

Analyse Bioclimatique de la Maison Jacobs II de Frank Lloyd Wright

Auteur 1 : Maria Angeles Beltran

Affiliation: Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM).

Adresse 1: Avenida de Juan de Herrera nº 6 , 28040 Madrid (Espagne)

Adresse 2

Téléphone: 06 95 74 73 68

Fax:

Email: mariangeles.beltran@upm.es

Auteur 2 : Julián García

Affiliation: Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM).

Adresse 1: Avenida de Juan de Herrera nº 6 , 28040 Madrid (Espagne)

Adresse 2

Téléphone: 0034 619 255 372

Fax:

Email: julian.garciam@upm.es

Auteur 3: Emmanuel Dufrasnes

Affiliation: Université de Strasbourg, École Nationale Supérieur d'Architecture de Strasbourg (ENSAS), Université de Strasbourg.

Adresse 1: 6-8 boulevard du Président Wilson, 67068 Strasbourg

Adresse 2

Téléphone: 06 38 01 88 57

Fax:

Email: emmanuel.dufasnes@strasbourg.archi.fr

Mots clés : architecture bioclimatique, Frank Lloyd Wright, maison Jacobs II

Nombre de mots : 4125

Introduction

Le secteur de la construction suppose 40% du total de l'énergie consommée et contribue dans 30% dans les émissions de CO₂ (1). Une grande partie de cette énergie est employée en atteindre le confort thermique dans l'intérieur de bâtiments. Ceci est dû au fait que dans l'architecture contemporaine subsiste encore l'héritage des conséquences de la Révolution Industrielle, comme l'utilisation aveugle des systèmes de conditionnement d'air pour atteindre un confort intérieur optimal, en causant des ambiances artificielles et peu agréables, des bâtiments complètement indépendants de l'environnement et du climat, et, par conséquence, dévoreurs d'énergie. Actuellement, et déplacés par l'environnement de crise économique et énergétique où nous nous trouvons et les données frissonnantes par rapport au gaspillage énergétique, des sujets comme l'économie énergétique et la conservation de l'environnement sont des questions primordiales dans l'architecture pour obtenir un développement durable.

Dans la recherche d'une architecture responsable et la génération d'atmosphères agréables, pendant les dernières années, on a développé une tendance vers une révision de l'architecture du passé. Dans cette révision apparaît ce qui est connu actuellement comme **architecture bioclimatique**, comprise comme celle qui tient compte des conditions du climat et de l'environnement, c'est-à-dire, la nature, dans la conception architectonique pour obtenir le confort intérieur adéquat à l'utilisateur. La relation avec la nature se produit à travers le respect, sans abuser d'elle.

Dans le premier siècle a.C.n, Vitruve reflétait déjà dans son traité d'architecture « les Dix Livres d'Architecture » la relation étroite qui doivent avoir entre l'architecture et le climat :

*« If our designs for private houses are to be correct, we must at the outset take note of the countries and climates in which they are built. One style of house seems appropriate to build in Egypt, another in Spain, a different kind in Pontus, one still different in Rome, and so on with lands and countries of other characteristics »*¹ (2)

En ce sens il peut être affirmé que l'architecture a été toujours bioclimatique, parce qu'elle devait tenir compte du climat et de l'environnement pour obtenir un confort intérieur adéquat. Comme il affirme Jaime López Asiaín, architecte espagnol spécialiste en architecture bioclimatique :

*« No existe una arquitectura bioclimática, sino la arquitectura, simple y llanamente... »*² (3)

En suivant ces principes, on trouve l'œuvre de Frank Lloyd Wright, un des architectes américains les plus influents dans l'histoire de l'Architecture moderne par la qualité spatiale et esthétique de ses projets. Mais à travers l'analyse de son œuvre du point de vue bioclimatique, on vérifie qu'on doit aussi inclure la haute qualité environnementale de ses bâtiments.

Frank Lloyd Wright (1867-1959)

Wright naît en 1867 dans le Wisconsin et meurt en 1959 en Arizona, États Unis. Il a vécu 92 années et tout au long de sa longue carrière, qui comprend plus de 1.000 projets et 500 bâtiments construits, on peut constater une importante évolution qui se termine avec ce qu' il a

¹ *« Si nos conceptions pour les maisons privées sont correctes, nous devons au départ noter les pays et les climats dans lesquels elles sont établies. Il semble approprié construire un modèle de maison en Egypte, une autre en Espagne, une sorte différente dans Pontus, un différent encore à Rome, et ainsi de suite avec des terres et des pays d'autres caractéristiques »*

² *« Il n'existe pas une architecture bioclimatique, mais l'architecture, simplement »*

appelé «*Organic Architecture*». Ce mouvement architectonique promeut l'harmonie entre l'habitat humain et le monde naturel, en agissant pour la nature et non contre elle.

En 1954, cinq années avant son décès, il publie le livre «*The Naturel House*», où il rend compte de ses idées de conception basée sur des principes que nous pourrions aujourd'hui qualifier de bioclimatiques, qui s'accroissent à mesure que sa carrière évolue. Dans son livre il fait référence à l'architecture organique en affirmant qu'au lieu d'employer l'adjectif «*organic*» il devrait utiliser «*natural*»³(4).

Depuis le début de sa carrière, pendant l'étape de «*Prairie Houses*», ses conceptions se caractérisent par l'horizontalité des lignes en essayant de reproduire l'extension du paysage et la prairie américaine, en faisant manifeste de la forte relation avec la nature.

À mesure que sa carrière avance, les bâtiments sont plus ouverts vers le paysage et la nature, à travers des baies vitrées élargies, qui augmentent leur surface, en permettant une forte connexion avec l'environnement. Ces grandes surfaces vitrées tellement caractéristiques dans l'œuvre de Wright font partie d'une série de stratégies d'aménagement passif de ses bâtiments. En se basant sur le climat et sur l'environnement, Wright cherchera l'orientation optimale pour créer une atmosphère intérieure plus agréable.

À de nombreuses occasions il a été accusé de travailler pour des clients millionnaire, comme le cas de «*Fallingwater*» ou la maison pour Herbert F. Johnson, mais une préoccupation constante dans la vie de Wright a été la construction du logement de qualité, avec un coût modéré et accessible à la classe moyenne, préoccupation renforcée par la crise qui a fait souffrir les Etats-Unis durant les années 20 jusqu'au crack de 1929. Fruit de cette préoccupation et de son entente avec la nature naissent ce qu'il a appelé les «*Usonian houses*». Celles-ci se caractérisent par leur petite dimension, mais la conception architectonique et le traitement spatial expriment des dimensions plus grandes. Wright admet que ses conceptions ont comme référence l'échelle humaine. De cette manière, les espaces sont réduits en suivant les proportions de l'homme. En ce qui concerne les matériaux de construction, Wright est favorable à l'utilisation des matériaux locaux sans traitement fini, de matériaux simples, comme sont le bois, la pierre... En se passant de tout ce qui n'est pas nécessaire dans le logement dans le but d'effectuer une conception la plus économique possible et à la fois confortable. En ce qui concerne les installations, il essayait toujours de créer des atmosphères en étant aidé du climat extérieur au lieu d'atmosphères créées de manière artificielle indépendamment de l'environnement.

Un des exemples plus représentatifs de son travail et qui montre toutes ses idées est la deuxième maison que Wright conçoit pour la famille Jacobs, et qu'elle est ensuite analysée.

Analyse de la Maison Jacobs II - Hémicycle Solaire

Données de base

- Situation et climat

La maison Jacobs II a été construite entre 1944 et 1948 à Middleton, dans le Wisconsin. Elle naît comme un projet pour la famille Jacobs, lesquels à ce moment-là résidaient dans un logement construit par Frank Lloyd Wright, la maison Jacobs I, construit en 1937 et considéré la première maison «*Usonian*» bâtie par l'architecte.

³ «*instead of Organic we might well say natural building* »



Middleton, Wisconsin, les Etats- Unis.

(43° 4' 25" N, 89° 32' 7" O)

Climat : continental humide

Températures maximales moyenne en été : 27° C

Températures minimales moyenne en hiver : -14° C

Précipitations : 850 mm annuels

FIGURE 1 Carte des Etats- Unis. (5)

Les parents Jacobs, avec le désir de se transférer dans un environnement plus naturel, motivés par la volonté de montrer à leurs fils les avantages et les valeurs de résider dans la campagne, font appel à nouveau à Wright pour la conception de leur nouveau logement. On en déduira que l'expérience de construire et habiter une maison dessinée par l'architecte avait été plus que favorable.

- Programme

Le logement est composé de deux étages : le rez-de-chaussée, complètement diaphane, loge le séjour- salle à manger, la cuisine, l'escalier et une salle d'installations. Le premier étage, en retrait par rapport au rez-de-chaussée et laissant un espace vide de trois pieds et demi (1.15 mètres) par rapport à la façade sud de verre, crée une double hauteur dans la partie proche à celle-ci, qui relie les deux étages. Cet étage loge cinq chambres à coucher et une salle de bain.

Rez-de-chaussée

Séjour- salle à manger
Cuisine
Salle d'installations
Escalier

Premier Étage

5 Chambres à coucher
Salle de bain

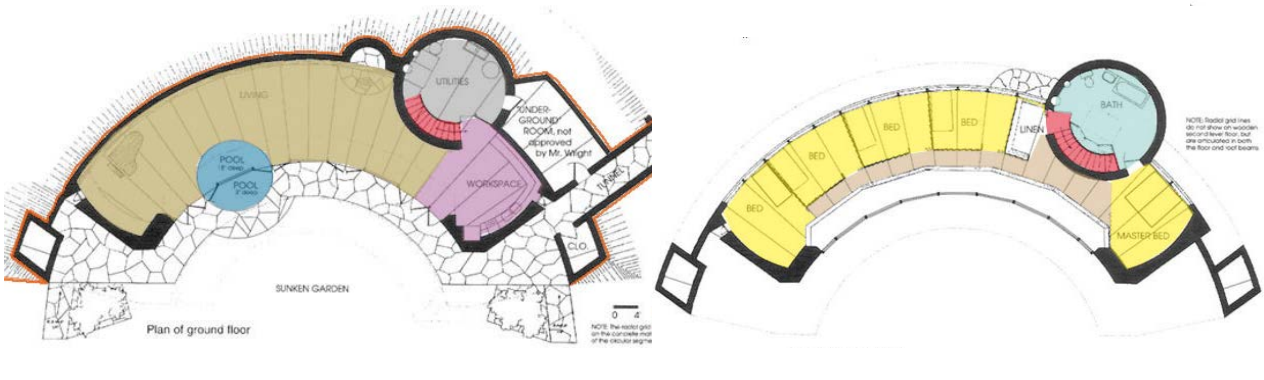


FIGURE 2 Rez-de-chaussée et premier étage. (6)

Analyse

- Relation avec la nature ; situation et climat

La confiance entière de la famille Jacobs en Wright est traduite par le fait qu'ils sollicitent son aide pour choisir le terrain où la maison doit être construite. Ainsi que pour Fallingwater, Frank Lloyd Wright a visité la zone et après avoir analysé le lieu, il a choisi l'emplacement optimal, proche d'une colline, avec des vues sur la prairie du Wisconsin. Également, la première chose qu'il a faite a été d'analyser le climat. Le Wisconsin se trouve au Nord des Etats-Unis et a un climat continental humide, avec des hiver très froids et des étés très chauds.

Concrètement, l'emplacement choisi se caractérise par des vents du nord, glaciaux en hiver et un soleil brûlant en été.

Après une période d'échange d'idées, Frank Lloyd Wright conclut avec la conception actuelle. En plan au sol, un arc de circonférence de 120°, dont les extrémités de la paroi et des jardinières complètent le demi-cercle. Cette forme est la raison pour laquelle l'architecte a appelé le logement Hémicycle, terme qui provient du Grec et signifie *emi-demi y kyklos*-cercle.

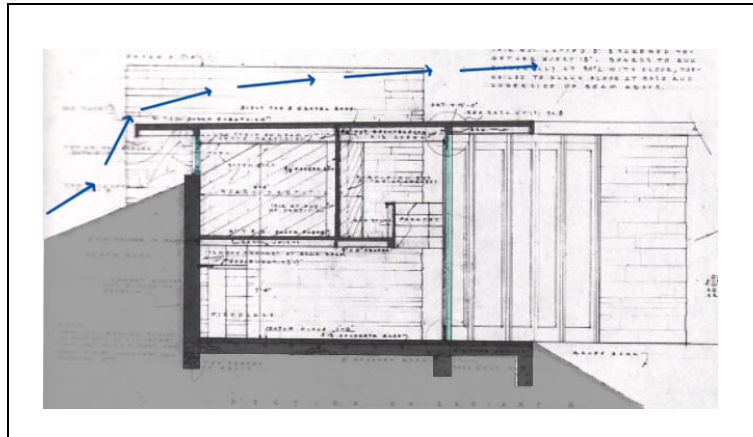


FIGURE 3 Schéma en coupe qui montre l'effet de protection du vent que le talus représente.

Dans le livre que le couple Jacobs a écrit en racontant l'expérience de construire avec Wright, « *Building with Frank Lloyd Wright, An Illustrated Memoir* » (7), Herbert Jacobs raconte l'anecdote qu'avec cette conception, Wright lui a assuré qu'il pourrait se situer dans le jardin de sa maison, protégé par le logement et allumer sa pipe sans préoccuper du vent, en créant une zone de refuge, protégée et à l'abri des vents froids du Nord. Fait que le même Herbert Jacobs renforce.

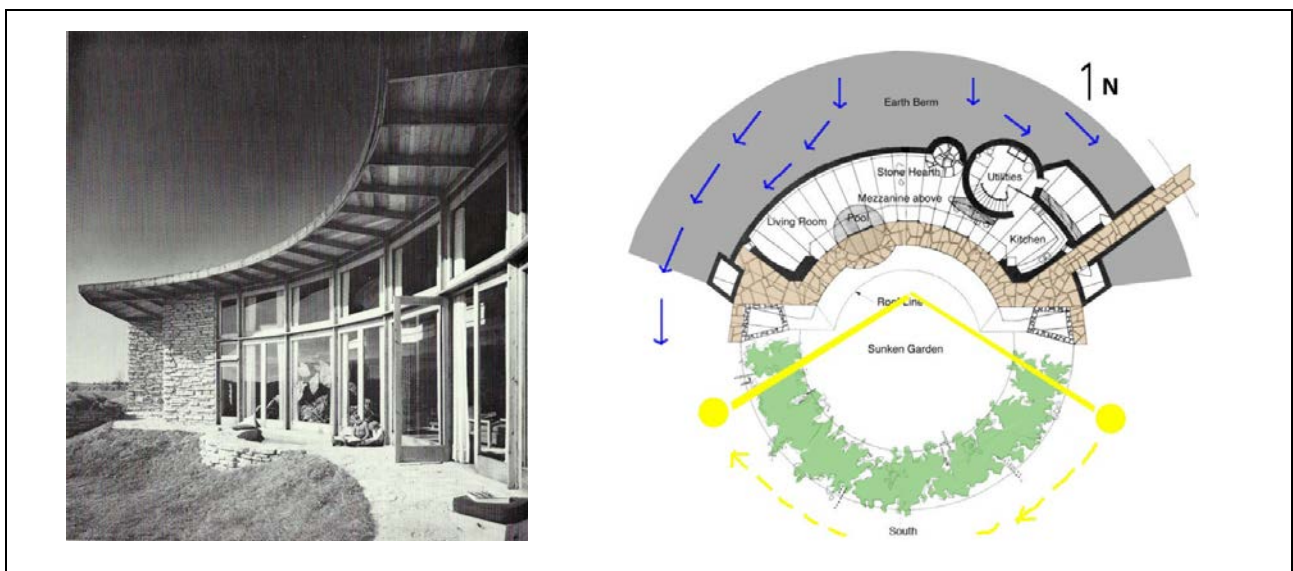


FIGURE 4 Vue de la façade sud mois de novembre (7) et schéma en plante du Hémicycle solaire.

La forme semi-circulaire de la conception, en plus de canaliser les vents et de créer une protection de la façade et du jardin sud, présente de nombreux avantages :

1. La semi circonférence diminue la surface d'exposition au climat froid du nord en réduisant la perte de chaleur du logement en hiver.

2. Il est appréciable, dans les schémas d'ensoleillement ci-dessous, qu'en hiver, quand le soleil atteint sa plus petite inclinaison, la façade sud vitrée reçoit le rayonnement solaire pendant les heures du jour, de 9:00 à 18:30 heures, en apportant chaleur et lumière naturelle.

3. Tandis qu'en été, au moment du jour où le soleil est plus faible, dès l'aube jusqu'à midi et après 17:00 heures jusqu'à la tombée de la nuit, grâce à la forme semi-circulaire du logement, est empêché le rayonnement solaire sur la façade sud, en évitant le sur chauffage du logement pendant les heures du jour où le soleil a la plus grande inclinaison, jusqu'à 70° à 14:00 heures dans le solstice d'été : la façade sud est protégée par la projection du porte-à-faux.



FIGURE 5 Schéma en plan au sol de la position du Soleil dans le solstice d'hiver et dans le solstice d'été (La ligne jaune représente le chemin fait par le Soleil). (8)

- **Système de construction**

Pour la construction du logement, Frank Lloyd Wright se sert de matériaux naturels, comme la pierre et le bois. Pour les fondations et la dalle du rez-de-chaussée, il utilise le béton armé. Les façades nord, est et ouest, qui forment la partie du demi-cercle convexe, sont protégés par un talus de terre qui vient de l'excavation tant du logement que du jardin situé au sud. Ce talus atteint la hauteur des fenêtres situées dans les chambres à coucher du premier étage en couvrant pratiquement toute la hauteur du rez-de-chaussée du logement. Cette paroi courbe est composée d'une double façade de pierre calcaire, pierres attachées entre elles avec des clés métalliques placées à une certaine distance. La pierre calcaire employée provient d'une carrière située à proximité. Selon l'information extraite du livre écrit par le couple Jacobs, un matériel isolant, sans spécifier lequel, a été versé dans l'espace qui restait entre les deux feuilles de la paroi. La grande épaisseur de la paroi, 90 cm, ajoutés à la pente de terre qui la protège, procurent une grande isolation et une grande inertie thermique à l'ensemble du bâtiment, en créant une grande stabilité thermique intérieure.



FIGURE 6 Images de la construction du logement. Paroi de pierre calcaire composée de deux feuilles attachées avec des clés métalliques. Paroi complétée et construction de la dalle de rez-de-chaussée avec des tuyauteries enfoncées dans cette dernière pour le système de chauffage «Gravity Heat». (7)

La structure verticale du logement est composée de cette paroi de pierre et de piliers en bois dans la partie sud qui forment la façade vitrée. La structure de toiture est composée de poutres de bois de 2x6 pouces (5x 15 cm) qui soutiennent la paroi portante à travers de petits piliers qui conforment la fenêtre supérieure des chambres à coucher et dans les piliers de la façade sud, en s'avancant sur celle-ci d'environ 6 pieds (2 m), formant le porte-à-faux de toiture. La structure du premier étage, aussi en bois, en retrait par rapport au rez-de-chaussée, s'accroche à celle de la toiture au moyen de câbles d'acier qui sont absorbés dans les divisions des chambres à coucher. De cette manière, Wright obtient l'espace du rez-de-chaussée complètement transparent. Le bois employé pour la structure du logement provient des forêts du Wisconsin.

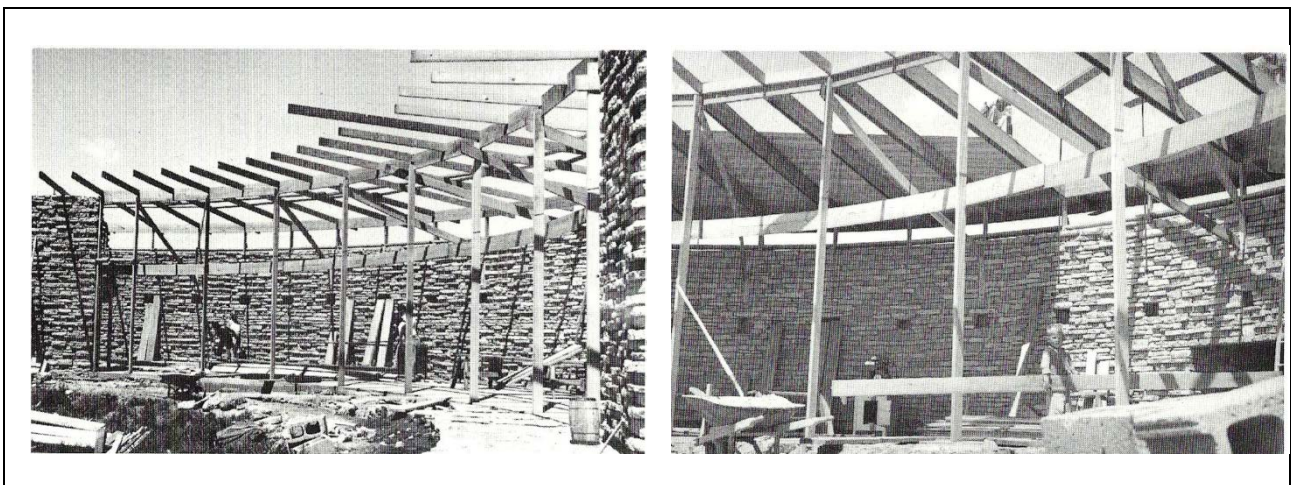


FIGURE 7 Vues du logement en construction où on montre la structure de la paroi nord en pierre calcaire et la structure en bois de couverture. (7)

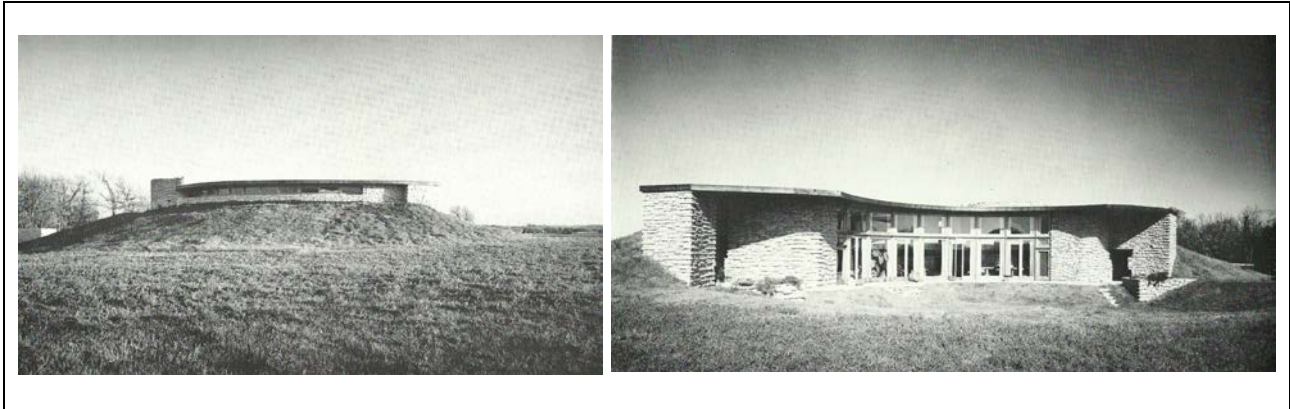


FIGURE 8. Vues de la façade nord avec le talus qui enterre une partie de la paroi de pierre en laissant les fenêtres des chambres à coucher du premier étage et de la façade sud ouverte vers le jardin au travers de la grande baie vitrée. (7)

La façade sud, correspondant à la partie concave du demi-cercle, est complètement vitrée avec une façade de verre de quatorze pieds de hauteur (4.25 mètres) orientée et ouverte sur le jardin circulaire. Le projet original a été construit avec un vitrage simple. Durant les années quatre-vingt, la maison a connu une rénovation dans laquelle on a mené à bien la substitution des vitrage simples par des doubles. Toutefois, Wright était au courant de la perte de chaleur et l'augmentation de la consommation de carburant, qui suppose les grandes surfaces vitrées conçues et il était favorable à l'utilisation de double vitrage pour les réduire au minimum.

Les deux images plus haut présentées, montrent le contraste clair entre les deux façades :

La façade nord, complètement fermée, enterrée, créant du caractère privé et protégeant le logement du climat.

La façade sud, complètement vitrée, ouverte au jardin et au soleil en hiver, et protégée par le porte-à-faux de la toiture en été. (9)

La toiture en avancée, formant la grande ombre sur la façade sud, est plate avec une légère inclinaison. Elle déverse directement l'eau de pluie sur la pente, en profitant pour irriguer le talus.

- Confort intérieur

Frank Lloyd Wright utilise les propriétés physiques des matériaux employés dans la construction de ses logements pour préparer de manière passive l'atmosphère intérieure : ceci est une caractéristique commune à ses conceptions.

La façade nord pratiquement enterrée et composée de la grande paroi en pierre, apporte au logement isolation et stabilité thermique tant dans les mois froids d'hiver que dans les mois chauds d'été.

La façade sud, avec pratiquement toute sa surface vitrée, permet l'entrée du rayonnement solaire. En hiver, quand les rayons du soleil influencent avec une plus petite inclinaison, le retrait du premier étage par rapport au rez-de-chaussée permet l'entrée du soleil jusqu'au fond du logement, en réchauffant celui-ci de manière naturelle par l'effet de serre.

Il faut ajouter que Wright se sert aussi de la capacité de stockage de chaleur de la dalle de béton du rez-de-chaussée, et de la paroi de pierre, qui reçoivent le rayonnement du soleil pendant les heures du jour en hiver et l'émettent sous forme de chaleur pendant la nuit.

Outre le chauffage naturel, le système de chauffage prévu par Wright, appelé par lui même «*Gravity Heat*», est composé de ce qui actuellement est connu comme sol rayonnant. Un système de tuyauterie, par lequel circule l'eau chaude inclus dans la dalle du rez-de-

chaussée, émet la chaleur à travers le sol. L'eau était réchauffée par une chaudière alimentée par un réservoir de gas-oil enterré dans la pente nord.

En outre, comme dans la majorité des logements de Wright, une grande cheminée est placée dans le centre du logement au rez-de-chaussée. Le premier étage n'est pas composée d'un système de chauffage propre : les deux niveaux communiquant par l'espace en double hauteur du salon, la chaleur du rez-de-chaussée, par gravité, est déplacée par l'air froid du premier étage, en créant un flux d'air froid qui descend du premier étage au rez-de-chaussée par la cavité de l'escalier et déplace l'air chaud vers le premier étage à travers la double hauteur.

Selon ses propriétaires, dans les jours froids et ensoleillés d'hiver, il n'est pas nécessaire d'allumer le chauffage, grâce aux stratégies passives conçues par Wright.

En été, le grand porte-à-faux de la toiture, protège la façade sud du rayonnement du soleil, en la gardant à l'ombre. Le vitrage est divisé verticalement en deux parties ; une fixe, la supérieure, et une autre praticable, en tant que portes permettant l'accès direct au jardin. Ces ouvertures, avec les fenêtres praticables de la façade nord des chambres à coucher, de deux pieds de hauteur (60 centimètres), favorisent la ventilation naturelle de la maison en créant un flux d'air traversant, qui permet le renouvellement de l'air intérieur et le rafraîchissement du logement en été par la ventilation nocturne.

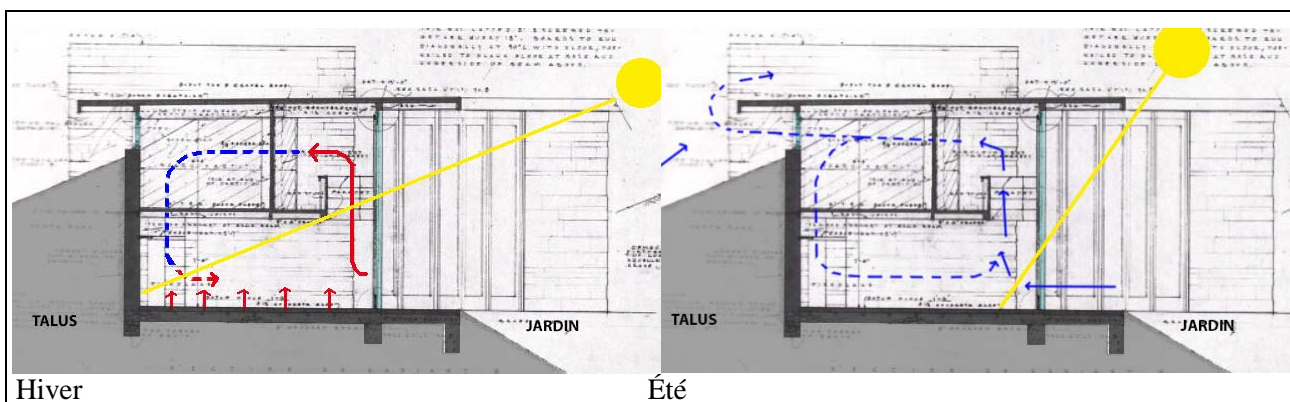


FIGURE 9 Schéma de fonctionnement du logement en hiver et en été.

Il faut souligner qu'outre les avantages thermiques qu'apporte la façade vitrée, celle-ci crée une atmosphère d'éclairage naturel dans l'intérieur du logement. Le retrait du premier étage, permet que le fond du logement reçoive aussi la lumière naturelle. Dans les chambres à coucher du premier étage orientées au nord, la fenêtre haute allongée, fournit une lumière naturelle uniforme. Ainsi l'éclairage artificiel est seulement nécessaire au coucher du soleil.

- Espaces extérieurs

L'entrée au logement se produit de manière un peu cachée, au travers de la façade nord, en contact avec la voie publique, au moyen d'un tunnel excavé dans le talus qui communique directement avec le jardin protégé. L'accès proprement dit est effectué à travers une des portes de la façade sud vitrée, directement sur l'espace transparent du rez-de-chaussée. La porte d'entrée est de cette manière protégée des vents froids du nord en hiver, en évitant son entrée directe dans le logement.

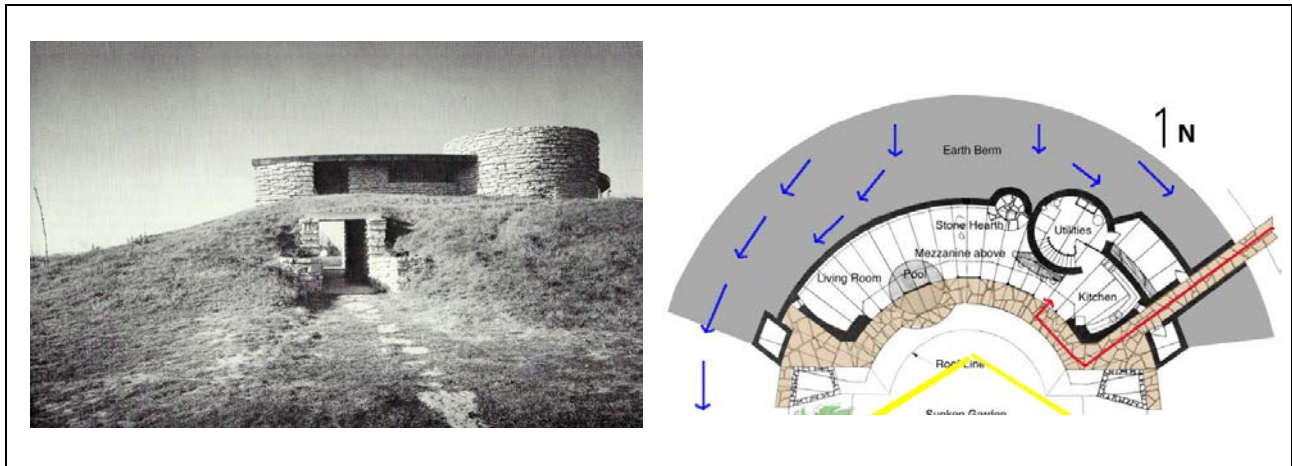


FIGURE 10 Vue du tunnel d'accès, après sa construction (7) et plan de rez-de-chaussée en montrant l'accès à la maison.

Quant à la qualité spatiale du logement et la satisfaction des usagers, on peut seulement se baser sur les expériences racontées par ses propriétaires.

Le couple Jacobs conclue le livre dans lequel ils décrivent l'expérience de construire avec Frank Lloyd Wright, par la phrase suivante :

«And if we could break more architectural barriers with Frank Lloyd Wright, we would do it again.»⁴⁽⁷⁾

La propriétaire actuel, Betty Moore, affirme qu'il lui fallut une année pour s'habituer à l'expérience complète de la conception du logement et comprendre sa relation intrinsèque avec la nature, le mouvement du soleil dans les différentes saisons de l'année, en ajoutant que sa fascination d'y habiter est encore présente. (10)

La satisfaction des usagers peut être en rapport avec la beauté de la maison, avec le confort thermique, qui la rendent agréable à vivre, mais elle est aussi intimement en rapport avec la relation que Wright établit dans ses projets entre l'utilisateur et la nature.

Pour Frank Lloyd Wright, cette relation est primordiale. Une caractéristique commune de ses dessins sont les grandes surfaces vitrées, avantageux en apport de confort thermique comme décrit précédemment, mais aussi pour que celles-ci permettent la relation visuelle directe de l'utilisateur avec l'environnement, le paysage où la maison est immergée. Le plan au sol semi-circulaire et la grande façade vitrée ouverte aux prairies du Wisconsin font que celui qui se trouve dans n'importe quel point dans le logement perçoit la nature dans toute sa splendeur.

Dans le cas qui nous occupe, le jardin, avec sa végétation et topographie, en plus d'être un élément de transition entre le logement et la nature, représente aussi une stratégie thermique passive. Wright a planifié la végétation du jardin sud, de sorte que celle-ci agisse comme protection naturelle contre les vents dominants, en créant un espace protégé et agréable pour les usagers du logement.

⁴ «Et si nous pouvions casser plus de barrières architecturales avec Frank Lloyd Wright, nous le ferions encore»



FIGURE 11 Vue aérienne après sa construction, environ en 1950, (7) et vue actuelle où on apprécie la végétation conçue par Wright comme protection du logement. (11)

Le jardin est excavé dans le terrain approximativement 1.5 m sous le niveau de sol du rez-de-chaussée. Comme ça a été précédemment exprimé, les terres de l'excavation ont été utilisées pour le remplissage de la pente nord. La différence de niveau du jardin par rapport aux espaces extérieurs, produit un espace d'air immobile protégé des courants d'air, rendant cet espace agréable même dans les mois froids d'hiver.

Conclusions

- Comme il est apprécié après l'analyse du logement Jacobs II, celle-ci représente un clair exemple d'architecture bioclimatique comme nous la comprenons actuellement. Sa conception est fortement conditionnée par le climat, et l'environnement où il se trouve, en se servant de ses caractéristiques pour créer une atmosphère intérieure plus confortable pour les usagers, étant celui-ci l'objectif principal de l'architecture.

- L'emploi de matériaux locaux et en son état naturel aide à diminuer l'impact environnemental de la construction du logement. Tant la pierre comme le bois, les deux provenant des proximités du logement, sont matériaux écologiques qui ont souffert peu de transformation pour sa mise en œuvre, en diminuant ainsi, la trace de carbone de l'ensemble construit.

- De la même manière, la conception intelligente effectuée par Wright, évite l'emploi systématique des installations de climatisation, tant de chauffage comme de l'air conditionné, ce qui suppose une claire économie énergétique, financière et écologique.

- En ce qui concerne au cycle de vie, tous les matériaux du logement sont facilement recyclables et réutilisables.

Tous ces points sont ceux qui sont promulgués actuellement comme nouveaux et comme une gratification de l'architecture du futur. Avec l'analyse exposée on vérifie que cette façon de construire n'est pas nouvelle ; elle était simplement restée dans le manque de mémoire et doit être réapprise en étudiant l'architecture existante.

Ce logement suppose un clair exemple de comment une conception architectonique globale en répondant en même temps aux nécessités du programme et aux conditions extérieures, le climat et l'environnement, aide à concevoir un espace agréable à habiter et durable, sans devoir recourir de manière systématique à des systèmes d'acclimatation sophistiqués. Ce qui suppose un modèle à suivre pour la conception de l'architecture.

Avec ce qui est précédemment exposé on met en évidence que la contribution de Frank Lloyd Wright à l'architecture, en outre de sa qualité spatiale et esthétique, doit inclure le

comportement environnemental de ses conceptions de façon globale, ce qui est démontré avec l'analyse décrite sur la maison Jacobs II.

Références

- (1) International Energy Agency, IEA World Energy Outlook, <http://www.worldenergyoutlook.org/>
- (2) Vitruvius, 1914 The Ten Books of Architecture, Harvard University Press
- (3) González Sandino R. et J. López Asiaín, 1994 Análisis Bioclimático de la Arquitectura, De. Esc. Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla.
- (4) Frank Lloyd Wright, 1954 The Natural House, page 51, Horizon Press, New York
- (5) [http://es.wikipedia.org/wiki/Middleton_\(Wisconsin\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Middleton_(Wisconsin)).
- (6) Storrer, William Allin, 1993 The Frank Lloyd Wright Companion, The University of Chicago Press, Chicago and London.
- (7) Herbert Jacobs and Katherine Jacobs, 1978 Building with Frank Lloyd Wright, An Illustrated Memoir, Chronicle Books, San Francisco.
- (8) Schéma fait avec www.sunearthtools.com par les auteurs.
- (9) Aitken, D., 2011 Frank Lloyd Wright and the Solar Hemicycle (Jacobs II)
- (10) Betty Moore 2008
- (11) Google maps (10-09-2014)