Traitement de l'hétérogénéité sémantique dans les interactions humain-agent et agent-agent

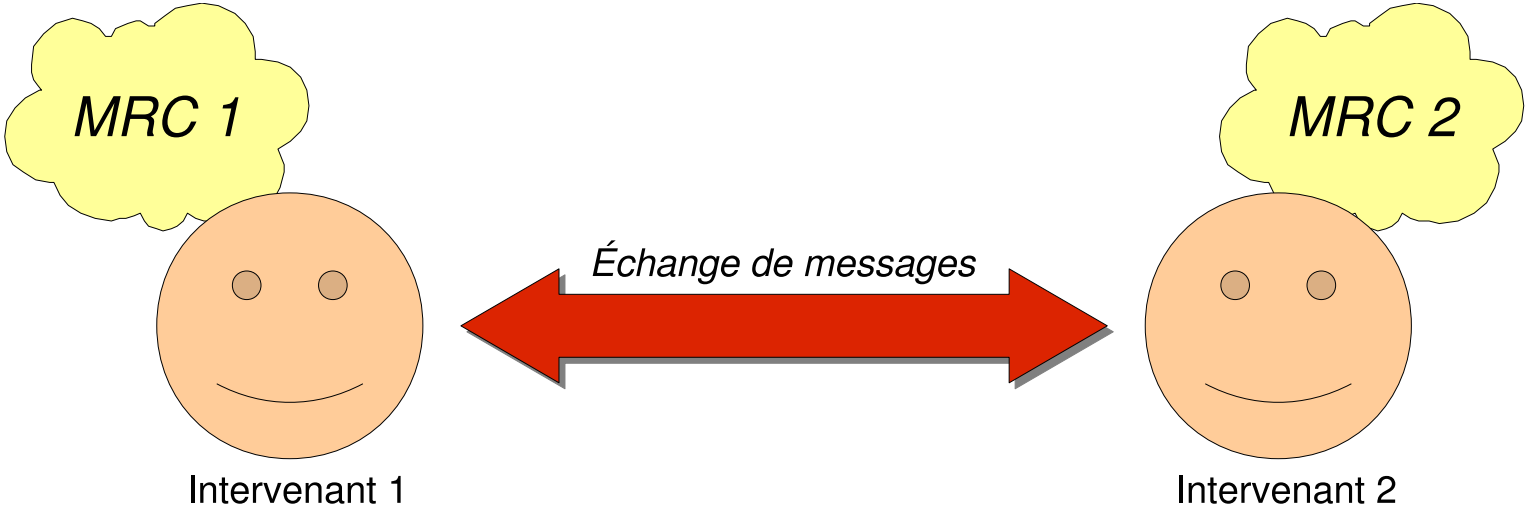
Laurent Mazuel

Direction : Amal El Fallah Seghrouchni
Encadrement : Nicolas Sabouret

Soutenance de thèse, 21 novembre 2008

Communication

- Deux intervenants
- Échangent des messages
- Chaque intervenant utilise ses propres connaissances
  $\Rightarrow$ son modèle de représentation des connaissances (MRC)

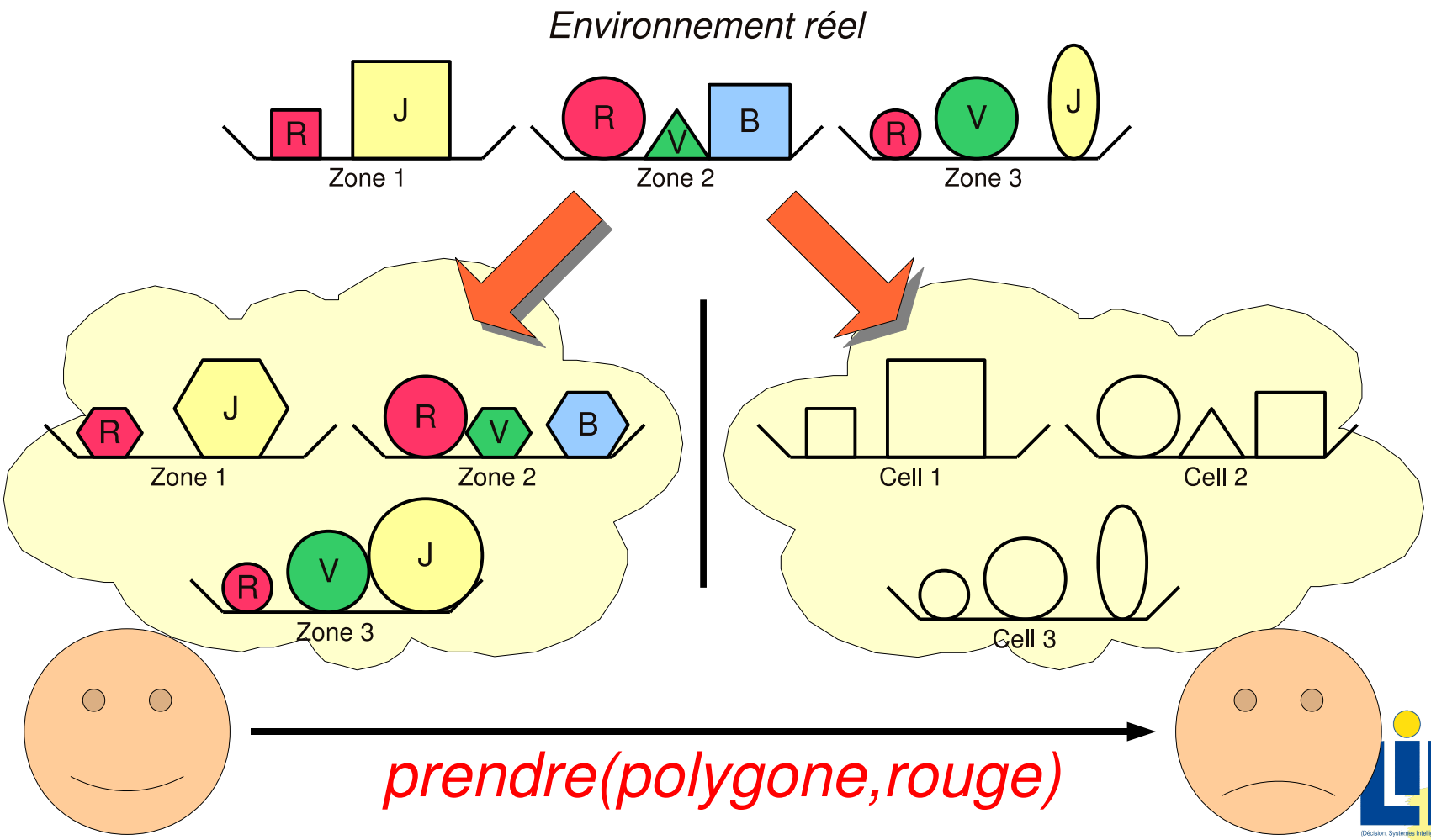


Hétérogénéité sémantique

Hétérogénéité sémantique = différences des MRC

- Concepts présents dans les deux, sous forme différentes
  ⇒*voiture - automobile, avion - appareil,* etc.
- Concepts proches dans les deux
  ⇒*crayon - stylo, oreiller - traversin,* etc.
- Concepts reliés, mais non équivalents
  ⇒*wifi - ethernet, pomme - tomate*
- Concepts absents de l'un des deux MRC !

Exemple de problème



Plan

1. Contexte
2. Aperçu de notre approche
3. Interprétation sémantique indépendante du type d'interaction
4. Degré de relation sémantique
5. Évaluation
6. Conclusion & Perspectives

Plan

1. Contexte
2. Aperçu de notre approche
3. Interprétation sémantique indépendante du type d'interaction
4. Degré de relation sémantique
5. Évaluation
6. Conclusion & Perspectives

Comment modéliser les connaissances ?

Modèle arborescent

- Hiérarchie de subsomption

Modèle à base de graphe

- Réseau sémantique : hiérarchie + *part-of*
- Modèle SKOS [Miles05] : hiérarchie + *related*

Modèle logique

- Modèle OWL [Smith04] : hiérarchie + DL

Mesure sémantique

Mesure sémantique :

Calcule un score de « lien » sémantique entre deux concepts définis dans le même MRC

1. Similarité [Budanitsky06] :
   ⇒attributs uniquement (*e.g.* moto-voiture)
2. Degré de relation [Hirst&St-Onge98] :
   ⇒plus général, (*e.g.* moto-voiture, mais aussi essence-voiture)

Application des mesures sur les modèles de connaissances

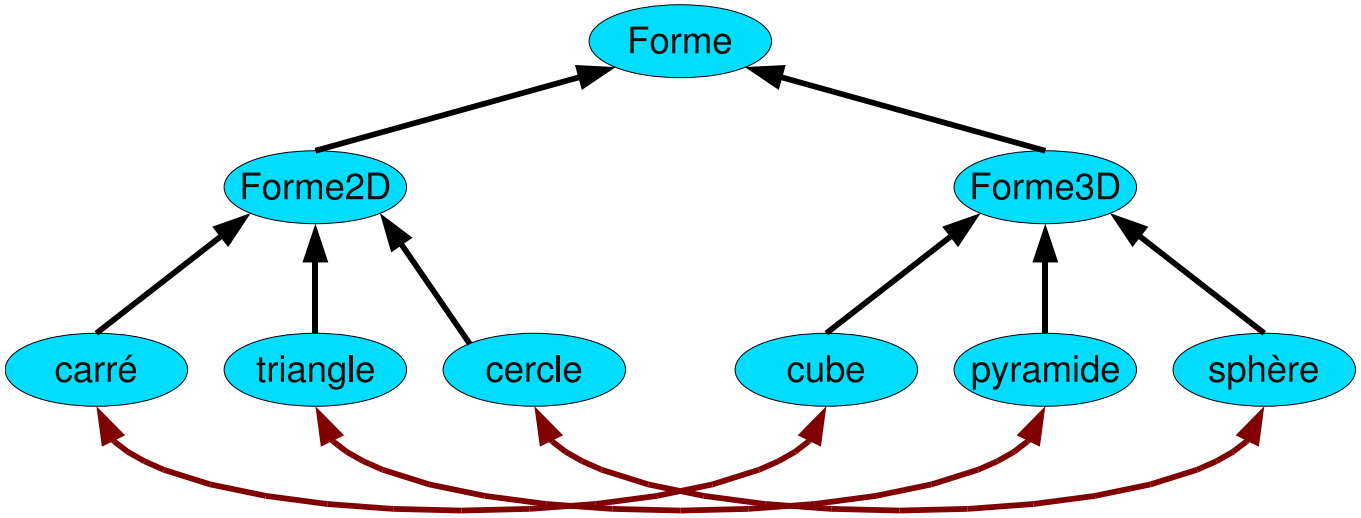
Modèles hiérarchiques

- Mesures de similarité :
  ⇒ [Resnik95],[Jiang&Conrath97],[Lin98], etc...
- *Problème très bien étudié sur les arbres*

Modèles à base de graphe

- Une seule mesure existante [Hirst&StOnge98] ! !
  ⇒ loin du niveau d'étude de la similarité
- Le chemin entre deux nœuds n'est plus unique !
  ⇒ beaucoup de chemins
- Le type d'arêtes n'est plus unique !
  ⇒ différents types de relations

Pourquoi utiliser les relations : un exemple simple



Distance sémantique hiérarchique :

$$dist(carre, cube) \equiv dist(triangle, cube) \equiv dist(cercle, cube)$$

$$?\ prendre(cube, rouge)\ ?$$

Dans les systèmes d'interactions

Interaction homme/machine

- Tous utilisent explicitement des MRC
- Mesures hiérarchiques, Corese [Corby04], Cederic [Eliasson07] $\Rightarrow$ *le besoin de relation se retrouve dans les travaux récents* [Gandon08] [Lamolle08]

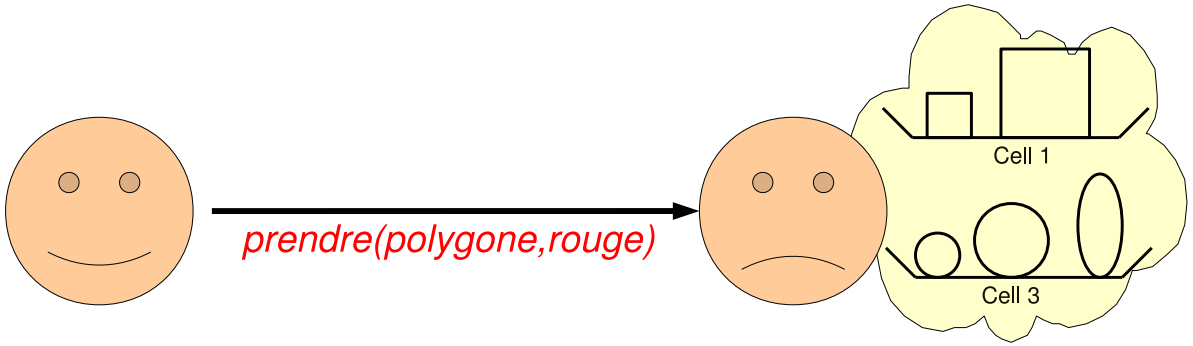
Interaction agent/agent

- Pas de mesure sémantique [Laera07] [Sansonnet05] $\Rightarrow$ Recherche d'un *alignement* entre les ontologies. Mais l'alignement peut être fourni avec un score de qualité.

Interprétation sémantique

Principe

- Envoie de requête d'un humain/agent émetteur
- Interprétation par l'agent récepteur suivant son MRC



Interaction homme-machine

2 grands types d'approches

- Systèmes à base de règles [Sadek97]
  ⇒ une phrase est modélisée grâce à un ensemble de règles
- Systèmes par appariement statique [Paraiso05]
  ⇒ une phrase est appariée aux capacités prédéfinies du système

Questions :

- Règles
  ⇒ Besoin d'anticiper toutes les formulations de l'utilisateur !
- Appariement statique
  ⇒ Besoin d'anticiper toutes les actions possibles dans tous les états possibles !

Interaction agent-agent

Essentiellement focalisée sur la construction d'un alignement

- Approche par négociation sémantique [vanDiggelen06] [Morge07]
- Approche par optimisation d'alignement [Laera07] [Atencia07]

Questions :

- L'alignement est une étape
- Certains concepts n'ont pas forcément d'équivalents
  e.g. couleur, pourrait n'exister que pour certains agents
  $\Rightarrow$ *alignement insuffisant pour l'interprétation sémantique*

Notre contexte de travail

Le problème que nous étudions :

- L'interprétation des commandes sémantiquement hétérogènes :
  - Mesure sémantique relationnelle
  - Gestion dynamique de la qualité d'appariement requête/capacité
- Noyau indépendant de l'interaction :
  ⇒application humain/agent et agent/agent

Plan

1. Contexte
2. Aperçu de notre approche
3. Interprétation sémantique indépendante du type d'interaction
4. Degré de relation sémantique
5. Évaluation
6. Conclusion & Perspectives

Agent et capacités

Nos hypothèses de travail

- Les messages sont des *commandes*
- L'intervenant qui reçoit les commandes est un *agent informatique* :
  - Représentation explicite du monde (*i.e.* MRC)
  - Communication avec des agents et/ou humains

Capacité d'un agent informatique

- Une action que peut effectuer l'agent *à l'instant courant*
- *e.g.* « prendre la chaise » , « réserver un billet pour Paris le 11/12/08 vers 11H », etc.

Capacité

Agent VDL [Sabouret00]

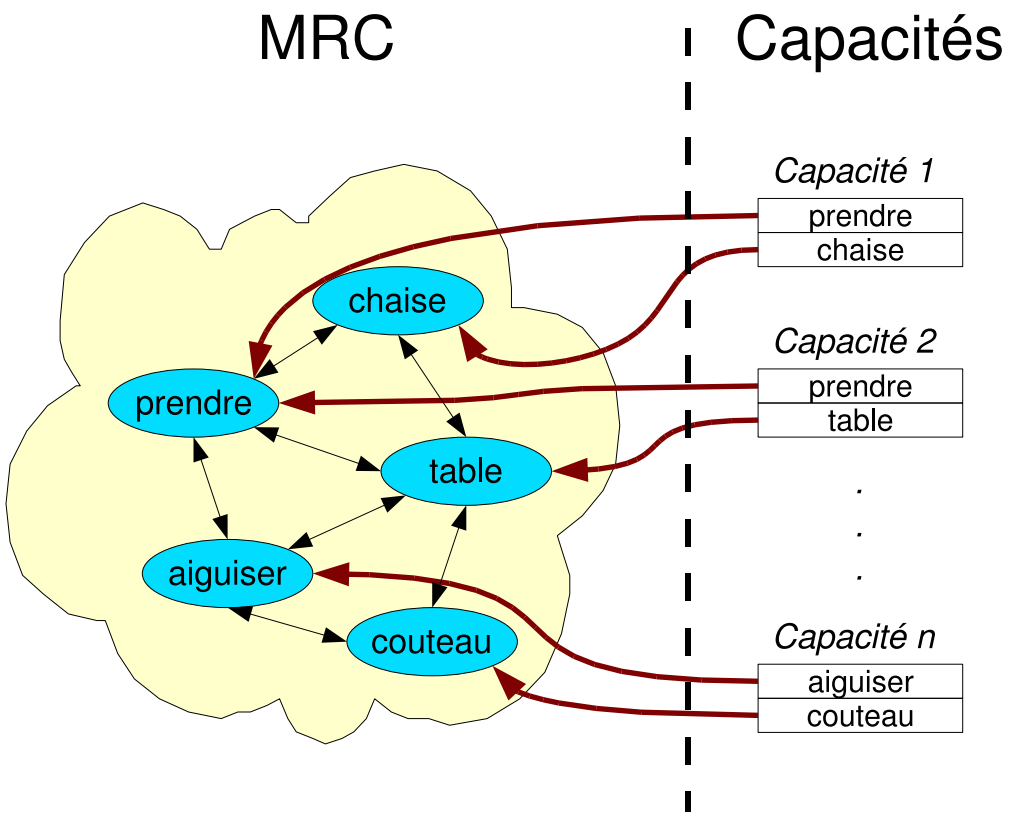
- Modèle d'action précondition/effet
- Chaque effet réel d'une action A possède un paramétrage :
  - Qui valide les préconditions
  - Qui défini l'effet

Ce paramétrage est une *capacité* de l'agent

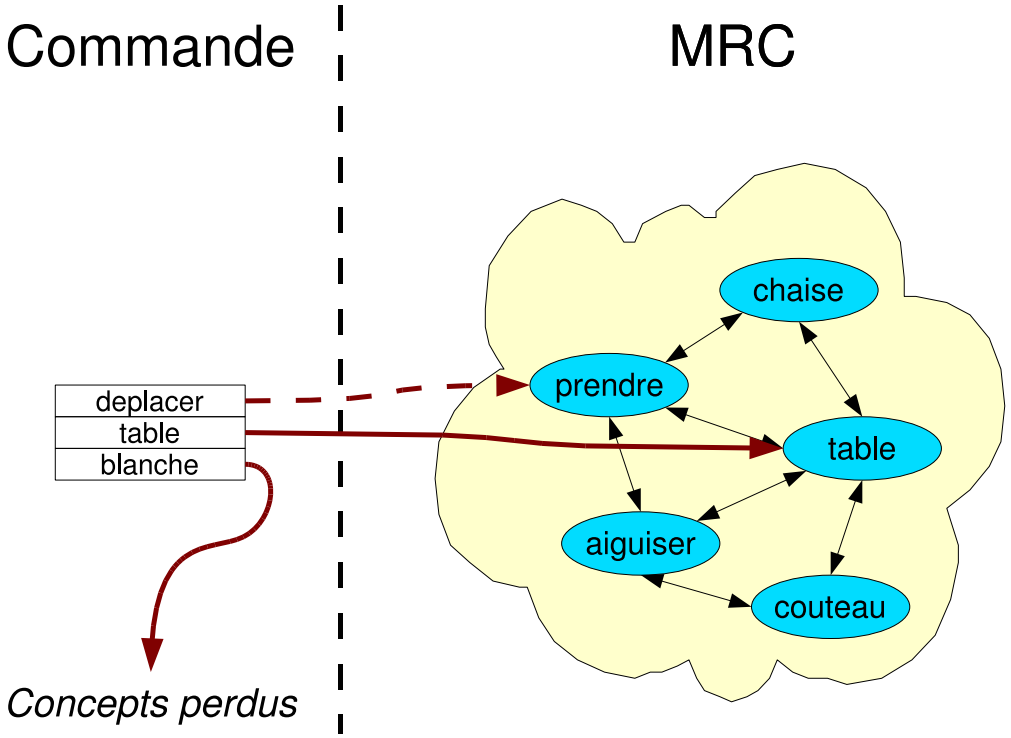
Exemple

Action $prendre(x) \Rightarrow$ capacités $prendre(table)$, $prendre(sac)$, etc.

Appariement des capacités avec le MRC



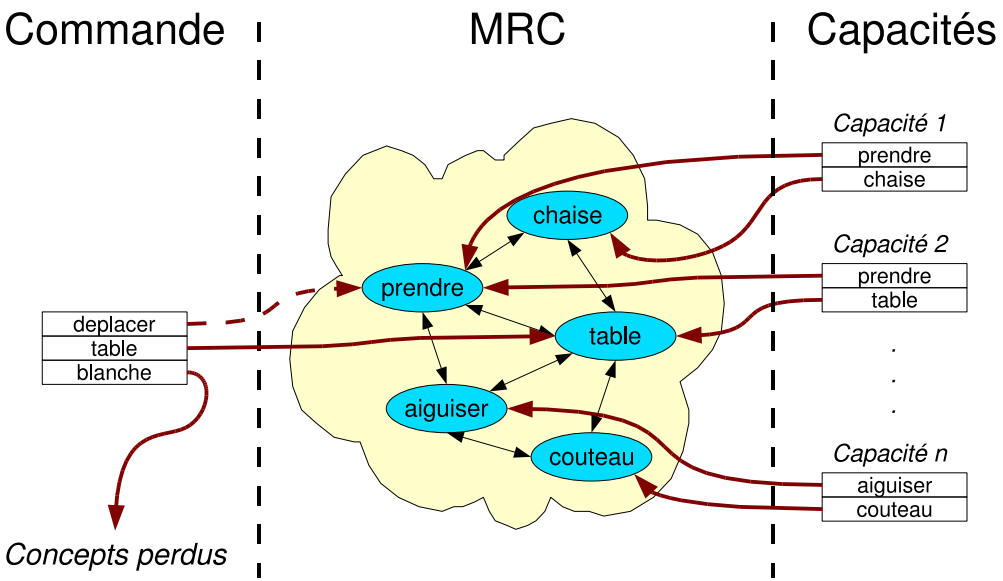
Appariement des commandes avec le MRC



Ancrage des commandes

- Possibilité de perte d'informations
- Possibilité d'approximation

Situation finale

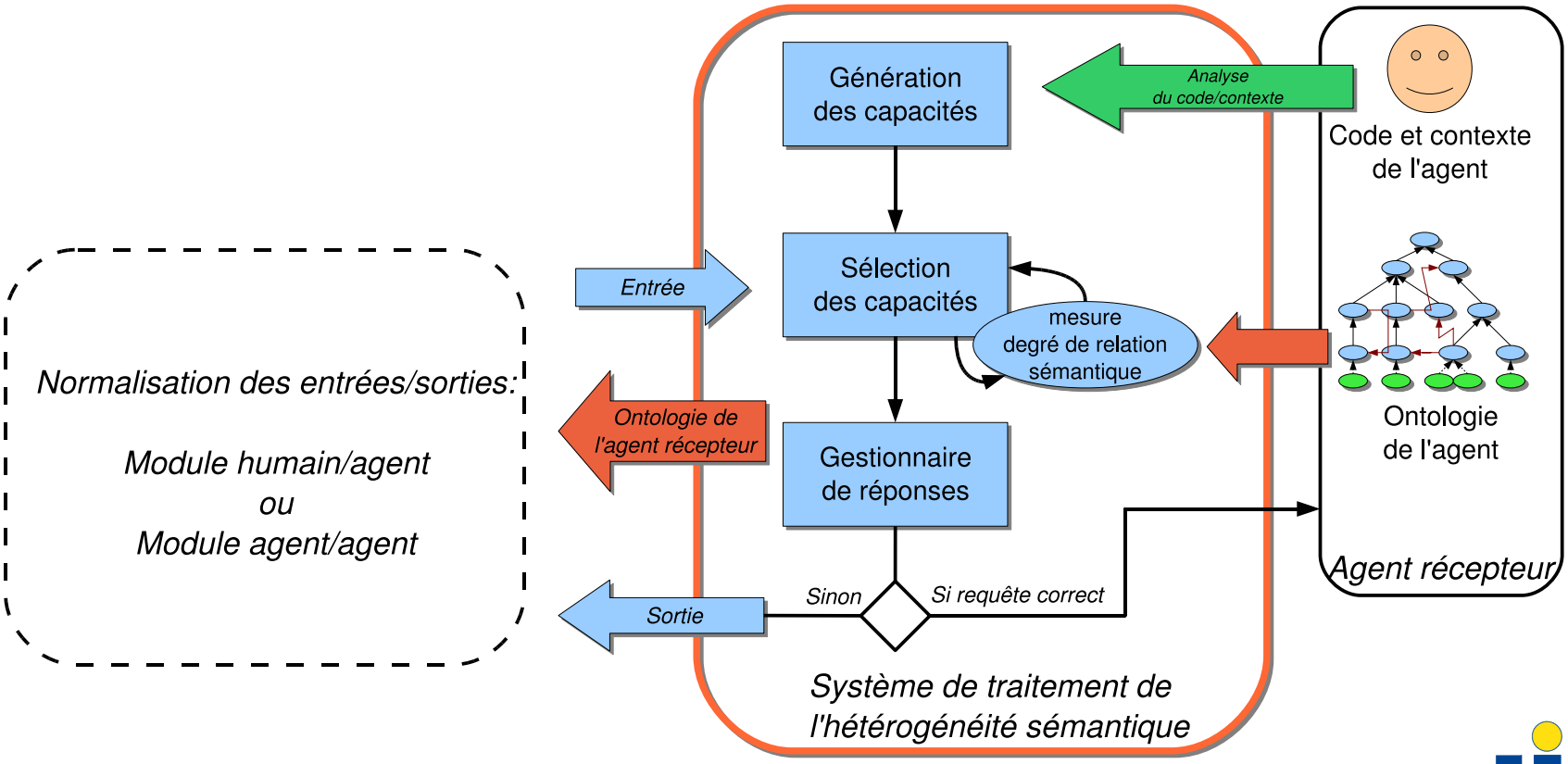


- Quelle(s) capacité(s) plus proche(s) de la commande ?
  $\Rightarrow$ *utilisation de mesures sémantiques*
- Que faire si plusieurs capacités sont équivalentes ? Si la perte d'informations crée des doutes/ambiguïtés ?
  $\Rightarrow$ *interprétation sémantique par appariement*

Plan

1. Contexte
2. Aperçu de notre approche
3. Interprétation sémantique indépendante du type d'interaction
4. Degré de relation sémantique
5. Évaluation
6. Conclusion & Perspectives

Architecture générale



Appariement des capacités

Vocabulaire

- A_{req}, arbre requête, A_{cap} arbre capacité
- $\Omega(A_{req}, A_{cap})$: ensemble des appariements entre A_{req} et A_{cap}
- $sem_{ONT}(x, y)$: distance sémantique dans le MRC

$$app(A_{req}, A_{cap}) = \frac{\max\limits_{S \in \Omega(A_{req}, A_{cap})} \left(\sum\limits_{x:y \in S} sem_{ONT}(x, y) \right)}{|A_{req}|}$$

Sélection des meilleurs capacités

Capacités générées *à l'instant courant*

- $\mathscr{E}$: l'ensemble des capacités possibles
- $\mathscr{F}$: l'ensemble des capacités impossibles

Meilleur score d'appariement

- $p_{\mathscr{E}}$: le meilleur score d'appariement entre A_{req} et une capacité possible de $\mathscr{E}$
- $p_{\mathscr{F}}$: symétriquement sur $\mathscr{F}$

$$p_{\mathscr{E}} = \max_{e' \in \mathscr{E}} app(A_{req}, e')$$

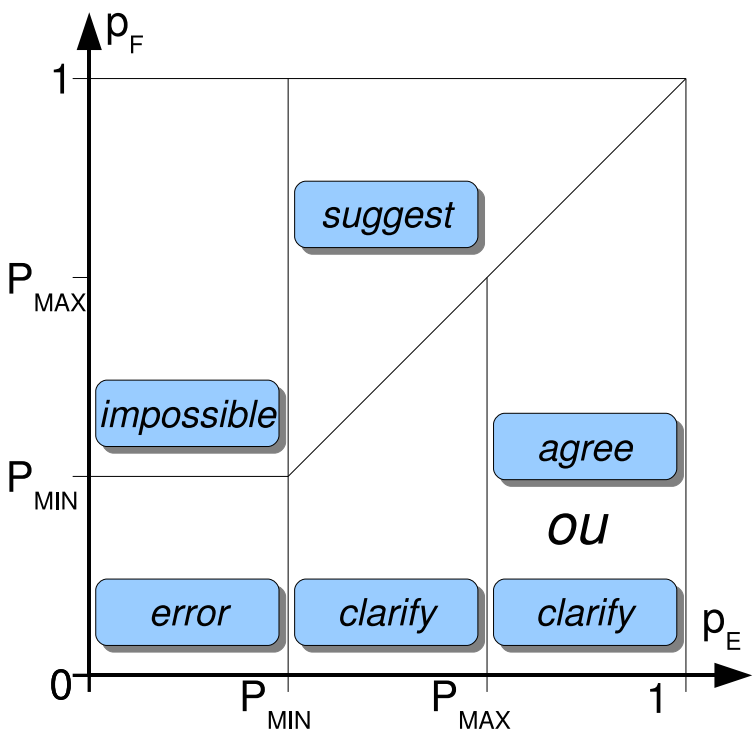
Sélection des meilleurs capacités - 2

Capacités filtrées

- $\mathscr{E}(A_{req})$: sous-ensemble de $\mathscr{E}$ de score $p_{\mathscr{E}} \pm \varepsilon$ sur A_{req}
- $\mathscr{F}(A_{req})$: sous-ensemble de $\mathscr{F}$ de score $p_{\mathscr{F}} \pm \varepsilon$ sur A_{req}

$$\mathscr{E}(A_{req}) = \{e \in \mathscr{E} | app(A_{req}, e) \geq p_{\mathscr{E}} - \varepsilon\}$$

Choix du type de réponses



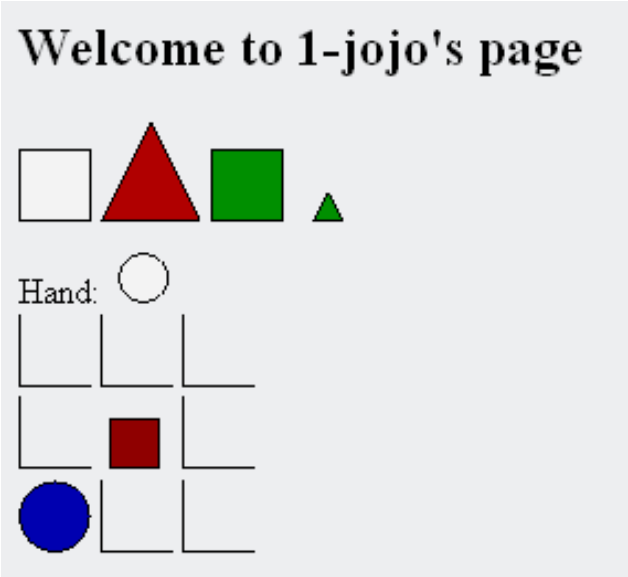
Critères de choix

- Seuils : p_{min} et p_{max}
- Cardinalité : $|\mathscr{E}(A_{req})|$ et $|\mathscr{F}(A_{req})|$
- Valeurs : $p_{\mathscr{E}}$ and $p_{\mathscr{F}}$

Cas du « ou »

- Situation $p_{max} \leq p_{\mathscr{E}}$ et $p_{\mathscr{F}} \leq p_{\mathscr{E}}$
- Choix :
  - Si $|\mathscr{E}(S_B)| > 1 \Rightarrow$ *clarify*
  - Sinon $\Rightarrow$ *agree*

Exemple



Exemple de requête

« Pose le cercle dans la ligne du bas »

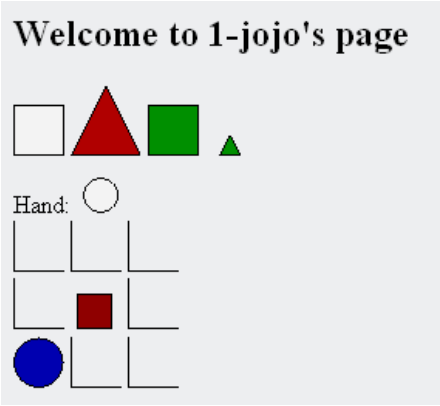
Capacités :

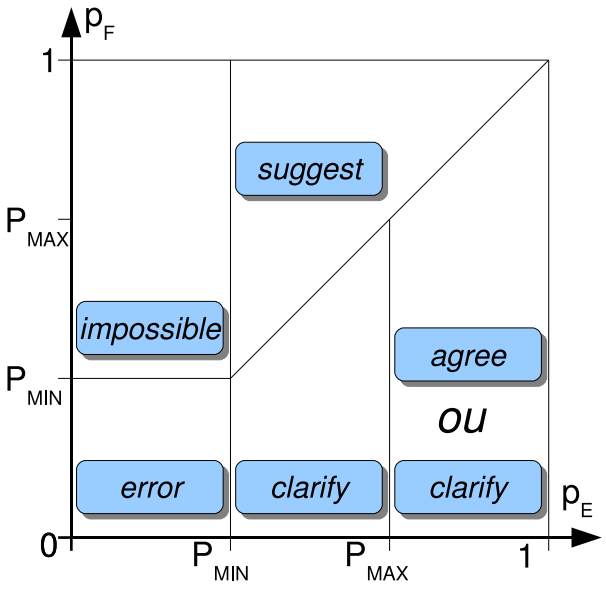
- $\mathscr{E}$: 7 cases libres
- $\mathscr{F}$: 2 cases occupées

Capacités filtrées :

- $\mathscr{E}(A_{req})$, $p_{\mathscr{E}} = 2/3$:
  - « poser, bas, droite »,
  - « poser, bas, centre »
- $\mathscr{F}(A_{req})$, $p_{\mathscr{F}} = 2/3$:
  - « poser, bas, gauche »

Exemple





Exemple de requête

« Pose le cercle dans la ligne du bas »

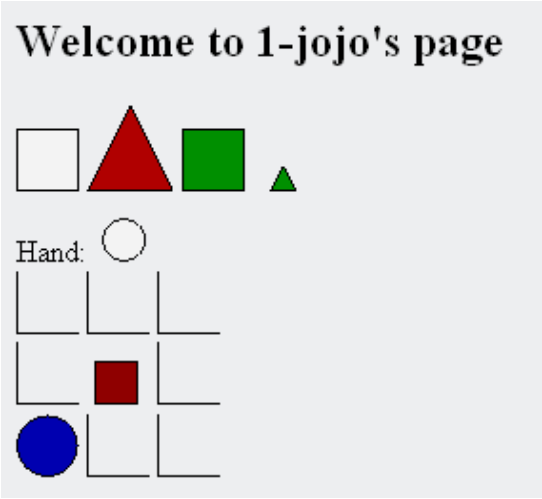
Score :

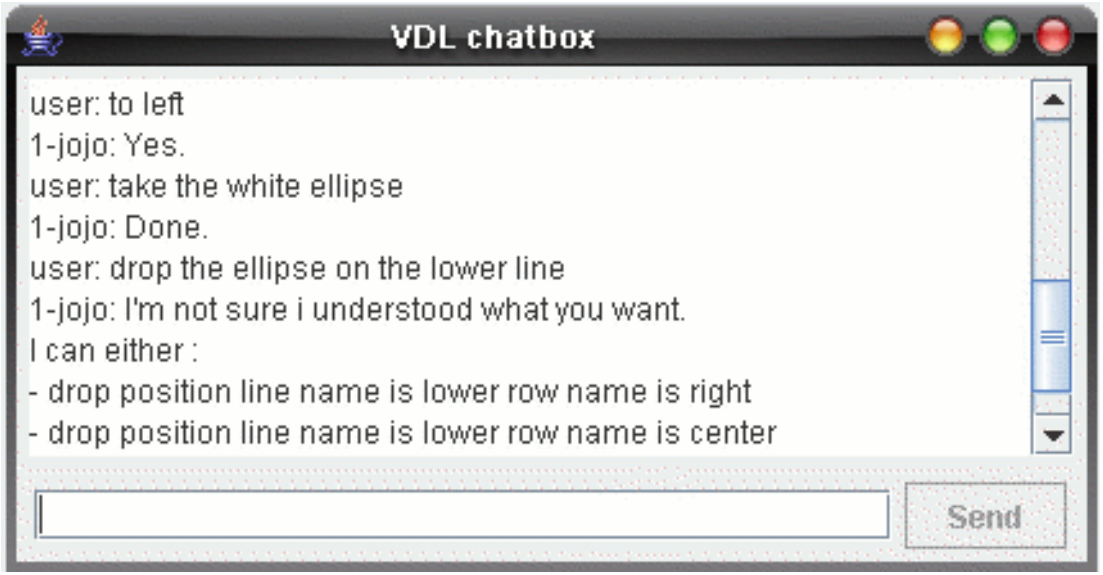
- $p_{\mathscr{E}} = 2/3,\ \mathscr{E}(A_{req}) = 2$
- $p_{\mathscr{F}} = 2/3,\ \mathscr{F}(A_{req}) = 1$

Performatif :

- *clarify*
  - « poser, bas, droite »,
  - « poser, bas, centre »

Exemple


Welcome to 1-jojo's page
Hand:


VDL chatbox
user: to left
1-jojo: Yes.
user: take the white ellipse
1-jojo: Done.
user: drop the ellipse on the lower line
1-jojo: I'm not sure i understood what you want.
I can either :
- drop position line name is lower row name is right
- drop position line name is lower row name is center
Send

Plan

1. Contexte
2. Aperçu de notre approche
3. Interprétation sémantique indépendante du type d'interaction
4. Degré de relation sémantique
5. Évaluation
6. Conclusion & Perspectives

Taxonomie augmentée

Principe

- Basée sur une hiérarchie de subsomption (unique et connexe)
- Acceptant des relations non-hiérarchiques (méronymie, etc.)
- *e.g.* le modèle SKOS [Miles05], tel que la relation *related* est spécialisée pour les relations non-hiérarchiques

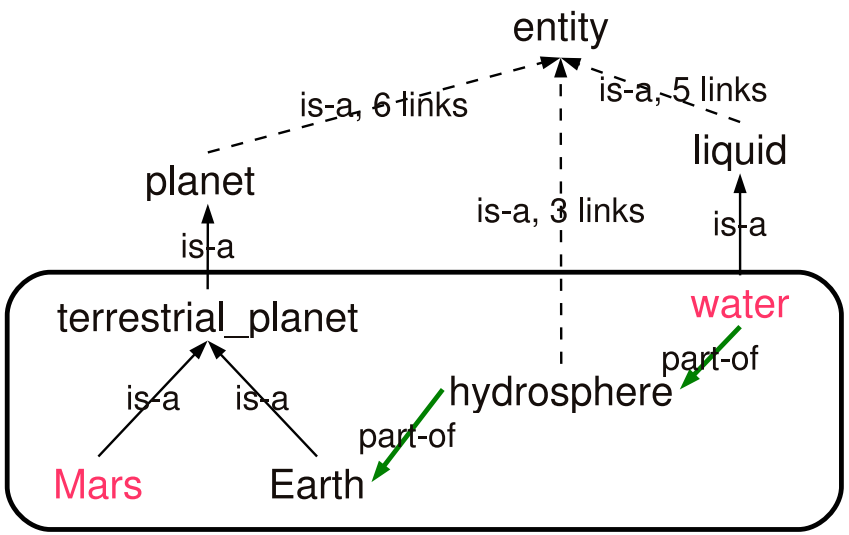
Plus formellement, $\mathscr{O} = \langle C, L_H, R, L_R \rangle$:

- C : classes
- $L_H \in C \times C$: relations hiérarchiques
- R : labels des relations non-hiérarchiques (*e.g. part-of*, etc.)
- $L_R \in C \times R \times C$: relations non-hiérarchiques

Chemin sémantiquement correct

Chemin sémantiquement correct

- Introduit par [Hirst&St-Onge98]
- Toujours utilisé : [Aleksovski06], [Hollink06]
- Trop de chemins possibles dans un graphe, certains sont incorrects *sémantiquement*
  $\Rightarrow$*ensemble de patterns basé sur les types d'arêtes*



Chemin de type unique : hiérarchie

Chemin de type unique (CTU)

- Chemin avec uniquement *un seul* type d'arêtes

CTU hiérarchique

- Approche par théorie de l'information [Resnik95]
- Chaque nœud a un poids :
  $\Rightarrow$ la fonction *Information Content* : $IC(x)$ [Resnik95, Seco04]
- Version pondération des arêtes [Jiang&Conrath97] :

$$W(path_{X \in \{isa, include\}}(x, y)) = |IC(x) - IC(y)|$$

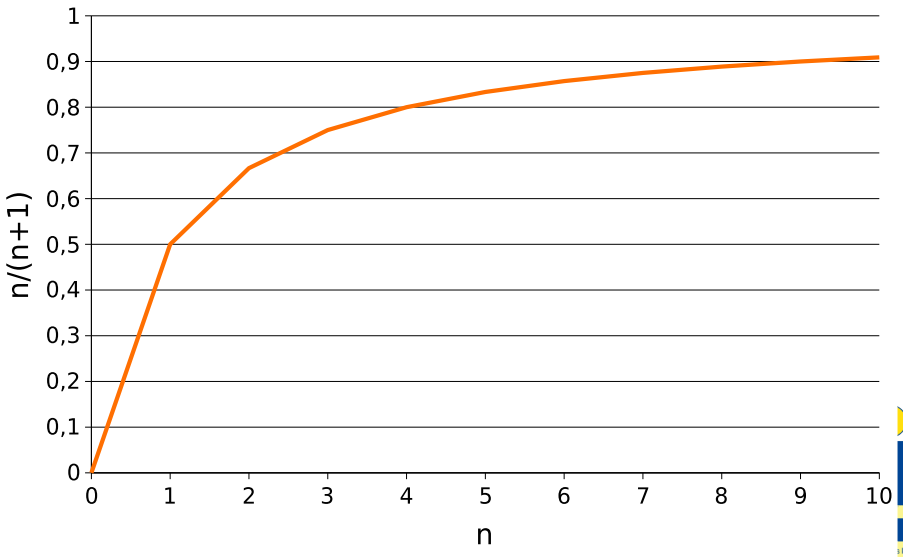
Chemin de type unique : non-hiérarchique

Chemin non-hiérarchique

$$W(path_X(x,y)) = TC_X \times \left(\frac{|path_X(c_1,c_2)|}{|path_X(c_1,c_2)|+1} \right)$$

Motivation

- TC_X : borne la valeur $[0, TC_X]$
- $\frac{n}{n+1}$: le poids ajouté diminue avec la longueur



Distance finale

Poids d'un chemin mixte (CTM)

- La fonction $T(path(x,y))$ décompose de manière minimale un CTM en CTU

$$W(path(x,y)) = \sum_{p \in T(path(x,y))} W(p)$$

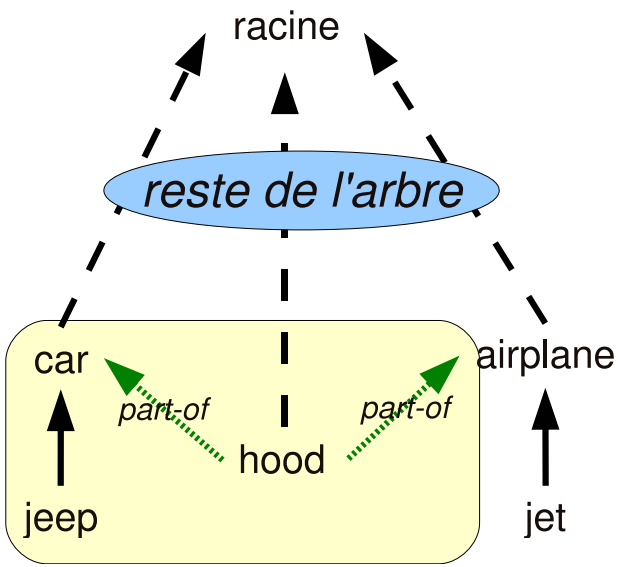
Distance finale

- Fonction $HSO(p)$ est *vraie* ssi p est valide selon les patterns de [HSO98].

$$dist(c_1, c_2) = \min_{\{p \in \pi(c_1,c_2) | HSO(p) = vraie\}} W(p)$$

Exemple

Calcul de distance entre *jeep* et *airplane*



CTU

- $\{jeep, car\}$: relation *is-a*
- $\{car, hood\}$: relation *has-part*
- $\{hood, airplane\}$: relation *part-of*

Valeurs indicatives

- $IC(jeep) = 1,0$
- $IC(car) = 0,68$
- $TC_{part\text{-}of} = 0,4$

Exemple - 2

Poids des CTU

- $\{jeep, car\}$: $|1,0 - 0,68| = 0,32$
- $\{car, hood\}$: $0,4 \times \frac{1}{1+1} = 0,2$
- $\{hood, airplane\}$: $0,4 \times \frac{1}{1+1} = 0,2$

Poids des 2 CTM HSO-corrects

- CTM $\{jeep, car, hood, airplane\}$
  $\Rightarrow W(\{jeep, car, hood, airplane\}) = 0,32 + 0,2 + 0,2 = 0,72$
- Poids du CTM hiérarchique
  $\Rightarrow W(\{jeep, wheeled\text{-}vehicle, airplane\}) = 0,79$

Distance finale

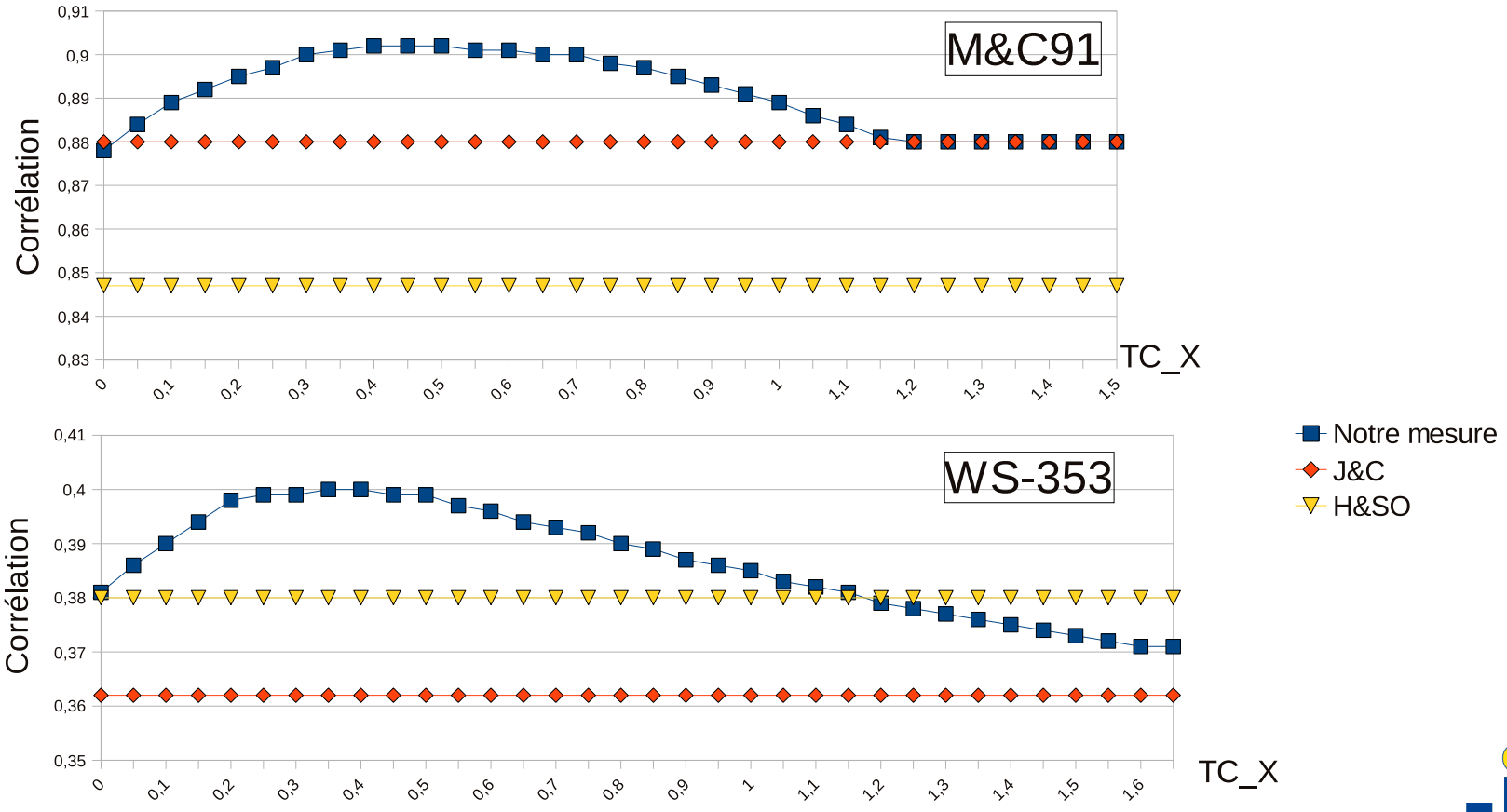
$dist(jeep, airplane) = min(\{0,72; 0,79\}) = 0,72$

Évaluation

- KR : WordNet 3.0, IC [Seco04], *part-of* uniquement
- Test : [Miller&Charles91], [Finkelstein01] ⇒ WS-353
  - M&C : 30 couples, *similarité* (e.g. magician-wizard)
  - WS-353 : 353 couples, *relationnels* (e.g. computer-keyboard)

	Corrélation	
Mesures	M&C	WS-353
Rada	0.638	0.249
Resnik	0.804	0.375
Lin	0.836	0.377
Jiang & Conrath	0.880	0.362
Hirst & St-Onge	0.847	0.380
Notre mesure, $TC_{part-of} = 0.4$	0.902	0.400

Étude de TC_X avec [M&C91] & WS-353



Plan

1. Contexte
2. Aperçu de notre approche
3. Interprétation sémantique indépendante du type d'interaction
4. Degré de relation sémantique
5. Évaluation
6. Conclusion & Perspectives

Présentation des évaluations

2 évaluations :

- Une évaluation humain/agent
  $\Rightarrow$ TAL et utilisateurs humains
- Une évaluation agent/agent
  $\Rightarrow$ protocole automatique, modélisation d'agents et d'ontologies

Objectif de l'évaluation

Objectif

- Tester le noyau d'interprétation sémantique :
  - Sélection des capacités
  - Gestion de réponses

Contexte

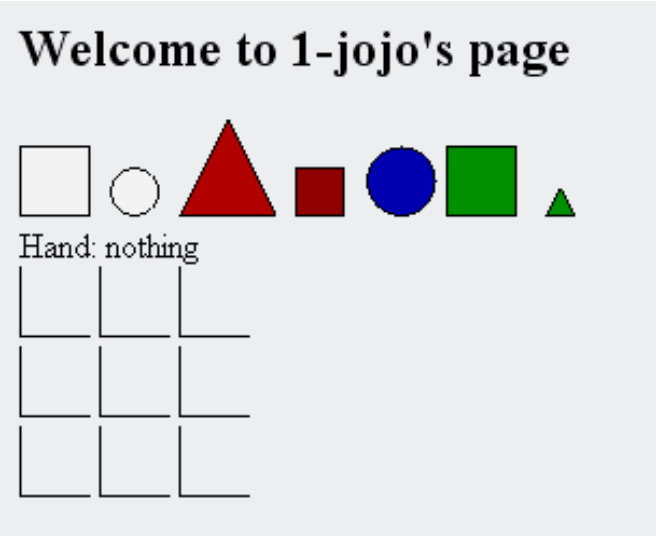
- Pas encore de mesure relationnelle :
  $\Rightarrow$c'est cette évaluation qui nous a convaincu du besoin !

Protocole d'évaluation

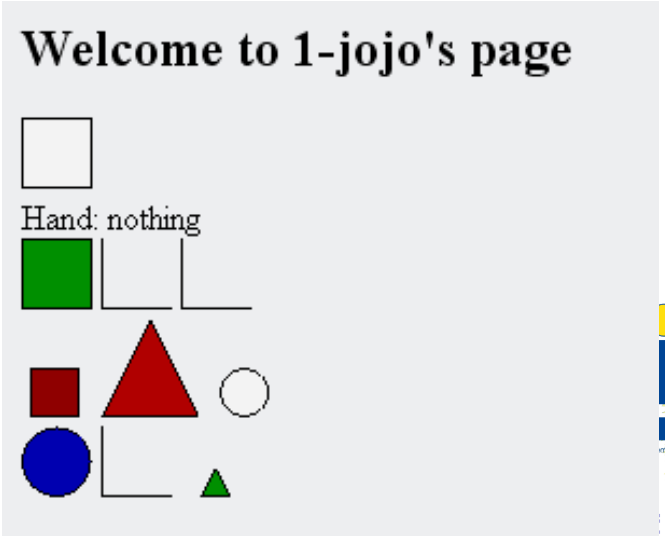
Protocole

- 12 personnes
- Une tache à accomplir, uniquement en langue naturelle
- Un questionnaire d'évaluation à base de notes

État initial



État final



Résultat

Commentaires

- Le feed-back aide à la compréhension des attentes et du vocabulaire de l'agent
- La gestion des contextes impossibles aide à relancer les interactions problématiques
- *Besoin de relation sémantique, dû au vocabulaire large et imagé des utilisateurs*

Objectif de l'évaluation

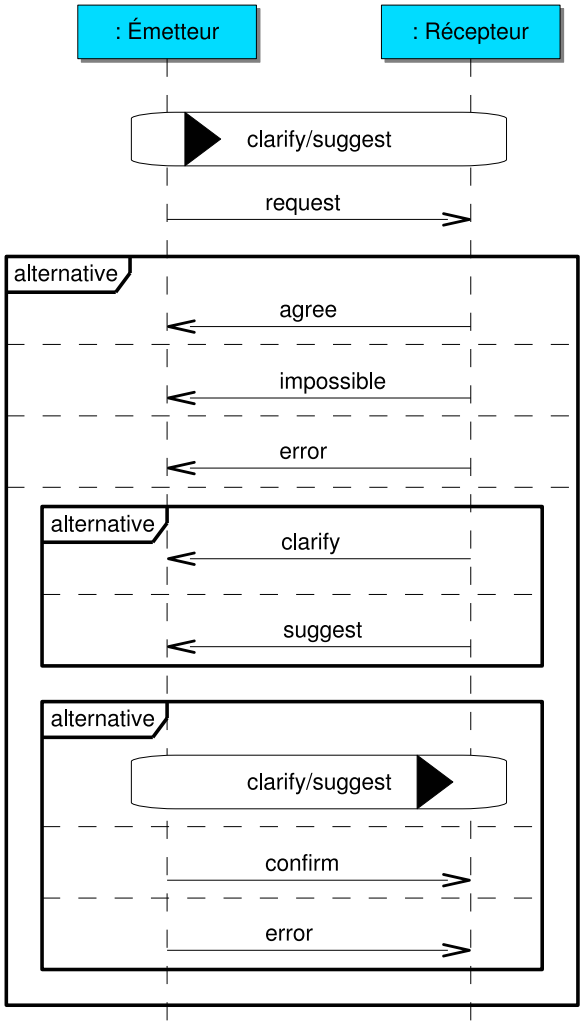
Objectifs

- Tester le noyau d'interprétation sémantique :
  - Sélection des capacités
  - Gestion de réponses

Contexte

- Pas de SMA réel utilisable ⇒ génération automatique :
  - Ontologie : hiérarchie uniquement
    ⇒pas de « sémantique automatique »
  - Agents : capacités possibles uniquement
    ⇒ pas de « sémantique impossible »

Protocole de communication



Protocole AUML 2.1

Performatifs

- *request* : envoie de requête
- *agree* : requête comprise
- *impossible :* requête comprise, mais impossible
- *error* : requête non-comprise
- *clarify* : requête comprise, mais ambiguë
- *suggest :* requête comprise, mais impossible
- *confirm :* proposition du système acceptée

Protocole d'évaluation

Génération automatique d'agents et d'ontologies

- Ontologie simple à deux niveaux (T et S)
- Nombres de capacités de l'agent récepteur (N_{cap})
- Intersection des ontologies (P_{inter})
- Similitudes entres capacités (P_{match})

Trois paramètres surveillés

- R_{direct} : Ratio de requête directement traitée
- $R_{impossible}$: Ratio de requête impossible (modèle généré dur)
- $R_{clarify}$: Ratio de requête « sauvée » par notre protocole

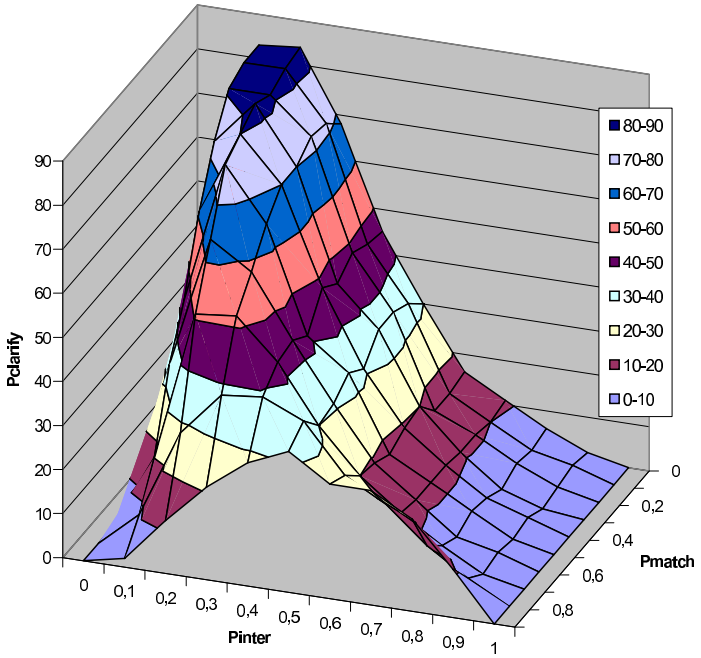
Résultat

Efficacité

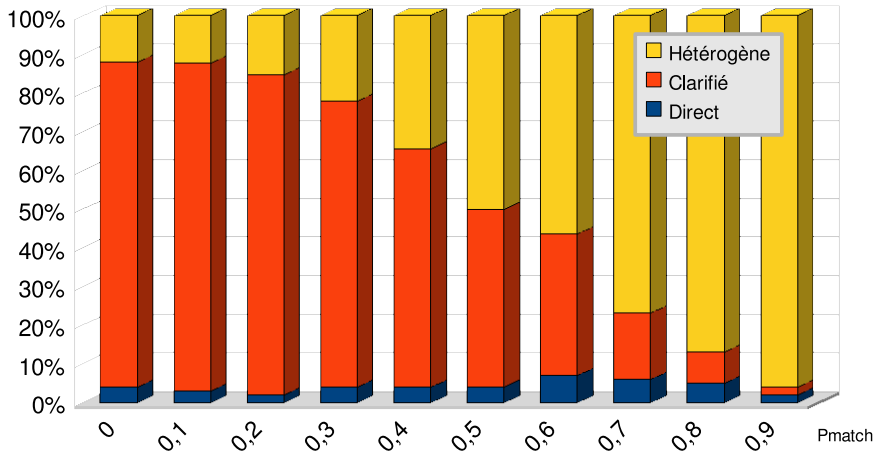
- Les résultats sont convergents
- Utile si P_{inter} faible et P_{match} faible
- Jusqu'à $R_{clarify} = 0,8$ sur notre protocole généré automatiquement

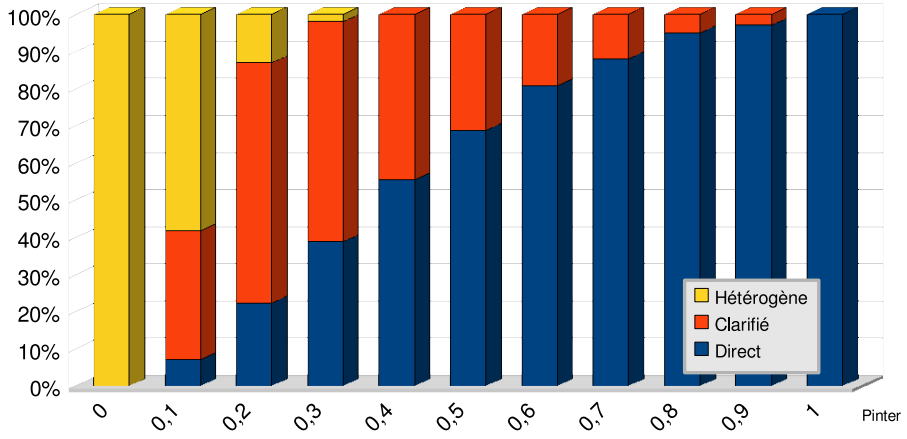
Limites

- Moins utile si beaucoup de concepts dans la requête $\Rightarrow$ requête moins ambiguë
- Si P_{inter} fort $\Rightarrow$ modèle moins hétérogène

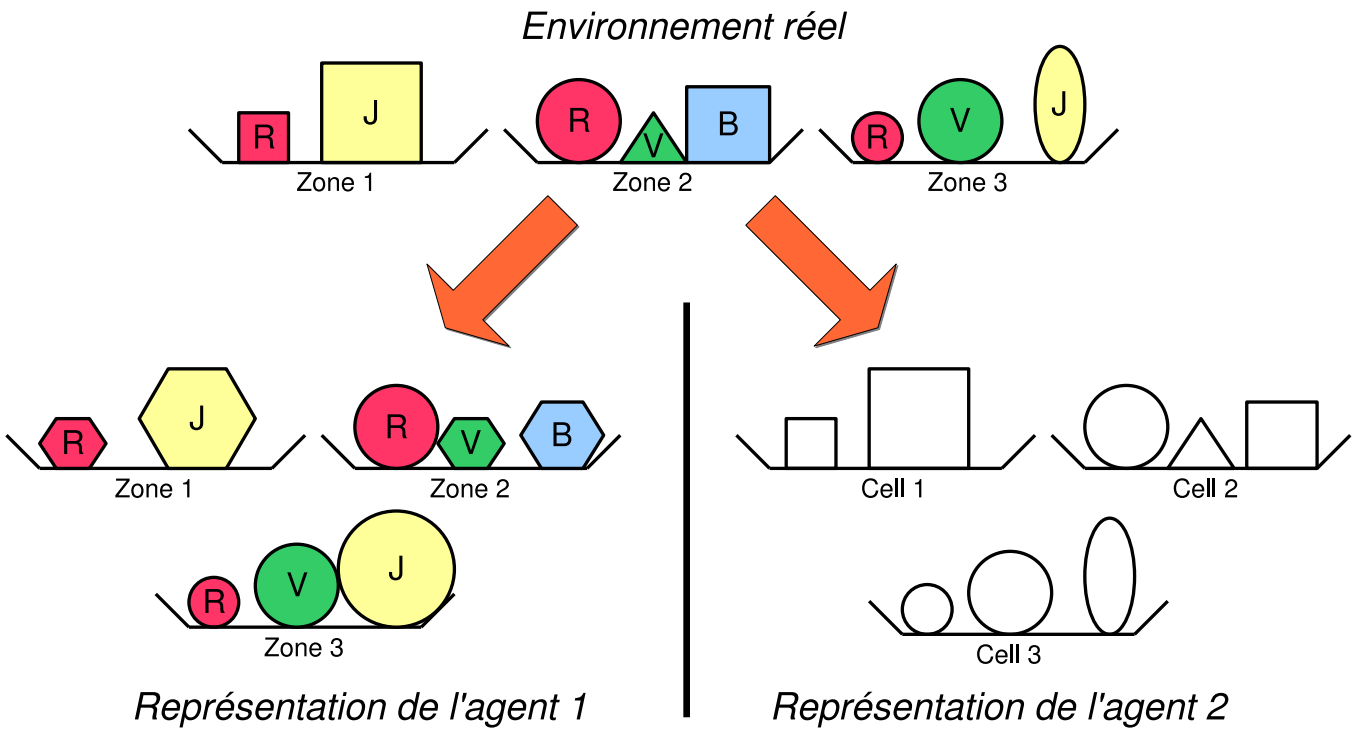


Résultat - 2


100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Hétérogène
Clarifié
Direct
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
Pmatch


100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Hétérogène
Clarifié
Direct
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
Pinter

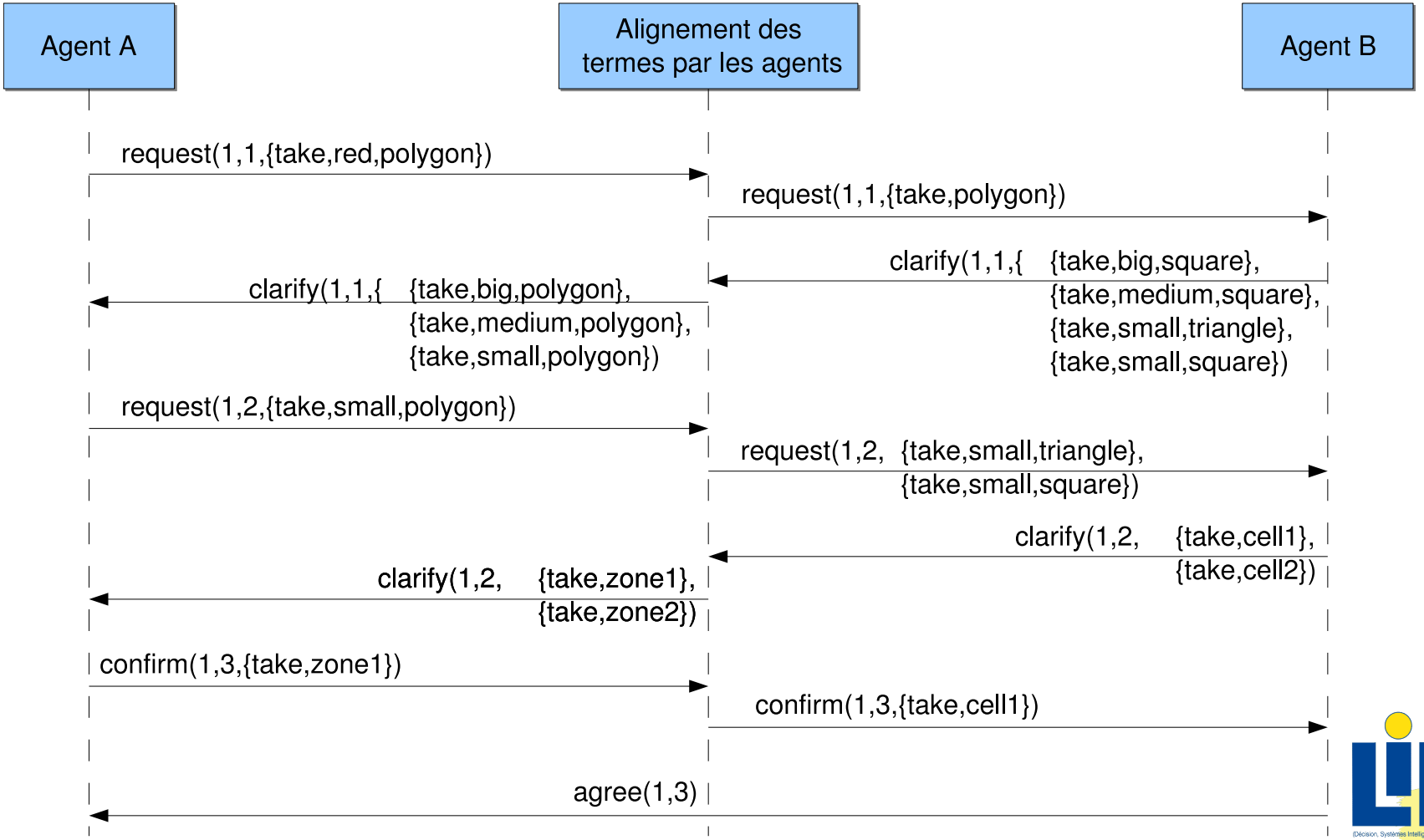
Exemple d'application



Message de l'agent 1

$take(red, polygon)$

Exemple d'application - 2



Plan

1. Contexte
2. Aperçu de notre approche
3. Interprétation sémantique indépendante du type d'interaction
4. Degré de relation sémantique
5. Évaluation
6. Conclusion & Perspectives

Conclusion

Contributions

- Un modèle d'interaction pour le traitement de l'hétérogénéité sémantique
- Une mesure de degré de relation sémantique dans les taxonomies augmentées
- Des applications :
  - En humain-agent : TAL, ancrage sémantique
  - En agent-agent : utilisation d'alignement, protocole d'interaction
- Un système implémenté :
  - Bibliothèque *Java Semantic Library* (10000 lignes de codes)
  - Intégration dans VDL (12000 lignes de codes)

Perspectives

Théorie

- Mesure de degré de relation sémantique sur les ontologies
  ⇒ OWL Lite ?
- Interprétation top-down des commandes non prévues
  ⇒ Composition de réponses : thèse de Yasmine Charif, 2007
- Modélisation des actions des autres agents
  ⇒ Apprendre les agents : thèse de Shirley Hoet, 2008-2011

Évaluation

- Besoin d'une application réelle :
  - Tester notre mesure sur des ontologies complexes
  - Tester notre modèle agent/agent sur de grands SMA réels
  - Tester notre modèle sur un agent conversationnel réel

C'est la fin !

Merci pour votre attention !

Des questions ?

Publications représentatives

- L. Mazuel, N. Sabouret. Semantic relatedness measure using object properties in an ontology. Dans *7th International Semantic Web Conference (ISWC'08)*, pp. 681–694, Springer, 2008.
- L. Mazuel, N. Sabouret. Generic command interpretation algorithms for conversational agents. Dans *Web Intelligence and Agent Systems*, (IOS press), Vol.6, N°2. Avril 2008
- L. Mazuel, N. Sabouret. Un modèle d'interaction pour des agents sémantiquement hétérogènes. Dans *16e Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents (JFSMA'08)*, 2008.
- L. Mazuel, N. Sabouret. Modeling user's commands using ontologies. Dans *Workshop on Communication between Human and Artificial Agents (CHAA07, IAT07 Workshop)*, pp. 1–4, IEEE Computer Society, 2007.