

Construction de modèles géologiques 3D par co-raffinement de surfaces

Nicolas Guiard

École Nationale Supérieure des Mines de Paris

29/05/2006



Plan

- 1 Introduction
- 2 Les Cartes Généralisées
- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
- 4 Construction de modèles structuraux 3D
- 5 Conclusion

Plan

- 1 Introduction
- 2 Les Cartes Généralisées
- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
- 4 Construction de modèles structuraux 3D
- 5 Conclusion

Introduction

- **Sujet :**
 - construction de modèles géologiques 3D
- **Optique :**
 - réaliser une chaîne de traitements automatisée,
 - guider les opérations de construction à l'aide des connaissances géologiques.
- **But :**
 - réalisation d'algorithmes de co-raffinement permettant d'assembler des objets quelconques,
 - application de ces algorithmes à la construction de modèles géologiques.

Introduction

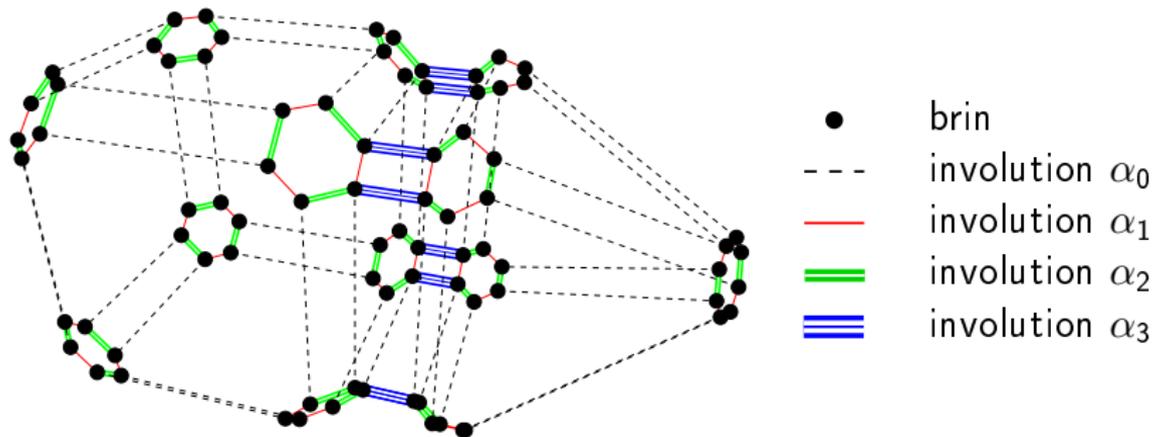
- **Environnement de travail :**
 - Moka : modéleur topologique développé au sein du laboratoire SIC de Poitiers.
- **Fonctionnalités déjà présentes :**
 - noyau de Cartes Généralisées en dimension 3,
 - nombreuses opérations topologiques et géométriques,
 - interface graphique.
- **Fonctionnalités apportées :**
 - algorithmes de co-raffinement en dimension 2 et 3,
 - opérations booléennes,
 - quelques opérations de triangulation, de lissage...
 - structures de données et opérations pour la géologie.

Plan

- 2 Les Cartes Généralisées
 - Généralités
 - Notion de cellules

Cartes Généralisées [Lie94]

- modèle topologique défini en dimension n ,
- objets orientables ou non, avec ou sans bords,
- représentation des objets à l'aide de **brins** et d'**involutions** $(\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n)$.

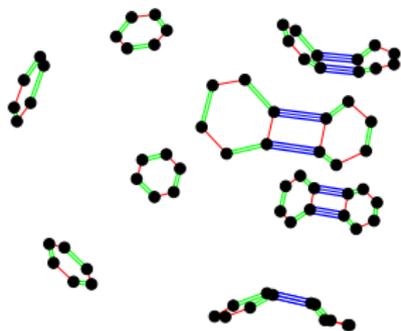


Notion de cellules

- **orbite** : ensemble des brins accessibles depuis un brin à l'aide de compositions d'involutions.
- **i -cellule** : composante connexe de brins résultant de la suppression des involutions α_j (orbites $\langle \alpha_0, \dots, \alpha_{j-1}, \alpha_{j+1}, \dots, \alpha_n \rangle$).

Notion de cellules

- **orbite** : ensemble des brins accessibles depuis un brin à l'aide de compositions d'involutions.
- **i -cellule** : composante connexe de brins résultant de la suppression des involutions α_j (orbites $\langle \alpha_0, \dots, \alpha_{j-1}, \alpha_{j+1}, \dots, \alpha_n \rangle$).

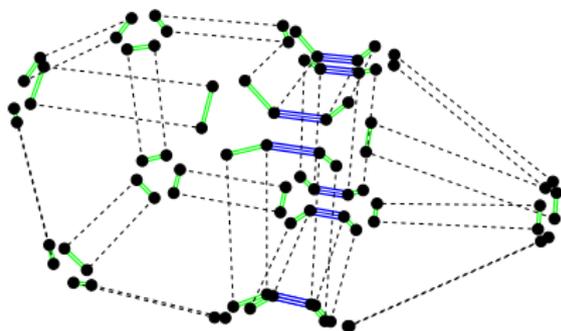


sommets

$\langle \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \rangle$

Notion de cellules

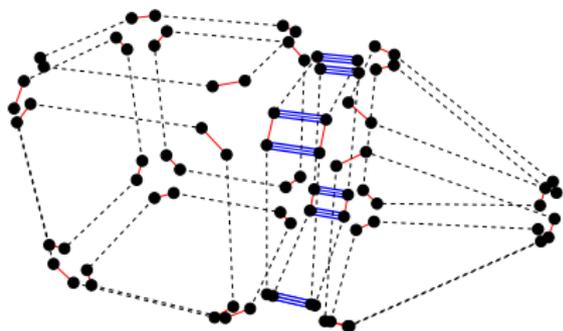
- **orbite** : ensemble des brins accessibles depuis un brin à l'aide de compositions d'involutions.
- **i -cellule** : composante connexe de brins résultant de la suppression des involutions α_j (orbites $\langle \alpha_0, \dots, \alpha_{j-1}, \alpha_{j+1}, \dots, \alpha_n \rangle$).



arêtes
 $\langle \alpha_0, \alpha_2, \alpha_3 \rangle$

Notion de cellules

- **orbite** : ensemble des brins accessibles depuis un brin à l'aide de compositions d'involutions.
- **i -cellule** : composante connexe de brins résultant de la suppression des involutions α_j (orbites $\langle \alpha_0, \dots, \alpha_{j-1}, \alpha_{j+1}, \dots, \alpha_n \rangle$).

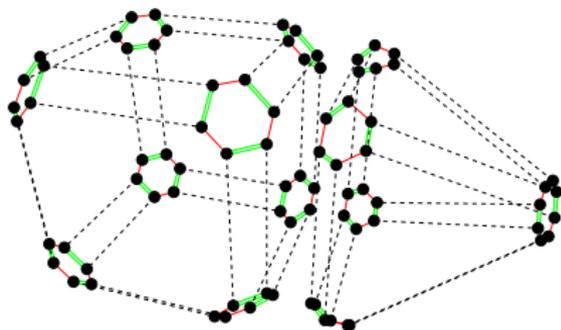


faces

$\langle \alpha_0, \alpha_1, \alpha_3 \rangle$

Notion de cellules

- **orbite** : ensemble des brins accessibles depuis un brin à l'aide de compositions d'involutions.
- **i -cellule** : composante connexe de brins résultant de la suppression des involutions α_j (orbites $\langle \alpha_0, \dots, \alpha_{j-1}, \alpha_{j+1}, \dots, \alpha_n \rangle$).



volumes
 $\langle \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 \rangle$

Plan

- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
 - Présentation
 - Co-raffinement en dimension 2
 - Co-raffinement 3D par suivi de lignes de coupes
 - Co-raffinement 3D par intersection de couples de faces
 - Opérations booléennes

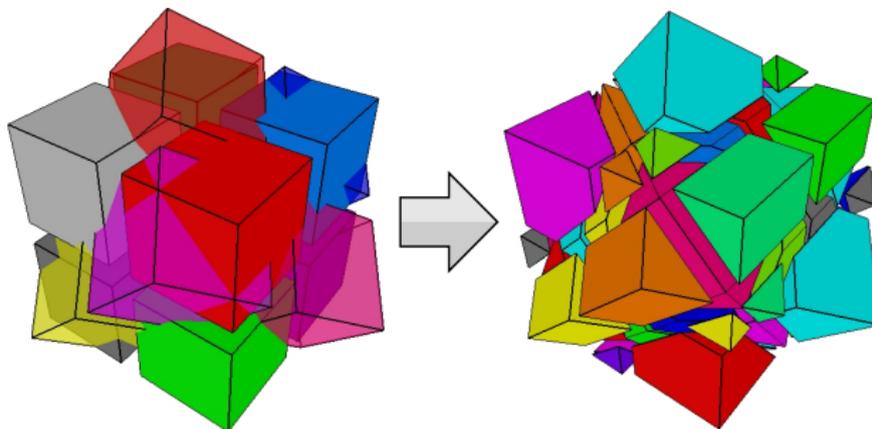
Plan

- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
 - Présentation
 - Co-raffinement en dimension 2
 - Co-raffinement 3D par suivi de lignes de coupes
 - Co-raffinement 3D par intersection de couples de faces
 - Opérations booléennes

Présentation

But :

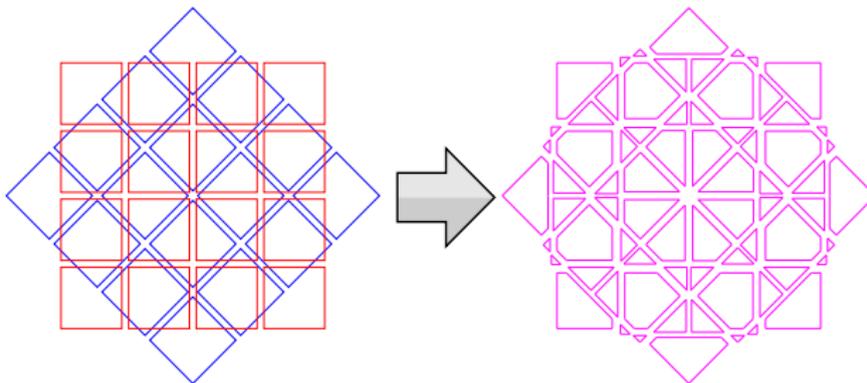
- modéliser l'assemblage de deux subdivisions de l'espace,
- rechercher le plus rapidement possible les intersections entre les cellules.



Présentation

Algorithmes 2D :

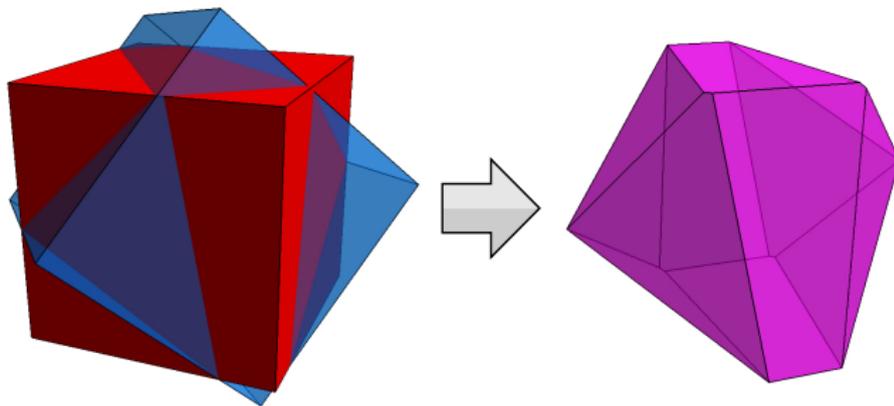
- décomposition en trapèzes [dBDDS97],
- décomposition en simplexes [RF00],
- décomposition en régions [NP82],
- tri lexicographique + ligne de balayage [Caz97, GHPT89, Ž00].



Présentation

Algorithmes 3D :

- très peu d'algorithmes existants [Caz97, CD99],
- permettent de calculer des opérations booléennes entre des volumes isolés [MT83, MT88, HHK88, KY92, GP96, PS86, TN87].



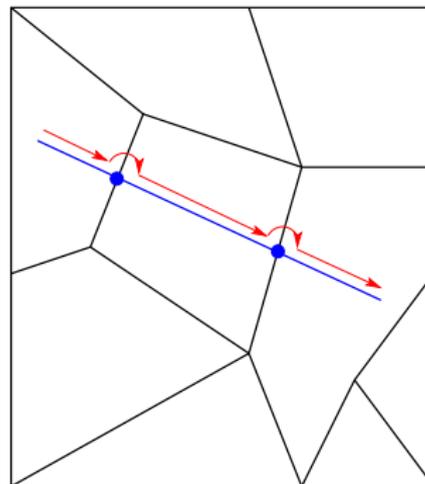
Plan

- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
 - Présentation
 - Co-raffinement en dimension 2
 - Co-raffinement 3D par suivi de lignes de coupes
 - Co-raffinement 3D par intersection de couples de faces
 - Opérations booléennes

Principe

Calcul des intersections entre une droite et un maillage

- Théorème de la zone [BY95] : dans un arrangement de n droites, l'ajout d'une nouvelle droite est calculée en $\mathcal{O}(n)$;
- un arrangement de n droites génère n^2 segments ;
- un maillage normalement constitué [BF97] et formé de n segments peut être considéré comme équivalent à un arrangement de \sqrt{n} droites.

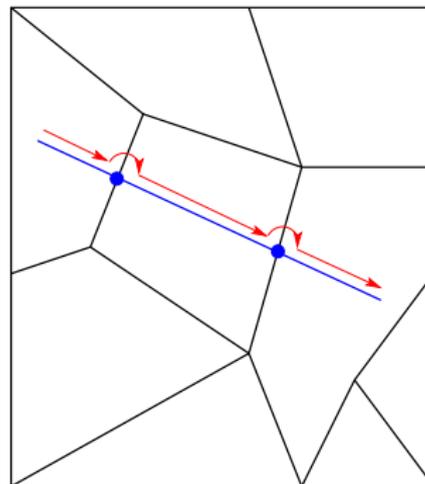


Complexité moyenne du calcul d'intersection entre une droite et un maillage de n segments : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Principe

Calcul des intersections entre une droite et un maillage

- **Théorème de la zone [BY95]** : dans un arrangement de n droites, l'ajout d'une nouvelle droite est calculée en $\mathcal{O}(n)$;
- un arrangement de n droites génère n^2 segments ;
- un maillage normalement constitué [BF97] et formé de n segments peut être considéré comme équivalent à un arrangement de \sqrt{n} droites.

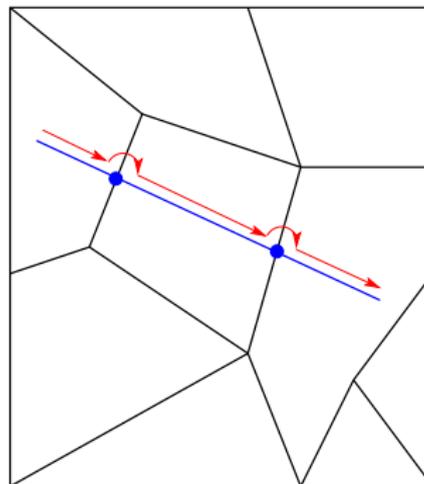


Complexité moyenne du calcul d'intersection entre une droite et un maillage de n segments : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Principe

Calcul des intersections entre une droite et un maillage

- **Théorème de la zone [BY95]** : dans un arrangement de n droites, l'ajout d'une nouvelle droite est calculée en $\mathcal{O}(n)$;
- un arrangement de n droites génère n^2 segments ;
- un maillage normalement constitué [BF97] et formé de n segments peut être considéré comme équivalent à un arrangement de \sqrt{n} droites.

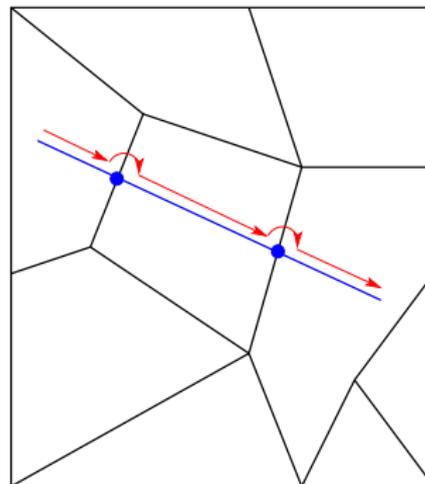


Complexité moyenne du calcul d'intersection entre une droite et un maillage de n segments : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Principe

Calcul des intersections entre une droite et un maillage

- **Théorème de la zone [BY95]** : dans un arrangement de n droites, l'ajout d'une nouvelle droite est calculée en $\mathcal{O}(n)$;
- un arrangement de n droites génère n^2 segments ;
- un maillage normalement constitué [BF97] et formé de n segments peut être considéré comme équivalent à un arrangement de \sqrt{n} droites.

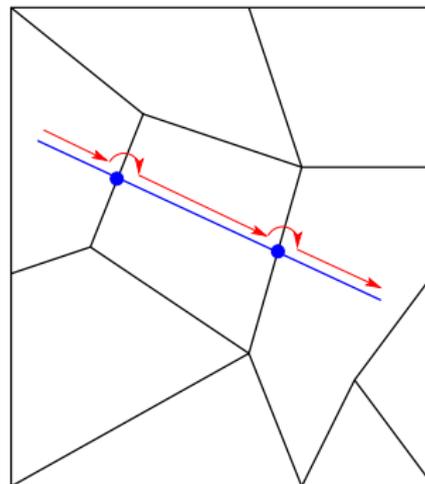


Complexité moyenne du calcul d'intersection entre une droite et un maillage de n segments : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Principe

Calcul des intersections entre une droite et un maillage

- **Théorème de la zone [BY95]** : dans un arrangement de n droites, l'ajout d'une nouvelle droite est calculée en $\mathcal{O}(n)$;
- un arrangement de n droites génère n^2 segments ;
- un maillage normalement constitué [BF97] et formé de n segments peut être considéré comme équivalent à un arrangement de \sqrt{n} droites.

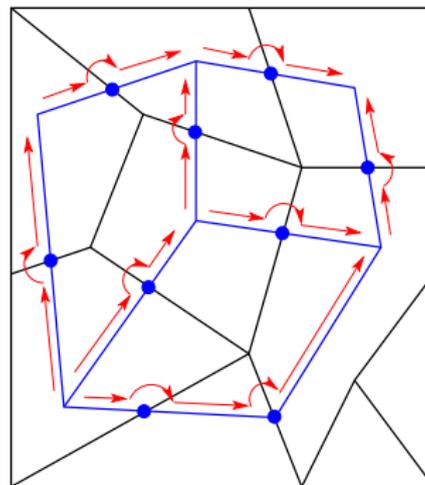


Complexité moyenne du calcul d'intersection entre une droite et un maillage de n segments : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Principe

Co-raffinement de deux maillages

- Intersection entre deux maillages de n segments
 ⇒ intersection entre n segments et un maillage de n segments ;
- un maillage de n segments peut être considéré comme équivalent à un arrangement de \sqrt{n} droites.

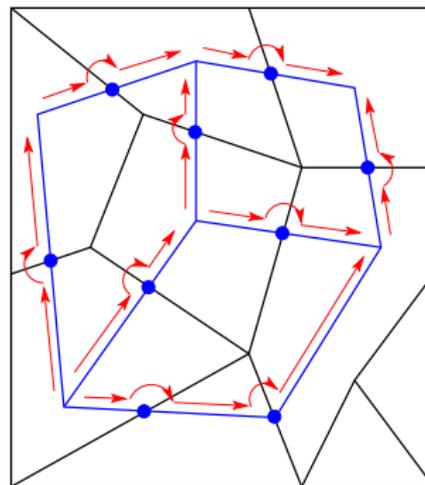


⇒ Co-raffinement entre \sqrt{n} droites et un maillage de n segments
 Complexité moyenne obtenue : $\mathcal{O}(\sqrt{n} \times \sqrt{n}) = \mathcal{O}(n)$

Principe

Co-raffinement de deux maillages

- Intersection entre deux maillages de n segments
 ⇒ intersection entre n segments et un maillage de n segments ;
- un maillage de n segments peut être considéré comme équivalent à un arrangement de \sqrt{n} droites.

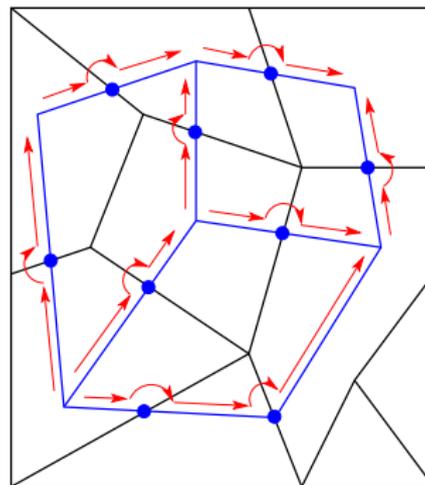


⇒ Co-raffinement entre \sqrt{n} droites et un maillage de n segments
 Complexité moyenne obtenue : $\mathcal{O}(\sqrt{n} \times \sqrt{n}) = \mathcal{O}(n)$

Principe

Co-raffinement de deux maillages

- Intersection entre deux maillages de n segments
 ⇒ intersection entre n segments et un maillage de n segments ;
- un maillage de n segments peut être considéré comme équivalent à un arrangement de \sqrt{n} droites.

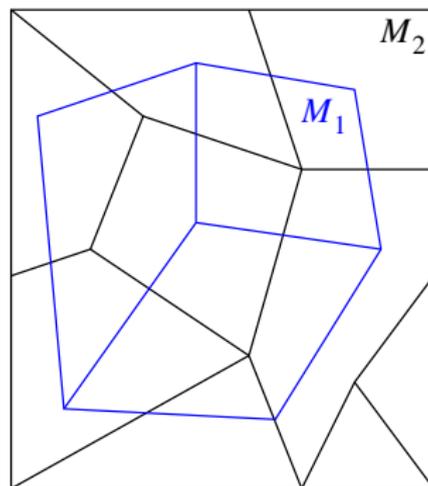


⇒ Co-raffinement entre \sqrt{n} droites et un maillage de n segments
 Complexité moyenne obtenue : $\mathcal{O}(\sqrt{n} \times \sqrt{n}) = \mathcal{O}(n)$

Fonctionnement

L'algorithme se décompose en trois principales étapes :

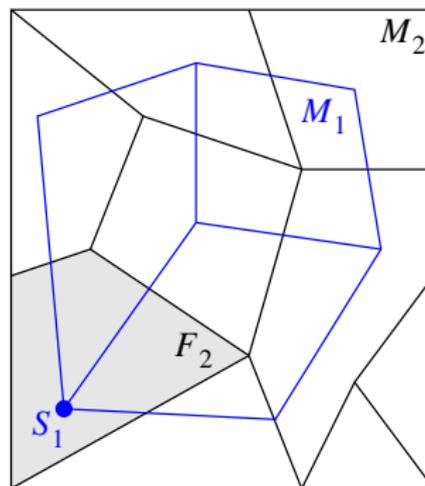
- ① localisation d'un sommet S_1 par rapport à un maillage M_2 ;
 ➔ obtention d'une face F_2
- ② propagation dans M_2 en longeant les arêtes de M_1 ;
- ③ assemblage des deux maillages.



Fonctionnement

L'algorithme se décompose en trois principales étapes :

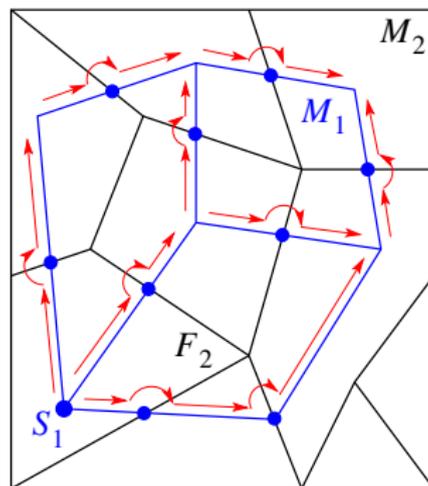
- 1 localisation d'un sommet S_1 par rapport à un maillage M_2 ;
 ⇒ obtention d'une face F_2
- 2 propagation dans M_2 en longeant les arêtes de M_1 ;
- 3 assemblage des deux maillages.



Fonctionnement

L'algorithme se décompose en trois principales étapes :

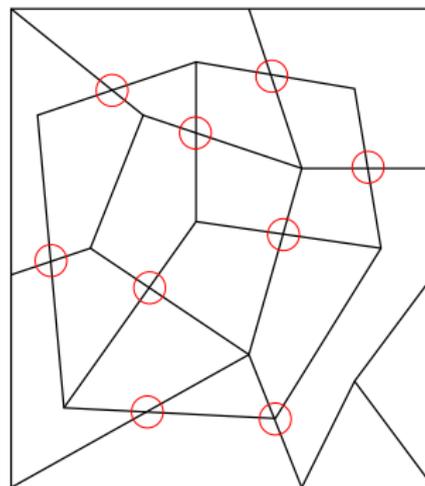
- 1 localisation d'un sommet S_1 par rapport à un maillage M_2 ;
 ⇒ obtention d'une face F_2
- 2 propagation dans M_2 en longeant les arêtes de M_1 ;
- 3 assemblage des deux maillages.



Fonctionnement

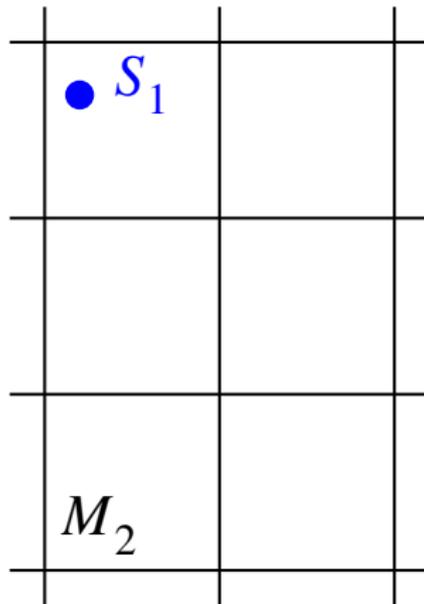
L'algorithme se décompose en trois principales étapes :

- 1 localisation d'un sommet S_1 par rapport à un maillage M_2 ;
⇒ obtention d'une face F_2
- 2 propagation dans M_2 en longeant les arêtes de M_1 ;
- 3 assemblage des deux maillages.



Localisation du point et de la face de départ

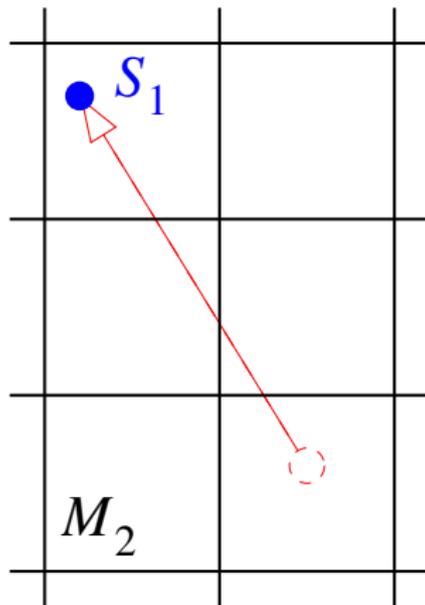
- **Problème** : déterminer la position de S_1 par rapport aux faces de M_2 en évitant de tester toutes les faces.
- **Solution** : se propager vers S_1 depuis un point connu jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'intersection.
- **Question** : quels sont les sommets dont nous connaissons déjà la position par rapport à M_2 ?
- **Réponse** : les sommets de M_2 !



⇒ complexité moyenne de la localisation : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Localisation du point et de la face de départ

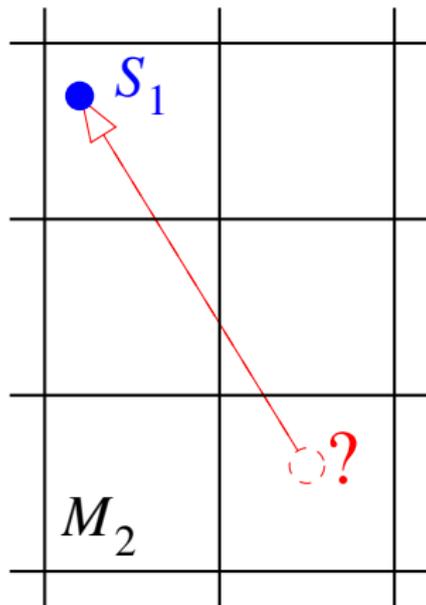
- **Problème** : déterminer la position de S_1 par rapport aux faces de M_2 en évitant de tester toutes les faces.
- **Solution** : se propager vers S_1 depuis un point connu jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'intersection.
- **Question** : quels sont les sommets dont nous connaissons déjà la position par rapport à M_2 ?
- **Réponse** : les sommets de M_2 !



⇒ complexité moyenne de la localisation : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Localisation du point et de la face de départ

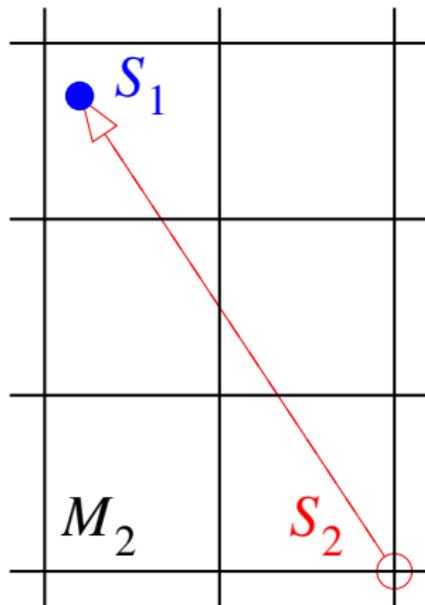
- **Problème** : déterminer la position de S_1 par rapport aux faces de M_2 en évitant de tester toutes les faces.
- **Solution** : se propager vers S_1 depuis un point connu jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'intersection.
- **Question** : quels sont les sommets dont nous connaissons déjà la position par rapport à M_2 ?
- **Réponse** : les sommets de M_2 !



⇒ complexité moyenne de la localisation : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Localisation du point et de la face de départ

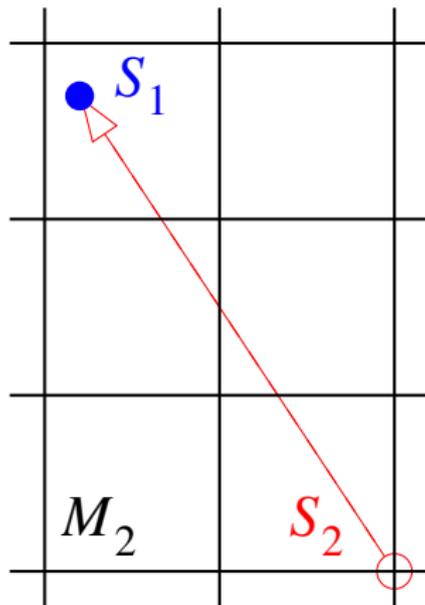
- **Problème** : déterminer la position de S_1 par rapport aux faces de M_2 en évitant de tester toutes les faces.
- **Solution** : se propager vers S_1 depuis un point connu jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'intersection.
- **Question** : quels sont les sommets dont nous connaissons déjà la position par rapport à M_2 ?
- **Réponse** : les sommets de M_2 !



➡ complexité moyenne de la localisation : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Localisation du point et de la face de départ

- **Problème** : déterminer la position de S_1 par rapport aux faces de M_2 en évitant de tester toutes les faces.
- **Solution** : se propager vers S_1 depuis un point connu jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'intersection.
- **Question** : quels sont les sommets dont nous connaissons déjà la position par rapport à M_2 ?
- **Réponse** : les sommets de M_2 !

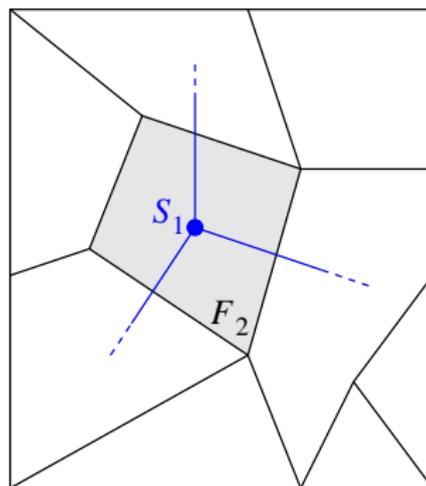


⇒ complexité moyenne de la localisation : $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Propagation et recherche des points d'intersection

À partir d'un sommet de départ S_1 et d'une face F_2 :

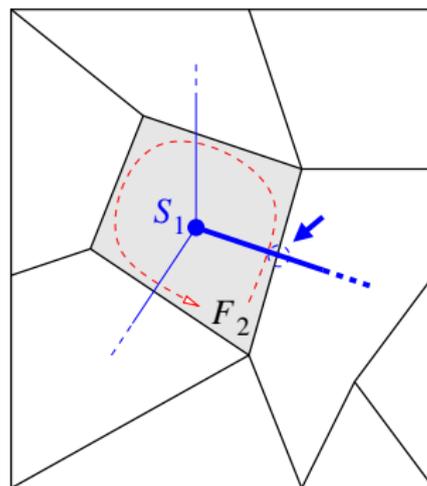
- 1 pour chaque arête incidente à S_1 , recherche des plus proches points d'intersection avec le bord de F_2 ;
- 2 ajout d'un nouveau sommet sur chacun des objets ;
- 3 poursuite du parcours dans la face adjacente.



Propagation et recherche des points d'intersection

À partir d'un sommet de départ S_1 et d'une face F_2 :

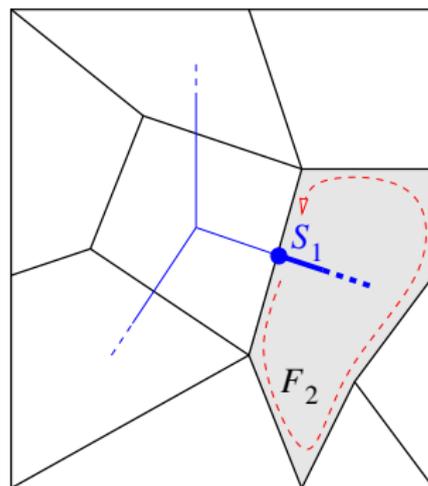
- 1 pour chaque arête incidente à S_1 , recherche des plus proches points d'intersection avec le bord de F_2 ;
- 2 ajout d'un nouveau sommet sur chacun des objets ;
- 3 poursuite du parcours dans la face adjacente.



Propagation et recherche des points d'intersection

À partir d'un sommet de départ S_1 et d'une face F_2 :

- ① pour chaque arête incidente à S_1 , recherche des plus proches points d'intersection avec le bord de F_2 ;
- ② ajout d'un nouveau sommet sur chacun des objets;
- ③ poursuite du parcours dans la face adjacente.

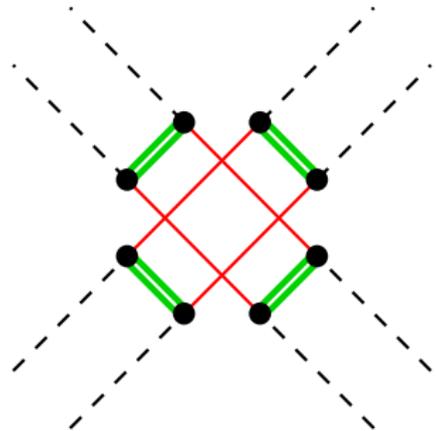


Assemblage des objets

Après le calcul des points d'intersection, la topologie résultante est incorrecte et doit être corrigée :

- 1 tri angulaire des arêtes autour du point d'intersection ;
- 2 modification des involutions α_1 .

➔ les sommets sont liés topologiquement !

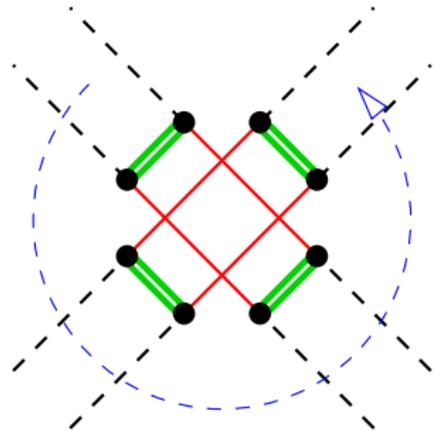


Assemblage des objets

Après le calcul des points d'intersection, la topologie résultante est incorrecte et doit être corrigée :

- 1 tri angulaire des arêtes autour du point d'intersection ;
- 2 modification des involutions α_1 .

➔ les sommets sont liés topologiquement !

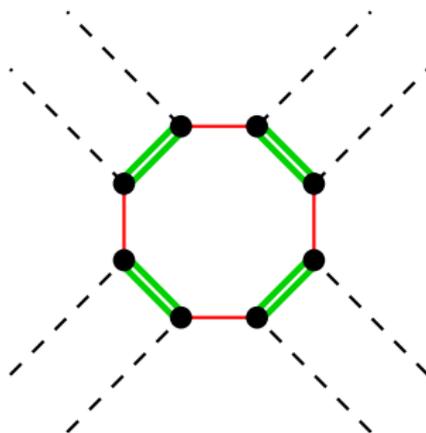


Assemblage des objets

Après le calcul des points d'intersection, la topologie résultante est incorrecte et doit être corrigée :

- ① tri angulaire des arêtes autour du point d'intersection ;
- ② modification des involutions α_1 .

➔ les sommets sont liés topologiquement !

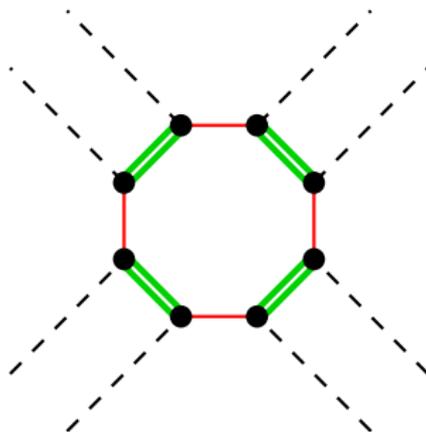


Assemblage des objets

Après le calcul des points d'intersection, la topologie résultante est incorrecte et doit être corrigée :

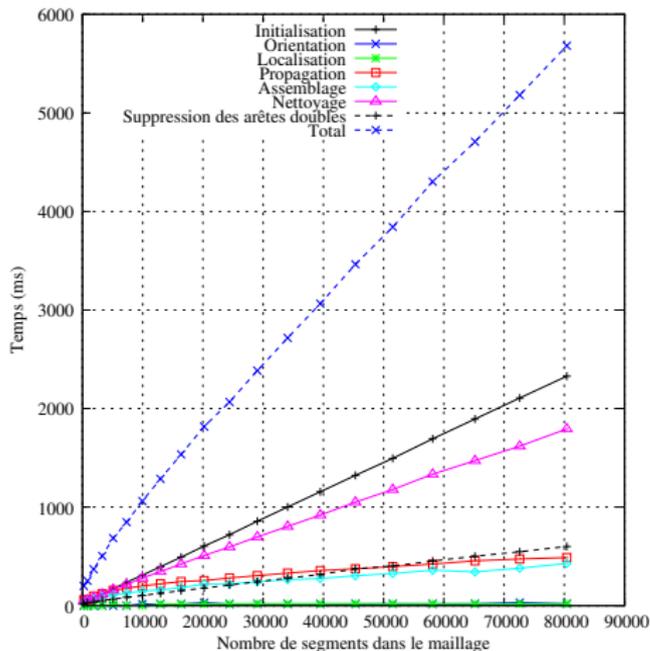
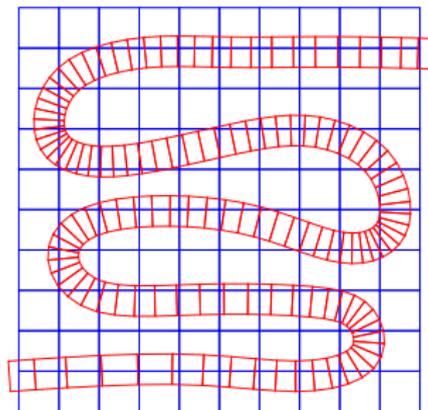
- ① tri angulaire des arêtes autour du point d'intersection ;
- ② modification des involutions α_1 .

⇒ les sommets sont liés topologiquement !



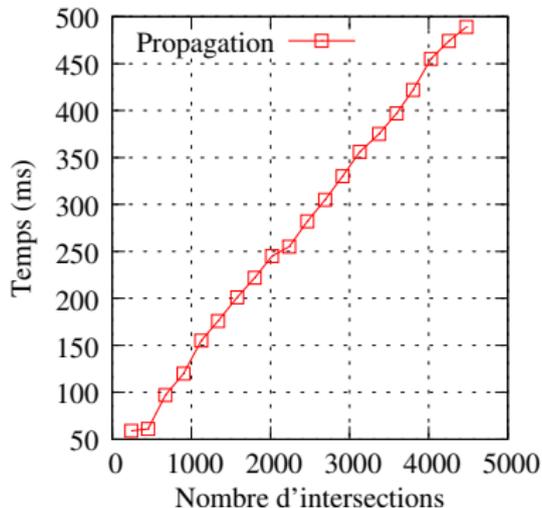
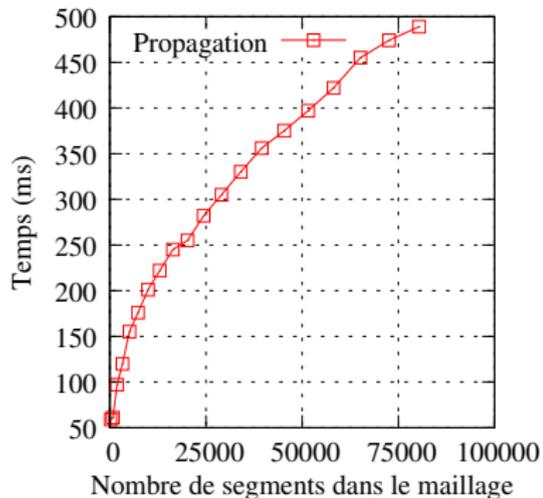
Résultats

Co-raffinement d'un chemin de taille fixe et d'un maillage de taille variable



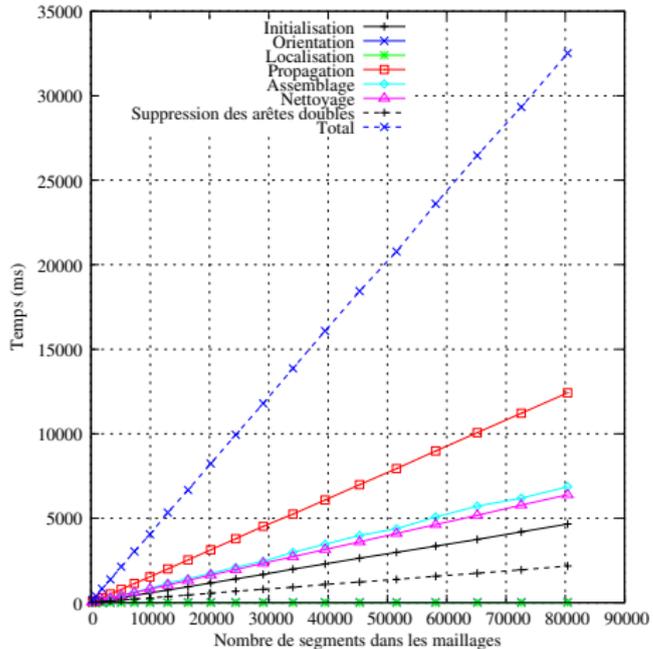
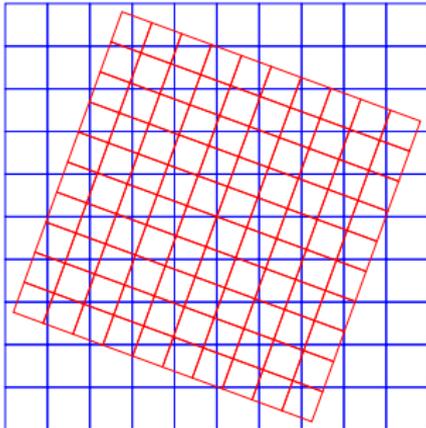
Résultats

Co-raffinement d'un chemin de taille fixe et d'un maillage de taille variable



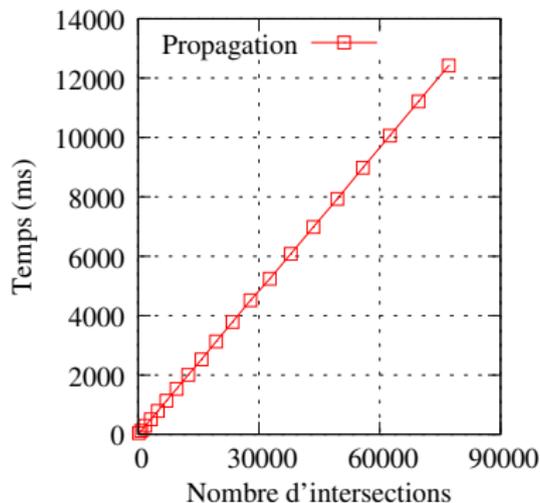
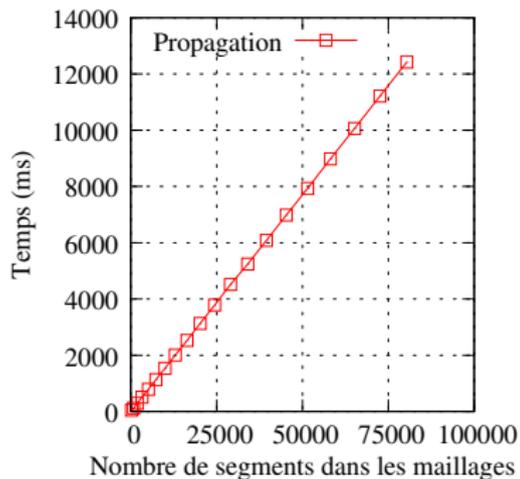
Résultats

Co-raffinement de deux maillages dont la taille varie



Résultats

Co-raffinement de deux maillages dont la taille varie



Plan

- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
 - Présentation
 - Co-raffinement en dimension 2
 - Co-raffinement 3D par suivi de lignes de coupes
 - Co-raffinement 3D par intersection de couples de faces
 - Opérations booléennes

Raisonnement

- Les objets traités en dimension 3 sont généralement composés de volumes complexes
 - ⇒ propagation de volume en volume trop coûteuse
- utilisation d'une grille régulière pour optimiser la recherche des intersections
 - ⇒ la propagation de volume en volume devient inutile
- utilisation de la propagation mais uniquement sur la surface des objets.

Raisonnement

- Les objets traités en dimension 3 sont généralement composés de volumes complexes
 - ⇒ propagation de volume en volume trop coûteuse
- utilisation d'une grille régulière pour optimiser la recherche des intersections
 - ⇒ la propagation de volume en volume devient inutile
- utilisation de la propagation mais uniquement sur la surface des objets.

Raisonnement

- Les objets traités en dimension 3 sont généralement composés de volumes complexes
 - ⇒ propagation de volume en volume trop coûteuse
- utilisation d'une grille régulière pour optimiser la recherche des intersections
 - ⇒ la propagation de volume en volume devient inutile
- utilisation de la propagation mais uniquement sur la surface des objets.

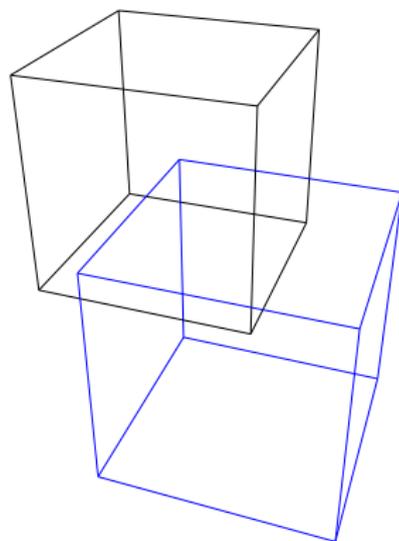
Principe et fonctionnement

Principe :

- L'intersection de deux objets forme des lignes de coupes sur leur surfaces ;
- utilisation du principe de l'algorithme 2D pour suivre les lignes de coupes.
 ➔ complexité moyenne en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Fonctionnement :

- 1 Parcours des arêtes d'un objet et recherche des points d'intersection avec les cellules de l'autre objet ;
 ➔ complexité maximale en $\mathcal{O}(n^2)$
- 2 création et suivi de la ligne de coupe sur la surface des objets.



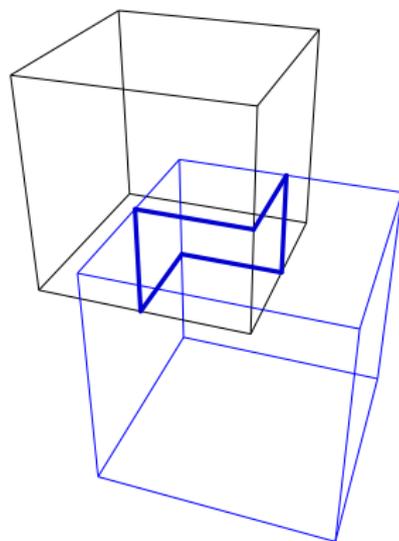
Principe et fonctionnement

Principe :

- L'intersection de deux objets forme des lignes de coupes sur leur surfaces ;
- utilisation du principe de l'algorithme 2D pour suivre les lignes de coupes.
 ➔ complexité moyenne en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Fonctionnement :

- 1 Parcours des arêtes d'un objet et recherche des points d'intersection avec les cellules de l'autre objet ;
 ➔ complexité maximale en $\mathcal{O}(n^2)$
- 2 création et suivi de la ligne de coupe sur la surface des objets.



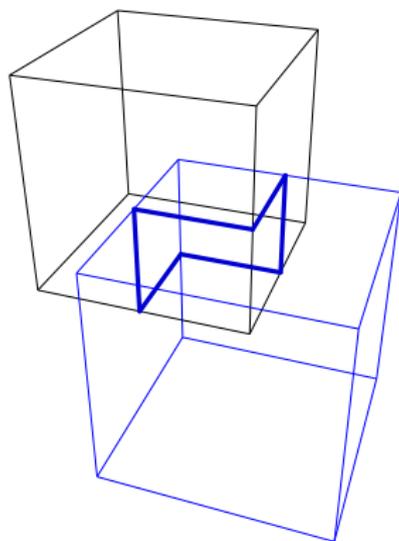
Principe et fonctionnement

Principe :

- L'intersection de deux objets forme des lignes de coupes sur leur surfaces ;
- utilisation du principe de l'algorithme 2D pour suivre les lignes de coupes.
⇒ complexité moyenne en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Fonctionnement :

- 1 Parcours des arêtes d'un objet et recherche des points d'intersection avec les cellules de l'autre objet ;
⇒ complexité maximale en $\mathcal{O}(n^2)$
- 2 création et suivi de la ligne de coupe sur la surface des objets.



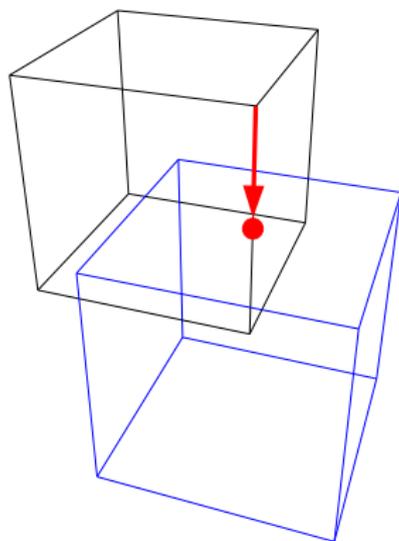
Principe et fonctionnement

Principe :

- L'intersection de deux objets forme des lignes de coupes sur leur surfaces ;
- utilisation du principe de l'algorithme 2D pour suivre les lignes de coupes.
⇒ complexité moyenne en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Fonctionnement :

- 1 Parcours des arêtes d'un objet et recherche des points d'intersection avec les cellules de l'autre objet ;
⇒ complexité maximale en $\mathcal{O}(n^2)$
- 2 création et suivi de la ligne de coupe sur la surface des objets.



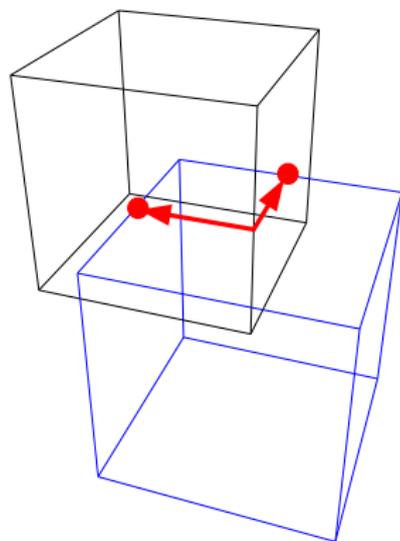
Principe et fonctionnement

Principe :

- L'intersection de deux objets forme des lignes de coupes sur leur surfaces ;
- utilisation du principe de l'algorithme 2D pour suivre les lignes de coupes.
⇒ complexité moyenne en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Fonctionnement :

- 1 Parcours des arêtes d'un objet et recherche des points d'intersection avec les cellules de l'autre objet ;
⇒ complexité maximale en $\mathcal{O}(n^2)$
- 2 création et suivi de la ligne de coupe sur la surface des objets.



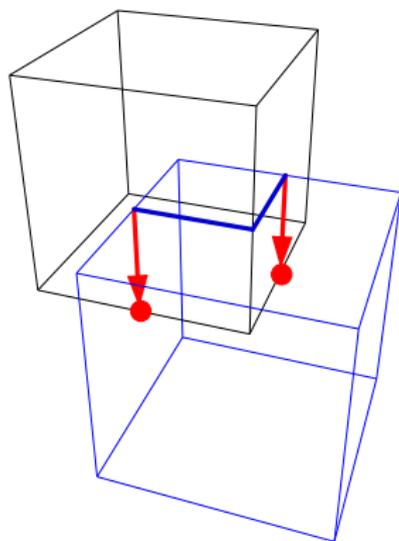
Principe et fonctionnement

Principe :

- L'intersection de deux objets forme des lignes de coupes sur leur surfaces ;
- utilisation du principe de l'algorithme 2D pour suivre les lignes de coupes.
⇒ complexité moyenne en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Fonctionnement :

- 1 Parcours des arêtes d'un objet et recherche des points d'intersection avec les cellules de l'autre objet ;
⇒ complexité maximale en $\mathcal{O}(n^2)$
- 2 création et suivi de la ligne de coupe sur la surface des objets.



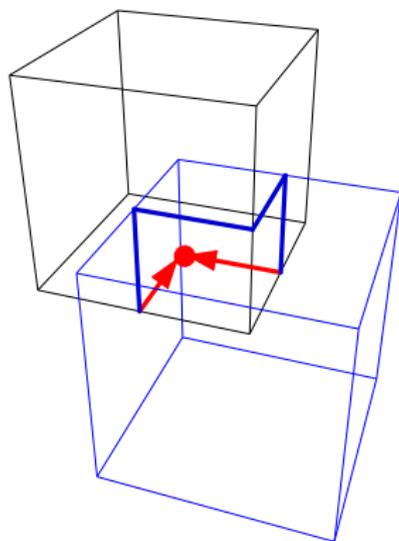
Principe et fonctionnement

Principe :

- L'intersection de deux objets forme des lignes de coupes sur leur surfaces ;
- utilisation du principe de l'algorithme 2D pour suivre les lignes de coupes.
⇒ complexité moyenne en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Fonctionnement :

- 1 Parcours des arêtes d'un objet et recherche des points d'intersection avec les cellules de l'autre objet ;
⇒ complexité maximale en $\mathcal{O}(n^2)$
- 2 création et suivi de la ligne de coupe sur la surface des objets.



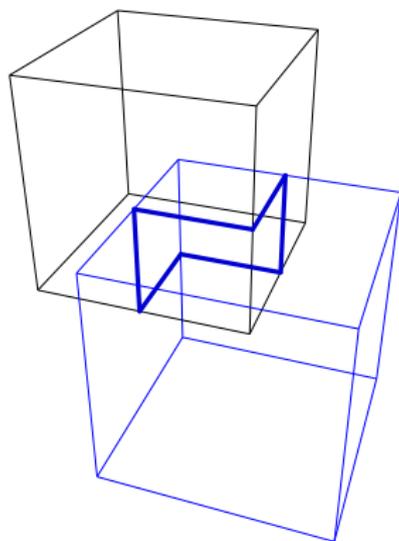
Principe et fonctionnement

Principe :

- L'intersection de deux objets forme des lignes de coupes sur leur surfaces ;
- utilisation du principe de l'algorithme 2D pour suivre les lignes de coupes.
⇒ complexité moyenne en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$

Fonctionnement :

- 1 Parcours des arêtes d'un objet et recherche des points d'intersection avec les cellules de l'autre objet ;
⇒ complexité maximale en $\mathcal{O}(n^2)$
- 2 création et suivi de la ligne de coupe sur la surface des objets.

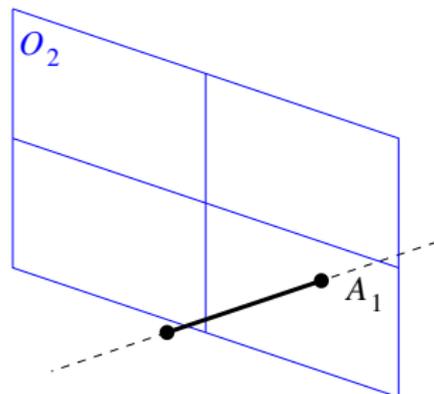


Recherche des points d'intersection

Pour chaque arête A_1 du premier objet, recherche d'une intersection avec les cellules du second objet O_2 :

- ① avec les sommets,
- ② avec les arêtes,
- ③ avec les faces.

➔ test d'appartenance d'un point à une face !

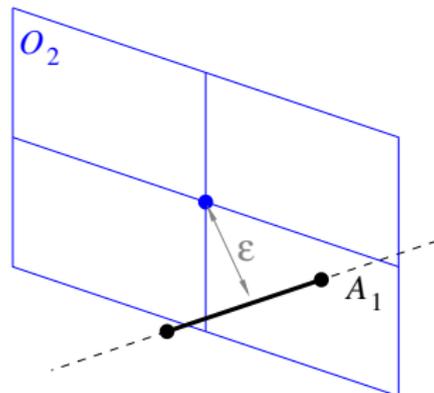


Recherche des points d'intersection

Pour chaque arête A_1 du premier objet, recherche d'une intersection avec les cellules du second objet O_2 :

- ① avec les sommets,
- ② avec les arêtes,
- ③ avec les faces.

➔ test d'appartenance d'un point à une face !

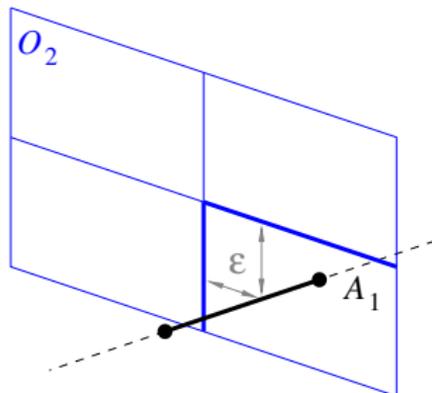


Recherche des points d'intersection

Pour chaque arête A_1 du premier objet, recherche d'une intersection avec les cellules du second objet O_2 :

- ① avec les sommets,
- ② avec les arêtes,
- ③ avec les faces.

➔ test d'appartenance d'un point à une face !

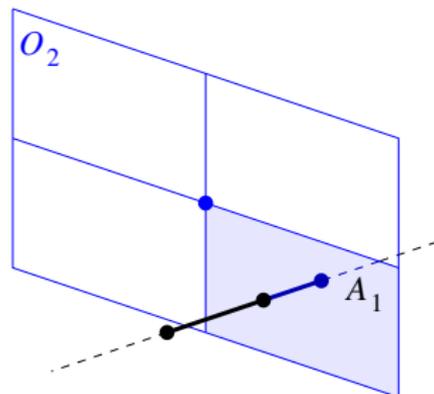


Recherche des points d'intersection

Pour chaque arête A_1 du premier objet, recherche d'une intersection avec les cellules du second objet O_2 :

- ① avec les sommets,
- ② avec les arêtes,
- ③ avec les faces.

➔ test d'appartenance d'un point à une face !

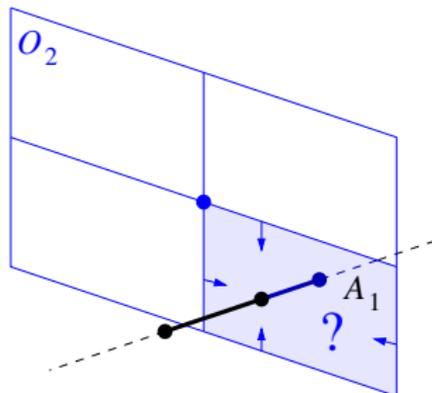


Recherche des points d'intersection

Pour chaque arête A_1 du premier objet, recherche d'une intersection avec les cellules du second objet O_2 :

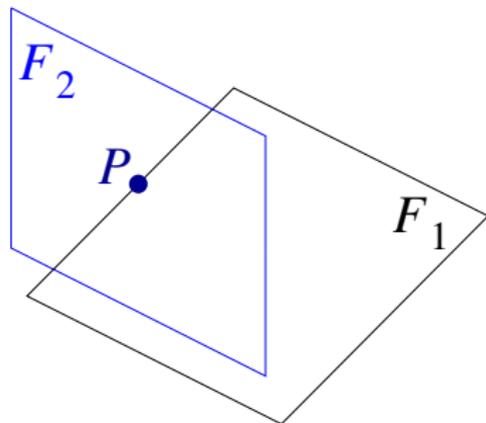
- 1 avec les sommets,
- 2 avec les arêtes,
- 3 avec les faces.

⇒ test d'appartenance d'un point à une face !



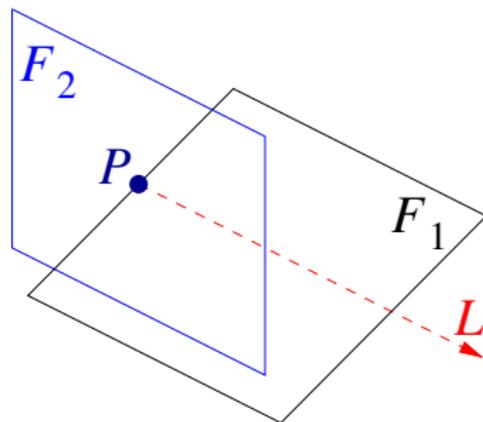
Calcul d'un segment de coupe

- 1 Calcul de la ligne de coupe L entre les faces F_1 et F_2 ;
- 2 recherche des plus proches points d'intersection P_1 et P_2 avec le bord de chaque face;
- 3 création du segment de coupe entre P et le point le plus proche de P .



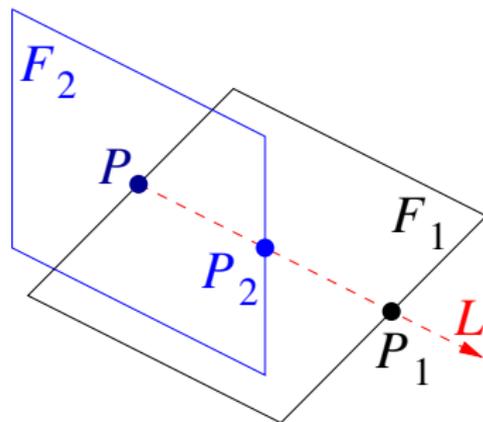
Calcul d'un segment de coupe

- 1 Calcul de la ligne de coupe L entre les faces F_1 et F_2 ;
- 2 recherche des plus proches points d'intersection P_1 et P_2 avec le bord de chaque face;
- 3 création du segment de coupe entre P et le point le plus proche de P .



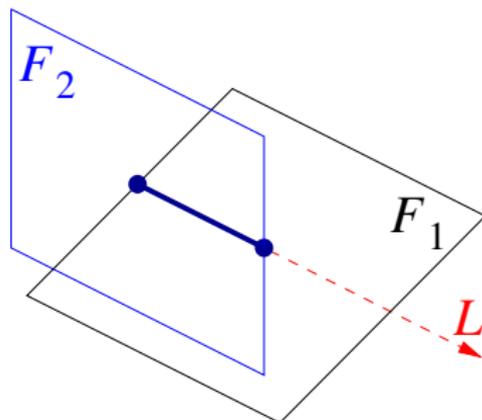
Calcul d'un segment de coupe

- 1 Calcul de la ligne de coupe L entre les faces F_1 et F_2 ;
- 2 recherche des plus proches points d'intersection P_1 et P_2 avec le bord de chaque face;
- 3 création du segment de coupe entre P et le point le plus proche de P .



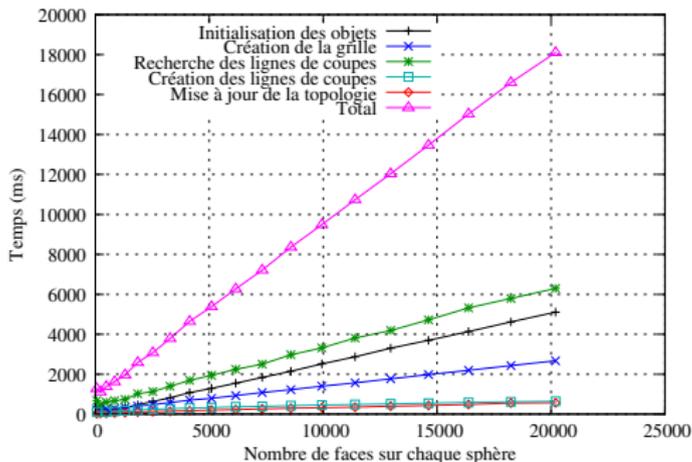
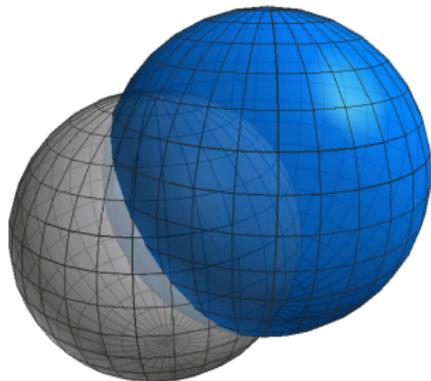
Calcul d'un segment de coupe

- 1 Calcul de la ligne de coupe L entre les faces F_1 et F_2 ;
- 2 recherche des plus proches points d'intersection P_1 et P_2 avec le bord de chaque face;
- 3 création du segment de coupe entre P et le point le plus proche de P .



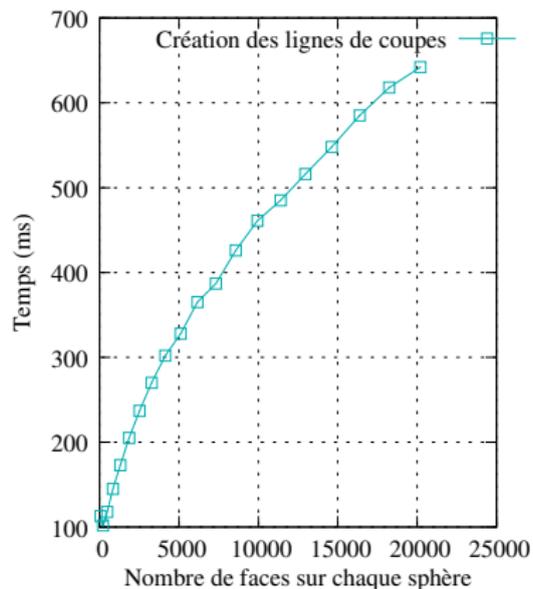
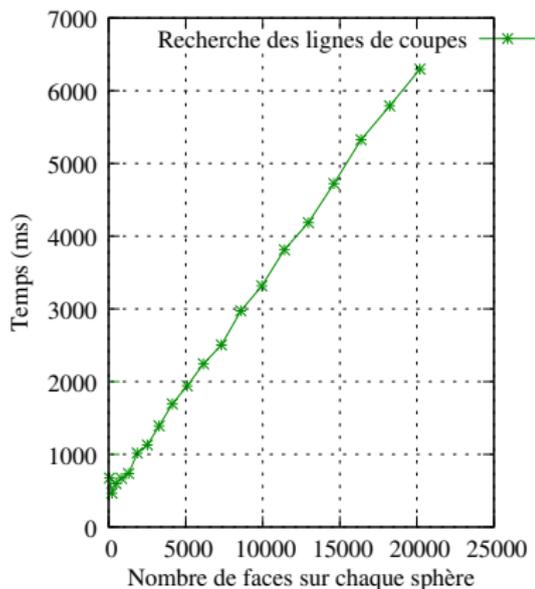
Résultats

Co-raffinement de deux sphères dont le nombre de faces varie



Résultats

Co-raffinement de deux sphères dont le nombre de faces varie



Avantages et inconvénients

- **Avantage :**

- la création d'une ligne de coupe est très rapide et possède une complexité en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$ comme pour l'algorithme 2D.

- **Inconvénients :**

- la recherche des points d'intersection est trop coûteuse et ne peut pas être évitée ;
- il est possible que des intersections soient calculées plusieurs fois ;
- la gestion des faces coplanaires est quasiment impossible au sein de l'algorithme ;
- dans certains cas, aucune intersection n'est détectée.

Avantages et inconvénients

- **Avantage :**
 - la création d'une ligne de coupe est très rapide et possède une complexité en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$ comme pour l'algorithme 2D.
- **Inconvénients :**
 - la recherche des points d'intersection est trop coûteuse et ne peut pas être évitée ;
 - il est possible que des intersections soient calculées plusieurs fois ;
 - la gestion des faces coplanaires est quasiment impossible au sein de l'algorithme ;
 - dans certains cas, aucune intersection n'est détectée.

Avantages et inconvénients

- **Avantage :**
 - la création d'une ligne de coupe est très rapide et possède une complexité en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$ comme pour l'algorithme 2D.
- **Inconvénients :**
 - la recherche des points d'intersection est trop coûteuse et ne peut pas être évitée ;
 - il est possible que des intersections soient calculées plusieurs fois ;
 - la gestion des faces coplanaires est quasiment impossible au sein de l'algorithme ;
 - dans certains cas, aucune intersection n'est détectée.

Avantages et inconvénients

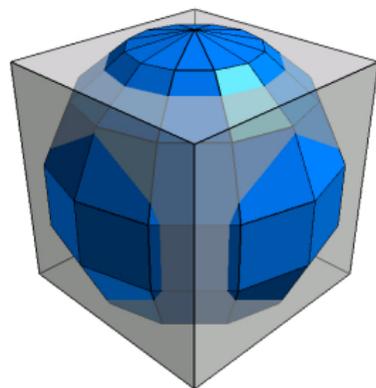
- **Avantage :**
 - la création d'une ligne de coupe est très rapide et possède une complexité en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$ comme pour l'algorithme 2D.
- **Inconvénients :**
 - la recherche des points d'intersection est trop coûteuse et ne peut pas être évitée ;
 - il est possible que des intersections soient calculées plusieurs fois ;
 - la gestion des faces coplanaires est quasiment impossible au sein de l'algorithme ;
 - dans certains cas, aucune intersection n'est détectée.

Avantages et inconvénients

- **Avantage :**
 - la création d'une ligne de coupe est très rapide et possède une complexité en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$ comme pour l'algorithme 2D.
- **Inconvénients :**
 - la recherche des points d'intersection est trop coûteuse et ne peut pas être évitée ;
 - il est possible que des intersections soient calculées plusieurs fois ;
 - la gestion des faces coplanaires est quasiment impossible au sein de l'algorithme ;
 - dans certains cas, aucune intersection n'est détectée.

Avantages et inconvénients

- **Avantage :**
 - la création d'une ligne de coupe est très rapide et possède une complexité en $\mathcal{O}(\sqrt{n})$ comme pour l'algorithme 2D.
- **Inconvénients :**
 - la recherche des points d'intersection est trop coûteuse et ne peut pas être évitée ;
 - il est possible que des intersections soient calculées plusieurs fois ;
 - la gestion des faces coplanaires est quasiment impossible au sein de l'algorithme ;
 - dans certains cas, aucune intersection n'est détectée.



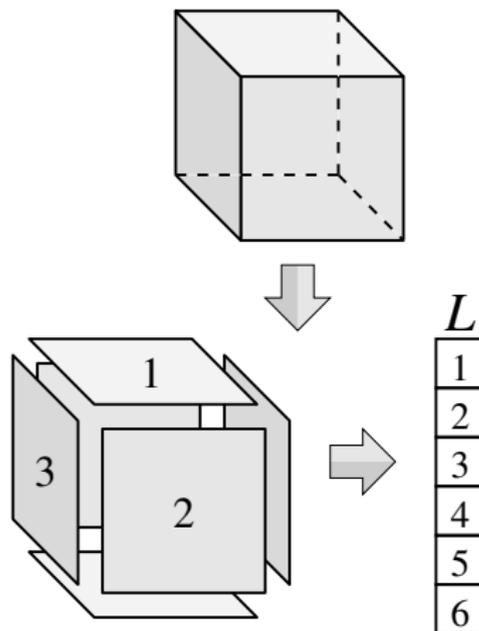
Plan

- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
 - Présentation
 - Co-raffinement en dimension 2
 - Co-raffinement 3D par suivi de lignes de coupes
 - **Co-raffinement 3D par intersection de couples de faces**
 - Opérations booléennes

Nouvel algorithme de co-raffinement

Fonctionnement

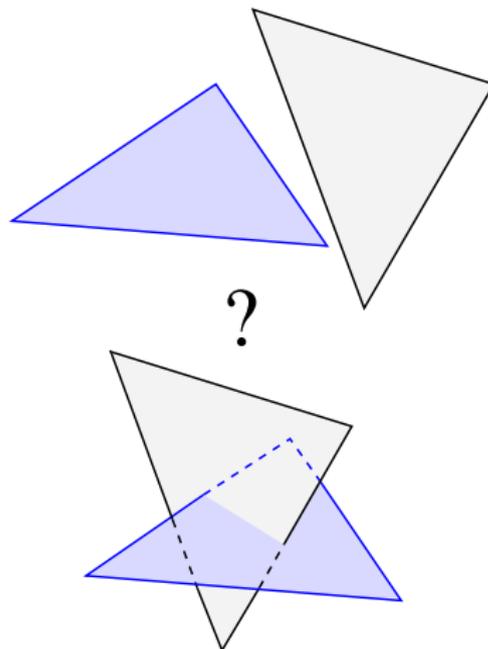
- 1 stockage des faces de chaque objet dans des listes ;
- 2 détection des intersections entre chaque face du premier objet et chaque face du second ;
- 3 détection du type de l'intersection ;
- 4 création des segments de coupes correspondants ;
- 5 assemblage des objets.



Nouvel algorithme de co-raffinement

Fonctionnement

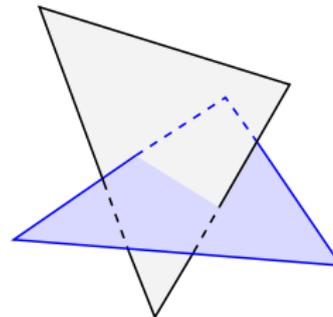
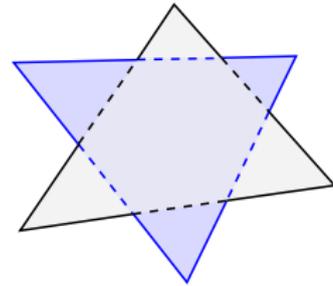
- 1 stockage des faces de chaque objet dans des listes ;
- 2 détection des intersections entre chaque face du premier objet et chaque face du second ;
- 3 détection du type de l'intersection ;
- 4 création des segments de coupes correspondants ;
- 5 assemblage des objets.



Nouvel algorithme de co-raffinement

Fonctionnement

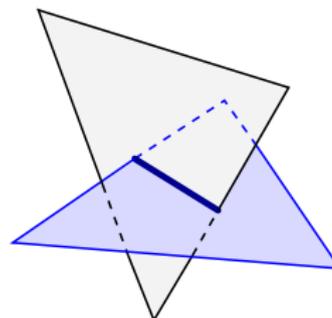
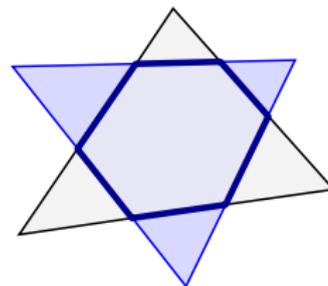
- 1 stockage des faces de chaque objet dans des listes ;
- 2 détection des intersections entre chaque face du premier objet et chaque face du second ;
- 3 détection du type de l'intersection ;
- 4 création des segments de coupes correspondants ;
- 5 assemblage des objets.



Nouvel algorithme de co-raffinement

Fonctionnement

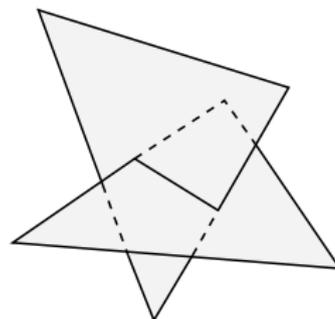
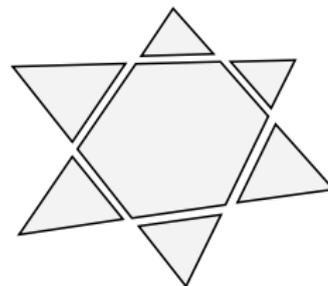
- ① stockage des faces de chaque objet dans des listes ;
- ② détection des intersections entre chaque face du premier objet et chaque face du second ;
- ③ détection du type de l'intersection ;
- ④ création des segments de coupes correspondants ;
- ⑤ assemblage des objets.



Nouvel algorithme de co-raffinement

Fonctionnement

- 1 stockage des faces de chaque objet dans des listes ;
- 2 détection des intersections entre chaque face du premier objet et chaque face du second ;
- 3 détection du type de l'intersection ;
- 4 création des segments de coupes correspondants ;
- 5 assemblage des objets.



Choix des couples de faces à intersecter

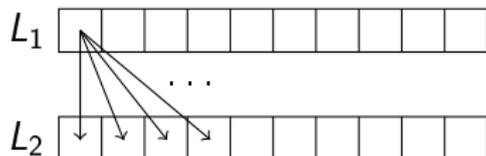
Parcours des listes de faces

- chaque couple de faces ne doit être testé qu'une seule fois;
- de nouvelles faces sont créées lors de l'intersection de deux faces.

Choix des couples de faces à intersecter

Parcours des listes de faces

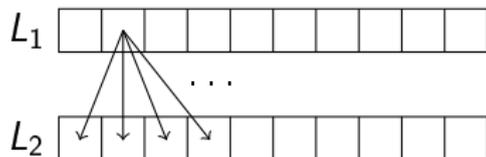
- chaque couple de faces ne doit être testé qu'une seule fois;
- de nouvelles faces sont créées lors de l'intersection de deux faces.



Choix des couples de faces à intersecter

Parcours des listes de faces

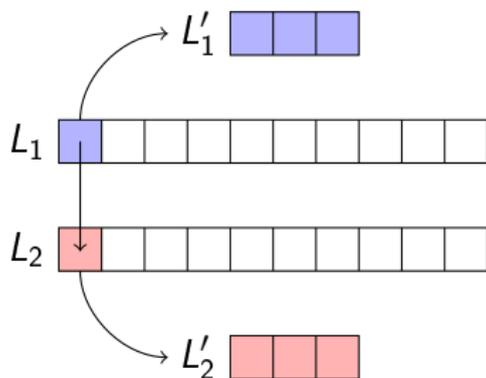
- chaque couple de faces ne doit être testé qu'une seule fois;
- de nouvelles faces sont créées lors de l'intersection de deux faces.



Choix des couples de faces à intersecter

Parcours des listes de faces

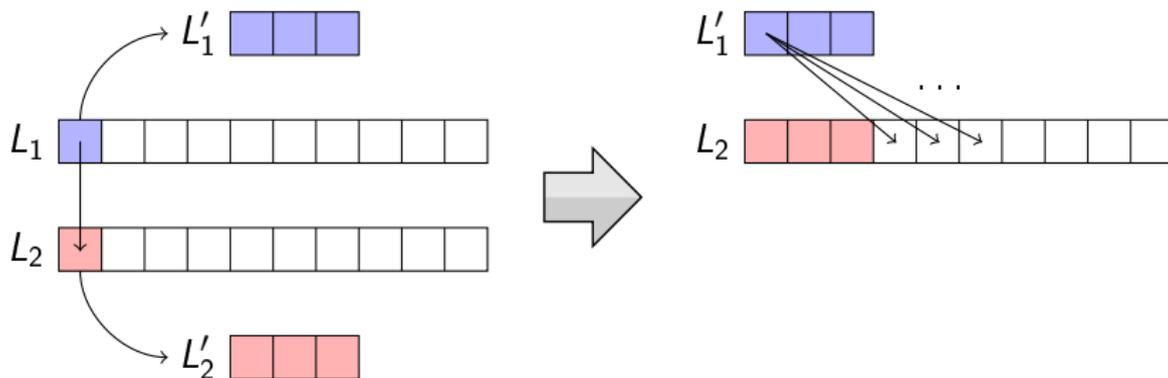
- chaque couple de faces ne doit être testé qu'une seule fois;
- de nouvelles faces sont créées lors de l'intersection de deux faces.



Choix des couples de faces à intersecter

Parcours des listes de faces

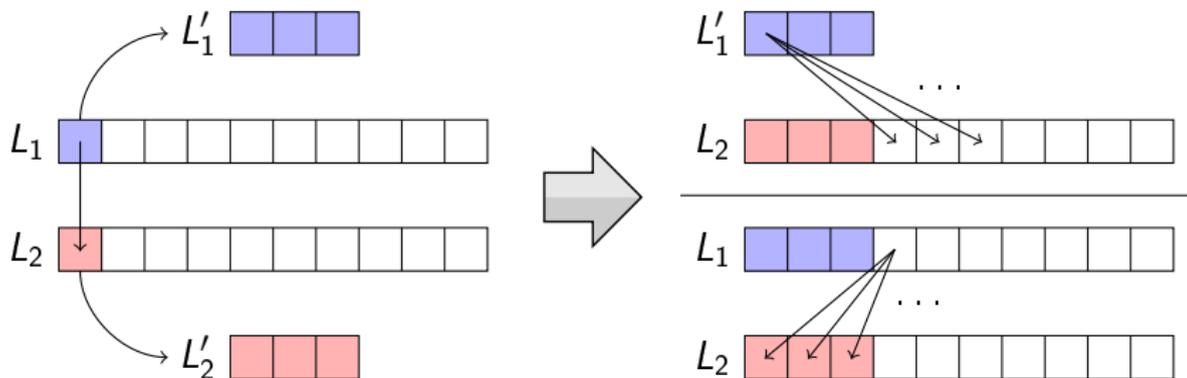
- chaque couple de faces ne doit être testé qu'une seule fois;
- de nouvelles faces sont créées lors de l'intersection de deux faces.



Choix des couples de faces à intersecter

Parcours des listes de faces

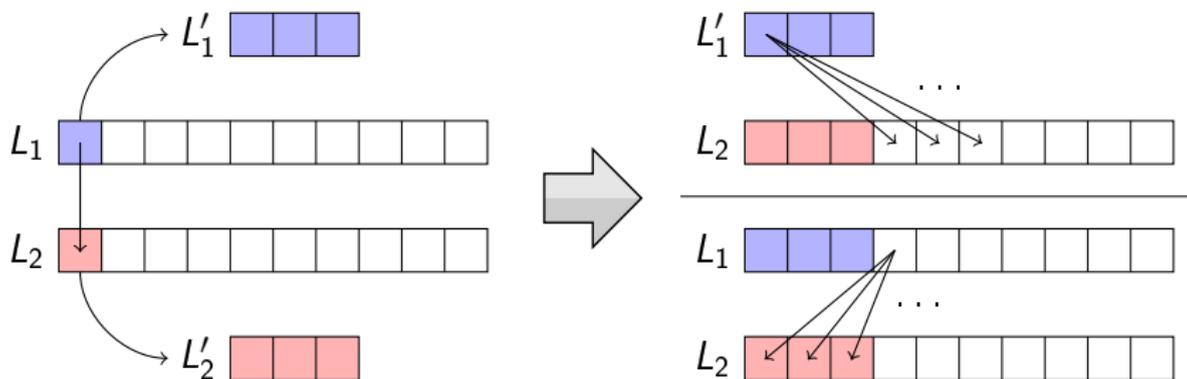
- chaque couple de faces ne doit être testé qu'une seule fois;
- de nouvelles faces sont créées lors de l'intersection de deux faces.



Choix des couples de faces à intersecter

Parcours des listes de faces

- chaque couple de faces ne doit être testé qu'une seule fois;
- de nouvelles faces sont créées lors de l'intersection de deux faces.



complexité de l'algorithme : $\mathcal{O}(n^2)$

Optimisation de la recherche des intersections

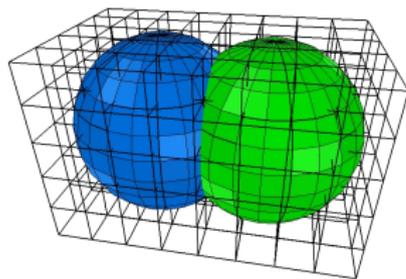
- utilisation de boîtes englobantes pour détecter rapidement les faces ne possédant aucune intersection ;
- utilisation d'une grille régulière :
 - répartition des faces dans la grille,
 - localisation des parties communes,
 - élimination des faces non concernées.

Optimisation de la recherche des intersections

- utilisation de boîtes englobantes pour détecter rapidement les faces ne possédant aucune intersection ;
- utilisation d'une grille régulière :
 - ① répartition des faces dans la grille,
 - ② localisation des parties communes,
 - ③ élimination des faces non concernées.

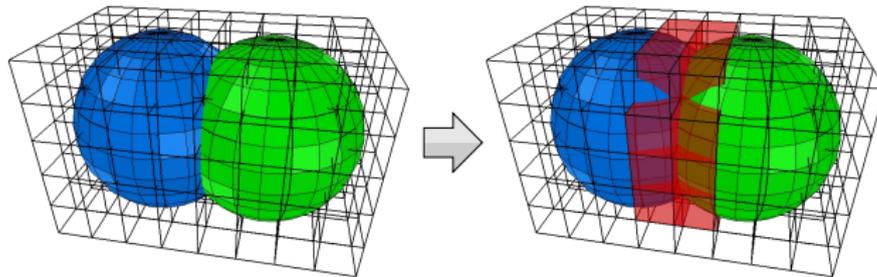
Optimisation de la recherche des intersections

- utilisation de boîtes englobantes pour détecter rapidement les faces ne possédant aucune intersection ;
- utilisation d'une grille régulière :
 - 1 répartition des faces dans la grille,
 - 2 localisation des parties communes,
 - 3 élimination des faces non concernées.



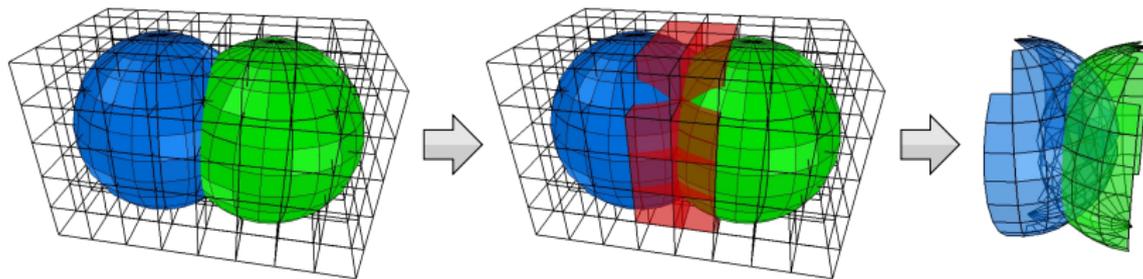
Optimisation de la recherche des intersections

- utilisation de boîtes englobantes pour détecter rapidement les faces ne possédant aucune intersection ;
- utilisation d'une grille régulière :
 - 1 répartition des faces dans la grille,
 - 2 localisation des parties communes,
 - 3 élimination des faces non concernées.

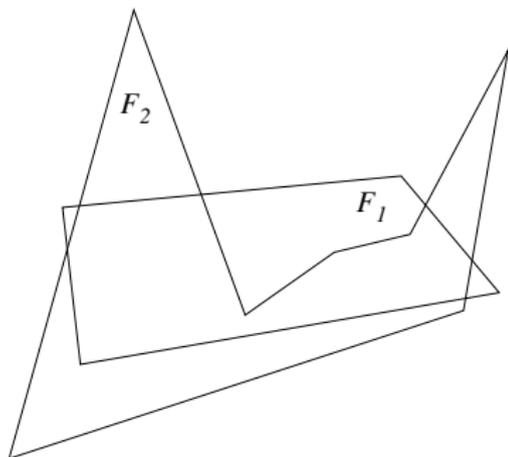


Optimisation de la recherche des intersections

- utilisation de boîtes englobantes pour détecter rapidement les faces ne possédant aucune intersection ;
- utilisation d'une grille régulière :
 - 1 répartition des faces dans la grille,
 - 2 localisation des parties communes,
 - 3 élimination des faces non concernées.

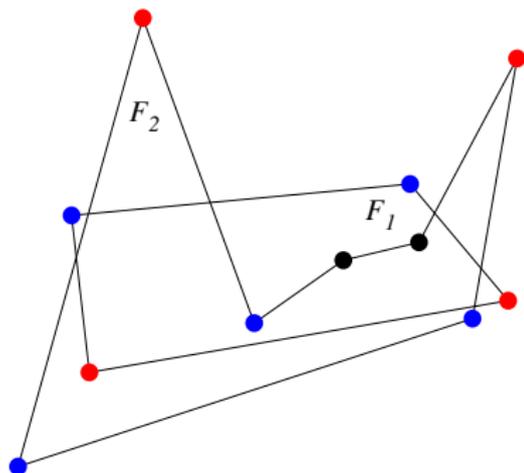


Détection d'une intersection et de son type



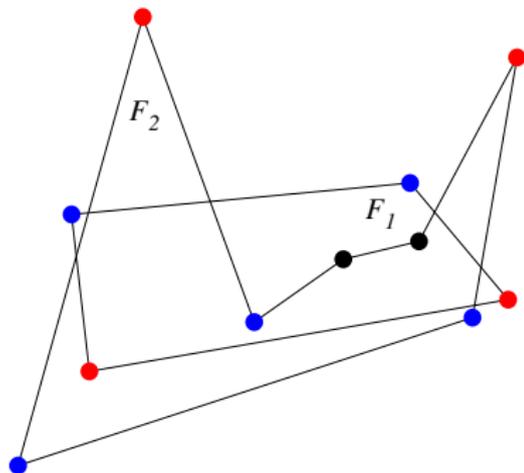
- Tri des sommets par rapport aux plans des faces :
 - une face dont tous les sommets sont positifs ou négatifs
⇒ pas d'intersection ;
 - une face sans aucun sommet positif ou négatif
⇒ faces coplanaires ;
 - dans tous les autres cas
⇒ faces sécantes.

Détection d'une intersection et de son type



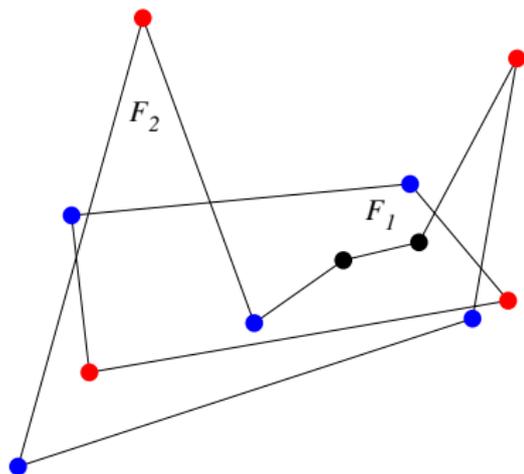
- Tri des sommets par rapport aux plans des faces :
 - une face dont tous les sommets sont positifs ou négatifs
⇒ pas d'intersection ;
 - une face sans aucun sommet positif ou négatif
⇒ faces coplanaires ;
 - dans tous les autres cas
⇒ faces sécantes.

Détection d'une intersection et de son type



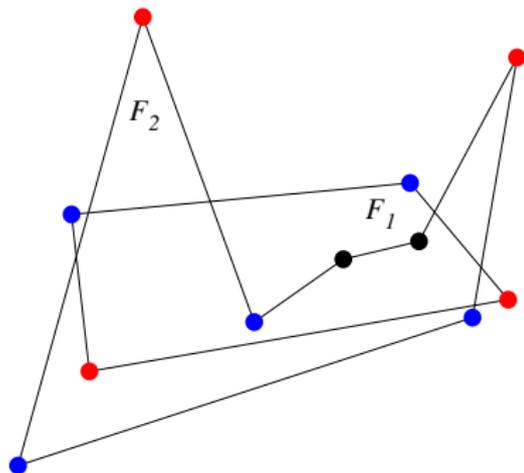
- Tri des sommets par rapport aux plans des faces :
 - une face dont tous les sommets sont **positifs** ou **négatifs**
⇒ **pas d'intersection** ;
 - une face sans aucun sommet **positif** ou **négatif**
⇒ **faces coplanaires** ;
 - dans tous les autres cas
⇒ **faces sécantes**.

Détection d'une intersection et de son type



- Tri des sommets par rapport aux plans des faces :
 - une face dont tous les sommets sont **positifs** ou **négatifs**
⇒ **pas d'intersection** ;
 - une face sans aucun sommet **positif** ou **négatif**
⇒ **faces coplanaires** ;
 - dans tous les autres cas
⇒ **faces sécantes**.

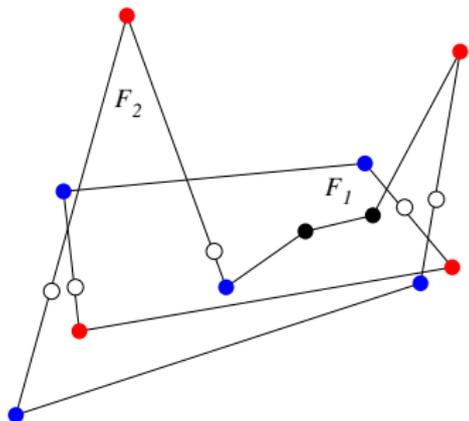
Détection d'une intersection et de son type



- Tri des sommets par rapport aux plans des faces :
 - une face dont tous les sommets sont **positifs** ou **négatifs**
⇒ **pas d'intersection** ;
 - une face sans aucun sommet **positif** ou **négatif**
⇒ **faces coplanaires** ;
 - dans tous les autres cas
⇒ **faces sécantes**.

Création d'une intersection

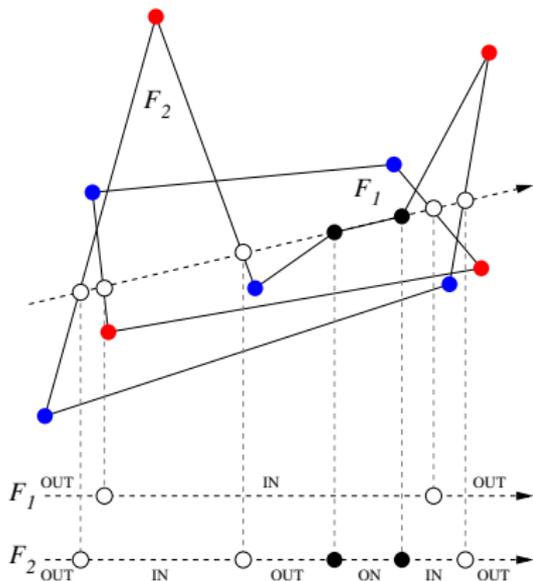
Intersection de faces sécantes



- 1 calcul des points d'intersection entre le plan d'une face et les arêtes de l'autre face ayant un sommet **positif** et un **négatif** ;
- 2 tri des sommets d'intersection selon une direction donnée par le vecteur de coupe ;
- 3 création des arêtes d'intersection communes.

Création d'une intersection

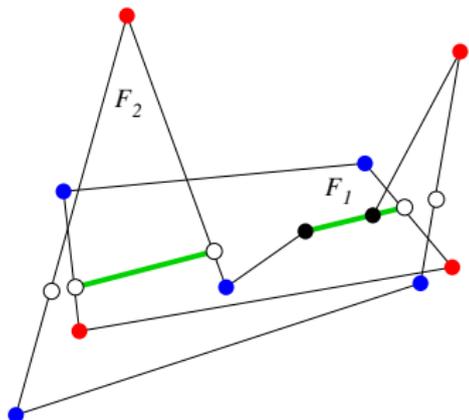
Intersection de faces sécantes



- 1 calcul des points d'intersection entre le plan d'une face et les arêtes de l'autre face ayant un sommet **positif** et un **néglatif** ;
- 2 tri des sommets d'intersection selon une direction donnée par le vecteur de coupe ;
- 3 création des arêtes d'intersection communes.

Création d'une intersection

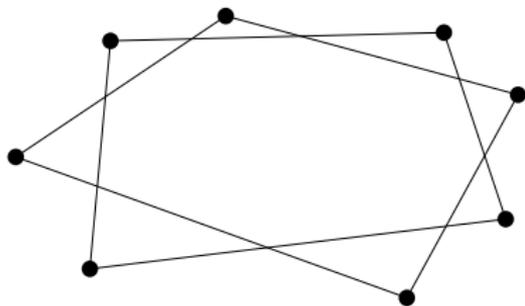
Intersection de faces sécantes



- 1 calcul des points d'intersection entre le plan d'une face et les arêtes de l'autre face ayant un sommet **positif** et un **négatif** ;
- 2 tri des sommets d'intersection selon une direction donnée par le vecteur de coupe ;
- 3 création des arêtes d'intersection communes.

Création d'une intersection

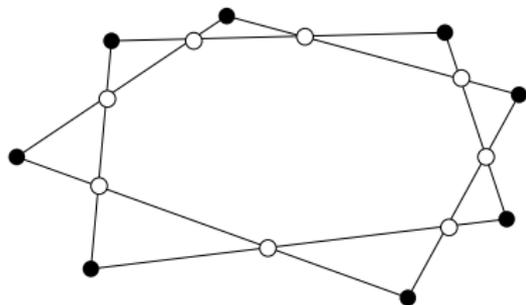
Intersection de faces coplanaires



- 1 calcul et création des points d'intersection sur chacune des faces ;
- 2 détection des segments de chaque face se trouvant à l'intérieur de l'autre face ;
- 3 recopie des segments sur chacune des faces.

Création d'une intersection

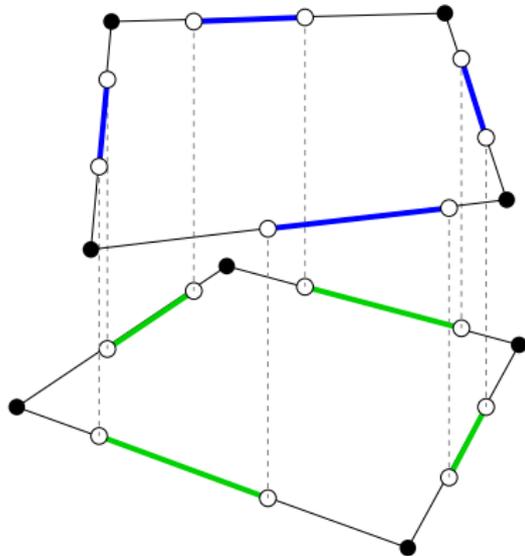
Intersection de faces coplanaires



- 1 calcul et création des points d'intersection sur chacune des faces ;
- 2 détection des segments de chaque face se trouvant à l'intérieur de l'autre face ;
- 3 copie des segments sur chacune des faces.

Création d'une intersection

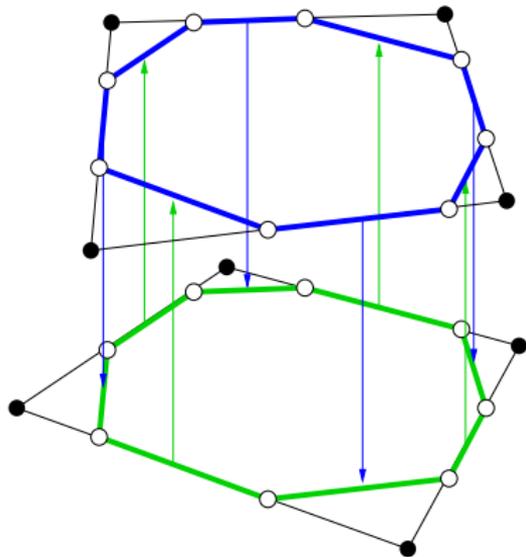
Intersection de faces coplanaires



- 1 calcul et création des points d'intersection sur chacune des faces ;
- 2 détection des segments de chaque face se trouvant à l'intérieur de l'autre face ;
- 3 copie des segments sur chacune des faces.

Création d'une intersection

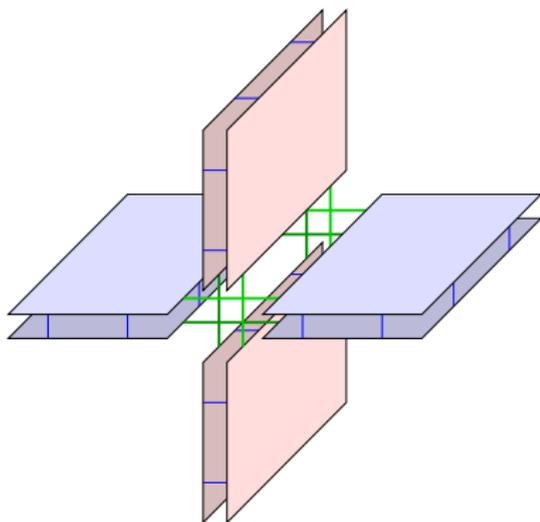
Intersection de faces coplanaires



- 1 calcul et création des points d'intersection sur chacune des faces ;
- 2 détection des segments de chaque face se trouvant à l'intérieur de l'autre face ;
- 3 recopie des segments sur chacune des faces.

Mise à jour de la topologie

Tri angulaire des faces autour des arêtes d'intersection



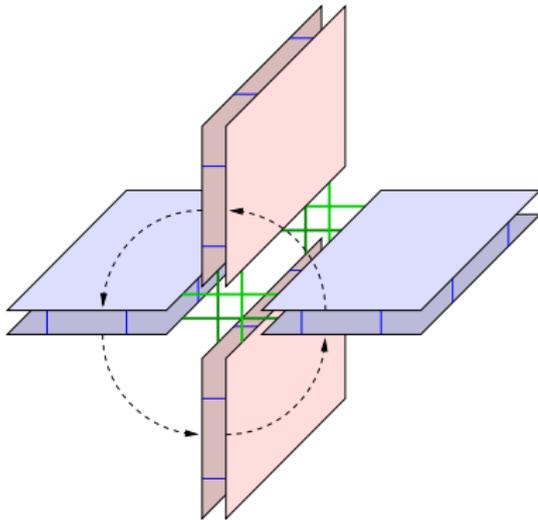
- Après intersection :
croisement des liaisons α_2
autour des arêtes
d'intersection.



- 1 tri angulaire des faces
autour des arêtes
d'intersection,
- 2 modification des
liaisons α_2 de l'arête
afin de rendre la
subdivision de l'espace
valide.

Mise à jour de la topologie

Tri angulaire des faces autour des arêtes d'intersection



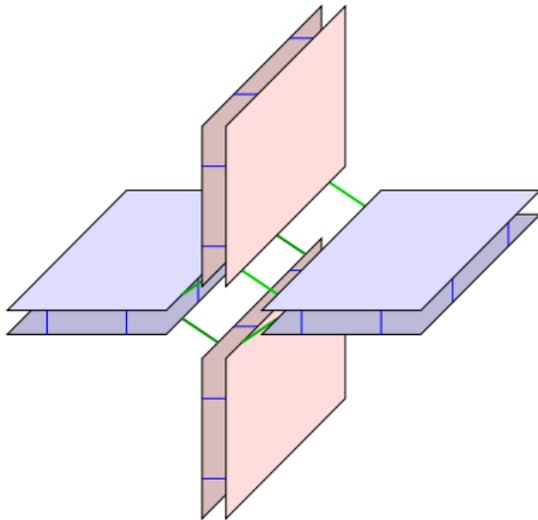
- Après intersection :
croisement des liaisons α_2
autour des arêtes
d'intersection.



- 1 tri angulaire des faces
autour des arêtes
d'intersection,
- 2 modification des
liaisons α_2 de l'arête
afin de rendre la
subdivision de l'espace
valide.

Mise à jour de la topologie

Tri angulaire des faces autour des arêtes d'intersection



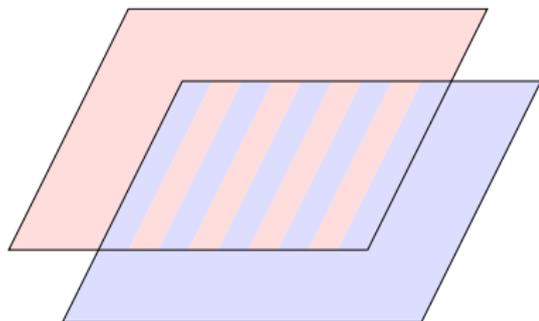
- Après intersection :
croisement des liaisons α_2
autour des arêtes
d'intersection.



- 1 tri angulaire des faces
autour des arêtes
d'intersection,
- 2 modification des
liaisons α_2 de l'arête
afin de rendre la
subdivision de l'espace
valide.

Mise à jour de la topologie

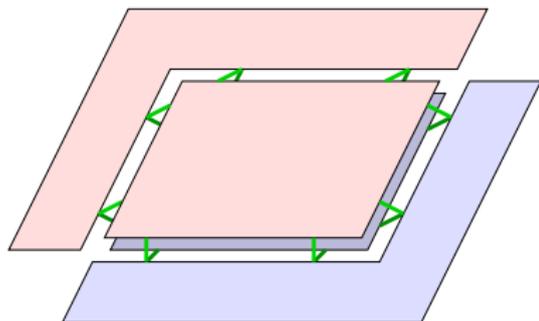
Suppression des faces doubles



- L'intersection de faces coplanaires génère des faces doubles.
- Ces faces doubles sont marquées et stockées pendant le traitement des faces coplanaires.
- Suppression d'une des deux faces et mise à jour de la topologie.

Mise à jour de la topologie

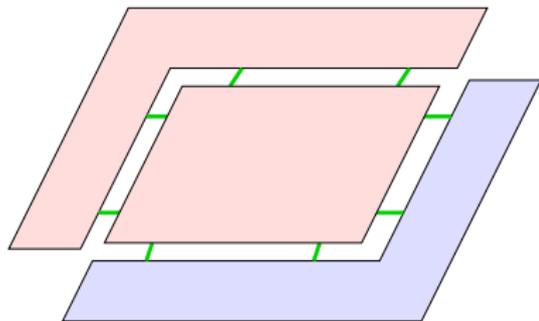
Suppression des faces doubles



- L'intersection de faces coplanaires génère des faces doubles.
- Ces faces doubles sont marquées et stockées pendant le traitement des faces coplanaires.
- Suppression d'une des deux faces et mise à jour de la topologie.

Mise à jour de la topologie

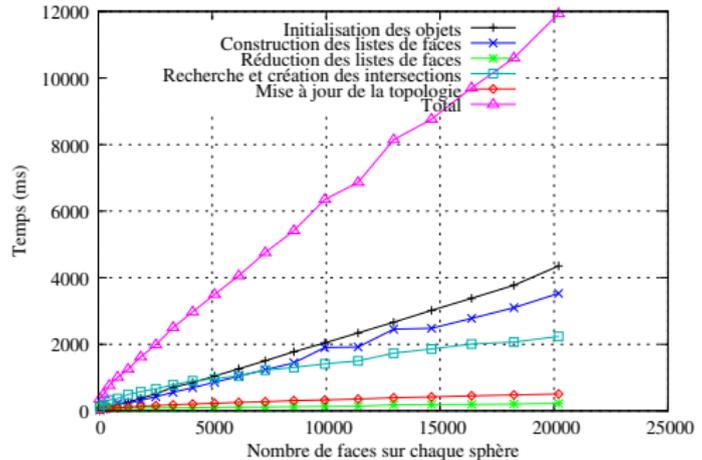
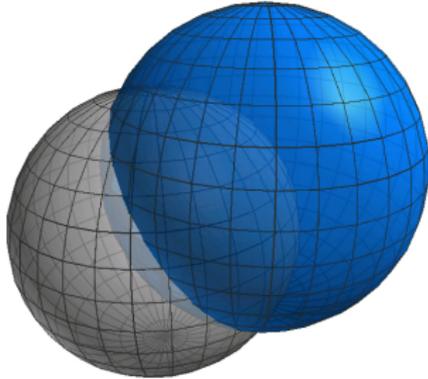
Suppression des faces doubles



- L'intersection de faces coplanaires génère des faces doubles.
- Ces faces doubles sont marquées et stockées pendant le traitement des faces coplanaires.
- Suppression d'une des deux faces et mise à jour de la topologie.

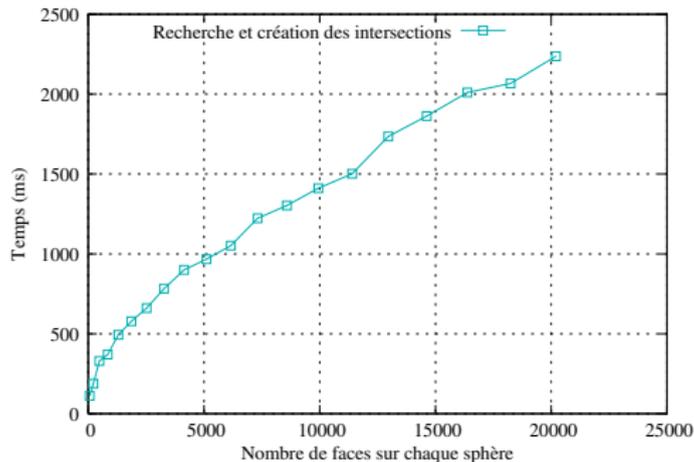
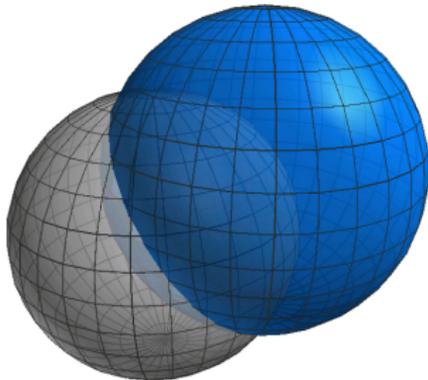
Résultats

Co-raffinement de deux sphères dont le nombre de faces varie



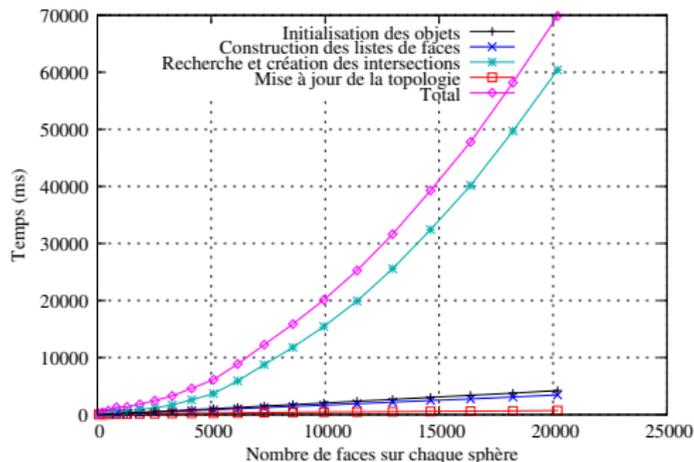
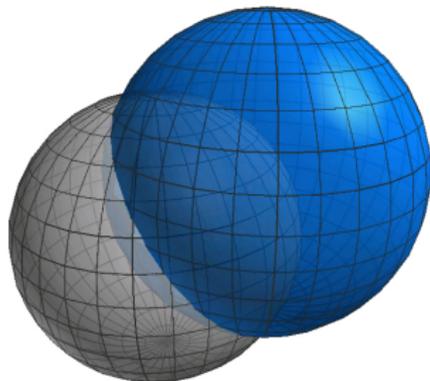
Résultats

Co-raffinement de deux sphères dont le nombre de faces varie



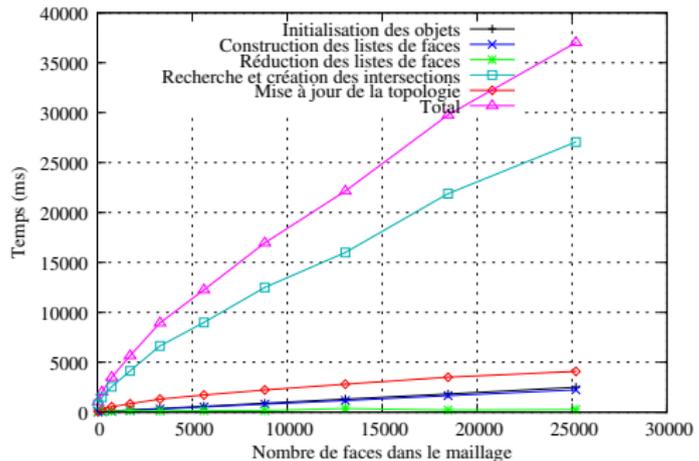
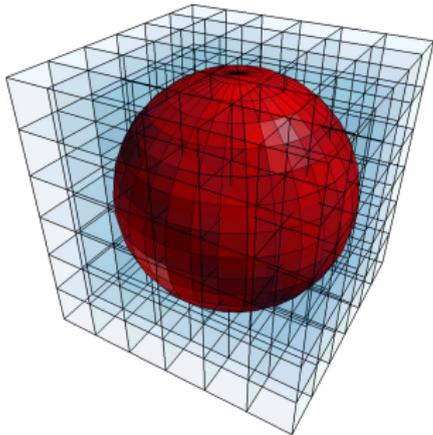
Résultats

Co-raffinement de deux sphères dont le nombre de faces varie



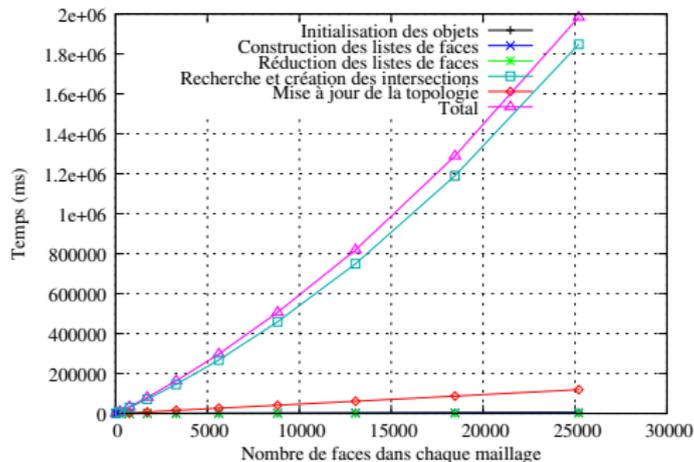
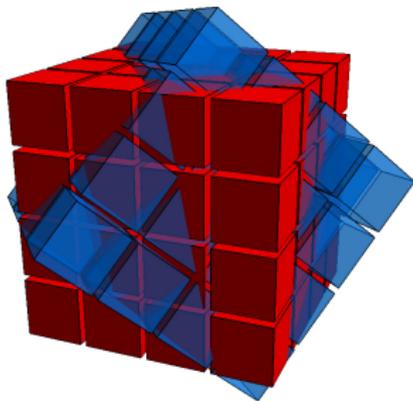
Résultats

Co-raffinement d'une sphère et d'un maillage dont le nombre de faces varie



Résultats

Co-raffinement de deux maillages dont le nombre de faces varie

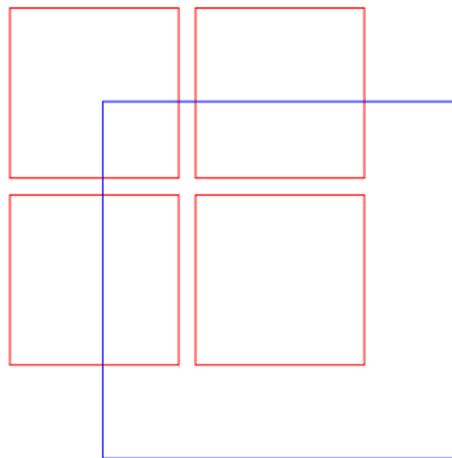


Plan

- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
 - Présentation
 - Co-raffinement en dimension 2
 - Co-raffinement 3D par suivi de lignes de coupes
 - Co-raffinement 3D par intersection de couples de faces
 - **Opérations booléennes**

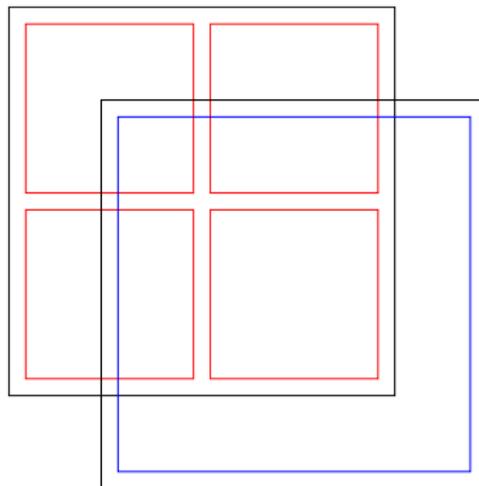
Principe de fonctionnement

- 1 marquage de chaque objet avec une marque différente ;
- 2 fermeture des bords au début du co-raffinement ;
- 3 copie des marques sur les nouvelles cellules pendant le co-raffinement ;
- 4 propagation des marques jusqu'à certaines frontières : cellules n'étant marquées que d'un seul côté ;
- 5 analyse du résultat et récupération des différentes composantes.



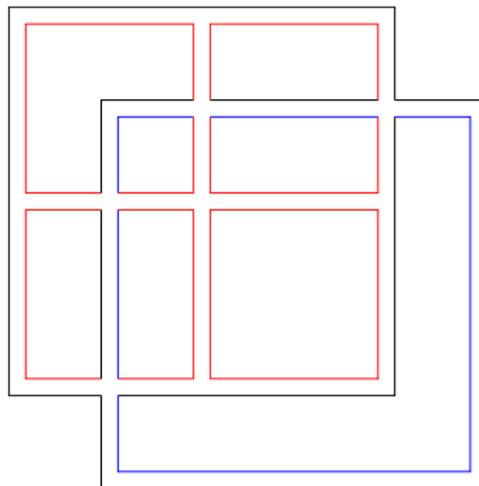
Principe de fonctionnement

- 1 marquage de chaque objet avec une marque différente ;
- 2 fermeture des bords au début du co-raffinement ;
- 3 copie des marques sur les nouvelles cellules pendant le co-raffinement ;
- 4 propagation des marques jusqu'à certaines frontières : cellules n'étant marquées que d'un seul côté ;
- 5 analyse du résultat et récupération des différentes composantes.



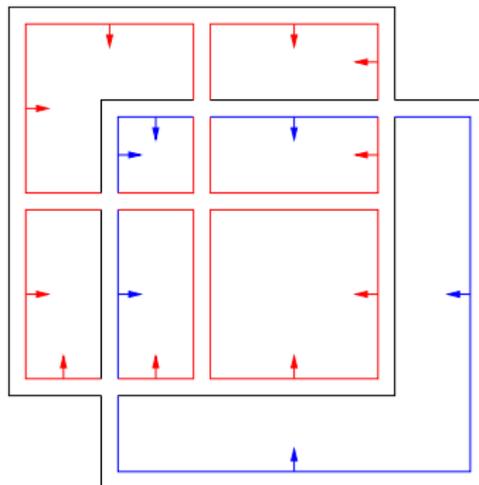
Principe de fonctionnement

- 1 marquage de chaque objet avec une marque différente ;
- 2 fermeture des bords au début du co-raffinement ;
- 3 copie des marques sur les nouvelles cellules pendant le co-raffinement ;
- 4 propagation des marques jusqu'à certaines frontières : cellules n'étant marquées que d'un seul côté ;
- 5 analyse du résultat et récupération des différentes composantes.



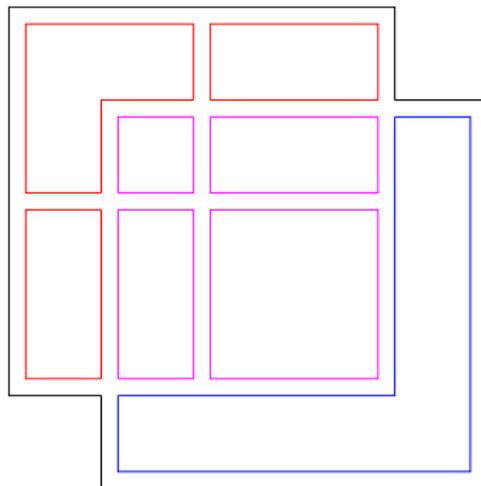
Principe de fonctionnement

- 1 marquage de chaque objet avec une marque différente ;
- 2 fermeture des bords au début du co-raffinement ;
- 3 copie des marques sur les nouvelles cellules pendant le co-raffinement ;
- 4 propagation des marques jusqu'à certaines frontières : cellules n'étant marquées que d'un seul côté ;
- 5 analyse du résultat et récupération des différentes composantes.



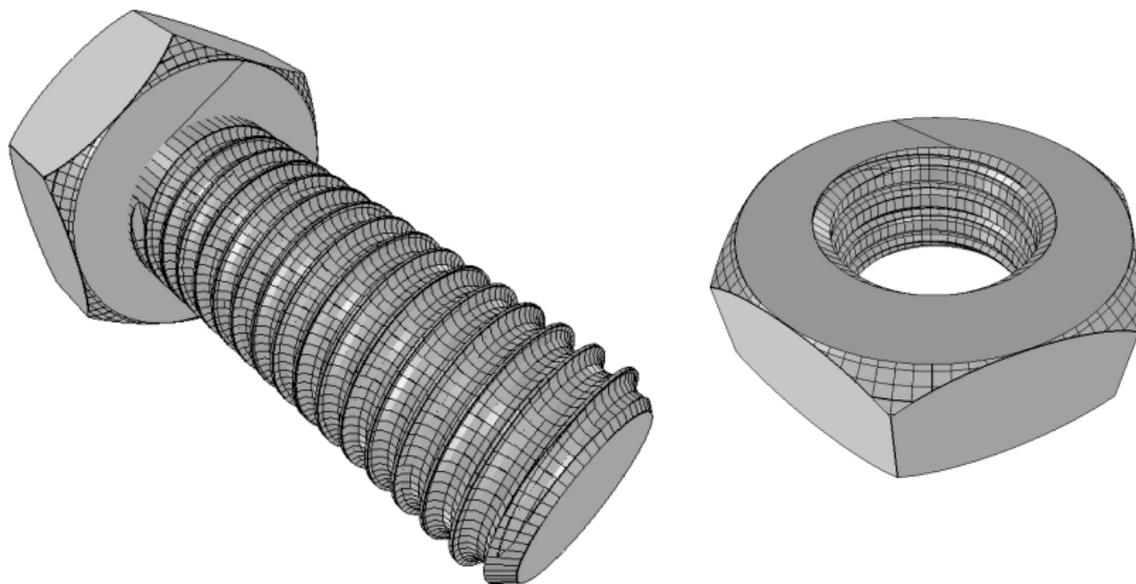
Principe de fonctionnement

- ① marquage de chaque objet avec une marque différente ;
- ② fermeture des bords au début du co-raffinement ;
- ③ copie des marques sur les nouvelles cellules pendant le co-raffinement ;
- ④ propagation des marques jusqu'à certaines frontières : cellules n'étant marquées que d'un seul côté ;
- ⑤ analyse du résultat et récupération des différentes composantes.



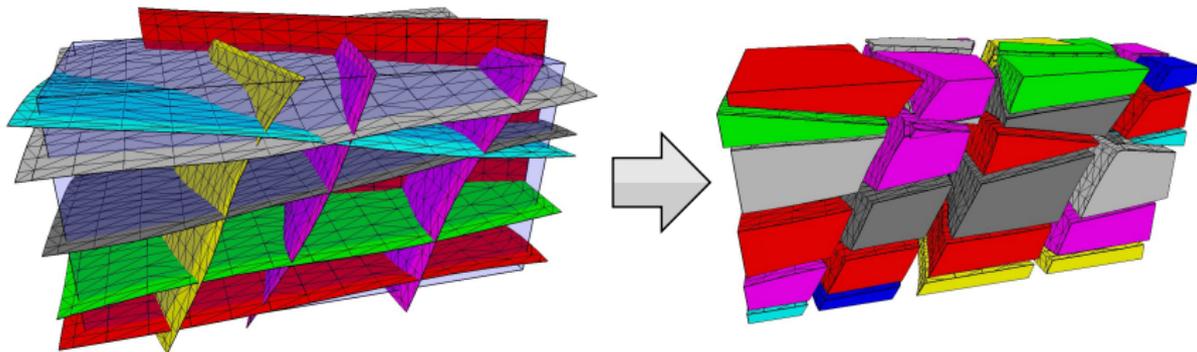
Exemples d'applications

CAO



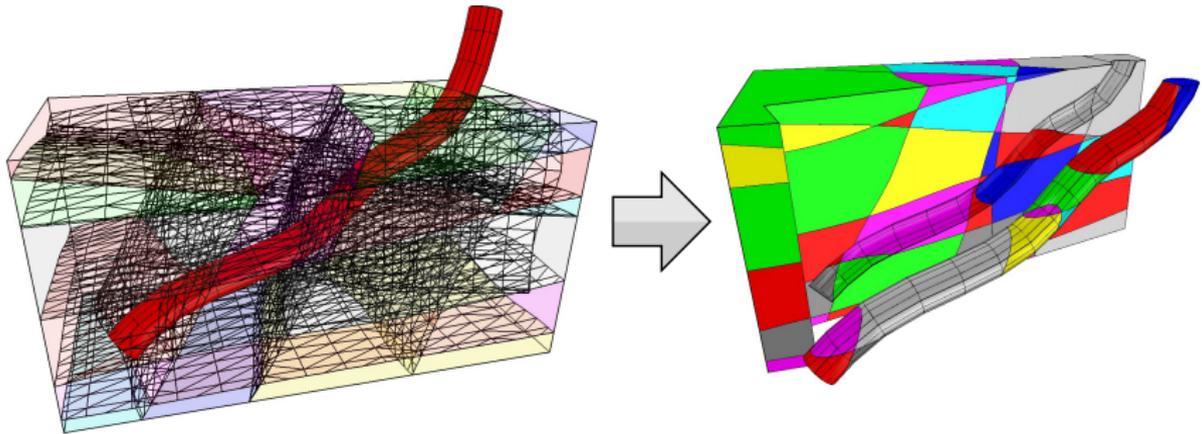
Exemples d'applications

Géologie



Exemples d'applications

Géologie



Plan

- ④ Construction de modèles structuraux 3D
 - La modélisation géologique
 - Travaux antérieurs
 - Construction d'un modèle en micro-topologie
 - Création d'une macro-topologie
 - Résultats

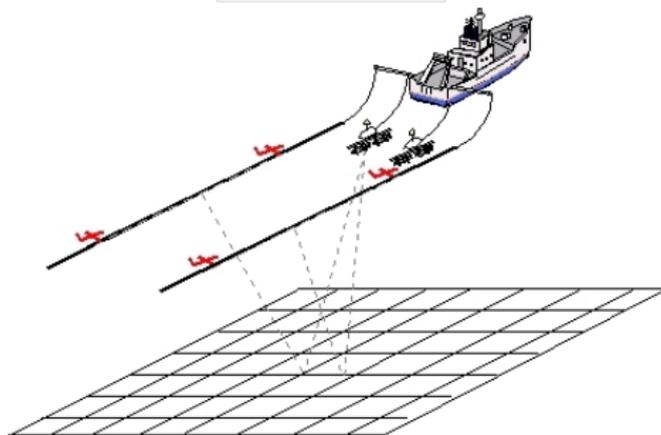
Plan

- 4 Construction de modèles structuraux 3D
 - La modélisation géologique
 - Travaux antérieurs
 - Construction d'un modèle en micro-topologie
 - Création d'une macro-topologie
 - Résultats

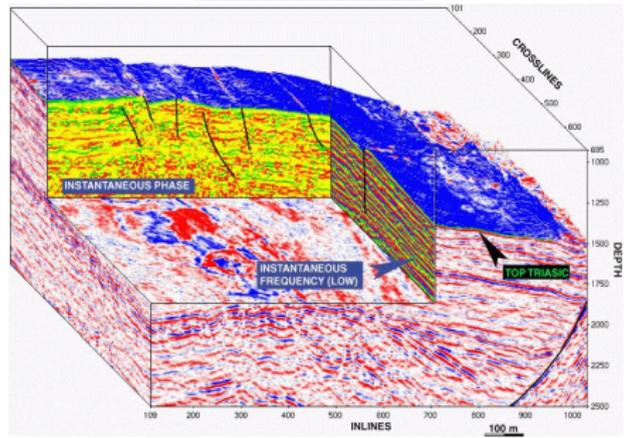
Étapes de modélisation



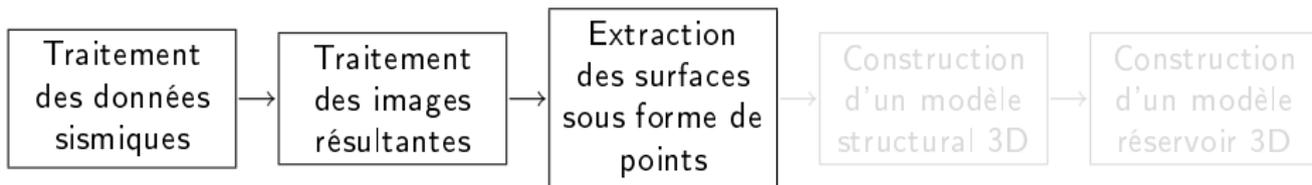
Étapes de modélisation



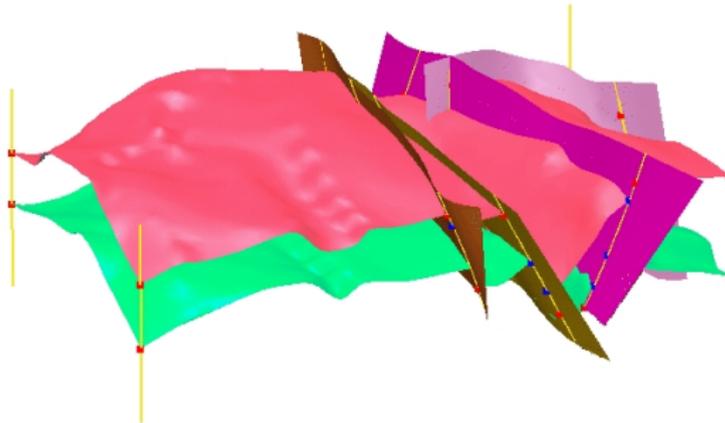
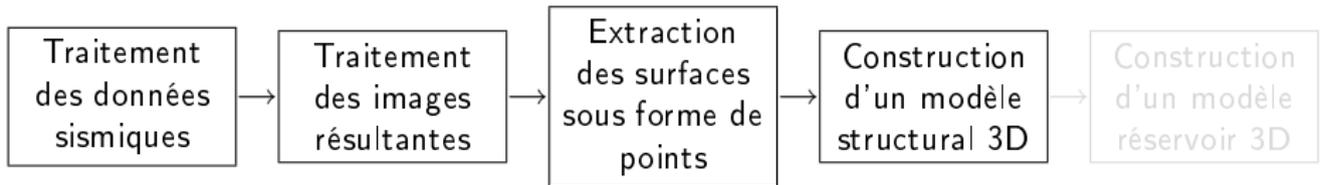
Étapes de modélisation



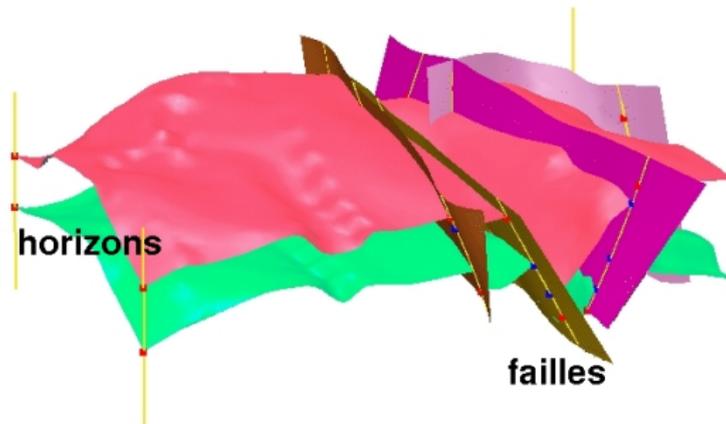
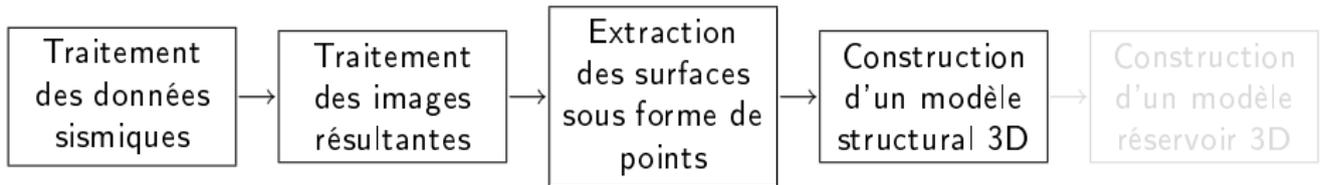
Étapes de modélisation



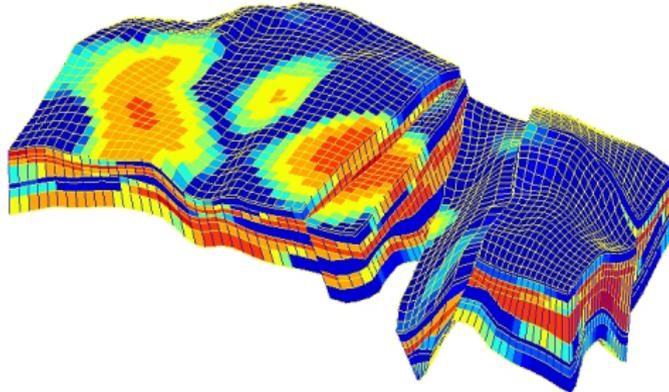
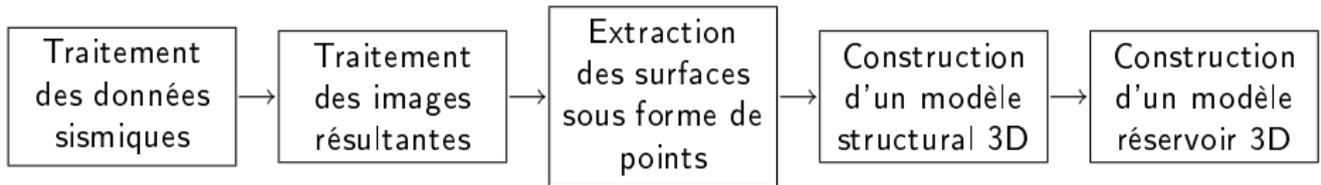
Étapes de modélisation



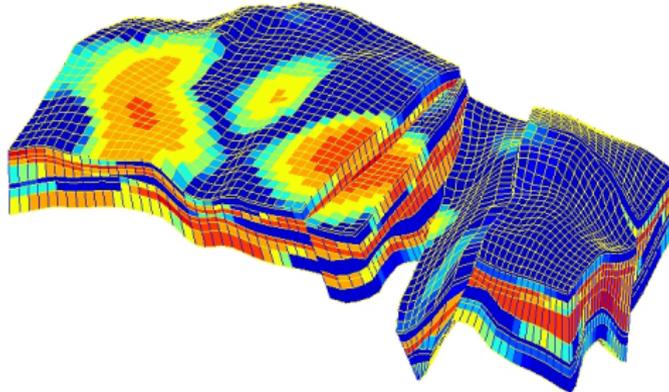
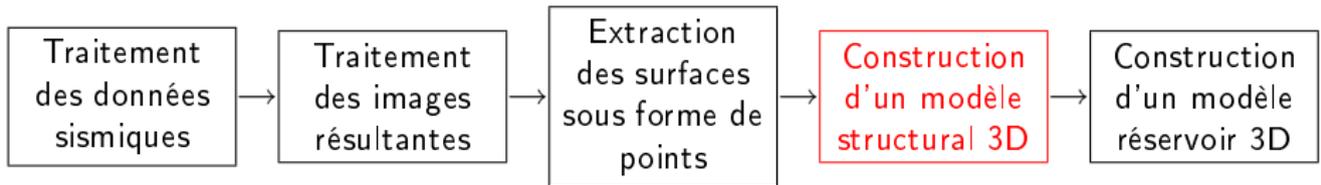
Étapes de modélisation



Étapes de modélisation



Étapes de modélisation



Construction de modèles structuraux

Données d'entrée :

- ensemble de surfaces dissociées les unes des autres,
- interprétation du géologue (manière dont doivent être assemblées les surfaces).

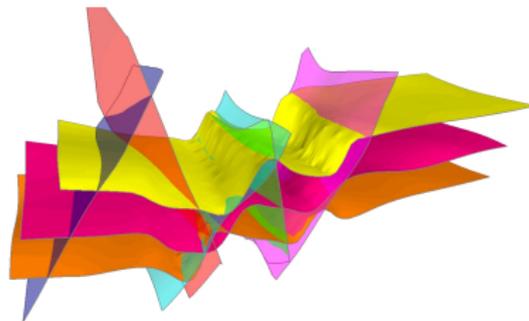
Résultat souhaité :

- des surfaces intersectées en fonction de l'interprétation du géologue,
- des relations topologiques et géologiques entre les différents éléments.

Construction de modèles structuraux

Données d'entrée :

- ensemble de surfaces dissociées les unes des autres,
- interprétation du géologue (manière dont doivent être assemblées les surfaces).



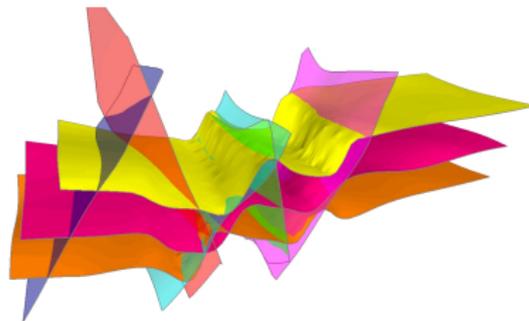
Résultat souhaité :

- des surfaces intersectées en fonction de l'interprétation du géologue,
- des relations topologiques et géologiques entre les différents éléments.

Construction de modèles structuraux

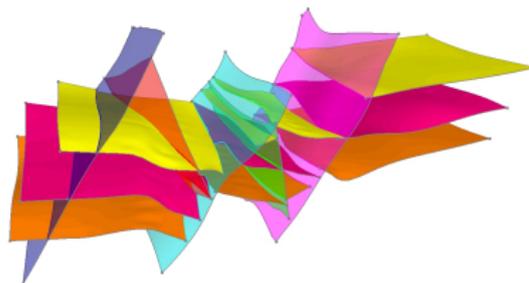
Données d'entrée :

- ensemble de surfaces dissociées les unes des autres,
- interprétation du géologue (manière dont doivent être assemblées les surfaces).



Résultat souhaité :

- des surfaces intersectées en fonction de l'interprétation du géologue,
- des relations topologiques et géologiques entre les différents éléments.



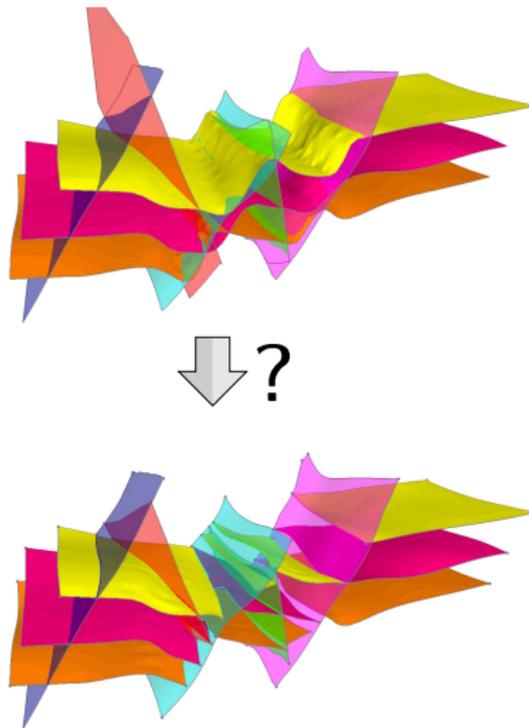
Construction de modèles structuraux

Données d'entrée :

- ensemble de surfaces dissociées les unes des autres,
- interprétation du géologue (manière dont doivent être assemblées les surfaces).

Résultat souhaité :

- des surfaces intersectées en fonction de l'interprétation du géologue,
- des relations topologiques et géologiques entre les différents éléments.



Plan

- 4 Construction de modèles structuraux 3D
 - La modélisation géologique
 - **Travaux antérieurs**
 - Construction d'un modèle en micro-topologie
 - Création d'une macro-topologie
 - Résultats

Approche basée sur la connaissance géologique

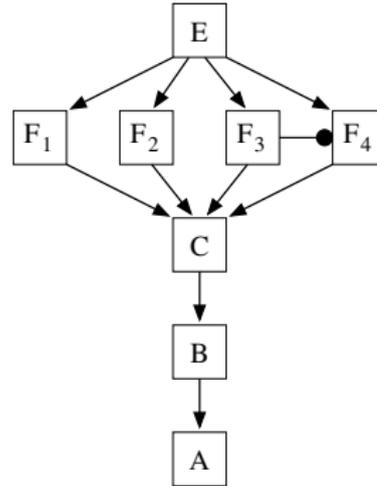
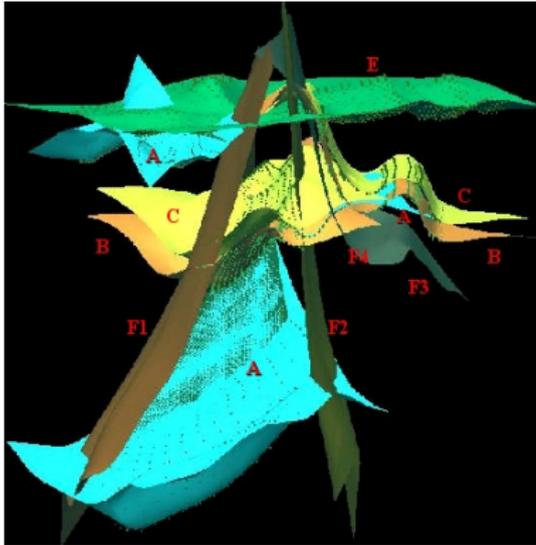
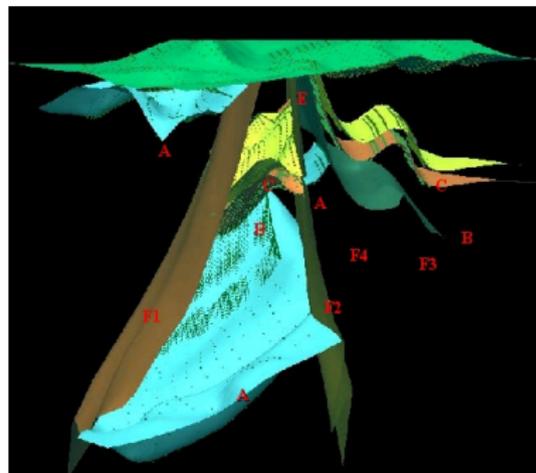
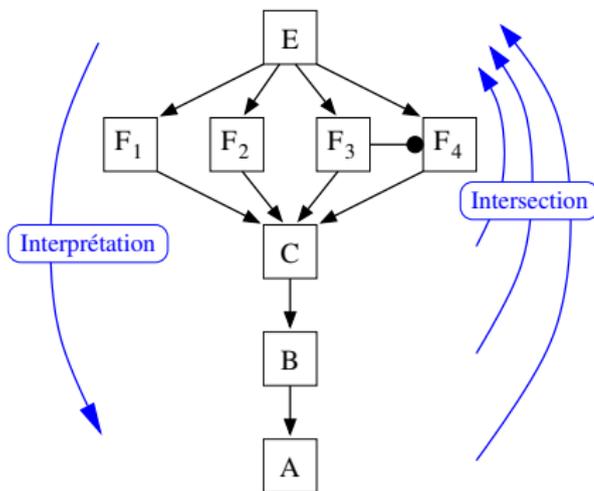
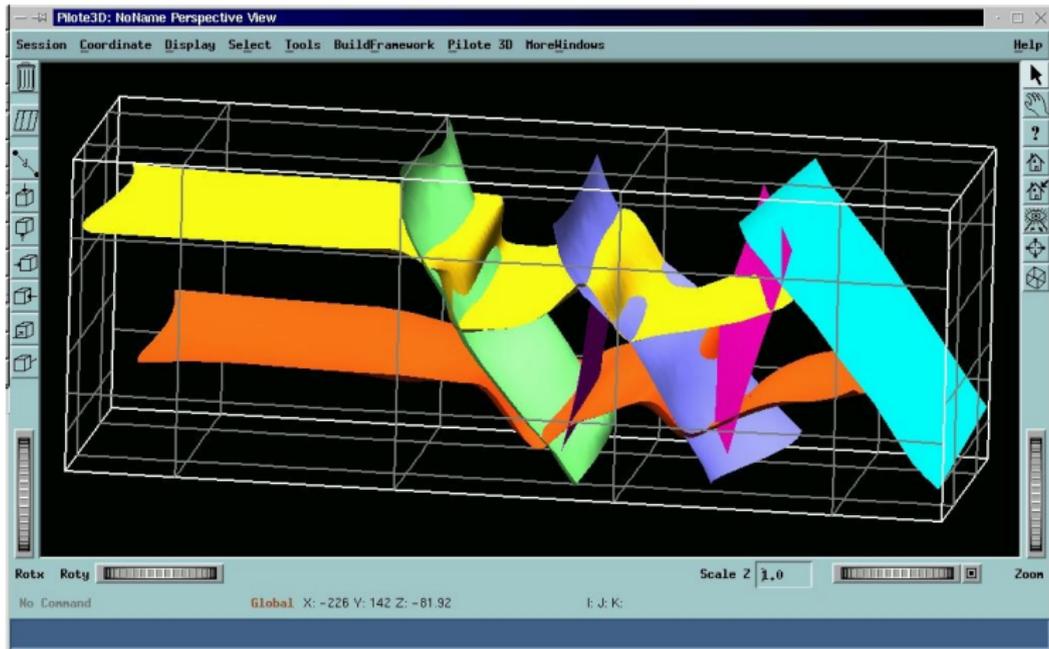


Schéma d'Évolution
Géologique

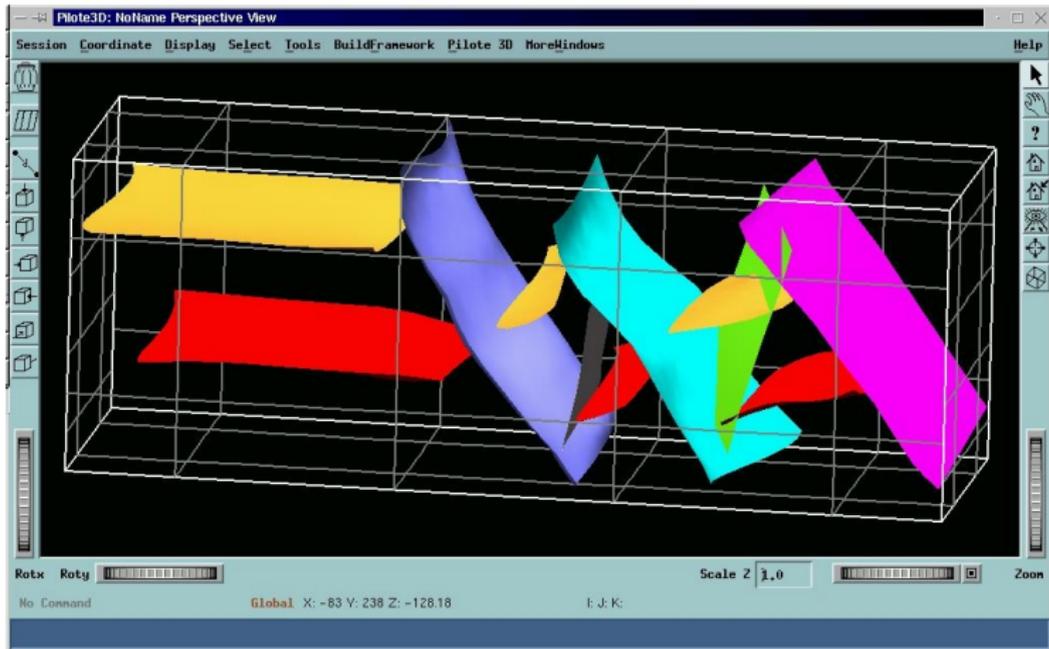
Approche basée sur la connaissance géologique



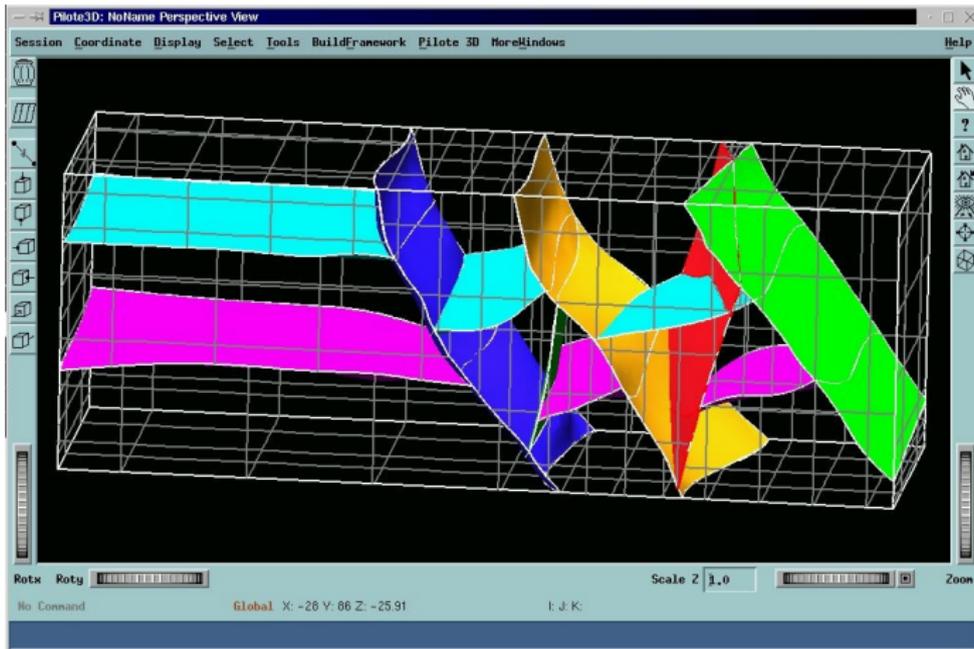
Résultats obtenus



Résultats obtenus



Résultats obtenus



Problèmes posés

- problèmes liés aux surfaces paramétriques,
- modélisation de découpes partielles impossible,
⇒ aucune faille pendante
- extension des surfaces pour découper intégralement le modèle.
⇒ amplification des défauts de surface

Problèmes posés

- problèmes liés aux surfaces paramétriques,
- modélisation de découpes partielles impossible,
⇒ aucune faille pendante
- extension des surfaces pour découper intégralement le modèle.
⇒ amplification des défauts de surface

Problèmes posés

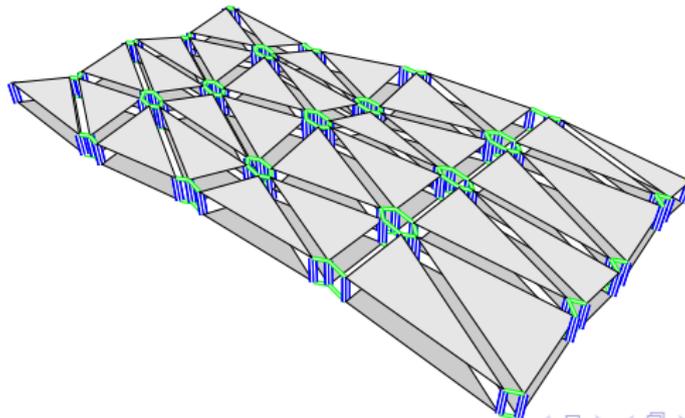
- problèmes liés aux surfaces paramétriques,
- modélisation de découpes partielles impossible,
⇒ aucune faille pendante
- extension des surfaces pour découper intégralement le modèle.
⇒ amplification des défauts de surface

Plan

- 4 Construction de modèles structuraux 3D
 - La modélisation géologique
 - Travaux antérieurs
 - Construction d'un modèle en micro-topologie
 - Création d'une macro-topologie
 - Résultats

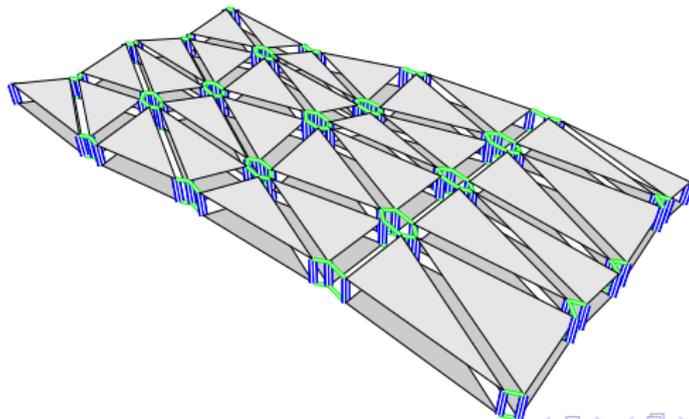
Micro-topologie

- chaque surface est décrite à l'aide d'une micro-topologie,
- ajout d'une liaison β_2 permettant de relier les portions d'horizons découpées,
- ajout d'une liaison γ_2 permettant de relier les horizons aux failles pour connaître la provenance exacte des coupes.



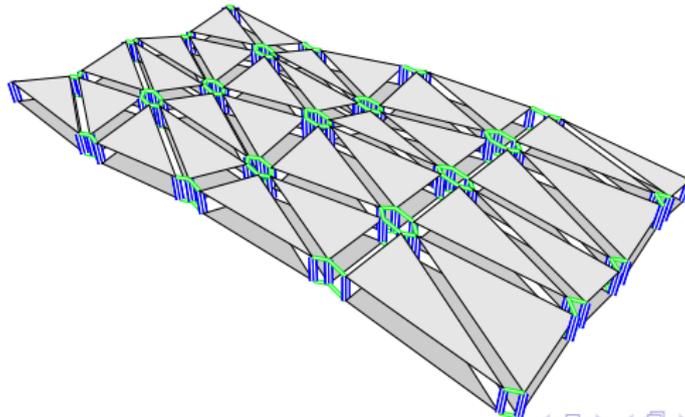
Micro-topologie

- chaque surface est décrite à l'aide d'une micro-topologie,
- ajout d'une liaison β_2 permettant de relier les portions d'horizons découpées,
- ajout d'une liaison γ_2 permettant de relier les horizons aux failles pour connaître la provenance exacte des coupes.



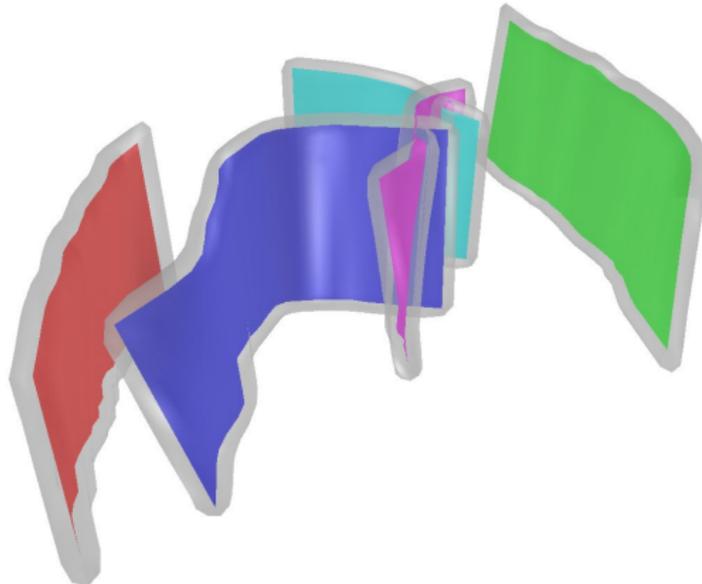
Micro-topologie

- chaque surface est décrite à l'aide d'une micro-topologie,
- ajout d'une liaison β_2 permettant de relier les portions d'horizons découpées,
- ajout d'une liaison γ_2 permettant de relier les horizons aux failles pour connaître la provenance exacte des coupes.



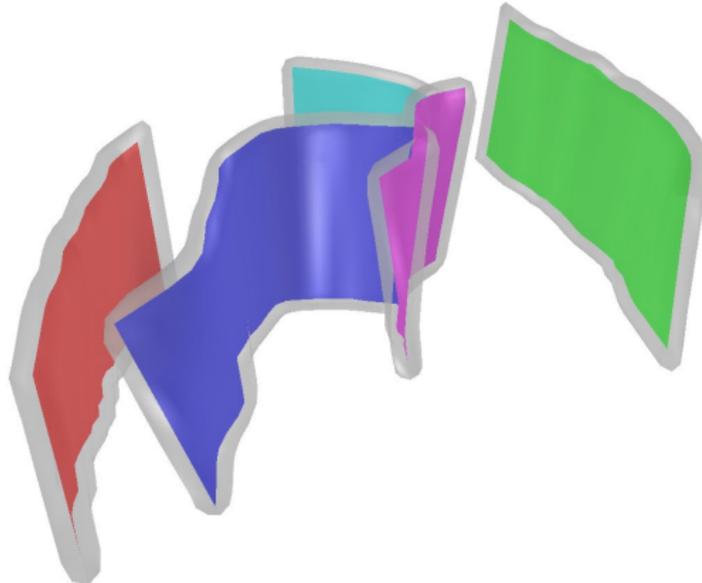
Étapes de construction

- 1 Création de « zones d'incertitudes » autour des failles.



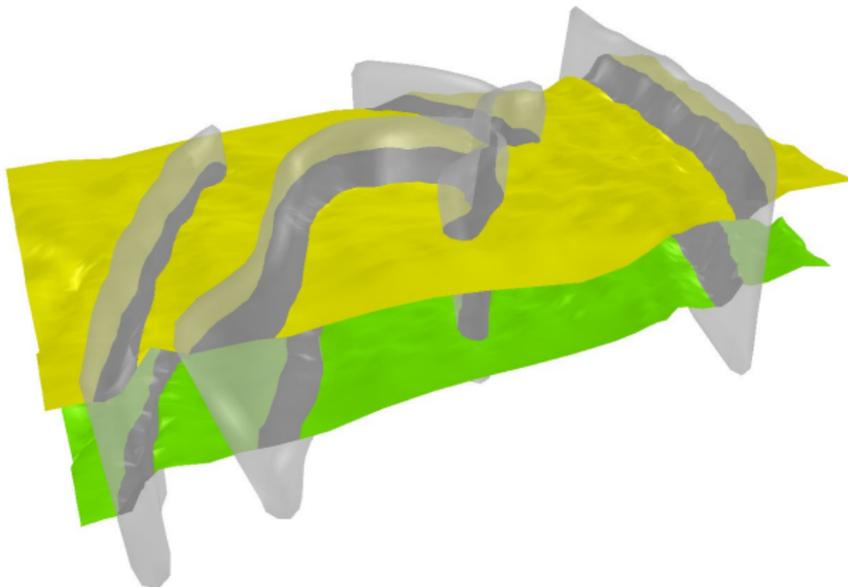
Étapes de construction

- 2 Construction des réseaux de failles par intersection des failles entre elles ainsi que des zones d'incertitudes.



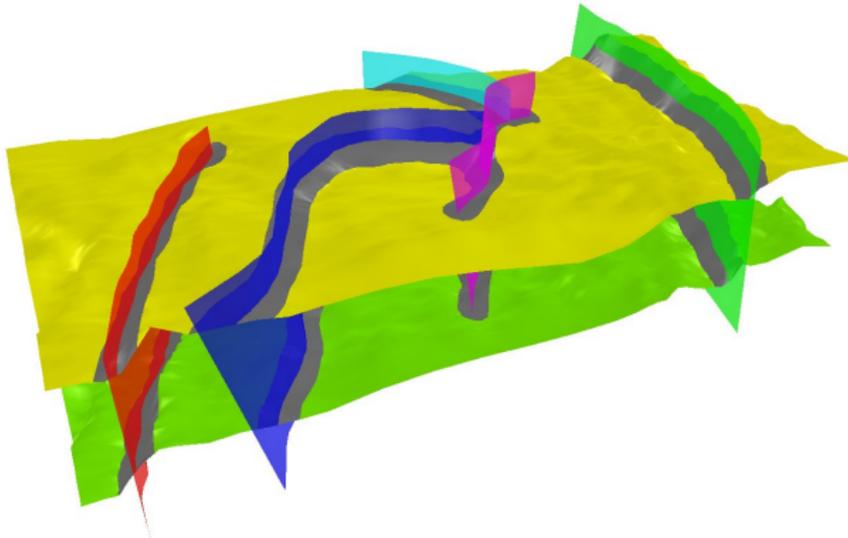
Étapes de construction

- 3 Intersection des horizons et des zones d'incertitudes afin de délimiter des « régions d'incertitudes ».



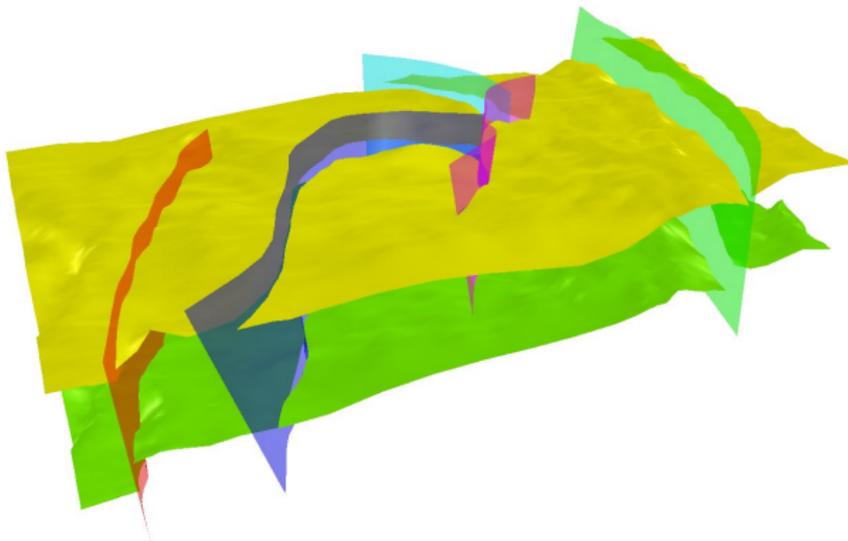
Étapes de construction

- ④ Lissage des régions d'incertitudes, découpage par les failles et mise en place des liaisons β_2 et γ_2 .



Étapes de construction

- 5 Correction de la géométrie des régions d'incertitudes et apparition de décalages sur les horizons.



Correction de la géométrie au voisinage des failles

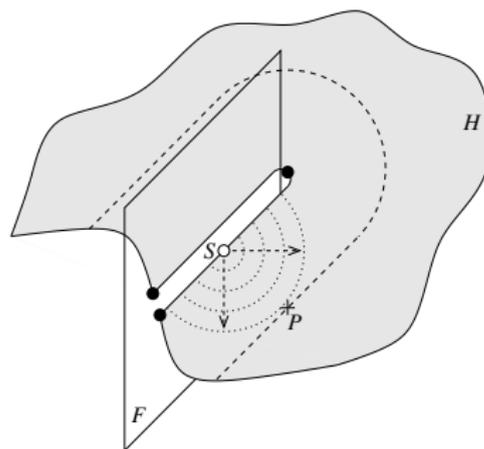
Fonctionnement

- 1 recherche des points les plus proches sur le bord de la région d'incertitude et récupération du plan tangent ;
- 2 détection des macro-sommets à l'aide des relations γ_2 ;
- 3 déplacement de chaque point du bord jusqu'à atteindre le plan tangent lui étant associé.

Correction de la géométrie au voisinage des failles

Fonctionnement

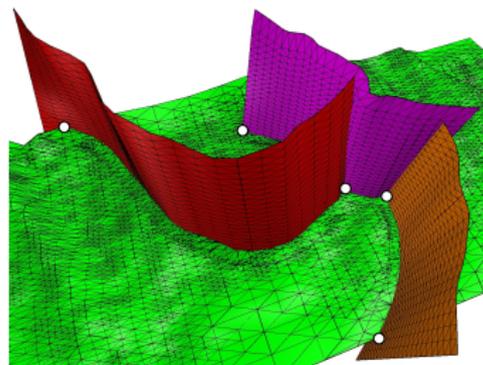
- 1 recherche des points les plus proches sur le bord de la région d'incertitude et récupération du plan tangent ;
- 2 détection des macro-sommets à l'aide des relations γ_2 ;
- 3 déplacement de chaque point du bord jusqu'à atteindre le plan tangent lui étant associé.



Correction de la géométrie au voisinage des failles

Fonctionnement

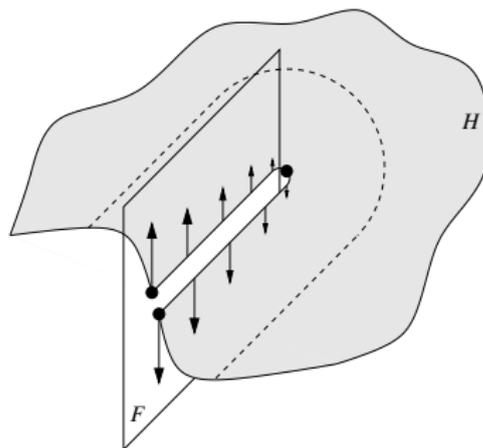
- 1 recherche des points les plus proches sur le bord de la région d'incertitude et récupération du plan tangent ;
- 2 détection des macro-sommets à l'aide des relations γ_2 ;
- 3 déplacement de chaque point du bord jusqu'à atteindre le plan tangent lui étant associé.



Correction de la géométrie au voisinage des failles

Fonctionnement

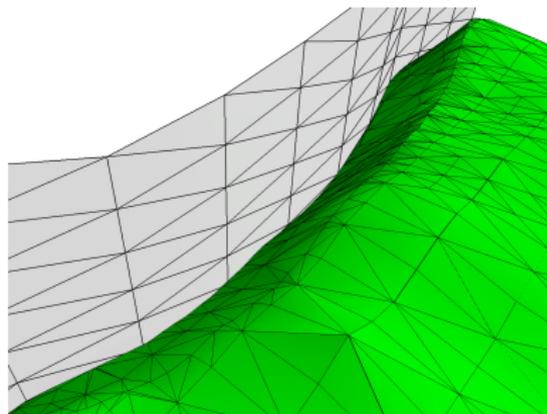
- 1 recherche des points les plus proches sur le bord de la région d'incertitude et récupération du plan tangent ;
- 2 détection des macro-sommets à l'aide des relations γ_2 ;
- 3 déplacement de chaque point du bord jusqu'à atteindre le plan tangent lui étant associé.



Correction de la géométrie au voisinage des failles

Fonctionnement

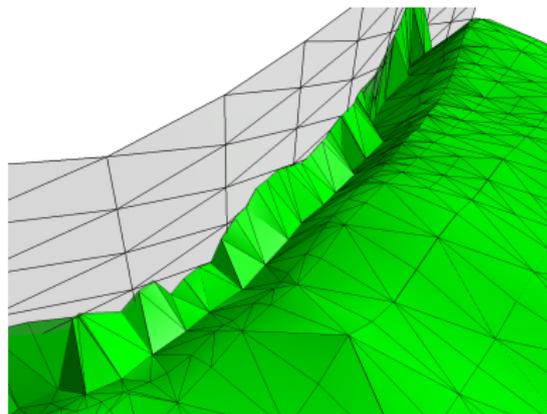
- 1 déplacement des bords de l'horizon en suivant la direction principale de la faille ;
- 2 lissage des bords déplacés ;
- 3 recalage des bords sur la surface des failles ;
- 4 lissage de la région d'incertitude afin d'obtenir une surface finale continue.



Correction de la géométrie au voisinage des failles

Fonctionnement

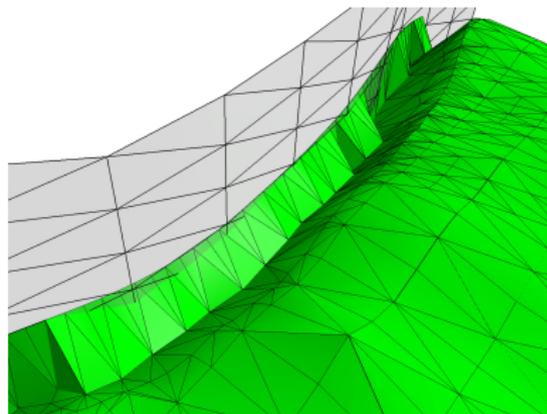
- 1 déplacement des bords de l'horizon en suivant la direction principale de la faille ;
- 2 lissage des bords déplacés ;
- 3 recalage des bords sur la surface des failles ;
- 4 lissage de la région d'incertitude afin d'obtenir une surface finale continue.



Correction de la géométrie au voisinage des failles

Fonctionnement

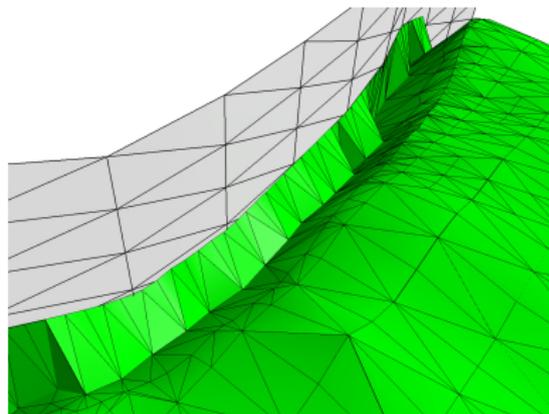
- 1 déplacement des bords de l'horizon en suivant la direction principale de la faille ;
- 2 lissage des bords déplacés ;
- 3 recalage des bords sur la surface des failles ;
- 4 lissage de la région d'incertitude afin d'obtenir une surface finale continue.



Correction de la géométrie au voisinage des failles

Fonctionnement

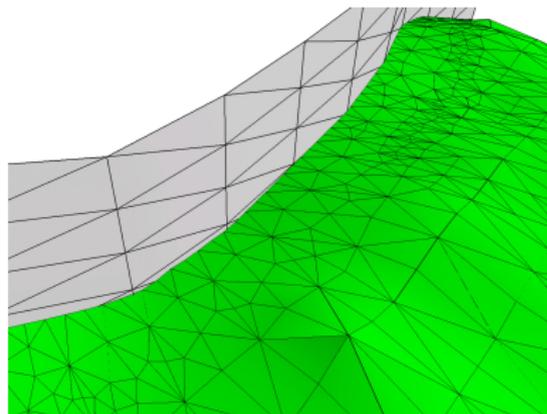
- 1 déplacement des bords de l'horizon en suivant la direction principale de la faille ;
- 2 lissage des bords déplacés ;
- 3 recalage des bords sur la surface des failles ;
- 4 lissage de la région d'incertitude afin d'obtenir une surface finale continue.



Correction de la géométrie au voisinage des failles

Fonctionnement

- 1 déplacement des bords de l'horizon en suivant la direction principale de la faille ;
- 2 lissage des bords déplacés ;
- 3 recalage des bords sur la surface des failles ;
- 4 lissage de la région d'incertitude afin d'obtenir une surface finale continue.



Plan

- 4 Construction de modèles structuraux 3D
 - La modélisation géologique
 - Travaux antérieurs
 - Construction d'un modèle en micro-topologie
 - **Création d'une macro-topologie**
 - Résultats

Création d'une macro-topologie

Dans quel but ?

- le micro-modèle est constitué de nombreuses informations qui peuvent être redondantes ou inutiles ;
- obtention d'une topologie plus simple en extrayant et en simplifiant les contours ;
- liaison à la micro-topologie à l'aide d'une relation δ .

Création d'une macro-topologie

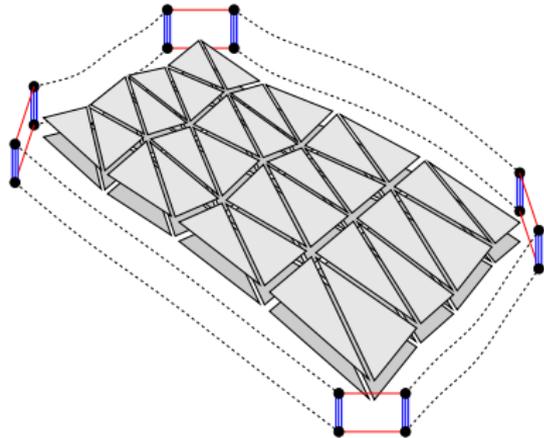
Dans quel but ?

- le micro-modèle est constitué de nombreuses informations qui peuvent être redondantes ou inutiles ;
- obtention d'une topologie plus simple en extrayant et en simplifiant les contours ;
- liaison à la micro-topologie à l'aide d'une relation δ .

Création d'une macro-topologie

Dans quel but ?

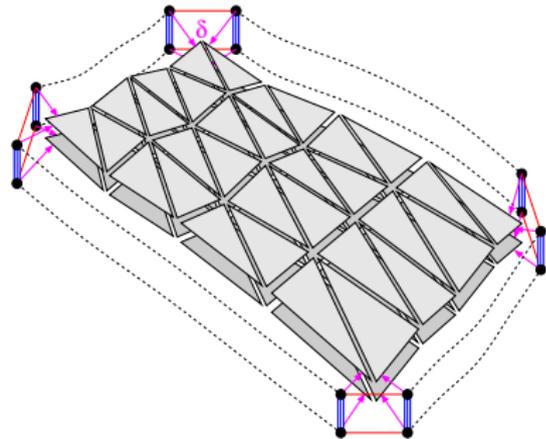
- le micro-modèle est constitué de nombreuses informations qui peuvent être redondantes ou inutiles ;
- obtention d'une topologie plus simple en extrayant et en simplifiant les contours ;
- liaison à la micro-topologie à l'aide d'une relation δ .



Création d'une macro-topologie

Dans quel but ?

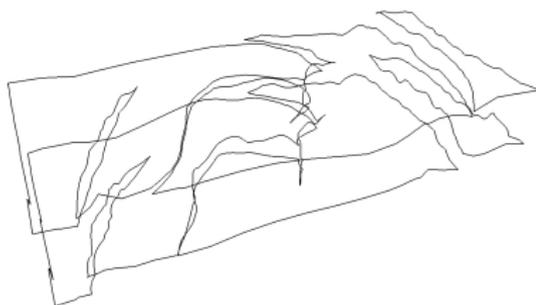
- le micro-modèle est constitué de nombreuses informations qui peuvent être redondantes ou inutiles ;
- obtention d'une topologie plus simple en extrayant et en simplifiant les contours ;
- liaison à la micro-topologie à l'aide d'une relation δ .



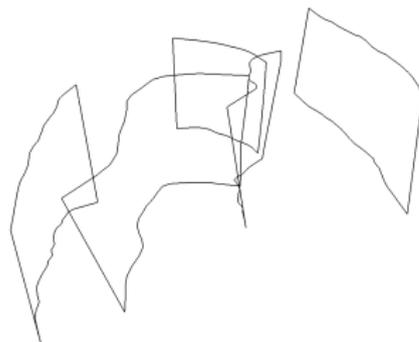
Fonctionnement

- 1 Extraction des contours des macro-faces : arêtes se trouvant sur le bord d'une surface (brins libres par α_2) ou étant incidentes à plus de deux faces.

⇒ obtention du macro-modèle de base.



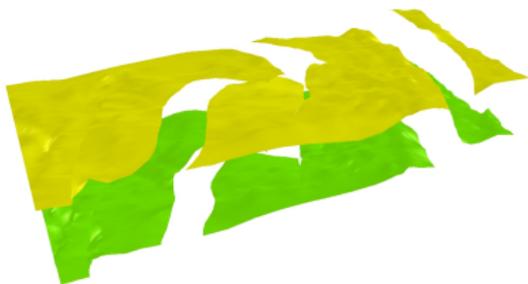
horizons



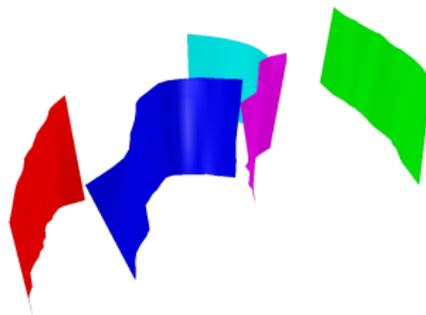
failles

Fonctionnement

- ② Extraction des macro-faces et utilisation des surfaces obtenues pour plonger les faces du macro-modèle à l'aide des liaisons δ .



horizons

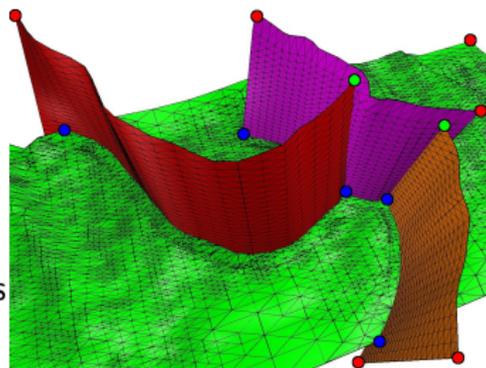


failles

Fonctionnement

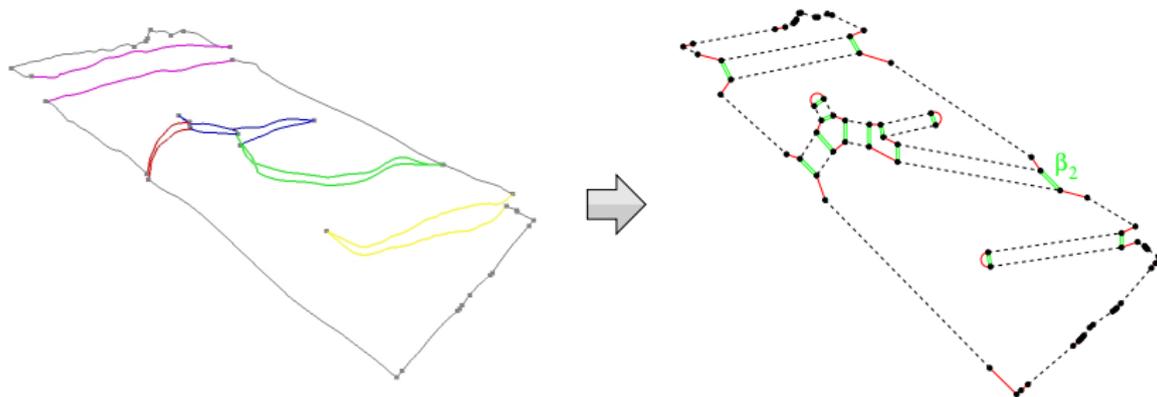
3 Détection des macros-sommets sur les contours des macros-faces à l'aide des propriétés du modèle :

- **topologiques** : sommets incidents à plus d'une face ;
- **géométriques** : sommets dont les arêtes incidentes forment un angle trop important ;
- **géologiques** : certains sommets des horizons provenant de l'intersection avec une faille.



Fonctionnement

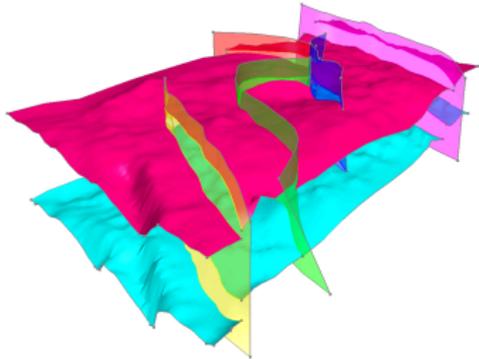
- Simplification des contours en supprimant toutes les arêtes n'étant pas incidentes à un macro-sommet
⇒ obtention de la macro-topologie finale.



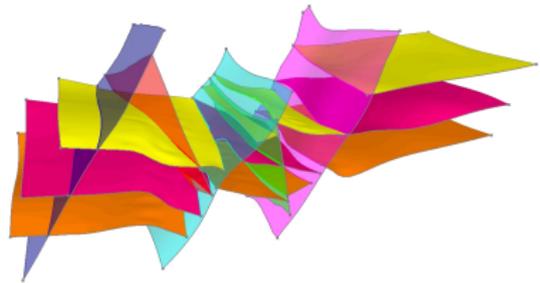
Plan

- 4 Construction de modèles structuraux 3D
 - La modélisation géologique
 - Travaux antérieurs
 - Construction d'un modèle en micro-topologie
 - Création d'une macro-topologie
 - Résultats

Exemples de modèles reconstruits

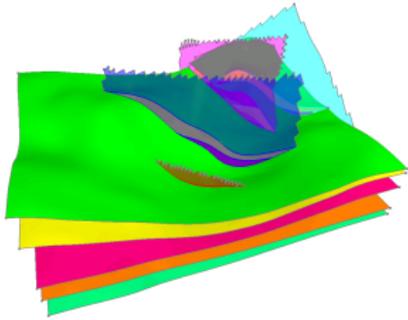


NormalFaults

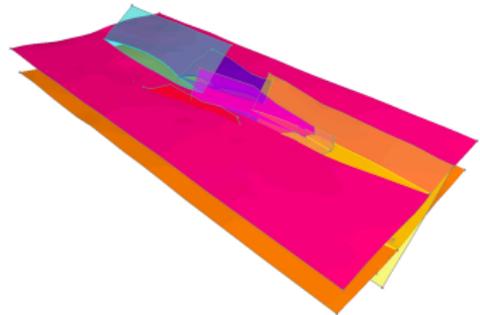


Extension2

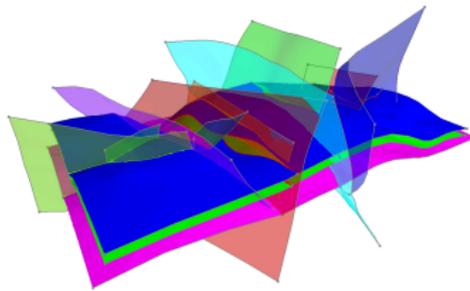
Exemples de modèles reconstruits



ResModOne



Extension1



N'Kossa

Temps de calculs obtenus

Modèles	IF	IZ	IHZ	IHF	OL	DB	OD	MT	Total
Normal Faults	9 s	13 s	52 s	44 s	8 s	8 s	1 m 31 s	8 s	3 m 53 s
ResModOne	6 s	11 s	2 m 4 s	1 m 46 s	13 s	7 s	3 m 4 s	10 s	7 m 41 s
Extension1	7 s	16 s	8 s	8 s	1 s	1 s	19 s	3 s	1 m 3 s
Extension2	13 s	20 s	28 s	23 s	4 s	11 s	57 s	7 s	1 m 43 s
N'Kossa	1 m 14 s	1 m 46 s	3 m 47 s	3 m 23 s	23 s	14 s	6 m 21 s	20 s	17 m 28 s

- IF : intersections entre failles
- IZ : intersections entre zones d'incertitudes
- IHZ : intersections entre un horizon et une zone d'incertitude
- IHF : intersections entre un horizon et une faille
- OL : opérations de lissage
- DB : déplacement des bords d'horizons provenant de découpes
- OD : opérations topologiques diverses (parcours, marquages, cousures/décousures...)
- MT : extraction de la macro-topologie

Plan

- 1 Introduction
- 2 Les Cartes Généralisées
- 3 Co-raffinement et opérations booléennes
- 4 Construction de modèles structuraux 3D
- 5 Conclusion

Conclusion

- Réalisation d'algorithmes de co-raffinement :
 - expérimentation de plusieurs techniques,
 - traitement des différents cas particuliers,
 - temps de calculs obtenus satisfaisants dans la plupart des cas.
- Construction de modèles géologiques 3D :
 - utilisation des précédents algorithmes pour expérimenter la méthode,
 - conception d'outils permettant la construction de modèles géologiques,
 - résolution des différents problèmes posés,
 - validation des outils sur plusieurs modèles.

Conclusion

- Réalisation d'algorithmes de co-raffinement :
 - expérimentation de plusieurs techniques,
 - traitement des différents cas particuliers,
 - temps de calculs obtenus satisfaisants dans la plupart des cas.
- Construction de modèles géologiques 3D :
 - utilisation des précédents algorithmes pour expérimenter la méthode,
 - conception d'outils permettant la construction de modèles géologiques,
 - résolution des différents problèmes posés,
 - validation des outils sur plusieurs modèles.

Perspectives

- Optimiser la recherche des intersections pour l'algorithme de co-raffinement 3D,
- concevoir un noyau topologique dédié aux besoins,
- concevoir des opérations spécifiques pour remplacer certaines opérations trop coûteuses,
- passage à l'étape suivante dans la chaîne de traitements : génération de maillages stratigraphiques.

Construction de modèles géologiques 3D par co-raffinement de surfaces

Nicolas Guiard

École Nationale Supérieure des Mines de Paris

29/05/2006

