



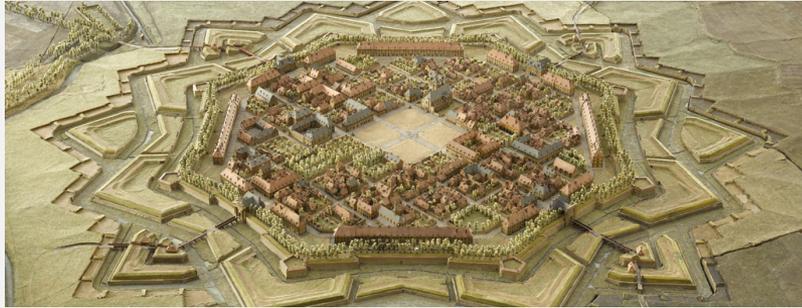
MODÈLES NUMÉRIQUES POUR L'ARCHITECTURE & LE PATRIMOINE

*Usages, apports et limites des modèles et outils numériques
dans la conception architecturale et la valorisation du patrimoine*

Contexte de recherche

- Axe de recherche

- Axe 1 : Modèles, méthodes et outils pour l'étude du bâti patrimonial



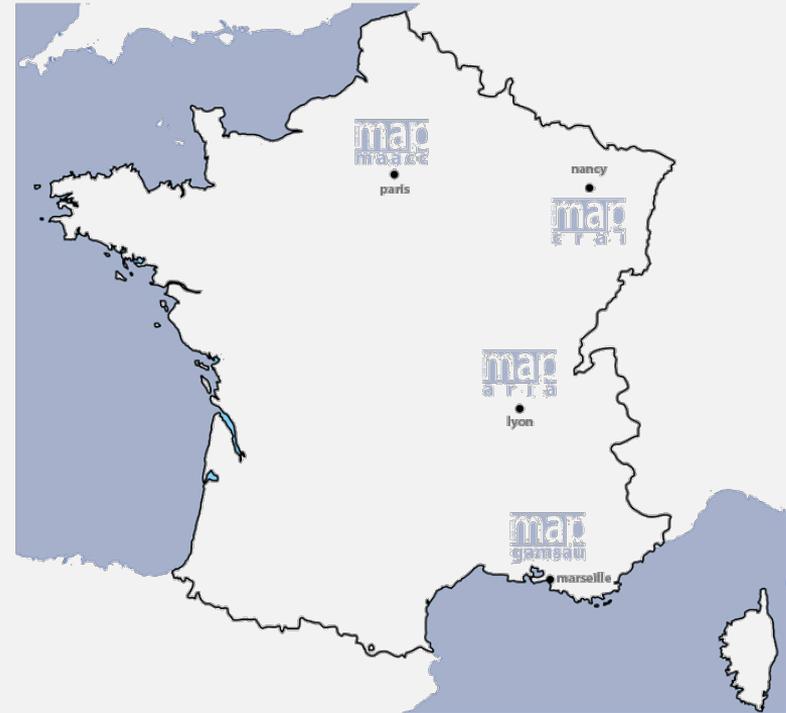
- Axe 2 : Modèles et environnements numériques pour la conception en architecture

Contexte de recherche

- Domaines disciplinaires
 - Les sciences pour l'ingénieur (SPI) et
 - Les sciences et techniques de l'information et de la communication (STIC).
- Unité Mixte de Recherche MAP 3495



- Quatre équipes en France
- Quatre laboratoires attachés aux ENSA





Modèles et environnements numériques pour la conception en architecture

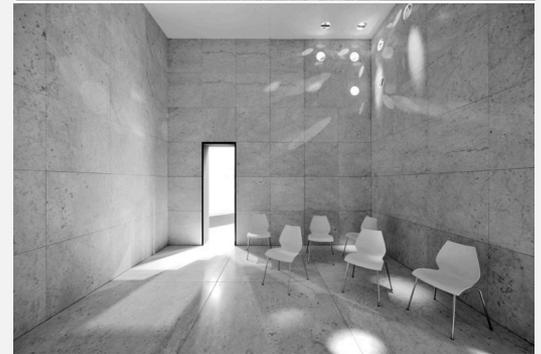
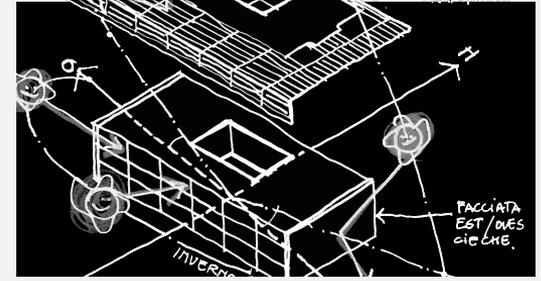
1. Optimisation des d'ambiances de lumière naturelle durant les phases conceptuelles du projet

Thèse de Doctorat
Mohamed-Anis Gallas

Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Contexte :

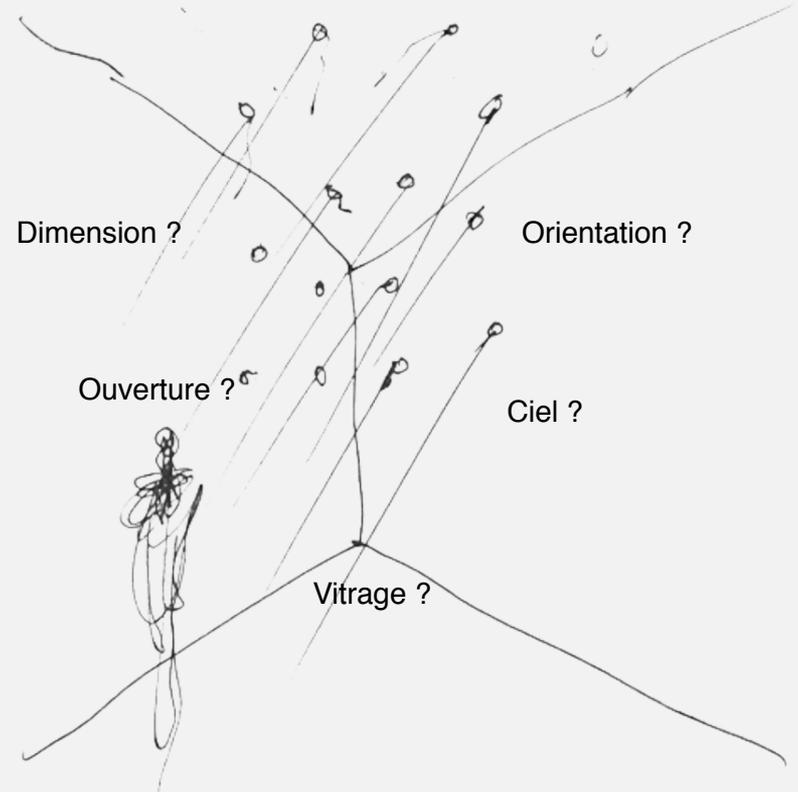
- Lumière Naturelle : composante majeure de l'architecture
- Complexité de l'activité d'intégration de la lumière naturelle
- Multiplicité des facteurs & phénomène
- Manque d'information précise durant les phases conceptuelles du projet



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Objectifs :

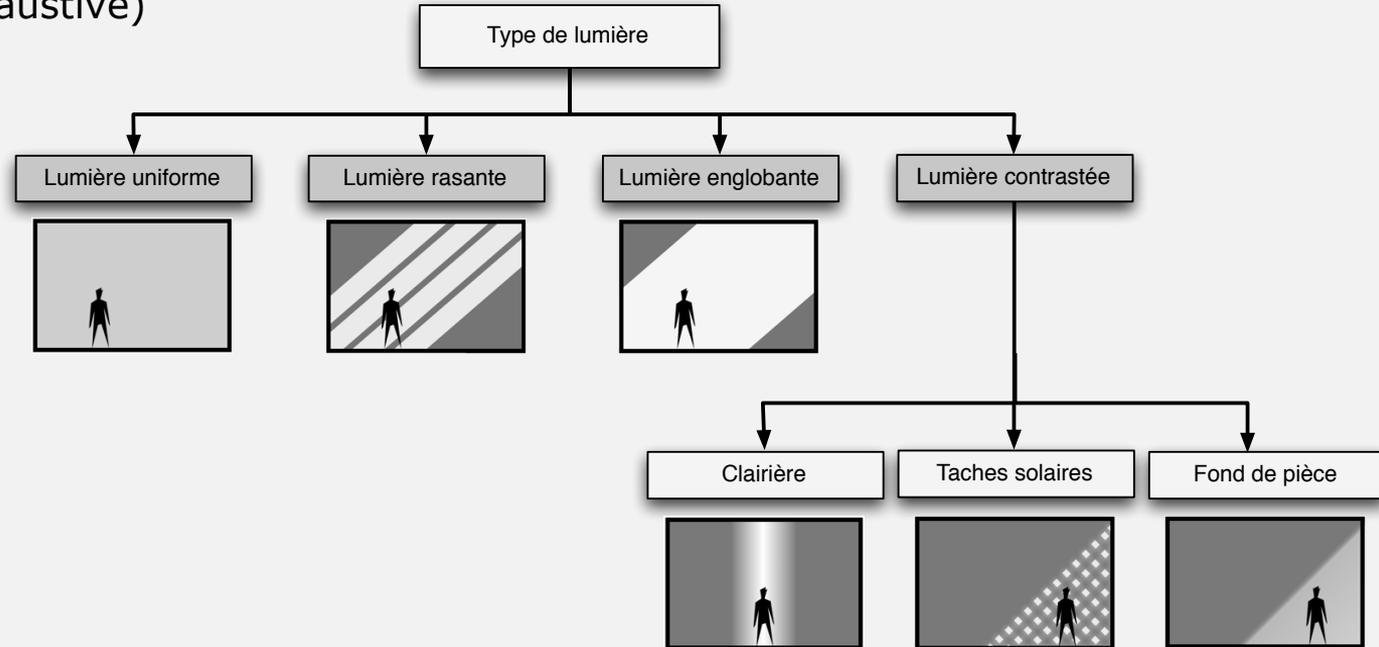
- Accompagner l'activité d'intégration de la lumière naturelle (dimension sensible)
- Prendre en compte les activités qui caractérisent les phases conceptuelles
- Rallier manque d'information et importance des décisions durant ces phases



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Proposition:

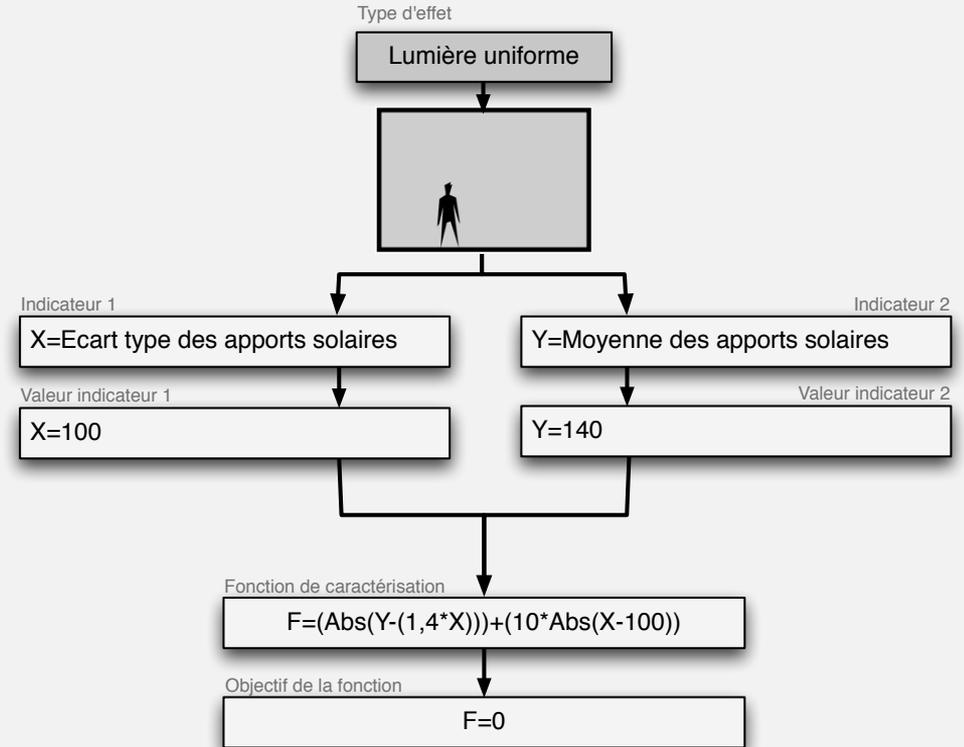
- Identifier des typologies d'effets de lumière naturelle (liste non exhaustive)



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Proposition:

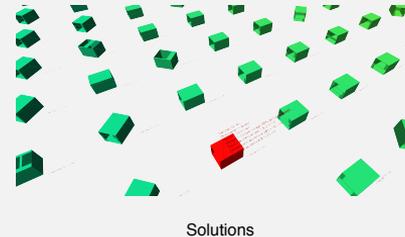
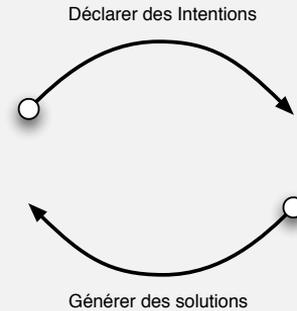
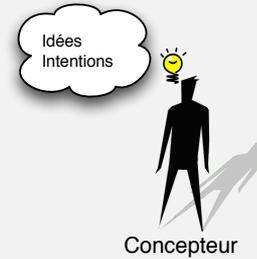
- Proposer des caractérisation objective des typologies d'effet



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Proposition:

- Intégrer cette connaissance dans une méthode d'accompagnement des activités de conception

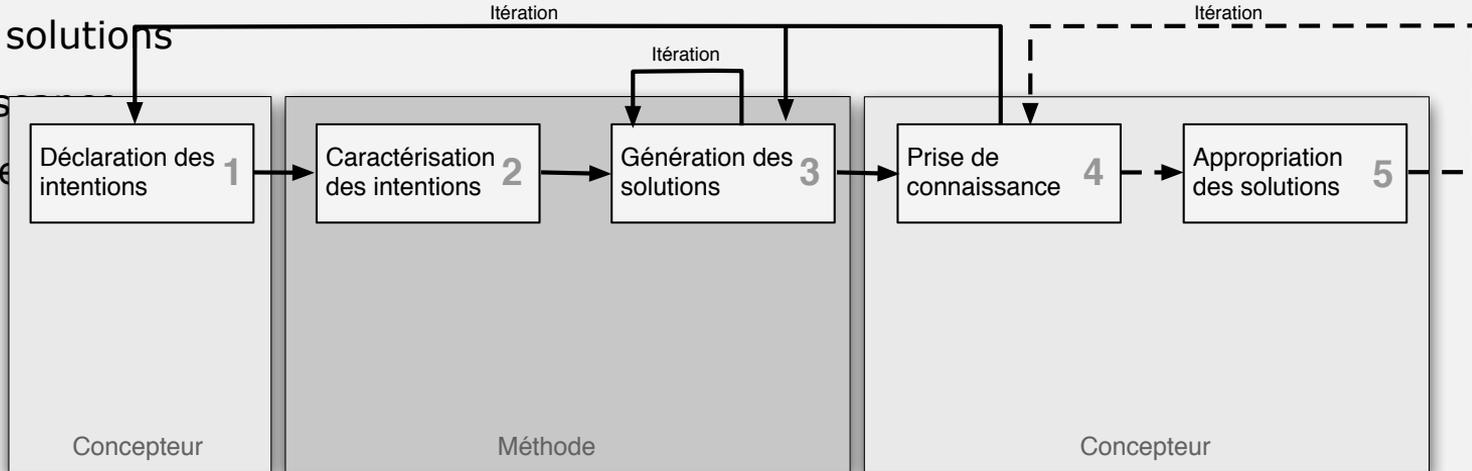


Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Méthode :

- Processus itératif intégrant 5 phases

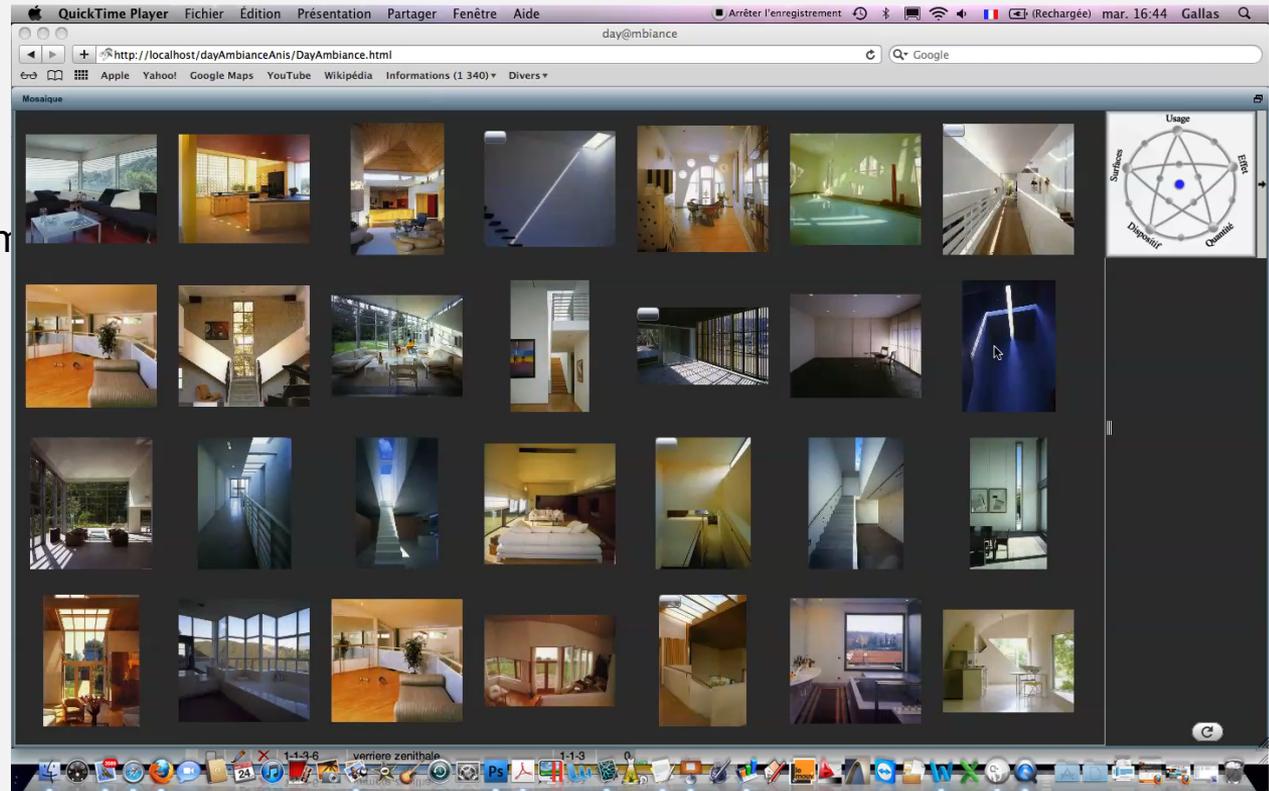
- Déclaration des intentions
- Caractérisation des intentions
- Génération des solutions
- Prise de connaissance
- Appropriation de



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Implémentation :

- Déclaration des intentions
 - Utilisation des images comme d'expression



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Implémentation :

- Caractérisation des intentions & génération des solutions
 - Identification des intentions



Afficher le résultat de navigation True

Liste des effets choisis

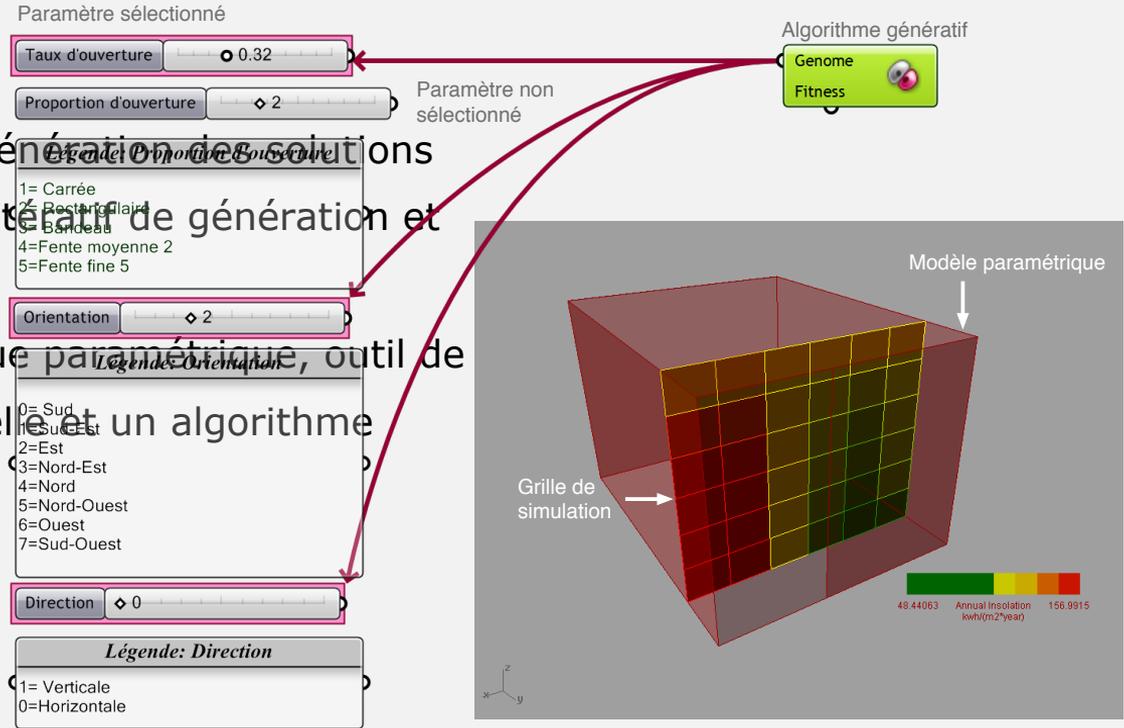
- 1)LUMIERE RASANTE(Poids = 0.275)
- 2)LUMIERE ENGLOBANTE(Poids = 0.1875)
- 3)CONTRASTEE-TACHES SOLAIRES(Poids = 0.0125)

The image shows a user interface element. At the top, there is a button labeled 'Afficher le résultat de navigation' with a 'True' status indicator. Below this is a scrollable list titled 'Liste des effets choisis'. The list contains three items, each with a weight value in parentheses: '1)LUMIERE RASANTE(Poids = 0.275)', '2)LUMIERE ENGLOBANTE(Poids = 0.1875)', and '3)CONTRASTEE-TACHES SOLAIRES(Poids = 0.0125)'. The list has a scrollbar on the right side and a speaker icon on the left side.

Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Implémentation :

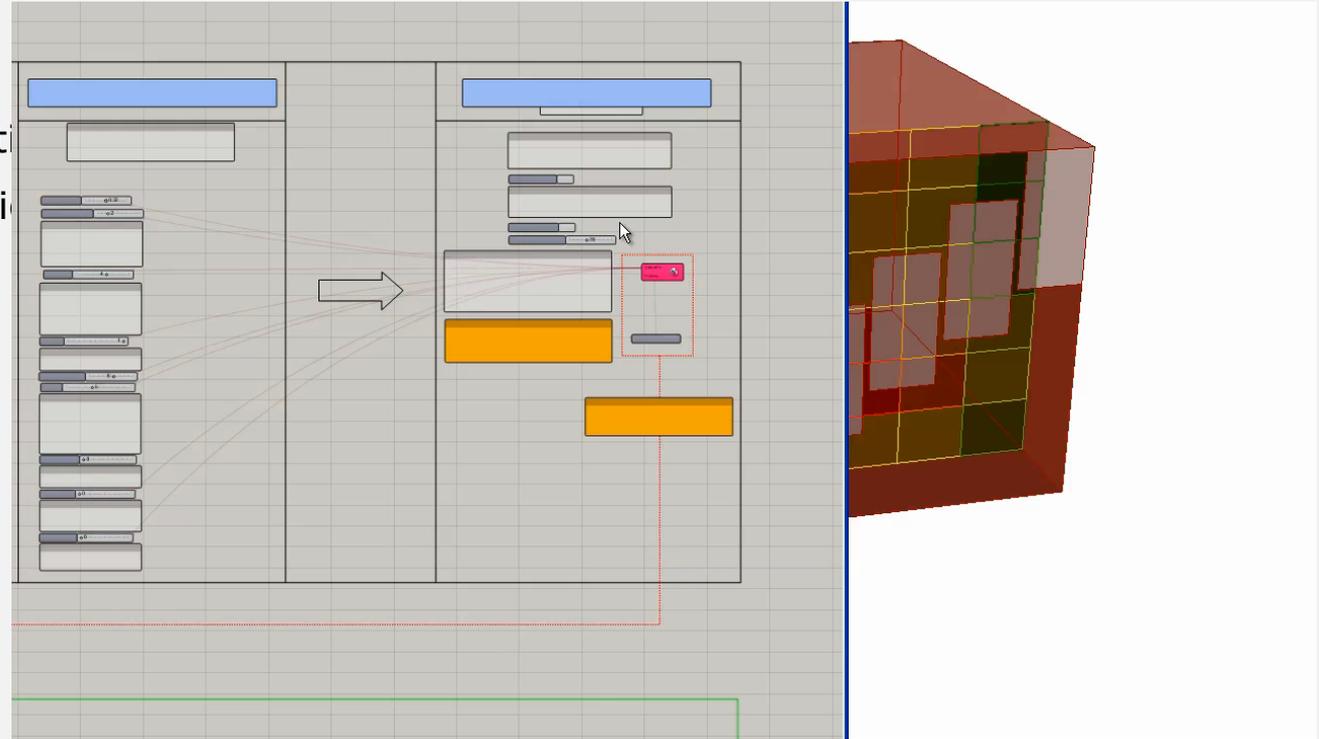
- Caractérisation des intentions & génération des solutions
 - Mise en place d'un processus itératif de génération et d'optimisation de solutions
 - Association modèle géométrique paramétrique, outil de simulation de la lumière naturelle et un algorithme génératif



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Implémentation :

- Caractérisation des intentions
 - Processus de génération



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Implémentation :

- Prise de connaissance & Appropriation des solutions
 - Visualiser & parcourir

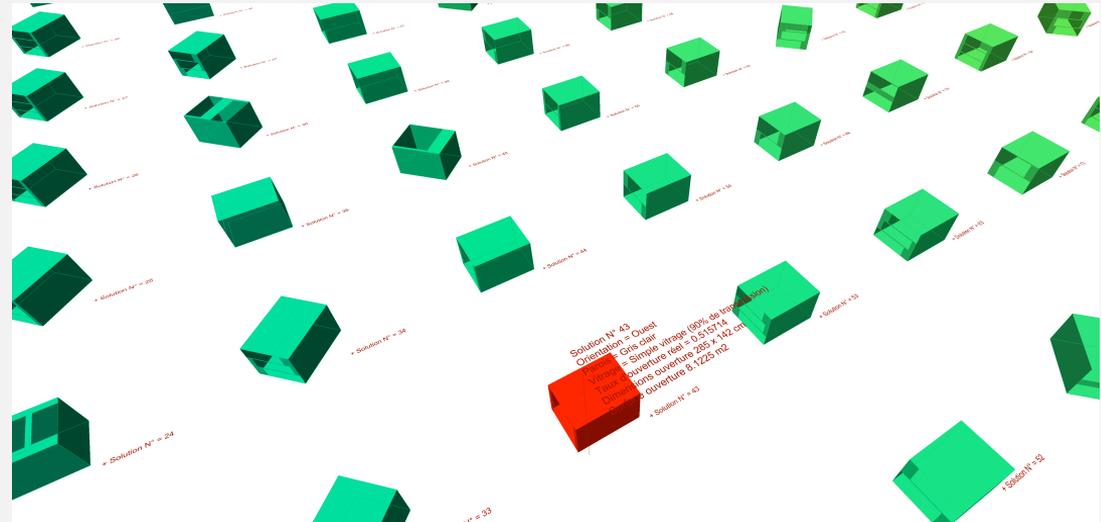
Session de génération

Generation_2

Importer les solutions True

Nombre de solution à afficher 200

N° de solution à sélectionner 65



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Implémentation :

- Prise de connaissance & Appropriation des solutions
 - Evaluer & comparer

Paramètres d'évaluation

Qualité de visualisation *Forte* ▼

Type de ciel *Ensoleiller* ▼

Mois *Juin* ▼

Jour *21* ▼

Heure *16* ▼

Type de simulation *Facteur Lumière du Jour* ▼

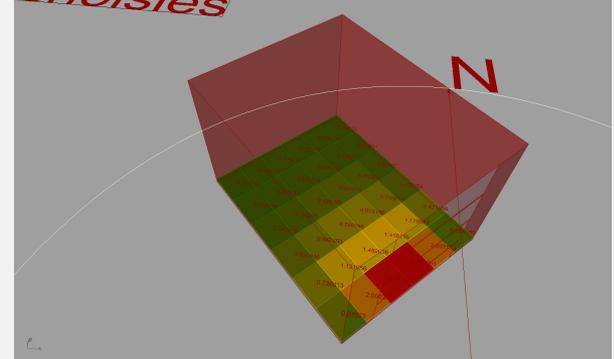
Type de visualisation *Perspective* ▼

Lancer une simulation

Evaluation qualitative



Evaluation quantitative



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Implémentation :

- Prise de connaissance & Appropriation des solutions
 - Evaluer & modifier

Paramètres de la solution générée

0.35

Bandeau (1/3)

Ouest

Horizontale

4

Milieu verticale

Face verticale

Paramètres de la solution modifiée

Taux d'ouverture 0.35

Proportion d'ouverture Bandeau (1/3)

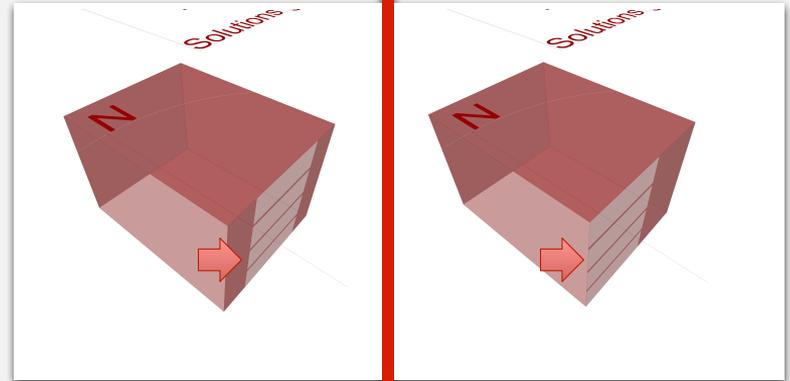
Orientation Ouest

Direction Horizontale

Nombre d'ouverture 4

Position Droite

Face d'ouverture Face verticale



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Expérimentation :

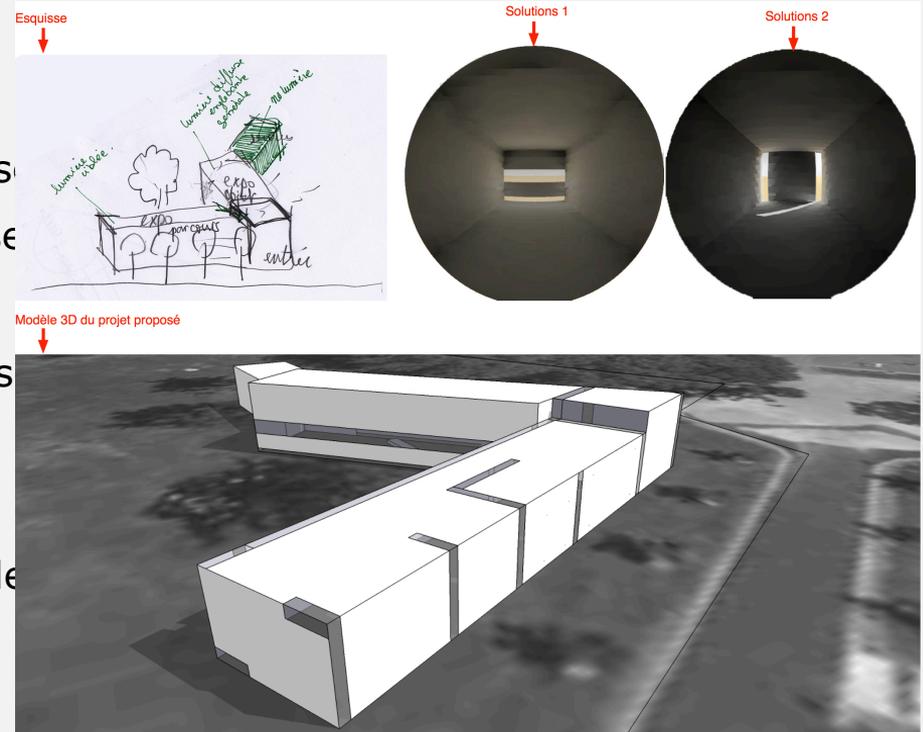
- Evaluer la capacité de conception
 - Adaptation
 - Adaptation
 - Adaptation (phases con



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Résultats :

- Capacité d'accompagner les activités de maîtrise de la lumière naturelle (dimension sensible) en phase amont du projet
- Capacité de rallier manque d'information et besoin de précision
- Capacité de créer un environnement itératif de conception et d'exploration adapté aux phases conceptuelles du projet



Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Résultats :

- Besoin d'intégrer les esquisses des concepteur dans le processus d'optimisation (génération)
- Créer des fonctions paramétriques plus riches
- Intégrer d'autres types de contraintes

Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Perspectives :

- Créer une continuité dans le processus d'externalisation durant les phases amont de conception
- De l'esquisse vers une forme d'externalisation plus
- Entreprendre des activités d'optimisation (recherche et exploration) à partir des esquisses.

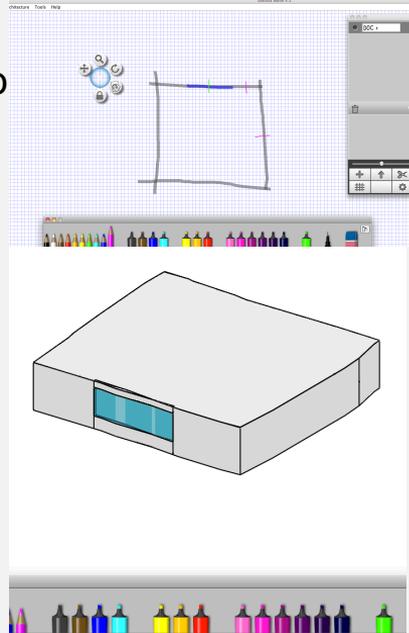
Optimisation des ambiances de lumière naturelle en phase amont du projet

Post Doctorat :

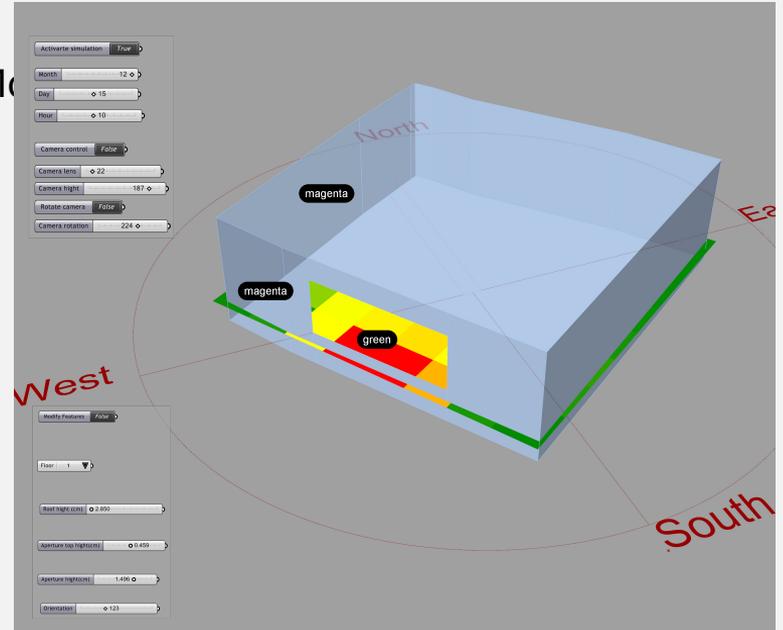
Lab For User Cognition & Innovative Design – Université de Liège (Novembre 2013)



SketSha Archi



érique & Mo



Grasshopper



Modèles et environnements numériques pour la conception en architecture

2. ECO-PLI

Thèse de Doctorat
Julien Meyer

Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Objectifs :

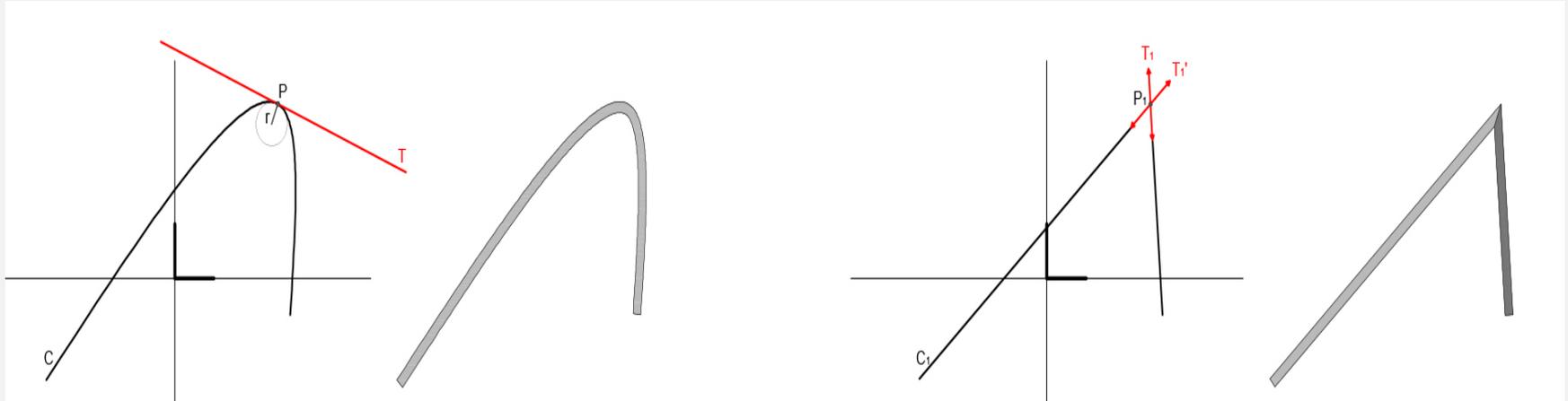
- Créer une interface de recherche et d'optimisation de formes fondées sur le pli
- Favoriser les échanges entre conception et réalité constructive
- Considérer le pli comme une technologie constructive
- Considérer le pli comme générateur d'espaces architecturaux



Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Caractérisation du Pli :

- Considérer le pli comme un processus d'assemblage



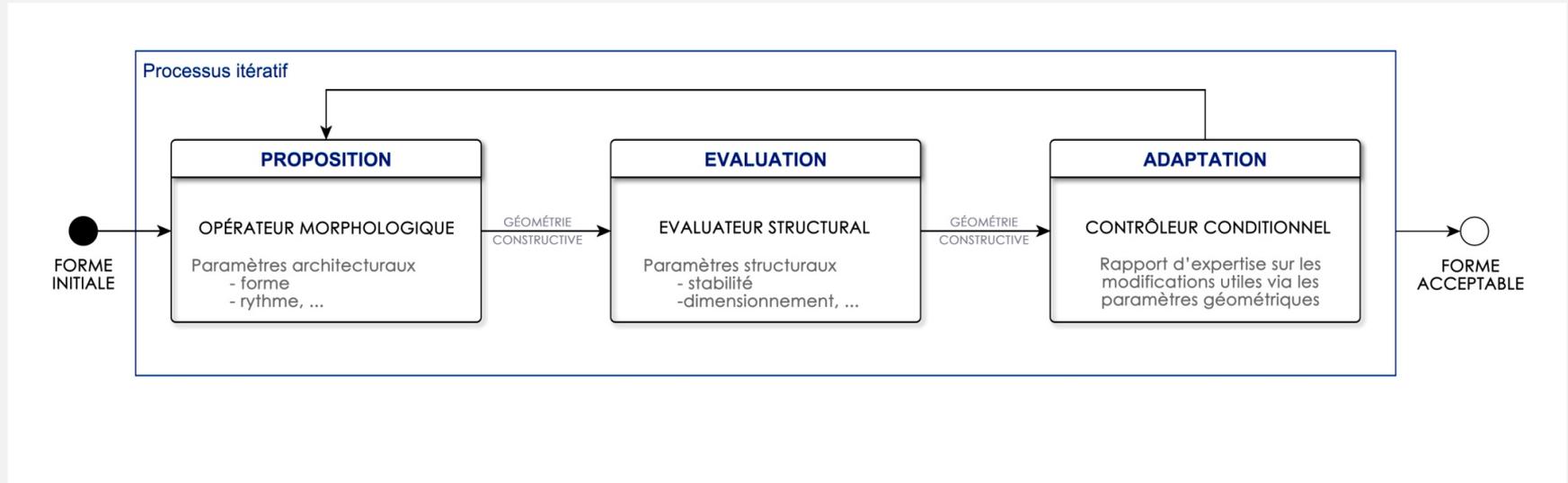
Tangente continue

Tangente discontinue (notion d'assemblage)

Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

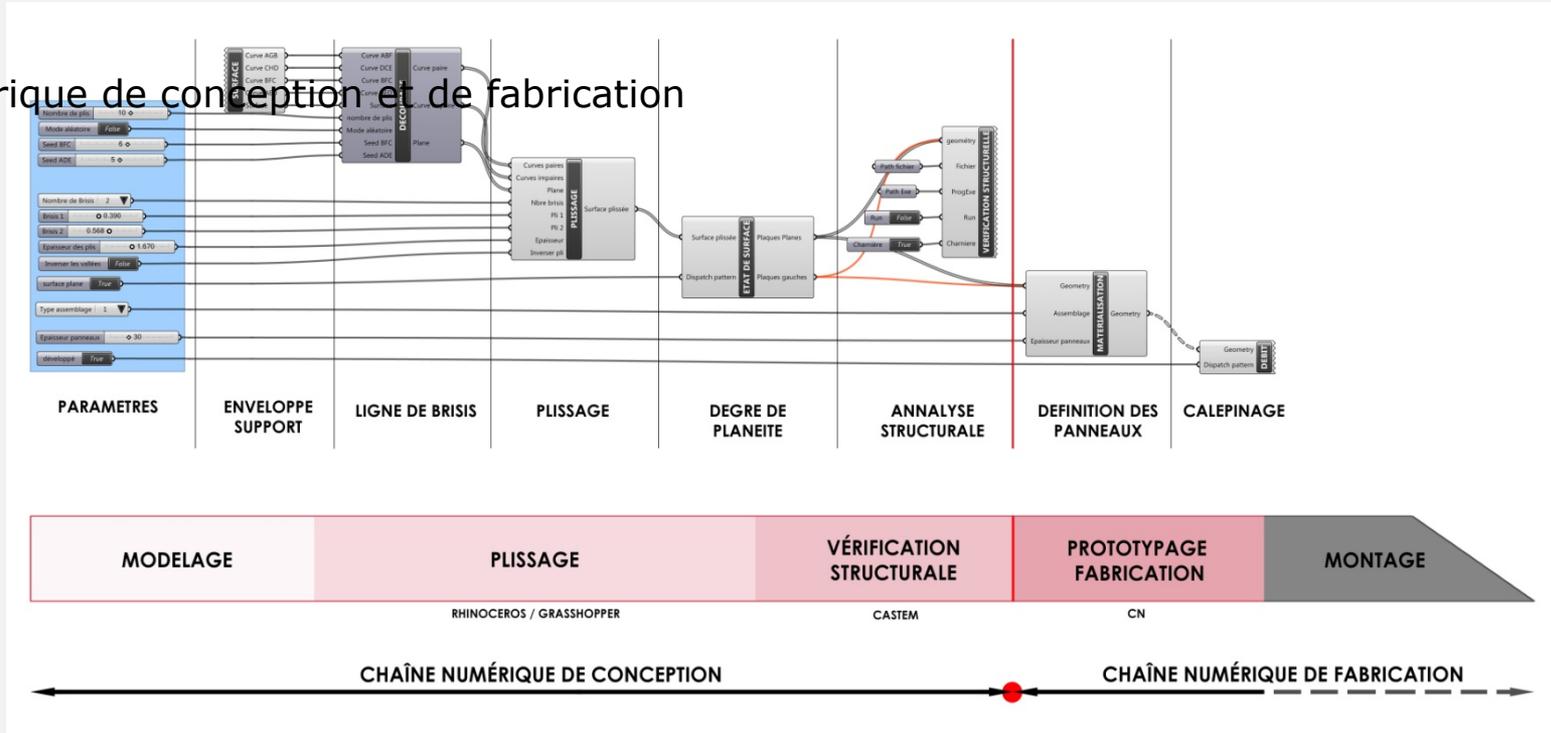
- Processus itératif : Interactions / rétroactions



Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

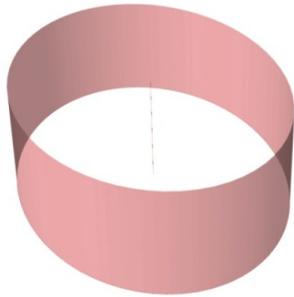
- Chaîne numérique de conception et de fabrication



Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

- Modélisation de l'enveloppe support (*Rhinceros & Grasshopper*[®])



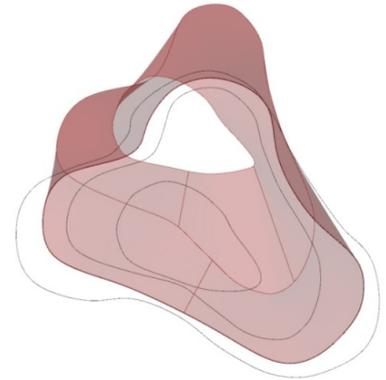
PARAMÈTRES DE MODELAGE

PARAMÈTRES ARCHITECTURAUX:

- site, environnement, orientation...

PARAMÈTRES CONCEPTEUR:

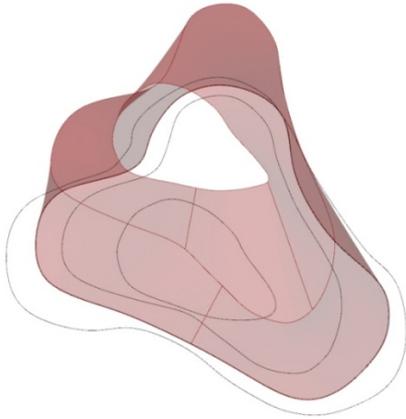
- forme, plasticité...



Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

- Modélisation de du pli (*Grasshopper*[®])

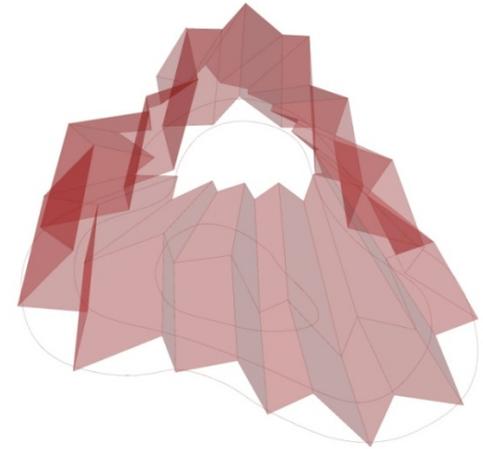


PARAMÈTRES DE PLISSAGE

PARAMÈTRES ARCHITECTURAUX:
- fréquence, rythme, nuance...

PARAMÈTRES STUCTURAU:
- stabilité, raideur, inertie...

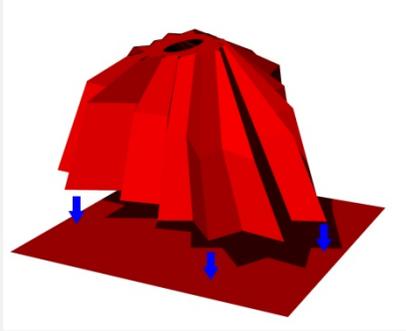
PARAMÈTRES TECHNIQUES:
- dimension du brut, manutention...



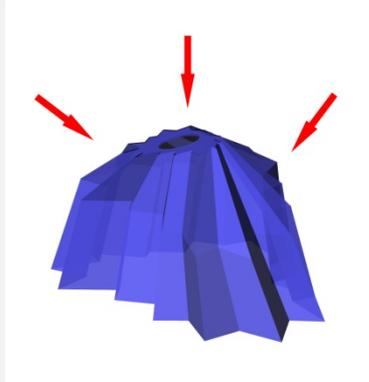
Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

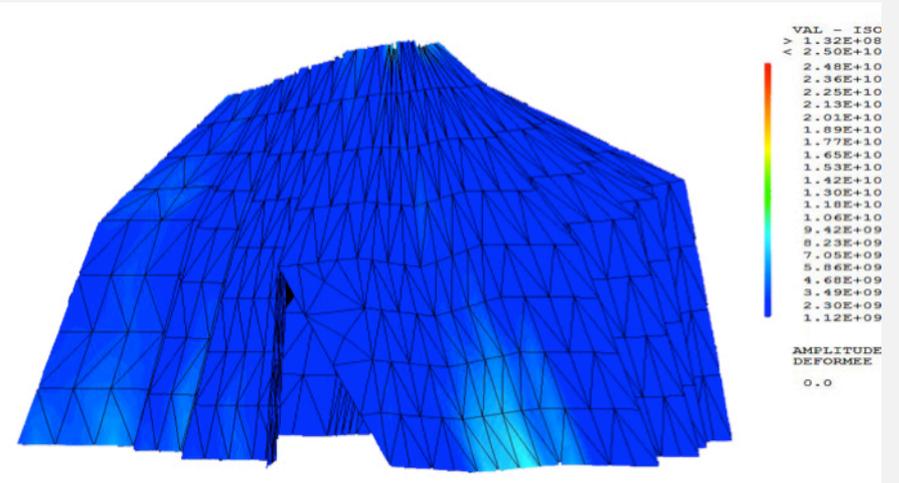
- Evaluation Structurelle (Castem[®] & Grasshopper[®])
 - *Calcul des déformations*



Support d'appuis



Chargement



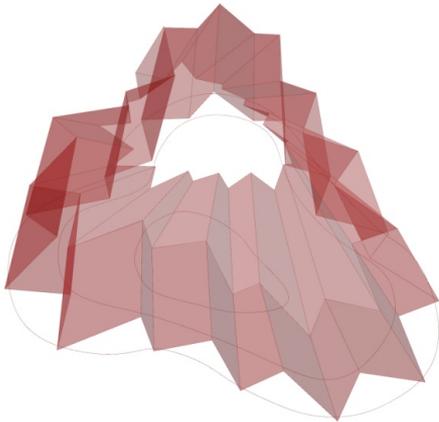
Simulation

Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

- Modélisation des assemblages (*Grasshopper*[®])

Assemblage par entures



TECHNOLOGIE D'ASSEMBLAGE

PARAMÈTRES ARCHITECTURAUX:

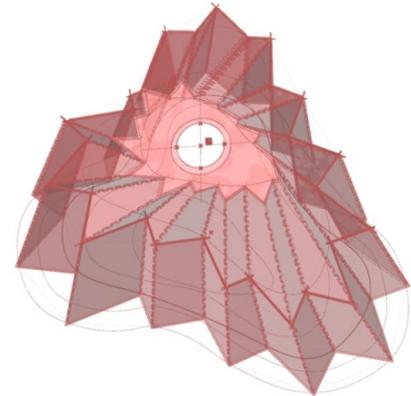
- esthétique de l'assemblage

PARAMÈTRES STRUCTURAUX:

- stabilité

PARAMÈTRES TECHNIQUES:

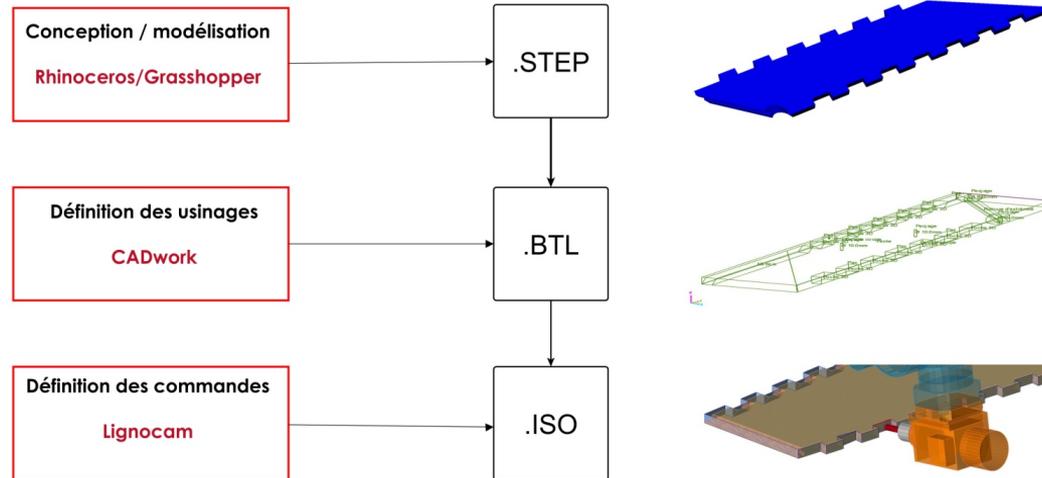
- usinage



Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

- Chaîne de fabrication numérique (*Rhinceros & Grasshopper*[®] /CADworks /Lignocam)



Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

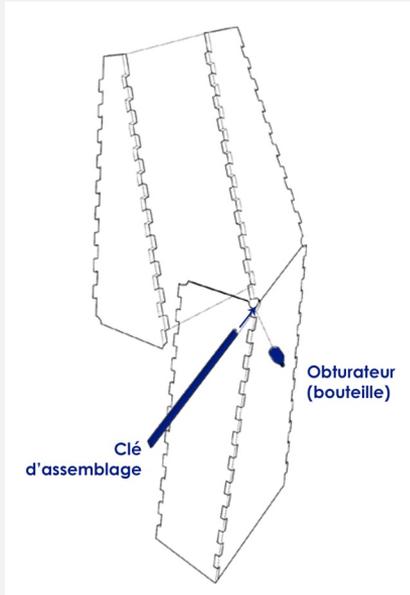
- Usinage (*ENSTIB – Université de Lorraine*)



Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

- Assemblage (*Défis du Bois* - 2014)



Le pli, une figure d'interface entre architecture et ingénierie

Méthode de conception :

- Validation (*Test de charge*)





Modèles et environnements numériques pour la conception en architecture

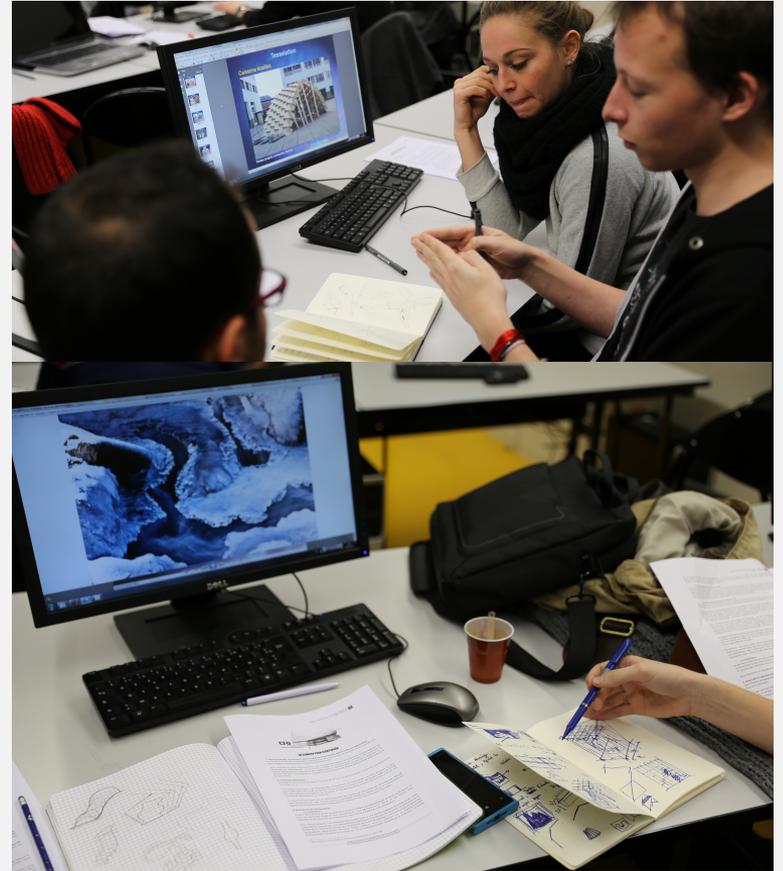
3. CFD – Conception Fabrication Digitale

Workshop ENSarchitecture Nancy
MAP-CRAI

Conception Fabrication Digitale

Démarche :

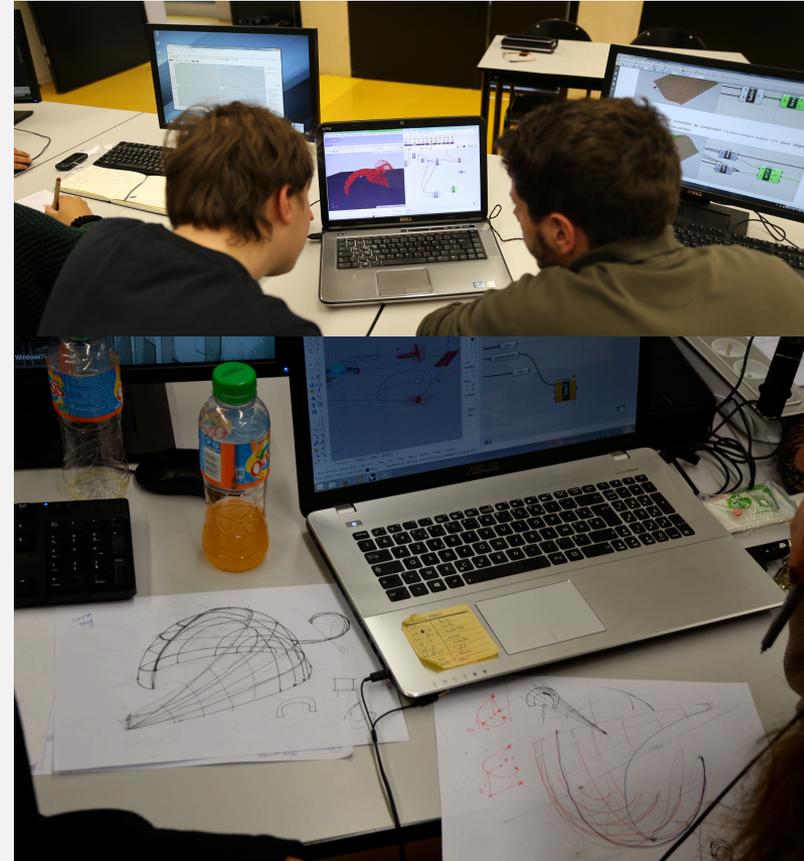
- Morphogénèse
 - Opérer une interprétation & géométrisation de formes inspirées de la nature



Conception Fabrication Digitale

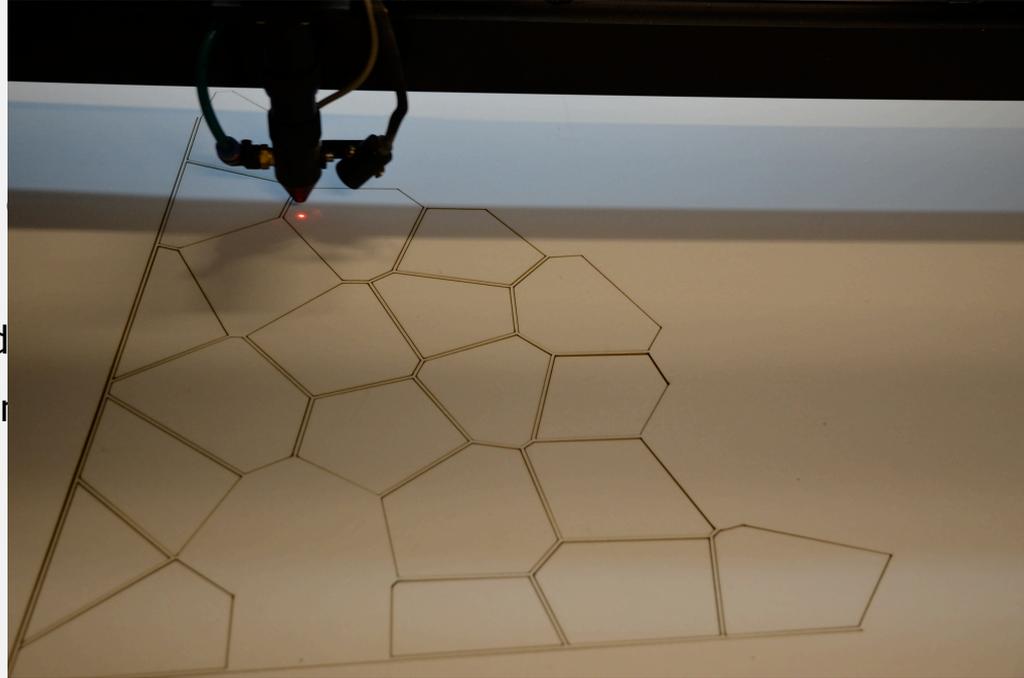
Démarche :

- Conception et modélisation architecture
 - Concevoir une réponse architecturale et la modéliser
 - Recherche et exploration de solution pertinentes
 - Intégration de contraintes (constructives, matérielle)
 - Intégration de la dimension sensible



Démarche :

- Matérialisation
 - Proposer une interprétation matérielle
 - Proposer une nouvelle matérialité
 - Association de différentes techniques de fabrication
 - Découpe Laser, impression 3D & techniques classiques
 - Créativité !



Conception Fabrication Digitale

Démarche :

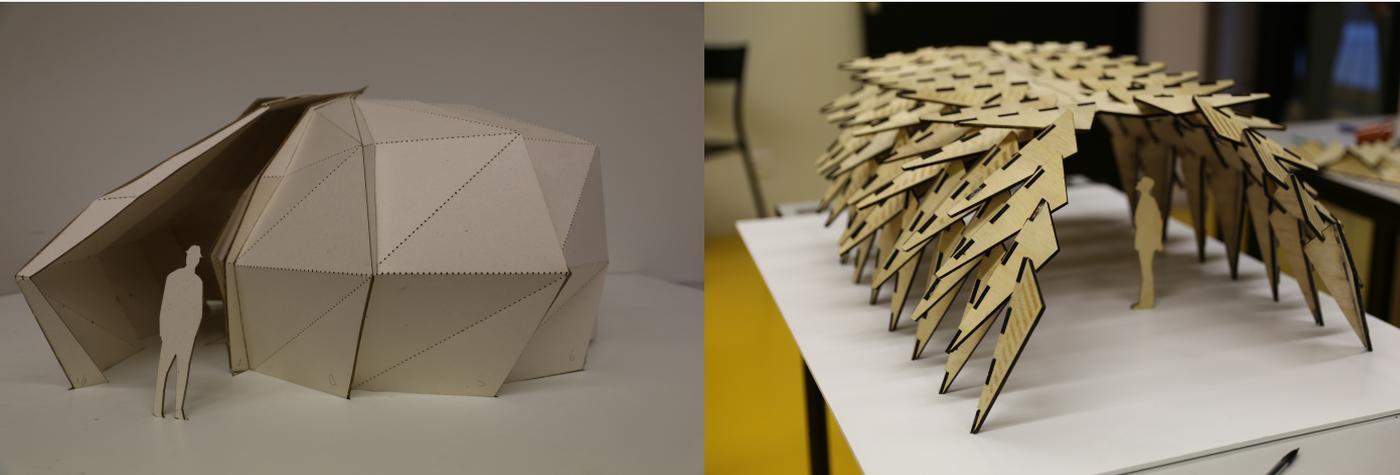
- Fabrication et montage
 - Assembler les différentes composantes
 - Utilisation de plusieurs techniques



Conception Fabrication Digitale

Démarche :

- Finalisation
 - Finalisation et exposition des maquettes





Modèles et environnements numériques pour la conception en architecture

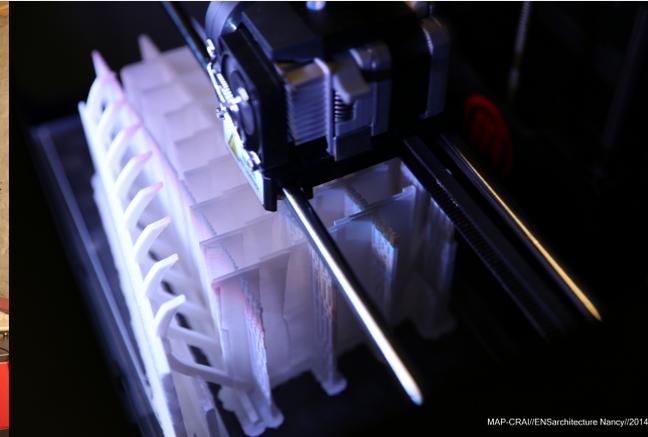
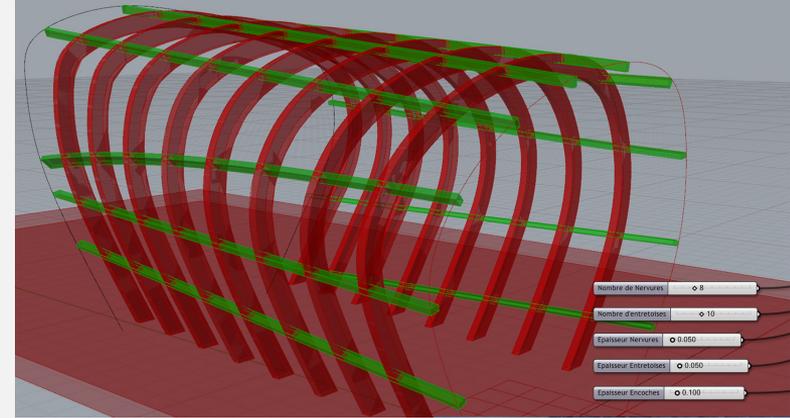
4. MAN – Modélisation Architecturale Numérique

Faculté des Sciences Appliquées – Université de Liège
LUCID
FabLab de Liège

Modélisation Architecturale Numérique

Contexte :

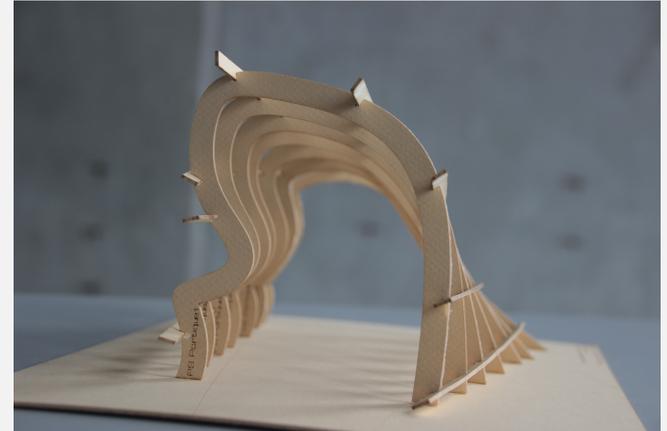
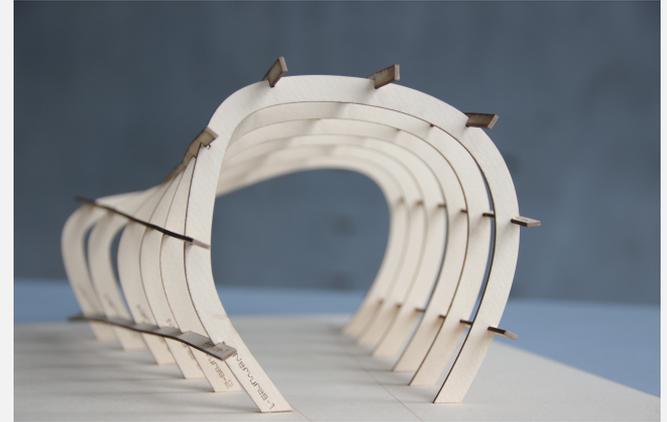
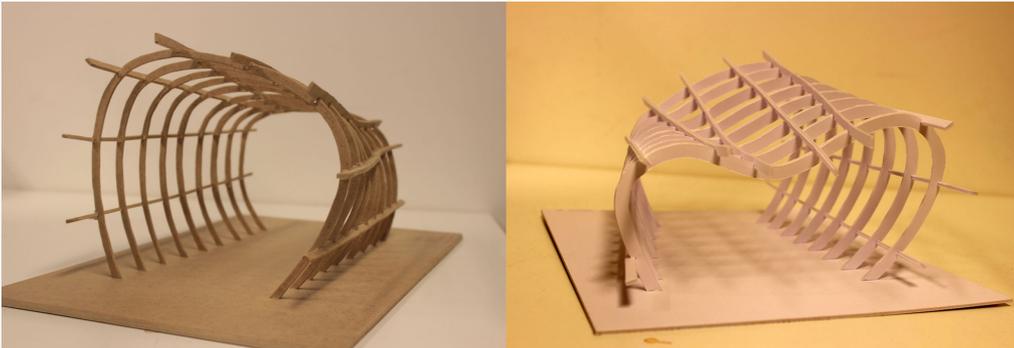
- Initiation à la modélisation paramétrique
 - Dimension dynamique & exploratoire
- Initiation aux techniques de fabrication numériques
 - Usages, apports & limites

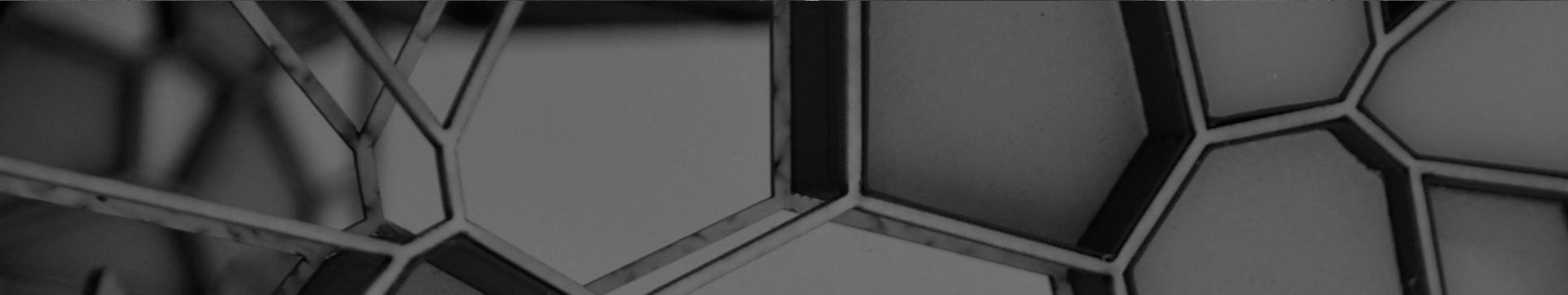


Modélisation Architecturale Numérique

Résultats :

- Création de modèle paramétriques (structure non-standard)
 - Intégration de contraintes
- Fabrication des modèles physiques
 - Techniques classiques & numériques





Modèles, méthodes et outils pour l'étude du bâti patrimonial



Modèles, méthodes et outils pour l'étude du bâti patrimonial

1. Le Pont d'Avignon : archéologie, histoire, géomorphologie, environnement, reconstruction 3D

Le Pont d'Avignon : archéologie, histoire, géomorphologie, environnement, reconstruction 3D

Objectifs :

- rassembler et synthétiser les connaissances objectives sur le pont Saint-Bénézet



Le Pont d'Avignon : archéologie, histoire, géomorphologie, environnement, reconstruction 3D



Le Pont d'Avignon : archéologie, histoire, géomorphologie, environnement, reconstruction 3D





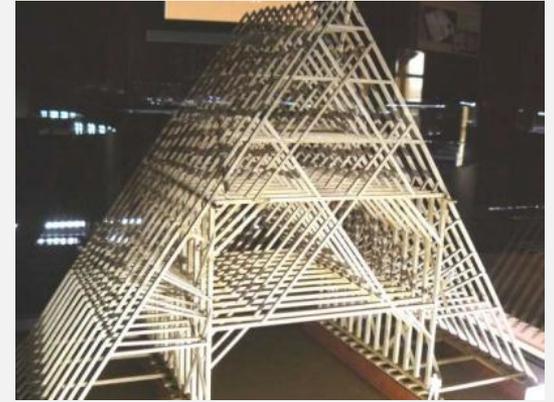
Modèles, méthodes et outils pour l'étude du bâti patrimonial

2. Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

Thèse de Doctorat
Kevin Jacquot

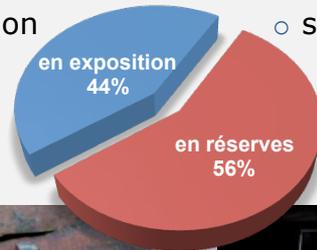
Modèles, méthodes et outils pour l'étude du bâti patrimonial

- Contexte de recherche
 - La valeur patrimoniale des maquettes d'architecture
 - Un témoignage
 - Outil de représentation en trois dimensions
 - Synthèse de connaissances
 - Une intention artistique
 - Un pouvoir d'évocation et de fascination
 - L'échelle de la représentation et le niveau de détail
 - La quantité de maquettes
 - Les grandes collections françaises
 - Les maquettes en plâtre, les maquettes de charpentes et les maquettes modernes de la Cité de l'Architecture
 - La collection des Plans-reliefs



Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

- Réalisés de Louis XIV à Napoléon III
- 101 plans-reliefs classés Monument historique
- 100 maquettes subsistent sur les 260 réalisées
- Témoignage de la formation des frontières françaises



- Fragilités
 - bâtiments en tilleul et papiers gravés
 - ouvertures en papiers collés
 - végétation en soie et fil de fer
 - sol en sable fin sur lit de colle

- Caractéristiques
 - échelle : 1 pied pour 100 toises
1/600
 - surface de 0,2 à 160 m²
(moyenne : 20 m²)
 - des maquettes composées de 1 à 50 tables (moyenne : 13 tables)
 - des tables pouvant atteindre 100 kg



Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

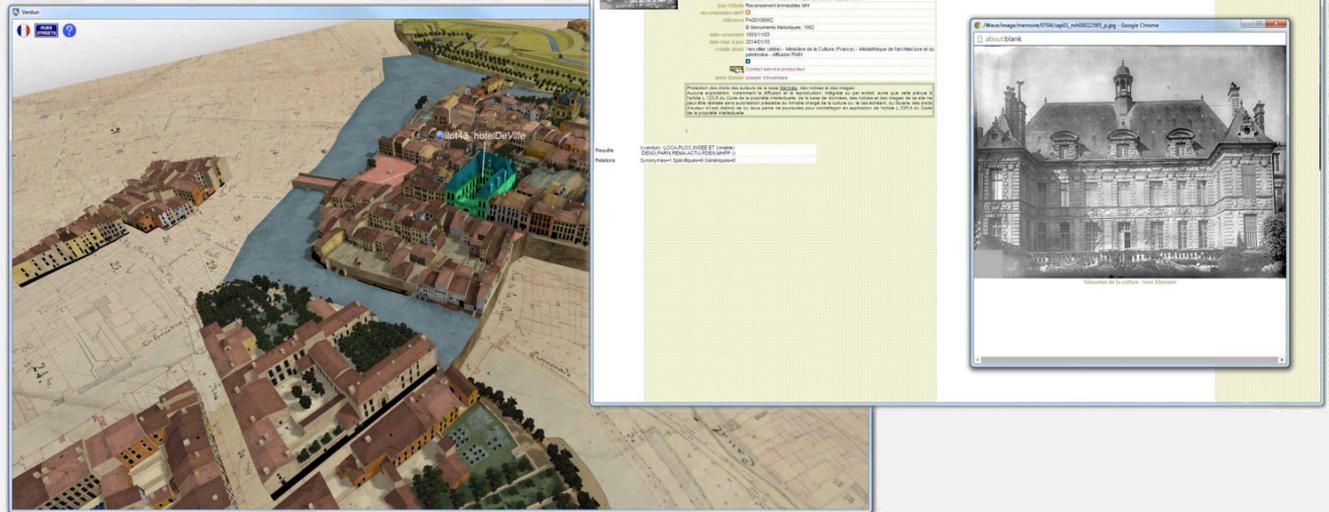
- État de la collection

- Des maquettes réalisées entre la fin du XVIIe et la fin du XIXe siècle
- Des matériaux de construction fragiles (soie, papier, sable, etc.)
- Environnement d'exposition contrôlé
- Mesures de protection



Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

- Objectifs
 - Création d'archives 3D
 - Valorisation des maquettes par la création d'un système d'information 3D

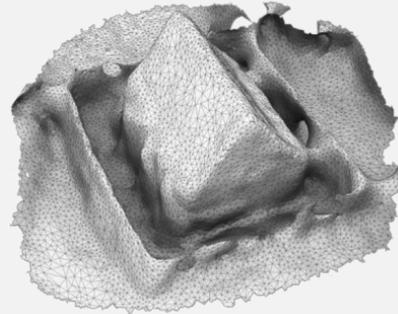


Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

- Les méthodes et moyens

- 1. Acquisition numérique

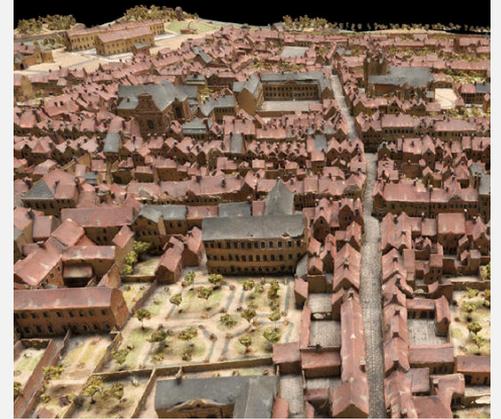
- outils : scanner laser 3D, photogrammétrie
 - logiciels : Géomagic, PhotoModeler, 123D Catch
 - résultats : nuage de points, modèle 3D maillé
 - contrainte : disposer du plan relief
 - exploitation : navigation visuelle, vidéo, images, sauvegarde numérique de l'objet culturel



- avantage : pas besoin de connaissance du plan relief

- inconvénients

- Volume du modèle élevé
 - pas de connaissance sur le modèle
 - bâtiment, rue, événements historiques, évolution,...
 - coût assez élevé
 - Saint-Omer : 61 m² - 416 000 euros HT (6 820 euros/m²)



Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

- Les méthodes et moyens

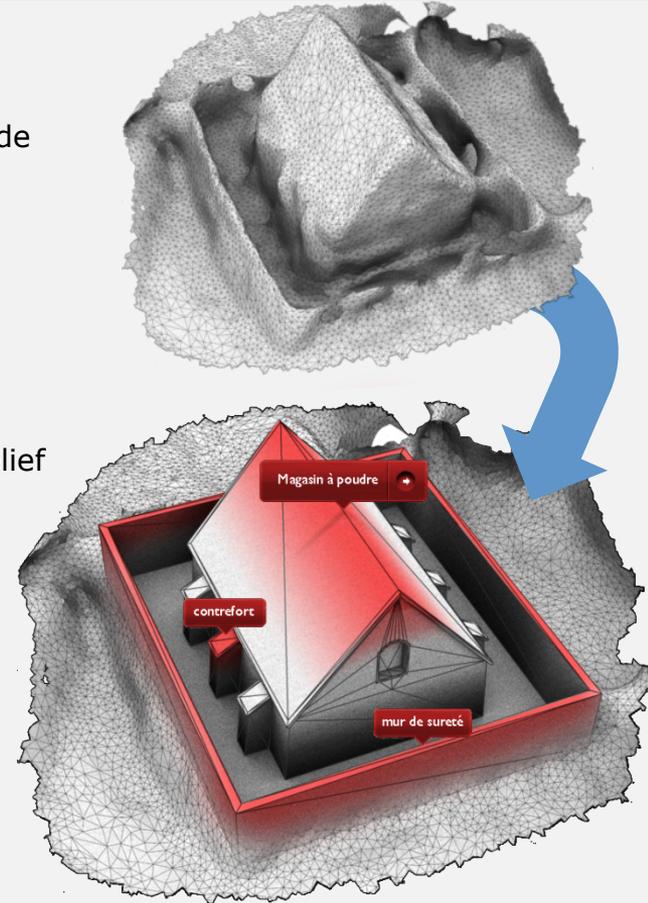
- 2. Modélisation 3D sémantique à partir d'un modèle 3D maillé (ou des cahiers de développement)

- point de départ : un modèle 3D maillé
- outils : méthode automatique : modeleur spécialisé (MAP-CRAI)
- résultats : modèle 3D sémantique
- exploitation : nombreuses formes d'exploitation culturelle, pédagogique, territoriale, historique
- représentation numérique et sémantique de la ville à l'époque du plan relief
- contraintes :
 - disposer d'un modèle 3D maillé (ou des cahiers de développement)
 - disposer de connaissances sur le plan-relief

- avantages : nombreuses exploitations

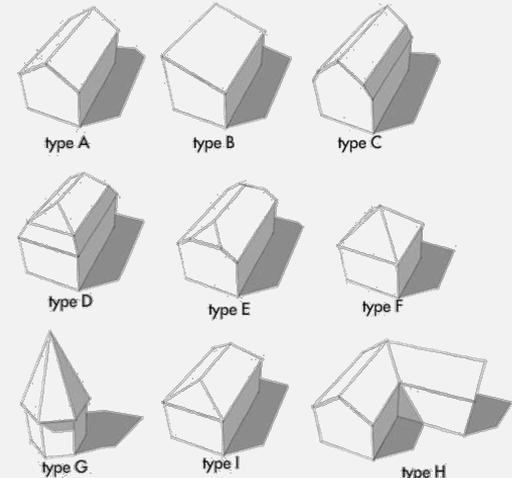
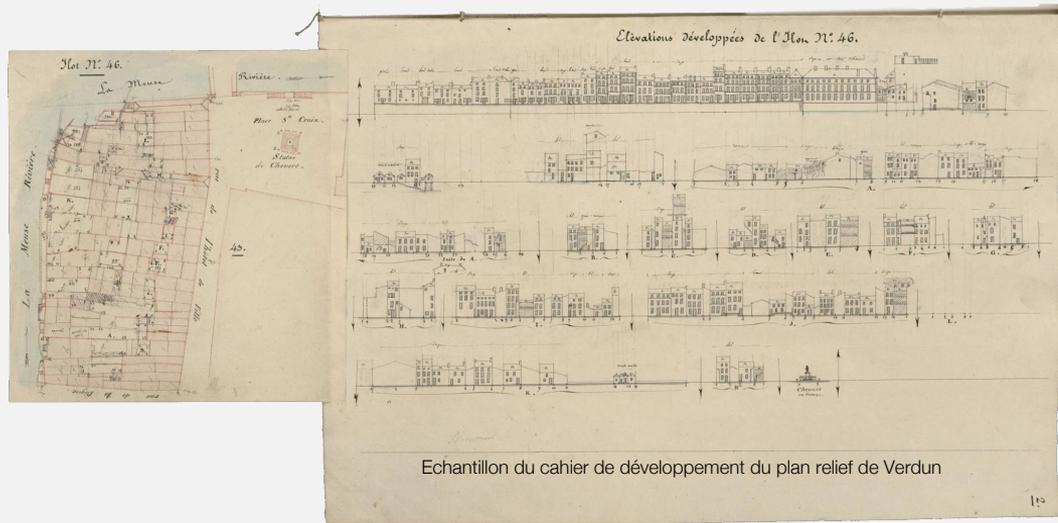
- inconvénients :

- ceux de l'acquisition numérique (coût, disponibilité du plan-relief)
- temps de modélisation : manuelle ou automatique



Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

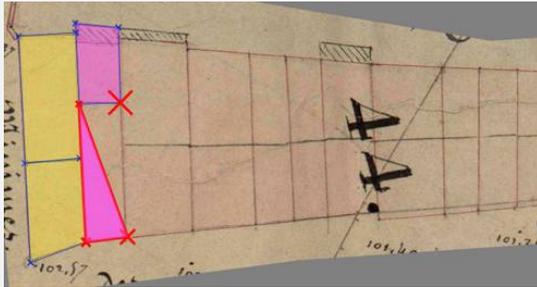
- La méthode proposée
 - Modélisation 3D sémantique à partir des cahiers de développement :
 - Analyse des cahiers de développement pour en extraire les grandes typologies de bâtiments
 - Création d'une bibliothèque de bâtiments paramétriques (modèles 3D prédéfinis et ajustable)



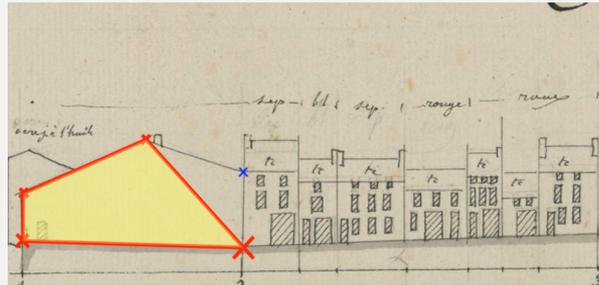
Typologie des bâtiments présents dans les cahiers de développement

Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

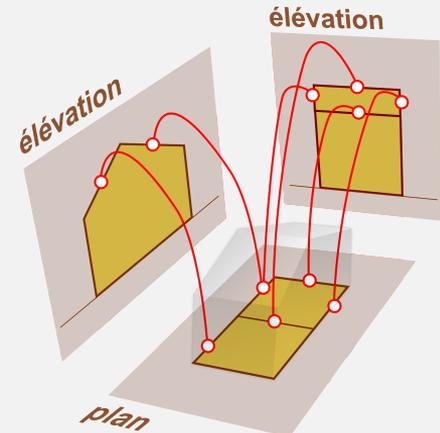
- Méthode en 3 étapes :
 - Traçage des polygones sur les plans issus des cahiers de développement ;
 - Traçage des polygones sur les élévations issues des cahiers de développement ;
 - Dessin des ouvertures ;
 - Spécification des textures (couleurs + effets de matière) pour chaque polygone.
 - Mise en place des relations entre les « polygones plans » et les « polygones élévations ».



Création des polygones sur les plans



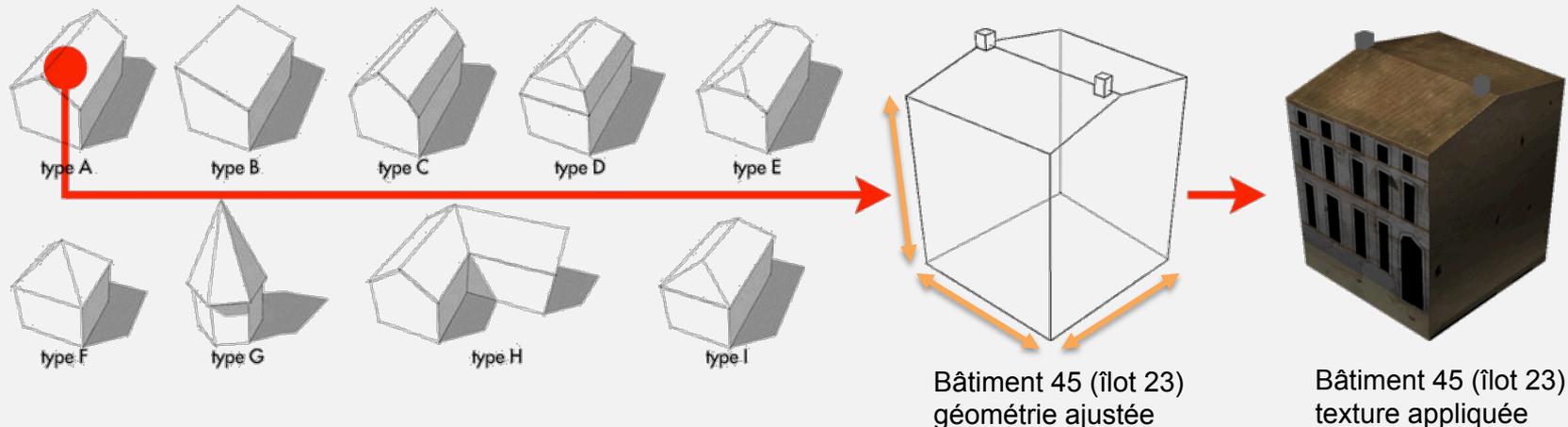
Création des polygones sur les élévations



Principe de la mise en place des relations

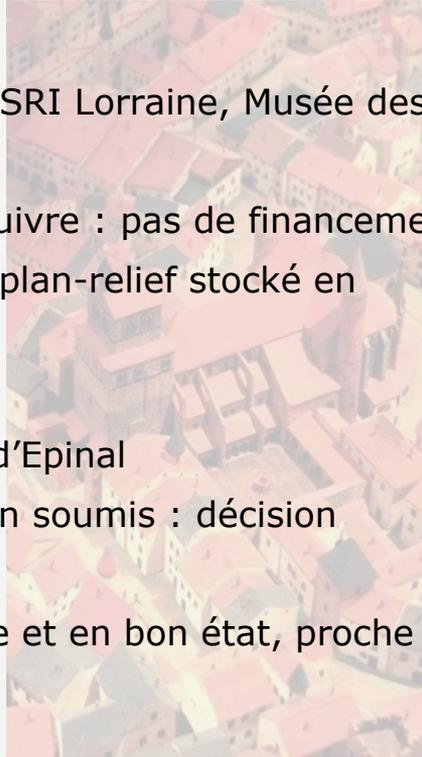
Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

- Modélisation 3D sémantique à partir des cahiers de développement (3)
- Résultats
 - ↪ Sélection d'un modèle type de bâtiment depuis la bibliothèque de bâtiments prédéfinis
 - ↪ Ajustement automatique des modèles prédéfinis de bâtiments aux bonnes dimensions
 - ↪ Application automatique des textures (couleurs + effets de matière) aux modèles recréés



Numérisation des plans-reliefs pour la visualisation interactive 3D

- Plan-relief Toul
 - Partenaires : MCC, SRI Lorraine, Musée des plans-reliefs
 - SRI souhaite poursuivre : pas de financement
 - Blocage : accès au plan-relief stocké en container
- Maquette Epinal
 - Partenaires : Pays d'Epinal
 - Projet de convention soumis : décision reportée
 - Maquette accessible et en bon état, proche d'un plan-relief



- Plan-relief de Verdun
 - Partenaire : ville de Verdun
 - Projet de convention soumis : décision en cours
 - Pas d'accès à la maquette
 - Modélisation à partir des cahiers de développement
- Plan-relief de Strasbourg
 - Partenaire : Musée d'histoire de Strasbourg, DRAC, Ingeo, Page, ESRI
 - Projet soumis à l'ANR
 - Modélisation à partir de la maquette par photogrammétrie

