



UNIVERSITÉ DE
RENNES 1



Inserm

INSERM STEM CELL AND BRAIN RESEARCH INSTITUTE

RAPPORT DE STAGE DE L3

MODÈLE DE SITUATION :
UNE STRUCTURE NARRATIVE POUR LES INTERACTIONS
HOMMES-ROBOTS

Auteur :

Solène MIRLIAZ

Encadrants :

Peter Ford DOMINEY

Grégoire POINTEAU

École normale supérieure de Rennes
Département Informatique
et télécommunications
Parcours Recherche et Innovation -
Licence 3
Université de Rennes 1



RÉSUMÉ

Chez l'être humain, la transmission de connaissances passe grandement par le langage. À l'échelle d'une phrase, le langage permet de parler d'un événement, mais à l'échelle d'un discours il permet d'ajouter du sens causal, temporel ou intentionnel entre ces événements. La compréhension automatique du sens d'une phrase isolée (qui a fait quoi à qui) est déjà possible, grâce à des réseaux de neurones entraînés, car la structure des phrases est connue. En généralisant, la compréhension d'un discours complet peut se faire si on dispose d'une structure adaptée : le Modèle de Situation.

Mots-clés : Narration, modèle de situation, langage, apprentissage, robotique

INTRODUCTION

Compréhension de discours La communication verbale est un vecteur fondamental pour l'apprentissage. La capacité à comprendre les mots, les phrases et enfin les discours s'acquière progressivement pour l'enfant. La décomposition grammaticale des phrases est aujourd'hui bien maîtrisée informatiquement, principalement grâce à des outils statistiques. Mais la compréhension automatique de discours complets n'est en revanche pas acquise.

Chez l'enfant Durant le développement cognitif de l'enfant, la capacité à comprendre un discours est apprise par étapes [5]. Dans un premier temps, l'enfant a conscience d'un ensemble d'événements canoniques via son système de perception, par exemple prendre un objet, dire une phrase, etc. Puis, les parents donnent un discours structuré de ces événements, liant certains entre eux, ajoutant ou omettant des informations. En mémoire, on obtient une structure réunissant ces événements et liens : c'est le *Modèle de Situation* [2]. L'ensemble des structures constituent un corpus pour comprendre de nouveaux discours. Ce corpus fournit des structures-types d'interactions. Ainsi, lors d'une nouvelle interaction les relations implicites entre les événements deviennent explicites par application des structures connues.

Exemple L'enfant voit les événements canoniques suivants : Individu A dit « Attrape! », Individu A envoie une balle et Individu B l'attrape. Le discours fourni par le parent est « A a dit « Attrape! » car il voulait que B récupère la balle ». On a ici un lien causal ("car") entre "dire" et "vouloir". La structure-type de l'interaction est qu'un individu dit « Attrape! » quand il souhaite que son Interlocuteur attrape. Si un individu dit « Attrape! », l'enfant peut comprendre son intention.

En robotique Dans le cadre de la robotique développementale, on cherche à reproduire ces étapes. L'acquisition des événements canoniques et la décomposition des phrases sont déjà mises en place. On cherche désormais à comprendre les discours humains, ie à associer les mots du discours (la forme) à leurs événements en mémoire (le sens), en conservant la structure du premier. Le *Modèle de Situation* sera l'interface entre le sens et la forme et conservera les liens structurant le discours.

TABLE DES MATIÈRES

1	Contexte	2
1.1	Projet WYSIWYD	2
1.2	Base de travail	2
1.3	Problématiques	4
2	Contribution	6
2.1	Conception d'un modèle	6
2.2	ABMtoSM : Extraction et Structuration automatique	7
2.3	LRHtoSM : Liens apportés par le discours	8
2.4	SMtoLRH : Création d'une narration	8
2.5	LRHtoBlankSM : Du discours au Modèle de Situation	9
2.6	SMtoTrain : Génération automatique d'un corpus	10
3	Résultats	11
3.1	ABMtoSM	11
3.2	SMtoTrain	11
3.3	LRHtoSM	13
3.4	LRHtoBlankSM	14
3.5	SMtoLRH	14
3.6	Autre langue	15

1 CONTEXTE

1.1 PROJET WYSIWYD

WYSIWYD Le projet européen WHAT YOU SAY IS WHAT YOU DID (WYSIWYD) [7], qui s'inscrit au sein du développement du robot iCub, a pour ambition d'améliorer les interactions hommes-robot via une communication basée sur le langage. Cette communication passe pour le robot, par la capacité à comprendre et interpréter ses actions ou celles d'autres agents l'entourant.

Sens et forme Une première étape pour comprendre le discours est de faire le lien entre la *forme* (le mot) et le *sens*. Par exemple le mot *take* est associé au fait de prendre un objet. Chez l'être humain, l'enfant connaît aussi un ensemble d'événements canoniques grâce à sa perception de l'environnement et de lui-même. Il a aussi appris les mots décrivant ces événements grâce aux adultes. Le robot dispose d'un ensemble d'événements canoniques : *take, look, say, reason*, etc et des mots les représentant.

Le discours Chez l'enfant, la capacité à comprendre et construire un discours est apprise par l'exemple. Durant son développement, il entend les adultes raconter les événements qui ont eu lieu, sous forme de discours construits. Tous les événements ayant eu lieu ne sont pas racontés, seuls ceux importants¹ sont évoqués. Certains événements dont l'enfant n'a pas connaissance peuvent aussi être ajoutés (par exemple les états mentaux des autres agents). Le *Modèle de Situation* est la structure contenant et liant les événements. Il permet de rendre explicites les sens implicites à la seule observation des événements.

Exemple Alex prend un jouet à Béatrice. Un adulte dit à Alex « Béatrice est triste car tu lui as pris le jouet. ». Alex apprend ainsi un nouveau fait (Béatrice est triste) mais il établit aussi un lien causal entre le fait de prendre le jouet et la tristesse de Béatrice.

Application au robot Le robot doit donc être capable de construire le Modèle de Situation support du discours. Ce modèle doit pouvoir être complété par de nouveaux événements ou état mentaux que le discours apporterait. Il doit aussi conserver les liens temporels ou causaux entre les événements.

1.2 BASE DE TRAVAIL

Atome de sens Par atome de sens on désigne l'ensemble constitué d'un Prédicat, d'un Agent, d'un Objet et d'un Complément — ces deux derniers étant optionnels — qui permet de décrire un événement. En anglais on utilise les termes Predicate, Agent, Object et Recipient d'où l'abréviation PAOR. Les quatre éléments sont toujours donnés dans le même ordre P, A, O puis R et par abus de langage on dira que le sens d'une phrase est "Prédicat Agent Objet Complément".

1. La notion d'importance peut ici avoir plusieurs sens. Il peut s'agir de l'importance pour comprendre le déroulement des événements, mais aussi de l'importance d'un événement particulier pour donner de l'attrait à l'histoire, la rendre unique et intéressante à entendre.

Exemple "*I give it to you*" a pour sens "*give I it you*". On prend dans l'ordre P-A-O-R, Prédicat : *give*, Agent : *I*, Objet : *it* et enfin Complément : *you*.

OCW et CCW Ces mots porteurs de sens sont les *mots de classe ouverte* (*Open Class Words*, OCW), par opposition avec les *mots de classe fermée* (*Close Class Words*, CCW) tels que "*the, to, a, an, ...*", qui donne la structure de la phrase.

Mémoire autobiographique Au cours d'une interaction, le robot va, comme l'enfant, mémoriser l'ensemble des événements qu'il perçoit. Cela constitue sa *Mémoire Autobiographique* (*Autobiographical Memory*, ABM). Cette mémoire est une base de données SQL (Voir Annexes). Chaque événement perçu (*take, look, say, ...*) y est enregistré temporellement dans la table principale. D'autres tables peuvent apporter des informations complémentaires (par exemple les relations liant les agents ou les objets au moment de l'événement : *I want the toy, Sam has the toy, etc*).

Remarque La structure de l'ABM entraîne une distinction entre deux types d'atomes de sens : les *événements d'actions* qui respectent cette structure à quatre éléments et qui correspondent à des actions dans la table principale (*take, look, etc*), et les *relations* qui sont composées d'au moins Sujet, Verbe, Complément mais peuvent contenir jusqu'à six éléments (Temps, Lieu et Manière). Elles décrivent des états (*want, have, etc*) dans une table secondaire de l'ABM. Transformer une relation en un atome de sens n'est qu'une question de nommage.

Par ailleurs, la majorité des événements d'actions sont séparés en deux événements dans l'ABM : le début et la fin de l'action (cet événement de fin contient par exemple le statut de l'action : échec ou succès).

Modèle d'acquisition du langage En parallèle, le robot dispose aussi d'un système d'interprétation grammaticale (*Language Reservoir Handler*, LRH). Il utilise un réseau de neurones récurrent, le *réservoir*, qui extrait le sens d'une phrase sous réserve de l'avoir entraîné. Une même phrase peut être découpée en plusieurs atomes de sens (Figure 1). Les CCW sont une entrée du réservoir qui lui permet de comprendre la structure grammaticale de la phrase afin d'en extraire les OCW.

Le système apprend via un corpus associant forme (la phrase) et sens. Le système ne peut comprendre une phrase que si sa structure grammaticale a déjà été rencontrée dans le corpus d'apprentissage. Chez l'enfant, la création du corpus se fait automatiquement en écoutant les adultes. Ce processus doit être automatisé chez le robot.

Mots de liaison Dans son traitement de la phrase, le LRH doit pouvoir extraire les *mots de liaisons* : "*but, because, etc*" (*Discourses Function Words*, DFW). Ces mots ont un statut particulier : contrairement aux autres mots de classe ouverte, ils ne se rapportent pas à un atome de sens. Ils structurent le récit, comme les CCW structurent la phrase. Ils portent néanmoins un sens (causal, temporel, etc). Ces mots sont appris par cœur par l'enfant (comme les CCW), du fait de leur plus grande fréquence

que les autres OCW. En revanche leur sens est appris par l'exemple. Étant en nombre fini et peu nombreux (une vingtaine environ pour l'anglais), il est donc raisonnable que l'on donne au robot la liste de ces mots mais sans en préciser le sens. Le robot comprendra que le mot "*because*" a un sens causal ou que "*then*" a un sens temporel grâce à leurs usages respectifs.

Les DFW seront extraits comme les autres OCW, mais dans une unité de sens à part (Table 2).

1.3 PROBLÉMATIQUES

Modèle intermédiaire On dispose donc d'une part du sens des événements ayant eu lieu grâce à l'ABM et au lien avec la forme grâce au LRH (sous réserve de l'avoir entraîné). Une première approche serait de prendre tous les événements de l'ABM dans l'ordre (temporel), d'ajouter ceux inconnus qui sont apportés par le discours puis de tracer des liens entre ces événements grâce aux DFW.

Mais cela présente un défaut majeur : la linéarité de l'enchaînement des événements ne permet pas de comprendre le sens des DFW, de faire la différence entre temporel et causal (Figure 1). La structure formée par le lien ne peut pas être réappliquée à une nouvelle interaction.

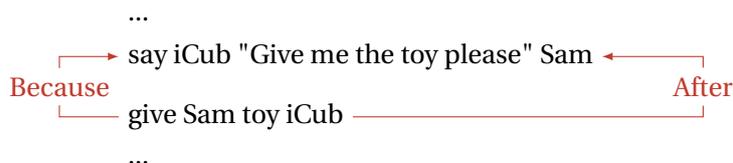


FIGURE 1: Liens dans la suite d'événements
La différence de sens entre "*because*" et "*after*" n'est pas perceptible sur une suite linéaire d'événements.

Il est donc nécessaire de structurer l'ensemble des événements afin que les relations temporelles et causales soient distinguables. En plus de ces relations, les graphes sémantiques de Rastier suggèrent aussi de pouvoir lier une action à son but, au résultat attendu. Cela revient à ajouter une dimension hypothétique aux dimensions temporelle et causale.

Le modèle intermédiaire structurant les événements est le *Modèle de Situation (Situation Model, SM)*.

SENS		FORME
Mots de classe ouverte :	Focus	Phrase
Prédicat Agent Objet Complément		
failed I,	[A-P-_-_-_-_-_-_-_-]	
grasp I it,	[A-_-P-0-_-_-_-_-_-_-]	I failed to grasp it

TABLE 1: Forme et sens dans le LRH
Le LRH extrait les deux unités de sens. Le sens ne se compose pas uniquement des mots de classes ouvertes mais aussi de leur position dans la phrase de départ. Cette information est contenu dans le Focus, qui pour chaque élément de l'unité de sens (P, A, O ou R) donne sa position dans la phrase (relativement aux mots de classe ouverte uniquement).

SENS		FORME
Mots de classe ouverte : Prédicat Agent Objet Complément	Focus	Phrase
first ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
wants iCub croco ,	[_-A-P-0-_-_-_-_-_-]	first iCub wants the croco
but ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
failed he ,	[_-A-P-_-_-_-_-_-_-_-]	
grasp he it	[_-A-_-P-0-_-_-_-_-_-]	but he failed to grasp it
,	[_-_-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
reasons iCub ,	[A-P-_-_-_-_-_-_-_-_-]	iCub reasons

TABLE 2: Extraction des DFW

Par convention, la première unité de sens d'une phrase contiendra les DFW. Elle est laissée vide s'il n'y en a pas.

Interactions entre les composants Le système fonctionne avec trois composants devant communiquer ensemble. On distingue cinq processus d'échange (voir Figure 2)

ABMtoSM (1) Depuis l'ABM, le SM doit pouvoir être créé automatiquement. L'ensemble des événements est d'abord extrait et les informations utiles sont sélectionnées. Puis ces événements sont assemblés dans le SM en respectant certaines règles afin d'obtenir une organisation temporelle et causale. Ce processus, interne au robot, doit être automatique afin d'être transparent.

LRHtoSM (2) Depuis le LRH, on peut obtenir le sens de phrases humaines. Dans le cadre d'un discours, ces phrases créent des liens entre les événements. En reconnaissant les événements connus du SM, le processus doit être capable de compléter le modèle avec des liens narratifs.

SMtoLRH (3) Depuis un SM enrichi de liens narratifs, le processus doit créer un discours à destination du LRH, c'est-à-dire un ensemble de sens et de mots de liaison qui permettrons au LRH de produire des phrases.

LRHtoBlankSM (4) Depuis le LRH, ce processus reçoit un discours dont il ne connaît aucun événement. Il construit le SM à partir de sa connaissance des DFW et de précédents SM.

SMtoABM (5) Depuis le SM, l'ensemble des événements peut être enregistré dans la mémoire. Ce processus n'a pas été implémenté.

Apprentissage du langage L'ensemble des interactions avec le LRH suppose qu'il soit entraîné. En pratique on souhaite que le robot puisse créer le *train*, comme un enfant apprendrait progressivement la grammaire. Ainsi le vocabulaire (les verbes, agents ou objets) est connu du robot. Il peut comprendre une phrase s'il reconnaît les mots présents et peut l'associer à un événement qu'il connaît (il peut ainsi déduire si un agent est sujet ou destinataire). Ce processus, similaire à celui du développement de l'enfant et baptisé SMtoTrain, a été construit. Il intervient avant le processus LRHtoSM (2), à partir d'un SM et d'une narration sur l'interaction décrite par celui-ci.

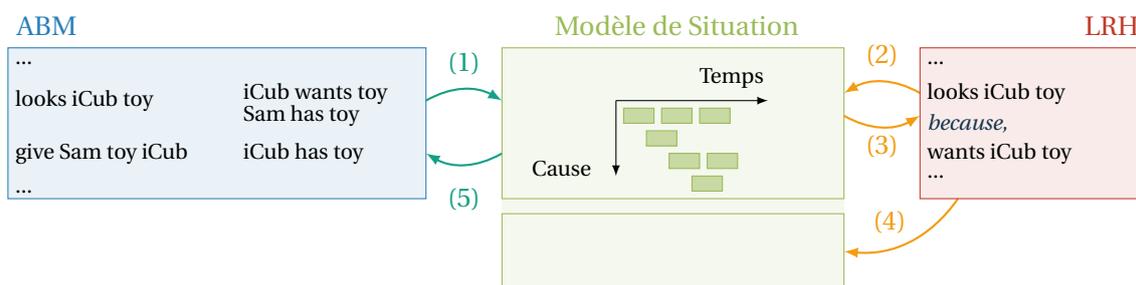


FIGURE 2: Une structure intermédiaire

- (1) Création depuis l'ABM
- (2) Enrichissement depuis le discours (liens)
- (3) Création d'une nouvelle narration depuis le Modèle de Situation
- (4) Construction d'un nouveau Modèle de Situation uniquement à partir d'un discours
- (5) Enrichissement de l'ABM : le fait est intégré à la mémoire (non implémenté)

2 CONTRIBUTION

Contraintes Le Modèle de Situation doit donc répondre à plusieurs critères :

- Accès à l'atome de sens de chaque événement (mots correspondant aux éléments du discours)
- Accès au contexte de l'action, l'ensemble des relations (état) vérifiées au moment de l'action (en particulier les états mentaux).
- Définition d'un but et d'un résultat de l'action
- Ordonnancement temporel et causal des événements
- Possibilité d'ajouter des liens entre deux événements

Approche choisie En tant qu'interface entre la mémoire du robot et le discours, le modèle intermédiaire (Figure 2) se place au sein d'un cycle d'échanges. Ce cycle commence avec l'ABM car son contenu est indépendant (il peut être fourni uniquement par les interactions). On peut l'automatiser plus facilement et donc faciliter l'automatisation des autres processus. La première partie du cycle consiste donc à créer un SM depuis les événements de l'ABM (1). Dans un second temps les discours proposés au robot vont enrichir son SM en ajoutant de nouveaux événements ou des liens (2). L'objectif à long terme est que tous les SM enrichis que le robot a en mémoire, lui permettent à partir d'un nouveau modèle non enrichi de formuler un discours (3). L'objectif est aussi que le SM puisse être entièrement construit depuis le discours, grâce à la connaissance de la structure des discours (4).

2.1 CONCEPTION D'UN MODÈLE

Modèle Pour répondre aux contraintes une structure en cinq parties (cellules) a été imaginée comme brique élémentaire du modèle (Figure 3). Les événements de début et de fin de l'action de l'ABM fournissent quatre cellules. Dans l'ABM, ces événements sont organisés temporellement, les briques se suivent donc temporellement par défaut (la cellule "Suivant" pointe vers la prochaine, si elle existe).

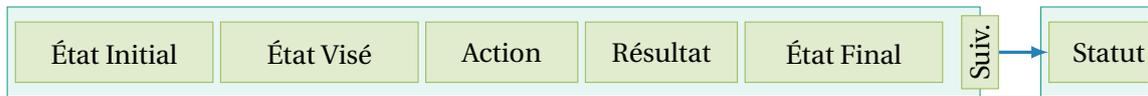


FIGURE 3: Structure d'un événement dans le Modèle de Situation

- État Initial : Ensemble des relations au début de l'action (table secondaire de l'ABM)
- État Visé : Ensemble des relations souhaitées comme résultat de l'action (non explicite dans l'ABM en général)
- Action : Atome de sens du début de l'action (table principale de l'ABM)
- Résultat : Atome de sens de la fin de l'action (table principale et secondaire de l'ABM, pour le statut — échec ou succès)
- État Final : Ensemble des relations à la fin de l'action (table secondaire de l'ABM)

La structure est donc composée de deux événements d'action — Action et Résultat — et de trois états — État Initial, Visé et Final.

L'appellation anglaise de cette structure est alors IGARF (Init, Goal, Action, Result, Final).

Causalité inter-événements Ce modèle reste insatisfaisant car la dimension causale entre deux événements d'action n'est pas apparente. (Par exemple le lien entre "*ask*" et "*give*").

Les actions "*ask*" et "*give*" ont chacune une structure IGARF construite automatiquement à partir de l'ABM. Cependant la seconde est le résultat de la première. On conçoit donc que dans notre modèle les cellules d'Action et de Résultat peuvent être associées soit à un atome de sens soit être composées d'un sous-événement, d'un sous-IGARF. Cette sous-structure pouvant avoir plusieurs éléments suivants, la cellule Action ou Résultat peut en réalité contenir tout un enchaînement de structures IGARF.

2.2 ABMtoSM : EXTRACTION ET STRUCTURATION AUTOMATIQUE

Conventions Dans la littérature, la structure mentale d'un modèle de situation est présentée à l'échelle de la phrase. En revanche il existe peu de modèles pour le discours car il s'agit d'un problème complexe. Il est simplifié selon les nécessités. Ainsi, la structuration repose ici sur des conventions arbitraires.

Création des IGARF Construire une structure IGARF pour chaque événement de l'ABM est trivial. Cependant toutes les cellules ne sont pas toujours complétées. On distingue trois cas dans l'ABM :

- On dispose du début et de la fin de l'action : on peut alors compléter les cellules des État Initiaux et Finaux, de l'Action et du Résultat.
 - Le Résultat est un succès : alors si les statuts initiaux et finaux sont différents, on considère que le but de l'action était ce changement. On peut alors compléter la cellule État Visé.
 - Le Résultat est un échec : on ne sait pas le but de l'Action, on laisse l'État Visé vide.
- On ne dispose que du début de l'action : on complète les cellules de l'État Initial et de l'Action, on laisse les autres vides.

Arc Narratif Une fois les IGARF créés ils sont organisés temporellement. Pour apporter plus de profondeur narrative, on définit la notion d'*arc narratif* par une succession d'IGARF juxtaposés dans le temps tels qu'aucun de ces IGARF sauf le dernier, ne change la situation (ie les états initiaux et finaux sont les mêmes, si précisés) ou n'est un échec.

On considère qu'un arc narratif est la conséquence du précédent. Exemples : un échec entraîne la recherche d'une solution, l'acquisition d'un objet permet son usage, etc. Ces arcs sont donc assemblés par deux dans un IGARF parent, le premier désignant l'Action, le second le Résultat.

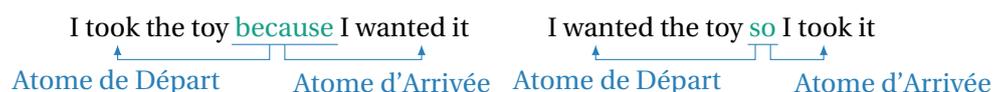
Remarque Cette hypothèse d'assemblage diffère parfois de l'intuition humaine. Cependant elle est satisfaisante pour les interactions étudiées qui sont simples. De plus, cette structure reste facilement modifiable par le discours qui corrigera les mauvaises structurations.

Induction Grâce à la structure obtenue, on peut déjà induire certains éléments. Par exemple si le but d'une action à été identifié, alors ce but est propagé à tout l'arc narratif qui le contient. De plus tous les sous-IGARF de cet arc ainsi que l'IGARF parent ont probablement le même but.

2.3 LRHTO SM : LIENS APPORTÉS PAR LE DISCOURS

Les informations en provenance du LRH doivent enrichir le SM, en particulier ajouter des liens narratifs.

Définition Un *lien narratif* est défini par trois composantes : son *atome de sens de départ*, son DFW et enfin son *atome de sens d'arrivée*. Le départ et l'arrivée sont relatifs à l'ordre dans le discours et non à l'ordre temporel ou causal.



Dans le SM On crée une table où chaque ligne correspond à un lien narratif : son DFW, son atome de départ et celui d'arrivée (plus exactement leur position dans le SM).

Extraction depuis le LRH On suppose que l'on dispose d'un LRH entraîné à extraire les DFW et les atomes de sens. En retrouvant ces atomes de sens dans le SM, on peut déjà créer automatiquement des liens entre les événements connus à partir d'un discours.

2.4 SMtoLRH : CRÉATION D'UNE NARRATION

Nécessité des liens narratifs Le SM seul (non enrichi) par les liens narratifs ne permet pas de raconter une histoire de manière naturelle. L'histoire produite, séquentielle, n'est pas intéressante : *I did X. You did Y. etc.* La dimension causale est absente, l'histoire est "plate".

L'usage des liens narratifs nécessaires peut provenir de la connaissance du robot, acquise par l'écoute de discours humains — usage du *but*, *because*, etc.

Approche choisie Pour raconter l'interaction, le système suivra les liens narratifs : s'il y a un lien de X à Y avec le DFW "*but*", le système racontera "X, but Y". Ces liens peuvent être donnés par un humain via une narration, ou générés automatiquement (discours naïf). Les liens sont stockés dans un tableau. Chaque nouveau lien est placé en fin de tableau. Ce tableau est lu du premier lien donné au dernier pour créer le discours.

LRH Le SM doit produire des sens qui seront donnés en argument au LRH pour qu'il produise les phrases de la narration. Ayant un lien entre deux événements avec un mot de liaison, il est aisé d'en extraire l'atome de sens et d'ajouter une ligne de sens pour le mot de liaison (Voir la structure attendue du sens avec un mot de liaison Table 2).

Mais pour construire la phrase, le LRH a également besoin du focus. Ce focus est généré naïvement. L'ordre classique dépend de la langue. Pour l'anglais il est Agent - Prédicat - Objet - Destinataire (A-P-O-R). Mais pour le japonais par exemple il est Agent - Destinataire - Objet - Prédicat (A-R-O-P). En conséquence, l'ordre classique est donné par l'humain lorsqu'il demande la production d'un discours.

Création automatique de lien Il est possible de créer une version naïve de liens narratifs, en suivant l'ordre temporel des événements, introduisant l'État Initial puis l'Action, le Résultat et l'État Final s'ils présentent un intérêt (ie si non déjà connus). Ce processus naïf devra être complété pour sélectionner les événements et les liens les plus pertinents, en se basant notamment sur les précédentes narrations entendues.

2.5 LRHtoBLANKSM : DU DISCOURS AU MODÈLE DE SITUATION

Depuis le sens On suppose que le LRH fournit un ensemble d'atomes de sens. On souhaite créer un SM depuis ces atomes. Une première approche est de créer l'ensemble des IGARF associés puis d'appliquer les mêmes règles de structuration que pour la création depuis l'ABM (processus ABMtoSM).

Narrations humaines Pour comprendre comment un humain peut construire un discours depuis une interaction, un ensemble d'interactions homme-robot a été filmé puis mis sur la plate-forme Amazon Mechanical Turk afin que des individus créent des narrations associées. L'étude de ces narrations (une quarantaine de narrations différentes) montre que les événements sont généralement racontés dans l'ordre temporel, en introduisant le contexte avant l'action. On se base sur cette observation pour construire une ébauche du SM.

États et Action Ces IGARF sont dans un premier temps créés en ne considérant que les cellules d'État Initial et d'Action. Les observations faites conduisent à l'hypothèse que tant que le discours n'évoque pas une action, c'est qu'il définit l'État Initial de l'événement. Pour différencier Action et État on extrait de l'ABM tous les prédicats d'action (*take, look, etc*) et d'état (*have, want, etc*). Par défaut, un prédicat inconnu est un prédicat d'état.

Structuration Une fois les IGARF créés, on structure le SM via les mécanismes précédemment évoqués.

2.6 SMTOTRAIN : GÉNÉRATION AUTOMATIQUE D'UN CORPUS

Corpus L'échange entre LRH et SM repose sur l'entraînement du LRH via un corpus associant atome de sens et phrase. Chez l'enfant, ce corpus se construit au cours du développement. D'une part l'enfant dispose de la connaissance des événements en terme de sens (Qui à fait quoi à qui?) et d'autre part il dispose de phrases données par des adultes (« X a fait Y à Z »). En reconnaissant les mots X, Y et Z et leur sens dans les événements connus, l'enfant peut comprendre la grammaire, la construction de la phrase. Ce processus est reproductible chez le robot. Le corpus qui sert d'entraînement au LRH se construit automatiquement. Les entrées du système sont d'une part un récit humain (la forme), de l'autre l'ensemble des événements (le sens, dont on connaît chaque mot de l'atome de sens). Grâce à une association automatique de chaque élément, le système produit en sortie un corpus pour le LRH.

Exemple On dispose d'un SM où l'iCub attrape un jouet, avec plusieurs atomes de sens ("*want iCub toy*", "*take iCub toy*", "*have iCub toy*") et de la phrase "*Then iCub take the croco*". On peut retrouver le bon atome de sens en cherchant celui ayant le plus de mots en commun (Figure 4).

Une fois l'atome de sens identifié on peut construire le corpus associant forme et sens.

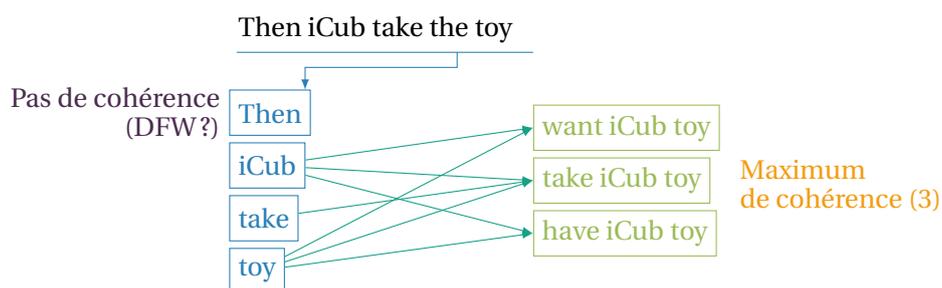


FIGURE 4: Recherche de l'atome de sens

On extrait les mots de classe ouverte puis on calcule, pour chaque atome de sens, la cohérence (nombre de mots en commun, on peut définir un seuil minimum de cohérence).

Le résultat est la ligne de corpus :

`then, take iCub toy <o> [P-_-_-] [_-A-P-0] <o>; then iCub take the toy`

(où <o> est le séparateur pour le Focus.)

3 RÉSULTATS

Étapes On teste les différents processus dans l'ordre suivant :

ABMtoSM Vérification sur six interactions que le processus crée bien le SM.

SMtoTrain Pour préparer les échanges avec le LRH on lui fournit un *train*, produit conjointement avec un SM construit précédemment et une ou plusieurs narrations humaines.

LRHtoSM Une fois le LRH entraîné, il est possible d'obtenir des liens narratifs à partir de phrases. Les atomes de sens sont reconnus dans le SM et liés entre eux avec le DFW extrait par le LRH.

LRHtoBlankSM En partant d'un SM vierge on vérifie sa construction depuis une narration humaine dont le sens est fourni par le LRH.

SMtoLRH Depuis les différents Modèles de Situation possédant des liens narratifs, on vérifie la construction des sens et focus à destination du LRH. On vérifie aussi que le LRH entraîné produit bien les phrases narratives.

3.1 ABMtoSM

Exemple automatique En partant d'une interaction entre le robot et un humain, le système est capable de construire automatiquement la structure en Figure 5 (les liens narratifs représentés sur la figure ne sont pas encore présents au terme du processus courant) en suivant les règles de constructions.

Observation On obtient comme on le souhaite une structure ordonnée dans le temps mais qui présente aussi une structure causale. En revanche, la superposition d'événements d'action dans le temps ne peut être rendue avec ce modèle (on ne peut pas dire "Alex demanda le jouet *pendant* que Béatrice jouait"). Ce modèle reste adapté au cas du robot, pour qui les événements s'enchaînent sans se chevaucher.

3.2 SMtoTRAIN

Discours On fournit une narration correspondant au SM précédemment construit. Le processus fournit bien un corpus pour le LRH (Table 3).

```
first iCub wants the croco
but when he grasps it
he fails to take
because it was out-of-reach
iCub reasons
and he thus says Give_me_the_croco_please to Sam
then Sam gave the croco to iCub
now iCub has the croco
...
```

SENS		FORME
Mots de classe ouverte : Prédicat Agent Objet Complément	Focus	Phrase
first ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
wants iCub croco	[_-A-P-O-_-_-_-_-_-]	first iCub wants the croco
but when ,	[P-A-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
grasps he it	[_-_-A-P-O-_-_-_-_-_-]	but when he grasp it
fails he take	[A-P-O-_-_-_-_-_-_-_-]	he fails to take
because ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
was it out-of-reach	[_-A-P-O-_-_-_-_-_-]	because it was out-of-reach
reasons iCub	[A-P-_-_-_-_-_-_-_-_-]	iCub reasons
and thus ,	[P-_-A-_-_-_-_-_-_-_-]	
says he Give_me ... _please Sam	[_-A-_-P-O-R-_-_-_-_-]	and he thus says Give_me ... _please to Sam
then ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
gives Sam croco iCub	[_-A-P-O-R-_-_-_-_-_-]	then Sam gives the croco to iCub
now ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
has iCub croco	[_-A-P-O-_-_-_-_-_-]	now iCub has the croco
	...	

TABLE 3: Corpus créé. Les mots ne sont pas exactement les mêmes dans le discours et dans le SM. Ce résultat est permis grâce à plusieurs mécanismes décrits ci-dessous.

Assouplissement La création automatique du corpus avec notre méthode initiale nécessite une correspondance exacte des mots (les verbes notamment ne sont pas conjugués). Il est cependant possible d'assouplir la création en permettant l'usage de pronoms, de synonymes et de variations des verbes.

Usage de pronoms L'usage des pronoms est une problématique déjà résolue : il est possible d'apprendre leur usage au robot, via des réseaux de neurones². Cependant on a préféré ici avoir recourt à un modèle plus modeste. L'usage des pronoms peut être facilité en conservant le contexte de la proposition grammaticale précédente. Par exemple si la première phrase est "*Alex throw the ball to Béatrice*" et que la seconde est "*He gives it to her.*" Alors on peut remplacer *He* par l'Agent de la phrase précédente — *Alex* —, *it* par l'Objet *ball* et *her* par le Complément *Béatrice*. Cette simple association permet plus de naturel dans le texte bien qu'elle ne gère que quelques cas d'usage des pronoms.

Synonymes De plus on souhaite pouvoir conjuguer les verbes ou utiliser des équivalents (*grasp* \approx *take*). L'IA du robot intègre déjà la notion de conjugaison mais on ne l'utilise pas dans les tests pour des soucis de performances. Pour ce qui est des synonymes, il a suffit de créer un petit dictionnaire

2. GRÉGOIRE POINTEAU, MAXIME PETIT, GUILLAUME GIBERT, PETER FORD DOMINEY, "Emergence of the use of pronouns and names in triadic human-robot spoken interaction", *4th International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics* (2014), p. 146-152

établissant les classes des synonymes. Pour les tests, la conjugaison est traitée comme les synonymes. Le résultat permet de traiter des discours relativement naturels. C'est une méthode provisoire (au moins pour le système de conjugaison).

Résultat de l'apprentissage Le LRH est entraîné avec le corpus précédent (plus les mêmes phrases sans les DFW ou en utilisant le déterminant *a* pour qu'il en comprenne le rôle) puis il est testé pour extraire le sens d'un nouveau récit (différentes phrases). Le résultat est la Table 4.

SENS	FORME
Mots de classe ouverte : Prédicat Agent Objet Complément	Phrase
has iCub difficulties	iCub has difficulties
cant_reach he toy	he cant_reach the toy
said he Give_me_the_croco_please Sam	he said Give_me_the_croco_please to Sam
is Sam nice_guy	Sam is a nice guy
so ,	
gave he toy iCub	so he gave the toy to iCub
now ,	
is iCub happy	now iCub is happy

TABLE 4: Sens créés par le LRH depuis les phrases de droites.

Le LRH ne peut comprendre une phrase que si sa structure grammaticale est présente dans un exemple du corpus d'apprentissage.

Observations et Remarques Le résultat permet d'entraîner le LRH pour qu'il puisse ensuite fournir des atomes de sens inconnus du SM. La limite du système est qu'il ne gère pas les phrases ayant plusieurs atomes de sens car le SM ne fournit pas ce type de structures. Les modaux (*try*, *can*, etc) ne sont donc pas compris. Une solution serait alors d'intégrer la gestion de ces modaux dans le SM (au niveau des cellules des IGARF). Une fois extrait de la phrase par le LRH, ils seraient alors intégrés au SM.

3.3 LRHtoSM

Ajout de liens En utilisant le SM et le LRH entraîné, les liens narratifs entre les événements du modèle peuvent être générés à partir d'un discours. Les sens ci-dessous correspondent à un discours humain. Ils sont envoyés au SM pour qu'il construise les liens.

first , took iCub croco ; but , failed iCub take ; so then , said he Give_me..._please Sam
gave Sam toy iCub ; because , wanted iCub it

Liens obtenus Les liens obtenus sont représentés dans la Figure 5.

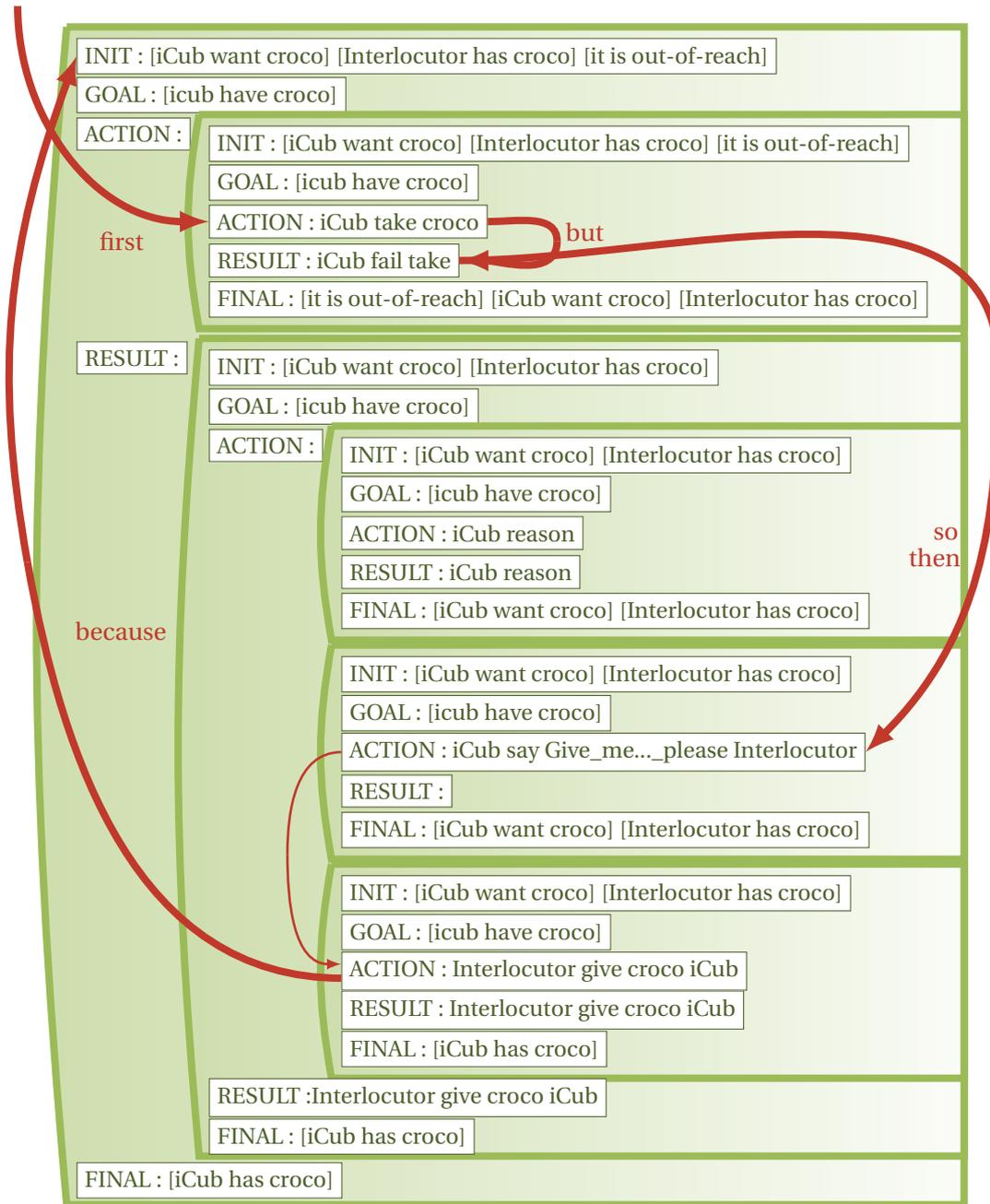


FIGURE 5: Exemple de SM créé automatiquement depuis l'ABM. Les liens narratif (en rouge) ne sont ajoutés qu'après le processus LRHtoSM.

Certains liens sont *muets*, par exemple de "iCub say.." à "Interlocutor give..". Plusieurs liens peuvent exister entre deux mêmes événements mais avec des DFW différents (exemple avec *so* et *then*). Ici, *first* permet d'introduire un événement dans le discours, il part de l'événement *Vide*.

Remarque : En réalité l'IGARF où le robot raisonne est présent deux fois dans le SM à cause de l'ABM. On n'en a représenté qu'un ici pour des soucis de lisibilité.

3.4 LRHToBLANKSM

Exemple On a une première version de la création d'un SM depuis un discours.

I wanted the moon ; it is far ; I take a ship.
 the ship is broken ; I failed to fly ; I take the ship.
 I am sad.

Le sens de ces phrases est extrait par le LRH puis envoyé au SM vierge. Celui-ci construit les IGARF de chacun des événements d'action qu'il reconnaît, complète les états qu'il reconnaît et enfin crée les liens narratifs. L'application des règles de construction du SM permet d'obtenir la Figure 6.



FIGURE 6: Construction du SM du LRH vers un modèle vierge (les liens ne sont pas représentés). À gauche le résultat actuel du processus, à droite celui que le robot devra être capable de créer une fois l'usage des DFW compris.

3.5 SMtoLRH

À partir de liens Pour raconter l'interaction décrite par le SM, on décide de suivre l'ordre des liens narratifs (l'ordre dans lequel ils ont été donnés).

Création automatique Le processus créant automatiquement des liens est testé sur le SM précédent. Les sens obtenus sont ensuite envoyés au LRH. Le résultat avec un LRH bien entraîné doit être celui-ci :

I wanted the moon ; and the moon is far ; so I take a ship
the ship is broken ; so I failed to fly
I am sad.

3.6 AUTRE LANGUE

Japonais L'usage des pronoms mis à part, le système n'est pas soumis aux règles grammaticales d'une langue donnée. On teste donc le même système avec du Japonais (écrit en lettres romanes). La référence est un corpus créé à la main (certains mots sont regroupés pour faciliter leur compréhension par le système). On utilise le système de synonyme comme système de traduction pour les sens dans l'ABM. Les résultats sont présentés en Annexes.

CONCLUSION

Le Modèle Le modèle imaginé remplit les critères fixés : il permet une organisation causale et temporelle des événements et l'ajout de liens narratifs. De plus il communique correctement avec les autres éléments du système : il peut être généré automatiquement depuis l'ABM ou un discours. Il peut aussi produire un discours, bien que celui-ci soit naïf pour le moment.

Limites Cependant, le modèle est limité par sa définition d'un événement : à un événement on associe un unique atome de sens. Or, on le voit dans les exemples, le discours apporte de l'information sur la modalité des atomes de sens : *try, want, think*, etc. Le SM doit donc être enrichi pour permettre cette modalité.

Poursuite Le modèle permet actuellement de créer une narration naïve. Pour créer une narration plus naturelle, la prochaine étape du projet consiste à sélectionner dans le SM les événements importants et à choisir les liens narratifs à créer. Ce processus peut être appris si on dispose de suffisamment de narrations humaines (avec SM) comme référence. En observant les similitudes et différences on espère dégager des règles de constructions de discours ainsi que l'usage des DFW pour mieux comprendre de nouveaux discours.

RÉFÉRENCES

- [1] *Intentional Communication applied to Self*. Internal Working Document 5. European Commission, 2016.
- [2] Angélique DUCREUX ÉPOUSE FOURNIER. “Influence de la connotation émotionnelle des informations à partir de textes naturels : étude du cours temporel de la représentation”. Thèse de Doctorat Nouveau Régime. 2007. DOI : lyon2.2007.ducieux-fournier_a.
- [3] Mark Alan FINLAYSON. “Learning narrative structure from annotated folktales”. Thèse de doct. Massachusetts Institute of Technology, 2011.
- [4] Carol MADDEN-LOMBARDI et al. “Sequential Coherence in Sentence Pairs Enhances Imagery during Comprehension : An Individual Differences Study”. In : *PLoS ONE* 10.9 (sept. 2015), p. 1–15. DOI : 10.1371/journal.pone.0138269. URL : <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0138269>.
- [5] Anne-Laure MEALIER et al. “Learning narrative discourse constructions and the organization of self experience using recurrent neural networks”. In preparation.
- [6] Gregoire POINTEAU, Marc PETIT et Peter Ford DOMINEY. “Successive developmental levels of autobiographical memory for learning through social interaction”. In : *Autonomous Mental Development, IEEE Transactions on* 6.3 (2014), p. 200–212.
- [7] WYSIWYD. Website. URL : <http://wysiwyd.upf.edu/>.

ANNEXES

ABM

Les Tables 5, 6 et 7 sont des extraits de l'ABM, montrant sa structure.

idactivity	time	activityname	activitytype	instance	begin
20596	2016-05-20 16 :53 :02.560945	take	action	19061	TRUE
20597	2016-05-20 16 :53 :02.598254	take	action	19062	FALSE
20598	2016-05-20 16 :53 :05.038196	reason	reasoning	19063	TRUE
20599	2016-05-20 16 :53 :06.355905	reason	reasoning	19064	FALSE
20600	2016-05-20 16 :53 :08.765083	reason	reasoning	19065	TRUE
20601	2016-05-20 16 :53 :11.083612	reason	reasoning	19066	FALSE
20602	2016-05-20 16 :53 :12.705282	sentence	recog	19067	TRUE
20603	2016-05-20 16 :53 :14.54652	give	action	19068	TRUE
20604	2016-05-20 16 :53 :22.148949	give	action	19069	FALSE

TABLE 5: Table principale. Regroupe tous les événements. Le numéro de l'instance est la clé principale pour faire le lien avec les autres tables.

instance	subject	verb	object
19061	Interlocutor	has	croco
19061	iCub	want	croco
19062	Interlocutor	has	croco
19062	iCub	want	croco
19063	Interlocutor	has	croco
19063	iCub	want	croco
19064	Interlocutor	has	croco
19064	iCub	want	croco
19065	Interlocutor	has	croco
19065	iCub	want	croco
19066	Interlocutor	has	croco
19066	iCub	want	croco
19067	Interlocutor	has	croco
19067	iCub	want	croco
19068	Interlocutor	has	croco
19068	iCub	want	croco
19069	iCub	has	croco

TABLE 6: Table secondaire des relations. Les champs *time*, *place* et *manner* ne sont pas donnés ici car ils ne sont pas encore complétés.

instance	argument	type	subtype	role
19061	iCub	entity	agent	agent
19061	croco	entity	object	object
19061	take	external	default	predicate
19061	qRM	external	default	provider
19062	iCub	entity	agent	agent
19062	croco	entity	object	object
19062	take	external	default	predicate
19062	qRM	external	default	provider
19062	outofreach	external	default	reason
19062	failed	external	default	status
19063	iCub	entity	agent	agent
19063	(predicate have) (agent icub) (object croco)	external	default	goal
19063	reason	external	default	predicate
19063	abmReasoning	external	default	provider
19064	iCub	entity	agent	agent
19064	(predicate have) (agent icub) (object croco)	external	default	goal
19064	addressee#have#object	external	default	needs
19064	reason	external	default	predicate
19064	abmReasoning	external	default	provider
19064	(predicate sentence) (speaker icub) (object croco)	external	default	result
19065	iCub	entity	agent	agent
19065	reason	external	default	predicate
19065	abmReasoning	external	default	provider
19065	give	external	default	whatIs
19066	recipient#have#object	external	default	action_after
19066	agent#have#object	external	default	action_before
19066	iCub	entity	agent	agent
19066	reason	external	default	predicate
19066	abmReasoning	external	default	provider
19066	speaker#have#object	external	default	sentence_after
19066	addressee#have#object	external	default	sentence_before
19066	give	external	default	whatIs
19067	Interlocutor	entity	agent	addressee
19067	iCub	entity	agent	adj1
19067	Interlocutor	entity	agent	agent
19067	croco	entity	object	object
19067	give	external	default	predicate
19067	Give me the croco please	external	default	sentence
19067	iCub	entity	agent	speaker
19067	none	external	default	subject
19068	Interlocutor	entity	agent	agent
19068	croco	entity	object	object
19068	give	external	default	predicate
19068	iCub	entity	agent	recipient
19069	Interlocutor	entity	agent	agent
19069	croco	entity	object	object
19069	give	external	default	predicate
19069	iCub	entity	agent	recipient

TABLE 7: Table secondaire argcontent. Regroupe les informations complémentaires en particulier les éléments *agent*, *predicate*, *object* et *recipient*, ainsi que le *status*.

DICTIONNAIRE DE SYNONYME ET CONJUGAISON

Ci-dessous, un exemple de dictionnaire de synonymes/conjugaison. C'est celui utilisé dans la Sous-Section 3.2.

have has had get got hold
take takes took taken grasp grasps grasped
say says said ask asks asked
reason reasons reasoned think thinks thought
give gives gave offer offers offered
want wants
fail fails
is are was were

EXEMPLE JAPONAIS

Particules Le japonais fonctionne sur un système de particule définissant le rôle grammatical du mot qui les précède (le verbe est à la fin). Ce sont ces particules qui forment l'ensemble des mots de classe fermée donné au LRH. Exemples : -wa : sujet, thème ; -o : objet, complément ; -ni : destinataire ; -you : moyen ; -koto ga : nominalise un verbe, -no : appartenance.

Corpus de référence Le corpus suivant, fait par un humain, sert de référence pour comprendre les textes japonais.

SENS		FORME
Mots de classe ouverte :	Focus	Phrase
Prédicat Agent Objet Complément		
,	[_ _ _ _ _ _ _ _ _ _]	
shitaidesu watashi , shutoku watashi wani	[A _ _ _ P _ _ _ _ _] [A-O-P- _ _ _ _ _]	watashi wa wani wo shutoku shitaidesu
node ,	[P _ _ _ _ _ _ _ _ _]	
dekimasendeshita watashi , haakusuru watashi sore	[_ _ A _ _ _ _ P _ _ _] [_ _ A-O-P- _ _ _ _ _]	node watashi wa sore wo haakusuru koto ga deki- masendeshita
dakara ,	[P _ _ _ _ _ _ _ _ _]	
mitsukemashita watashi dousa betsu	[_ _ A-R-O-P- _ _ _ _ _]	dakara watashi wa betsu no dousa wo mitsukema- shita
,	[_ _ _ _ _ _ _ _ _ _]	
dekireba watashi , tanomu watashi , ataeru anata sore watashi	[A _ _ _ _ _ _ _ P _ _] [A _ _ _ _ _ _ P _ _ _] [_ _ A-R-O-P- _ _ _ _ _]	watashi wa anata ni watashi ni sore wo ataeru you ni tanomu koto ga dekireba
,	[_ _ _ _ _ _ _ _ _ _]	
darou anata , ataeru anata sore watashi	[A _ _ _ _ _ P _ _ _ _] [A-R-O-P- _ _ _ _ _]	anata wa watashi ni sore wo ataeru darou
dakara ,	[P _ _ _ _ _ _ _ _ _]	
tanomu watashi , ataeru anata sore watashi	[_ _ A _ _ _ _ _ P _ _] [_ _ _ _ R-O-P-A _ _ _ _]	dakara watashi wa watashi ni sore wo ataeru you ni anata ni tanomu
to ,	[P _ _ _ _ _ _ _ _ _]	
ataemashita anata sore watashi	[_ _ A-R-O-P- _ _ _ _ _]	to anata wa watashi ni sore wo ataemashita
,	[_ _ _ _ _ _ _ _ _ _]	
tanonda watashi , ataeru anata sore watashi	[A _ _ _ _ _ _ P _ _ _] [_ _ R-O-P-A _ _ _ _ _]	watashi wa watashi ni sore wo ataeru you ni anata ni tanonda
node ima	[P _ _ _ A _ _ _ _ _ _]	
motteimasu watashi wani	[_ _ A _ _ _ O-P- _ _ _ _]	node watashi wa ima wani wo motteimasu

Pouvez-vous devinez le sens des mots de liaison japonais avec cet exemple ?

On utilise le système de synonymes comme un système de traduction et de remplacement des pronoms (anata = tu, watashi = je). La conjugaison est toujours ignorée :

have has	motteimasu shutoku
take grasp	haakusuru
say ask	tanomu tanonda
iCub icub	watashi
reason	riyuu
give	ataeru ataemashita
Sam Interlocutor	anata
croco	wani
want wants	shitaidesu shutoku_shitaidesu
fail fails	dekimasendeshita
is was	datta
Give_me_the_croco_please	watashi_ni_wani_wo_ataeru
out-of-reach	watashi_no_te_no_todokanai_tokoro
it	sore

-

On réalise les mêmes étapes que pour le test anglais.

ABMtoSM Pas de différence à ce niveau.

SMtoTrain On utilise la narration suivante (ici avec une traduction anglaise mot à mot).

watashi wa	wani wo	shutoku_shitaidesu		
I-subject	croco-object	wanted to have		
shikashi	sore wa	watashi_no_te_no_todokanai_tokoro	datta	
But	it-subject	place_where_my_hand_cant_go ³	was	
node	watashi wa	haakusuru koto ga	dekimasendeshita	
So	I-subject	take	failed	
dakara	watashi wa	riyuu		
And_so	I-subject	reason		
watashi wa	watashi_ni_wani_wo_ataeru	you ni	anata ni	tanomu
I-subject	Give_me_the_croco-object		you-recipient	ask
to	anata wa	watashi ni	wani wo	ataemashita
And	you-subject	me-recipient	croco-object	give
watashi wa	watashi_ni_wani_wo_ataeru	you ni	anata ni	tanonda
I-subject	Give_me_the_croco-object		you-recipient	asked
node	watashi wa	ima	wani wo	motteimasu
So	I-subject	now	croco-object	have

Le résultat est le train suivant :

SENS		FORME
Mots de classe ouverte : Prédicat Agent Objet Complément	Focus	Phrase
shutoku_shitaidesu watashi wani	[A-0-P-_-_-_-_-_-]	watashi wa wani wo shutoku_shitaidesu
shikashi ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
datta sore watashi_no...tokoro	[_-A-0-P-_-_-_-_-_-]	shikashi sore wa watashi_no...tokoro datta
node ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
dekimasendeshita watashi haaku-suru	[_-A-0-P-_-_-_-_-_-]	node watashi wa haakusuru koto ga dekimasendeshita
dakara ,	[_-A-P-_-_-_-_-_-_-_-]	
riyou watashi	[_-A-P-_-_-_-_-_-_-_-]	dakara watashi wa riyuu
dakara ,	[P-_-_-_-_-_-_-_-_-]	
tanomu watashi wata-shi_ni...ataeru anata	[_-A-0-R-P-_-_-_-_-_-]	dakara watashi wa watashi_ni...ataeru you ni anata ni tanomu
to ,	[_-A-R-0-P-_-_-_-_-_-]	
ataemashita anata wani watashi	[_-A-R-0-P-_-_-_-_-_-]	to anata wa watashi ni wani wo ataemashita
tanoda watashi watashi_ni...ataeru anata	[A-0-R-P-_-_-_-_-_-]	watashi wa watashi_ni...ataeru you ni anata ni tanonda
node ima ,	[_-A-_-0-P-_-_-_-_-_-]	
motteimasu watashi wani	[_-A-_-0-P-_-_-_-_-_-]	node watashi wa ima wani wo motteimasu

LRHtoSM Les sens suivant sont envoyés au SM :

datta wani watashi_no_te_no_todokanai_tokoro
node , tanomu watashi watashi_ni_wani_wo_ataeru anata
.
shutoku_shitaidesu watashi wani
node , ataemashita anata wani watashi

("Le crocodile était hors de portée, donc je t'ai demandé de me le donner.", "Je voulais le crocodile, donc tu m'a donné le crocodile.") Le système crée bien les liens attendus :

- Vide → *it is out-of-reach*
- *it is out-of-reach* → "node" *iCub say Give_me_the_croco_please Interlocutor*
- Vide → *iCub want croco*
- *iCub want croco* → "node" *Interlocutor give croco iCub*

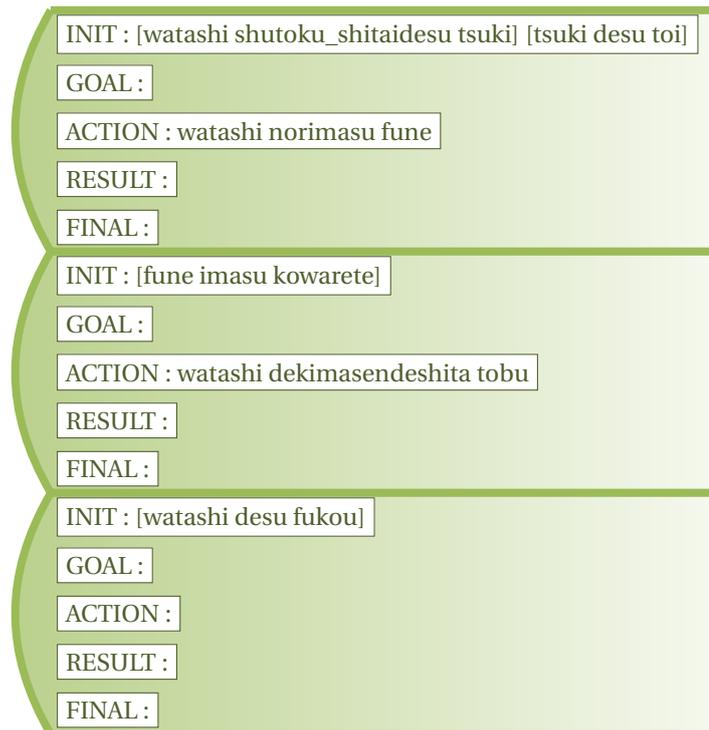
LRHtoBlankSM On redonne la même narration que dans l'exemple anglais (histoire de la lune) :

shutoku_shitaidesu watashi tsuki
desu tsuki toi
norimasu watashi fune
imasu fune kowarete
dekimasendeshita watashi tobu
desu watashi fukou

On a enrichi le dictionnaire de synonymes en conséquence :

take	norimasu
is was	desu datta

Le SM obtenue est similaire à celui anglais :



SMtoLRH Les mêmes liens que dans le cas anglais sont créés. Le problème est que les DFW anglais sont utilisés. Ce processus, qui doit se baser sur la connaissance des DFW, reste pour l'instant insuffisant et ne s'adapte pas à la langue.