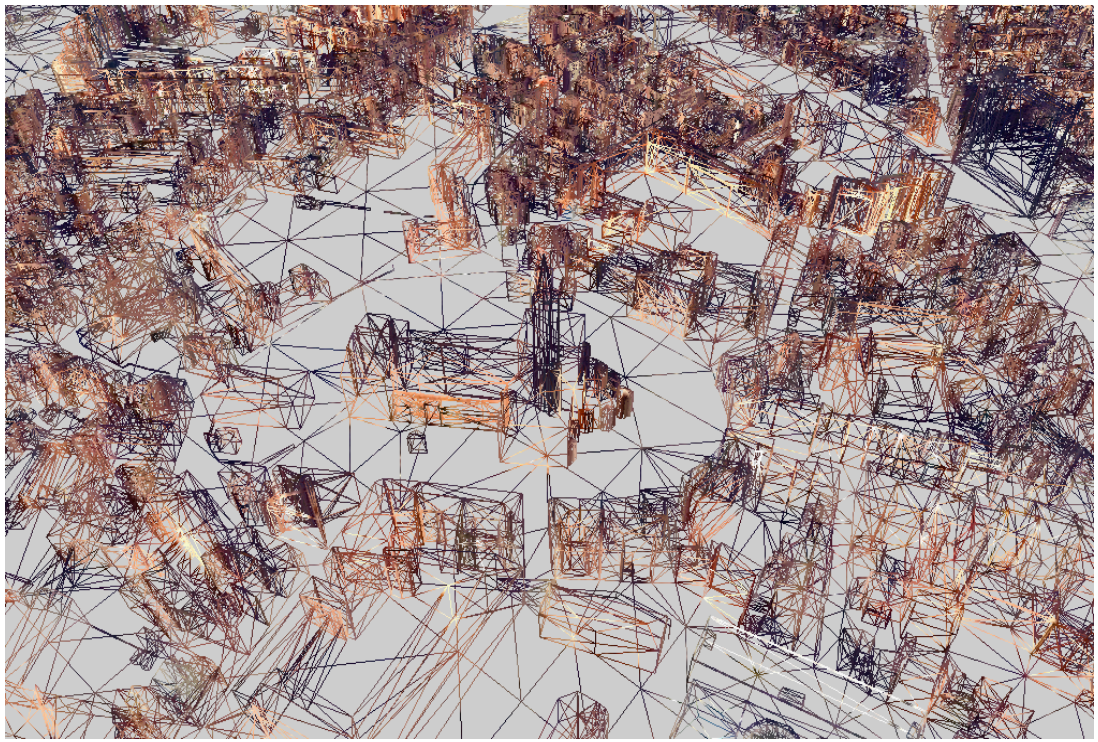
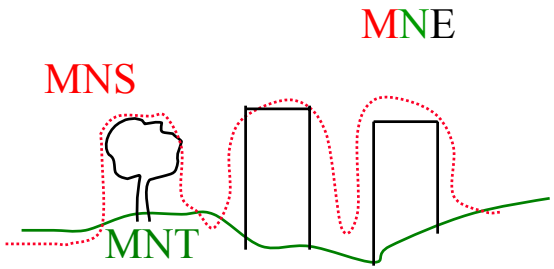
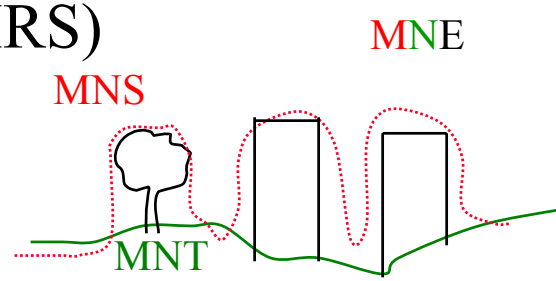
# Calcul de modèles 3D





# Enseignements sur l'état de l'art

- Résolution Spot5 : produit *Référence3D* opérationnel
  (MNS issus de Couples HRS ou triplets HRG/HRS)




- DE Pléiades-HR 70cm-1m :
  - Corrélateurs pixel insuffisants
  - Modélisation 2,5D inadaptée à la reconstruction du bâti
    => recherche/appariement de primitives vecteur
  - Evaluation qualité à cibler sur les ruptures de pente
  - Spéc. d'entrées PHR : triplet simultané avec B/H limités

- Aérien numérique 25 cm (IGN)
  - Approche pré-opérationnelle : modèles simples de toits, données exogènes 2D, recherche de primitives dans les images

# Objectifs CNES du thème 3D métrique (amorcés en 2004)

*Produit ultime visé : Modèle 3D urbain facettisé et texturé*

1. Extraction des modèles 3D (sursol bâti) :
   *avec ou sans apport de données exogènes*
2. Physique de la mesure 3D
   *modélisation atmosphère, correction ombres, classif. matériaux*
3. Caractérisation / Evaluation qualité des modèles 3D
   *nomenclature d'objets 3D , topologie 3D d'arcs, faces*
4. Assimilation des images dans les modèles 3D de scènes urbaines
5. Complémentarité optique/radar

# Moyens CNES mis en œuvre

- Thèses/Post Docs

  2 thèses en co-financement IGN en 2002 et 2004

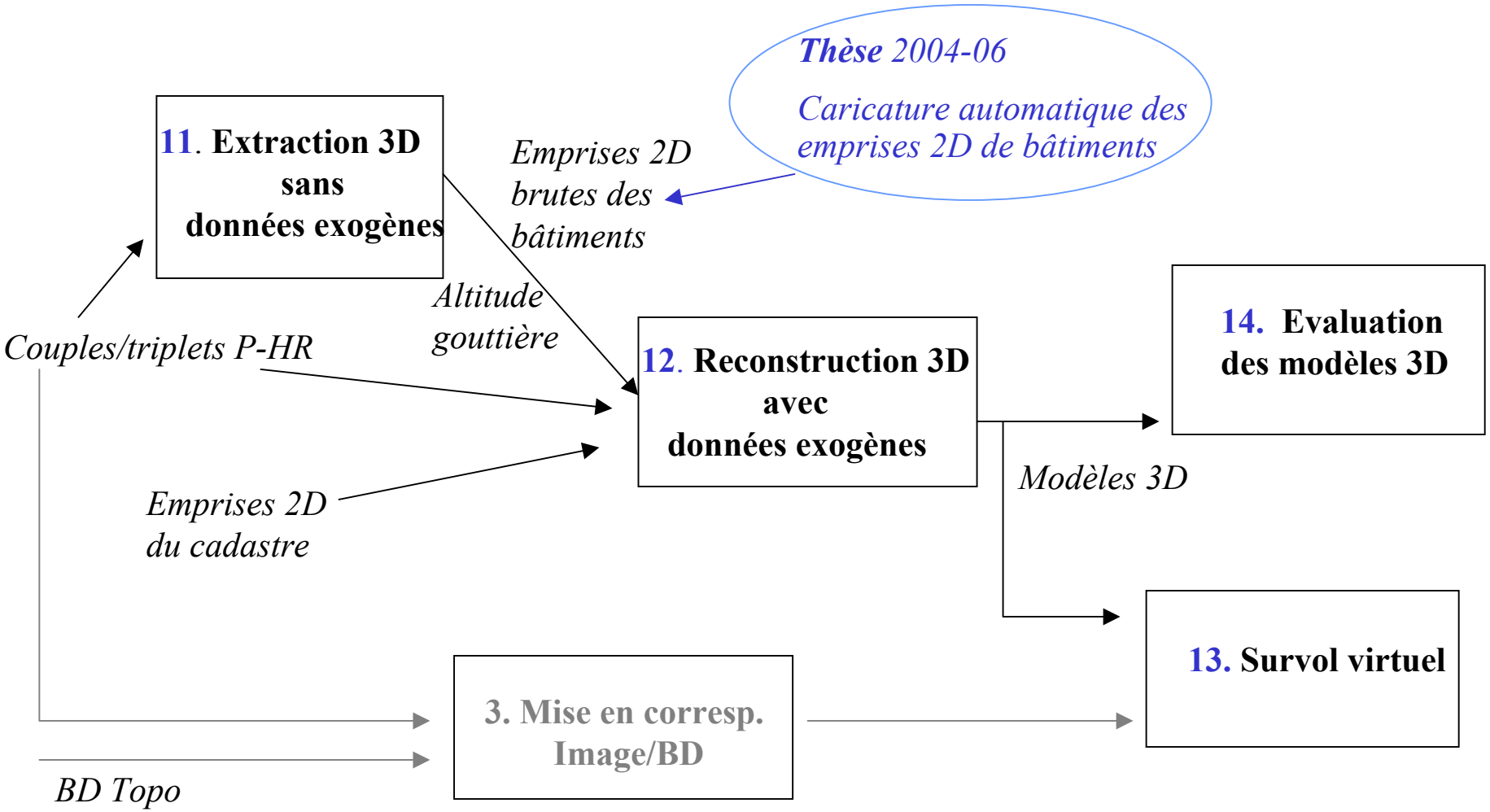
  1 thèse en co-financement ONERA en 2003

- Etudes internes DCT/SI

  MNT à faible B/H, MNT pour Mosaïque Pléiades

- 4 études OT4 en cours sur 2004-05 :
  - Extraction de modèles 3D : n°11 (ONERA), n°12 (IGN)
  - Evaluation qualité des modèles 3D : n°14 (IGN)
  - Assimilation d'images dans les modèles : n°13 (CS-SI)

# Logique des études 3D
# n° 11, 12, 13, 14



# n°11 - Extraction de bâtiment 3D sans données exogènes (1/5)

- **Contractant :ONERA / DTIM**
- Période : Sept 2004-Août 2005
- Objectifs :

  Extraire des bâtiments quelconques par déformation automatique de contours
- Avancement :
  - Principe : Optimisation de critères radiométrique et de corrélation
  - Données : Simulations Pléiades-HR à 50-70 cm, couple QuickBird
  - Adaptation Aérien → Spatial :
    - Géométrie générique par grilles (IGN)
    - Génération de cartes de disparité tri-stéréo
  - Détermination du plan de gouttière à iso-altitude
  - Calcul d'un masque de végétation (canaux Pan + PIR)

# n°11 - Extraction de bâtiment 3D sans données exogènes (2/5)

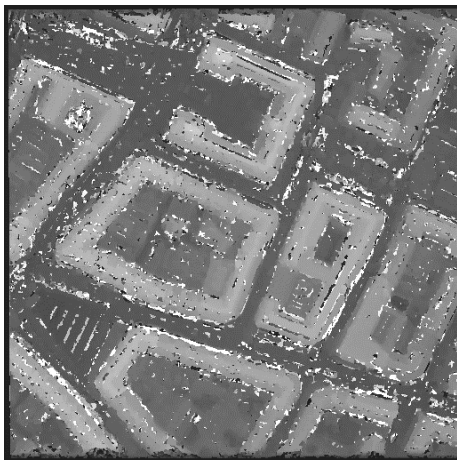
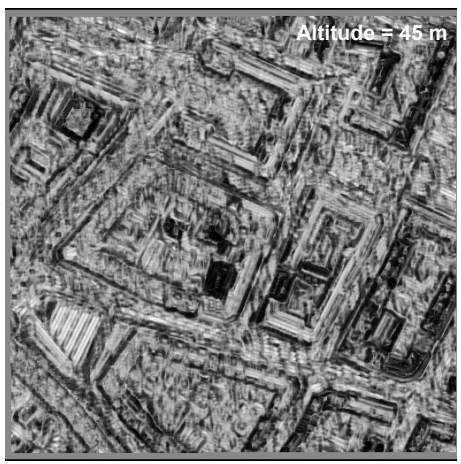
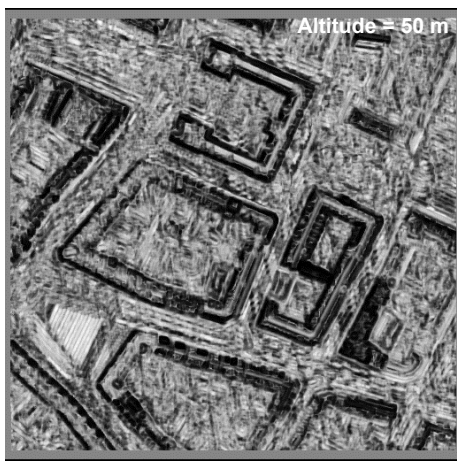


Image des disparités tri-stéréo

Image des corrélations à différentes altitudes



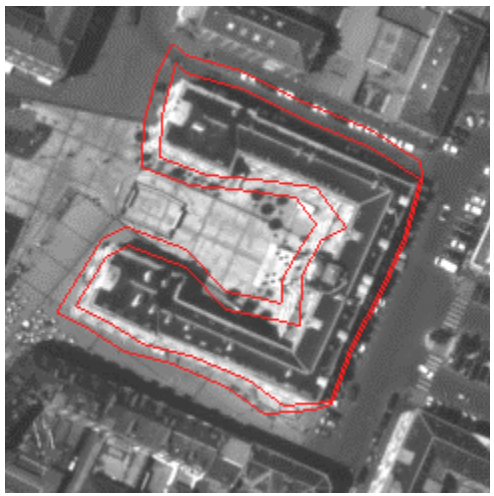




*Optimisation des disparités dans un cube de corrélation :*

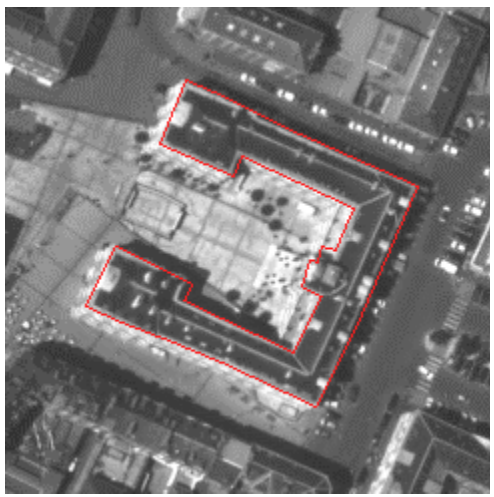
*=> calcul altitude gouttière*

*à partir des infos de corrélation intra, extra-bâtiment*

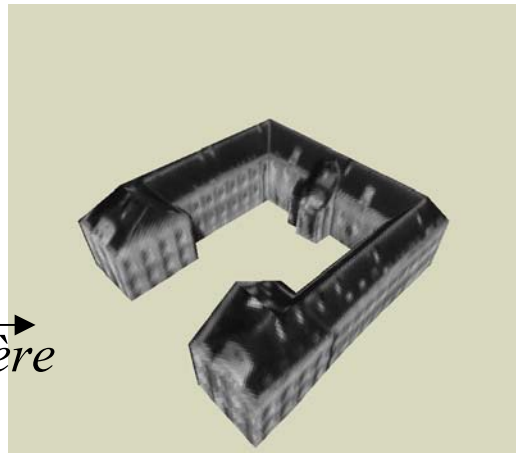
# n°11 - Extraction de bâtiment 3D sans données exogènes (3/5)



*Convergence des contours de bâtiments (snake) à partir des informations de gradient sur les images et de contraintes de régularisation des formes*



*2D gouttière*



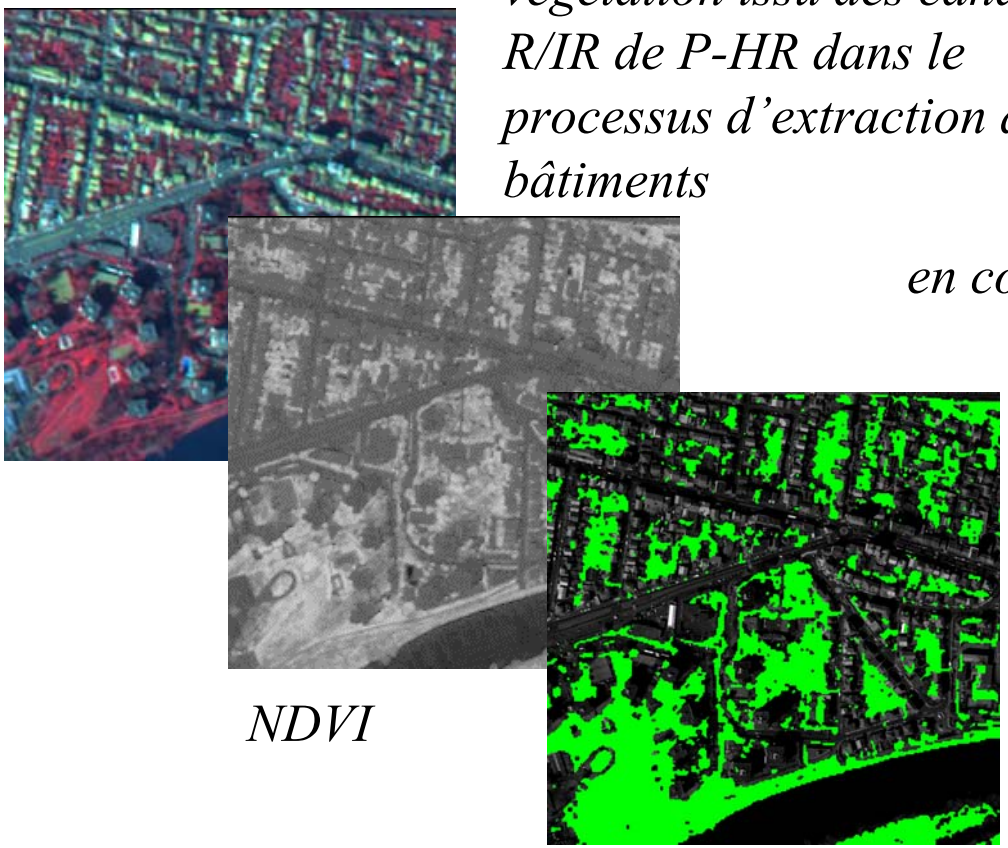
*Reconstruction 3D par IGN/MATIS*

# n°11 - Extraction de bâtiment 3D sans données exogènes (4/5)

*Erreur de détourage due à la végétation haute*

*Apport d'un masque de végétation issu des canaux R/IR de P-HR dans le processus d'extraction des bâtiments*

*en cours…*



*NDVI*

# n°11 - Extraction de bâtiment 3D sans données exogènes (5/5)

- Premiers résultats :
  - Triplet : Bonne densité de corrélation à 50cm, dégradée à 70 cm
    Emprise 2D d'un 1er bâtiment complexe fournie à l'IGN
  - Couple QuickBird à 15j : taux de bonne corrélation faible
- Reste à faire :
  - Couple QuickBird : essai sur polygone urbain moins dense
  - Apport de la classification végétation sur la qualité des formes du bâti
  - Fourniture des sorties bâtiments (emprise + gouttière) vers l'IGN
- Conclusions : résultats prometteurs, entrées utiles vers thèse F.Lafarge
- Valorisation : présentation finale en Oct., extension décidée

# n°12 - Extraction de bâtiment 3D avec données exogènes (1/7)

- **Contractant : IGN / MATIS**
- Période : Sept 2004-Juin 2005
- Objectifs :

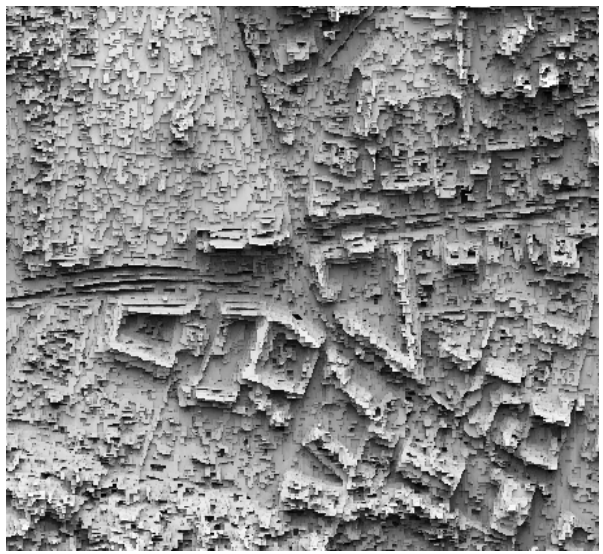
  Reconstruire en 3D des bâtiments (et toits) décrits par leur emprise 2D
- Avancement
  - Principe = Approche pré-opérationnelle (maquette « Bâti3D ») :
    - Modif par l'opérateur des infos 2D puis reconstruction 3D automatique :

    segmentation image, corrélation, optimisation de plans 3D avec topologie de facettes
  - Données : Idem n°11
  - Adaptations de l'aérien à Pléiades-HR :
    - Estimation de la pente des toits par bâtiment (et non par facette)
    - Prise en compte d'un masque de végétation

# n°12 - Extraction de bâtiment 3D avec données exogènes (2/7)

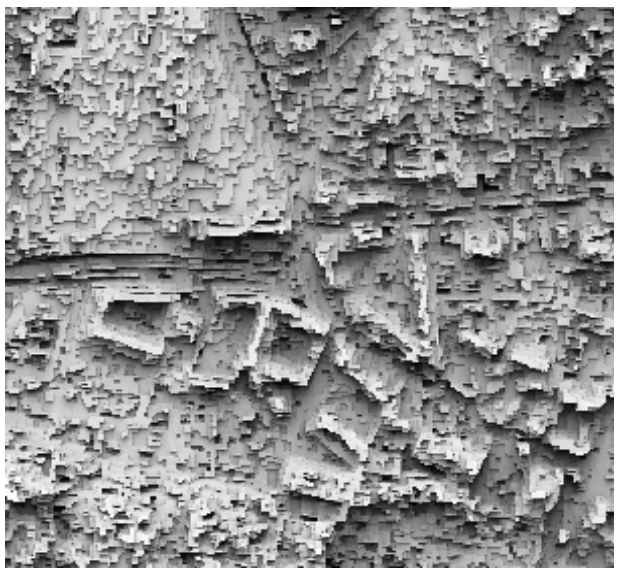
25 cm

50 cm



*Perte des petits bâtiments*

70 cm

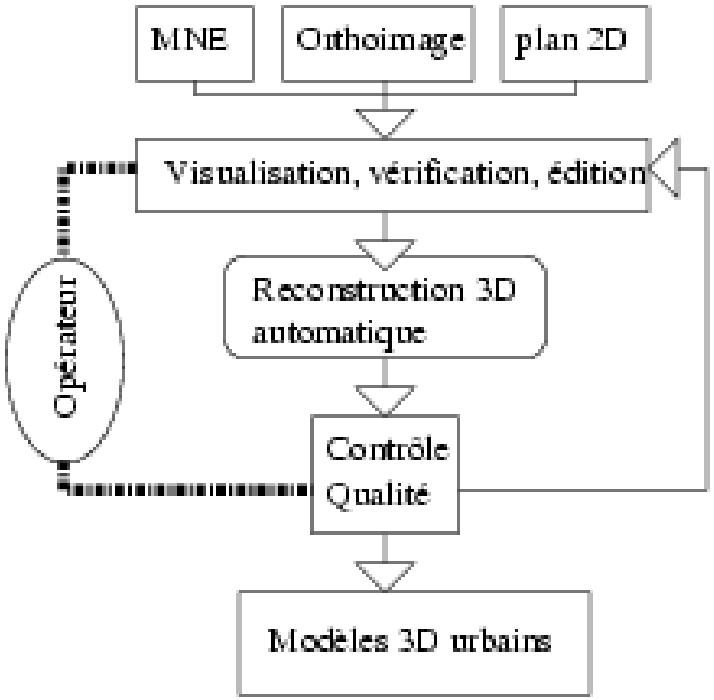


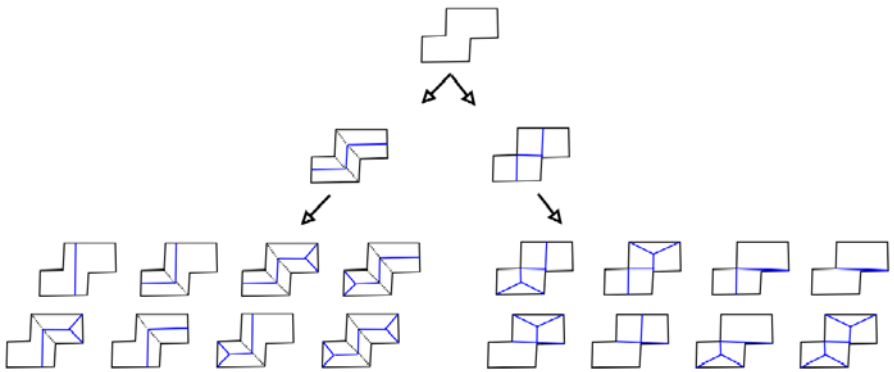
*MNE issu de corrélation sub-pixellaire d'un triplet stéréo à 3 résolutions*

# n°12 - Extraction de bâtiment 3D avec données exogènes (3/7)

*Outil « Bâti 3D » :*

*Une approche pré-opérationnelle*



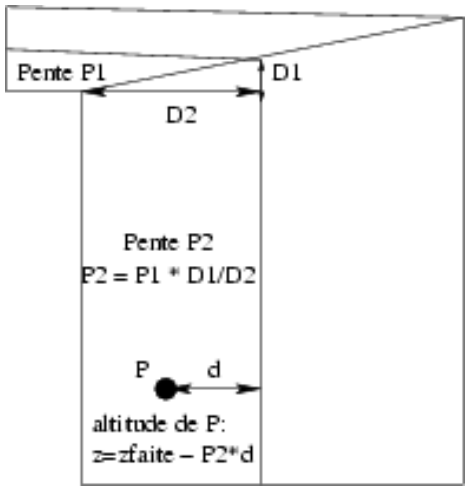
*Hypothèses de formes de toits*

# n°12 - Extraction de bâtiment 3D avec données exogènes (4/7)

Superposition du cadastre à l'orthoimage appprochée

Fonction de redécoupage des emprises cadastrales

# n°12 - Extraction de bâtiment 3D avec données exogènes (5/7)




*Exemples d'adaptations « pragmatiques »*

*de l'outil Bâti 3D à la prise en compte des MNE bruités dérivés des simulations Pléiades-HR*

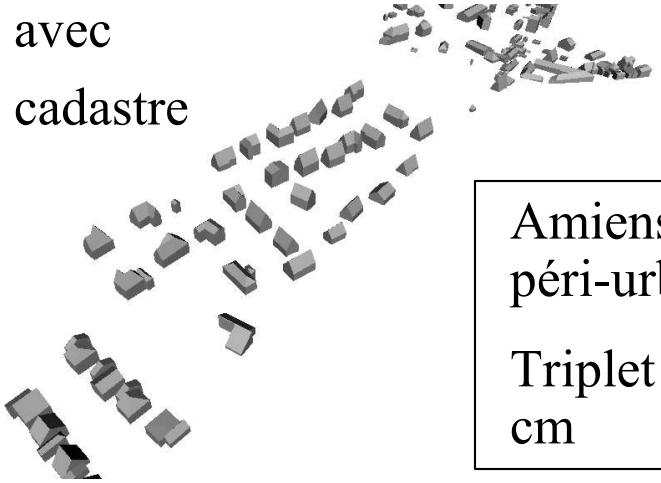
Contraintes sur les relations liant la pente du toit et la hauteur faîtière par rapport au modèle

| Touche | Type d'attaques | Niveau de détail (m) |
|---|---|---|
| F1 | auto | 1. |
| Shift + F1 | auto | 2.5 |
| F2 | 2 attaques simples | 1. |
| Shift + F2 | 2 attaques simples | 2.5 |
| F3 | 1 attaque simple et 1 attaque en V | 1. |
| Shift + F3 | 1 attaque simple et 1 attaque en V | 2.5 |
| F4 | 2 attaques en V | 1. |
| Shift + F4 | 2 attaques en V | 2.5 |
| F5 | toit plat horizontal | - |
| Shift + F5 | toit plat quelquonque | - |

Palette de touches permettant à l'opérateur de guider le processus de reconstruction

# n°12 - Extraction de bâtiment 3D avec données exogènes (6/7)

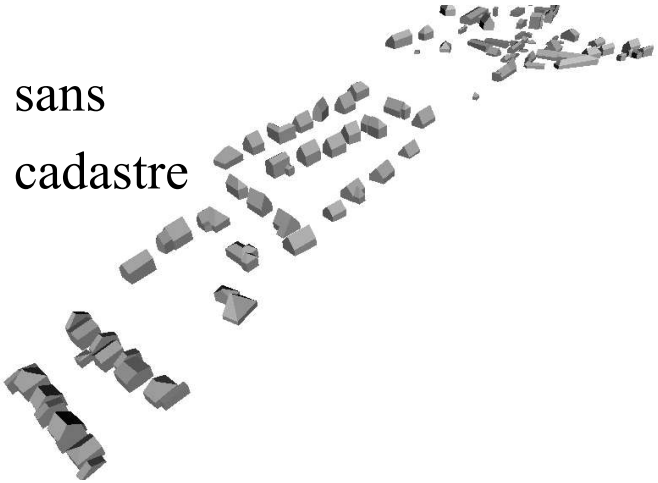
avec cadastre



Amiens péri-urbain

Triplet à 70 cm

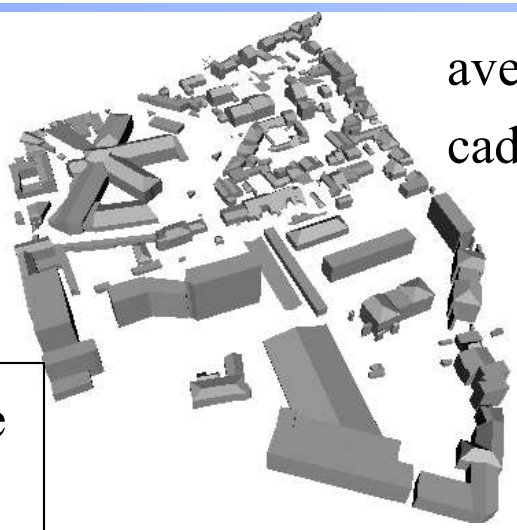
sans cadastre



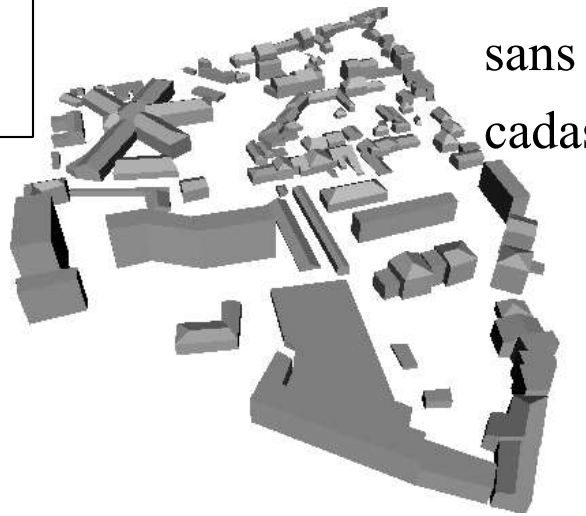
Toulouse centre

Couple à 80 cm

avec cadastre



sans cadastre



# n°12 - Extraction de bâtiment 3D avec données exogènes (7/7)

- Résultats :
  - Exhaustivité et fidélité des formes diminuent lorsque 50 -> 70cm
  - Apport très net des triplets à la qualité de la corrélation (MNE en entrée)
  - Avec données exogènes (cadastre ou BDU 2D), 50 et 70 cm :
    - Exhaustivité > 80 %, même à 70 cm ; près de 100% en péri-urbain
    - Urbain dense : niveau détail satisfaisant à 50cm, très dégradé à 70cm
  - Sans données exogènes , 50 et 70 cm
    - Le temps de saisie augmente de 40%
  - Reconstruction d'un 1er bâtiment complexe ( chaînage 11-12)
  - Couple QuickBird à 15j : idem n°11 = performance de corrélation faible
- Reste à faire :
  - Tester QuickBird sur quartier moins dense
  - Tester l'intégration des bâtiments fournis par l'étude 11
- Conclusion et valorisation : idem n°11

# n°13 - Survol virtuel d'un paysage 3D (1/5)

- CS-SI (contrat pluri-annuel)
- Objectif :
  - Production de survols en « vrai 3D » à partir d'image(s) Haute-Résolution (type Pléiades), de MNT et modèles 3D
- Avancement et résultats
  - Rappel des acquis : drappage d'une image sur un MNT complété de modèles 3D par simple projection verticale
  - Première étape (en cours) : projection d'une BD 3D en géométrie image (avec parties cachées, raster et vecteur)
  - Deuxième étape (à venir) : extraction-déprojection des textures pour habiller les facettes => BD 3D texturée + ortho-image du sol
  - Suite (2005-06): simplification modèles 3D, gestion multi-images

# n°13 - Survol virtuel d'un paysage 3D (2/5)

Limitations à l'issue de la R&T 2003

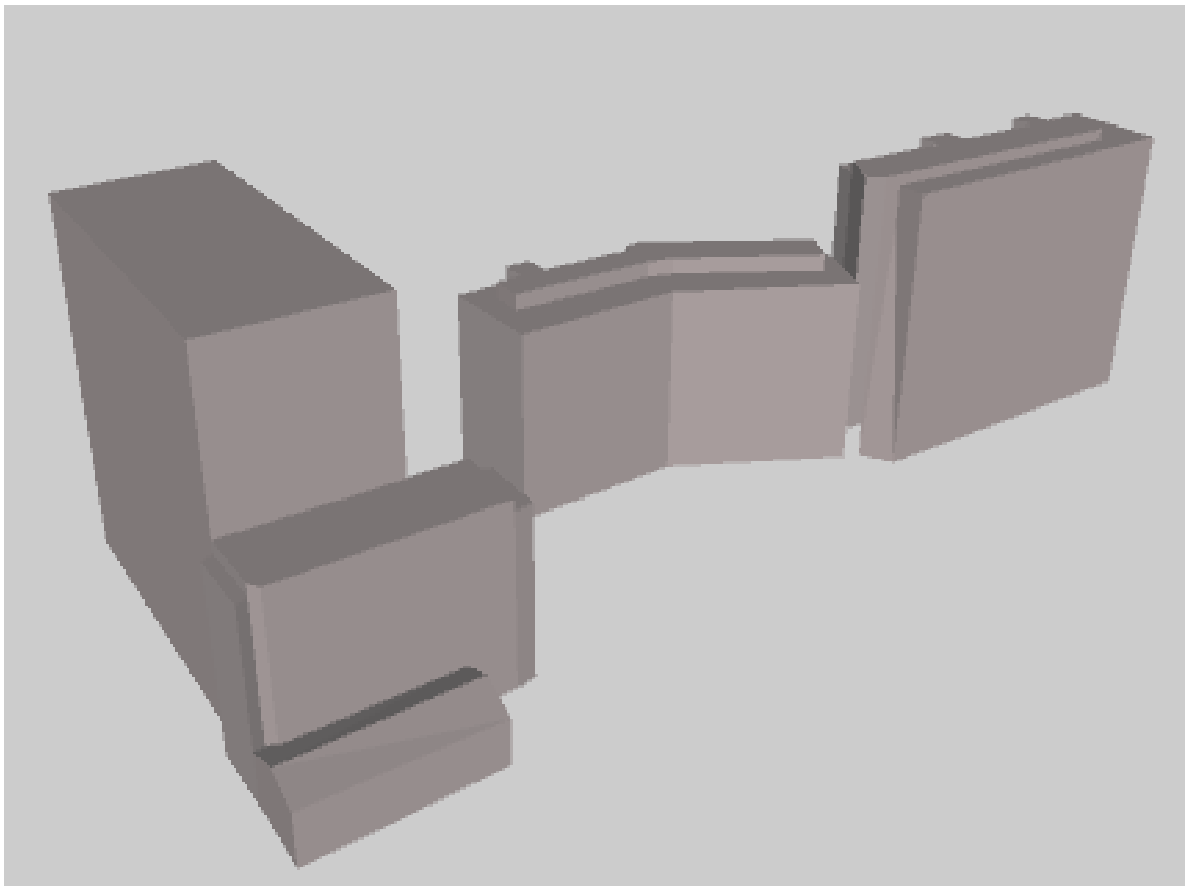
Projection verticale de l'image
=> Façades uniformes

Ortho-image sans redressement du bâti
=> dépositionnement sol-sursol

# n°13 - Survol virtuel d'un paysage 3D (3/5)

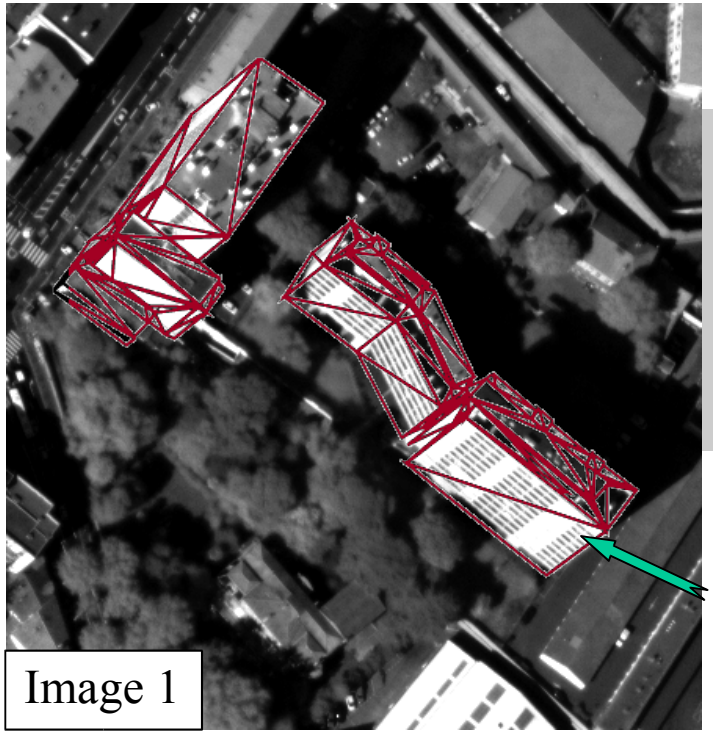
## *Projection BD 3D en géométrie image*

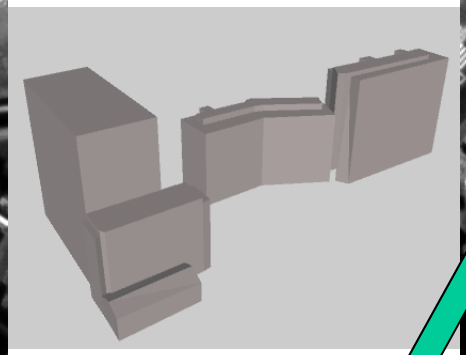
Exemple de bâtiments 3D à texturer



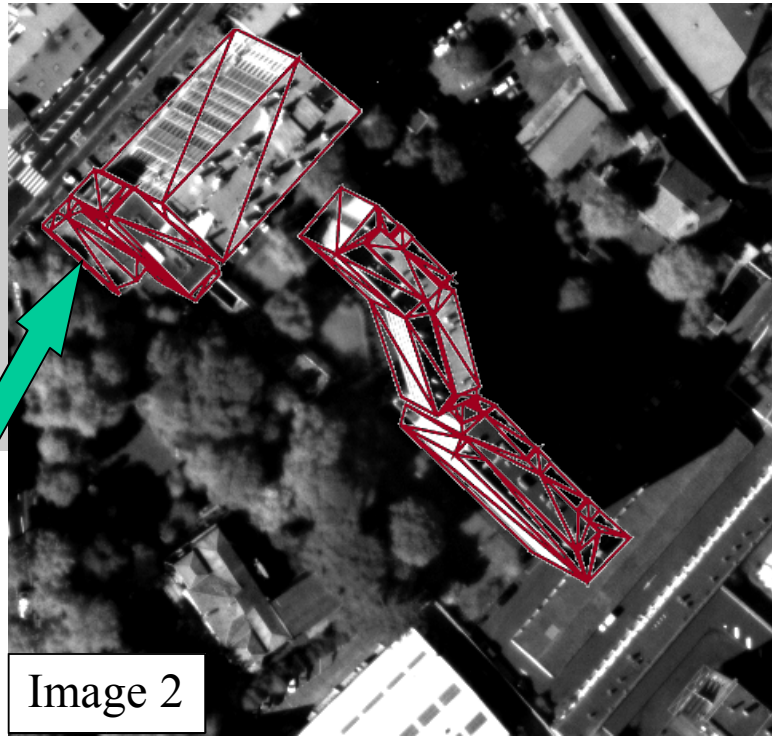
# n°13 - Survol virtuel d'un paysage 3D (4/5)

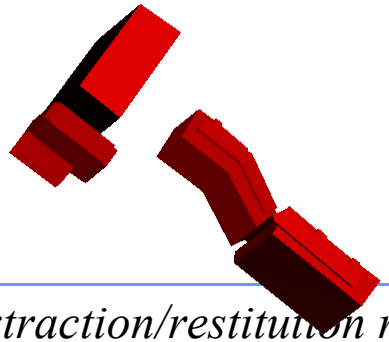
## *Projection BD 3D en géométrie image*



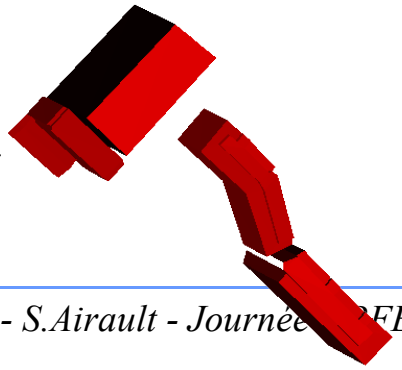



Projections vecteur



Projections raster



# n°13 - Survol virtuel d'un paysage 3D (5/5)

- Valorisation
  - Brique finale d'une chaîne de valorisation des données Haute Résolution (incluant la restitution du 3D, cf actions n°11 et n°12, ou la mise en correspondance image/BD, cf action n°3) :
    - Possibilité de générer des survols virtuels 3D d'images Pléiades (communication mais aussi nouveau mode d'utilisation des données)
    - Intérêt spécifique du produit BD 3D Texturée pour les collectivités (cf réflexions IGN MATIS et projets BRIGE et ARCHI)
    - Un produit dérivé = ortho-image avec bâtiments redressés
  - Brique initiale d'une chaîne de simulation 3D
    - Maîtrise fine de la géométrie d'acquisition
    - Exhaustivité 3D limitée par la BD
    - Bandes spectrales/résolution limitées par les images d'entrée

# n°14 - Méthodes d'évaluation de la qualité des modèles 3D urbains

- Contractant : IGN / Labos COGIT et MATIS
- Objectifs :
  - Etat de l'art (a priori néant)
  - Définir une plate-forme d'évaluation des modèles 3D vecteur
- Avancement et résultats :
  - Etude démarrée début 2005 => premiers retours en Oct

# Actions nouvelles à engager en 2005

- Enseignements études 2004-05 :
  - Complémentarité avérée des approches Onera et IGN
  - 11. ONERA : besoin de discriminer des toits d'altitude différente
  - 12. IGN : besoin de régularisation des contours 2D
  - Thèse de F. Lafarge : apport (à quantifier) des résultats obtenus après 1 an
  - 14. Evaluation attendue des modèles 3D produits par 11 et 12 (+ apports thèse)
- Extension Etude 11 (ONERA) :
  - améliorations sur la topologie des sommets et arêtes
- Extension Etude 12 (IGN) :
  - implantation fonction de régularisation contours (sortie thèse FL)