

Analyse morphologique des espaces ouverts urbains le long de parcours

Mesure des variations des formes de ciel par la squelettisation

François Sarradin

Université de Nantes

14 décembre 2004

Vers une nouvelle méthode d'analyse morphologique



Comprendre les espaces ouverts urbains

Caractéristiques des espaces ouverts urbains

- Espaces vides séparant les volumes et les surfaces (rues, zones de recul, espaces verts, etc.)
- Délimitation : floue, ambiguë + chevauchements (représentation difficile par points, droites, surfaces)

Problème n° 1

Pour comprendre les espaces ouverts urbains, il faut pouvoir les représenter

⇒ Comment représenter les espaces ouverts urbains ?

Comprendre les espaces ouverts urbains

Caractéristiques des espaces ouverts urbains

- Espaces vides séparant les volumes et les surfaces (rues, zones de recul, espaces verts, etc.)
- **Délimitation : floue, ambiguë + chevauchements (représentation difficile par points, droites, surfaces)**

Problème n° 1

Pour comprendre les espaces ouverts urbains, il faut pouvoir les représenter

⇒ Comment représenter les espaces ouverts urbains ?

Comprendre les espaces ouverts urbains

Caractéristiques des espaces ouverts urbains

- Espaces vides séparant les volumes et les surfaces (rues, zones de recul, espaces verts, etc.)
- **Délimitation : floue, ambiguë + chevauchements (représentation difficile par points, droites, surfaces)**

Problème n° 1

Pour comprendre les espaces ouverts urbains, il faut pouvoir les représenter

⇒ Comment représenter les espaces ouverts urbains ?

Étudier la morphologie des espaces ouverts urbains

Perception visuelle des espaces ouverts urbains

- Restriction à la perception visuelle (pas de couleur, pas d'ombre)
- La perception se fait en mouvement
- **Perspective de mouvement** [Gibson,50]

Problème n° 2

Pour analyser la morphologie des espaces ouverts urbains, il est nécessaire de prendre en compte la perspective de mouvement

⇒ Comment analyser la perspective de mouvement ?

Étudier la morphologie des espaces ouverts urbains

Perception visuelle des espaces ouverts urbains

- Restriction à la perception visuelle (pas de couleur, pas d'ombre)
- La perception se fait en mouvement
- **Perspective de mouvement** [Gibson,50]

Problème n° 2

Pour analyser la morphologie des espaces ouverts urbains, il est nécessaire de prendre en compte la perspective de mouvement

⇒ Comment analyser la perspective de mouvement ?

Étudier la morphologie des espaces ouverts urbains

Perception visuelle des espaces ouverts urbains

- Restriction à la perception visuelle (pas de couleur, pas d'ombre)
- La perception se fait en mouvement
- **Perspective de mouvement** [Gibson,50]

Problème n° 2

Pour analyser la morphologie des espaces ouverts urbains, il est nécessaire de prendre en compte la perspective de mouvement

⇒ Comment analyser la perspective de mouvement ?

Différentes approches

2 approches pour analyser les espaces ouverts urbains

- Analyse par entretiens et observations (\Rightarrow sciences humaines)
 - Basée sur l'expérience
 - Échantillon représentatif ? Jugement altéré ?
- Analyse géométrique (\Rightarrow mathématiques)
 - Basée sur l'existant
 - Précision ? Validité ?

Notre proposition

- Méthode orientée champ
- Basée sur les projections sphériques et squelettes de la forme du ciel
- Analyse la perspective de mouvement le long de parcours

Différentes approches

2 approches pour analyser les espaces ouverts urbains

- Analyse par entretiens et observations (\Rightarrow sciences humaines)
 - Basée sur l'expérience
 - Échantillon représentatif ? Jugement aigle ?
- Analyse géométrique (\Rightarrow mathématiques)
 - Basée sur l'existant
 - Précision ? Validité ?

Notre proposition

- Méthode orientée champ
- Basée sur les projections sphériques et squelettes de la forme du ciel
- Analyse la perspective de mouvement le long de parcours

Plan de la soutenance

- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
- 3 La squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes
- 5 Conclusion

Plan de la soutenance

- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
- 3 La squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes
- 5 Conclusion

Plan de la soutenance

- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
- 3 La squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes
- 5 Conclusion

Plan de la soutenance

- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
- 3 La squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes
- 5 Conclusion

Plan de la soutenance

- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
- 3 La squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes
- 5 Conclusion

État de l'art

- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
 - Les méthodes empiriques
 - Méthodes orientées champ
 - Notre proposition
- 3 La squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes
- 5 Conclusion

Analyse par les séquences picturales

Suite d'images [Cullen,Bosselmann,...]

- Succession d'images sur un parcours
- Photos, dessins, film, projections sphériques
- La perception limitée à l'image, nécessite une explication

Analyse séquentielle [Panerai,90]

- Division du parcours en plans séquences (symétrie, ouverture, étranglement, ...)
- Suite de plans \Rightarrow enchaînements, séquences

Analyse par les séquences picturales

Suite d'images [Cullen,Bosselmann,...]

- Succession d'images sur un parcours
- Photos, dessins, film, projections sphériques
- **La perception limitée à l'image, nécessite une explication**

Analyse séquentielle [Panerai,90]

- Division du parcours en plans séquences (symétrie, ouverture, étranglement, ...)
- Suite de plans \Rightarrow enchaînements, séquences
- Base à une réflexion ou présentation d'intentions [Dupagne et al,97]

Analyse par les séquences picturales

Suite d'images [Cullen,Bosselmann,...]

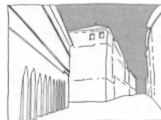
- Succession d'images sur un parcours
- Photos, dessins, film, projections sphériques
- **La perception limitée à l'image, nécessite une explication**

Analyse séquentielle [Panerai,90]

- Division du parcours en plans séquences (symétrie, ouverture, étranglement, ...)
- Suite de plans \Rightarrow enchaînements, séquences
- Base à une réflexion ou présentation d'intentions [Dupagne *et al.*,97]



3b fermeture



4a convexité



8b renvoi

Analyse par les séquences picturales

Suite d'images [Cullen,Bosselmann,...]

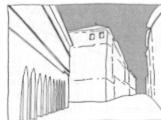
- Succession d'images sur un parcours
- Photos, dessins, film, projections sphériques
- **La perception limitée à l'image, nécessite une explication**

Analyse séquentielle [Panerai,90]

- Division du parcours en plans séquences (symétrie, ouverture, étranglement, ...)
- Suite de plans \Rightarrow enchaînements, séquences
- **Base à une réflexion ou présentation d'intentions [Dupagne *et al.*,97]**



3b fermeture



4a convexité



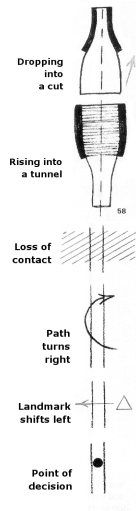
8b renvoi

Notation pour les événements visuels

Notation [Thiel,61][Lynch *et al.*,64]

- Abstraction pour représenter événements ou effets
- Indique :
 - Les éléments et leurs impressions
 - Les sensations de mouvement
 - L'orientation
- Met en valeur l'harmonie et le rythme

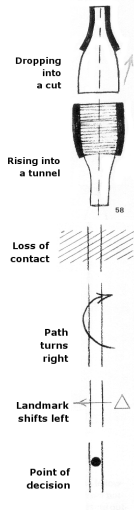
- Nécessite un apprentissage
- Risques d'ambiguïtés



Notation pour les événements visuels

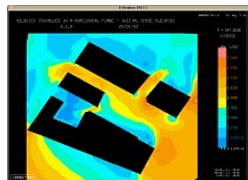
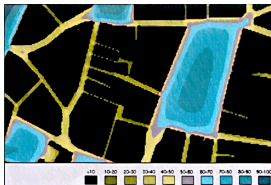
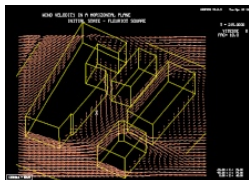
Notation [Thiel,61][Lynch *et al.*,64]

- Abstraction pour représenter événements ou effets
 - Indique :
 - Les éléments et leurs impressions
 - Les sensations de mouvement
 - L'orientation
 - Met en valeur l'harmonie et le rythme
-
- Nécessite un apprentissage
 - Risques d'ambiguïtés



Méthodes orientées champ

- Espaces ouverts urbains = champs continus d'attributs
- Idée < aérodynamique, thermo-aéraulique, etc.
- Application aux caractéristiques morphologiques des espaces ouverts urbains



Méthodes 2D

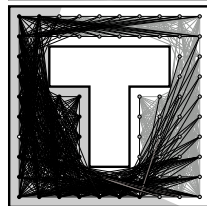
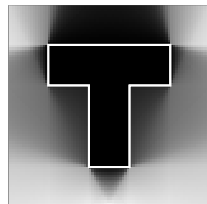
Isovists [Benedikt,79]

- = Surface de visibilité
- Informations disponibles en un point
 - Aire (A), Périmètre (P)
 - Rapport A/P^2 (circulation)
 - Moments (asymétrie, orientation, ...)

Graphe de visibilité [Turner *et al.*,01]

- = Isovists + théorie des graphes

- Méthodes implémentées et testées
- 3D (hauteur des bâtiments, relief) ?



Méthodes 2D

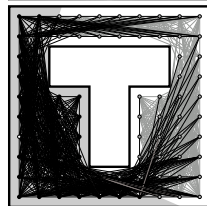
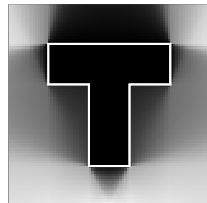
Isovists [Benedikt,79]

- = Surface de visibilité
- Informations disponibles en un point
- Mesures
 - Aire (\mathcal{A}), Périmètre (\mathcal{P})
 - Rapport $\mathcal{A}/\mathcal{P}^2$ (circularité)
 - Moments (assymétrie, orientation, ...)

Graphe de visibilité [Turner *et al.*,01]

- = Isovists + théorie des graphes

- Méthodes implémentées et testées
- 3D (hauteur des bâtiments, relief) ?



Méthodes 2D

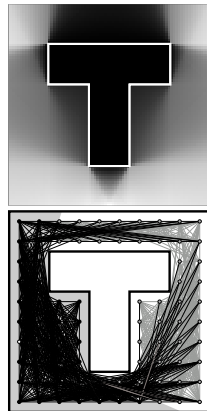
Isovists [Benedikt,79]

- = Surface de visibilité
- Informations disponibles en un point
- Mesures
 - Aire (\mathcal{A}), Périmètre (\mathcal{P})
 - Rapport $\mathcal{A}/\mathcal{P}^2$ (circularité)
 - Moments (assymétrie, orientation, ...)

Graphe de visibilité [Turner *et al.*,01]

- = Isovists + théorie des graphes

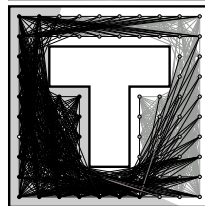
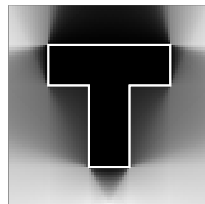
- Méthodes implémentées et testées
- 3D (hauteur des bâtiments, relief) ?



Méthodes 2D

Isovisits [Benedikt,79]

- = Surface de visibilité
- Informations disponibles en un point
- Mesures
 - Aire (\mathcal{A}), Périmètre (\mathcal{P})
 - Rapport $\mathcal{A}/\mathcal{P}^2$ (circularité)
 - Moments (assymétrie, orientation, ...)



Graphe de visibilité [Turner *et al.*,01]

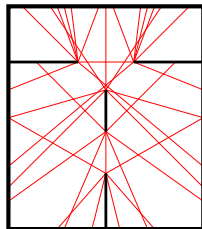
- = Isovisits + théorie des graphes

- Méthodes implémentées et testées
- 3D (hauteur des bâtiments, relief) ?

Partitionnement de l'espace

E-partitionnement [Peponis *et al.*,97]

- Partition de l'espace en sous-espaces convexes
- Passage entre 2 espaces convexes
⇔ événement visuel (discontinuité)
- Méthode 2D
- Méthodes 3D similaires :
Graphes d'aspect, complexe de visibilité, squelette de visibilité

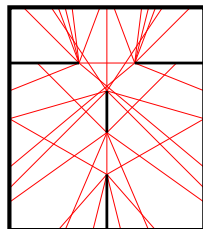


- Méthodes lourdes (mémoire, temps de calcul)
- Caractérisation binaire, pas de distinction entre les événements visuels

Partitionnement de l'espace

E-partitionnement [Peponis *et al.*,97]

- Partition de l'espace en sous-espaces convexes
- Passage entre 2 espaces convexes
⇔ événement visuel (discontinuité)
- **Méthode 2D**
- Méthodes 3D similaires :
Graphes d'aspect, complexe de visibilité, squelette de visibilité

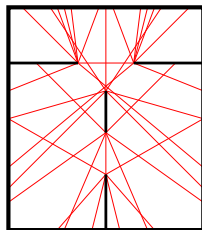


- Méthodes lourdes (mémoire, temps de calcul)
- Caractérisation binaire, pas de distinction entre les événements visuels

Partitionnement de l'espace

E-partitionnement [Peponis *et al.*,97]

- Partition de l'espace en sous-espaces convexes
- Passage entre 2 espaces convexes
⇔ événement visuel (discontinuité)
- **Méthode 2D**
- Méthodes 3D similaires :
Graphes d'aspect, complexe de visibilité, squelette de visibilité

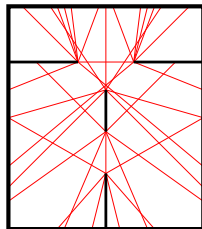


- Méthodes lourdes (mémoire, temps de calcul)
- Caractérisation binaire, pas de distinction entre les événements visuels

Partitionnement de l'espace

E-partitionnement [Peponis *et al.*,97]

- Partition de l'espace en sous-espaces convexes
- Passage entre 2 espaces convexes
⇔ événement visuel (discontinuité)
- **Méthode 2D**
- Méthodes 3D similaires :
Graphes d'aspect, complexe de visibilité, squelette de visibilité



- Méthodes lourdes (mémoire, temps de calcul)
- Caractérisation binaire, pas de distinction entre les événements visuels

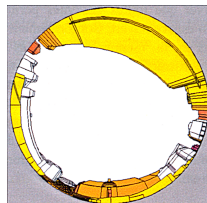
Analyse sphérique [Dupagne *et al.*,89][Teller,01]

Projections sphériques

- = Isovist 3D (informations disponibles en un point)
- Pas besoin d'horizon virtuel
- Rapide

Formes de ciel

- La forme de ciel est définie par la morphologie de l'espace
- Hypothèse : analyser la forme de ciel \Rightarrow caractériser la morphologie



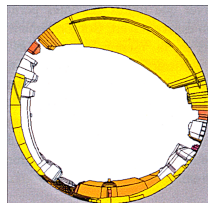
Analyse sphérique [Dupagne *et al.*,89][Teller,01]

Projections sphériques

- = Isovist 3D (informations disponibles en un point)
- Pas besoin d'horizon virtuel
- Rapide

Formes de ciel

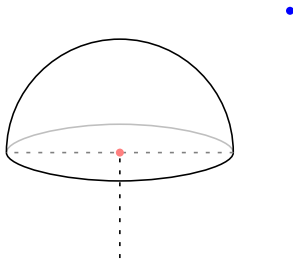
- La forme de ciel est définie par la morphologie de l'espace
- Hypothèse : analyser la forme de ciel \Rightarrow caractériser la morphologie



Principe

Principe de l'analyse sphérique

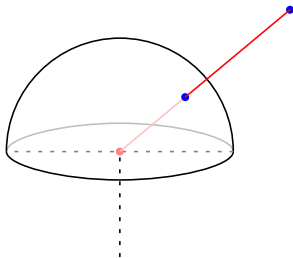
- 1 Projection hémisphérique du ciel
- 2 Aplanissement : différents types de projections (exemple : stéréographique)
- 3 Analyse de la forme du ciel



Principe

Principe de l'analyse sphérique

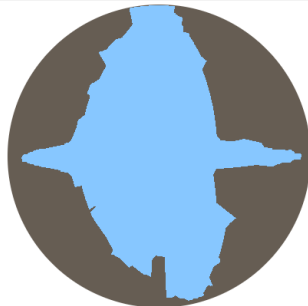
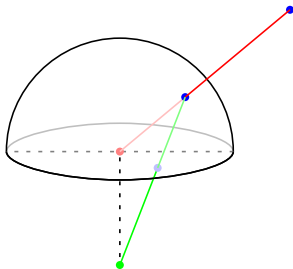
- 1 **Projection hémisphérique du ciel**
- 2 Aplanissement : différents types de projections (exemple : stéréographique)
- 3 Analyse de la forme du ciel



Principe

Principe de l'analyse sphérique

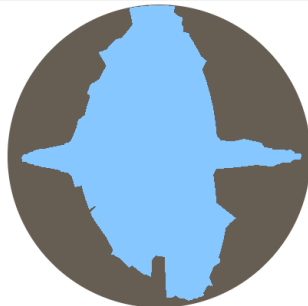
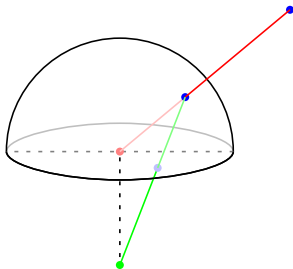
- 1 Projection hémisphérique du ciel
- 2 Aplanissement : différents types de projections (exemple : stéréographique)
- 3 Analyse de la forme du ciel



Principe

Principe de l'analyse sphérique

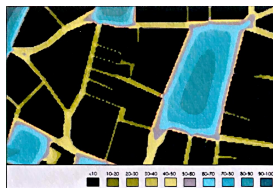
- 1 Projection hémisphérique du ciel
- 2 Aplanissement : différents types de projections (exemple : stéréographique)
- 3 **Analyse de la forme du ciel**



Métrie sphérique

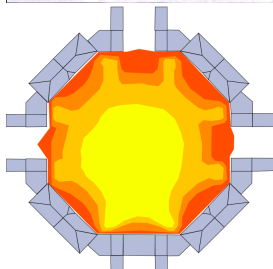
Rapport de masse

- Rapport $\mathcal{A}(\text{ciel})/\mathcal{A}(\text{projection})$
- Distinction fermé/ouvert
- Estimation de la sensation d'ouverture



Excentricité et étalement

- Basé sur le moment de la forme
- Excentricité : calcul de l'assymétrie
- Étalement : calcul de l'orientation



Notre proposition

Représentation et analyse des espaces ouverts urbains

- Méthode orientée champ
- Projection sphérique des formes de ciel (3D, rapide)

Perspective de mouvement

- Succession de projections sphériques le long de parcours
- Analyse des variations globales et locales de la forme de ciel
- Outil d'analyse de formes : squelettisation

Notre proposition

Représentation et analyse des espaces ouverts urbains

- Méthode orientée champ
- Projection sphérique des formes de ciel (3D, rapide)

Perspective de mouvement

- Succession de projections sphériques le long de parcours
- Analyse des variations globales et locales de la forme de ciel
- Outil d'analyse de formes : squelettisation

Notre proposition

Représentation et analyse des espaces ouverts urbains

- Méthode orientée champ
- Projection sphérique des formes de ciel (3D, rapide)

Perspective de mouvement

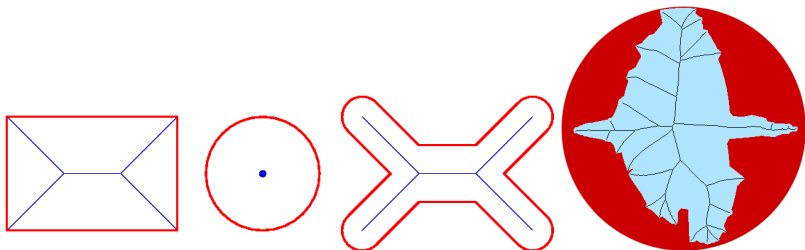
- Succession de projections sphériques le long de parcours
- Analyse des variations globales et locales de la forme de ciel
- **Outil d'analyse de formes : squelettisation**

La squelettisation

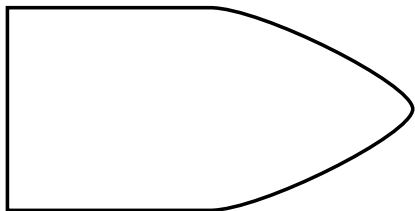
- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
- 3 **La squelettisation**
 - Définition de la notion de squelette
 - Quelques méthodes de squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes
- 5 Conclusion

La squelettisation [Blum,67]

- Convertit une forme en **squelette** (ensemble de lignes centrées dans la forme)
- Outil d'analyse de formes très utilisé
 - Médecine, minéralogie, reconnaissance de forme, ...



Définition de la notion de squelette



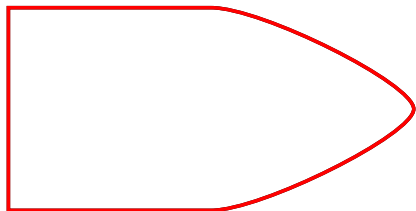
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



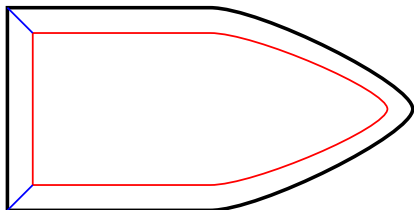
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



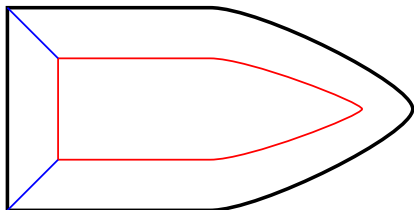
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Définition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



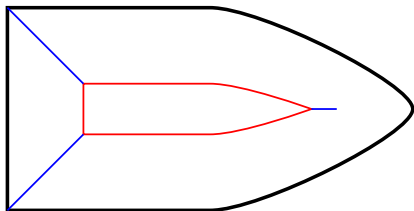
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Définition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



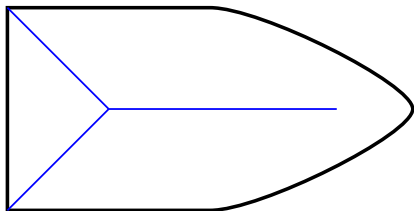
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



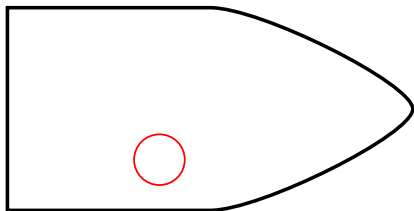
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



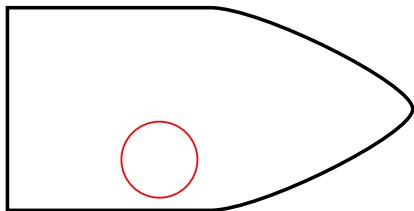
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Définition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



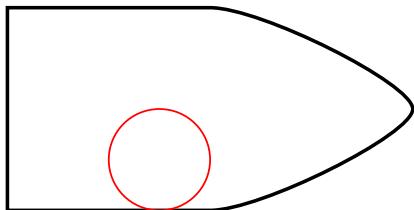
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



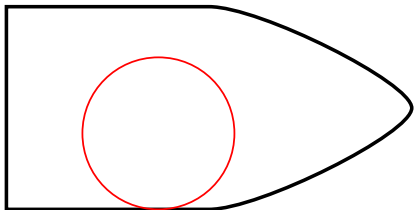
Types de définition

- Feu de prairie
- **Boules maximales**

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



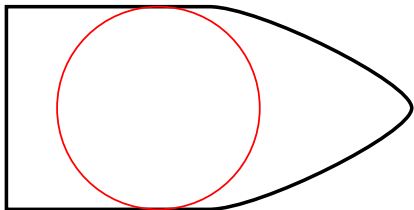
Types de définition

- Feu de prairie
- **Boules maximales**

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



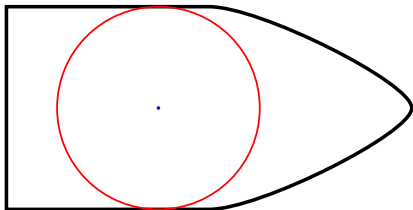
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



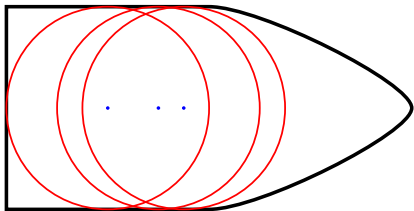
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



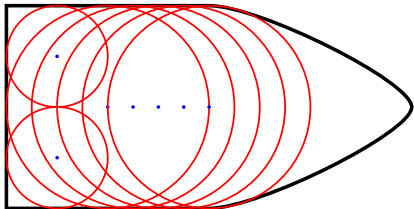
Types de définition

- Feu de prairie
- **Boules maximales**

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



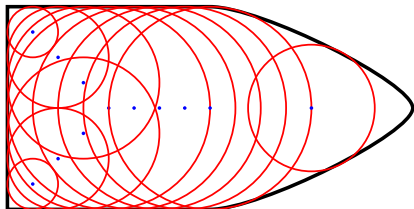
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



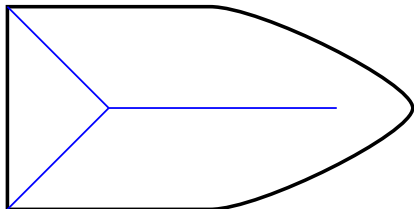
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



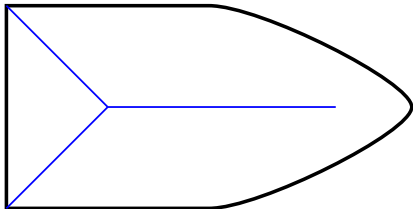
Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Définition de la notion de squelette



Types de définition

- Feu de prairie
- Boules maximales

Definition (Squelette pondéré)

Ensemble des couples formés par le centre des boules maximales et leur rayon

Propriétés des squelettes

Avantages

- Invariant par transformations géométriques
- Unicité, réversibilité
- Description hiérarchique
- Homotope (conservation des propriétés topologiques)

Défaut

- Semi-continuité

Pourquoi les squelettes ?

- Pour ses avantages, plus...
 - Représentation simplifiée, intuitive
 - Description hiérarchique
 - ⇒ Permet de suivre les variations de la forme
 - ⇒ Application à l'analyse de la perspective de mouvement

Méthodes de squelettisation

Différentes méthodes

- Amincissement topologique
- Carte de distances (d_E) [Thiel,94] [Couprie et Zrou,04]
- Simulation du feu de prairie [Siddiqi *et al.*,02]
- Calcul analytique (polygonisation, Voronoï , bissectrices)

Méthodes testées

- [Thiel,94] : imprécise

Méthodes de squelettisation

Différentes méthodes

- Amincissement topologique
- Carte de distances (d_E) [Thiel,94] [Couprie et Zrou,04]
- Simulation du feu de prairie [Siddiqi *et al.*,02]
- Calcul analytique (polygonisation, Voronoï , bissectrices)

Méthodes testées

- [Thiel,94] : imprécise
- [Ogniewicz,93] : rapide, heuristique, imprécise
- [Siddiqi *et al.*,02] : précise, lente
- [Couprie et Zrou,04] : rapide, récente, précise

Méthodes de squelettisation

Différentes méthodes

- Amincissement topologique
- Carte de distances (d_E) [Thiel,94] [Couprie et Zrou,04]
- Simulation du feu de prairie [Siddiqi *et al.*,02]
- Calcul analytique (polygonisation, Voronoï , bissectrices)

Méthodes testées

- [Thiel,94] : imprécise
- [Ogniewicz,93] : rapide, heuristique, imprécise
- [Siddiqi *et al.*,02] : précise, lente
- [Couprie et Zrou,04] : rapide, récente, précise

Méthodes de squelettisation

Différentes méthodes

- Amincissement topologique
- Carte de distances (d_E) [Thiel,94] [Couprie et Zrou,04]
- Simulation du feu de prairie [Siddiqi *et al.*,02]
- Calcul analytique (polygonisation, Voronoï [Ogniewics,93], bissectrices)

Méthodes testées

- [Thiel,94] : imprécise
- [Ogniewicz,93] : rapide, heuristique, imprécise
- [Siddiqi *et al.*,02] : précise, lente
- [Couprie et Zrou,04] : rapide, récente, précise

Méthodes de squelettisation

Différentes méthodes

- Amincissement topologique
- Carte de distances (d_E) [Thiel,94] [Couprie et Zrou,04]
- Simulation du feu de prairie [Siddiqi *et al.*,02]
- Calcul analytique (polygonisation, Voronoï [Ogniewics,93], bissectrices)

Méthodes testées

- [Thiel,94] : imprécise
- [Ogniewicz,93] : rapide, heuristique, imprécise
- [Siddiqi *et al.*,02] : précise, lente
- [Couprie et Zrou,04] : rapide, récente, précise

Méthodes de squelettisation

Différentes méthodes

- Amincissement topologique
- Carte de distances (d_E) [Thiel,94] [Couprie et Zrou,04]
- Simulation du feu de prairie [Siddiqi *et al.*,02]
- Calcul analytique (polygonisation, Voronoï [Ogniewics,93], bissectrices)

Méthodes testées

- [Thiel,94] : imprécise
- [Ogniewicz,93] : rapide, heuristique, imprécise
- [Siddiqi *et al.*,02] : précise, lente
- [Couprie et Zrou,04] : rapide, récente, précise

Méthodes de squelettisation

Différentes méthodes

- Amincissement topologique
- Carte de distances (d_E) [Thiel,94] [Couprie et Zrou,04]
- Simulation du feu de prairie [Siddiqi *et al.*,02]
- Calcul analytique (polygonisation, Voronoï [Ogniewics,93], bissectrices)

Méthodes conservées

- [Thiel,94] : imprécise
- [Ogniewicz,93] : rapide, heuristique, imprécise
- [Siddiqi *et al.*,02] : précise, lente
- [Couprie et Zrou,04] : rapide, récente, précise

Méthodes de squelettisation

Différentes méthodes

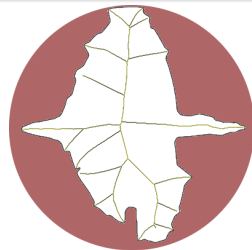
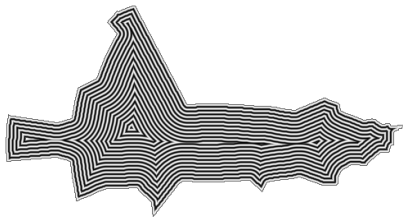
- Amincissement topologique
- Carte de distances (d_E) [Thiel,94] [Couprie et Zrou,04]
- Simulation du feu de prairie [Siddiqi *et al.*,02]
- Calcul analytique (polygonisation, Voronoï [Ogniewics,93], bissectrices)

Méthodes conservées

- [Thiel,94] : imprécise
- [Ogniewicz,93] : rapide, heuristique, imprécise
- [Siddiqi *et al.*,02] : précise, lente (mémoire)
- [Couprie et Zrou,04] : rapide, récente, précise (soutenance)

Méthode [Siddiqi *et al.*,02]

- Basée sur l'évolution de la courbe du front enflammé dans le temps
- Choc entre deux points du front
 - ⇒ Point squelettal
 - ⇒ Violation du principe de conservation de l'énergie



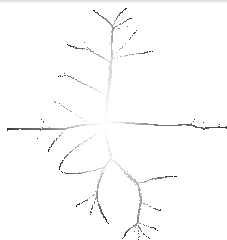
Méthode [Couprie et Zrou,04]

- 1 Basée sur la carte de distances euclidiennes quadratiques (d_E^2) \Rightarrow recherche des maximum locaux
- 2 Filtrage par angle bissecteur (θ)
 - Angle entre un point de la forme et les points du contour les plus proches
- 3 Amincissement homotopique (reconnexion, centrage)



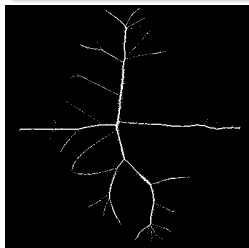
Méthode [Couprie et Zrou,04]

- 1 Basée sur la carte de distances euclidiennes quadratiques (d_E^2) \Rightarrow recherche des maximum locaux
- 2 Filtrage par angle bissecteur (θ)
 - Angle entre un point de la forme et les points du contour les plus proches
- 3 Amincissement homotopique (reconnexion, centrage)



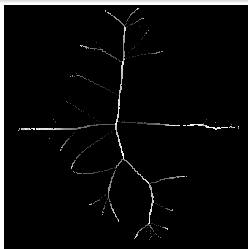
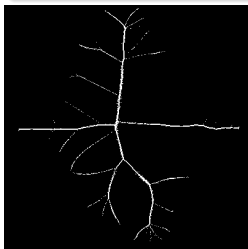
Méthode [Couprie et Zrou,04]

- 1 Basée sur la carte de distances euclidiennes quadratiques (d_E^2) \Rightarrow recherche des maximum locaux
- 2 Filtrage par angle bissecteur (θ)
 - Angle entre un point de la forme et les points du contour les plus proches
 - $\theta > 0 \rightarrow$ point du squelette
- 3 Amincissement homotopique (reconnexion, centrage)



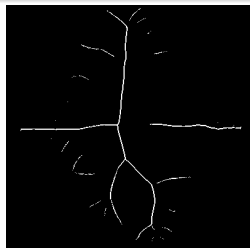
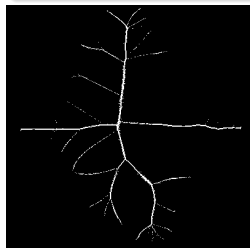
Méthode [Couprie et Zrou,04]

- 1 Basée sur la carte de distances euclidiennes quadratiques (d_E^2) \Rightarrow recherche des maximum locaux
- 2 Filtrage par angle bissecteur (θ)
 - Angle entre un point de la forme et les points du contour les plus proches
 - $\theta > 0 \rightarrow$ point du squelette
- 3 Amincissement homotopique (reconnexion, centrage)



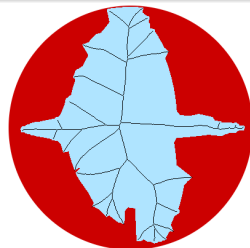
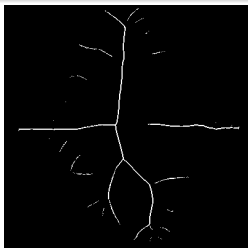
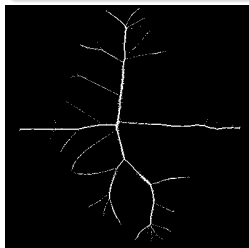
Méthode [Couprie et Zrou,04]

- 1 Basée sur la carte de distances euclidiennes quadratiques (d_E^2) \Rightarrow recherche des maximum locaux
- 2 Filtrage par angle bissecteur (θ)
 - Angle entre un point de la forme et les points du contour les plus proches
 - $\theta > 0 \rightarrow$ point du squelette
- 3 Amincissement homotopique (reconnexion, centrage)



Méthode [Couprie et Zrou,04]

- 1 Basée sur la carte de distances euclidiennes quadratiques (d_E^2) \Rightarrow recherche des maximum locaux
- 2 Filtrage par angle bissecteur (θ)
 - Angle entre un point de la forme et les points du contour les plus proches
 - $\theta > 0 \rightarrow$ point du squelette
- 3 Amincissement homotopique (reconnexion, centrage)



Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes

- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
- 3 La squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes**
 - Définition de mesures sur les squelettes
 - Tests des mesures sur des exemples
- 5 Conclusion

Pourquoi mesurer des squelettes ?

- Suivre les variations de la forme du ciel le long d'un parcours
- Hypothèse : variations de la forme du ciel
⇒ une analyse de la perspective de mouvement

Mesures développées

Plus grand disque maximal

- Taille du **GMD_V**
- Position du **GMD_V**

Analyse des variations

- Distance moyenne de changement

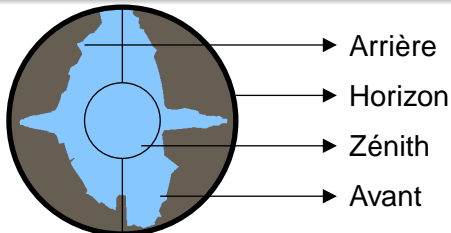
Éléments du parcours

Le parcours

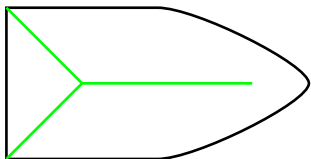
- Parcours = ensemble de points suivi par l'observateur
- Nombre de points \Rightarrow vitesse observateur

L'observateur

- Œil = centre projection (1,60 m du sol)
- Projection stéréographique



Plus grand disque maximal



Definition

GMD ensemble des points du squelette les plus éloignés du contour

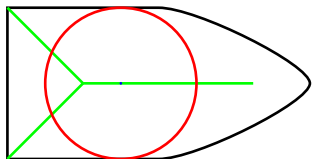
GMD_v point du **GMD** le plus en face de l'observateur

⇒ Détecte la plus grande ouverture locale face à l'observateur

Mesures de la forme urbaine

- Taille du **GMD_v** (taille de la plus grande ouverture locale)
- Position du **GMD_v** (relativement au zénith de l'observateur)

Plus grand disque maximal



Definition

GMD ensemble des points du squelette les plus éloignés du contour

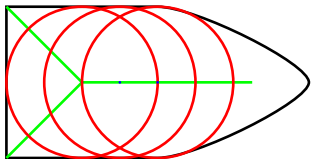
GMD_V point du **GMD** le plus en face de l'observateur

⇒ Détecte la plus grande ouverture locale face à l'observateur

Mesures de la forme urbaine

- Taille du **GMD_V** (taille de la plus grande ouverture locale)
- Position du **GMD_V** (relativement au zénith de l'observateur)

Plus grand disque maximal



Definition

GMD ensemble des points du squelette les plus éloignés du contour

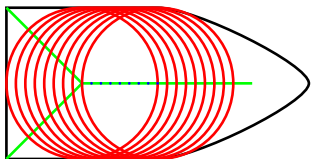
GMD_V point du **GMD** le plus en face de l'observateur

⇒ Détecte la plus grande ouverture locale face à l'observateur

Mesures de la forme urbaine

- Taille du **GMD_V** (taille de la plus grande ouverture locale)
- Position du **GMD_V** (relativement au zénith de l'observateur)

Plus grand disque maximal



Definition

GMD ensemble des points du squelette les plus éloignés du contour

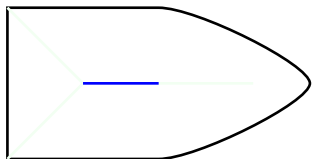
GMD_v point du **GMD** le plus en face de l'observateur

⇒ Détecte la plus grande ouverture locale face à l'observateur

Mesures de la forme urbaine

- Taille du **GMD_v** (taille de la plus grande ouverture locale)
- Position du **GMD_v** (relativement au zénith de l'observateur)

Plus grand disque maximal



Definition

GMD ensemble des points du squelette les plus éloignés du contour

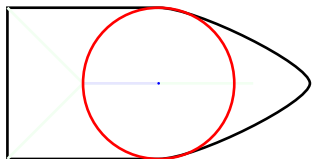
GMD_v point du **GMD** le plus en face de l'observateur

⇒ Détecte la plus grande ouverture locale face à l'observateur

Mesures de la forme urbaine

- Taille du **GMD_v** (taille de la plus grande ouverture locale)
- Position du **GMD_v** (relativement au zénith de l'observateur)

Plus grand disque maximal



Definition

GMD ensemble des points du squelette les plus éloignés du contour

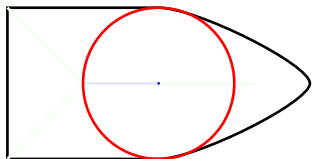
GMD_V point du **GMD** le plus en face de l'observateur

⇒ Détecte la plus grande ouverture locale face à l'observateur

Mesures de la forme urbaine

- Taille du **GMD_V** (taille de la plus grande ouverture locale)
- Position du **GMD_V** (relativement au zénith de l'observateur)

Plus grand disque maximal



Definition

GMD ensemble des points du squelette les plus éloignés du contour

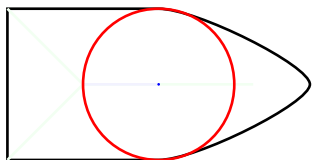
GMD_V point du **GMD** le plus en face de l'observateur

⇒ Détecte la plus grande ouverture locale face à l'observateur

Mesures de la forme urbaine

- Taille du **GMD_V** (taille de la plus grande ouverture locale)
- Position du **GMD_V** (relativement au zénith de l'observateur)

Plus grand disque maximal



Definition

GMD ensemble des points du squelette les plus éloignés du contour

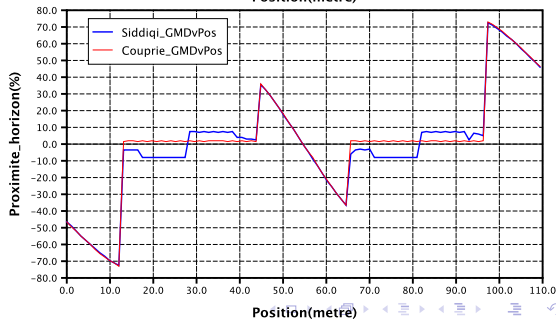
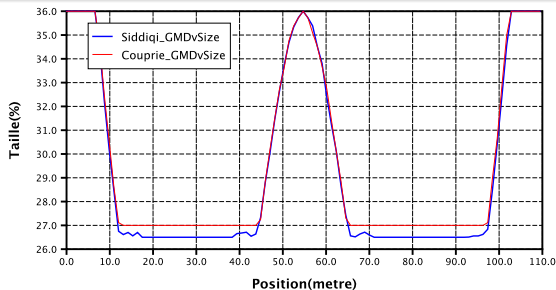
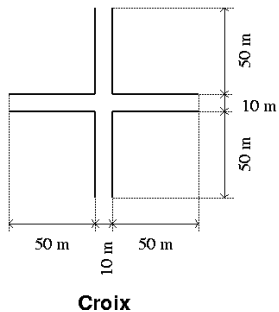
GMD_V point du **GMD** le plus en face de l'observateur

⇒ Détecte la plus grande ouverture locale face à l'observateur

Mesures de la forme urbaine

- Taille du **GMD_V** (taille de la plus grande ouverture locale)
- Position du **GMD_V** (relativement au zénith de l'observateur)

Application du GMD_v



Distance de Hausdorff

Distance de Hausdorff $d_{\mathcal{H}}$

$$\mathcal{H}(S, T) = \max_{p \in S} \{d_E(p, T)\}$$

$$d_{\mathcal{H}}(S, T) = \max\{\mathcal{H}(S, T), \mathcal{H}(T, S)\}$$

- Compare des formes
- ... Mais pas à partir de leur squelette

Distance hyperbolique [Choi et Seidel,01]

$$d_h((p, r), (q, r')) = \max\{0, d_E(p, q) - (r' - r)\}$$

- Remplace d_E dans $d_{\mathcal{H}}$
- Adaptée à la comparaison de formes par le squelette
- Basée sur la plus grande variation (max)

Distance de Hausdorff

Distance de Hausdorff $d_{\mathcal{H}}$

$$\mathcal{H}(S, T) = \max_{p \in S} \{d_E(p, T)\}$$

$$d_{\mathcal{H}}(S, T) = \max\{\mathcal{H}(S, T), \mathcal{H}(T, S)\}$$

- Compare des formes
- ... Mais pas à partir de leur squelette

Distance hyperbolique [Choi et Seidel,01]

$$d_h((p, r), (q, r')) = \max\{0, d_E(p, q) - (r' - r)\}$$

- Remplace d_E dans $d_{\mathcal{H}}$
- Adaptée à la comparaison de formes par le squelette
- Basée sur la plus grande variation (max)

Distance de Hausdorff

Distance de Hausdorff $d_{\mathcal{H}}$

$$\mathcal{H}(S, T) = \max_{p \in S} \{d_E(p, T)\}$$

$$d_{\mathcal{H}}(S, T) = \max\{\mathcal{H}(S, T), \mathcal{H}(T, S)\}$$

- Compare des formes
- ... Mais pas à partir de leur squelette

Distance hyperbolique [Choi et Seidel,01]

$$d_h((p, r), (q, r')) = \max\{0, d_E(p, q) - (r' - r)\}$$

- Remplace d_E dans $d_{\mathcal{H}}$
 - Adaptée à la comparaison de formes par le squelette
- Basée sur la plus grande variation (max)

Distance de Hausdorff

Distance de Hausdorff $d_{\mathcal{H}}$

$$\mathcal{H}(S, T) = \max_{p \in S} \{d_E(p, T)\}$$

$$d_{\mathcal{H}}(S, T) = \max\{\mathcal{H}(S, T), \mathcal{H}(T, S)\}$$

- Compare des formes
- ... Mais pas à partir de leur squelette

Distance hyperbolique [Choi et Seidel,01]

$$d_h((p, r), (q, r')) = \max\{0, d_E(p, q) - (r' - r)\}$$

- Remplace d_E dans $d_{\mathcal{H}}$
 - Adaptée à la comparaison de formes par le squelette
- Basée sur la plus grande variation (max)

Distance moyenne de changement

Distance moyenne de changement

$$\text{MHD} (S, T) = \frac{1}{|S|} \sum_{p \in S} d_E(p, T)$$

$$d_{\text{MHD}} (S, T) = \max\{\text{MHD} (S, T), \text{MHD} (T, S)\}$$

⇒ Adaptée à la comparaison de squelettes

- Distingue les configurations différentes
→ Basée l'ensemble des variations (moyenne)

Distance de Hausdorff modifiée

Distance de Hausdorff modifiée [Dubuisson *et al.*,94]

$$\text{MHD} (S, T) = \frac{1}{|S|} \sum_{p \in S} d_E(p, T)$$

$$d_{\text{MHD}} (S, T) = \max\{\text{MHD} (S, T), \text{MHD} (T, S)\}$$

⇒ Adaptée à la comparaison de squelettes

- Distingue les configurations différentes
→ Basée l'ensemble des variations (moyenne)

Distance de Hausdorff modifiée

Distance de Hausdorff modifiée **hyperbolique**

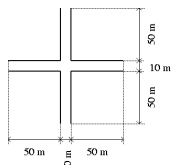
$$\text{MHD}_h(S, T) = \frac{1}{|S|} \sum_{p \in S} d_h(p, T)$$

$$d_{\text{MHD}_h}(S, T) = \max\{\text{MHD}_h(S, T), \text{MHD}_h(T, S)\}$$

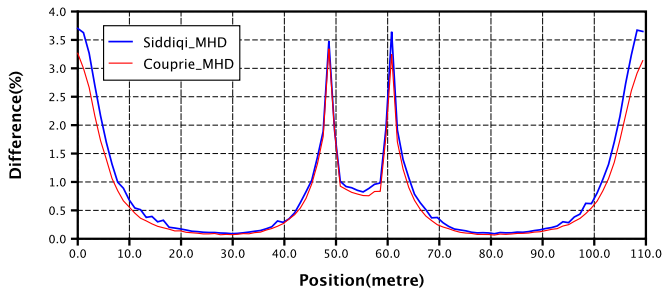
⇒ Adaptée à la comparaison de squelettes

- Distingue les configurations différentes
→ Basée l'ensemble des variations (moyenne)

Application de d_{MHD_h}



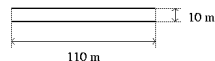
Croix



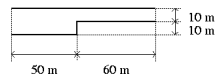
Tests sur des cas simples

Cas testés

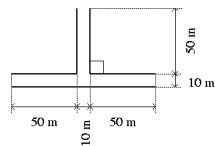
- Rues droites (+ créneaux)
 - Rétrécissements
 - Croisements 3 branches
 - Croisements 4 branches
-
- Influence de la morphologie sur les mesures
 - Comportement des mesures
 - Esquisse d'une typologie



Droit



Retr1



TE

Esquisse d'une typologie

- Permet de diviser le parcours en séquences
- Déterminer des séquences types

Principe

- 1 Comparaison entre taille du GMD_V et sa position
⇒ 5 cas
- 2 Comparaison des 5 cas avec distance de Hausdorff modifiée
⇒ 10 séquences types

Esquisse d'une typologie

- Permet de diviser le parcours en séquences
- Déterminer des séquences types

Principe

- 1 Comparaison entre taille du **GMD_V** et sa position
⇒ 5 cas
- 2 Comparaison des 5 cas avec distance de Hausdorff modifiée
⇒ 10 séquences types

Esquisse d'une typologie

- Permet de diviser le parcours en séquences
- Déterminer des séquences types

Principe

- 1 Comparaison entre taille du **GMD_V** et sa position
⇒ 5 cas
- 2 Comparaison des 5 cas avec distance de Hausdorff modifiée
⇒ 10 séquences types

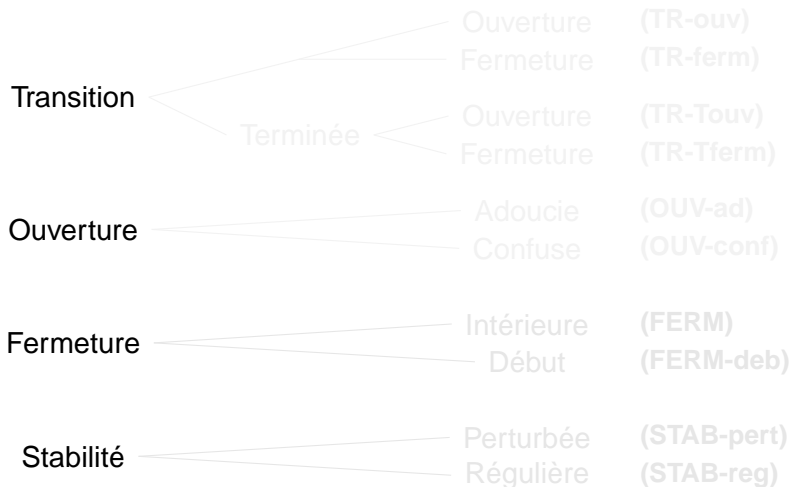
Typologie : GMD_V

		Taille du GMD_V		
		Augmente	Constant	Diminue
Position	<i>En face</i>	Ouverture apparaît en face (Cas1)		
	<i>Au dessus</i>	Presque au centre d'un espace très ouvert (Cas2)	Espace stable (rue canyon) (Cas3)	Après le centre d'un espace très ouvert (Cas4)
GMD_V	<i>Derrière</i>		Grande ouverture (Cas5)	derrière

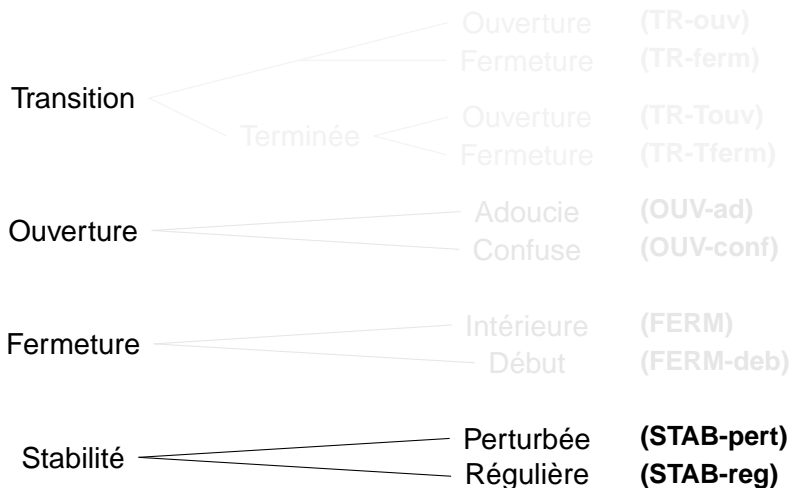
Typologie : distance de Hausdorff modifiée

GMD_v	Distance de Hausdorff modifiée		
	<i>Augmente</i>	<i>Diminue</i>	<i>Faible</i>
Cas1	Transition : apparition d'une ouverture (TR-ouv)	Fin transition : l'espace s'est ouvert (TR-Touv)	
Cas2	Ouverture confuse : approche ouverture + perturbations autour (OUV-conf)	Ouverture adoucie : au centre d'un espace très ouvert + stabilisation (OUV-ad)	
Cas3	Stabilité avec perturbations lointaines (STAB-pert)		Stabilité régulière (STAB-reg)
Cas4	Fermeture : sortie d'un espace très ouvert (FERM)		Début fermeture : sortie d'un espace très ouvert (FERM-deb)
Cas5	Transition : apparition d'une fermeture (TR-ferm)	Fin de transition : l'espace s'est re-fermé derrière (TR-Tferm)	

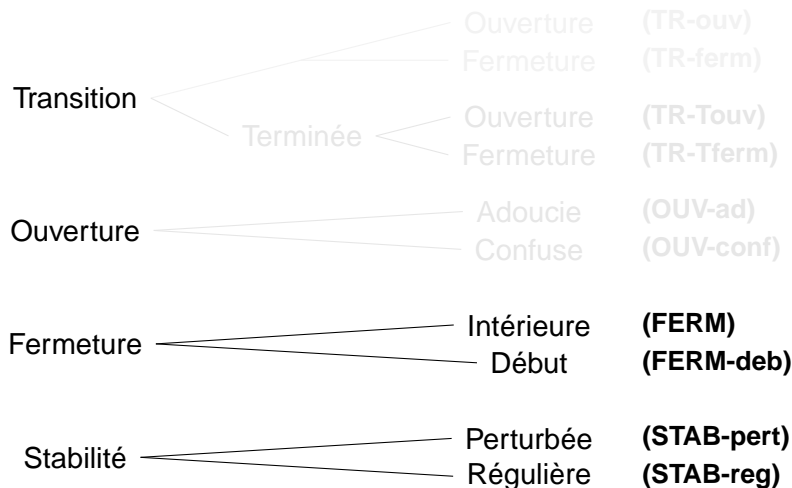
La typologie



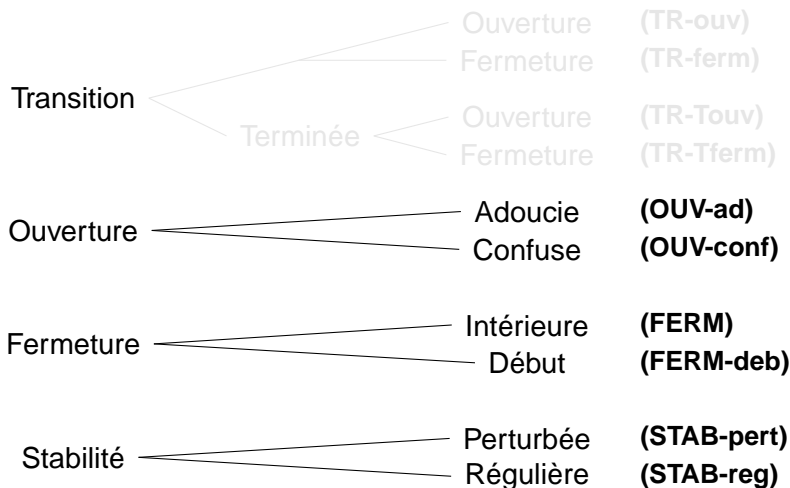
La typologie



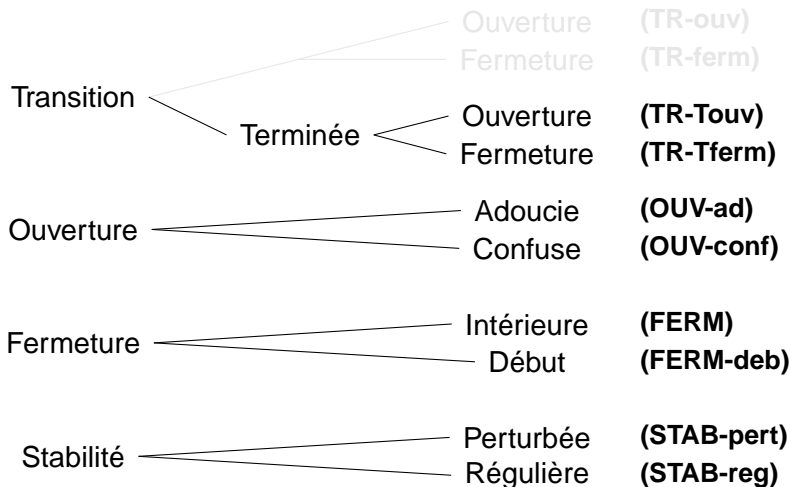
La typologie



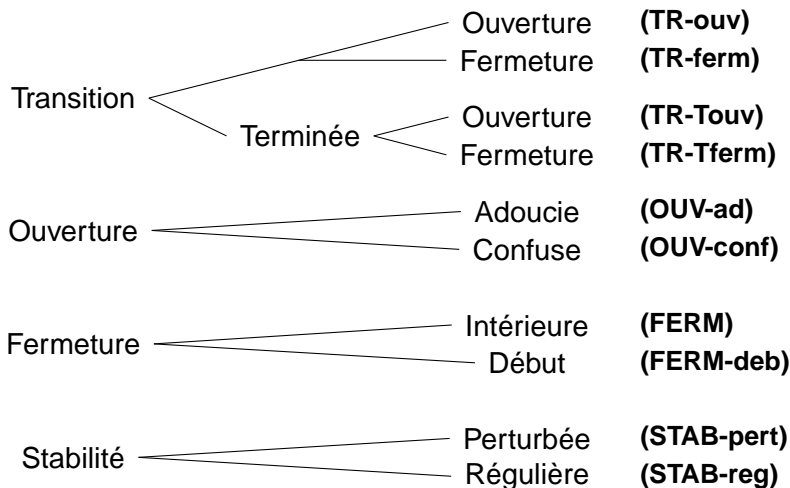
La typologie



La typologie

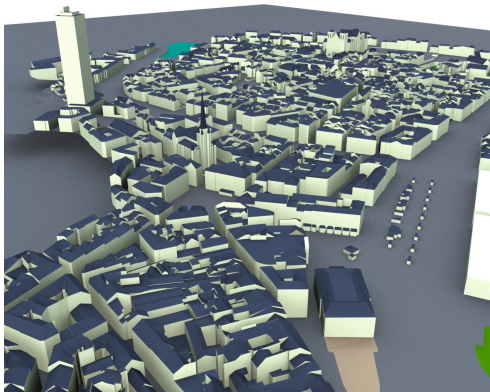


La typologie



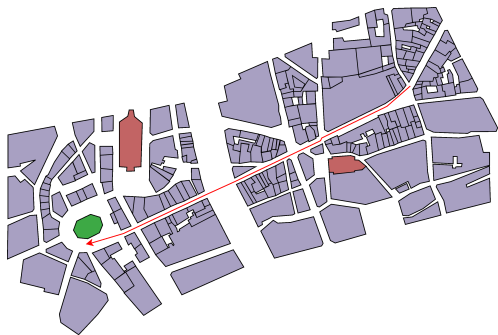
Exemple : un parcours dans Nantes

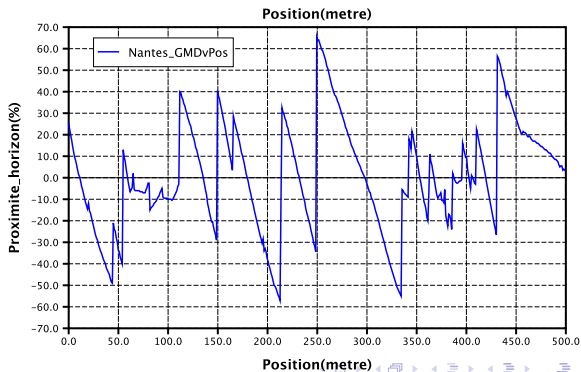
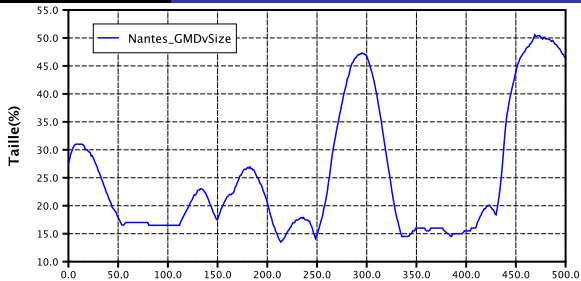
- Modèle :
 - 87 049 faces
 - 78 393 sommets
- Scène réaliste



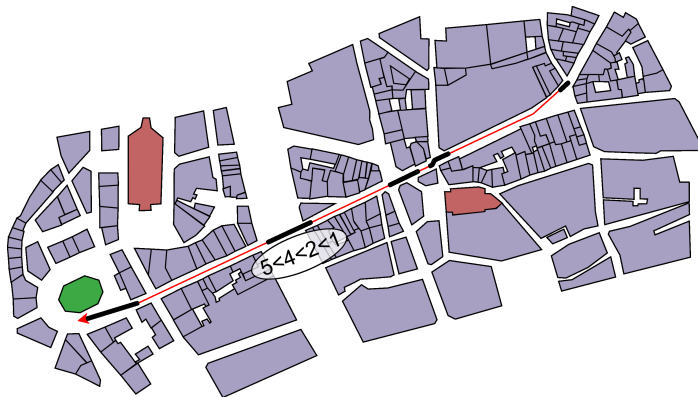
Exemple : un parcours dans Nantes

- Parcours :
 - ≈ 500 mètres
 - 500 projections

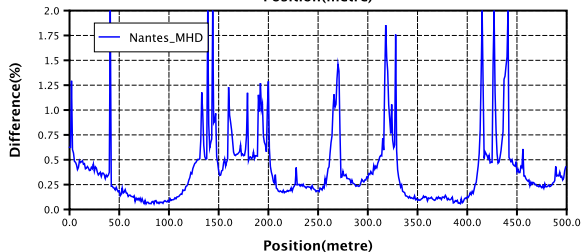
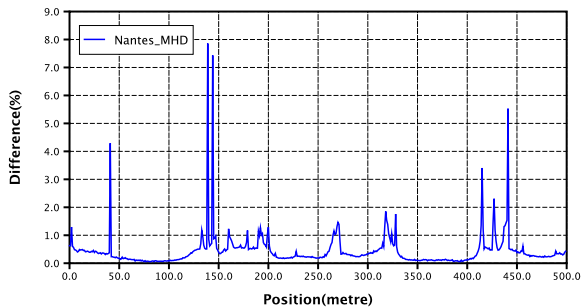




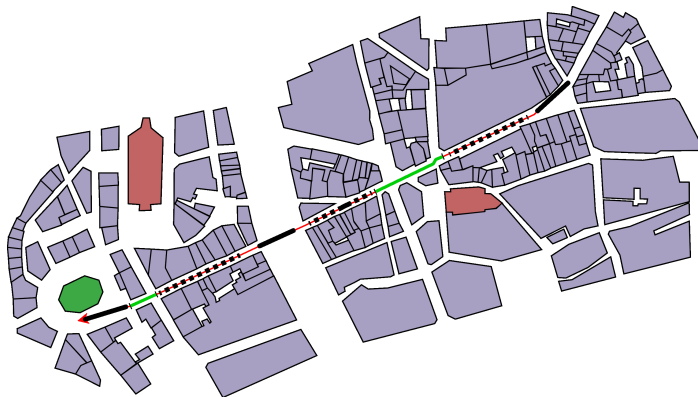
Séquences du parcours selon le GMD_V



- Taille $GMD_V > 20\%$ (grandes ouvertures)
- Position GMD_V devant ou au-dessus



Séquences du parcours selon la d_{MHD_h}

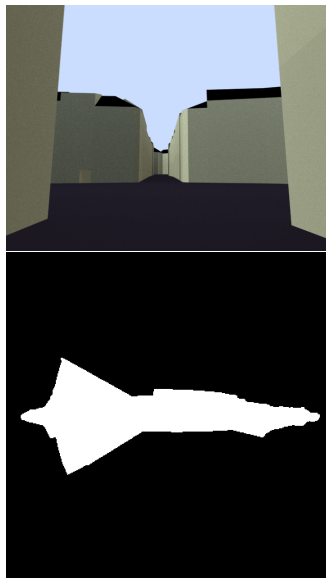


- Noir plein : entre 0,25 % et 0,5 %
- Pointillé : < 0,25 % (espaces de passage)
- Vert : espaces de transition

Application de la typologie

Traversée du Cours des
Cinquante Otages

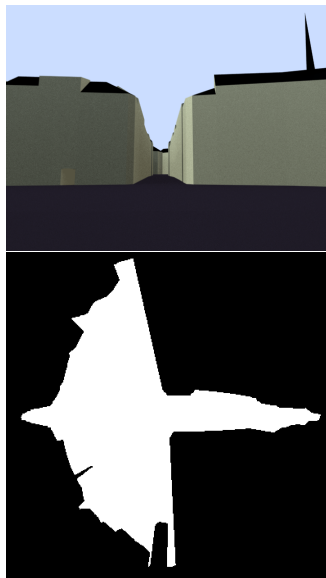
(TR-ouv) Transition (ouverture)



Application de la typologie

Traversée du Cours des
Cinquante Otages

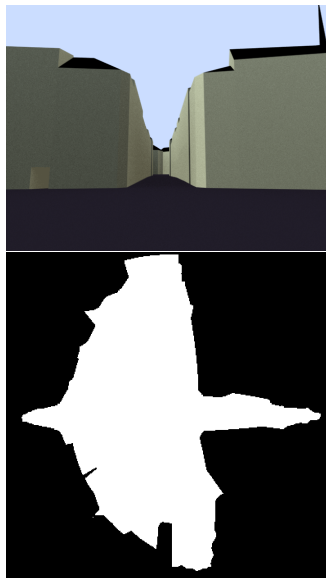
(TR-Touv) Fin transition



Application de la typologie

Traversée du Cours des
Cinquante Otages

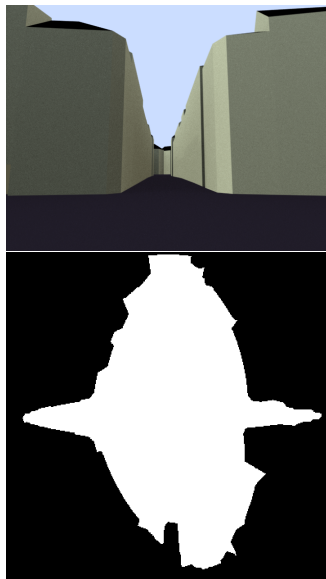
(OUV-ad) Ouverture adoucie



Application de la typologie

Traversée du Cours des
Cinquante Otages

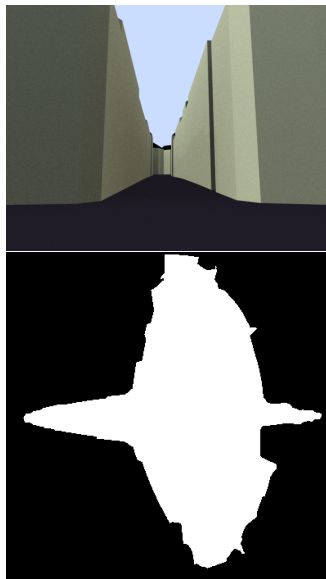
(FERM-deb) Début fermeture



Application de la typologie

Traversée du Cours des
Cinquante Otages

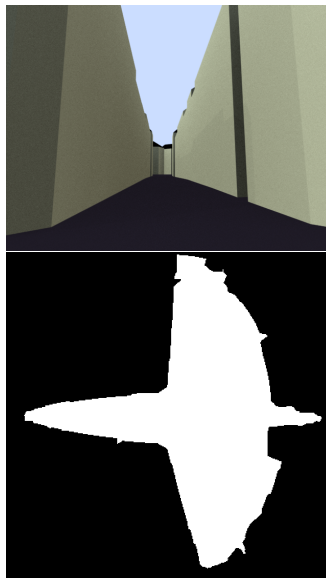
(FERM) Fermeture



Application de la typologie

Traversée du Cours des
Cinquante Otages

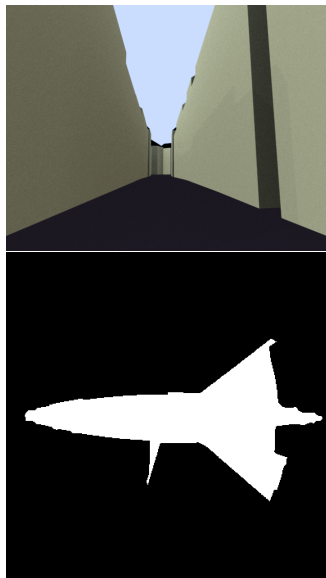
(TR-ferm) Transition (fermeture)



Application de la typologie

Traversée du Cours des
Cinquante Otages

(TR-Tferm) Fin transition



Conclusion

- 1 Introduction
- 2 État de l'art des méthodes d'analyse des espaces urbains
- 3 La squelettisation
- 4 Mesures des formes de ciel le long de parcours par les squelettes
- 5 Conclusion**

Développements réalisés

- Méthode d'analyse de la morphologie des espaces ouverts urbains le long de parcours
 - Basée sur les projections hémisphériques de la forme du ciel
 - Basée sur la squelettisation de la forme du ciel
 - Extension de la méthode de Teller
- Différentes mesures
 - Taille et position du **GMD_v**
 - Distance de Hausdorff modifiée hyperbolique
- Application sur des cas tests, à Nantes et à Liège

Résultats de la méthode

- Détection des principales variations morphologiques du parcours
 - Localisation + amplitude
 - Espaces de passage, espaces à grandes ouvertures, espaces de transition
- Découpage du parcours en séquences
⇒ Typologie de 10 séquences
- Caractérisation de parcours urbains, d'espaces urbains, de projets urbains, ...

Perspectives

Améliorations

- Optimisation, méthode [Couprie et Zrour,04] (fait)
- Séquençage et qualification automatique de parcours
- Affiner la typologie

Validation

- Multiplier les tests (\Rightarrow références)
- Publications

Ouverture

- Intégration dans des SIG3D
- Caractérisation de tissus urbains
- Villes hors Europe, entrées de villes, paysages très ouverts

Bilan personnel

Travail d'équipe

- Concrétisation d'une collaboration entre CERMA et LEMA

Travail expérimental

- Tests littérature (isovists, graphes de visibilité, projections sphériques)
- Tests de méthodes de squelettisation
- Développement d'un nouvel outil expérimental d'analyse

Appropriation de connaissances

- Analyse d'espaces urbains (urbanisme et architecture)
- Analyse d'images (informatique)
- Plus : perception visuelle (approches psychologique et biologique), infographie

Bilan personnel

Travail d'équipe

- Concrétisation d'une collaboration entre CERMA et LEMA

Travail expérimental

- Tests littérature (isovists, graphes de visibilité, projections sphériques)
- Tests de méthodes de squelettisation
- Développement d'un nouvel outil expérimental d'analyse

Appropriation de connaissances

- Analyse d'espaces urbains (urbanisme et architecture)
- Analyse d'images (informatique)
- Plus : perception visuelle (approches psychologique et biologique), infographie

Bilan personnel

Travail d'équipe

- Concrétisation d'une collaboration entre CERMA et LEMA

Travail expérimental

- Tests littérature (isovists, graphes de visibilité, projections sphériques)
- Tests de méthodes de squelettisation
- Développement d'un nouvel outil expérimental d'analyse

Appropriation de connaissances

- Analyse d'espaces urbains (urbanisme et architecture)
- Analyse d'images (informatique)
- Plus : perception visuelle (approches psychologique et biologique), infographie

Merci de votre attention !
Thanks for your kind of attention!