

# Méthodes géométriques pour la détection des intersections entre courbes paramétriques B-splines

Eric Guilbert, Marc Daniel \*, Eric Saux  
IRENav Brest – \* LSIS Marseille



Journées GTAS 2003

## Plan

- Détection des intersections
  - Les méthodes géométriques
- Contexte de la cartographie numérique
- Principe de la méthode
  - Décomposition hiérarchique
  - Localisation des conflits
- Résultats
- Conclusions et perspectives

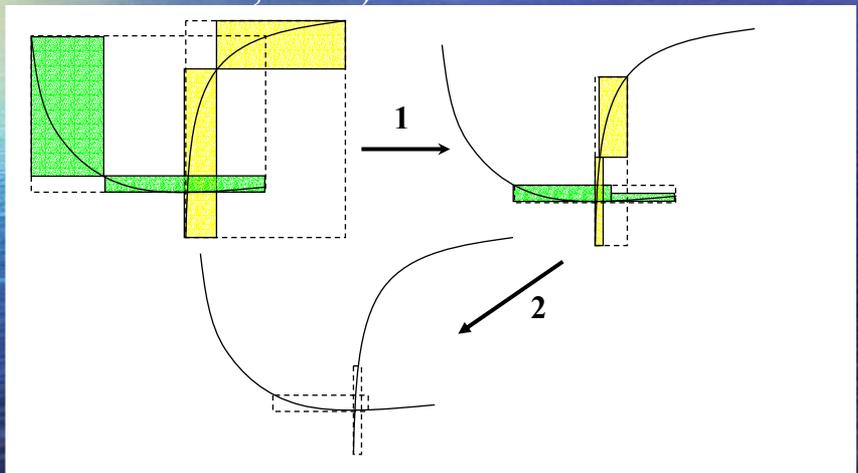
- Méthodes géométriques
- Contexte de la cartographie numérique
- Principe de la méthode
- Résultats
- Conclusions et perspectives

## Méthodes géométriques

- Principe
  - Construction de polygones englobants
    - A partir des points de contrôle
    - Enveloppes convexes, boîtes minmax, boîtes inclinées, bandes
  - Test d'intersection entre les englobants
    - Simplification du problème et relance
  - Critère d'arrêt
    - Dépend de la précision voulue sur les résultats

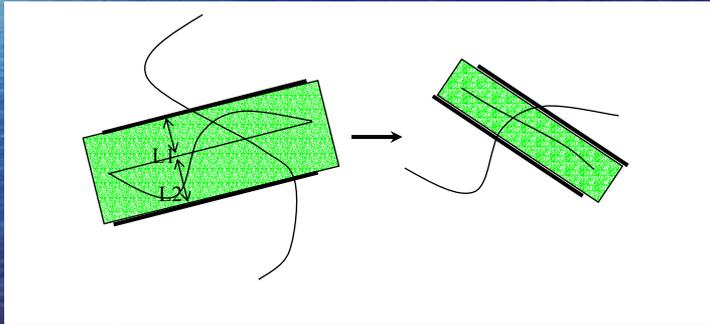
## Méthodes géométriques (suite)

- Méthode par subdivision (Lane et Riesenfeld, 1980)



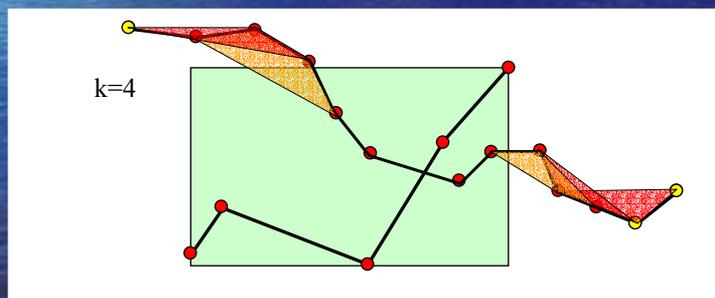
## Méthodes géométriques (suite)

- Méthode de clipping (Sederberg, 1990)
  - Construction d'une bande contenant la première courbe
  - On élimine les portions de la deuxième courbe n'étant pas dans cette bande
  - On recommence l'algorithme en inversant le rôle de chaque courbe



## Méthodes géométriques (suite)

- Réduction des intervalles (Daniel, 1992)
  - Spécifique aux courbes B-splines
    - Etude locale de la courbe
  - Détection de zones critiques
  - Elimination des autres zones



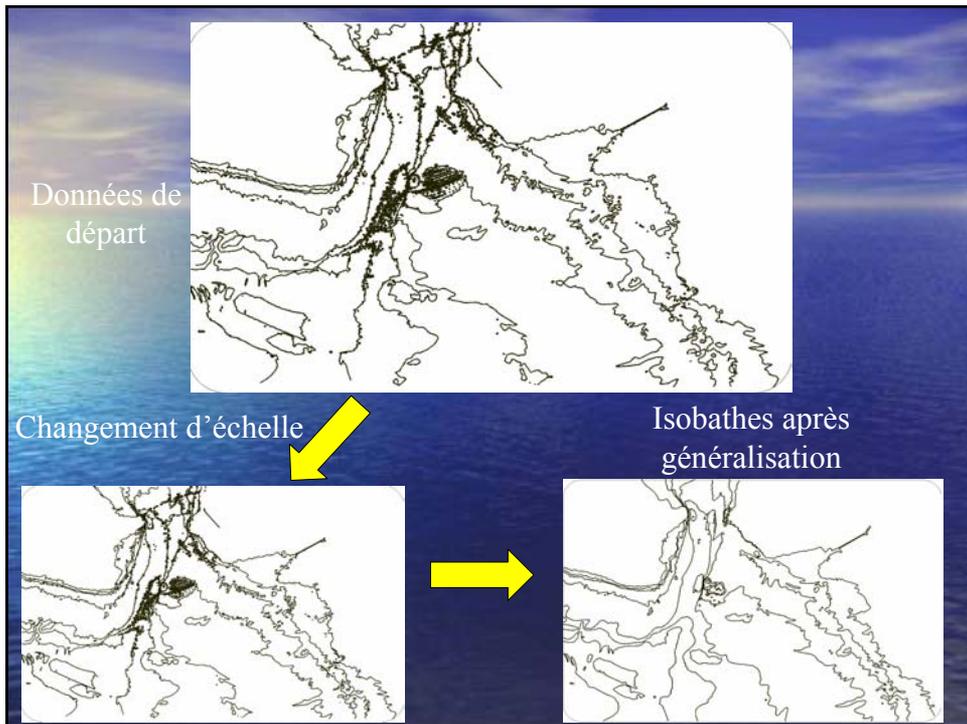
## Méthodes géométriques (suite)

- Comparaisons
  - Méthode de subdivision moins rapide
  - Meilleurs temps avec la réduction des intervalles
  - Choix de l'englobant en fonction du type de conflit
    - Intersections franches : bandes
    - Tangence ou recouvrement : boîtes minmax

- Méthodes géométriques
- Contexte de la cartographie numérique
- Principe de la méthode
- Résultats
- Conclusions et perspectives

## Modélisation des isobathes

- Définition des isobathes
  - Lignes reliant les points de même profondeur
- Problème
  - Quantité de données
    - Plusieurs centaines de lignes
    - Plusieurs milliers de points par ligne

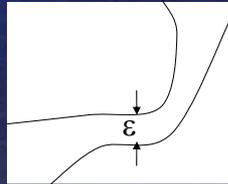
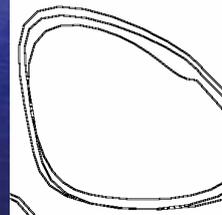
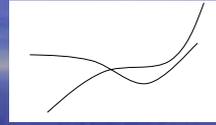


## Existence des intersections

- Dues à la grande quantité de données
- Apparaissent :
  - lors de la construction des isobathes
    - Boucles dues à la paramétrisation de la courbe
  - lors de la généralisation
    - Proximité des courbes

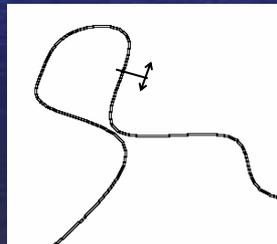
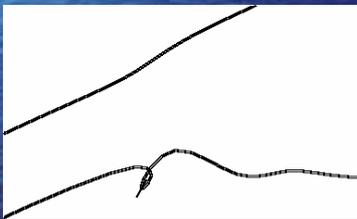
## Définition des intersections

- Intersection de deux courbes
  - intersection franche : intersection réelle
    - Très rare
  - recouvrement : cas dégénéré
    - Souvent
  - proximité : intersection visuelle
    - Très souvent



## Définition des intersections

- Auto-intersections
  - Intersection réelle, recouvrement, proximité
- Principe
  - Découpage des courbes (Andersson, 1998)
  - Détection entre deux courbes



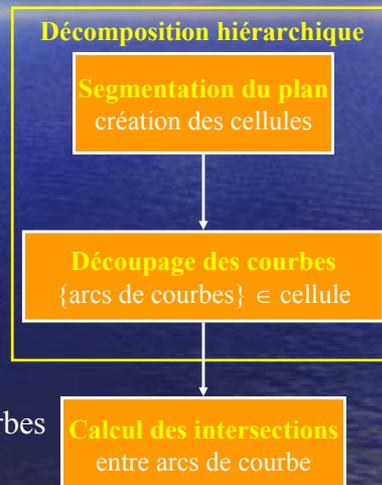
## Contraintes

- Utilisation de plusieurs niveaux de précision
  - Adaptés pour les différents calculs
    - Précision numérique
    - Précision visuelle
- Algorithmes robustes adaptés pour de grands ensembles de courbes
  - Traitement de tous les types d'intersection avec la même méthode
  - Segmentation du plan (quadtree)
  - **Réduction du nombre d'opérations**

- Méthodes géométriques
- Contexte de la cartographie numérique
- Principe de la méthode
- Résultats
- Conclusions et perspectives

## Principe de la méthode

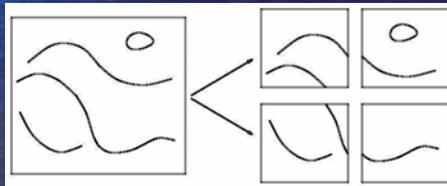
- Principe
  - Segmentation du plan
    - quadtree
  - Découpage des courbes
    - Réduire le nombre d'opérations
    - Éviter les erreurs de calcul
  - Calcul des intersections dans chaque cellule
    - Approximation des arcs de courbes



## Décomposition hiérarchique Segmentation du plan

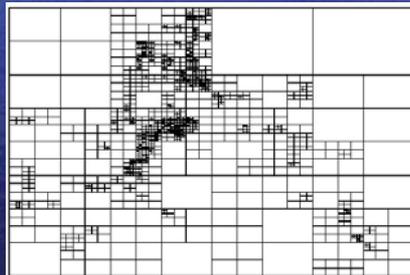
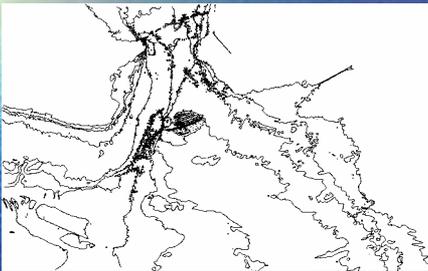


- Segmentation du plan
  - Structure quadtree
  - Si la cellule ne contient pas plus de deux courbes
    - Alors, pas d'intersection dans cette cellule
    - Sinon, il y a intersection potentielle  $\Rightarrow$  division de la cellule jusqu'à ce que :
      - Une taille de cellule minimale est atteinte
      - Ou la cellule ne contient pas plus de deux courbes

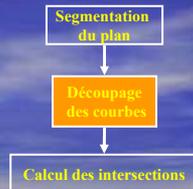


## Décomposition hiérarchique Segmentation du plan

- Segmentation d'une carte



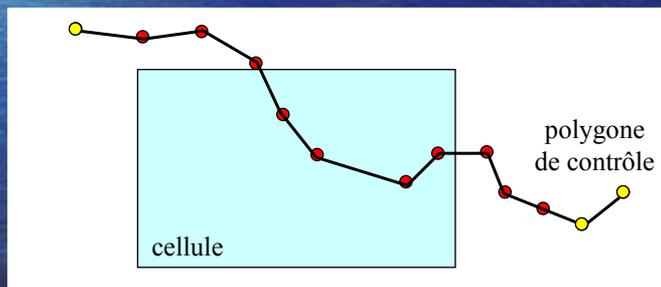
## Décomposition hiérarchique Découpage des courbes



- Décomposition simultanée des courbes
  - Lorsqu'une cellule est divisée, une courbe est divisée en plusieurs **arcs de courbe**
  - Déterminer l'intervalle paramétrique  $[t_i; t_j]$  associé à chaque arc de courbe
  - Un arc est défini par les indices du premier et du dernier points de contrôle  $P_{i-3}$  et  $P_j$

## Décomposition hiérarchique Découpage des courbes

- Principe
  - Si aucune intersection entre une enveloppe convexe locale et la cellule
    - le segment de courbe ne coupe pas la cellule
    - suppression de l'intervalle paramétrique



## Décomposition hiérarchique Découpage des courbes

- Adapté aux courbes B-splines
  - Rapidité : pas d'insertion de nouveaux points
    - Comparaison des coordonnées des points
  - Robustesse : traitement des cas particuliers (recouvrement, intersection visuelle)
    - Problèmes numériques (appartenance d'un point à une cellule)
    - Dilatation des cellules

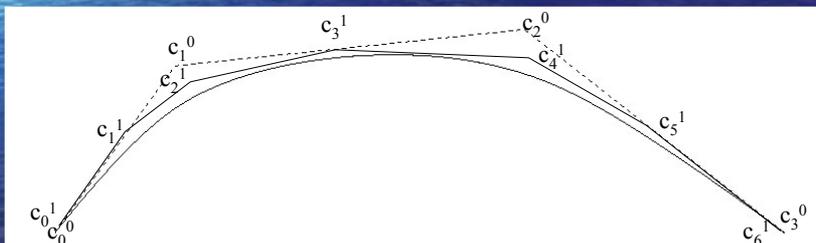
## Détection des intersections

- Approximation par un polygone (Peters 01)
  - Subdivision du polygone de contrôle jusqu'à ce que la distance entre l'arc de courbe et le polygone est inférieure à une précision donnée
- Calcul des intersections entre les polygones

Segmentation  
du plan

Découpage  
des courbes

Calcul des intersections



- Méthodes géométriques
- Contexte de la cartographie numérique
- Principe de la méthode
- Résultats
- Conclusions et perspectives

## Résultats

- Temps de calcul et nombre de solutions dépendent de
  - La profondeur de l’arbre
    - Trop profond = le temps de segmentation augmente
    - Pas assez profond = le temps pour les approximations augmente
  - La précision des approximations

Carte 1			
Profondeur	Temps(s)	Rapport	Inters.
4	12.36	94%	996
5	8.65	85%	1046
6	8.16	75%	1239
7	9.17	68%	1556
8	11.73	62%	2241

Carte 1			
$\epsilon_{\text{atom}}$	Temps(s)	Rapport	Inters.
$2 \cdot 10^{-3}$	41.61	95%	1032
$5 \cdot 10^{-3}$	17.20	88%	1089
$10^{-2}$	12.86	84%	1149
$2 \cdot 10^{-2}$	8.16	75%	1239
$5 \cdot 10^{-2}$	6.06	66%	1414

- Méthodes géométriques
- Contexte de la cartographie numérique
- Principe de la méthode
- Résultats
- Conclusions et perspectives

## Conclusion

- Approche fiable et robuste
- Calcul limité grâce à
  - partitionnement du plan
    - repérage des segments à l’aide d’indices
  - découpage des courbes
    - comparaison des coordonnées des points
- Les calculs se limitent à l’approximation des courbes par subdivision

## Perspectives

- Lorsqu'une intersection est détectée
  - Regroupement des intervalles
    - par courbe
    - entre différentes courbes
- Méthodes de correction
  - Déplacement local des points de contrôle
    - contours actifs (snakes), déformation mécanique (forces d'attraction ou répulsion) ...