

## Journée thématique MoDyS 2012

### *Représentation d'environnements architecturaux complexes et simulation d'éclairage*

Daniel Meneveau  
 Laboratoire XLIM, UMR CNRS 7252, département SIC  
 Université de Poitiers

# Plan de la présentation

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

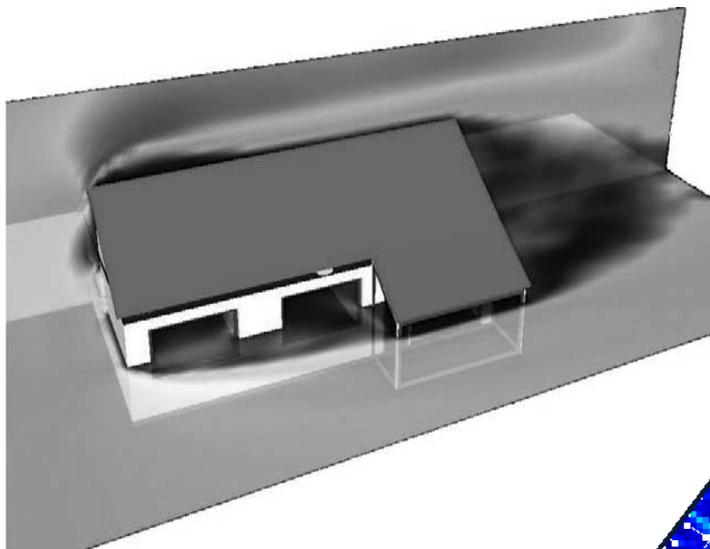
- **Introduction, problématique**
- **La simulation pour l'architecture (travaux existants)**
  - modèles géométriques
  - matériaux pour la simulation
  - besoins de topologie
- **Représentation d'environnements complexes**
  - Modeleur de bâtiments (niveaux de détail)
  - Reconstruction à partir de plans
- **Simulation d'éclairage**
  - utiliser les informations topologiques
  - réaliser la simulation, quelques résultats
- **Conclusions**

# Introduction

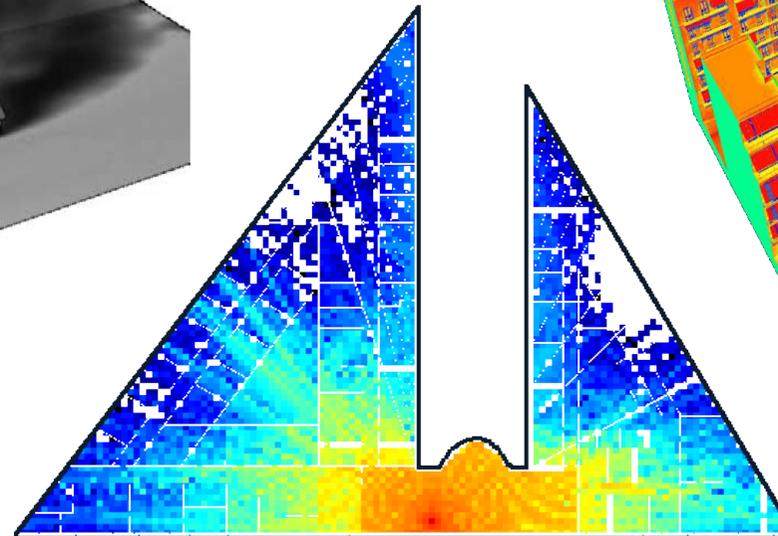
Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## □ Architecture et simulation :

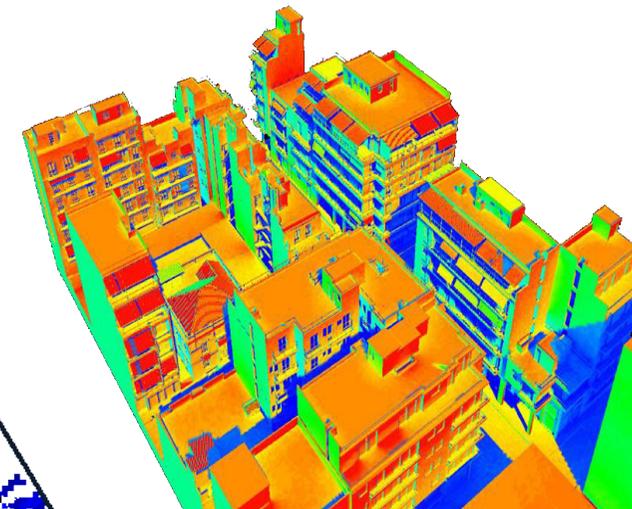
- nombreuses études, domaines variés
- éclairage, acoustique, thermique, aération
- pour l'intérieur (bâtiments) et pour l'extérieur (urbanisme)



Vent [BC2007]



Radio [CVPA06]



Eclairage [NP03]

# Modèles nécessaires

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## □ Modèles géométriques

- forme des bâtiments
- informations de voisinage

## □ Modèles de matériaux

- dépendant des applications/simulations
- acoustique, thermique, éclairage
- les dimensions supports différent (volumes, surfaces, mixtes, etc.)

## □ Modèles sémantiques

- autres informations : volume=pièce/mur/escalier
- selon les dimensions : arêtes=côtés des faces/linéaires/autre ?

## □ Modèles topologiques

- très importants pour la modélisation
- cohérence de l'ensemble

# Verrous, problématique

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## □ **Nombreux modèles**

- forme des bâtiments (modèles géométriques)
- matériaux, dépendant de la simulation
- informations sémantiques (murs, ouvertures, vides sanitaires, etc.)
- dimension de travail : parfois 2D, parfois 2,5D, parfois 3D

## □ **Hétérogénéité des traitements**

- disciplines distinctes
- même bâtiments, représentations multiples
- nombreuses opérations manuelles
- ***pourtant, il s'agit bien du même bâtiment !!!***

## □ **Recherche d'homogénéisation**

- depuis quelques années (IFC)
- encore peu exploité

# Plan de la présentation

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

- **Introduction, problématique**
- **La simulation pour l'architecture (travaux existants)**
  - modèles géométriques
  - matériaux pour la simulation
  - besoins de topologie
- **Représentation d'environnements complexes**
  - Modeleur de bâtiments (niveaux de détail)
  - Reconstruction à partir de plans
- **Simulation d'éclairage**
  - utiliser les informations topologiques
  - réaliser la simulation, quelques résultats
- **Conclusions**

# Travaux existants

Introduction – **existant** – modélisation – éclairage – conclusion

- **Représentation d'environnements**
  - informations à partir de plans (analyse d'images)
  - proposition de modèles topologiques dédiés
- **Modèles indépendants des outils de simulation**
  - seulement pour la modélisation/représentation
  - pas ou peu de liens avec la simulation
- **Difficulté majeure :**
  - disciplines multiples (modélisation, architecture, simulation, etc.)
  - communautés très éloignées
- **Objectifs**
  - proposer un modèle de représentation
  - adapté à plusieurs champs disciplinaires
  - adapté à modélisation géométrique et simulation d'éclairage

# Travaux existants : modèles

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## □ Modèles géométriques

- représentations très simples
- primitives géométriques : triangles, rectangles, sphères, etc.

## □ Modèles de matériaux

- très nombreux, dépendent de la simulation
- éclairage [Lambert, Phong, Cook, Oren, Ward, Lafortune, Walter, etc.]
- idem pour chaque discipline

## □ Besoin important souvent négligé : la topologie

- nombreux travaux pour la synthèse d'images
- important pour conserver la cohérence des objets/formes

## □ Principe : profiter de leur richesse pour la simulation

## □ Une application : simulation d'éclairage

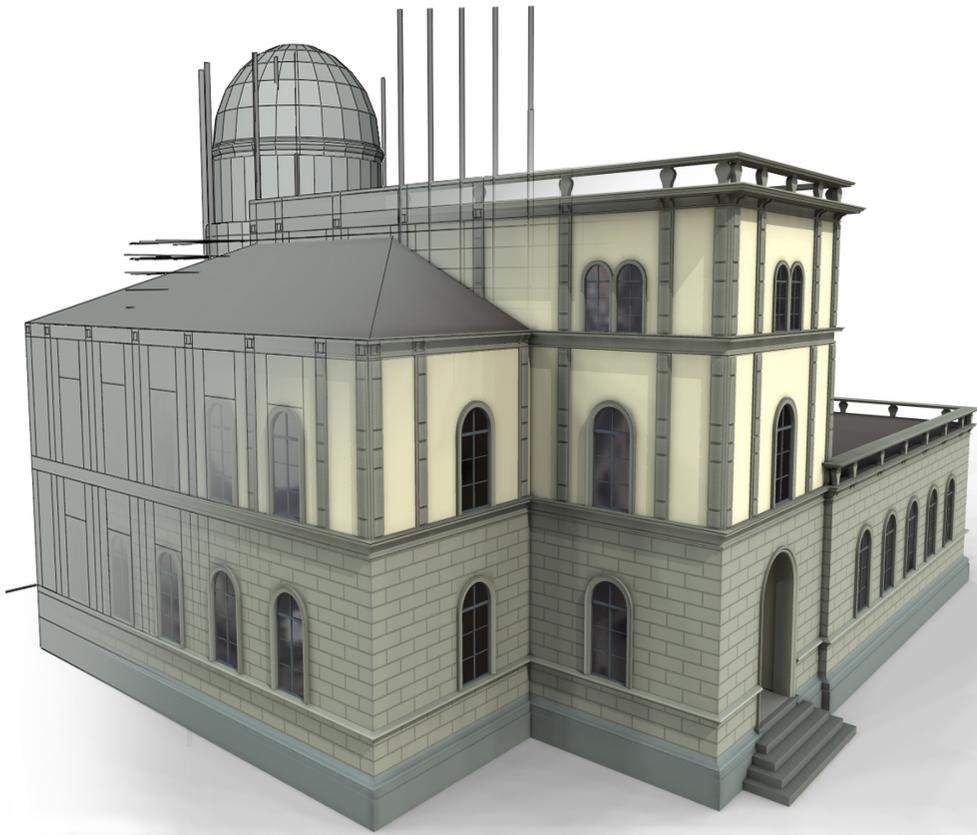
# Exemple

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion



# Modélisation procédurale

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

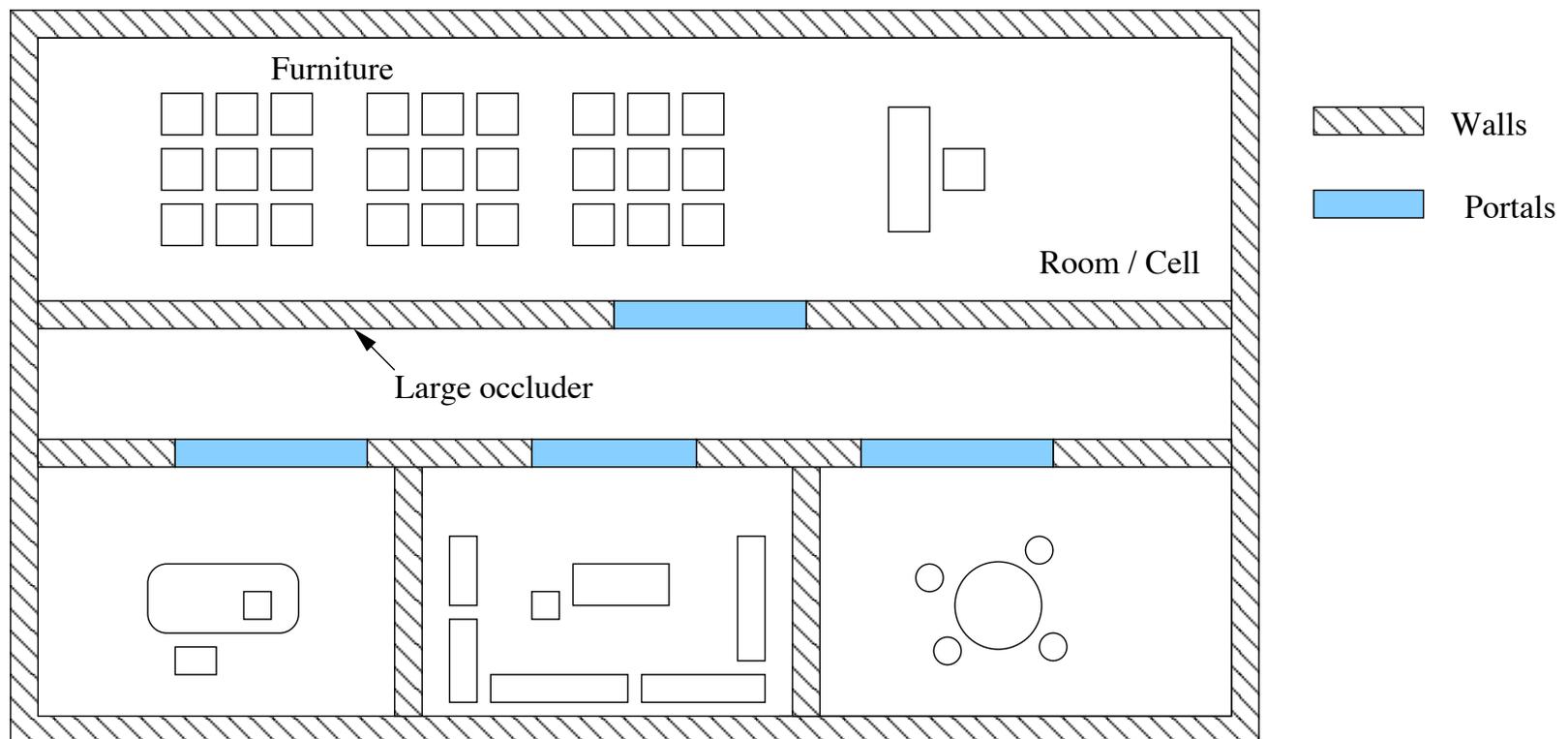


Modélisation procédurale [MWH06]

# Besoins

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

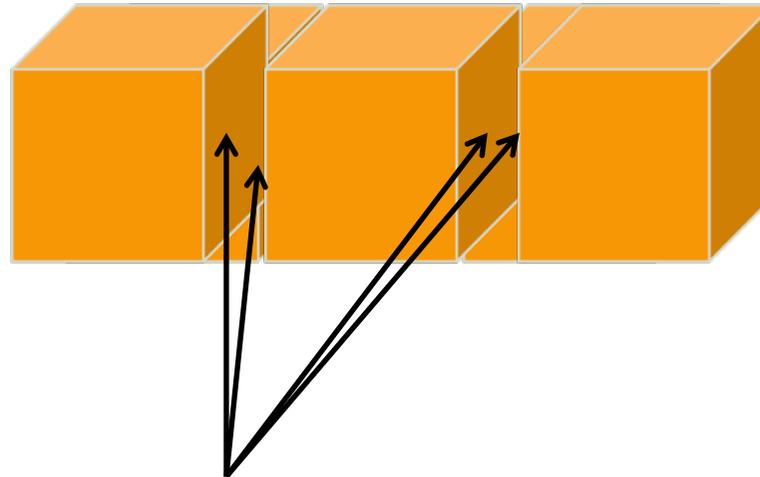
- ❑ Volumes (murs, pièces, ouvertures, etc.)
- ❑ Faces (matériaux : peintures, tapisseries, sols, plafonds, etc.)
- ❑ Arêtes (représentations planes, faces, arêtes)



# Besoins

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

- Informations d'adjacence et d'incidence
  - Entre volumes (faces partagées)



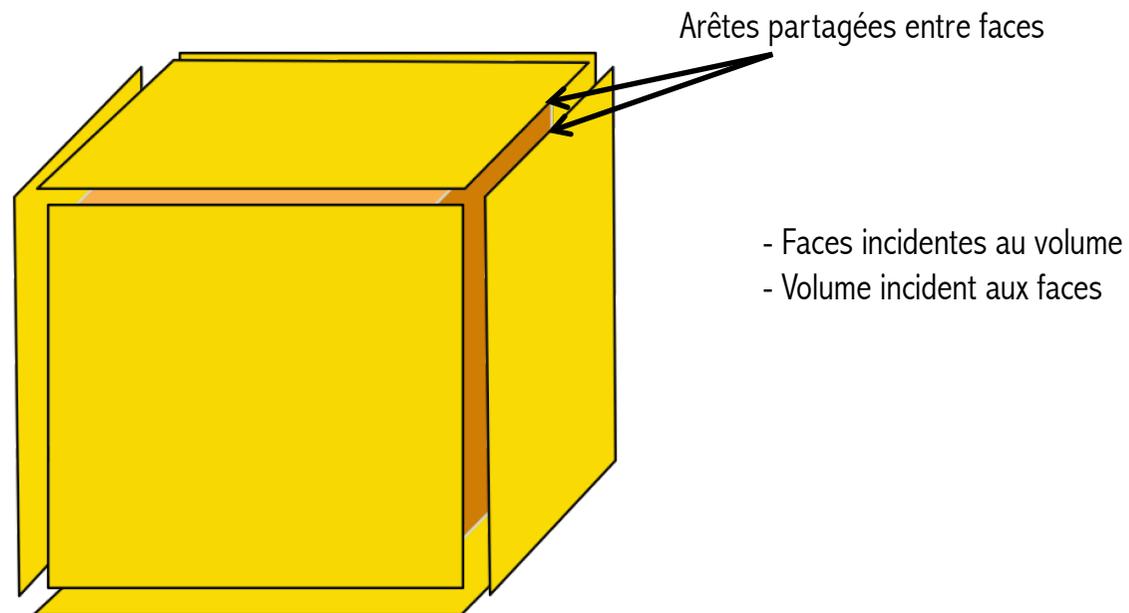
Faces partagées entre volumes  
(une seule face, appartenant aux deux volumes...)

# Besoins

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## ■ Informations d'adjacence et d'incidence

- Entre volumes (faces partagées)
- Entre faces (arêtes partagées)

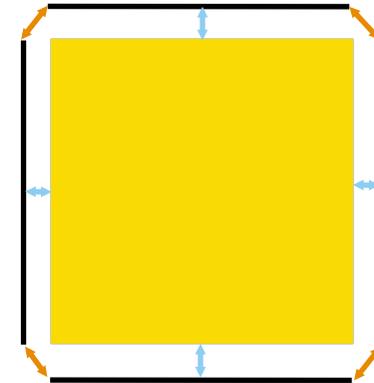


# Besoins

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## ■ Informations d'adjacence et d'incidence

- Entre volumes (faces partagées)
- Entre faces (arêtes partagées)
- Etc. (pour toutes les dimensions)



## ■ Représentation topologique

- architecture : récemment plusieurs modèles (graphes)
- informatique graphique : 20 ans de travaux  
[Brisson, Lienhardt, DeFloriani, etc.]

(graphes, cartes, cartes généralisées, arêtes ailées, etc.)

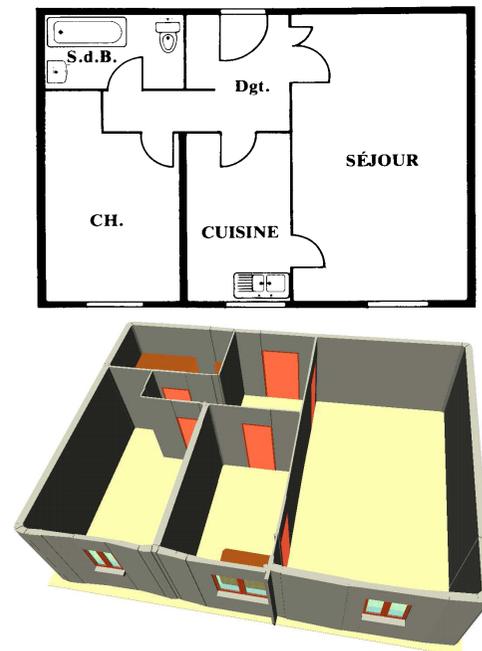
# Existant en architecture

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

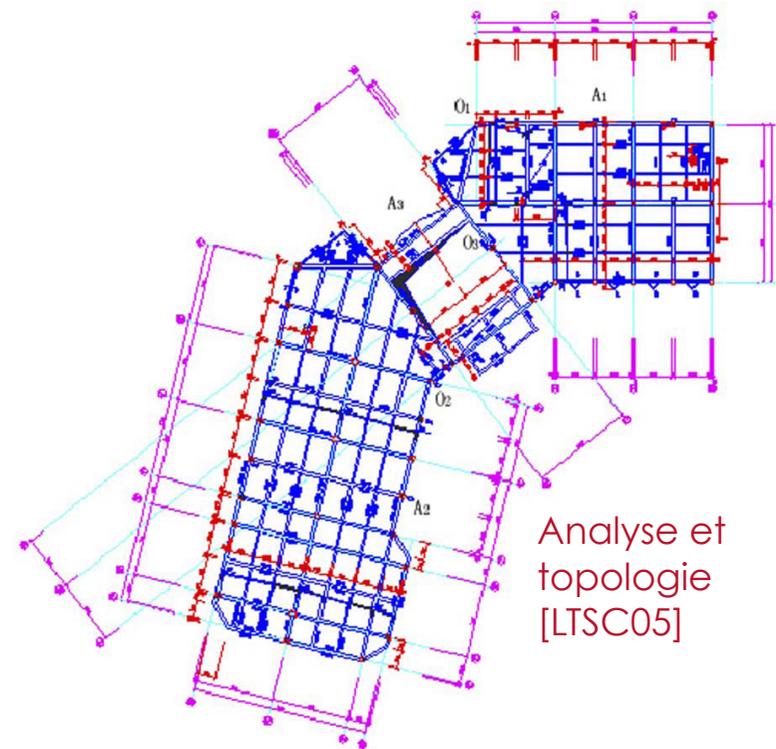
## ■ Etudes récentes en architecture

- plus récent que pour l'informatique graphique
- peu de communication entre les disciplines

Plan d'un 2 pièces de 51,38 m<sup>2</sup>

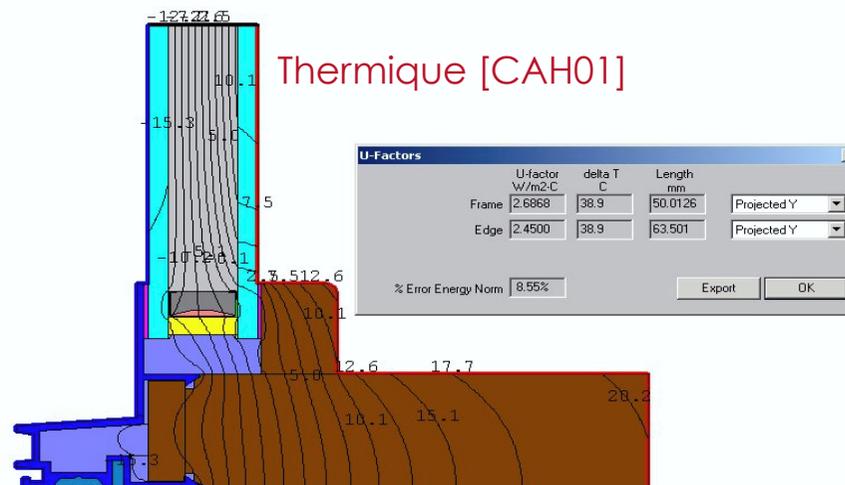
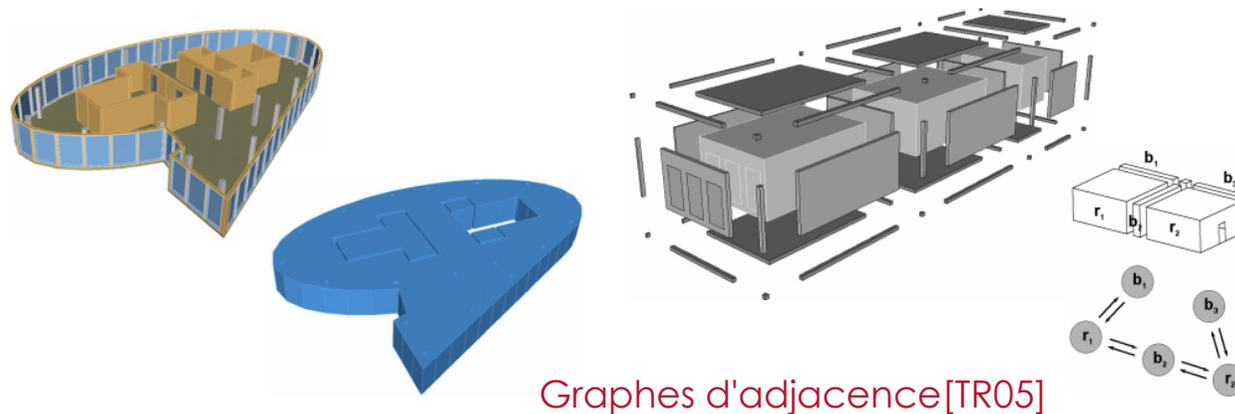


Reconnaissance plans [AhSon01]



# Existant en architecture

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion



# Représentation informatique

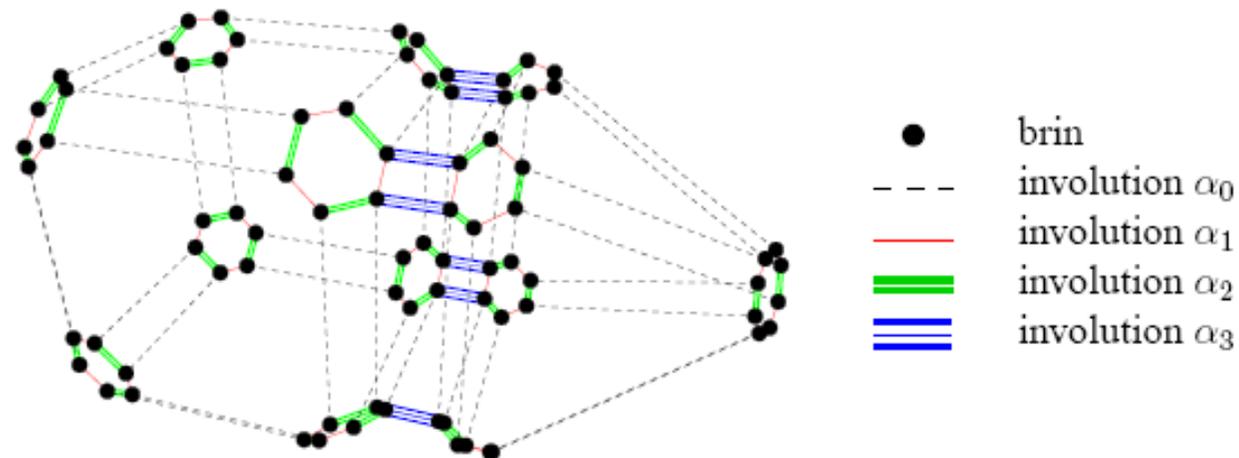
Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## □ Choix de modèle

- cartes généralisées [Lienahrtdt91]
- modeleur libre Moka (Poitiers/Lyon)
- détaillées tout à l'heure par Sébastien Horna !

## □ Élément de base : brin

- avec des liens correspondant à chaque dimension



# Plan de la présentation

Introduction – existant – **modélisation** – éclairage – conclusion

- **Introduction, problématique**
- **La simulation pour l'architecture (travaux existants)**
  - modèles géométriques
  - matériaux pour la simulation
  - besoins de topologie
- **Représentation d'environnements complexes**
  - *Modeleur de bâtiments (niveaux de détail)*
  - *Reconstruction à partir de plans*
- **Simulation d'éclairage**
  - utiliser les informations topologiques
  - réaliser la simulation, quelques résultats
- **Conclusions**

# Modeleur de bâtiments

Introduction – existant – **modélisation** – éclairage – conclusion

## □ Objectifs

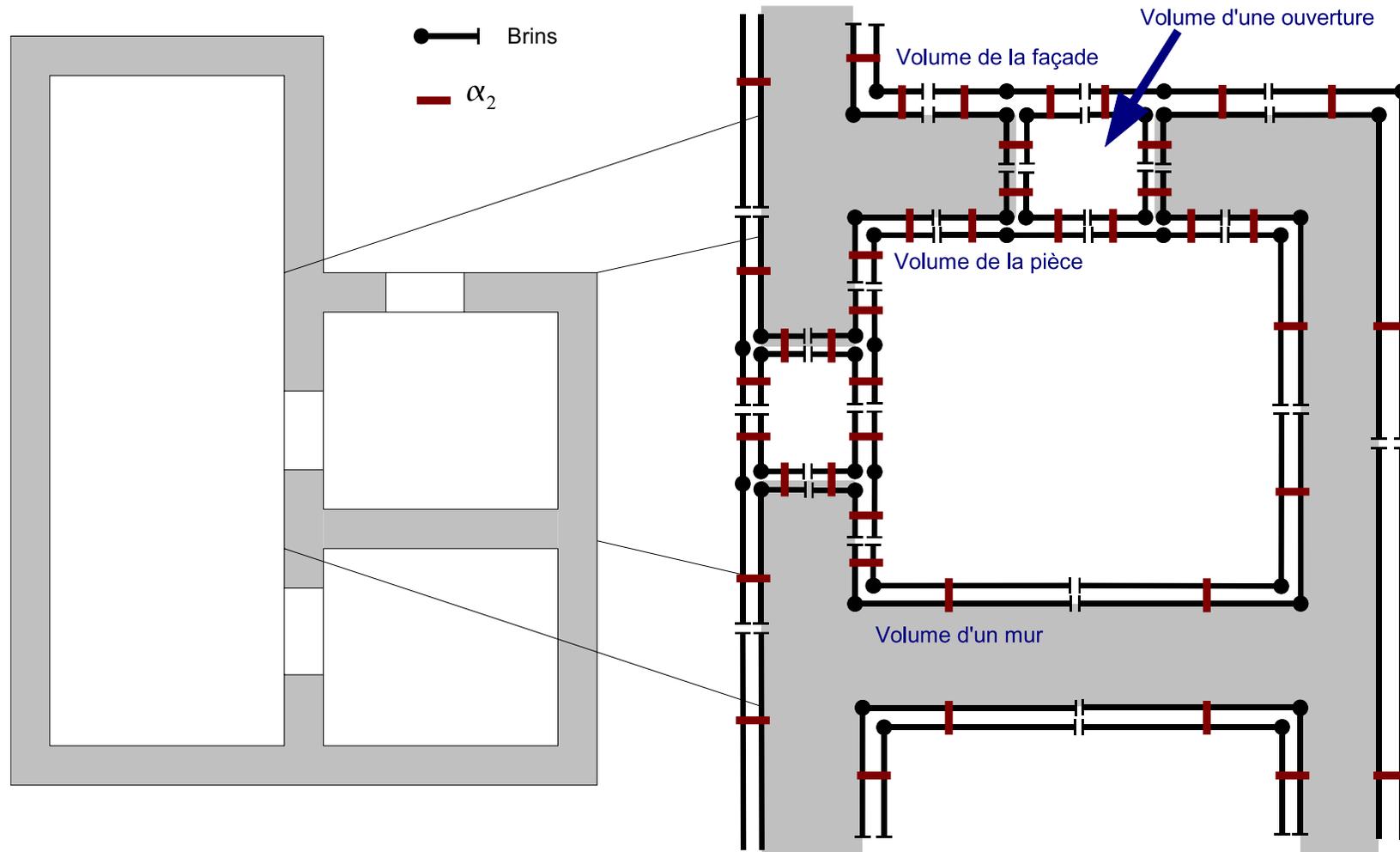
- représentation complète
- structure des bâtiments (façades, étages, pièces)
- adapté à la simulation d'éclairage (faces, ouvertures)
- environnements complexes (niveaux de détails, mémoire)
- facilité de construction (visualisation, interactivité)
- possibilité d'extraire une sélection (selon application)

## □ En pratique

- interface utilisateur dédiée
- construction par étape
- possibilité d'édition possible (mais limitée pour le moment)

# Représentation topologique

Introduction – existant – **modélisation** – éclairage – conclusion

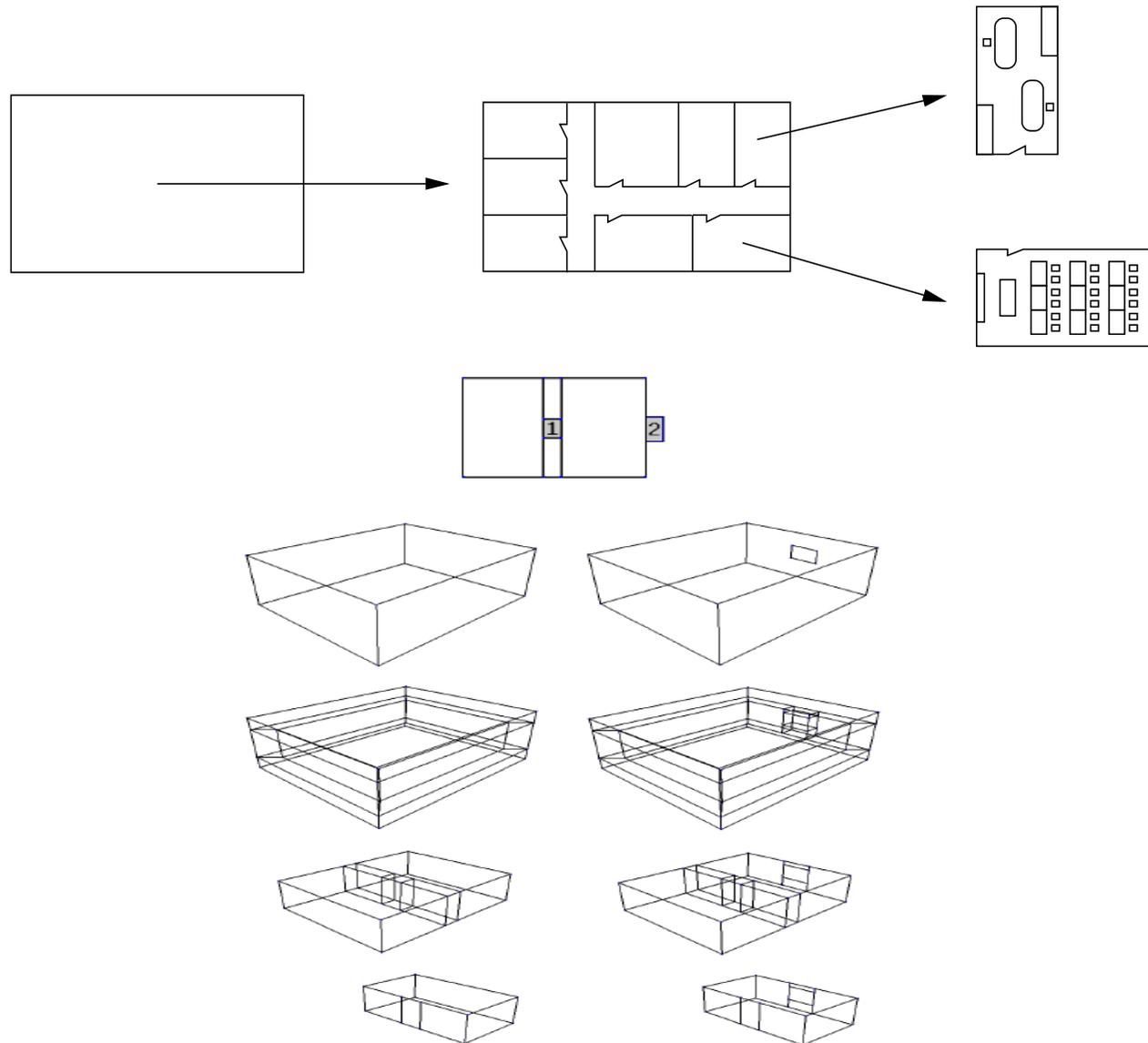


# Modeleur de bâtiments

Introduction – existant – **modélisation** – éclairage – conclusion

- **Opérations hiérarchiques**
  - ajout de nouveaux éléments
  - propagation des modifications dans les LOD
- **Création de groupes**
  - ailes des bâtiments, séries de pièces (bureaux, administration, etc.)
- **Ajouter des objets**
  - manuellement, dans les pièces
  - de manière automatique : programme d'ameublement
- **Gestion des bases de données**
  - Taille sur le disque
  - Informations mémoire
  - Temps de calcul pour les opérations

# Représentation hiérarchique



# Représentation hiérarchique

Modeleur de bâtiments - \_2tmp19.gui [D:\Boulot\PROG\_Batiments\\_2tmp19\]

Fichier Modifications Animation

2D 3D

Bâtiment

- Murs et escaliers
  - Rez De Chaussée
    - Salle cours n°1
    - Salle cours n°2
    - Salle cours n°3
    - Salle cours n°4
    - Bureau n°1
    - Bureau n°2
      - Etagere n°1
      - Etagere n°2
      - Bureau
      - Fauteuil
    - Bureau n°3
    - Bureau n°4
    - Bureau n°5
      - Fauteuil n°1
      - Ordi n°1
      - Bureau n°1
      - Ordi n°2
      - Bureau n°2
      - Fauteuil n°2
    - Bureau n°6
    - Bureau n°7
    - Salle réunion n°1
    - Salle cours n°5
    - Cage d'escalier n°1
    - Cage d'escalier n°2
    - Salle détente n°1
    - Salle détente n°2
    - Salle détente n°3
      - Siège n°1
      - Siège n°2
      - Siège n°3

Rez-De-Chaussée Etage Sélection

Pièce Murs et escaliers

Photométrie Couleurs

Couleur des faces sélectionnées :

<--- Clipboard

Appliquer

Couleur de l'extérieur :

<--- Clipboard

Appliquer

Couleur des tapisseries :

<--- Clipboard

Appliquer

Couleur du sol :

<--- Clipboard

Appliquer

Couleur du plafond :

<--- Clipboard

Appliquer

Paramètres d'affichage Debug Vue éclatée Ray Tracing Ray Browsing Animation Meubler automatiquement

Meubles à insérer automatiquement

Aucun (pièce vide)  Tables et chaises

Au choix (boite de dialogue)  Canapé

Positionner des meubles par rapport

Au barycentre de la pièce

Au coin (Xmin,Ymin) de la pièce

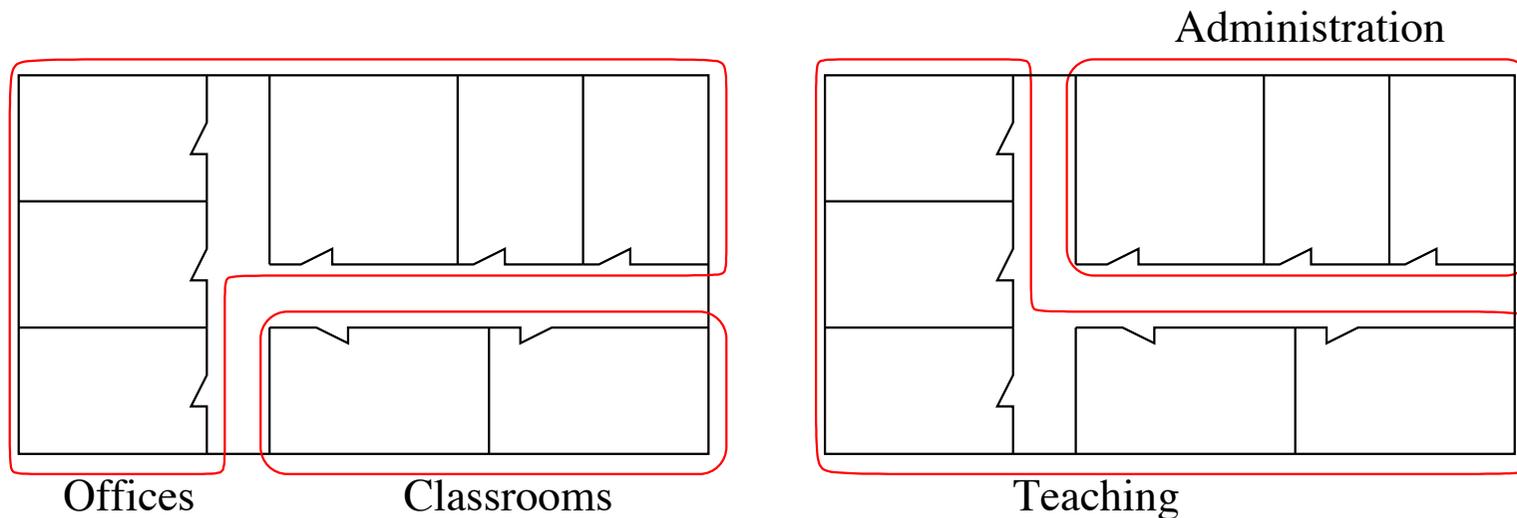
Meubler les pièces sélectionnées

Mode : zoom Echelle : 1 carreau -> 1,00 m Sélection : Rez De Chaussée

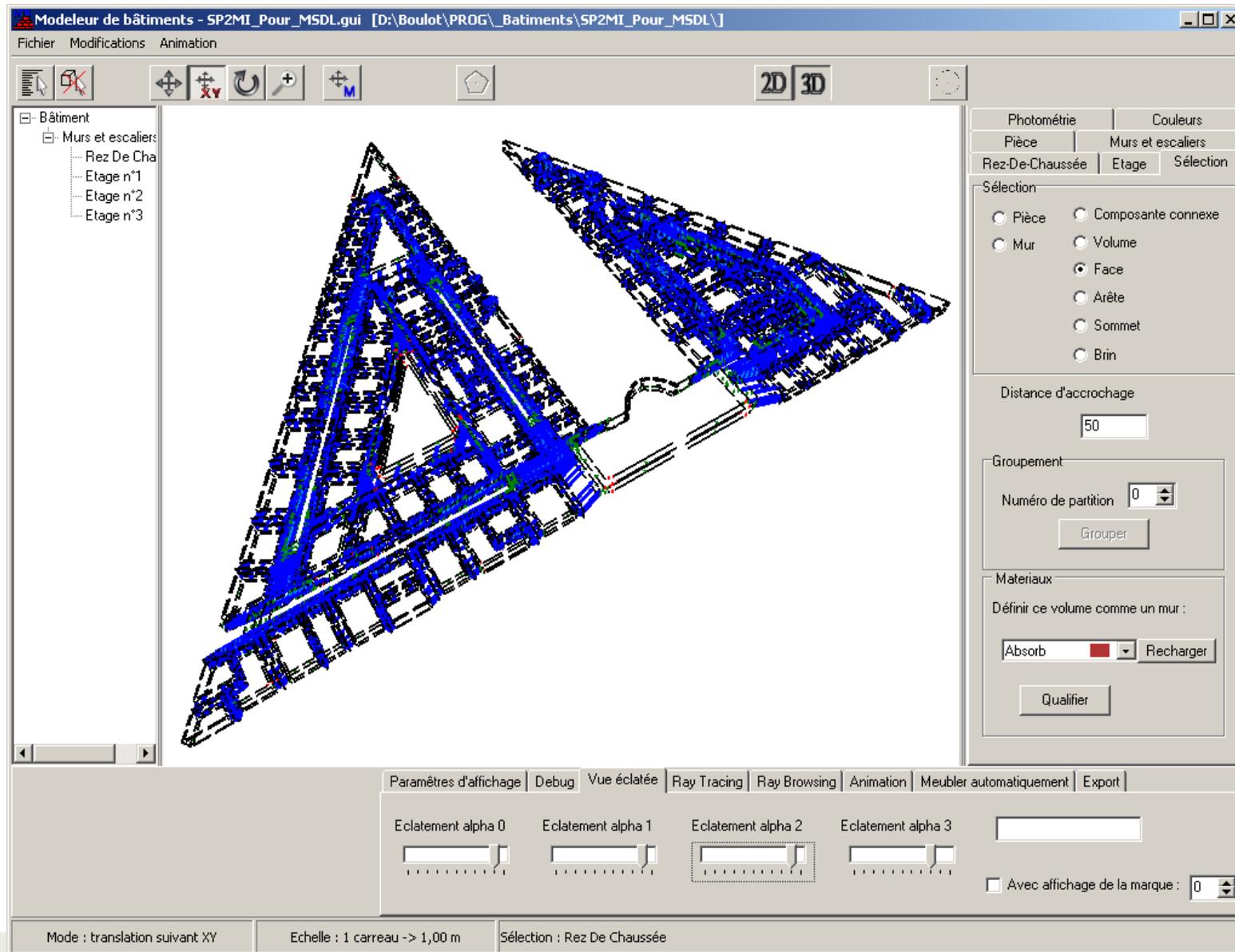
# Multi-partitions

Introduction – existant – **modélisation** – éclairage – conclusion

- ▣ associer des groupes de pièces
- ▣ purement sémantique
- ▣ outil pratique pour des environnements complexes (par exemple hôpitaux de Paris)

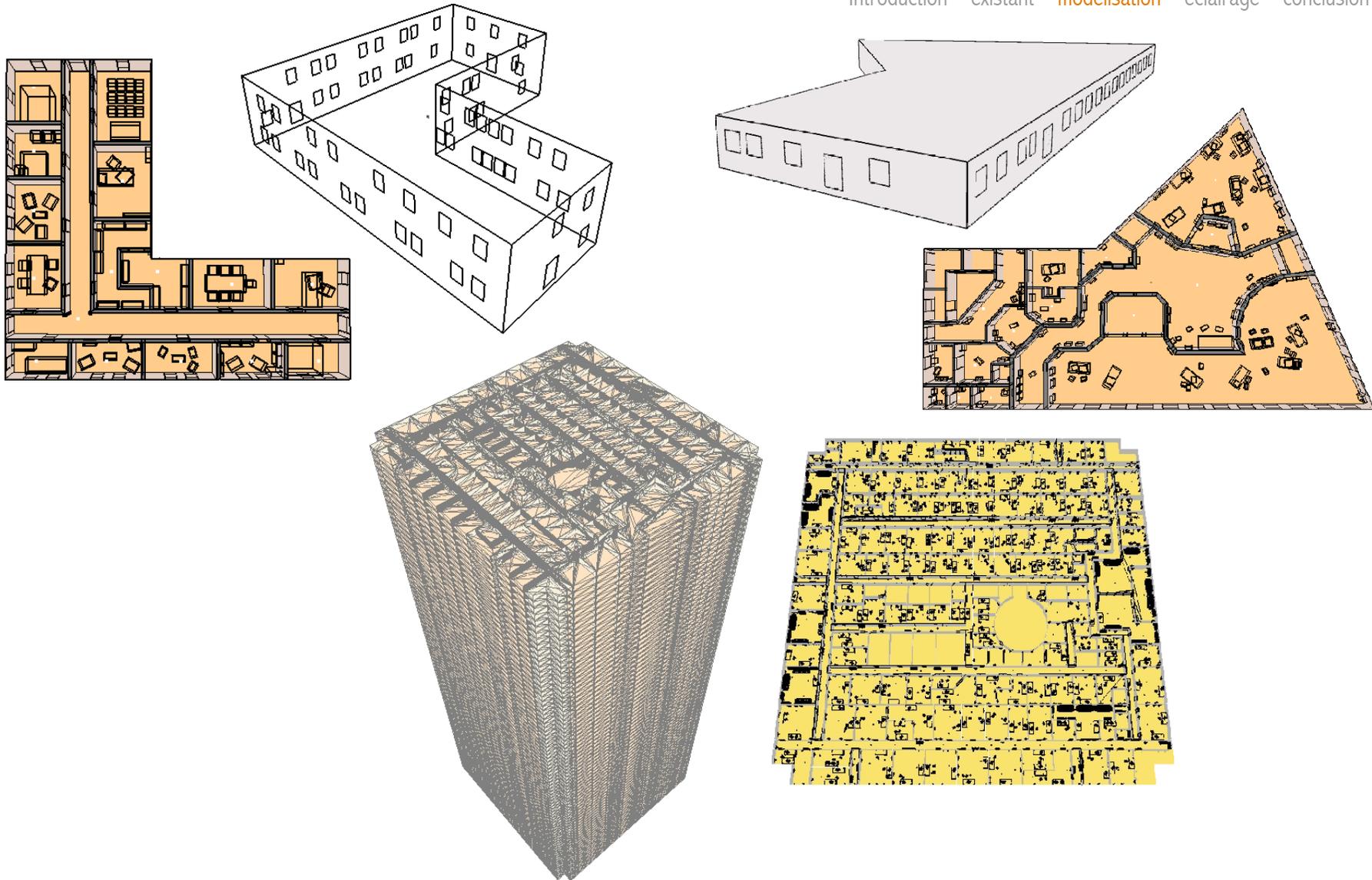


# Multi-partitions

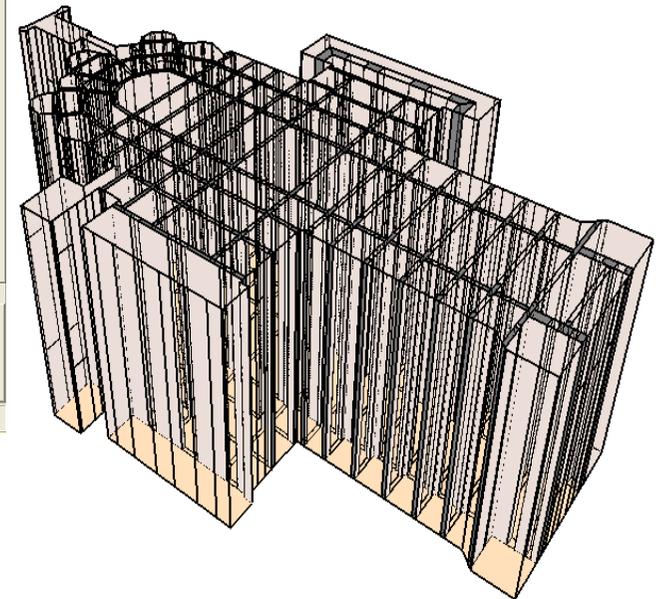
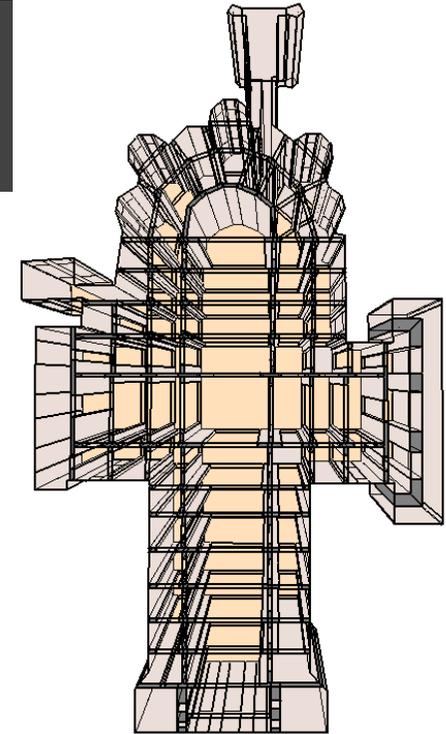
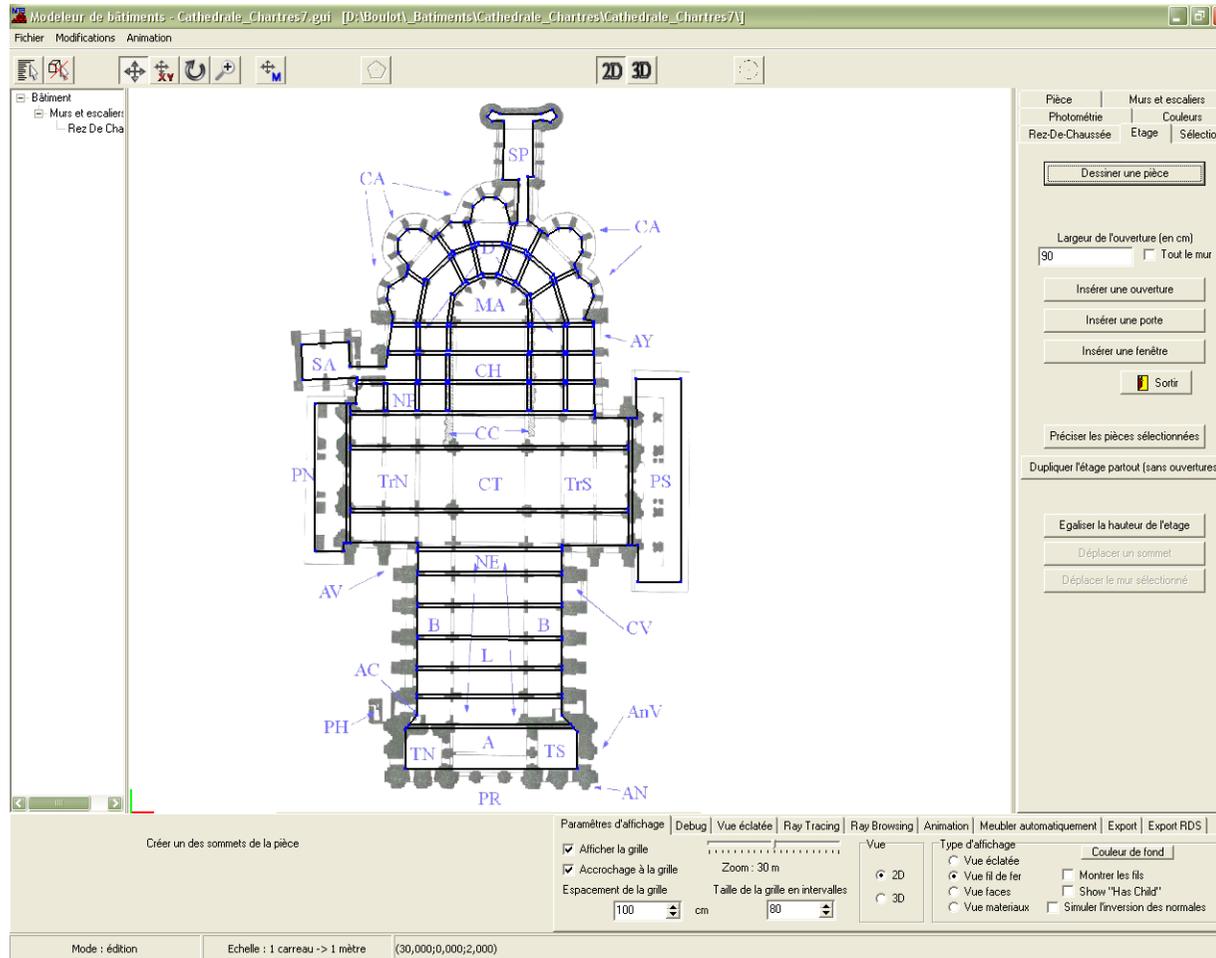


# Résultats

Introduction – existant – **modélisation** – éclairage – conclusion



# Résultats



# Analyse à partir de plans

Introduction – existant – **modélisation** – éclairage – conclusion

## □ Plans numériques

- Erreurs
- pas de topo

## □ Système de correction en 2D

- Présentation suivante
- Structure topologique
- Opérations de correction en 2D
- Ajout d'informations sémantiques
- Gestion des matériaux pour toute dimension

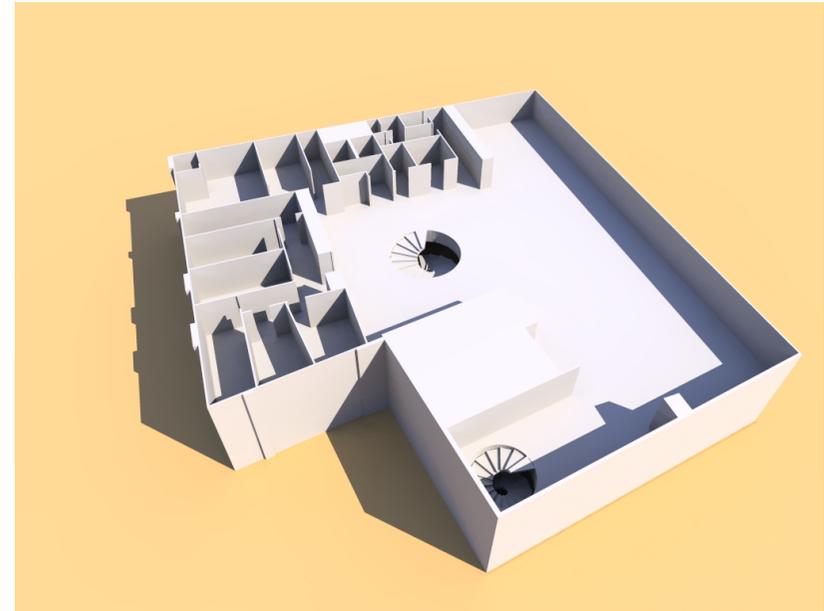
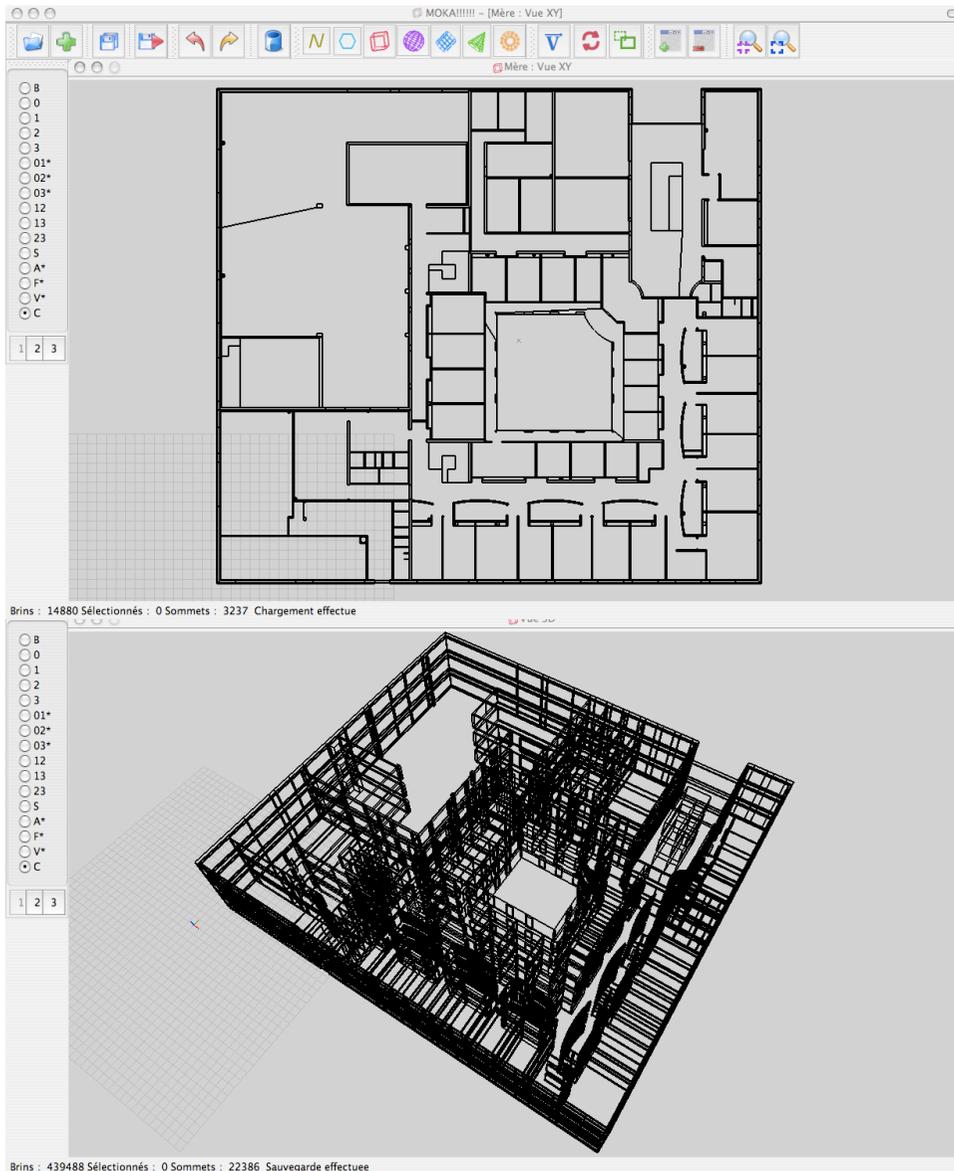
## □ Passage à la 3D

- Automatique
- Aucune intervention manuelle



# Résultats

Introduction – existant – **modélisation** – éclairage – conclusion



# Plan de la présentation

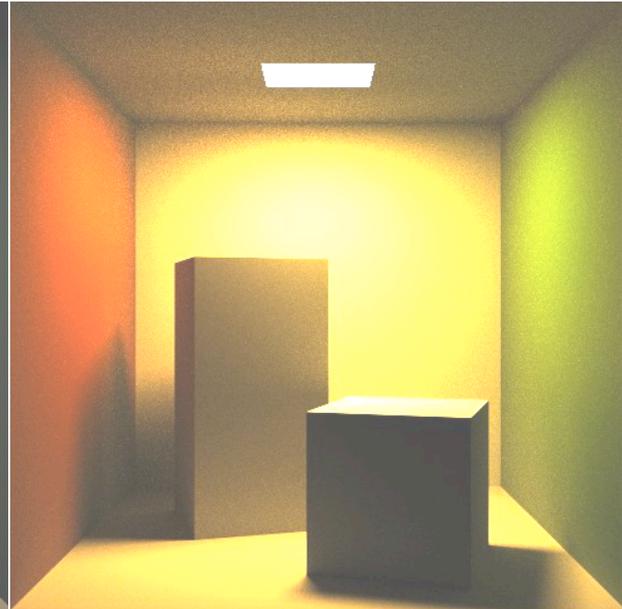
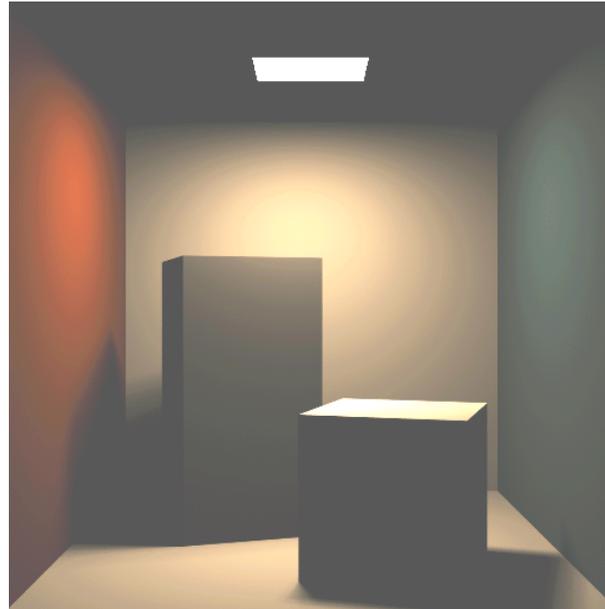
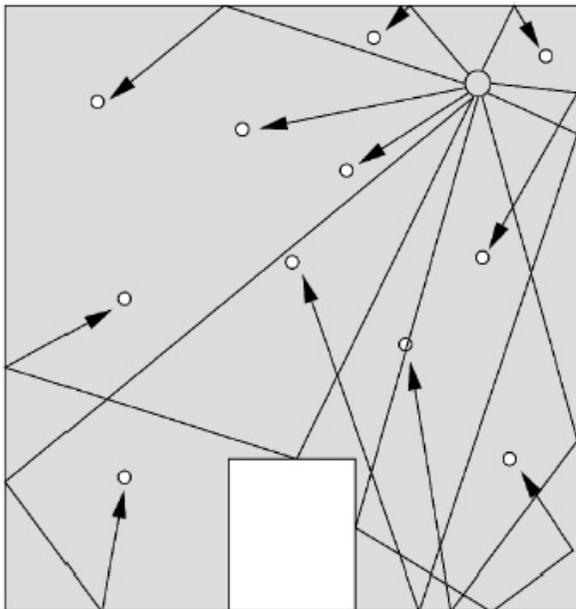
Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

- **Introduction, problématique**
- **La simulation pour l'architecture (travaux existants)**
  - modèles géométriques
  - matériaux pour la simulation
  - besoins de topologie
- **Représentation d'environnements complexes**
  - Modeleur de bâtiments (niveaux de détail)
  - Reconstruction à partir de plans
- **Simulation d'éclairage**
  - utiliser les informations topologiques
  - réaliser la simulation, quelques résultats
- **Conclusions**

# Simulation d'éclairage

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## ■ Processus coûteux

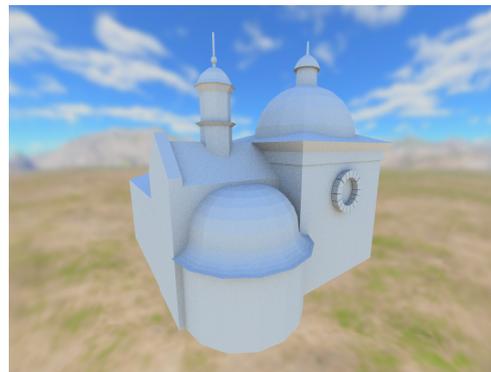
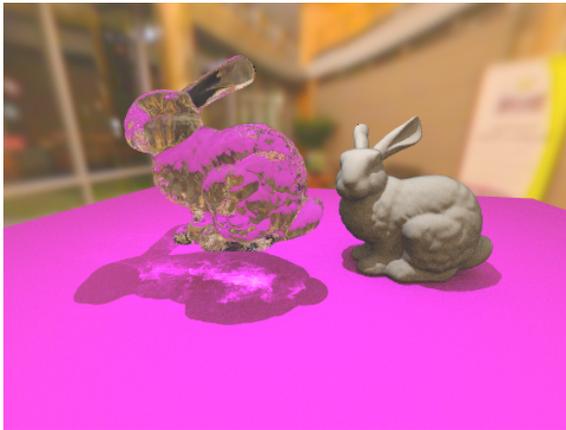


## ■ Différents types de réflexion / réfraction

- miroirs (cas idéal, une seule direction)
- transparence (matériaux homogènes, purs)
- tout le reste (basse fréquence)

# Quelques images

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion



# Approches existantes

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## □ Depuis le milieu des années 80

- [Goral84], [Kajiya86]
- Dans les années 90
  - Beaucoup de radiosité (maillage, mettre image)
  - De plus en plus d'approches de type "Monte-Carlo"

## □ Finalement

- Quelques familles de méthodes
- Domaine scientifique très actif jusqu'à récemment

## □ Notre choix

- Après radiosité
- beaucoup de méthodes développées et testées
- aujourd'hui : tracé de photons

# Tracé de photons

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## □ Idée

- suivre des chemins lumineux depuis les sources
- stockage des points sur les surfaces atteintes (photons)
- construire une carte de photons (accélérer ensuite les recherches)

## □ Intérêt

- méthode indépendante de la position de l'observateur
- calculs réutilisables pour plusieurs images

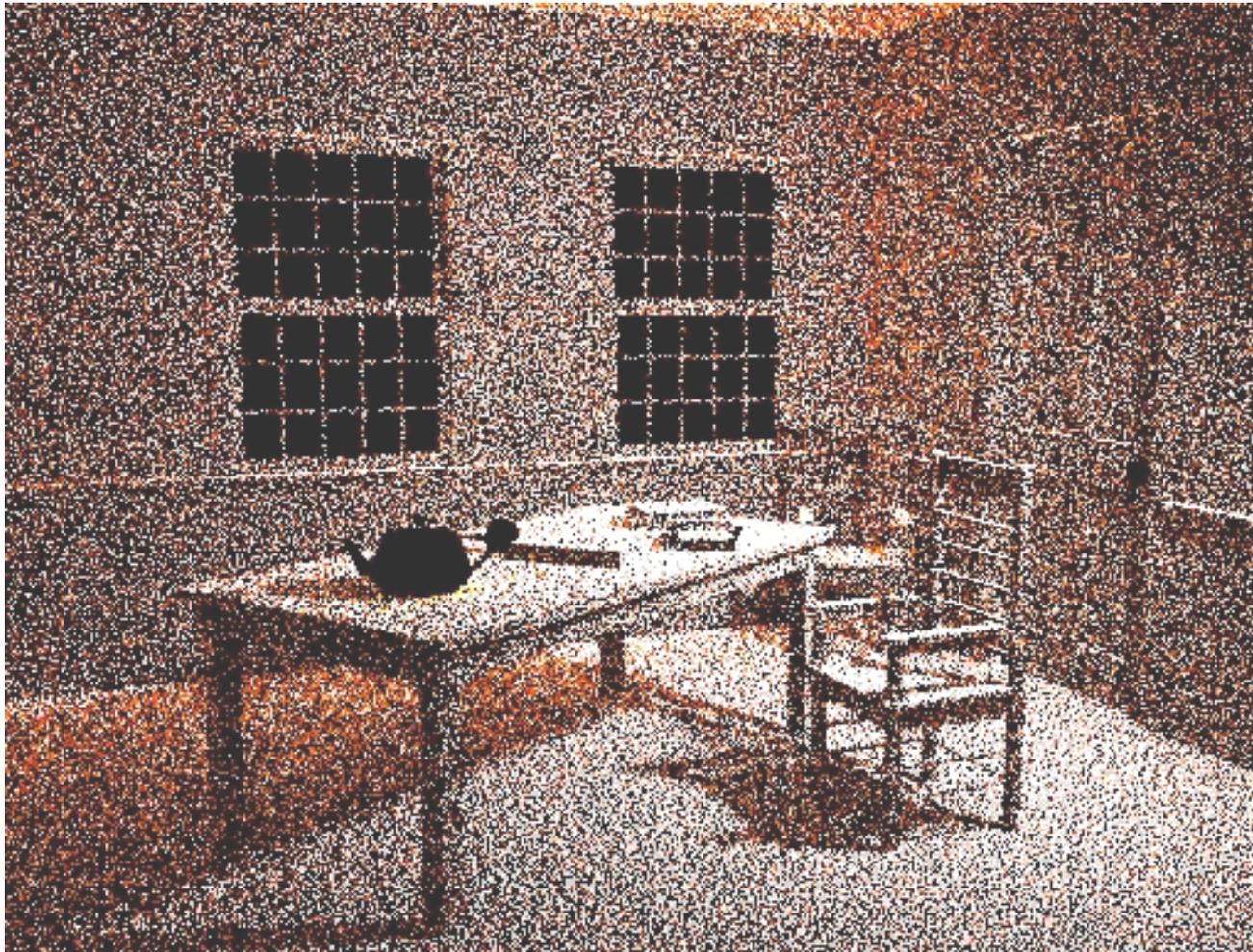
## □ Mais...

- (il y a toujours un "mais")

# Carte de photons

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## ■ Comment faire une image à partir de cela ?



# Photons et bâtiments

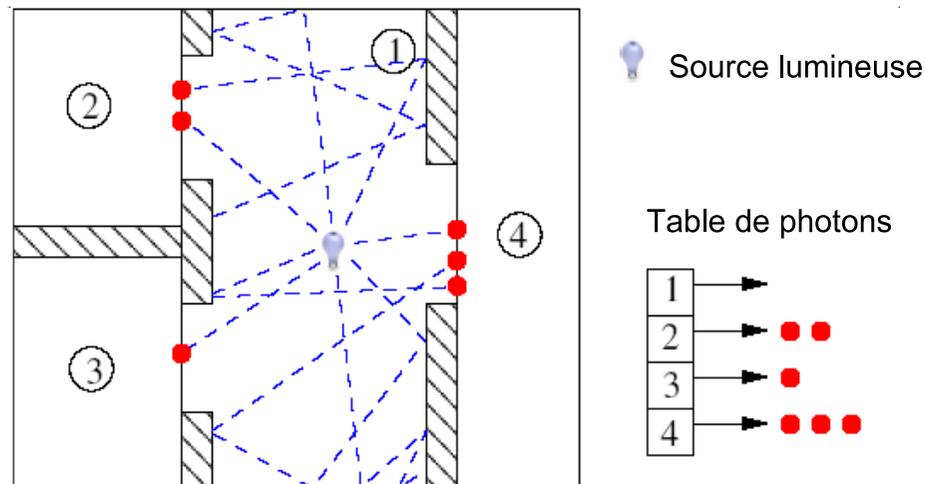
Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## ■ Nos bâtiments

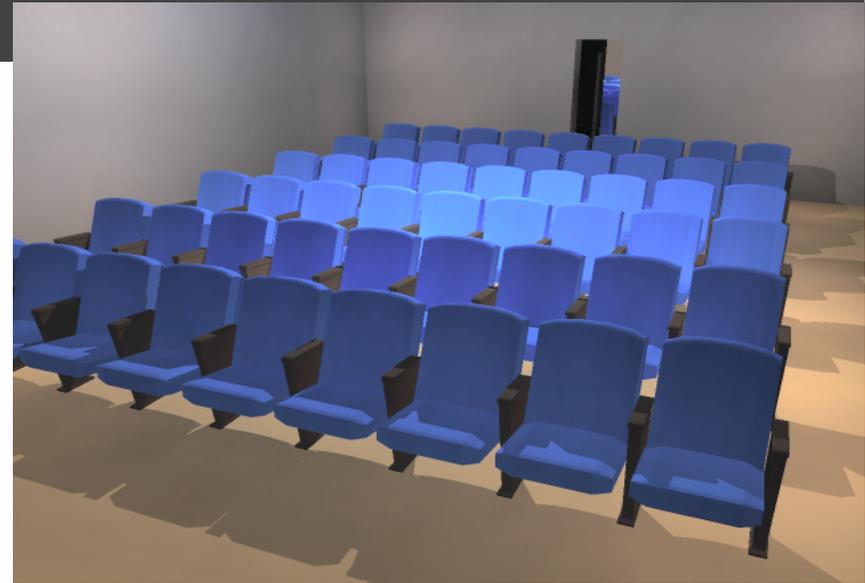
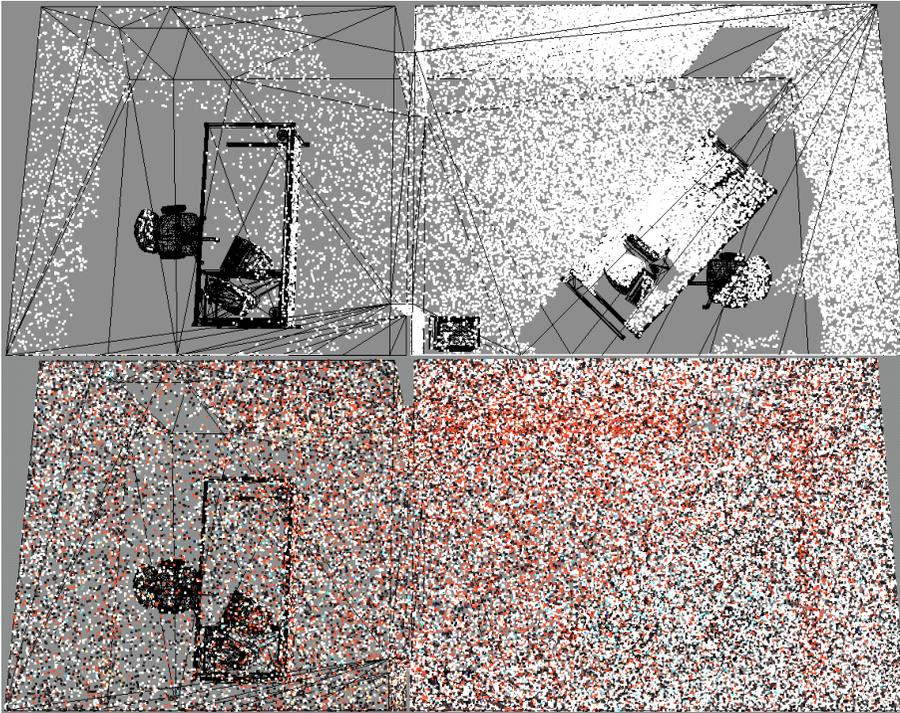
- ne tiennent pas en mémoire
- mais définis avec une structure appropriée
- possibilité de charger seulement une pièce en mémoire

## ■ Principe

- calculs pièce par pièce (possible pour nous !)
- prendre en compte les échanges à travers les ouvertures
- maintient de la cohérence énergétique globale



# Résultats



# Plan de la présentation

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

- **Introduction, problématique**
- **La simulation pour l'architecture (travaux existants)**
  - modèles géométriques
  - matériaux pour la simulation
  - besoins de topologie
- **Représentation d'environnements complexes**
  - Modeleur de bâtiments (niveaux de détail)
  - Reconstruction à partir de plans
- **Simulation d'éclairage**
  - utiliser les informations topologiques
  - réaliser la simulation, quelques résultats
- **Conclusions**

# Conclusions

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

- **Environnements architecturaux**
  - modèles incomplets
  - essentiellement géométrie
  - peu d'informations autres
- **Notre objectif**
  - représentation complète (voire verbeuse)
  - informations à toutes les dimensions
  - possibilité d'extraire seulement l'essentiel
- **Représentation hiérarchique**
  - environnements (très) complexes
  - possibilité de travailler à plusieurs niveaux de détail
- **Outils de construction**
  - modeleur géométrique (hiérarchique)
  - reconstruction à partir de plans

# Conclusions

Introduction – existant – modélisation – éclairage – conclusion

## ■ Pour la simulation

- essentiellement éclairage
- structure validée depuis plusieurs années
- autres réalisations en propagation radio (Wifi, Téléphonie)

## ■ Résultats

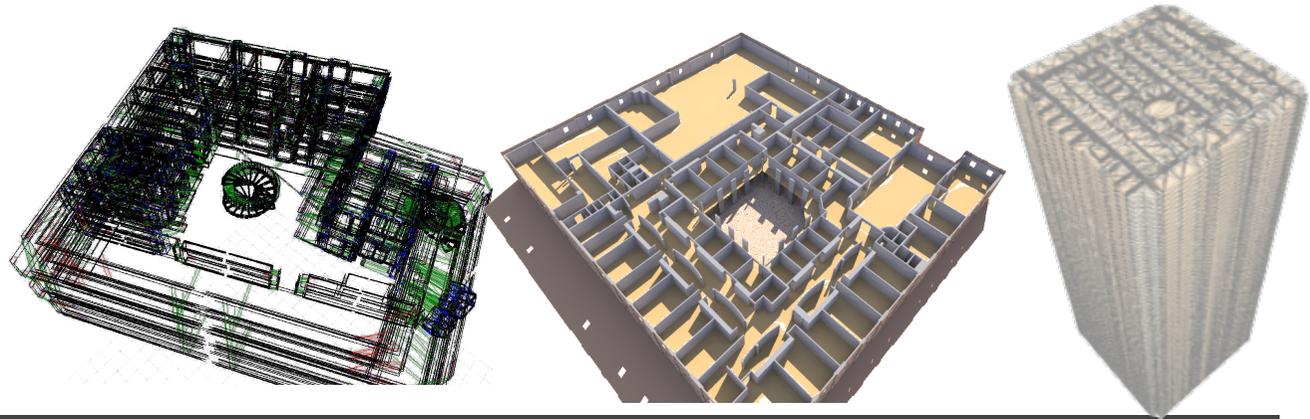
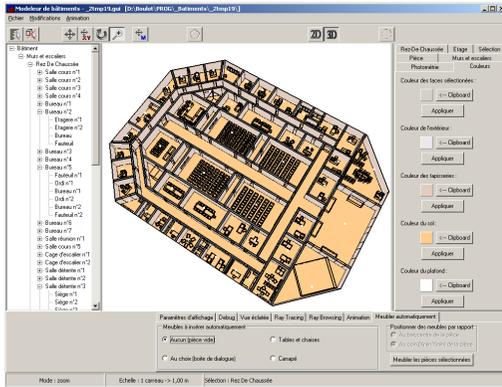
- calculs rendus possibles, temps de calcul acceptables
- environnements très complexes

## ■ Perspectives simulation

- valider pour d'autres types de simulation
- accélérer encore les traitements (travaux en cours)

## ■ Perspectives modélisation

- encore peu d'opérations de construction
- étendre les opérations hiérarchiques (thèse T. Mortreuil)
- diffuser ces travaux, ils peuvent être utiles !



# Complexes architecturaux...

Merci !

