

Thème :

Apprentissage, évaluation du geste et support au personnel médical

Evaluation du geste médical

Minh Tu Pham

Entretiens Jacques Cartier 2015

Motivations : Les risques mortels des soins en France

- Les taux de mortalité attribuables aux soins ne sont pas publiés en France
- Taux annuel en 2012 d'évènements indésirables graves (EIG) dans la littérature européenne et anglo-saxonne : de 3.7% à 16.6%
- Parmi ces EIG, le taux de ceux qui sont évitables varie de 27.6 % à 48 %
- Le taux des admissions hospitalières associées à un EIG avec un décès potentiellement évitable va de 0.12% à 0.66%

Transposés à la population française des hospitalisations ces taux donneraient les résultats suivants :

- EIG nombre total par an : **343 035 à 1 585 584**
- Admission associée à un décès potentiellement évitable par an : **9 147 à 50 311**

Motivations :

Le ministère de la Santé et des Affaires sociales a lancé, début 2013, le Programme national pour la sécurité des patients (PNSP) dont les actions doivent notamment :

- Structurer la communication entre soignants
- Faciliter les échanges entre soignants et patients
- Encourager la formation sur simulateur
- Formation initiale et continue

Evaluation du geste médical



Laboratoire Ampère

Unité Mixte de Recherche CNRS

Génie Électrique, Électromagnétisme, Automatique, Microbiologie Environnementale et Applications



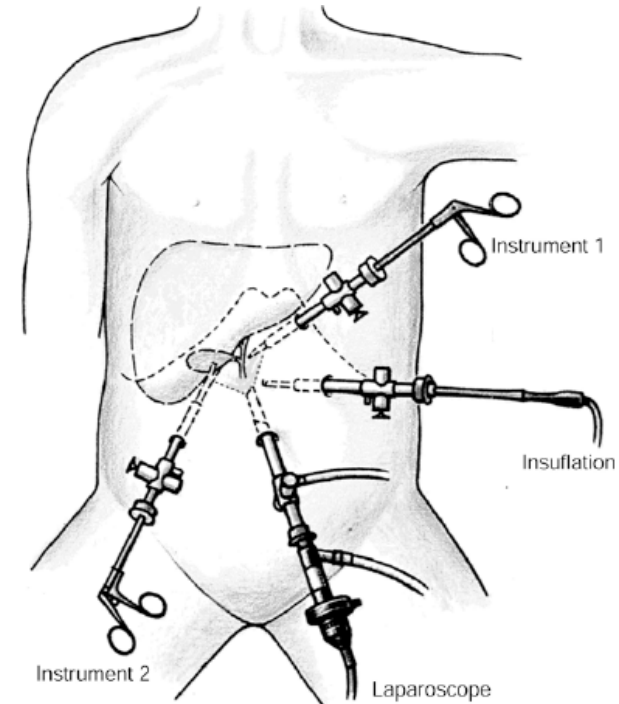
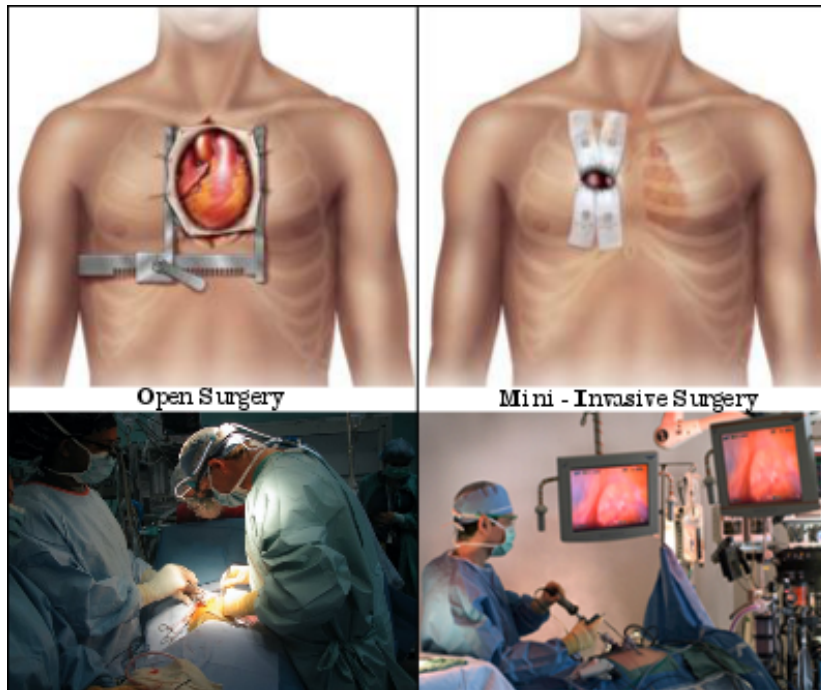
INSA



Plan de la présentation

- Méthodes d'évaluation subjectives
- Méthodes d'évaluation objectives
- Conclusion et Perspectives

Evaluation du geste : Chirurgie Mini-invasive



Petites incisions puis insertion :

- d'outils
- de caméras (laparoscope, endoscope)

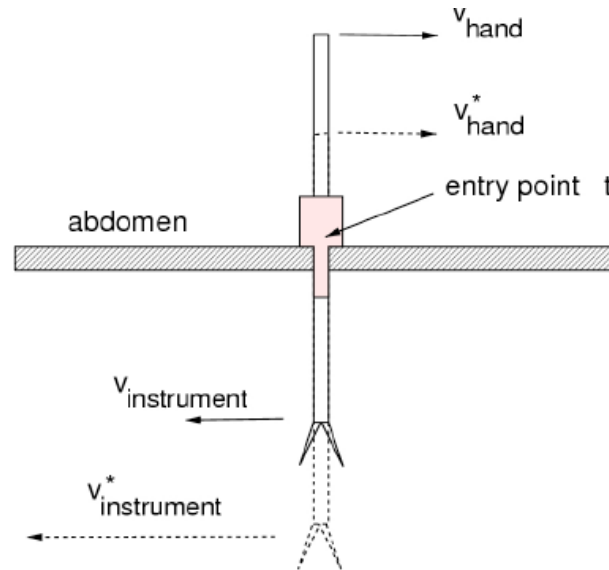
Evaluation du geste : Chirurgie Mini-invasive



Avantages

- Réduction du traumatisme post-opératoire
- Réduction du séjour hospitalier
- Réduction du coût hospitalier
- Amélioration esthétique

Evaluation du geste : Chirurgie Mini-invasive



Inconvénients

- Réduction du champ opératoire
- Perte de sensibilité (toucher)
- Perte de degrés de liberté
- Durée d'apprentissage (coordination mains/yeux)

Evaluation du geste : Techniques reposant sur des critères d'experts

Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS)

- Un novice réalise un geste sous la supervision d'un expert
- L'évaluation se fait sous forme de checklist des différentes étapes
- Chaque étape est validée sous forme de score (0 ou 1)



Evaluation du geste : Techniques reposant sur des critères d'experts

GOALS - GLObal Assessment of Laparoscopic Skills

- Un novice réalise un geste sous la supervision d'un expert
- 5 catégories :
 - Perception de la profondeur
 - Dextérité bi manuelle
 - Efficacité
 - Manipulation des tissus
 - Autonomie
- Chaque étape est validée sous forme de score (0 à 5)



Plan de la présentation

- Méthodes d'évaluation subjectives
- Méthodes d'évaluation objectives
- Conclusion et Perspectives

Evaluation objective du geste

Système de vision

- Placement de plusieurs caméras
- Utilisation de marqueurs ou des gants pour améliorer la reconnaissance
- Méthodes de segmentation d'images

Limitations

- Problème de l'occultation
- Choix d'un algorithme de traitement
- Choix d'une métrique appropriée



Evaluation objective du geste

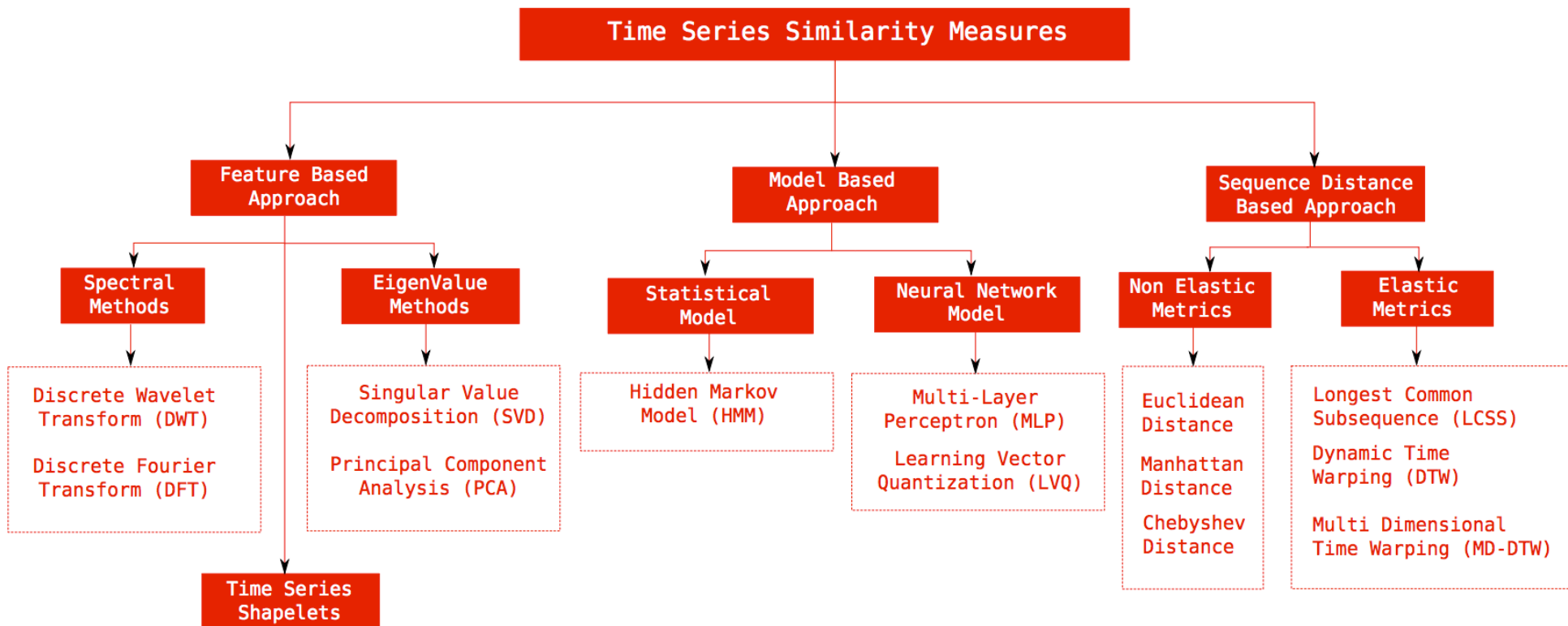
Métriques simples pour une analyse globale du mouvement

- Distance parcourue
- Débattement angulaire
- Volume balayé

Métriques pour une analyse locale du mouvement

- Segmentation du mouvement
Chaque intervention chirurgicale peut être segmentée en sous-tâches élémentaires
- Modèle de Markov caché
Définition d'un ensemble d'états définissant toute la trajectoire
- Mesures de similarité de séries temporelles

Evaluation objective du geste



Evaluation objective du geste : Métriques non élastiques

- Distance Euclidienne
- Distance Manhattan
- Distance Chebyshev
- Distance Gower

$$d_{Eucl} = \sqrt{\sum_{i=1}^m |x_1 - x_2|^2}$$

$$d_{Manh} = \sum_{i=1}^m |x_1 - x_2|$$

$$d_{Cheb} = \max |x_1 - x_2|$$

$$d_{Gower} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |x_1 - x_2|$$

Avantages et Inconvénients

- Métriques simples et efficaces pour certaines applications
- Problème si les séquences ne sont pas de la même taille

Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

Prise en compte de plusieurs phénomènes :

- Périodes d'échantillonnage différentes
- Vitesses différentes
- Points aberrants
- Longueurs différentes
- Sensibilité aux bruits et aux valeurs aberrantes

Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

Prise en compte de plusieurs phénomènes :

- Périodes d'échantillonnage différentes
- Vitesses différentes
- Points aberrants
- Longueurs différentes
- Sensibilité aux bruits et aux valeurs aberrantes

Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

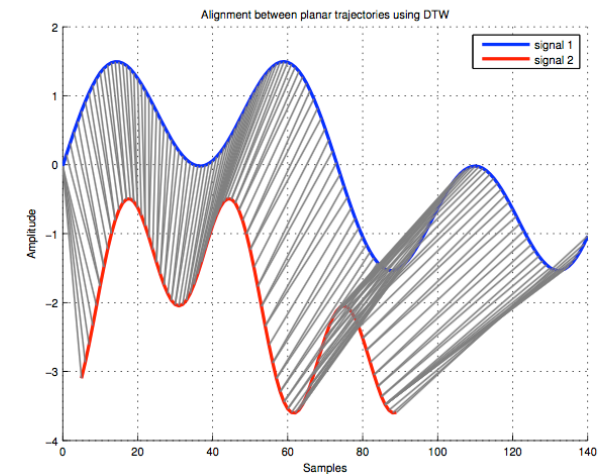
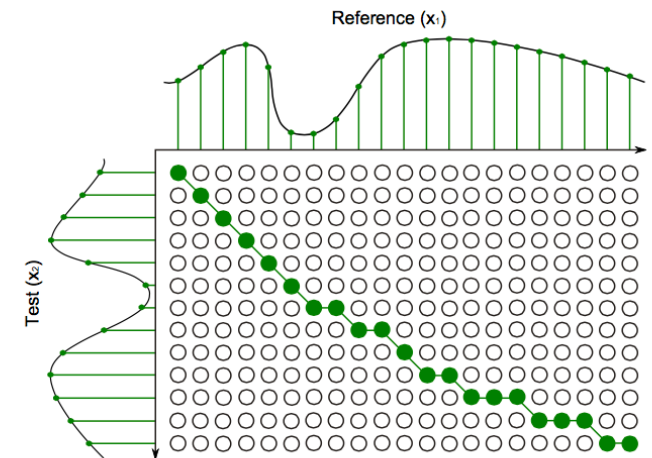
DTW - Dynamic Time Warping

À partir de deux séquences A et B tel que :

$A = a_1, \dots, a_i, \dots, a_n$ et $B = b_1, \dots, b_j, \dots, b_m$

Algorithme

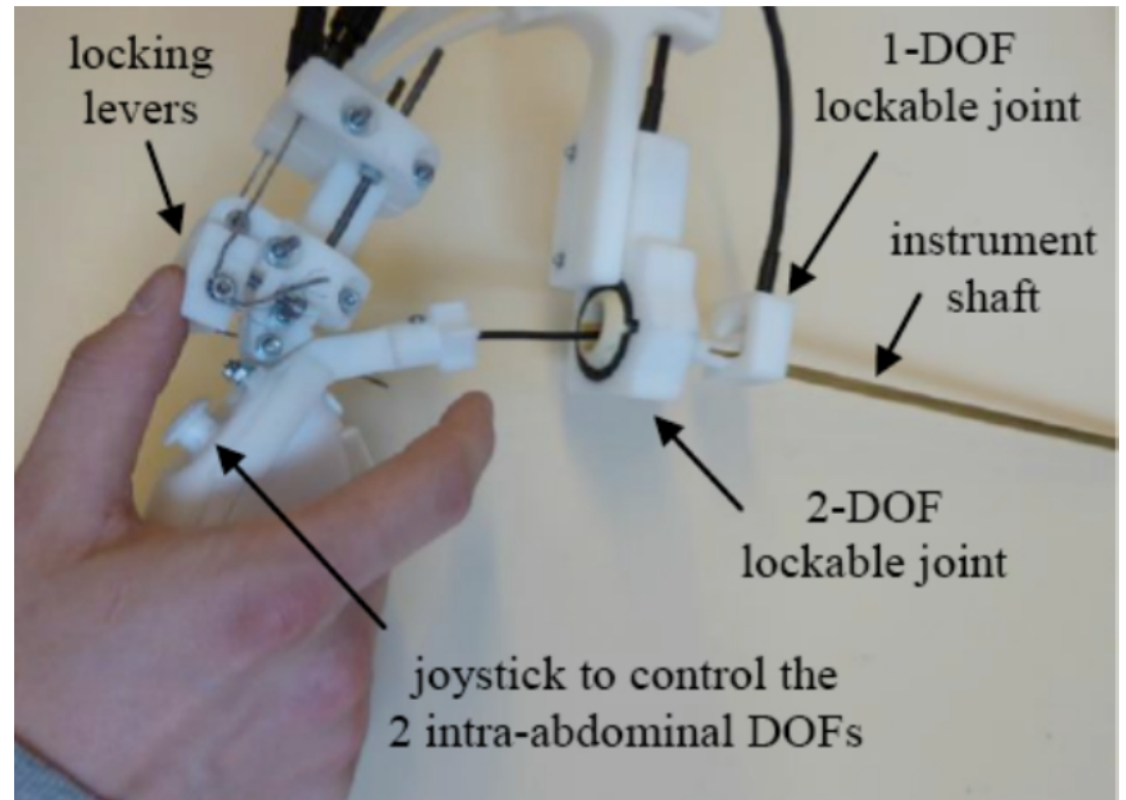
- Une matrice $n \times m$ contient chacune des distances euclidiennes $d(a_i, b_j)$
- Chaque élément de matrice correspond à l'alignement entre a_i et b_j
- La déformation est une suite continue d'éléments de la matrice qui définit le mapping entre A et B



Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

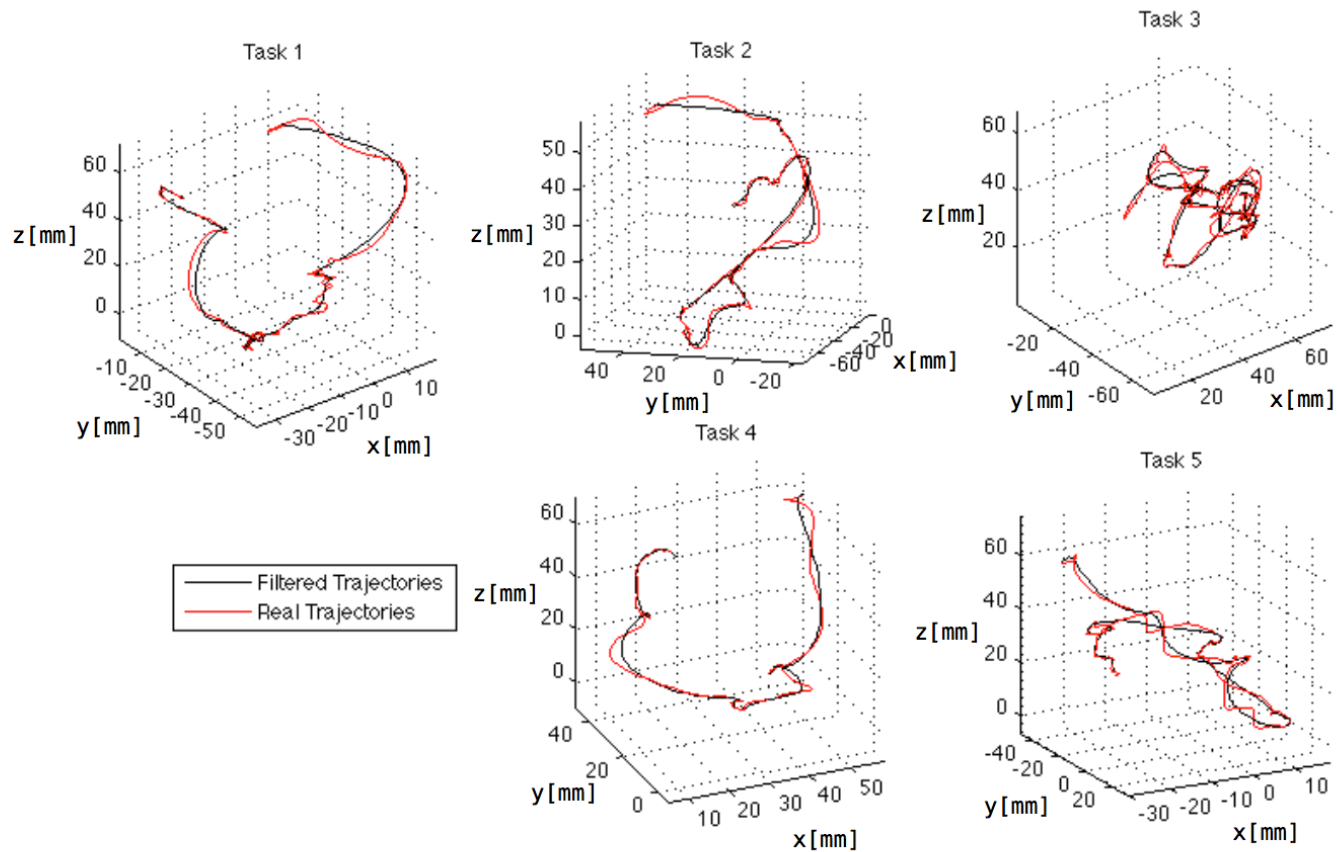
Protocole expérimental

- Cinq personnes sans expérience ont participé à la campagne de mesures avec un instrument de laparoscopie
- Tâche Pick-and-Place (cinq répétitions)
- Cinq positions spécifiques dans un abdomen virtuel pour couvrir l'ensemble de l'espace de travail



Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

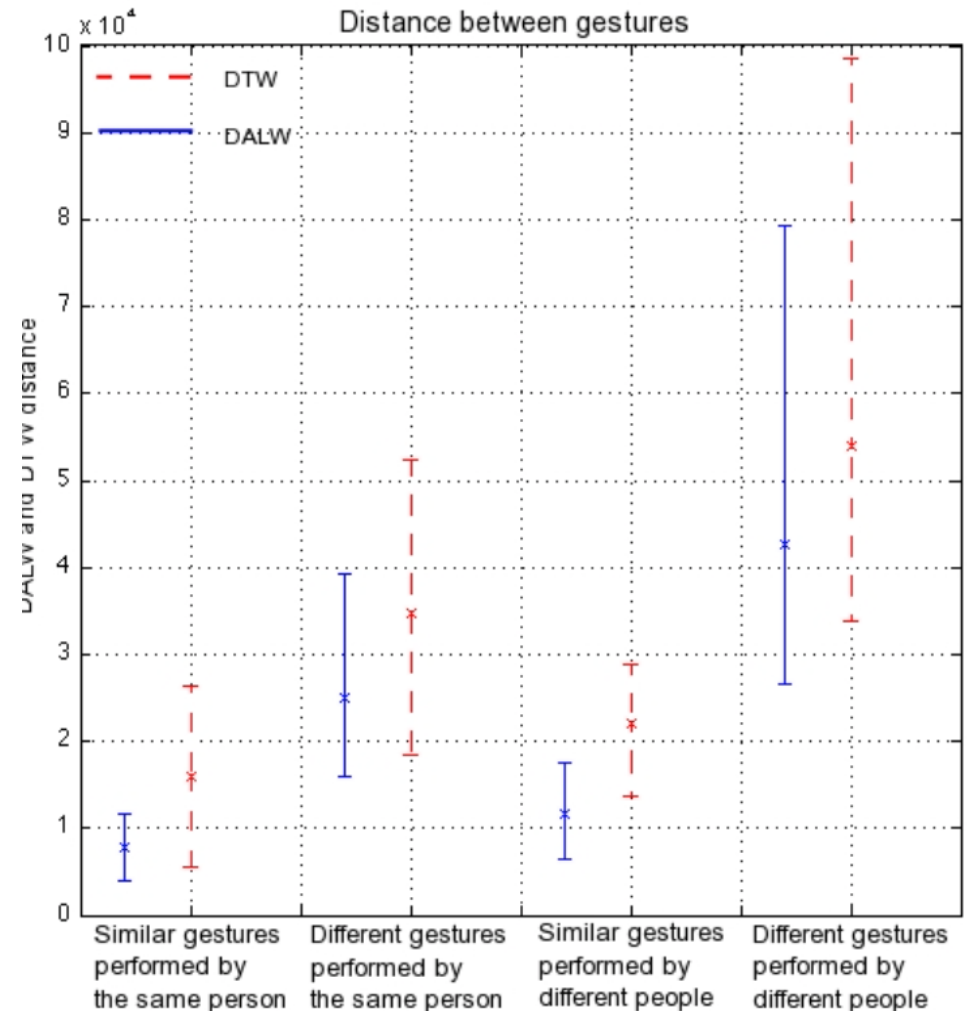
Mesures disponibles positions dans l'espace (x, y, z) de l'outil



Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

A partir de la position dans l'espace il est possible de

- calculer la courbure des différentes trajectoires
- calculer la distance DTW et une variante de cette distance DALW



Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

Exploitation d'invariants du mouvement biologique

Observations pour des mouvements 2D :

- la vitesse diminue quand la courbure augmente
- la vitesse augmente quand la trajectoire devient linéaire

Conclusion :

La relation entre la géométrie locale et la cinématique est corrélée

Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

Exploitation d'invariants du mouvement biologique

mouvement 2D

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} \quad \kappa = \frac{|\dot{x}\ddot{y} - \ddot{x}y|}{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$v_a = |\dot{x}\ddot{y} - \ddot{x}y|^{\frac{1}{3}}$$

↓

$$v = v_a \kappa^{-1/3}$$

mouvement 3D

$$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}$$

$$\kappa = \frac{\sqrt{(\ddot{z}y - \ddot{y}z)^2 + (\ddot{x}z - \ddot{z}x)^2 + (\ddot{y}x - \ddot{x}y)^2}}{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\tau = \frac{\left| \frac{dr}{dt}, \frac{d^2r}{dt^2}, \frac{d^3r}{dt^3} \right|}{\left\| \frac{dr}{dt} \times \frac{d^2r}{dt^2} \right\|}$$

$$v_a = \left| \frac{dr}{dt}, \frac{d^2r}{dt^2}, \frac{d^3r}{dt^3} \right|^{\frac{1}{6}}$$

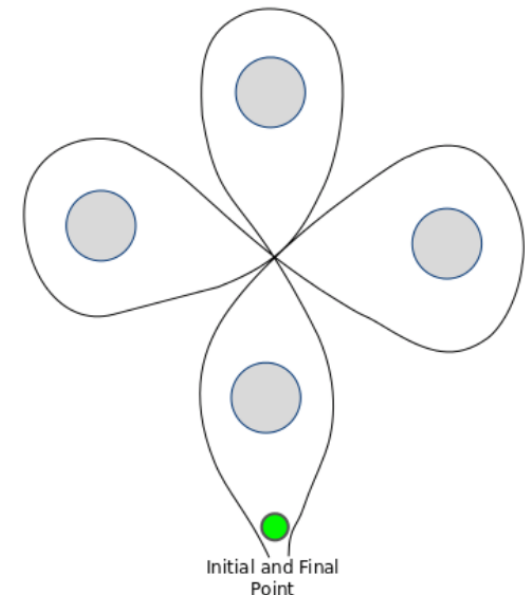
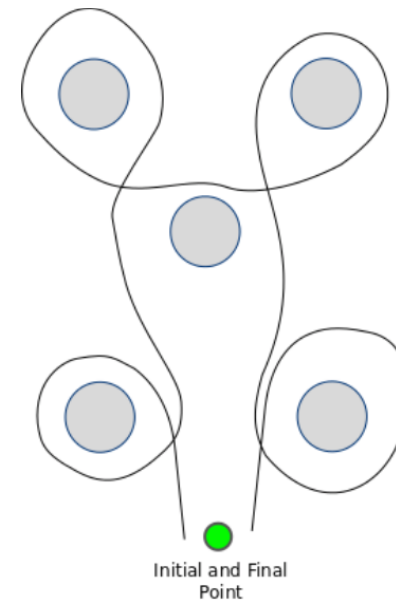
↓

$$v = v_a \kappa^{-1/3} |\tau|^{-1/6}$$

Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

Exploitation d'invariants du mouvement biologique

Application aux gestes laparoscopiques



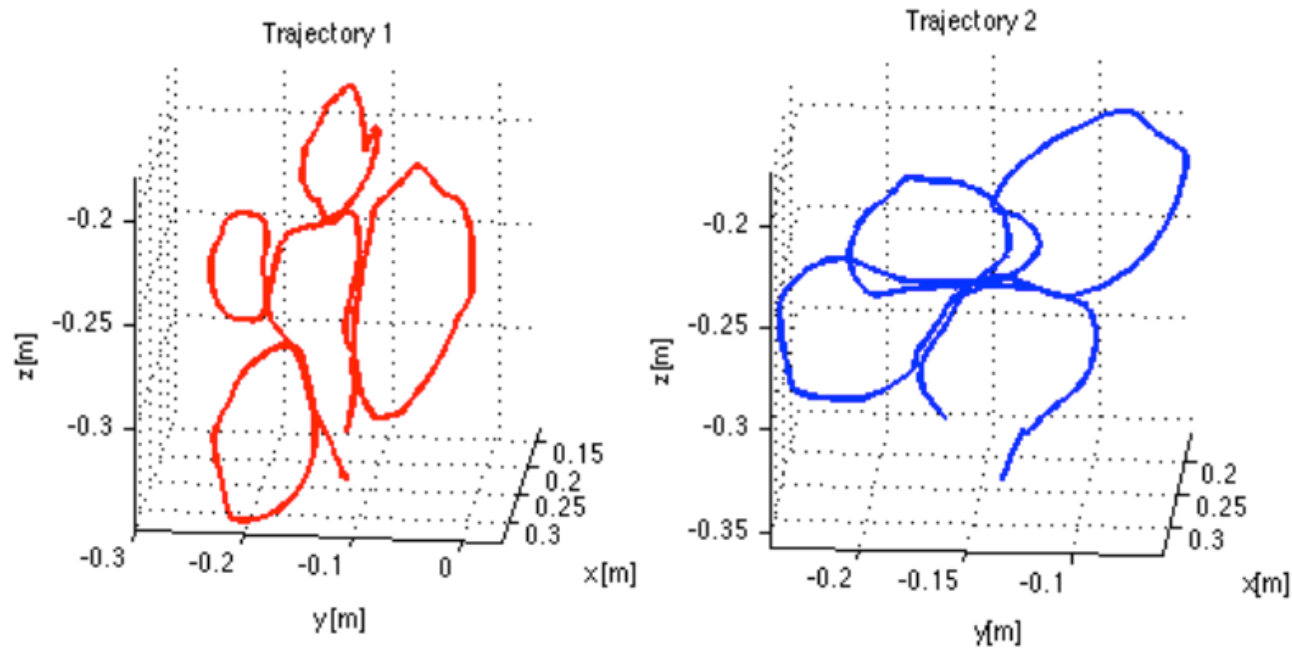
Application aux gestes laparoscopiques :

8 sujets (2 experts et 6 novices) - 10 trajectoires 1 - 10 trajectoires 2

Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

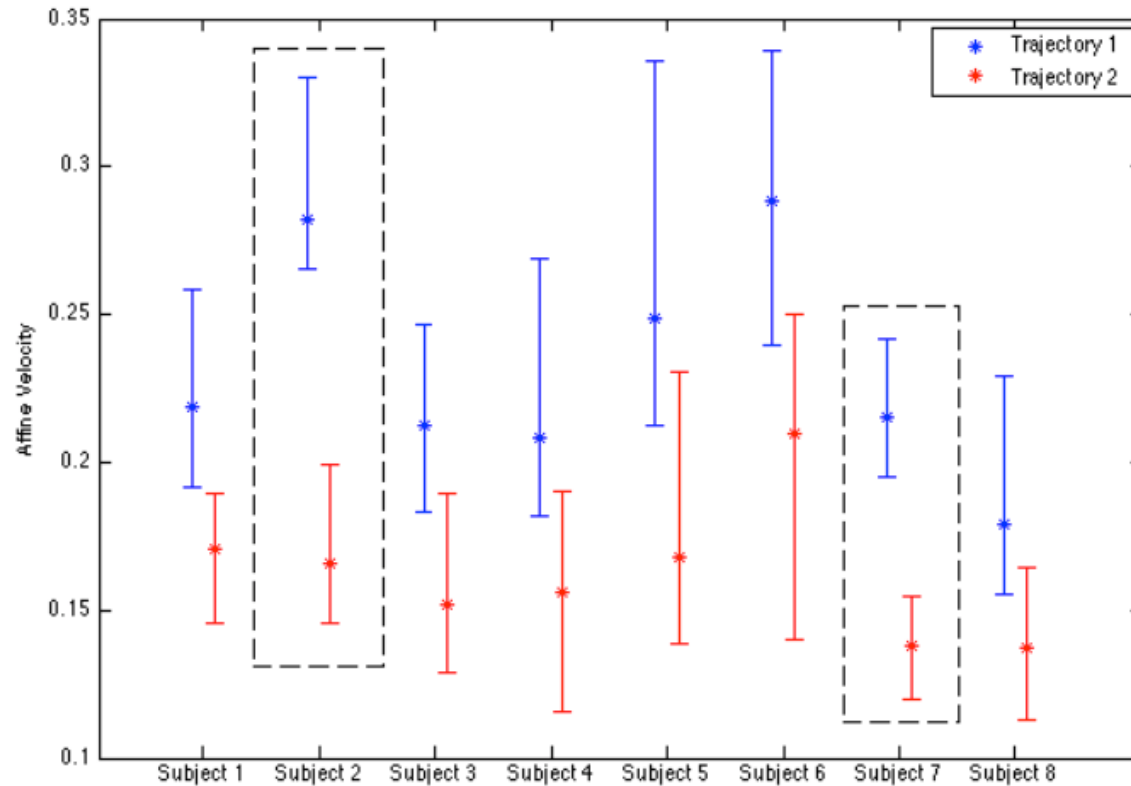
Exploitation d'invariants du mouvement biologique

Application aux gestes laparoscopiques : trajectoires expérimentales



Evaluation objective du geste : Métriques élastiques

Exploitation d'invariants du mouvement biologique



Plan de la présentation

- Méthodes d'évaluation subjectives
- Méthodes d'évaluation objectives
- **Conclusion et Perspectives**

Conclusion

Comment évaluer le geste médicale ?

- Dans la littérature, plusieurs méthodes existent pour évaluer des trajectoires : méthodes subjectives/méthodes objectives
- Lorsqu'on utilise des méthodes objectives un des verrous et le problème de distorsion avec le paramètre temps
- Une solution possible consiste à utiliser un algorithmique d'alignement temporel
- Une autre possibilité consiste à utiliser un invariant du mouvement biologique

Perspectives

L'évaluation objective des gestes médicaux doit permettre :

- Évaluation de la formation
- Formation initiale et continue sur simulateur
- Apprentissage personnalisée
- Auto-apprentissage et auto-évaluation
- Développement de simulateurs