèques localisées selon un axe nord-sud, de Rovaniemi en Laponie Finlandaise, jusqu'à Wolfsburg en Allemagne, ont été étudiées en détail dans le cadre du mémoire de fin d'études.

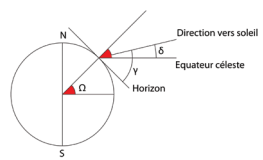
La lumière naturelle fut étudiée sous plusieurs aspects :

- Les caractéristiques d'un éclairage naturel suffisant, agréable et surtout adapté à chaque fonction d'une bibliothèque. Celles-ci sont exprimées par les niveaux d'éclairement relevés *in situ* et représentés en "fausses-couleurs" apposés sur les coupes des bâtiments analysés.
- La spécificité des ambiances lumineuses des "espaces-lumière" associée aux "mécanismes-lumière". Ceux-ci ont été analysés individuellement, puis classifiés selon leurs caractéristiques spatiales et architectoniques.

L'architecte utilise habilement la structure du bâtiment afin de moduler l'apport en lumière naturelle. Les surfaces courbes ou obliques agissent tels des réflecteurs qui constituent des surfaces émissives secondaires et procurent un éclairage indirect, évitant l'inconfort dû à l'éblouissement ou des contrastes trop excessifs dans les salles de lecture. Cependant, les subtiles variations qui caractérisent la lumière naturelle participent à garder un contact avec la dimension temporelle de la lumière extérieure. Aussi, faut-il veiller à obtenir un juste équilibre entre une lumière plus intense à certains endroits et constante sur les zones de lecture. "L'éclairage devient ainsi un outil

1 - J.-L. CAPRON, *Lumière et environnement construit*, in *Architecture UCLouvain - St-Luc Architecture - Site de Bruxelles 2010-3*, UCL, Bruxelles, 2010.

mémoire



[fig.1]
L'ensoleillement des lieux étudiés :
- Soit Ω la latitude du lieu étudié ;
- Soit γ l'angle d'incidence solaire ;
- Soit D l'intervalle lever-coucher du soleil ;
- Soit δ la déclinaison solaire.



[fig.2]
1 - Rovaniemi, 1961-65, bibliothèque municipale ;
2 - Jyväskylä, 1953-55, bibliothèque de l'Université de Jyväskylä ;
3 - Seinäjoki, 1960-65, bibliothèque municipale ;
4 - Viipuri, 1927-1935, bibliothèque municipale (auj. Vyborg, Russie) ;
5 - Helsinki, 1953-56, bibliothèque de l'Institut national des pensions ;
6 - Wolfsburg, 1959-62, bibliothèque du centre culturel municipal.

2 - M. MADSEN, *Light-zone(s): as concept and tool: an architectural approach to the assessment of spatial and formgiving characteristics of daylight*, in Ikke angivet. ARCC/EAAE, Philadelphia, 2006.

de conception architecturale"¹. Afin d'étudier ou d'élaborer un "mécanisme-lumière", le calcul des valeurs d'ensoleillement revêt ici toute son importance. Les angles maxima et minima d'incidence solaire ont été calculés aux solstices pour les bibliothèques étudiées, ainsi que l'intervalle de temps entre le lever et le coucher du soleil. [fig.1]

	Ω latitude nord	γ 21-12 à 12h	γ 21-06 à 12h	D 21-12 à 12h	D 21-06 à 12h
Rovaniemi	66° 30'	0°	47°	8'	23h15'
Seinäjoki	62° 47'	3,7°	50,7°	4h21'	19h38'
Jyväskylä	62° 14'	4,3°	51,3°	4h38'	19h21'
Viipuri	60° 42'	5,8°	52,8°	5h16'	18h43'
Helsinki	60° 10'	6,4°	53,3°	5h27'	18h32'
Wolfsburg	52° 25'	14,1°	61,1°	7h26'	16h33'

Afin d'obtenir les données les plus complètes, les prises de mesures ont été répétées à divers moments de la journée selon la grille du transect, et ce en période hivernale et estivale. Ces valeurs d'éclairement sont exprimées par des coupes en fausses-couleurs qui, selon Merete Madsen, sont les plus adaptées pour mettre en évidence et analyser les "espaces-lumière"².

Étapes du processus d'analyse

La première étape fut de collationner, au centre d'archives de la Fondation Alvar Aalto à Jyväskylä, tous les plans et détails des bibliothèques étudiées et de les retracer avec précision. Sur cette base, des transects de prises de mesures furent définis et dix voyages d'études furent ensuite effectués dans les différentes bibliothèques [fig.2] afin d'y réaliser 3.600 mesures de niveaux d'éclairement à l'aide d'un luxmètre.

Les mesures ont été effectuées selon des transects mis en place afin de passer sous tous les "mécanismes-lumière" significatifs. Comme indiqué sur le plan de la bibliothèque de Rovaniemi [fig.3], les points de mesures ont été choisis en fonction de la configuration des espaces, et répartis selon une grille dont les points d'intersection sont espacés de 50 cm, et ce jusqu'à 2,5 m de hauteur.

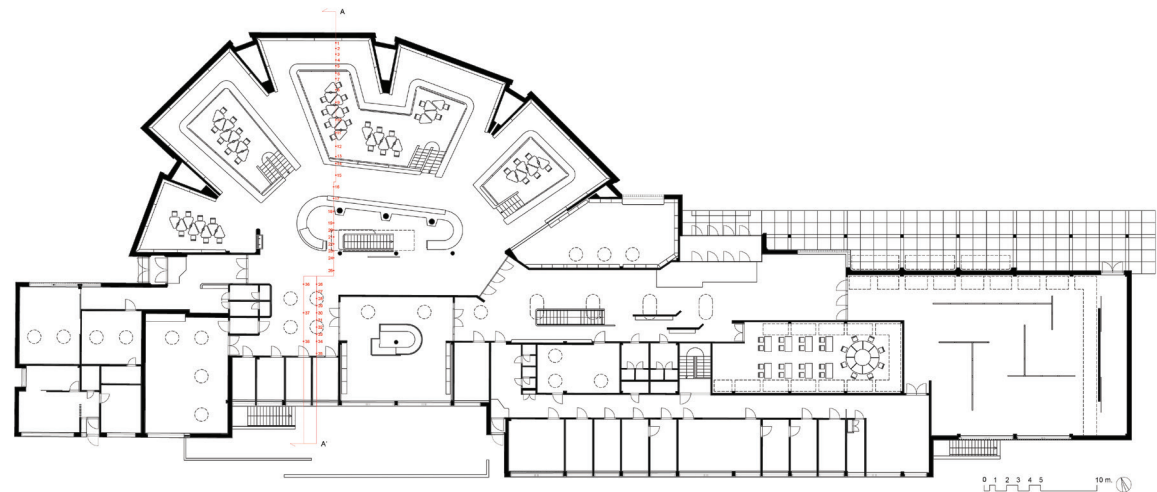
Analyse comparative de deux bibliothèques

La comparaison de deux types de bibliothèques permet de mettre en exergue la corrélation entre "espaces-lumière" et "mécanismes-lumière".

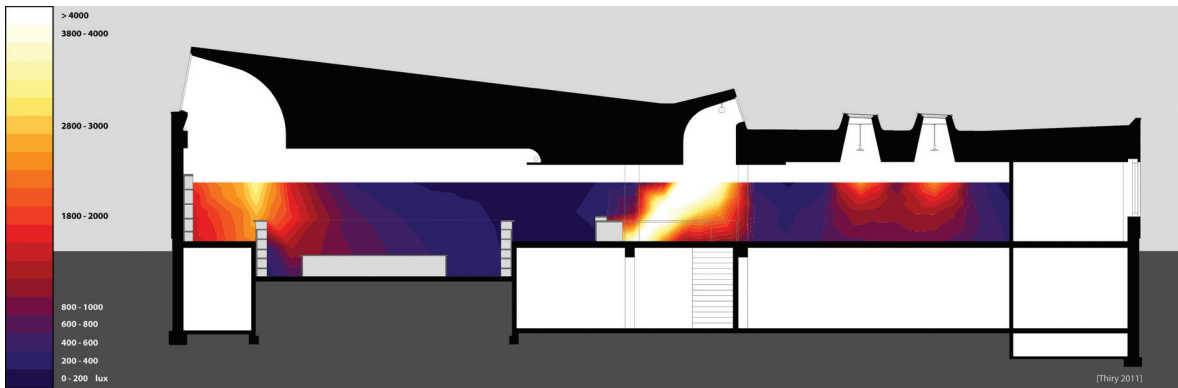
Bibliothèque municipale, Rovaniemi (1962-1966)

Comme nous pouvons le voir sur les représentations en fausses-couleurs de la bibliothèque de Rovaniemi, la répartition des zones de lumière est non uniforme. [fig.4] Nous pouvons y dénombrer trois "espaces-lumière" singuliers, séparés entre eux par deux zones d'ombre :

- Une zone de lumière dans chaque niche de l'éventail apportant une lumière du nord sur les étagères, et jusque dans les différentes fosses de lecture. [fig.5]
- Une zone de lumière sur le bureau



[fig.3] Plans retracés de la bibliothèque de Rovaniemi (avec points de mesures)



[fig.4] Rovaniemi, représentation fausses-couleurs, relevé du 06-06-2011.
2^e passage, 11h30-12h30, extérieur de 60700 à 75700 lux

central de prêt de livres, apportant l'éclairage naturel nécessaire aux différentes tâches administratives des bibliothécaires, et soulignant le point focal de la bibliothèque. [fig.6-7]
- Une zone de lumière générée par quatre puits de lumière coniques répartis en carré au-dessus du petit salon de lecture.
Chacun de ces trois "espaces-lumière" souligne une fonction spécifique, soit selon l'axe du transect : chercher, emprunter et lire un livre.

Les zones d'ombre correspondent aux zones de circulation devant et derrière le bureau central de prêt de livres, séparant ainsi les trois zones de lumière naturelle. La rencontre des lecteurs et des bibliothécaires se fait, de manière symbolique, à la jonction d'une zone d'ombre et de lumière.

Bibliothèque de l'Institut national des pensions, Helsinki (1953-1956)

A contrario, et comme le font apparaître les coupes en fausses-couleurs de la bibliothèque de l'Institut national des pensions à Helsinki [fig.8], ces "mécanismes-lumière" offrent une lumière naturelle totalement indirecte et diffuse, propice à la concentration, sans ombre portée ni éblouissement, et avec un bon niveau d'éclairement [fig. 9]. De plus, les livres sont ainsi protégés de toute dégradation par des rayons solaires directs [fig.10-11].
Cependant, l'éclairement trop uniforme rend l'espace monotone et estompe sa matérialité. En oblitérant tout contraste, le modelé et les textures des objets s'atténuent fortement, et la relation à l'environnement extérieur, les variations temporelles d'éclairement, est très peu perceptible. La répartition uniforme des prises de lumière et leur caractère non-hétérotopique³ en sont sans doute la cause.

Synthèse des recherches

Les coupes des bibliothèques analysées ont été décomposées en "mécanismes-lumière" [fig. 12], puis classées et répertoriées dans un tableau à double entrée [fig. 13], avec les latitudes en ordonnée et en abscisse deux grandes catégories :
- Les mécanismes de type "réflecteurs linéaires", regroupant les réflecteurs courbes, inclinés ou verticaux, et les ouvertures zénithales oblongues.
- Les mécanismes de type "diffuseurs ponctuels", regroupant les puits de lumière coniques.

Ce tableau fait apparaître la logique architecturale qui régit la conception des dispositifs de prise de lumière. Les coupes schématiques présentent la réflexion des rayons solaires, basée sur une réflexion spéculaire des rayons solaires incidents, y compris pour la lumière diffuse du nord. Cette démarche a pour objectif de tester, de manière théorique, les "mécanismes-lumière" aux conditions d'ensoleillement extrême.

Selon les lois de la réflexion spéculaire, plus l'angle d'incidence solaire est faible, plus il est nécessaire d'avoir une forte inclinaison/courbure du réflecteur afin de faire pénétrer un maximum de rayons indirects dans la pièce. Ainsi, les réflecteurs principaux situés au-dessus des alcôves de lecture de la bibliothèque de Rovaniemi présentent une forte courbure afin de capter les rayons du soleil, presque horizontaux en période hivernale. De la même manière, les puits de lumière coniques ont leurs parois fortement inclinées, en forme d'entonnoir, afin de réfléchir un maximum de rayons jusqu'à l'intérieur.



[fig.5] Rovaniemi, 05-06-2011



[fig.6] Rovaniemi, 05-06-2011

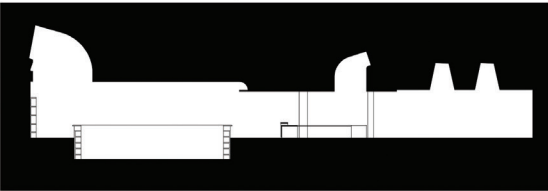


[fig.7] Rovaniemi, 05-06-2011

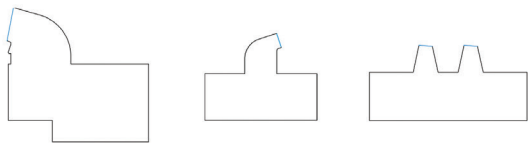
3- M. NORVASUO, *Taivaskattoinen Huone, Ylävalon temettikka Alvar Aallon arkkitehtuurissa 1927-1956*, Helsinki University of Technology, Espoo, 2009

Coupes longues schématiques

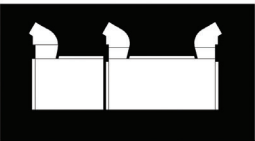
Classement selon leurs latitudes respectives



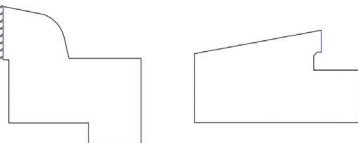
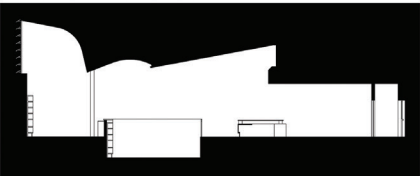
Décomposition des différents "mécanismes-lumière"



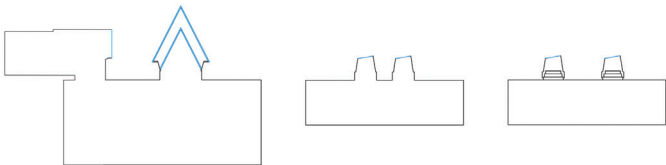
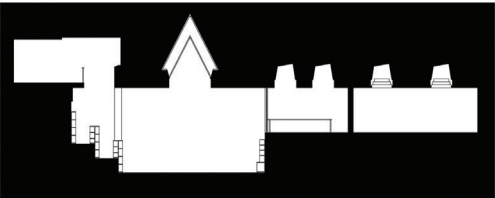
66° 30' ROVANIEMI
Salle principale



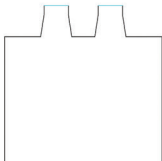
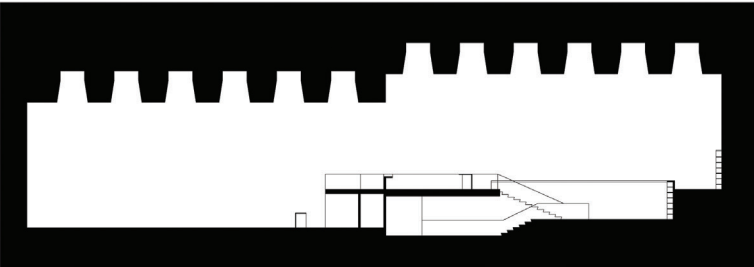
66° 30' ROVANIEMI
Salle de presse



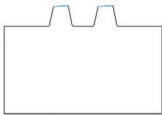
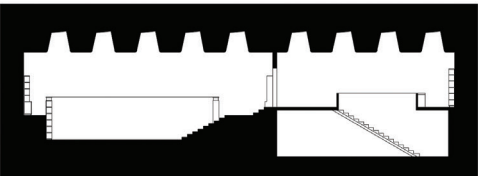
62° 47' SEINÄJOKI



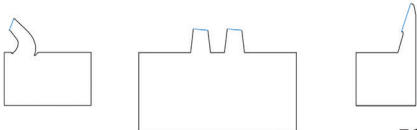
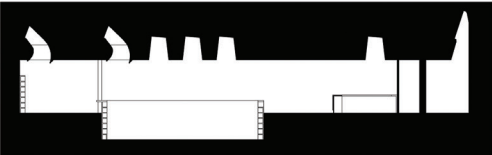
62° 14' JYVÄSKYLÄ



60° 42' VIIPURI



60° 10' HELSINKI

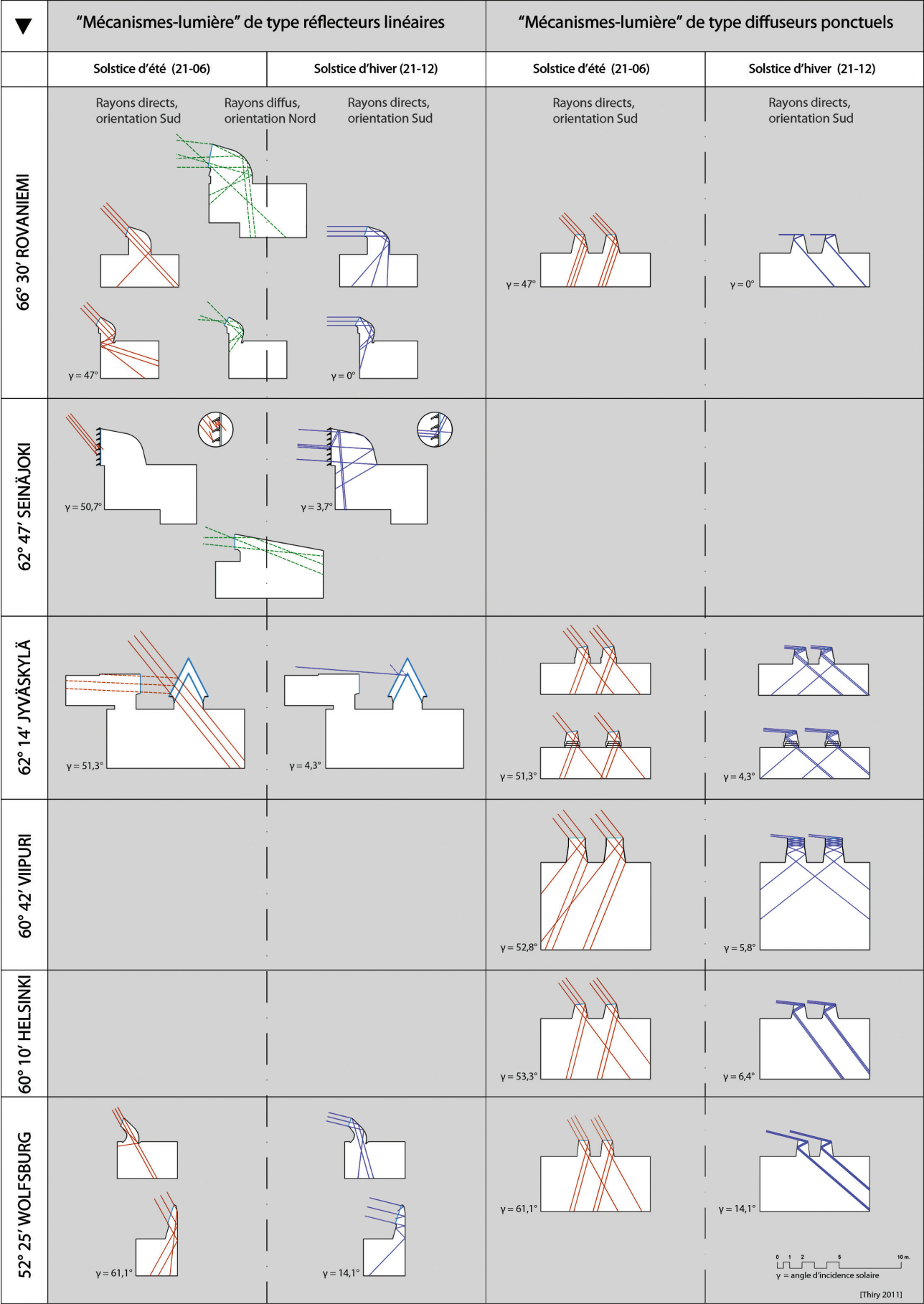


52° 25' WOLFSBURG

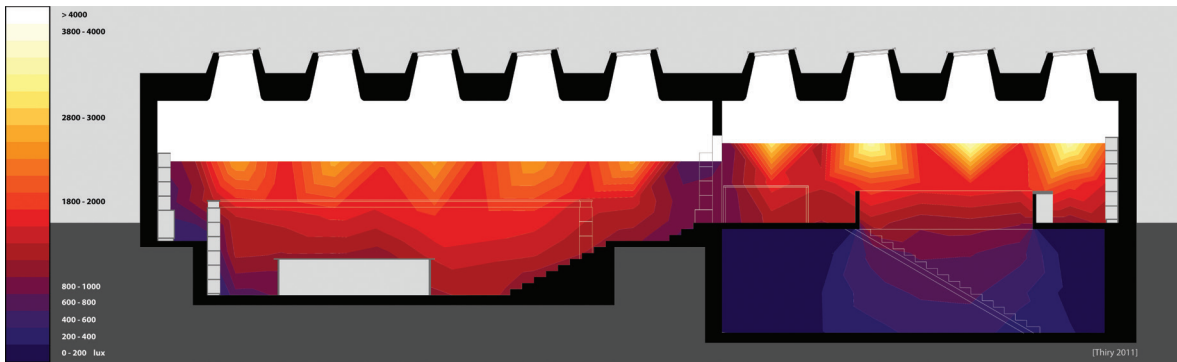
0 1 2 5 10 m.

[Thiry, 2011]

[fig.12] Décomposition des différents "mécanismes-lumière". Classement selon leurs latitudes respectives



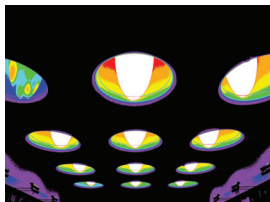
[fig.13] Synthèse des "mécanismes-lumière" étudiés. Représentation des rayons solaires incidents aux solstices, selon le principe de réflexion spéculaire



[fig.8] Helsinki, représentation fausses-couleurs, relevé du 01-06-2011, 2^e passage, 15h30-16h00, extérieur de 71300 à 69800 lux.



[fig.9] Helsinki, 26-05-2011



[fig.10-11] Mise en évidence des niveaux de luminance relative par le biais d'un logiciel de traitement d'image élaboré à cette fin ; Helsinki, 01-06-2011, 10h58

A contrario, sous de plus basses latitudes, les parois du réflecteur doivent se rapprocher de la verticale afin de ne pas laisser pénétrer une lumière directe gênante. Comme constaté lors de l'analyse de la bibliothèque de l'Institut national des pensions, les prises de lumière ponctuelles coniques n'offrent pas un niveau d'éclairement optimal lorsque les hauteurs sous plafond sont importantes. Afin de conserver un éclairage indirect tout au long de l'année dans la bibliothèque de Viipuri particulièrement haute sous plafond, Alvar Aalto a percé des puits de lumière d'un diamètre beaucoup plus important, tout en augmentant la hauteur du réflecteur conique.

Quant à la bibliothèque située la plus au sud, en Allemagne, l'architecte y redresse l'inclinaison de ses réflecteurs courbes et diminue la taille des ouvertures vitrées afin de maîtriser un ensoleillement trop direct.

Si sous certains mécanismes, des niveaux d'éclairement trop importants ou trop faibles ont pu être relevés (principalement en période hivernale), la pertinence de ces "mécanismes-lumière" nous donnent la preuve, en tous points, du génie d'Alvar Aalto et de l'exigence de son travail.

Conclusion et perspectives

Avec cette étude, et pour la première fois, les niveaux d'éclairement ont été mesurés à grande échelle, en été et en hiver, dans les bâtiments d'Alvar Aalto. Une approche rigoureuse, basée sur des mesures effectuées *in situ* et leur représentation par la technique des fausses-couleurs, se révèle être un point de départ pertinent pour l'analyse des "espaces-lumière". Tandis que l'étude systématique des "mécanismes-lumière" développés pour éclairer naturellement une typologie fonctionnelle spécifique offre une perspective d'avenir pour la conception de dispositifs de prise de lumière performants, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif.

Les cas étudiés fournissent un répertoire d'exemples de compositions et structurations d'espaces par la lumière naturelle. Le lien établi entre analyse des "espaces-lumière", techniques d'éclairage et conception architecturale est essentiel pour faire avancer la recherche et la compréhension des caractéristiques spatiales, plastiques et humaines de la lumière naturelle en architecture. Aussi, des analyses similaires pourraient utilement être menées avec pour support d'autres architectures remarquables, en d'autres lieux, avec d'autres fonctions, voire d'autres cultures.

[English translation]

" Light mechanisms " The case of Alvar Aalto libraries

Jean-Denis Thiry, Jean-Luc Capron

Natural light is essential to the experience of architectural space. With the knowledge and means at the time, the modernist architect Alvar Aalto designed mechanisms of natural light and innovative practices. Despite the low solar latitudes described as arctic, the architect plunges us into light environments of high quality.

To characterize the spatial effects and associated architectural features, we will use two concepts, "Light-Space" and "light mechanism"

- A "light space" is a space defined by light, like a bubble of light almost tangible. Multiple units can be combined in a staging space sensitive. Thus, by way of transitional spaces or thresholds, Alvar Aalto uses shadows, acting on the perception of space, without resorting to physical limitations such as floors, walls and ceiling.

- A "light mechanism" is a device capable of guiding the natural light from the outside to the inside of a building, with an intensity and directionality control, in order to meet the needs of purpose given.

Among the approaches used to simulate the light level of a building, very few consider the spatial qualities, plastics and human natural light can provide the architecture, lack of knowledge and data standards.

By analysis of major examples of architecture, this research tend to articulate natural lighting engineering and architectural design. To do this, libraries located along a north-south from Rovaniemi in Finnish Lapland, to Wolfsburg in Germany, have been studied in detail as part of the dissertation studies.

Natural light was studied in several ways:

- The characteristics of a sufficient natural lighting, nice and especially suited for each function of a library. These are expressed by light levels recorded in situ and shown in "false color" affixed to the cups buildings analyzed.
- The specific lighting scenes "spaces light" associated with "light mechanisms." These were analyzed individually and then classified according to their spatial and architectural.

The architect cleverly uses the building structure to modulate the supply of natural light. Oblique or curved surfaces act as reflectors that are secondary emissive surfaces and provide indirect lighting, avoiding the discomfort glare or contrast too excessive in the reading rooms. However, subtle differences that characterize natural light involved in keeping contact with the temporal dimension of the external light. Also should make sure to get the right balance between a more intense light in some places and constant reading areas. "Lighting becomes a tool for architectural design."

To study or develop a "light mechanism", calculate the values of sunshine here takes all its importance. The maximum and minimum angles of solar incidence were calculated for the solstices libraries studied, as well as the time interval between sunrise and sunset. [Fig.1]

Stages of analysis

The first step was to collate, to the archives of the Alvar Aalto Foundation in Jyväskylä, all plans and details of libraries and studied to trace with precision. On this basis, transects were defined measures taken ten trips and studies were then carried out in the different libraries [fig.2] in order to achieve 3600 measures light levels using a light meter .

The measurements were performed according to established transects to go under all the "light-mechanisms" significant. As shown on the plan library Rovaniemi [fig.3], the measurement points were selected based on the configuration spaces, and distributed according to a grid intersection points are spaced 50 cm, and up to 2.5 m in height.

To obtain the most complete data, field measurements were repeated at different times of the day depending on the transect grid, and during winter and summer. These illuminance values are expressed by false-color cuts which, Merete Madsen, are best suited to highlight and analyze the "space-light."

Comparative analysis of two libraries

Comparison of two types of libraries can highlight the correlation between "space-light" and "light mechanisms."

Library, Rovaniemi (1962-1966)

As we can see in the false-color representations Library Rovaniemi, the distribution areas of light is not uniform. [Fig.4] We can count three "light areas" singular, separated by two shadows:

- An area of light in every niche of providing a range of northern light shelves, and into the pits of different reading. [Fig.5]
- An area of light on the central office lending books, providing natural lighting necessary for various administrative tasks librarians, and stressing the focal point of the library. [Fig.6-7]
- An area of light generated by four conical skylights divided into square above the reading room.

Each of these three "light areas" said a specific function or the axis of the transect: search, borrow and read a book.

The gray areas correspond to the areas of traffic in front of and behind the central office loan book, thus separating the three zones of natural light. The meeting readers and librarians is, symbolically, at the junction of shadow and light.

Library of the National Pensions Institute, Helsinki (1953-1956)

In contrast, and as the show cuts in false-color library of the National Institute of pensions in Helsinki [fig.8], these "mechanisms light" offer a totally natural light and indirect diffuse, pro- concentration, without shadows or glare, and with a good level of illumination [Fig. 9]. In addition, books are protected from degradation by direct sunlight. [Fig.10-11] However, the uniform illumination makes the space too monotonous and blurs its materiality. Obliterating everything in contrast, the modeling and textures of objects greatly reduce, and the relationship with the external environment, temporal variations illuminance is very noticeable. The uniform distribution of light and taken their non-heterotopic is probably the cause.

Research Synthesis

Cuts libraries analyzed were decomposed into "light mechanisms" [fig. 12], then classified and listed in a table [fig. 13] double entry, with latitudes Northing and Easting two broad categories:

- Mechanisms of type "linear reflectors", gathering the reflectors linear curves, inclined or vertical, oblong and skylights.
- Mechanisms of type "point scatterers", gathering the conical skylight.

This table shows the architectural logic which governs the design of making light. The schematic sections show the reflection of solar radiation, based on specular reflection of incident solar radiation, including the diffused light from the north. This approach aims to test, theoretically, the "light-mechanisms" to extreme sunlight conditions.

Under the laws of specular reflection, the angle of solar incidence is low, it is more necessary to have a strong tilt / curvature of the reflector in order to enter a maximum of indirect rays in the room. Thus, the main reflectors located above the reading alcoves Library Rovaniemi exhibit a strong curvature to capture the sun's rays, almost horizontal in winter. Similarly, conical skylights have their steeply sloping walls, funnel-shaped, to reflect a maximum radiation to the interior.

In contrast, in lower latitudes, the walls of the reflector must be closer to the vertical so you do not get direct light nuisance. As noted in the analysis of the library of the National Institute of Pension decision point light cone does not offer a level of optimum illumination when ceiling heights are important. To maintain indirect lighting throughout the year in the library Viipuri particularly high ceilings, Alvar Aalto light wells drilled with a diameter much larger, while increasing the height of the conical reflector.

As for the library located further south in Germany, the architect to the inclination of recovering its curved reflectors and reduces the size of glazed openings to control a direct sunlight.

If in some mechanisms, light levels too high or too low could be identified (mainly in winter), the relevance of these "mechanisms light" give us proof, in all respects, the genius of Alvar Aalto and the requirement of his job.

Conclusion and outlook

With this study, for the first time, light levels were measured on a large scale, in summer and winter, in the buildings of Alvar Aalto. A rigorous approach based on in situ measurements and their representation by the false-color technique, proves to be a relevant starting point for the analysis of "space-light." While the systematic study of "mechanism-light" to illuminate naturally developed a functional typology provides a specific perspective for the design of future devices making light performance, both from a quantitative and qualitative.

The case studies provide examples directory compositions and structuring space with natural light. The linkage analysis of the "space-light," lighting techniques and architectural design is essential for advancing research and understanding spatial characteristics, plastics and human natural light in architecture. Also, similar analyzes could usefully be undertaken with the support of other architectures remarkable in other places, with other functions or even other cultures.

Figures:

[Fig.1]

The sunny places studied:

- Let Ω the latitude studied;
- Let γ the angle of solar incidence;
- Let D -up interval sunset;
- Either the solar declination δ .

[Fig.2]

- 1 - Rovaniemi, 1961-1965, Library;
- 2 - Jyväskylä, 1953-1955, Library of the University of Jyväskylä;
- 3 - Seinäjoki, 1960-1965, Library;
- 4 - Viipuri, 1927-1935, Library (now Vyborg, Russia);
- 5 - Helsinki, 1953-1956, Library of the National Institute of pensions;
- 6 - Wolfsburg, 1959-1962, Library of municipal cultural center.

[Fig.3] Plans traced Library Rovaniemi (with measurement points)

[Fig.4] Rovaniemi representation "false color" statement of 06-06-2011, the second passage, 11:30 to 12:30, outside 60700-75700 lux.

[Fig.5] Rovaniemi, 05-06-2011

[Fig.6] Rovaniemi, 05-06-2011

[Fig.7] Rovaniemi, 05-06-2011

[Fig.8] Helsinki representation "false color" statement of 01-06-2011, the second passage, 3:30 p.m. to 4:00 p.m., outside 71300-69800 lux.

[Fig.9] Helsinki, 26-05-2011

[Fig.10-11] Highlighting relative luminance levels through an image processing software developed for this purpose; Helsinki, 01-06-2011, 10:58

[Fig.12] Breakdown of different "mechanisms-light." Ranking according to their respective latitudes

[Fig.13] Synthesis "mechanisms-light" studied. Representation of incident solar radiation at the solstices, the principle of specular reflection.

Quotes:

1. J-L. Capron, "Light and built environment", in Architecture UCLouvain-St-Luc Architecture - Site Brussels 2010-3, UCL, Brussels, 2010.

2. Madsen, "Light-zone (s) concept and tool have: an architectural approach to the assessment of spatial and formgiving characteristics of dayligh" in Ikke angivet. ARCC / EAAE, Philadelphia, 2006.

3. Mr. Norvasuo, Taivaskattoinen Huone, Ylävalon temetiikka Alvar Aallon arkkitehtuurissa 1927-1956, Helsinki University of Technology, Espoo, 2009.