



Optimisation d'usinage de surfaces gauches par système multi-agent auto-organisateur

Plan

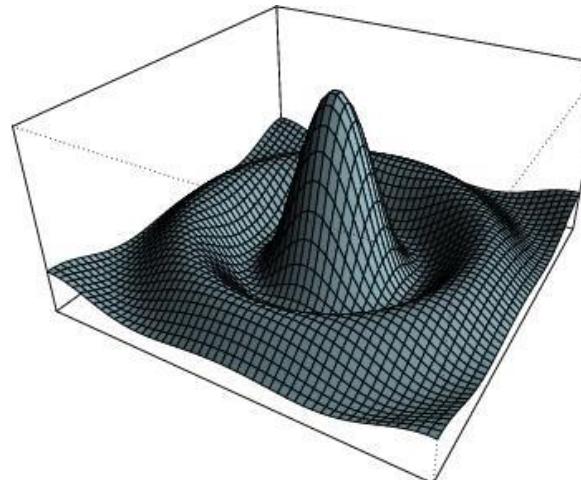
- 
- 1. Contexte
 - 2. Problématique et objectif
 - 3. Système multi-agent adaptatif
 - 4. Expérimentations et résultats
 - 5. Conclusion et perspectives
- 

Contexte



Surface gauche

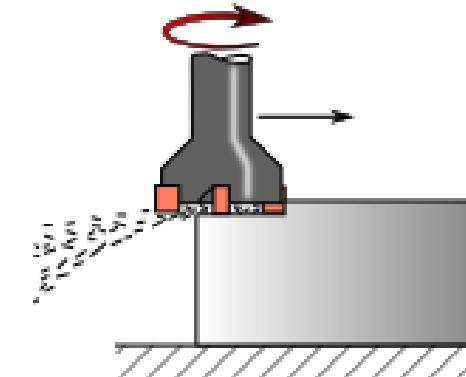
- Surface non-plane
- Surface dont tous les points ne sont pas sur le même plan



Usinage de surface gauche

- Rotation de l'outil
- Déplacement de la pièce
- Fraisage

Procédé de réalisation d'une pièce par enlèvement de matière



Outils utilisés



- Outil torique
- Efficace
- Mais nécessite un plan d'usinage adapté



Rayon effectif de l'outil torique

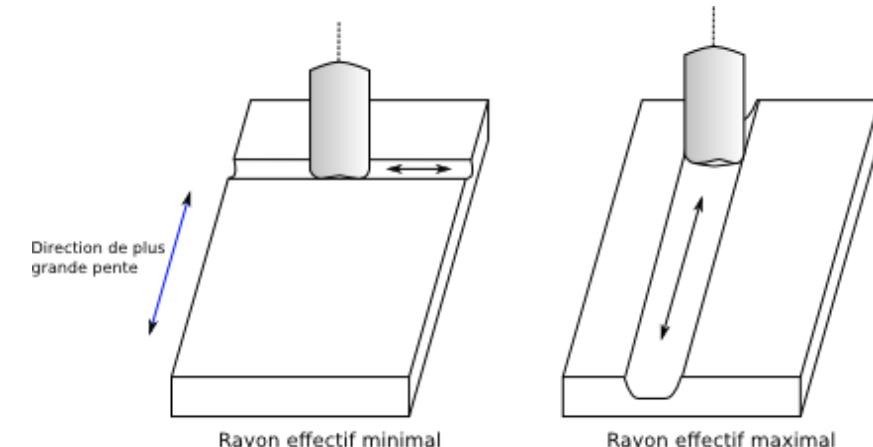
- Quantité de matière enlevée par l'outil
- Varie selon la direction d'usinage

$$R_{effectif}(S, \alpha, R, r) = \frac{(R-r) \cdot \cos(|S-\alpha|)^2}{\sin(S) \cdot (1 - \sin(|S-\alpha|)^2 \cdot \sin(S)^2)} + r$$

R, r : Dimensions de l'outil

S : Direction de plus grande pente

α : Direction d'usinage





Problématique et objectif

Problématique

- Usiner la pièce dans un temps minimal
 - Première idée : maximiser le rayon effectif -> Usiner chaque point dans la direction optimale
 - Mais changer de direction -> perte de temps

Problématique



Minimiser le temps d'usinage

=

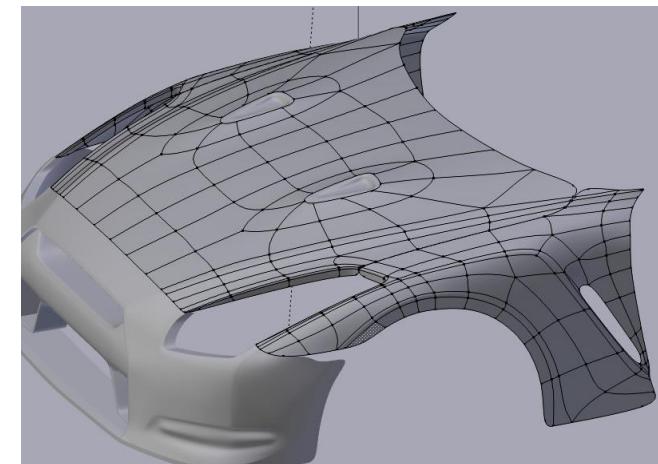
Maximiser le rayon effectif

ET

Minimiser le nombre de changements de direction

Formalisation du problème

- Discrétisation du problème
 - Découpage de la surface en mailles (surface plane suffisamment petite)
 - Une maille -> Une direction optimale d'usinage



Formalisation du problème

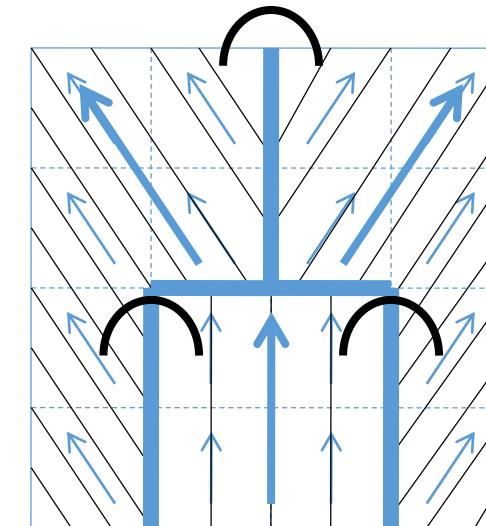
- Regroupement de mailles
 - Regrouper les mailles ayant une direction optimale similaire pour minimiser le nombre de changements de direction
- Zone
 - Regroupement de mailles qui seront usinées dans une direction donnée
- Solution = découpage en zone

Formalisation du problème

- Évaluation de la solution
 - Mesure du temps d'usinage
 - Nécessite une simulation très précise
 - Mesure de la longueur de chemin de l'outil
 - Evaluation cohérente

Formalisation du problème

- Longueur de chemin d'usinage
 - 1. Simplexe pour calcul de la direction optimale d'une zone
 - 2. Simulation de l'usinage par tracé de la trajectoire de l'outil pour chaque zone
 - 3. Somme des longueurs obtenues
 - 4. Ajout du coût associé aux changements de direction
- (|zones| · K)



$$g(\text{zones}) = \sum_{z \in \text{zones}} \text{zonePathLength}(z) + |\text{zones}| \cdot K$$

Fonction pertinente mais coûteuse

Demarche de l'Institut Clément Ader

- Optimisation combinatoire
- Fonction de coût à minimiser : longueur du chemin de l'outil selon le découpage en zones

$$\arg \min_{\text{zones}} g(\text{zones}) = \sum_{z \in \text{zones}} \text{zonePathLength}(z) + |\text{zones}| \cdot K$$

- Méthodes d'optimisation combinatoire
 - GRASP [Feo, 1989], Recherche Tabu [Glover, 1986], Clark & Wright [Clarke, 1964], ...
- Evaluation de la fonction de coût à chaque itération
- Efficacité réduite lors du passage à l'échelle

Objectif du projet

- Étudier apport de l'approche AMAS pour résoudre ce problème
- Abstraction de la fonction de coût

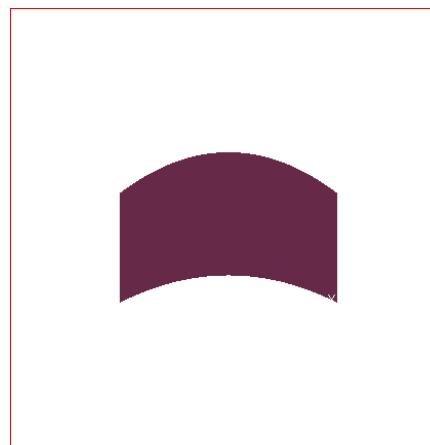
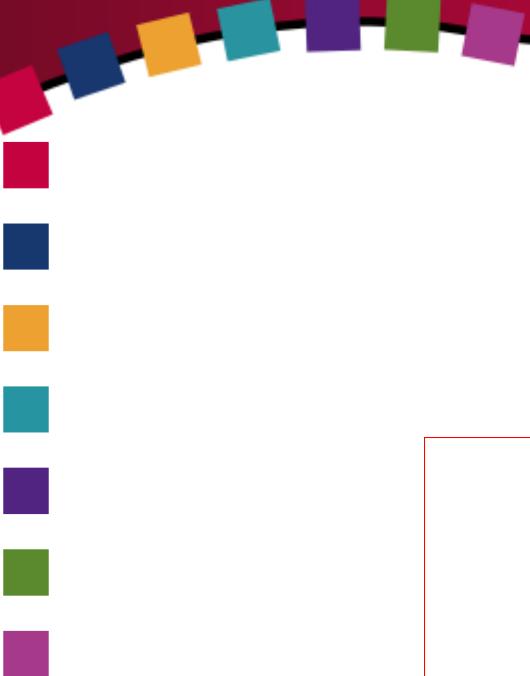
Approche AMAS

- Optimisation par système multi-agent adaptatif
- Toute fonction globale peut être obtenue par des comportements locaux coopératifs

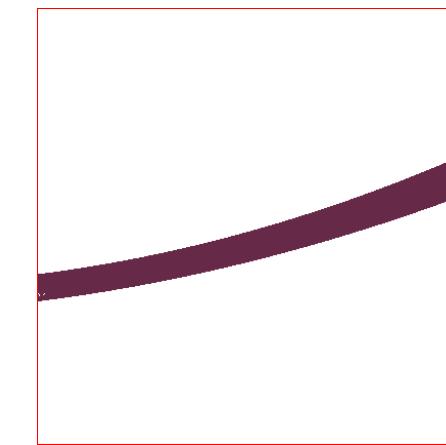


Système multi-agent adaptatif

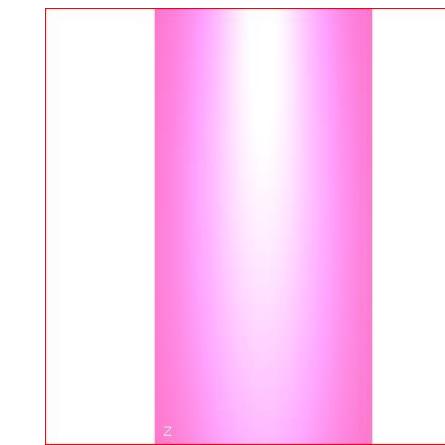
Surface d'une tuile



Vue en XZ

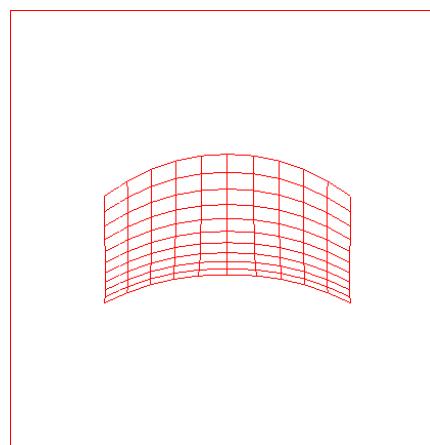
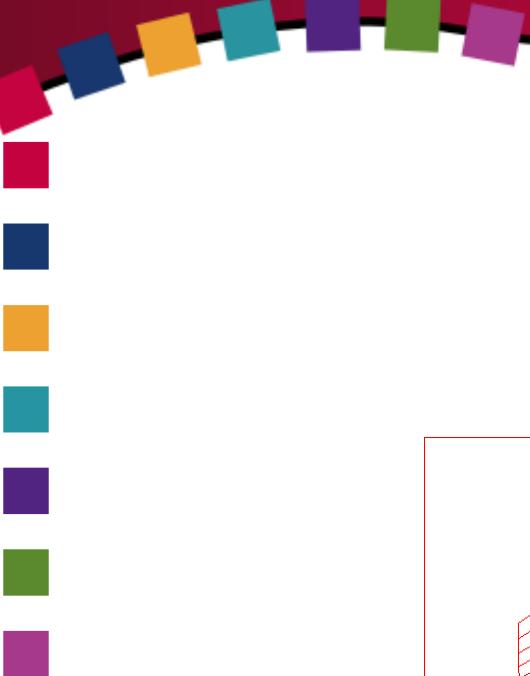


Vue en YZ

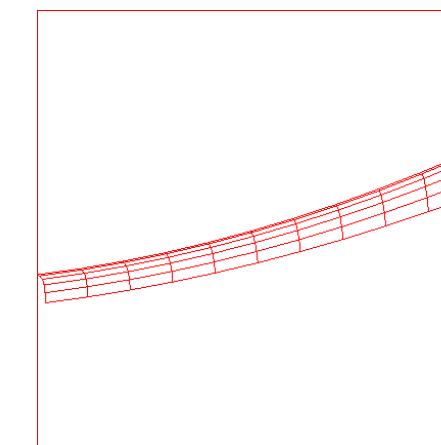


Vue en XY

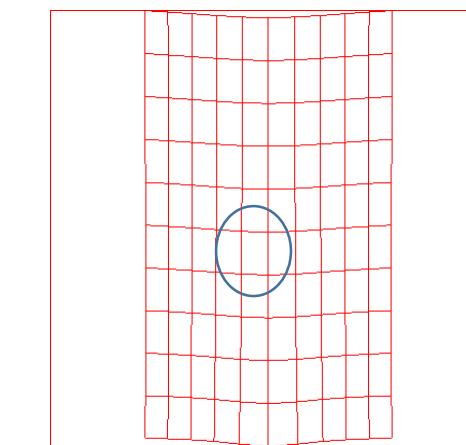
Maillage de la surface d'une tuile



Vue en XZ



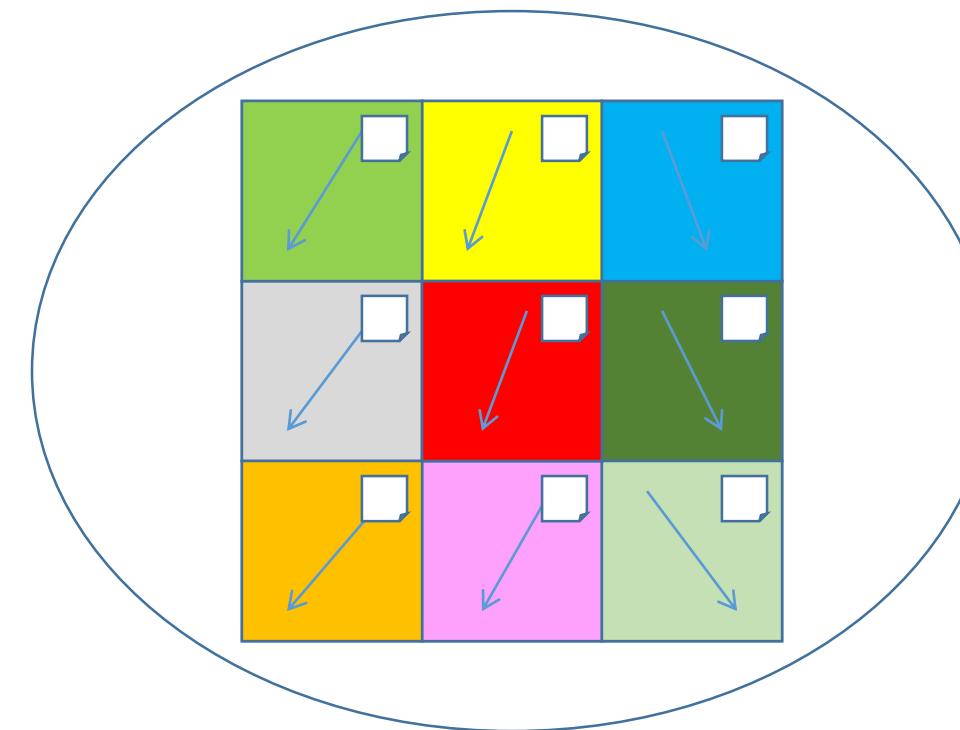
Vue en YZ



Vue en XY

Agent maille

Situation



Comportement coopératif

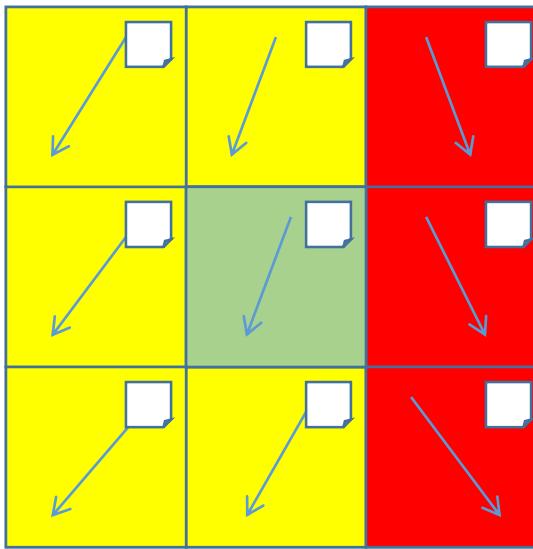
- 2 buts locaux contradictoires
- 2 critères corrélés à la fonction globale sans la connaître
 - Un critère sur la taille des zones
 - Un critère sur la plus grande différence de directions optimales des mailles d'une zone

Satisfaction d'un agent

- Chaque situation -> Une valeur d'insatisfaction par critère
- Insatisfaction d'une situation = Maximum des deux insatisfactions
 - Avec coefficients de pondération α et β dépendants de la machine

$$insatisfaction(situation) = \max(\alpha \cdot \text{insatisfaction1}(\text{situation}), \beta \cdot \text{insatisfaction2}(\text{situation}))$$

insatisfaction 2 < insatisfaction 1 < insatisfaction actuelle



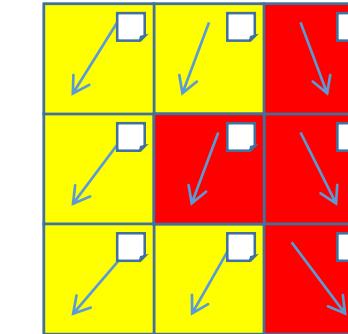
Situation actuelle

Attachment à droite

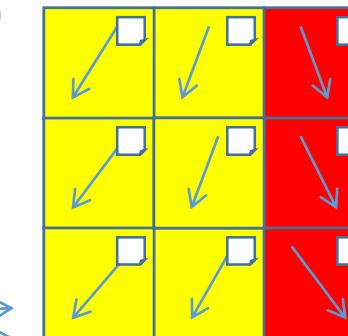
Attachment à gauche

Attachment en haut

Attachment
en bas



Calcul insatisfaction 1



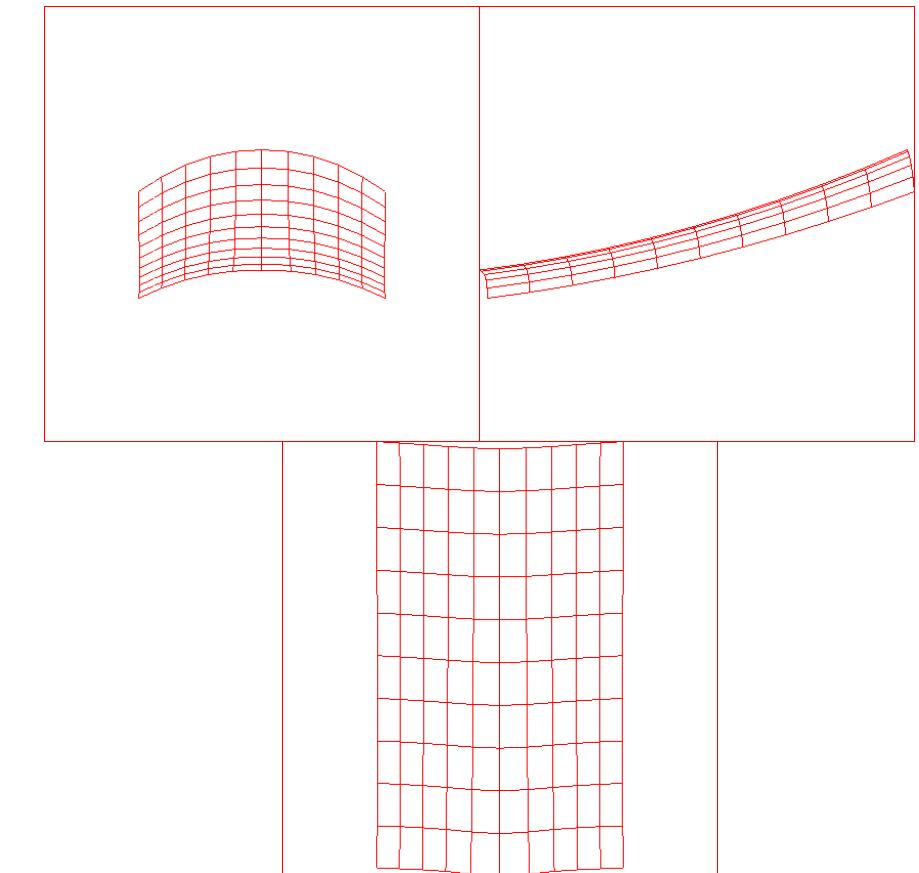
Calcul insatisfaction 2

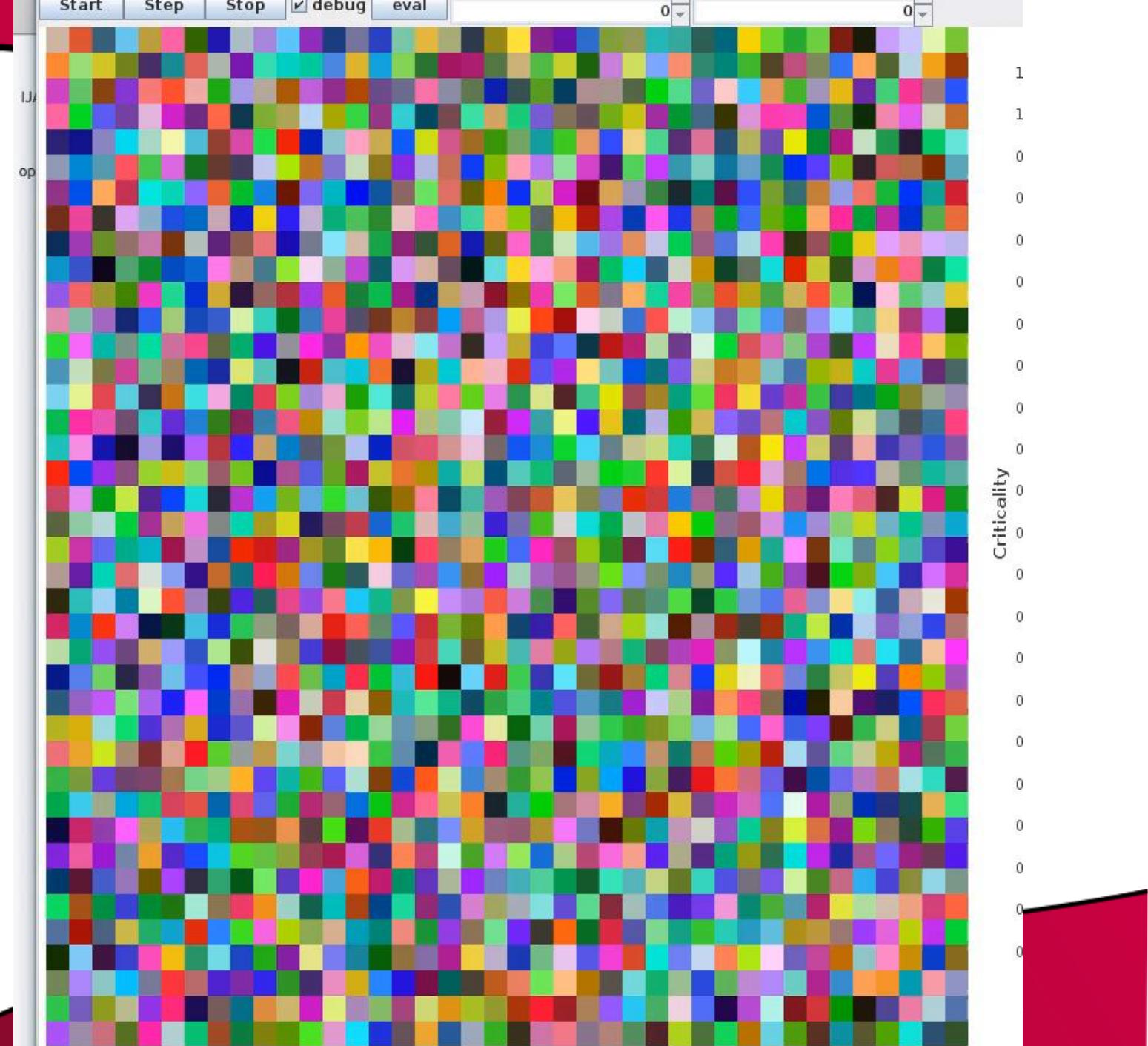
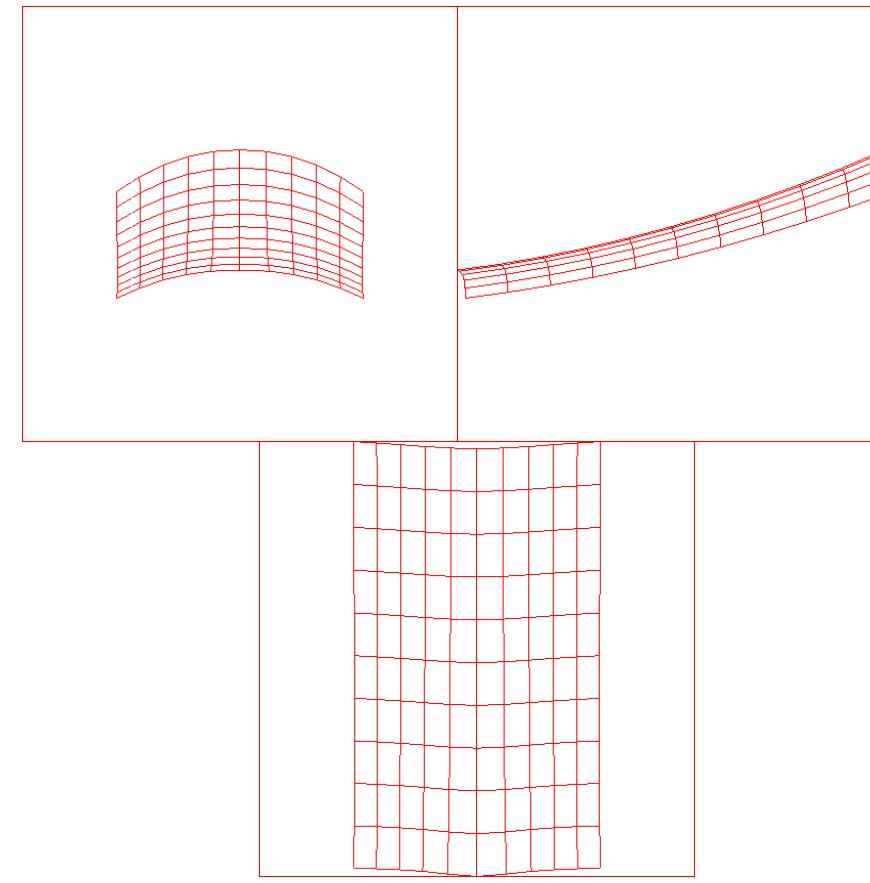


Expérimentations et résultats

Vérification de la convergence

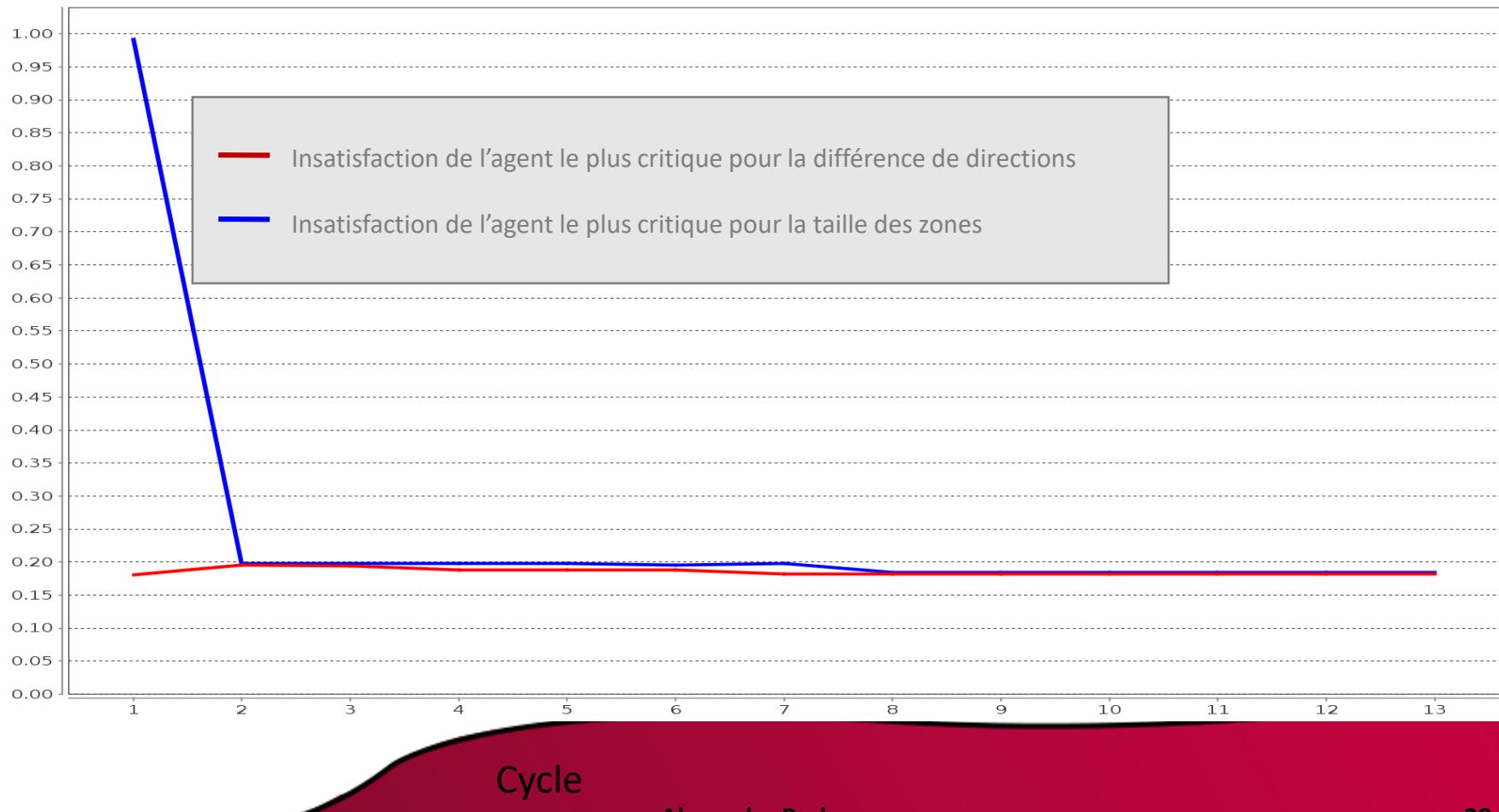
- Vidéo de démonstration
- Surface à usiner : la tuile
- Maillage : 40x40





Satisfaction des critères

Taux d'insatisfaction



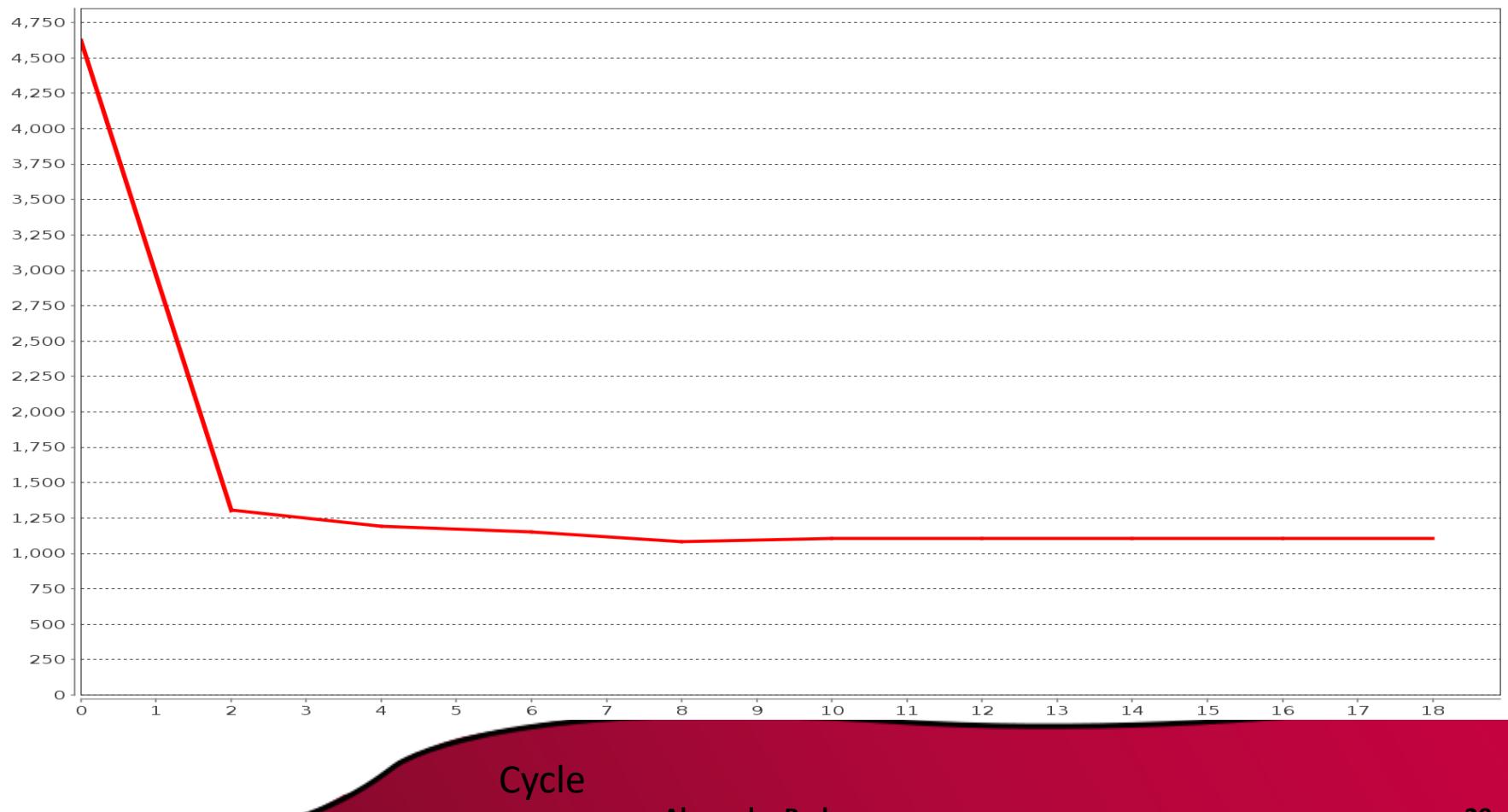
Cycle

Alexandre Perles

28

Évolution de la fonction de coût

Longueur de chemin : $g(\text{zones})$

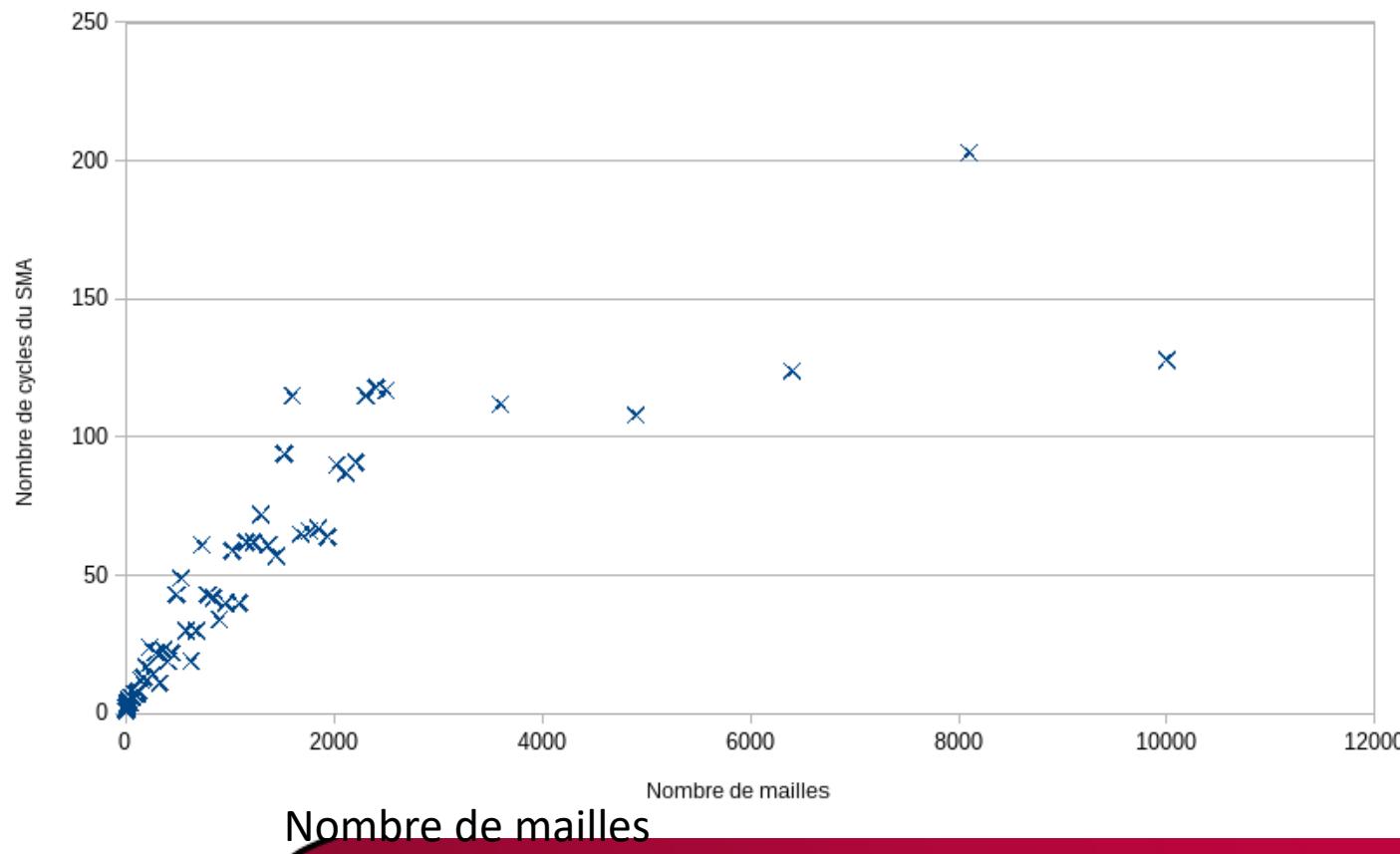


Cycle

Alexandre Perles

Estimation du temps de calcul

Nombre de cycles du SMA



Nombre de mailles

Alexandre Perles

30



Conclusion et perspectives

Conclusion

- Obtention d'une solution en apparence correcte
- Pas de calcul de la fonction globale
- Allure logarithmique de la complexité en cycles

Perspectives

- Amélioration du SMA
 - Performance du calcul des zones
 - Ajout d'une mémoire pour une convergence plus efficace
 - Détermination automatique de α et β