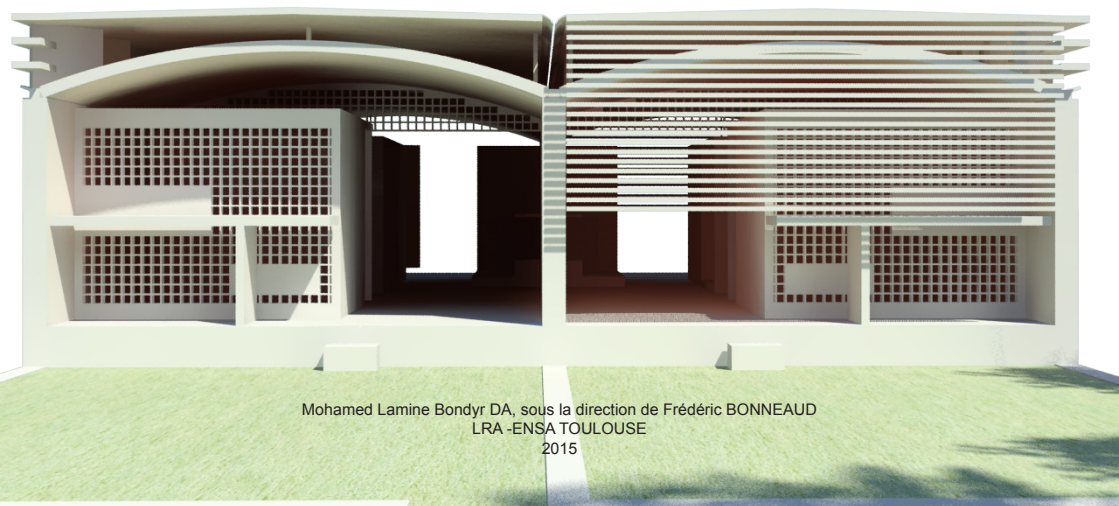


**LA MAISON DU PÉON, DE LE CORBUSIER
CHANDIGARH
1951-1952**

**ETUDES DES ÉLÉMENTS DE CONCEPTION EN CLIMAT
TROPICAL ET HUMIDE**



Mohamed Lamine Bondyr DA, sous la direction de Frédéric BONNEAUD
LRA - ENSA TOULOUSE
2015

SOMMAIRE

Sommaire	4
Présentation	6
Partie 1	8
La grille climatique	9
La maison des péons	12
Lectures des planches D'archive flc	14
Materialité et constructibilité	18
Modele sigma	21
Partie 2	24
La protection solaire: toitures et murs	25
Etude au vent du batiment : orientation des flux dominants, porosité	31
Partie 3	38
Correctifs à la protection solaire	39
Correctifs à la ventilation	42
modele sigma plus	43
Surfaces radiatives,couleurs, et dispositifs techniques	45
Vers une extrapolation	46
Bibliographie	48

UNE HISTOIRE SINGULIERE

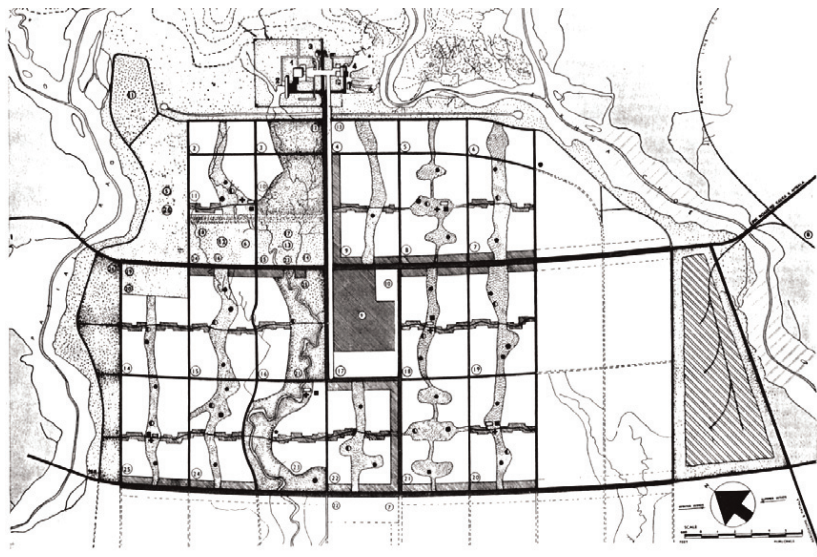
En 1947, l'Inde est indépendante. Cette indépendance provoque une scission d'une partie du Punjab au profit du Pakistan. Cette situation entrainera la restructuration du Punjab indien. Une nouvelle capitale est projetée par les autorités du nouvel état indépendant. Il s'agit d'en faire une vitrine de l'Inde indépendante, et définitivement moderne. C'est le point de départ de Chandigarh. Le projet est d'abord confié aux américains A. Mayer et M. Niwicki. Suite au décès du dernier en 1950 dans un crash, mais aussi en raison de divergences de point de vue avec le gouvernement indien, son associé se retire. Le projet est alors confié à Le Corbusier. Dès lors Chandigarh devient pour lui le manifeste palpable légué à la postérité; son œuvre synthèse.

Chandigarh est conçue en deux phases. La première a consisté en l'érection des principaux édifices du pouvoir dont le capitole, et de 25 quartiers dénommés « secteurs » Ces secteurs prévoient une capacité d'accueil 150 000 personnes. La seconde phase est une extension visant à accroître la capacité d'accueil de la ville de 350 000 citoyens supplémentaire. Elle se situera au sud-ouest de la première. Pour ce projet Le Corbusier, en plus de son cousin et ingénieur Pierre Jeanneret et de ses collaborateurs de l'atelier Rue de Sèvres, est associé à deux architectes britanniques Jane Drew et Maxwell Fry. Ces derniers ont énormément œuvré dans les pays du sud, au sein du Commonwealth et connaissent bien les conditions inhérentes à l'architecture dans ces climats.

Chandigarh est pensé en accord avec la charte d'Athènes. A ce titre, les principes habiter, travailler, cultiver le corps et l'esprit, et circuler, vont déterminer toute l'architecture de la ville. Elle se veut une ville réglée ou tout désordre sera exclu.

Au final Chandigarh c'est aujourd'hui 47 secteurs dans sa version corbuséenne. Chaque secteur est divisé en quatre (4) parties, qui elles-mêmes sont ensuite subdivisées en 13 catégories d'habitations, hiérarchisées selon l'organisation castrale indienne. La taille du secteur est de 1200x800m avec une population comprise entre 5000 et 20000 habitants. On retrouve au sein de chaque secteur les équipements d'accompagnement nécessaires à sa bonne vie : écoles, services de santé, commerces, parcs et jardin. Les secteurs sont entourés de voies de circulation de sorte à constituer de grands îlots. Les voies de circulations sont hiérarchisées et résultent de la théorie dite des "7V". On peut sommairement retenir qu'elles vont des voies les plus rapides ou plutôt à fort trafic (v1), aux circulations piétonnes desservant les habitations (v7). Celles qui entourent les secteurs sont de type v3, c'est-à-dire à flux intermédiaire. Le dimensionnement de ses voies est fonction de leurs statuts. L'équipe de Le Corbusier a produit un important travail sur Chandigarh. De nombreux projets furent pensés, dessinés, pour certains construits et pour d'autres restés à l'état d'esquisses. On note une réflexion très poussée, rationnelle et structurée sur des questions qui sont plus que d'actualité aujourd'hui ; des questions sur une architecture soucieuse de son contexte.

La maison des péons s'inscrit dans cette catégorie. Elle s'accompagne d'un outil de conception qui se veut à la fois généraliste et spécifique. Généraliste dans son usage, et spécifique par l'exclusivité des solutions produites : La grille climatique. Elle traduit certainement la volonté d'une démarche scientifique raisonnée et rationnelle de l'architecture par ses créateurs qui sont Le Corbusier, Iannis Xenakis André Missenard médecin chercheur et industriel. Plus que le Corbusier il a très certainement été le principal acteur de cette grille climatique. Grille élaborée entre novembre 1951 et



Chandigarh mai 1952. Plan définitif d'urbanisme de la première étape de réalisation/complément des habitations et services pour 150 000 habitants et le Capitul

3 Capitol
4 High Court
5 University
6 Stadium
7 General Market reservation
8 Railway Station
9 Main Commercial Centre
10 Town Hall

11 Engineering College
12 Chief Minister's Residence
13 Chief Justice's Residence
14 Public Library
15 Museum
16 School of Arts & Crafts
17 Govt. College for Men
18 Govt. College for Women

19 Dental College & Hospital
20 Hospital
21 Maternity Hospital
22 Sarai
23 Theatre
24 Polytechnic Institute
25 Red Cross Offices
26 Boy Scouts

1 Arterial Roads (V2)
2 Sub Arterial Roads (V3)
3 Local Roads (V5 + V6)
4 Open Spaces & Parks
5 Business & Commercial
6 Industrial Area
7 Pedestrians

8 Elementary Schools
9 Middle Schools
10 High Schools
11 Health Centres
12 Community Centres
13 Swimming Pools
14 Section Numbers
15 Internal Open Spaces

Plan de Chandigarh en phase 1, © Le Corbusier : oeuvre complète Vol V

janvier 1952 avant de sombrer dans l'oubli.

Le présent travail se propose de regarder la théorie du projet dessiné et des prescriptions architecturales au travers du prisme de la constructibilité et de climat via l'analyse de modèles numériques et de maquette physique. Les remarques qui suivront sont non exclusives et non exhaustives et tendent au mieux de se rapprocher de la réalité.

Une première partie consistera à la lecture des données disponibles sur le sujet pour dégager le maximum d'informations pouvant permettre de restituer au plus près le projet d'une part, et d'autre part de le rendre constructible. La seconde phase consistera à vérifier, confirmer ou infirmer les hypothèses formulées par ses concepteurs. Enfin nous tenterons d'apporter d'éventuels améliorations si il ya lieu.

PARTIE I

La grille climatique

La maison des péons

Lectures des planches
d'archive flc

Materialité et constructibilité

Modele sigma



*Logement économiques
modestes construits à la
même époque à Chan-
digarh
Cheapest houses,
in Magazine of building,
Le Corbusier Le Grand
ed Phaidon 2008*

La grille climatique

Le contexte indien est nouveau pour le Corbusier et son équipe. On n'y construit pas comme en Europe. Et les projets construits au sud de la France n'ont aucune commune mesure avec ce qui les attend en Inde. Comme l'a relevé Daniel Siret, « Parmi l'ensemble des défis que relève Le Corbusier dans les projets indiens, l'adaptation au climat n'est pas le moindre. Il s'agit de faire la démonstration des vertus de l'architecture moderne dans un climat difficile, qui voit s'enchaîner une saison très chaude de mars à mai (températures avoisinant les 40°C), une saison très humide de juin à octobre (arrivée de la mousson), et une saison fraîche de novembre à février. » C'est dans cette optique que sont élaborées en 1951 des études visant à rationaliser la conception architecturale et à détacher l'homme de la contrainte climatique au seul moyen de l'architecture savante. Il semblerait que Iannis Xenakis en soit l'instigateur *. Xenakis définit une fonction de quatre variables à même d'évaluer tout type de climats. Ces facteurs sont :

La température,
L'humidité relative,
La vitesse de l'air,
La température des parois.

Il faudrait donc pouvoir influencer, contrôler ces quatre facteurs pour arriver à obtenir un confort acceptable pour l'humain. Ces quatre facteurs sont compilés dans un tableau à trois colonnes et quatre lignes. Les lignes correspondent aux quatre facteurs énumérés. Chaque colonne correspond à une étape dans l'optimisation du confort. La première colonne consiste en une collecte de donnée climatique, la seconde désigne les conditions nécessaires à l'obtention du confort, et la dernière correspond aux procédés et dispositifs architecturaux pouvant permettre d'obtenir ce confort.

Chaque colonne est ensuite divisée en mois, regroupées en saisons, l'ensemble s'accompagne de schéma explicatif concernant les dispositifs et les correctifs à apporter.

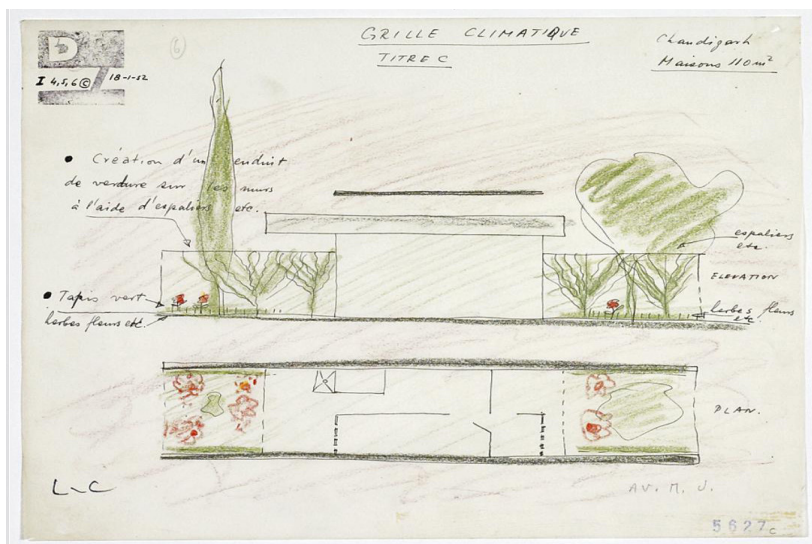
Ainsi, la première colonne (données climatiques) présente les courbes de variation de température de l'air et d'humidité relative, des schémas solaires (azimuts et hauteur) et différents pictogrammes indiquant la présence de pluie ou la direction des vents dominants. La colonne suivante figure les conditions souhaitables pour un individu occupant l'espace.

Enfin, la dernière colonne se présente sous le titre « Solutions architecturales » et s'organise suivant un protocole assez précis. Il ne s'agit plus de représenter graphiquement des solutions schématisées dans la grille elle-même, mais de signaler par un tampon (la lettre « D » pour le mot dessin) l'existence d'une solution étudiée, dûment référencée dans le tampon et accompagnée, si possible, d'un schéma de principe. Ces pièces graphiques organisées dans un cahier annexe « constituent la réponse de l'architecte ». (*)

*D.Siret 1950-Grille Climatique Chandigarh, DVD XII Ed Echelle-I C/o Codex Images International, Février 2006

La formalisation de ce tableau trouve sa concrétisation le 31 janvier 1952 et signé « Atelier LE CORBUSIER ». Elle est désignée par grille Climatique. La grille est définie comme « un moyen matériel de visualisation permettant d'énumérer, de coordonner et d'analyser les données climatiques d'un lieu défini (par sa latitude) afin d'orienter la recherche architecturale vers des solutions accordées à la biologie humaine. Il s'agit de régulariser et de rectifier utilement les débordements de climats excessifs et de réaliser par des dispositifs architecturaux les conditions capables d'assurer le bien-être et le confort ».

La première application de ce nouvel outil concerne les projets de maisons de 110m² (ou Maison des Péons) à Chandigarh. Une grille complète est signée Le Corbusier, le 21 janvier 1952 (FLC5623). Par le système du tampon « D », cette dernière grille renvoie à diverses solutions architecturales qui sont consignées dans le groupe de dessins FLC5627 (16 feuillets) et reproduites dans les planches FLC5600 et suivantes. Ces dessins témoignent des recherches architecturales stimulées par la grille climatique et des multiples solutions formelles et matérielles imaginées pour tendre vers un meilleur confort intérieur sous le climat de Chandigarh. (*)



Ci-dessus

Pièce graphique tamponé D:

le "I" fait référence au titre, les chiffres 4,5,6 aux mois où le dispositif est nécessaire, la lettre C indique le nombre de variantes possibles. Dans ce cas il y a au moins 3 variantes possibles.

Le Corbusier Plans DVD XI, Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

Page suivante

Grille climatique complète en date du 21-01-52, accompagnée de quelques feuillets "tamponés D"

Horizontalement on retrouve les 4 facteurs majeurs et verticalement les colonnes désignées par Titre. Titre A, données climatiques, titre B corrections à apporter et titre C, procédés architecturaux. C'est dans cette colonne que l'on retrouve les références aux pièces graphiques.

Le Corbusier Plans DVD XI, Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

LA MAISON DES PEONS

La grille climatique a été l'instrument de création de la maison du péon. Dès son premier séjour en Inde, le Corbusier s'imprègne des cultures constructives locales. Son intérêt est d'autant plus fort qu'il entrevoit les difficultés à travailler et vivre sous ces latitudes*. De plus la pauvreté matérielle du nouvel état oblige à faire montre d'économie : « On imaginerait peut être avec légèreté que pour répondre aux besoins d'aujourd'hui, sur cet immense territoire peuplé de cinq cent millions d'âmes, des modèles existent partout sur le monde moderne. En Europe comme aux Amériques, prêts à être copiés et multipliés. Rien de plus illusoire ! L'argent est outre, le climat est autre. L'âme est outreNul malheur à cela ! La richesse de l'Inde c'est sa pauvreté»**

Cette visite se conclura par la réalisation à Cap Martin de sa cabane, d'été. De par son austérité on imagine assez aisément que cette œuvre est empreinte de son séjour en Inde*.

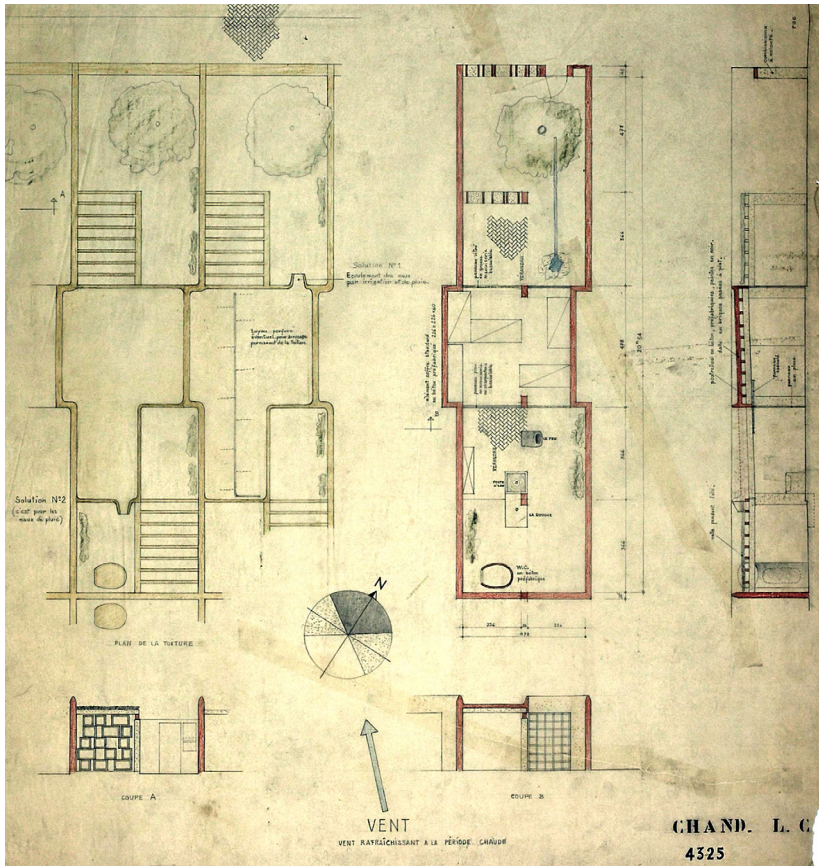
Plus tard ses collaborateurs, dont André Maisonier, travailleront à l'étude d'une maison de 110m²; maison des péons référence probable aux paysans pauvres amérindiens. Il semblerait qu'une étude ait été faite sur Bogota pour des logements modestes. Celle-ci sera déclinée à Chandigarh pour donner la version que nous connaissons comme étant la maison des péons. La première variante du plan FLC 29091 datée d'avril 1951 montre une habitation divisée en 5 parties :

- le jardin avant protégé de la rue par un claustra,
 - une véranda couverte par un auvent protégée par des nattes, avec au sol de la brique.
 - décalée sur la trame, la chambre avec 4 lits et rangement est couverte par des poutrelles béton et dalles de brique.
 - la véranda-cuisine à l'arrière où l'on trouve un point d'eau et le foyer à même le sol,
 - le jardin arrière avec douche et WC en béton préfabriqué.
- L'ensemble est clos par un haut mur de brique.*

C'est cette variante qui sera simplifiée pour donner le modèle final en 1952. La trame décalée disparaît au profit d'une extrême régularité. Le toit plat laisse place à une voute surmontée d'un parasol. Fait notable, les clôtures avant sont supprimées. La maison jouit d'un jardin avant mais sans limite franche avec la rue.

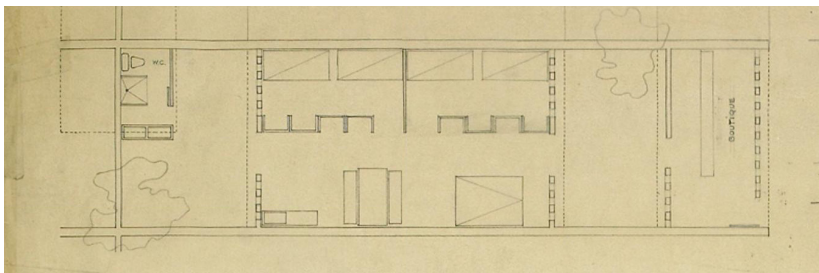
*R.PAPILLAUD *Maison des Péons Chandigarh*, DVD XI Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

**Le Corbusier. *Informations Commerciales et Economiques de l'Inde*, 26/01/1952. FLC.



Ci-dessus
Premières esquisses de la maison des péons antérieure à l'élaboration de la grille climatique. On devine toute fois, l'influence climatique dans la conception au travers de la prise en compte des vents et de l'ensoleillement FLC 29091

Le Corbusier Plans DVD XI , Ed Echelle-I C/o Codex Images International,2006



Ci-dessus
Extrait du plan de Sert ou de Le Corbusier pour sur Bogota ? FLC5989

Le Corbusier Plans DVD XI , Ed Echelle-I C/o Codex Images International,2006

Lectures des planches d'archive FLC

La fondation Le Corbusier (FLC) a compilé l'ensemble des fonds graphiques. Ce fond documentaire constitue pour l'essentiel, la base des références qui seront avancées ici. Plusieurs planches montrent assez clairement l'organisation de la maison des péons. Il s'agit d'une structure rectangulaire composée par deux (02) trames :

-Soit de deux fois deux mètres vingt-six, 2x2.26m pour une typologie dite type A (cf. FLC 5473)

-Ou deux mètres quatre-vingt-six par deux mètres vingt-six 2.86+2.26 pour le type B (cf. FLC 29082)

Dans les deux cas la longueur est de 10.82m. Cette partie bâtie est complétée par un jardin de part et d'autre et de sorte à former une surface bâtie à 110m² emprise de la voirie comprise. Celle que nous avons retenu d'étudier est le type B.

Que ce soit pour le type A ou le type B, dans une première trame sont renfermées les chambres (02) au total. Une chambre des parents et une chambre des enfants. Elles sont séparées par une cloison épaisse faisant office d'espace de rangement, et ouvert au-dessus. De part et d'autre de cette trame on retrouve des murs ajourés, des claustras. De plus la partie sud-ouest dispose d'une brise soleil. Dans le type b que nous étudions il s'agit de la trame à 2.86m.

La seconde trame, entièrement ouverte est constituée par 2 espaces majeurs. L'un est nommé "la véranda" qui dans une acception occidentale pourrait être considérée comme séjour. Dans son prolongement on retrouve un espace préparation avec point d'eau (cuisine). A cette cuisine est adossée une douche. Une cloison mobile autorise une séparation entre cuisine et véranda.

Cet ensemble bâti est couvert par une structure voutée surplombée d'une seconde toiture parasol, légèrement en retrait par rapport à la première. A l'arrière de cette structure on retrouve une cour ainsi que des toilettes. A l'avant les limites sont supprimées laissant toute fois une mince bande verte (environ 3.50) entre la maison et la rue. La maison est surélevée de deux marches.

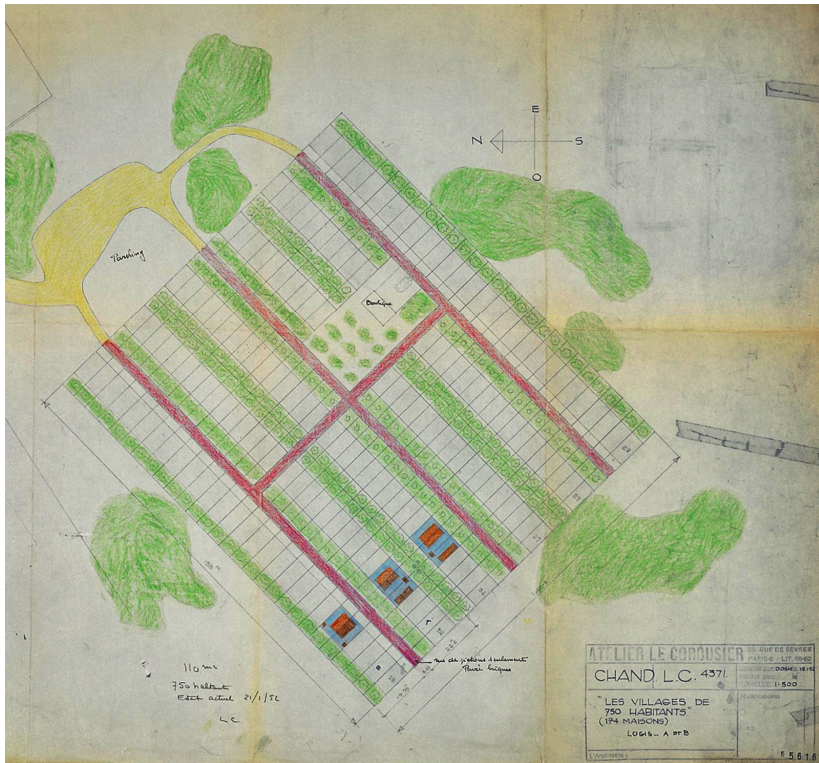
Cette typologie vient s'insérer sur le plan urbain de Le Corbusier pour constituer un village péons de 750 habitants environs. Un village est composé par environ 130 cellules avec un équipement public. Cette trame urbaine occupe une surface de 148.8x158m de sorte à pouvoir s'insérer dans les secteurs. Cette conception est un pur fruit de l'atelier de rue de Sèvres à Paris. Car il semblerait que Fray, Drew, et Jeanneret aient travaillé in situ à Chandigarh sur d'autres modèles de logis à bas coût. Ceux-ci contribueront pour une part à la non réalisation de ce projet.*

Page précédente

16

Les Typologies A et B respectivement planche FLC 54 73 et FLC 29 082. Le nord est le meme dans les deux cas. sur les coupes en B sont figurés les toits parasole ainsi des roseaux sur les parties non protégées du toit. Les rangements paraissent être mobiles sur la planche B. Au contraire dans le type A il est clairement stipuler qu'elle sont en brique avec une porosité effective au dessus. On note la presence de portes, d'une cloison mobile afublée d'une porte traditionnelle.

Le Corbusier Plans DVD XI , Ed Echelle-I C/o Codex Images International,2006



Ci Dessus

Le plan urbain d'un village des péon. Trois voies longitudinales et une voie transversale desservent le village. En son sein, se trouve une place boisée et un commerce (boutique) y est projeté. On notera toute fois que le plan dessiné devant correspondre au maison n'a rien avoir avec le modele que nous avons. En effet on à faire à 2 maisons mitoyennes ouvertes sur 3 cotés. Ce qui laisserait supposer un terrain plus grand ou une largeur plus petite pour la maison. Dans notre cas nous ne sommes ouvert que sur deux cotés. Ce dessin trouverait peut-être son explication sans doute dans les nombreuses ébauches pour la maison des péons dont certaines variantes sont à etage et imbriquées.

Le Corbusier Plans DVD XI , Ed Echelle-I C/o Codex Images International,2006

Materialité et constructibilité en l'état

Les informations sur la matérialité sont fournies par la planche (FLC5483). On note également la suppression du toit parasol sur cette planche. Néanmoins la suppression des murs avant demeure. Dans cette planche on retrouve la brique et le béton comme matériaux principaux de la structure. Les choix ne sont pas définitifs et figés en témoigne les marques d'interrogation sur chaque annotation.

Dans cette planche, on comprend que:

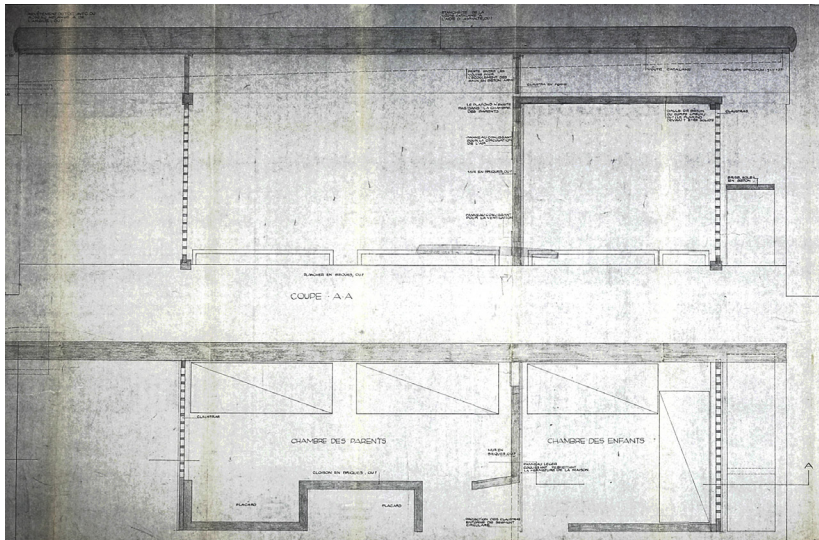
- la brique est le matériau constitutif des murs pour les claustras*.
 - Les murs séparatifs ils sont soit en béton soit en brique. Nous supposerons qu'ils sont en brique.
 - La voute devient catalane, et construite en brique.
 - La gargouille et les chainages sont en béton.
 - Le revêtement de sol ne sont pas définit. il pourrait être en terre battue, cuite ou en béton. Nous les supposerons en béton.
 - Une dalle béton ou (?) sert de plafond à la chambre des parents.
- Pas de plafond dans la chambre des enfants.
- La cloison mobile n'est pas définit. Nous la supposerons en bois
 - Notons également la suppression du toit parasol (sur toiture) et
 - suppression également des portes intérieures qui figuraient sur les planches antérieures.
- Plusieurs motifs de clairevoies sont également dessinés. Cette planche constitue la planche la plus détaillée à notre disposition.

Toutefois quelques réserves sont de mises. Il s'agit notamment des questions de limites et d'intimités qu'ils soulèvent. En effet la suppression des limites avant pose de réelles questions quant au vécu. La maison et ses habitants sont exposés au contact direct de la rue et à un vis-à-vis direct dans une stratégie de réplication en série. Certes, le contexte social, les notions d'intimités n'étant pas les mêmes il paraît difficile d'imaginer que ce système fusse viable en l'état. La déclinaison que fait Sert de la typologie péons à Bogota nous permet d'opter pour une fermeture à l'avant de la maison. D'autre part le fait qu'il s'agisse d'un projet resté à l'état d'esquisse, un certains nombres d'incohérences et de d'interrogations sont soulevés.

Ceci nous conduit à opérer des choix qui se veulent objectifs. De fait nous avons décidé de concilier les planches FLC (29082) et FLC (5474) et FLC (5483). A cela j'ajoute également le choix des matériaux. Il en résulte que nous conservons la sur toiture, une fermeture des limites avant par la prolongation des murs de refends. Ensuite la brique comme matériau privilégié pour les murs le sol, et voute, le bois pour la cloison coulissante. Le béton pour le toit parasol.

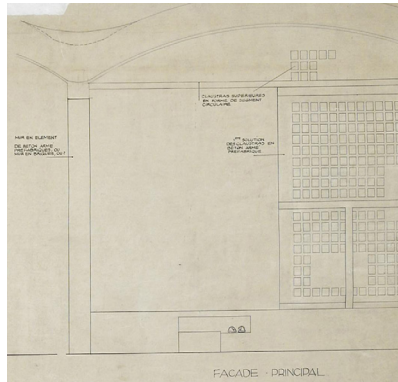
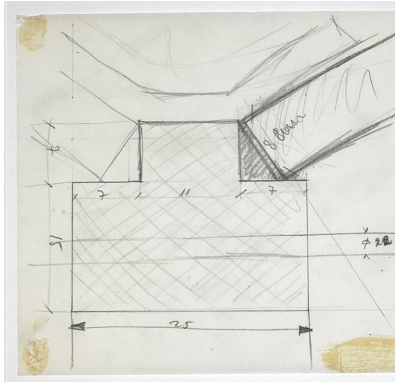
Nous en arrivons à un modèle. Modèle ci-dessous que nous désignerons par modèle σ . C'est sur la base de ce modèle que se fera notre analyse.

**La brique est présente dans le logement (planches N°5483 et N°5989) deux types de brique : la brique creuse de 37x24x5 cm environ et la brique spéciale de 9x11x22 cm, mais aussi une brique cuite de 7,62 x 11,43 x 22,86 cm (5485 D)*



Ci dessus
 Planche figurant les détails des matériaux de la maison des péons elle est datée de juillet 1952. Les choix sont encore incertains On note la disparition des portes et la suppression des petits modules de revêtements au profit de plus gros. FLC 5483

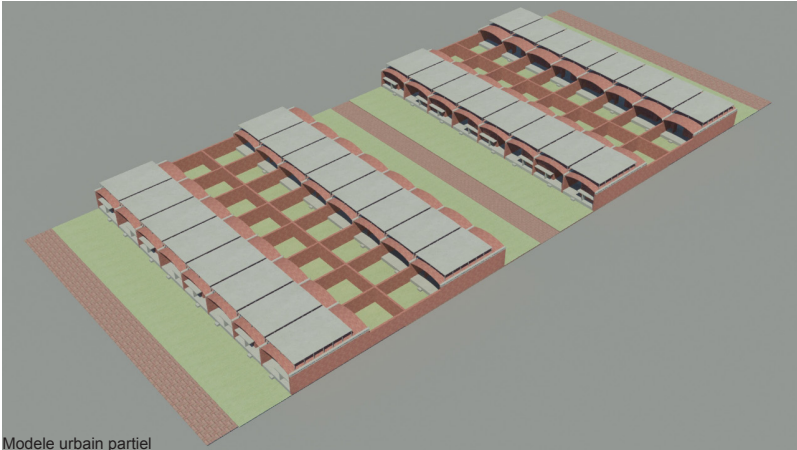
Le Corbusier Plans DVD XI , Ed Echelle-I C/o Codex Images International,2006



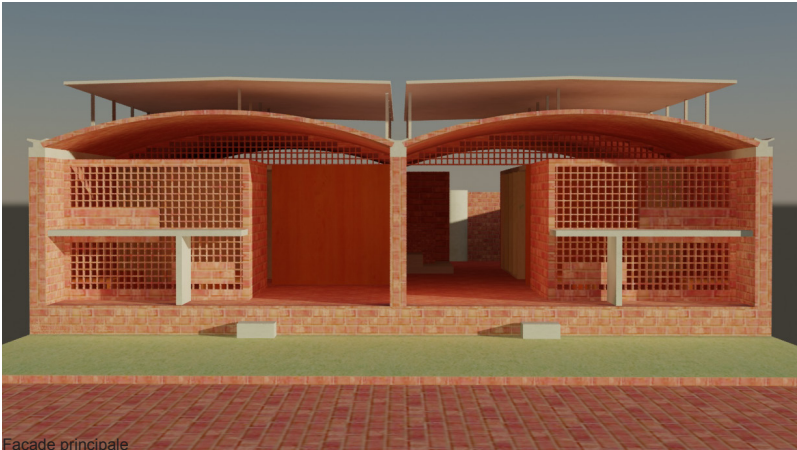
Ci dessus
 Détail de la jonction voute et mur, croquis. FLC 5625. A droite un détail de la façade principale de la maison avec un motif de claustra esquissé. On note l'aménagement d'une niche à chaussure sous la dalle, juste après la première marche. FLC 5483

Le Corbusier Plans DVD XI , Ed Echelle-I C/o Codex Images International,2006

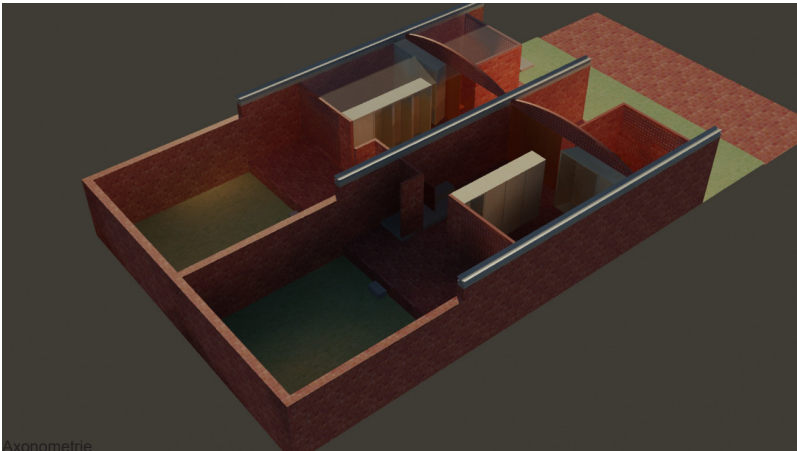
Page suivante, Reconstitution Type B
 une reconstitution conforme a la planche FLC 29082. En premier une vue partielle d'un quartier, en second la facade sur rue, et en dernier, une vue de deux habitations sans leurs toitures



Modele urbain partiel

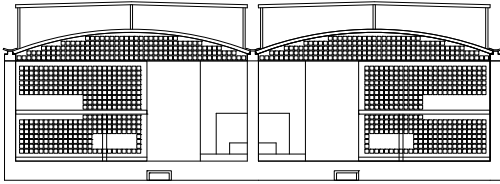


Facade principale

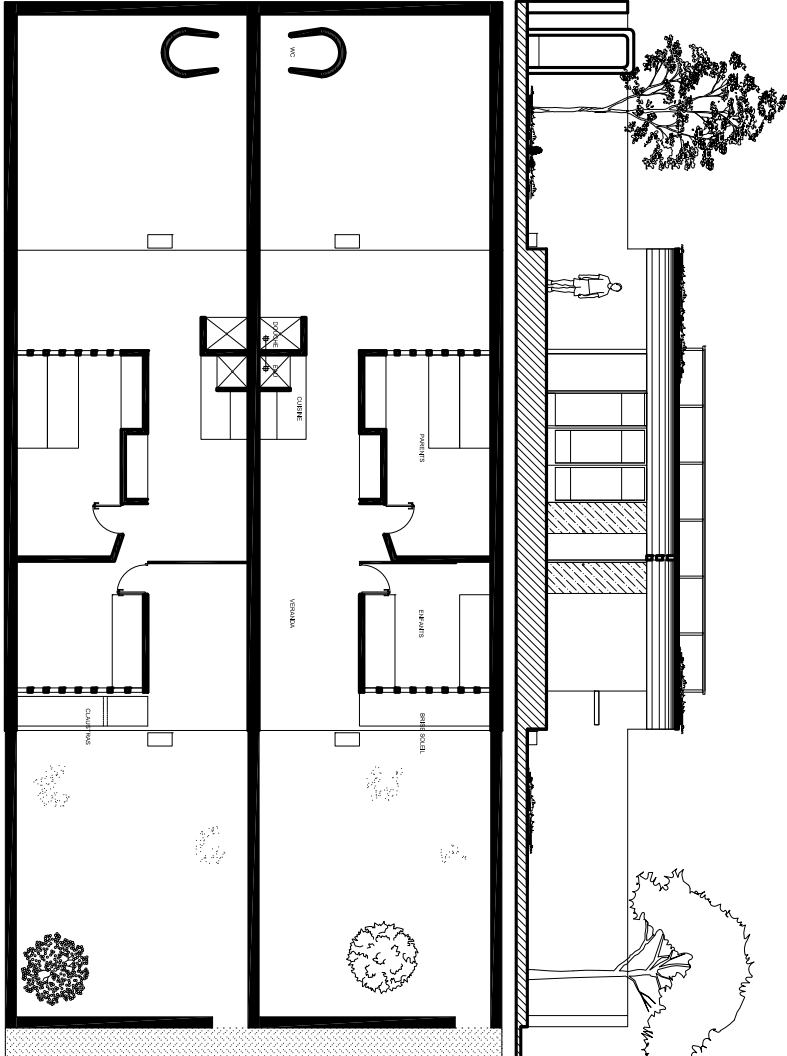


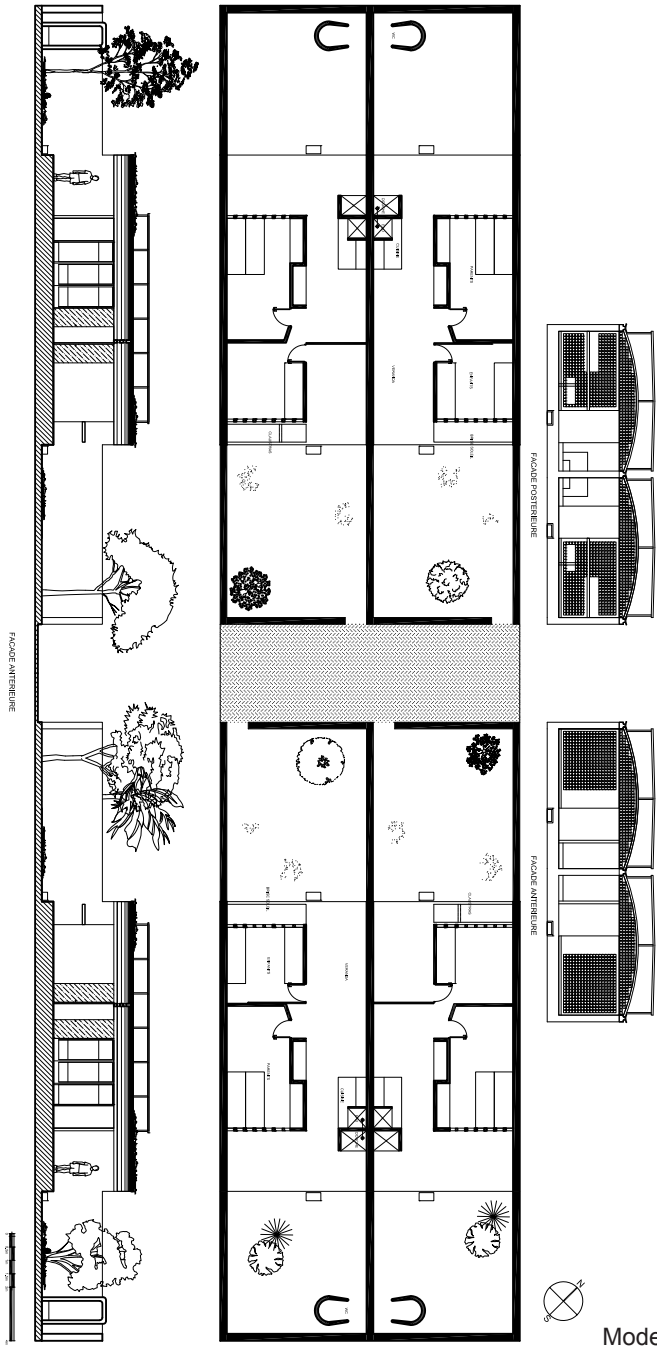
Axonometrie

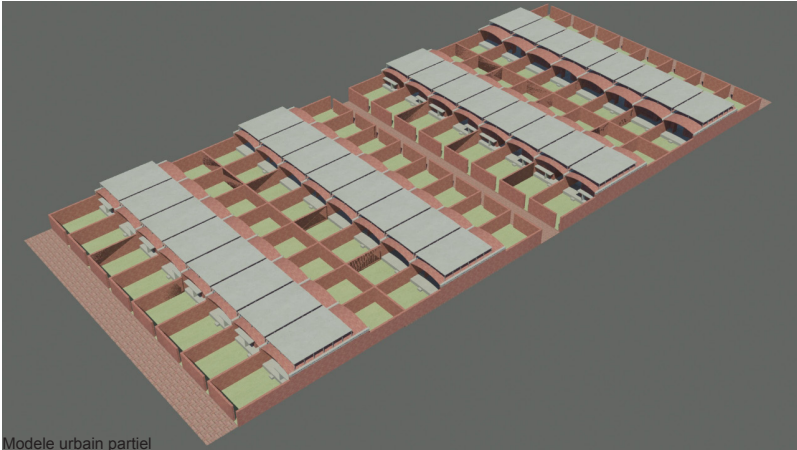
Modele sigma



Façade avant, Coupe et plan du modèle modifié.
Page suivante assemblage de quatre maisons



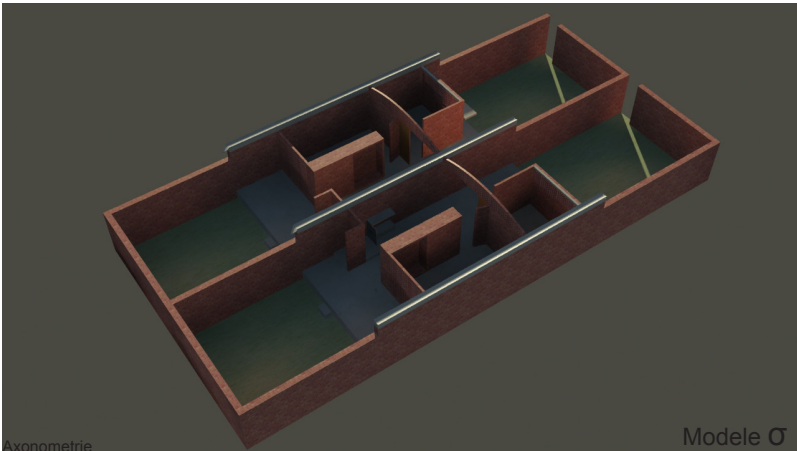




Modele urbain partiel



Facade arrière



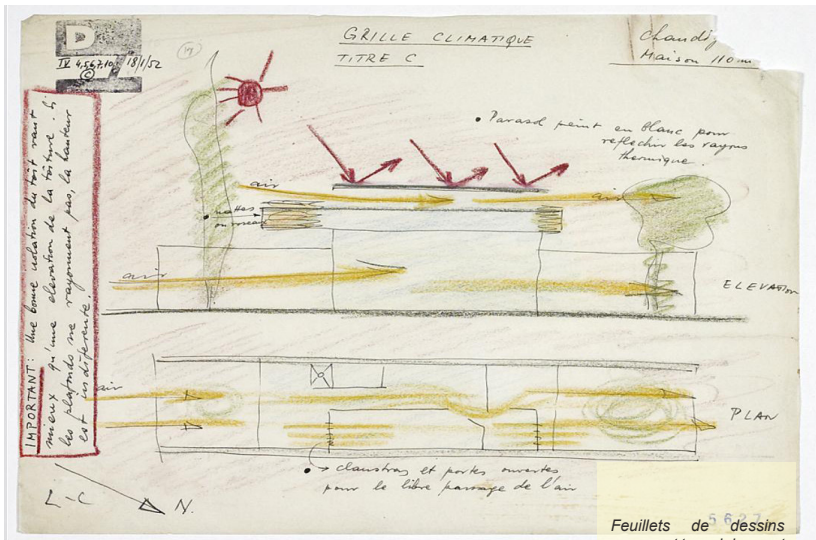
Axonometrie

Modele σ

PARTIE II

La protection solaire:
toitures murs

Etude au vent du bâtiment
orientation des flux dominants, porosité



Feuillets de dessins resument très clairement les principes de la maison entre protection au soleil et ventilation naturelle.

Etude climatique théorique du modèle σ

Dans cette étude il sera tenu compte de 3 facteurs majeurs à savoir

- La protection solaire
- La ventilation et enfin
- Les artifices et dispositifs techniques complémentaires

Pour ce qui concerne le rayonnement solaire on se focalisera sur deux éléments. En premier il s'agira des surfaces horizontales ; toitures, sol. En second lieu, ce sera les surfaces verticales murs et ouvertures, portes et fenêtres. Dans ce cas précis nous ne saurions parler spécifiquement d'ouvertures en ce sens. Il n'y pas de fenêtres et portes à proprement parler dans l'enveloppe extérieur du bâti.

N'ayant pas de données climatiques conséquentes directement de Chandigarh nous nous référeront à celle de la station météo la plus proche à notre disposition il s'agit de New-Dehli.



Carte Inde, New-Delhi-Chandigarh

Protection solaire

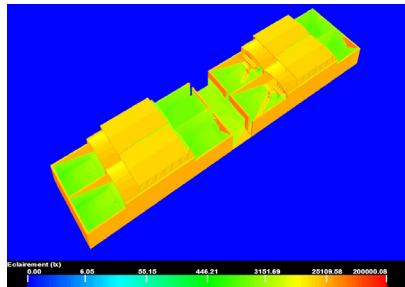
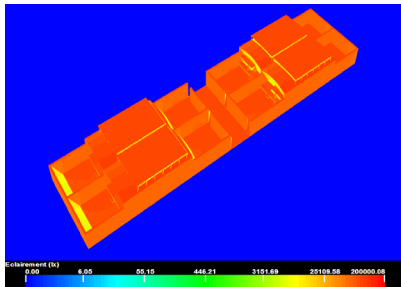
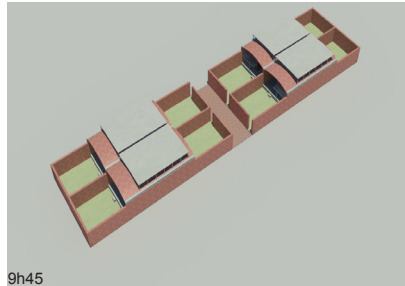
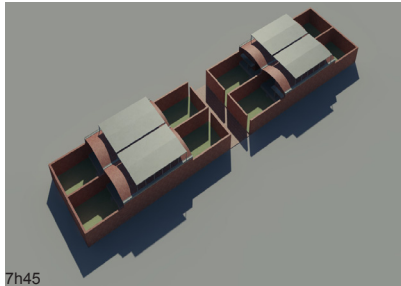
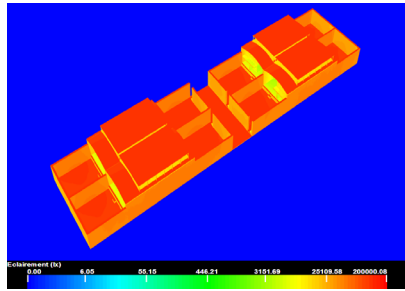
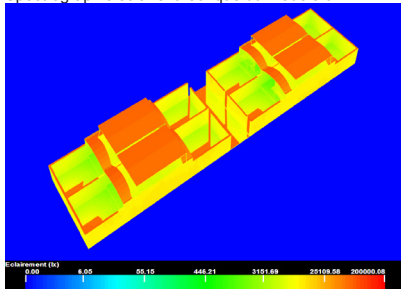
L'étude se base sur une période de temps comprise entre 4h45 à 18h45 le 21 juin à Chandigarh. Soit 14 heures d'ensoleillement effectif. Le solciste d'été constitue la journée la plus exposée au soleil. Il va s'en dire que si les protections mises en place en ce jour sont efficaces, elles le seront tout au long de l'année. Nous n'oublions pas de considérer la période hivernale. Le 21 décembre la position du soleil est plus basse qu'en été. Cependant en tenant compte de la latitude de Chandigarh, seul la durée du jour est significativement réduite. L'écart entre le soleil d'hiver et celui d'été n'est pas du même ordre qu'en Europe. Sur cette base on ne tiendra ici compte que du seul facteur estival qui d'ailleurs semble constituer le souci majeur des populations en Inde. On constate de dès les premières heures de la journée le bâtiment est sujet à une forte exposition solaire.

Dans un premier temps nous ne tiendrons pas compte des effets de masques (proches ou lointains) possibles. Les éléments les plus touchés sont la sur toiture et ce à n'importe quelle période de la journée. Bien que protégé le toit vouté reçoit également une bonne partie du rayonnement notamment sur les avancées non protégées avant et arrière. On peut supposer que la forme incurvée contribuera certainement à concentrer la chaleur au cœur de la maison.

Au titre des protections prévues par la grille climatique il est question de brise soleil FLC 56 27 ainsi que d'une végétalisation partielle du toit. Cependant au vu de la simulation, Le brise soleil avant est pratiquement peut exposé dans la journée au rayonnement direct du soleil.

Après le toit, suivent ensuite les murs sud ouest. Etant donné qu'il s'agit d'une typologie de maisons en bandes, les éléments dérivés seront les plus exposés.

Spectrographie solaire théorique du modèle σ



Ci dessus

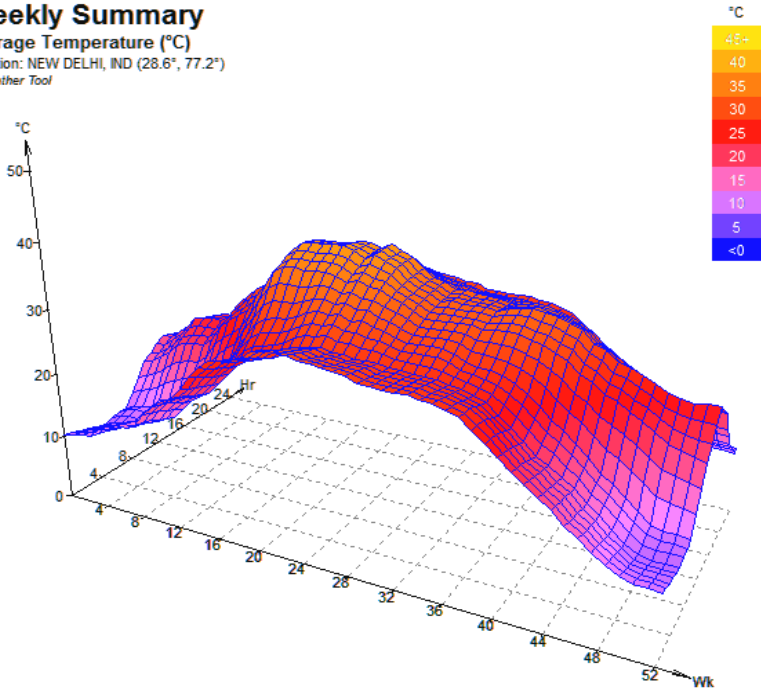
Une étude de l'exposition solaire (niveau d'éclairement en lux, la corrélation entre éclairement et chaleur n'est pas directe. Mais, elle permet de lire les parties très exposées) du modèle heure par heure nous permet de constater que tout au long de la journée les surfaces radiatives sont importantes. Des les premières heures du matin la chaleur commence à monter de manière constante. le pic est atteint dans l'après midi au alentours 15-16h. Les heures les plus chaudes sont comprises entre 11h et 17h. On constate également que les surfaces horizontales sont les plus exposées. les murs, notamment les murs de clôtures n'y échappent pas non plus. Les ombres mutuels des bâtiments ne peuvent offrir de protection suffisante même pour des maisons en cœur d'îlot.

Weekly Summary

Average Temperature (°C)

Location: NEW DELHI, IND (28.6°, 77.2°)

© Weather Tool



Ci dessus

une courbe des températures de Delhi en fonction des heures et semaines. On note que les semaines critiques sont entre la 15 et la 24. Les températures descendent peu en dessous de 10°C. Certainement à Chandigarh l'amplitude thermique doit être plus forte.

En dessous

un diagramme solaire du modèle sigma. Le spectre des dégradés marque l'amplitude des ombres dans l'année.

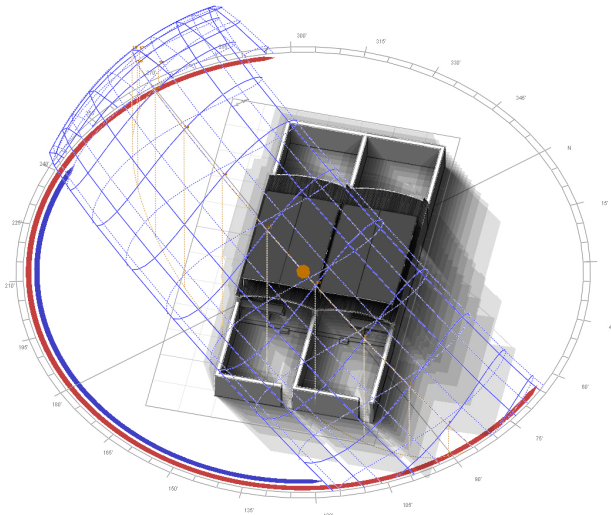
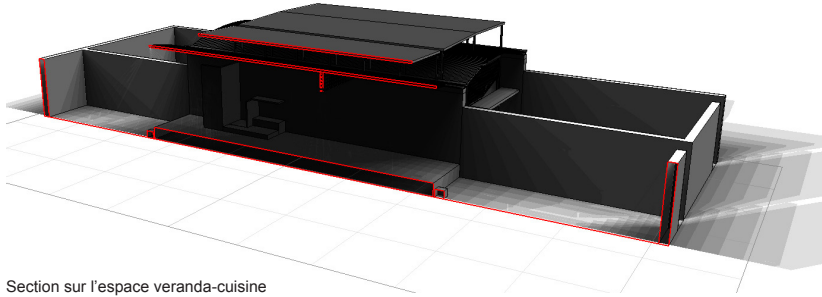
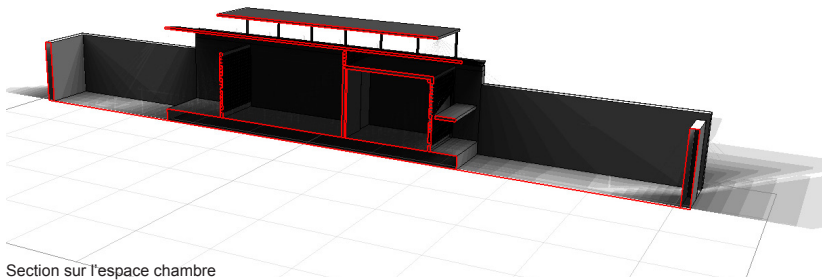


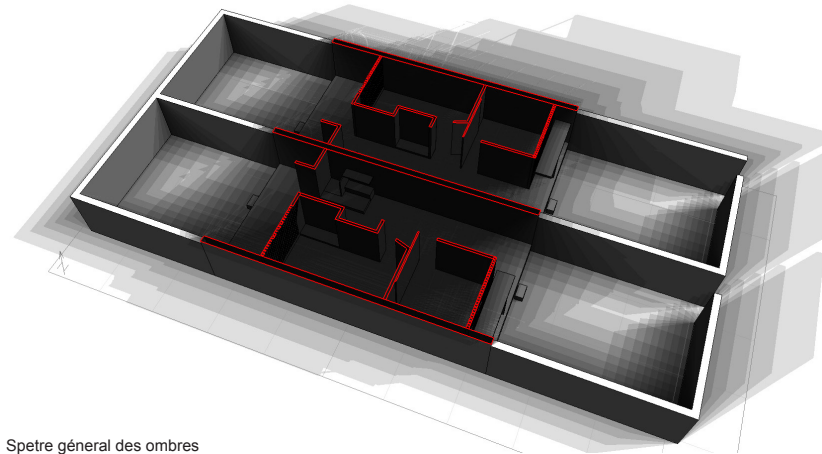
Diagramme solaire du modèle



Section sur l'espace veranda-cuisine



Section sur l'espace chambre



Spetre général des ombres

Ci dessus

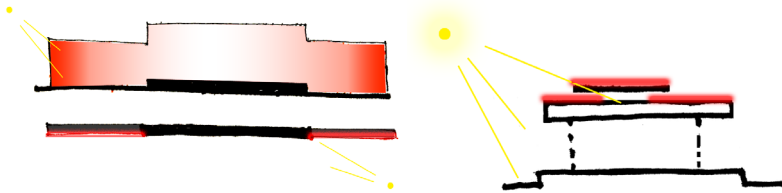
les sections ici montrent assez clairement l'amplitude des ombes. On constate que les avancées de la voute sont moins sujet à profiter des ombrages de la seconde toiture. la chambre des enfants est la piece qui parait la plus à l'ombre.

En resumé

30

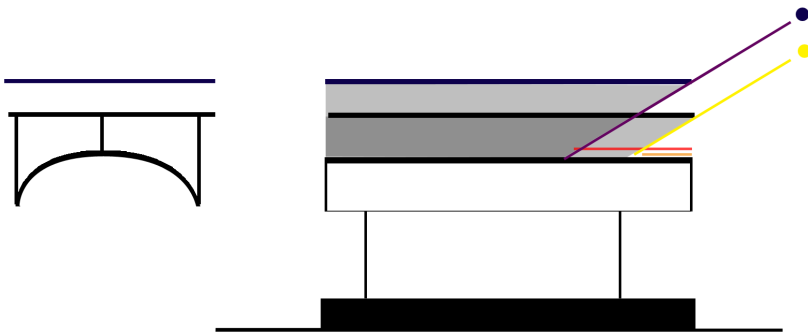
En se basant uniquement sur le facteur solaire, le modèle n'offre pas suffisamment de protection. L'élément le plus exposé est la toiture. Le toit parasol ne remplit pas le rôle escompté. De par sa hauteur, il ne protège pas suffisamment la toiture en dessous. La nécessité du brise soleil en casquette à l'avant n'est pas non plus concluante. Il apporte un rôle esthétique certain à la volumétrie d'ensemble, mais gagneraient à être retravaillés pour vraiment s'accorder à sa fonction.

Notons cependant que l'intérieur de l'habitation n'est pas du tout exposé au rayonnement direct de manière continue. Les murs sont les plus exposés après la toiture ils captent énormément de radiations solaires pour la restituer plus tard. Les parties non exposées directement au soleil peuvent se voir ainsi réchauffées de manière indirecte.



Les surfaces radiantes des murs sont les plus sujet à une exposition directe du soleil. Par conduction et par l'inertie du matériau ils sont susceptibles de transférer la chaleur reçue à l'intérieur de la maison.

D'autre part, ce sont les toitures comme on le voit ci dessus qui présentent le plus de surfaces exposées au soleil.



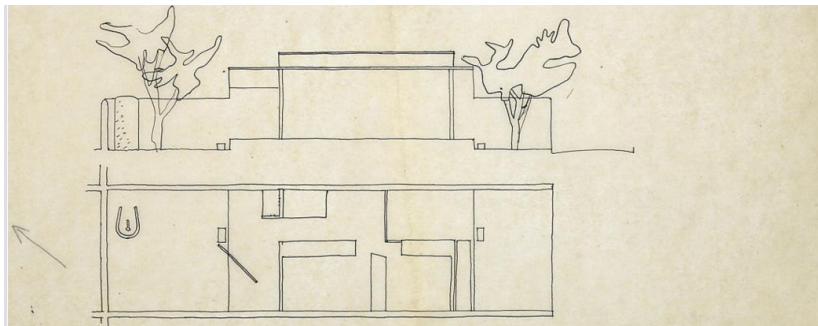
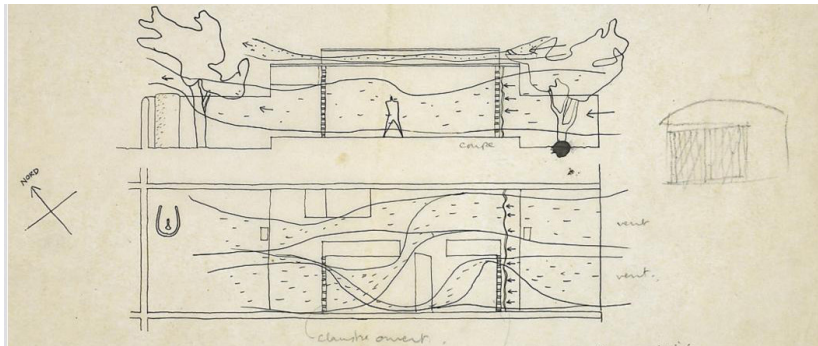
L'incidence de la hauteur du parasol, influe sur l'exposition au soleil. Plus il est bas et plus il protège efficacement du soleil. Le revers de cette situation est que la transmission par rayonnement dans la matière est plus renforcée. La surface chaude s'étant rapprochée la voûte chauffera d'autant plus. En outre les rebords de la voûte (jonction avec les murs) restent dans tout les cas de figures surexposés au soleil.

Etude au vent du bâtiment

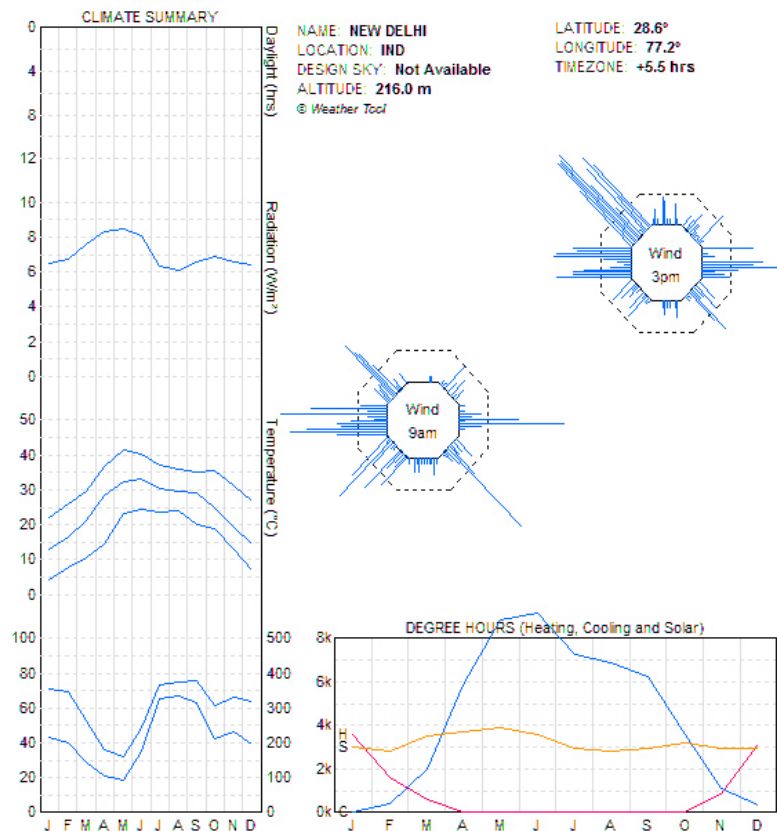
N'ayant pas de données climatiques conséquent directement de Chandigarh nous nous référeront à celle de la station météo la plus proche à notre disposition il s'agit de New-Dehli.

Ces données sont les suivantes : une prédominance des vents O, NNO et NNE. Les vents frais provenant principalement de l'ouest. Tel que dessiné la maison est disposée dans un sens peu favorable aux courants. On peut supposer donc qu'elle ne devrait bénéficier que faiblement du pouvoir rafraîchissant de l'air.

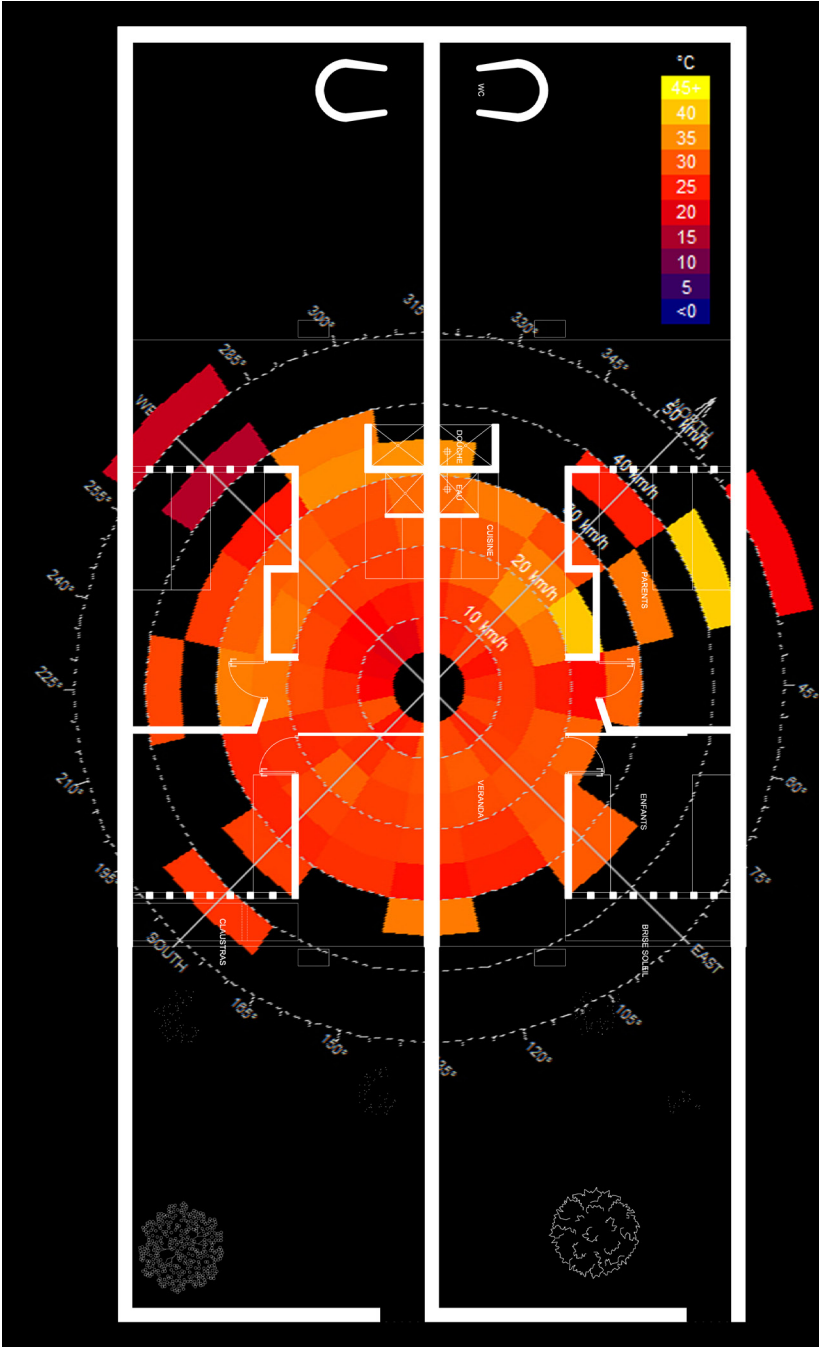
Toutefois il peut y avoir nécessité de se protéger des vents froids l'hiver. Aucun dispositif à notre connaissance n'a fait l'objet d'une prescription ferme. Il est fait cas de claustra amovible par Daniel Siret dans la notice qu'il consacre à grille climatique. Sur les croquis qui accompagnent la grille, on y parle de claustras ouvert ou claustra fermés. Ce dispositif d'ouverture n'est pas plus évoqué dans le détail. Il est fait mention de "tenue épaisse en coton." FLC 5610. Il s'agirait en sorte d'un rideau assez épais pour offrir une protection suffisante vis-à-vis du vent. C'est une hypothèse que peut être plausible si les courants ne sont pas trop forts. Dans ce cas une couverture en coton ou en laine par exemple offrirait suffisamment de protection. Dans une moindre mesure elle constituerait une isolation thermique. En outre ce système à l'avantage de ramener un peu plus d'intimité dans la maison en exposant moins ses occupants. A ce propos il est fort probable que si cet habitat avait été construit il aurait certainement bénéficié de correction à ce niveau.



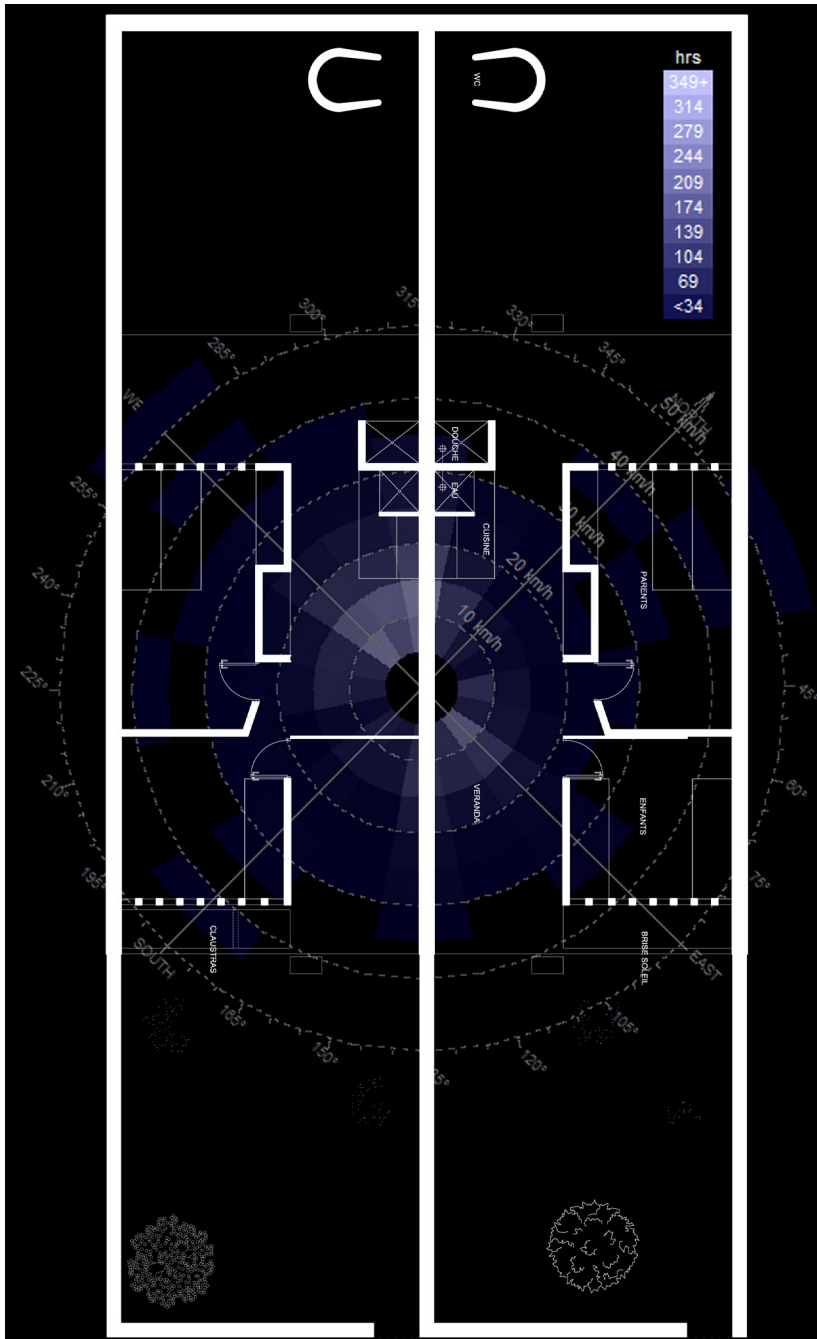
Claustras ouverts /claustras fermés



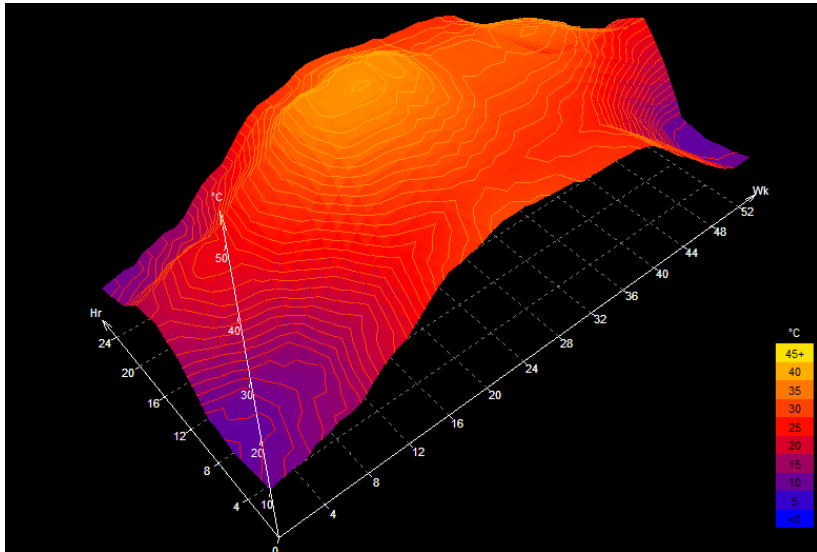
Rose des vents New-Delhi



Temperature des vents



Fréquence des vents



Representation des temperatures sur l'année

L'orientation préférentielle telle que dessinée, ne l'expose pas de la meilleure façon aux vents frais d'été comme d'hiver. Elle est en partie protégée des vents. Il aurait fallu qu'elle soit dans le sens des courants. Le modèle urbain est également à mettre en cause. Dans un terrain dégagé, le système pourrait fonctionner à minima. Mais dans sa configuration urbaine, le village et dans le secteur, il est fort probable que ces logiques ne tiennent plus. L'orientation n'est pas dans le sens du vent. Nous pouvons émettre toute fois l'hypothèse qu'une reconfiguration du site induite par la construction d'autres bâtiments, puissent modifier les sens des flux dominants. Cela pourrait se traduire alors par une amélioration de la ventilation naturelle ou au contraire par l'annulation pure et simple du modèle. Cela reste toutefois à vérifier.

Sa conception ouverte de part et d'autre, on peut supposer qu'elle aurait profité des pouvoirs rafraichissants de l'air. Les claustras assurent une bonne ventilation naturelle. La différence de température entre intérieur et extérieur provoquera un mouvement d'air permanent. En hiver on gage que la protection et l'occultation de ces claustras pourront amoindrir cet effet d'appel d'air. Les périodes nécessitant une protection vis à vis du froid sont comprises entre les semaines 0 à 15 soit de janvier à la mi-avril, puis des 44 à 52 soit novembre à décembre.

La maison profite assez mal de la ventilation naturelle. Le pouvoir rafraichissant de l'air est peu utilisé du fait de son orientation. Les schémas sont basés sur un model théorique de 2 maisons. A l'échelle du village, groupement d'habitations, la circulation des vents est aussi entravée à cause de la forme urbaine. Le plan de masse n'est pas spécifiquement orienté pour tirer un profit maximum des vents.

L'utilisation de couverture épaisse et des cloisons (panneaux coulissants) permettent de couper le flux traversant. De plus les couvertures peuvent constituer un léger isolant vis à vis du froid. De manière purement théorique les principes sont bons. Dans le fonctionnement et dans la mise en œuvre, on ne saurait être aussi affirmatif. Les facteurs influant sur les conditions naturelles de ventilation sont multiples et varient.

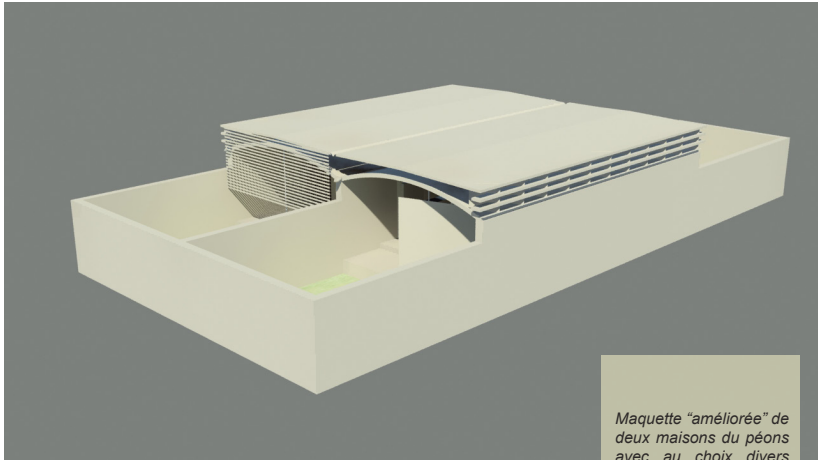
Cette étude nous conduit à définir un nouveau modèle pour corriger les problèmes évoqués plus haut. Nous tenterons de porter des palliatifs aux problèmes d'ensoleillement et de ventilation. Nous nous baserons sur l'utilisation préférentielle de dispositifs architecturaux. Les facteurs externes au bâtiment tels que la végétation, l'eau, par exemple, seront volontairement mis de côté. Si en influant que sur l'architecture du bâtiment, les corrections sont suffisantes, il seront alors un plus.

PARTIE III

Correctifs à la protection solaire

Correctifs à la ventilation

Surfaces radiatives, couleur, et
dispositifs techniques



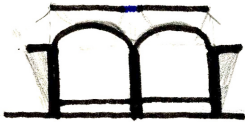
*Maquette "améliorée" de
deux maisons du péons
avec au choix divers
dispositifs de protection
solaire.*

Correctifs à la protection solaire

Les protections à envisager découlent de l'étude effectuée plus haut. Elles concerneront en premier le toit. Viendront ensuite les murs périphériques. L'accent sera porté à des solutions peu onéreuses, faciles d'accès et de mise en œuvre. Etant entendu que l'objectif est de développer un habitat modeste mais confortable fidèle aux idées d'origine. Ces solutions se feront en essayant d'altérer le moins possible la structure et l'esthétique initiale.

Pour la surtoiture: une avancé de part et d'autre « en principes » devrait suffire à la protéger totalement le toit. En réalité il n'en est rien comme nous allons le voir ci-dessous. Nous proposons ici plusieurs dispositifs de protections possibles à l'instar des documents graphiques accompagnant la grille climatique. En effet à un problème correspond une, deux, trois voire quatre propositions possible.

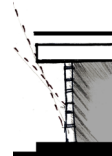
solutions possibles



Creation de débords horizontaux depuis les murs et jonction de la surtoiture

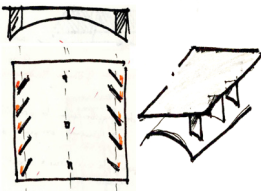


Prolongation de la surtoiture de part et d'autre en rive et jonction en les éléments

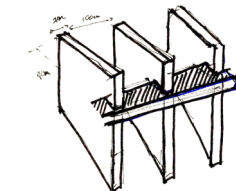


Prolongation de la surtoiture de part et d'autre en rive et jonction en les éléments

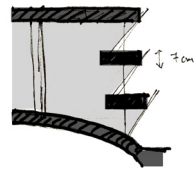
Une simple prolongation du toit ne suffit pas à protéger totalement la sous-toiture. Ci-dessus modifie énormément l'aspect général du bâtiment. Nous opterons pour une prolongation simple de part et d'autre et la toiture de sorte à la couvrir entièrement. Dans un second temps abaisser cette surtoiture. Les angles dans ces configurations demeurent toujours exposés au rayonnement direct. Pour corriger cela on optera pour une série de clairevoies verticales. Cette solution protège partiellement toujours le toit. Si on y rajoute des lames horizontales la protection latérale devient totale. Seul les façades avants et arrières restent alors exposées.



En remplaçant les potelets qui supportent la surtoiture par des lames dont l'inclinaison optimale en simulation a été de 45° pour une épaisseur de 7cm sur une longueur de 80 cm. l'écart entre



éléments étant de 1m. La hauteur de la surtoiture est abaissée de 50cm. A cette hauteur, deux lames horizontales écartées de 25 cm suffisent pour protéger la voute. En augmentant la hauteur, plus les



lames verticales auraient été nombreuses ou plus longues et plus il y aurait de lames horizontales.

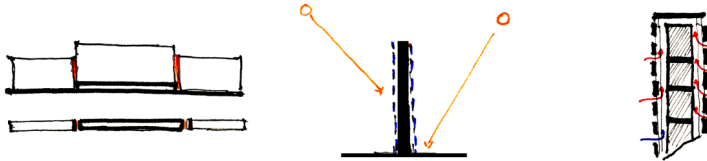
Ces dispositifs suffisent à protéger la voute. Il aurait aussi été possible sans avoir à modifier l'architecture de base, d'incorporer simplement une isolation mince sur la toiture voûtée ou sous le parasol. La seconde position est la meilleure car la protection est couplée à la ventilation. Les deux surfaces en opposition restent à température ambiante. Une isolation en chaume aurait suffi si on se base sur une étude similaire effectuée à Madagascar(*). On peut sur cette base trouver des matériaux locaux à même

*Influence thermique de l'emplacement du toit en chaume sous le toit en tôle d'un habitat à Antananarivo-Madagascar Solofonirina ROBELISON et Bernard LIPS, Institut pour la Maîtrise de l'Energie. Université d'Antananarivo- Madagascar/Université de Lyon, CETHIL UMR5008, INSA de Lyon, CNRS in Afrique SCIENCE 04(3) (2008) 318 - 338.

de fournir une isolation efficace à moindre coût. Ne connaissant pas ce qui se fait à Chandigarh dans ce domaine, nous ne saurions nous avancer d'avantage. C'est pour cette raison que nous avons opté pour palier simplement, cet inconfort aux moyens de dispositifs architecturaux simples et utilisables en tout point.

Nous notons également que l'existence d'un plafond au-dessus des chambres rend inutile toute protection supplémentaire au niveau du toit et du toit parasol. Cependant le risque de surchauffe demeurera présent. Ce risque est lié au fait de la conduction de la chaleur accumulée entre la jonction des murs et de la voute qui se transmettra au plafond. Ce dernier la restituera par rayonnement dans les chambres.

Après le toit vient les parois verticales. Comme évoqués plus haut, les murs latéraux et les clôtures sont les plus sujets au rayonnement. Une première solution a été de scinder le mur pour interrompre les transferts de chaleurs dans la matière.



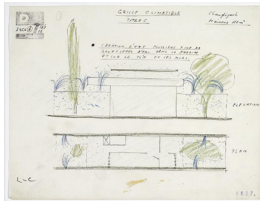
La division du mur limite la conduction. Le vide créé peut rester en l'état tel un joint creux, participant à une écriture architecturale de la maison ou, être traité au moyen d'un isolant type paille ou fibres végétales comme celle du coco.

En plus de cette coupure on créer un

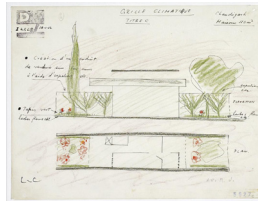
écran de protection sur les surfaces exposées au soleil. Un dispositif constitué par des clins de bois remplirait parfaitement ce rôle. La chaleur aura tendance à ne pas se stocker de manière durable. Elle serait en plus évacuée au moyen d'un flux d'air créée par la différence de température

entre les parois chaudes, extérieures et la paroi froide intérieure. Un écran végétal remplira efficacement ce rôle. Aussi on aurait tendance à opter pour cette solution qui plus est embellit l'espace. Dans tous les cas le mur devra être protégé du rayonnement direct.

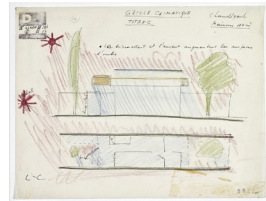
Dans les solutions proposées par Le Corbusier on retrouve plusieurs schémas qui pourraient fonctionner. Toute fois la difficulté de la mise en œuvre à Chandigarh comme lui fait remarquer Drew et Fray, rendent caduque ou peu viables certains dispositifs*.



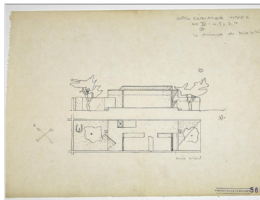
création d'une poussière fine de gouttelettes d'eau dans le jardin et sur le toit et les murs. 14,5,6 B



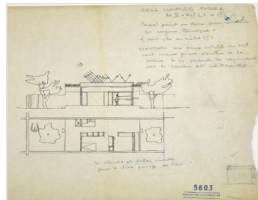
Création d'un enduit de verdure sur les murs, tapis vert au sol 1 4,5,6, C



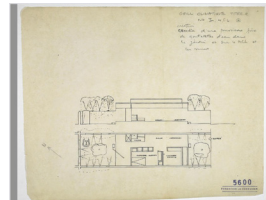
Principe du brise soleil IV 4, 5, 6, 7, 10 B



la question du soleil est traité par des brises soleil à l'avant et à l'arrière. Il est aussi fait de cas d'une possibilité



d'avoir un toit réfléchissant pour limiter l'impact du soleil. Ces planches ne sont pas celle jointes à la grille finale(pas de



mention tonpéon D). Des dispositifs ont été supprimés et d'autres conservés par la suite.

Le Corbusier Plans DVD XI, Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

* "1950 - Grille climatique (Chandigarh)"

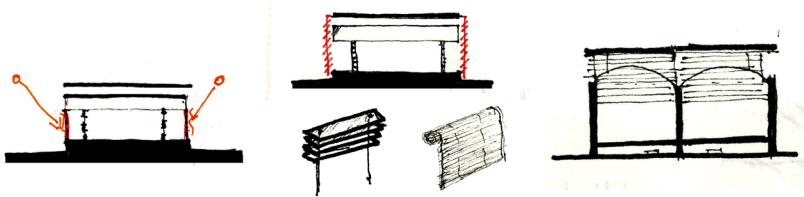
Daniel Siret, Le Corbusier Plan DVD XI, Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

La protection des façades n'est pas entièrement assurée par les dispositifs mis en place. Nous avons expérimenté diverses protections en façade. Plusieurs dispositifs peuvent être satisfaisants. Ils ont tendance à modifier l'écriture du projet. Le brise soleil horizontal original est pratiquement inutile, car peu exposé en réalité. En outre le fait qu'il soit en béton en fait un objet stockant la chaleur fortement. Seul le brise soleil vertical orientable offre une protection optimale.

Une protection au moyen de rideaux textile, de roseaux ou de lames de bois, placé à l'avant, mis en fonction des besoins, est aussi sinon plus, efficace que ce dernier. Les mailles doivent être assez fines pour permettre une bonne circulation de l'air dans la maison.



En théorie si l'on prolonge d'avantage l'avant on est en mesure de protéger efficacement les façades. Toutefois il faudrait prolonger pratiquement sur toute l'intégralité de la cour pour obtenir une protection totale vis-à-vis du rayonnement direct. Si on incline cette avancé on réduit la longueur nécessaire. Dans cette configuration l'inclinaison optimale est de 10° pour une longueur de 2m. Suffisante pour protéger l'intégralité de la façade exposée lors du solstice d'été. On pourrait effectuer cette occultation au moyen d'une natte en roseau par exemple.

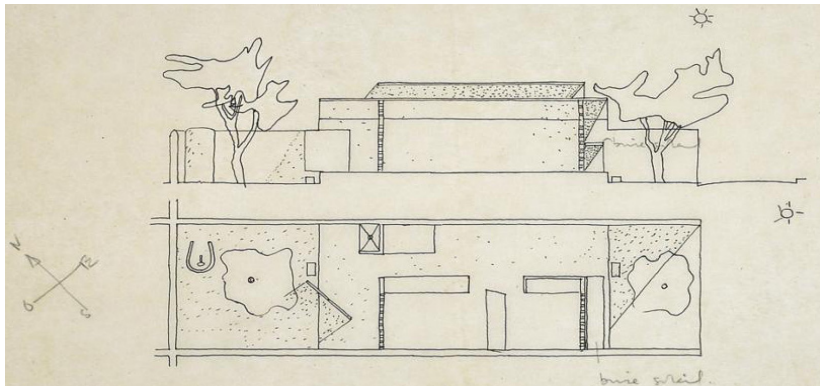


On peut également au moyen de protections amovibles occulter temporairement les façades en fonction de leur exposition

Des store à lames orientable peuvent aussi être utilisés. Ou plus simplement faire appel à des roseaux qui se déploieraient par grand soleil.

En façade, ces dispositifs sont peu concluants.

Sur les fiches de la grille climatique on dispose d'un brise soleil mobile. Parmi les dispositifs dessinés par l'équipe c'est la plus efficace. Sa protection est limitée et provoque un risque de transmission thermique par radiation dans la maison. Les nattes en roseaux sont la version que nous pourrions proposer en lieu et place de ce dispositif



Le Corbusier Plans DVD XI, Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

Correctifs à la ventilation naturelle

En ce qui concerne les vents, le point essentiel serait de revoir l'orientation de la maison pour qu'elle soit exposée. Il va de soi que l'étude solaire serait alors à modifier pour se conformer aux nouvelles orientations. Concrètement on ne peut pas beaucoup influencer à ce niveau dans l'état de nos connaissances.

Toutes ses expérimentations nous conduisent à un modèle que nous avons désigné par sigma plus ($\sigma +$). Elle diffère de la version sigma par les points essentiels suivants :

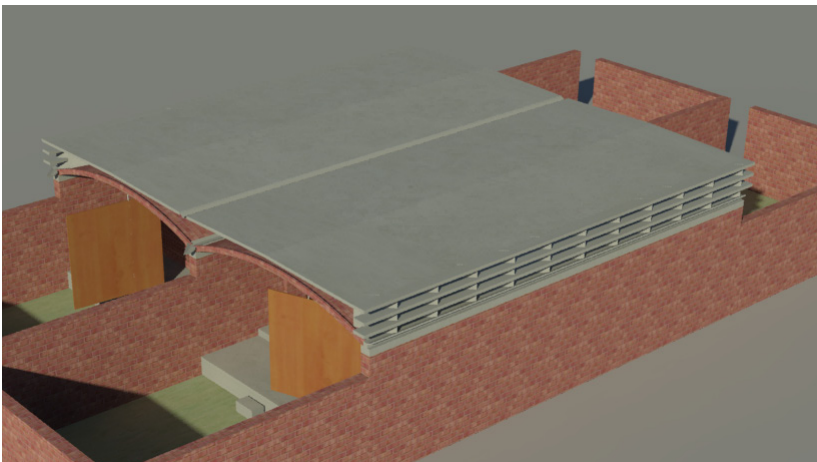
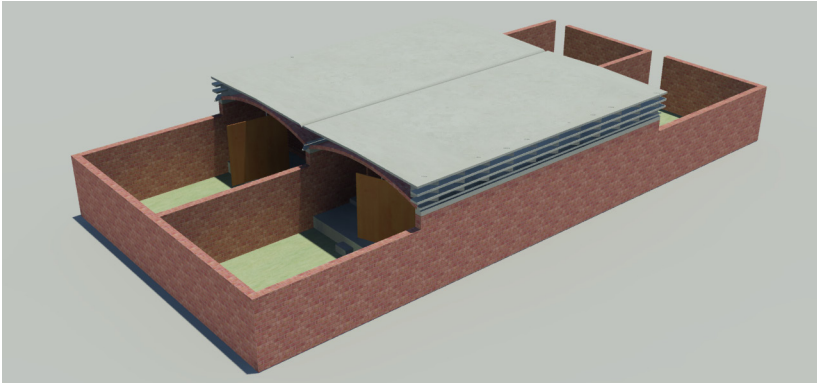
Une sur toiture couvrant toute la voute

L'insertion de lame verticale et horizontales comme brise soleil sur les cotés

Le décollement de la clôture du reste de la maison.

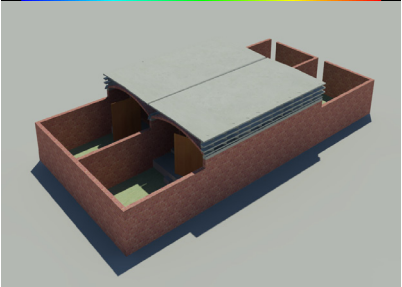
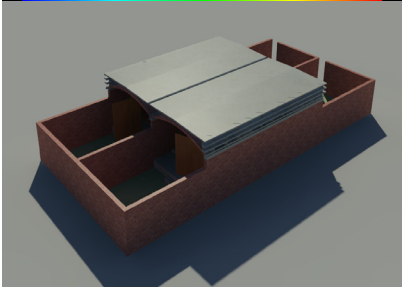
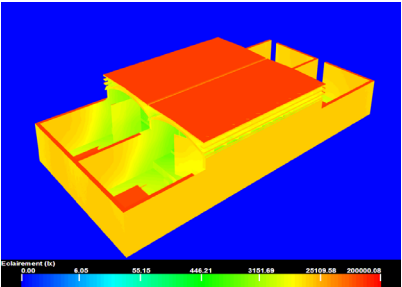
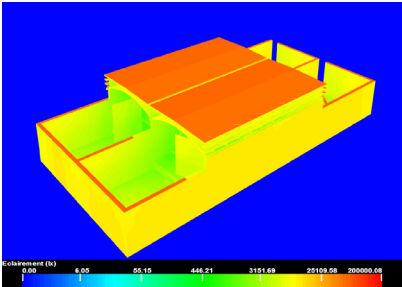
Protection des murs de clôture et de rive au moyen d'une seconde peau poreuse

L'utilisation du brise-soleil mobile pour la protection des façades



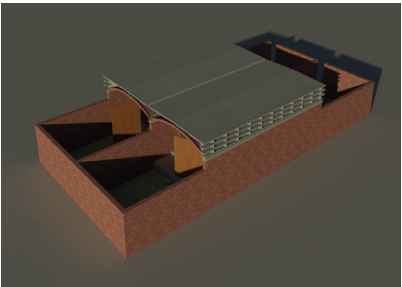
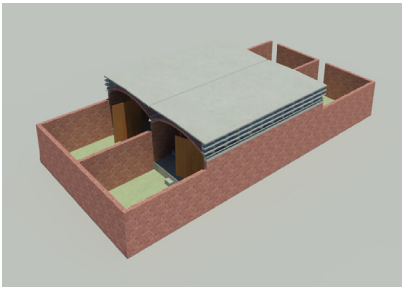
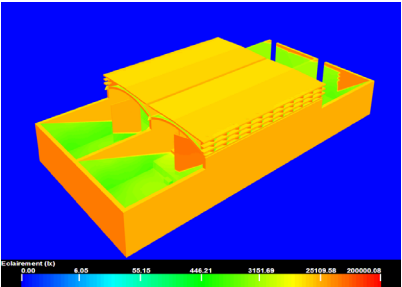
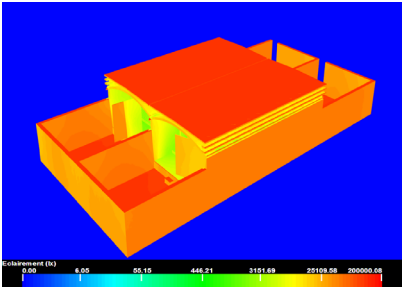
Le modèle Sigma plus

En se basant sur ce nouveau modèle, on constate que la protection de la toiture est beaucoup plus efficace que pour le modèle sigma. De meme l'efficacité du panneau mobile est minimale.



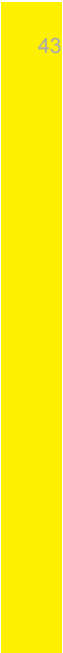
7h45

9h45



12h45

17h45



Les images de radiation solaire sur ce nouveau modèle montre que les éléments mis en place semblent fonctionner. Si on ajoute à cet ensemble de la végétation, les dispositifs seront renforcés. Il faudrait alors privilégier les essences locales et caduques de sorte à permettre une utilisation maximale du soleil en hiver. Le jardin ainsi créé contribuera à créer un micro climat au sein de la cours Allier à un point d'eau, les plantes rafraichiront la maison (évapotranspiration + ventilation naturelle). D'autre part ce dispositif étant repris à l'échelle du quartier, on pourrait ainsi parier que l'ensemble du quartier, devrait former un îlot de fraîcheur dans le secteur où il serait implanté.

Ce dispositif urbain devra s'accompagner comme on le lit sur les planches du plan de masse d'un important couvert végétal judicieusement choisi et positionné. En effet il ne doit pas constituer un frein au vent frais d'été ni au vent chaud d'hiver. A ce propos, la position idéal NO et SE



Façade avant avec végétation et système de store d'un côté et brise soleil de Le Corbusier de l'autre



Façade arrière système de store d'un côté et brise soleil de Le Corbusier de l'autre, clôture écorchée partiellement

Surfaces radiatives, couleur, et dispositifs techniques

On pourrait optimiser d'avantage les résultats que nous avons obtenus ici en jouant également sur les revêtements et les couleurs des matériaux qui sont utilisés. Dans les prescriptions qui sont données par Le Corbusier il est essentiellement question de béton et de de brique. La brique est un excellent matériau qui s'adapte à toutes les situations et offre une multitude de mise en œuvre possible. De la couleur de cette brique dépendrait une bonne partie de l'absorption du rayonnement solaire. Plus elle sera claire et moins elle absorbera. La température d'ensemble de l'ilot sera donc influencée par la couleur d'ensemble. Il serait préférable d'opter dans ce cas pour des teinte claire se rapprochant le plus de blanc. A ne pas confondre teinte et couleur qui ne sont pas équivalents. Dans l'idéal du beige, au jaune clair. A défaut on peut également peindre le matériau. La chaux fera parfaitement l'affaire.

Sur l'une des planches (FLC5603) il est question de toiture réfléchissante ou de surface réfléchissante. En multipliant cependant ces surfaces on en coure le risque de créer l'effet contraire escompté. Le rayonnement serait en quelque sorte piégé dans les multiples surfaces.

Le béton, est également un excellent matériau de par sa facilité de mise en œuvre et des prouesses qu'il autorise. Cependant il n'est pas le meilleur matériau dans ces conditions. A en croire une étude qui a été menée à ce sujet à Chandigarh* l'inertie du béton annule tout l'effet que peut apporter les brises soleil : "sous le soleil indien, le béton des tablettes et refends s'échauffe si fortement que le rayonnement devient insupportable. Pire, l'inertie du matériau conduit les bâtiments à accumuler la chaleur solaire le jour pour la restituer en partie la nuit." En effet il freine certes le rayonnement direct mais accumule la chaleur. Celle-ci n'est pas évacuée rapidement et se transmet à l'ensemble de la structure. Le Béton n'est donc pas à prescrire, tout du moins il faut en limiter l'usage. On pourrait donc imaginer que le toit parasol soit réalisé par exemple à base de paille tissé type chaume ou secco. Il émanerait de cette solution une nécessité à entretenir fréquemment, cette toiture plus que si elle n'était en béton. Si les disponibilités en bois le permettent, elle pourrait aussi être réalisée avec cette matière, peut-être du bambou.

Les Artifices techniques

Ils sont faibles. On Pourrait simplement suggérer l'utilisation d'un ventilateur par temps très chaud et / ou quand il n'y a pas assez de courant d'air.

Vers une extrapolation du modèle

Dans Le principe on pourrait adapter très facilement cette maison dans un contexte burkinabè. Les modifications seraient faibles. Elle s'adapte assez bien avec les modes de vie. Le problème serait plus d'ordre économique. Il faudrait voir dans quelle mesure on pourrait amoindrir les coûts de construction. Cela passera par le choix des matériaux. Bien que la qualité de la brique (de terre cuite) ne soulève aucun doute, il serait préférable de lui opposer de l'adobe ou du BTC. Moins nobles, ils constituent les matériaux les moins chers du marché. La voute serait réalisée sans problème. Le béton quant à lui sera utilisé principalement dans les fondations et les chenaux. Tous les autres dispositifs pourraient être maintenus en l'état en se basant sur l'orientation solaire et les vents dominants. La végétalisation ne poserait pas de problème. Le bémol serait l'eau (comme sur les premières esquisses) si il y'a à l'introduire. En raison des moustiques, vecteurs de malaria. Elle devra être traitée pour éviter que les larves ne puissent s'y développer. Les claustras seraient recouverts d'un léger filtre de type tamis. Celui-ci à l'avantage de laisser l'air passer mais pas les moustiques. En outre du fait de la différence d'exposition il constitue un filtre vis-à-vis de l'extérieur. En effet on a la possibilité d'observer l'extérieur sans être vu.

Au-delà même de cette maison des péons c'est la grille climatique qui offre des possibilités d'appréhender la conception architecturale d'un œil nouveau. C'est un outil performant qui gagnerait à être d'avantage connu et amélioré. Elle demeure une bonne entrée pour une conception climatique raisonnée, et largement perfectible aujourd'hui. Les améliorations qui pourraient en être faites devront savoir garder sa simplicité d'usage.

Reference Bibliographique

Ecodom+ Guide de prescriptions techniques pour la performance énergétique des bâtiments en milieu amazonien, ADEME, Cayenne, Guyane juillet 2010

Le Corbusier œuvre complète, éditions Girsberger, Verlag für Architektur (Artémis) Zürich, 1965

Tropenbau, Building in the tropics, Georg Lippsmeier, ed verlag callwey München, 1969

Le Corbusier, Le Grand, éditions Phaidon, 2008

La Maison du péon DVD XI, Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

“1950 - Grille climatique (Chandigarh)”

Daniel Siret, *Le Corbusier œuvre complète DVD XI*, Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

“La maison du péon”

Rémi Papillault, *Le Corbusier œuvre complète DVD XI*, Ed Echelle-I C/o Codex Images International, 2006

Influence thermique de l'emplacement du toit en chaume sous le toit en tôle d'un habitat à Antananarivo-Madagascar, Solofonirina ROBELISON et Bernard LIPS, Institut pour la Maîtrise de l'Energie. Université d'Antananarivo- Madagascar/Université de Lyon, CETHIL UMR5008, INSA de Lyon, CNRS in Afrique SCIENCE 04(3) (2008) 318 - 338.

Les filiations du brise-soleil dans l'œuvre de Le Corbusier : Carthage, Marseille, Chandigarh, Daniel Siret Avec Sylvain Houpert, Yasmine Mansouri, Kun Zhang, Roula Ntefeh, Amina Harzallah, Hanène Ben Slama, Laboratoire CERMA UMR CNRS 1563 Ecole d'Architecture de Nantes

Pierre Jeanneret et Le Corbusier face à l'Inde, La question de la conception d'un logement pour les plus pauvres et de sa protection face au climat vue par Le Corbusier et P. Jeanneret pour la ville de Chandigarh 1951-1965, Lélia Menuau, mémoire master séminaire histoire et théorie du projet, sous la direction de Rémi Papillault, 2013 ENSA-Toulouse

Lecture parallèle de deux méthodes d'approche des ambiances dans le projet architectural, la grille climatique de Le Corbusier et la démarche de haute qualité environnementale, Clémentine LAURENT Stage de recherche Master 2, Mention Recherche Sous la direction de Daniel Siret, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes - CERMA Septembre 2006

Les données climatiques ensoleillement et ventilations proviennent d'ecotech Analysis, US departement of energy (DOE) http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/redion=2_asia_wmo_region_2/country=IND/cname=india

