

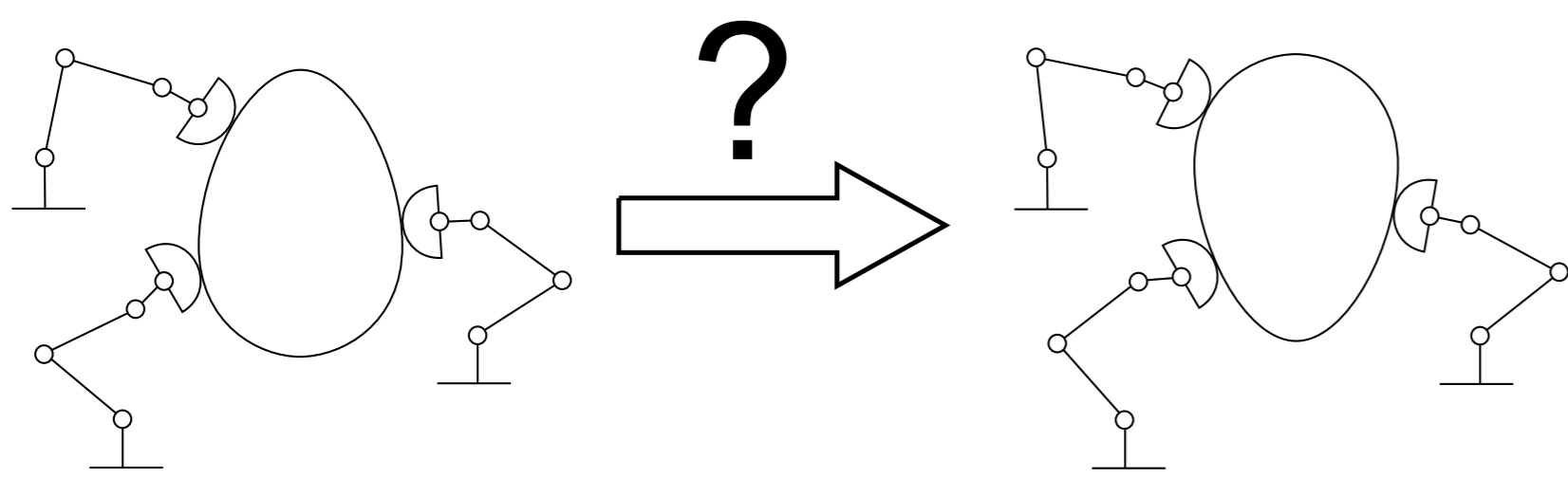
# Planification de Mouvement pour la Manipulation Dextre

Jean-Philippe Saut, Anis Sahbani et Véronique Perdereau

LISIF, Université Pierre & Marie Curie-Paris6,  
3 rue Galilée, Ivry-sur-Seine, 94200 France  
jean-philippe.saut@lisif.jussieu.fr

## Formulation du Problème

Objectif : concevoir une méthode de calcul automatique des trajectoires que doivent suivre les doigts d'une main robot et l'objet saisi par celle-ci pour passer d'une configuration initiale à une configuration finale données.



Les trajectoires du système *main+objet* doivent respecter différentes contraintes :

- Collision :
  - aucune collision n'est autorisée, excepté entre le bout des doigts et l'objet (points de contact de la prise)
- Cinématique :
  - le mouvement de l'objet est induit par le mouvement des doigts participant à la prise
- Stabilité :
  - la prise de l'objet doit être stable tout au long des trajectoires calculées

Stabilité :

- Étude dynamique complète : trop complexe pour permettre d'obtenir une solution en un temps raisonnable (> plusieurs heures [Yashima 2003]).
- Étude quasistatique : les trajectoires doivent être des successions d'équilibres statiques.
  - il faut un critère de stabilité
  - fermeture de force (*force closure*) : la prise peut compenser n'importe quel effort (force et moment) exercée sur l'objet en appliquant les forces appropriées avec les doigts

## Méthode Proposée

- Les seules configurations pouvant être valides sont les configurations de prise.

→ on introduit les sous-espaces de prise  $GS_k$

$$GS_k = \left\{ q = (q_{main}, q_{objet}) \in \mathcal{CS}_{main} \times \mathcal{CS}_{objet} / \begin{array}{l} \text{l'objet est saisi par } k \text{ doigts} \end{array} \right\}$$

- Il faut choisir des chemins élémentaires respectant les contraintes du problème :

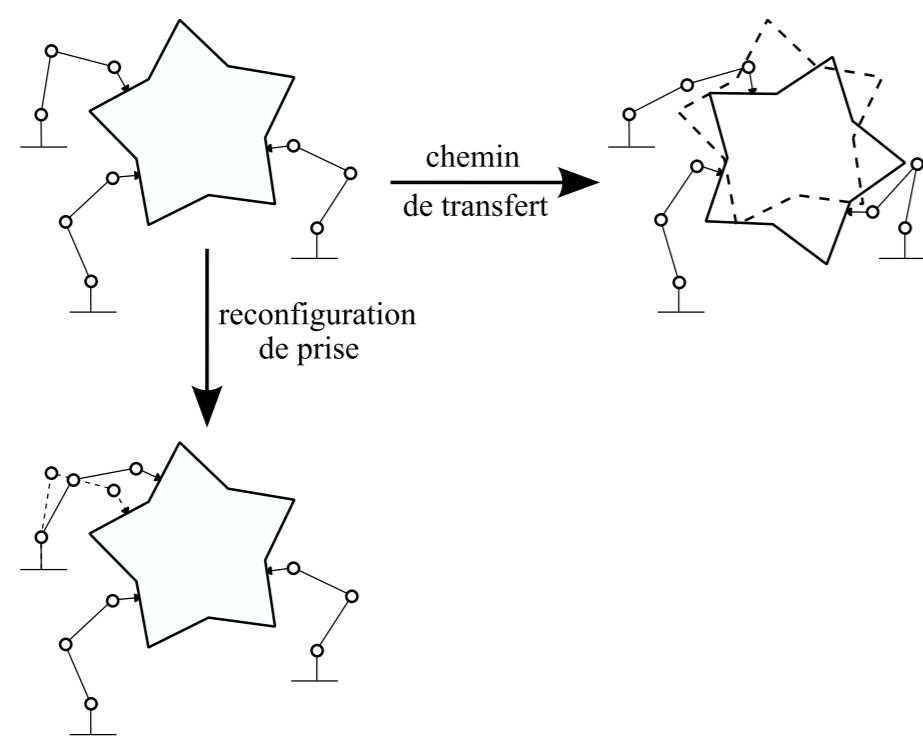
– chemins de transfert :

déplacement de l'objet sans modification de la prise

– chemin de ressaisie :

reconfiguration de la prise sans déplacement de l'objet

- Problème de manipulation dextre : pour une main à  $n$  doigts, trouver une suite de chemins de transfert et de ressaisie reliant deux configurations de  $GS_n$ .

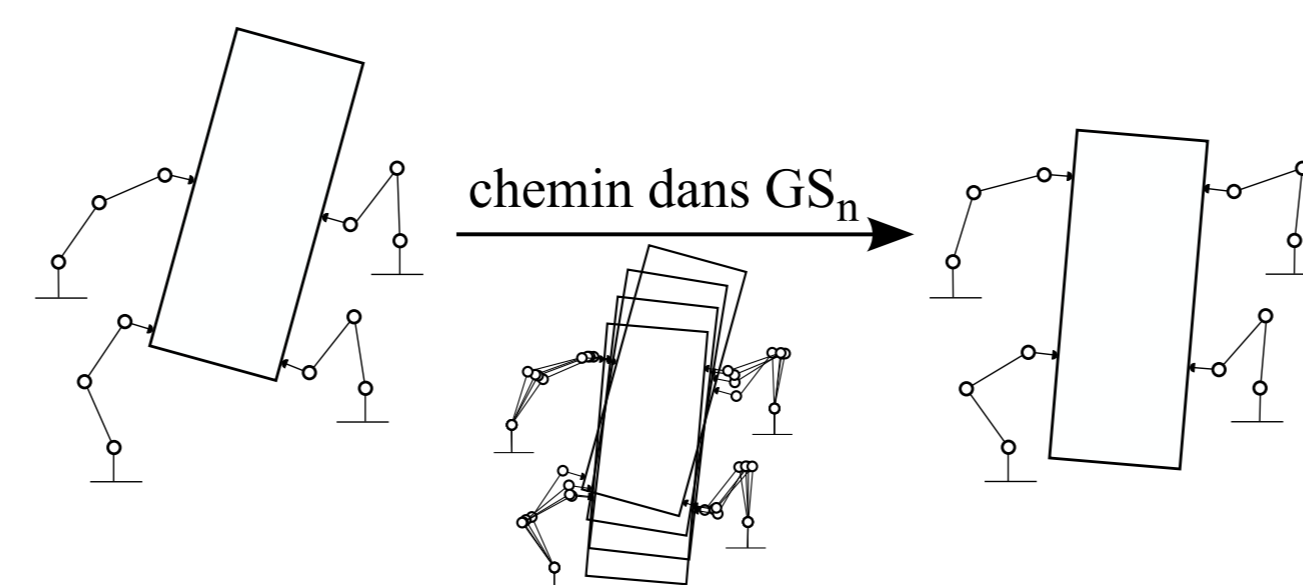


- Approche usuelle : échantillonner  $GS_n$  et essayer de relier les configurations échantillons avec des chemins élémentaires de type transfert-ressaisie → nécessite le calcul explicite de tous les mouvements de reconfigurations de prise → requiert un échantillonnage très dense → temps de calcul ↗

- Approche proposée : privilégier l'exploration de  $GS_n$  :

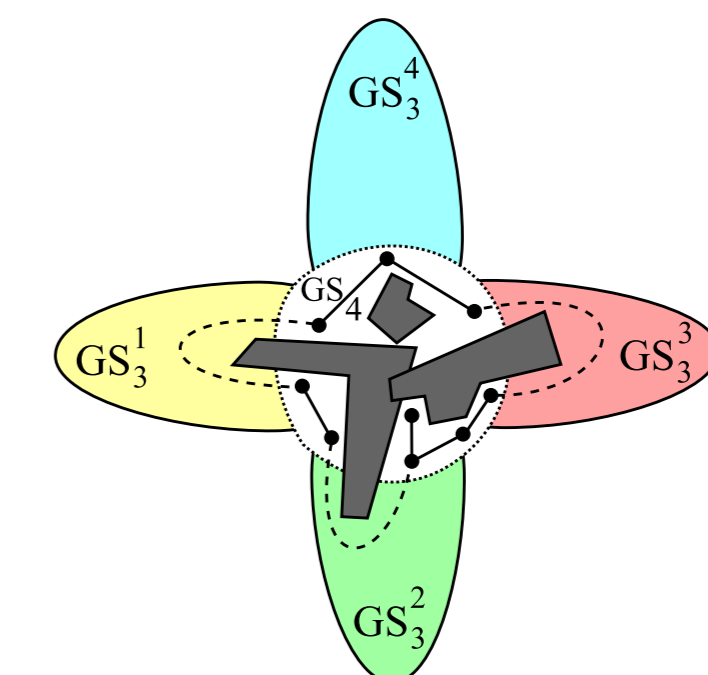
- configurations les plus stables
- sous-espace le plus contraint

L'exploration se fait à l'aide de chemin inclus dans  $GS_n$  (variation simultanée prise-pose objet). Ces chemins peuvent être utilisés car ils peuvent être décomposés en une suite finie de chemins de transfert et de ressaisie (extension de la propriété de réduction [Alami 1994]).



- Illustration de la méthode proposée dans le cas d'une main à quatre doigts ; seules les prises à 3 ou 4 doigts peuvent être stables → on s'intéresse uniquement à  $GS_3$  et  $GS_4$ .

Les polygones gris ci-dessous sont des obstacles (instabilité, collision).



1) construction d'un graphe probabiliste (visibility-PRM [Siméon 2000]) pour explorer les différentes composantes connexes de  $GS_4$  (chemins en traits pleins)

2) fusion des différentes composantes du graphe via des chemins de transfert-ressaisie (passage par  $GS_3$ ) (chemins en pointillés)

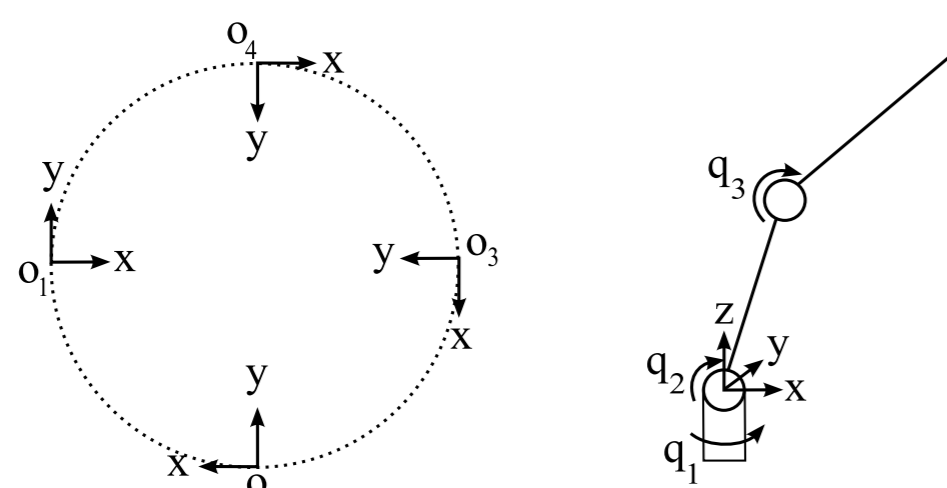
- Génération des configurations de prises (plusieurs chaînes fermées) → algorithme RLG [Cortés 2002]

- Calcul des chemins de ressaisie → algorithme RRT [LaValle 1998]

## Résultats

Résultats de simulation :

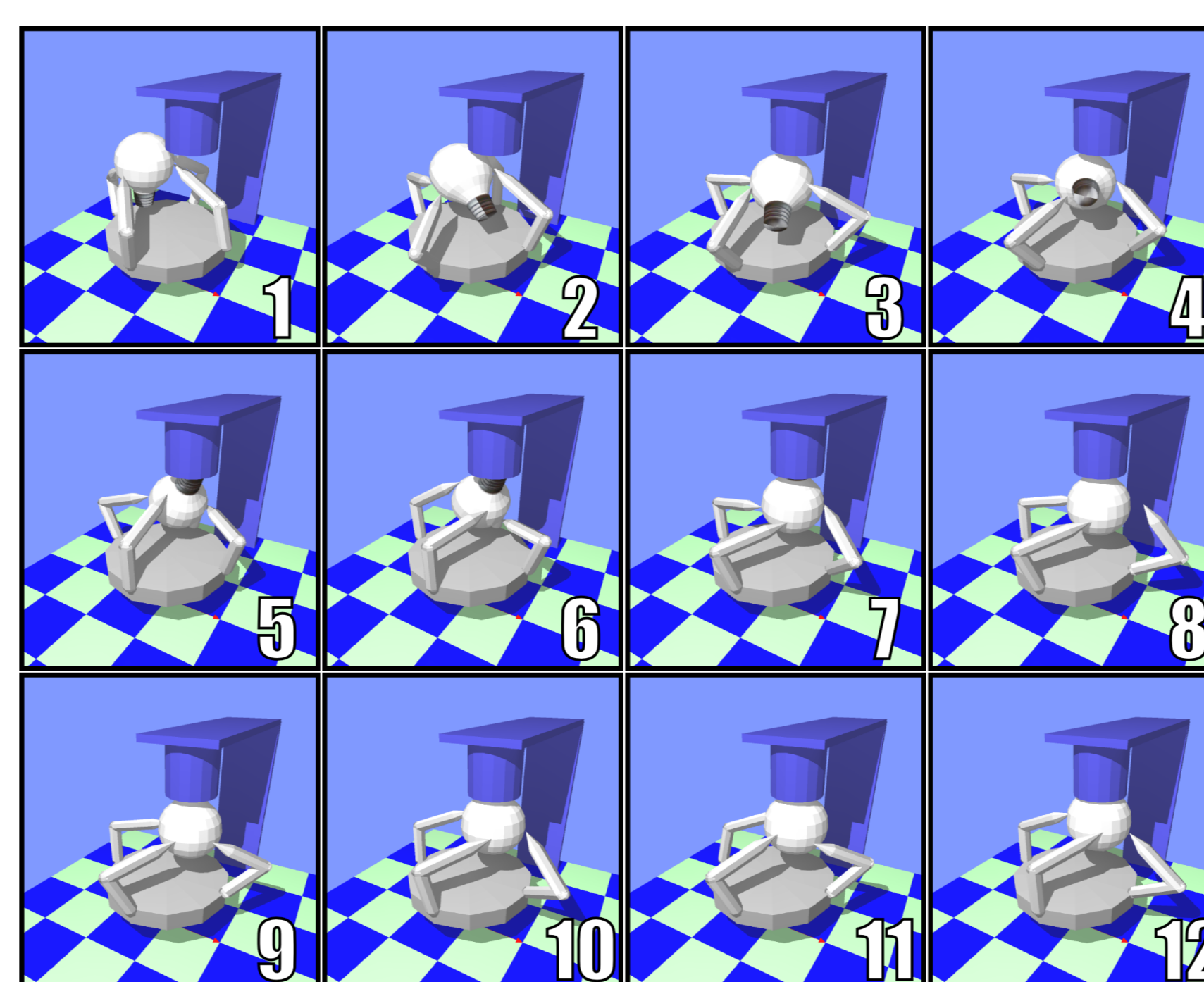
- géométrie de la main : quatre doigts à trois degrés de liberté chacun



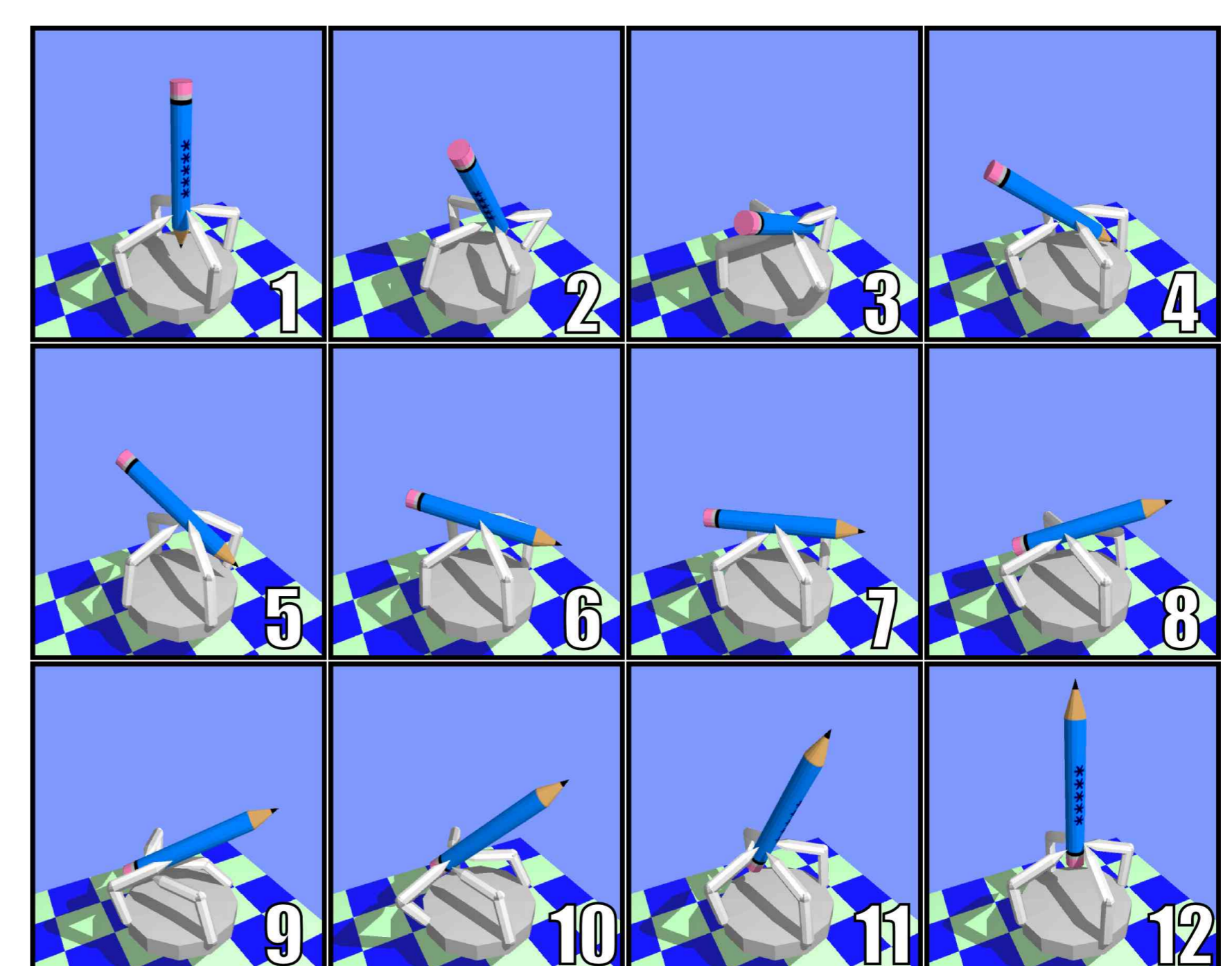
– coefficient de frottement  $\mu = 0.8$

– différentes formes d'objet, avec ou sans obstacles dans l'environnement

– temps de résolution moyens (Intel Core2Duo 2.3Ghz, 2GB RAM) : quelques secondes (réorientation d'une sphère) à quelques minutes ( $\approx 15$ min) (exemples ci-contre)



Insertion et vissage d'une ampoule



Retournement d'un crayon

## Références

- [Alami 1994] R. Alami, J.-P. Laumond, T. Siméon. Two Manipulation Planning Algorithms. *Algorithmic Foundations of Robotics (WAFR'94)*.
- [Cortés 2002] J. Cortés, T. Siméon, J.-P. Laumond. A Random Loop Generator for Planning the Motions of Closed Kinematic Chains using PRM Methods. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'02)*.
- [LaValle 1998] S. LaValle. Rapidly-Exploring Random Trees : A New Tool for Path Planning. *Technical Report 98-11, Computer Science Dept., Iowa State University*.
- [Siméon 2000] T. Siméon, J.-P. Laumond, C. Nissoux. Visibility Based Probabilistic Roadmaps for Motion Planning. *Advanced Robotics Journal*.
- [Yashima 2003] M. Yashima, Y. Shiina, H. Yamaguchi. Randomized Manipulation Planning for A Multi-Fingered Hand by Switching Contact Modes. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'03)*.