

Objectifs

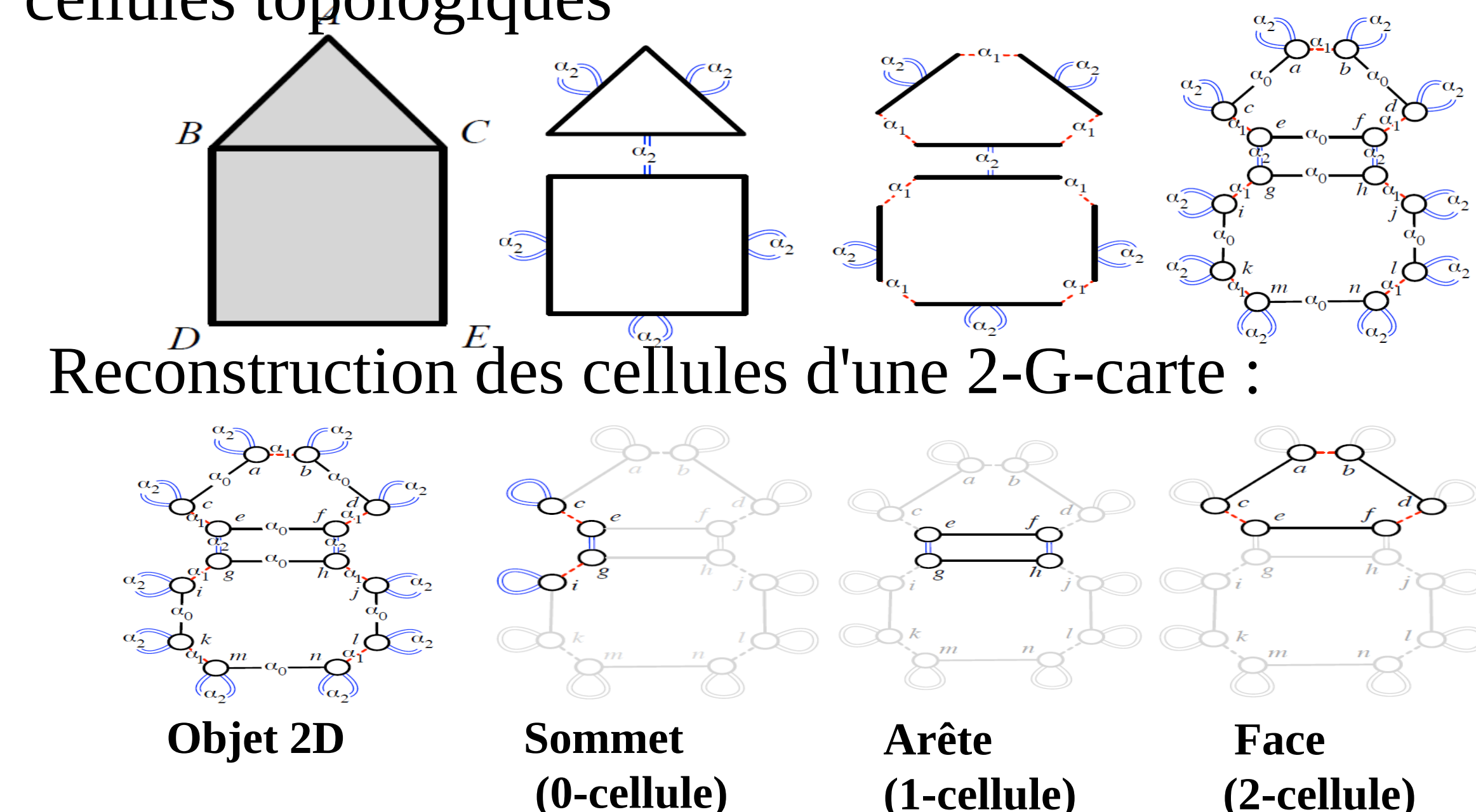
Animation physique d'objets structurés

- Simulation des transformations topologiques de corps déformables
- Approche à base de règles de transformations de graphes

Modèle Topologique

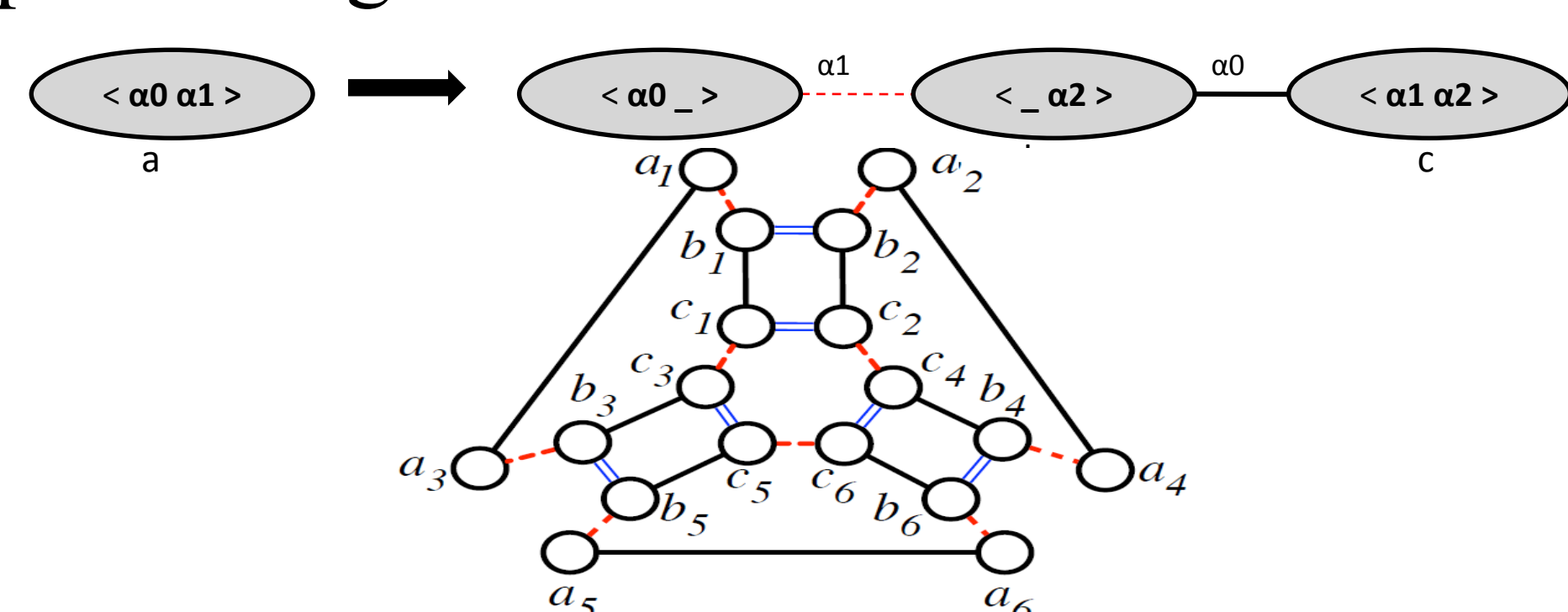
Modèle des cartes Généralisées

- Modèle cellulaire basé sur des éléments nommés Brins [Lie94]
- Ce sont des **graphes** obtenus par décomposition des cellules topologiques



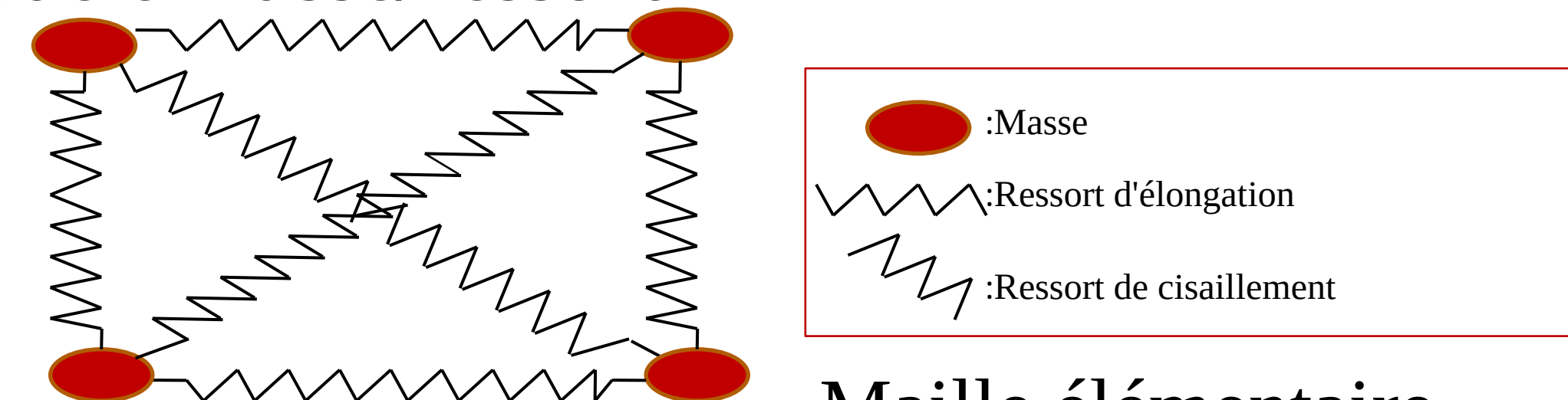
Langage à base des règles : Jerboa [Pou09, BALGB14]

Exemple : triangulation d'une face



Modèle Mécanique

Modèle masse/ressort 2D



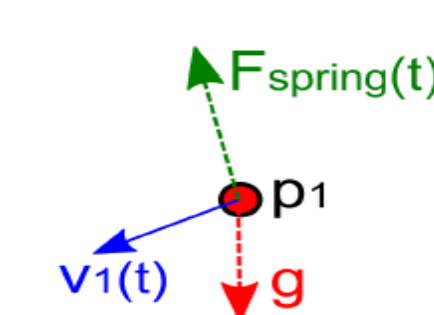
La boucle de simulation

- Calcul des forces de chaque ressort $\vec{F}_{ij}$: $\vec{P}_i \xrightarrow{\vec{F}_{i \rightarrow j}} \vec{F}_{j \rightarrow i} \xrightarrow{\vec{F}_{j \rightarrow i}} \vec{P}_j$

Force élastique : $\vec{F}_{ij}(t) = k_{ij} (\|\vec{P}_j(t) - \vec{P}_i(t)\| - l_{ij}^0) \vec{u}_{ij}(t)$

- Calcul du bilan des forces appliquées sur chaque masse :

- Force élastique
- Force de gravité : $\vec{F} = m\vec{g}$
- Force de viscosité : $\vec{F} = -h\vec{v}$
- Force de collision



- Calcul des nouvelles positions:

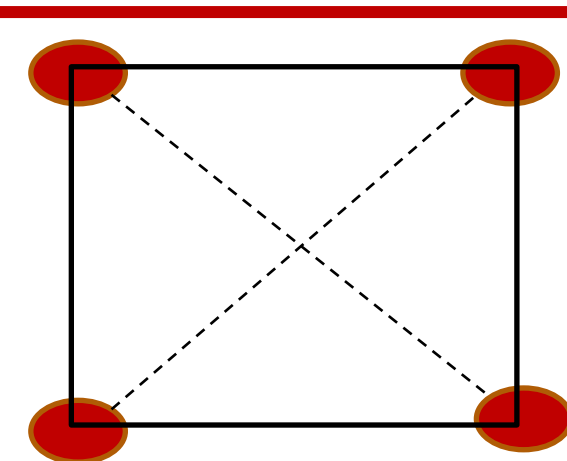
- Calcul de l'accélération avec la loi de Newton : $m\vec{a} = \sum \vec{F}$
- Intégration par **Euler symplectique** pour obtenir les nouvelles vitesses et les positions :

$$V(t + \Delta t) = V(t) + \Delta t \times F(t)$$

$$P(t + \Delta t) = P(t) + \Delta t \times V(t + \Delta t)$$

Simulation physique à base de règles

Modèle utilisé:



Plongements mécaniques de la G-carte :

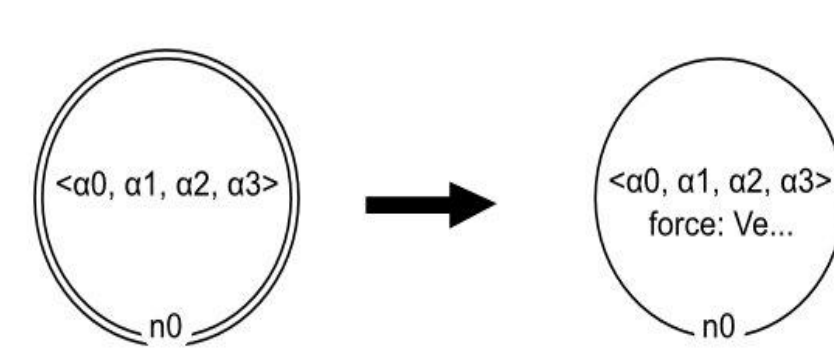
- Masses portées par les **sommets**
- Ressorts d'élongation portés par les **arêtes** [MDS10]
- Ressorts de cisaillement incorporés dans les **faces**

Simulation à base de règles

Pour chaque itération, application des règles suivantes :

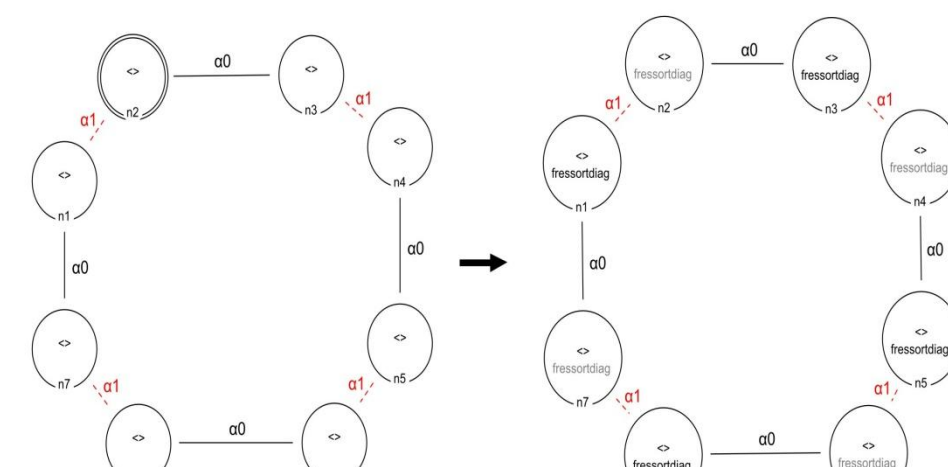
- Calcul des forces élastiques des ressorts sur les arêtes (règle 1)
- Calcul des forces élastiques des ressorts sur les diagonales (règle 2)
- Calcul du bilan des forces (règle 3)
- Calcul des nouvelles vitesses et positions

Règle 1



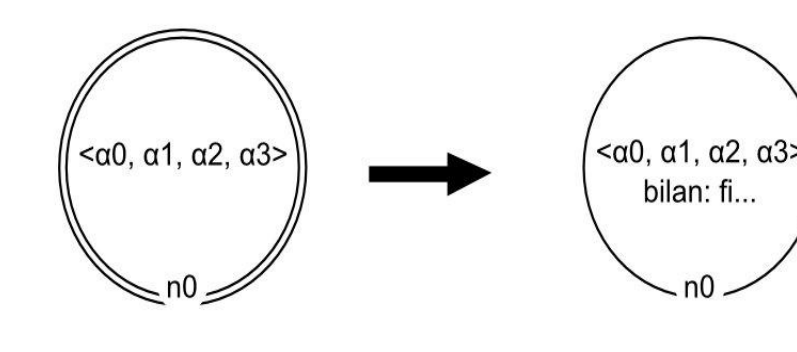
Calcul des forces des ressorts d'élongation de la composante connexe
➔ une seule application de règle

Règle 2



Calcul des forces des ressorts de cisaillement portés par une face
➔ Parcours des faces par script

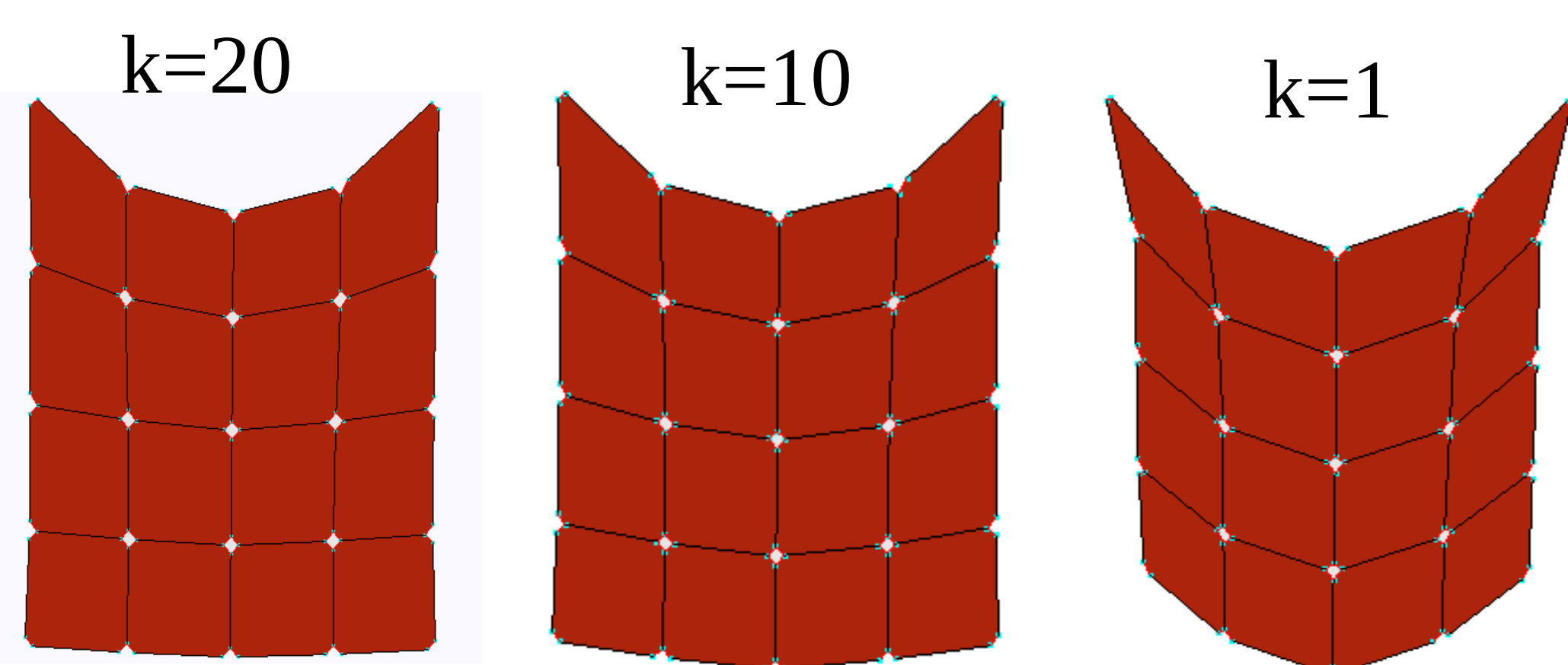
Règle 3



Calcul du bilan des forces de tous les sommets de la composante connexe
➔ une seule application de règle

Résultats

Résultat avec différentes valeurs de raideur



Prise en compte des ressorts de cisaillement :
20% de temps de calcul supplémentaire

Conclusion

- Modélisation et modifications topologiques par langage à base de règles
- Conception de nouvelles règles et/ou de nouveaux plongements dans Jerboa

Références

- [Lien94] P. Lienhardt. « N-dimensional generalised combinatorial maps and cellular quasimanifolds », *International Journal on Computational Geometry and Applications*, 1994.
- [Pou09] M. Poudret « Transformations de graphes pour les opérations topologiques en modélisation géométrique, Application à l'étude de la dynamique de l'appareil de Golgi ». Doctorat d'informatique, *Université d'Évry Val d'Essonne* 2009.
- [BALGB2014] H. Belhaouari, A. Arnould, P. Le Gall, T. Bellet « Jerboa : A Graph Transformation Library for Topology-Based Geometric Modeling », *Int Col. on Graph Theory* 2014.
- [MDS10] P. Meseure, E. Darles, X. Skapin, « Topology-based Physical Simulation », *Virtual Interaction and Physical Simulation*, 2010.