

Collaboration haptique étroitement couplée pour la manipulation moléculaire interactive

Jean SIMARD

sous la direction de Philippe TARROUX
et l'encadrement scientifique de Mehdi AMMI

Université de PARIS-Sud

CNRS-LIMSI

12 mars 2012



Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Plateforme de manipulation moléculaire *Shaddock*
- 3 Caractérisation des approches collaboratives en environnement moléculaire
- 4 Communication haptique pour la collaboration
- 5 Conclusion et perspectives

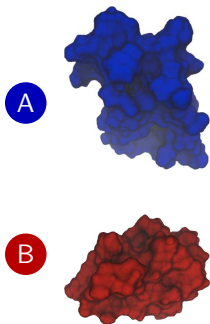
Sommaire

- 1 Introduction
 - Définition du *docking* moléculaire
 - Manipulation moléculaire « centrée utilisateur »
 - Distribution de la charge de travail
 - Approches collaboratives pour la manipulation moléculaire
 - Objectifs de la thèse
- 2 Plateforme de manipulation moléculaire *Shaddock*
- 3 Caractérisation des approches collaboratives en environnement moléculaire
- 4 Communication haptique pour la collaboration
- 5 Conclusion et perspectives

Définition du *docking* moléculaire

Définition

ou *amarrage moléculaire*, consiste à trouver l'orientation et la conformation optimale permettant d'assembler deux molécules.



Docking moléculaire

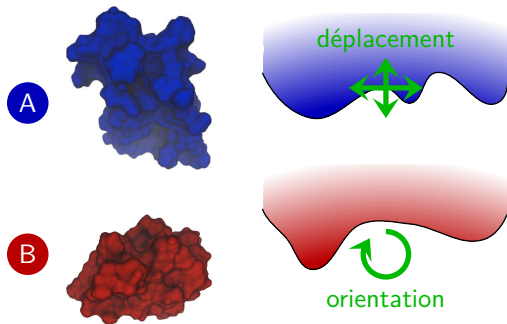
Facteurs de complexité

- Nombreux atomes

Définition du *docking* moléculaire

Définition

ou *amarrage moléculaire*, consiste à trouver l'orientation et la conformation optimale permettant d'assembler deux molécules.



Docking moléculaire

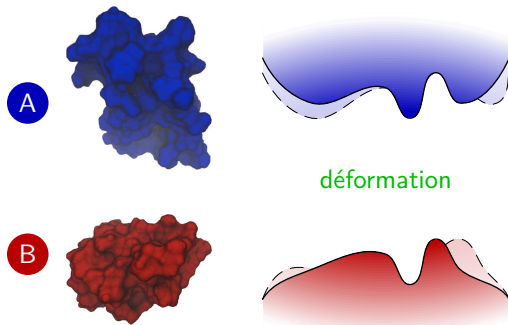
Facteurs de complexité

- Nombreux atomes
- Déplacement et orientation

Définition du *docking* moléculaire

Définition

ou *amarrage moléculaire*, consiste à trouver l'orientation et la conformation optimale permettant d'assembler deux molécules.



Docking moléculaire

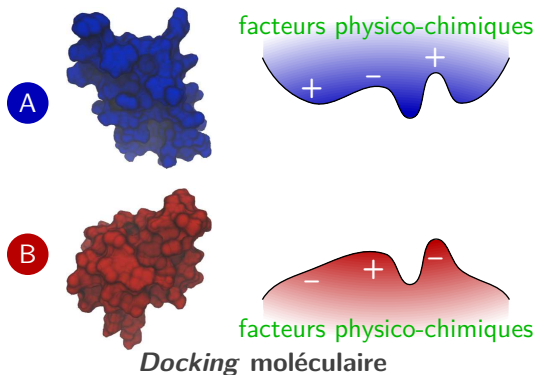
Facteurs de complexité

- Nombreux atomes
- Déplacement et orientation
- Flexibilité

Définition du *docking* moléculaire

Définition

ou *amarrage moléculaire*, consiste à trouver l'orientation et la conformation optimale permettant d'assembler deux molécules.



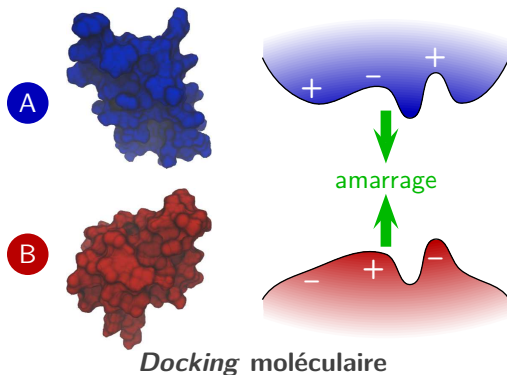
Facteurs de complexité

- Nombreux atomes
- Déplacement et orientation
- Flexibilité
- Physico-chimie

Définition du *docking* moléculaire

Définition

ou *amarrage moléculaire*, consiste à trouver l'orientation et la conformation optimale permettant d'assembler deux molécules.



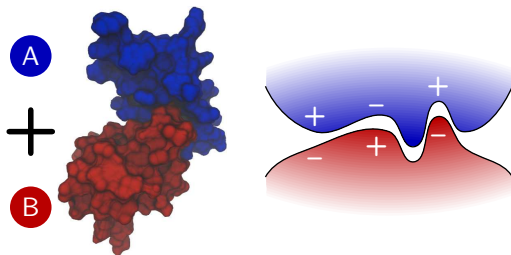
Facteurs de complexité

- Nombreux atomes
- Déplacement et orientation
- Flexibilité
- Physico-chimie
- Complémentarité
 - géométrique
 - physico-chimie

Définition du *docking* moléculaire

Définition

ou *amarrage moléculaire*, consiste à trouver l'orientation et la conformation optimale permettant d'assembler deux molécules.



Docking moléculaire

Facteurs de complexité

- Nombreux atomes
- Déplacement et orientation
- Flexibilité
- Physico-chimie
- Complémentarité
 - géométrique
 - physico-chimie

Définition du *docking* moléculaire

Définition

ou *amarriage moléculaire*, consiste à trouver l'orientation et la conformation optimale permettant d'assembler deux molécules.

A

B

Facteurs de complexité

- Nombreux atomes
- Déplacement et orientation
- Flexibilité
- Physico-chimie
- Complémentarité
 - géométrique
 - physico-chimie

Docking moléculaire

⇒ Résolution du *docking* couteux en temps de calcul

Manipulation moléculaire « centrée utilisateur »



Interface tangible [WEGHORST 2003]



Interface haptique à 5 degrés de liberté [LAI-YUEN et al. 2006]



Guidage multimodal [FÉREY et al. 2009]

Synthèse des approches existantes

- Essentiellement de la perception
 - données
 - contraintes
- *docking* simple et/ou rigide

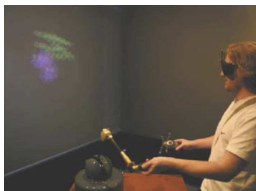
Manipulation moléculaire « centrée utilisateur »



Interface tangible [WEGHORST 2003]



Interface haptique à 5 degrés de liberté [LAI-YUEN et al. 2006]



Guidage multimodal [FÉREY et al. 2009]

Synthèse des approches existantes

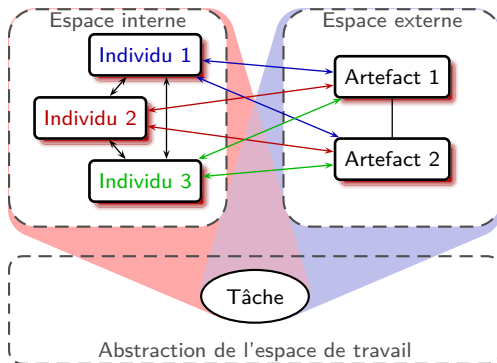
- Essentiellement de la perception
 - données
 - contraintes
- *docking* simple et/ou rigide

⇒ *Docking* d'intérêt biologique ?

Distribution de la charge de travail

Définition [CONEIN 2004]

Étendre la capacité cognitive d'analyse d'un individu pour inclure le matériel et l'environnement social comme composant d'un système cognitif plus étendu.



Système cognitif distribué [ZHANG et al. 2006]

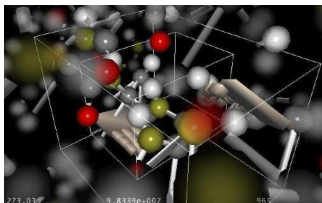
Approches collaboratives pour la manipulation moléculaire



Manipulation moléculaire synchrone [KRIZ et al. 2003]



Manipulation guidée par des experts [PARK et al. 2006]



Désignation en environnement virtuel [CHASTINE 2007]

Synthèse des approches existantes

- Approches techno-centrées
- Approches coopératives

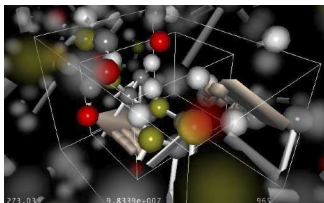
Approches collaboratives pour la manipulation moléculaire



Manipulation moléculaire synchrone [KRIZ et al. 2003]



Manipulation guidée par des experts [PARK et al. 2006]



Désignation en environnement virtuel [CHASTINE 2007]

Synthèse des approches existantes

- Approches techno-centrées
- Approches coopératives

⇒ **Apport du collaboratif?**

Objectifs de la thèse

Contexte de travail

Manipulation interactive de structures moléculaires pour le *docking*

- 1 Étudier et analyser la contribution des approches collaboratives
- 2 Identifier et caractériser les limites et les contraintes
- 3 Proposer de nouvelles solutions pour améliorer les approches collaboratives
- 4 Évaluer les solutions proposées dans un scénario de *docking* moléculaire

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Plateforme de manipulation moléculaire *Shaddock*
 - Cahier des charges
 - Organisation matérielle
 - Organisation logicielle
 - Outils d'interaction proposés
- 3 Caractérisation des approches collaboratives en environnement moléculaire
- 4 Communication haptique pour la collaboration
- 5 Conclusion et perspectives

Cahier des charges

Objectif

Élaborer une plateforme permettant la collaboration étroitement couplée pour la manipulation moléculaire

Contraintes à respecter

- Collaboration interactive synchrone avec des molécules
- Simulation de la dynamique moléculaire
- Manipulation à l'aide de plusieurs interfaces haptiques
- Différents outils pour la manipulation moléculaire

Solutions proposées

- Modularité logicielle
- Modularité matérielle
- Plateforme basée sur des logiciels de biologie
- Utilisation de modules dédiés à la réalité virtuelle
- Développement de nouveaux outils d'interaction

Organisation matérielle

Fonctionnalités

- Colocalisé synchrone
- Communication orale et gestuelle
- Vue partagée
- Différents outils
 - déplacement
 - orientation
 - déformation
- Multiples interfaces

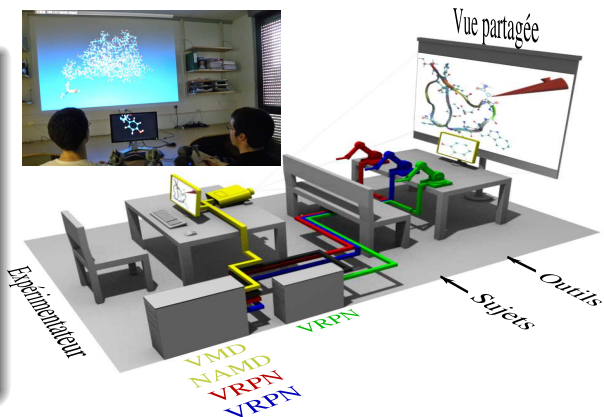


Plate-forme expérimentale

Organisation matérielle

Fonctionnalités

- Colocalisé synchrone
- Communication orale et gestuelle
- Vue partagée
- Différents outils
 - déplacement
 - orientation
 - déformation
- Multiples interfaces

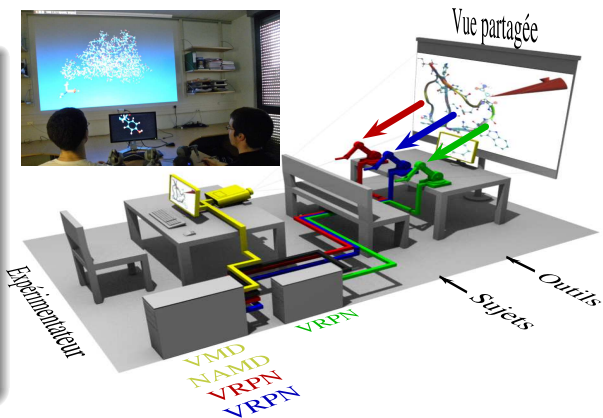


Plate-forme expérimentale

Organisation matérielle

Fonctionnalités

- Colocalisé synchrone
- Communication orale et gestuelle
- Vue partagée
- Différents outils
 - déplacement
 - orientation
 - déformation
- Multiples interfaces

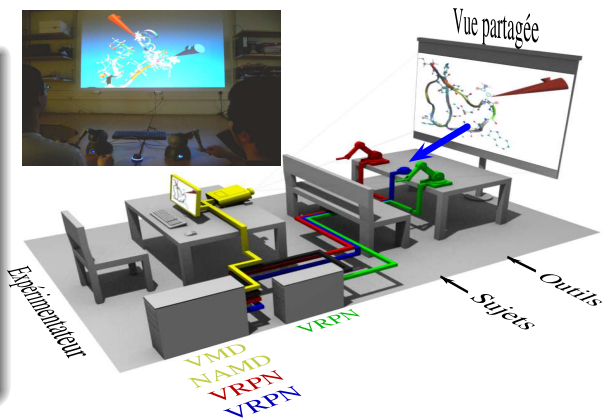


Plate-forme expérimentale

Organisation matérielle

Fonctionnalités

- Colocalisé synchrone
- Communication orale et gestuelle
- Vue partagée
- Différents outils
 - déplacement
 - orientation
 - déformation
- Multiples interfaces

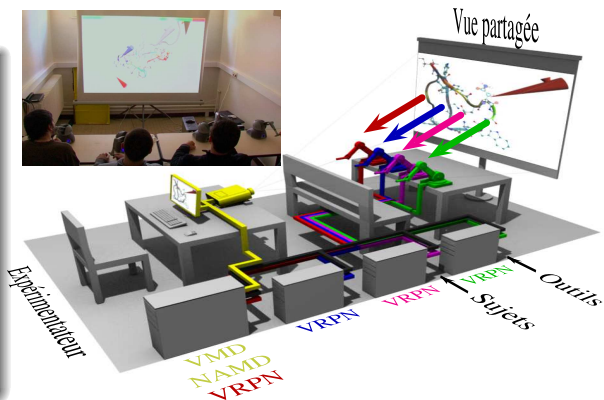


Plate-forme expérimentale

Organisation logicielle

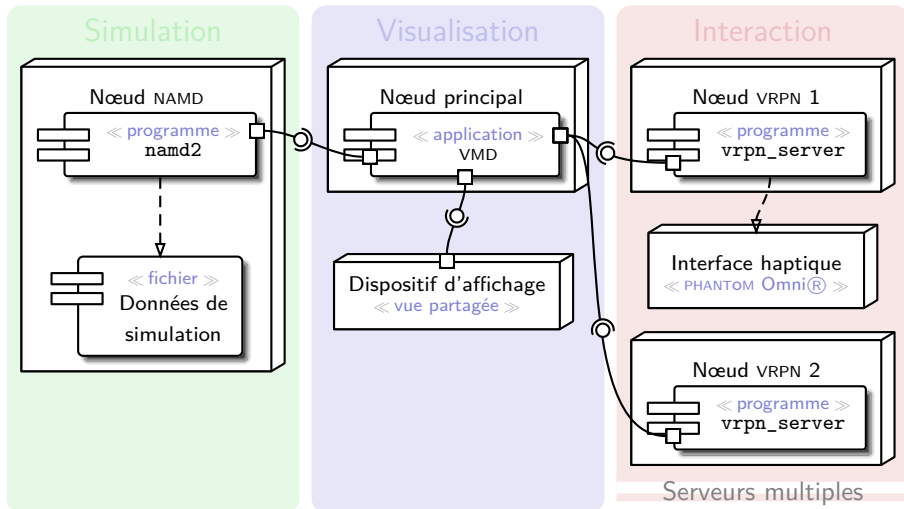


Diagramme de déploiement UML de la plateforme *Shaddock*

Outils supplémentaires proposés

Objectif

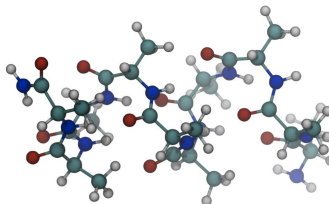
Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

Problème

Sélection difficile

- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

Fonctionnalités



Outil de sélection amélioré

Outils supplémentaires proposés

Objectif

Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

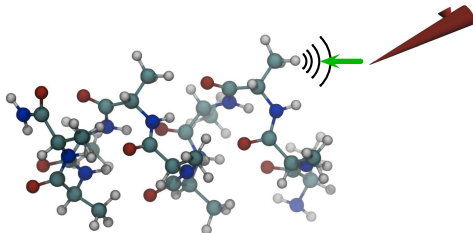
Problème

Sélection difficile

- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

Fonctionnalités

- Champ de potentiel
[SIMARD et al. 2009]



Outil de sélection amélioré

Outils supplémentaires proposés

Objectif

Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

Problème

Sélection difficile

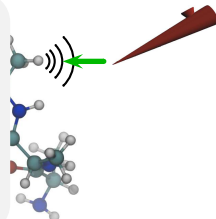
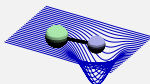
- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

Fonctionnalités

- Champ de potentiel
[SIMARD et al. 2009]

Champ de potentiel

$$U(\vec{x}) = \phi \cdot \sigma \exp \left[\frac{\sigma^2 - \vec{x}^2}{2\sigma^2} \right]$$



Outil de sélection amélioré

Outils supplémentaires proposés

Objectif

Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

Problème

Sélection difficile

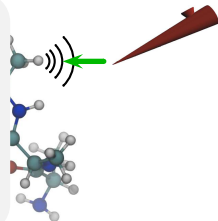
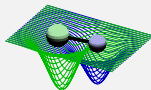
- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

Fonctionnalités

- Champ de potentiel
[SIMARD et al. 2009]

Champ de potentiel

$$U(\vec{x}) = \phi \cdot \sigma \exp \left[\frac{\sigma^2 - \vec{x}^2}{2\sigma^2} \right]$$



Outil de sélection amélioré

Outils supplémentaires proposés

Objectif

Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

Problème

Sélection difficile

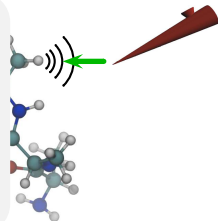
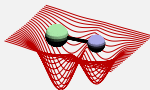
- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

Fonctionnalités

- Champ de potentiel
[SIMARD et al. 2009]

Champ de potentiel

$$U(\vec{x}) = \phi \cdot \sigma \exp \left[\frac{\sigma^2 - \vec{x}^2}{2\sigma^2} \right]$$



Outil de sélection amélioré

Outils supplémentaires proposés

Objectif

Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

Problème

Sélection difficile

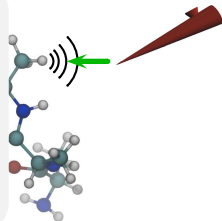
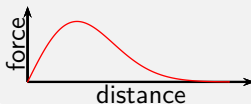
- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

Fonctionnalités

- Champ de potentiel
[SIMARD et al. 2009]

Champ de force

$$F(d) = \phi \frac{d}{\sigma} \exp \left[\frac{\sigma^2 - d^2}{2\sigma^2} \right]$$



Outil de sélection amélioré

Outils supplémentaires proposés

Objectif

Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

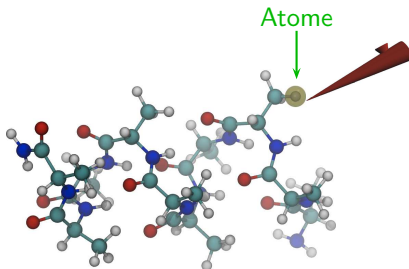
Problème

Sélection difficile

- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

Fonctionnalités

- Champ de potentiel [SIMARD et al. 2009]
- Pointage visuel



Outil de sélection amélioré

Outils supplémentaires proposés

Objectif

Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

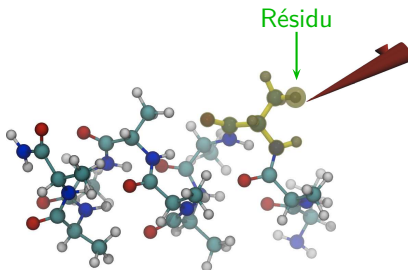
Problème

Sélection difficile

- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

Fonctionnalités

- Champ de potentiel [SIMARD et al. 2009]
- Pointage visuel
- Différentes niveaux de sélection



Outil de sélection amélioré

Outils supplémentaires proposés

Objectif

Faciliter le processus de sélection d'une structure moléculaire dans VMD

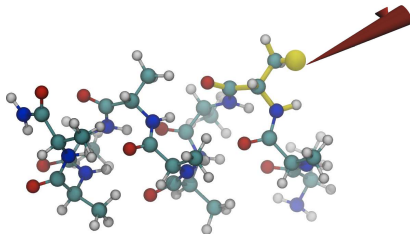
Problème

Sélection difficile

- Atomes nombreux
- Cibles en mouvement

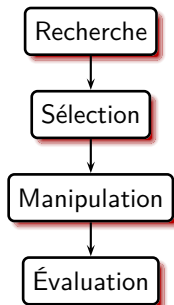
Fonctionnalités

- Champ de potentiel [SIMARD et al. 2009]
- Pointage visuel
- Différentes niveaux de sélection



Outil de sélection amélioré

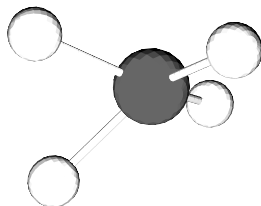
Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire



Manipulation moléculaire

Description

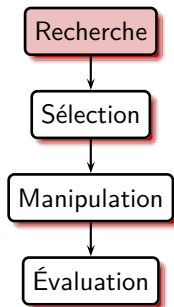
Selon les Primitives Comportementales Virtuelles [**Bowman-1999** ; **Fuchs-2006a**]



1/5 atomes placés

Primitives Comportementales

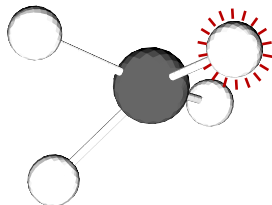
Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire



1

Description

Selon les Primitives Comportementales Virtuelles [**Bowman-1999** ; **Fuchs-2006a**]

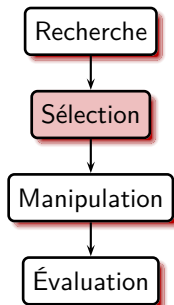


1/5 atomes placés

Manipulation moléculaire

Primitives Comportementales

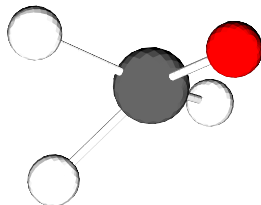
Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire



2

Description

Selon les Primitives Comportementales Virtuelles [**Bowman-1999** ; **Fuchs-2006a**]

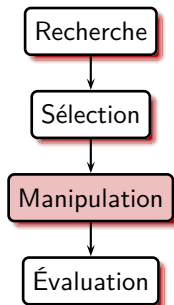


1/5 atomes placés

Manipulation moléculaire

Primitives Comportementales

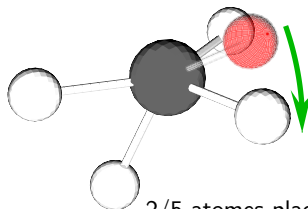
Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire



Manipulation moléculaire

Description

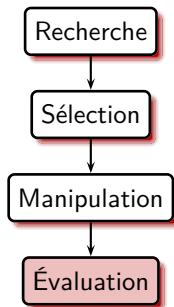
Selon les Primitives Comportementales Virtuelles [**Bowman-1999** ; **Fuchs-2006a**]



2/5 atomes placés

Primitives Comportementales

Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire

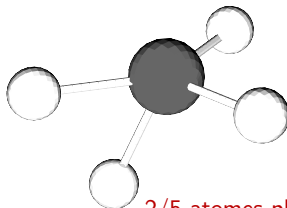


4

Manipulation moléculaire

Description

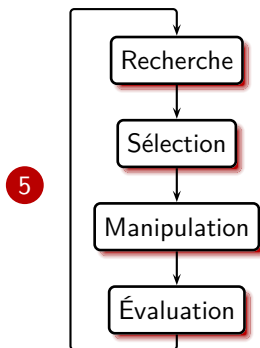
Selon les Primitives Comportementales Virtuelles [**Bowman-1999** ; **Fuchs-2006a**]



2/5 atomes placés

Primitives Comportementales

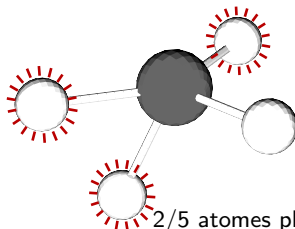
Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire



Manipulation moléculaire

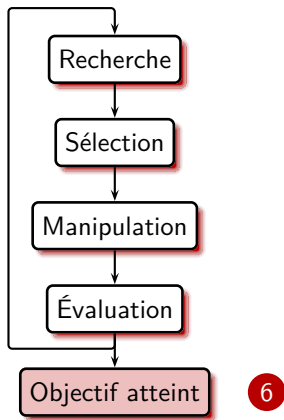
Description

Selon les Primitives Comportementales Virtuelles [**Bowman-1999** ; **Fuchs-2006a**]



Primitives Comportementales

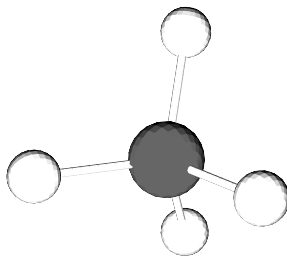
Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire



Manipulation moléculaire

Description

Selon les Primitives Comportementales Virtuelles [**Bowman-1999** ; **Fuchs-2006a**]



5/5 atomes placés

Primitives Comportementales

Sommaire

1 Introduction

2 Plateforme de manipulation moléculaire *Shaddock*

3 Caractérisation des approches collaboratives en environnement moléculaire

■ Étude 1 – Recherche et sélection collaborative de résidus

- Objectifs
- Tâche proposée
- Résultats
- Synthèse

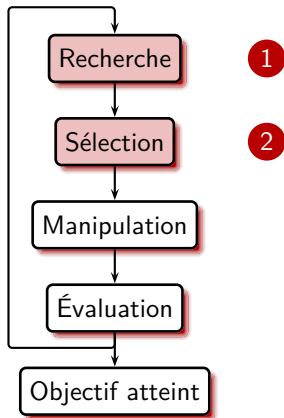
■ Étude 2 – Déformation collaborative de molécules

■ Étude 3 – Dynamique de groupe

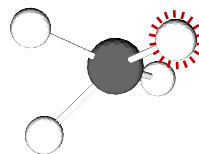
4 Communication haptique pour la collaboration

5 Conclusion et perspectives

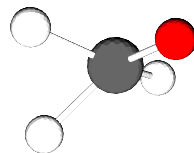
Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire



Manipulation moléculaire



Étape de recherche



Étape de sélection

Objectifs

Objectif principal

Étudier la contribution de la collaboration pendant une tâche de recherche et de sélection de structures moléculaires

Hypothèses

- 1 Amélioration des performances (individuel vs. collaboratif)
- 2 Identifier les stratégies de travail

Variables

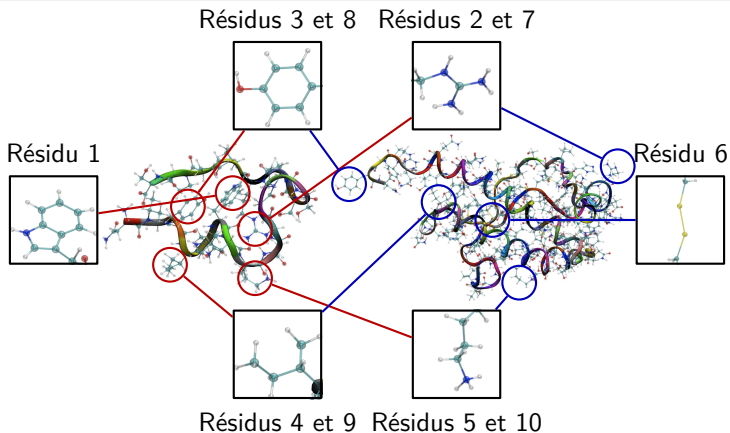
Nombre de sujets monôme (24 sujets) ou binôme (12 couples)

Complexité de la tâche Forme, nature, position, similarités...

Tâche proposée

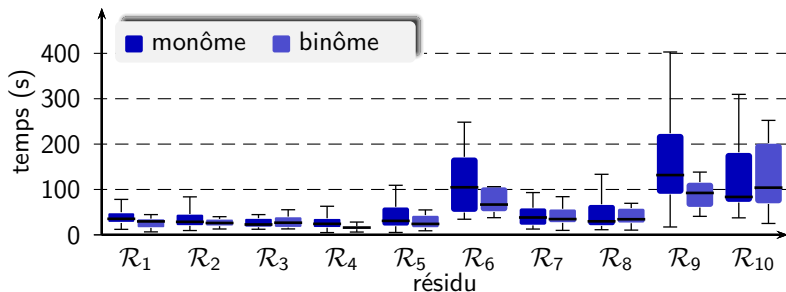
Objectif

Recherche d'un résidu dans une molécule



Répartitions des *residues* sur les molécules (TRP-Cage et Prion)

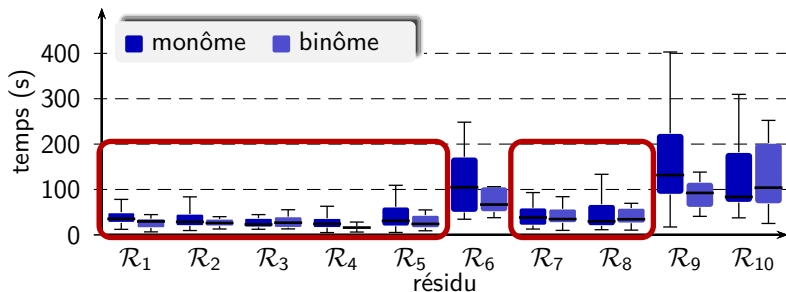
Amélioration des performances en collaboration



Temps de réalisation de la tâche

Synthèse

Amélioration des performances en collaboration

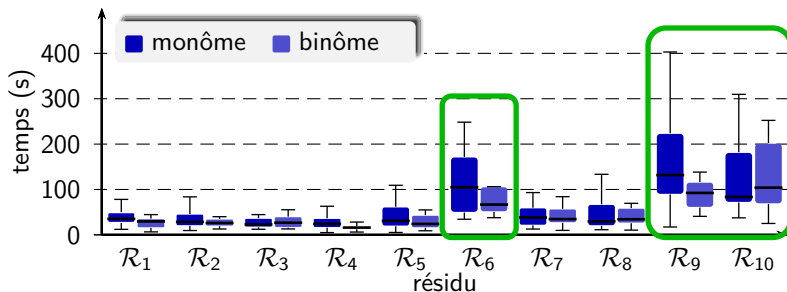


Temps de réalisation de la tâche

Synthèse

- Pas d'évolution sur les tâches simples

Amélioration des performances en collaboration

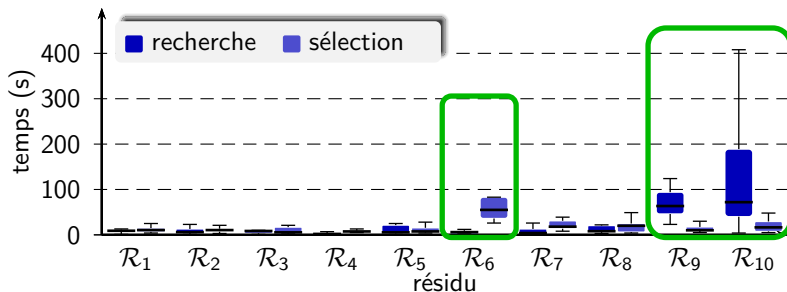


Temps de réalisation de la tâche

Synthèse

- Pas d'évolution sur les tâches simples
- Une amélioration significative de la collaboration sur les tâches complexes

Amélioration des performances en collaboration

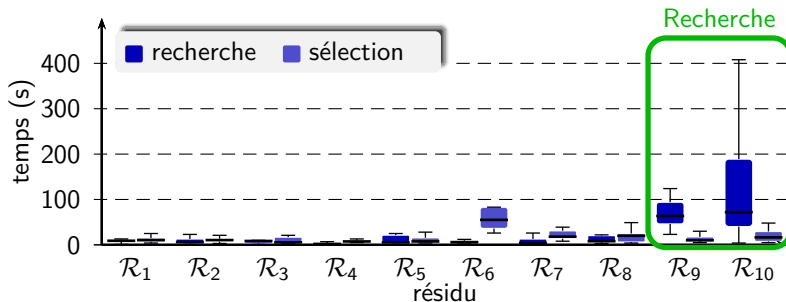


Temps de réalisation de la tâche

Synthèse

- Pas d'évolution sur les tâches simples
- Une amélioration significative de la collaboration sur les tâches complexes

Amélioration des performances en collaboration

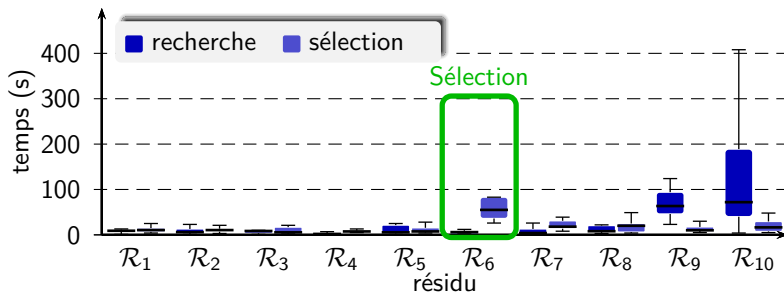


Temps de réalisation de la tâche

Synthèse

- Pas d'évolution sur les tâches simples
- Une amélioration significative de la collaboration sur les tâches complexes
- Répartition différente du temps selon les tâches

Amélioration des performances en collaboration

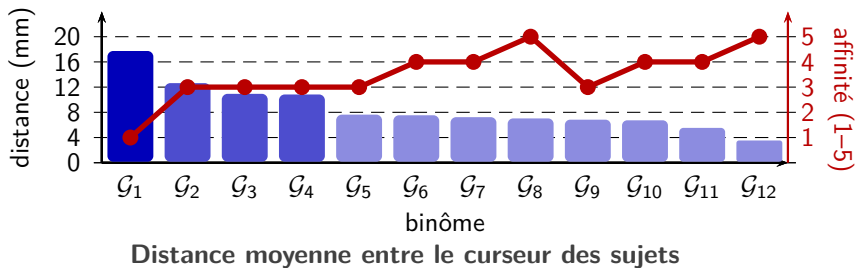


Temps de réalisation de la tâche

Synthèse

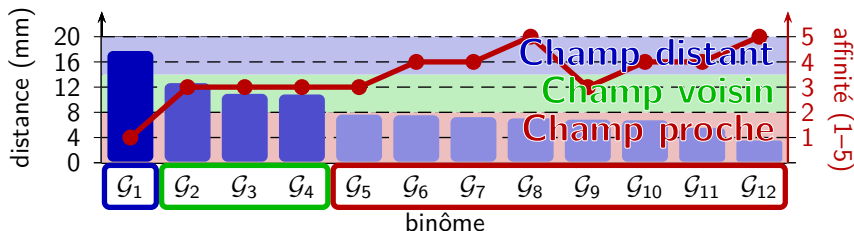
- Pas d'évolution sur les tâches simples
- Une amélioration significative de la collaboration sur les tâches complexes
- Répartition différente du temps selon les tâches

Stratégies de travail



Synthèse

Stratégies de travail



Distance moyenne entre le curseur des sujets

Synthèse

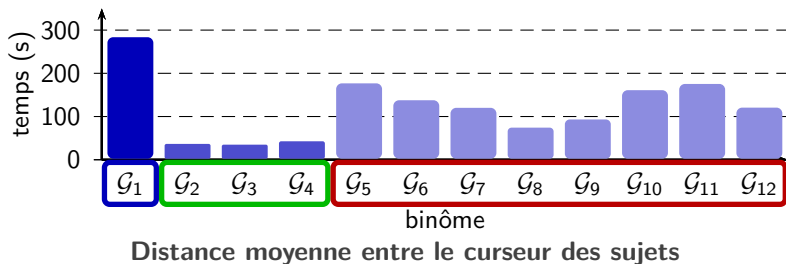
Trois stratégies liées à l'affinité entre les collaborateurs

Champs distants Peu de collaboration avec peu de conflits de coordination

Champs voisins Bonne collaboration avec conflits de coordination

Champs proches Forte collaboration mais conflits de coordination importants

Stratégies de travail



Synthèse

Trois stratégies liées à l'affinité entre les collaborateurs

Champs distants Peu de collaboration avec peu de conflits de coordination

Champs voisins Bonne collaboration avec conflits de coordination

Champs proches Forte collaboration mais conflits de coordination importants

Synthèse

Complexité de la tâche

Résultats [SIMARD et al. 2010c]

- Amélioration des performances sur les tâches complexes

Limites

- Quel est le lien entre la complexité et la collaboration ?
- Comment définir une tâche *complexe* ?

Stratégie de travail

Résultats [SIMARD et al. 2010a]

- Trois stratégies différentes
- Meilleurs résultats avec une stratégie en champs voisins

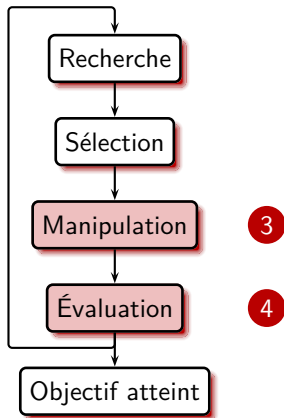
Limites

- Modification du comportement naturel des groupes
- Conflits de coordination en champs voisins

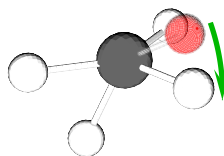
Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Plateforme de manipulation moléculaire *Shaddock*
- 3 Caractérisation des approches collaboratives en environnement moléculaire
 - Étude 1 – Recherche et sélection collaborative de résidus
 - Étude 2 – Déformation collaborative de molécules
 - Objectifs
 - Tâche proposée
 - Résultats
 - Synthèse
 - Étude 3 – Dynamique de groupe
- 4 Communication haptique pour la collaboration
- 5 Conclusion et perspectives

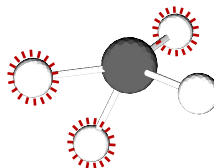
Démarche pour l'étude de la manipulation moléculaire



Manipulation moléculaire



Étape de manipulation



Étape d'évaluation

Objectifs

Objectif principal

Caractériser les scénarios qui nécessitent de la coordination

Hypothèses

- 1 Influence de la complexité de la tâche sur les performances et la coordination
- 2 Amélioration de la répartition des ressources (bimanuel vs. collaboratif)

Variables

Nombre de sujets monôme (12 sujets) ou binôme (12 couples)

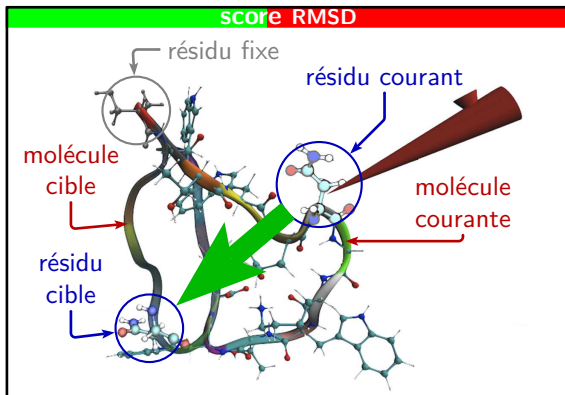
Complexité de la molécule 2 molécules (TRP-ZIPPER et TRP-CAGE)

Outil de déformation 2 configuration de déformation (*atom* et *residue*)

Tâche proposée

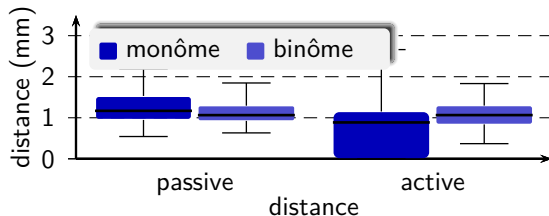
Scénarios

- 2 niveaux de manipulation
 - Résidu
 - Atome
- 4 niveaux de complexité
 - Nombre d'atomes
 - Cassures
 - Champ de force



Tâche de déformation

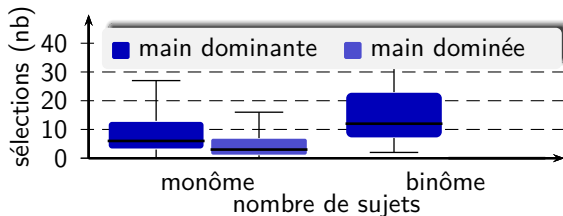
Amélioration de la répartition des ressources



Distances passive et active

Synthèse

Espace de travail plus important en binôme

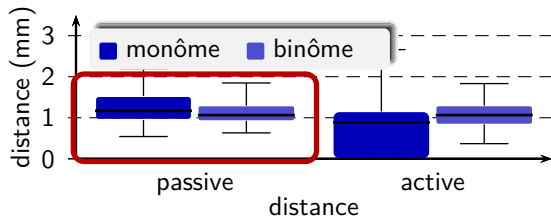


Nombre de sélections

Synthèse

Meilleur taux d'utilisation des ressources disponibles en binôme

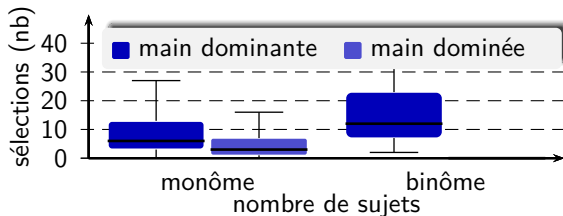
Amélioration de la répartition des ressources



Distances passive et active

Synthèse

Espace de travail plus important en binôme

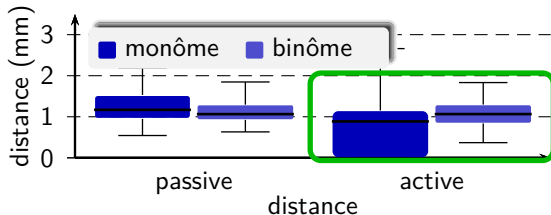


Nombre de sélections

Synthèse

Meilleur taux d'utilisation des ressources disponibles en binôme

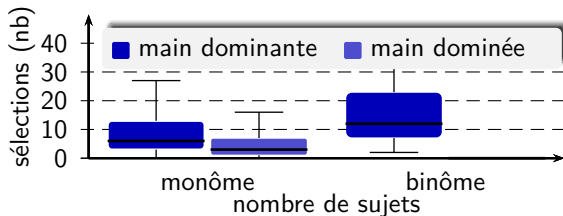
Amélioration de la répartition des ressources



Distances passive et active

Synthèse

Espace de travail plus important en binôme

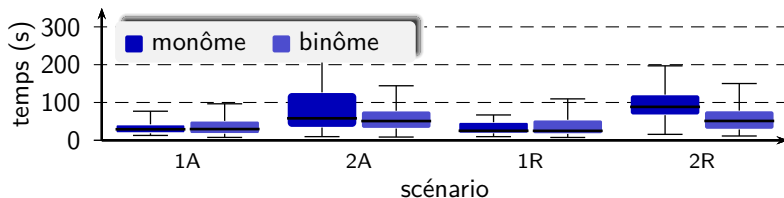


Nombre de sélections

Synthèse

Meilleur taux d'utilisation des ressources disponibles en binôme

Influence de la complexité de la tâche



Temps de réalisation des scénarios

Difficulté	Description	Exemple
1	1 manipulation	Tâche 1A
2	1 manipulation et 1 fixation	Tâches 1R et 2R
3	2 manipulations coordonnées	Tâche 2A

Classification des tâches

Résultat important

Certaines manipulations nécessitent de la coordination

Synthèse

Charge de travail

Résultats [SIMARD et al. 2012c]

- Gestion d'un plus grand espace de travail en binôme
- Meilleur rendement des ressources disponibles en binôme

Limites

- Comment répartir équitablement la charge de travail ?

Conflits de coordination

Résultats [SIMARD et al. 2011a]

- Certaines manipulations nécessitent une coordination

Limites

- La coordination est plus efficace en individuel mais...
 - ...espace de travail restreint
 - ...coordination limitée à deux outils

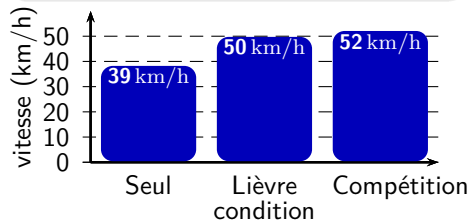
Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Plateforme de manipulation moléculaire *Shaddock*
- 3 **Caractérisation des approches collaboratives en environnement moléculaire**
 - Étude 1 – Recherche et sélection collaborative de résidus
 - Étude 2 – Déformation collaborative de molécules
 - **Étude 3 – Dynamique de groupe**
 - Notions importantes sur la dynamique de groupe
 - Objectifs
 - Protocole expérimental
 - Résultats
 - Synthèse
- 4 Communication haptique pour la collaboration
- 5 Conclusion et perspectives

Notions importantes sur la dynamique de groupe

Facilitation sociale [TRIPLETT 1898]

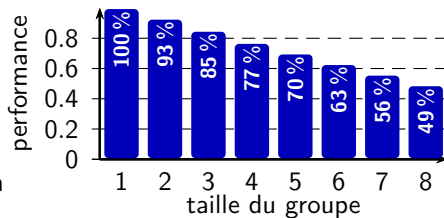
Une action collaborative préparée ou en progression possède une réponse ; la stimulation sociale provoque une augmentation de cette réponse par la perception de collaborateurs effectuant les mêmes mouvements.



Performances d'un cycliste

Paresse sociale [RINGELMANN 1913]

Tendance à fournir un effort moindre lorsqu'une tâche est effectuée en groupe plutôt que de manière individuelle.



Performances au tir à la corde

Objectifs

Objectif principal

Observer la dynamique de groupe lors d'une tâche nécessitant une coordination étroitement couplée

Hypothèses

- 1 Amélioration des performances par la facilitation sociale
- 2 Influence d'une étape de *brainstorming* sur les performances [OSBORN 1963]

Variables

Nombre de participants 8 couples et 4 groupes

Tâches différentes 2 molécules (tâche faiblement et fortement couplées)

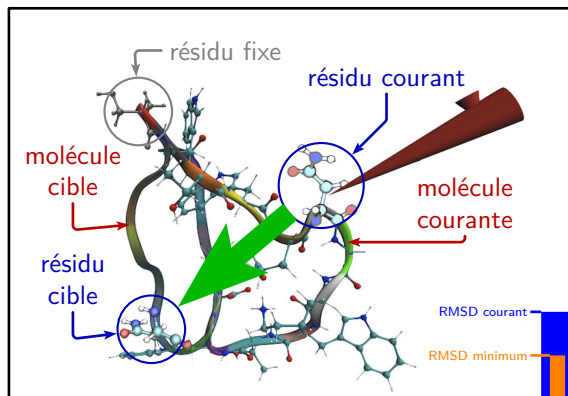
Stratégie de travail Étape de *brainstorming*

Tâche proposée

Scénarios

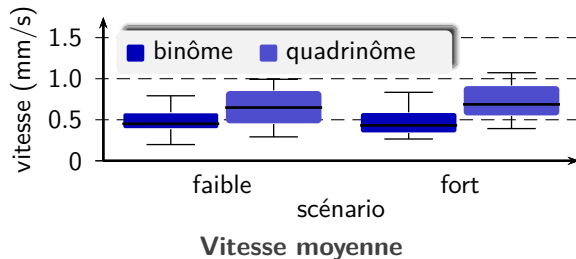
2 niveaux de complexité

- faiblement couplé
- fortement couplé



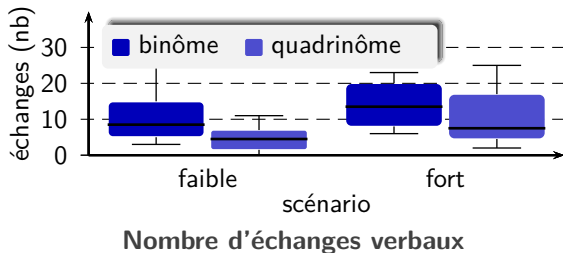
Tâche de déformation

Amélioration des performances par la facilitation sociale



Synthèse

Une vitesse moyenne de travail supérieur :
phénomène de facilitation sociale

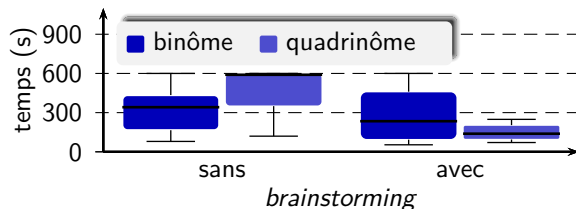


Synthèse

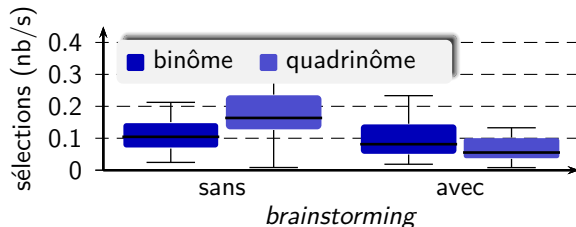
Paresse sociale

- Spécialisation
- Personnalité
- Paresse

Influence du *brainstorming*



Temps de réalisation



Fréquence des sélections

Synthèse

Le *brainstorming* permet l'élaboration d'une stratégie : gain en performances

Synthèse

Meilleur rendement des actions effectuées

Synthèse

Paresse sociale

Résultats [SIMARD et al. 2012c]

- Déséquilibre important dans la répartition des charges de travail
- Potentiel collaboratif non-exploité au maximum

Limites

- Comment redonner de l'importance à chaque membre du groupe ?

Brainstorming

Résultats [SIMARD et al. 2011b]

- Amélioration importante des performances
- Réduit les conflits de coordination
- Conflits de communication pendant le *brainstorming*

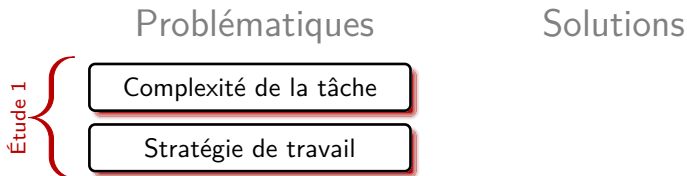
Limites

- Comment optimiser cette étape ?

Sommaire

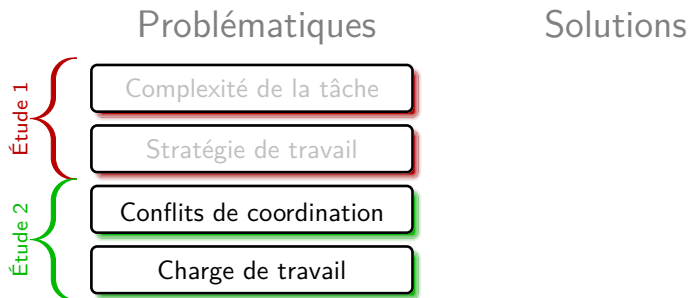
- 1 Introduction
- 2 Plateforme de manipulation moléculaire *Shaddock*
- 3 Caractérisation des approches collaboratives en environnement moléculaire
- 4 Communication haptique pour la collaboration
 - Étude 4 – Métaphore haptique et stratégie de travail
 - Synthèse des résultats et solutions proposées
 - Présentation de la métaphore haptique de communication
 - Objectifs
 - Résultats
- 5 Conclusion et perspectives

Synthèse des résultats et solutions proposées



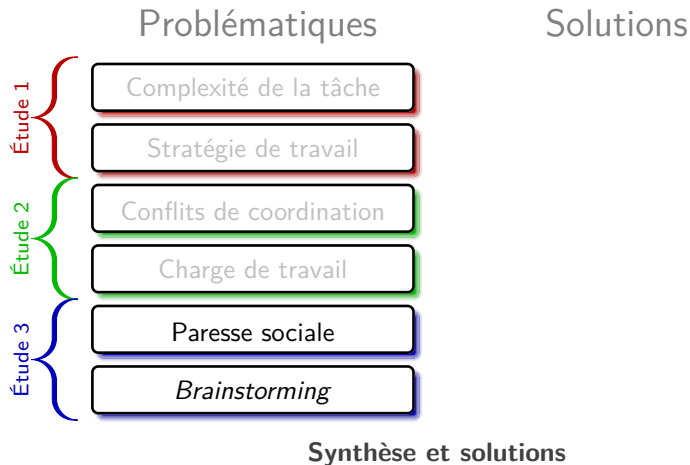
Synthèse et solutions

Synthèse des résultats et solutions proposées

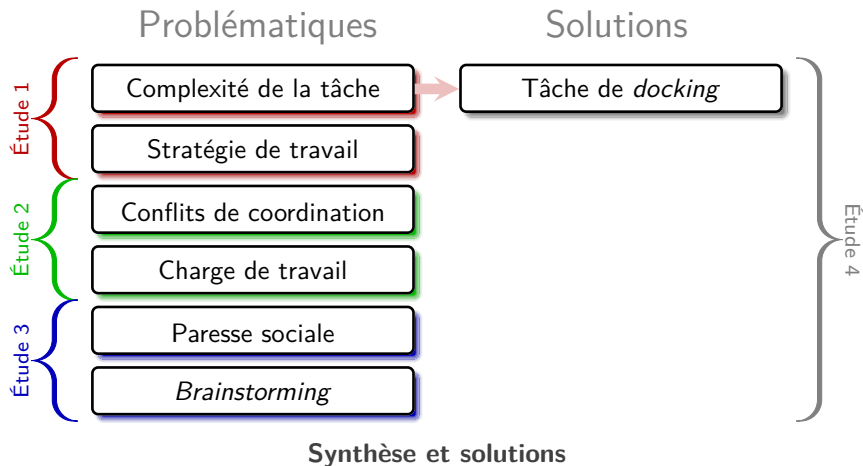


Synthèse et solutions

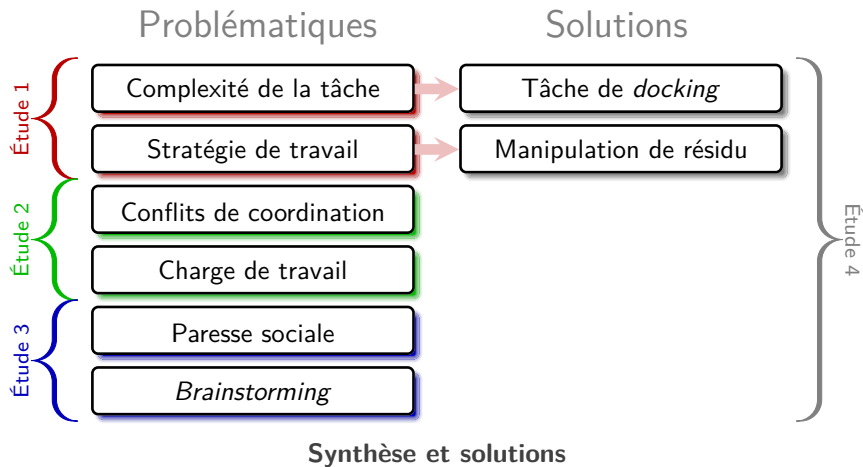
Synthèse des résultats et solutions proposées



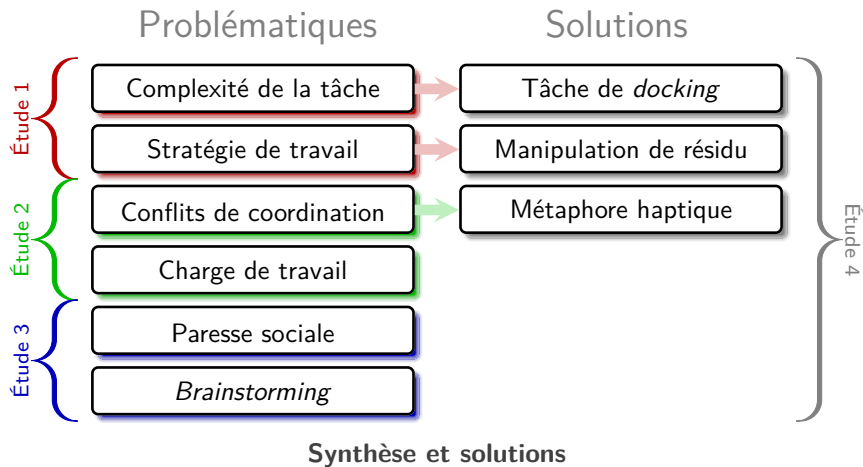
Synthèse des résultats et solutions proposées



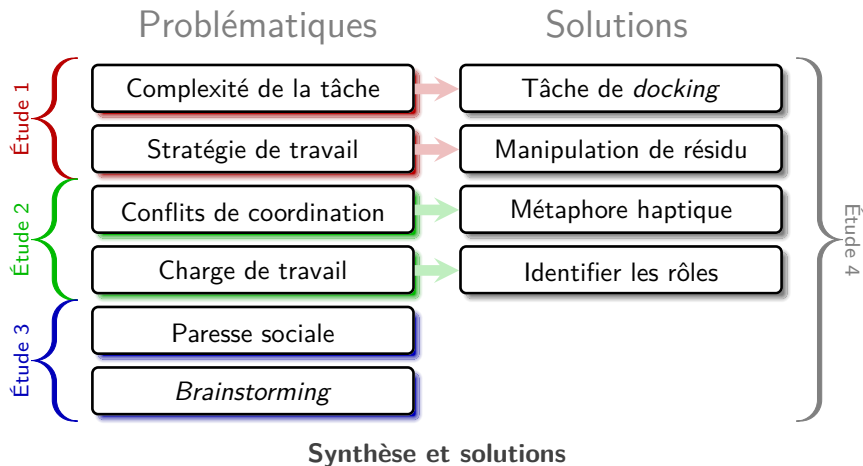
Synthèse des résultats et solutions proposées



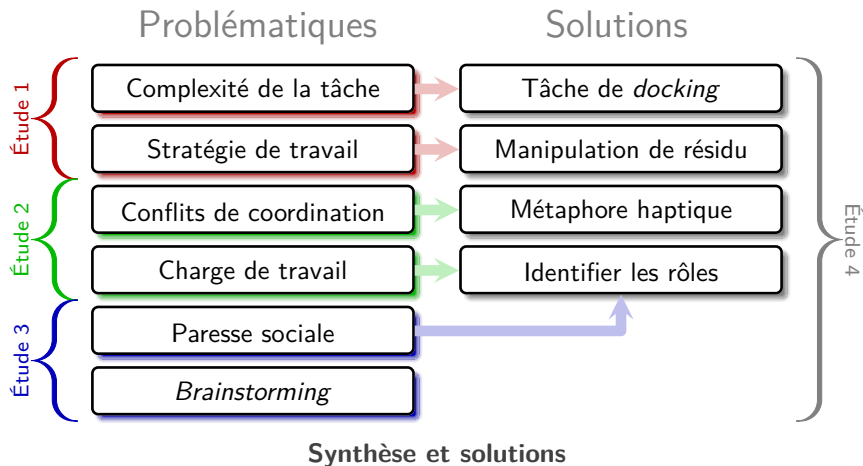
Synthèse des résultats et solutions proposées



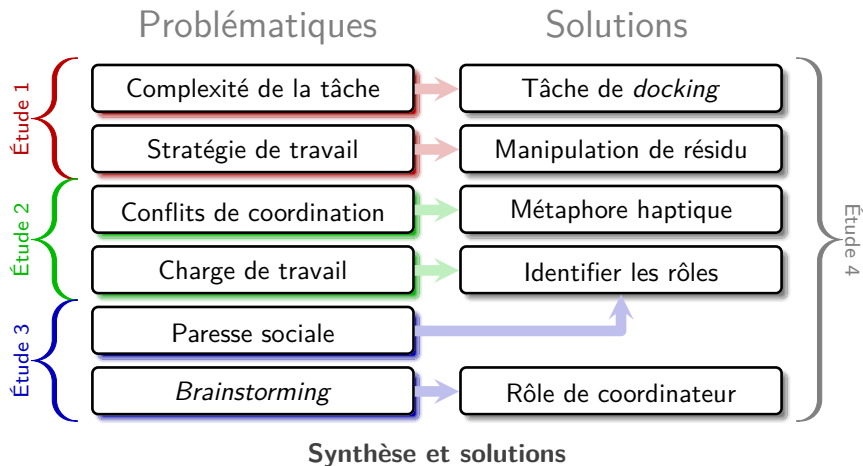
Synthèse des résultats et solutions proposées



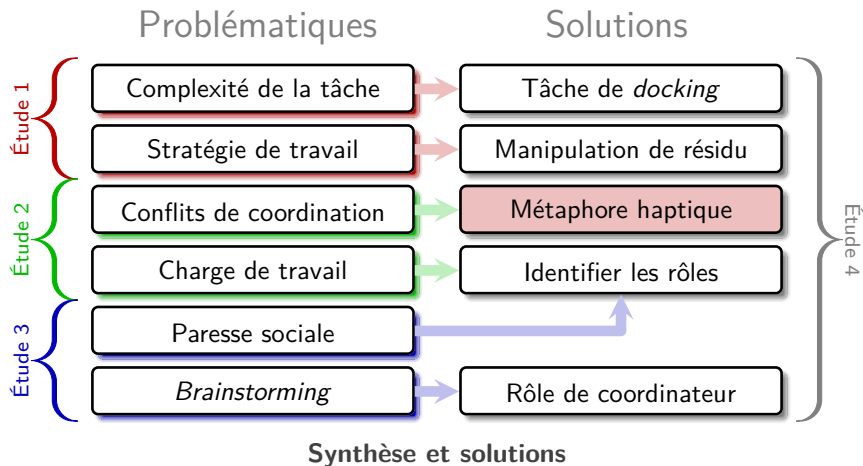
Synthèse des résultats et solutions proposées



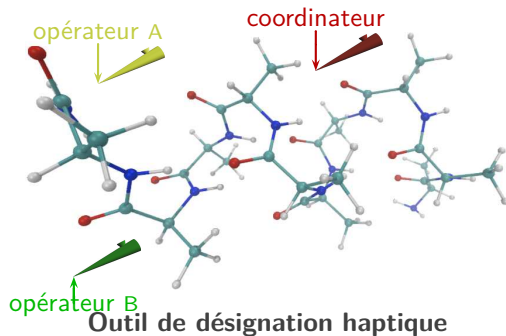
Synthèse des résultats et solutions proposées



Synthèse des résultats et solutions proposées



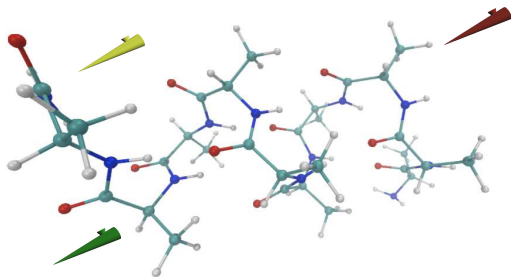
Présentation de la métaphore haptique de communication



Étapes de la désignation

Métaphore haptique

Présentation de la métaphore haptique de communication



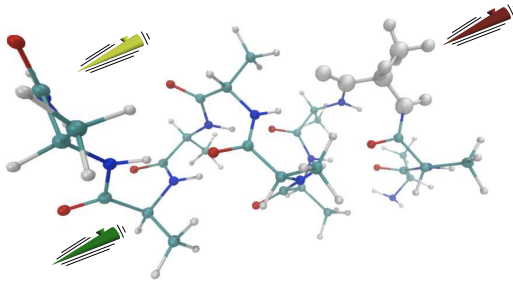
Outil de désignation haptique

Étapes de la désignation

- 1 Recherche d'une structure (coordinateur)

Métaphore haptique

Présentation de la métaphore haptique de communication



Outil de désignation haptique

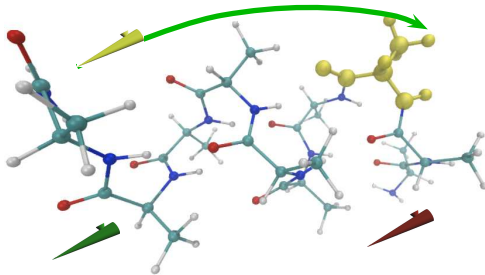
Étapes de la désignation

- 1 Recherche d'une structure (coordinateur)
- 2 Désignation de la structure (coordinateur)

Métaphore haptique

- Notification haptique de la désignation aux opérateurs

Présentation de la métaphore haptique de communication



Outil de désignation haptique

Étapes de la désignation

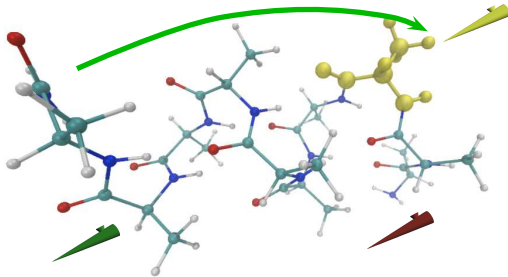
- 1 Recherche d'une structure (coordinateur)
- 2 Désignation de la structure (coordinateur)
- 3 Acceptation par l'opérateur A

Métaphore haptique

- Notification haptique de la désignation aux opérateurs

- Guidage haptique
$$F(\mathbf{x}) = \begin{cases} k(t - t_0)(\mathbf{x} - \mathbf{x}_t) - b \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial t} & \text{if } t \geq t_0 \\ 0 & \text{if } t < t_0 \end{cases}$$

Présentation de la métaphore haptique de communication



Outil de désignation haptique

Étapes de la désignation

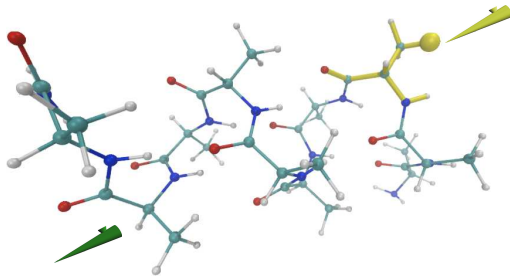
- 1 Recherche d'une structure (coordonateur)
- 2 Désignation de la structure (coordonateur)
- 3 Acceptation par l'opérateur A

Métaphore haptique

- Notification haptique de la désignation aux opérateurs

- Guidage haptique
$$F(\mathbf{x}) = \begin{cases} k(t - t_0)(\mathbf{x} - \mathbf{x}_t) - b \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial t} & \text{if } t \geq t_0 \\ 0 & \text{if } t < t_0 \end{cases}$$

Présentation de la métaphore haptique de communication



Outil de désignation haptique

Étapes de la désignation

- 1 Recherche d'une structure (coordonateur)
- 2 Désignation de la structure (coordonateur)
- 3 Acceptation par l'opérateur A
- 4 Sélection par l'opérateur A

Métaphore haptique

- Notification haptique de la désignation aux opérateurs

- Guidage haptique
$$F(\mathbf{x}) = \begin{cases} k(t - t_0)(\mathbf{x} - \mathbf{x}_t) - b \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial t} & \text{if } t \geq t_0 \\ 0 & \text{if } t < t_0 \end{cases}$$

Objectifs

Objectif principal

Évaluer la métaphore haptique pour améliorer la coordination

Hypothèses

- 1 Influence de la métaphore haptique proposée sur les performances
- 2 Influence de la métaphore haptique proposée sur la communication
- 3 Évaluations des propositions par des bio-informaticiens

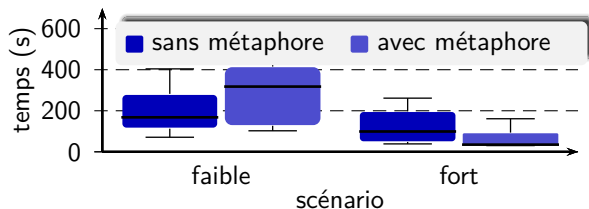
Variables

Nombre de participants 8 trinômes

Tâches différentes 2 molécules (tâche faiblement et fortement couplée)

Métaphore haptique Avec ou sans assistance

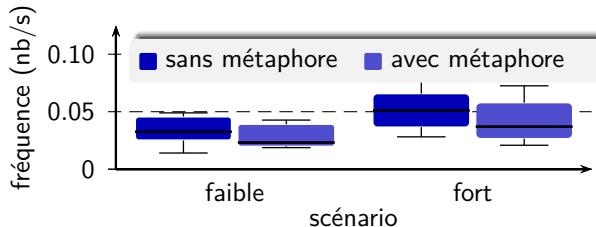
Efficacité de la collaboration



Synthèse

Manipulation plus efficace sur le scénario le plus complexe

Temps pour atteindre le score RMSD minimum

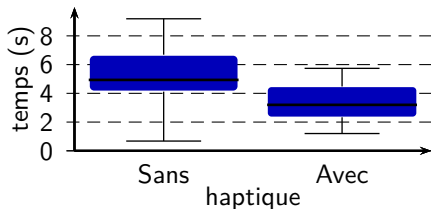


Synthèse

Meilleur rendement pour l'utilisation des ressources

Fréquence de sélections d'un opérateur

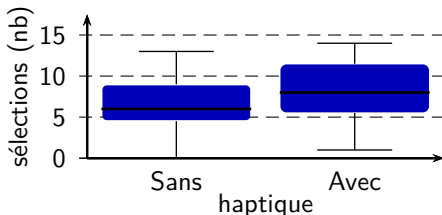
Amélioration de la communication



Synthèse

Communication haptique plus efficace que la communication verbale

Temps d'acceptation d'une désignation



Synthèse

Meilleur taux d'acceptation pour les désignations du coordinateur

Nombre de désignations acceptées

Conclusion

■ *Shaddock*

- Plateforme évolutive et configurable
- Plateforme validée par des bio-informaticiens
- Améliorations nécessaires des outils d'interaction

■ Approches collaboratives

- Améliore significativement les performances sur les tâches complexes
- Solution adaptée pour plusieurs manipulations simultanées
- Structure de groupe pour la manipulation collaborative
- Problèmes de communication et de coordination

■ Communication haptique

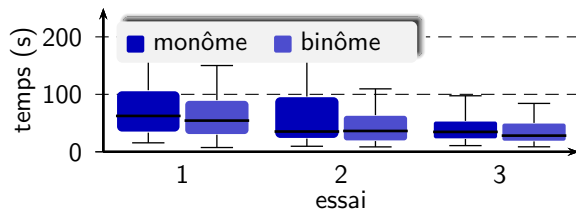
- Solution basée sur l'étude et l'analyse des approches collaboratives
- Amélioration de la tâche de désignation
- Complète la communication humain-humain en environnement virtuel

Perspectives

- Plus loin dans l'étude des approches collaboratives avec...
 - la collaboration distante
 - la collaboration multi-experts
 - l'apprentissage en collaboration

- Comment expérimenter les approches collaboratives étroitement couplées ?
 - protocole expérimental plus complexe
 - mesure des conflits de coordination et de communication
 - mesure de la charge de travail

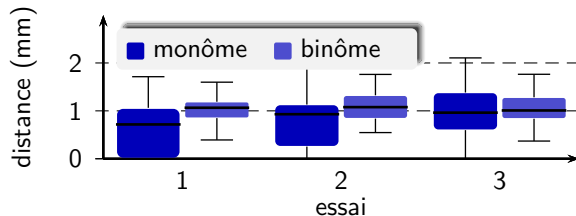
Apprentissage en collaboration



Synthèse

Apprentissage plus rapide permet une amélioration des performances

Évolution du temps de réalisation de la tâche



Synthèse

Un grand espace de travail est rapidement couvert par les binômes

Évolution de l'espace de travail

Perspectives

- Plus loin dans l'étude des approches collaboratives avec...
 - la collaboration distante
 - la collaboration multi-experts
 - l'apprentissage en collaboration

- Comment expérimenter les approches collaboratives étroitement couplées ?
 - protocole expérimental plus complexe
 - mesure des conflits de coordination et de communication
 - mesure de la charge de travail

Publications

Journaux internationaux avec comité de relecture

- [1] GIRARD, Adrien, Mehdi AMMI, **Jean Simard** et Malika AUVRAY (2012b). « Collaborative metaphor for haptic designation in complex 3D environments ». Dans : *IEEE Transaction on Haptics*. (soumis).
- [2] **Simard, Jean**, Mehdi AMMI et Malika AUVRAY (2012b). « Collaborative strategies for 3D targets search during the molecular design process ». Dans : *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*. (accepté).
- [3] **Simard, Jean**, Mehdi AMMI et Anaïs MAYEUR (2012c). « Comparative study of the bimanual and collaborative modes for closely coupled manipulations ». Dans : *Elsevier International Journal of Human-Computer Studies*. (accepté).
- [4] **Simard, Jean** et Mehdi AMMI (11/2011a). « Haptic interpersonal communication : gesture coordination for collaborative virtual assembly task ». Dans : *Springer on Virtual Reality*, pages 1–14.

Conférences internationales avec comité de relecture

- [1] **Simard, Jean** et Mehdi AMMI (06/2012a). « Haptic communication tools for collaborative deformation of molecules ». Dans : *Proceedings of Eurohaptics*. (soumis).
- [2] GIRARD, Adrien, Mehdi AMMI, **Jean Simard** et Malika AUVRAY (03/2012a). « Improvement of collaborative selection in 3D complex environments ». Dans : *Haptics Symposium*.
- [3] **Simard, Jean**, Mehdi AMMI et Anaïs MAYEUR (09/2011b). « How to improve group performances on collocated synchronous manipulation tasks? ». Dans : *Proceedings of Joint Virtual Reality Conference (JVRC-EGVE)*.
- [4] **Simard, Jean**, Mehdi AMMI et Malika AUVRAY (11/2010a). « Closely coupled collaboration for search tasks ». Dans : *Proceedings of the 17th ACM symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST)*, pages 181–182.
- [5] **Simard, Jean** et Mehdi AMMI (09/2010b). « Gesture coordination in collaborative tasks through augmented haptic feedthrough ». Dans : *Proceedings of Joint Virtual Reality Conference (JVRC-EGVE)*, pages 43–50.
- [6] **Simard, Jean**, Mehdi AMMI et Malika AUVRAY (09/2010c). « Study of synchronous and collocated collaboration for search tasks ». Dans : *Proceedings of Joint Virtual Reality Conference (JVRC-EGVE)*, pages 51–54.
- [7] **Simard, Jean**, Mehdi AMMI, Flavien PICON et Patrick BOURDOT (05/2009). « Potential field approach for haptic selection ». Dans : *Proceedings of Graphics Interface (GI)*, pages 203–206.