HAL
open science

Description des tâches avec un système interactif multiutilisateur et multimodal : Etude comparative de notations

Frédéric Jourde, Yann Laurillau, Laurence Nigay

▶ **To cite this version:**

Frédéric Jourde, Yann Laurillau, Laurence Nigay. Description des tâches avec un système interactif multiutilisateur et multimodal : Etude comparative de notations. Journal d'Interaction Personne-Système, 2015, Volume 3, Issue 3, Special issue : Task Models (3), pp.1-33. 10.46298/jips.658 . hal-01163560

HAL Id: hal-01163560

https://hal.science/hal-01163560v1

Submitted on 14 Jun 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Description des tâches avec un système interactif multiutilisateur et multimodal : Etude comparative de notations

FREDERIC JOURDE
Université Grenoble-Alpes, LIG, CNRS, Grenoble
YANN LAURILLAU
Université Grenoble-Alpes, LIG, CNRS, Grenoble
LAURENCE NIGAY
Université Grenoble-Alpes, LIG, CNRS, Grenoble

Résumé : De nombreux systèmes interactifs, professionnels ou grand public, permettent conjointement l'interaction multiutilisateur et multimodale. Un système interactif est multimodal lorsqu'un utilisateur peut interagir avec le système par l'usage de plusieurs modalités d'interaction (en entrée ou en sortie) de façon parallèle ou non. Nous constatons que de plus en plus de systèmes multiutilisateurs ou collecticiels sont multimodaux, comme ceux construits autour d'une surface interactive et les consoles de jeu de type Wii ou Xbox. Nous traitons dans cet article de la description des tâches-utilisateur avec de tels systèmes interactifs multiutilisateurs et multimodaux. Précisément, nous dressons un panorama des notations existantes permettant la description des tâches mono ou multi-utilisateur avec une attention particulière pour les notations à base d'arbre de tâches. Nous focalisons aussi sur les tâches élémentaires ou actions mono/multi-modales de l'utilisateur en considérant les notations de description de l'interaction multimodale. Pour cela, nous proposons une étude comparative d'un ensemble de notations de description selon une grille d'analyse regroupant des concepts généraux à l'interaction et des concepts propres à l'interaction multiutilisateur et multimodale.

Mots clés : tâche,, multiutilisateur, collecticiel, multimodalité, modèle de tâche, notation de description.

Abstract: Multi-user multimodal interactive systems involve multiple users who can use multiple interaction modalities. Multi-user multimodal systems are becoming more prevalent, especially systems based on large shared multi-touch surfaces or video game centers such as Wii or Xbox. In this article we address the description of the tasks with such interactive systems. We review existing notations for the description of tasks with a multi-user multimodal interactive system and focus particularly on tree-based notations. For elementary tasks (e.g. actions), we also consider the notations that describe multimodal interaction. The contribution is then a comparison of existing notations based on a set of organized concepts. While some concepts are general to any notation, other concepts are specific to human-computer interaction, or to multi-user interaction and finally to multimodal interaction.

Keywords:, task, multi-user, groupware, multimodality, task model, description notation.

Adresse des auteurs :
Frédéric Jourde (fjourde.seigneurs@gmail.com), Université Grenoble-Alpes, LIG, FR-38000, Grenoble, France.
Yann Laurillau ({yann.laurillau}@imag.fr), Université Grenoble-Alpes, LIG, FR-38000, Grenoble, France.
Laurence Nigay ({laurence.nigay}@imag.fr), Université Grenoble-Alpes, LIG, FR-38000, Grenoble, France.

Les articles de JIPS sont publiés sous licence Creative Commons Paternité 2.0 Générique.

1. INTRODUCTION

De nombreux systèmes interactifs, grand public ou professionnels, permettent conjointement l'interaction multiutilisateur et multimodale comme ceux décrits dans [Meija 2007 ; Safin 2009 ; Tse 2008]. Un système interactif est multimodal lorsqu'un utilisateur peut interagir avec le système par l'usage de plusieurs modalités d'interaction (en entrée ou en sortie) en parallèle ou non. Aussi, nous observons que de plus en plus de systèmes interactifs multiutilisateurs (également nommés collecticiels) sont multimodaux, comme ceux construits autour d'une surface interactive [Tse 2008] (Figure 3) et les consoles de jeu de type Wii ou Xbox. Par exemple, Tse et coll. [Tse 2008] ont développé une version multiutilisateur et multimodale du célèbre jeu Warcraft : équipés d'un casque-micro, deux joueurs coopèrent en face à face pour contrôler des unités de guerriers en interagissant avec une table interactive multitouche : les deux modalités en entrée pour réaliser les actions du jeu sont l'interaction gestuelle sur la table et des commandes vocales. Au-delà des prototypes issus de la recherche, un nombre croissant de systèmes interactifs multiutilisateurs et multimodaux sont développés dans de nombreux domaines d'application comme le médical [Meija 2007], ou la conception industrielle [Safin 2009]. Ce dernier constat souligne le besoin de notations de description de systèmes interactifs multiutilisateurs et multimodaux.

Parmi les outils à disposition du concepteur du système interactif, nous nous focalisons sur **les notations de description de la tâche**. Nous verrons que plusieurs buts sont identifiés pour une notation à destination du concepteur que ce soit pour la conception, la génération ou l'évaluation d'un système interactif [Balbo 2004].

Aussi dans cet article, nous dressons un panorama des notations existantes permettant la description des tâches de l'utilisateur avec un système interactif multiutilisateur et multimodal, avec une attention particulière pour les notations à base d'**arbre de tâches** très nombreuses dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine (IHM). Il convient de noter que pour les tâches élémentaires ou actions mono/multi-modales de l'utilisateur nous considérons aussi les notations de description de l'interaction multimodale autorisant ces actions multimodales. Pour cela, nous proposons une étude comparative d'un ensemble de notations existantes, permettant implicitement ou explicitement de décrire la tâche, à partir d'une liste de critères, mettant en évidence similarités et différences **conceptuelles**. Comme dans [Limbourg 2004], l'objectif est de comparer les notations selon les concepts explicitement véhiculés par la notation. Cette comparaison est utile dans le domaine de l'IHM pour dresser un panorama des notations et mettre en évidence celles qui véhiculent les concepts spécifiques aux tâches interactives multiutilisateur et multimodales. Notre étude comparative permet donc aussi d'identifier les notations qui nécessiteraient d'être étendues pour couvrir les aspects liés à l'interaction multiutilisateur et multimodale. Contrairement à d'autres taxonomies de notations [Balbo 2004 ; Brun 1995], notre étude comparative ne permet pas d'évaluer les notations mais souligne les variations en termes de concepts explicitement présents dans les notations. En effet pour une évaluation des notations dans le but de servir de guide aux concepteurs pour le choix d'une notation, d'autres critères sont à prendre en compte comme la lisibilité, la facilité d'apprentissage et l'extensibilité [Balbo 2004 ; Brun 1995].

L'article est organisé de la façon suivante. La partie 2 établit une grille d'analyse regroupant des critères afin de comparer les notations selon quatre facettes : caractéristiques générales, interaction utilisateur, interaction multiutilisateur et interaction multimodale. La partie 3 présente les principaux points caractérisant des

notations existantes, issues aussi bien de la psychologie cognitive que du domaine de l'Interaction Homme-Machine (IHM), du Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO), de l'interaction MultiModale (MM) ou du Génie Logiciel (GL). Avant de conclure, la partie 4, sur la base de deux tableaux, présente des éléments de synthèse comparative de notations existantes puis une illustration et analyse comparative des deux notations Dynamo-Aid et COMM qui explicitent les concepts liés à l'interaction multiutilisateur et multimodale.

2. ETUDE COMPARATIVE : CRITÈRES

Afin de cartographier le paysage des notations dédiées à la description des systèmes interactifs multiutilisateurs et multimodaux, nous avons identifié et organisé un ensemble de critères pour établir une classification, en nous appuyant sur des critères empruntés en grande partie à [Limbourg 2004 ; Jourde 2008 ; Molina 2009]. Bien que relatifs au pouvoir expressif d'une notation [Brun 1995 ; Balbo 2004] mais sans aborder les autres aspects d'évaluation d'une notation, les critères retenus visent à mettre en évidence les variations conceptuelles ou syntaxiques [Limbourg 2003] entre notations. Pour cela, nous identifions quatre classes de critères, du plus général au plus spécifique (multiutilisateur et multimodalité) :

- *Définition de la notation* : les contours de la notation et de son applicabilité ;
- *Description de l'interaction utilisateur* : aspects de la notation permettant l'expression l'interaction utilisateur ;
- *Description de l'interaction multiutilisateur* : aspects spécifiques de la notation pour exprimer l'interaction multiutilisateur ;
- *Description de l'interaction multimodale* : aspects de la notation permettant l'expression de l'interaction multimodale.

2.1 Définition de la notation

Cinq critères sont identifiés pour caractériser de façon générale une notation : champ disciplinaire, couverture du processus de conception, formes et types de représentations du langage d'expression de la notation, outils instrumentant la notation.

Champ disciplinaire. Ce critère précise le domaine dont la notation est issue.

Plusieurs domaines de recherche (psychologie cognitive, ethnographie, ingénierie logicielle, etc.) proposent des notations au champ d'application varié. Par exemple, la notation K-MAD [Lucquiaud 2005], issue de la psychologie cognitive, vise à analyser la tâche de l'utilisateur dans son activité en lien avec son environnement. La notation CTT [Paternó 1999], issue de l'ingénierie logicielle, est dédiée à la description des tâches de l'utilisateur avec le système interactif : de tels arbres de tâches peuvent être exploités conjointement avec d'autres modèles comme le modèle du domaine applicatif pour générer une interface homme-machine (par exemple, à partir des modèles UsiXML).

Couverture. Dans [Brun 1995 ; Balbo 2004] les notations sont positionnées selon les grandes étapes d'un cycle de développement logiciel (analyse des besoins, analyse de la tâche, spécification, conception générale, conception détaillée, support à la génération de code ou prototype), comme le cycle en V [Rook 1986]. Une notation peut avoir plusieurs usages tout au long du cycle de développement d'un système interactif. Cet usage peut être très en amont lors de l'analyse des besoins ou en aval pour conduire une

évaluation heuristique des descriptions. Par exemple, la notation CTT [Paternó 1999] couvre à la fois l'analyse de la tâche mais aussi l'implémentation du système interactif par transformation de modèles. La notation GTA [Van der Veer 2000] s'inscrit quant à elle dans le cadre de la méthode DUTCH qui s'étend depuis l'étude ethnographique jusqu'à la description de l'interaction concrète avec la notation NUAN [Venema 1999] (extension de la notation UAN [Hartson 1990]). Enfin certaines notations comme ICOM [Dragicevic 2004], ICARE [Bouchet 2004] et ICO [Navarre 2009] permettent l'exécution de l'interaction multimodale. Basé sur ICARE, ACICARE [Serrano 2006] est un environnement pour le développement mais aussi pour l'évaluation expérimentale utilisateur.

Au delà des étapes du processus de développement, nous considérons comme critères les éléments d'un système interactif qui sont décrits par la notation, en nous référant au modèle ARCH [Bass 1992] présenté à la Figure 1 : noyau fonctionnel, adaptateur de noyau fonctionnel, contrôleur de dialogue, interaction abstraite et interaction concrète. Nous considérons si une notation permet de décrire la partie fonctionnelle NF (noyau fonctionnel, adaptateur de noyau fonctionnel) d'un système interactif, la partie gestion de l'interaction CD (contrôleur de dialogue), la partie interaction abstraite IA et la partie interaction concrète IC.

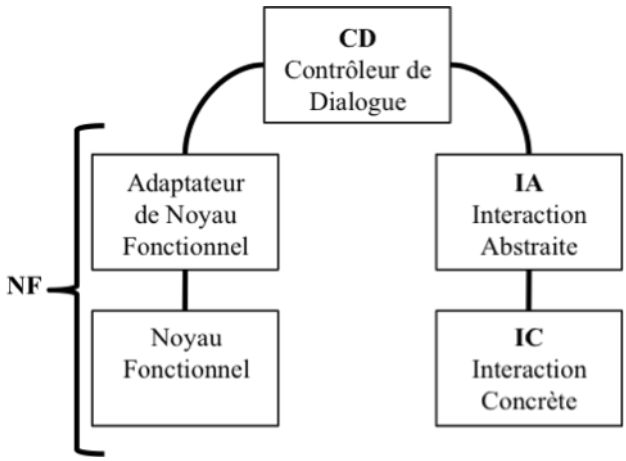

Fig. 1. Modèle ARCH [Bass 1992] pour distinguer quatre éléments d'un système interactif que décrit une notation : NF, CD, IA et IC.

Représentations. Ce critère est relatif au langage visuel de la notation. Sont pris en compte, la variété de vues (type et nombre) pour exprimer différents aspects de la description ainsi que les formes de représentation (textuelle, tabulaire, graphique, diagramme dont les structures arborescentes).

Par exemple, la notation GTA [Van der Veer 2000] offre plusieurs vues fournissant des vues statiques (par exemple, un arbre de tâches) et des vues dynamiques (par exemple, diagramme d'activité) du système interactif. Les formes de représentation de ces vues sont variées et incluent des arbres ou une structure tabulaire pour la description de l'interaction concrète concernant les tâches élémentaires ou actions de l'utilisateur (avec la notation NUAN [Venema 1999]).

Modèle de la notation. Ce critère indique la nature du modèle qui explicite la notation. Ce modèle peut être formel/semi-formel (réseau de Petri, méta-modèle, schéma XML, etc.) ou informel (indications textuelles).

Instrumentation. Ce critère indique si la notation est outillée. La complexité d'une notation rend souvent indispensable de disposer d'un outil logiciel permettant d'éditer la description. L'outil d'édition renforce l'usage et une meilleure compréhension de la notation, mais aussi facilite les échanges entre les utilisateurs de la notation tout en contribuant à sa popularisation. Enfin, les descriptions éditées selon une notation peuvent éventuellement constituer une entrée pour réaliser la génération de code comme préalable à la phase de d'implémentation.

Les critères relatifs au champ disciplinaire, au modèle et à l'instrumentation font écho aux critères d'origine et de formalisation de [Limbourg 2003] et d'outil de modélisation de [Molina 2009].

2.2 Description des tâches

Trois critères sont identifiés pour caractériser la description des tâches en général : structure de la représentation des tâches utilisateur, composition des tâches, représentations pour exprimer les objets du domaine.

Structuration. Ce critère précise la façon dont la notation articule les tâches utilisateur et système : structure hiérarchique, flot d'activité, arbre de tâches, séquence, machine à état, etc.

Une structure largement répandue est un arbre de tâches décrivant un ensemble de tâches composées de sous-tâches. Les feuilles d'un tel arbre ou tâches élémentaires (par exemple, les actions) précisent l'interaction concrète et peuvent faire l'objet d'une description dédiée additionnelle, comme l'usage de la notation NUAN [Venema 1999] dans le cadre de la notation GTA [Van der Veer 2000].

Composition. Ce critère précise les mécanismes employés par la notation pour exprimer l'agencement logique ou temporel des tâches utilisateurs au sein de la structure qui les expose. Cet agencement peut être exprimé par un plan d'exécution, des opérateurs logiques ou temporels, ou encore des conditions.

Les opérateurs pour exprimer la composition qui sont les plus souvent employés incluent : l'exécution en séquence ou en parallèle, l'alternative et l'exclusivité. Les notations offrent une gamme plus ou moins large d'opérateurs. Par exemple, les opérateurs de la notation CTT [Paternó 1999] sont issus du langage formel de description LOTOS [ISO 1989]. Au contraire la notation GTA [Van der Veer 2000] laisse le concepteur libre de définir ses propres opérateurs.

Objets du domaine. Ce critère précise comment une notation permet la description des objets du domaine. Comme la description de l'interaction, la notation peut s'appuyer sur une notation complémentaire pour décrire le modèle du domaine, par exemple un diagramme de classe UML, ou proposer sa propre représentation. Ce critère précise également si la description des objets du domaine fait l'objet d'une représentation indépendante ou intégrée.

Par exemple, la notation GTA [Van der Veer 2000] propose sa propre représentation, comme vue indépendante, pour décrire les objets du domaine tandis que

la notation CTML [Wurdel 2008] repose explicitement sur le diagramme de classe UML. La notation CIAN [Molina 2007] associe la description des objets du domaine à chaque tâche au sein d'une représentation unique.

Ces critères sont relatifs, respectivement, aux critères de niveau d'opérationnalisation, de planification des tâches et d'objets manipulés de [Limbourg 2004].

2.3 Description des tâches multiutilisateur

Cette section concerne les concepts pour comparer les notations dans leur capacité conceptuelle pour décrire les tâches multiutilisateurs. Pour cela, nous nous appuyons sur l'ontologie de van Welie et coll. [van Welie 1998]. Cette ontologie identifie cinq concepts fondamentaux : rôle, acteur, tâche, objet et événement.

Les concepts de rôle, d'acteur ou agent, de groupe, de tâche coopérative/collaborative, d'objet partagé et de droits d'accès sont spécifiques à la description d'un système interactif multiutilisateur :

- *Rôle* : le concept de rôle permet l'association de classes d'acteurs en charge d'une tâche à réaliser, sans se préoccuper de savoir exactement qui, c'est-à-dire un acteur, sera en charge de la réalisation.
- *Acteur* : un humain ou un agent système exécutant une tâche pour un rôle donné.
- *Tâche* : identifie une série d'activités à accomplir pour atteindre un but dans un rôle donné.
  En particulier, nous précisons dans quelle mesure une notation permet la distinction entre les deux grandes classes d'activité de groupe : coopération et collaboration. Comparée à une activité coopérative, une activité collaborative offre un caractère plus opportuniste du fait d'une absence de division planifiée du travail. Roschelle et Teasley [Roschelle 1995] distinguent la coopération de la collaboration comme suit : "*Cooperative work is accomplished by the division of labour among participants, as an activity where each person is responsible for a portion of the problem solving. [...] Collaboration [is a] mutual engagement of participants in a coordinated effort solve the problem together*".
  De nombreuses notations comme la notation CCTT [Paternó 1998] permettent la description de tâches multiutilisateurs coopératives. La notation CIAN [Molina 2007] est une des rares notations distinguant coopération et collaboration par l'introduction de types de tâche multiutilisateur idoines.
- *Objet* : identifie une information ou un artefact (objet du domaine) manipulé pour réaliser une tâche donnée. La notion d'objet partagé (artefact dans la terminologie de A. Dix [Dix 2004]) est importante pour étudier des propriétés comme la conscience de groupe (*group awareness*).
- *Evènement* : un événement modélise la dynamique d'une tâche et qui influence son déroulement.

Ces concepts sont également pris en compte par le critère d'aspect de la collaboration dans [Limbourg 2004] et par la modélisation du travail de groupe de [Molina 2009].

2.4 Description des tâches multimodales

La multimodalité implique des actions de l'utilisateur ou du système selon plusieurs modalités d'interaction. La multimodalité concerne les tâches élémentaires, feuilles de l'arbre de tâches. Pour étudier la description de ces tâches élémentaires multimodales, nous considérons les notations de description de l'interaction multimodale autorisant ces actions multimodales. Ainsi cette section concerne les concepts pour comparer les notations dans leur capacité conceptuelle pour décrire l'interaction multimodale. Pour cela, nous nous appuyons sur la définition de [Nigay 1995] pour caractériser une modalité selon un couple <dispositif d'interaction, langage d'interaction>. Quatre concepts fondamentaux sont alors identifiés pour préciser l'interaction multimodale : modalité, dispositif d'interaction, langage d'interaction et composition de modalités.

Modalité. Ce concept identifie si une notation permet l'expression d'une modalité ou combinaison de modalités.

Basée sur CTT [Paternó 1999], la notation Dynamo-AID [Clerckx 2007] est une notation exprimant cette notion de modalité en l'associant à une tâche élémentaire (feuille d'un arbre de tâches) pour préciser l'interaction concrète.

Dispositif. Ce concept identifie si une notation intègre la notion de dispositif et permet d'associer son usage à la réalisation d'une tâche élémentaire.

De nombreuses notations intègrent cette notion avec une granularité plus ou moins fine, comme simplement nommer un dispositif ou bien décrire son comportement à l'aide de diagrammes état-transition.

Langage. Ce concept identifie la capacité des notations à décrire la manière d'utiliser un dispositif d'interaction, c'est-à-dire à décrire des primitives d'utilisation (actions élémentaires) ou des tâches concrètes correspondant à l'usage des dispositifs.

Composition. Ce concept identifie les notations permettant l'expression de compositions de modalités pour décrire l'interaction multimodale. Ces compositions peuvent être précisées par les propriétés CARE et des opérateurs spécifiant des contraintes temporelles de la composition multimodale [Serrano 2009].

Les propriétés CARE (Complémentarité, Assignation, Redondance, Equivalence) [Coutaz 1995] permettent de décrire la composition de modalités utilisées pour réaliser une tâche élémentaire concrète. La complémentarité désigne l'usage conjoint de deux ou plusieurs modalités nécessaires à la transmission des informations pour réaliser une tâche. Une autre composition CARE, la redondance, signifie que plusieurs modalités sont nécessaires pour accomplir une tâche et que chacune d'elles porte l'intégralité de l'information. La complémentarité et la redondance de modalités impliquent au niveau système la fusion d'informations [Lalanne 2009] provenant de plusieurs modalités. Par exemple la notation NUAN [Venema 1999] permet de décrire la combinaison d'événements (et donc la fusion à réaliser par le système) pour des entrées clavier/souris. Mais la description des interactions est limitée aux modalités en entrée dont les dispositifs sont le clavier et la souris.

3. NOTATIONS EXISTANTES : ÉTAT DE L'ART

Ayant identifié les critères et concepts pour guider l'étude des notations de description existantes, cette partie présente les notations existantes étudiées. Ces notations relèvent de plusieurs domaines. La Figure 2 illustre la cartographie des notations étudiées dans cet article du point de vue de leur champ disciplinaire. Certaines héritent ou emploient des notations issues du Génie Logiciel comme UML (Figure 2). Une large part **des notations étudiées relèvent de l'IHM** ou sont communes à d'autres domaines comme la Psychologie Cognitive. De plus, une grande part de ces notations sont à base d'arbre de tâches, révélatrice des pratiques et de leur ancrage fort dans le domaine de l'IHM. Les notations UAN [Hartson 1990], NUAN [Venema 1999] et HTA [Annett 1967] sont mentionnées dans le schéma de la Figure 2 pour mettre en évidence les relations d'héritage mais ne font pas partie des notations étudiées dans cet état de l'art. En particulier, la notation HTA [Annett 1967] est mentionnée car identifiée comme une des toutes premières notations à base d'arbre de tâches, et ayant inspiré les notations existantes.

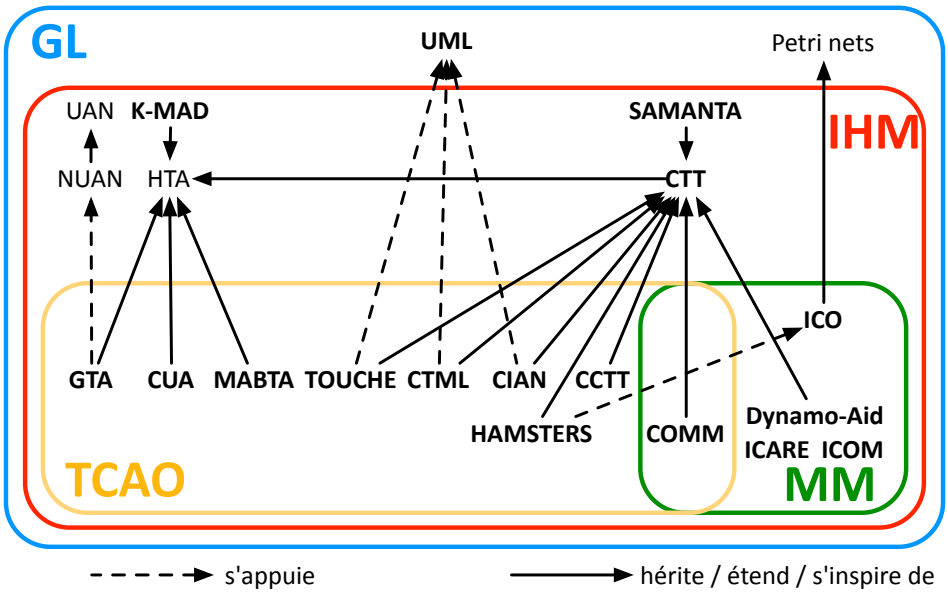

Fig. 2. Relations entre les notations étudiées, en fonction de leur champ disciplinaire. GL : Génie Logiciel. IHM : Interaction Homme-Machine. TCAO : Travail collaboratif Assisté par Ordinateur. MM : MultiModalité.

Dans le cadre de cette étude sur la description des tâches interactives multiutilisateurs et multimodales, d'autres notations sont décrites dans [Jourde 2011]. L'étude englobant plusieurs axes du domaine de l'IHM, certaines notations ne sont pas décrites : par exemple c'est le cas des notations IOG [Carr 1994] ou Nimmit [Vanacken 2007] qui ont une approche à base de machine à états pour, respectivement, la description de l'interaction utilisateur et la description de l'interaction multimodale. De nombreux principes de IOG et Nimmit se recoupent avec la notation ICO [Navarre 2009] (paragraphe 3.3.3) dont le formalisme sous-jascent, les réseaux de Petri, englobe ces approches à base de machine à états.

Dans la suite de cette partie sur les notations existantes, la première section aborde les notations généralistes pour la description des tâches interactives. La seconde section est consacrée aux notations dédiées aux tâches multiutilisateur et la troisième section aux notations dédiées aux tâches élémentaires concrètes (actions utilisateur) multimodales.

3.1 Notations pour la description de tâches

3.1.1 CTT

CTT (*Concurrent Task Tree*) est une notation d'arbre de tâches destinée à l'analyse des besoins et à la description de tâches mono-utilisateur [Paternò 1999]. CTT couvre les composants de contrôleur de dialogue et d'interaction abstraite du modèle ARCH [Bass 1992]. L'éditeur CTTE [Mori 2002] est un environnement interactif pour la description d'un système interactif avec CTT.

La notation CTT introduit quatre types de tâches : les tâches utilisateur, les tâches abstraites pouvant être décomposées en sous-tâches, les tâches système, les tâches mentales. Les relations entre les tâches sont définies par des opérateurs hérités de LOTOS [ISO 1989] comme la concurrence (`|||`), l'activation (>>), l'alternative (`[]`) ou l'opérateur unaire pour l'itération (`*`). Aussi, CTT bénéficie d'une description formelle de ces opérateurs. De plus, la particularité de CTT est d'exprimer la composition entre tâches descendantes d'une tâche parent plutôt que de le préciser sur le plan de la tâche parent.

3.1.2 SAMANTA

La méthodologie SAMANTA (*Situation Awareness Modeling and ANalysis for Transition Amelioration*) [Villaren 2012a ; Villaren 2012b] promeut une approche pour concevoir des interfaces tenant mieux compte de l'impact cognitif sur l'utilisateur de transitions entre tâches jugées complexes. Aussi, cette méthodologie repose sur l'usage conjoint de modèles couplant modèle de tâches et de description de contexte sous la forme de réseaux d'éléments de situation. Les tâches sont décrites avec la notation CTT (voir section 3.1.1). Le modèle d'éléments de situation est un graphe cartographiant des connaissances liées aux situations de réalisation des tâches et obtenus par une analyse amont, par exemple au travers de RETEX (retours d'expérience).

Du point de vue de la description des tâches, les concepts sont donc ceux de la notation CTT.

3.1.3 K-MAD

K-MAD (*Kernel of Model for Activity Description*) [Lucquiaud 2005] est une notation héritant de nombreuses notations existantes (Diane+ [Tarby 2001], MAD [Scapin 1990], CTT [Paternò 1999], et GTA [Van der Veer 2000]) car sa construction repose sur une analyse approfondie de celles-ci par extraction de leurs caractéristiques intrinsèques. Du point de vue du modèle ARCH [Bass 1992], K-MAD couvre la description du contrôleur de dialogue et de l'interaction abstraite. L'éditeur K-MADe outille la notation [Baron 2006].

Les concepts clefs de la notation sont : les rôles, les utilisateurs, les objets abstraits et concrets, et les évènements. Par conséquent, cette notation permet la description de modèles de tâches, d'objets abstraits et concrets, de rôles et acteurs, d'évènements. Quatre types de tâches sont considérés : abstraite, utilisateur, système et interactive.

Toute tâche est décomposable en sous-tâches. Les règles de composition sont exprimées au niveau de la tâche parent.

3.2 Notations pour la description de tâches multiutilisateurs

3.2.2 GTA

GTA (*Groupware Task Analysis*) [Van der Veer 2000] est une méthode issue de l'ethnographie dédiée principalement à l'analyse de la tâche. Une notation est proposée en support afin de faciliter ce travail d'analyse. Il convient de préciser que GTA est incluse dans une méthode plus globale, la méthode DUTCH [Van der Veer 2002]. DUTCH articule un modèle de tâches système et une description de l'interaction concrète en NUAN (extension de la notation UAN) [Van Welie 1998]. La spécificité de cette méthode est d'exploiter une ontologie reposant sur les concepts clefs de rôle, tâche, objet, agent et évènement. Cette méthode repose sur quatre vues selon quatre représentations distinctes pour décrire l'activité de groupe :

- Un arbre de tâches pour décrire les activités ;
- Un diagramme de classe pour décrire les objets ou artéfacts (type UML) ;
- Un diagramme d'activité ou de séquence pour décrire la dynamique de l'activité ;
- Une représentation de l'environnement physique et culturel sur le plan des usages.

Concernant l'arbre de tâches, le formalisme est simple du fait du nombre réduit de concepts de l'ontologie. Aucun opérateur de composition n'est imposé : le concepteur peut les définir librement. Les tâches peuvent être décorées par des pré- et post-conditions et peuvent également déclencher d'autres tâches (*triggered task*). Ce dernier aspect permet de décrire la dynamique de l'activité. Les tâches élémentaires, c'est-à-dire les feuilles de l'arbre de tâches, sont décrites à l'aide de la notation NUAN.

3.2.3 Cooperative CTT

La notation CCTT (*Cooperative CTT*) est une extension de la notation CTT pour prendre en compte les activités coopératives [Mori 2002]. Cette extension introduit donc un type de tâche supplémentaire, la tâche coopérative, et des arbres de tâches coopératives. Les arbres CTT usuels décrivent alors des tâches individuelles relatives à des rôles métier. L'arbre de tâches coopératives est une composition et structuration de tâches coopératives et de tâches individuelles. Ces dernières sont décorées par le rôle auquel elles sont associées.

CCTT permet de décrire à grain fin l'activité coopérative à l'aide de multiples arbres de tâches individuelles, associés à des rôles métier, et d'un arbre de tâches coopératives décrivant l'activité de groupe, tout en bénéficiant des apports de la notation CTT comme les différents opérateurs logiques et temporels pour exprimer différentes formes de composition.

L'outil CTTE (CTT Environment) [Mori 2002] couvre à la fois CTT et son extension pour les tâches coopératives.

3.2.4 CTML

Reposant sur l'usage d'UML pour la description des objets du domaine, la notation CTML (*Collaborative Task Modeling Language*) se présente comme une extension de

la notation CCTT, dédiée à la modélisation des activités coopératives [Wurdel 2008]. CTML se distingue de CCTT par :

- La proposition d'un cadre pour coupler la description des objets du domaine (diagramme de classe UML) avec la description d'arbres de tâches CCTT ;
- La modélisation des opérateurs temporels offerts par CTT par des machines à état ;
- La proposition d'une description formelle du langage CTML [Wurdel 2008] ;
- L'outillage de la notation combinant un outil d'édition et un outil de simulation, CMTL Editor and Simulator [Wurdel 2008], permettant de simuler et rendre vivant le modèle de tâche par son exécution afin de permettre aux concepteurs de le valider.

Ainsi, la notation CTML définit deux types de modèles que le concepteur doit décrire :

- *Un modèle du domaine* qui décrit les concepts de l'application, dont les rôles utilisateurs, ainsi que les relations entre ces concepts,
- *Un modèle de tâche coopérative* reposant sur les rôles décrits dans le modèle du domaine. Toutefois, les auteurs préconisent de décrire les rôles utilisateurs au sein du diagramme de classe. Pour cela, ils décrivent une classe Rôle dont les autres rôles utilisateur héritent. Les relations entre les concepts de rôles et les concepts de l'application sont décrites avec les relations fournies pour le diagramme de classe UML.

De nouveaux opérateurs sont proposés pour la description du modèle de tâches [Sinnig 2007] :

- *Deux nouveaux opérateurs unaires* : (`#`) qui dénote la capacité de réaliser une tâche donnée plusieurs fois en parallèle ; et (`stop`) qui dénote la terminaison de la tâche mère.
- *Extension de l'opérateur binaire d'alternative* (`[]`) : deux variantes permettent de préciser si un choix est laissé à l'utilisateur (choix déterministe `[]D`) ou réalisé par le système (choix non déterministe `[]N`).

3.2.5 CIAN

S'inscrivant dans le contexte d'une méthode de conception d'application interactive et collaborative (CIAM, *Collaborative Interactive Applications Methodology*) [Molina 2008], la notation CIAN [Molina 2007] vise à décrire au delà des tâches utilisateur l'activité de groupe.. La notation permet de distinguer les activités collaboratives des activités coopératives. Pour cela, plusieurs modèles complémentaires sont proposés, correspondant chacun à une étape du processus de conception. Ces modèles correspondent à des affinements successifs de la description afin d'aboutir à une description très détaillée, par :

1. Un sociogramme permettant de préciser les rôles, les acteurs (humain ou système), et les groupes, et les relations entre ces entités ;
2. Une description des activités de groupe au travers de deux modèles :
    a. Un modèle Inter-Action précisant les grandes classes d'activité sous la forme d'un processus décrivant des enchaînements de type état-transition. Chaque état correspond à une tâche décomposée à gros grain à la façon des machines à états hiérarchiques.

   b. Un modèle de responsabilité précisant pour chaque tâche son type, les objets manipulés, et des pré-conditions. Celui-ci précise les droits d'accès aux objets.
3. Une description détaillée des activités : chaque tâche est décrite par :
   a. Les rôles et acteurs impliqués dans la réalisation de la tâche ainsi que son type et les droits d'accès associés aux rôles ;
   b. Un diagramme de classe UML décrivant les objets manipulés lors de la réalisation de la tâche. Le langage graphique est augmenté de symboles pour marquer les relations entre objets avec les droits d'accès afférents ;
   c. Un arbre de tâches CTT augmenté des notions de droits d'accès.

3.2.6 TOUCHE

La méthode TOUCHE [Penichet 2010] pour la conception des systèmes interactifs multiutilisateurs (*Task-Oriented and User-Centred Process Model for Developing Interfaces for Human–Computer–Human Environments*) se concentre sur la description des interactions entre acteurs et rôles. Cette méthode centrée rôle vise à fournir des outils au concepteur pour comprendre et modéliser finement une organisation en termes de rôle et de structure, ainsi que les relations collaboratives entre acteurs de cette organisation, en lien avec les tâches associées aux rôles. Deux classes de modèles sont employées pour décrire :

- *La structure de l'application* : outre l'usage de diagrammes de classe UML pour préciser la structure de l'application, la méthode introduit le diagramme de structure organisationnelle (OSD) qui précise la structure d'une organisation composée de groupes, de rôles et d'acteurs ainsi que les relations entre rôles et acteurs.
- *Le comportement de l'application* : le comportement est décrit par des arbres de tâches individuelles (TD) et un diagramme de co-interactions (CD). La description des arbres de tâches (TD) repose sur la notation CTT. Toutefois, la méthode permet l'emploi d'autres notations comme GTA. Le diagramme co-interactions (CD) est introduit par la méthode et précise les interactions par des relations entre rôles. Chaque relation précise les effets de l'interaction en terme d'action et de réception. Contrairement à une structure de nature hiérarchique, la structure est une composition de graphes.

Le diagramme de structure organisationnelle est très proche du sociogramme de CIAN, aussi bien en terme de concepts qu'en terme de représentation. Son pouvoir d'expression pour la description des rôles est néanmoins moins puissant qu'un sociogramme CIAN, de par l'absence de la relation d'héritage. En revanche, le diagramme de co-interactions permet d'expliciter de manière synthétique le réseau de collaborations entre les intervenants d'une situation, ce que les autres notations présentées jusqu'ici proposent de décrire au sein d'un modèle de tâches coopératives.

3.2.7 MABTA

Dédiée à l'analyse de la tâche et des besoins, la notation MABTA (*Multiple Aspect Based Task Analysis*) [Lim 2004] repose sur quatre modèles pour couvrir différentes facettes de l'activité collaborative :

- *Modèle de rôles* : exprime la répartition des rôles selon une structure hiérarchique entre utilisateurs.

- *Modèle de tâches de groupe* : permet de définir des classes de tâches de groupe associées à des rôles. Les relations entre ces tâches expriment une conséquence, similaire au *trigger* introduit par la notation GTA. Trois types de tâches sont considérés : coordination, décision et mono-utilisateur.
- *Modèle de tâches* : ce modèle est une version détaillée du modèle de tâches de groupe : chaque tâche de groupe est exprimée par une liste de tâches élémentaires. La composition de ces tâches élémentaires est exprimée par un plan d'action, approche développée par la notation HTA, reposant sur l'usage d'opérateurs usuels comme la séquence ou l'alternative.
- *Modèle d'interface abstraite* : ce modèle permet d'expliciter une structuration de l'espace graphique d'interaction tout en exprimant des liens avec le modèle de tâches.

3.2.8 HAMSTERS

La notation HAMSTERS (*Human-centered Assessment and Modeling to Support Task Engineering for Resilient Systems*) [Martinie 2014] est une notation pour la modélisation des tâches utilisateurs. Elle emprunte aux notations existantes des concepts comme la structuration hiérarchique ou les opérateurs LOTOS (voir notation CTT). Néanmoins la notation HAMSTERS propose des types de tâches de granularité plus fine que CTT, comme la distinction entre tâche d'interaction en entrée ou en sortie (que l'on trouve également dans d'autres notations comme la notation COMM (voir section 3.3.5). Parmi les concepts véhiculés par la notation, la notation HAMSTERS promeut des mécanismes pour faciliter la modularité et la réutilisation de sous-arbres (*subroutine* et *copy task*) et rend explicite les flots de données entre tâches (notion de port d'entrée et de sortie) ainsi que les objets manipulés par une tâche. De plus, la notation fournit des éléments pour prendre en compte l'erreur humaine. Enfin, la notation est outillée par un éditeur complet permettant l'édition de tâches ainsi que la simulation de ces tâches.

Cette notation s'inscrit de plus dans une méthode pour la conception de systèmes interactifs critiques. Cette méthode adosse la notation HAMSTERS avec la notation ICO (voir section 3.3.3), cette dernière permettant la spécification formelle du comportement du système interactif en cours de conception. Du point de vue de la tâche, la notation ICO permet une description des tâches élémentaires concrètes.

L'aspect multiutilisateur est couvert par l'inclusion de plusieurs types de tâches collaboratives : tâche de groupe, tâche de groupe abstraite, tâche de groupe interactive, tâche de groupe système. Ces tâches peuvent être elles-mêmes composées de tâches de groupe ainsi que de tâches individuelles. De plus, la notation inclut des décorations permettant de préciser la nature de la tâche au regard des dimensions espace-temps (distant/local et synchrone/asynchrone). La notation permet également de préciser la couverture fonctionnelle au regard du modèle du trèfle (communication, coordination, production).

3.2.9 COMM

La notation COMM (*COllaborative and MultiModal*) [Jourde 2010] est une notation à base d'arbre de tâches, dans l'esprit de la notation CTT dont elle étend les opérateurs. COMM permet la description conjointe de tâches multiutilisateurs et de l'interaction concrète multimodale pour les tâches élémentaires. La particularité est de permettre la description des tâches individuelles et de groupe au sein d'un unique arbre de tâches en s'appuyant sur les types de tâches suivants :

- Deux tâches système : calcul (interne : changement d'état) et présentation ;
- Trois tâches individuelles : utilisateur (interne : cognitive), action et interaction (qui combine la tâche système présentation avec la tâche utilisateur action).
- Trois tâches de groupe : groupe (interne : décision), action de groupe et interaction de groupe (qui combine la tâche système présentation avec la tâche utilisateur action).

Chaque tâche peut être décorée avec un ou plusieurs rôles métiers. De plus, la notation COMM permet de préciser un nombre d'acteurs parmi un ensemble de rôles pour réaliser une tâche de groupe ainsi que des règles de composition et factorisation en fonction des types de tâches et de la décoration par les rôles. Elle couvre à la fois la description de tâche abstraite, qui souvent relève de tâches de groupe, et la description de l'interaction concrète par l'introduction du type de tâche modale pour définir une modalité d'interaction comme étant un couple `<dispositif, langage d'interaction>`.

L'introduction de la notion de rôle interactif, complémentaire au concept de rôle métier, permet de décrire des tâches collaboratives. Aussi, le rôle interactif permet d'expliciter l'allocation des rôles métiers aux utilisateurs du point de vue du dispositif interactif. En effet, contrairement à une tâche coopérative, il n'est pas toujours possible de décrire a priori l'allocation des tâches en associant un rôle métier aux utilisateurs : souvent cette allocation est effectuée à l'exécution. Ainsi, le rôle interactif traduit ce caractère dynamique de l'interaction explicitant le tissage entre tâches relevant de l'interaction concrète avec les rôles métiers.

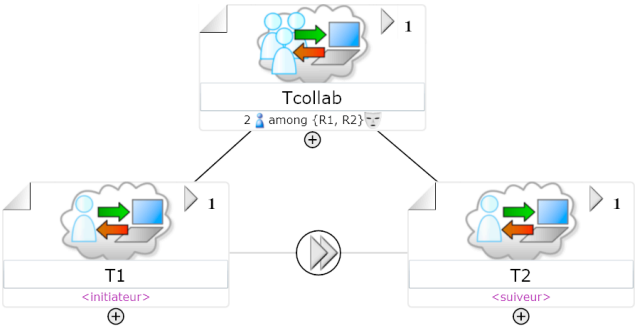

Fig. 3. Exemple de tâche collaborative reposant sur la notion de rôle interactif, spécifiée avec la notation COMM.

Pour illustrer ce concept de rôle interactif, considérons une tâche collaborative, nommée Tcollab, sans allocation prédéfinie des rôles métiers aux tâches, consistant à exécuter en séquence une tâche T1 puis une tâche T2, accomplies par deux rôles métiers distincts, R1 et R2. L'opportunité est laissée aux acteurs de se coordonner et d'accomplir cette tâche collaborative : l'allocation des tâches aux rôles est réalisée au moment de l'interaction effective des utilisateurs avec le système, en fonction des contraintes induites par le dispositif interactionnel. Pour la spécifier à l'aide de la notation COMM : comme le montre la Figure 3, la tâche collaborative Tcollab est associée à deux rôles métiers (R1 et R2), et est composée de deux tâches individuelles accomplies en séquence, T1 et T2. La décoration de la tâche collaborative Tcollab exprime la contrainte que deux rôles métiers distincts, parmi une liste de rôles {R1, R2}, sont nécessaires pour être accomplies. De plus, les deux sous-tâches T1 et T2 étant des tâches individuelles, un seul rôle métier peut y être associé. Aussi, l'imprévisibilité de l'allocation des tâches T1 et T2 aux rôles R1 et R2 est spécifiée par la décoration des

tâches individuelles par deux rôles interactifs distincts, respectivement <initiateur> et <suiveur>. Ainsi, au moment de l'interaction, un seul des deux rôles métiers R1 et R2 sera <initiateur>, et l'autre <suiveur>.

La notation COMM a été employée pour décrire les tâches d'un prototype d'IHM de poste de commande de drones. Ce projet a permis de mettre à l'épreuve la notation COMM et de valider son passage à l'échelle ainsi que son pouvoir expressif : plus de 180 tâches ont été décrites pour des arbres constitués de branches s'étalant sur 12 niveaux de profondeur. En particulier, la notion de rôle interactif permet l'expression de la délégation de tâches relative au partage d'autorité.

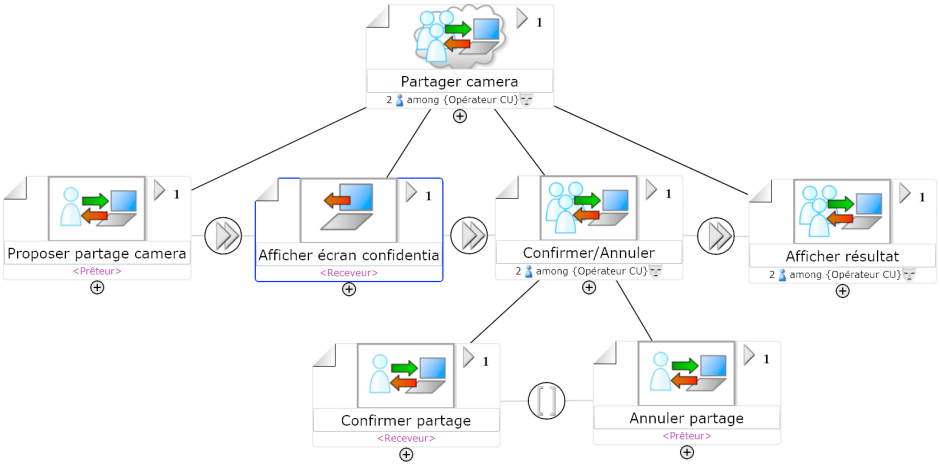

Fig. 4. Tâche de délégation de contrôle de charge utile entre opérateurs, exprimée à l'aide de deux rôles interactifs.

La Figure 4 illustre un exemple concret tiré de ce projet, décrit à l'aide de la notation COMM. Le contrôle d'un drone implique plusieurs opérateurs, c'est-à-dire des rôles métiers : un opérateur vecteur (VE) pour le contrôle de la trajectoire ; un ou plusieurs opérateurs charge utile (CU) pour le contrôle des dispositifs embarqués comme une caméra 360˚. Le concept de rôle interactif a été utilisé pour spécifier une tâche de partage de charge utile entre deux opérateurs CU. Comme le montre la Figure 4, la tâche collaborative consiste à déléguer le contrôle d'une caméra 360˚ entre deux opérateurs CU : elle illustre la phase de partage à l'aide des deux rôles interactifs <Prêteur>, qui délègue le contrôle, et <Receveur>, qui en prend le contrôle.

Outre le concept de rôle interactif, la notation COMM propose un éventail étendu de types de tâches [Jourde et coll., 2010 ; Jourde, 2011] :

- Deux tâches système : calcul (interne : changement d'état) et présentation (par exemple, la tâche « Afficher écran » de la Figure 4) ;
- Trois tâches individuelles : utilisateur (interne : cognitive), action et interaction (qui combine la tâche système présentation avec la tâche utilisateur action), comme la tâche « Annuler partage » à la Figure 4 ;
- Trois tâches de groupe : groupe (interne : décision), action de groupe et interaction de groupe (qui combine la tâche système présentation avec la tâche utilisateur action), comme la tâche « Partager Caméra » à la Figure 4.

La notation préconise aussi un ensemble de règles de composition et de factorisation selon les types de tâches [Jourde, 2011].

En outre, la notation COMM est outillée par l'éditeur e-COMM [Jourde 2010 e-COMM], disponible sous la forme d'une application web. COMM et e-COMM sont complètement décrits et illustrés par des exemples de description de systèmes interactifs dans [Jourde 2010].

3.3 Notations pour la description de tâches élémentaires concrètes multimodales

Pour les tâches élémentaires concrètes ou actions mono/multimodales de l'utilisateur nous considérons les notations de description de l'interaction concrète (comme NUAN pour décrire les tâches élémentaires concrètes dans la notation GTA – voir section 3.2.2). Dans cette section, nous considérons les notations spécifiques à la multimodalité, que ce soit pour décrire les actions utilisateur multimodales ou pour décrire le système autorisant ces actions multimodales.

3.3.1 ICOM

La notation ICOM (Input Configuration Model) [Dragicevic 2004] permet de décrire les entrées du système sous la forme d'un diagramme de flot de données, composé de modules interconnectés. ICOM permet de décrire l'interaction concrète Post-WIMP et multimodale pour la réalisation de tâches données d'un système interactif. La notation ICOM est opérationnalisée au sein de l'environnement ICON, qui permet de décrire des diagrammes ou configurations d'entrée selon la notation ICOM mais également de les exécuter.

Pour décrire une configuration d'entrées, la notation ICOM utilise des entités de base appelées dispositif. Les entités disposent d'entrées et de sorties qui sont définies sous la forme de ports d'entrée et de sortie. Ces ports sont définis par un type de base tel que le type booléen ou le type entier, ou sont composés pour former un type complexe. Les dispositifs peuvent être de trois types : des dispositifs d'interaction tels qu'une souris, des dispositifs d'application qui correspondent aux tâches élémentaires proposées par le système et les dispositifs d'adaptation qui permettent de transformer des informations provenant des dispositifs d'interaction dans une forme compréhensible par les dispositifs d'application. Une configuration d'entrées est ainsi définie par un ensemble de dispositifs interconnectés.

La notation ICOM permet donc de décrire les traitements du système pour l'interaction concrète multimodale en entrée sous la forme d'un flot de données entre les dispositifs physiques d'interaction et les tâches élémentaires concrètes.

3.3.2 ICARE

Comme ICOM, la notation ICARE (Interaction, Complémentarité, Assignation, Redondance, Equivalence) [Bouchet 2004] permet de décrire des assemblages de composants au sein d'un diagramme de flot de données pour décrire les traitements du système pour l'interaction multimodale en entrée. ICARE repose sur la définition d'une modalité comme étant un couple `<dispositif, langage d'interaction>`, et propose ainsi de décrire une modalité sous la forme de deux composants : un composant dispositif et un composant langage d'interaction. Des composants de combinaison sont proposés pour exprimer la composition de modalités selon les propriétés CARE [Coutaz 1995] : complémentarité, redondance, et redondance/équivalence.

Avec ICARE, pour chaque tâche élémentaire concrète d'une application interactive, une description sous forme d'un assemblage de composants est produite. Au sein de l'outil de prototypage ICARE, les diagrammes font apparaître des composants décrits

par de nombreuses propriétés telles que la précision, la stabilité ou encore le mode de communication. Les assemblages produits peuvent alors être exécutés, et les combinaisons de modalités testées, afin de valider l'utilisation de ces modalités pour une tâche donnée.

Les principes de description d'ICARE ont été repris avec un autre modèle à composants permettant l'intégration de composants logiciels variés au sein de la plate-forme logicielle OpenInterface [Serrano 2008].

3.3.3 ICO

ICO (*Interactive Cooperative Objects*) [Navarre 2009] est un langage formel reposant sur les réseaux de Petri pour décrire les traitements système pour l'interaction utilisateur. Les différentes évolutions de ce langage couvrent désormais la description des interfaces multimodales, WIMP et Post-WIMP [Navarre 2009]. Un réseau de Petri est un graphe constitué d'arcs orientés pouvant relier deux types de nœuds : des états (représentés par une ellipse) contenant des jetons associés à des valeurs ; des transitions (représentées par un rectangle) explicitant des changements d'états ou des actions. Un objet ICO repose sur une approche par objet des réseaux de Petri permettant une description d'objets complexes et la description complète d'un comportement d'un objet en réaction à des stimuli externes. Par rapport aux Objets Coopératifs (CO), le langage ICO ajoute la notion d'évènement utilisateur et permet de rendre explicite les différents liens via ce mécanisme d'évènement entre les composants relatifs à l'interaction (concrète et abstraite), le dialogue et le noyau fonctionnel (que l'on peut associer à un objet CO). Le langage est outillé par l'application PetShop.

Le langage ICO, du fait des propriétés des réseaux de Petri, permet la description fine du traitement système de l'interaction multimodale grâce à un réseau combinant des évènements produits par plusieurs interacteurs au sein d'un unique réseau de Petri disposant de plusieurs jetons. Un tel modèle exprime donc un mécanisme de fusion et permet de préciser les contraintes temporelles régissant la fusion multimodale.

3.3.4 Dynamo-Aid

Dynamo-Aid [Clerckx 2007] est une méthode de conception de prototypes d'application interactive sensible au contexte d'usage, issue de recherche en informatique pervasive. Les mécanismes d'adaptation considérés par la méthode sont la capacité du système interactif à répartir son IHM sur plusieurs dispositifs et la capacité à exploiter des modalités ou combinaisons de modalités variées. En particulier, l'expression de combinaisons de modalités repose explicitement sur l'usage des propriétés CARE [Coutaz 1995].

Plusieurs notations sont proposées en support à la méthode Dynamo-Aid afin de permettre de décrire un système multimodal à l'aide de modèles de : tâche, dialogue, contexte et présentation. L'intégration de tous ces modèles est réalisée au travers d'un modèle complémentaire, le modèle de l'interface qui exprime les interrelations.

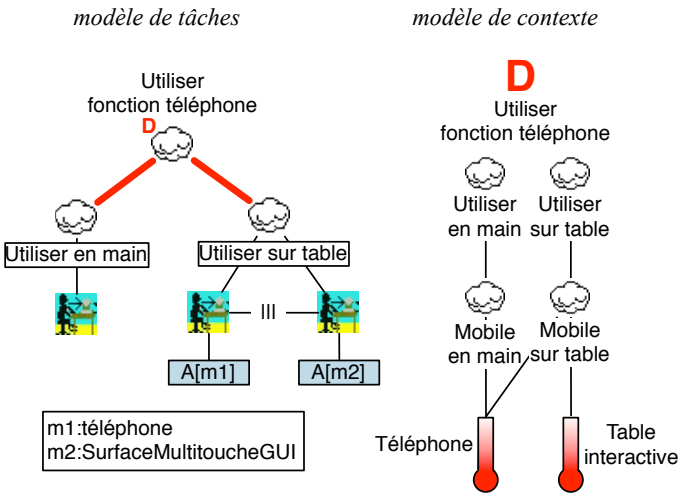

Fig. 5. Description d'une tâche selon des contextes d'usage différents (ici en fonction de la plateforme) : modèle de tâche (à gauche) et modèle de contexte (à droite).

Les spécificités de ces modèles sont :

- *Modèle de tâches* : une tâche est décrite à l'aide de la notation CTT étendue de la notion de modalité (assimilée à celle de dispositif) pour préciser la nature des tâches d'interaction élémentaire. Aussi, une tâche d'interaction est associée à une modalité (vocale, gestuelle, etc.) ou une combinaison de modalités. Une combinaison est exprimée par une des quatre propriétés CARE qui agit comme un opérateur liant plusieurs modalités. Comme le montre la Figure 5, c'est la notation CTT qui est utilisée pour décrire la tâche « Utiliser sur table ». La notation Dymano-Aid permet une description de l'interaction multimodale par spécialisation de la tâche élémentaire d'interaction. Dans cet exemple, il s'agit d'une assignation de l'usage parallèle de deux modalités m1 et m2, associées respectivement au dispositif de type téléphone et au dispositif de table interactive multitouche. De plus, la notation introduit la notion de tâche de décision qui, selon le contexte, active une des sous-branches de la tâche de décision (voir modèle de contexte de la Figure 5). Dans l'exemple de la Figure 5, la tâche de décision a deux branches décrivant un usage du téléphone en main et un usage du téléphone posé sur la table.
- *Modèle de dialogues* : la notation prescrit la description du dialogue à l'aide de diagrammes état-transition, un état représentant un état de l'interface utilisateur. Les transitions marquent un changement de l'interface, suite à une action de l'utilisateur notamment.
- *Modèle de contextes* : ce modèle repose sur deux classes d'objets du contexte, concrets et abstraits. Les objets concrets sont associés à des dispositifs physiques (des capteurs) capables de saisir des informations du contexte d'usage comme la température. Ces objets concrets sont associés à des objets abstraits du contexte reflétant une caractéristique du contexte (il fait chaud / il fait froid). Le contexte d'usage inclut également la plateforme, donc les types de dispositifs employés. Dans l'exemple de la figure 5, deux contextes dépendant des dispositifs sont décrits : un usage du téléphone en main et un usage du téléphone posé sur la table interactive. Pour le second cas, le contexte dépend des deux dispositifs, téléphone et table interactive.

Ensuite, les objets abstraits sont reliés au modèle de tâche et de dialogue en exprimant des contraintes sur leur disponibilité dans l'arbre (s'il fait chaud, rendre possible l'usage du ventilateur). Précisément, comme le montre la Figure 5, la notation CTT est augmentée du type de tâche de Décision signifiant des alternatives dont le choix repose sur l'état du contexte, exposé par les objets abstraits du contexte, et des conditions posées sur cet état. De même, un modèle de dialogue peut être composé de grappes d'états correspondant à différentes versions du dialogue pour des contextes variés : en effet les transitions entre ces grappes sont des transitions dont les conditions sont exprimées par des contraintes dépendantes du contexte via les objets abstraits du contexte.

- *Modèle de l'application* : ce modèle est une représentation du noyau fonctionnel. Les changements d'états internes (service indisponible par exemple) sont perçus également comme étant un changement du contexte influençant les modèles de tâche et de dialogue.
- *Modèle de présentations* : ce modèle correspond à l'interface finale générée à partir des modèles précédents.

3.3.5 COMM

Outre la description des tâches multiutilisateur (paragraphe 3.2.8), la notation COMM permet la description de l'interaction concrète pour les tâches élémentaires et, en particulier, l'interaction multimodale. La notion de tâche modale constitue la base pour exprimer la multimodalité étant donné qu'elle permet de préciser une modalité par le couple `<dispositif, langage d'interaction>`.

La description d'une interaction multimodale se concrétise en terme de combinaison de tâches modales par un sous-arbre. Les propriétés CARE s'expriment de deux façons : par combinaison de tâches et à l'aide des opérateurs temporels.

En terme de combinaison de tâches, l'assignation exprime l'absence de choix : une tâche élémentaire est simplement une tâche modale. Il n' y a pas de contrainte temporelle. L'équivalence exprime une situation de choix entre plusieurs modalités : une tâche élémentaire est alors une composition de tâches modales reliées par un opérateur d'alternative, avec ou sans contrainte temporelle. La complémentarité exprime l'usage conjoint de plusieurs modalités (c'est-à-dire qu'aucune modalité ne peut être utilisée individuellement pour accomplir la tâche) dans une fenêtre temporelle : une tâche élémentaire est alors une combinaison d'au moins deux tâches modales, reliées par un opérateur temporel. La redondance exprime l'usage de modalités pour exprimer la même information soit en parallèle soit en séquence, dans une fenêtre temporelle : une tâche élémentaire est alors la composition d'au moins deux tâches modales reliées par un opérateur temporel.

En outre, la notation COMM propose un éventail étendu des opérateurs temporels LOTOS présents dans la notation CTT par des opérateurs précisant des agencements temporels à grain plus fin sur la base des relations de Allen [Allen 1983] appliquées à la multimodalité [Vernier 2000 ; Serrano 2009]. Ainsi, l'opérateur exprimant le parallélisme (`|||`) est affiné en trois opérateurs exprimant : la concomitance, la coïncidence, et le parallélisme dans l'utilisation des modalités. De même, l'opérateur de séquence est affiné en deux opérateurs : l'anachronisme et la séquence.

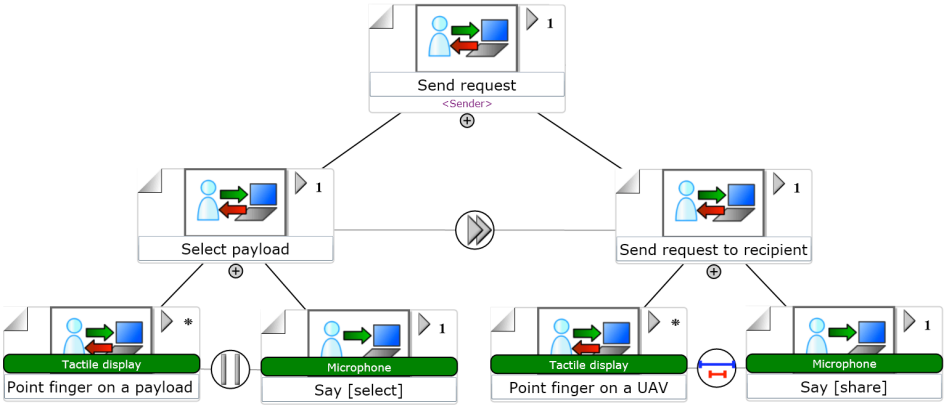

Fig. 6. Tâche multimodale de partage de contrôle de charge utile d'un drone.

L'exemple de description de la Figure 6 est un cas concret qui spécifie le transfert du contrôle de charge utile d'un drone entre deux opérateurs, et illustre deux tâches multimodales (tâches « Select payload » et « Send request to recipient ») composées chacune de deux tâches modales complémentaires. Ainsi, afin de réaliser la tâche « Select payload », l'utilisateur doit poser son doigt sur l'écran tactile tout en formulant oralement l'ordre « select ». L'opérateur de parallélisme reliant ces deux modalités exprime donc une contrainte temporelle entre celles-ci, à savoir une utilisation concurrente des deux modalités. Néanmoins cette contrainte temporelle n'est pas assez précise pour exprimer une exécution concomitante. Aussi, sur la base des opérateurs temporels étendus, la seconde tâche d'interaction concrète « Send request to recipient » est plus précise que la tâche « Select payload » : les deux tâches modales « Point Finger on UAV » et « Say [share] » sont reliées par l'opérateur de concomitance. Cela signifie que l'utilisation de l'une des deux modalités démarre avant l'autre et que son utilisation se terminera avant. L'usage de tels opérateurs dans une description constitue donc une seconde brique pour spécifier l'interaction multimodale.

Table I. Synthèse relative aux critères généraux et à la description des tâches utilisateur.

Notation	Champ disciplinaire	Couverture [ARCH]	Représentations	Modèle	Instrumentation	Structuration	Composition	Objets
CTT	IHM	[CD, IA]	1: Graphique	Méta-modèle	CTTE	Arbre	op. LOTOS	textuel
SAMANTA	IHM	[CD, IA]	1: Graphique	Méta-modèle	SAMANTA	Arbre, Graphe	op. LOTOS	--
K-MAD	Psycho, IHM	[CD, IA/C]	4: Graphique, tabulaire	Méta-modèle	K-MADe	Arbre	opérateurs temporels	collections
GTA	Psycho, ethno, TCAO	[CD, IA/C]	4: Graphique, texte, tabulaire	Onto-logie	EUTERPE	Arbre, pseudo digrammes UML	oui (indéfini)	pseudo diag. classe
Coop. CTT	TCAO	[CD, IA]	1: Graphique	Méta-modèle	CTTE	Arbre	op. LOTOS	textuel
CTML	IHM	[CD, IA]	1: Graphique	langage formel	CTML editor	Arbre+UML	op. LOTOS étendus	UML
CIAN	IHM, TCAO	[NF, CD, IA/C]	5: Graphique, tabulaire	Méta-modèle	CIAT (Eclipse)	Arbres+UML	op. LOTOS	UML
TOUCHE	IHM	[CD, IA]	4: Graphique, texte, tabulaire	Méta-modèle	TOUCHE CASE	Arbre, graphes	op. LOTOS	UML
MABTA	Psycho, TCAO	[CD, IA]	4: Graphique, sketch	Méta-modèle	--	Graphes	Plans HTA	--
HAMSTERS	GL,IHM	[(NF), CD,IA, (IC)]	1: Graphique	Méta-modèle	HASMTERS (+ PetShop)	Arbre	op. LOTOS	UML
ICOM	IHM	[IC]	1: Graphique	--	outil ICON	Graphe	dispositif / connexion	--
ICARE	IHM	[IC]	1: Graphique	--	outil ICARE de prototypage	Graphe	prp. CARE	--
ICO	GL,IHM	[NF, CD, IA/C]	1: Graphique	Petri	PetShop	Réseaux de Petri	transitions / jetons	classes
Dynamo-Aid	IHM	[CD, IA/C]	4: Graphique	Méta-modèle	Dynamo-Aid tool	Arbre, graphe	op. LOTOS	Interactive abstract obj.
COMM	IHM, TCAO	[CD, IA/C]	3: Graphique	CTT	e-COMM	Arbre+UML	op. LOTOS étendus	UML

Table II. Synthèse relative à la description des tâches multiutilisateur et interaction multimodale.

Notation	Interaction multiutilisateur					Interaction multimodale			
	Rôle	Agent	Tâche	Objet	Evènement	Modalité	Dispositif	Langage	Composition
CTT	--	--	--	Objet	--	Non	Non	Non	--
SAMANTA	--	--	--	--	--	Non	Non	Non	--
K-MAD	Rôle	Acteur	--	Objet	Evènement	Non	Oui	Non	--
GTA	Rôle	Agent	Tâche	Objet	Evènement	Non	(Oui : NUAN)	(Oui : NUAN)	--
Coop. CTT	Rôle	Utilisateur	Individuelle, coopérative	Objet	--	Non	Non	Non	--
CTML	Rôle	Utilisateur	Individuelle, coopérative	Objet	Effet	Non	Non	Non	--
CIAN	Rôle	Utilisateur	coopérative, collaborative	Objet, donnée partagée	Notification	Non	Non	Non	--
TOUCHE	Rôle	Acteur, utilisateur	groupe	Objet	--	Non	Non	Non	--
MABTA	Rôle	Acteur, groupe	But, action, tâche	Ressource	--	Non	Non	Non	--
HAMSTERS	Rôle	Acteur	Individuelle, coopérative	Objet	--	Non	Non	Non	--
ICOM	--	--	--	--	--	Non	Oui	Non	dispositif d'adaptation
ICARE	--	--	--	--	--	Non	Oui	Oui	prp. CARE
ICO	--	--	--	--	--	Non	Oui	Non	Transitions / jetons
Dynamo-Aid	--	--	--	--	--	Oui	Oui	Non	prp. CARE
COMM	Rôle métier	Rôle interactif	coopérative, collaborative	Objet	Déclencheur	Non	Oui	Oui	prp. CARE, rel. Allen

4. SYNTHÈSE

Cette partie présente une synthèse des différentes notations décrites dans la partie précédente selon les critères identifiés et détaillés en partie 2. Deux tableaux (Table I et Table II) récapitulent les points clés pour chaque critère. Notamment, dans la Table I, la colonne "Représentation" indique le nombre de représentations offertes par la notation suivi des types de représentations. Dans la colonne "Composition", les abréviations "op." et "prp." signifient respectivement opérateur et propriété. Dans la seconde table (Table II), les colonnes "Modalité", "Dispositif" et "Langage" indiquent par oui ou non si la notion est explicite au sein de chaque notation. Dans la colonne "Composition" (Table II), les abréviations "op." et "rel." signifient respectivement opérateur et relation.

4.1 Caractéristiques générales et liées à la description des tâches utilisateur

La majorité des notations sont principalement dédiées aux deux étapes du processus de développement logiciel : analyse des besoins et description de l'interaction. Les notations ICOM, ICARE et ICO font exception puisqu'elles relèvent principalement de la conception logicielle : Nous les avons présentées pour étudier la description des tâches élémentaires multimodales ou interaction multimodale concrète, que permet le traitement système décrit par ces notations. Tandis que ICOM et ICARE reposent sur des composants logiciels, le langage ICO repose sur les réseaux de Petri et permet ainsi de décrire finement le traitement système de l'interaction. De plus ICO couvre l'ensemble de ARCH contrairement à ICOM et ICARE dédiés à l'interaction concrète.

Toujours du point de vue des niveaux d'abstraction de ARCH, un grand nombre de notations sont employées pour décrire les niveaux dialogue et interaction abstraite. Certaines notations couvrent également le niveau interaction concrète (K-MAD, GTA avec NUAN, CIAN, Dynamo-Aid, HAMSTERS/ICO et COMM).

Un large ensemble de ces notations décrivent les tâches utilisateur sous la forme graphique, précisément par des arbres de tâches système et par des diagrammes de classe pour préciser les objets du domaine manipulés lors de l'accomplissement des tâches utilisateur. Le diagramme de classe UML est souvent privilégié comme notation complémentaire pour exprimer les objets du domaine. Toutefois, la notation GTA propose un pseudo langage graphique pour exprimer des classes d'objets tandis que les notations TOUCHE/CIAN et MABTA/ICARE impliquent une représentation respectivement de type *workflow* et de type flots de données.

Pour exprimer la composition des tâches, les notations à base d'arbres de tâches reposent sur l'usage d'opérateurs logiques et temporels, principalement ceux dérivés de LOTOS comme c'est le cas pour la notation CTT. Comme le souligne le schéma de la Figure 2, ceci s'explique par le fait que de nombreuses notations reposent sur CTT (par exemple CTML, HAMSTERS, SAMANTA ou Dynamo-Aid). Pour certaines notations comme CTML, HAMSTERS, et COMM, ce jeu d'opérateurs est même étendu pour une description à grain plus fin, notamment de l'interaction multimodale (COMM et CTML). Dans le cas de la notation GTA, la notion d'opérateur est présente pour exprimer la composition de tâches mais la définition d'opérateurs est laissée au concepteur. Les opérateurs temporels élémentaires comme la séquence ou les opérateurs logiques comme l'alternative sont proposés par toutes les notations à base d'arbres de tâches. La notation MABTA repose sur le concept de plan, hérité de la notation HTA, pour décrire l'enchaînement de tâches. Dans le cas du langage ICO, la composition s'exprime par le biais d'un ensemble de réseaux de Petri reliés par le principe d'envoi

d'évènements pour une description du traitement système de l'interaction concrète liée à une description conjointe de la tâche à l'aide de la notation HAMSTERS.

Outre ICOM et ICARE, les notations reposent sur un modèle exprimé soit par un méta-modèle, soit par un langage formel comme les réseaux de Petri, soit spécifique comme le langage CTML.

4.2 Caractéristiques liées à la description des tâches multiutilisateurs et tâches élémentaires concrètes multimodales

Deux notations permettent la description des tâches multiutilisateurs et multimodales : COMM et, dans une certaine mesure, Dynamo-Aid en considérant la version étendue aux tâches coopératives de la notation CTT, c'est-à-dire CCTT. C'est également le cas de la notation HAMSTERS qui a été étendue par, entre autre, l'introduction de nouveaux types de tâches collaboratives. Les autres notations sont clairement spécialisées, comme CCTT (Cooperative CTT) et K-MAD ciblant la description des tâches multiutilisateurs, ou comme ICOM, ICARE et ICO ciblant le traitement système de l'interaction multimodale (par rapport à HAMSTERS, ICO est préconisée pour décrire le traitement système de l'interaction concrète).

La notation SAMANTA permet indirectement de décrire des tâches entre utilisateurs au travers de la notion de Situation Awareness, reflétant la connaissance commune d'un contexte de l'interaction pour réaliser une tâche. Les autres notations visant la description des tâches multiutilisateurs reposent sur un socle commun de concepts : rôle, tâche individuelle et coopérative, groupe, acteur, objet (partagé ou non), et évènement. Les notations MABTA, CIAN et TOUCHE reposent sur un éventail plus large de concepts car ces notations visent une description fine des groupes et des structures organisationnelles, notamment par le biais de représentations complémentaires à base de sociogrammes. En termes de tâches multiutilisateurs, les notations CIAN et COMM permettent une description fine en distinguant les deux classes d'activité de groupe : collaborative et coopérative. De plus, tout comme HAMSTERS, la notation COMM étend la notation CCTT en proposant un éventail plus large de types de tâches multiutilisateurs : tâche de groupe, tâche d'action de groupe et tâche d'interaction de groupe. Enfin, la notation COMM introduit la notion de rôle interactif permettant l'expression de tâches collaboratives. Ce concept permet de maintenir un lien étroit entre la description des tâches abstraites et des tâches concrètes élémentaires.

Sur le plan de la description de l'interaction multimodale, les notations Dynamo-Aid, ICOM, ICARE et COMM explicitent les concepts de modalité, de langage ou de dispositif. La notation ICOM considère seulement l'aspect dispositif. Au contraire, l'aspect langage est explicite dans la notation COMM au travers du concept de tâche modale. Dans une certaine mesure, notons que la notation GTA, via la notation NUAN, permet la description du langage d'interaction associé à une modalité. Pour exprimer une interaction multimodale, les notations Dynamo-Aid, ICOM, ICARE et COMM explicitent les propriétés CARE pour décrire la combinaison de modalités selon différentes formes :

- par l'introduction de conditions permettant de relier plusieurs modalités associées à une tâche sous la forme d'une décoration (Dynamo-Aid) ;
- par la notion de dispositif d'adaptation (ICOM) ;
- par le principe de composant associant des composants encapsulant une modalité (ICARE) ;

- par l'introduction du concept de tâche modale et par l'extension du jeu d'opérateurs LOTOS à l'aide des relations de Allen pour exprimer finement des combinaisons de modalités selon les propriétés CARE (COMM).

Pour les autres notations, l'expression de la multimodalité est possible mais n'est pas prise en compte explicitement.

Le langage ICO permet une description précise de l'interaction utilisateur en général et multimodale en particulier, notamment du point de vue de la fusion des évènements multimodaux. Il doit être cependant possible d'exprimer des patrons relatifs aux propriétés CARE captant des descriptions récurrentes à l'aide de réseaux de Petri.

4.3 Illustration et analyse des notations Dynamo-Aid et COMM

L'étude comparative de notations existantes met donc en évidence que deux notations, Dynamo-Aid [Clerckx 2007] et COMM [Jourde 2010], véhiculent explicitement des concepts pour la description des tâches multiutilisateurs et tâches concrètes multimodales. Si la notation CCTT est utilisée pour la première, il est alors possible de décrire les tâches multiutilisateurs conjointement aux tâches élémentaires concrètes multimodales.

Afin d'illustrer et comparer Dynamo-Aid et COMM , nous considérons un exemple de tâche collaborative et de tâche concrète multimodale tiré et adapté de [Tse 2008] (Figure 7). Précisément, nous illustrons au travers de cet exemple la description des tâches abstraites et concrètes multiutilisateurs et multimodales. Nous concluons cette partie avec des éléments d'analyse comparative.

Fig. 7. Système collaboratif et multimodal Warcraft III [Tse 2008] (Image tirée de https://sites.google.com/site/edwardhtse2/areasofcreativity (D.R.).

Dans le contexte du jeu Warcraft III, la tâche collaborative retenue pour illustrer l'usage de ces deux notations consiste à sélectionner un soldat pour ensuite lui indiquer une destination afin de le déplacer sur le plateau de jeu. Cette tâche est composée de deux sous-tâches d'interaction individuelle, exécutées en séquence : choisir un soldat puis choisir une destination. Deux rôles sont considérés pour accomplir cette tâche : un rôle associé à la sous-tâche de sélection du soldat (R sélection) et un rôle associé à la sous-tâche d'indication de destination (R destination).

À l'aide de la notation CCTT pour exprimer la tâche collaborative, la tâche conjointe pour déplacer un soldat (Figure 8) est décrite avec la notation Dynamo-Aid par une tâche coopérative : celle-ci est composée de trois sous-tâches dont deux sous-tâches abstraites de décision (D), chacune associée à un des deux rôles. Les deux tâches abstraites de décision sont deux tâches d'interaction individuelle (Figure 9) décrivant

une interaction multimodale à l'aide de deux modalités, m1 et m2, associées respectivement à deux dispositifs d'interaction en entrée : la surface multitouche et un microphone. Pour la première sous-tâche « Choisir un soldat », l'usage conjoint des deux modalités est décrit explicitement à l'aide de l'opérateur de complémentarité (CARE) associant les modalités m1 et m2 (C[m1, m2] à la Figure 9). Pour la seconde sous-tâche « Choisir destination », nous montrons qu'il est également possible d'exprimer la complémentarité (CARE) à l'aide de deux sous-tâches exécutées en parallèle, chacune associée à une des deux modalités par assignation (CARE). Le modèle de contexte (Figure 10) précise le contexte d'usage de ces deux sous-tâches de décision en termes de dispositifs. Nous faisons l'hypothèse que le contexte est unique (surface partagée) : ce contexte est décrit par une composition deux objets concrets relatifs aux deux dispositifs d'interaction en entrée.

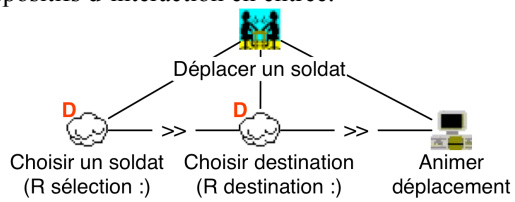

Fig. 8. Tâche [déplacement d'un soldat] avec le système collaboratif et multimodal Warcraft III de la Figure 7 : modèle de tâches coopératives avec la notation Dynamo-Aid.

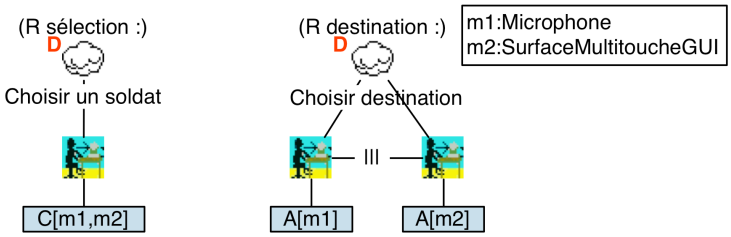

Fig. 9. Tâche [déplacement d'un soldat] avec le système collaboratif et multimodal Warcraft III de la Figure 7 : modèle de tâches individuelles avec la notation Dynamo-Aid.

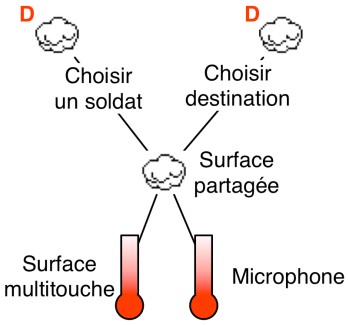

Fig. 10. Tâche [déplacement d'un soldat] avec le système collaboratif et multimodal Warcraft III de la Figure 7 : modèle de contexte avec la notation Dynamo-Aid.

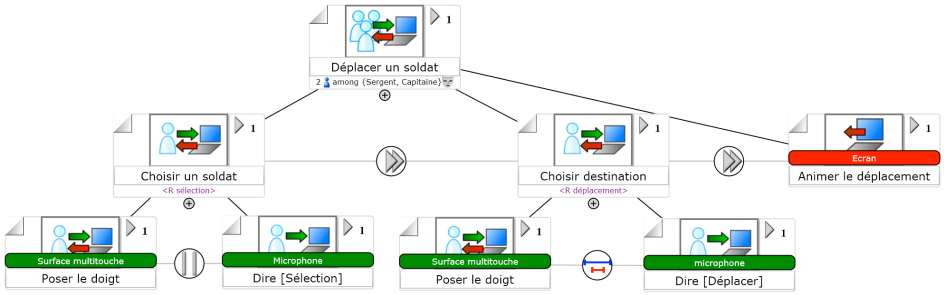

Fig. 11. Tâche [déplacement d'un soldat] avec le système collaboratif et multimodal Warcraft III de la Figure 7 : modèle de tâches avec la notation COMM.

Avec la notation COMM, cette tâche collaborative (« Déplacer un soldat ») est décrite par un arbre unique (Figure 11). Cette tâche collaborative est associée à deux rôles métiers : sergent et capitaine. Elle est également composée de trois sous-tâches dont deux sous-tâches d'interaction individuelle : « Choisir un soldat » et « Choisir destination ». Ces deux sous-tâches d'interaction sont associées respectivement aux deux rôles interactifs suivants : <R sélection> et <R déplacement>. C'est l'usage du rôle interactif qui permet l'expression de la collaboration, ne figeant pas ainsi l'allocation des tâches interactives aux deux rôles métiers. L'interaction multimodale pour accomplir ces deux sous-tâches élémentaires d'interaction est décrite par la combinaison de deux tâches modales, chacune associée à un des deux dispositifs d'interaction en entrée. La forme de l'interaction multimodale est similaire dans les deux cas mais est décrite de deux façons différentes afin mettre en évidence la précision de la description. En effet, dans les deux cas, les modalités sont complémentaires (complémentarité de CARE). Pour la sous-tâche d'interaction « Choisir un soldat », la complémentarité est exprimée par un opérateur de parallélisme. Pour la seconde, la complémentarité est exprimée à l'aide d'un opérateur basé sur les relations de Allen de recouvrement temporel. La seconde description apporte donc plus de précision sur l'ordonnancement temporel pour l'exécution des tâches modales.

Bien que la notation Dynamo-Aid n'est pas originellement prévue pour décrire des tâches à l'aide de la notation CCTT, cet exemple de description montre qu'il est toutefois possible de décrire des tâches multiutilisateurs et multimodales avec Dynamo-Aid étendu avec CCTT. La notation COMM permet de décrire plus finement les tâches multiutilisateur notamment pour exprimer des tâches collaboratives : ce constat n'est pas lié à la notation Dynamo-Aid mais à la notation CCTT.

Du point de vue de la multimodalité, la notation COMM permet une description plus fine de l'articulation temporelle dans l'usage de modalités d'interaction grâce à une extension des opérateurs temporels en considérant les relations de Allen. Par contre, alors qu'avec la notation COMM l'expression des propriétés CARE est implicite car reposant sur des combinaisons de tâches modales à l'aide d'opérateurs, la description est explicite avec la notation Dynamo-Aid. De plus, du fait du modèle de contexte, la notation Dynamo-Aid relie explicitement un contexte d'usage aux tâches, en particulier au regard des dispositifs d'interaction utilisés pour accomplir les tâches concrètes. Cependant, la notation COMM, en plus de la description explicite du dispositif d'interaction pour accomplir une tâche modale, rend explicite les actions atomiques du

langage d'interaction au sein de la description d'une tâche. La notation Dynamo-Aid se limite à la notion de dispositif assimilée à celle de modalité.

5. CONCLUSION

Dans cet article, nous dressons un panorama des notations existantes dédiées à la description des tâches multiutilisateurs et des tâches élémentaires concrètes multimodales, avec une attention particulière portée sur les notations à base de modèles de tâches. Afin d'établir une cartographie, nous identifions et proposons un ensemble de critères couvrant quatre aspects des notations : critères généraux aux notations mais aussi des critères relatifs à l'interaction utilisateur en général, et des critères spécifiques à l'interaction multiutilisateur et multimodale en particulier. Outre un descriptif des notations existantes qui met en évidence leurs caractéristiques principales, nous proposons une synthèse comparative selon notre grille de critères qui souligne les complémentarités ainsi que les différences entre ces notations. Le constat le plus général de cette synthèse comparative est que les notations existantes sont soit générales, soit spécialisées sur l'un des deux aspects, les tâches multiutilisateurs ou les tâches concrètes multimodales. Toutefois, deux notations se démarquent en couvrant explicitement ces deux aspects de l'interaction : les notations COMM et Dynamo-Aid que nous avons illustrées et comparées avec un exemple d'un système multiutilisateur et multimodal.

Pour COMM et Dynamo-Aid les modèles de tâches permettent de décrire les activités multiutilisateurs. La prise en compte de la multimodalité (en particulier les propriétés CARE) établit un lien avec la description du traitement du système qui permet le comportement multimodal décrit au niveau des tâches élémentaires multimodales (ou actions multimodales). Nous soulignons ainsi le lien entre les objectifs des utilisateurs, ses tâches collaboratives, coopératives ou individuelles et les actions mono-modales ou multimodales. Au delà de ce lien entre objectif tâche et action qui est le propre de l'analyse de la tâche, nous identifions avec la notation COMM qu'il ne s'agit pas uniquement d'une juxtaposition de deux notations de description, l'une pour les tâches abstraites et l'autres pour les tâches concrètes. En effet l'étude de la frontière entre tâches abstraites et concrètes (actions multimodales) met en évidence un niveau intermédiaire nouveau, lié au rôle interactif, qui permet l'expression de tâches collaboratives.

REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans cet article a été financé par la DGA (Délégation Générale pour l'Armement) sous le contrat PEA FH/PA (Facteurs Humains et Partage d'Autorité).

RÉFÉRENCES

ALLEN, J. F. 1983. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. Communications of the ACM 26, 11, 832-843.

ANNETT, J. AND DUNCAN, K. 1967. Task Analysis and Training Design. Occupational Psychology 41, 211-221.

BALBO, S., OZKAN, N., AND PARIS, C. 2004. Choosing the Right Task modelling Notation: A Taxonomy. Dans The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction, Diaper, D. and Stanton N. Editors. Lawrence Erlbaum Associates, Chapter 22, 445-465.

BARON, M., LUCQUIAUD, V., AUTARD, D. AND SCAPIN, D. L. 2006. K-MADe : un Environnement pour le Noyau du Modèle de Description de l'Activité. In Proceedings of the 18th French-speaking ACM Conference on Human-Computer Interaction (IHM'06) (Montréal, Canada, 2006). ACM Press, New York, 287-288.

BASS, L. 1992. A Metamodel for Runtime Architecture of an Interactive System: the UIMS Workshop Tool Developers. SIGCHI Bulletin 24, 1, 32-37.

BOUCHET, J., Nigay, L. and Ganille, T. 2004. ICARE Software Components for Rapidly Developing Multimodal Interfaces. In Proceedings of the international conference on multimodal interfaces (ICMI '04) (State college, USA, October 13-15, 2004). ACM Press, New York, 251-258.

BRUN, P., BEAUDOUIN-LAFON, M., 1995. A Taxonomy and Evaluation of Formalisms for the Specification of Interactive Systems. In Proceedings of the Conference on Human-Computer Interaction, HCI'95, People and Computers X (Huddersfield, UK, 1995). University Press, 197-212.

CARR, D. A. 1994. Specification of interface interaction objects. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'94) (Boston, USA, April 24-28, 1994). ACM Press, New-York, 372-378.

CLERCKX, T., VANDERVELPEN, C. AND CONINX, K. 2007. Task-Based Design and Runtime Support for Multimodal User Interface Distribution. In Proceedings of the Engineering Interactive Systems Conference (EIS'07) (Salamanca, Spain, March 22-24, 2007). Springer, Heidelberg, 89-105.

COUTAZ, J., NIGAY, L., SALBER, D., BLANDFORD, A., MAY, J. AND YOUNG, R. M. 1995. Four Easy Pieces for Assessing the Usability of Multimodal Interaction: the CARE Properties. In Proceedings of the IFIP International Conference on Human Computer Interaction (INTERACT'95) (Lillehammer, Norway, June 25-29, 1995). Chapman & Hall, 115-120.

DIX, A., FINLAY, J., ABOWD, D.G. AND BEALE, R. 2004. Human computer interaction. Pearson Prentice Hall, 834 pages.

DRAGICEVIC , P., FEKETE, J. D. 2004. Support for input adaptability in the icon toolkit. In Proceedings of the international conference on multimodal interfaces (ICMI '04) (State college, USA, October 13-15, 2004). ACM Press, New York, 212-219.

HARTSON, H. R., SIOCHI, A. C. AND HIX, D. 1990. The UAN: a User-Oriented Representation for Direct Manipulation Interface Designs. Transactions on Information Systems 8, 3, 181-203.

ISO 8807. 1989. LOTOS - A Formal Description Technique Based on the Temporal Ordering of Observational Behaviour.

JOURDE, F. 2011. Collecticiel et Multimodalité : spécification de l'interaction, la notation COMM et l'éditeur e-COMM. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble, 301 pages.

JOURDE, F., LAURILLAU, Y. AND NIGAY, L. 2010. COMM Notation for Specifying Collaborative and MultiModal Interactive Systems. In Proceedings of the ACM International Conference on Engineering Interactive Computing Systems (EICS'10) (Berlin, Germany, 19-23 June, 2010). ACM Press, New York, 125-134.

JOURDE, F., LAURILLAU, Y. AND NIGAY, L. 2010. e-COMM, un éditeur pour spécifier l'interaction multimodale et multiutilisateur. In Proceedings of the 22nd French-speaking ACM Conference on Human-Computer Interaction (IHM'10) (Luxembourg, Luxembourg, September 20-23, 2010). ACM Press, New-York, 225-228.

JOURDE, F., LAURILLAU, Y., MORAN, A., AND NIGAY, L. 2008. Towards Specifying Multimodal Collaborative User Interfaces: A Comparison of Collaboration Notations. In Proceedings of the Design, Specification and Verification of Interactive Systems Conference (DSV-IS'08) (Kingston, Canada, July 16-18, 2008). Lecture Notes in Computer Science 5136, Springer, Heidelberg, 281-286.

LALANNE, D. NIGAY, L., PALANQUE, P., ROBINSON, P., VANDERDONCKT, J. AND LADRY, J-F. 2009. Fusion Engines for Input Multimodal Interfaces: a Surveys. In Proceedings of the International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI'09) (Cambridge, USA, November 2-4, 2009). ACM Press, New-York, 2009, 153-160.

LIM, Y. K. 2004. Multiple Aspect Based Task Analysis (MABTA) for User Requirements Gathering in Hightly-contextualized Interactive System Design. In Proceedings of the 3rd annual conference on Task models and diagrams (TAMODIA'04) (Prague, Czech Republic, November 15-16, 2004). ACM Press, New York, 7-15.

LIMBOURG, Q., VANDERDONCKT, J. 2004. Comparing Task Models for User Interface Design. In The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction, Diaper, D. and Stanton N. Editors. Lawrence Erlbaum Associates, Chapter 6, 135-154.

LUCQUIAUD, V. 2005. Proposition d'un Noyau et d'une Structure pour les Modèles de Tâches Orientés Utilisateurs. In Proceedings of the 17th French-speaking ACM Conference on Human-Computer Interaction (IHM'05) (Toulouse, France, September 27-30, 2005). ACM Press, New-York, 83-91.

MARTINIE DE ALMEIDA, C. 2011. Une approche à base de modèles synergiques pour la prise en compte simultanée de l'utilisabilité, la fiabilité et l'opérabilité des systèmes interactifs critiques. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, 254 pages.

MARTINIE, C., BARBONI, E., NAVARRE, D., PALANQUE, P., FAHSSI, R., POUPART, E., CUBERO-CASTAN, E. 2014. Multi-models-based engineering of collaborative systems: application to collision avoidance operations for spacecraft. In Proceedings of the ACM International Conference on Engineering Interactive Computing Systems (EICS'14) (Rome, Italy, 17-20 June, 2014). ACM Press, New York, 85–94.

MEJIA, D.A., MORAN, A.L. AND FAVELA, J. 2007. Supporting Informal Co-located Collaboration in Hospital Work. In Proceedings of the Collaboration Researchers International Working Group Workshop (CRIWG'07) (Bariloche, Argentina, September 16-20, 2007). Lecture Notes in Computer Science 4715, Springer, Heidelberg, 255-270.

MOLINA, A.I., REDONDO, M.A., ORTEGA, M. AND HOPPE, U. 2008. CIAM: A Methodology for the Development of Groupware User Interfaces. Universal Computer Science14, 9, 1435-1446.

MOLINA, A.I., GIRALDO, W.J., REDONDO, M.A. AND ORTEGA, M. 2007. A Proposal of Integration of the GUI Development of Groupware Applications into the Software Development Process. In Proceedings of the Collaboration Researchers International Working Group Workshop (CRIWG'07) (Bariloche, Argentina, September 16-20, 2007). Lecture Notes in Computer Science 4715, Springer, Heidelberg, 111-126.

MOLINA, A. I., REDONDO, M. A. AND ORTEGA, M. 2009. A Review of Notations for Conceptual Modeling of Groupware Systems. In New Trends on Human-Computer Interaction, Macías, J., Granollers Saltiveri, A., Latorre, P. Editors. Springer, 75-86.

MORI, G., PATERNÓ, F. AND SANTORO, C. 2002. CTTE : Support for Developing and Analyzing Task Models for Interactive System Design. Transactions on software engineering 28, 8, 797-813.

NAVARRE, D., PALANQUE, P., LADRY J.F. AND BARNONI, E. 2009. ICOs. Transactions on Computer-Human Interaction 16, 4, 1-56.

NIGAY, L. AND COUTAZ, J. 1995. A Generic Platform for Addressing the Multimodal Challenge. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'95) (Denver, USA, May 7-11, 1995). ACM Press, New-York, 98- 105.

PATERNO, F., SANTORO, C. AND TAHMASSEBI, S. 1998. Formal Models for Cooperative Tasks: Concepts and an Application for En-Route Air-Traffic Control. In Proceedings of the Design, Specification and Verification of Interactive Systems Conference (DSV-IS'98) (Abingdon, UK, June 3-5, 1998). Springer-Verlag, Wien, 71–86.

PATERNÓ, F. 1999. Model-Based Design and Evaluation of Interactive Application. Springer-Verlag London, UK.

PENICHET, V. M. R., LOZANO, M. D., GALLUD, J. A. AND TESORIERO, R. 2010. Requirement-based Approach for Groupware Environments Design. Systems and Software 83, 8, 1478-1488.

ROOK, P. 1986. Controlling software projects. Software Engineering 1, 1, 7-16.

ROSCHELLE, J. AND TEASLEY, S.D. 1995. The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. Computer Supported Collaborative Learning, 69–97.

SAFIN, S. AND LECLERCQ, P. 2009. User Studies of a Sketch-Based Collaborative Distant Design Solution in Industrial Context. In Proceedings of the 6th international Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering (CDVE'09) (Luxembourg, Luxembourg, September 20-23, 2009). Lecture Notes in Computer Science 5738, Springer, Heidelberg, 117-124.

SCAPIN, D. L. AND PIERRET-GOLBREICH, C. 1990. Towards a method for task description: MAD. In Proceedings of the conference on Work with Display Units WWDU 89 (Montréal, Canada, September 11-14, 1989). Elsevier, North-Holland, 371-380.

SERRANO, M. AND NIGAY, L. 2006. Multimodal Interaction on Mobile Phones: Development and Evaluation Using ACICARE. In Proceedings of the 8th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI'06) (Epoo, Finland, September 12-15, 2006). ACM Press, New-York, 129-136

SERRANO, M. AND NIGAY, L. 2009. Temporal aspects of CARE-based multimodal fusion: from a fusion mechanism to composition components and WoZ components. In Proceedings of the International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI'09), (Cambridge, USA, November 2-4, 2009). ACM Press, New-York, 177-184.

SERRANO, M., NIGAY, L, LAWSON, J-Y, RAMSAY, A, MURRAY-SMITH, R. AND DENEF, S. 2008. The OpenInterface framework: a tool for multimodal interaction. Extented Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'08) (Firenze, Italy, April 5-10, 2008). ACM Press, New-York, 3501-3506.

SINNIG, D., WURDEL, M., FORBRIG, P., CHALIN, P. AND KHENDEK, F. 2007. Practical Extensions for Task Models. In Proceedings of the 6th International Workshop on Task Models and Diagrams for User Interface Design (TAMODIA'07) (Toulouse, France, November 7-9, 2007). Lecture Notes in Computer Science 4849, Springer, Heidelberg, 42-55.

TARBY, J. C. AND BARTHET, M. F. 2001. Analyse et Modélisation des Tâches dans la Conception des Systèmes d'Information : la Méthode Diane+. Dans Analyse et conception de l'IHM, Interaction pour les systèmes d'information, volume 1. Hermes, Paris, Chapitre 4, 117-144.

TSE, E., GREENBERG, S., SHEN, S., FORLINES, C. AND KODOMA, R. 2008. Exploring True Multi-User Multimodal Interaction over a Digital Table. In Proceedings of the 7th ACM Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques (DIS'08) (Cape Town, South Africa, February 25-27, 2008). ACM Press, New York, 109-118.

VAN DER VEER, G., VAN WELIE, M. AND CHISALITA, C. 2002. Introduction to Groupware Task Analysis. In Proceedings of the First International Workshop on Task Models and Diagrams for User Interface Design (TAMODIA'02) (Bucarest, Romania, July 18-19, 2002). INFOREC Publishing House, Bucharest, 32-39.

VAN DER VEER, G. AND VAN WELIE, M. 2000. Task Based Groupware Design: Putting Theory into Practice. In Proceedings of the 3rd ACM Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques (DIS'00) (New-York, USA, August 17-19, 2000). ACM Press, New-York, 326-337.

VAN WELIE, M., VAN DER VEER, G. C. AND ELIËNS, A. 1998. An ontology for task world models. Design, Specification and Verification of Interactive System. In Proceedings of the Design, Specification and Verification of Interactive Systems Conference (DSV-IS'98) (Abingdon, UK, June 3-5, 1998). Springer-Verlag, Wien, 57-70.

VANACKEN, D., DE BOECK, J., RAYMAEKERS, C., AND CONINX, K. 2006. NiMMiT: A notation for modeling multimodal interaction techniques. In Proceedings of the First International Conference on Computer Graphics Theory and Applications (GRAPP'06) (Setúbal, Portugal, February 25-28, 2006). INSTICC, 224–231.

VENEMA, D. C. 1999. The N-NUAN; a New User Action Notation, Thesis, Faculty of Sciences, division Mathematics and Computer Science, University of Amsterdam, Netherlands, 43 pages.

VERNIER, F. AND NIGAY, L. 2000. A Framework for the Combination and Characterization of Output Modalities. In Proceedings of the 7th International Workshop in Interactive Systems: Design, Specification, and Verification (DSV-IS'00) (Limerick, Ireland, June 5-6, 2000). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 32-48.

VILLAREN, T. 2012a. A Modèles et mécanismes d'adaptation de l'interaction homme-machine aux changements de contexte. Thèse de doctorat, Télécom Bretagne, 335 pages.

VILLAREN, T., LEAL, A., AND COPPIN, G. 2012b. Contribution de la méthodologie SAMANTA à l'ergonomie d'interfaces en support des changements de tâche. In Actes de la conférence Ergo'IHM 2012, Biarritz, France.

WURDEL, M., SINNIG, D. AND FORBRIG, P. 2008. CTML: Domain and Task Modeling for Collaborative Environments. Universal Computer Science 14, 19, 3188-3201.

Frédéric Jourde est Docteur en informatique. Il a effectué ses travaux de thèse au laboratoire LIG au sein de l'équipe IIHM, dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine, et plus précisément sur l'interaction multimodale et multiutilisateur. Ses contributions, et en particulier la notation COMM et l'éditeur e-COMM, ont été utilisés dans le cadre d'un projet industriel d'envergure dédié au poste de commande de drones militaires et depuis cinq ans pour l'enseignement des collecticiels aux étudiants du Master 2 Professionnel Génie Informatique.

Yann Laurillau est Maître de Conférences à l'Université Grenoble-Alpes et effectue sa recherche au sein de l'équipe IIHM du laboratoire LIG. Le thème central de sa recherche est l'Interaction Homme-Machine et, plus particulièrement, la conception et le développement de systèmes interactifs multiutilisateur ou collecticiels. C'est un thème développé depuis plus de 10 ans. Les résultats sont à la fois conceptuels et techniques par le biais de réalisations logicielles. Les surfaces interactives ainsi que l'interaction gestuelle tangible sont également abordés dans ses travaux de recherche.

Laurence Nigay est Professeur à l'Université Grenoble-Alpes et dirige l'équipe IIHM (Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine) du laboratoire LIG. L'équipe IIHM comprend 11 membres permanents et plus de 20 membres non-permanents, doctorants, post-doctorants, visiteurs scientifiques et ingénieurs. Les travaux de recherche de L. Nigay s'inscrivent dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine. Ses contributions concernant l'interaction multimodale sont d'abord conceptuelles comme la définition d'une modalité et de relations entre modalités ainsi que l'établissement d'espaces de conception. Ses contributions concernent aussi l'ingénierie de l'interaction multimodale avec la définition de moteurs de fusion et de plusieurs plateformes logicielles pour l'interaction multimodale : ICARE, OpenInterface (projet européen FP6 coordonné par L. Nigay) et DynaMO.