



**HAL**  
open science

# Usages et construction des modèles de tâches dans la pratique de l'ergonomie : une étude exploratoire

Stanislas Couix

► **To cite this version:**

Stanislas Couix. Usages et construction des modèles de tâches dans la pratique de l'ergonomie : une étude exploratoire. Sciences de l'information et de la communication. 2007. dumas-00517808

**HAL Id: dumas-00517808**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00517808v1>**

Submitted on 15 Sep 2010

**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.

Master Recherche en Ergonomie

Coordonné par le Conservatoire National des Arts et Métiers, l'Université Paris Descartes, l'Université Paris 8 et  
l'Université Victor Segalen Bordeaux 2



# **USAGES ET CONSTRUCTION DES MODÈLES DE TÂCHES DANS LA PRATIQUE DE L'ERGONOMIE : UNE ÉTUDE EXPLORATOIRE**

**Stanislas Couix**

Mémoire de Recherche

Travail de recherche encadré par

Jean-Marie Burkhardt, Maître de Conférence, Université Paris Descartes

Année Universitaire 2006 – 2007

## REMERCIEMENTS

Je remercie toute l'équipe de l'unité Ergonomie – Comportements et Interactions de l'Université Paris Descartes de m'avoir accueilli au cours de cette année, de leur soutien, de leurs remarques et de leurs conseils avisés.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon directeur de recherche, Jean-Marie Burkhardt, pour son encadrement, son soutien, ses conseils, ses remarques toujours pertinentes sur mon travail, ses relectures et corrections.

Merci à Margarita Anastassova, Charlotte Gounelle et Samuel Debuigny pour leurs conseils, discussions, relectures et remarques sur mon travail.

J'adresse également un grand merci aux 10 ergonomes qui m'ont accordé de leur temps pour participer à mes travaux. Cette recherche n'aurait pu voir le jour sans leur coopération et leur implication.

Enfin, je remercie ma famille, mes amis et tout spécialement Aude pour leur patience, leur soutien et ces moments de rires qui m'ont détendu lorsque j'en avais le plus besoin.

## RÉSUMÉ

Actuellement, l'ergonomie prend une place croissante dans la conception de nouvelles technologies. L'objectif de ce travail de recherche est d'étudier l'utilisation d'un outil d'aide à l'intervention des ergonomes en conception de ces systèmes : les modèles de tâches. L'objectif de notre recherche est double. D'une part, il s'agit de comprendre les usages et l'intérêt réel d'utiliser des modèles de tâches dans l'intervention des ergonomes. À cet effet, nous avons mené (1) 5 entretiens avec des ergonomes intervenant en conception de systèmes homme-machine et (2) recueilli des modèles de tâches produits lors de leurs interventions. Outre les utilisations classiques des modèles de tâches en conception, les ergonomes affirment utiliser ces modèles pour les aider (1) à la compréhension et (2) à la communication sur l'activité des opérateurs. D'autre part, nous cherchions à caractériser l'activité de construction de modèles de tâches. Pour cela, nous avons demandé à 5 autres ergonomes de produire un modèle à partir de la retranscription d'un entretien réel. Les résultats indiquent que la construction d'un modèle de tâches est une activité de conception à part entière. En ce qui concerne les formalismes des modèles recueillis auprès des ergonomes et des participants aux observations, les résultats montrent que, contrairement aux formalismes académiques tels que HTA, MAD, GOMS ou GTA, toutes les informations permettant de décrire les tâches sont regroupées dans une seule vue. À partir de ces analyses, des pistes pour la conception de systèmes d'assistance à l'élaboration de modèles de tâches sont proposées.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b><u>INTRODUCTION.....</u></b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><u>CADRE THÉORIQUE.....</u></b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>UTILITÉ, FORMALISMES ET DÉMARCHE DE CONSTRUCTION DES MODÈLES DE TÂCHES EN ERGONOMIE.....</b>	<b>3</b>
2.1.1	UTILITÉ DES MODÈLES DE TÂCHES D'APRÈS LA LITTÉRATURE EN ERGONOMIE.....	3
2.1.2	FORMALISMES DES MODÈLES DE TÂCHES EN ERGONOMIE.....	5
2.1.3	DÉMARCHE "PRESCRITE" DE LA CONSTRUCTION DE MODÈLES DE TÂCHES.....	6
<b>2.2</b>	<b>LES RECHERCHES SUR L'ACTIVITÉ DE CONSTRUCTION DE MODÈLES DE TÂCHES.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>CADRES THÉORIQUES POUR L'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DE CONSTRUCTION D'UN MODÈLE DE TÂCHES.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>QUESTIONS DE RECHERCHE.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b><u>ÉTUDE 1. ANALYSE DES USAGES: UNE APPROCHE MACRO DE L'UTILISATION ET DE L'UTILITÉ DES MODÈLES DE TÂCHES.....</u></b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>MÉTHODE.....</b>	<b>13</b>
3.1.1	PARTICIPANTS.....	13
3.1.2	PROCÉDURE.....	14
3.1.3	DÉROULEMENT ET DONNÉES RECUEILLIES.....	15
3.1.4	ANALYSE DES DONNÉES.....	15
3.1.4.1	Données des entretiens semi-dirigés.....	15
3.1.4.2	Modèles recueillis.....	15
<b>3.2</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>16</b>
3.2.1	ACCÈS DIFFICILE À DES ERGONOMES UTILISANT LES MODÈLES DE TÂCHES.....	16
3.2.2	LES ERGONOMES PERÇOIVENT PLUSIEURS USAGES ET INTÉRÊTS EN PARALLÈLE.....	17
3.2.3	PLACE ET CARACTÉRISTIQUES DE LA CONSTRUCTION DU MODÈLE DANS LE PROCESSUS.....	18
3.2.4	DES FORMALISMES PERSONNELS ET DES CONTENUS PARTIELLEMENT IDENTIQUES DANS LES MODÈLES.....	19
<b>3.3</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>20</b>
3.3.1	INTÉRÊTS ÉVOQUÉS DE LA MODÉLISATION : DE LA CONCEPTION À LA RÉFLEXION ET À LA COMMUNICATION.....	20
3.3.2	LA MODÉLISATION : UN PROCESSUS DE CONSTRUCTION ITÉRATIF.....	22
3.3.3	FORMALISMES UTILISÉS DANS LES MODÈLES RECUEILLIS.....	23
3.3.4	LIMITES DE LA MÉTHODE EMPLOYÉE.....	24
<b>4</b>	<b><u>ÉTUDE 2. ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DE CONSTRUCTION DE MODÈLES DE TÂCHES.....</u></b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>MÉTHODE DE RECUEIL DE DONNÉES.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES RECUEILLIES.....</b>	<b>26</b>
4.2.1	ANALYSE DES MODÈLES PRODUITS PAR LES PARTICIPANTS.....	26
4.2.1.1	Concepts, vues et formats utilisés.....	26
4.2.1.2	Contenu des modèles produits.....	26
4.2.1.3	Ordre d'ajout des tâches dans le modèle et ordre des tâches dans le texte.....	28
4.2.1.4	Stratégies de construction des modèles.....	29
4.2.2	ACTIVITÉ GRAPHICO-TEXTUELLE ET VERBALE.....	30

4.2.3	CONCOMITANCES ET TRANSITIONS ENTRE ACTIVITÉ VERBALE ET ACTIVITÉ GRAPHICO-TEXTUELLE .....	32
<b>4.3</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>33</b>
4.3.1	LA CONSTRUCTION DU MODÈLE SE FAIT EN 2 TEMPS .....	33
4.3.2	ANALYSE DES MODÈLES PRODUITS .....	33
4.3.2.1	Les concepts et les formalismes utilisés sont homogènes entre les participants.....	33
4.3.2.2	Le contenu des modèles produits diffère : du contenu de référence, d'un participant à l'autre et du modèle de référence.....	33
4.3.2.3	L'ordre d'ajout des tâches indique un ré-ordonnement des tâches du texte.....	35
4.3.2.4	Les participants utilisent des stratégies horizontales et verticales .....	36
4.3.3	ANALYSE DE L'ACTIVITÉ GRAPHICO-TEXTUELLE ET VERBALE .....	37
4.3.3.1	Par rapport au nombre d'actions, certains verbalisent peu, d'autres verbalisent plus.....	37
4.3.3.2	L'activité graphico-textuelle semble composée de transcriptions, d'inférences et de réarrangements d'informations opportunistes .....	37
4.3.3.3	L'activité verbale présente les traces d'une activité de conception, organisée de manière opportuniste .....	39
4.3.4	LES ACTIVITÉS GRAPHICO-TEXTUELLES ET VERBALES SONT TRÈS LIÉES .....	41
<b>4.4</b>	<b>DISCUSSION .....</b>	<b>43</b>
4.4.1	DES CONTENUS HÉTÉROGÈNES, DES FORMALISMES HOMOGÈNES, MAIS DONT LES CARACTÉRISTIQUES DIFFÈRENT DE CELLES DES LANGAGES ACADÉMIQUES.....	43
4.4.2	LA CONSTRUCTION DE MODÈLE DE TÂCHES N'EST PAS UNIQUEMENT UNE ACTIVITÉ DE TRANSCRIPTION D'INFORMATIONS.....	44
4.4.3	LES ÉVALUATIONS PORTENT SUR DES NIVEAUX DE GRANULARITÉ DIFFÉRENTS .....	46
4.4.4	LIMITES ET ÉCOLOGIE DE LA SITUATION D'OBSERVATION .....	46
4.4.5	ASPECTS COMMUNS AUX DEUX ÉTUDES .....	47
<b>5</b>	<b><u>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</u></b>	<b><u>47</u></b>
<b>5.1</b>	<b>PISTES POUR LA CONCEPTION D'OUTILS D'AIDE À LA CONSTRUCTION DE MODÈLES DE TÂCHES .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2</b>	<b>PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b><u>BIBLIOGRAPHIE.....</u></b>	<b><u>51</u></b>

## 1 INTRODUCTION

**Contexte de la recherche.** Ces 20 dernières années, l’ergonomie a pris une place croissante dans les projets de conception de systèmes homme-machine. Aujourd’hui, il existe des normes internationales de conception prenant en compte et introduisant l’ergonomie durant le cycle de vie d’un produit (*user-centered design*, conception centrée utilisateurs, *e.g.* ISO 13407, 1999 ; ISO 16982, 2002). Les ergonomes peuvent intervenir à diverses étapes de ce cycle. Lors des phases amont de la conception, ils participent à l’analyse des besoins explicites et implicites des futurs utilisateurs, via l’analyse des tâches et de l’activité (Anastassova, 2006). Ensuite, grâce aux données récoltées sur l’activité des opérateurs ou des utilisateurs, ils contribuent à la spécification des systèmes homme-machine. Classiquement, l’ergonome travaille sur la dimension d’utilisabilité à travers la spécification d’interfaces. L’ergonome participe aussi à la dimension d’utilité via la spécification des fonctions utilisateurs. Enfin, la place privilégiée des ergonomes – et souvent la seule qui leur est accordée – est l’évaluation des dispositifs.

En ergonomie, un outil généralement conseillé pour aider à la définition des spécifications fonctionnelles et d’interfaces des systèmes homme-machine est le modèle de tâches (voir notamment Diaper & Stanton, 2004 ; Hollnagel, 2003). Ce dernier est une formalisation particulière d’une partie des résultats du travail d’analyse de l’ergonome. À partir de cette description, l’ergonome va déduire des pistes pour alimenter la conception des systèmes homme-machine. Le modèle est donc à la fois un produit de l’activité de l’ergonome et un outil de celui-ci.

**Objectifs de notre recherche.** À notre connaissance, aucune étude ne s’est penchée sur l’utilisation et l’intérêt réels des modèles de tâches dans la pratique de l’ergonomie, d’une part, et sur l’activité liée à leur construction, d’autre part. Notre recherche exploratoire vise notamment à :

- déterminer l’utilité réelle des modèles de tâches dans la pratique de l’ergonomie, *i.e.* à quoi ils servent lors de l’intervention, pourquoi certains ergonomes les utilisent-ils ? quel(s) intérêt(s) trouvent-ils dans leur utilisation ? ;
- comprendre la manière dont les modèles de tâches sont, au cours de l’intervention, élaborés par les ergonomes ;
- identifier et caractériser les formalismes effectivement utilisés par les ergonomes ;

- appréhender les difficultés rencontrées par les ergonomes lors de la construction de ces modèles ;
- caractériser l'activité de construction de modèles de tâches, et ;
- révéler les stratégies employées pour élaborer ces modèles.

**Intérêts de ce travail de recherche.** Ce travail s'inscrit dans le cadre des recherches sur la pratique en ergonomie. Deux catégories de recherches de ce type peuvent être identifiées. D'une part, il existe des études sur l'activité de l'ergonome praticien. Parmi les recherches de ce type, on trouve notamment des travaux sur l'activité d'ergonomes experts en évaluation d'interfaces (Pollier, 1992), le rôle des outils ergonomiques dans l'intervention des praticiens (Querelle & Thibault, 2007), et les modalités d'action de l'ergonome dans des projets de changements organisationnels (Carballeda, 1997). D'autre part, il existe des recherches sur l'évaluation et l'efficacité des méthodes employées en ergonomie<sup>1</sup>. Notre recherche se situe plutôt dans la première perspective. Le propos ici n'est pas de mesurer l'efficacité des techniques et des pratiques des ergonomes, mais plutôt de les comprendre et de les analyser en vue d'en tirer des propositions concrètes d'action. Ce travail présente, à ce titre, deux intérêts. Premièrement, ce type de recherche contribue à mieux connaître notre discipline et la pratique des professionnels qui la fonde. Deuxièmement, en conservant un regard d'ergonome sur nous-même, nous avons l'opportunité d'agir sur la situation étudiée. À cet effet, nous proposerons des pistes pour la conception de systèmes d'assistance à l'élaboration de modèles de tâches.

Ce mémoire de recherche est structuré comme suit. Nous débutons par une présentation du cadre théorique dans lequel notre recherche s'inscrit. Nous exposons ensuite les 2 études menées pour répondre aux objectifs fixés. Puis, nous discutons des aspects communs à ces études. Enfin, nous concluons sur notre recherche et nous présentons des perspectives d'action et des perspectives scientifiques pour continuer notre recherche.

## 2 CADRE THÉORIQUE

En ergonomie, un modèle est souvent défini comme la représentation simplifiée et réductrice d'un objet abstrait ou concret (Amalberti, 1991; Leplat, 2003; Sperandio, 2003). Selon Rouse

---

<sup>1</sup> Dans ces études, il s'agit généralement de comparer les résultats obtenus après l'utilisation de 2 techniques différentes, au moins l'une d'elle provenant de l'ergonomie. De cette manière, des techniques d'évaluation d'interfaces (Bastien, Scapin & Leulier, 1998), des méthodes de production de spécifications pour la conception d'interfaces (Miller & Vicente, 2001), ou des méthodes d'évaluation de la lisibilité et de la compréhension de diagrammes (Kutar, Britton & Barker, 2002) ont vu leur efficacité évaluée.



et Morris (1986), un modèle remplit 3 fonctions : (1) décrire la forme et la finalité d'un objet, (2) expliquer le fonctionnement de celui-ci et la raison pour laquelle il est dans tel ou tel état, et (3) prédire ses états futurs. En ergonomie, de nombreux objets peuvent être modélisés (Sperandio, 2003). En effet, il peut s'agir des opérateurs, de leurs comportements, des tâches prescrites ou effectives qu'ils accomplissent, des activités qu'ils mettent en œuvre pour les effectuer, ou encore des interactions entre opérateur et système technique. En conception de systèmes homme-machine, ce sont les tâches qui sont en général modélisées, on parle alors de modèle de tâches. Le terme modèle de tâches, emprunté à l'anglais *task model*, ne fait pas référence à la tâche prescrite, comme nous l'entendons en ergonomie de langue française. L'ergonomie anglo-saxonne ne fait généralement pas la distinction entre tâche et activité. En fait, la « *task* » renvoie plutôt à la notion de tâche effective (Leplat & Hoc, 1983), c'est-à-dire ce qui est réellement pris en compte par le sujet. Un modèle de tâches décrit donc ce que font les opérateurs et ce qu'ils mettent en jeu pour atteindre un but.

Dans un premier temps, nous présentons les utilisations, la démarche de construction et les formalismes des modèles de tâches décrits dans la littérature ergonomique. Puis, nous exposons et analysons les rares recherches empiriques s'étant intéressées à la construction des modèles de tâches. De là, nous proposons un cadre théorique possible pour analyser cette activité.

## 2.1 UTILITÉ, FORMALISMES ET DÉMARCHE DE CONSTRUCTION DES MODÈLES DE TÂCHES EN ERGONOMIE

### 2.1.1 Utilité des modèles de tâches d'après la littérature en ergonomie

En ergonomie, les modèles de tâches sont employés pour des finalités variées. En effet, à partir de la représentation (*i.e.* le modèle) du travail actuel ou futur des opérateurs, les ergonomes peuvent déduire des recommandations pour, par exemple, la formation des opérateurs ou la spécification et l'évaluation des interfaces homme-machine. Selon l'objectif visé dans l'intervention de l'ergonome, le formalisme adopté sera différent.

**La formation.** Historiquement, les modèles de tâches ont d'abord été utilisés dans la conception de programmes de formation (Annett & Duncan, 1967 ; Annett, Duncan, Stammers & Gray, 1971 ; Annett, 2004 ; Patrick, 1992). L'idée était de récupérer les résultats d'une analyse de l'activité d'opérateurs expérimentés pour concevoir les objectifs, les méthodes et les difficultés à prendre en compte pour la formation des plus jeunes. Pour répondre à ce besoin, Annett et Duncan (1967) ont élaboré une méthode d'analyse, ainsi qu'un

formalisme spécifique nommé *Hierarchical Task Analysis* (HTA, analyse hiérarchique des tâches). HTA est une méthode orientée tâches qui propose de décomposer hiérarchiquement une tâche en sous tâches et en opérations. Cette décomposition est logique plutôt que psychologique, *i.e.* elle n'a pas l'ambition de refléter la façon dont l'opérateur se représente mentalement sa tâche. Outre la formation, HTA a été employé dans la conception d'une interface de salle de contrôle dans la chimie (Shepherd, 1993), ainsi que dans l'analyse d'erreurs lors de tâches de médication (Lane, Stanton & Harrison, 2006).

**La conception et l'évaluation d'interfaces homme-machine.** À en juger par le nombre de publications sur le sujet, actuellement, l'usage le plus répandu des modèles de tâches concerne la spécification d'interfaces homme-machine. Contrairement à la formation où HTA et ses variantes ont, à notre connaissance, une place dominante, les langages de description de tâches utilisables pour spécifier des interfaces sont nombreux<sup>2</sup> (Balbo, Ozkan & Paris, 2004; Limbourg & Vanderdonckt, 2004).

MAD (pour Méthode Analytique de Description, Scapin & Pierret-Golbreich, 1989; Scapin et Bastien, 2001) est certainement un des formalismes pour la spécification d'interfaces les plus connus en ergonomie française. Il est d'ailleurs classiquement cité dans ce champ de la littérature au niveau international. Ce langage permet de représenter la dimension hiérarchique de la planification dans l'activité humaine. En ce sens, la décomposition des éléments de la tâche en sous-tâches n'est pas une simple décomposition logique (comme dans HTA), mais a pour ambition de refléter la structure des représentations mentales de l'opérateur expert de la tâche. Par exemple, MAD a été employé en vue de la spécification d'un système d'aide à l'exécution des tâches d'aiguillage de trains (Alonso, 1997), ou encore d'un outil de gestion de bases de données pour les incendies en mer (Sebillotte, 1994).

Même si l'activité collective est modélisable avec certains formalismes comme MAD ou ConcurTaskTrees (CTT, Paterno, 2004), la plupart sont dédiés à la représentation de l'activité individuelle. À notre connaissance, Groupware Task Analysis (van der Veer, Lenting & Bergevoet, 1996; van Welie & van der Veer, 2003) est le seul langage élaboré explicitement pour modéliser les aspects collectifs du travail. En effet, GTA permet la formalisation d'une activité collective en montrant les liens existants entre le temps, les tâches et les acteurs. Par

---

<sup>2</sup> Pour décrire l'interaction homme-machine, il existe des modèles linguistiques comme Task Action Grammar (Payne & Green, 1983), Extended Task Action Grammar (Tauber, 1990), des modèles hiérarchiques comme Hierarchical Task analysis, Sub-Goal Template (Shepherd, 1993), DIANE+ (Tarby, 1994), Goals Operators Methods and Selection rules (Kieras, 2004) et ses variantes, et des modèles de la connaissances comme Task Analysis for Knowledge Description (Johnson, Diaper & Long, 1984) et Task Knowledge Structure (Johnson, Johnson, Waddington, & Shouls, 1988).

exemple, GTA a été employé dans la re-conception du système informatique de la sécurité sociale néerlandaise (van der Veer, Hove & Lenting, 1996).

Durant le cycle de conception, les modèles de tâches peuvent également être utilisés pour l'évaluation d'interfaces. Dans ce domaine, GOMS (*Goals, Operators, Methods and Selection rules*, Card, Newell & Simon, 1983 ; Kieras, 2004) est certainement un des langages les plus connus. À partir de la caractérisation des connaissances procédurales d'un utilisateur, GOMS fournit une prédiction quantitative des performances lors de l'utilisation d'une interface donnée. GOMS a été utilisé, par exemple, pour évaluer et re-concevoir l'interface d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (Gong & Kieras, 1994).

### 2.1.2 Formalismes des modèles de tâches en ergonomie

Lorsqu'on parle de modèle, il faut distinguer le modèle en lui-même (*i.e.* le contenu), et le formalisme par lequel ce dernier est exprimé sous forme concrète (Sperandio, 2003). La variété des domaines d'intervention de l'ergonomie a contribué au développement de nombreux formalismes pour décrire les tâches. Ces langages de modélisation, ou formalismes, permettent d'exprimer des concepts à travers une syntaxe et une sémantique propre. La syntaxe correspond à la manière dont les concepts manipulés par le langage sont exprimés, alors que la sémantique renvoie à la signification des concepts.

**Les concepts.** Malgré une syntaxe différente, les formalismes classiques en ergonomie abordent et se servent des mêmes concepts et notions pour décrire l'activité humaine finalisée (Couix, Burkhardt, Donikian, & Rouillé, 2007; Limbourg & Vanderdonckt, 2004). Ces concepts sont :

- la tâche, *i.e.* ce qu'il y a à faire ou est fait pour atteindre un but. Il s'agit toujours d'un verbe d'action ;
- le but, *i.e.* l'état du système à atteindre ;
- la manière d'atteindre le but, exprimée par l'ordonnement des tâches et la décomposition hiérarchique, *i.e.* la structure de la tâche ;
- les conditions dans lesquelles la tâche est réalisée, et ;
- l'opérateur exécutant la tâche.

**Vues et formats d'expression des concepts.** Les formalismes académiques comme HTA, MAD, GOMS, ou GTA proposent généralement d'exprimer ces notions dans une ou plusieurs vues et formats différents (*cf.* tableau 1, Annexes, p.1). Dans la vue principale, il s'agit de

montrer la tâche, sa structure et l'ordonnancement des sous-tâches (sauf dans HTA qui dispose d'une vue spécifique). Hormis GOMS, ces informations sont présentées sous un format graphique (boîtes et liens de décomposition) et textuel pour l'ordonnancement (notion de constructeur). Les objectifs et les conditions de réalisation des tâches sont décrits sous forme de texte dans une vue séparée détaillant les propriétés sur la tâche. En ce qui concerne les acteurs, ils sont soit figurés sous forme textuelle avec les autres informations sur la tâche (e.g. conditions et buts dans MAD), soit représentés dans une vue séparée (e.g. vue *workflow* dans GTA). Ces formalismes proposent donc d'avoir plusieurs vues pour exprimer totalement les concepts et les informations qu'ils permettent de représenter.

De manière générale, les formalismes employés pour décrire les tâches en ergonomie sont des hiérarchies de tâches et de sous-tâches. Le lien entre les niveaux hiérarchiques est généralement du type « pourquoi – comment », la tâche correspondant au « pourquoi », et les sous-tâches au « comment ». Une hiérarchie comporte ainsi plusieurs niveaux. Les tâches décomposées sont qualifiées d'abstraites et les tâches de plus bas niveau sont nommées tâches élémentaires, actions ou tâches unitaires selon les formalismes. Aller plus en détail sur ces aspects dépasse le cadre de ce mémoire, nous renvoyons le lecteur à Annett (2004), Scapin et Bastien (2001), Limbourg et Vanderdonckt (2004) pour de plus amples précisions.

### 2.1.3 Démarche "prescrite" de la construction de modèles de tâches

Les exemples d'utilisation des modèles de tâches décrits dans la littérature scientifique peuvent servir de base pour établir un modèle "prescrit" de la démarche de construction d'un modèle de tâches. À partir des données recueillies sur l'activité des opérateurs, l'ergonome va construire un modèle décrivant les résultats des analyses qu'il a menées. Ce modèle, figuré avec un certain formalisme, sera ensuite utilisé pour, par exemple, spécifier ou évaluer des interfaces, fonder des fonctionnalités, ou des objectifs de formation. Sébillotte (1991; 1994) rappelle que ce processus de construction est itératif. À notre connaissance, la littérature ne rapporte aucune autre information sur le processus effectif d'élaboration du modèle de tâches au cours de l'intervention d'un ergonome.

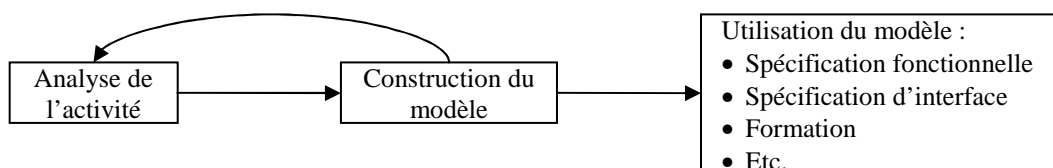


Figure 1. Démarche prescrite de construction d'un modèle de tâches

## 2.2 LES RECHERCHES SUR L’ACTIVITÉ DE CONSTRUCTION DE MODÈLES DE TÂCHES

Malgré le nombre important de publications et de livres sur les modèles de tâches ou de l’activité (e.g. Amalberti, de Montmollin & Theureau, 1991 ; Sperandio & Wolff, 2003; Diaper & Stanton, 2004), seules 3 recherches, à notre connaissance, se sont intéressées à la construction de ces modèles (tableau 1).

Étude	Objectif	Sujets	Tâches	Données d'entrée des modèles	Données recueillies
Ormerod <i>et al.</i> (1998)	Améliorer l'utilisabilité de SGT	Étudiants en psychologie	Produire un modèle	Phrases courtes décrivant des tâches	Erreurs syntaxiques et sémantiques, temps de réalisation du modèle
Ozkan <i>et al.</i> (1998)	Améliorer l'utilisabilité de DIANE+	Rédacteurs de manuels (futurs utilisateurs)	Lire un modèle et produire un modèle	Liste de fonctionnalités	Erreurs syntaxiques et sémantiques
Patrick <i>et al.</i> (2000)	Analyser les difficultés et stratégies dans la réalisation d'une HTA	Étudiants en psychologie	Produire un modèle	Aucune source externe de données	Erreurs syntaxiques et sémantiques, temps de réalisation du modèle, questionnaires

**Tableau 1. Vue d'ensemble des études sur la construction de modèles de tâches**

La première investigation d’Ormerod, Richardson et Shepherd (1998) porte sur l’impact d’un changement de syntaxe d’un langage de description des tâches (SGT, *Sub-Goal Template*) sur son utilisabilité. La modification concerne la notation des séquences contingentes, *i.e.* des séquences d’actions dans lesquelles le choix des actions suivantes dépend du résultat des actions ou des événements précédents. Dans sa version actuelle, les relations de contingences sont exprimées par l’utilisation d’une forme disjonctive (*i.e.* des relations du type soit... alors... ou bien...). Les auteurs testent l’efficacité de cette notation par rapport à l’expression des mêmes relations sous une forme conditionnelle (*i.e.* des relations du type si... alors... sinon...). Les sujets (26 étudiants en psychologie) devaient, à partir de courtes descriptions sous forme de textes, décrire quelques unes des tâches d’un opérateur de salle de contrôle à l’aide du langage SGT. Cette expérience montre que le changement de notation améliore la performance des sujets en termes de temps de réalisation de la tâche, de type d’erreurs, de nombre d’erreurs, et de temps pour détecter et corriger une erreur. Plus spécifiquement, la nouvelle notation engendre moins d’erreurs de syntaxe (des erreurs sur la manière d’exprimer la notion de contingence), mais pas de différence en ce qui concerne les erreurs sémantiques (des erreurs sur la signification de la notion des contingences). D’après les auteurs, la structure cognitive des séquences d’actions contingentes est en termes de conditionnelles. C’est pourquoi les sujets ont des performances plus élevées avec la notation conditionnelle.

En d'autres termes, l'extériorisation d'une information est facilitée lorsque la notation utilisée pour l'exprimer présente une structure équivalente à la structure cognitive interne.

L'objectif de la recherche d'Ozkan, Paris et Balbo (1998) est de tester le caractère utilisable et compréhensible des modèles de tâches formalisés avec le langage de modélisation DIANE+. Après une présentation de DIANE+, 5 rédacteurs de manuels utilisateurs réalisaient 2 tâches : une tâche d'interprétation (rédaction d'un manuel à partir de la description d'une tâche en DIANE+) et une tâche de génération (construction d'un modèle à partir de la liste de fonctionnalités d'une application et de son utilisation). Les résultats indiquent que les sujets comprennent facilement un modèle de tâches écrit avec le langage DIANE+ car, d'après les auteurs, il s'agit d'une notation très graphique (comme, par exemple, MAD). Ils trouvent des résultats analogues à Ormerod *et al.* (1998) dans le sens que, dans la tâche de génération, les erreurs des sujets sont essentiellement de type syntaxique plutôt que sémantique. Le type d'erreur syntaxique le plus fréquemment retrouvé est la confusion entre lien de composition et lien de séquence entre deux tâches. Cette étude montre aussi que des performances en interprétation de modèle et en production de modèle ne sont pas corrélées. Les sujets ont des performances meilleures dans la tâche d'interprétation que dans la tâche de génération. La production d'un modèle de tâches semble donc plus complexe que la compréhension d'un modèle déjà construit.

Enfin, Patrick, Gregov et Halliday (2000) ont analysé les difficultés et les stratégies d'étudiants réalisant une analyse hiérarchique des tâches (HTA). Ils ont étudié les difficultés, d'une part, en termes d'analyse des erreurs syntaxiques et sémantiques dans la construction du modèle, et, d'autre part, à l'aide d'un questionnaire. Les stratégies ont été examinées par le même questionnaire. La tâche à modéliser par les étudiants leur était plus ou moins familière (soit « préparer une tasse de thé », soit « peindre une porte »). Les résultats indiquent que les étudiants utilisent une stratégie orientée vers l'action, c'est-à-dire qu'ils raisonnent en termes de séquences d'actions à réaliser pour atteindre le but de la tâche et oublient les tâches cognitives. D'après les auteurs, cette stratégie leur fait commettre des erreurs sur tous les critères d'une « bonne » HTA : forme globale du modèle, décomposition logique, décomposition équivalente et spécification de plans. Par ailleurs, les résultats rejoignent en partie ceux obtenus par Ozkan *et al.* (1998) concernant la tendance des sujets à confondre lien de composition et lien de séquence entre tâches.

L'analyse de ces études expérimentales montre qu'elles souffrent de points faibles comparables.

**Le caractère artificiel des données d'entrée.** Les informations à partir desquelles les sujets réalisent les modèles de tâches sont très artificielles (Ormerod *et al.*, 1998; Ozkan *et al.*, 1998). Ce sont des descriptions succinctes (quelques lignes) de tâches simples. De plus, toutes les données nécessaires pour élaborer le modèle complet sont disponibles et présentées dans l'ordre de réalisation de la tâche. En revanche, en situation naturelle d'analyse, les données sont plus volumineuses, plus complexes, mais en même temps lacunaires. Les informations disponibles pour comprendre la situation sont souvent dispersées dans plusieurs entretiens ou relevées d'observations. Elles ne sont pas centralisées dans une seule source de données. Le discours naturel est souvent mal formé et ambigu. Ainsi, les informations sur une même tâche peuvent, au cours d'un entretien, se retrouver dispersées au début et à la fin. Par ailleurs, dans l'étude de Patrick *et al.* (2000) les sujets ne disposent d'aucune donnée externe pour modéliser. Les participants n'analysent pas l'activité directement, comme c'est le cas habituellement. Ils font une auto-analyse, *i.e.* les sujets exploitent uniquement leurs connaissances et expériences propres pour construire le modèle. Il s'agit donc plus d'une activité de rappel et d'extériorisation de connaissances sur sa propre activité que d'observation, intégration et interprétation d'informations provenant de l'extérieur. Comme le soulignent les auteurs, les sujets sont donc enclins à des omissions dues à un rappel défaillant, focalisé sur les actions.

**L'absence ou la faiblesse d'une analyse des stratégies et de l'activité mises en œuvre par les sujets.** Les stratégies des sujets sont uniquement étudiées par Patrick *et al.* (2000) au moyen d'un questionnaire. Or, cet outil renseigne uniquement sur la représentation que les sujets ont de leur activité et non sur l'activité elle-même. Bien qu'utile pour comprendre les difficultés ressenties par les sujets, le questionnaire est peu fiable pour recueillir des informations sur l'activité comme les stratégies employées par les individus (Prunier-Poulmaire & Gadbois, 2005). Ozkan *et al.* (1998) se proposent d'étudier les stratégies via un protocole verbal. Cette technique est plus appropriée que les questionnaires pour analyser les stratégies (Ericsson & Simon, 1993). Cependant, aucune trace de cette analyse n'apparaît dans leur article et les publications subséquentes. Par ailleurs, les auteurs se focalisent sur l'évaluation du modèle « résultat », le produit final de l'activité. Il n'y a aucune analyse de la dynamique de construction du modèle et de la manière d'atteindre le produit final. Or, l'étude du résultat de l'activité fournit uniquement des hypothèses sur cette activité (Visser & Morais, 1988). Utilisée isolément, cette méthode est donc insuffisante pour appréhender l'activité.

**Les modèles produits sont uniquement analysés sous l'angle respect / non-respect des contraintes du formalisme.** Les difficultés des participants sont analysées principalement en

termes d'erreurs de formalisation du modèle final. Une erreur peut cependant avoir de multiples déterminants autres qu'une difficulté comme, par exemple, une mauvaise compréhension de la tâche à modéliser, de la consigne expérimentale, des objectifs associés à la réalisation du modèle, mais aussi du langage de modélisation utilisé dans l'étude. Les auteurs mesurent l'aptitude des sujets à construire un modèle respectant des règles définissant une « bonne forme ».

En résumé, ces recherches renseignent peu sur l'activité de construction de modèles de tâches. Elles sont plutôt centrées sur les erreurs engendrées par l'utilisation d'un langage de modélisation spécifique : SGT dans la recherche de Ormerod *et al.* (1998), HTA pour Patrick *et al.* (2000) et DIANE+ dans l'étude d'Ozkan *et al.* (1998). Par conséquent, les résultats obtenus sont peu généralisables d'un langage à un autre. Pourtant, la connaissance des activités de modélisation et d'expression d'un modèle au moyen d'un certain formalisme permettrait de proposer des pistes pour la conception de systèmes d'assistance à la construction de modèles de tâches.

### 2.3 CADRES THÉORIQUES POUR L'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DE CONSTRUCTION D'UN MODÈLE DE TÂCHES

Il est possible de considérer les modèles de tâches de 2 manières différentes mais néanmoins complémentaires. D'une part, un modèle de tâches est le résultat d'une itération entre épisodes de recueil de données et épisodes de construction, jusqu'à la réalisation du modèle final (Sebillotte, 1994). De plus, le modèle final (la solution) n'est pas connu au début de son élaboration. Par ailleurs, une même tâche peut être modélisée de différentes manières, il n'existe pas une seule manière de modéliser une tâche. L'activité de construction des modèles de tâches rassemble donc les principales caractéristiques d'une activité de conception. Ce type particulier d'activité est analysé depuis une vingtaine d'année en ergonomie cognitive. Les processus cognitifs liée à cette activité et décrits dans ce champ de la littérature pourraient donc être utilisés pour appréhender l'activité cognitive sous jacente à l'élaboration de modèles de tâches. D'autre part, un modèle de tâches est une structure d'informations, figurée à l'aide d'un langage spécifique ou notation. La manipulation de telles structures est notamment étudiée depuis la fin des année 80 en ergonomie cognitive dans le « *cognitive dimensions of notations framework* » (en français, les dimensions cognitives des notations) initié par Green (1989).



L'activité de conception est généralement définie comme une activité de résolution de problèmes « mal définis », qui consiste à spécifier un artefact compte tenu des fonctions et/ou objectifs que l'artefact doit satisfaire. Selon Visser (2004), l'activité cognitive correspondante consiste en l'élaboration d'une représentation de l'artefact jusqu'à ce que celle-ci soit à ce point détaillée, que l'implémentation de ce dernier est complètement spécifiée. Les auteurs insistent également sur d'autres caractéristiques de ces activités comme l'existence d'un ensemble de solutions satisfaisantes plutôt qu'une solution unique, parfaite. Par conséquent, l'activité de conception n'est pas propre aux concepteurs. Elle se retrouve, en effet, dans d'autres professions n'ayant pas le label explicite « concepteur », *e.g.* architectes, programmeurs, ingénieurs. Ainsi, la conception de réseaux informatiques (Darses, 1990), la planification d'itinéraires (Chalmé, Visser & Denis, 2000), la conception d'algorithmes informatiques (Kant & Newell, 1984) ont été analysées sous l'angle des activités cognitives de conception. Falzon (1993; 2005) propose également d'étudier l'activité des ergonomes comme une activité de conception.

La littérature rapporte divers processus cognitifs « génériques » liés à ce type d'activité (*e.g.* Visser, 2001 ; 2004 pour une revue détaillée) :

- la construction d'une représentation : correspond à l'analyse et à la compréhension du problème. Ici, le terme problème renvoi au point de départ du concepteur, généralement des spécifications, un cahier des charges, une demande ;
- la génération de solutions : généralement considérée comme le « cœur » de la conception, elle va se manifester soit par évocation de solutions (réutilisation de solutions déjà développées), ou par élaboration de solutions originales, et ;
- l'évaluation de solutions : consiste à confronter la solution produite à un ensemble plus ou moins important de contraintes, de critères.

Les recherches empiriques menées en ergonomie cognitive (*cf.* notamment Visser, 1987 ; Bisseret, Figeac-Letang & Falzon, 1988; Pollier, 1991 ; Burkhardt & Détienne, 1995) mettent notamment en lumière :

- le caractère opportuniste de ces activités, *i.e.* la spécification de l'artefact n'est pas linéaire, il ne s'agit pas d'une simple itération du cycle construction de la représentation - génération de solution - évaluation de solution ;
- la variété des stratégies employées par les concepteurs pour mener à bien leur tâche ;
- la variété des composantes de ces activités.

Si les modèles de tâches sont le résultat d'une activité de conception, l'activité de construction d'un modèle de tâches devrait donc présenter les caractéristiques et les processus cognitifs décrits ci-dessus.

Les dimensions cognitives des notations (Green, 1989; Green & Petre, 1996) ont, à l'origine, été développées pour discuter des dimensions affectant l'utilisation des structures d'informations. Ces dimensions peuvent être utilisées pour concevoir et/ou évaluer des artefacts informationnels, *i.e.* des artefacts présentant et aidant la manipulation de structures d'informations. Les notations sur lesquelles il a été validé sont très variées : notation musicale, langages graphiques pour la programmation, etc. Le principe est de discuter de l'adéquation de l'artefact avec les activités pour lesquelles il a été ou sera conçu (selon que l'on soit en évaluation ou en conception).

Un modèle de tâches est une structure d'informations exprimées à travers une certaine notation (ou formalisme). Ainsi, il est possible d'utiliser la typologie d'activités, développée par Green (1989) et Green & Blackwell (1998) pour analyser les actions réalisées sur le modèle lors de sa construction. Parmi les catégories d'activités identifiées par les auteurs, nous conservons uniquement celles liées à la manipulation directe d'un artefact :

- incrémentation, *i.e.* ajout d'informations à l'artefact ;
- transcription, *i.e.* copie d'informations à partir d'une source de données, conversion d'une information d'un format de présentation de données vers un autre, et ;
- modification, *i.e.* changement des informations ou de la structure de ces informations.

La typologie d'activités, présentée ci-dessus, a été utilisée pour analyser les actions liées à la manipulation concrète de l'artefact en cours d'élaboration, *i.e.* le modèle formalisé. Cette typologie est cependant abstraite (Blackwell, Britton, Cox, Green, Gurr *et al.*, 2001) et peu précise sur les définitions. Un travail de spécification et d'adaptation à notre domaine est donc nécessaire.

## 2.4 QUESTIONS DE RECHERCHE

À travers l'analyse de la littérature sur l'utilisation des modèles de tâches en ergonomie, seule leur usage prescrit est abordé, que ce soit en termes d'utilité, de processus de construction ou de manière d'exprimer des informations. Quant à la construction des modèles de tâches, les rares recherches sur le sujet ne sont pas très écologiques, ne renseignent pas sur l'activité et se

limitent à l'analyse des erreurs réalisées lors de l'utilisation de langages de modélisation spécifiques.

Nous avons décidé d'étudier les modèles de tâches et leurs utilisations réelles en ergonomie selon 2 niveaux de granularité distincts et complémentaires. D'une part, il s'agit d'analyser les usages réels des modèles de tâches au niveau de l'intervention des ergonomes en conception de nouvelles technologies, *i.e.* le niveau macro de l'utilisation et de la construction des modèles de tâches. L'intérêt ici est de comparer les pratiques réelles, que ce soit en termes d'utilité, de processus de construction ou de manière d'exprimer les informations sur les tâches, aux pratiques prescrites dans la littérature scientifique sur le sujet. Cette analyse est l'objet de la première étude exposée dans ce mémoire.

D'autre part, nous cherchons à caractériser l'activité de construction de modèles de tâches et les stratégies adoptées pour élaborer ces modèles. Il s'agit d'étudier comment sont réalisés les modèles lors d'un épisode de construction. Par l'analyse de l'activité graphico-textuelle et de l'activité cognitive, nous abordons ici le niveau micro de l'élaboration du modèle. Deux cadres d'analyse de l'ergonomie cognitive ont donc été associés: les activités de conception pour l'analyse de l'activité cognitive et les dimensions cognitives des notations pour l'activité graphico-textuelle (actions sur le modèle). Ces analyses permettront d'appréhender globalement l'activité de construction des modèles de tâches. Elles font l'objet de la deuxième étude présentée dans ce mémoire.

### **3 ÉTUDE 1. ANALYSE DES USAGES: UNE APPROCHE MACRO DE L'UTILISATION ET DE L'UTILITÉ DES MODÈLES DE TÂCHES**

Dans cette première étude, il s'agit d'explorer l'utilité, la manière dont les ergonomes se servent des modèles de tâches, les raisons de cette utilisation et la place qu'ils occupent dans l'intervention des ergonomes. Les données proviennent (1) d'entretiens semi-dirigés auprès d'ergonomes ayant une pratique de la modélisation et (2) de modèles de tâches issus de contextes réels d'interventions ergonomiques.

#### **3.1 MÉTHODE**

##### **3.1.1 Participants**

Cinq ergonomes ayant recours à des modèles de tâches dans leur pratique ont participé. Ils ont été recrutés, d'une part, grâce à des contacts personnels et, d'autre part, via deux listes de

diffusions spécialisées en ergonomie, ErgoIHM<sup>3</sup> et ErgoListe<sup>4</sup>. Les ergonomes participant à l'étude ont une expérience moyenne de 10 ans (min = 3 ans ; max = 22 ans). Néanmoins, 2 groupes peuvent être distingués dans notre échantillon. D'une part, 2 ergonomes juniors (E4 et E5) avec 3 ans d'expérience et, d'autre part, 3 ergonomes seniors (E1, E2 et E3) qui ont entre 6 et 22 ans d'expérience. Ils travaillent tous en conception et en évaluation d'interfaces. Quatre d'entre eux travaillent aussi sur la spécification fonctionnelle de systèmes homme-machine. Ils connaissent et ont tous essayé le formalisme MAD. Deux ergonomes ont également utilisé GTA et un ergonome s'est servi du langage TMMT (*Task Method Modeling Tool*, Camilleri, Soubie & Zalakat, 2003). Enfin, seuls 2 ergonomes ont reçus un cours de 6 heures sur MAD.

### 3.1.2 Procédure

**Entretiens semi-dirigés.** Après une présentation de la recherche aux participants, il leur a été demandé des informations d'ordre général sur leur formation, les types d'interventions qu'ils réalisent habituellement et les langages de modélisation dont ils se sont déjà servi. Ensuite, les ergonomes devaient retracer une intervention, au cours de laquelle ils ont construit un modèle de tâches. À l'aide d'un guide d'entretien (*cf.* annexes, figure 1, p.2), les thèmes suivants ont été systématiquement abordés : le processus de construction du modèle lors de l'intervention, les utilisations du modèle de tâches dans l'intervention et la manière dont les résultats ont été formalisés (voir tableau 2 pour le détail des thèmes).

Thèmes	Détails
Le processus de construction du modèle	Le moment de départ de la construction du modèle
	Les moments et les raisons des modifications du modèle
	Le nombre de modifications lors de l'intervention
	Les sources externes d'informations, utilisées lors de la construction du modèle
	Les difficultés rencontrées lors de la construction du modèle de tâches
Les utilisations du modèle de tâches	L'utilité du modèle lors de l'intervention
	Les personnes auxquelles le modèle a été communiqué et sous quelle forme
La formalisation	Le formalisme utilisé lors de l'intervention et les raisons de ce choix
	L'utilisation d'un logiciel spécifique d'aide à la formalisation

**Tableau 2. Thèmes du guide d'entretien.**

**Recueil de modèles produits par les ergonomes au cours de l'intervention relatée.** Suite aux entretiens, nous avons demandé aux ergonomes de nous fournir le modèle de tâches, produit lors de l'intervention qu'ils venaient de relater. La finalité de ce recueil était de déterminer les concepts utilisés par les ergonomes dans leur modèle, ainsi que les vues et les formats à l'aide desquels ils sont exprimés.

<sup>3</sup> <http://listes.cru.fr/sympa/info/ergoihm.html>

<sup>4</sup> <http://listes.cru.fr/sympa/info/ergoliste.html>

### 3.1.3 Déroulement et données recueillies

**Entretiens semi-dirigés.** Les entretiens se sont étendus de Janvier à Avril 2007. Les entretiens se sont déroulés sur le lieu de travail habituel des ergonomes, sauf pour 1 participant qui a été interviewé par téléphone. Ils ont duré entre 45 min et 1h30 (Moy = 1 heure). Excepté l'entretien téléphonique, ils ont été entièrement enregistrés et retranscrits pour faciliter leur analyse ultérieure. Pour compléter les données, le cas échéant, l'entretien téléphonique s'est prolongé à travers des échanges par courrier électronique et par téléphone.

**Modèles recueillis.** À l'issue des entretiens, 5 modèles de tâches ont été récoltés.

### 3.1.4 Analyse des données

#### 3.1.4.1 Données des entretiens semi-dirigés

Les données des entretiens semi-dirigés ont été traitées au moyen d'une analyse de contenu thématique (ACT, Bardin, 1998). L'avantage d'utiliser un guide d'entretien est de pouvoir comparer aisément les verbalisations entre participants. Les discours des ergonomes ont été segmentés selon chaque thème du guide d'entretien.

#### 3.1.4.2 Modèles recueillis

Les modèles recueillis sont analysés selon les mêmes dimensions que les formalismes académiques, analysés dans notre cadre théorique (*cf.* section 2.1.2). Il s'agit de déterminer les concepts manipulés dans le modèle, ainsi que les vues et les formats dans lesquels ils sont exprimés. Les modèles recueillis ont été analysés au moyen des règles de codage suivantes.

**Les concepts.** Quatre concepts sont examinés : les tâches, les buts, les conditions et les acteurs. La présence de ces concepts a été déterminée via l'analyse des modèles recueillis avec les règles suivantes :

- les verbes d'actions renvoient à des tâches, *e.g.* « appuyer sur la croix ».
- les objets, associés à un état qu'il est souhaitable d'atteindre, sont des buts. Un but doit obligatoirement être lié à une tâche. Par exemple, le but « l'application informatique est fermée » est lié à la tâche « appuyer sur la croix ».
- les états du monde (objets associés à un état), autorisant la réalisation, le déclenchement immédiat ou l'arrêt d'une tâche, sont des conditions. Les conditions doivent être obligatoirement liées à une tâche. Par exemple, la condition « si l'application ne répond plus » déclenche la tâche « appuyer sur la croix ».

- les individus associés à la réalisation d’une tâche sont des acteurs.

**Les formats.** Puis, nous analysons les formats à l’aide desquels les concepts sont exprimés. Les formats possibles selon le concept considéré sont décrits dans le tableau 3.

Formats analysés		Formats possibles
Format des tâches		Boîte, texte
Format des buts		Boîte, texte
Format des conditions		Boîte, texte
Format des acteurs		Boîte, texte
Format de la manière d’atteindre le but	Format des liens entre tâches	Lien graphique, indentation du texte (voir exemples en annexes, figure 2 et 3, p.10 et p.11)
	Sémantique des liens entre tâches	Composition, séquence
	Expression de l’ordonnement des tâches	Sens de lecture, constructeurs

Tableau 3. Formats possibles des tâches, buts, conditions, acteurs et de la manière d’atteindre les buts dans les modèles recueillis.

**Les vues.** Enfin, nous avons évalué le nombre de vues (espaces graphiques ou textuels) utilisées dans les modèles recueillis pour représenter les informations sur la tâche (acteurs, conditions, buts).

## 3.2 RÉSULTATS

### 3.2.1 Accès difficile à des ergonomes utilisant les modèles de tâches

Environ 2000 ergonomes ont potentiellement été contactés via des listes spécialisées et des contacts personnels. Seuls une quinzaine d’ergonomes ont répondu favorablement pour prendre part à l’étude. Sur ce nombre, 5 ont réellement participé.

Plusieurs pistes sont envisageables pour expliquer ce faible taux de réponse :

- les ergonomes utilisent peu les modèles de tâches. Au cours d’entretiens informels avec des ergonomes, des éléments sont venus étayer ces propos. Certains ne perçoivent pas l’utilité de faire un modèle au cours de leurs interventions. Ils pensent que le compromis coût/bénéfices de la modélisation est négatif. D’autres estiment ne pas savoir les utiliser ou ne pas avoir été formés à leur usage et sont donc moins enclins à les employer.
- le message envoyé sur les listes de diffusion pour recruter les participants a été inefficace. Soit les bonnes personnes n’ont pas été atteintes via ces listes, soit le message n’était pas assez clair.

### 3.2.2 Les ergonomes perçoivent plusieurs usages et intérêts en parallèle

Les ergonomes ayant recours à cette pratique témoignent tous de l'intérêt de modéliser les résultats de leurs analyses (*cf.* annexes tableau 3, p.3, pour un résumé des entretiens). Dans les interventions relatées, les modèles de tâches sont utilisés soit pour spécifier des interfaces homme-machine (3 ergonomes sur 5), soit pour fonder la spécification fonctionnelle (2 ergonomes sur 5). On retrouve là l'usage « prescrit », massivement rapporté dans la littérature. En outre, trois autres fonctions parallèles sont également évoquées.

**Support de communication.** Les ergonomes déclarent utiliser le modèle comme un support de communication (5 ergonomes sur 5). D'une part, le modèle est communiqué aux opérateurs concernés par l'analyse en vue de la correction de celui-ci ou de sa validation. D'autre part, la communication du modèle vise les partenaires du projet de conception dans lequel les ergonomes sont intervenus (*e.g.* chefs de projets, informaticiens, psychologues), afin de montrer leurs résultats, de décrire le travail réel, d'appuyer des recommandations, etc. Par exemple, un des ergonomes rapporte : « je montre le modèle à la hiérarchie et aux informaticiens pour qu'ils comprennent ce qui se passe »

**Aide à la compréhension.** La majorité des ergonomes (4 sur 5) participant à l'étude estiment que le modèle est une aide pour clarifier l'activité qu'ils analysent. Le seul ergonome n'ayant pas rapporté cette utilité n'a pas commencé l'élaboration du modèle lors des phases de recueil de données, le modèle ayant été construit plusieurs mois après les analyses de terrain, sur un faible nombre de tâches. Par exemple, un ergonome rapporte : « le fait de faire le modèle ça me permet de mieux voir ce qui se passe, de comprendre tout ça ».

Par ailleurs, l'élaboration du modèle aide les ergonomes (4 sur 5) à se rendre compte des lacunes qu'ils ont sur certaines parties de l'activité, ce qui les incite à retourner sur le terrain pour recueillir des données. Ce sont les mêmes ergonomes qui affirment utiliser le modèle pour les aider à comprendre ce qui se passe. Par exemple, un ergonome affirme : « Quand je fais le modèle, je me rends compte qu'y a des trucs sur l'activité que je sais pas ou que je suis pas très sûr. Du coup, je retourne voir les opérateurs et je leur demande ».

**Mémoire externe de l'activité analysée.** L'utilisation du modèle de tâches comme une « base de connaissances sur l'activité » a été évoquée par un seul ergonome. Au fil de l'avancement de l'analyse, l'ergonome disait se servir du modèle pour « enregistrer » les données recueillies. Cependant, tous les ergonomes rencontrés réutilisent les informations « stockées » dans le modèle, les modifient et les mettent à jour au fil de l'intervention. Le modèle peut

alors être considéré comme une sorte de mémoire externe sur l'activité analysée. Par exemple, un ergonome déclare : « En fait, le modèle je m'en sers comme une espèce de base de connaissances, dans laquelle je mets toutes les informations que je récolte au fur et à mesure ».

### 3.2.3 Place et caractéristiques de la construction du modèle dans le processus

**Trois moments distincts de construction initiale du modèle sont évoqués, suivant les interventions relatées.** Le processus de construction du modèle débute généralement lorsque les analyses systématiques de l'activité sont finies (pour 3 ergonomes sur 5). Un ergonome a débuté la construction du modèle dès les premiers contacts exploratoires avec le terrain, sur lequel il intervenait. Enfin, le cinquième ergonome n'a construit le modèle que plusieurs mois après le début de l'intervention, lorsque les spécifications pour la conception ont débuté.

**Un processus itératif.** L'élaboration des modèles est itérative pour les 5 ergonomes interviewés, délimitée par un ou plusieurs épisodes de correction, *i.e.* une phase pendant laquelle le modèle est modifié, suite à une phase de validation ou de vérification du modèle auprès des opérateurs. Par contre, le nombre d'épisodes de correction est variable, allant de 1 à 4 selon les ergonomes. Le seul ergonome ayant corrigé le modèle une seule fois est l'ergonome qui a débuté la construction du modèle longtemps après avoir commencé les analyses terrain. De plus, cet ergonome est intervenu dans la conception d'un premier prototype conçu principalement pour tester la faisabilité et l'intérêt de la technologie. Les spécifications et le modèle de tâches fournis aux concepteurs étaient donc de taille restreinte.

**Données d'entrée exploitées pour l'élaboration du modèle.** Tous les ergonomes se basent sur des traces de l'activité analysée. Ces traces peuvent être soit des notes (4 ergonomes sur 5), des enregistrements audio et/ou vidéo (3 ergonomes sur 5), des retranscriptions d'entretiens (2 ergonomes sur 5). À l'exception d'un cas, plusieurs types de traces sont utilisés pour élaborer le modèle.

**Difficultés rencontrées.** Pour 3 ergonomes de notre échantillon, l'élaboration d'un modèle de tâches ne pose pas de difficultés particulières. Seuls 2 ergonomes mentionnent des problèmes dans la définition du niveau de détail du modèle et un seul évoque la difficulté d'ordonner les tâches entre elles, lorsque le niveau de détail de l'analyse est fin. En fait, la principale difficulté exprimée par les ergonomes lors de l'intervention est de comprendre l'activité qu'ils analysent, plus que de la représenter au moyen d'un modèle.

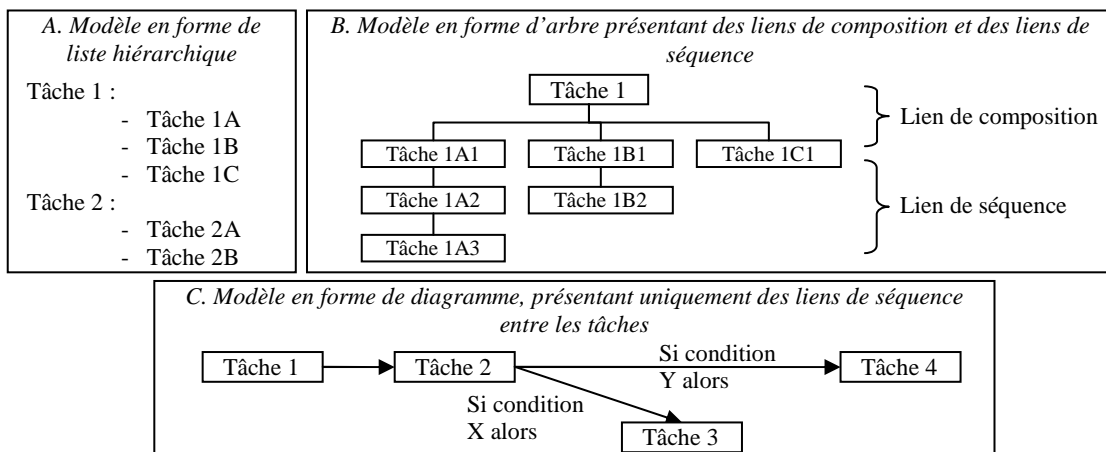


### 3.2.4 Des formalismes personnels et des contenus partiellement identiques dans les modèles

Quatre des cinq ergonomes utilisent un formalisme qui leur est propre, qu’ils ont construit en s’inspirant d’un ou plusieurs formalismes existants (*cf.* annexes tableau 4, p.4).

**Formats et vues effectivement utilisés.** Toutes les informations décrivant la tâche (conditions, buts et acteurs) sont regroupées dans une seule et même vue.

Les tâches et leur structure sont représentées de manière graphique (boîtes pour les tâches, liens graphiques pour la structure) par 4 ergonomes sur 5. Un ergonome adopte un format purement textuel (texte pour les tâches et indentation du texte pour la structure, *cf.* exemple figure 2A). Un seul ergonome adopte un format graphique (un losange) pour figurer les conditions de réalisation de la tâche. Les autres emploient tous un format textuel.



**Figure 2. Exemples fictifs illustrant les modèles recueillis lors de l'analyse des usages<sup>5</sup>. Le modèle A à été fourni par E3, le modèle B a été retrouvé chez E1 et E5, et le modèle C provient de E2.**

La structure des tâches est représentée de façon purement hiérarchique dans 2 modèles (figure 2A). Deux autres présentent des liens de séquence et des liens de composition (figure 2B). Au niveau des tâches abstraites (*i.e.* des tâches décomposables), ce sont des liens de composition, alors qu'au niveau concret (*i.e.* des tâches non décomposées), ce sont des liens de séquence. Un modèle présente uniquement des liens de séquence entre les tâches (*cf.* figure 2C).

Enfin, l’ordonnancement est exprimé par le sens de lecture des tâches et des constructeurs dans 2 modèles, les autres se servent uniquement du sens de lecture des tâches.

Les ergonomes évoquent plusieurs raisons pour avoir adopté un formalisme qui leur est propre. Ils reprochent notamment aux langages académiques :

<sup>5</sup> Pour des raisons de confidentialité, les ergonomes rencontrés ne souhaitent pas que leurs modèles soient publiés. Aucun exemple de modèle recueilli ne peut donc être présenté ici. Il est par contre possible de montrer des exemples fictifs reprenant certaines caractéristiques des modèles réels.

- d'être peu visuels et peu efficaces pour communiquer ;
- d'être compliqués à faire et de consommer trop de temps, et ;
- de ne pas être assistés par des outils informatiques utilisables, les logiciels dédiés existants (*e.g.* Euterpe pour le langage GTA, et K-MADe pour le langage MAD) étant considérés comme peu, voire pas utilisables.

Bien que des logiciels d'aide à la formalisation existent (*e.g.*, CTTE, TAMOT, Euterpe, K-MADe), seule 1 ergonome utilise Euterpe. Les 4 ergonomes restants construisent leurs modèles avec des outils logiciels bureautiques standard (Word, Excel ou PowerPoint).

**Concepts exprimés dans les modèles.** Les notions de tâche, de but (état désiré à atteindre), de condition (contexte de réalisation de la tâche). La notion d'acteur est utilisée dans un seul modèle recueilli (ergonome ayant relaté une intervention en spécification d'un collectif). Enfin, les notions de but et de condition ne sont pas figurées par 1 ergonome (E5). C'est le seul de notre échantillon à utiliser un formalisme académique (GTA).

### 3.3 DISCUSSION

#### 3.3.1 Intérêts évoqués de la modélisation : de la conception à la réflexion et à la communication

L'analyse des usages permet de préciser et d'enrichir l'éventail des intérêts des modèles de tâches. Ceux-ci ont été conçus à l'origine pour alimenter le processus de conception soit de systèmes homme-machine, soit de programmes de formation. L'objectif « prescrit » de l'utilisation du modèle est alors purement productif. Cependant, les ergonomes affirment utiliser les modèles des tâches pour les aider dans leur activité ainsi que pour communiquer avec les opérateurs et leurs partenaires dans les équipes de conception. Le modèle de tâches est alors employé sans objectif de production direct.

**Une utilisation dirigée vers soi : un outil d'aide à la compréhension de l'activité analysée.** D'après les ergonomes, construire un modèle de tâches aide à clarifier leurs connaissances sur l'activité analysée. La compréhension de l'activité des futurs utilisateurs<sup>6</sup> est d'ailleurs la principale difficulté qu'ils expriment. La littérature scientifique donne quelques pistes pour appuyer cette direction. Plusieurs hypothèses peuvent être faites sur le rôle facilitateur de la construction d'un modèle de tâches sur la compréhension de l'activité

---

<sup>6</sup> Dans un contexte de conception de systèmes, l'analyse ne se restreint pas à ce seul aspect de l'utilisation d'un artefact.

analysée. Premièrement, la modélisation nécessite la mise en correspondance d'informations distribuées dans divers recueils de données (*e.g.* entretiens, observations). Il est donc difficile de les maintenir simultanément en mémoire de travail et de les organiser. Utiliser un modèle de tâches allègerait la charge de travail mentale nécessaire pour appréhender le déroulement et les composants de l'activité analysée. Il s'agit là d'une propriété fondamentale des représentations externes dans la réalisation d'une tâche de résolution de problème (Larkin & Simon, 1987; Zhang, 1994, 1997). Deuxièmement, au cours de l'intervention, les ergonomes se forment une représentation et acquièrent des connaissances sur l'activité. Extérioriser le modèle au moyen d'un formalisme reviendrait à extérioriser leur représentation de l'activité des opérateurs. Or, des recherches en psychologie cognitive montrent que l'extériorisation de sa représentation d'une situation donnée améliore la compréhension de celle-ci (Chi, De Leeuw, Chiu, & Lavancher, 1994; Cox, 1999; Reisberg, 2001).

Le modèle peut également être considéré comme une mémoire externe concernant l'activité analysée. D'une part, le modèle permet d'avoir un point de vue rétrospectif sur l'analyse menée et les connaissances acquises jusqu'alors sur l'activité. Des discussions dans la communauté internationale en interaction homme-machine font, elles aussi, état de cette utilisation du modèle de tâches (Montabert & McCrickard, 2007; Sutcliffe, 2003). Ces auteurs affirment que, par le biais des modèles de tâches, il est possible de capitaliser les connaissances acquises sur l'activité en vue de spécifier, par exemple, des fonctions qui n'ont pas pu être implémentées dans le système en conception. D'autre part, le modèle permet d'avoir un point de vue prospectif sur l'intervention et les connaissances sur l'activité qu'il reste à acquérir. En effet, l'élaboration du modèle ferait prendre conscience aux ergonomes des lacunes de leurs connaissances sur l'activité. Par conséquent, construire un modèle inciterait les ergonomes à compléter les données recueillies lors de l'analyse d'activité et donc à retourner sur le terrain. Le seul ergonome interviewé ne faisant pas état de cet effet de l'élaboration d'un modèle l'a produit plusieurs mois après le début de son intervention, alors que ses connaissances sur l'activité étaient solides. Tous les autres ergonomes ont fait état de cet effet lors des entretiens.

Construire un modèle de tâches serait donc aussi une stratégie pour mieux appréhender l'activité que l'ergonome analyse.

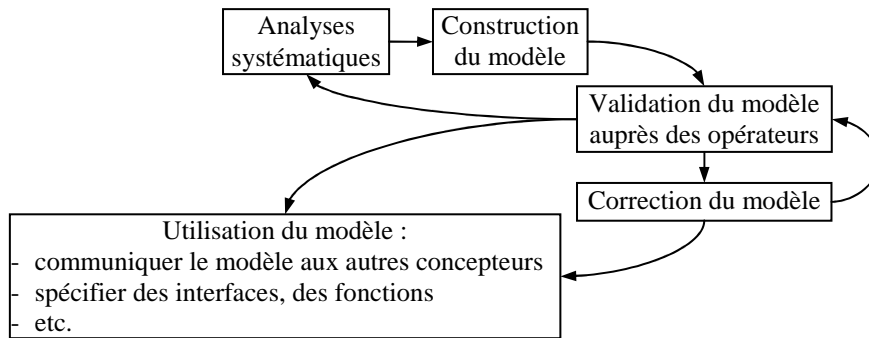
**Une utilisation dirigée vers les autres : un outil pour communiquer.** Tous les ergonomes interviewés rapportent l'utilisation des modèles de tâches pour communiquer les résultats de leurs analyses. Le modèle est une interface entre l'ergonome et les autres. La communication

est dirigée vers deux populations différentes, donc des usages potentiellement distincts. Premièrement, le modèle est montré aux opérateurs pour valider ou corriger les résultats de l'analyse. Ici, le modèle sert donc de support pour confronter la représentation et les connaissances de l'ergonome sur l'activité des opérateurs avec la façon dont ces derniers se la représentent. Ainsi, les opérateurs et les ergonomes peuvent détecter d'éventuels décalages et les corriger. Deuxièmement, le modèle est présenté aux membres des projets de conception, dans lesquels les ergonomes sont impliqués. Il est employé pour appuyer des recommandations et des spécifications pour la conception (fonction d'argumentation). Montrer le modèle aide aussi les ergonomes à faire comprendre aux acteurs de la conception la réalité du travail des opérateurs (fonction d'information et d'illustration du travail réel). Ainsi, la représentation qu'ont les concepteurs du travail des opérateurs est potentiellement plus proche de la réalité du terrain. On notera toutefois que l'usage d'un tel modèle pour communiquer nécessite que les concepteurs et les opérateurs sachent interpréter et appréhender les connaissances qu'il véhicule.

En d'autres termes, le modèle de tâches serait une sorte d'objet intermédiaire (Vinck & Jeantet, 1995) entre l'ergonome et ses interlocuteurs. Toutefois, les objets intermédiaires sont généralement des objets physiques (*e.g.* un schéma, une maquette) permettant aux futurs utilisateurs et aux concepteurs de discuter de l'artefact en cours de conception (Boujut & Blanco, 2003; Eckert & Boujut, 2003; Grebici, Rieu & Blanco, 2003). Le modèle de tâches serait donc un objet intermédiaire ouvert (car sujet à transformations, Vinck & Jeantet, 1995), favorisant la discussion, non pas sur le futur artefact, mais sur l'activité des opérateurs.

### 3.3.2 La modélisation : un processus de construction itératif

Les résultats de cette étude confirment le caractère itératif de la construction d'un modèle de tâches déjà évoqué par Sébillotte (1994). Le cycle de construction démarre généralement après les analyses systématiques de l'activité des opérateurs. Les ergonomes retournent ensuite périodiquement sur le terrain pour valider le modèle avec les opérateurs. Ces épisodes de validation amènent l'ergonome à corriger le modèle ou à continuer les analyses systématiques. Une fois le modèle complètement corrigé, l'ergonome l'utilise pour communiquer sur l'activité analysée, etc. Une version du processus d'élaboration d'un modèle de tâches plus proche des usages réels peut être esquissée (*cf.* figure 3). Suivant les exemples d'interventions rapportés, il peut y avoir jusqu'à 4 cycles de validation – correction.



**Figure 3. Processus d'élaboration d'un modèle de tâches. Les flèches entre « A » et « B » signifient que « A » est suivi de « B ».**

### 3.3.3 Formalismes utilisés dans les modèles recueillis

Les résultats permettent de préciser les caractéristiques des formalismes des modèles recueillis, notamment par rapport aux formalismes académiques considérés dans notre cadre théorique.

**Les ergonomes rencontrés ont, pour la plupart, élaboré leur propre formalisme.** Pourtant, ils ont tous essayé au moins un formalisme académique. Les ergonomes affirment, en majorité, que ces derniers ne répondent pas à leurs besoins en termes de communication. De plus, les ergonomes jugent ces formalismes trop contraignants en termes de temps nécessaire pour construire un modèle. Le constat est identique en ce qui concerne les logiciels d'aide à la formalisation. Les ergonomes qui les ont essayés ont vite abandonné leur utilisation car leurs besoins en termes de communication et de visualisation n'étaient pas comblés.

**Les formalismes académiques et les formalismes utilisés partagent des points communs.** Au niveau des concepts exprimés dans les modèles, les formalismes utilisés par les ergonomes recueillis permettent d'exprimer et de manipuler les mêmes concepts que les langages académiques. De la même manière, les tâches et leur structure sont plutôt représentées selon un format graphique.

Les formalismes utilisés se distinguent néanmoins selon les dimensions suivantes : (1) une vue unique et (2) une structure pas toujours hiérarchique. Les ergonomes représentent toutes les informations pour décrire la tâche dans une seule vue, alors que les formalismes traditionnels en utilisent souvent plusieurs. Ainsi, les ergonomes expliquent qu'ils peuvent mettre en correspondance les informations sur la tâche plus facilement. Ils n'ont pas besoin d'alterner entre plusieurs vues pour appréhender le déroulement de l'activité. De cette

manière, le modèle est plus facile à comprendre pour eux, et pour ceux à qui il est communiqué.

Contrairement aux formalismes académiques, les modèles recueillis n'ont pas tous une structure hiérarchique. La sémantique des liens entre tâches peut même varier à l'intérieur d'un même modèle, passant de lien de composition à lien de séquence. Un résultat analogue a été trouvé par Ozkan et al. (1998) et Patrick et al. (2000). Dans notre étude, cette variation n'est cependant pas aléatoire. Dans les modèles présentant ces 2 types de liens, les liens de composition se retrouvent au niveau des tâches abstraites, alors que les liens de séquence sont au niveau des tâches concrètes. Présenter et comprendre l'ordonnement des tâches à ce niveau est peut être plus aisé avec des liens de séquence qu'avec des liens de composition.

#### 3.3.4 Limites de la méthode employée

**Les ergonomes rencontrés interviennent principalement en conception de nouvelles technologies.** Deux explications sont possibles. Soit notre méthode de recrutement ne nous a pas permis d'avoir accès à des ergonomes réalisant d'autres types d'interventions. Soit seuls les ergonomes qui interviennent en conception de nouvelles technologies, utilisent des modèles de tâches. Les résultats obtenus ne sont donc pas généralisables à des ergonomes intervenant sur d'autres problématiques.

**Faible nombre de participants.** Le nombre limité d'ergonomes rencontrés amène à rester prudent sur la généralisation des résultats. Néanmoins, les usages et les utilités rapportés sont partagés par la grande majorité, voire la totalité d'entre eux. Par ailleurs, chaque ergonome ne relatait qu'une seule intervention en détail. La technique des incidents critiques (Bisseret, Sebillote & Falzon, 1999a) aurait permis d'en recueillir davantage. Cependant, cette technique n'est pas adéquate pour rentrer dans le niveau de détail sur les interventions, que nous désirions obtenir.

**Seule la représentation des individus est accessible avec des entretiens.** Les entretiens semi-dirigés permettent d'accéder uniquement aux représentations des individus. Les usages et les intérêts de modéliser les tâches rapportés ici sont le reflet de ce que perçoivent les ergonomes. Ces résultats doivent donc être confirmés par d'autre biais comme, par exemple, l'expérimentation.

Les données recueillies ne nous permettent pas de dire à quel moment de l'intervention il est préférable de commencer la construction du modèle. Peut-être est-il plus utile de modéliser

les tâches dès le début ou seulement à la fin de l’intervention. Cette donnée serait accessible avec l’utilisation de la technique des incidents critiques. Il faudrait comparer les interventions selon la période à laquelle la construction du modèle a été initiée et la manière dont les ergonomes ont perçu l’utilité du modèle.

## 4 ÉTUDE 2. ANALYSE DE L’ACTIVITÉ DE CONSTRUCTION DE MODÈLES DE TÂCHES

L’activité de construction de modèles de tâches n’est ni une activité planifiable, ni une activité quotidienne. Observer cette activité sur « le terrain », auprès d’ergonomes, lors d’une véritable intervention, fût donc impossible. Pour appréhender l’activité, nous avons observé la construction d’un modèle à partir de données issues d’une intervention ergonomique réelle en conception de systèmes interactifs. Ces observations se sont déroulées en laboratoire.

### 4.1 MÉTHODE DE RECUEIL DE DONNÉES

La construction d’un modèle combine une activité graphico-textuelle observable (le dessin du modèle) et une activité cognitive qui la sous-tend. Le protocole expérimental a donc été conçu en vue de recueillir des données sur ces 2 plans de l’activité.

**Participants.** Les 5 participants (dont 1 ayant participé à l’étude 1) sont des ergonomes employant ou ayant employé la modélisation des tâches dans leur pratique (*cf.* annexes tableau 5, p.4). Quatre d’entre eux interviennent en conception de nouvelles technologies, alors que le dernier intervient plutôt sur des problématiques variées, mais pas en nouvelles technologies. Ils ont entre 1 et 4 ans d’expérience dans leur domaine. Il n’y a donc aucun expert dans l’échantillon. Tous les participants sont issus du Master professionnel de l’Université Paris Descartes. Les sujets ont d’ailleurs été recrutés par contact direct. Ils ont reçu, au cours de leurs études, peu (pour 3 d’entre eux), voire aucune (pour 2 ergonomes) formation aux langages de modélisation.

**Procédure.** Les participants devaient construire le modèle d’une tâche impliquant plusieurs acteurs à partir d’un texte provenant de la retranscription d’un entretien réel. Ils avaient également à leur disposition le contexte et le but dans lequel l’entretien avait été réalisé (la consigne et le contexte sont disponibles en annexes, section 3.2.1, p.4). Pour recueillir des données sur l’activité cognitive des participants, la technique des protocoles verbaux a été utilisée. Cette technique consiste à demander aux participants de « penser » à voix haute lors de la réalisation de leur tâche (Bisseret, Sebillote & Falzon, 1999b; Chi, 1997; Ericsson &

Simon, 1993). Le protocole verbal correspond à l'ensemble des énoncés du participant. Il était donc demandé aux participants d'expliquer à voix haute leur manière de procéder, leurs difficultés, leurs hésitations lors de la construction du modèle. Selon Bisseret *et al.* (1999b), ce type de consigne est moyennement exigeant, il augmente peu le risque de distorsion lié à l'utilisation de la technique des protocoles verbaux.

**Matériel.** Le texte fourni aux participants (*cf.* annexes section 3.2.2, p.5) est la retranscription d'un entretien, provenant d'une analyse de l'activité réelle, menée sur le terrain par Sébillotte (1994) dans le cadre d'une intervention pour la spécification d'interfaces. L'entretien, réalisé avec un opérateur, retrace une tâche de résolution d'incendie sur un navire, qui implique de nombreux acteurs.

**Données recueillies.** Les observations se sont déroulées de Février à Juillet 2007. Les participants étaient filmés en vue plongeante, afin d'appréhender leur activité graphico-textuelle et de recueillir leurs verbalisations. Les modèles produits par les participants ont été récupérés à la fin de l'observation en vue de leur analyse. Les verbalisations ont entièrement été retranscrites pour faciliter leur analyse. Les observations ont duré entre 50 min et 1h50 pour chacun des participants (Moy = 1h10).

## 4.2 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES RECUEILLIES

Les modèles produits par les participants sont d'abord examinés. Les données recueillies lors des observations sont ensuite analysées sous 2 angles complémentaires : l'activité graphico-textuelle et l'activité verbale des participants.

### 4.2.1 Analyse des modèles produits par les participants

#### 4.2.1.1 Concepts, vues et formats utilisés

Les concepts utilisés, les vues et les formats à l'aide desquels ils sont représentés dans les modèles produits par les participants ont été évalués de la même manière que les modèles recueillis lors de l'étude 1 (voir section 3.1.4.2, p.15).

#### 4.2.1.2 Contenu des modèles produits

Pour caractériser le contenu des modèles produits, il est nécessaire d'établir une liste des tâches contenues dans le texte fourni aux participants, la liste des tâches contenues dans le modèle de chaque participant, et un modèle de référence.



**Codage du contenu de référence, du modèle de référence et des modèles produits.** En premier lieu, la liste des tâches données dans le texte (contenu de référence) a été établie. Une tâche est un verbe d'action décrivant ce que les acteurs font. En tout 68 tâches (*cf.* liste en annexes, section 3.3, p.7) ont été identifiées dans le texte. Cependant, certaines étant citées plusieurs fois, seules 58 tâches distinctes les unes des autres coexistent.

Ensuite, la liste des tâches présentes dans le modèle de référence (modèle élaboré par l'auteur de l'étude dont nous avons emprunté le texte) a été dressée. Ce modèle ayant été construit avec un certain objectif, il ne représente pas toutes les tâches présentes dans le texte (25 tâches en tout, dont 19 font référence à des tâches citées dans le texte). Par ailleurs, ce modèle inclut 5 tâches qui ne renvoient pas à des tâches présentes dans le texte.

En dernier lieu, la liste des tâches présentes dans les modèles produits par les participants a été établie. Les tâches doivent obligatoirement être des verbes d'action pour être considérées comme telles.

**Comparer le contenu des modèles produits à un contenu de référence.** La liste des tâches contenues dans chacun des modèles produits par les participants a été comparée à la liste des tâches présentes dans le texte fourni aux participants. Pour décider qu'une tâche présente dans le modèle provient du contenu de référence, il faut que leurs labels respectifs correspondent directement ou soient synonymes (*e.g.* la tâche "localiser le feu" et "localiser l'incendie").

**Comparer le contenu des modèles produits entre eux.** Le codage précédent a également permis de comparer le contenu des modèles produits par les participants entre eux. Pour dire qu'une tâche d'un modèle est également présente dans un autre modèle, il faut que leurs labels soient exactement les mêmes ou synonymes.

**Localisation des tâches dans les modèles produits par les participants par rapport au modèle de référence.** Outre la comparaison entre la liste des tâches des modèles produits et la liste des tâches du modèle de référence, nous avons analysé et comparé la localisation des tâches dans ces modèles. Il existe deux possibilités pour une tâche. Soit la tâche est abstraite, *i.e.* qu'elle est décomposée en sous-tâches, soit elle est concrète, *i.e.* qu'elle n'est pas décomposée en sous-tâches.

#### 4.2.1.3 Ordre d'ajout des tâches dans le modèle et ordre des tâches dans le texte

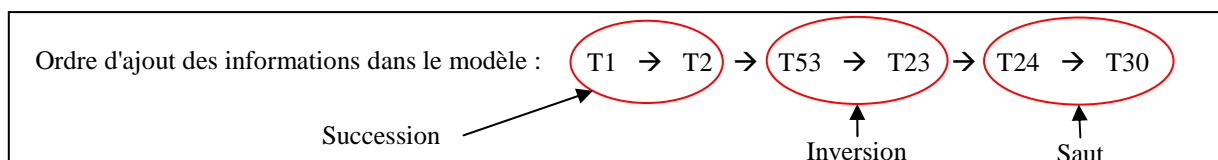
Pour analyser la manière dont le modèle est construit en référence au texte fourni, nous avons analysé l'ordre d'ajout des tâches dans le modèle par rapport à l'ordre dans lequel elles apparaissent dans le texte.

Premièrement, nous avons codé l'ordre d'apparition des tâches dans le texte de la manière suivante. La première tâche citée dans le texte a été codée T1, la deuxième T2, et ainsi de suite jusqu'à T68. Les tâches qui apparaissent plusieurs fois dans le texte reçoivent deux codes, un pour chaque apparition. Puis, les tâches des modèles renvoyant au contenu de référence ont été codées avec les codes précédents.

Ensuite, nous avons établi l'ordre dans lequel ces tâches ont été ajoutées aux modèles. Lorsqu'une tâche citée plusieurs fois dans le texte est présente dans un modèle, le contexte permet de dire à laquelle le participant fait référence. En fait, les participants lisent généralement le texte à voix haute, il est donc facile de retrouver l'origine exacte des tâches ajoutées au modèle. Cet ordre a été comparé à l'ordre dans lequel elles apparaissent dans le texte. Plusieurs indices ont été employés pour décrire la relation entre les tâches du modèle et les tâches décrites dans le texte (*cf.* exemple, figure 4) :

- les inversions : la tâche ajoutée au temps  $t_{(x+1)}$  par le participant est, dans le texte, citée avant la tâche ajoutée au temps  $t_{(x)}$  ;
- les sauts : la tâche ajoutée au temps  $t_{(x)}$  et la tâche ajoutée au temps  $t_{(x+1)}$  ne sont pas consécutives dans le texte fourni aux participants ;
- les successions : la tâche ajoutée au temps  $t_{(x)}$  et la tâche ajoutée au temps  $t_{(x+1)}$  sont consécutives dans le texte.

Les sauts et les inversions d'ordre indiquent que l'ordre d'ajout des tâches dans le modèle diffère de l'ordre d'apparition des tâches dans le texte. Les successions sont, quant à elles, des indications du respect de cet ordre.



**Figure 4. Exemple de succession, d'inversion et de saut entre l'ordre d'apparition des tâches dans le texte et l'ordre d'ajout des tâches dans le modèle.**

#### 4.2.1.4 Stratégies de construction des modèles

Afin de déterminer la manière dont les modèles sont construits dans l'espace graphique, nous avons analysé conjointement l'ordre d'ajout des informations dans le modèle et leur localisation dans celui-ci.

**Codage de la localisation des tâches dans les modèles.** La localisation des tâches dans la hiérarchie du modèle a été codée comme suit. Une tâche située au plus haut niveau de la hiérarchie est codée « N1 ». La première des sous-tâches a été codée « N1.1 », la deuxième « N1.2 » et ainsi de suite. Lorsque le modèle produit par un participant est composé de sous-modèles (figure 5), la première tâche du premier modèle a été codée « N1 », la première tâche du second sous-modèle a été codée « N2 », et ainsi de suite.

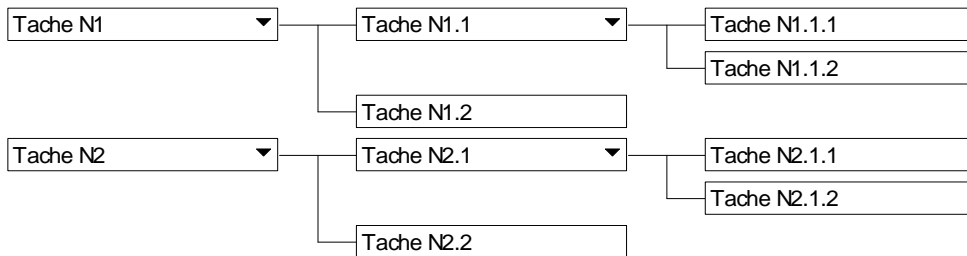


Figure 5. Exemple de modèle composé de 2 sous-modèles.

**Analyse des stratégies.** Pour étudier les stratégies de construction des participants, nous avons analysé la nature des ajouts de tâches dans le modèle. Il existe trois types d'ajouts (*cf.* exemples figure 6) :

- ajout descendant : la tâche ajoutée au temps  $t_{(x+1)}$  est située à un niveau hiérarchique supérieur à celui de la tâche ajoutée au temps  $t_{(x)}$  ;
- ajout ascendant : la tâche ajoutée au temps  $t_{(x+1)}$  est située à un niveau hiérarchique inférieur à celui de la tâche ajoutée au temps  $t_{(x)}$ , et ;
- ajout horizontal : la tâche ajoutée au temps  $t_{(x+1)}$  est située à un niveau hiérarchique identique à celui de la tâche ajoutée au temps  $t_{(x)}$ .

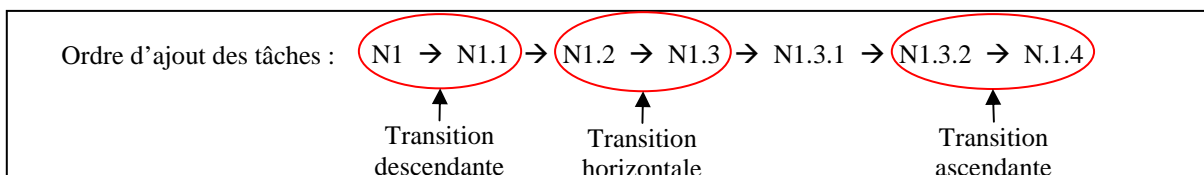


Figure 6. Exemple de transitions descendante, horizontale et ascendante

Selon le nombre de tâches, le nombre maximum de transitions entre tâches est différent. Afin de comparer les participants entre eux, le nombre de transitions observé sur chaque participant est rapporté au nombre de transitions maximum pour ce participant.

#### 4.2.2 Activité graphico-textuelle et verbale

Pour appréhender globalement l'activité de construction de modèles de tâches, nous nous sommes intéressés à l'activité graphico-textuelle et verbale des participants. Cette analyse nécessite, en premier lieu, de segmenter les observations et de coder le contenu des segments.

**Segmentation des observations.** Les observations sont segmentées selon 2 critères (cf. exemple figure 7) :

- lorsque le protocole verbal est en parallèle d’actions sur le modèle, un segment correspond à une unité de codage graphico-textuelle (transcription, incrémentation, modification). Le début et la fin d’une unité graphico-textuelle indiquent le début et la fin d’un segment du protocole verbal.
- lorsqu’il n’y a pas d’action sur le modèle, la segmentation est liée au contenu d’un segment, *i.e.* un segment fait référence à une unité de codage du protocole verbal.

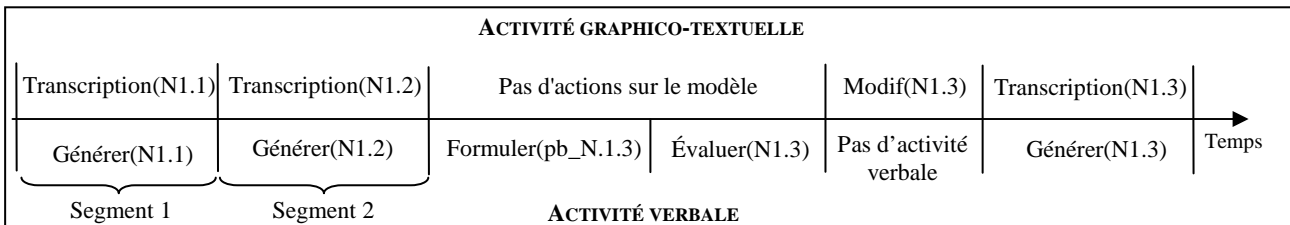


Figure 7. Exemple de segmentation des protocoles verbaux.

Ce mode de segmentation permet d'avoir un découpage compatible entre les 2 dimensions de l'activité de construction de modèles de tâches que nous analysons. Il présente un double intérêt. D’une part, il permet de vérifier que les verbalisations des participants se rapportent aux actions sur le modèle. D’autre part, il permet d’analyser les concomitances et les transitions existantes entre activité graphico-textuelle et activité verbale (voir section 4.3.2).

**Codage de l'activité graphico-textuelle.** Le codage de l'activité graphico-textuelle repose sur la typologie d'activités, développée par Green & Blackwell (1998) dans le cadre du *Cognitive Dimension of Notations framework*. De cette typologie, seuls les comportements observables, relatifs aux actions sur un artefact informationnel, ont été conservés : la transcription, l’incrémentation et la modification d’informations. Pour obtenir une analyse plus fine de

l'activité de construction, la typologie de Green a été détaillée grâce à une pré-analyse des observations. Ainsi, une modification peut être soit l'effacement, le déplacement ou le changement du label d'une information présente dans le modèle. Les définitions des activités graphico-textuelles, employées dans notre analyse, sont regroupées dans le tableau 4. Nous avons également comparé le niveau hiérarchique des informations modifiées au segment  $t_{(x)}$  avec le niveau hiérarchique des informations manipulées (transcrites, incrémentées ou modifiées) au segment précédent ( $t_{(x-1)}$ ).

Activité	Description
Transcrire	Une information est ajoutée au modèle. L'information provient du texte
Incrémenter	Une information est ajoutée au modèle. L'information ne provient pas du texte
Déplacer	Une information existante est déplacée d'une partie du modèle vers une autre, ce qui modifie la structure d'informations
Effacer	Une information existante est supprimée du modèle
Changer l'intitulé de l'information	L'intitulé d'une information contenue dans le modèle est modifié, <i>e.g.</i> intitulé d'une tâche, d'une condition

**Tableau 4. Grille d'analyse de l'activité graphico-textuelle. Le terme information renvoie à une tâche, une condition ou un acteur.**

**Codage de l'activité verbale.** Le codage de l'activité verbale a été élaboré à partir de la littérature en ergonomie cognitive sur les activités de conception (voir section 2.3.1) et sur la base d'une analyse préalable des protocoles verbaux. Cinq activités distinctes ont été codées :

- formulation du problème : le participant énonce une partie des informations sur lesquelles il s'appuie pour élaborer ou évaluer une solution. Nous considérons que la formulation de problème est une trace de l'activité de construction de la représentation du problème. Le problème correspond au texte de l'entretien fourni aux participants.
  - Exemple 1. "Donc si en fait il y a une... s'il y a une alarme, il dit... qu'il faut en fait aller trouver le détecteur précis sur le lieu qui l'a déclenché donc là c'est..."
  - Exemple 2. "Donc la présence de fumée... non... Et si l'incendie se déclare on arrive à la même chose... si l'incendie est confirmé on arrive à la même chose que pour une fumée dense"
- génération d'objet : le participant énonce un objet. Un objet est un ensemble d'informations localisées au même endroit dans le modèle. Il peut être constitué d'une tâche, d'une condition, et/ou d'un acteur (*e.g.* l'objet N1.2. correspond à la tâche T réalisée par l'acteur A). Un objet est donc une partie du modèle final.
  - Exemple 1. "Là on peut faire euh...une grande boîte, ma première boîte gérer les incendies avec 2 sous boîtes, gérer les incendies machine... et gérer la perte des containers"
  - Exemple 2. "Ça vient... Ça, ça vient se mettre là"
- évaluation de l'objet : le participant émet un jugement de valeur sur un objet. Ce jugement peut être positif ou négatif.
  - Exemple 1. " Voilà donc là on a un modèle très très basique"
  - Exemple 2. " Ouais c'est ça, c'est bon "

- recherche d'information : le participant recherche activement une information particulière dans le texte.
  - Exemple 1. " Donc là je cherche s'il y' a d'autres choses qui concernent l'officier de quart"
  - Exemple 2. " Là qu'est qui y avait... Un moment il disait que ça peut déclencher..."
- planification de l'activité : le participant énonce ce qu'il va faire, et/ou la manière dont il va procéder.
  - Exemple 1. " Je vais commencer par le résumé et je vais voir après si je dois changer des choses"
  - Exemple 2. " Je vais peut être... continuer un petit peu"

Enfin, les verbalisations ne renvoyant à aucune de ces activités ont été codées en termes de commentaire.

**Analyse du niveau de granularité sur lequel portent les évaluations.** Les évaluations portent à des niveaux de granularité variables, à savoir :

- un niveau local, *i.e.* un objet particulier, *e.g.* « déterminer, là, {le participant montre la tâche « déterminer »} c'est pas vraiment ça en fait » ;
- un niveau intermédiaire, *i.e.* sur plusieurs objets en même temps, *e.g.* « là, ces tâches là {le participant montre 3 tâches}, elles ne vont pas bien là » ;
- un niveau global, *i.e.* sur le modèle en entier, *e.g.* « je crois que là mon modèle il est bien là »

#### 4.2.3 Concomitances et transitions entre activité verbale et activité graphico-textuelle

La concomitance renvoie à la correspondance, au segment  $t_{(x)}$ , entre les 2 plans de l'activité étudiée. Les transitions correspondent aux liens entre une activité au segment  $t_{(x)}$  et l'activité au segment  $t_{(x+1)}$ . Pour qu'une concomitance ou une transition existe entre les 2 plans de l'activité, ils doivent faire référence à des objets identiques. Dans l'exemple ci-dessous (figure 8), sur le premier segment, il existe une concomitance entre la transcription et la génération d'objet. Une transition apparaît entre le segment d'évaluation d'objet et le segment de modification.

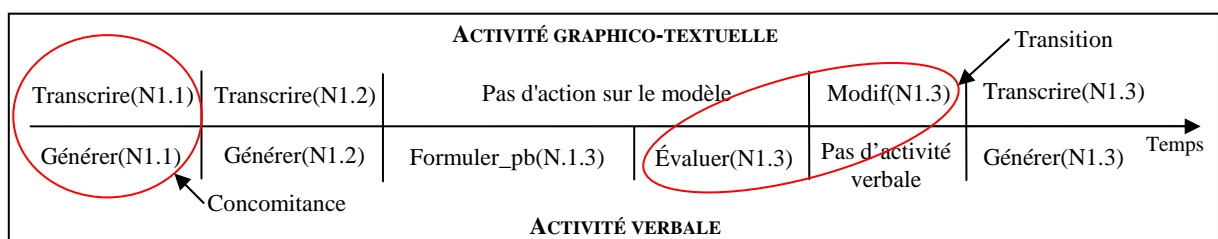


Figure 8. Exemple de concomitance et de transition entre les deux plans de l'activité analysés.

## 4.3 RÉSULTATS

### 4.3.1 La construction du modèle se fait en 2 temps

Pour tous les ergonomes participants aux observations, la construction du modèle s'est déroulée en 2 temps. D'abord, ils prennent connaissance du texte, puis ils passent à l'élaboration du modèle. Lors de la lecture, les participants soulignent certaines parties du texte et prennent des notes plus ou moins structurées. Cette première étape est l'occasion pour eux de se former une représentation mentale de l'activité décrite dans le texte. Cette partie, en cours d'exploitation, n'est pas analysée dans le présent mémoire. C'est à partir de ces notes et de leur représentation que les ergonomes vont ensuite élaborer le modèle.

### 4.3.2 Analyse des modèles produits

#### 4.3.2.1 Les concepts et les formalismes utilisés sont homogènes entre les participants

**Concepts exprimés par les participants.** Tous les participants expriment les concepts de tâche et de condition dans leurs modèles. Aucun participant n'emploie la notion de but tel qu'elle est définie classiquement dans la littérature (*i.e.* état du système à atteindre). Le concept d'acteur est utilisé par 4 des 5 participants.

**Formalismes adoptés par les participants.** Une seule vue est utilisée par les participants pour représenter les informations décrivant la tâche (*cf.* annexes tableau 6, p.9). Les liens entre tâches sont tous des liens de composition. Les conditions et les acteurs, lorsqu'ils sont utilisés, sont toujours représentés sous forme textuelle. Hormis un participant qui utilise également des constructeurs (pour 5 tâches décomposables sur 10), les participants emploient uniquement le sens de lecture pour exprimer l'ordonnancement des tâches. Le format employé pour représenter les tâches est textuel pour 3 participants et graphique (boîtes) pour 2 d'entre eux. La décomposition hiérarchique est exprimée sous forme graphique (liens) par 3 participants et à travers l'indentation du texte par les 2 autres (voir exemples en annexes, figure 2 et 3, p.10 et p.11). Un modèle présente donc des tâches sous forme textuelle alors que les liens sont figurés graphiquement.

#### 4.3.2.2 Le contenu des modèles produits diffère : du contenu de référence, d'un participant à l'autre et du modèle de référence.

**Les tâches ne proviennent pas uniquement du contenu de référence.** Tous participants confondus, la majorité des tâches (78,3%) contenues dans le modèle sont des tâches présentes dans le contenu de référence (tableau 5). Une part non négligeable des tâches (21,7%) ne

provient donc pas de ce contenu. Selon les participants, cette proportion varie fortement (Min = 4,5% ; Max = 42,3%). Ils peuvent être regroupés en 2 catégories. D'une part, ceux dont la proportion de tâches provenant du contenu de référence est supérieure à la moyenne (P1, P2 et P5). D'autres part, ceux dont la proportion est inférieure à la moyenne (P2, et P3).

	P1	P2	P3	P4	P5	Total
<b>Nombre total de tâches</b>	22	33	25	25	33	138
<b>Nombre de tâches ne provenant pas du contenu de référence (%)</b>	1 (4,5%)	11 (33%)	10 (40%)	3 (12%)	5 (15%)	30 (21%)

**Tableau 5. Nombre et proportion des tâches ne provenant pas du contenu de référence dans les modèles produits par les participants.**

**Le tiers des tâches sélectionnées par les participants dans le texte sont citées plusieurs fois dans ce dernier.** Environ un tiers des tâches provenant du texte et présentes dans les modèles sont des tâches citées au moins 2 fois dans le texte. Cette proportion est peu variable dans notre échantillon (Min = 30% ; Max = 40%). En fait, quasiment toutes les tâches citées plusieurs fois dans le texte sont présentes dans les modèles des participants (au minimum, 7 des 9 tâches citées plusieurs fois dans le texte sont présentes dans les modèles des participants).

**Au niveau de leur contenu, les modèles produits par les participants sont très hétérogènes entre eux.** 32% des tâches du texte ne sont retrouvées dans aucune des productions des participants. 22% des tâches du texte sont présentes chez un seul participant. 13% des tâches du texte sont contenues dans les modèles de 2 participants. 16% des tâches du texte figurent dans les productions de 3 participants. 10% des tâches du texte ont été retrouvées chez 4 participants. Seules 8% des tâches (soit 5 tâches) du texte sont contenues dans les modèles produits par tous les participants.

**Les tâches sélectionnées par l'auteur du modèle de référence sont assez différentes des tâches contenues dans les modèles produits par les participants (figure 9).** Seules quatre tâches du modèle de référence sont présentes chez tous les participants. Cinq tâches sont communes au modèle de référence et à 4 participants. Deux tâches du modèle de référence existent également chez 3 participants. Deux tâches du modèle de référence figurent dans les modèles de 2 participants. Trois des tâches du modèle de référence sont présentes chez 1 seul participant. Enfin, 8 tâches sont absentes de tous les modèles.

Par ailleurs, sur les 5 tâches du modèle de référence dont l'origine n'est pas le texte, une seule a été retrouvée dans 2 modèles produits pas des participants.



**Les tâches du modèle de référence présentes dans les modèles produits par les participants sont des tâches concrètes.** La plupart (14 sur 16) des tâches du modèle de référence également contenues dans le modèle d’au moins un des participants sont concrètes (figure 9). Seules 2 tâches présentes chez des participants sont des tâches abstraites. Les trois quarts des tâches du modèle de référence absentes des modèles produits sont des tâches abstraites.

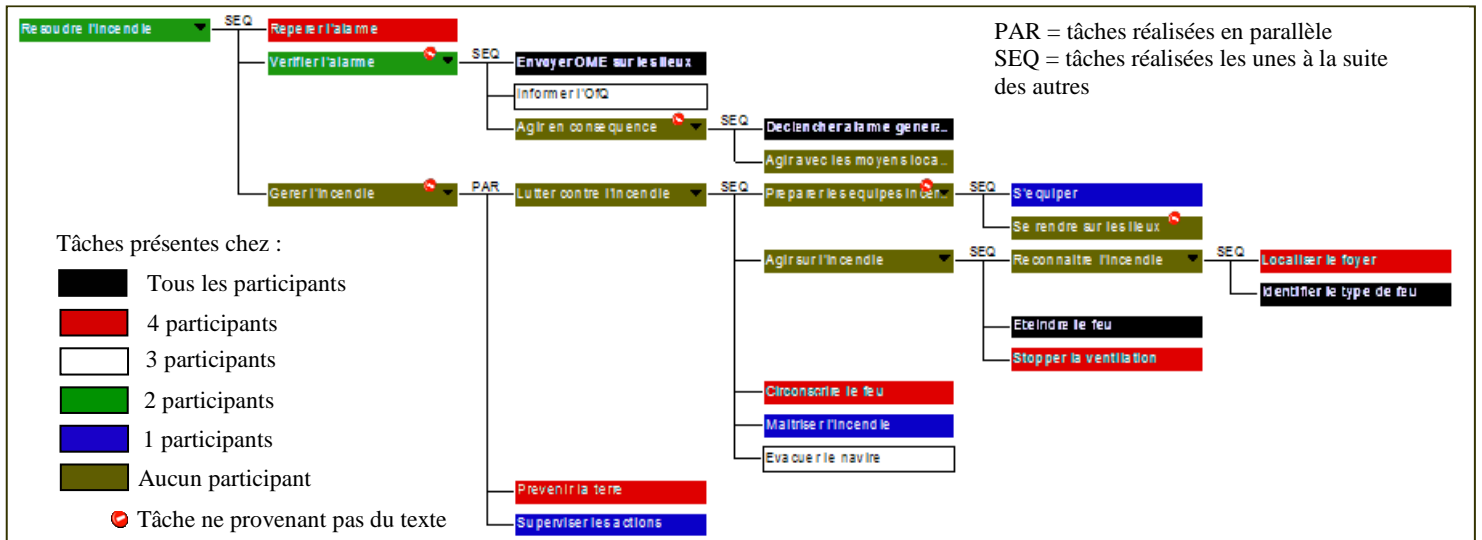


Figure 9. Modèle de référence adapté de Sébillotte (1994).

**Les tâches ne provenant pas du texte sont plutôt abstraites.** Globalement, la liaison entre l’origine des tâches (texte/non texte) et leur localisation (abstraite/concrète) dans le modèle est moyenne<sup>7</sup> ( $V^2$  de Cramer = 0,02). Cependant, les tâches ne provenant pas du texte sont liées de manière notable et positive ( $Txl = +0,4$ ) au niveau abstrait. Ces tâches sont donc plutôt localisées à un niveau abstrait de la hiérarchie. L’analyse individuelle des taux de liaisons (cf. annexes, tableaux 7, p.12) indique que ce résultat est également vrai pour le modèle de référence et pour tous les participants, excepté P1, dont les tâches ne figurant pas dans le texte sont plutôt concrètes ( $Txl = +0,4$ ).

#### 4.3.2.3 L’ordre d’ajout des tâches indique un ré-ordonnancement des tâches du texte

Tous participants confondus, les sauts et les inversions d’ordre sont présents en large majorité (72,5%) par rapport aux successions (27,5%). L’ordre d’ajout des tâches dans les modèles est donc très différent de l’ordre des tâches dans le texte. Cependant, la proportion d’inversions

<sup>7</sup> Pour toutes les analyses de liaison de ce document, une liaison globale entre 2 variables est négligeable si  $V^2 < 0,04$ , moyenne si  $0,04 < V^2 < 0,16$ , et notable si  $V^2 > 0,16$ . Par ailleurs, une liaison individuelle entre 2 modalités est considérée négligeable si  $Txl < |0,2|$  et notable au dessus de ce seuil.

(Min = 22,2% ; Max = 48%), de sauts (Min = 32% ; Max = 53,3%) et de successions (Min = 20% ; Max = 44,4%) est très variable entre les participants (tableau 6). L'analyse des taux de liaison indique qu'il existe 2 profils de participants. Pour P2, P3, P4 et P5, l'ordre d'ajout des tâches dans les modèles est plutôt éloigné de l'ordre d'apparition des tâches dans le texte. Alors que, pour P1, l'ordre d'ajout des tâches dans le modèle semble moins éloigné du texte. Il « suit » davantage l'ordre d'apparition des tâches dans le texte que les autres.

Participants	Inversion	Saut	Succession	Total
<b>P1</b>	22,2%	33,3%	44,4%	100,0%
<b>P2</b>	26,7%	53,3%	20,0%	100,0%
<b>P3</b>	33,3%	44,4%	22,2%	100,0%
<b>P4</b>	48,0%	32,0%	20,0%	100,0%
<b>P5</b>	33,3%	37,5%	29,2%	100,0%
<b>Total</b>	34,1%	38,5%	27,5%	100,0%

**Tableau 6. Proportion de successions, de sauts et d'inversions de l'ordre d'ajouts des tâches dans les modèles par rapport à l'ordre d'apparition des tâches dans le texte. Les données brutes sont disponibles en annexes, tableau 8, p.12.**

#### 4.3.2.4 Les participants utilisent des stratégies horizontales et verticales

Globalement, la proportion de transitions horizontales est la plus élevée, suivie des transitions descendantes, puis ascendantes (tableau 7). Ce constat est identique quelque soit le participant considéré. La variabilité de la proportion de transitions horizontales est faible (Min = 44,1% ; Max = 57,9%), ainsi que celle des transitions descendantes (Min = 26,3% ; Max = 35,3%) et ascendantes (Min = 15,8% ; Max = 20,6%). Si les transitions verticales sont regroupées, on peut remarquer que 3 participants (P1, P4 et P5) adoptent une stratégie de construction plutôt verticale, alors que P2 et P3 ont une stratégie de construction plutôt horizontale.

Participants	Descendantes	Ascendantes	Horizontales	Total
<b>P1</b>	33,3%	20,0%	46,7%	100,0%
<b>P2</b>	29,0%	16,1%	54,8%	100,0%
<b>P3</b>	26,3%	15,8%	57,9%	100,0%
<b>P4</b>	33,3%	20,0%	46,7%	100,0%
<b>P5</b>	35,3%	20,6%	44,1%	100,0%
<b>Total</b>	31,8%	18,6%	49,6%	100,0%

**Tableau 7. Proportion des types de transitions entre chaque ajout de tâche dans les modèles par participant. Les données brutes sont disponibles en annexe, tableau 9, p.12.**

Toutefois, l'analyse des taux de liaison (annexes tableau 10, p.12) montre que les liens observés entre les participants et les stratégies sont faibles. Ils indiquent donc une légère tendance plutôt qu'une préférence marquée d'une stratégie en particulier.

### 4.3.3 Analyse de l'activité graphico-textuelle et verbale

#### 4.3.3.1 Par rapport au nombre d'actions, certains verbalisent peu, d'autres verbalisent plus

**Nombre de segments.** Tous participants confondus, 462 segments ont été identifiés. Le nombre de segments par participant est très variable (Min = 66 ; Max = 116). Sur ce total, 236 segments comportent une activité graphico-textuelle. Ce nombre est relativement stable à travers notre échantillon (Min = 41 ; Max = 59). En tout, 395 segments contiennent une activité verbale. Le nombre de segments présentant une activité verbale est variable selon les participants (Min = 59 ; Max = 100). Chez tous les sujets, le nombre de segments comportant une activité graphico-textuelle est moins élevé que le nombre de segments avec une activité verbale. Deux profils de participants peuvent être distingués. D'une part, P1 et P5 présentent un rapport entre nombre de segments comportant une activité verbale et nombre de segments avec une activité graphico-textuelle proche de 1, *i.e.* qu'ils verbalisent peu par rapport au nombre d'actions qu'ils font sur les modèles. D'autres part, P2, P3 et P4 verbalisent beaucoup par rapport au nombre d'actions qu'ils réalisent (rapport proche de 2).

**Durée des segments.** Tous participants confondus, la durée cumulée des segments est de 120 minutes. En effet, seule la phase de construction du modèle a été analysée. La phase de lecture de la consigne, lecture du texte et de prise de notes n'a pas encore été examinée. La durée totale des segments peut varier du simple au double selon les participants (Min = 14 min ; Max = 33 min). La durée cumulée des segments présentant une activité graphico-textuelle est de 45 min (Min = 6 min ; Max = 13 min), alors que celle des segments comportant une activité verbale est d'1 heure 45 min (Min = 14 min ; Max = 31 min). Comme dans l'analyse du nombre de segments, P1 et P5 ont un rapport entre la durée cumulée des segments contenant une activité graphico-textuelle et la durée cumulée des segments comportant une activité verbale très inférieure (autour de 1,7) à P2, P3 et P4 (ratio autour de 2,8).

#### 4.3.3.2 L'activité graphico-textuelle semble composée de transcriptions, d'inférences et de réarrangements d'informations opportunistes

Les 3 comportements (transcription, incrémentation et modification) formant l'activité graphico-textuelle ont été observés chez tous les ergonomes.

L'activité graphico-textuelle est principalement une activité de transcription d'informations d'une source de données vers le modèle. Tous participants confondus, la transcription est l'activité graphico-textuelle la plus importante (58,2 % des comportements observés, *cf.* tableau 8). Les incrémentations et les modifications constituent, respectivement, 21,1% et

20,7% de l'activité graphico-textuelle. La proportion des transcriptions est plutôt variable à travers notre échantillon (Min = 46,3% ; Max = 73,2%). Il en est de même en ce qui concerne les modifications (Min = 12,2% ; Max = 26,8%). La part des incréments varie plus fortement, elle peut passer du simple au quadruple selon les participants (Min = 8,9% ; Max = 41,5%).

Participants	Ajouter des informations		Modifier	Total
	Transcrire	Incrémenter		
<b>P1</b>	58,5%	14,6%	26,8%	100%
<b>P2</b>	47,8%	32,6%	19,6%	100%
<b>P3</b>	46,3%	41,5%	12,2%	100%
<b>P4</b>	64,0%	14,0%	22,0%	100%
<b>P5</b>	73,2%	8,9%	23,2%	100%
<b>Total</b>	58,2%	21,1%	20,7%	100%

**Tableau 8. Proportion de comportements de transcription, modification et incrémentation observés par participant au cours des observations. Les données brutes sont disponibles en annexes, tableau 11, p.13.**

Au fil de la passation, le nombre relatif de transcriptions reste globalement stable (les taux de liaison sont faibles, cf. tableau 9). La proportion d'incréments est plus faible dans la 2<sup>ème</sup> moitié de l'élaboration du modèle (taux de liaison négatif dans la 2<sup>ème</sup> moitié). Les modifications interviennent plutôt dans la seconde moitié de la construction du modèle (taux de liaison positifs dans les 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> quarts).

Activité	1er Quart	2e Quart	3e Quart	4e Quart
<b>Transcrire</b>	0,1	-0,1	0,0	-0,1
<b>Incrémenter</b>	0,3	0,4	-0,4	-0,2
<b>Modifier</b>	-0,7	-0,2	0,3	0,4

**Tableau 9. Taux de liaisons entre les activités graphico-textuelles et leur moment d'occurrence lors de la construction du modèle. Pour faciliter la lecture, la phase de construction a été divisée en quatre. Les données brutes sont disponibles en annexes, tableau 12, p.13.**

**Pour les incréments, deux profils de participants peuvent être dégagés.** L'analyse du nombre d'incréments indique que notre échantillon peut être subdivisé en 2 catégories. La première est formée de participants (P1, P4 et P5) dont la part d'incrémentation est faible (entre 8,9% et 14,6%). Les incréments constituent, pour eux, l'activité graphico-textuelle la moins importante, derrière les modifications et les transcriptions. La seconde catégorie est constituée de participants (P2 et P3) dont la proportion d'incréments est assez conséquente (respectivement 32,6% et 41,5%). Les incréments sont leur seconde activité graphico-textuelle la plus importante, juste derrière les transcriptions. Pour eux, les modifications sont toujours en dernière position.

**Les modifications sont essentiellement composées de déplacements d'informations.** Plus de la moitié des modifications sont des déplacements d'informations (55,1% des comportements observés). Les changements d'intitulés d'informations représentent 38,8% des modifications. Ces 2 comportements se retrouvent chez tous les participants. Les effacements constituent une faible proportion des modifications (6,1% des modifications). Ils sont présents uniquement chez 2 participants.

Pour 4 participants sur 5, les déplacements sont le type de modification principal, les changements d'intitulés arrivent en seconde position et les effacements – lorsqu'ils sont présents – sont en dernière position. Les changements d'intitulés sont le type de modification principal pour un seul participant.

Les modifications renvoient à des niveaux hiérarchiques différents de ceux sur lesquels les participants étaient en train de travailler. Pour 4 participants sur 5, les modifications interviennent majoritairement sur des informations situées à des niveaux hiérarchiques différents des informations manipulées (modifiées, transcrites ou incrémentées) au segment précédent. Seules les modifications d'un participant (P5) portent en majorité (61%) à un niveau hiérarchique identique à celui de l'information manipulée au segment précédent.

#### 4.3.3.3 L'activité verbale présente les traces d'une activité de conception, organisée de manière opportuniste

**Globalement, les segments sont composés de toutes les activités verbales liées aux activités de conception.** Tous participants confondus, les segments de protocoles verbaux sont composés de toutes les activités verbales liées à la conception d'un artefact, *i.e.* formuler un problème, générer un objet, évaluer un objet, rechercher une information et planifier son activité. La part de chacune est cependant variable<sup>8</sup> (*cf.* annexes figure 3, p.13). Ainsi, 50 % des segments sont des générations d'objets, 31% sont des formulations de problèmes et 9,4% sont des évaluations d'objets. La planification de l'activité et la recherche d'informations représentent chacune seulement 2,3% des segments.

**Du point de vue verbal, l'activité présente une forte proportion de génération d'objets.** Hormis la recherche d'informations, tous les comportements verbaux liés aux activités de conceptions sont présents chez les participants (tableau 10). La proportion de segments de génération d'objets est toujours la plus élevée, bien que variable selon les participants (Min =

---

<sup>8</sup> Il est important de rappeler que l'absence ou le faible nombre de segments comprenant un type d'activité ne signifie pas que ces activités n'ont pas ou peu existé. En effet, certaines activités peuvent être plus ou moins aisées à exprimer pour le participant et à détecter pour l'analyste.

43,8% ; Max = 64,7%). L'analyse des taux de liaison montre que certains participants (P2, P4 et P5) expriment moins de générations d'objets que les autres.

La seconde activité la plus importante est toujours la formulation de problème. La proportion des segments de formulation de problème est assez stable entre les participants (Min = 25,9% ; Max = 36,8%). L'analyse des taux de liaison indique que, par rapport aux autres, P1 et P3 verbalisent peu les problèmes sur lesquels ils travaillent.

L'évaluation d'objet est (excepté pour P2) la 3<sup>ème</sup> activité la plus importante. La part de cette activité est très variable selon les participants (Min = 2,5% ; Max = 16,4%). En effet, par rapport aux autres, P2 et P3 énoncent très peu d'évaluations d'objets. Ces derniers expriment uniquement des évaluations négatives.

Le nombre de segments de planification est généralement faible et très variable selon les participants (Min = 1,1% ; Max = 5%).

La recherche d'informations est présente chez 3 des 5 ergonomes ayant participé aux observations (P2, P4 et P5). De plus, elle est généralement en faible proportion (Min = 2,1% ; Max = 6,1%).

Participants	Formuler un problème	Générer un objet	Évaluer un objet	Planifier son activité	Rechercher des informations	Total
P1	25,9%	60,3%	12,1%	1,7%	0	100%
P2	33,8%	52,5%	2,5%	5,0%	6,3%	100%
P3	29,4%	64,7%	4,4%	1,5%	0	100%
P4	36,8%	46,3%	13,7%	1,1%	2,1%	100%
P5	34,2%	43,8%	16,4%	2,7%	2,7%	100%

Tableau 10. Proportion de segments liés aux activités verbales par participant. Données brutes en annexe, tableau 13, p.13.

**Les évaluations se retrouvent plutôt à la fin, la planification plutôt au début.** Le nombre des segments de génération d'objets, de formulation de problèmes et de recherche d'informations est relativement constant au cours de la construction du modèle (*cf.* annexes tableau 14, p.14). Par contre, le nombre de segments d'évaluation d'objets augmente tout au long de l'élaboration du modèle. Les évaluations sont essentiellement exprimées dans la seconde moitié de la construction. Les planifications interviennent principalement dans le premier quart de la construction du modèle.

**Les évaluations d'objets portent sur des niveaux de détail variés.** Les évaluations d'objets portent majoritairement au niveau local du modèle (55,3% des évaluations). Elles ciblent également le modèle à un niveau intermédiaire et dans sa globalité (respectivement 21,1% et 23,7% des évaluations).

#### 4.3.4 Les activités graphico-textuelles et verbales sont très liées

**Les verbalisations des participants sont toujours en rapport avec leurs actions.** Lorsque les 2 plans de l'activité sont concomitants, ils portent sur le même objet (*e.g.* la même tâche, la même condition). Autrement dit, les participants sont cohérents entre eux, *i.e.* leurs verbalisations sont toujours en rapport avec leurs actions.

**L'activité graphico-textuelle est uniquement accompagnée de génération d'objets.** Lorsque les participants formulent un problème, évaluent un objet, planifient leur activité ou recherchent une information, aucune action sur le modèle n'est réalisée dans le même temps. Environ 75% des segments comprenant une activité graphico-textuelle (transcription, incrémentation et modification) sont accompagnés d'une génération d'objets. Le quart restant n'est accompagné d'aucune activité verbale.

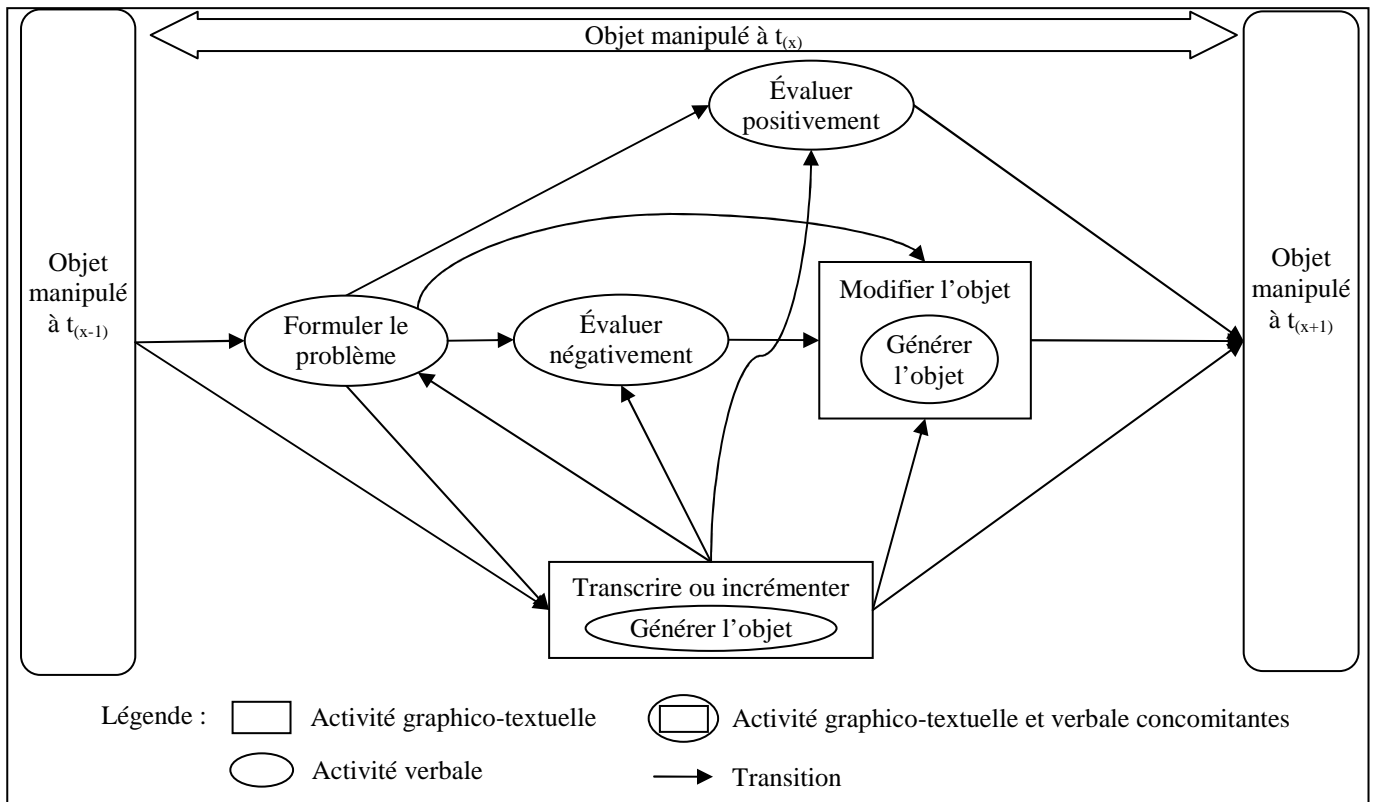
**Les transitions entre activité au segment  $t_{(x)}$  activité au segment  $t_{(x+1)}$ .** Globalement, il existe une liaison notable entre les activités qui font référence à un objet identique au segment  $t_{(x)}$  et au segment  $t_{(x+1)}$  ( $V^2$  de Cramer = 0,2). L'analyse des taux de liaison individuels (tableau 11), indique la présence de nombreux liens forts, à savoir :

- Les formulations de problèmes sont fortement attirées par les activités graphico-textuelles et les évaluations. Une formulation de problème est donc généralement suivie, soit par l'ajout de l'objet (tâche, acteur, condition) dans le modèle, soit par une évaluation de celui-ci, avant qu'il ne soit ajouté au modèle.
- Une liaison positive existe entre les générations et les évaluations, les reformulations et le passage à l'objet suivant. La génération d'objet est suivie, soit d'une évaluation (positive ou négative) de celui-ci, soit de la reformulation du problème, soit du passage à l'objet suivant.
- Les évaluations négatives d'un objet donné sont liées positivement aux modifications. L'évaluation négative d'un objet est donc généralement suivie de sa modification.
- Les évaluations positives sont uniquement liées positivement aux objets suivants. Après l'évaluation positive d'un objet, les participants passent donc à l'objet suivant.
- Les objets précédents sont attirés par les ajouts d'informations (transcriptions et incrémentations). Certains ajouts d'informations ne sont donc précédés d'aucune activité verbale liée à l'objet transcrit ou incrémenté au segment actuel.

Activité au segment $t_{(x)}$	Transcrire	Modifier	Incrémenter	Évaluer positivement	Évaluer négativement	Formuler le problème	Objet suivant
Formuler	0,3	0,5	0,8	1,3	0,4	-1,0	-0,8
Générer	-0,6	-0,5	-0,8	0,3	0,5	1,3	1,0
Évaluer négativement	-1,0	5,6	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,3
Évaluer positivement	-0,5	-0,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	1,2
Objet précédent	1,0	-0,4	0,9	-1,0	-0,3	-1,0	-1,0

**Tableau 11.** Taux de liaison entre les activités au segment  $t_{(x)}$  et les activités au segment  $t_{(x+1)}$ . Les taux sur fond jaune indiquent un lien fort et attractif. Le tableau se lit de la manière suivante. Par exemple, pour la première case de la première ligne, la formulation d’un problème relatif à un objet A est suivie, au segment  $t_{(x+1)}$ , de la transcription de cet objet. Une activité verbale liée à un objet A (e.g. tâche située au niveau N.1.2) suivie par une activité liée à un objet B (e.g. tâche située au niveau N1.3) compte pour un segment dans la colonne « objet suivant ». Une activité faisant référence à un objet B précédée par une activité faisant référence à un objet A est comptée dans la ligne « objet précédent ». La ligne « objet précédent » signifie également que la production de l’objet actuel n’a été précédée d’aucune activité verbale.

Afin de clarifier les analyses précédentes, les concomitances et les transitions entre activité verbale et activité graphico-textuelle ont été formalisées (figure 10). Au niveau de l’élaboration d’un objet, l’activité n’est pas linéaire, elle ne suit pas un cycle « formation de la représentation – génération de solution – évaluation de solution ».



**Figure 10.** Modèle de l’élaboration d’un objet. Un objet est un ensemble d’informations localisées au même endroit dans le modèle. Il peut être constitué d’une tâche, d’une condition, et/ou d’un acteur (e.g. l’objet N1.2. correspond à la tâche T réalisée par l’acteur A). Un objet est donc une partie du modèle final.



## 4.4 DISCUSSION

### 4.4.1 Des contenus hétérogènes, des formalismes homogènes, mais dont les caractéristiques diffèrent de celles des langages académiques

**Les contenus des modèles des participants sont hétérogènes.** Les tâches sélectionnées sont différentes d'un participant à l'autre, d'une part, et par rapport au modèle de référence, d'autre part. Plusieurs explications sont possibles :

- le contexte de l'intervention fourni aux participants est trop vague, notamment sur le but de l'intervention, ce qui aurait amené les participants à poursuivre des objectifs différents.
- les participants étant novices, ils ont pu mal articuler le but donné de l'intervention et les informations qu'ils ont choisies de mettre dans le modèle. Cependant, le but ici n'est pas de dire si les ergonomes se focalisent sur la bonne partie de l'activité ou non.
- l'activité décrite dans le texte est trop complexe ou le texte trop ambigu et les ergonomes ont sélectionnés la partie qui leur semblait la plus claire.

**Les formalismes adoptés par les participants sont relativement homogènes.** Les langages utilisés par les participants pour représenter les modèles sont assez homogènes entre eux. En effet, à la différence des formalismes académiques, les concepts de conditions et d'acteurs sont toujours exprimés dans la même vue que les tâches et leur structure. Sur le plan de la forme des tâches et de leur structure, 2 modèles sont purement graphiques (boîtes et liens graphiques), 2 sont purement textuels (texte et indentation) et 1 modèle est mixte (texte et liens graphiques). Excepté ce dernier, les participants respectent les formes habituelles des modèles de tâches.

Enfin, contrairement aux résultats obtenus par Patrick *et al.* (2000), les modèles produits par les participants sont tous hiérarchiques. Cependant, ces auteurs ont réalisé leurs études avec des étudiants novices en modélisation, ce qui n'est pas le cas de notre étude.

**Les participants utilisent les mêmes concepts mais pas celui de but.** Les participants utilisent généralement les concepts de conditions de réalisation des tâches et d'acteurs. Par contre, la notion de but n'est jamais exprimée. Plusieurs explications sont possibles :

- Le concept de but est ambigu. En effet, dans la littérature un but est un état du système à atteindre (il est défini en termes d'état des objets), alors que dans le langage usuel, un but est un motif ou une intention, généralement exprimés sous forme de verbes.

- Les participants ont reçu peu de formation sur les langages de modélisation et sont donc moins enclins à utiliser les concepts qu'ils permettent de manipuler.
- Ce concept est, dans l'acception qu'il a dans la littérature en ergonomie, considéré comme peu utile pour décrire ou comprendre l'activité.
- Dans le texte initial, les buts ne sont pas exprimés sous forme d'états à atteindre et n'ont pas été exprimés de cette manière par les participants.

#### 4.4.2 La construction de modèle de tâches n'est pas uniquement une activité de transcription d'informations

L'analyse de l'activité graphico-textuelle suggère que la construction d'un modèle de tâches est principalement une activité de transcription d'informations d'une source de données vers le modèle. Plusieurs résultats amènent à nuancer ce constat.

**Les tâches des modèles produits par les participants ne proviennent pas uniquement du contenu de référence.** En effet, les participants ont, dans leur modèle, ajouté des tâches ne provenant pas du texte initial (incrémentations). Le modèle de référence contient, lui aussi, des tâches qui ne figurent pas dans le texte. Intégrer des tâches ne faisant pas référence explicitement à des données recueillies semble donc indispensable à la construction d'un modèle de tâches. Selon leur localisation dans le modèle, ces tâches ne remplissent peut être pas la même fonction. Lorsqu'elles sont situées à un niveau abstrait de la hiérarchie, ces tâches peuvent servir à regrouper d'autres tâches entre elles. Localisées au niveau concret de la hiérarchie, ces tâches peuvent être utilisées pour combler des lacunes du texte dans le déroulement de l'activité. L'existence de ces tâches serait donc le résultat d'inférences produites par les participants. La production d'inférences est d'ailleurs inhérente à la compréhension d'un texte ambigu car elle permet de combler les manques d'explications (Kintsch, 1988). Or, dans la réalité, les données d'entretiens comportent nécessairement des lacunes. En effet, l'expertise à laquelle doit accéder l'ergonome est externe. Cette dernière sera explicitée différemment selon les opérateurs et la méthode employée par l'ergonome pour la recueillir. Les données recueillies dépendront donc, en partie, de connaissances, de compétences et/ou d'automatismes plus ou moins aisés à exprimer car construits depuis plus ou moins longtemps. Les inférences faites par les participants ne sont donc pas un artefact de notre protocole d'observation, elles forment une part normale de l'activité de construction de modèles de tâches.

**L'activité de construction de modèles comprend une part d'organisation.** Plusieurs résultats amènent à dire que l'activité de construction d'un modèle de tâches possède une composante d'organisation. L'organisation intervient à 2 niveaux distincts. D'une part, il s'agit d'organiser, dans le modèle, les données contenues dans le texte. L'organisation est envisagée ici en tant que ré-ordonnancement des informations du texte. En effet, s'il n'y avait pas d'activité d'organisation, les informations contenues dans le modèle seraient ajoutées dans le même ordre que celui-ci. D'autre part, il s'agit d'organiser les informations contenues dans le modèle, après qu'elles aient été placées. L'organisation est vue ici comme un réarrangement de la structure des informations. En effet, plus de la majorité des modifications du modèle sont des déplacements d'informations.

**L'activité d'élaboration de modèle de tâches est opportuniste.** Certains résultats amènent à caractériser la construction d'un modèle de tâches comme opportuniste. Premièrement, l'élaboration du modèle ne suit pas un cycle « formation de la représentation – génération de la solution – évaluation de la solution ». Au contraire, l'activité passe de l'un de ces processus à l'autre, sans qu'aucun ordre prédéterminé et immuable puisse être établi. Par exemple, la génération d'une solution peut amener à formuler le même problème une deuxième fois. Deuxièmement, les stratégies de construction des modèles sont variées pour un même participant. En effet, ils n'ont pas de préférence marquée pour une stratégie de construction en particulier. Enfin, les modifications portent sur des objets situés à un niveau hiérarchique différent de l'objet précédemment considéré par les participants. Si l'activité n'était pas opportuniste, les modifications interviendraient sur des objets localisés à un niveau identique du niveau sur lequel les participants travaillaient précédemment, ce qui n'est pas le cas.

**La construction d'un modèle de tâches est une activité de conception.** Outre les éléments rapportés ci-dessus (activité aux multiples composantes, organisée de manière opportuniste), l'activité verbale des participants renvoie aux processus caractéristiques des activités de conception décrits notamment par Visser (2004). En effet, l'activité verbale est composée de formulations de problèmes (traces de construction de la représentation du problème), générations d'objets (génération de solution), évaluations d'objets (évaluation de solutions), recherche d'informations et planification de l'activité. De plus, le modèle subit de nombreuses modifications (déplacements, effacements et changements d'intitulés d'informations) tout au long de sa construction et plus spécialement vers la fin. La construction d'un modèle de tâches semble donc bien une activité de conception à part entière.

**Quelque soit le modèle considéré, il existe des traits communs entre les activités développées par les participants.** En effet, l'activité de chaque participant comporte une part d'inférence, d'organisation (réarrangement des informations du modèle et ré-ordonnancement des informations du texte), de transcription et des activités verbales liées à la conception d'un artefact. Or, les modèles ont des contenus très hétérogènes et des formats de représentation variés. Il semble donc que l'activité de construction de modèles de tâches présente certains invariants, quelque soit la forme et le contenu du modèle produit.

#### 4.4.3 Les évaluations portent sur des niveaux de granularité différents

Nous avons également pu constater que les évaluations portent sur des niveaux variés d'abstraction, allant d'un niveau local (les objets) à un niveau global (le modèle entier). Évaluer nécessite donc de pouvoir visualiser le modèle à des niveaux de détail différents. Peut-être que, selon le niveau de granularité de l'objet, l'évaluation n'a pas la même fonction. Au niveau local, il s'agirait de vérifier l'exactitude des informations contenues dans le modèle. Alors qu'au niveau intermédiaire et global, il s'agirait d'évaluer la cohérence de l'enchaînement et de l'organisation des informations entre elles.

#### 4.4.4 Limites et écologie de la situation d'observation

La différence principale de la situation d'observation avec une situation réelle est que les participants n'ont pas recueilli les données qu'ils modélisent. Cette différence a, selon nous, 2 grandes conséquences :

- en situation naturelle, l'ergonome a été confronté directement avec l'activité qu'il modélise, même si le modèle est construit à partir des traces recueillies sur cette dernière (comme c'est le cas dans notre recherche). En situation d'observation, les participants ont uniquement accès aux traces de l'activité qu'ils modélisent. La nature des connaissances mises en jeu par les participants pour construire le modèle est donc différente.
- lors des observations, la lecture du texte est le premier contact des ergonomes avec l'activité concernée par la modélisation. Or, de manière générale, les ergonomes ne commencent pas la construction du modèle dès les premiers contacts avec l'activité analysée. Le niveau de connaissances sur l'activité à modéliser des participants est donc différent de celui qu'ils auraient eu en situation naturelle.

Ces différences modifient probablement l'activité mise en œuvre par les participants pour construire le modèle de tâches. Cependant, nous ne pouvons affirmer quelles en sont les conséquences exactes sur l'activité.

La situation d'observation possède toutefois des points communs avec la situation naturelle. D'une part, les participants doivent analyser des données réelles externes, ce qui n'est pas le cas des études antérieures menées par Ozkan *et al.* (1998), Ormerod *et al.* (1998) et Patrick *et al.* (2000). L'activité développée dans la situation d'observation conserve donc une part d'intégration et de compréhension de données complexes et externes. D'autre part, les participants n'ont pas la possibilité de désambiguïser, au moment de la construction du modèle, certaines informations contenues dans le texte. Ils laissent donc des erreurs dans le modèle et font des inférences. Les ergonomes rencontrés lors de l'étude 1 évoquent d'ailleurs cette raison pour retourner sur le terrain et corriger leurs modèles auprès des opérateurs.

#### 4.4.5 Aspects communs aux deux études

Rapprocher les résultats obtenus lors des analyses menées (approche micro et macro) dans le cadre de notre recherche nous amène à deux constats importants. D'une part, des modifications sont apportées aux modèles de tâches au niveau micro et macro de leur construction. L'élaboration du modèle est donc un processus itératif, quelque soit le niveau d'analyse considéré. Il s'agit là d'un élément fort pour caractériser la construction de modèles de tâches en tant qu'activité de conception. D'autre part, dans les modèles produits et récoltés lors de notre recherche, certaines informations décrivant les tâches (*e.g.* conditions de réalisation, acteurs) sont représentées dans la même vue que les tâches et leur structure. Il s'agit là d'une différence importante avec les formalismes académiques.

## 5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif de cette recherche était double. D'une part, il s'agissait de comprendre les usages et l'utilité réelle des modèles de tâches dans l'intervention des ergonomes. À cet effet, nous avons mené (1) des entretiens avec 5 ergonomes intervenant en conception de systèmes homme-machine et (2) recueilli les modèles de tâches qu'ils avaient produits lors de leurs interventions. D'autre part, nous cherchions à caractériser l'activité de construction de modèles de tâches. Pour cela, nous avons demandé à 5 ergonomes de produire un modèle de tâches à partir de la retranscription d'un entretien réel.

Outre les utilisations classiques des modèles de tâches en conception de systèmes homme-machine, l'analyse des usages a permis de dégager deux autres utilisations de ces modèles :

- une utilisation pour soi : la construction du modèle aiderait les ergonomes à appréhender l'activité qu'ils analysent, et à se rendre compte que les connaissances dont ils disposent sur cette activité peuvent être incomplètes. Ainsi, la modélisation serait une stratégie pour faciliter la compréhension fine de l'activité.
- une utilisation orientée vers les autres : le modèle aiderait les ergonomes, soit à vérifier leurs connaissances sur l'activité auprès des opérateurs, soit à montrer les résultats d'une analyse auprès des membres des projets de conception dans lesquels les ergonomes participent.

La plupart des ergonomes rencontrés ont élaboré leur propre langage de modélisation. La principale différence avec les formalismes académiques est qu'ils font figurer graphiquement les conditions, les buts et les acteurs dans la même vue que les tâches et leur structure. Ce résultat est d'ailleurs confirmé par l'étude des modèles produits lors de l'analyse de l'activité.

Notre recherche indique également que la construction de modèles de tâches est une activité de conception à part entière pour plusieurs raisons :

- l'activité verbale des participants renvoie aux processus cognitifs classiquement identifiés dans les activités de conception ;
- la construction est un processus itératif (au niveau d'un épisode de construction et au niveau de l'intervention) ;
- c'est une activité aux multiples composantes, *e.g.* transcription et organisation d'informations, inférences, et ;
- c'est une activité opportuniste.

Les résultats de notre recherche donnent les perspectives d'actions et scientifiques suivantes.

## 5.1 PISTES POUR LA CONCEPTION D'OUTILS D'AIDE À LA CONSTRUCTION DE MODÈLES DE TÂCHES

La construction de modèles de tâches implique, tant au niveau d'une phase d'élaboration du modèle qu'au niveau de l'intervention en général, d'apporter de nombreuses modifications au modèle. Dans les termes du *Cognitive Dimensions of Notations Framework* (Green, 1989; Green & Petre, 1996), l'outil d'aide devrait permettre de réduire la viscosité (résistance aux

changements) de la structure d’informations du modèle. De plus, l’insertion de nouvelles informations au fur et à mesure de l’avancement de l’intervention devrait être facilitée.

Une première utilité du modèle de tâches est d’aider à la compréhension de l’activité, tant pour soi que pour la communiquer aux autres. À cet effet, l’outil d’aide devra faire figurer les conditions, les buts et les acteurs des tâches dans une seule vue. Cette amélioration devrait permettre de réduire la charge de travail mentale associée à la modélisation. Il faut cependant veiller à ne pas surcharger visuellement les modèles. Par exemple, l’utilisateur devrait pouvoir, à n’importe quel moment, indiquer les types d’informations (*e.g.* les conditions) qu’il désire afficher dans la même vue que la structure des tâches.

Communiquer le modèle de tâches nécessite également de pouvoir le ré-exploiter facilement pour des présentations individuelles et collectives. Les ergonomes doivent être en mesure de montrer leurs résultats sur des supports informatiques communs (type MS PowerPoint) et des supports papiers, notamment pour les vérifications auprès des opérateurs.

Évaluer la cohérence du modèle et juger de l’exactitude des informations contenues dans le modèle nécessitent de pouvoir visualiser le modèle dans sa globalité et dans le détail. D’autre part, les informations doivent être, a priori, simultanément accessibles au moment de l’évaluation. Faire figurer les conditions, les acteurs et la structure des tâches dans une seule vue est donc indispensable.

Les participants emploient des stratégies de construction verticales et horizontales. Le logiciel devrait donc autoriser l’ajout de tâches de niveau hiérarchique supérieur, inférieur ou identique aux tâches précédemment ajoutées.

Enfin, les pistes d’action discutées ci-dessus vont être utilisées dans le cadre d’un projet national de recherche (projet PERF-RV2, pour Plateforme d’Étude et de Recherche Française en Réalité Virtuelle 2, [www.perfrv2.fr](http://www.perfrv2.fr)) en vue de la conception d’un outil d’aide à la formalisation de modèles de tâches. Ces pistes seront la base des spécifications fonctionnelles et d’interfaces du futur outil.

## 5.2 PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

Du point de vue scientifique, notre travail peut donner lieu à de nombreuses suites. Tous les ergonomes rencontrés affirment que l’élaboration du modèle les aide à appréhender l’activité. Il serait intéressant de déterminer pourquoi et comment l’activité d’élaboration de modèle de tâches joue un rôle sur la compréhension de l’activité analysée.

Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle la présence des informations sur les tâches dans la même vue que les tâches et leur structure permettrait de réduire la charge mentale de travail associée à la compréhension des modèles de tâches. Pour vérifier cette hypothèse, il faudrait, par exemple, demander à des ergonomes de construire un modèle en ajoutant les informations, soit dans une seule vue, soit dans plusieurs vues et mesurer leur charge mentale de travail.

Le modèle permet aux ergonomes de confronter leur représentation de l'activité à la représentation qu'ont les opérateurs de cette dernière. Ainsi, il serait intéressant de savoir si cette confrontation rapproche la représentation de l'activité que possèdent les ergonomes et les opérateurs.

Au cours de notre recherche, nous nous sommes focalisés sur une population d'ergonomes intervenant uniquement en conception de nouvelles technologies. Une enquête par questionnaire sur la pratique et l'utilisation des modèles des tâches permettrait d'atteindre une population plus large d'ergonomes. D'autres pratiques peuvent, en effet, être adoptées selon le profil des ergonomes considérés.

Les ergonomes rencontrés débutent généralement la construction du modèle après les analyses systématiques. Cependant, un ergonome de notre échantillon a commencé la construction dès les premiers contacts avec le terrain. Une analyse de l'effet de la construction de modèle selon la phase de l'intervention à laquelle elle a débuté serait donc intéressante.

Modéliser, c'est comprendre ce qu'il se passe et le traduire sous forme de modèle. Nous avons mis l'accent sur la 2<sup>ème</sup> partie. Nous n'avons pas analysé la manière dont les ergonomes se forment une représentation de l'activité analysée. Il serait intéressant d'étudier cette partie de l'activité pour examiner les stratégies les plus efficaces et les difficultés qui y sont associées.

Nous n'avons pas non plus exploré la manière dont les ergonomes font l'articulation entre le contexte d'une intervention, les buts qui y sont associés et les éléments de l'activité sur lesquels ils se focalisent. Il faudrait, par exemple, modifier le contexte de l'intervention donné aux participants lors des observations. De plus, les protocoles verbaux devraient être orientés sur l'explicitation du choix des informations qui figurent dans le modèle. Une recherche de ce type donnerait des informations sur le raisonnement des ergonomes, fournissant ainsi des pistes pour leur formation.

En dépit de notre souhait, il n'a pas été possible de recruter des ergonomes expérimentés pour les observations. Ainsi, nous aurions pu analyser les différences entre des novices et des ergonomes plus expérimentés en conception, notamment sur les stratégies employées et les



informations sélectionnées pour figurer dans le modèle. Ces résultats auraient permis de donner des pistes pour la formation des novices à la construction de modèles.

Enfin, les ergonomes ne sont pas les seuls utilisateurs de modèles de tâches. Par exemple, les ergonomes rencontrés intervenant en conception de systèmes informatiques, affirment que leurs modèles ont ensuite été utilisés par des programmeurs. Il serait donc intéressant de connaître les usages et les intérêts réels de ces modèles dans l'activité des concepteurs-programmeurs. Ainsi, l'intérêt des modèles de tâches dans le cycle complet de conception pourrait être tracé.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

- Alonso, B.-M. (1997). Diagnostic de l'activité des opérateurs du Poste d'Aiguillage Grande Ligne de Paris-Nord (PRCI) et propositions ergonomiques pour un futur poste d'aiguillage. A partir du formalisme MAD. *Rapport technique, INRIA Rocquencourt*.
- Amalberti, R. (1991). Introduction. In R. Amalberti, M. de Montmollin & J. Theureau (Eds.), *Modèles en analyse du travail* (pp. 17-23). Liège: Mardaga.
- Amalberti, R., De Montmollin, M., & Theureau, J. (Eds.). (1991). *Modèles en analyse du travail*. Liège: Mardaga.
- Anastassova, M. (2006). *L'analyse ergonomique des besoins en amont de la conception de technologies émergentes. Le cas de la Réalité Augmentée pour la formation à la maintenance automobile*. Unpublished Thèse de Doctorat, Université Paris Descartes, Paris.
- Annett, J. (2004). Hierarchical Task Analysis. In D. Diaper & N. Stanton (Eds.), *Handbook of Task Analysis for Human Computer Interaction* (pp. 67-83). Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
- Annett, J., & Duncan, K. D. (1967). Task analysis and training design. *Occupational Psychology, 41*, 211-227.
- Annett, J., Duncan, K. D., Stammers, R. B., & Gray, M. J. (1971). *Task analysis*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Balbo, S., Ozkan, N., & Paris, C. (2004). Choosing the right task-modeling notation a taxonomy. In D. Diaper & S. Neville (Eds.), *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction* (pp. 445-465). Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
- Bardin, L. (1998). *L'analyse de contenu* (9ème ed.). Paris: Presses Universitaires de France.
- Bastien, J. M. C., Scapin, D., & Leulier, C. (1998). Une comparaison des critères ergonomiques et des principes de dialogue ISO 9241-10 dans une tâche d'évaluation d'interface. *Revue d'Interaction Homme-Machine, 1*(1), 33-63.

- Bisseret, A., Figeac-Letang, C., & Falzon, P. (1988). *Modeling opportunistic reasonings: the cognitive activity of traffic signal setting technicians* (Rapport de recherche No. 898): INRIA.
- Bisseret, A., Sebillote, S., & Falzon, P. (1999a). La Technique des Incidents Critiques. In A. Bisseret, S. Sebillote & P. Falzon (Eds.), *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Toulouse: Octarès.
- Bisseret, A., Sebillote, S., & Falzon, P. (1999b). La Technique des Protocoles Verbaux. In A. Bisseret, S. Sebillote & P. Falzon (Eds.), *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Toulouse: Octarès.
- Blackwell, A. F., Britton, C., Cox, A., Green, T. R. G., Gurr, C. A., Kadoda, G. F., Kutar, M., Loomes, M., Nehaniv, C. L., Petre, M., Roast, C., Roes, C., Wong, A., & Young, R. M. (2001). Cognitive Dimensions of Notations: Design tools for cognitive technology. In M. Beynon, C. L. Nehaniv & K. Dautenhahn (Eds.), *Cognitive Technology. Instruments of Mind* (pp. 325-341). London: Springer.
- Boujut, J.-F., & Blanco, E. (2003). Intermediary objects as a means to foster co-operation in engineering design. *Computer Supported Cooperative Work*, 12(2), 205-219.
- Burkhardt, J.-M., & Détienne, F. (1995). *An empirical study of software reuse by experts in object-oriented design*. Proceedings of the Proceedings of Interact'95, 27-29 June 1995, Lillehammer Norway.
- Camilleri, G., Soubie, J.-L., & Zalaket, J. (2003). *TMMT: Tool Supporting Knowledge Modelling*. Proceedings of the 7th International Conference, KES 2003 Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, September 3-5, Oxford, UK.
- Carballeda, G. (1997). *La contribution des ergonomes à l'analyse et à la transformation de l'organisation du travail : l'exemple d'une intervention relative à la maintenance dans une industrie de processus continu*. Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chalmé, S., Visser, W., & Denis, M. (2000). *Cognitive aspects of urban route planning*. Proceedings of the ICTTP, International Conference in Traffic and Transport Psychology, Berne, Suisse.
- Chi, M. T. H. (1997). Quantifying qualitative analyses of verbal data: a practical guide. *The Journal of the Learning Sciences*, 6(3), 271-315.
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M.-H., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 437-477.
- Couix, S., Burkhardt, J. M., Donikian, S., & Rouillé, M. (2007). *Etat de l'art sur les modèles de comportements et les modèles de tâches pour la génération d'opérateurs virtuels au travail*. Agence Nationale pour la Recherche: Livrable pour le projet PERF-RV2, INRIA, Université Paris Descartes. Disponible à l'adresse <http://www.perfrv2.fr/>.

- Cox, R. (1999). Representation construction, externalised cognition and individual differences. *Learning and Instruction*, 9(4), 343-363.
- Darses, F. (1990). *Constraints in Design : towards a methodology of psychological Analysis based on AI Formalisms*. Proceedings of the INTERACT'90, North Holland.
- Diaper, D., & Stanton, N. (Eds.). (2004). *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*. Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
- Eckert, C., & Boujut, J.-F. (2003). The role of objects in design co-operation: communication through physical or virtual objects. *Computer Supported Cooperative Work*, 12(2), 145-151.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis : verbal reports as data* (revised ed.). Cambridge Massachussetts: The MIT Press.
- Falzon, P. (1993). Médecin, pompier, concepteur : l'activité cognitive de l'ergonome. *Performances Humaines et Techniques*, 66, 35-45.
- Falzon, P. (2005). *Analyzing ergonomists' practice using ergonomics models*. Proceedings of the 37th Conference of the Nordic Ergonomics Society, Ergonomics NES'2005 « as a tool in future development and value creation », October, 10-12, Oslo, Norvège.
- Gong, R., & Kieras, D. E. (1994). *A Validation of the GOMS model methodology in the development of specialized, commercial software application*. Proceedings of the CHI, 1994, Boston, MA, USA, April 24-28.
- Grebici, K., Rieu, D., & Blanco, E. (2003). *Les objets intermédiaires dans les activités d'ingénierie collaboratives*. Proceedings of the XXIIIème Congrès INFORSID, 24-27 Mai, Grenoble, France.
- Green, T. R. G. (1989). Cognitive dimensions of notations. In A. Sutcliffe & L. Macaulay (Eds.), *People and Computers V* (pp. 443-460). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Green, T. R. G., & Blackwell, A. F. (1998). *Design for usability using Cognitive Dimensions*. Tutorial session at British Computer Society conference on Human Computer Interaction HCI98.
- Green, T. R. G., & Petre, M. (1996). Usability analysis of visual programming environments: a 'cognitive dimensions' framework. *Journal of visual languages and computing*, 7(2), 131-174.
- Hollnagel, E. (Ed.). (2003). *Handbook of cognitive task design*. Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
- ISO 13407. (1999). *Human-centred design processes for interactive systems. ISO 13407:1999*. Genève: International Standards Organisation.
- ISO 16982. (2002). *Ergonomie de l'interaction homme-système - Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain. ISO/TR 16982:2002*. Genève: International Standards Organisation.

- Johnson, P., Diaper, D., & Long, J. (1984). *Tasks, skills and knowledge: task analysis for knowledge based descriptions*. Proceedings of the INTERACT'84, North Holland.
- Johnson, P., Johnson, H., Waddington, R., & Shouls, A. (1988). Task-Related Knowledge Structures: Analysis, Modelling and Application. In *People and Computers: from research to implementations* (pp. 35-62). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kant, E., & Newell, A. (1984). Problem solving techniques for the design of algorithms. *Information Processing and Management*, 20(1-2), 97-118.
- Kieras, D. E. (2004). GOMS Models for Task Analysis. In D. Diaper & N. Stanton (Eds.), *Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction* (pp. 83-116). Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: a construction-integration model. *Psychological Review*, 95(2), 163-182.
- Kutar, M., Britton, C., & Barker, T. (2002). *A Comparison of Empirical Study and Cognitive Dimensions Analysis in the Evaluation of UML Diagrams*. Proceedings of the 14th Workshop of the Psychology of Programming Interest Group, June, Brunel University.
- Lane, R., Stanton, N., & Harrison, D. (2006). Applying hierarchical task analysis to medication administration errors. *Applied Ergonomics*, 37, 669-679.
- Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11(1), 65-99.
- Leplat, J. (2003). La modélisation en ergonomie à travers son histoire. In J.-C. Sperandio & M. Wolff (Eds.), *Formalismes et modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie* (pp. 1-26). Paris: PUF.
- Leplat, J., & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahier de Psychologie Cognitive*, 3(1), 49-63.
- Limbourg, Q., & Vanderdonckt, J. (2004). Comparing task models for user interface design. In D. Diaper & S. Neville (Eds.), *Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction* (pp. 135-154). Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
- Miller, C. A., & Vicente, K. J. (2001). Comparison of display requirements generated via Hierarchical Task and Abstraction-Decomposition Space analysis techniques. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 5(3), 335-355.
- Montabert, C., & McCrickard. (2007). Reuse-centric requirements analysis with task models, scenarios and critical parameters. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 5(1), 72-78.
- Ormerod, T. C., Richardson, J., & Shepherd, A. (1998). Enhancing the usability of a task analysis method: a notation and environment for requirements specification. *Ergonomics*, 41(11), 1642-1663.
- Ozkan, N., Paris, C., & Balbo, S. (1998). *Understanding a Task Model: An Experiment*. Proceedings of the HCI on People and Computers XIII.

- Paternò, F. (2004). ConcurTaskTrees: an engineered notation for task models. In D. Diaper & N. Stanton (Eds.), *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction* (pp. 483-501). Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates.
- Patrick, J. (1992). *Training : research and Practice*. London: Academic Press.
- Patrick, J., Gregov, A., & Halliday, P. (2000). Analysing and training task analysis. *Instructional science*, 28, 51-57.
- Payne, S. J., & Green, T. R. G. (1983). *The user's perception of the interaction language: a two-level model*. Proceedings of the CHI'83, Boston, MA, USA.
- Pollier, A. (1991). *Etude descriptive d'une activité de conception-évaluation ergonomique d'un système de messagerie vocale*. Rapport de Recherche n°1160. Rocquencourt: INRIA.
- Pollier, A. (1992). Evaluation d'une interface par des ergonomes : diagnostics et stratégies. *Le Travail Humain*, 55(1), 71-95.
- Prunier-Poulmaire, S., & Gadbois, C. (2005). Quand le questionnaire s'impose à l'ergonome. In S. Volkoff (Ed.), *L'ergonomie et les chiffres de la santé au travail. Ressources, tensions et pièges* (pp. 75-86). Toulouse: Octarès.
- Querelle, L., & Thibault, J.-F. (2007). La pratique de l'intervention d'ergonomes consultants : une approche réflexive orientée par les outils. *@ctivités*, 4(1), 149-159.
- Reisberg, D. (2001). The detachment gain: the advantage of thinking out loud. In B. Landau, J. Sabini, J. Jonides & E. L. Newport (Eds.), *Perception, Cognition & Language: Essays in Honor of Henry and Lila Gleitman*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rouse, W. B., & Morris, N. M. (1986). On looking into the black box : prospects and limits in the recherche for mental models. *Psychological Bulletin*, 100(3), 349-363.
- Scapin, D. L., & Bastien, J.-M. C. (2001). Analyse des tâches et aide ergonomique à la conception: l'approche MAD\*. In C. Kolski (Ed.), *Analyse et conception de l'IHM. Interaction homme-machine pour les SI* (Vol. 1, pp. 85-116). Paris: Hermès.
- Scapin, D. L., & Pierret-Golbreich, C. (1989). *Une méthode analytique de description des tâches*. Proceedings of the Ingénierie des interfaces homme-machine, Sophia Antipolis, France.
- Sebillotte, S. (1991). Décrire des tâches selon les objectifs des opérateurs. De l'interview à la formalisation. *Le Travail humain*, 54(3), 193-223.
- Sebillotte, S. (1994). *Méthodologie pratique d'analyse de la tâche en vue de l'extraction de caractéristiques pertinentes pour la conception d'interface*. Rapport Technique n°0163. Rocquencourt: INRIA.
- Shepherd, A. (1993). An approach to information requirements specification for process control tasks. *Ergonomics*, 36, 1425-1439.

- Sperandio, J.-C. (2003). Modèles et formalismes, ou le fond et la forme. In J.-C. Sperandio & M. Wolff (Eds.), *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie* (pp. 27-75). Paris: PUF.
- Sperandio, J.-C., & Wolff, M. (Eds.). (2003). *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie*. Paris: PUF.
- Sutcliffe, A. (2003). Symbiosis and synergy? scenarios, task analysis and reuse of HCI knowledge. *Interacting with Computers*, 15, 245-263.
- Tarby, J.-C. (1994). *The Automatic Management of Human-Computer Dialogue and Contextual Help*. Proceedings of the EWHCI'94, The 1994 East-West International Conference on Human-Computer Interaction, St Petersburg, Russie.
- Tauber, M. J. (1990). *ETAG: Extended Task Action Grammar: a language for the description of the users' task language*. Proceedings of the INTERACT'90, North-Holland.
- van der Veer, G. C., Hoeve, M., & Lenting, B. F. (1996). *Modeling complex work systems – method meet reality*. Proceedings of the Eight Conference on Cognitive Ergonomics, Granada, Spain.
- van der Veer, G. C., Lenting, B. F., & Bergevoet, B. A. J. (1996). GTA: Groupware Task Analysis - modeling complexity. *Acta Psychologica*, 91, 297-322.
- van Welie, M., & van der Veer, G. C. (2003). Groupware Task Analysis. In E. Hollnagel (Ed.), *Handbook of Cognitive Task Design* (pp. 447-476). New Jersey, US: Laurence Erlbaum Associates.
- Vinck, D., & Jeantet, A. (1995). Mediating and commissioning objects in the sociotechnical process of product design: a conceptual approach. In D. MacLean, P. Saviotti & D. Vinck (Eds.), *Management and New Technology: Design, Networks and Strategy*. Brussels: COST Social Science Series, EEC
- Visser, W. (1987). *Strategies in Programming Programmable Controllers: a field study on a professional programmer*. Proceedings of the Empirical Studies of Programmers: second Workshop, Norwood, NJ.
- Visser, W. (2001). *Conception individuelle et collective. Approche de l'ergonomie cognitive*. Rapport de Recherche n° 4257: INRIA.
- Visser, W. (2004). *Dynamic aspects of design cognition: elements for a cognitive model of design*. Rapport de recherche n°5144. Rocquencourt: INRIA.
- Visser, W., & Morais, A. (1988). L'utilisation concurrente de différentes méthodes de recueil de données pour l'étude de l'activité de programmation. *Psychologie Française*, 33(numéro spécial "Psychologie de l'expertise"), 127-132.
- Wolff, M., & Sperandio, J.-C. (Eds.). (2003). *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie*. Paris: PUF.
- Zhang, J. (1994). Representations in Distributed Cognitive Tasks. *Cognitive Science*, 18, 87-122.

Zhang, J. (1997). The nature of external representations in problem solving. *Cognitive Science*, 21(2), 179-217.