



HAL
open science

Composition Dynamique d'Informations dans le Cadre de la Communication Homme Machine – La problématique de la Pertinence dans la CHM

Christophe Vaudry

► **To cite this version:**

Christophe Vaudry. Composition Dynamique d'Informations dans le Cadre de la Communication Homme Machine – La problématique de la Pertinence dans la CHM. Interface homme-machine [cs.HC]. Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc, 2002. Français. NNT: . tel-00003610

HAL Id: tel-00003610

<https://theses.hal.science/tel-00003610>

Submitted on 21 Oct 2003

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.

ACADEMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITE MONTPELLIER II

SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

THESE

présentée à l'Université Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc
pour obtenir le diplôme de DOCTORAT

Spécialité : INFORMATIQUE

Formation Doctorale : Informatique

Ecole Doctorale : Sciences pour l'Ingénieur

COMPOSITION DYNAMIQUE D'INFORMATIONS DANS LA COMMUNICATION HOMME-MACHINE

La problématique de la Pertinence dans la CHM

par

Christophe VAUDRY

Composition du jury :

M. CERRI Stefano	Professeur, Université Montpellier II	Président
M. NANARD Marc	Professeur, Université Montpellier II	Directeur de Thèse
M. CRAMPES Michel	Maître-Assistant, Ecole des Mines d'Alès	Encadrant
Mme. NIGAY Laurence	Maître de Conférences, Université de Grenoble I	Rapporteur
M. BREZILLON Patrick	Chargé de recherche première classe CNRS, Université de Paris VI	Rapporteur
M. PONCELET Pascal	Professeur, Ecole des Mines d'Alès	Examineur
M. GARLATTI Serge	Directeur d'étude, ENST Bretagne	Jury invité

A Florentin, Henriette, Paul, Gisèle, Denis, Annie, Carole et à ma petite Mélusine.

Remerciements

Je tiens d'abord à remercier Marc Nanard et Michel Crampes pour leur encadrement et leur soutien au cours de ces trois années. Ils ont su contribuer par leurs apports respectifs et complémentaires à la réussite de cette thèse.

Mes remerciements vont également aux personnes qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'être membre du jury de cette thèse. Je remercie ainsi Laurence Nigay et Patrick Brézillon qui ont accepté la charge de rapporteur et dont les nombreuses remarques pertinentes ont largement contribué à améliorer ce mémoire, ainsi que Stefano Cerri, Pascal Poncelet et Serge Garlatti pour avoir accepté d'être examinateur.

J'ai particulièrement apprécié de collaborer avec James Alty, Christopher Kahlil, Gianni Viano, Pasqualino Ferrentino, Inaki Angulo, Sonia Bilbao, Daniele Biglino, Lauro Montoani, Nuria Lopez Trigueros, Svein Nilsen, Mark Green, Tone Grimstad, Veronique Daurensan, Hélène Papini et Philippe Lachaud sur le projet AMEBICA. J'ai beaucoup appris d'un point de vue professionnel grâce à eux. Ce fut également un plaisir de travailler avec eux sur ce projet dans lequel l'ambiance est restée bonne jusqu'à la fin, malgré les impondérables.

J'ai été amené à collaborer à des titres divers au sein du laboratoire avec de nombreuses personnes. Je tiens ainsi à remercier ici tout particulièrement Pascal, Jacky, Sylvie, Françoise, Véronique, François, Annie, Pierre, Sylvie, Valérie, Christelle, Sylvain, Gérard, Michel et l'ensemble des doctorants du LGI2P.

Je tiens également à remercier mes nouveaux collègues de l'IUT d'Arles et tout particulièrement l'équipe du département Service et Réseaux de Communication, que je viens de rejoindre en tant qu'ATER. Ils ont su me faciliter les choses pour que je puisse finir la rédaction de ce mémoire dans de bonnes conditions.

Je remercie enfin mes parents, ma famille et l'ensemble de mes proches qui ont toujours su m'encourager et m'apporter le soutien matériel, moral et affectif nécessaire à ce type d'entreprise.

Résumé

Dans le cadre d'activités de recherche, de sélection et de lecture de documents numériques, à des fins professionnelles ou personnelles, les utilisateurs sont souvent submergés par l'abondance des informations. Si ces informations arrivent, de plus, en flux continu, les utilisateurs peuvent se retrouver en *surcharge de travail*. Ce problème se pose de manière accrue en supervision industrielle.

Pour aider les utilisateurs à gérer cette surabondance d'information, l'approche proposée est un système prenant l'initiative d'adapter la présentation des informations afin de réduire les efforts nécessaires aux utilisateurs pour percevoir et interpréter ces dernières. La présentation des informations est, dans cette approche, le résultat d'un processus de traitement des informations, la *composition*, réalisé par un agent, *l'Agent Compositeur*, qui cherche à coopérer avec les utilisateurs.

Après avoir introduit la problématique de l'adaptation de la présentation des informations dans le cadre de la supervision industrielle avec une application concernant la gestion d'un réseau de distribution électrique, un état des recherches concernant les modèles de l'opérateur en supervision, les interfaces adaptatives et les systèmes à initiative mixte est présenté. *L'agent compositeur* est guidé dans ses choix d'adaptation de la présentation par une propriété, la *pertinence*. Une définition et un modèle formel de la pertinence sont proposés. Ce modèle formel est utilisé pour effectuer une analyse critique du projet européen AMEBICA (*Auto-adaptive Multimedia Environment Based on Intelligent Collaborating Agents*) auquel nous avons participé et en proposer des améliorations.

Mots clés : Interaction Homme-Machine, Composition, Adaptation, Adaptativité, Pertinence, Communication Homme Machine, Initiative.

Abstract

Users of information systems, when engaged in search, selection and reading activities, are often overloaded with huge amounts of information. This situation is even worse when information arrives in continuous streams, such as in industrial supervision systems.

In order to help the users in such situations, the approach suggested here is a system that can take the initiative to adapt presentation of information. The purpose is to reduce the efforts the users have to make to perceive and interpret information. This approach considers the information presentation as the result of an information process, *composition*, achieved by an agent, the *Compositor Agent*, which try to cooperate with users.

First, we introduce the problematic of adaptation of information presentation in the context of industrial supervision, with an application about the management of an electrical network. Then, a state of current research concerning operator modeling in supervision, adaptive interfaces and mixed-initiative systems is presented. The *Compositor Agent* is guided in its choice of presentation adaptation by a property, *relevance*. A definition and a formal model are proposed. Based on this formal model, a critical analysis of the European project AMEBICA (*Auto-adaptive Multimedia Environment Based on Intelligent Collaborating Agents*) which we worked on, is proposed and improvements are therefore suggested.

Keywords : Human Computer Interaction, Composition, Adaptation, Adaptativity, Relevance, Human Computer Communication, Initiative.

Table des matières

Introduction générale	1
I Problématique et états de l'art	9
1 AMEBICA, Une interface adaptative pour la supervision	11
1.1 Présentation du projet	13
1.1.1 Les partenaires	13
1.1.2 Les origines et objectifs	14
1.1.3 Contexte théorique	15
1.1.4 Illustration de l'adaptation dans AMEBICA : le Storm Scenario	16
1.2 L'adaptation dans AMEBICA	25
1.2.1 Déclencheurs de l'adaptation	25
1.2.2 Fonctions de l'adaptation	28
1.3 Les apports et limites d'AMEBICA	30
1.3.1 Enjeu social et humain : l'acceptabilité	30
1.3.2 Adaptation et initiative du système	31
1.3.3 Les perspectives ouvertes par AMEBICA	32
1.4 Conclusion	33
2 Adaptation et initiative dans l'interaction homme-machine	35
2.1 Caractéristiques de l'opérateur et de sa tâche	37
2.1.1 Quelques notions clés de psychologie et d'ergonomie	38
2.1.2 Modélisation de l'opérateur et de sa tâche	44
2.2 Intelligence, adaptativité et adaptabilité de l'interface	58
2.2.1 Aspects de l'adaptation	59
2.3 Adaptation et initiative	65
2.3.1 Définitions de l'initiative	65
2.3.2 L'initiative mixte	66
2.3.3 Problématiques de l'adaptation et de l'initiative du système	68
2.3.4 Initiative et adaptation dans la composition d'informations	72
2.4 Conclusion	73
II Modèles conceptuels et formels	75
3 Concepts : composition et pertinence	77
3.1 La composition	80
3.1.1 Document virtuel et composition	80
3.1.2 Le processus de composition	82
3.2 Modèles de l'information et de la communication	90

3.2.1	Le modèle de la communication de Grice	92
3.2.2	La théorie de la Pertinence de Sperber et Wilson	93
3.3	La pertinence	95
3.3.1	Les trois aspects d'une ressources d'information	96
3.3.2	Pertinence, utilité et utilisabilité	98
3.4	Conclusion	100
4	Modèle formel de la pertinence dans le cadre de la composition	103
4.1	Vers un calcul de l'utilité d'une ressource	105
4.1.1	Univers de référence	105
4.1.2	Observateur	106
4.1.3	Ressource	108
4.1.4	Représentativité d'une ressource	108
4.1.5	Expression d'une ressource	108
4.1.6	Seuil de représentativité	109
4.1.7	Intérêt d'une ressource	110
4.1.8	Importance d'une ressource et préférences de l'utilisateur	111
4.1.9	Décomposition d'une ressource et focus	112
4.1.10	Evaluation de l'utilité d'une ressource	113
4.2	Vers un calcul de l'utilisabilité d'une ressource	114
4.2.1	Espace d'énonciation	114
4.2.2	Observateur	115
4.2.3	Représentativité énonciative d'une modalité	115
4.2.4	Expression d'une modalité	115
4.2.5	Intérêt énonciatif d'une modalité	116
4.2.6	Importance énonciative d'une modalité et préférences de l'utilisateur	116
4.2.7	Evaluation de l'utilisabilité d'une ressource	117
4.3	Conclusion	119
III	Modèles logiques et applications	121
5	Une modélisation de l'intervention du système	123
5.1	Introduction	125
5.2	Scénario de l'assistant de direction	126
5.2.1	Hypothèse 1	127
5.2.2	Hypothèse 2	127
5.2.3	Hypothèse 3	128
5.2.4	Interprétation des formules	129
5.3	Scénario de l'enseignant et de l'élève dans l'enseignement à distance	132
5.3.1	Hypothèse 1	133
5.3.2	Hypothèse 2	134
5.4	Conclusion	135
6	AMEBICA : architecture à base d'agents et implémentation	137
6.1	Présentation adaptée et adaptation de la présentation	139
6.1.1	Présentation adaptée et technique de visualisation	139
6.1.2	Démarche orientée agent en interaction homme-machine	141
6.2	L'architecture à agents d'AMEBICA	142
6.2.1	Les principes d'AMEBICA	142
6.2.2	Présentation générale de l'architecture	143
6.2.3	Détail de l'architecture	145

6.3	L'algorithme de calcul des espaces libres du Presentation Agent	150
6.3.1	Principe	150
6.3.2	Exemple de découpage de l'écran	157
6.4	Améliorations et perspectives	157
6.4.1	Une critique d'AMEBICA	157
6.4.2	Vers une nouvelle architecture basée sur la Pertinence	158
6.5	Conclusion	161
	Conclusion générale	163
	Annexes	169
A	Principe de Coopération de Grice et maximes associées	169
B	Description et qualification d'une ressource	171
C	Relations temporelles de Allen	177
D	Quelques définitions et rappels de logique floue	183
E	Architecture logicielle des interfaces graphiques homme-machine	189
F	Classification des signes Chez C.S. Peirce	193
	Glossaire	201
	Index	208
	Liste des publications	209
	Bibliographie	211

Table des figures

1.1	Application Thermal Power Plant (TPP)	16
1.2	Application Electrical Network Managment (ENM)	17
1.3	Application de gestion du trafic routier réalisé par Softeco à partir d'AMEBICA	17
1.4	Les différents éléments du processus de composition	18
1.5	Application Electrical Network Managment (ENM)	19
1.6	Application Electrical Network Managment (ENM)	19
1.7	Application Electrical Network Managment (ENM)	20
1.8	Application Electrical Network Managment (ENM)	20
1.9	Application Electrical Network Managment (ENM)	21
1.10	Application Electrical Network Managment (ENM)	21
1.11	Application Electrical Network Managment (ENM)	22
1.12	Application Electrical Network Managment (ENM)	22
1.13	Application Electrical Network Managment (ENM)	23
1.14	Application Electrical Network Managment (ENM)	23
1.15	Application Electrical Network Managment (ENM)	24
1.16	Application Electrical Network Managment (ENM)	24
1.17	Application Electrical Network Managment (ENM)	25
1.18	Application Electrical Network Managment (ENM)	26
2.1	Ensemble des activités de l'opérateur humain dans le cadre du contrôle de procédé d'après (Kolski, 1993)	38
2.2	Modèle de mémoire d'après (Kolski, 1993)	39
2.3	Représentation simplifiée du modèle de la mémoire humaine proposée par Atkinson et Shiffrin d'après (Roulin, 1998)	40
2.4	Modèle de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (Roulin, 1998)	40
2.5	Modèle du traitement humain de l'information d'après (Wickens, 1992)	41
2.6	Schéma de synthèse des différents facteurs intervenant dans la performance de l'opérateur (Millot, 1988)	42
2.7	Relation entre la performance et la charge de travail d'après (Kolski, 1993)	42
2.8	Une version simplifiée des différents niveaux de contrôle dans le modèle SRK d'après (Rasmussen, 1983)	45
2.9	Echelle de décision modélisant le fonctionnement de l'opérateur humain selon Rasmussen d'après (Millot, 1988) et (Kolski, 1993; Kolski, 1998)	47
2.10	Choix des outils d'aide à l'opérateur en fonction de la tâche dans le cadre du modèle de fonctionnement de l'opérateur de Rasmussen d'après (Millot, 1988)	48
2.11	Niveau d'intervention des différents modules d'assistance à l'opérateur en fonction de la tâche dans le cadre du modèle de fonctionnement de l'opérateur de Rasmussen d'après (Kolski, 1993)	49
2.12	Raisonnement conduisant aux objectifs de conception d'une interface pour un système complexe d'après (Vicente & Rasmussen, 1992)	50

2.13	Modèle de la mémoire humaine selon Card, Moran et Newell, d'après (Boy, 1988) et (Kolski, 1993)	53
2.14	Les distance d'exécution et d'évaluation d'après (Norman, 1986)	55
2.15	La <i>Boucle de Norman</i> : les sept étapes de l'activité d'un utilisateur engagé dans la réalisation d'une tâche d'après (Norman, 1986; Nanard & Nanard, 2002b; Kolski, 1998)	56
2.16	Le modèle fonctionnel classique d'architecture des interfaces homme machine . .	60
2.17	Modèle de référence d'un IMMPS (Bordegoni et al., 1997; André, 2000)	63
3.1	Document virtuel et document réel	83
3.2	Le processus de composition	84
3.3	Les différentes fonctions réalisées par le moteur de composition	84
3.4	Interaction fluide, rupture de fluidité et rupture d'engagement	86
3.5	L'Agent Compositeur (AC) dans le processus de composition	87
3.6	Vue détaillée des éléments intervenant dans le processus de composition	89
3.7	Liens entre les différents modèles intervenant dans le processus de composition .	90
3.8	Modèle émetteur - récepteur d'après (Clavier, 1998b)	91
3.9	La pertinence, l'utilité et l'utilisabilité dans le cadre de la composition	100
4.1	Liens entre les ressources, les modalités et les thèmes	114
5.1	Tracé des espérances des utilités de transmettre et de ne pas transmettre le message M qui est en rapport avec l'activité A_1 si le coût est strictement inférieur à 2 fois l'importance du message.	130
5.2	Tracé des espérances des utilités de transmettre et de ne pas transmettre le message M qui est en rapport avec l'activité A_1 si le coût d'appropriation est deux fois supérieur à l'importance du message.	130
5.3	Tracé des espérances des utilités dans le deuxième cas avec $C_a < 2 * I_M$	131
5.4	Tracé des espérances des utilités pour $C_a > 2 * I_M$	132
6.1	L'architecture agents d'AMEBICA	144
6.2	Diagrammes résumant les liens entre les différents agents de l'architecture AMEBICA	145
6.3	Diagrammes de classe des événements et des plans relatifs au Presentation Agent	148
6.4	Les événements et les plans associés au Presentation Agent	149
6.5	Diagrammes des différentes classes en relation avec le Presentation Agent	149
6.6	Diagramme de séquences UML illustrant une requête du Media Allocator Agent pour connaître l'état d'occupation de l'interface	150
6.7	Diagramme de séquences UML illustrant une requête de mise à jour réalisée par un Media Agent	150
6.8	Début de l'exécution de l'algorithme; une seule ligne de balayage est présente. .	151
6.9	La ligne de balayage rencontre un rectangle occupé; la ligne de balayage est remplacée par deux nouvelles lignes.	152
6.10	Une nouvelle ligne de balayage est créée à la sortie du rectangle occupé	153
6.11	Les lignes de balayage rencontrent des rectangles occupés. Elles sont remplacées par de nouvelles lignes de balayage.	154
6.12	Le balayage a atteint le bord droit de l'écran.	154
6.13	Programme de test mettant en œuvre l'algorithme	157
6.14	Une architecture possible pour l'Agent Compositeur (AC). Les flèches représentent la circulation des informations entre les agents.	160
C.1	Décomposition d'un intervalle I	177

C.2	Illustration de b et bi	178
C.3	Illustration de d , di et e	179
C.4	Illustration de f et fi	179
C.5	Illustration de m et mi	179
C.6	Illustration de o et oi	180
C.7	Illustration de s et si	180
C.8	Positionnement d'un intervalle J par rapport à un autre intervalle I	181
E.1	Le modèle de Seeheim	189
E.2	Le modèle ARCH	190
E.3	Interactions des différents éléments du modèle MVC	190
F.1	Le treillis des classes de signes	197

Liste des tableaux

1.1	la matrice d'adaptation d'AMEBICA	27
2.1	Les différents aspects d'une tâche d'après (Norman, 1986)	54
F.1	Décomposition du signe chez C.S Peirce	194
F.2	Les dix classes de signes possibles	194

Introduction générale

A beginning is a very delicate time.

(Princesse Irulan, adaptation cinématographique du livre *Dune* de Frank Herbert par David Lynch)

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire ont été conduits au Centre de Recherche LGLI2P¹, laboratoire de recherche de l'Ecole des Mines d'Alès, situé sur le site EERIE à Nîmes². Ils ont été marqués par une participation au projet européen AMEBICA durant la première année de thèse et une partie de la seconde, la proposition initiatrice de ce projet s'appuyant sur notre travail de stage de DEA³.

Contexte de l'étude

Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication, les *NTIC*, sont désormais accessibles au plus grand nombre. L'accès aux informations numériques et aux documents électroniques est désormais possible pour tout possesseur d'ordinateur équipé d'un modem. L'Internet est né dans les laboratoires, comme un outil construit par et pour les scientifiques. Le *World Wide Web*, incontestablement le service majeur de l'Internet, est né au CERN (Laboratoire européen de physique des particules) en 1989⁴. A présent cette toile mondiale est utilisée aussi bien par des chercheurs, des universitaires, des industriels que des particuliers. Chacun peut y proposer les informations qu'il souhaite rendre publiques, s'y promener en quête de documents variés ou simplement explorer cet univers virtuel comme on peut flâner dans une immense bibliothèque sans chercher un livre en particulier.

La comparaison du réseau des réseaux avec une bibliothèque n'est pas nouvelle, et certains ont voulu voir chez des auteurs comme Luis Jorge Borges des visionnaires qui ont décrit métaphoriquement l'Internet et le World Wide Web bien avant que ce dernier ne soit une réalité de notre quotidien⁵. Au moins trois nouvelles de Borges sont souvent citées comme métaphores prémonitoires de l'Internet : *Le Livre de Sable*⁶, *Le jardin aux sentiers qui bifurquent*⁷ et *La*

¹Laboratoire de Génie Informatique et d'Ingénierie de Production

²LGLI2P, EMA/Site EERIE, Parc Scientifique Georges Besse, F-30 035 Nîmes cedex 1

³(Vaudry, 1998; AMEBICA, 1998)

⁴(Martin, 2001) propose un petit historique et une introduction aux technologies liées au World Wide Web.

⁵Voir sur Borges notamment le site <http://www.theModernword.com/Borges> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

⁶(Borges, 1975)

⁷(Borges, 1941b)

*bibliothèque de Babel*⁸.

Le *Livre de sable* est un volume au nombre infini de pages et le livre du *Jardin des sentiers qui bifurquent* est un livre labyrinthe qui n'est pas sans préfigurer les documents hypertextes. Si dans ces deux nouvelles, Borges propose à ces lecteurs deux types différents de livre infini, dans la bibliothèque de Babel, il expose l'une des problématiques fondamentales de la recherche d'information dans un système d'information : la difficulté pour un utilisateur de trouver une information utile sous une forme utilisable. Dans cette nouvelle, il décrit ainsi une bibliothèque infinie contenant tous les livres qu'il est possible d'écrire en utilisant 25 symboles (22 lettres pour l'alphabet et deux signes de ponctuation - le point et la virgule - et l'espace). L'histoire individuelle de chaque personne qui y réside, les réponses à toutes les questions que l'on peut se poser dans cet univers sont déjà écrits dans l'un des volumes rangés sur l'un des rayonnages.

Quand on proclama que la Bibliothèque comprenait tous les livres, la première réaction fut un bonheur extravagant. Tous les hommes se sentirent maîtres d'un trésor intact et secret. Il n'y avait pas de problème personnel ou mondial dont l'éloquente solution n'existât quelque part : dans quelque hexagone. L'univers se trouvait justifié, l'univers avait brusquement conquis les dimensions illimitées de l'espérance.

Cependant, ces livres qui peuvent faire sens à leurs lecteurs, sont perdus au milieu de livres qui ne sont que des combinaisons stériles de symboles.

Il n'est plus permis de l'ignorer pour une ligne raisonnable, pour un renseignement exact, il y a des lieues et des lieues de cacophonies insensées, de galimatias et d'incohérences.

La nouvelle de Borges laisse peu d'espoir aux habitants peuplant la Bibliothèque quant à des solutions possibles, à échelle humaine, qui pourraient les aider dans leur quête : comment trouver une information précise dissimulée dans un espace infini alors que l'on est un être fini ?

La recherche dans les systèmes d'information est certes moins désespérée, mais la problématique reste identique : comment trouver les informations utiles à un besoin précis, dans une forme utilisable et pour un coût (temporel, humain, financier, etc.) raisonnable ? Il est possible de trouver un document qui contient les informations recherchées, mais si ce document est rédigé en espagnol et que son lecteur n'est lui-même pas hispanophone, il ne pourra l'utiliser. Et même si le document qu'il cherche existe, comment pourra-t-il le trouver au milieu d'une pléthore d'informations faussement similaires ?

Des travaux de recherche et des outils visent à améliorer l'indexation des documents⁹ ou la recherche d'informations¹⁰.

Les solutions apportées ont encore leurs limites mais permettent déjà une aide importante et un gain de temps appréciable pour rechercher et sélectionner les informations utiles. Cependant, même en ne limitant ce qui est présenté à l'utilisateur qu'aux informations utiles, selon les critères et besoins de ce dernier, il peut y avoir des situations où les informations sont trop nombreuses pour être utilisables.

Dans l'adaptation cinématographique du roman de Umberto Eco, le *Nom de la Rose*¹¹, dont l'intrigue se déroule au cœur du Moyen-Age, Guillaume de Baskerville, le héros, se retrouve prisonnier d'une bibliothèque en proie aux flammes. Elle renferme comme la majorité des bi-

⁸(Borges, 1941a)

⁹Voir par exemple (Richy, 2002) pour une présentation des métadonnées qui peuvent servir à indexer les documents notamment sur le World Wide Web

¹⁰Se reporter à (Caelen, 2001) pour une présentation des problématiques de la recherche d'informations et un état de l'art sur l'interaction multimodale pour la recherche d'informations

¹¹(Eco, 1980)

bibliothèques de cette période, des ouvrages précieux et souvent uniques. L'enjeu pour Guillaume est de sauver un monde de connaissances. Il doit agir dans l'urgence, seul, face à cette situation critique. Il y a une quantité considérable de livres et il doit néanmoins faire un choix rapide pour en sauver au moins quelques uns et échapper lui-même à l'incendie.

Cette exemple introduit une autre problématique de l'accès et de l'utilisation de l'information : celle de l'importance des contraintes imposées par la situation, par le *contexte*¹².

En effet, par certains aspects la situation du Guillaume de Eco est analogue à celle d'un étudiant qui prépare un examen sachant qu'il dispose pour cela d'un accès Internet. Se pose pour lui le problème d'optimiser son temps de révision : comment compléter ses révisions grâce aux nouvelles technologies sans que le temps passé à rechercher de nouvelles informations ne soit plus important que le temps de révision lui-même ou du moins trop important au regard de l'apport informationnel de ses recherches ?

En élargissant encore un peu notre vision du problème au-delà de l'utilisation de systèmes d'information *classiques* il est également possible de voir une analogie entre la situation de Guillaume et celle d'un opérateur¹³ confronté à un système complexe (supervision d'un processus industriel, pilotage d'un avion, téléguidage d'un drone, etc.).

Les informations arrivent en flux continu et certaines sont indispensables à une prise de décision correcte de la part l'opérateur. En effet, dans une situation de fonctionnement normal, les tâches de l'opérateur relèvent de la routine, l'automatisation assurant une grande autonomie du système. Néanmoins, dans le cas d'un fonctionnement anormal, le manque d'adaptativité du système automatique rend indispensable la présence de l'opérateur. Une avalanche d'informations peut alors se produire, entraîner une surcharge de travail de l'opérateur et une baisse de sa *performance*. Il faut éviter qu'une telle situation - un nombre trop important d'informations venant submerger l'opérateur - ne se produise.

Des solutions techniques existent ou émergent pour aider, assister ou collaborer avec les utilisateurs dans leur activité de lecture d'information. Ainsi certains auteurs définissent l'hypertexte comme *un agent qui aide des humains dans une tâche de lecture active en apportant l'information pertinente selon le contexte de lecture passé et présent*¹⁴. Le domaine des interfaces *intelligentes* propose un ensemble de solutions pour aider et assister les utilisateurs, le plus souvent en introduisant de l'adaptation. Le rôle de l'interface est ainsi d'être un *adaptateur d'impédance*, pour reprendre la formulation de Jean Caelen¹⁵. Elle doit fonctionner à *une vitesse cognitivement compatible avec la vitesse de lecture de l'utilisateur pour maintenir son engagement*¹⁶.

Les moyens et les manières de mettre en œuvre cette adaptation sont variées. Les résultats sont souvent spectaculaires et prometteurs. Cependant, il est discutable de laisser trop de contrôle au système. Il est désagréable (et souvent frustrant) pour l'utilisateur que la machine devienne trop intrusive et qu'il se sente limité dans sa capacité d'action. On considèrera, par exemple, l'agacement de la plupart des utilisateurs de la suite Office™ de Microsoft devant les apparitions inopinées de l'assistant sous la forme d'un petit trombone bondissant ! Si dans une

¹²Le contexte est, d'après la définition de (Brézillon, 2002a), largement utilisée en intelligence artificielle, l'ensemble des éléments qui n'interviennent pas dans la résolution d'un problème mais contraignent cette résolution

¹³Nous entendons par opérateur un *humain qui a une ou plusieurs tâches à accomplir* une tâche étant *un objectif d'activités dans un certain contexte et dans un certain réseau de contraintes* (Sperandio, 2001). Sperandio distingue l'opérateur de l'utilisateur qu'il définit comme *l'humain engagé dans une relation avec un système technique* et de l'usager qui *est un utilisateur d'un service* (Sperandio, 2001). Même si c'est un abus de langage nous aurons tendance dans le cadre de ce mémoire à assimiler les termes utilisateur et opérateur.

¹⁴(Nanard & Nanard, 1999)

¹⁵(Caelen, 1996)

¹⁶(Nanard & Nanard, 1998)

suite bureautique il est gênant que la machine intervienne à mauvais escient, il semble dangereux, dans le cas de système critique, de donner à un opérateur un système adaptatif qui peut de son propre chef prendre l'initiative d'agir. La nature imprévisible d'un tel système risque de perturber l'opérateur dans les situations critiques imprévues dans lesquelles il est précisément censé l'assister. Néanmoins que faire dans une situation de crise pour assister l'opérateur, si ce dernier perd réellement le contrôle du système à cause d'une surcharge d'informations ?

Un système qui prend l'initiative d'adapter spontanément l'organisation et la présentation des informations, peut réduire ou augmenter les efforts qui sont nécessaires à l'opérateur pour percevoir et interpréter les informations qui lui sont présentées.

La justification de l'adaptation et l'initiative de tel système reposent précisément sur ce dilemme : un système capable d'initiative et d'adaptation ne peut se justifier - et être accepté par ses utilisateurs - que dans la mesure où ses derniers ont toutes les raisons de croire, que les actions de ce système entraîneront une réduction de leurs efforts de perception et d'interprétation. Se pose alors la question des moyens de guider l'initiative et l'adaptation de ces systèmes.

Objectifs et approche

La problématique de l'autonomie du système tant en supervision que dans des domaines plus grand public n'est pas simple. L'introduction de systèmes de plus en plus automatisés en supervision n'est pas sans avoir apporté son lot de problèmes. Par exemple, tant que le processus fonctionne normalement, l'opérateur est en *sous-charge* de travail, le système automatisé ne requérant pas d'intervention humaine, ce qui entraîne à court terme une baisse de sa vigilance. Par contre, en cas de dysfonctionnement, l'opérateur est en *surcharge* de travail car il doit alors traiter un grand nombre d'informations et effectuer un grand nombre d'actions pour diagnostiquer et résoudre le problème.

Nombre de travaux de recherche en supervision portent sur l'aide à la décision ou au diagnostic. Les aspects concernant plus spécialement les interfaces hommes machines relèvent la plupart du temps d'une démarche ergonomique, visant à modéliser l'opérateur pour comprendre les raisons de ses erreurs et pour améliorer ses conditions de travail et sa performance. Bien que ces différents points soient importants dans le cadre de cette thèse - ils seront abordés dans le chapitre 2 - ce ne sont pas les thématiques sur lesquelles portent notre recherche.

Notre approche concerne les **interfaces adaptatives**. L'aspect sur lequel nous nous sommes concentrés au cours de notre recherche est la présentation des informations, les moyens, les manières et les raisons d'adapter cette présentation. La présentation des informations est dans notre cadre de travail le résultat d'un processus de traitement des informations, la **composition**.

Notre démarche méthodologique s'inscrit dans le contexte plus général de la composition adaptative qui est la thématique de recherche que conduit l'équipe au sein de laquelle nous nous sommes intégrés. Ce contexte se présente en une succession de phases, chacune se déclinant de la manière suivante : définition d'une problématique de la composition adaptative dans un domaine d'application, construction d'éléments théoriques et de modèles généraux et spécifiques au domaine, réalisation d'un prototype, validation, analyse critique et retour sur la théorie pour aborder une nouvelle phase soit dans le même domaine soit dans un autre domaine. Le but est d'arriver à des constructions théoriques et à des modèles génériques applicables à différents domaines.

Notre recherche initialisée lors de notre stage de DEA et menée jusqu'à la thèse s'intéresse aux fondements et à la modélisation de la composition multimédia adaptative. Nos travaux sur cette thématique ont couvert la phase d'initialisation, de modélisation initiale et de premier

maquettage lors de notre stage de DEA. Nos travaux de recherche pendant la thèse ont ensuite connu un cheminement particulier marqué par le succès rencontré par les résultats antérieurs.

En effet, nos modèles ont été proposés comme base de travail pour un projet européen sur la thématique de la composition adaptative multimedia dans le domaine de la supervision industrielle, le projet AMEBICA (présenté aux chapitres 1 et 6). La première moitié de notre travail de recherche pendant la thèse a en conséquence porté sur l'enrichissement et l'adaptation de nos modèles pour qu'ils puissent être applicables au contexte d'un tel projet. Ce travail s'est fait en partie en collaboration avec nos partenaires, en particulier les chercheurs de l'université de Loughborough. La réalisation qui a suivi et à laquelle nous avons participé a été l'occasion d'évaluer, de revoir et d'étendre nos modèles à la lumière d'un projet concret et sur une grande échelle. Ceci constitue notre premier apport.

Cette première phase de recherche terminée, notre objectif a été, en conformité avec le cadre de recherche plus général, de faire un retour sur la théorie à la lumière des réussites et des manques observés lors du projet AMEBICA. Nos travaux ont alors porté sur la construction de fondements théoriques génériques pour la composition adaptative applicable à une problématique plus générale que celle de la supervision industrielle. Un système prenant l'initiative d'adapter la présentation des informations peut susciter des réticences de la part de l'utilisateur. Il nous a donc semblé nécessaire de nous attacher à proposer des règles et heuristiques pour guider l'adaptation de la présentation des informations et les initiatives du système interactif. Nous proposons un modèle conceptuel et un modèle formel qui s'articulent sur le concept de pertinence. Nous voyons en effet dans une formalisation de la pertinence étendue à la composition, un principe directeur qui guide les choix d'adaptation de l'agent logiciel assurant la présentation des informations à l'utilisateur. Ces résultats théoriques constituent notre second apport.

Pour vérifier leur intérêt, nous les avons ensuite portés sur le modèle de l'architecture AMEBICA pour le refonder afin d'en améliorer la validité et l'efficacité. Ce modèle revisité et les attendus théoriques peuvent par la suite servir de base pour un autre projet dans la supervision industrielle ou dans un autre domaine. En effet, la supervision fournit un cadre de réflexion privilégié pour l'étude et le développement d'un système adaptatif, de part ses contraintes relativement bien définies. L'automatisation des tâches de surveillance et de conduite de procédé a commencé il y a une quarantaine d'années. Ce domaine a donc une certaine maturité et est l'objet de nombreux travaux, notamment en ergonomie. Ces travaux proposent des résultats et des modèles intéressants pour l'étude d'une interface homme machine adaptative. Néanmoins, la spécificité et la criticité des applications de supervision nous incitent à essayer d'appliquer nos résultats à d'autres domaines.

Structure de la thèse

Ce mémoire présente notre travail pour définir un ensemble de propriétés et de règles pour diriger l'adaptation et l'initiative d'un système interactif. Le mémoire se divise en trois parties qui correspondent à un découpage logique de notre travail de recherche et non à une présentation chronologique de son évolution. Nous avons choisi de présenter nos travaux selon le découpage suivant : problématique de la composition adaptative, modèles conceptuel et formel, et enfin aspects techniques. En effet, notre travail sur le projet AMEBICA est une première réponse à la problématique des interfaces adaptatives. Pour généraliser les résultats obtenus avec l'approche applicative adoptée dans ce projet, nous avons construit un modèle théorique. Ce modèle théorique nous permet de critiquer les résultats du projet AMEBICA et d'en proposer des extensions.

La première partie présente la problématique de l'adaptation et de l'initiative du système

interactif et un état de l'art nécessaire pour situer cette problématique. La deuxième partie introduit un modèle conceptuel et un modèle formel nés de la volonté de consolider théoriquement et de généraliser les résultats du projet AMEBICA. Enfin, la troisième partie présente une application théorique de notre travail sur l'initiative du système. Nous y revenons également sur le projet AMEBICA en détaillant les aspects techniques de notre travail sur ce projet. Nous le critiquons alors au regard des modèles théoriques de la partie précédente et en proposons des améliorations.

Partie I : chapitres I et II

Notre travail sur le projet AMEBICA portait sur l'amélioration de la présentation des informations dans le cadre de la supervision industrielle : comment aider l'opérateur à percevoir les informations importantes dans une situation critique avec une interface homme machine adaptative ? Ce projet est l'objet du chapitre 1. Nous introduisons la problématique de l'adaptation dans le cadre de la supervision par la présentation extensive du *Storm Scenario*, l'un des deux scénarii de validation du projet. Les solutions adoptées dans AMEBICA sont exposées et critiquées et nous permettent d'ouvrir sur la problématique générale de l'adaptation dans les systèmes interactifs.

Le chapitre 2 poursuit et complète la présentation de la problématique de l'adaptation et de l'initiative des systèmes interactifs. Nous présentons quelques concepts issus de l'ergonomie et de la psychologie comme celui de charge de travail, ainsi que différents modèles de l'opérateur fréquemment utilisés en supervision ou dans la communauté *IHM*. Dans ce chapitre, nous introduisons également la problématique de la coopération homme machine. Cela nous permet ainsi de revenir sur notre travail en supervision, de discuter certains de ces résultats et d'ouvrir sur l'initiative dans les interfaces homme machine en général. Nous concluons sur la nécessité de guider toute initiative du système dans le dialogue homme machine.

Partie II : chapitres III à IV

Dans une second partie, nous présentons dans le chapitre 3 les différents concepts que nous avons développés au cours de notre thèse. Nous présentons un modèle formel possible de ces concepts au chapitre 4.

Nous détaillons ainsi, dans le chapitre 3, les concepts de composition, de moteur de composition, de ressources d'information, d'utilité, d'utilisabilité et de pertinence et nous y présentons également, un modèle de la communication interhumaine qui a inspiré une partie de ces concepts.

Nous décrivons la composition comme le résultat d'un processus réalisé par un moteur de composition. Le moteur de composition construit un document à partir d'un ensemble de ressources d'information, de contraintes et de règles de construction. Le moteur de composition est présenté comme un agent autonome, prenant des initiatives sur les informations à présenter et sur la forme de cette présentation.

L'utilité et l'utilisabilité sont deux propriétés des ressources d'information que l'agent compositeur utilise pour prendre ces différentes décisions. L'utilité correspond à la valeur du contenu de la ressource d'information, son intérêt et son importance au regard de l'utilisateur et du domaine. L'utilisabilité concerne la modalité associée à la ressource et la présentation. La pertinence d'une ressource d'information est, dans ce cadre, l'agrégation de l'utilité et de l'utilisabilité.

Dans le chapitre 4, nous introduisons un modèle formel. Nous retrouvons sous une forme plus formelle, une partie des concepts proposés et définis au chapitre précédent. L'intérêt de ce

modèle formel est de permettre de proposer une évaluation possible de l'utilité et de l'utilisabilité d'une ressource, et donc de la pertinence de cette dernière.

Partie III : chapitres V et VI

Dans la troisième partie, au chapitre 5, nous présentons une modélisation de l'à-propos appliqué à deux scénarii concrets. Le premier scénario correspond à un assistant de direction qui doit déterminer s'il doit passer un appel téléphonique ou non à son supérieur. Le deuxième scénario considère un logiciel qui aide un enseignant à gérer les méls de ses étudiants dans le cadre d'un système d'enseignement à distance. Ces deux modélisations esquissent un modèle de l'intervention du système. Nous faisons le lien entre ces modélisations et les concepts et outils formels présentés dans la partie précédente.

Enfin, nous revenons au chapitre 6 sur le projet AMEBICA que nous avons introduit au chapitre 1. Nous présentons les détails techniques de notre travail sur les interfaces adaptatives en supervision. Nous décrivons l'architecture du système que nous avons développé pour le projet AMEBICA. Nous détaillons un algorithme de calcul des espaces libres sur l'écran sur lequel nous avons plus particulièrement travaillé dans le cadre de notre participation au projet. Nous concluons ce dernier chapitre par une critique des résultats de ce projet à la lueur de nos modèles théoriques.

Synthèse de l'introduction

Ce mémoire est le fruit d'une recherche qui, a défaut d'être transdisciplinaire, a abordé une même problématique selon différents domaines. En partant d'une approche empirique dans le cadre de la supervision industrielle, nous avons essayé de proposer un modèle général de la composition puisant conjointement dans l'ergonomie, les interfaces adaptatives et dans des modèles de la communication interhumaine directement issus des sciences humaines.

Première partie

Problématique et états de l'art

Chapitre 1

AMEBICA, Une interface adaptative pour la supervision

Plasticity is a double-edged sword : the more flexible an organism is, the greater the variety of maladaptive, as well as adaptive, behaviors it can develop ; the more teachable it is the more fully it can profit from the experiences of its ancestors and associates and the more it risks being exploited by its ancestors and associates¹.

Donald Symons

L'objet de ce chapitre est d'introduire la problématique de l'adaptation dans les interfaces homme machine. Nous abordons cette problématique par la description d'un projet sur les interfaces adaptatives en supervision, le projet AMEBICA. Cette description nous permet d'aborder l'adaptation dans le cadre concret des interfaces de supervision. Nous présentons en particulier un des scénarii de validation du prototype, qui illustre l'intérêt et les apports d'une interface adaptative. Le bilan critique des apports et limites d'AMEBICA, nous permet de poser des éléments de notre réflexion sur les problématiques de l'initiative et de l'adaptation dans un système interactif, notamment le problème lié à l'acceptabilité de tel système.

Sommaire

1.1	Présentation du projet	13
1.1.1	Les partenaires	13
1.1.2	Les origines et objectifs	14
1.1.3	Contexte théorique	15
1.1.4	Illustration de l'adaptation dans AMEBICA : le Storm Scenario	16
1.2	L'adaptation dans AMEBICA	25
1.2.1	Déclencheurs de l'adaptation	25
1.2.1.1	Le processus	25
1.2.1.2	L'opérateur	26
1.2.2	Fonctions de l'adaptation	28
1.2.2.1	Aide à la navigation	28

¹La plasticité est une épée à double tranchant : plus un organisme fait preuve de flexibilité, plus est grande la variété de comportements tant maladaptés qu'adaptés il peut développer ; plus il est fait preuve de capacité d'apprentissage, plus il pourra pleinement profiter de l'expérience de ses ancêtres et de ses associés et plus il risque d'être exploités par eux.

1.2.2.2	Mise en valeur des informations	28
1.2.2.3	Adaptation spatiale	29
1.2.2.4	Sélection de la représentation la plus adéquate	29
1.2.2.5	A-propos des informations	29
1.3	Les apports et limites d'AMEBICA	30
1.3.1	Enjeu social et humain : l'acceptabilité	30
1.3.2	Adaptation et initiative du système	31
1.3.3	Les perspectives ouvertes par AMEBICA	32
1.4	Conclusion	33

Ce chapitre présente le projet Esprit AMEBICA (*Auto-adaptive Multimedia Environment Based on Intelligent Collaborating Agents*). La présentation d'AMEBICA nous permet d'introduire la problématique de l'adaptation dans les Interfaces Homme Machine.

Le projet en lui-même a commencé en octobre 1998 et s'est achevé en mars 2001. Il concernait la spécification, la conception et l'implémentation d'un environnement adaptatif multimédia basé sur une architecture d'agents collaborant pour des applications de supervision. Notre mémoire de DEA (Vaudry, 1998) a fourni une base de réflexion pour la proposition du projet et ses premières étapes (AMEBICA, 1998). Notre travail au cours du projet a porté sur les modèles conceptuels et une réflexion de fond liée à la définition et à l'utilisation des interfaces adaptatives. Nous avons en outre participé aux spécifications, à la conception et à l'implémentation d'une partie de l'architecture présentée au chapitre 6.

Après une présentation des partenaires, origines et objectifs du projet, nous introduisons brièvement la notion de composition. Nous illustrons les mécanismes de l'adaptation d'AMEBICA à travers un scénario, puis nous détaillons ces mécanismes plus avant. Nous terminons sur un bilan critique des apports et limites d'AMEBICA, qui nous permet d'introduire les problématiques de l'initiative et de l'adaptation du système.

1.1 Présentation du projet

1.1.1 Les partenaires

Ce projet a réuni sept partenaires européens en plus du LGI2P², tant académiques qu'industriels :

- Le centre de recherche d'Alcatel dont l'intérêt pour le marché des systèmes de supervision et de contrôle a justifié son implication dans le projet AMEBICA.
- Elsag, une société italienne, compagnie de Finmeccanica, dont l'activité est centrée sur l'électronique pour les systèmes automatisés. Elsag produit et vend l'application GRS (Global Ranger System), un produit pour la supervision et la gestion d'un réseau électrique. L'un des 2 prototypes d'application développé dans le projet est une version proposant une interface adaptative de ce système.
- Softeco, une société de services informatiques italienne³.
- Iberdrola, une entreprise privée espagnole produisant, transportant et distribuant de l'électricité. Le deuxième prototype développé l'a été pour l'interface de supervision de l'une de ses centrales thermiques.
- Labein⁴ est un organisme de recherche espagnol dont la vocation première est le développement de la recherche appliquée et le transfert de technologie.
- IFE⁵ (Institut For Energiteknikk / Institut For Energy technology) est un centre de recherche norvégien à but non lucratif réparti principalement sur deux sites : Halden et Kjeller. Depuis 1958, IFE gère notamment un programme de recherche internationale pour l'industrie nucléaire, le projet HRP⁶.
- Le LUTCHI (Loughborough University⁷ Telecommunications and Computer Human Interaction Research Center) est un des départements de recherche de l'université de Loughborough dont les axes majeurs sont les télécommunications et les interfaces homme machine.

²Laboratoire de Génie Informatique et d'Ingénierie de Production

³<http://www.softeco.it/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

⁴<http://www.labein.es/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

⁵<http://www.ife.no/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

⁶Halden Reactor Project

⁷<http://www.lboro.ac.uk/departments/co> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

Ce département est dirigé par James Alty⁸. Christopher Khalil, l'un de ses doctorants a consacré l'essentiel de sa thèse à AMEBICA (Khalil, 2001).

1.1.2 Les origines et objectifs

Les objectifs de ce projet sont la spécification, la conception et l'implémentation d'une interface homme machine adaptative à destination d'applications de supervision. L'architecture de cette interface est basée sur un système multi-agents. Cette architecture a comme contrainte d'être générique pour faciliter une réutilisation des développements pour d'autres interfaces que celle des deux applications prototypes.

Dans le cadre de la supervision industrielle, une équipe d'opérateurs surveille et contrôle l'état et l'évolution d'un processus temps réel. Ces opérateurs sont chargés d'optimiser la production, de prévenir les éventuelles défaillances et de résoudre des problèmes en cas de fonctionnement anormal. La tendance est à la réduction du nombre d'opérateur. Ainsi, il est courant qu'un seul opérateur ait à charge de superviser un grand nombre d'équipements ou d'installations. En conséquence, de nombreuses informations en provenance de sources diverses sont présentées aux opérateurs dans des fenêtres temporelles réduites sous des formes sonores et visuelles variées (Alty et al., 1985).

Les options des opérateurs quant aux choix du média, de la modalité et du moment de la présentation de ces informations sont la plupart du temps limitées. Certains des paramètres de la présentation sont fixés lors de la conception de l'interface et de la configuration du système, d'autres sont déterminés par la nature du processus. Les interfaces homme machine de ce type de système ne procurent que peu de moyens de contrôler le flux, la forme et le positionnement de l'affichage des informations en cours de fonctionnement. D'un certain point de vue, il peut sembler préférable que les opérateurs ne puissent modifier en temps réel une interface complexe. Néanmoins un manque de souplesse dans la présentation des informations peut conduire à des situations de sous-charge ou de surcharge de l'opérateur.

De plus, le nombre de problèmes possibles pouvant survenir lors du fonctionnement du processus est si important, qu'il est impossible de tenir compte de tous au moment de la conception. Les situations inhabituelles et non prévues par le système sont celles qui réclament le plus d'effort cognitif de la part des opérateurs, les faisant travailler au *niveau connaissance*, si on se réfère au modèle SRK⁹ de Rasmussen (Rasmussen, 1983)¹⁰. Dans de telles situations, le souci majeur est la présentation des informations essentielles, de la manière la plus compréhensible possible (Alty et al., 1993).

Bien que ces dernières années ont été le témoin d'avancées dans l'ergonomie des dispositifs d'interaction en salle de commande (Milot, 1988; Kolski, 1993; Montmain, 2000), la rigidité de telles interfaces peut être un inconvénient majeur dans certaines situations critiques. En effet, dans certaines de ces situations la flexibilité requise pour gérer le problème repose entièrement sur les seuls opérateurs (Hollnagel, 1998). De fait, la rigidité de l'interface crée souvent des tâches supplémentaires pour les opérateurs. Ainsi, de manière globale, la rigidité des interfaces a principalement deux inconvénients :

1. **La maîtrise de la complexité du système.** Durant les étapes de spécification et de

⁸http://www.lboro.ac.uk/departments/co/personal_pages/alty.html - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

⁹SRK est l'acronyme de Skills Rules Knowledge (Habilités, Procédures, Connaissances). Ce modèle proposé par Rasmussen, considère qu'un opérateur a 3 niveaux de traitement et de comportements différents en fonction de la nature du problème qui survient, c'est-à-dire si c'est un événement habituel et dont l'occurrence a été prévu dans le système, si c'est un événement inhabituel mais prévu à la conception ou si c'est un événement inhabituel et non-anticipé à la conception

¹⁰Nous aborderons le modèle SRK de manière plus détaillée au chapitre 2

conception de l'interface d'un systèmes de supervision, le nombre d'événements à prendre en compte et le nombre de préférences et points de vue des opérateurs à considérer est trop important pour pouvoir être maîtrisé. Cela entraîne généralement des insatisfactions et des modifications coûteuses lors des phases de déploiement et de configuration.

2. **La flexibilité de l'interface.** A l'utilisation, l'interface manque *d'intelligence* et de souplesse pour faciliter la tâche de l'opérateur en fonction des difficultés rencontrées et accroître ainsi son efficacité en situation critique.

Le projet AMEBICA a été proposé avec l'intention de fournir des éléments de solution aux inconvénients précédemment évoqués (AMEBICA, 1998). Il est attendu d'une interface adaptative qu'elle aide les opérateurs à mieux percevoir et s'approprier les informations les plus pertinentes. Une telle interface est vue comme un ensemble d'agents représentant le processus, le système, les opérateurs et les différentes informations. La présentation des éléments de l'interface est alors le résultat d'une négociation entre les différents agents. Il faut noter que le projet AMEBICA se focalisait sur l'amélioration de l'interface utilisateur du système de supervision par l'introduction d'adaptation dans cette dernière, et non à l'application de techniques issues de l'intelligence artificielle dans le système de supervision lui-même, par exemple dans des systèmes d'aide à la décision ou au niveau de la commande du processus (commande floue, contrôleurs flous, raisonnement qualitatif ou causal, etc.) (Gentil, 1997; Barrat et al., 1993; Montmain, 2000).

AMEBICA a été testée sur deux applications proposées respectivement par Iberdrola et Elsas :

- La supervision d'une centrale thermique (TPP - Thermal Power Plant supervision) dont une capture d'écran est présentée à la figure 1.1.
- La gestion d'un réseau électrique (ENM - Electrical Network Management) dont des captures d'écran sont visibles sur les figures 1.2 à 1.18.

Softeco a développé avant la fin du projet AMEBICA une autre application pour la gestion du trafic routier en réutilisant ses développements pour l'application ENM (figure 1.3)

1.1.3 Contexte théorique

Notre travail s'insère dans le prolongement des travaux de Michel Crampes sur la composition (Crampes, 1995). La composition est l'ensemble du processus permettant d'obtenir un document numérique¹¹ utilisable par un opérateur, construit à partir d'un ensemble d'informations ou de fragments d'information. Schématiquement, à partir d'un ensemble d'informations, ce processus en filtre, traite et en assemble une partie. Puis, il organise la présentation de ces informations sur l'interface. Pour réaliser ces différentes opérations de filtrage, de traitement et d'organisation des informations, le processus de composition se base sur un modèle du domaine d'où proviennent les informations, un modèle de l'utilisateur et un modèle de l'espace d'énonciation dans lequel le document est présenté à l'utilisateur (Vaudry & Crampes, 2001b; Vaudry & Crampes, 2001a) :

- Le modèle du domaine renseigne sur la tâche à réaliser du point de vue du système, la sémantique contenue dans les informations et certaines de leurs propriétés.
- Le modèle de l'espace d'énonciation donne un modèle des modalités de sortie disponibles sur la plateforme utilisée (écran, haut-parleurs, etc.).
- Le modèle utilisateur regroupe l'ensemble des connaissances sur l'utilisateur et la tâche qu'il doit accomplir de son point de vue : les données permettant son identification, les données de personnalisation (préférences), une représentation de ses connaissances sur un

¹¹Nous entendons par document un ensemble structuré d'informations. Une interface de supervision est un document dynamique dans lequel l'opérateur peut naviguer et dont les informations sont constamment remis à jour. Nous explicitons les notions de document, document numériques, document virtuel au chapitre 3

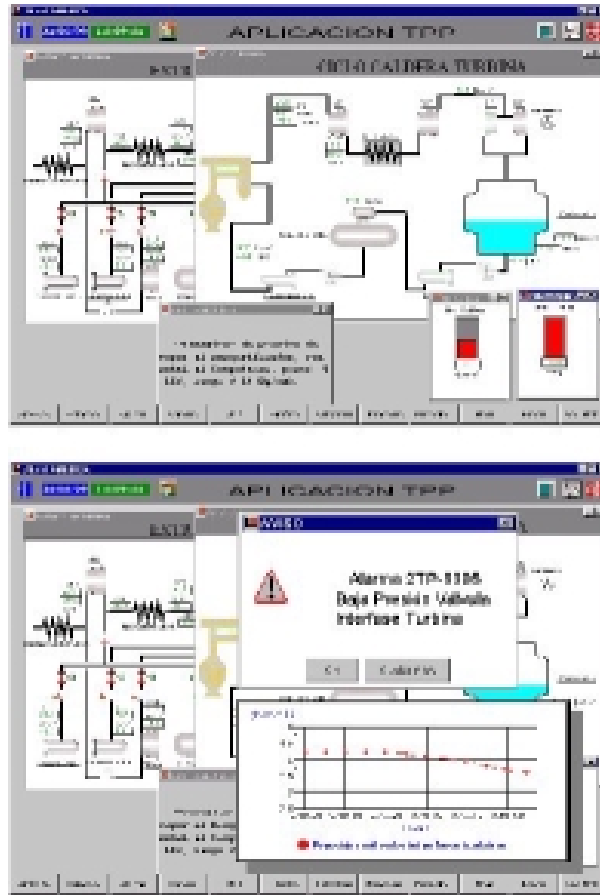


FIG. 1.1 – Application Thermal Power Plant (TPP)

domaine particulier, la ou les tâches qu'il doit accomplir, l'historique et le contexte de ses actions.

Le schéma de la figure 1.4 récapitule les différents éléments intervenant dans le processus de composition.

Nous revenons plus en détail sur la composition dans les chapitre 3 et 4. Dans le chapitre 3, nous détaillons plus avant le processus de composition et ces éléments constitutifs. Nous le présentons comme le fait d'un agent dont le rôle est d'intégrer les différents paramètres inhérents à la tâche, à l'environnement, au système, à l'opérateur ou à l'interface elle-même, pour construire et produire une composition. Dans le chapitre 4 nous en proposons un modèle formel.

1.1.4 Illustration de l'adaptation dans AMEBICA : le Storm Scenario

Avant de détailler les aspects techniques de l'adaptation dans AMEBICA, nous présentons son fonctionnement par l'intermédiaire d'un exemple : il s'agit des étapes d'un scénario, le *Storm Scenario* originalement spécifié par Elsag et Softeco (Biglino & Mantoani, 1999). Ce scénario est l'un des deux scénarii qui ont été spécifiés pour valider le prototype final. Le système interactif conçu à partir de l'architecture AMEBICA pour l'application ENM (Electrical Network Management) réalise effectivement ce scénario, à partir de l'environnement simulé d'une situation de crise. Le système décrit est une version *adaptative* de l'application GRS (Global Ranger System) d'Elsag.

Dans la suite de ce mémoire, notamment au chapitre 2, nous ferons parfois référence à

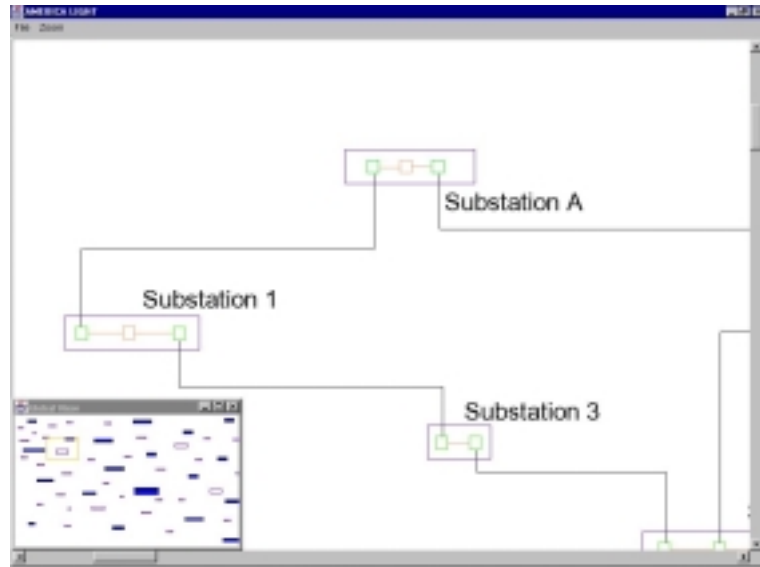


FIG. 1.2 – Application Electrical Network Management (ENM)



FIG. 1.3 – Application de gestion du trafic routier réalisé par Softeco à partir d'AMEBICA

ce scénario pour illustrer certains concepts. Ce scénario présente la plupart des mécanismes d'adaptation implantée dans le prototype final. Ce scénario permet de réaliser que la composition adaptative devait être le résultat d'un équilibre entre l'*utile* et l'*utilisable*.

Le système de supervision ici considéré est un large réseau de distribution électrique. Le scénario se déroule dans le courant de la nuit, alors qu'un seul opérateur est présent. Sur la figure 1.2, nous voyons une portion du réseau et aucun problème n'est à signaler. Dans le coin inférieur gauche, une fenêtre libellé *Global View* présente une vue réduite générale de l'ensemble du réseau. La fenêtre principale présente une portion de ce réseau qui comprend les sous-stations 1, 3 et A.

Comme nous le verrons plus loin, l'opérateur ou AMEBICA peut faire varier le niveau de zoom de cette fenêtre pour présenter une portion plus ou moins grande du réseau électrique. Des ascenseurs placés sur le bord droit et en bas de la fenêtre permettent à l'utilisateur de déplacer la vue du réseau s'il le désire. L'opérateur a également à sa disposition comme dispositif

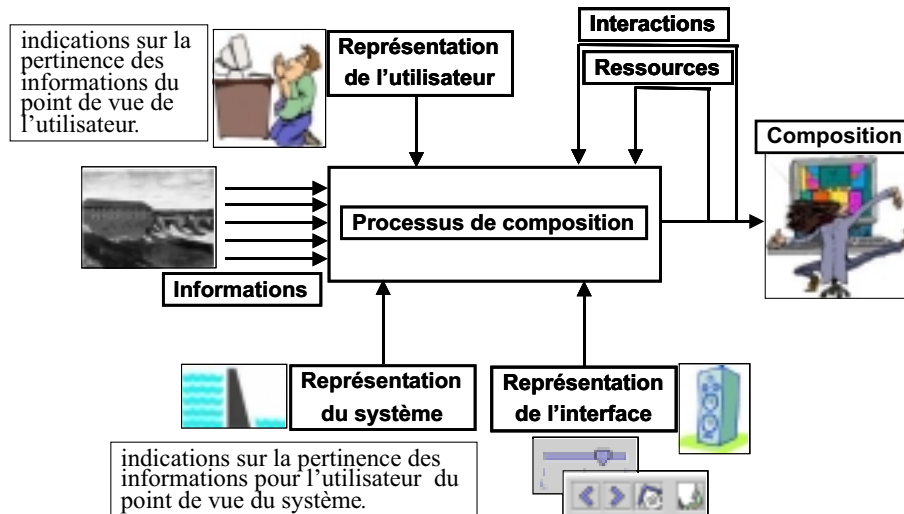


FIG. 1.4 – Les différents éléments du processus de composition

d'interaction une commande vocale¹² reconnaissant quelques mots clés comme commandes : *Top*, *Bottom*, *Right*, et *Left*, pour déplacer respectivement la vue de la fenêtre principale vers le haut, le bas, la droite ou la gauche ; *Pop* \langle *motDeRappel* \rangle pour mémoriser un état de l'interface sous le nom *motDeRappel* et rappeler cet état mémorisé en prononçant *Pull* \langle *motDeRappel* \rangle ; enfin, chaque nom de sous-station est un mot de commande qui permet de centrer la vue sur la sous-station correspondante (par exemple le fait de dire *substation 1* centre la vue sur la sous station 1)

L'orage survient, entre dans la zone alimentée par le réseau supervisé et se déplace à l'intérieur de cette dernière. Au fur et à mesure de sa progression, certaines sous-stations sont affectés par des pannes dues à l'orage. Certaines parties de la zone desservie par le réseau électrique ne sont alors plus alimentées. Des alarmes se déclenchent au niveau des sous-stations concernées. Le processus passe alors d'un *état normal* (comme dans la figure 1.2) à un *état perturbé*.

L'orage vient de pénétrer dans la zone supervisée et commence à provoquer des pannes sur l'une des sous-stations, la *substation H*. Dans un premier temps, le système recentre la vue du système sur cette sous-station (figure 1.5). Puis une alarme est générée au niveau du système de supervision et est relayée au niveau de l'interface provoquant l'apparition de deux nouvelles fenêtres (figure 1.6). Une première fenêtre d'alarme, libellée *Alarm list*, apparaît en haut à gauche. Elle récapitule la liste des alarmes et donne certaines informations sur chacune d'elles : une description succincte de l'alarme (colonne libellé *Alarm-Desc*), le moment où elle s'est produite (colonne *Time.Stamp*), sa gravité (colonne *Severity*), son type (colonne *AlarmType*), l'urgence de traitement (par la couleur de la ligne correspondant à l'alarme : vert indique qu'il n'y a pas d'urgence de traitement, jaune indique que c'est une alarme urgente, rouge que c'est une alarme très urgente et noir signale que l'alarme vient d'être traitée. Comme nous le verrons plus loin, la taille de la *police* est également utilisée pour attirer l'attention de l'opérateur sur une alarme à traiter rapidement).

Une seconde fenêtre est ouverte et placée à proximité de la sous-station H. Elle détaille la nature du problème survenu sur cette sous-station. Cette fenêtre est placée de sorte qu'elle ne recouvre pas un élément du diagramme ou une fenêtre qui pourrait contenir une information

¹²Le projet AMEBICA ne portait pas sur le développement d'outil de commande vocale. En la matière nous nous sommes contentés d'intégrer dans l'architecture d'AMEBICA des systèmes existant et ayant fait leurs preuves. C'est le système ViaVoice™ d'IBM

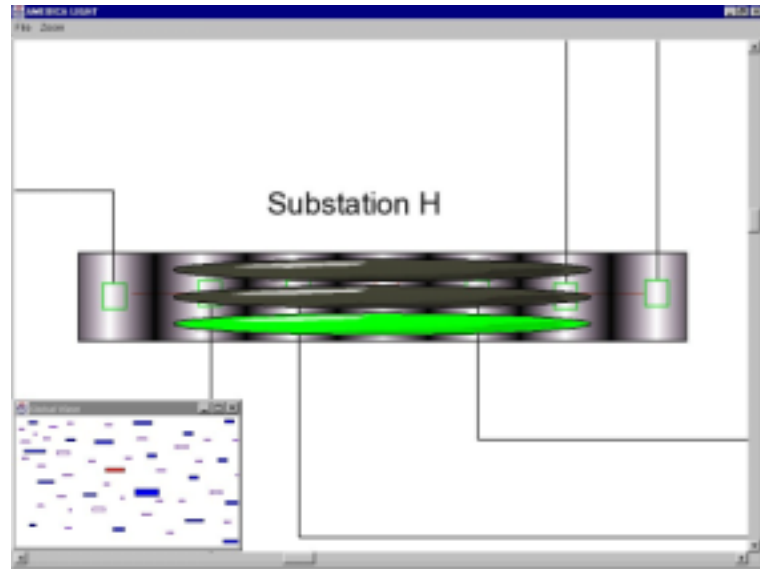


FIG. 1.5 – Application Electrical Network Management (ENM)

nécessaire à l'opérateur. Dans le diagramme de la fenêtre *Global View*, le rectangle représentant la sous-station H a été coloré en rouge. Enfin, l'opérateur peut être inattentif : il peut, par exemple, être engagé dans une autre activité et ne plus regarder l'écran. Par conséquent, pour attirer son attention un premier message d'alarme sonore est émis. Si l'opérateur n'acquiesce pas l'alarme, après un certain intervalle de temps, le message sonore est répété avec un volume accru.

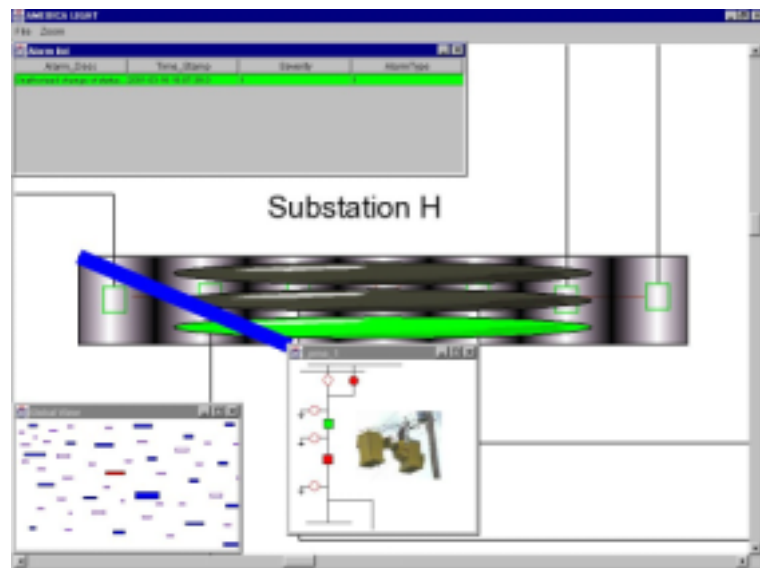


FIG. 1.6 – Application Electrical Network Management (ENM)

L'opérateur commence à donner des signes d'activités perceptibles par le système (déplacement de la souris, activité au niveau du clavier, acquiescement de certaines alarmes, etc.). L'orage se déplace et provoque une panne sur une autre sous-station, la *substation B*. Le niveau de zoom du diagramme du réseau est ajusté pour que les deux sous-stations, sur lesquelles des alarmes sont actives, soient visibles dans la fenêtre principale par l'opérateur. Sur le diagramme général du réseau de la fenêtre *Global View*, le rectangle correspondant à la sous-station B est mis en rouge. Un rectangle jaune apparaît pour indiquer à l'opérateur la partie du diagramme du réseau qui

est maintenant visible dans la fenêtre principale figure 1.7. La fenêtre détaillant le problème sur la sous-station H a été déplacée et redimensionnée pour tenir compte de l'ajustement du niveau de zoom. En effet, suite à ce dernier, il n'y a plus de place sur le côté gauche de la sous-station H. La fenêtre de détail y a donc été déplacée et a été agrandie.

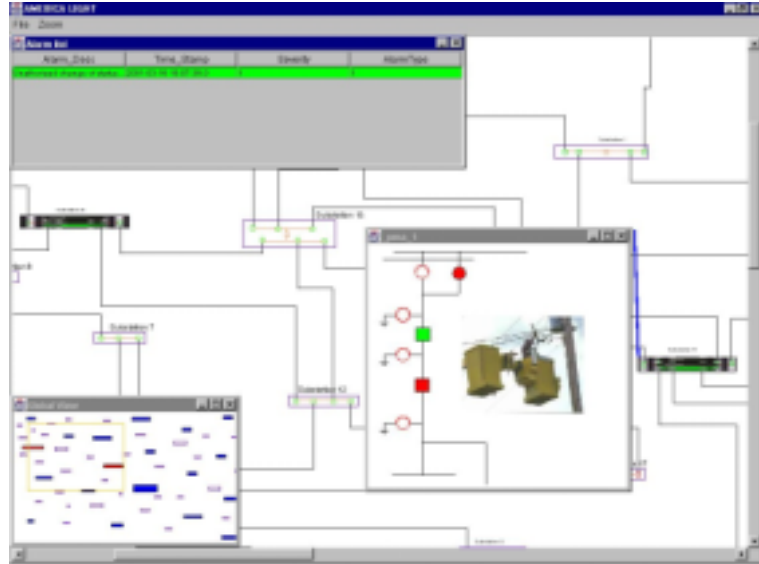


FIG. 1.7 – Application Electrical Network Management (ENM)

Une fenêtre détaillant la nouvelle alarme est ouverte à proximité de la sous-station B (figure 1.8). Elle est également dimensionnée et positionnée pour éviter le recouvrement d'éléments importants. La fenêtre listant l'ensemble des alarmes est mise à jour. Une nouvelle alarme, présentée comme très urgente, est insérée dans cette liste (ligne rouge avec le texte dans une fonte légèrement plus grande que pour l'alarme non-urgente précédente).

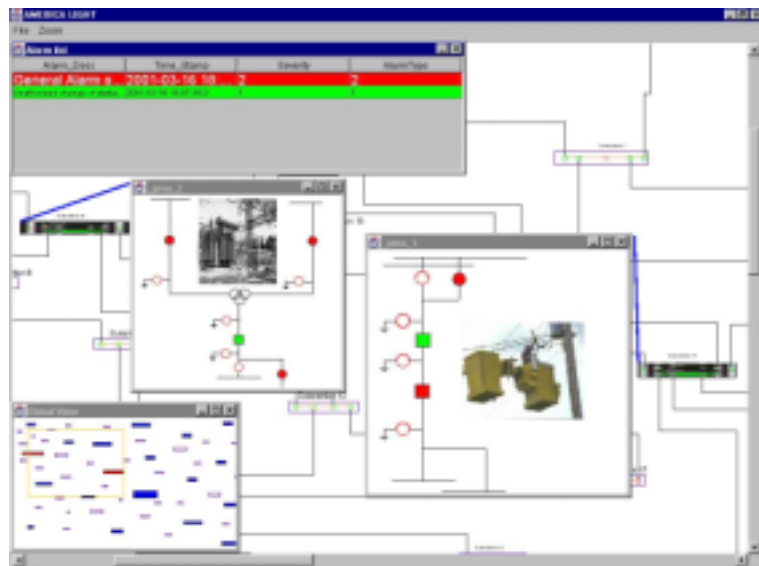


FIG. 1.8 – Application Electrical Network Management (ENM)

Un nouveau problème se produit au niveau de la sous-station H. La fenêtre détaillant précédemment le premier problème survenu sur la sous-station H est supprimée et remplacée par une autre fenêtre de détail. En effet, la nouvelle fenêtre donne des informations sur les deux

problèmes concernant la sous-station H (le système préfère éviter de surcharger l'écran avec des informations redondantes). La nouvelle fenêtre ouverte est en fait une vidéo provenant d'une camera surveillant la partie de la sous-station H où les problèmes sont situés. La fenêtre listant les différentes alarmes est également mise à jour, une alarme très urgente apparaît dans la liste (figure 1.9).

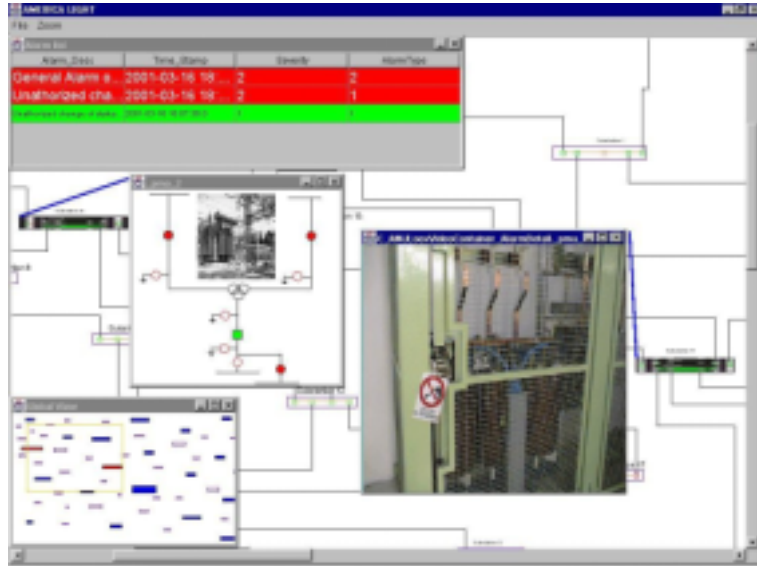


FIG. 1.9 – Application Electrical Network Management (ENM)

L'orage continue à se déplacer et à provoquer des problèmes dans le réseau électrique. Une nouvelle alarme en provenance de la *substation S* est reçue par le système. Le niveau de zoom est à nouveau adapté pour que les trois sous-stations connaissant des problèmes apparaissent dans la fenêtre principale. La disposition des différentes fenêtres évolue légèrement. La fenêtre présentant la vidéo est déplacée à droite de la sous-station H. Comme précédemment, les sous-stations apparaissent comme des rectangles rouges dans la vue générale (figure 1.10).

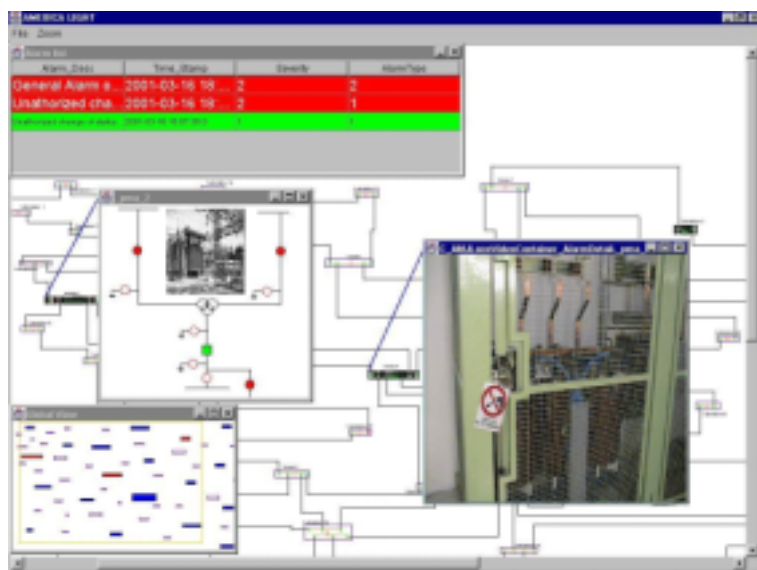


FIG. 1.10 – Application Electrical Network Management (ENM)

La fenêtre résumant les alarmes est mise à jour, une alarme apparaissant comme urgente (en

jaune) fait son entrée dans la liste. Une fenêtre détaillant le problème survenu au niveau de la sous-station S apparaît à gauche de celle-ci (figure 1.11).

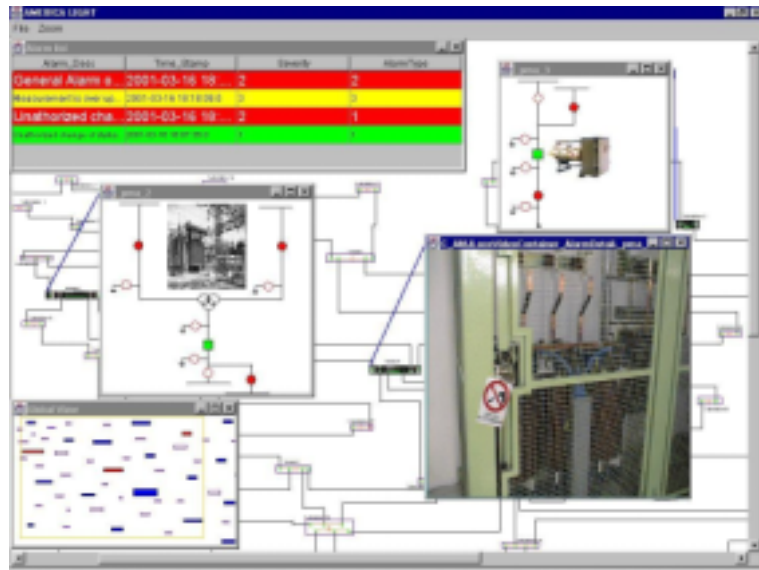


FIG. 1.11 – Application Electrical Network Management (ENM)

L'opérateur n'acquiesce pas l'alarme urgente qui venait d'être listée. Son degré d'urgence change de urgent à très urgent : la ligne correspondante passe de la couleur jaune (figure 1.11) à la couleur rouge (figure 1.12).

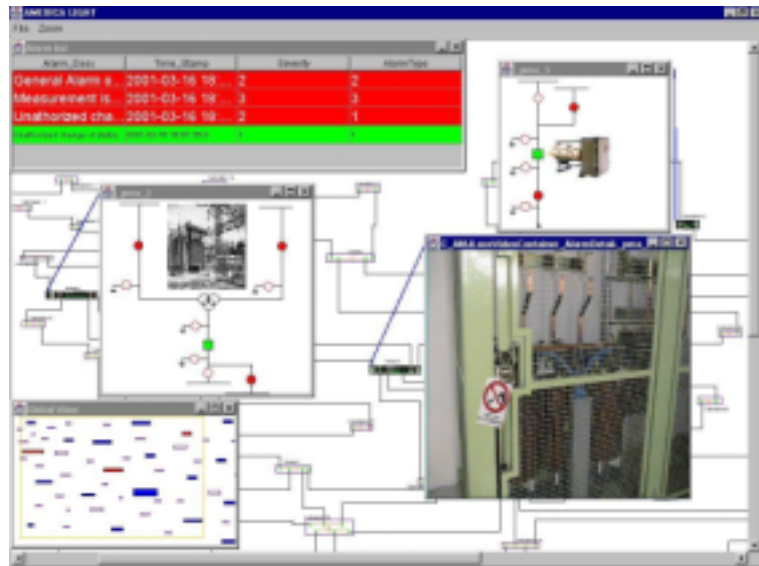


FIG. 1.12 – Application Electrical Network Management (ENM)

L'orage poursuit sa progression et de nouvelles défaillances apparaissent. Une nouvelle sous-station est touchée. Le zoom est légèrement ajusté (la sous-station concernée se trouve déjà dans le bas de la zone du diagramme en cours de visualisation). Le rectangle la figurant dans la vue générale devient rouge et le rectangle zone indiquant la partie du diagramme actuellement visualisée est redimensionné (figure 1.13).

Suite au problème sur une nouvelle sous-station, la liste d'alarme est mise à jour, une nouvelle

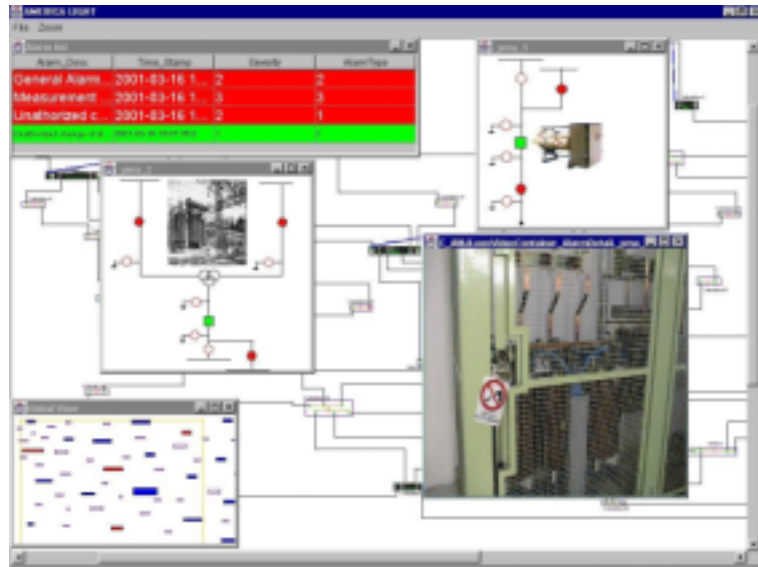


FIG. 1.13 – Application Electrical Network Management (ENM)

alarme urgente s'insère dans la liste. Une fenêtre de détail apparaît à côté de la sous-station correspondante. L'écran de supervision commence à être surchargé mais AMEBICA a pu pour l'instant éviter tout recouvrement de fenêtres en adaptant la dimension et la disposition des différents éléments porteurs d'informations présents à l'écran (figure 1.14).

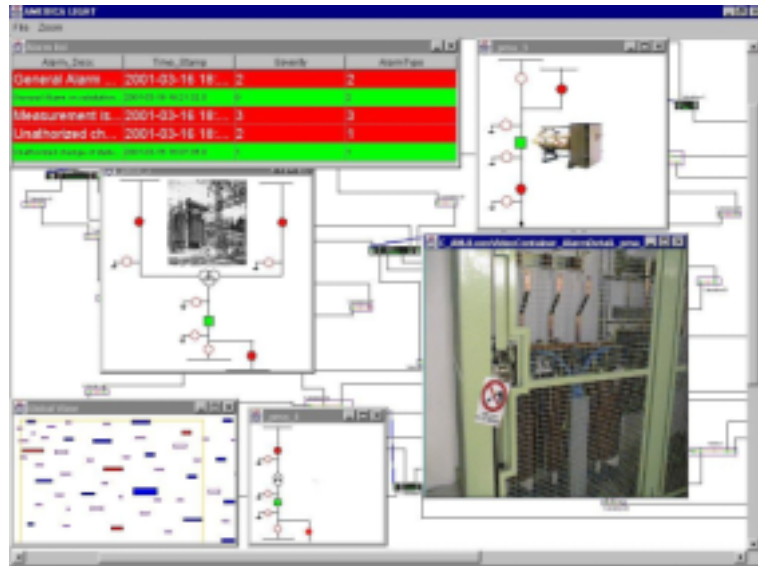


FIG. 1.14 – Application Electrical Network Management (ENM)

L'opérateur acquitte l'alarme concernant la sous-station S. La fenêtre de détail qui lui est associée, placée à côté de la sous-station S est refermée. L'alarme apparaît maintenant en noir dans la liste des alarmes de la fenêtre *Alarm list*. Le rectangle correspondant à la sous-station S apparaît en orange dans la vue globale et est strié de rouge dans la fenêtre principale. Les autres fenêtres de détail sont redispesées et redimensionnées pour profiter au mieux de l'espace libre (figure 1.15).

L'opérateur vient de régler le problème concernant la sous-station B et d'acquitter l'alarme

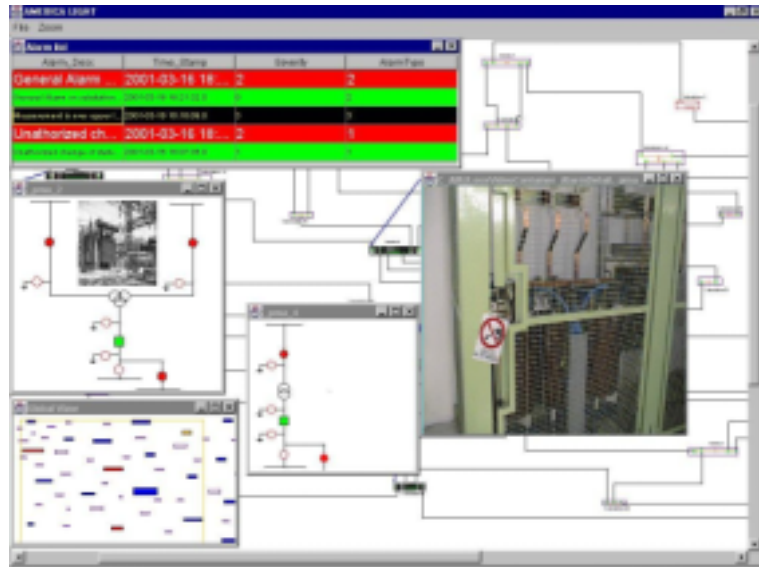


FIG. 1.15 – Application Electrical Network Management (ENM)

correspondante qui passe en noir dans la liste des alarmes. La fenêtre détaillant l'alarme est supprimée et l'affichage légèrement réorganisé (figure 1.16).

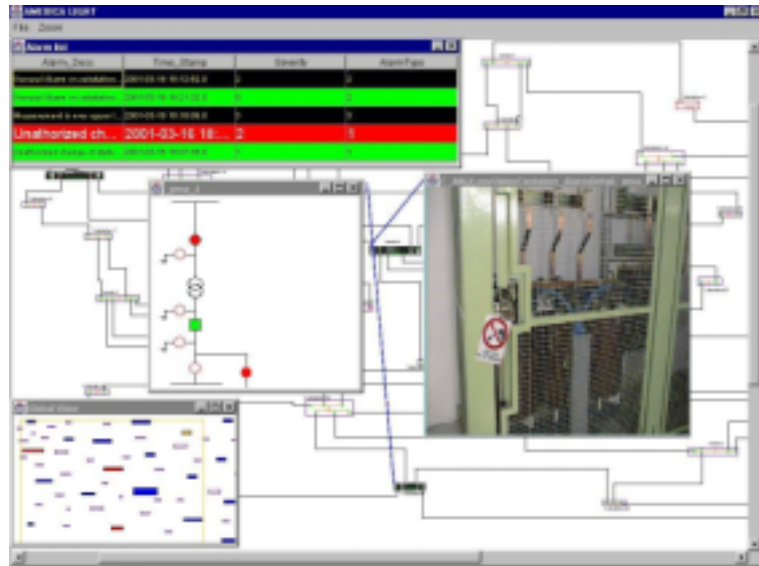


FIG. 1.16 – Application Electrical Network Management (ENM)

A son tour, le problème concernant la sous-station H est réglé. L'alarme correspondante apparaît en noir dans la fenêtre *Alarm list* et la fenêtre de détail correspondante supprimée (figure 1.17).

Enfin, l'orage est sorti de la zone supervisée et l'opérateur a résolu les dernières difficultés. Il a acquitté les dernières alarmes. Le processus repasse dans un état normal, il n'y a plus que deux alarmes non urgentes à traiter (figure 1.18).

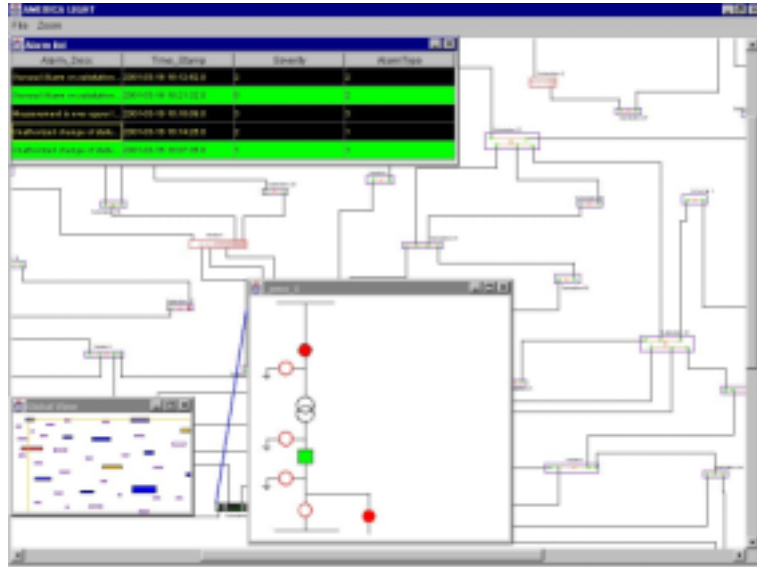


FIG. 1.17 – Application Electrical Network Management (ENM)

1.2 L'adaptation dans AMEBICA

1.2.1 Déclencheurs de l'adaptation

Une interface de supervision industrielle doit être réactive et traduire rapidement les évolutions que connaît le processus, sans pour autant perturber inutilement l'opérateur dans sa tâche par une réorganisation constante de la présentation des informations. Dans AMEBICA, l'adaptation de la présentation a deux initiateurs possibles : le processus et l'opérateur.

1.2.1.1 Le processus

Assez classiquement, dans AMEBICA, le processus est décrit par un ensemble d'états et de transitions entre ses états. Pour simplifier, nous ne considérerons ici que trois états distincts du processus. Il serait possible d'en définir plus ou de raffiner plus avant les trois catégories d'état que nous allons présenter ci-après.

1. **Etat normal.** Le processus ne connaît aucun problème, il se déroule dans son état nominal, aucune alarme n'est active.
2. **Etat perturbé avec un taux d'informations élevé.** Des dysfonctionnements ou des pannes viennent perturber le déroulement du processus. Des alarmes sont actives. De plus, le flux d'informations en provenance du processus est important, la densité informationnelle¹³ sur l'interface est par conséquent élevée.
3. **Etat perturbé avec un taux d'informations faible.** Comme pour l'état précédent plusieurs alarmes sont actives. Néanmoins le flux d'information en provenance du processus reste faible.

L'élément déclencheur de l'adaptation est la transition d'un état à un autre, et particulièrement d'un état normal du processus à un des états *perturbés* du processus.

¹³Au sens défini dans les critères ergonomiques de Bastien et Scapin (Bastien & Scapin, 1993) : *Le critère Densité Informationnelle concerne la charge de travail du point de vue perceptif et mnésique, pour des ensembles d'éléments et non pour des items.*

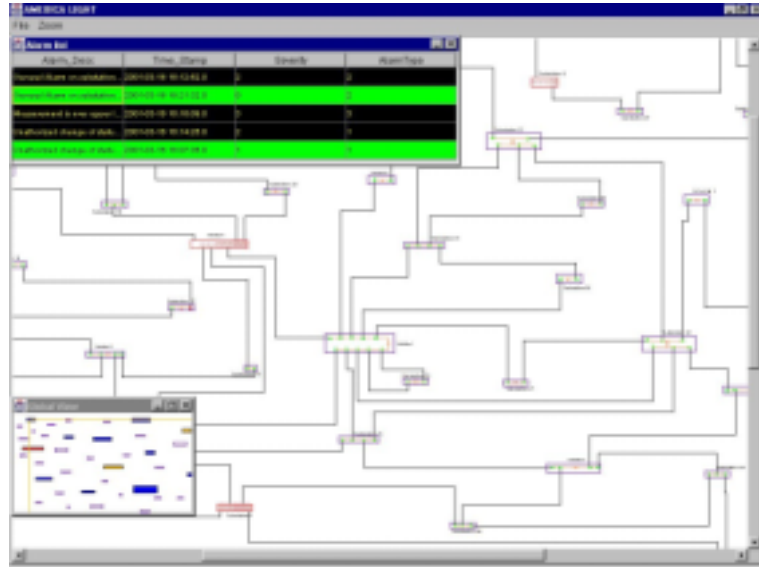


FIG. 1.18 – Application Electrical Network Management (ENM)

Si le flux d'informations devient plus dense, pour prévenir les problèmes de surcharge cognitive et ainsi éviter une rupture de la fluidité de l'interaction, l'interface doit jouer le rôle d'un filtre qui canalise les flux d'informations, elle doit adapter l'impédance pour reprendre l'expression que nous avons employée dans l'introduction.

A cette fin, l'interface doit sélectionner les informations les plus pertinentes relativement à la situation courante et adapter leur présentation afin d'aider l'opérateur à identifier le plus rapidement et le plus aisément possible le dysfonctionnement et les données qui lui sont relatives. Si l'opérateur est face à un problème nouveau ou doit appliquer une procédure de résolution qu'il ne maîtrise pas encore bien, s'il doit en plus fournir un effort cognitif pour réorganiser les informations sur l'interface ou en rechercher certaines nécessaires au processus de résolution dans lequel il s'est engagé, il risque d'être rapidement en surcharge cognitive. Si l'interface se charge elle-même de l'essentiel de la réorganisation de la présentation des informations et s'assure que la majorité des informations utiles dans la situation sont présentes et manifestes à l'opérateur, ce dernier peut se concentrer essentiellement sur la résolution du problème et ainsi être plus efficace.

1.2.1.2 L'opérateur

Comme le souligne Thévenin dans l'introduction de sa thèse (Thévenin, 2001), l'adaptation à l'utilisateur est traitée depuis une vingtaine d'année sans beaucoup de succès et reste difficile à cerner et mettre en place. Il est délicat d'adapter le flux d'informations et la présentation en fonction de l'état de l'opérateur. C'est probablement un point sur lequel le projet AMEBICA a achoppé. Si les résultats sont au demeurant suffisants, on ne peut se targuer qu'ils sont totalement satisfaisants.

En effet, l'interface ne peut baser ses inférences concernant l'état de l'opérateur que sur les actions de ce dernier qui sont perceptibles pour le système. Et même si le moteur d'inférence fonctionne correctement, des prémisses erronées ne peuvent conduire qu'à un jugement faux. L'opérateur peut sembler inactif du point de vue de la machine sans pour autant l'être réellement.

Dans ce projet la décision de s'adapter pour mettre en évidence le problème et suggérer

une solution afin d'aider l'opérateur, repose sur une matrice reproduite dans le tableau 1.1. Elle avait initialement été exposée dans (Parodi et al., 2000). Cette matrice est le fruit d'un travail collectif sur le projet.

Réponse de l'opérateur	Processus dans un état normal	Processus dans un état perturbé, taux d'informations élevé	Processus dans un état perturbé, taux d'informations faible
Normale	Adaptation déclenchée uniquement par le processus	Adaptation déclenchée uniquement par le processus	Adaptation déclenchée uniquement par le processus
Retardée (par rapport au temps de réponse attendu)	(1) Inattentif : Accentuer la présentation pour attirer l'attention	(4) Surchargé : Filtrer les informations, alléger la présentation	(7) Paralysé : Répéter les informations récentes, essayer des représentations alternatives
Erratique (erreurs de manipulations occasionnelles)	(2) Inattentif : Accentuer la présentation pour attirer l'attention	(5) Surchargé : Alléger l'affichage, supprimer les informations inutiles	(8) Perte partielle de compréhension : Changer de modalité
Désorganisée (erreurs de manipulations répétées)	(3) Confus, perte de contrôle : Passer à une vue plus générale	(6) Perte importante de contrôle : Aide ("Voice of God")	(9) Perte totale de compréhension : Généraliser d'un niveau, résumer l'information

TAB. 1.1 – la matrice d'adaptation d'AMEBICA

Dans le cadre du projet AMEBICA, les états de l'opérateur sont caractérisés par la fréquence de ses erreurs ou par le délai de ses réponses. Il y a quatre états distincts :

1. **Normal.** L'opérateur agit correctement pour résoudre les problèmes, dans les délais attendus.
2. **Retardé.** Les actions de l'opérateur sont correctes mais sont effectuées dans un délai trop important par rapport à celui qui est attendu.
3. **Erratique.** La plupart des actions de l'opérateurs sont correctes à l'exception de quelques unes qui sont fausses.
4. **Désorganisé** L'opérateur effectue des erreurs de manipulations répétées.

Cette caractérisation pourrait être améliorée en se basant par exemple sur une des typologies d'erreurs humaines existantes dans le domaine de la supervision comme celle de Reason, de Nicolet ou de de Keyser¹⁴ ou sur le modèle SRK de Rasmussen précédemment évoqué¹⁵. Cependant pour des raisons de délais, nous n'avons pas pu plus approfondir cette caractérisation au cours du projet.

¹⁴Nous ne développons pas ce point, mais le lecteur intéressé peut se reporter à la thèse de Benkhannouche qui présente les typologies de Reason, Nicolet et de Keyser (Benkhannouche, 1996)

¹⁵Il faut d'ailleurs préciser que la typologie de Reason se base sur le modèle SRK de Rasmussen

En fonction des actions de l'opérateur, de la fréquence de ses erreurs et du délai de ses réponses, le système détermine dans quel état est l'opérateur. En fonction de cet état inféré de l'opérateur et de l'état du processus, les actions présentées dans le tableau 1.1 pour adapter la présentation sont envisagées¹⁶. Cette matrice est également discutée à la fin de ce chapitre, à la section 1.3.2.

1.2.2 Fonctions de l'adaptation

L'adaptation vise à maintenir une composition des flux d'informations la plus pertinente possible par rapport aux besoins de l'opérateur. Nous présentons ci-après les points sur lesquels portent l'adaptation dans AMEBICA.

1.2.2.1 Aide à la navigation

La présentation des informations est organisée sur l'interface de manière à réclamer un effort minimum de la part de l'opérateur pour accéder aux informations importantes.

Par exemple, dans l'application ENM présentée à la section 1.1.4, le système centre automatiquement la vue principale sur les éléments du réseau sur lesquels un problème est survenu. Le niveau de zoom est ajusté par le système pour que soient présentes en même temps sur l'écran principal toutes les sous-stations sur lesquelles un dysfonctionnement s'est produit.

L'opérateur peut bien sûr intervenir et modifier le niveau de zoom s'il le souhaite ou déplacer la vue à sa guise. Néanmoins, s'il doit concentrer ses efforts sur la résolution d'un problème, il peut déléguer au système une partie de la navigation dans *l'espace d'informations* constitué par le réseau. Coupler avec le système de commande vocale, l'opérateur peut ainsi consacrer ses mains à d'autres actions que la manipulation de la souris : l'opérateur laisse le système agir et ponctuellement intervient par la voix.

Dans le système actuel, l'application GRS, la plupart de ces manipulations pour accéder aux éléments du réseau connaissant un problème, sont à la charge de l'opérateur. Le gain en confort d'utilisation et en efficacité est très appréciable.

1.2.2.2 Mise en valeur des informations

Dans AMEBICA l'importance d'une information est calculée en fonction de sa valeur du point de vue du système supervisé et de la tâche en cours. Ce calcul s'appuie notamment sur une représentation du processus (Crampes & Hollnagel, 1999b).

Si une information est importante, il s'agit ensuite de la rendre clairement manifeste à l'opérateur : rendre manifeste que cette information est importante en rendant cette information accessible et saillante. A cette fin, le système s'appuie sur un modèle des facteurs humains et des ressources multimédias (Crampes & Hollnagel, 1999a).

L'état courant du processus, les actions et l'état de l'opérateur sont pris en compte dans le choix de la mise en forme sélectionnée pour une information (cf. le tableau 1.1 dont il est question à la section 1.2.1.2).

Ainsi dans l'application ENM, l'urgence des alarmes listées dans la fenêtre *Alarm List* est traduite par la couleur du fond et la taille des fontes. Les alarmes très urgentes sont plus saillantes que celles moins urgentes (1.11).

¹⁶Nous précisons au chapitre 6 les détails de la réalisation technique de ses inférences

1.2.2.3 Adaptation spatiale

En fonction des espaces libres sur l'écran ou des canaux libres sur les haut-parleurs, il peut s'avérer nécessaire de réorganiser la présentation courante pour tenir compte de nouvelles contraintes.

Un espace libre sur l'écran est, dans le cas de l'application ENM, une zone de l'écran qui n'est occupée ni par une sous-station sur laquelle il y a un problème, ni par une fenêtre donnant des informations (fenêtre de détail sur un dysfonctionnement, fenêtre donnant la liste des alarmes, fenêtre de la vue globale du réseau).

Ainsi, entre les figures 1.16 et 1.17, suite à un zoom dans la fenêtre, la fenêtre détaillant le problème sur la sous-station H est déplacée et redimensionnée par le système. De même entre les figures 1.14 et 1.15, suite à la disparition de la fenêtre détaillant le dysfonctionnement sur la sous-station S, les autres fenêtres de détail sont redispesées et redimensionnées.

1.2.2.4 Sélection de la représentation la plus adéquate

Le choix d'une représentation adéquate est effectué en fonction de la nature de l'information, de l'importance de cette dernière (cf. 1.2.2.2), des ressources disponibles de l'interface (c'est-à-dire les espaces libres sur l'écran et la disponibilité des canaux audios, cf. 1.2.2.3) et éventuellement des médias en cours d'utilisation (pour ne pas obtenir une présentation incohérente du point de vue des couleurs utilisées, du style utilisé, etc.).

Dans l'application ENM, pour attirer l'attention de l'opérateur si ce dernier ne semble pas réagir aux nouvelles informations qui ont été présentées sur l'écran, le système utilise un message sonore plutôt que d'envoyer un message sur l'écran. En effet, si l'opérateur n'a pas réagi aux informations précédemment présentées sur l'écran de contrôle, il est probable qu'il ne verra pas non plus le message de rappel sur ce dernier. Passer par un message sonore semble donc plus adéquat pour attirer son attention.

De même, on considère la situation de la figure 1.14 dans laquelle l'écran est déjà rempli d'informations dont aucune ne peut être pour l'instant supprimée, redimensionnée ou déplacée. Si une nouvelle information doit être présentée de manière urgente à l'opérateur, si cela ne présente pas d'inconvénient pour qu'elle soit correctement perceptible par l'opérateur et si cette information peut être énoncée par l'intermédiaire de ce type de média, alors l'information sera rendue par une modalité audio.

1.2.2.5 A-propos des informations

Le choix de la forme sous laquelle une information est présentée à l'opérateur doit être adéquat afin que cette dernière soit utilisable. De plus, seules les informations utiles à la tâche de l'opérateur doivent être délivrées à ce dernier. L'utilité d'une information dépend fortement du moment auquel cette dernière est présentée à l'opérateur.

En effet, l'énonciation d'une information peut être pertinente du point de vue du système, car elle peut être importante pour comprendre l'évolution du processus mais néanmoins ne pas être pertinente du point de vue de l'opérateur, qui lui est engagé dans une tâche particulière dans le cadre de laquelle cette information sera sur le moment une gêne, et ce même si elle lui est par ailleurs nécessaire par la suite.

L'interface doit être un reflet temporel précis de l'état du processus, mais doit aussi afficher les informations à un moment opportun pour l'opérateur. Ce problème est particulièrement

délicat, et se généralise à un problème plus large d'initiatives que peut, devrait ou doit prendre le système. Ce point sera d'ailleurs discuté plus avant dans ce chapitre à la section 1.3.2 et nous présenterons quelques travaux concernant l'initiative du système au chapitre 2.

Dans le cadre du projet AMEBICA, des travaux ont été effectués dans ce sens. La matrice d'adaptation présentée à la section 1.2.1.2 en est le résultat le plus concret. Cette matrice présente en effet les actions que le système prend l'initiative de réaliser en fonction de l'état du processus et de l'état inféré de l'opérateur. Cette matrice a été implémentée sous forme d'un ensemble de règles de type *système expert*. Les résultats, tels que nous les avons présentés à travers le *storm scénario* sont satisfaisants. Les initiatives en matière d'adaptation de la présentation prise par le système réduisent réellement la tâche des opérateurs.

Néanmoins, il peut être remarqué que c'est l'état du processus qui a la plus une forte influence sur les initiatives de l'adaptation. Le point de vue adopté se rapproche beaucoup de celui suivi par Rasmussen dans le cadre du modèle SRK, c'est-à-dire que ce sont les événements survenant au niveau du système de supervision qui d'une certaine manière dirigent le comportement de l'opérateur¹⁷.

L'adaptation automatique de la présentation par rapport à l'état de l'opérateur reste délicate à déterminer. Se pose, de plus, le problème de déterminer qui de l'état de l'opérateur ou de l'état du processus doit déterminer le comportement de l'interface. Cette partie de notre travail sur AMEBICA nous a donc amenés à étudier plus avant l'initiative du système. Nous l'avons fait dans le cadre du projet MUFI¹⁸.

1.3 Les apports et limites d'AMEBICA

1.3.1 Enjeu social et humain : l'acceptabilité

Dans les interfaces de supervision traditionnelles, l'opérateur peut devoir passer d'une situation passive dans laquelle il ne gère rien en fonctionnement normal, à une situation où il doit gérer tout seul non seulement les problèmes concernant le processus, mais aussi le flux d'informations. Dans ces situations, la charge de travail de l'opérateur devient très importante et entraîne une baisse importante de son efficacité et de son confort de travail (Millot, 1988; Kolski, 1993; Montmain, 2000). De plus une profusion d'alarmes se déclenchant en même temps, peut leur faire perdre leur caractère saillant de mise en garde tout en occasionnant une gêne pour l'opérateur (augmentation de son stress, volume sonore important des alarmes, etc.)(Napier, 1999).

Néanmoins, un opérateur peut se demander s'il a besoin d'un système qui réorganise la présentation des informations à sa place et fait des choix pour lui sur l'importance des informations. De ce point de vue, cela peut constituer au contraire une perturbation supplémentaire. Ainsi, au moins quatre questions peuvent être posées à ce propos :

1. Du point de vue du client, le coût de développement d'une interface adaptative est-il justifié ?
2. Du point de vue du concepteur d'IHM, ce type d'interface est-il utilisable et comment en évaluer son "utilisabilité" ?

¹⁷Nous verrons en détail le modèle de Rasmusen au chapitre 2. Dans ce modèle, le comportement qu'adopte l'opérateur dépend de l'événement qui se produit et de la familiarité de l'opérateur avec cette événement.

¹⁸Notre travail sur ce point est l'objet du chapitre 5. Nous y présentons une modélisation possible de l'*à-propos* sur deux cas concrets. Le projet MUFI dans son ensemble est décrit dans (Crampes et al., 2002b).

3. Pour le développeur, quelles sont les solutions techniques pour implémenter un système efficace dans le temps requis ?
4. L'opérateur doit-il considérer une telle interface adaptative comme un assistant, un collaborateur ou au contraire comme un concurrent ? Ce qui amène à se demander s'il acceptera ce type d'interface.

AMEBICA propose une solution possible à la troisième question et des éléments de réponse aux trois autres. Une méthodologie d'évaluation de l'utilisabilité d'interfaces adaptatives a été développée par l'équipe d'IFE (Grimstad, 1999).

Les scénarii présentés aux opérateurs en 1999, au début du projet, ont été unanimement rejetés : les opérateurs voyaient une remise en cause de la qualité de leur travail dans la volonté d'introduire des interfaces adaptatives. Cependant le prototype final a reçu un accueil très positif des mêmes opérateurs. Ces questions et critiques ne sont pas les seules mais montrent la difficulté du problème. AMEBICA est un pas vers une approche plus profonde de ces problèmes qui sont amenés à se poser dans un futur proche. En effet, au-delà du contexte de la supervision industrielle, les outils informatiques sont présents à tous les niveaux de notre quotidien. Les assistants électroniques, les téléphones portables et des technologies numériques de plus en plus *pervasives*¹⁹, se généralisent, tant dans nos bureaux, que dans nos maisons ou même nos voitures.

Dans AMEBICA, considérant les contraintes du projet en termes de temps et de ressources, la priorité a été d'abord de construire une architecture fonctionnelle, réutilisable et extensible, permettant d'avoir un outil directement utilisable dont certains aspects pourraient être approfondis par la suite en fonction des besoins et des ressources disponibles. L'architecture et les prototypes finaux sont perfectibles mais apportent déjà un certain nombre de réponses et de solutions. Globalement, notre travail sur AMEBICA nous a permis d'approfondir certains aspects techniques, de poser les problématiques et d'apporter de nombreux éléments de réponses ou de réflexions à ces dernières. Ce projet a vu le développement d'outils techniques et de prototypes, mais il a été la source de nombreux modèles conceptuels et de nombreuses réflexions.

Certains auteurs pensent que l'initiative de la machine dans les Interface Homme Machine est non pertinente quand sont considérées la complexité sous-jacente et les attentes de l'opérateur ou de l'utilisateur en matière de contrôle du système (Schneiderman, 1998). Ce point a d'ailleurs fait l'objet de débat, au sujet de la place des *agents d'interface* et autres *assistant logiciels* (Schneiderman & Maes, 1997).

Cependant quand l'opérateur se retrouve dans une situation critique, que faire s'il perd réellement le contrôle du système à cause d'une surcharge d'informations en l'absence d'une initiative de la machine ? La justification et l'acceptabilité de système tel qu'AMEBICA reposent précisément sur ce dilemme qui est discuté à la section suivante.

1.3.2 Adaptation et initiative du système

Due aux contraintes de coût et de temps, une évaluation formelle complète d'AMEBICA n'a pu être menée dans les limites du projet. Sans pour autant constituer une validation scientifique qu'aurait pu apporter une telle évaluation, l'accueil final du projet a permis de démontrer l'intérêt de l'adaptation de la présentation des informations pour les opérateurs et a permis de vérifier les potentialités de ce type d'interface dans la supervision industrielle.

¹⁹Nous nous permettons ce néologisme, issu de l'anglais. Les *Pervasive User Interface* sont ces interfaces homme machine de plus en plus présentes de manière diffuse dans notre quotidien. Les vêtements peuvent devenir des interfaces et même tout élément physique dans certains travaux sur la réalité augmentée. Il devient alors difficile de savoir où et quand commence l'interface et l'interaction.

La matrice de décision du tableau 1.1, dont il est question à la section 1.2.1.2, est la solution proposée dans ce projet pour répondre à cette question : qu'est-ce qui doit être adapté et dans quel but quand on considère différents états inférés de l'opérateur et différents états du processus ? Ce tableau décrit finalement ce qu'un expert ferait pour aider un novice à faire son travail sans faire ce travail à sa place. Néanmoins plusieurs critiques peuvent être soulevées à l'égard de cette matrice :

1. Les opérateurs ne sont pas des novices et sont supposés savoir ce qu'ils font ;
2. Comment un système peut-il deviner spontanément que l'opérateur a besoin d'aide ?
3. Comment un système peut-il deviner ce que sont les objectifs de l'opérateur à un moment particulier ?
4. Comment savoir que l'intervention non sollicitée du système à un moment critique ne va pas gêner l'opérateur plus que l'aider ?

Ces critiques ne sont pas bien sûr les seules pouvant être émises mais traduisent les problématiques et difficultés majeures de l'adaptation aux utilisateurs. Dans le cas d'Amebica, l'état de l'opérateur est inféré à partir d'une fréquence de ses erreurs et des temps de réponses, par rapport à ce qui est attendu par le système, ce qui n'est pas sans une part importante d'arbitraire²⁰. AMEBICA a apporté quelques solutions et a permis de poser concrètement ces différentes problématiques.

1.3.3 Les perspectives ouvertes par AMEBICA

En supervision industrielle, le paradigme dominant est de laisser un total contrôle de l'interface et de la présentation des informations aux opérateurs. L'interface est conçue dans le respect de critères ergonomiques, mais le débit et l'organisation des informations sont figés quelle que soit la situation. A la charge de l'opérateur de réorganiser la présentation des informations et de gérer le flux informationnel au moment où cela s'avère nécessaire. Ce type d'interfaces est un reflet direct et précis de l'état du processus : elles restent tout à fait pertinentes tant que les opérateurs ne sont pas submergés par trop d'informations au cours d'une situation critique qui évolue rapidement.

Ce dernier cas est celui qui peut justifier des projets tel qu'AMEBICA. L'interface ne reflète plus alors exactement l'état du processus mais seulement ce qui semble pertinent relativement à la situation courante.

Néanmoins, ceci implique que les opérateurs admettent qu'il puisse y avoir des situations qu'ils ne sont pas capables de gérer sans assistance. En outre il leur faut accepter que cette aide provienne d'un système informatique qui prend des décisions de lui-même. Se pose alors la double problématique de l'acceptabilité et de la confiance tant au niveau des opérateurs que des commanditaires de ces interfaces adaptatives.

Le projet AMEBICA implémente un modèle de la composition adaptative et constitue un premier pas vers des interfaces homme machine qui contrôlent les flux d'informations pour aider les opérateurs dans leur tâche. Ce projet s'appliquait à la supervision industrielle et le suivi de processus. Néanmoins, notre partenaire italien Softeco a montré d'une part, la réutilisabilité de l'architecture développée, et d'autre part la généricité de l'approche, par son utilisation pour la supervision en général avec le développement, à partir du travail sur AMEBICA, d'un logiciel pour la gestion de trafic routier en ville (cf. figure 1.3 à la section 1.1.2).

Dans la supervision ou dans des domaines voisins, une adaptation de la présentation des informations pourrait s'avérer utile dans des systèmes de pilotage à distance (drônes, robots)

²⁰On pensera au débat en ergonomie au sujet de l'opposition *tâche prescrite* et *tâche réelle* (Scapin & Bastien, 2001; Daniellou & Naël, 1995). Dans AMEBICA, les erreurs et les délais dans les réponses de l'opérateur sont évalués par rapport à un modèle théorique de la tâche. La part d'inférences erronées peut donc être non négligeable.

ou dans les ordinateurs de bord des voitures, dans lesquels l'informatique est de plus en plus présente (système de navigation par GPS, carte routière informatisée). Pour des systèmes de ce type, la problématique de la part d'initiative dont le système peut faire preuve, se pose également avec force.

Au-delà du domaine de la supervision, il existe des débouchés pour des systèmes qui adaptent la présentation des informations. Les problématiques de l'adaptation et de l'initiative précédemment évoquées dans cette présentation du projet AMEBICA sont transposables aux hypermédias adaptatifs et à ce qu'il est maintenant convenu d'appeler les Documents Virtuels Personnalisables (DVP)²¹ et leurs domaines d'application privilégiés, comme les EIAO (Environnement Interactif d'Apprentissage par Ordinateur). L'application à des interfaces pour des personnes souffrant de handicap et ayant des besoins particuliers en terme d'adaptation de l'interface serait également à étudier. Enfin la télévision interactive pourrait également bénéficier de ce type de travaux.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un projet concernant les interfaces de supervision industrielle. Ce projet nous a permis d'asseoir notre réflexion sur l'adaptation dans l'interaction homme-machine. A travers le *Storm Scenario*, réalisé par le prototype final, nous avons illustré le fonctionnement de l'adaptation dans AMEBICA. L'initiative d'adapter la présentation est décidée par le système en fonction de l'état du processus et de l'opérateur. Pour ce dernier, c'est la fréquence des erreurs ou le délai dans les réponses qui permet d'inférer son état. Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet sont satisfaisants. Nous avons présenté une matrice de décision qui résume les éléments de cette approche.

Néanmoins, il est délicat d'inférer correctement l'état ou le besoin de l'opérateur. De manière générale pour un système autonome se pose le problème de déterminer si son initiative d'adapter est justifiée. Une adaptation inappropriée peut entraîner plus d'efforts de la part de l'opérateur que requis sans l'adaptation, alors que l'objectif recherché est justement une réduction de cet effort. De plus ce type de système, pose également des problèmes d'acceptabilité de la part de leurs utilisateurs.

Dans le chapitre 2, nous approfondissons la problématique de l'adaptation et de l'initiative de l'interface en présentant les modèles, travaux et réalisations existant en la matière, d'abord dans le domaine de la supervision puis dans le contexte un peu plus large des interfaces homme machine grand public et des hypermédias.

²¹Voir les actes de la conférence DVP 2002 (DVP2002, 2002)

Chapitre 2

Adaptation et initiative dans l'interaction homme-machine

The Three Laws of Robotics :

1. A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.
2. A robot must obey the orders given it by human being except where such orders would conflict with the First Law.
3. A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law¹.

Isaac Asimov

L'objet de ce chapitre est la présentation de l'adaptation dans l'interaction homme-machine. De nombreux efforts de recherche concernent l'adaptation et peuvent varier par les aspects de l'adaptation mis en exergue : l'initiateur de cette adaptation, son objet, sa cause, le moment où elle a lieu ou les techniques utilisées pour la réaliser. L'adaptation a pour objectif d'aider l'opérateur ou l'utilisateur, ou du moins lui permettre d'améliorer ses performances dans la réalisation de sa tâche. Pour que cette aide soit efficace, il est nécessaire que le système ait un modèle correct de l'humain avec lequel elle interagit ou du comportement de ce dernier. Nous introduisons quelques notions clés d'ergonomie et de psychologie, utiles dans notre travail. Nous nous intéressons ainsi aux limitations de la mémoire humaine et au concept de charge de travail. Nous présentons ensuite de manière détaillée deux modèles de l'opérateur et de son comportement, le modèle SRK de Rasmussen et la théorie de l'action de Norman. Ces deux modèles fournissent des outils d'analyse pour les interfaces adaptatives. Les limitations cognitives humaines mis en avant par les deux modèles précédents justifient l'intérêt que les interfaces adaptatives peuvent avoir. Nous exposons les grandes thématiques en matière d'adaptation dans l'interaction homme-machine. Nous les illustrons par quelques travaux représentatifs. Nous nous attardons sur les concepts d'initiative et d'initiative mixte et les situons par rapport aux problématiques de l'adaptation. L'initiative mixte est un élément central de notre réflexion. La notion d'initiative amène à s'interroger sur les apports et les dangers de systèmes autonomes et adaptatifs. L'initiative mixte oriente vers des solutions pour accroître les avantages et réduire les inconvénients

¹Les Trois Lois de la Robotique :

1. Un robot ne doit pas blesser un être humain ou laisser un humain se blesser sans agir.
2. Un robot doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par un humain tant que de tels ordres n'entre pas en conflit avec la Première Loi.
3. Un robot doit protéger sa propre existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la Première ou la Seconde Loi.

de tels systèmes.

Sommaire

2.1	Caractéristiques de l'opérateur et de sa tâche	37
2.1.1	Quelques notions clés de psychologie et d'ergonomie	38
2.1.1.1	Activités de l'opérateur humain	38
2.1.1.2	Mémoire de l'opérateur	38
2.1.1.3	La charge de travail	41
2.1.1.4	Représentation mentale	44
2.1.2	Modélisation de l'opérateur et de sa tâche	44
2.1.2.1	Le modèle SRK	44
2.1.2.2	GOMS et le modèle du processeur humain	52
2.1.2.3	Le modèle de Norman	53
2.2	Intelligence, adaptativité et adaptabilité de l'interface	58
2.2.1	Aspects de l'adaptation	59
2.2.1.1	La raison de l'adaptation	59
2.2.1.2	L'objet de l'adaptation	61
2.2.1.3	Le déclencheur de l'adaptation	62
2.2.1.4	Le moment de l'adaptation	62
2.2.1.5	Les moyens utilisés pour réaliser l'adaptation	62
2.2.1.6	Le modèle de référence des IMMPS	63
2.2.1.7	Les interfaces multicibles et les interfaces plastiques	64
2.3	Adaptation et initiative	65
2.3.1	Définitions de l'initiative	65
2.3.2	L'initiative mixte	66
2.3.3	Problématiques de l'adaptation et de l'initiative du système	68
2.3.4	Initiative et adaptation dans la composition d'informations	72
2.4	Conclusion	73

Ce chapitre approfondit la problématique posée par l'adaptation et l'initiative du système dans le cadre de la communication homme-machine, illustrée au chapitre précédent. L'adaptation est un thème récurrent en interaction homme-machine. De nombreux efforts de recherche visent à introduire une forme d'*adaptation* dans les interfaces homme machine et dans l'interaction. Le traitement de cette adaptation varie notamment en fonction de l'initiateur de cette adaptation (le système, l'utilisateur ou les deux), de l'objet de l'adaptation (la présentation des informations, l'assistance à l'utilisateur, la navigation dans l'espace d'information, le contenu des informations, etc.), de la cause de l'adaptation (changement de tâche, surcharge cognitive, etc.), du moment de l'adaptation (à la conception du système, pendant l'exécution), les techniques utilisées pour réaliser cette adaptation (techniques plutôt issues de l'intelligence artificielle (réseau de neurones, algorithme génétique, systèmes experts, réseaux bayésiens, etc.), de l'intelligence artificielle distribuée (système multi-agents, vie artificielle, etc.), des mathématiques (logique floue, théorie des jeux et de l'utilité, etc.) ou d'une combinaison de ces techniques, les frontières entre elles étant le plus souvent mal définies). (Thévenin, 2001) présente plusieurs taxonomies, chacune traduisant un point de vue différent sur l'adaptation (point de vue centré sur l'utilisateur, point de vue centré sur le système, etc.)².

Il serait difficile dans le cadre de ce mémoire d'être exhaustif sur l'adaptation dans la communication homme-machine. Néanmoins, pour poser les bases de notre étude, il nous est nécessaire de présenter quelques travaux représentatifs des aspects de l'adaptation qui nous concernent, tout particulièrement ceux qui opposent les tenants de la manipulation directe à ceux de l'initiative du système.

Il nous a semblé intéressant, à la suite de nos travaux sur les interfaces pour la supervision, de nous pencher sur les modèles de l'opérateur et de sa tâche et sur les solutions adoptées en matière de communication homme machine. Nous introduisons quelques notions clés d'ergonomie et de psychologie sur lesquelles s'appuient ces différents modèles. Nous nous intéressons ainsi aux limitations de la mémoire humaine et au concept de charge de travail. Nous présentons essentiellement deux modèles de l'opérateur et de son comportement, le modèle SRK de Rasmussen et la théorie de l'action de Norman. Ces deux modèles fournissent des outils d'analyse pour les interfaces adaptatives. Nous les utilisons pour analyser notre travail en supervision exposé au chapitre précédent.

Les limitations cognitives humaines mises en avant par les deux modèles précédents justifient l'intérêt que les interfaces adaptatives peuvent avoir. Nous exposons alors les thématiques en matière d'adaptation dans l'interaction homme-machine. Nous les illustrons par quelques travaux représentatifs.

Nous insistons plus particulièrement sur les concepts d'initiative et d'initiative mixte. Nous situons ces deux concepts par rapport à de l'adaptation et nous détaillons des travaux intégrant les notions d'initiative et d'adaptation. L'initiative mixte est un élément central de notre réflexion. La notion d'initiative amène à s'interroger sur les apports et les dangers de systèmes autonomes et adaptatifs. L'initiative mixte oriente vers des solutions pour accroître les avantages et réduire les inconvénients de tels systèmes.

2.1 Caractéristiques de l'opérateur et de sa tâche

Comme le remarque (Kolski, 1993), concevoir des outils d'assistance adaptés aux tâches de l'opérateur humain nécessite, dans un premier temps, de *connaître l'opérateur humain pour*

²Il existe de nombreuses manières d'aborder cette thématique. Dans la littérature consacrée plusieurs classifications de systèmes adaptatifs dans le domaine des IHM existent

mieux l'assister. L'objet de cette section n'est pas de présenter de manière exhaustive des théories de la psychologie ou de l'ergonomie qui sont en dehors de notre champ d'étude et de compétences. Néanmoins, il nous semble nécessaire de préciser quelques notions, concepts et modèles de ces différents domaines qui éclairent notre travail.

2.1.1 Quelques notions clés de psychologie et d'ergonomie

2.1.1.1 Activités de l'opérateur humain

Dans le cadre du contrôle du procédé, (Kolski, 1993) rappelle la classification des activités de l'opérateur humain en quatre catégories principales de (Berliner et al., 1964) :

1. **Les activités de perception.** Cette catégorie regroupe l'ensemble des activités concernant d'une part la recherche et l'acquisition des informations et d'autre part l'identification de situations, d'objets et d'actions.
2. **Les activités mentales.** Cette catégorie se compose de l'ensemble des activités de traitement d'informations, de résolution de problèmes et de prise de décision.
3. **Les activités de communication interhumaine.** Cette catégorie regroupe les demandes, les réponses et les échanges d'informations verbales entre membres d'une même équipe et membres d'équipe différentes.
4. **Les activités physiques ou activités motrices.** Cette catégorie concerne toutes les activités de l'opérateurs consistant en des actions physiques sur le système supervisé.

L'ensemble de ces activités est synthétisé à la figure 2.1.

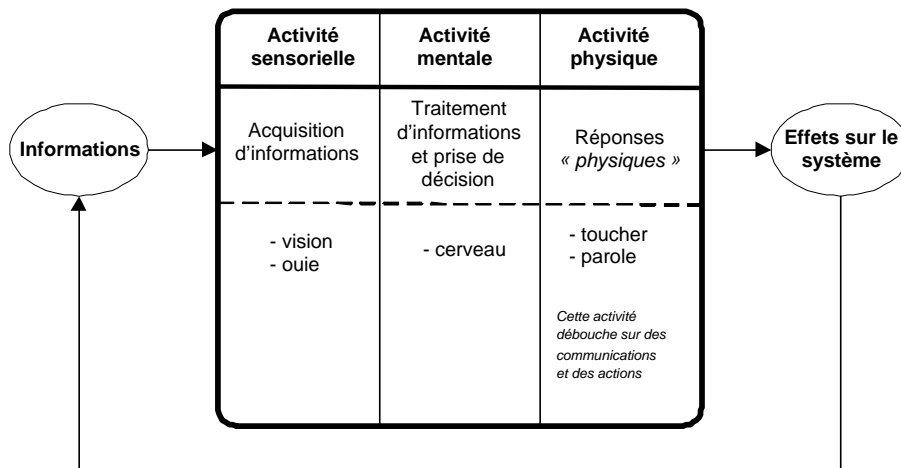


FIG. 2.1 – Ensemble des activités de l'opérateur humain dans le cadre du contrôle de procédé d'après (Kolski, 1993)

2.1.1.2 Mémoire de l'opérateur

Un élément central des capacités mentales de l'opérateur est sa mémoire. Le modèle généralement accepté en psychologie cognitive - à quelques nuances près - comporte les notions de registres de mémoire sensorielle, de mémoire à court terme et de mémoire à long terme (Ghiglione & Richard, 1999).

Dans ce modèle, l'information perceptive est stockée dans des registres de mémoire sensorielle correspondant aux différentes modalités sensorielles. L'information perceptive ainsi stockée reste disponible très peu de temps. Elle est ensuite traitée de manière séquentielle et stockée dans la mémoire à court terme. La capacité de cette mémoire à court terme est limitée. Cependant des activités de *révision mentale* peuvent permettre de maintenir plus longtemps l'information. Une partie de l'information traitée en mémoire à court terme peut-être transférée en mémoire à long terme. La probabilité de ce transfert dépend de la durée et de la profondeur du traitement de cette information en mémoire à court terme : plus une information a subi un traitement long et approfondi, plus il y a de chance qu'elle soit transférée en mémoire à long terme.

La figure 2.2 issue de (Kolski, 1993) présente ce type de modèle de mémoire composé de trois systèmes de stockage de l'information.

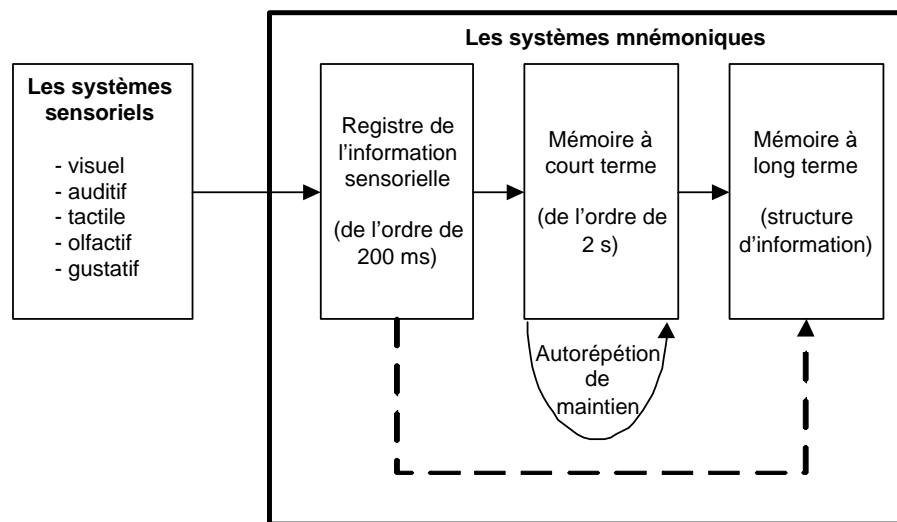


FIG. 2.2 – Modèle de mémoire d'après (Kolski, 1993)

Sans trop approfondir ces notions de psychologie cognitive, la notion de mémoire à court terme est progressivement remplacée par la notion de mémoire de travail. La notion de mémoire de travail a été introduite par (Atkinson & Shiffrin, 1968) et précisée par (Baddeley & Hitch, 1974), puis par (Baddeley, 1986; Baddeley, 1990). Les schémas des figures 2.3 et 2.4 représentent des versions simplifiées de leur modèle. Pour (Cowan, 1995), le stockage à court terme n'est pas une structure de traitement mais peut-être vu comme le résultat du fonctionnement de la mémoire à long terme et de l'*exécutif central*.

La mémoire de travail est caractérisée par deux propriétés fondamentales :

- Elle assure la conservation de l'information en cours, mais cette conservation est relativement de court terme.
- Elle assure le traitement de l'information en cours, c'est-à-dire sa transformation.

Par exemple, l'activité de compréhension d'un énoncé met en œuvre, de façon continue, des échanges entre la mémoire à long terme et la mémoire de travail, constituant à cette égard une des formes de la transformation cognitive de l'information (Gineste & Le Ny, 2002).

Comme on peut le constater, il existe plusieurs modèles de mémoires différents, non nécessairement compatibles entre eux. Nous n'entrons pas plus dans les détails sur ce point. Le lecteur intéressé par ces aspects peut se reporter à (Roulin, 1998) et (Ghiglione & Richard, 1999). Il nous semble néanmoins utile de rappeler ces notions que l'on retrouve dans certains modèles utilisés dans le cadre des interfaces homme machine comme GOMS (cf. section 2.1.2.2) ou le modèle présenté à la figure 2.5 issue de (Wickens, 1992).

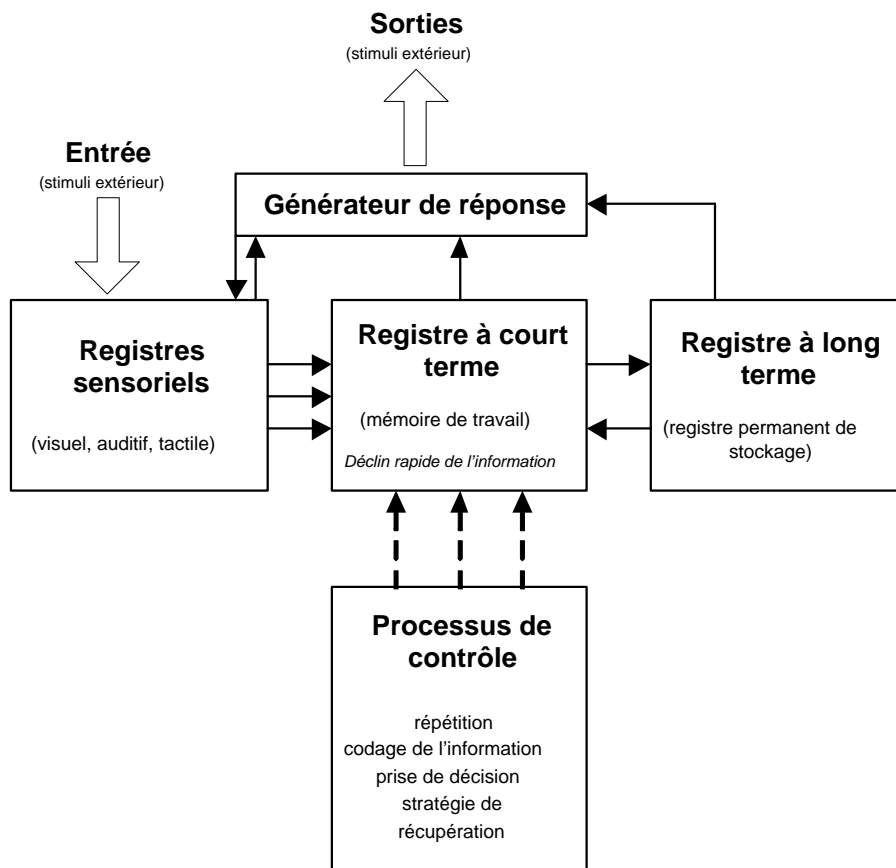


FIG. 2.3 – Représentation simplifiée du modèle de la mémoire humaine proposée par Atkinson et Shiffrin d'après (Roulin, 1998)

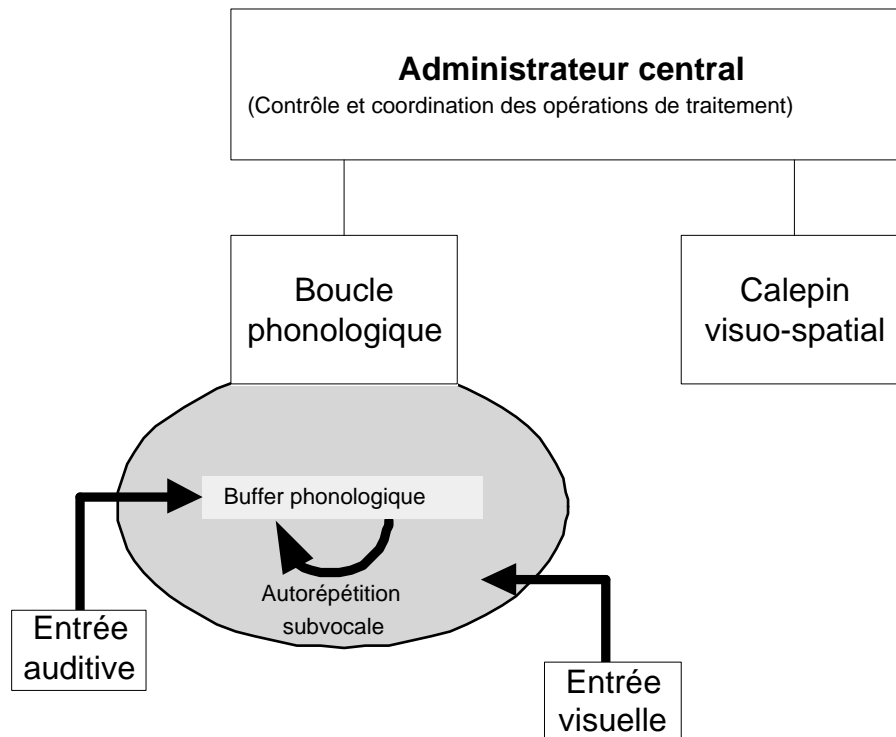


FIG. 2.4 – Modèle de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (Roulin, 1998)

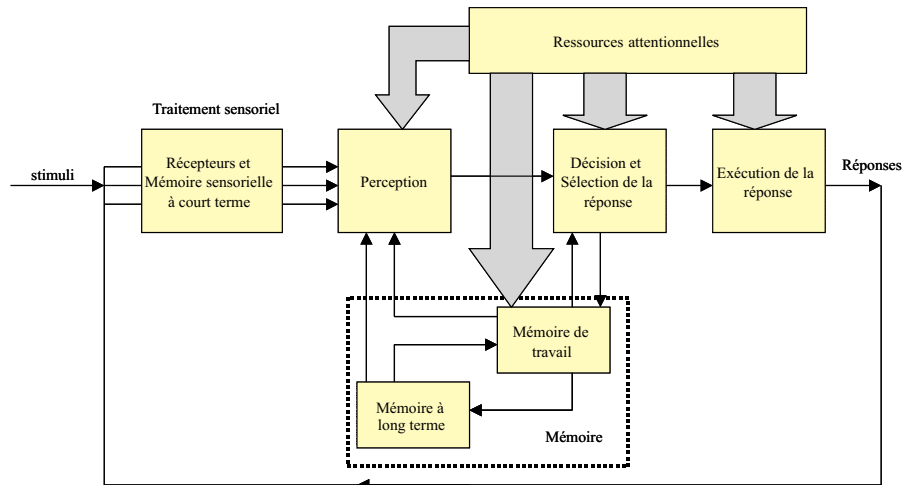


FIG. 2.5 – Modèle du traitement humain de l'information d'après (Wickens, 1992)

Quel que soit le modèle de mémoire retenu, la mémoire humaine a des limitations. Ces limitations ont des répercussions sur l'utilisation de l'interface homme machine. Ainsi, cette dernière est souvent conçue comme un prolongement de la mémoire à court terme de l'opérateur (Boy, 1988).

De manière générale, les limitations de la mémoire humaine ont une influence directe sur la charge de travail de l'opérateur.

2.1.1.3 La charge de travail

(Milot, 1988) définit la charge de travail comme une variable d'état correspondant à la fraction de la capacité de travail que l'opérateur investit dans la tâche. (Kolski, 1993) citant (Sperandio, 1972), la définit comme le niveau d'activité mentale, sensori-motrice et physiologique nécessaire pour accomplir une tâche.

La charge de travail dépend de l'état de l'opérateur, qui dépend à son tour de plusieurs facteurs liés à l'individu lui-même, à la situation et l'organisation du travail. (Milot, 1988) propose une synthèse réalisée à partir de plusieurs travaux du système *opérateur humain effectuant une tâche*. Ce système est considéré comme un système complexe, adaptatif, constitué de sous-systèmes interconnectés, partiellement observables et commandables. L'ensemble est résumé sur la figure 2.6.

L'opérateur humain a la flexibilité nécessaire pour réguler sa charge de travail en fonction des exigences de la tâche et dans les limites de sa capacité de travail. Il modifie ainsi si nécessaire ses modes opératoires. (Milot, 1988) et (Kolski, 1993) cite une étude effectuée par (Sperandio, 1972) sur les tâches de contrôle aérien. Le niveau d'exigence de la tâche de chaque contrôleur aérien était défini par le nombre d'avions qu'il devait prendre en charge. Lorsque que ce nombre augmentait, le contrôleur réduisait le nombre de variables traitées pour chaque avion.

Cette charge de travail peut varier énormément en fonction de la situation du processus supervisé. Tant que le processus fonctionne normalement, la grande autonomie de certains systèmes de contrôle ou de commande provoque une sous-charge de travail. Cette sous-charge de travail peut entraîner à court terme une baisse de vigilance et d'attention de l'opérateur, ce qui diminue son aptitude à détecter et anticiper un dysfonctionnement. A long terme, cette sous-charge

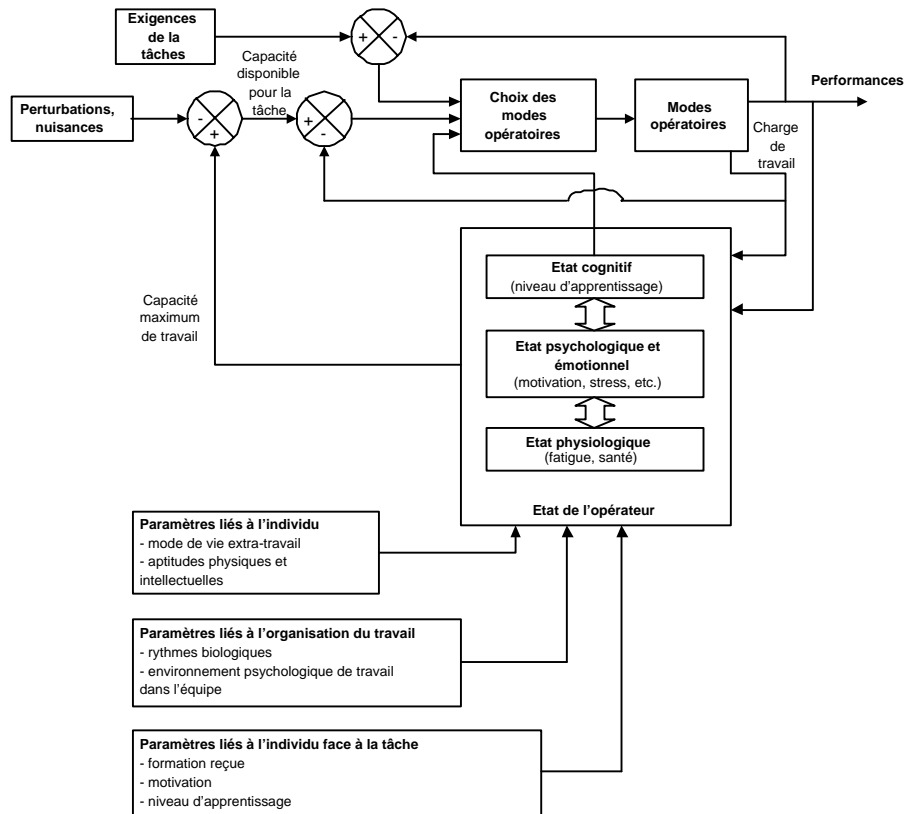


FIG. 2.6 – Schéma de synthèse des différents facteurs intervenant dans la performance de l'opérateur (Millot, 1988)

de travail conduit à une diminution de l'aptitude de l'opérateur à résoudre les problèmes. Au contraire, en cas de fonctionnement anormal, l'opérateur peut être soumis à une surcharge de travail due à une grande quantité d'informations à traiter et d'actions à entreprendre pour corriger les dysfonctionnements ((Millot et al., 1985) cité par (Kolski, 1993)).

Ainsi, l'opérateur adapte sa charge de travail en fonction de ses capacités et des exigences de la tâche. Cependant, si la limite de capacité de travail maximum est dépassée, une brusque chute de la performance est constatée (figure 2.7).

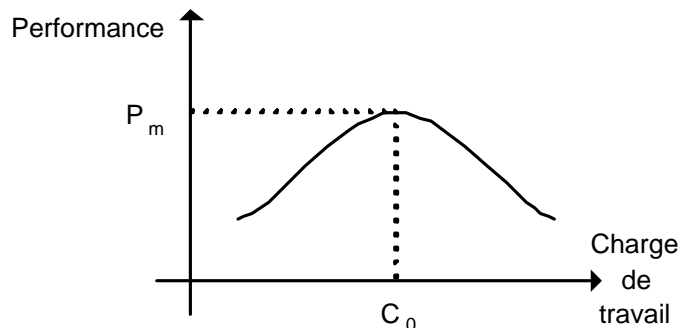


FIG. 2.7 – Relation entre la performance et la charge de travail d'après (Kolski, 1993)

Pour (Napier, 1999), l'augmentation de la charge de travail de l'opérateur de supervision est due à une mauvaise gestion des alarmes au niveau du système. Ainsi, trop d'alarmes sont présentées à l'opérateur. Ce dernier n'arrive plus alors à distinguer les alarmes indiquant une

situation critique de celles ne lui apportant aucune information nouvelle et pertinente.

De manière plus spécifique dans le cadre de l'interaction homme-machine, l'interface a un rôle important d'*adaptateur d'impédance*³ (Caelen, 1996). L'expression *adaptateur d'impédance* traduit le fait que l'un des rôles essentiels d'une interface⁴ est de fonctionner à une *vitesse* cognitivement compatible avec la *vitesse* de perception et de compréhension de l'utilisateur pour maintenir son engagement⁵.

Dans le cadre de la lecture d'hypertexte (Fraïssé, 1999) et (Thüring et al., 1995) citent la définition de la surcharge cognitive (*cognitive overhead*) de (Conklin, 1987) :

La surcharge cognitive correspond à la concentration et à tous les efforts supplémentaires nécessaires pour soutenir à la fois diverses tâches ou divers chemins de navigation⁶.

Comme le soulignent (Thüring et al., 1995) et (Fraïssé, 1999), les efforts supplémentaires dont il est question dans la définition précédente, concernent principalement, dans le cadre de la lecture hypertextuelle, l'orientation, la navigation et l'ajustement à l'interface utilisateur :

- **Orientation.** Si le document hypertexte est considéré comme un espace d'informations dans lequel le lecteur se déplace d'un nœud d'information à un autre, la lecture s'apparente à un processus de navigation. Il est alors souvent question dans ce contexte de *désorientation* du lecteur, qui survient quand ce dernier ne sait plus se situer dans cet espace d'informations. Il ne sait plus où il est, comment il est arrivé là et où il devrait aller. L'effort d'orientation que doit fournir le lecteur peut alors être important. Il requiert alors la majorité des ressources cognitives du lecteur et ce dernier ne peut plus se concentrer sur le contenu du document⁷. (Thüring et al., 1995) suggère que le lecteur doit avoir à sa disposition un certain nombre d'indices et d'indications lui permettant de se représenter la structure globale du document, de pouvoir se situer dans cette structure. Il doit ainsi être capable de déterminer le trajet qu'il a suivi jusqu'à ce point de sa lecture et de pouvoir distinguer les trajets qu'il peut suivre à ce stade.
- **Navigation.** A la difficulté pour le lecteur d'hypertexte de trouver son chemin, peut s'ajouter la difficulté à se déplacer dans l'espace informationnel : le lecteur doit pouvoir se déplacer sans avoir à effectuer des actions compliquées qui augmentent d'autant plus sa charge de travail. (Thüring et al., 1995) distingue pour ces problèmes navigationnels principalement deux aspects :
 1. direction de la navigation, c'est-à-dire, retour en arrière pour retrouver d'anciennes informations ou progression dans l'exploration du document pour en découvrir de nouvelles.
 2. distance parcourue dans le document, c'est-à-dire une progression pas-à-pas, passant d'un nœud d'information à celui qui le suit, ou par *saut* pour aller directement à un

³En physique, l'impédance est le rapport de l'amplitude complexe d'une grandeur sinusoïdale (tension électrique, pression acoustique) à l'amplitude complexe de la grandeur induite (courant électrique, flux de vitesse), dont le module se mesure en ohms (Larousse, 1998).

⁴Pour (Nanard & Nanard, 1998), l'hypertexte doit fonctionner à *une vitesse cognitivement compatible avec la vitesse de lecture de l'utilisateur pour maintenir son engagement*. Nous pensons que cela peut se généraliser à l'ensemble des interfaces homme-machine qui assurent une fonction de communication entre un système artificiel et un être humain.

⁵L'engagement de l'utilisateur est une impression d'initiative ressentie par ce dernier, lorsqu'il perçoit son interaction comme une action qui modifie son environnement *informatique* perceptible, comme cela est le cas dans son environnement habituel. L'engagement s'oppose à l'effort de conceptualisation que doit faire un utilisateur concernant ses actions quand l'effet de ces dernières n'est pas immédiatement perceptible (Nanard & Nanard, 2002b)

⁶Traduction issue de (Fraïssé, 1999)

⁷Même si à proprement parler nous ne sommes pas dans le cadre d'un hypertexte, ce problème est un de ceux que le système AMEBICA a essayé de pallier dans l'application ENM (cf. chapitre 1), en proposant une aide à la navigation à l'opérateur dans l'espace d'information constitué par la représentation du réseau électrique que ce dernier supervise. L'opérateur peut ainsi se concentrer sur la prise de connaissances des informations et alarmes.

nœud d'information non directement lié à celui que le lecteur est en train de consulter.

- **Ajustement à l'interface utilisateur.** Pour (Thüring et al., 1995), l'effort d'ajustement à l'interface est influencé par certains traits caractéristiques de l'interface. Par exemple la nécessité pour l'utilisateur de déplacer, redimensionner ou fermer des fenêtres à l'écran⁸. (Fraïssé, 1999) citant (Nanard, 1990) précise que cette ajustement provient du rôle de convertisseur de formalisme de l'interface. En effet, l'interface d'un système est le lieu où l'utilisateur décrit au système censé l'aider dans cette tâche le problème qu'il souhaite résoudre. Et réciproquement, la formulation d'une solution à ce problème par le système sera rendue disponible à l'utilisateur via l'interface. Il revient souvent à l'utilisateur de faire l'effort de cette description du problème au système et l'effort de compréhension de la solution proposée. Si l'interface est mal adaptée à l'utilisateur, l'effort d'ajustement que ce dernier doit faire est très important et augmente sa charge de travail. Nous reviendrons dans ce chapitre sur la problématique concernant l'ajustement avec l'interface à la section 2.1.2.3, dans laquelle nous présentons le modèle de Norman.

2.1.1.4 Représentation mentale

La représentation mentale est l'un des concepts principaux sur lequel se base l'ergonomie cognitive. La représentation mentale se définit comme une construction mentale élaborée par un humain dans une situation précise dans un objectif de traitement précis⁹ (Caro & Betrancourt, 2001).

La représentation peut être vue comme un processus de sélection et de stockage se déroulant en mémoire de travail, à l'intersection des entrées perceptives et de la mémoire à long terme. Généralement c'est la perception qui initie la construction de la représentation. L'activation de connaissances en mémoire à long terme permet alors de compléter la représentation et de diriger le traitement des informations perceptives. Ainsi, la représentation mentale permet l'intégration des nouvelles informations et des connaissances générales du lecteur (Caro & Betrancourt, 2001).

2.1.2 Modélisation de l'opérateur et de sa tâche

2.1.2.1 Le modèle SRK

Le modèle **SRK**, acronyme de *Skills Rules Knowledge*, est un modèle de fonctionnement de l'opérateur humain proposé par Rasmussen (Rasmussen, 1983). La figure 2.8 représente de manière simplifiée les trois modes de fonctionnement de l'opérateur humain et les relations qu'ils entretiennent.

Le comportement basé sur l'entraînement (**SBB** - *Skill Based Behaviour*)¹⁰ représente les actions ou les activités de l'opérateur que ce dernier réalise de manière *quasi-automatique*. Ce comportement est très similaire à un comportement dirigé par ce que Boy nomme les *connaissances situationnelles* (Boy, 1988).

Le comportement procédural (**RBB** - *Rule Based Behaviour*) correspond à des actions qui suivent une règle ou une procédure mémorisée par l'opérateur. Ces règles peuvent avoir été

⁸Encore une fois, dans le projet AMEBICA, l'adaptation portait notamment sur le positionnement et le redimensionnement automatique des fenêtres pour éviter d'augmenter la charge de travail de l'opérateur à ce niveau.

⁹En psychologie cognitive, une notion similaire est désignée par le terme *représentation*. Néanmoins il y désigne également des connaissances et croyances qui sont bien stabilisées dans la mémoire d'une personne (Ghiglione & Richard, 1999).

¹⁰(Millot, 1988) parle de comportement tactique.

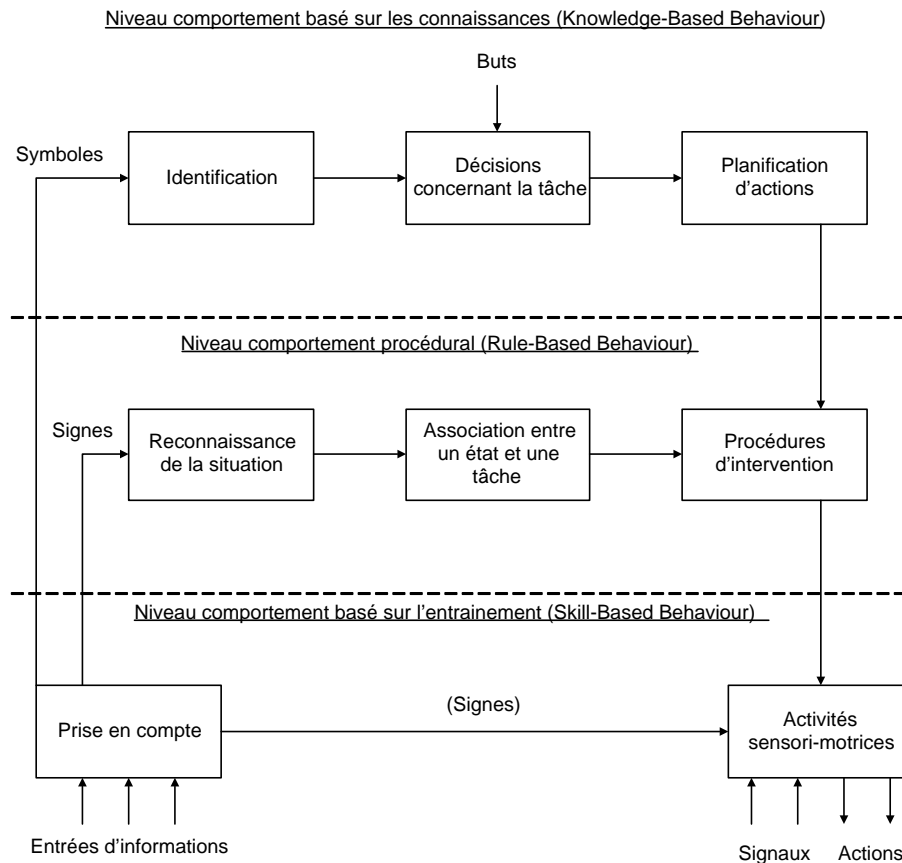


FIG. 2.8 – Une version simplifiée des différents niveaux de contrôle dans le modèle SRK d'après (Rasmussen, 1983)

transmises par un manuel, un collègue, avoir été développées empiriquement ou après réflexion par l'opérateur. Le type de connaissances utilisées à ce niveau est très proche de ce que Boy nomme les *connaissances analytiques* (Boy, 1988).

La distinction entre un comportement basé sur l'entraînement et un comportement procédural est parfois difficile à faire. La différence repose beaucoup sur l'expérience de l'opérateur et la pratique qu'il peut avoir de la règle utilisée. La réalisation d'une action dans un comportement basé sur l'entraînement se réalise sans l'attention consciente de la personne et l'opérateur a alors des difficultés à expliciter et décrire son action si on le lui demande. Au niveau procédural, l'action suit un schéma défini et délibéré. Pour expliciter la différence entre ces deux niveaux, on peut prendre l'exemple de la conduite automobile. Quand une personne débute l'apprentissage de la conduite, il lui est expliqué selon une procédure bien définie comment passer les vitesses, effectuer un démarrage en côte, etc. Au fur et à mesure que sa pratique augmente, son geste devient de plus en plus automatique, de sorte qu'au bout d'un certain temps, elle passe les vitesses consciemment mais sans avoir consciemment l'impression de suivre une procédure. Ainsi, au début de son apprentissage de la conduite, elle a un comportement procédural. Dès qu'elle a suffisamment d'expérience en terme de conduite, elle a un comportement basé sur l'entraînement. Les comportements basés sur l'entraînement et les comportements procéduraux sont peu coûteux d'un point de vue cognitif pour l'opérateur : ils sont basés sur la perception et l'action, ils ne demandent pas ou peu d'efforts conscients, de mobilisation de l'attention et ils peuvent s'effectuer *en parallèle*.

Dans les situations non familières et pour lesquelles l'opérateur ne possède ni procédure ni

savoir-faire, son comportement est basé sur les connaissances (**KBB** - *Knowledge-based behaviour*). Dans ce type de situation, les objectifs que se fixe l'opérateur sont explicitement formulés. Ils sont basés sur l'analyse de la situation et l'ensemble des buts *internes* de l'opérateur. Une solution est alors développée par sélection entre différents plans considérés pour résoudre le problème. A ce stade, il est considéré que la structure interne du système est représentée par un *modèle mental* pouvant prendre plusieurs formes différentes (Rasmussen, 1983). A l'inverse des deux types de comportements précédents, le comportement basé sur les connaissances, demande beaucoup de ressources cognitives : il mobilise une part importante de l'attention de l'opérateur, il est beaucoup plus lent et le processus est sériel.

Pour Rasmussen, les trois niveaux de comportement que nous venons de présenter sont également caractérisés par l'utilisation différente des informations disponibles. Il suggère que les informations sont perçues comme des signaux, des signes ou des symboles. Cette distinction ne dépend pas selon lui de la forme sous laquelle l'information est présentée à l'opérateur, mais dépend du contexte dans lequel cette dernière est perçue. Au niveau *comportement basé sur l'entraînement*, les informations perçues le sont comme des signaux ayant une composante spatio-temporelle. Au niveau *comportement procédural*, les informations sont perçues comme des signes, qui vont servir à activer ou modifier une action ou une manipulation prédéterminée. Enfin au niveau *comportement basé sur la connaissance*, les informations seront perçues comme des symboles, c'est-à-dire ici des concepts liés à des propriétés fonctionnelles qui peuvent être utilisées dans une tâche de raisonnement¹¹.

Pour résumer, pour (Rasmussen, 1983), une information est perçue par un opérateur en tant que :

- **Signal.** Les signaux sont des données sensorielles représentant des variables spatio-temporelles provenant d'une configuration spatiale dynamique de l'environnement. Ils peuvent être traités par l'opérateur comme des variables continues.
- **Signe.** Les signes renvoient à un état de l'environnement qui fait lui-même référence conventionnellement à certaines actions. Les signes sont liés à certaines caractéristiques de l'environnement et les conditions correspondantes pour l'action.
- **Symbole.** Les symboles représentent les autres types d'informations, de variables, de relations et de propriétés qui peuvent être traitées par l'opérateur de manière formelle.

Une manière plus détaillée de considérer le fonctionnement de l'opérateur dans le modèle SRK est illustrée à la figure 2.9, nommée *échelle de décision* (decision ladder)(Milot, 1988; Kolski, 1993; Kolski, 1998).

Ce modèle comprend quatre étages séquentiels de traitement de l'information :

1. **Détection d'un événement anormal.** La détection d'un événement anormal - par exemple l'apparition d'une alarme, l'observation de l'évolution anormale d'une variable ou la constatation d'un dysfonctionnement - met l'opérateur dans un état d'alerte (Etat **E1** sur le diagramme de la figure 2.9).
2. **Evaluation de la situation.** A l'état *d'alerte* précédent peut faire suite une évaluation par l'observateur de la situation. L'opérateur observe l'ensemble des informations utiles (état **E2** sur la figure 2.9) de façon à identifier l'état du système (état **E3** sur la figure 2.9).

¹¹Cette distinction que fait Rasmussen entre signal/signe/symbole, semble provenir de chez Whitehead. Même si le parallèle n'est pas direct et est ici un peu osé, il pourrait être intéressant d'interpréter le modèle SRK en terme de la sémiotique de Peirce. En effet, au signal chez Rasmussen pourrait correspondre les classes de signes *sinsigne iconique rhématique*, *sinsigne indexical rhématique* et *sinsigne indexical dicent* ; au signe au sens de Rasmussen pourrait correspondre le *légisigne iconique rhématique*, le *légisigne indexical rhématique* et le *légisigne indexical dicent* ; enfin au symbole chez Rasmussen pourrait correspondre le *symbole rhématique*, le *symbole dicent* et l'*argument*. Une analyse plus fine du modèle SRK pourrait peut-être ainsi être proposée. (Marty & Marty, 1992) présente une excellente introduction à la sémiotique de Peirce et les différentes classes de signe. L'annexe F basée sur cette référence présente brièvement le signe chez Peirce et les 10 classes de signes.

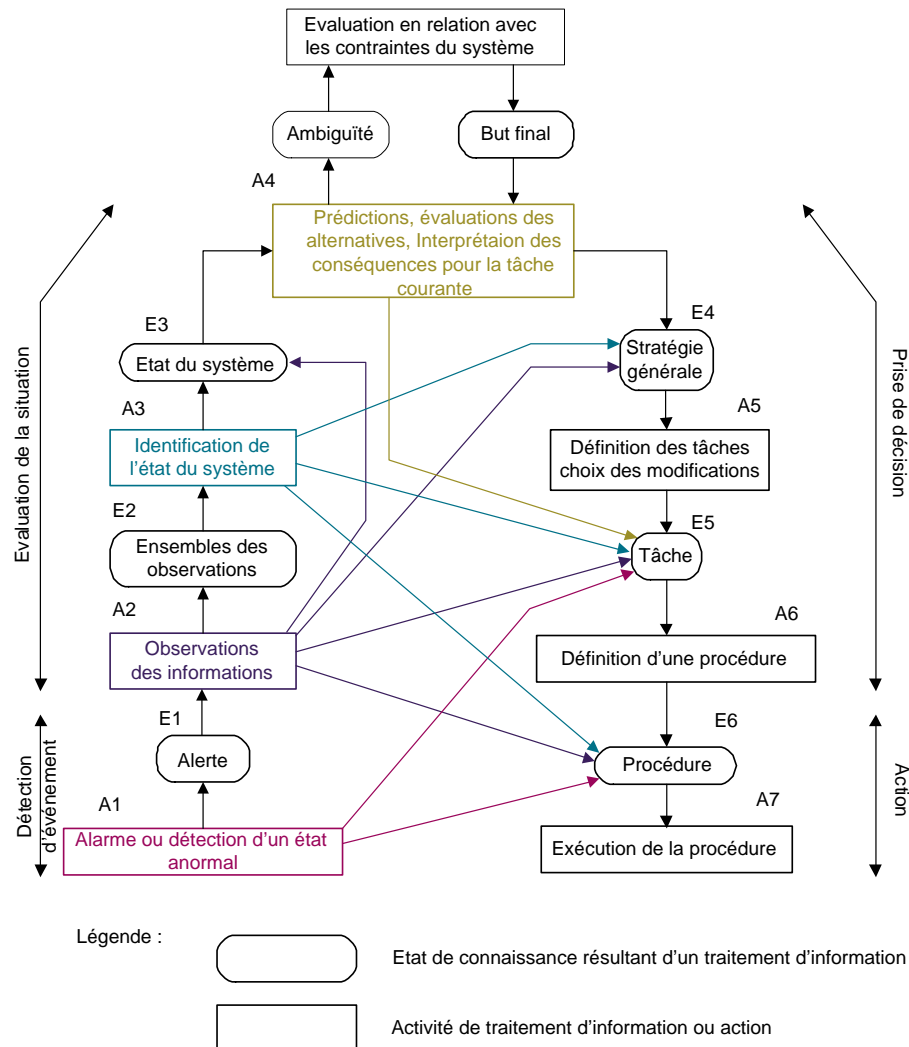


FIG. 2.9 – Echelle de décision modélisant le fonctionnement de l'opérateur humain selon Rasmussen d'après (Millot, 1988) et (Kolski, 1993; Kolski, 1998)

Comme nous le précisons plus loin dans cette section à propos du schéma de la figure 2.11, l'assistance à l'opérateur qu'apporte un système comme AMEBICA porte essentiellement sur les activités correspondant à ces états, c'est-à-dire au niveau de l'observation des informations (état **A2**) et, dans une moindre mesure, au niveau de l'identification de l'état de système (état **A3**).

- Prise de décision.** L'opérateur a des objectifs de conduite du processus qui lui ont été assignés, il connaît normalement à ce niveau l'état du système. Il définit alors une stratégie pour corriger le problème (état **E4**), qu'il décompose en une série de tâches (état **E5**), qu'il décompose ensuite en procédures d'actions (Activité **A6**).
- Action.** A ce niveau, l'opérateur exécute les procédures d'actions qu'il a définies à l'étape précédente (état **E6** et activité **A7** sur le schéma de la figure 2.9).

Le comportement basé sur l'entraînement évoqué au début de cette section correspond dans le cadre du schéma de la figure 2.9 à un opérateur expérimenté qui associe directement différentes actions aux indications qu'il perçoit de la situation courante. Il passe alors de l'activité **A1** directement à l'état **E6** et à l'exécution des procédures correspondantes (activité **A7**).

Pour un opérateur bien entraîné, le comportement procédural correspond à adopter, lorsque

ce dernier se trouve face à une situation connue, une procédure prédéfinie qu'il a mémorisée. Il passe alors de l'étape **A1** ou **A2** directement à l'étape **E5** ou **E6**.

Le comportement basé sur la connaissance correspond, pour un opérateur lorsqu'il est face à une situation nouvelle, à suivre toutes les étapes du schéma de la figure 2.9. A partir des informations qu'il perçoit il émet des hypothèses, adopte des stratégies de correction, qu'il teste et remet éventuellement en cause.

Par rapport au modèle de fonctionnement de l'opérateur de Rasmussen représenté au schéma de la figure 2.9, (Millot, 1988) propose à la figure 2.10, les points dans le déroulement de la tâche de l'opérateur où peuvent intervenir les d'outils d'aide à l'opérateur.

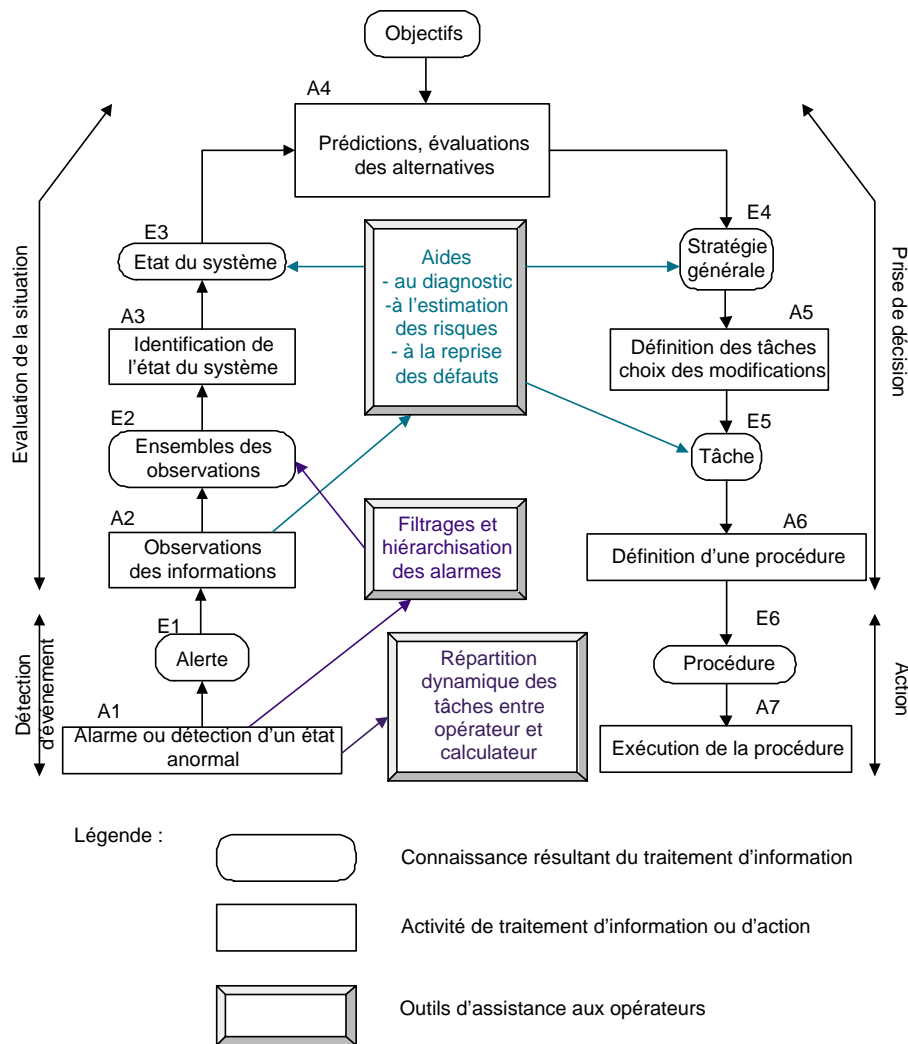


FIG. 2.10 – Choix des outils d'aide à l'opérateur en fonction de la tâche dans le cadre du modèle de fonctionnement de l'opérateur de Rasmussen d'après (Millot, 1988)

(Kolski, 1993) propose un schéma qui s'inspire de celui de (Millot, 1988), présentant un placement fonctionnel des différents modules d'assistance à l'opérateur (figure 2.11). Par rapport à ce dernier schéma, AMEBICA correspond à un module de visualisation et intervient aux étapes **A2** (Observations des informations), **A3** (Identification de l'état du système) et **A4** (Evaluations des conséquences).

(Vicente & Rasmussen, 1992) proposent une méthodologie de conception *écologique* d'in-

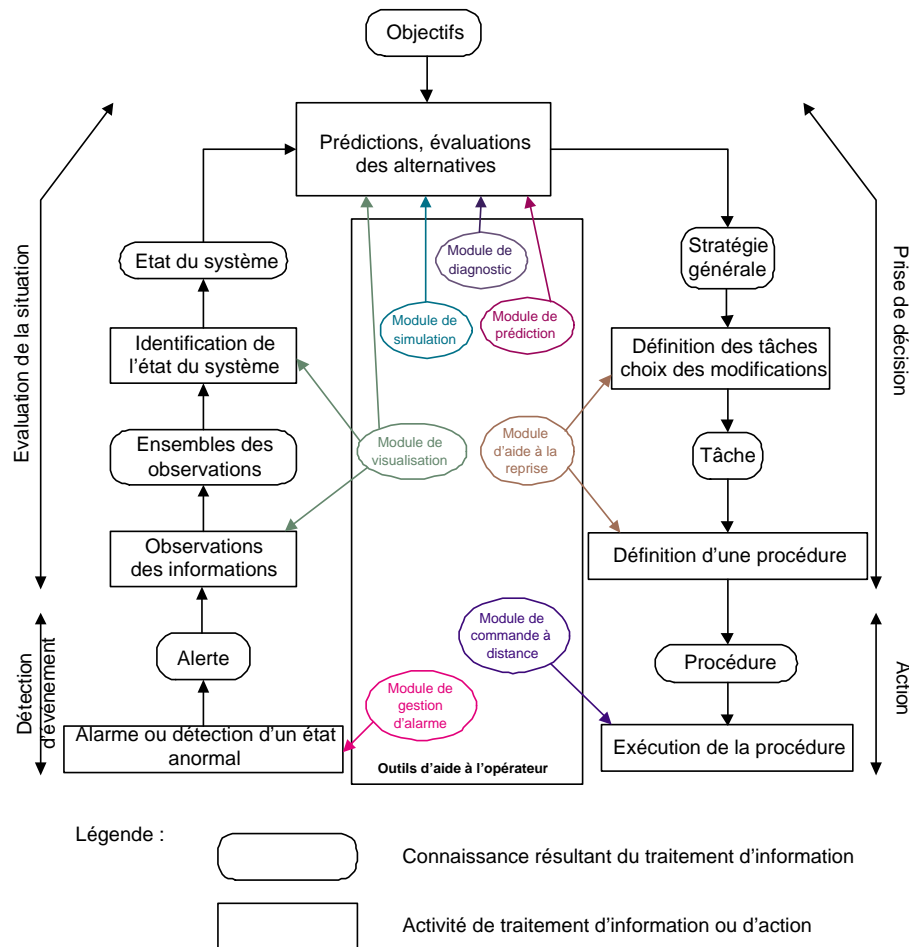


FIG. 2.11 – Niveau d'intervention des différents modules d'assistance à l'opérateur en fonction de la tâche dans le cadre du modèle de fonctionnement de l'opérateur de Rasmussen d'après (Kolski, 1993)

terface - **EID** : *Ecological Interface Design* - basée sur le modèle SRK de Rasmussen¹². Cette méthodologie a été développée pour des systèmes homme-machine complexes avec des interfaces à manipulation directe¹³. Dans la suite du modèle SRK, elle met l'accent sur les trois types d'événements que l'opérateur peut avoir à gérer :

1. **Les événements familiers.** Ces événements sont fréquents, de sorte que les opérateurs les pratiquent régulièrement. Ils ont par conséquent acquis beaucoup d'expérience à leur sujet. Un comportement des opérateurs basé sur les habiletés est suffisant pour gérer ces problèmes.
2. **Les événements non-familiers mais anticipés à la conception.** Ce type d'événements intervient peu fréquemment. Les opérateurs ont donc peu d'expérience sur ces événements. Néanmoins, ils ont été prévus à la conception. Ainsi, des procédures et des systèmes d'as-

¹²<http://individual.utoronto.ca/olivier/interest/eid.html> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

¹³La manipulation directe est un paradigme d'interaction qui repose sur la *désignation directe* et sur l'utilisation de la *métaphore du monde réel*. L'environnement informatique ainsi perçu donne l'impression à l'utilisateur d'être un univers sur lequel ce dernier a prise. La *désignation directe* est un type d'interaction dans lequel les seules actions que l'utilisateur peut faire sont de choisir parmi des propositions suggérées par le système et de guider ce dernier pour qu'il fasse les propositions adéquates. La *métaphore du monde réel* est la transposition du monde réel dans le monde informatique, qui consiste à représenter des objets informatiques sous une forme évoquant des objets du monde connu de l'utilisateur. Ces définitions sont issues de (Nanard & Nanard, 2002b) qui discute plus avant les intérêts et inconvénients de l'interaction à désignation directe.

sistance sont présents pour aider l'opérateur à les gérer. Le comportement des opérateurs est dans ce cas basé sur des procédures.

3. **Les événements non-familiers et non-anticipés.** Ces événements se produisent rarement et sont également non-familiers aux opérateurs. Cependant par rapport au cas précédent, ils n'ont pas été anticipés lors de la conception. Aucune procédure et aucun système d'assistance n'existent pour aider les opérateurs. Ces derniers doivent improviser eux-mêmes une solution. Leur comportement est alors basé sur leurs connaissances.

La méthodologie *EID* à deux objectifs principaux :

1. la conception de système qui n'oblige pas l'opérateur à utiliser plus de ressources cognitives que la tâche ne l'exige.
2. la conception de système qui permet le travail de l'opérateur aux 3 niveaux de contrôle cognitif définis dans le modèle SRK.

Le schéma de la figure 2.12 résume graphiquement le raisonnement que les auteurs ont suivi pour aboutir à ces objectifs.

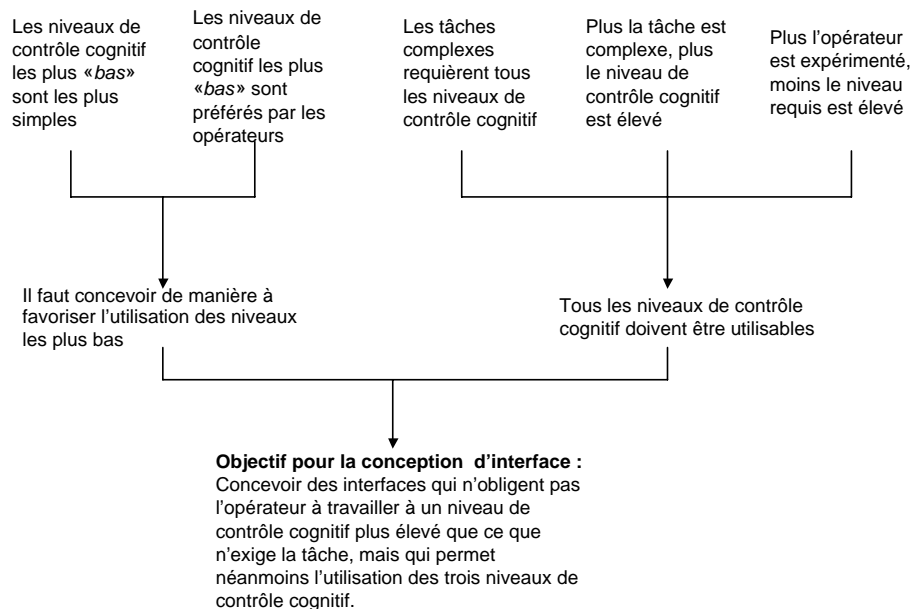


FIG. 2.12 – Raisonnement conduisant aux objectifs de conception d'une interface pour un système complexe d'après (Vicente & Rasmussen, 1992)

(Vicente & Rasmussen, 1992) donnent trois principes de conception pour pouvoir implémenter les trois niveaux de contrôle cognitif :

1. **Au niveau SBB (Comportement basé sur l'entraînement).** Le principe pour le niveau SBB énonce que *pour aider à une interaction s'effectuant par des signaux spatio-temporels, l'opérateur doit être capable d'agir directement sur l'affichage, et la structure de l'information affichée doit être isomorphe à la structure tout-partie des mouvements*¹⁴
2. **Au niveau RBB (Comportement procédural).** Le principe pour le niveau RBB énonce que l'interface doit *fournir une correspondance bijective consistante entre les contraintes du domaine et les indices ou les signes fournis par l'interface*¹⁵

¹⁴Cette traduction est la notre. La version originale dans (Vicente & Rasmussen, 1992) est : *To support interaction via time-space signals, the operator should be able to act directly on the display, and the structure of the displayed information should be isomorphic to the part-whole structure of movements.*

¹⁵La version originale dans (Vicente & Rasmussen, 1992) est : *Provide a consistent one-to-one mapping between the work domain constraints and the cues or signs provided by the interface.*

3. **Au niveau KBB (Comportement basé sur les connaissances).** Enfin le principe énonce pour le niveau KBB qu'il faut *représenter le domaine de travail sous la forme d'une hiérarchie abstraite qui sert à l'opérateur de modèle mental externe qui l'aide dans sa résolution de problème*¹⁶

Une hiérarchie abstraite - *abstraction hierarchy* - est une classe particulière de hiérarchie, représentant un même système selon plusieurs niveaux de détails, les niveaux les plus *élevés* étant moins détaillés et plus généraux que les niveaux *inférieurs*. Une telle hiérarchie est un mécanisme pour gérer la complexité d'un système. Dans le tableau 1.1 présenté au chapitre 1, une des actions préconisées correspond à généraliser les représentations pour aider l'opérateur à regagner une compréhension du processus¹⁷.

Cette approche *écologique* pour la conception d'interface se base sur les concepts développés en *psychologie écologique*¹⁸ correspondant à une vision *systémique* : l'accent est mis sur l'analyse des interactions entre les personnes et leur environnement, le terme *environnement* ayant ici un sens large dépendant du domaine d'application. Le travail de Gaver sur les affordances et leur utilisation s'appuie également sur les travaux en *psychologie écologique* (Gaver, 1991). Les affordances pour cet auteur, qui emprunte cette notion au psychologue J.J Gibson (Gibson, 1979), sont les propriétés des objets du monde qui sont compatibles et pertinentes pour les interactions humaines. Ces propriétés impliquent que les attributs physiques de l'objet sur lequel une personne souhaite agir soient compatibles avec ceux de cette personne, que les informations concernant ces attributs soient perceptibles par cette personne et enfin que ces attributs et les actions qu'ils rendent possibles, soient pertinents par rapport à la *culture* de cette personne. Cette notion d'affordance chez Gaver, qui fait le lien entre les propriétés perçues d'un objet et les actions et interactions qu'elles suggèrent à la personne qui les perçoit, est bien sûr à mettre en parallèle avec les niveaux SBB et RBB (comportement basé sur l'entraînement et comportement procédural) chez Rasmussen.

Le modèle SRK en lui-même comporte certains aspects un peu réducteurs, mais il offre néanmoins un bon cadre d'analyse du comportement cognitif de l'opérateur car il rend bien compte des différents types de comportement de ce dernier couramment recensés dans la littérature (Kolski, 1993).

La démarche *EID* explique l'intérêt des interfaces à manipulation directe par rapport aux mécanismes de traitement cognitifs humains.

Le développement d'interfaces adaptatives telles qu'AMEBICA est compatible avec une démarche *EID*. En effet, l'objectif principal est similaire : réduire au maximum la charge de travail de l'opérateur en réduisant la nécessité pour ce dernier de recourir à des niveaux de contrôle cognitif élevés. D'ailleurs, comme il a été précédemment remarqué dans cette section, certaines actions entreprises dans AMEBICA souscrivent aux principes de *conception écologique* définis par Vicente et Rasmussen. Néanmoins dans le cadre d'AMEBICA, le système est conçu pour décider d'agir de manière à aider l'opérateur, et non simplement conçu de sorte que la structure et l'organisation de l'interface permettent à l'opérateur d'agir dans de bonnes conditions quelque soit le niveau de contrôle cognitif dans lequel il est engagé. L'interface s'adapte pour maintenir le niveau de contrôle cognitif le plus bas possible.

L'utilisation d'une approche de conception écologique pour développer un système de supervision *intelligent* a notamment été mis en œuvre dans un projet japonais concernant les centrales nucléaires (Naito et al., 1995). Ce système a été conçu pour assister les opérateurs humains dans

¹⁶La version originale dans (Vicente & Rasmussen, 1992) est : *Represent the work domain in the form of an abstraction hierarchy to serve as an externalized mental model that will support knowledge-base problem solving.*

¹⁷Case du tableau 1.1 marquée (9), correspondant à une perte totale de compréhension de la part de l'opérateur. L'action préconisée correspond alors à généraliser d'un niveau et/ou à résumer l'information

¹⁸Traduction littérale de *ecological psychology*

leur comportement basé sur la connaissance et les aider à gérer les événements non-anticipés à la conception, particulièrement le rétablissement du système supervisé suite à une erreur humaine.

2.1.2.2 GOMS et le modèle du processeur humain

GOMS est l'acronyme de *Goals* (buts), *Operators* (opérations élémentaires), *Methods* (méthodes), et *Selection rules* (règles de sélection). GOMS est une famille de techniques proposées en 1983 par Card, Moran et Newell pour modéliser et décrire la réalisation d'une tâche par un être humain (Card et al., 1983).

Les éléments constitutifs d'un modèle GOMS sont au nombre de quatre :

1. **Goals.** Les *Goals*(Buts) représentent les objectifs que l'utilisateur essaie d'atteindre. De manière générale, ils sont spécifiés sous forme hiérarchique.
2. **Operators** Les *Operators* (Opérations) sont les opérations élémentaires qui vont être enchaînées par l'utilisateur pour réaliser l'objectif qu'il s'est fixé.
3. **Methods** Les *Methods* (Méthodes) sont une séquence d'opérations élémentaires qui, regroupées, permettent d'accomplir un objectif.
4. **Selections rules** Les *Selections rules* (Règles de sélection), sont les règles de décision qui vont être utilisées pour choisir une méthode pour atteindre un objectif quand plusieurs règles sont applicables pour ce faire.

La plupart des techniques GOMS sont au moins partiellement basées sur le modèle du processeur humain (*MHP - Model Human Processor*). Dans le MHP la cognition humaine est représentée comme un ensemble de composants séparés pour les traitements cognitif, moteur et perceptif, respectivement un processeur cognitif, un processeur moteur et un processeur perceptif (figure 2.13). Chacun de ces processeurs interagit avec la mémoire, qui se décompose en mémoire à long terme et mémoire à court terme. La mémoire à court terme se décompose elle-même en une mémoire à court terme visuelle et une mémoire à court terme auditive. Chacune de ces mémoires se caractérise notamment par trois paramètres : sa capacité, la durée de vie (ou persistance) des informations stockées dans cette mémoire et le type d'information mémorisée. Chacun des processeurs est caractérisé par un *temps de cycle*. Les informations stockées dans les mémoires sont exploitées et mises à jour par ces processeurs.

Chaque élément de GOMS correspond à un traitement particulier dans l'un des composants du MHP. Par exemple, la sélection de règles est effectuée par le *processeur* cognitif du MHP. Les GOMS proposent un ensemble de techniques pour évaluer l'efficacité humaine sur n'importe quel système où l'homme interagit avec la machine. Une analyse GOMS permet souvent d'avoir un bon aperçu sur l'utilisabilité du système en terme de temps de réalisation d'une tâche, de temps d'apprentissage de la tâche, de séquençage des tâches en opérations élémentaires, etc. Les techniques basées sur GOMS sont nombreuses. Les plus couramment utilisées sont :

- Keystroke Level Model (KLM) par Card, Moran et Newell
- Card, Moran, and Newell GOMS (CMN-GOMS) par Card, Moran et Newell
- Natural GOMS Language (NGOMSL) par Kieras
- Cognitive Perceptual Motor GOMS (CPM-GOMS) par John

(Kolski & Le Strugeon, 1998) suggère une utilisation de GOMS dans le cadre d'une interface intelligente. En effet, si les tâches peuvent être décrites formellement, GOMS peut permettre d'intégrer et d'utiliser cette description formelle. Par exemple, si plusieurs méthodes sont applicables pour la réalisation d'une même tâche, les règles de sélection peuvent être utilisées par l'interface pour choisir quelle méthode proposer à l'opérateur en fonction de différents paramètres (le profil de l'opérateur, ses préférences, la gravité de la situation, etc.)

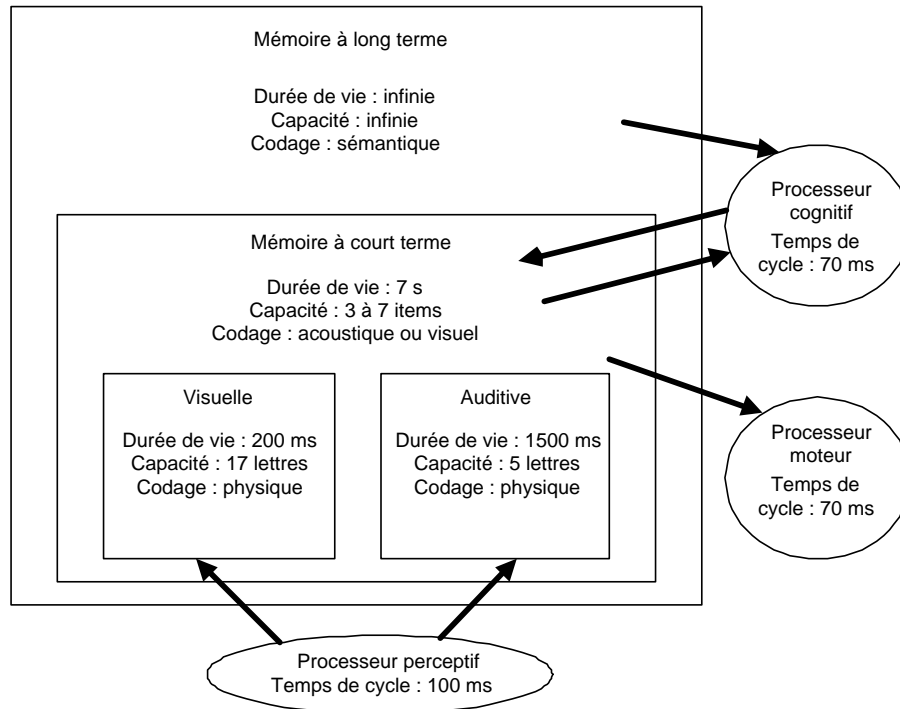


FIG. 2.13 – Modèle de la mémoire humaine selon Card, Moran et Newell, d'après (Boy, 1988) et (Kolski, 1993)

2.1.2.3 Le modèle de Norman

Le modèle de Norman introduit la notion de modèle conceptuel (Norman, 1986). Ce modèle conceptuel correspond à la notion de représentation mentale (cf. section 2.1.1.4) en termes de *variables psychologiques*. Ces variables psychologiques sont les buts et intentions de l'opérateur. L'opérateur réalise sa tâche sur un système physique. Ce système physique possède des *interacteurs*. Un interacteur est un mécanisme de contrôle que l'opérateur peut utiliser pour changer l'état du système¹⁹. La manipulation de ses interacteurs entraîne des changements dans les variables physiques décrivant le système et dans l'état de ce dernier. Ainsi, l'opérateur doit interpréter les *variables physiques* en terme de *variables psychologiques*. Inversement, il doit traduire ses buts et intentions en actions sur le système par l'intermédiaire des interacteurs. Ainsi selon Norman, une tâche peut se décomposer selon différents aspects décrits dans le tableau 2.1.

La difficulté que l'opérateur peut rencontrer pour traduire ses objectifs en actions sur les interacteurs et pour interpréter les états du systèmes en termes de buts et d'intentions traduit l'existence d'une distance d'exécution et d'une distance d'évaluation²⁰.

La distance d'exécution peut être réduite par l'opérateur s'il forme des intentions et détermine une séquence d'actions pertinentes du point de vue du système. Elle peut être réduite par le concepteur du système en choisissant avec soin les interacteurs pour qu'ils soient utilisables par l'opérateur, c'est-à-dire ici qu'ils permettent une traduction aisée pour l'opérateur de ses intentions en actions sur ces interacteurs. La distance d'évaluation dépend, du côté de l'opérateur, de la qualité de sa perception de l'état du système et de l'interprétation de cet état perçu. Elle

¹⁹Nous reprenons ici le sens d'interacteur donné par (Thévenin, 2001) : un interacteur est un objet qui assure une unité d'interaction entre l'utilisateur et le système.

²⁰Les termes originaux de Norman dans (Norman, 1986) sont *Gulf of execution* et *Gulf of evaluation*. Certains auteurs parlent de barrières d'exécution et d'évaluation (Fraïssé, 1999) et d'autres de distances d'exécution et d'évaluation (Nanard & Nanard, 2002b). C'est pour cette dernière traduction que nous avons opté.

Aspect	Description
Buts et intentions	Un but est un état qu'une personne doit atteindre ; une intention est la décision d'agir pour faire en sorte d'atteindre cet état.
Spécification de la séquence d'actions	Le processus cognitif qui consiste à représenter mentalement les actions que l'utilisateur doit effectuer sur les mécanismes du système.
Faire correspondre les buts et intentions à la séquence d'actions	Pour spécifier la séquence d'actions l'utilisateur doit traduire les buts en intentions en terme d'état désirés du système, puis déterminer quels mécanismes de contrôle du système permettront d'obtenir cet état et enfin déterminer les manipulations des mécanismes de contrôle requis. Le résultat est un représentation mentale interne de la spécifications des actions qui sont à exécuter.
Etat du système	L'état du système détermine la valeur de toutes ses <i>variables physiques</i> .
Mécanismes de contrôle	Les mécanismes qui permettent de contrôler les <i>variables physiques</i> du système.
Correspondance entre les mécanismes de contrôle du système et l'état de ce dernier	La relation qui unit la configuration des mécanismes de contrôle du système et l'état de ce dernier.
Interprétation de l'état du système	La relation entre l'état physique du système et les objectifs de l'utilisateur est déterminée par la perception de l'état physique du système par l'utilisateur, puis l'interprétation de cet état perçu en terme de <i>variables psychologiques</i> .
Evaluation du résultat	L'évaluation de l'état du système requiert de comparer l'interprétation de l'état perçu du système avec l'état désiré. Cela conduit souvent à une nouvelle formulation d'un ensemble de buts et d'intentions.

TAB. 2.1 – Les différents aspects d'une tâche d'après (Norman, 1986)

dépend, du côté du système, de la qualité des interacteurs de présentation traduisant l'état du système (figure 2.14).

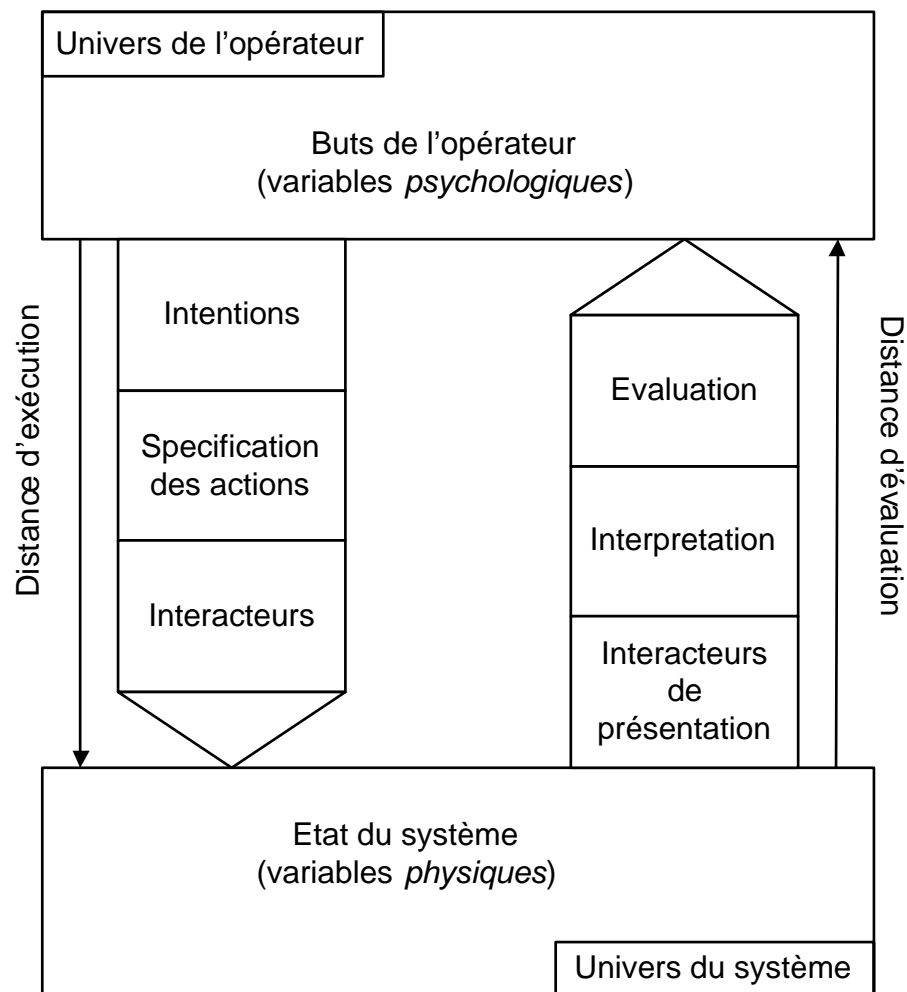


FIG. 2.14 – Les distance d'exécution et d'évaluation d'après (Norman, 1986)

Norman propose une décomposition de l'activité de l'utilisateur en sept étapes présentées à la figure 2.15 qui reprend celle donnée au tableau 2.1. Nous précisons les éléments du schéma ci-après.

- **Etablissement d'un but.** L'élaboration d'un but est l'étape *centrale*. Ce but est une représentation mentale de l'état du système que l'opérateur souhaite obtenir.
- **Formulation d'une intention.** La formulation de l'intention correspond à la décision de l'opérateur d'atteindre un but préétabli.
- **Spécification par l'opérateur d'une séquence d'actions.** L'opérateur établit un plan d'action, c'est-à-dire qu'il se représente mentalement l'ensemble des actions qu'il doit réaliser sur les interacteurs pour atteindre son objectif.
- **Exécution des actions.** L'opérateur agit sur les interacteurs et modifie ainsi l'état du système.
- **Perception de l'état du système.** L'opérateur perçoit un ensemble de changements dans l'état du système.
- **Interprétation de l'état perçu du système.** A partir de l'état perçu du système, l'opérateur construit ou modifie sa représentation mentale du système et de la situation.
- **Comparaison de l'état du système avec les buts et intentions initiaux.** L'opérateur

compare sa représentation mentale du système avec les objectifs qu'il souhaitait atteindre. En fonction de cette évaluation, l'opérateur poursuit ses actions ou formule de nouveaux buts.

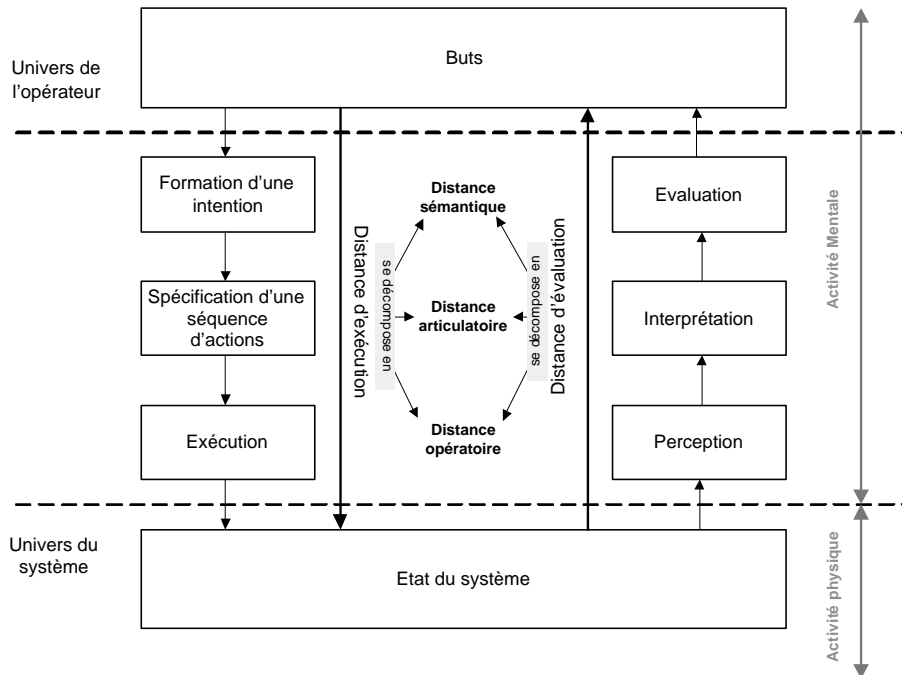


FIG. 2.15 – La *Boucle de Norman* : les sept étapes de l'activité d'un utilisateur engagé dans la réalisation d'une tâche d'après (Norman, 1986; Nanard & Nanard, 2002b; Kolski, 1998)

Une activité réelle n'est pas une suite de ces différentes étapes enchaînées séquentiellement : certaines étapes peuvent être répétées et d'autres court-circuitées.

(Nanard & Nanard, 2002b) définit la distance d'exécution comme l'effort, fourni par l'opérateur, qui est nécessaire pour passer du but à l'expression de la commande. La distance d'évaluation est l'effort, fourni par l'opérateur, qui est nécessaire à l'interprétation de l'expression des résultats et à leur comparaison avec les buts. L'effort à la charge de l'opérateur s'exprime donc par la somme de la distance d'exécution et de la distance d'évaluation.

(Nanard & Nanard, 2002b) décompose ces deux distances en distance sémantique, distance articulatoire et distance opératoire.

- **Distance sémantique.** La distance sémantique correspond à la différence entre le niveau d'abstraction offert par le langage d'interface et la représentation mentale que l'opérateur se fait de sa tâche. La réduction de cette distance permet de réduire les efforts intellectuels nécessaires à l'opérateur en utilisant des notions qui lui sont familières, tant pour lui permettre de s'exprimer que pour lui présenter des informations. Dans AMEBICA, certaines adaptations réalisées par le système visaient à réduire la distance d'évaluation en réduisant la distance sémantique, en présentant une vue plus générale du système (cf. tableau 1.1 au chapitre 1). On peut également remarquer le parallèle existant entre la distance sémantique et les recommandations de Rasmussen pour la conception d'une interface procurant un support efficace au comportement de l'opérateur basé sur les connaissances. Cette recommandation précisait en effet qu'il faut *représenter le domaine de travail sous la forme d'une hiérarchie abstraite qui sert à l'opérateur de modèle mental externe qui l'aide dans sa résolution de problème* (cf. section 2.1.2.1 dans ce chapitre), ce qui permet une réduction de la distance sémantique.

- **Distance articulatoire.** La distance articulatoire correspond à l'effort nécessaire à l'opérateur pour élaborer la relation existant entre la signification de l'expression échangée avec le système et la forme de cette expression. Réduire cette distance permet de diminuer l'effort de planification dans l'élaboration des commandes ou dans l'interprétation des résultats. Par exemple, permettre à l'opérateur d'effectuer en un seul geste une action qui lui aurait sinon demandé plusieurs gestes, correspond à une réduction de la distance articulatoire. Au contraire, l'allongement de la distance articulatoire peut entraîner des erreurs d'interprétation ou de manipulation. Dans le cadre du projet AMEBICA, certaines adaptations réalisées par l'interface visaient à une réduction de la distance articulatoire. Ainsi, par exemple la mise en valeur des informations importantes (cf. section 1.2.2.2 du chapitre 1) ou l'adaptation spatiale (cf. section 1.2.2.3 du chapitre 1), par le positionnement et le redimensionnement des fenêtres détaillant les alarmes autour de la sous-station sur laquelle est survenue le dysfonctionnement (voir particulièrement les figures 1.6 à 1.12) correspondent à une réduction de la distance articulatoire. On peut encore une fois remarquer le parallèle entre ce point et les préconisations de Rasmussen pour la conception d'interfaces consistantes avec le comportement de l'opérateur basé sur l'entraînement et le comportement procédural. Ces préconisations énoncent respectivement que *pour aider à une interaction s'effectuant par des signaux spatio-temporels, l'opérateur doit être capable d'agir directement sur l'affichage, et la structure de l'information affichée doit être isomorphe à la structure tout-partie des mouvements* et que l'interface doit fournir une correspondance bijective consistante entre les contraintes du domaine et les indices ou les signes fournis par l'interface. Ces deux principes de conception visent bien à une réduction de la distance articulatoire, car ils vont permettre à l'opérateur de réduire l'effort qui lui est nécessaire pour établir la relation existant entre la signification de l'expression échangée avec le système et la forme de cette expression.
- **Distance opératoire.** La distance opératoire correspond à l'effort que doit fournir l'opérateur pour transmettre une commande ou pour percevoir un résultat. Dans le cadre du projet AMEBICA, le non recouvrement des éléments d'information importants présents sur l'interface, le zoom réalisé automatiquement ou la possibilité d'utiliser des commandes vocales simples pour effectuer certains déplacements²¹ relèvent d'une réduction de la distance opératoire.

²¹Dans ces derniers cas, cela relève en fait d'une réduction, et de la distance opératoire, et de la distance articulatoire. L'ajustement du niveau de zoom réalisé automatiquement épargne non seulement à l'opérateur la nécessité de réaliser le zoom mais également la nécessité de prévoir de zoomer dans la suite d'actions qu'il a à réaliser. De même, dans le cas de l'interface vocale, cette dernière fonctionnant par mot clé, selon l'opération, il peut y avoir réduction de la distance opératoire, par la plus grande simplicité d'exécution de la commande - prononcer un mot clé pour faire se déplacer la vue vers la droite au lieu de réaliser ce déplacement en utilisant la souris et une barre de défilement (*ascenseur*) - et une réduction de la distance articulatoire, la séquence d'actions à planifier étant plus restreinte. Néanmoins, il faut remarquer que ces tentatives de réduction des distances opératoires et articulatoires peuvent échouer ou même avoir l'effet contraire. En effet, dans le premier cas, l'initiative d'action du système correspond à une action que l'opérateur aurait dû entreprendre, cela correspond bien à une réduction des distances opératoires et articulatoires. Par contre, si le système réalise une action qui ne correspond pas à un besoin de l'opérateur ce dernier aura peut-être à annuler cette action du système avant de réaliser les actions qu'il souhaite effectuer, ce qui correspond à une augmentation des distances opératoire et articulatoire. Ce point traduit bien toute la problématique de l'initiative du système, nous en discuterons plus loin dans ce chapitre. Dans le deuxième cas, celui de l'interface vocale, il faut que le nombre de mots clé soit restreint (sinon cela peut demander un trop gros effort de mémorisation et de rappel de la part de l'opérateur) et que le système vocal soit efficace (il faut que le système reconnaisse le mot clé facilement quelque soit la vitesse à laquelle l'opérateur le prononce, le ton de sa voix, le bruit ambiant, etc.)

2.2 Intelligence, adaptativité et adaptabilité de l'interface

De nombreux outils d'assistance plus ou moins *intelligents* ont fait leur apparition dans les systèmes de supervision pour assister l'opérateur dans sa tâche. (Kolski, 1993) propose une taxonomie de ces outils en dix classes, de la *classe 0* correspondant à la présence d'aucun système d'assistance à la *classe 9* correspondant à un système expert assistant, en passant par les systèmes de filtrage d'alarmes (*classe 1*), les systèmes de synthèse d'informations (*classe 2*), les systèmes d'aide au diagnostic (*classe 3*), les systèmes de traitement d'alarmes (*classe 4*), les systèmes intelligents (*classe 5*), les systèmes d'aide à la reprise (*classe 6*), les systèmes autonomes d'aide à la résolution de problème (*classe 7*), les systèmes d'auto-contrôle (*classe 8*) et les systèmes experts assistants (*classe 9*). Relatif à cette dernière *classe 9* de systèmes experts assistants, on peut citer le modèle d'opérateur assistant intelligent de Boy développé au cours d'un projet d'analyse et d'évaluation de cockpit d'avion de transport (Boy, 1988).

Néanmoins, bien qu'un système adaptant la présentation des informations de manière automatique puisse entraîner une réduction de la charge de travail de l'opérateur, l'utilisation d'interfaces adaptatives dans le domaine de la supervision industrielle semble encore peu répandue. Les moyens mis en œuvre au niveau de la présentation des informations se basent plutôt sur des méthodes de conception intégrant la prise en compte de modèles de l'opérateur comme celui de Rasmussen (cf. section 2.1.2.1) (Millot, 1988; Kolski, 1993; Montmain, 2000), de critères ergonomiques comme ceux de (Bastien & Scapin, 1993) et d'analyse de la tâche comme l'approche MAD (Scapin & Bastien, 2001). Les outils d'assistance *intelligents* proposés à l'opérateur concernent surtout sa tâche même : aide au diagnostic, aide à la reprise.

(Kolski & Le Strugeon, 1998) présente une revue des interfaces homme machine analysée par rapport au modèle ARCH²². (Kolski & Le Strugeon, 1998) définit une interface intelligente comme une interface composée d'éléments mettant en œuvre des techniques d'intelligences artificielles, c'est-à-dire, par exemple, des interfaces qui incluent l'utilisation de base de connaissances, d'heuristiques, de mécanismes de planification ou de techniques relevant de l'intelligence artificielle distribuée (système multi-agent, agent rationnel, etc.). Pour les auteurs, la plupart des interfaces ont en commun une caractéristique importante, l'adaptabilité, et diffèrent principalement sur la manière dont cette adaptabilité est réalisée. Ils proposent une classification en cinq grands types d'interfaces intelligentes, selon leur degré d'*intelligence* (au sens de l'intelligence artificielle) :

1. **Interface flexible.** Ce type d'interface, qui n'est pas à proprement parlé intelligent, autorise une adaptation aux préférences de l'utilisateur, en tenant compte des caractéristiques du système.
2. **Interface tolérante aux erreurs humaines.** Une interface de ce type tient compte du comportement de l'opérateur.
3. **Interface adaptative.** Ce type d'interface, prend en compte d'une part les préférences de l'utilisateur et les caractéristiques du système comme une interface flexible et d'autre part le comportement de l'opérateur comme une interface tolérante aux erreurs humaines. En fait elle généralise ces deux approches et s'adaptent au comportement cognitif de l'utilisateur.
4. **Assistant opérateur.** Un assistant opérateur repose sur les mêmes principes qu'une interface intelligente mais est doté en outre d'un comportement plus autonome, rendant son comportement assez proche de celui d'un opérateur humain.

²²Le modèle ARCH représente une interface comme constituée de cinq composantes. Se reporter à l'annexe E pour une petite présentation du modèle ARCH. (Coutaz, 1993) traite de ce modèle ainsi que des modèles multi-agents PAC et MVC et du modèle hybride PAC-Amodeus

5. **Agent intelligent.** Enfin, pour les auteurs, l'agent intelligent possède l'ensemble des caractéristiques des types d'interfaces intelligentes précédemment cités, avec des capacités supplémentaires pour modéliser la coopération homme-machine, voire une partie du système sociotechnique dans lequel s'insère l'interface et l'opérateur. Les travaux plus récents des auteurs portent d'ailleurs sur ce type d'interface (Grislin-Le Strugeon et al., 2001).

Les interfaces intelligentes représentent donc un domaine actif dans lequel les travaux sont variés. Cependant il n'y a pas de réel consensus sur une définition exacte de ce qu'est une interface intelligente (Waern, 1997). Les interfaces intelligentes ont été proposées comme une solution à des problèmes que les interfaces à manipulation directe ne pouvaient entièrement gérer, comme le problème de la surcharge de travail que nous avons précédemment évoqué (Höök, 1997). Ainsi, les interfaces intelligentes peuvent recouvrir plusieurs réalités différentes. Néanmoins, deux propriétés importantes sont communes à l'ensemble de ces systèmes et peuvent être mis en exergue : l'adaptation et l'autonomie.

L'adaptation dans le domaine de l'interface homme-machine a fait l'objet de nombreux travaux, de nombreuses typologies et classifications. Par exemple, (Karagiannidis et al., 1995; Karagiannidis et al., 1996) caractérisent le processus d'adaptativité par quatre attributs : les constituants qui indiquent ce qui doit être adapté, les déterminants qui donnent le moment auquel l'adaptation doit prendre place, les buts qui donnent les raisons de démarrer l'adaptation et les règles qui vont la diriger. A partir de cette caractérisation, les auteurs proposent dans (Stephanidis et al., 1997) un espace de conception pour l'adaptation dans les IUI et une approche méthodologique générique pour développer des *règles d'adaptation* dans cet espace de conception. (Thévenin, 2001) présente et analyse en détail quelques taxonomies de la littérature donnant chacune un point de vue particulier sur l'adaptation et propose la sienne propre centrée sur la notion d'IHM multicible²³.

Il serait trop long - et probablement vain - de vouloir faire un état de l'art exhaustif. Nous nous contenterons donc de rappeler les principaux aspects de l'adaptation en illustrant par des projets qui en sont représentatifs, puis nous traiterons de l'autonomie en abordant la problématique de l'initiative du système.

2.2.1 Aspects de l'adaptation

L'adaptation dans l'interaction homme-machine peut être considérée au moins selon les cinq aspects suivants : la raison de l'adaptation, l'objet de l'adaptation, le déclencheur de l'adaptation, le moment de l'adaptation, les moyens utilisés pour réaliser l'adaptation²⁴.

2.2.1.1 La raison de l'adaptation

Le déclenchement de l'adaptation est motivé par une cause particulière : l'opérateur, le système, l'interface ou l'environnement. Nous distinguons ici l'interface du système sur lequel elle permet à l'opérateur d'agir selon le modèle fonctionnel classique d'architecture des interfaces homme machine (figure 2.16).

L'environnement²⁵ impose un certain nombre de contraintes sur l'interaction. Les variations

²³Nous abordons les IHM multicibles dans à la section 2.2.1.7.

²⁴La décomposition que nous proposons ici s'inspire en partie de l'espace de conception proposée dans (Thévenin, 1999)

²⁵La notion d'environnement est proche de la notion de contexte telle que la définit (Brézillon, 2002a) dans le cadre de l'intelligence artificielle, c'est-à-dire *ce qui n'intervient pas explicitement dans la résolution d'un problème*

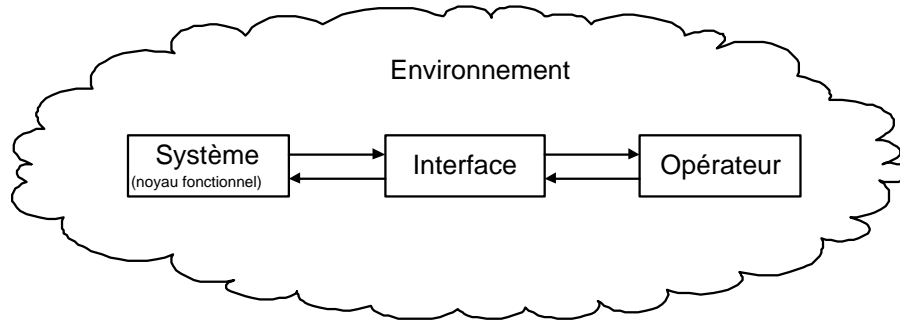


FIG. 2.16 – Le modèle fonctionnel classique d'architecture des interfaces homme machine

de cet environnement peuvent entraîner la nécessité d'adapter l'interface pour qu'elle reste utilisable dans de bonnes conditions (c'est notamment l'objet des interfaces plastiques, un cas particulier d'interfaces multicibles dont il est question plus loin dans cette section).

Le système peut également être une des raisons pour lesquelles un processus d'adaptation est déclenché au niveau de l'interface. Par exemple dans le projet AMEBICA, le système est un processus supervisé. Une variation des caractéristiques du processus doit être répercuté au niveau de l'interface. Le flux d'information peut alors être important et le débit informationnel peut alors être adapté pour éviter une augmentation trop importante de la charge de travail de l'opérateur.

L'interface peut être la cause de l'adaptation dans la mesure où les ressources computationnelles et interactionnelles dont elle dispose pour réaliser son rôle peuvent varier. Ainsi, par exemple, les espaces disponibles sur l'écran pour présenter de nouvelles informations peuvent manquer. Ceci implique alors une réorganisation et un redimensionnement des informations présentes. En se plaçant d'un point de vue différent, un concepteur d'interface peut devoir adapter une même interface sur des plateformes différentes, n'ayant pas les mêmes contraintes physiques et logicielles (par exemple sur un ordinateur de bureau et sur un PDA (Personal Digital Assistant)). L'adaptation aux variations des ressources computationnelles et interactionnelles est, avec l'adaptation aux variations des ressources environnementales, l'objet des interfaces plastiques et des interfaces multicibles.

L'opérateur enfin peut être une raison de déclencher l'adaptation. L'opérateur peut exprimer des besoins et préférences explicitement et l'interface en tient alors compte (voir à ce propos la section 2.2.1.3). Des variations de son comportement, si perceptibles et analysables par l'interface ou le système, peuvent également être la cause d'une série d'adaptation. Il existe de nombreux travaux visant à une modélisation de l'utilisateur pour proposer des systèmes homme machine s'adaptant à chaque utilisateur particulier (Fisher, 2001; Kobsa, 2001). Les travaux sont variés en la matière. Certains sont appliqués à certains types d'interfaces, par exemple les hypermédias (De Bra, 1999; Brusilovsky, 2001), d'autres portent sur des aspects plus techniques de la réalisation de cette modélisation de l'utilisateur, par la reconnaissance de ses *intentions* ou du moins de ce qu'il semble avoir planifié (Waern & Stenborg, 1995; Carberry, 2001), par apprentissage de ces habitudes afin de lui automatiser ses tâches répétitives (Ruvini & Dony, 1999) ou encore considèrent les méthodes pour l'évaluation de modèles de l'utilisateur et de systèmes s'adaptant à l'utilisateur (Chin, 2001). Dans certains cas, l'adaptation ne se fait pas par rapport

mais contraint cette résolution. Dans le cadre de l'interaction homme-machine, par analogie avec la définition précédente, l'environnement peut être défini comme ce qui n'intervient pas explicitement dans l'interaction mais contraint cette interaction. (Thévenin, 2001) donne une définition similaire. Pour cet auteur l'environnement correspond au milieu dans lequel l'interaction homme-machine s'exerce et comprend un ensemble d'informations périphériques à la tâche en cours mais susceptibles de l'influencer.

à un utilisateur particulier mais par rapport à un groupe d'utilisateur représentatif de cet utilisateur. Par exemple dans l'outil de génération automatique de présentation multimédia WIP²⁶, l'adaptation peut être paramétrée par le groupe cible de la présentation. Dans cet outil, d'autres éléments tels que le langage cible ou la disponibilité des ressources sont également pris en compte (Arnold & Gosling, 1996; André, 1997).

En adaptant la présentation et le contenu d'un document à un groupe d'utilisateur et non à un utilisateur, le risque est que le document présenté soit dépersonnalisé et perde de son intérêt et de son impact. Néanmoins personnaliser - même partiellement - le contenu du document en utilisant plusieurs critères pour définir différents profils de destinataires peut entraîner d'avoir presque autant de documents à générer que d'utilisateurs. (Ranwez & Ranwez, 2001) propose un algorithme pour définir des classes d'utilisateurs correspondant à une partie d'un document, à partir de critères pertinents pour cette partie. En effet, deux utilisateurs peuvent avoir des critères différents uniquement pour une sous-partie du document. Il suffit alors de générer de manière spécifique à ce critère cette partie du document. Ainsi, pour chaque partie du document, les auteurs définissent une partition des utilisateurs en classe d'équivalence. Chaque partie du document est alors construite une fois par classe d'utilisateur et non une fois par utilisateur.

2.2.1.2 L'objet de l'adaptation

Ce sont un ou plusieurs éléments caractéristiques de l'interface qui sont adaptés : la présentation des informations, les tâches de l'opérateur, le système d'aide.

La présentation des informations est modifiée par une adaptation du débit informationnel, de la modalité des informations, de leur placement ou de leur organisation. Ces effets ont pour objectif une réduction globale de la distance d'évaluation par une réduction des distances sémantique, articulatoire et/ou opératoire (cf. section 2.14).

L'adaptation des tâches de l'opérateur vise également à réduire la distance articulatoire ou opératoire nécessaire à la réalisation d'une tâche, en modifiant la planification et la réalisation de la tâche.

Enfin le système d'aide peut se déclencher automatiquement et proposer une assistance à l'opérateur en lui donnant des informations supplémentaires pour la réalisation de sa tâche. C'est ce que propose par exemple l'assistant d'OfficeTM sur lequel nous reviendrons à la section 2.3.2.

Dans le projet PPP (Personalized Plan-based Presenter)²⁷, qui est une extension de l'outil WIP évoqué à la section 2.2.1.1, un agent d'interface animé présente le document multimédia généré (André & Rist, 1996; Arnold & Gosling, 1996; André, 1997). Plus récemment, les auteurs ont exploré l'utilisation d'une équipe d'agents qui présentent les informations par l'intermédiaire d'une "saynète" observée par l'utilisateur, plutôt que de s'adresser directement à lui (André, 2000). Dans le projet MIAU (Multiple Internet Agents for User-adaptive decision support)²⁸ (André et al., 2000), l'objectif des auteurs est de faciliter le processus de décision humain par une utilisation effective des techniques de présentation. Dans ces différents projets, l'adaptation concerne non seulement la présentation des informations mais également l'utilisation de personnages animés pour guider l'utilisateur dans sa lecture du document.

²⁶<http://www.dfki.de/imedia/wip/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

²⁷<http://www.dfki.de/imedia/ppp/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

²⁸<http://www.dfki.de/imedia/miau/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

2.2.1.3 Le déclencheur de l'adaptation

L'adaptation peut être déclenchée par un être humain ou par un système artificiel.

L'être humain déclencheur de cette adaptation peut-être l'opérateur on parle alors généralement d'adaptabilité²⁹. Les Documents Virtuels Personnalisables, qui sont détaillés au chapitre 3, sont un exemple d'adaptabilité réalisée par le lecteur qui souhaite un document répondant à ses préférences et besoins spécifiques. L'être humain décidant de l'adaptation peut également être le concepteur de l'interface qui décide par exemple d'adapter une interface qu'il a conçu pour une plateforme sur une autre. L'être humain qui peut déclencher l'adaptation varie en fait en fonction du moment auquel cette adaptation a lieu.

Si l'adaptation est déclenchée par le système ou l'interface on parle en général d'adaptativité³⁰. Par exemple, dans le projet AMEBICA, le système adapte l'organisation et la taille des fenêtres sans intervention explicite de l'utilisateur.

2.2.1.4 Le moment de l'adaptation

On peut repérer deux temps de l'adaptation : le passé et le présent.

On considère que le moment de l'adaptation est dans le passé si l'interface a été conçue pour être adaptée à certains besoins particuliers. L'adaptation a donc eu lieu lors de la phase de conception et l'interface ne s'adapte pas nécessairement lors de son utilisation.

On considère que le moment de l'adaptation est le présent, si l'interface évolue lors de son utilisation, en temps-réel. On parle alors d'adaptation dynamique. C'est notamment le cas, de l'interface proposée dans le projet AMEBICA. L'interface s'adapte en fonction des changements d'état du processus supervisé et de l'opérateur.

2.2.1.5 Les moyens utilisés pour réaliser l'adaptation

Les solutions techniques pour atteindre un même objectif d'adaptation peuvent être nombreuses. On sort ici du cadre des seules interfaces homme machine, les moyens utilisés venant de l'intelligence artificielle, de l'intelligence artificielle distribuée et des applications que ces deux domaines font des mathématiques et de la logique (théorie des jeux, logique floue, probabilité, etc.). Nous présenterons quelques travaux en œuvre des agents pour réaliser l'adaptation au chapitre 6.

Nous abordons plus en détails dans la suite de cette section des travaux de la recherche sur

²⁹(Coutaz & Nigay, 2001) définit l'adaptabilité comme *une personnalisation du système sur intervention explicite de l'utilisateur*. La définition de l'adaptabilité qu'en donne (Bastien & Scapin, 1993) est légèrement différente. Pour ces auteurs, l'adaptabilité d'un système *concerne sa capacité à réagir selon le contexte, et selon les besoins et préférences des utilisateurs*. Dans cette définition, deux éléments participent à l'adaptabilité d'un système, la flexibilité et la prise en compte de l'expérience de l'utilisateur. La flexibilité *concerne les moyens mis à la disposition des utilisateurs pour personnaliser l'interface afin de rendre compte de leurs stratégies ou habitudes de travail et des exigences de travail*. La flexibilité correspond également au nombre de *façons différentes mises à la disposition des utilisateurs pour atteindre un objectif donné*. Enfin la prise en compte de l'expérience de l'utilisateur *concerne les moyens mis en œuvre pour respecter le niveau d'expérience de l'utilisateur*. L'adaptabilité pour (Coutaz & Nigay, 2001) correspond à peu près à la flexibilité chez (Bastien & Scapin, 1993). La définition que nous retenons est celle de (Coutaz & Nigay, 2001)

³⁰(Coutaz & Nigay, 2001) définit l'adaptativité comme *la capacité du système à s'adapter à l'utilisateur sans intervention explicite de l'utilisateur*. Si nous souscrivons dans une large mesure à cette définition, nous en donnons cependant une définition un peu plus large : l'adaptativité est la capacité du système à s'adapter sans intervention explicite de l'utilisateur.

l'adaptation dans l'interaction homme-machine. Le premier porte sur la définition d'un modèle de référence pour des systèmes de présentation multimedia intelligents et le second concerne les interfaces plastiques, un type particulier d'interface multicible.

2.2.1.6 Le modèle de référence des IMMPS

(Bordegoni et al., 1997; Bordegoni et al., 1996) présentent un modèle de référence générique pour les systèmes de présentation multimédia (IMMPS - Intelligent MultiMedia Presentation System). L'objectif de ce travail est notamment de fournir une base d'analyse et de comparaison pour l'ensemble des systèmes de ce type. Le modèle comprend un glossaire regroupant la plupart des termes relatifs aux IMMPS et une architecture composée de 5 couches (*layers*) - les couches *Control*, *Content*, *Design*, *Realization* et *Presentation Display* - et de 4 modules experts regroupant des connaissances relatives à un aspect particulier du processus de composition - l'application, l'utilisateur, le contexte et la *conception*. Le modèle est reproduit à la figure 2.17.

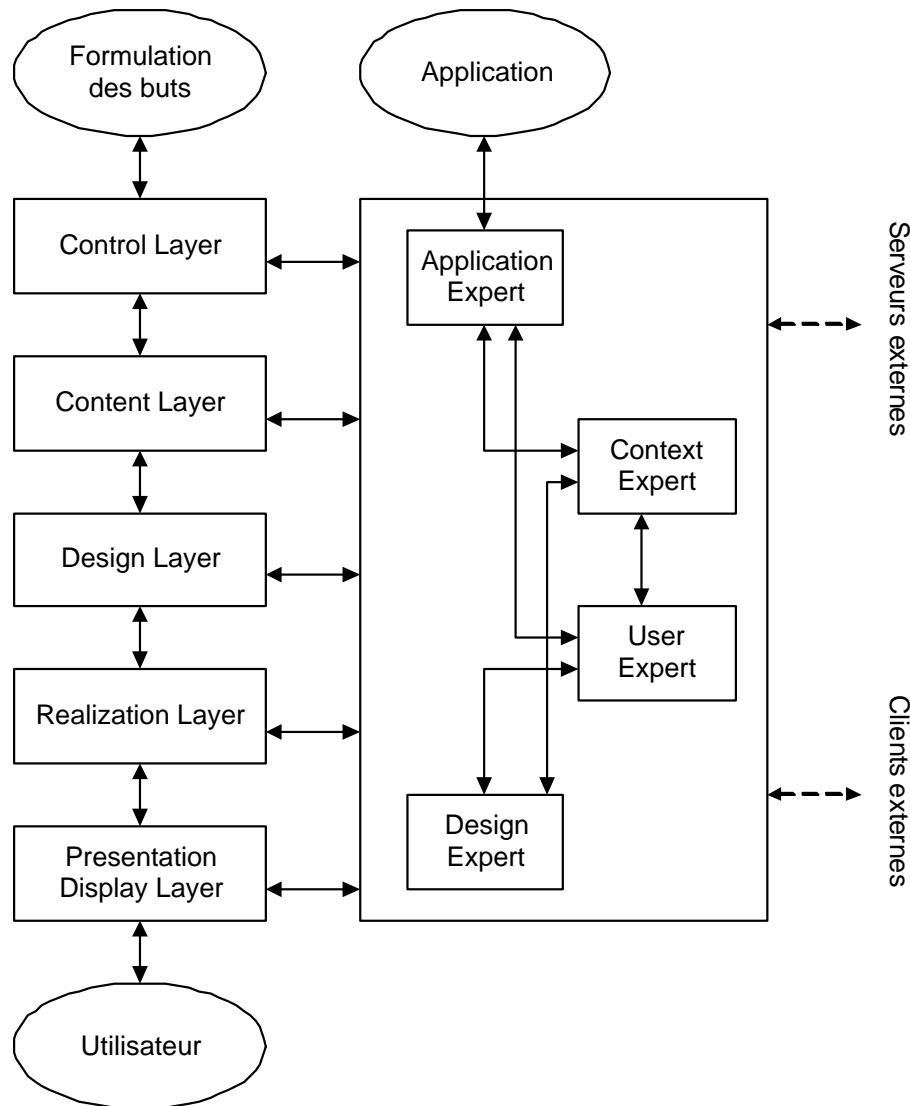


FIG. 2.17 – Modèle de référence d'un IMMPS (Bordegoni et al., 1997; André, 2000)

Chaque couche réalise une partie du travail de composition

– **Control Layer**. La couche de contrôle gère les commandes extérieures, de l'utilisateur

ou du système. Ces commandes donnent les objectifs de présentation, les directives de présentation ou sont des commandes d'arrêt et d'interruption.

- **Content Layer.** La couche *contenu* s'occupe des tâches de composition de haut-niveau, comme la sélection du contenu adéquat, la structuration du contenu et l'allocation des média et modalités. En sortie de cette couche, est produite une liste de tâches de conception nécessaires à l'allocation des média et des modalités, avec une description de la manière dont ces différentes tâches s'articulent.
- **Design Layer.** La couche de conception prend en entrée la liste précédente. Elle est constituée d'un certain nombre de composants de conception spécifiques à un média ou une modalité. Ces différents composants transforment la liste précédente un plan pour la création d'objets médiatiques spécifiques. A ce niveau, les contraintes spatiales et temporelles de la présentation sont également fixées.
- **Realization Layer.** La fonction de la couche de réalisation est la création des objets médiatiques spécifiés par la couche précédente. L'arrangement spatial et temporel des différentes parties de la présentation est également effectué à ce niveau en tenant compte des spécifications de la couche précédente.
- **Presentation Display Layer.** La couche de présentation décrit l'environnement concret de la présentation. Elle s'occupe d'envoyer chaque objet médiatique aux éléments physiques de l'interface correspondant (les haut-parleurs, l'écran, l'imprimante, etc.). Toutes les tâches de coordination entre les éléments d'affichage sont réalisées au niveau de cette couche.

Comme le souligne (André, 2000), un système de présentation multimedia peut être un IMMPS sans pour autant que toutes les tâches de composition précédemment évoquées soient réalisées de manières automatiques.

(Graf, 1996) propose pour la couche de réalisation un modèle de générique pour gérer la disposition des différents éléments dans un système de présentation multimédia. L'implémentation proposée repose sur l'utilisation du gestionnaire de disposition LayLab (Graf, 1995).

2.2.1.7 Les interfaces multicibles et les interfaces plastiques

Les concepts de plasticité et d'interfaces plastiques ont été introduits par (Thévenin & Coutaz, 1999; Thévenin, 1999; Thévenin et al., 2000). Les interfaces plastiques sont des interfaces capables de s'adapter à des contraintes environnementales et matérielles sans perdre leur qualité d'usage. Les interfaces plastiques sont un type particulier d'IHM (interface homme machine) multicontextes, elles-mêmes un type particulier d'IHM multicibles.

Dans (Thévenin, 2001) une cible est définie comme un triplet \langle classe d'utilisateurs, plateforme, environnement \rangle . Une IHM monocible est une IHM conçue pour une classe d'utilisateurs, sur une plateforme donnée et dans un environnement donné. La plateforme désigne ici le support matériel et logiciel de l'interface et l'environnement désigne le milieu dans lequel l'interaction s'exerce. Le couple \langle plateforme, environnement \rangle est défini comme le contexte d'interaction. Ainsi une IHM plastique est une IHM multicontexte, c'est-à-dire une interface qui, à une application et à une classe d'utilisateurs donnés, se remodèle afin de s'adapter aux changements de la plateforme ou de l'environnement, sachant qu'en outre l'interface plastique maintient un niveau d'utilisabilité suffisant, quelque soit le contexte d'interaction.

Ce travail sur la plasticité des interfaces a été appliqué à un projet de système de contrôle de température pour la maison du futur, proposé par EDF. L'utilisateur doit pouvoir interagir avec ce système de contrôle aussi bien depuis une interface dédiée, depuis un appareil de type Palm Pilot, depuis le Web ou depuis un téléphone mobile WAP (Calvary et al., 2000). L'architecture proposée est particulièrement complète et précise, sa vocation étant de servir d'outil de référence

dans le processus de développement de systèmes interactifs plastiques (Calvary et al., 2001b).

Les aspects de l'adaptation considérés dans la plasticité n'incluent pas l'adaptation dynamique aux changements de comportement de l'utilisateur. Néanmoins la prise en compte, de manière dynamique, de changements dans l'environnement est prévue avec l'introduction de la notion de *probe* (Calvary et al., 2001a).

Les interfaces plastiques représentent un type d'interfaces dont l'intérêt va croissant avec l'utilisation d'outils numériques aux fonctionnalités identiques sur des plateformes différentes (PDA, téléphone portable, ordinateur de bureau, télévision, ordinateur de bord d'une voiture, etc.), utilisés dans des environnements variés (au bureau, à la maison, dans la rue, dans les transports en commun, en voiture, etc.). Ils offrent une panoplie de concepts et d'outils aux concepteur et aux développeurs pour ne pas avoir à développer plusieurs versions différentes du même logiciel.

Néanmoins, les technologies faisant preuve d'adaptation ne sont pas sans poser des problèmes à l'usager que l'imprédictabilité qui les caractérise peut gêner. En effet, quand l'adaptation a lieu en temps réel et qu'elle est le fait du système et non de l'usager, ce dernier peut s'interroger sur le bien fondé de l'initiative que prend le système d'adapter l'interface. Nous allons à la section suivante définir et discuter de l'initiative du système en relation avec l'adaptation.

2.3 Adaptation et initiative

2.3.1 Définitions de l'initiative

Le déclencheur de l'adaptation peut être tant un être humain (l'opérateur ou le concepteur) que l'artefact avec lequel l'être humain interagit (le système ou l'interface de ce système). Ce déclenchement de l'adaptation peut intervenir à des moments différents, et selon les applications, un type de déclencheur (humain ou machine) n'est pas exclusif de l'autre. Dans ce cadre, nous adoptons un point de vue *agent* : chaque entité intervenant dans l'interaction est considérée comme un agent possédant des intentions, des buts et des croyances propres. Ces agents sont autonomes (ils ne relèvent pas d'une supervision directe et continue), sociaux (ils interagissent avec d'autres agents), réactifs (ils réagissent à leurs perceptions et agissent en conséquence) et proactifs (ils sont dirigés par leurs propres buts internes et agissent pour les réaliser). Pour distinguer l'humain de la machine, nous distinguons les agents humains et les agents artificiels.

Dans le cadre qui nous intéresse et par rapport à la caractérisation de l'adaptation proposée à la section précédente, nous souhaitons définir l'agent - humain ou artificiel - qui prend l'initiative de déclencher l'adaptation. Par rapport à ce déclenchement de l'adaptation, dans le cadre de ce mémoire nous limitons notre propos d'une part aux initiatives pour déclencher l'adaptation dans la réalisation d'une composition d'informations et d'autres part aux modalités de ce déclenchement, c'est-à-dire le au moment où ce déclenchement a lieu et en quoi il peut consister.

Laisser la possibilité à un agent artificiel de prendre des décisions concernant l'organisation et la présentation des informations n'est pas anodin, particulièrement si ces informations servent à prendre des décisions critiques (par exemple dans la supervision d'un processus industriel). Sur le plan humain, l'opérateur ou l'utilisateur peut rejeter ce type de système.

Dans un cadre un peu plus large, déléguer des recherches d'information et l'initiative du choix des informations à présenter à un agent artificiel ou le laisser réaliser certaines actions a occasionné de vives discussions dans la communauté IHM, entre les tenants de la manipulation directe et ceux des agents logiciels (Schneiderman & Maes, 1997). Le premier point de vue estime

qu'une interface bien conçue, prenant en compte les aspects facteurs humains, étant parfaitement prédictible et mettant parfaitement à profit les capacités de perception humaine, permet une interaction homme-machine effective et efficace (Schneiderman, 1998). L'autre point de vue suggère que l'utilisation d'agents logiciels auxquels certaines tâches sont déléguées peut permettre de réduire considérablement la charge de travail de l'utilisateur (Maes, 1994; Maes, 1995). Entre ces deux approches, certains auteurs considèrent que l'on peut construire des systèmes qui mettent à profit les points forts des machines et des humains ((Burstein & McDermott, 1996) cité par (Cohen et al., 1998)). Cette dernière approche est celle de l'initiative mixte (*mixed-initiative*). Dans un premier temps, nous donnerons plusieurs définitions et points de vue de l'initiative et de l'initiative mixte que l'on peut trouver dans la littérature. Nous attarderons particulièrement sur le travail d'Eric Horvitz et de son équipe. Nous donnerons enfin notre propre définition de l'initiative et d'un système à initiative mixte avant de discuter de cette problématique.

2.3.2 L'initiative mixte

Les travaux sur l'initiative dans un contexte informatique ont d'abord relevé d'une approche linguistique, par une modélisation de la prise d'initiative dans un dialogue discursif ((Whittaker & Stenton, 1988; Walker & Whittaker, 199) cités par (Cohen et al., 1998)), puis l'initiative mixte a été envisagée dans la conception de système de planification collaboratif en intelligence artificielle ((Allen, 1994; Burstein & McDermott, 1996) cités par (Cohen et al., 1998)). (Cohen et al., 1998) présente quatre approches de l'initiative ayant chacune leurs propres objectifs et leur propre définition de l'initiative par rapport à ces objectifs. Nous les présentons brièvement ci-après.

1. **L'initiative comme contrôle sur le flux de la conversation.** L'initiative est définie comme *le contrôle sur le flux de la conversation*, le flux de la conversation représentant les mouvements de la conversation au travers d'un ou de plusieurs sujets et ce flux présentant la caractéristique d'être contrôlé par un seul des participants à la fois. Le contrôle est lui-même défini comme la gestion de la direction du flux de la conversation. Cinq types d'interventions d'un participant en relation avec la directions du flux sont proposées :
 - (a) **Vers l'avant.** L'intervention va dans le sens du but actuellement fixé à la conversation sans constituer un changement d'initiative.
 - (b) **Changement de direction.** Le but et le plan correspondant pour l'atteindre est rejeté ou temporairement suspendu par un nouvel objectif et un nouveau plan. Le participant qui propose cette nouvelle direction a l'initiative.
 - (c) **Arrêt.** Le but et plan actuellement en cours dans la conversation sont momentanément ou définitivement suspendus. Il n'y a pas de changement dans la possession de l'initiative.
 - (d) **Répétition.** Avant de continuer, le locuteur précise certains détails du sujet de la conversation. L'auditeur a la possibilité de prendre l'initiative.
 - (e) **Interruption.** L'un des participants auditeurs prend le contrôle de la conversation en interrompant le locuteur et en prenant explicitement l'initiative.

Selon cette définition de l'initiative, seuls les systèmes qui permettent à tous leurs participants de prendre le contrôle du flux de la conversation sont des systèmes à initiative-mixte.

2. **L'initiative comme le contrôle d'une tâche.** Le contexte dans lequel la définition de l'initiative est ici considérée est celui de la résolution de problème collaboratif. L'initiative se définit comme *l'exercice du pouvoir ou de la capacité du participant à un dialogue de suggérer (ou de réaliser) un plan (ou une tâche) qui intervient dans la résolution du problème courant*. Pour un participant, posséder l'initiative c'est contrôler la manière dont la solution est formulée ou réalisée.

3. **L'initiative comme prise du contrôle d'une conversation par la présentation d'un objectif à atteindre.** Par rapport, aux deux définitions précédemment présentées, l'initiative concerne ici à la fois le contrôle de la conversation et le contrôle de la tâche en cours. *L'initiative dans une conversation se produit au moment où une personne prend le contrôle de la conversation en proposant un objectif à atteindre pour l'ensemble des participants.* Par rapport à cette définition, le contrôle de la conversation n'implique pas la prise de l'initiative, par contre avoir l'initiative implique d'avoir le contrôle de la conversation. Cette définition de l'initiative, impose seulement que la présentation d'un but gouverne la prise de contrôle de la conversation.
4. **L'initiative comme initiation d'un processus.** L'initiative est ici définie par rapport à ce que les auteurs nomment un processus. Ce processus est *un ensemble fini de tour dans une interaction.* Un participant a l'initiative si *il prend le premier tour dans un processus.* Comme pour la première définition présentée, l'initiative est principalement centrée sur la prise de contrôle du dialogue mais par le raffinement introduit avec le concept de processus, permet d'avoir des moyens supplémentaires de modéliser les changements d'initiative.

Le travail de (Cohen et al., 1998) a le mérite de proposer plusieurs définitions de l'initiative et de les discuter. L'objectif de ces définitions est de donner des outils pour modéliser l'initiative et les moments où un changement d'initiative se produit. Il est ainsi possible de déterminer lequel des participants a l'initiative. Les applications de ce travail sont principalement orientées vers les systèmes de résolution de problèmes collaboratifs. Ainsi, l'application de ces résultats pour l'adaptation dans l'interaction homme-machine ne semble pas directe.

(Allen, 1999) propose une vue un peu plus générale et introduit la notion d'interaction à initiative mixte (*mixed-initiative interaction*), qui est considérée comme un aspect important d'une coopération effective entre agents pour résoudre un problème ou réaliser une tâche. Pour l'auteur, l'interaction à initiative mixte ne doit pas être limitée aux seules interactions entre un humain et un agent artificiel mais peut concerner toute interaction entre agents, que ces agents soient artificiels ou humains. L'interaction homme-machine n'est qu'un cas particulier.

L'initiative mixte correspond alors à une stratégie d'interaction dans laquelle chaque agent participant à l'interaction essaie de contribuer à la tâche en cours du mieux qu'il peut. De plus, il n'est pas nécessaire de considérer que les rôles de chaque agent doivent être prédéterminés. Ils peuvent au contraire être le résultat d'une négociation entre les agents qui se répartissent les rôles au fur et à mesure de la résolution du problème. Pour l'auteur, le dialogue interhumain peut servir de modèle à l'interaction entre deux agents. Notamment, se pose le problème de l'interruption³¹ d'une interaction. Ainsi, il définit différents niveaux d'initiative mixte que possède un système en fonction du type d'interruption qu'il peut effectuer :

- **Présentation d'informations non sollicitée.** L'agent signale aux autres agents des informations critiques quand ces dernières surviennent.
- **Initiation d'un sous-dialogue.** L'agent initie un *sous-dialogue* au dialogue principal pour clarifier un point, demander plus d'explication, apporter une correction.
- **Initiative dans la réalisation de tâches prédéterminées.** L'agent initie de son propre chef la réalisation de certaines tâches prédéfinies qui lui ont été assignées.
- **Initiative-mixte négociée.** L'agent se coordonne et négocie avec les autres agents pour déterminer l'agent qui prend et possède l'initiative. A ce niveau il n'y a pas d'assignation prédéfinie des responsabilités. Chaque agent surveille constamment le déroulement de la tâche et évalue s'il doit ou non prendre l'initiative dans l'interaction. Cette décision est

³¹La problématique des interruptions est l'objet de très intéressants travaux à considérer dans le cadre de la problématique de l'initiative et de l'initiative-mixte. McFarlane a travaillé, dans le contexte du projet HAIL (<http://www.aic.nrl.navy.mil/hail/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002) sur les interruptions dans l'interaction homme-machine (McFarlane, 1997; McFarlane, 1998; McFarlane, 1999). Voir également le travail de (Czerwinski et al., 2000) sur la messagerie instantanée et ses effets.

alors basée sur différents facteurs :

- la capacité de l'agent à coordonner de manière effective la tâche courante.
- les demandes en terme de ressources des autres agents et les ressources que possède effectivement l'agent dans la situation présente.
- l'évaluation des autres agents sur leur propre capacité à coordonner l'interaction.

Un autre point clé dans l'interaction à initiative mixte est pour un agent la reconnaissance des intentions des autres agents. Il est particulièrement difficile pour un agent logiciel de reconnaître les intentions d'un utilisateur quand ce dernier réalise une tâche complexe. Dans le cadre du projet AMEBICA, le système exhibait un niveau d'initiative correspondant à la réalisation de tâches prédéterminées. Sa reconnaissance des intentions de l'utilisateur était limitée à un certain nombre de cas précis, résumés dans le tableau 1.1 du chapitre 1.

Horvitz et son équipe du centre de recherche de Microsoft développent un modèle d'initiative mixte qui porte également sur l'interaction homme-machine. Leur approche préconise la combinaison de la manipulation directe et de l'automatisation de certains services (Horvitz, 1999a; Horvitz, 1999b). Leur travail vise à trouver les moyens de s'assurer que l'invocation d'un service est pertinente relativement au besoin de l'opérateur. Le système ne doit prendre l'initiative d'intervenir que si l'apport du service justifie le risque de le perturber dans sa tâche. Leur modèle utilisateur prend en compte les incertitudes sur les buts de l'utilisateur (Horvitz et al., 1998). Le processus de décision d'intervention se base sur la théorie de l'utilité et les prises de décisions en environnements incertains (Horvitz et al., 1986; Mas-Colell et al., 1995). Le coût d'une intervention erronée de la part du système est évalué au regard du coût d'une non-intervention qui eût été utile. Dans le projet Lumière³², ils explorent l'utilisation de modèles bayésiens pour modéliser l'utilisateur³³ et inférer ses buts (Horvitz et al., 1998). Les résultats de ce projet sont exploités dans Office'97™ à travers l'assistant d'Office™. L'adaptation est uniquement déclenchée par l'état inféré de l'utilisateur et concerne l'à-propos de l'invocation automatique de service. Nous développons certains éléments plus formels de ce modèle au chapitre 5. Dans le projet Vista (Horvitz & Barry, 1995), ces techniques avaient été appliquées à la gestion d'une présentation sur un prototype figurant une salle de contrôle de lancement de la NASA. L'objectif de ce projet était d'éviter la surcharge de l'opérateur en faisant prendre au système un certain nombre de décisions concernant la présentation basées sur des valeurs particulières : *EVRI* (*Expected Value of Revealed Information* - espérance mathématique de la valeur de l'information révélée) et *EVDI* (*Expected Value of Displayed Information* - espérance mathématique de l'information affichée). L'*EVRI* est la valeur de l'espérance mathématique d'un ajout d'informations, calculée en considérant ces informations additionnelles comme certaines mais précédemment absentes du processus de décision. L'*EVDI* est une généralisation de l'*EVRI* en considérant les réponses de l'opérateur à des variations de quantités d'informations affichées et la valeur de ces informations pour l'utilisateur par rapport à un modèle décisionnel de référence. Le calcul de l'*EVDI* réclame par rapport au calcul de l'*EVRI*, une modélisation des actions de l'utilisateur.

2.3.3 Problématiques de l'adaptation et de l'initiative du système

Un système adaptatif, capable d'initiative, est par nature imprédictible. Il est des situations où une interface autonome peut apporter une aide réelle à un opérateur, en coopérant avec lui dans la réalisation d'une tâche. Elle s'adapte pour réduire les distances d'évaluation et d'exécution en anticipant une partie des besoins de l'opérateur. Néanmoins l'imprédictibilité d'une telle interface peut entraîner des problèmes. Le comportement de l'interface peut être

³²<http://research.microsoft.com/~horvitz/lum.htm> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

³³Concernant l'utilisation des réseaux bayésiens en modélisation de l'utilisateur voir (Gonzales & Wuillemin, 1998); sur les réseaux bayésiens voir (Charniak, 1991; Heckerman, 1995) et sur le Web <http://www.cs.berkeley.edu/~murphyk/Bayes/bayes.html> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002.

adapté à la situation mais surprendre et gêner l'opérateur car ce comportement ne correspond pas à ce qu'en attendait ce dernier. L'opérateur peut avoir planifié d'une certaine manière la réalisation de sa tâche, en tenant compte d'un certain comportement de l'interface. Si le comportement de l'interface prévu par l'opérateur n'est pas celui exhibé par cette dernière lors de la réalisation de la tâche, cela peut l'obliger à replanifier sa séquence d'actions. L'adaptativité et l'autonomie du système entraînent alors un allongement de la distance d'exécution ou de la distance d'évaluation.

Pour coopérer efficacement avec l'opérateur dans la réalisation de ses tâches, l'interface doit être autonome et adaptative. S'appuyant sur un modèle de l'opérateur, elle peut ainsi assister ce dernier dans la réalisation de certaines tâches sans qu'il ait pour autant à fournir d'efforts supplémentaires pour demander cette assistance. En anticipant ses besoins et en réalisant certaines tâches pour l'opérateur, elle peut réduire les distances sémantiques, articulatoires et opératoires dans l'évaluation des informations et dans l'exécution des actions. Néanmoins, bien qu'elle soit autonome et adaptative, il faut que l'opérateur puisse se construire facilement une représentation du comportement de l'interface, pour pouvoir prendre en compte ce comportement dans la représentation qu'il se fait de la réalisation de ses tâches.

L'autonomie et l'adaptativité de l'interface ne doivent pas contrarier la *logique de l'utilisateur*. De plus, leurs modalités de fonctionnement doivent être manifestes aux opérateurs. En effet, pour appréhender le comportement de l'interface, il est nécessaire que l'opérateur sache si l'interface agit de son propre chef ou pas. Sinon, le système est *opaque* et l'opérateur ne peut plus faire la distinction entre les situations où il est aidé et celle où il ne l'est pas (Sperandio, 2001)³⁴. (Höök et al., 1995) présente un système hypermédia adaptatif conçu pour permettre à l'utilisateur d'examiner les mécanismes réalisant l'adaptation dans le système hypermédia.

La clarté de la représentation du comportement du système adaptatif est un élément déterminant de la confiance que l'opérateur se bâtit du système³⁵. En particulier, si l'opérateur délègue des actions au système, il doit pouvoir juger de la convergence des buts et intentions du système avec les siens. C'est la notion de *miroir utilisateur* proposé par (Crampes, 2002)³⁶ : le système doit montrer à l'opérateur la représentation qu'il se fait de lui, pour que l'opérateur puisse juger ou non, si leurs objectifs sont convergents.

La problématique de la confiance de l'opérateur ou de l'utilisateur n'est ni anodine ni triviale à résoudre. Si une personne se retrouve dans une situation dans laquelle elle doit trancher entre deux consignes contradictoires, l'une venant d'une machine, l'autre venant d'un être humain, à qui fera-t-elle confiance ? Il n'y a évidemment pas de réponse simple³⁷. Une catastrophe aérienne récente a hélas illustré de manière dramatique ce type de dilemme pour un pilote. Nous reproduisons ci-après un extrait d'un article du journal le Monde reportant les certains détails de la catastrophe :

³⁴Le concept d'*opacité* (non visibilité directe des interventions du système pour l'opérateur / utilisateur) chez (Sperandio, 2001) est proche des notions d'*Observabilité* (*capacité du système à rendre perceptible l'état pertinent du système et capacité de l'utilisateur à évaluer l'état actuel du système*) et d'*Hônneté* (*Capacité du système à rendre observable l'état du système sous une forme conforme à cet état et qui engendre une interprétation correcte de la part de l'utilisateur*) chez (Coutaz & Nigay, 2001)

³⁵(Brézillon, 2002b) aborde également la problématique de la confiance dans le cadre de la coopération d'opérateurs avec des *systèmes assistant intelligents*. Ainsi, les opérateurs ont besoin de suivre le raisonnement du système pour mieux accepter ses recommandations. Dans cet article, l'auteur suggère que pour une coopération homme machine efficiente, trois aspects doivent être considérés : les explications que l'opérateur et le système doivent se fournir l'un à l'autre, l'acquisition incrémentale des connaissances, et la prise en compte explicite du contexte dans les explications et l'acquisition incrémentale des connaissances.

³⁶Section 4.4, page 48 de (Crampes, 2002).

³⁷Ce problème n'est pas sans rappeler la notion de communication paradoxale et la théorie de la *double-contrainte* (*double-bind*) de l'*Ecole de Palo Alto*. Voir à ce sujet (Watzlawick et al., 1972) et (Mucchielli, 2001), pages 100-101.

[...] Une petite minute avant la collision vers 23 h 34 et quelques secondes, lundi 1^{er} juillet, les systèmes TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System, système d'Alerte anti-collision) en fonctionnement dans chacun des deux appareils, le Tupolev 154 russe de la Bashkirian Airlines en vol pour Barcelone, et le Boeing 757 cargo de la société de transport express DHL à destination de Bruxelles, émettent les premiers messages d'alerte : "trafic, trafic !". Quinze secondes plus tard, le TCAS du Boeing 757 ordonne au pilote et au copilote, les deux seules personnes à bord, de "descendre, descendre" pour éviter la collision. Au même moment, à bord du Tupolev, le système d'alerte demande à l'équipage russe de "monter, monter". [...] 23 h 34 et 49 secondes : une seconde après cette série d'injonctions automatiques, quarante-quatre secondes avant l'accident fatal, le centre de contrôle de Zurich, situé sur l'aéroport, ordonne au Tupolev de "descendre au niveau 350, sans délai". L'avion russe a été pris en charge par les aiguilleurs du ciel suisse, depuis quatre bonnes minutes, bien qu'il survole encore le territoire allemand. L'ordre de descente est en contradiction avec celui envoyé précédemment par le système d'alerte informatique du Tupolev, que le contrôleur suisse n'est pas en mesure de connaître, à moins d'avoir été mis au courant par le pilote, ce qui n'a pas été le cas. [...] 23 h 35 et 3 secondes, soit 14 secondes après son premier appel : le contrôleur suisse, s'étonnant sans doute du manque de réaction du pilote du Tupolev, réitère son ordre : "Descendez au niveau 350, descendez sans délai". 23 h 35 et 8 secondes : le pilote russe amorce un mouvement de descente. Les experts occidentaux considèrent qu'il aurait dû suivre les consignes initiales envoyées par son système de bord. Les Russes affirment au contraire qu'il a bien fait de se conformer aux recommandations envoyées depuis le sol. Selon eux, c'est au pilote de trancher entre les ordres de l'homme et de la machine. Il n'existe pas de règles internationales encadrant l'usage du système TCAS. [...].³⁸

Comme le souligne l'extrait, il n'y a pas de consensus international sur l'usage qui doit être fait du système TCAS et sur la position que le pilote doit adopter quand il est confronté à des consignes contradictoires. L'ensemble des conditions qui ont conduit à cette catastrophe sont bien sûr particulières. Néanmoins elles illustrent assez bien la difficulté que peut rencontrer un opérateur dans une situation de crise pour trancher entre des avis contradictoires. Tout manque d'information pouvant faire hésiter l'opérateur quant à la décision à prendre peut avoir des conséquences sérieuses. Il est donc nécessaire que l'opérateur puisse se faire une représentation claire du comportement du système et du degré de confiance qu'il peut attribuer à l'interface, à ses actions et aux informations qu'elles lui transmettent.

La thématique de la confiance s'insère dans une thématique plus large, celle de l'acceptabilité d'un système adaptatif. Comme souligné à la section 1.3.1 du chapitre 1, dans le cadre du projet AMEBICA, les prototypes initiaux ont été rejetés en bloc par les opérateurs. Ces derniers voyaient l'introduction d'une interface adaptative comme une remise en cause de la qualité de leur travail. Si, comme le remarque (Sperandio, 2001), cette crainte de voir une amélioration technologique les remplacer est parfois justifiée, un rejet de la part des utilisateurs ou des opérateurs peut également être dû à une mauvaise information sur l'utilité du nouveau système. Les opérateurs du projet AMEBICA ont accepté les prototypes finalement présentés. La solution envisagée pour permettre un passage progressif de l'ancien au nouveau système, a été de faire coexister les deux systèmes sur deux dispositifs séparés. Les opérateurs pouvaient ainsi continuer à utiliser le système auquel ils étaient habitués, tout en se familiarisant avec le nouveau système. Ils pouvaient ainsi également évaluer l'apport du nouveau système sur l'ancien.

Cette notion d'acceptabilité concerne en fait tout nouveau système, qu'il soit adaptatif et autonome ou non. Toute nouvelle technologie s'insère dans un milieu humain régi par un

³⁸Philippe Ricard, extrait d'un article sur la catastrophe du Tupolev 154 russe, dans le journal le Monde, édition du 11 juillet 2002.

certain nombre d'usages et de pratiques. Le système doit pouvoir être accepté d'un point de vue social en respectant certains critères sociaux, culturelles, éthiques. Il doit l'être également d'un point de vue pratique en respectant des critères économiques, d'utilité, d'utilisabilité, etc. Ces aspects sont d'autant plus importants quand le système exhibe des capacités d'adaptation et d'initiative, que l'évaluation de ce type de système à ses contraintes propres³⁹ et que l'introduction de ce type de systèmes peut avoir des conséquences inattendues. Ainsi les technologies d'assistance ont des effets pervers : en assistant l'opérateur, on prend le risque de diminuer ses compétences. Ce problème est particulièrement important dans la supervision industrielle, dans laquelle de nombreuses parties du système sont automatisées ce qui aboutit à rendre les opérateurs moins qualifiés et moins capables d'exercer leurs compétences opératoires au moment où les automatismes font défaut (Sperandio, 2001; Montmain, 2000)⁴⁰.

Une autre problématique importante de l'adaptation en interaction homme-machine est la prise en compte du *contexte*. Nous avons abordé les interfaces plastiques à la section 2.2.1.7. Ce sont des interfaces multicontextes capables de s'adapter à un contexte d'interaction, c'est-à-dire à des contraintes liées à la plateforme et à l'environnement d'utilisation, en restant utilisables. Le contexte n'avait donc dans ce travail qu'une définition très étroite. Pour (Rasmussen, 1983), le comportement que l'opérateur adopte en fonction des informations qu'il reçoit dépend du contexte dans lequel ces informations sont perçues et non de leur forme⁴¹. (Brézillon et al., 2000) présente le projet SART qui introduit l'utilisation d'un assistant intelligent dans un système de supervision du métropolitain parisien. Le contexte est ici défini comme l'ensemble des éléments d'informations ne faisant pas partie du problème mais influençant sa résolution. Les auteurs établissent un constat similaire à celui de Rasmussen concernant l'influence du contexte : les décisions de l'opérateur par rapport à un incident dépendent de la situation dans laquelle cet incident est survenu. Les décisions sont différentes, pour un même incident, si le contexte l'est.

La difficulté au niveau de l'interface homme machine est d'une part l'acquisition de ces éléments du contexte et de leur traitement. De plus les éléments du contexte qui peuvent influencer les perceptions et les décisions de l'opérateur, ne sont pas nécessairement des éléments perceptibles pour la machine, qui ne peut alors pas en tenir compte dans son adaptation. De plus, l'adaptation réalisée par le système fait elle-même partie du contexte de l'utilisateur dans la mesure où cette adaptation contraint la résolution du problème sans être pour autant un élément du problème : l'adaptation influence donc le contexte, qui dans certains cas influence lui-même l'adaptation. La modélisation et la prise en compte du contexte constituent un champ de recherche intense qui associe les sciences cognitives et les sciences de la communication. On notera pour les premières l'activité de groupes de réflexion tels que MUCA (Modélisation et Utilisation du Contexte dans des Applications⁴² coordonné par Brézillon, ou encore pour les secondes les activités du CERIC⁴³ qui s'appuient sur les travaux de (Mucchielli et al., 1998; Mucchielli, 2001). Dans ce dernier cas, le contexte n'est pas unique. Les auteurs proposent ainsi une décomposition en sept contextes d'une situation de communication dans le cadre théorique des *communications-processus*⁴⁴.

³⁹Concernant l'évaluation des systèmes interactifs voir par exemple (Nendjo Ella et al., 1999). Dans le cadre du projet AMEBICA, une évaluation de l'utilisabilité de l'interface adaptative a été proposée (Grimstad, 1999)

⁴⁰(Sperandio, 2001) utilise l'expression d'*Ironie de l'automation* due à L. Bainbridge

⁴¹Voir dans ce chapitre la section 2.1.2.1

⁴²<http://www-poleia.lip6.fr/~brezil/MUCA/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

⁴³Centre d'Etude et de Recherche en Information et Communication <http://www.ceric-mpl.org> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

⁴⁴Ces contextes sont, classés par ordre d'importance, (1) le contexte expressif des identités des acteurs, (2) le contexte culturel de référence aux normes, (3) le contexte des positions respectives des acteurs, (4) le contexte relationnel social immédiat, (5) le contexte temporel, (6) le contexte spatial, (7) le contexte physique et sensoriel. Dans le cadre de ce travail la communication s'envisage comme un processus de manipulation de ces différents contextes (Mucchielli, 2000).

Dans le projet AMEBICA, la prise en compte du contexte se limite à la considération de l'état du processus et de la densité du flux d'informations résultant (cf. tableau 1.1 du chapitre 1). Le contexte est un des aspects qui est à approfondir dans nos modèles actuels. Pour l'instant nous nous limitons volontairement à la notion de contexte d'énonciation que nous précisons à la section 3.3.1.3 du chapitre 3. Pour un opérateur ou un utilisateur auquel on présente un ensemble d'informations nouvelles, nous définissons le contexte comme l'ensemble des éléments, différents des informations nouvelles, qu'il a à sa disposition pour interpréter et comprendre ces dernières. Cette approche se base sur le modèle de la communication inférentielle interhumaine proposée par (Sperber & Wilson, 1986), que nous présentons au chapitre 3.

L'autonomie et les capacités d'adaptation d'un système interactif introduisent un certain nombre de problématiques, certaines générales aux systèmes interactifs d'autres plus particulièrement propres à des systèmes doués de capacités d'initiative et d'adaptation. Dans ce dernier cas, le système doit non seulement pouvoir baser ses actions sur un modèle de l'utilisateur mais doit d'autre part rendre son comportement suffisamment clair et manifeste pour que l'opérateur ou l'utilisateur puisse s'en construire une représentation la plus juste possible. Les actions et réactions du systèmes doivent être *affordantes*⁴⁵, c'est-à-dire qu'elles doivent permettre une lecture directe de la part de l'opérateur ou de l'utilisateur, permettant à ce dernier de faire un lien direct entre ce qu'il perçoit de l'interface et ses propres actions.

2.3.4 Initiative et adaptation dans la composition d'informations

Dans notre travail, nous considérons plus particulièrement comme aspect de l'interaction homme-machine, la composition des informations sur l'interface, c'est-à-dire la structuration et l'organisation de la présentation de ces informations.

Nous voyons cette composition comme le fait d'un agent autonome, social, réactif et proactif⁴⁶, c'est-à-dire que cet agent peut agir sans supervision directe et continue de l'opérateur, qu'il communique, interagit avec l'opérateur et d'autres agents, qu'il réagit à ses perceptions et est guidé par ses objectifs propres.

L'autonomie et la proactivité de cet agent s'expriment par le fait qu'il peut prendre des initiatives concernant la présentation des informations sans directement consulter l'opérateur. Le rôle de cet agent est de coopérer avec l'opérateur. Cette coopération consiste d'une part à donner à ce dernier les informations dont il a besoin dans l'accomplissement de sa tâche et d'autre part à réduire la distance d'évaluation, c'est-à-dire l'effort de la part de l'opérateur, nécessaire à l'interprétation de l'expression des résultats et à leur comparaison avec les buts qu'il s'est fixé.

A cette fin, les initiatives du système en matière d'adaptation, selon que cette dernière concerne le contenu ou la présentation, se basent sur des éléments différents :

- les adaptations concernant le contenu des flux d'informations que l'agent prend l'initiative d'entreprendre doivent reposer sur un modèle de l'utilisateur en relation avec un modèle du domaine pour veiller à l'utilité des informations présentées ;
- les adaptations entreprises par l'agent concernant la forme et l'organisation des informations doivent reposer sur un modèle de l'utilisateur et un modèle de l'espace dans lequel ces informations sont énoncées pour veiller à l'utilisabilité de ces dernières.

Afin que l'opérateur puisse se construire une représentation mentale cohérente et consistante

⁴⁵Il est bien question ici de l'affordance au sens de Gaver (Gaver, 1991), abordée précédemment dans ce chapitre à la section 2.1.2.1

⁴⁶Les propriétés que nous attribuons ici à cet agent correspondent à la définition d'un agent rationnel selon (Wooldridge & Jennings, 1995b)

du fonctionnement de l'agent, ce dernier doit avoir un comportement clair et lisible - *affordant* - pour l'opérateur. De plus, l'agent doit donner un compte rendu fidèle et juste du système duquel proviennent les informations qu'il présente à l'opérateur. Néanmoins, ce dernier point peut rentrer en conflit avec la nécessité pour l'agent d'exercer un contrôle sur les flux d'informations pour éviter d'augmenter la charge de travail de l'opérateur.

Dans cette perspective, nous adaptons la définition de l'initiative mixte proposée par (Allen, 1999) :

Définition 1 *L'initiative mixte est une stratégie d'interaction dans laquelle chaque agent participant à cette interaction essaie de contribuer à la tâche en cours de manière pertinente.*

La pertinence, évoquée dans la définition précédente, est la propriété clé sur laquelle repose le comportement des agents participant à l'interaction. Dans le cadre de notre recherche, elle sert de guide à l'adaptation de la composition.

2.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la notion de charge de travail de l'opérateur humain, liée notamment aux limitations de la mémoire de travail de ce dernier. Nous avons détaillé deux modèles de l'opérateur, le modèle SRK de Rasmussen et la théorie de l'action de Norman.

Pour Rasmussen, le comportement de l'opérateur se décompose en trois niveaux, un comportement basé sur l'entraînement, un comportement procédural et un comportement basé sur la connaissance. Le comportement basé sur l'entraînement exige le moins de ressources cognitives et le comportement basé sur les connaissances en réclame le plus. Une démarche de conception d'interface à interaction directe, la démarche *EID*, est proposée par Vicente et Rasmussen à la suite de ce modèle.

Le modèle de Norman est complémentaire, mais considère l'effort que l'opérateur fournit pour traduire ses objectifs en terme d'actions au niveau du système et l'effort qu'il fournit pour percevoir, interpréter et évaluer les résultats que le système lui donne, au regard de ces objectifs.

Les limitations cognitives de l'opérateur et les modèles du comportement de ce dernier, justifient l'intérêt de l'adaptation dans l'interaction homme-machine.

Après un état de l'art sur la thématique de l'adaptation dans les interfaces, nous avons considéré l'initiative du système. L'autonomie d'un système peut avoir des conséquences ayant l'effet contraire à celui recherché, c'est-à-dire gêner l'opérateur plutôt que l'aider.

Nous avons ainsi souligné la problématique liée à la confiance que l'opérateur peut avoir en un système autonome et adaptatif. Ce problème est lié à l'*opacité* dont font souvent preuve de tels systèmes. En effet le comportement du système n'est pas explicitement visible à l'opérateur. Ce dernier a alors des difficultés à se construire une représentation mentale correcte du comportement du système.

La notion d'initiative mixte oriente vers des solutions possibles pour des systèmes interactifs adaptatifs et autonomes. Le système interactif considéré comme un agent coopérant avec l'opérateur pour résoudre une certaine tâche, adopte une stratégie d'adaptation de l'interaction pour essayer de contribuer de manière *pertinente* à la tâche en cours.

Dans le cadre de notre travail, nous nous intéressons principalement aux aspects relevant de la présentation des informations à l'utilisateur, à travers ce que nous nommons la *composition*.

Dans la partie suivante, nous définissons la *composition* et la *pertinence*. Nous en proposons un modèle conceptuel basé sur des modèles inférentiels de la communication au chapitre suivant. Ces modèles inférentiels de la communication nous permettent de définir un ensemble d'éléments d'analyse de la pertinence. Nous en déduisons un ensemble de règles pour guider les adaptations de la présentation des informations dans le respect des besoins communicationnels de l'opérateur. Nous proposons ensuite un modèle formel de la composition et de la pertinence au chapitre 4. Ce modèle propose quelques solutions pour évaluer la pertinence et l'utiliser concrètement. Ces deux modèles nous permettent de critiquer et notre travail sur le projet AMEBICA et de proposer des améliorations possibles dans la troisième partie, au chapitre 6.

Deuxième partie

Modèles conceptuels et formels

Chapitre 3

Concepts : composition et pertinence

Le lecteur doit avoir le choix du voyage et l'auteur n'est pas toujours maître de la destination.

Georges Bouyssou

Ce chapitre présente les concepts et idées centraux à notre travail de thèse. Le concept de composition est au centre des préoccupations de l'équipe de recherche au sein de laquelle notre travail s'effectue. Nous resituons donc notre travail par rapport à ceux de notre équipe et montrons nos apports par rapport à la thématique de la composition. Notre recherche nous a amené à affiner la notion de composition et à en proposer une conception agent. La composition désigne l'ensemble du processus au cours duquel un ensemble de ressources d'information et un moteur de composition - qui constituent le document virtuel - produisent un document numérique utilisable par un être humain. Nous redéfinissons les notions de moteur de composition et de document virtuel pour les adapter à notre cadre de travail. Nous introduisons l'agent compositeur qui est la version agent du moteur de composition. Cet agent compositeur base ses décisions d'adaptation et de présentation sur une propriété, la pertinence. La pertinence essaie de capturer les aspects relatifs à la sémantique de la ressource - son utilité - et les aspects relatifs à sa perception et son interprétation - son utilisabilité. Le concept de pertinence nous a été inspiré par des modèles de la communication humaine dont nous présentons les idées directrices. Nous affinons la notion de ressource pour pouvoir exploiter la pertinence dans le cadre de la composition et proposons une définition de la pertinence.

Sommaire

3.1	La composition	80
3.1.1	Document virtuel et composition	80
3.1.1.1	Documents virtuels et briques d'information	80
3.1.1.2	Ressources d'informations	80
3.1.2	Le processus de composition	82
3.1.2.1	Moteur de composition et Agent Compositeur	83
3.1.2.2	Le modèle du domaine	87
3.1.2.3	Le modèle de l'espace d'énonciation	88
3.1.2.4	Le modèle de l'utilisateur	88
3.1.2.5	Liens entre les différents modèles	89

3.2	Modèles de l'information et de la communication	90
3.2.1	Le modèle de la communication de Grice	92
3.2.2	La théorie de la Pertinence de Sperber et Wilson	93
3.3	La pertinence	95
3.3.1	Les trois aspects d'une ressources d'information	96
3.3.1.1	Qualité	96
3.3.1.2	Modalité	97
3.3.1.3	Contexte d'énonciation	97
3.3.2	Pertinence, utilité et utilisabilité	98
3.4	Conclusion	100

Ce chapitre présente les principaux concepts développés durant notre travail de thèse. Le concept de composition est au centre des préoccupations de l'équipe de recherche au sein de laquelle notre travail s'effectue.

(Crampes, 1995) en propose une formalisation dans un contexte narratif avec un modèle centralisé (*la métaphore du réalisateur TV*) et un modèle distribué, Godart (Crampes, 1997). Ce travail sur la composition a été approfondi dans le domaine de la télévision interactive (Crampes, 1998) et plus récemment dans un projet, Prompter¹. Il a été exploité dans le cadre de la supervision industrielle avec le projet AMEBICA (Vaudry, 1998; AMEBICA, 1998), présenté dans ce mémoire aux chapitres 1 et 6. Une formalisation de l'auto-composition est l'objet de (Crampes, 2002).

(Chabert-Ranwez, 2000) étudie la composition dans le cadre des hypermédias et des systèmes d'EIAO (Environnement Interactif d'Apprentissage par Ordinateur). Dans ce travail, la composition est *une structuration d'un ensemble d'éléments, appelés briques d'information, réalisée pour un être humain avec l'objectif de faire émerger une plus grande valeur sémantique de cet ensemble d'éléments. Cette finalité peut être d'ordre informatif, pédagogique, esthétique, ludique ou argumentatif; elle peut aussi être une combinaison de tous ces aspects.*

Notre propre recherche nous a amené à affiner la notion de composition et à en proposer une conception *agent*. La composition désigne l'ensemble du processus au cours duquel un ensemble de ressources d'information et un moteur de composition - qui constituent le document virtuel - produisent un document numérique utilisable par un être humain. Nous redéfinissons les notions de moteur de composition et de document virtuel pour les adapter à notre cadre de travail. Nous introduisons l'*agent compositeur* qui est la version agent du moteur de composition.

Dans un premier temps, nos efforts ont principalement porté sur la composition dans le cadre de la supervision industrielle, avant de s'orienter vers le cadre plus général des documents virtuels personnalisables appliqués à des domaines variés. La formalisation proposée au chapitre suivant s'inscrit dans un effort de généralisation des résultats obtenus sur les travaux concernant la supervision, en vue de leur exploitation dans des champs applicatifs tel que la pédagogie, la visualisation et l'exploration de grandes quantités d'informations (par exemple pour la visualisation d'information en biologie et en biochimie), la télévision interactive et l'adaptation de la présentation de flux d'informations (par exemple dans des systèmes de pilotage à distance de drone ou de robot).

Nous nous appuyons sur la notion de document virtuel initialement introduite par (Ranwez & Crampes, 1999). Le résultat final et perceptible de la composition pour l'utilisateur est un *document numérique* au sens large : cela peut être, par exemple, la représentation graphique d'un réseau électrique, un document hypermédia ou un résumé sportif. Le document virtuel est le résultat intermédiaire de la composition à partir duquel le document numérique final est produit.

Cet *agent compositeur* base ses décisions d'adaptation et de présentation sur une propriété, la pertinence. La pertinence essaie de capturer les aspects relatifs à la sémantique de la ressource - son utilité - et les aspects relatifs à sa perception et son interprétation - son utilisabilité.

Le concept de pertinence nous a été inspiré par des modèles de la communication humaine dont nous présentons les idées directrices. Nous affinons la notion de ressource pour pouvoir exploiter la pertinence dans le cadre de la composition et proposons une définition de la pertinence.

¹Ce projet porte sur la télévision interactive au profit des sociétés Nétia et ActiMedia Systems. Il a pour but de réaliser un système capable d'auto-composer des programmes TV ou radio personnalisés (Crampes et al., 2002b).

3.1 La composition

3.1.1 Document virtuel et composition

3.1.1.1 Documents virtuels et briques d'information

Des hypermédias et de leur capacité d'adaptation, la communauté hypertexte a été amenée à définir la notion de Documents Virtuels (**DV**). Les documents virtuels sont, comme leur nom l'indique, des documents qui n'existent qu'en *puissance*² : ils n'existent pas en l'état, mais sont construits progressivement, à partir d'une certaine base de connaissances, par ou / et pour un opérateur³ qui dans un contexte donné veut atteindre un objectif. L'adaptation des documents à ses besoins est alors essentiel.

Les Documents Virtuels ont été définis à l'origine comme des documents hypermédias pour lesquels le contenu, les nœuds, les liens ou les trois sont créés à la demande. Cette notion s'est étendue et dépasse le cadre des seuls documents hypertextes.

Dans (Chabert-Ranwez, 2000) plusieurs définitions sont présentées, et aboutissent à une approche très générale des documents virtuels :

Un Document Virtuel (**DV**) est un ensemble de Briques d'Information (**BI**), non ordonné a priori, associé avec des outils ou des techniques permettant la création de documents réels à partir de cet ensemble de briques. Si les méthodes de composition d'un document réel permettent une adaptation de ce dernier à un (groupe de) lecteur(s) donné, le document virtuel est alors qualifié de Personnalisable (**DVP**).

Liée à la définition de document virtuel, nous avons les définitions de brique d'information et de document réel.

Une Brique d'Information (**BI**) est un fragment de document, disponible sous au moins un média par un modèle conceptuel, i.e. une représentation abstraite, et pouvant être inséré dans un document réel. Ces briques peuvent être composites, c'est-à-dire subdivisées en plusieurs sous-briques, sous réserve que les briques ainsi obtenues aient un modèle conceptuel consistant. La consistance traduit la cohérence de leur sémantique par rapport à la description du domaine auquel elles se réfèrent ainsi que la signification plausible de la brique (Chabert-Ranwez, 2000).

Un document réel est un document dont on peut prendre connaissance en l'état, i.e. sans traitement particulier de la part du lecteur. C'est une suite de briques d'information ordonnées de façon à former un message cohérent, dans le respect de contraintes imposées par la définition du domaine dont traite le document, et/ou par les exigences de l'utilisateur (Chabert-Ranwez, 2000).

3.1.1.2 Ressources d'informations

Nous avons précédemment utilisé la notion de brique d'information (Vaudry et al., 2002). Néanmoins, à la suite de Michel Crampes nous complétons la notion de brique d'information et

²Le sens de l'adjectif virtuel du Petit Larousse (Larousse, 1998) que nous conservons ici est "qui n'existe qu'en puissance ; potentiel, possible". Cela correspond bien au sens que nous donnons à document virtuel, c'est un document qui existe en puissance, dont le document numérique présenté à l'utilisateur est une réalisation possible.

³Il faut entendre opérateur dans le sens défini par Spérandio (Spérandio, 2001) : un opérateur est un *humain* qui a une ou plusieurs tâches à accomplir, une tâche étant un *objectif d'activité dans un certain contexte et dans un réseau de contraintes*.

introduisons la notion de **ressource d'information**, ou plus simplement de **ressource**. Nous développons plus formellement la notion de ressource dans le chapitre 4.

Définition 2 *Une ressource (d'information) est une entité porteuse d'information sur un domaine de connaissance défini. Dans notre cadre de travail cette ressource est nécessairement une entité informatique : elle est identifiable de manière unique et est dans une forme manipulable par un calculateur.*

En fait une ressource correspond à une granularité plus fine que la brique d'information. La brique d'information est une ressource d'information à laquelle est déjà associée au moins une représentation perceptible par l'utilisateur. Les deux notions sont donc extrêmement proches. La notion de ressources va plus loin dans la séparation entre la forme et le contenu.

Une ressource est associée à une modalité. Le terme modalité connaît de nombreuses définitions dont (Nigay & Coutaz, 1996) brosse un état de l'art exhaustif. Celle que nous retenons est celle définie dans (Coutaz et al., 1995; Nigay & Coutaz, 1996) et reprise plus récemment dans (Vernier, 2001) : une modalité est le couple formé par un dispositif physique et un langage d'interaction. Un dispositif physique est un élément du système qui prend une information en entrée (par exemple le clavier ou la souris) ou produit une information en sortie (par exemple l'écran ou les haut-parleurs)⁴. Le langage d'interaction définit la structure de la représentation, c'est-à-dire les relations qu'entretiennent les différents éléments de la représentation⁵.

Les définitions de document virtuel et de document réel s'en trouvent alors légèrement modifiées.

Définition 3 *Un Document Virtuel est un ensemble de ressources associées à des modalités, non ordonné a priori, associé avec des outils ou des techniques permettant la création de documents réels à partir de cet ensemble de ressources. L'ensemble de ces méthodes et techniques de création du document réel se nomme processus de composition. Si le processus de composition permet une adaptation de ce dernier à un (groupe de) lecteur(s) donné, le document virtuel est alors qualifié de Personnalisable (DVP). L'ensemble des outils et techniques qui permettent la création du document réel est appelé Moteur de Composition. Les fonctionnalités du moteur de composition peuvent au niveau de l'implémentation être centralisées ou distribuées.*

Nous adopterons une vue *agent* à la section 3.1.2.1 et nous parlerons d'Agent compositeur (AC) au lieu de moteur de composition.

Définition 4 *Un document réel ou document énoncé est un document dont il est possible de prendre connaissance en l'état, c'est-à-dire sans traitement particulier de la part du lecteur. C'est un ensemble de ressources organisé et structuré de façon à former un message cohérent, dans le respect de contraintes imposées par la définition du domaine dont traite le document (par exemple, des ressources dont les contenus ne sont pas contradictoires), par les contraintes de l'espace dans lequel le document est énoncé (le document peut être produit pour un écran de PDA*

⁴La notion de dispositif d'interaction est à rapprocher de la notion d'interacteur de (Thévenin, 2001) qui a été présenté au chapitre 2 à la section 2.2.1.7.

⁵On pourrait parler de *signes*, au sens de la sémiotique peircienne, pour ces éléments de la représentation. Nous voyons un parallèle intéressant entre les notions de ressources d'information et de modalités ici présentées et la notion de signe chez Peirce, reprise par des auteurs modernes (Marty, 1990; Peeters, 1995). Ce parallèle n'a pu jusqu'alors être plus développé faute de temps mais fera certainement l'objet de recherches futures. Concernant Peirce, pour le lecteur intéressé, nombre de ces textes sont disponibles sur <http://members.door.net/arisbe/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002. (Marty & Marty, 1992) constitue une bonne introduction à la sémiotique en générale et à la sémiotique de Peirce en particulier

(*Personal Digital Assistant*) ou pour celui d'un ordinateur de bureau), et par les exigences et besoins de l'utilisateur (par exemple, le document doit être utilisable et lisible que son lecteur utilise l'écran d'un PDA ou celui d'un ordinateur de bureau). Un document réel est la concrétisation d'un document virtuel, la réduction des différents documents réels existant potentiellement dans un document virtuel, à un seul document.

Nous distinguons deux types de documents réels, les documents réels statiques et les documents réels dynamiques.

Définition 5 *Un document réel statique est un document réel dont la structure et le contenu sont figés une fois que le document a été construit, pour toute la durée d'existence de ce document.*

Un livre ou une page Web générée à partir d'une base de données sont des exemples de document réel statique.

Définition 6 *Un document réel dynamique est un document dont certains éléments structurels et certains contenus peuvent évoluer durant la durée d'existence de ce document sans pour autant impliquer des changements profonds qui remettraient en cause l'intégrité et l'identité du document⁶.*

L'application ENM (figures 1.2 à 1.18 présentées au chapitre 1) donne un exemple de document réel dynamique.

Dans la suite nous parlerons plus simplement de documents statiques et de documents dynamiques. Les différents éléments constitutifs d'un document virtuel sont résumés à la figure 3.1

Nous nommons espace d'énonciation, l'espace, constitué concrètement par les dispositifs physiques, dans lequel les documents sont perceptibles et manipulables par l'utilisateur.

Définition 7 *L'espace d'énonciation est l'espace des modalités, dans lequel les documents sont perceptibles et manipulables par l'utilisateur. Cet espace, conformément à la définition d'une modalité que nous avons adopté, se décompose en un niveau logique (correspondant au langage d'interaction) et un niveau physique (correspondant au dispositif physique).*

L'ensemble des définitions que nous venons de présenter, reposent sur ou s'insèrent dans le cadre de la définition du processus de composition, qui est l'objet de la section suivante.

3.1.2 Le processus de composition

La composition est l'ensemble du processus permettant d'obtenir un document réel à partir d'un ensemble de ressources d'information, de modalités associées à ces ressources et d'un moteur de composition constituant un document virtuel.

⁶A proprement parler, si on considère la définition du terme document telle que la donne (Larousse, 1998), *renseignement écrit ou objet servant d'information, de témoignage ou de preuve*, un document est par essence une entité statique qui fixe des éléments d'informations. Pour nous, un document peut-être la représentation d'un processus ou d'un domaine de la connaissance, consultée par une personne, cette représentation évoluant avec la personne la consultant, le processus ou le domaine de la connaissance considéré, et les contraintes physiques et environnementales s'exerçant sur la représentation. C'est à cela que correspond la notion de document réel dynamique.

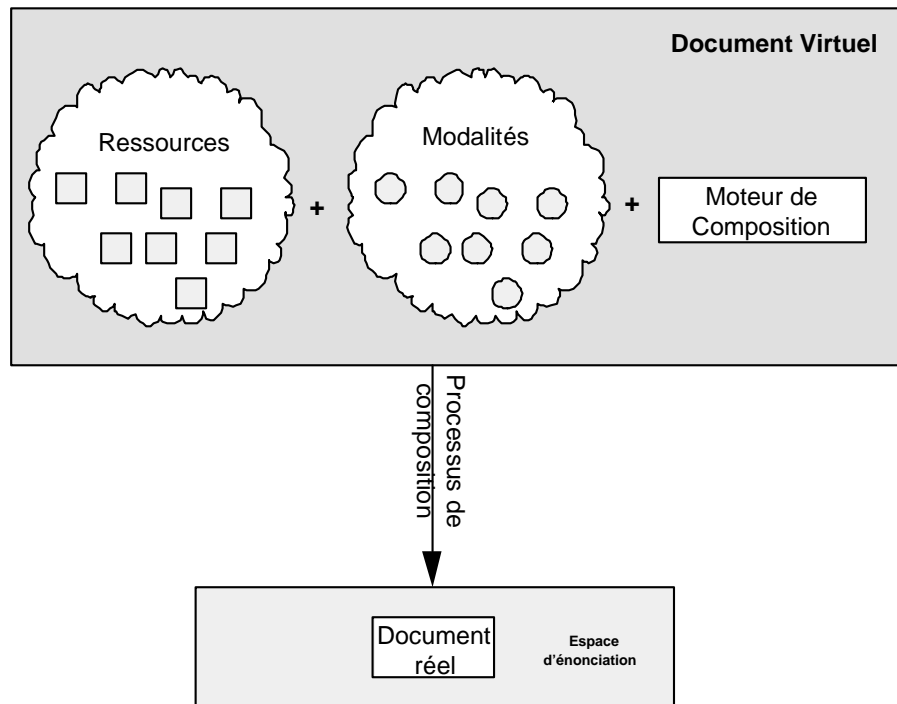


FIG. 3.1 – Document virtuel et document réel

Le processus de composition est le processus réalisé par le moteur de composition. La définition que nous en proposons est la suivante :

Définition 8 *A partir d'un ensemble de ressources et d'un ensemble de modalités, le moteur de composition filtre et traite les ressources, les associe avec des modalités, les assemble et organise leur présentation dans l'espace d'énonciation pour en faire un document réel, en s'appuyant sur un modèle du domaine dont les ressources sont issues, un modèle de l'utilisateur et un modèle de l'espace d'énonciation. L'état de l'espace d'énonciation, c'est-à-dire la disponibilité des différents dispositifs physiques, et les interactions de l'utilisateur, auquel le document réel est présenté, sont également pris en compte. La composition désigne l'ensemble du processus et son résultat. Pour les distinguer on parle de processus de composition pour désigner le processus en lui-même et de composition pour le résultat.*

Le schéma de la figure 3.2 récapitule les différents éléments intervenant dans ce processus. Nous adoptons une vue agent de la composition. Nous explicitons ce point de vue à la section 3.1.2.1. Les différents modèles participant à la composition - le modèle du domaine, le modèle de l'espace d'énonciation et le modèle de l'utilisateur - sont détaillés respectivement aux sections 3.1.2.2, 3.1.2.3 et 3.1.2.4.

3.1.2.1 Moteur de composition et Agent Compositeur

Le moteur de composition représente le dispositif logiciel réalisant concrètement les différentes étapes nécessaires à la composition, c'est-à-dire à la production du document numérique réel. Les fonctionnalités de ce moteur de composition reprennent schématiquement celles qu'accomplissent des êtres humains exerçant une activité de composition : réalisateur de télévision⁷, enseignant, écrivain, etc.

⁷(Crampes, 1995) parle de métaphore du réalisateur de télévision.

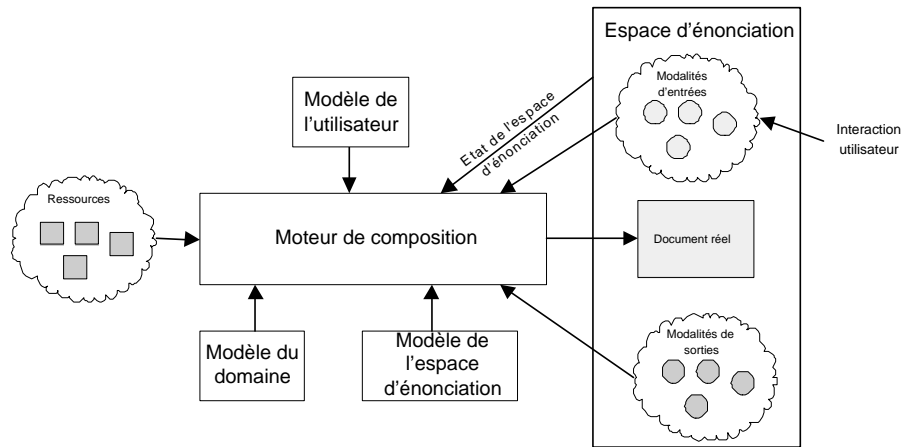


FIG. 3.2 – Le processus de composition

Définition 9 *Un moteur de composition est l'entité logicielle abstraite regroupant l'ensemble des fonctionnalités nécessaires à la réalisation de la composition d'un document réel. Ces fonctionnalités sont réparties en trois catégories générales, celles ayant trait au traitement et à la sélection des ressources, celles concernant l'association des ressources avec une ou plusieurs modalités et celles assurant l'organisation et la présentation des informations en un document réel.*

Le schéma de la figure 3.3 résume les différentes fonctions réalisées par le moteur de composition.

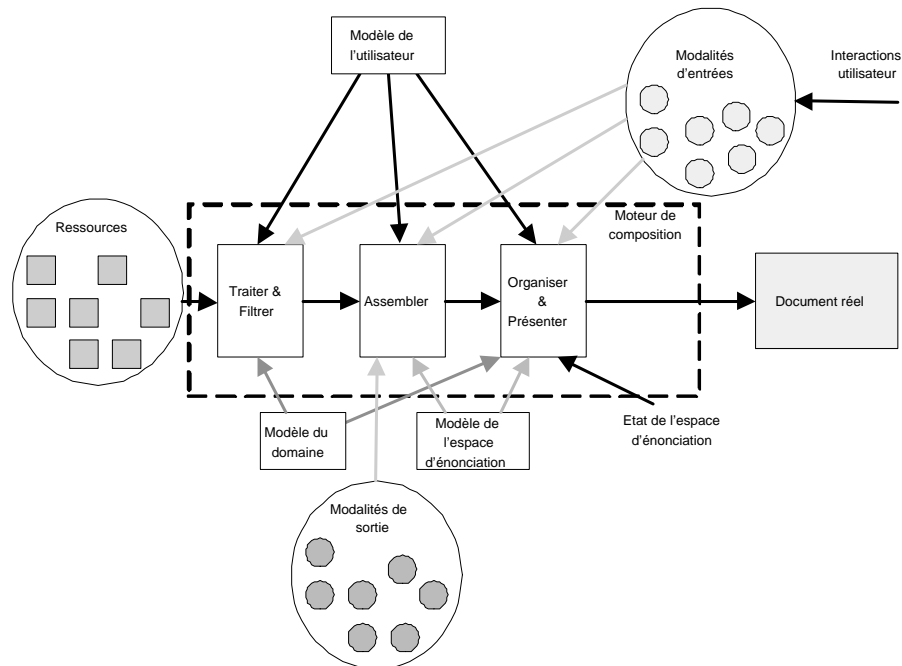


FIG. 3.3 – Les différentes fonctions réalisées par le moteur de composition

Dans notre travail, le moteur de composition est considéré comme un agent, désigné sous le nom d'Agent Compositeur (**AC**) (Vaudry & Crampes, 2001b). Cet agent est un agent rationnel,

c'est-à-dire qu'il est social, autonome, réactif et proactif⁸. L'agent compositeur s'inscrit dans une démarche relevant de l'initiative mixte, selon la définition proposée à la section 2.3.4 du chapitre 2. Sa stratégie d'interaction consiste à essayer de coopérer à la tâche dans laquelle l'utilisateur est engagé de manière pertinente. Cette démarche correspond à une situation de coopération tel que la définit (Ferber, 1997) : l'action de l'agent compositeur tend à éviter ou à résoudre des conflits potentiels ou actuels avec l'utilisateur dans le cadre de la tâche de ce dernier

Dans le cadre des conflits entre agents, il est possible de distinguer deux types de conflits, les conflits physiques et les conflits épistémiques. Les conflits physiques sont des conflits concernant des ressources. Dans ce cas, les buts des agents ne sont pas nécessairement contradictoires, mais ne sont pas compatibles du point de vue des ressources nécessaires à la réalisation de ces buts. Un conflit épistémique concerne les informations, croyances, buts et intentions des agents, qui peuvent être différents (Tessier et al., 2001). Les conflits entre l'agent compositeur et l'utilisateur peuvent être l'un ou l'autre. Ainsi, l'agent compositeur et l'utilisateur agissent de manière concurrente, ils peuvent être en conflit pour l'accès à une ressource d'information ou pour l'accès à un élément de l'interface. De même, l'agent compositeur est capable de prendre des initiatives. Son point de vue sur la composition (en fait, le point de vue du concepteur de l'agent compositeur sur la composition) peut être en conflit avec le point de vue de l'utilisateur sur ce qui devrait être composé et présenté. Au niveau de la tâche de l'utilisateur, ces conflits peuvent entraîner une augmentation de la distance d'évaluation et de la distance d'exécution. L'agent compositeur doit donc veiller à ce que ses actions ne créent pas de conflits et au contraire aident à résoudre ceux existants et à éviter ceux potentiels.

Nous avons été amené à considérer lors de notre travail sur le projet AMEBICA un conflit concernant la quantité d'informations présentées à un opérateur. En nous appuyant sur la théorie de l'action de Norman (présentée au chapitre 2 à la section 2.1.2.3) nous posons que dans le contexte d'une tâche, la charge de travail est la somme de la distance d'évaluation (c'est-à-dire l'effort nécessaire à l'interprétation des informations) et de la distance d'exécution (c'est-à-dire l'effort nécessaire à l'utilisateur pour réaliser un objectif en terme d'actions sur les interacteurs). Nous ne prenons en compte dans la suite que l'aspect relevant de la distance d'évaluation dans la charge de travail.

Dans le cadre d'une interface de supervision, l'agent compositeur fait évoluer dynamiquement la présentation du flux d'informations pour tenir compte des changements dans le comportement du processus supervisé. Le flux d'informations est caractérisé par un débit informationnel qui se définit comme la quantité de ressources d'information par unité de temps, fournie par l'agent compositeur à l'opérateur au cours d'une interaction. Si on considère que la charge de travail est une fonction croissante des ressources d'information que traite un opérateur par unité de temps⁹, l'opérateur se trouve en surcharge de travail quand il a à traiter plus d'informations qu'il n'est capable de le faire. De même, si le débit informationnel est trop faible, l'opérateur peut être en sous-charge de travail, ce qui entraîne à court terme une baisse de son attention et de sa capacité à détecter et anticiper les dysfonctionnements.¹⁰ Nous avons introduit la notion de fluidité de l'interaction pour considérer ce problème. Une interaction est fluide si il

⁸Nous donnons des définitions d'agent et d'agent rationnel communément acceptées dans la communauté système multi-agents, à la section 6.2.2 du chapitre 6. Les propriétés d'autonomie, de sociabilité, de réactivité et de proactivité ont déjà été évoquées dans le chapitre 2 aux sections 2.3.3 et 2.3.4. Elles correspondent aux propriétés caractéristiques d'un agent rationnel d'après (Wooldridge & Jennings, 1995b)

⁹L'hypothèse ici implicite est que la charge de travail est une fonction croissante du débit informationnel. Par rapport à des méthodes d'évaluation de la charge de travail telles que celles présentées dans (Millot, 1988), nous considérons que la perception et l'interprétation des ressources d'information représentent l'essentiel des efforts constituant la charge de travail de l'opérateur. Cela peut se justifier ici dans la mesure où nous ne nous intéressons qu'aux aspects relevant de la *distance d'évaluation* et non à ceux relevant de la *distance d'exécution*.

¹⁰La charge de travail et les problèmes liés à la surcharge et à la sous charge de travail ont été abordés dans la section 2.1.1.3 du chapitre 2

Il y a adéquation entre le débit informationnel et les capacités de perception et de traitement de l'opérateur, c'est-à-dire une adéquation entre la quantité d'informations fournies et la quantité d'informations pouvant être reçues. Pour formuler les choses autrement, l'interaction est fluide, lorsque le débit informationnel se maintient dans une plage de valeurs telle que l'opérateur n'est ni en sous-charge ni en surcharge de travail. Nous parlons de *rupture de fluidité* quand l'opérateur passe dans un état de surcharge de travail et de *rupture d'engagement* quand l'opérateur passe dans un état de sous charge de travail. Le schéma de la figure 3.4 résume ces différentes notions.

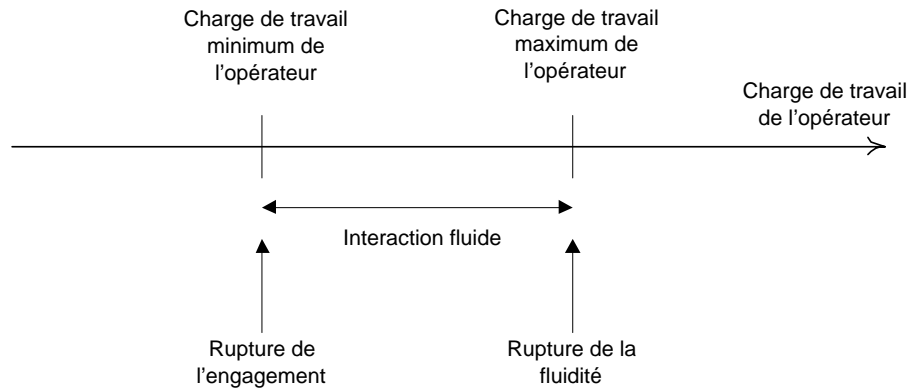


FIG. 3.4 – Interaction fluide, rupture de fluidité et rupture d'engagement

Définition 10 Dans le cadre de l'interaction homme-machine, le débit informationnel est la quantité de ressources d'information présentées à l'utilisateur par unité de temps, au cours de l'interaction¹¹.

Définition 11 Si la charge de travail est exprimée comme la quantité de ressources d'information qu'un opérateur traite par unité de temps au cours d'une interaction, il est question de rupture de l'engagement quand cette charge de travail est en dessous d'un seuil nommé charge de travail minimum. Il est question de rupture de fluidité quand cette charge de travail est au-dessus d'un certain seuil, nommé charge de travail maximum. Les seuils de charge de travail minimum et de charge de travail maximum sont des seuils variant pour un même opérateur en fonction de différents paramètres liés à l'individu lui-même, à la situation et l'organisation du travail¹².

Définition 12 Une interaction fluide est une interaction dans laquelle le débit informationnel est maintenu dans une plage de valeur de telle sorte que la charge de travail de l'opérateur soit maintenue dans une plage de valeurs comprises entre la charge de travail minimum et la charge de travail maximum.

Dans ce contexte, le rôle de l'agent compositeur est de maintenir dynamiquement la charge de travail en-dessous de la charge maximum et au-dessus de la charge minimum et en cas de rupture s'engager dans une action qui rétablit la fluidité de l'interaction. Dans le projet AMEBICA, nous n'avons considéré que le cas de la rupture de fluidité de l'interaction. Les indicateurs de cette rupture sont alors, par exemple, un nombre importants d'erreurs de l'opérateur, des temps de réalisation de ses tâches anormalement élevés, etc. Ces indicateurs se retrouvent dans la matrice 1.1 à la section 1.2.1.2 du chapitre 1.

¹¹On pourrait définir le débit informationnel par rapport à une unité de temps et de surface, pour un débit d'informations de nature visuelle présentées sur un écran. Pour une page Web ou une interface graphique classique, on pourrait introduire la notion de densité informationnelle, qui est la quantité de ressources d'information présentées par unité de surface.

¹²Se reporter à ce sujet à la figure 2.6 et à la section 2.1.1.3 au chapitre 2.

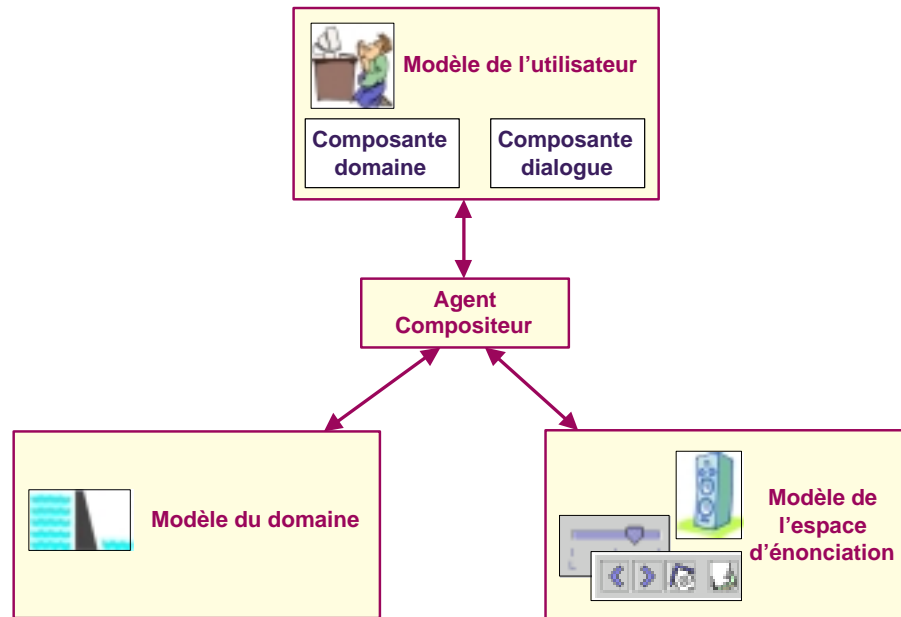


FIG. 3.5 – L'Agent Compositeur (AC) dans le processus de composition

Pour remplir ses fonctions, le moteur de composition - qu'il soit un agent ou non - utilise trois modèles, les modèles du domaine, de l'espace d'énonciation et de l'utilisateur, objets des trois prochaines sections.

3.1.2.2 Le modèle du domaine

Le modèle du domaine renseigne sur la sémantique des ressources, leur rôle dans la tâche et certaines de leurs propriétés : complétude, validité, importance, concision, profondeur, fiabilité. Ces propriétés ne sont pas exhaustives. Elles correspondent à des propriétés qui nous ont été utiles au cours de nos travaux pour caractériser les ressources. Elles peuvent être affinées et d'autres propriétés pourraient être proposées¹³. Ces six propriétés sont détaillées plus loin dans ce chapitre à la section 3.3.1.1.

Le modèle du domaine renseigne également sur les tâches du point de vue du système (ce qui correspond à la notion de *tâche prescrite* en ergonomie (Daniellou & Naël, 1995)). Ainsi nous divisons le modèle du domaine en deux composantes, la composante sémantique et la composante tâche.

- **La composante sémantique.** Cette composante contient tous les aspects concernant le sens, la valeur et les propriétés des ressources d'information par rapport au domaine de l'application ou du système duquel ces ressources proviennent.
- **La composante tâche.** Cette composante contient tous les aspects concernant la tâche que l'utilisateur doit réaliser du point de vue du système.

Comme on peut le voir à la figure 3.3, le modèle du domaine intervient au niveau de l'étape de filtrage et de sélection des informations, car il permet au moteur de composition, en relation avec le modèle de l'utilisateur de déterminer l'utilité des informations. Il intervient également au niveau de l'organisation de la présentation des informations car les aspects sémantiques de la composition des modalités dépendent en grande partie de lui (figure 3.3).

¹³Un parallèle intéressant avec les propriétés d'une bonne indexation pourrait être fait et fera très certainement l'objet de recherches futures (Crampes et al., 2002a)

3.1.2.3 Le modèle de l'espace d'énonciation

Le modèle de l'espace d'énonciation donne un modèle des modalités de sortie disponibles sur la plateforme utilisée. Comme indiqué à la section 3.1.1.2, nous reprenons la définition de modalité proposée par (Nigay & Coutaz, 1996). Une modalité se définit comme un couple ⟨langage d'interaction, dispositif physique⟩. Le dispositif physique définit la réalité physique observable des informations présentées alors que le langage d'interaction définit la structure de la présentation, c'est-à-dire les relations existant entre les différents éléments informationnels présentés constitutifs de la composition.

Les deux composantes du modèle de l'espace d'énonciation sont la composante logique, relevant de ce qui concerne le langage d'interaction, et la composante physique, relevant des dispositifs physiques :

- **La composante logique.** Cette composante du modèle de l'espace d'énonciation concerne les langages d'interaction utilisables par le moteur de composition pour produire un document. Cette composante concerne le niveau syntaxique¹⁴ alors que la composante sémantique du modèle du domaine concerne, comme son nom, l'indique le niveau sémantique de la représentation. Formellement, un langage d'interaction se définit par un vocabulaire d'éléments terminaux et un grammaire. D'un point de vue technique, XML et les technologies associées représentent un outil de choix dans la définition de telles langages.
- **La composante physique.** Cette composante concerne la description des dispositifs physiques disponibles sur la plate-forme considérée (écran, haut-parleur, etc.) et leur utilisation.

Ce modèle intervient dans le processus de composition au niveau de l'association des ressources d'information avec une modalités et évidemment au niveau de l'étape de l'organisation des modalités et de la présentation des informations à l'utilisateur (figure 3.3).

3.1.2.4 Le modèle de l'utilisateur

Le modèle de l'utilisateur regroupe l'ensemble des connaissances sur l'utilisateur et la tâche qu'il doit accomplir : les données permettant son identification, les données de personnalisation (préférences), une représentation de ses connaissances sur un domaine particulier, la ou les tâches qu'il doit accomplir, l'historique et le contexte de ses actions. Le modèle de l'utilisateur possède deux composantes principales, la composante domaine et la composante dialogue.

- **composante domaine.** Cette composante concerne deux aspects de l'utilisateur par rapport à la sémantique du domaine : il s'agit de déterminer quelle est la connaissance du domaine que l'utilisateur possède (aspect relatif à la sémantique du domaine) et quels sont ses objectifs par rapport à ce domaine (aspect relatif à la tâche de l'utilisateur). Il y a une correspondance directe entre cette composante et les deux composantes du modèle du domaine. Ainsi, cette composante pourrait être décomposée en deux sous composantes, une concernant la sémantique du domaine et l'autre concernant la tâche. Cette composante est en fait une représentation de ce que l'utilisateur se représente concernant le domaine et la tâche. Cette composante permet de comparer les points de vue de l'utilisateur et du système et de déterminer s'il converge ou non. Le problème est ici la construction de cette représentation de la représentation que ce fait l'utilisateur. Une approche possible, proposée par (Chabert-Ranwez, 2000; Ranwez & Crampes, 2002) consiste à associer à un utilisateur une instanciation conceptuelle du modèle du domaine¹⁵. Cette instanciation

¹⁴Une des définitions de syntaxe dans (Larousse, 1998) est *ensemble de règles qui régissent un moyen d'expression donné*. C'est tout à fait dans ce sens que nous utilisons *syntaxe* et *syntactique*.

¹⁵Dans ces travaux, il n'est pas question de modèle mais d'ontologie. Le terme ontologie est utilisé dans l'annexe B. On peut assimiler une ontologie à un modèle formel, c'est pourquoi nous nous permettons ici cette simplification.

correspond à la personnalisation d'une représentation formelle du domaine, en fonction de différents points de vue. Elle est opérée sous la forme d'une pondération *intentionnelle* qui est un moyen permettant de traduire les priorités et besoins de l'utilisateur dans son activité par rapport au domaine (Ranwez & Crampes, 2002).

- **composante dialogue.** La composante dialogue porte sur les aspects pragmatiques, rhétoriques et *facteurs humains* de la communication homme machine. Elle regroupe l'ensemble des fonctionnalités du système qui assurent et facilitent la relation de l'utilisateur avec le système. Cette composante comporte un ensemble de règles et d'heuristiques pour déterminer certains aspects de l'organisation de la présentation, qu'il faut déterminer en relation avec le modèle de l'espace d'énonciation :
 - Il s'agit de choisir la modalité des informations pour que la perception de l'utilisateur soit effective. Le choix de la modalité, et particulièrement le choix du langage d'interaction, a une influence sur les distances articulatoires et opératoires¹⁶.
 - Il s'agit de choisir une stratégie discursive et de déterminer le degré d'initiative dont le système peut faire preuve, pour structurer et organiser spatialement et temporellement l'énonciation des informations dans les limites des contraintes fixées par le langage d'interaction et les dispositifs physiques. Ces aspects influencent la distance sémantique et dans une moindre mesure la distance articulatoire¹⁷.

Le modèle de l'utilisateur intervient à tous les niveaux du processus de composition (figure 3.3).

Le moteur de composition établit un lien entre les composantes du modèle de l'utilisateur et entre les deux autres modèles. Ainsi il peut évaluer une ressource d'information selon différents aspects. Ce lien est abordé à la section 3.1.2.5. La définition de la pertinence est l'objet de la section 3.3. La figure 3.6 résume l'utilisation des différents modèles avec leur composante dans le processus de composition.

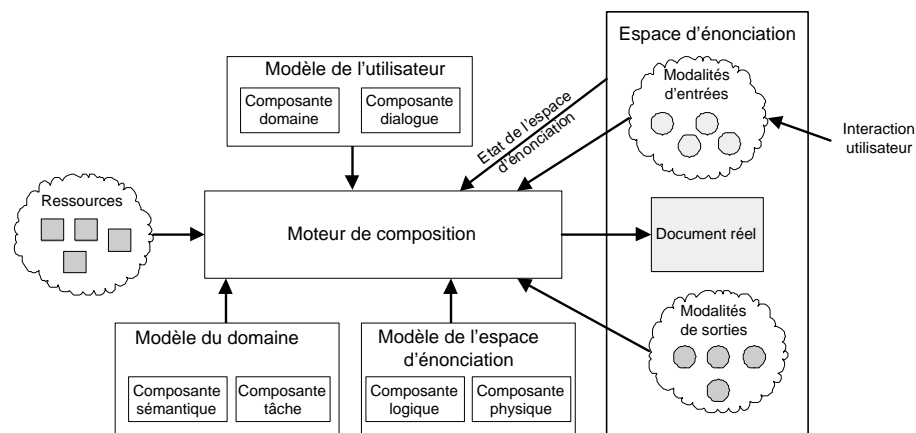


FIG. 3.6 – Vue détaillée des éléments intervenant dans le processus de composition

3.1.2.5 Liens entre les différents modèles

L'articulation entre le modèle de l'utilisateur et les deux autres modèles s'opère autour d'une propriété, la pertinence. Pour produire un document pertinent, ce dernier doit être pertinent

¹⁶Les notions de distance sémantique, articulatoire et opératoire ont été présentées au chapitre 2 à la section 2.1.2.3. La distance articulatoire correspond à l'effort nécessaire à l'utilisateur pour élaborer la relation existant entre la signification de l'expression échangée avec le système et la forme de cette expression. La distance opératoire correspond à l'effort que doit fournir l'opérateur pour percevoir un résultat.

¹⁷La distance sémantique correspond aux efforts nécessaires de la part de l'utilisateur pour comprendre et interpréter les informations qui lui sont présentées.

pour l'utilisateur par rapport au domaine concerné (le document doit être utile à l'utilisateur) et pertinent pour l'utilisateur relativement à sa présentation (le document doit être utilisable par l'utilisateur).

Le premier aspect concerne l'utilité du document et relève de la valeur informative de ce document. Le second aspect concerne l'utilisabilité du document et relève des distances sémantique, articulatoire, opératoire qui composent la distance d'évaluation et la distance d'exécution. Dans notre travail, nous nous sommes pour l'instant principalement concentrés sur les aspects de l'interaction concernant la présentation des informations et sur les moyens de réduire la distance d'évaluation.

La propriété que nous nommons pertinence est l'agrégation de l'utilité et de l'utilisabilité d'une ressource d'information. Cette propriété est évaluée par le moteur de composition, à partir des modèles de l'utilisateur, de l'espace d'énonciation et du domaine. La composante domaine du modèle de l'utilisateur et le modèle du domaine, permettent de confronter les deux points de vue, non nécessairement identiques, sur l'utilité d'une ressource d'information. La composante dialogue du modèle de l'utilisateur et le modèle de l'espace d'énonciation permettent au moteur de composition de confronter les préférences en terme de présentation de l'utilisateur et les possibilités logiciel et matériel de la plate-forme et de l'interface, pour essayer de représenter les ressources d'information avec les modalités les plus adéquates et de présenter un document le plus utilisable possible (figure 3.7).

Dans le cadre de la vue agent de la composition que nous avons adoptée, la pertinence est la propriété qui guide les initiatives et les choix d'adaptation de l'agent compositeur. La pertinence est développée à la section 3.3. Nous présentons à la section 3.2 les modèles de la communication inférentielle desquels nous nous sommes inspirés pour définir la pertinence et les concepts associés.

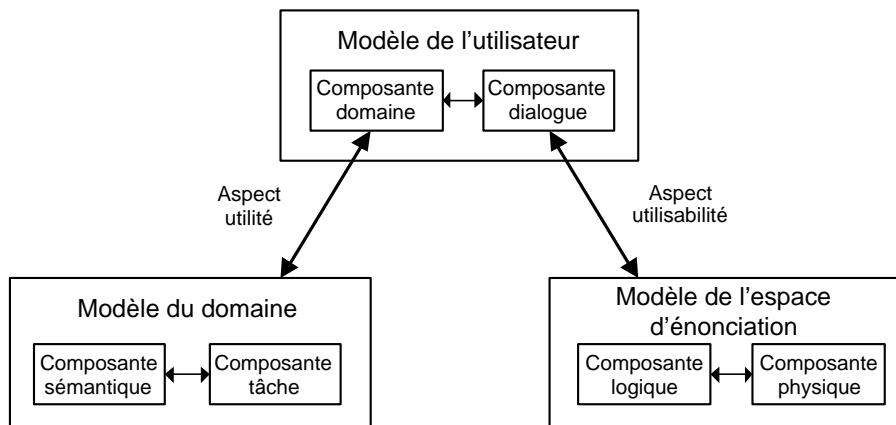


FIG. 3.7 – Liens entre les différents modèles intervenant dans le processus de composition

3.2 Modèles de l'information et de la communication

Afin que les initiatives concernant la présentation des informations prises par l'agent compositeur ait pour effet de réduire la distance d'évaluation et d'exécution de l'utilisateur, il faut que cet agent respecte certaines règles propres à la communication humaine. Les modèles de la communication sur lesquels nous avons appuyé notre réflexion sont des modèles de la communication inférentielle, qui dépassent le point de vue classique de la théorie de l'information selon laquelle communiquer c'est coder et décoder un message. Dans un premier temps nous

présentons brièvement quelques éléments de la théorie de l'information. Nous introduisons deux modèles de la communication inférentielle que nous avons étudiés dans le cadre de ce mémoire, le modèle de la communication de Grice et la théorie de la pertinence de Sperber et Wilson, respectivement au section 3.2.1 et 3.2.2.

La théorie de l'information de Shannon a été fondée par des spécialistes des télécommunications pour répondre à des questions concrètes concernant la mesure, les transformations et la transmission de l'information. Elle donne une définition *quantitative* de l'information qui répond à ces besoins. Le schéma type de la communication dans cette théorie dit *liaison de référence* ou modèle *émetteur-récepteur* dans certain cas est reproduit à la figure 3.8 issue de (Clavier, 1998b).

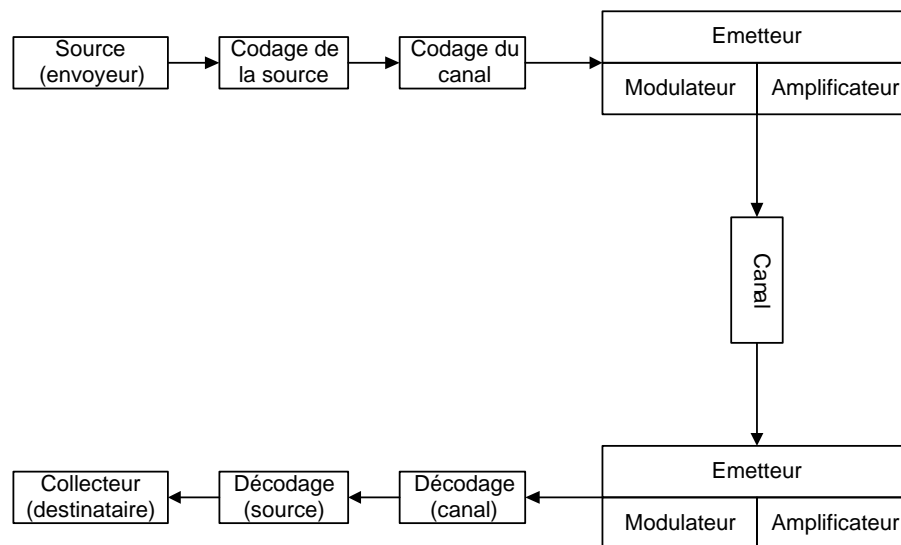


FIG. 3.8 – Modèle émetteur - récepteur d'après (Clavier, 1998b)

(Clavier, 1998b) présente une définition *qualitative* de l'information à partir d'un ensemble de quatre caractéristiques clés de l'information :

- L'information est une cause de niveau énergétique généralement très faible, mais dont les effets (du point de vue énergétique) peuvent être sans commune mesure avec elle. Par exemple, l'annonce de pertes financières importantes par le président directeur général d'une société, correspond à une faible dépense d'énergie pour produire cette annonce, mais aura des conséquences pour de nombreux salariés, pour les fournisseurs de cette société, sur la valeur des actions de cette société, etc.
- L'information a pour caractéristique de véhiculer de l'imprévisible, d'être en partie inattendue. La valeur d'une information, c'est la nouveauté, ce qu'elle nous apprend de nouveau. Apprendre ce que l'on sait déjà, n'a pas d'intérêt. Cette caractéristique est particulièrement importante dans le cadre de la théorie de la Pertinence exposée à la section 3.2.2, dans laquelle, bien que formulée différemment, il se retrouve comme élément clé de l'évaluation de la pertinence.
- L'information doit être compréhensible. Un message que l'on ne sait pas décoder ne contient aucune information. C'est l'un des problèmes des bibliothécaires de la *Bibliothèque de Babel* évoqué dans l'introduction, la signification d'un livre écrit dans une langue ou un code qui m'est étranger n'a pas de valeur informative pour moi.
- Enfin, l'information ne peut se concevoir que par rapport à l'homme, ou du moins que par rapport à la matière vivante. Pour l'auteur, il est difficile de séparer l'observateur de l'observation, l'information pouvant être considérée comme la relation nécessaire entre

l'homme, les objets et les instruments de mesure.

A la suite de ces quatre caractéristiques de l'information, la définition qualitative de l'information que l'auteur donne est la suivante :

L'information est le caractère commun aux sons, images, écrits et données ; de nature seulement probable, mais compréhensible, qui concerne l'homme et détermine en général, de sa part, des effets sans commune mesure avec les causes qui les ont introduites.

Certains auteurs font référence au modèle *émetteur-récepteur* présentée à la figure 3.8, comme étant le *modèle du code* par opposition aux modèles inférentiels de la communication (Sperber & Wilson, 1997a). Schématiquement, dans le modèle du code, communiquer, c'est coder et décoder des messages alors que dans les modèles inférentiels, communiquer c'est produire et interpréter des indices. Selon cette dernière approche une bonne partie des effets produits par une information, découle justement d'un processus de type inférentiel, qui à partir d'une information et d'un ensemble d'indices constituant en quelque sorte le *contexte* de la personne recevant le message, permet de déduire de nouvelles informations non initialement contenues dans l'information originale.

Une des première théorie de la communication est celle de Grice. Elle est l'objet de la section suivante.

3.2.1 Le modèle de la communication de Grice

(Grice, 1957)¹⁸ pose les bases de la communication inférentielle. Grice y distingue la signification naturelle de la signification non naturelle. La signification naturelle est la signification issue de relations régulières entre des faits et d'autres faits qui en constituent les symptômes ou les indicateurs. Ainsi, la fumée signifie naturellement le feu, car la présence de fumée indique la présence d'un feu. Au contraire, dans une relation de communication, la signification relève d'une intention de communiquer. Ce type de signification est ce que Grice nomme la signification non naturelle. Ainsi, pour Grice une forme de communication possible entre deux personnes **A** et **B**, est que **A** produise un indice qui permettra à **B** d'inférer le contenu des pensées que **A** souhaite communiquer à **B**. Selon Grice, pour que l'acte de communication réalisé par **A** réussisse il faut que **B** reconnaisse que **A** a produit l'indice avec l'intention que **B** la reconnaisse et l'interprète de la sorte.

Dans (Grice, 1967b; Grice, 1989)¹⁹, Grice propose un principe de coopération et des maximes conversationnelles associées. Ce principe définit ce qui peut être attendu de chaque participant d'une conversation.

Que votre contribution conversationnelle corresponde à ce qui est exigé de vous, au stade atteint par celle-ci, par le but ou la direction acceptés de l'échange parlé dans lequel vous êtes engagé

En relation avec ce principe de coopération, Grice définit des maximes conversationnelles réparties dans quatre catégories (qu'il emprunte à Kant) que tout locuteur qui cherche à être pertinent utilise ou devrait utiliser :

- **Quantité**

Il est attendu du locuteur qu'il donne toutes les informations nécessaires et uniquement les informations nécessaires.

- **Qualité**

¹⁸Une version partielle en français est disponible (Grice, 1997b) dans le recueil (Ludwig, 1997)

¹⁹Une version française est disponible (Grice, 1997a) dans le recueil précédemment cité (Ludwig, 1997)

Il est attendu du locuteur qu'il dise la vérité ou du moins qu'il ait des preuves de ce qu'il énonce.

– **Modalité**

Le locuteur doit éviter les ambiguïtés en présentant ce qu'il dit d'une manière structurée, claire et concise.

– **Relation**

Toute énonciation doit être pertinente par rapport au sujet de la discussion. En corollaire, cette règle pose la question de savoir ce qui peut légitimer un changement du sujet de la conversation.

Grice considère ces maximes moins comme une norme de la conversation que comme un moyen pour l'interlocuteur d'inférer des informations d'après le non respect de ces règles de la part du locuteur. En effet, l'hypothèse considérée ici, et qui est exprimée dans le principe de coopération, est la suivante : soit un locuteur est pertinent, soit s'il ne l'est pas en transgressant ostensiblement une des maximes, son interlocuteur peut en inférer des informations supplémentaires. Ces inférences sont une forme particulière d'implication que Grice nomme *implicite conversationnelle* ("conversational implicature" en anglais)(Grice, 1967a; Grice, 1967c). Ces implicites dans la théorie de Grice permettent d'inférer ce qu'un locuteur a voulu dire. Cette notion d'implicite a été exploitée dans certains travaux dans le domaine du traitement du langage naturel (Purang et al., 1996; Gurney et al., 1996) utilisant de la *logique active*²⁰

Dans notre travail, le modèle de Grice nous a fourni des premiers éléments de réflexion pour réfléchir sur le problème de la pertinence dans la communication. La définition de l'initiative mixte en tant que *stratégie d'interaction dans laquelle chaque agent essaie de contribuer au mieux à la tâche en cours* est très analogue au principe de coopération énoncée par Grice. Néanmoins ce principe et les maximes restent trop génériques et trop floues pour pouvoir être appliquées en l'état. La notion d'implicite est intéressante mais difficile à exploiter hors du cadre de la compréhension automatique d'énoncé linguistique. Le travail de Grice et son utilisation a fait l'objet de critiques, concernant notamment le manque d'intérêt de ce modèle d'un point de vue pratique pour des implémentations informatiques (Frederking, 1996).

Un travail plus récent dans le domaine de la communication inférentielle, propose des éléments de réflexion et un modèle plus directement utilisable d'un point de vue informatique, la théorie de la Pertinence de Sperber et Wilson.

3.2.2 La théorie de la Pertinence de Sperber et Wilson

Notre exploration du concept de pertinence nous a amenés à étudier le travail de Sperber et Wilson, dont la référence clé reste (Sperber & Wilson, 1986). Ce travail est toujours en développement. De nombreux articles plus récents permettent de prendre connaissance de cette théorie et de ces évolutions²¹. Présenter toute cette théorie particulièrement riche est impossible dans le cadre de ce mémoire et hors de notre compétence. Nous n'en présenterons que quelques éléments importants qui ont influencé notre traitement du problème de la pertinence dans la communication homme-machine.

²⁰La logique active (*Active Logic* fait l'objet de recherche à l'université du Maryland <http://www.cs.umd.edu/projects/active/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002). C'est une logique fonctionnant avec un *pas temporel* est développé comme mécanisme formel pour modéliser le processus de raisonnement.

²¹De nombreux articles sont disponibles en ligne sur le site de Sperber à l'URL <http://www.dan.sperber.com/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002. (Sperber & Wilson, 1997a; Sperber & Wilson, 1997b; Sperber, 2000) présentent de manière synthétique l'essentiel des points défendus par cette théorie.

Pour les deux auteurs, communiquer, c'est requérir l'attention d'autrui. En effet, le comportement communicatif d'une personne possède au moins une caractéristique observable, c'est que ce comportement réclame ouvertement l'attention du destinataire de cette communication. Donc, pour les deux auteurs, quand une personne cherche à communiquer ostensiblement, elle laisse entendre au destinataire que l'information qu'elle cherche à lui transmettre est pertinente pour lui. Ils définissent ainsi un *principe de pertinence*, qui énonce qu'*une information communiquée est assortie d'une garantie de pertinence*. La thèse qu'ils défendent est que ce principe est essentiel pour comprendre la communication humaine. Ils montrent dans (Sperber & Wilson, 1986) en quoi ce *principe de pertinence* permet d'expliquer à lui seul de quelle façon un énoncé et son contexte interagissent et déterminent la façon dont cet énoncé sera compris.

Pour les auteurs, dans le cadre de leur théorie, le contexte est une construction psychologique de la personne réceptrice d'une énonciation, qui est constituée d'un sous-ensemble des hypothèses²² que cette personne entretient sur le monde. Ainsi, ce contexte peut être vu comme un ensemble de prémisses utilisées pour l'interprétation d'un énoncé. Trois concepts en relation avec cette notion de contexte sont la manifesteté, l'environnement cognitif et l'environnement cognitif mutuel.

Un fait est manifeste à un individu à un moment donné si et seulement si cet individu est capable à ce moment-là de représenter mentalement ce fait et d'accepter sa représentation comme étant vraie ou probablement vraie ((Sperber & Wilson, 1986), p. 65).

Un environnement cognitif d'un individu est un ensemble de faits qui lui sont manifestes. ((Sperber & Wilson, 1986), p. 65).

Un environnement cognitif mutuel est tout environnement cognitif partagé dans lequel est manifeste l'identité des individus qui partagent cet environnement. Dans un environnement cognitif mutuel, pour toute hypothèse manifeste, le fait que cette hypothèse soit manifeste pour les individus qui partagent cet environnement est lui-même manifeste. En d'autres termes dans un environnement cognitif mutuel, toute hypothèse manifeste est mutuellement manifeste ((Sperber & Wilson, 1986), p. 70).

De plus, les auteurs partent de l'hypothèse que les processus cognitifs humains sont organisés de manière à produire un *effet cognitif maximum* pour un *effort mental minimum*. La pertinence d'une information est alors la valeur relative de l'effet d'une information, pondéré par l'effort nécessaire pour obtenir cet effet. Ainsi, la pertinence augmente avec l'effet de l'information, c'est-à-dire l'enrichissement de la représentation du monde de la personne qui reçoit l'information à partir de l'interprétation de cette information dans le contexte particulier de réception de cette dernière²³. Elle baisse avec l'augmentation de l'effort cognitif nécessaire à cette interprétation. Leur théorie repose sur un modèle cognitif assez général issue, semble-t-il, de (Fodor, 1986). Leur théorie propose également un ensemble de *règles d'inférence* qui permettent d'évaluer la pertinence d'une information en *calculant* les nouvelles informations que cette dernière permet de produire quand elle est associée à un contexte.

²²Pour les auteurs, une hypothèse est une *pensée que l'individu traite comme une représentation du monde réel* par opposition à des fictions ou des désirs qui sont des *représentations d'une représentation*. Ce qu'ils nomment *pensée*, est une *représentation conceptuelle* par opposition à une représentation sensorielle ou à un état émotionnel.

²³Nous retrouvons ici la notion de nouveauté et d'imprévisibilité de l'information exposée par (Clavier, 1998b) qui a été présentée au début de la section. Cette manière d'évaluer la pertinence est également à mettre en parallèle avec l'idée présentée dans (Clavier, 1998a) selon laquelle pour calculer la valeur d'une quantité d'informations, il faudrait mesurer la valeur de cette dernière d'après *les conséquences sûres et probables de cette quantité d'informations*.

Dans le cadre de l'interaction homme-machine, beaucoup d'éléments sont intéressants mais pas directement utilisables. Dans notre travail, la théorie de la pertinence nous a surtout inspiré une manière de définir et de calculer la pertinence. Réussir à évaluer l'effet cognitif d'une information est très loin d'être trivial. Néanmoins, il est possible d'évaluer l'*utilité* d'une information en s'appuyant sur certaines caractéristiques de l'information, sur ce que l'information représente dans le domaine (si c'est une information importante dans le cadre de la réalisation d'une certaine tâche ou si c'est une information clé dans le domaine), et sur l'intérêt possible de cette information pour l'utilisateur d'après le modèle de l'utilisateur (par exemple, si c'est une information qui lui est nécessaire pour réaliser sa tâche et si cette information lui est déjà connue). Cette utilité de l'information dépend donc de la valeur de cette dernière par rapport au modèle du domaine et par rapport au modèle de l'utilisateur. Nous rattachons ce qui correspond à un effort mental minimum dans la théorie de la pertinence, aux notions de distance d'exécution et d'évaluation²⁴. Les notions de manifesteté et d'environnement cognitif rejoignent la notion de représentation mentale, et peuvent permettre d'apporter quelques raffinements au modèle utilisateur. En effet, la notion de *fait manifeste* est une notion plus faible que celle de *fait connu*²⁵ et de plus, la notion de manifesteté peut-être associée à celle de degré de manifesteté. Ainsi, certains faits ou certaines hypothèses peuvent être plus ou moins manifestes :

- Des hypothèses qui ont plus de chance d'être acceptées comme vraies sont plus manifestes que d'autres
- Certains phénomènes (c'est-à-dire des objets ou phénomènes perceptibles) sont plus saillants que d'autres et donc plus manifestes.
- Lorsqu'un individu prête attention à un phénomène, certaines hypothèses que cet individu est capable de construire sur ce phénomène sont plus *accessibles* que d'autres.

La manifesteté peut ainsi permettre de représenter de manière plus fine la composante domaine du modèle de l'utilisateur. Les notions qui lui sont liées d'environnement cognitif et d'environnement cognitif mutuel - qui se rapproche de la notion de contexte - délimitent un cadre de raisonnement dans lequel utilisé la notion de manifesteté. La notion d'environnement cognitif nous a inspiré l'aspect *contexte d'énonciation* d'une ressource que nous présentons plus loin dans ce chapitre ²⁶

Nous présentons à la section suivante notre définition de la pertinence d'une ressource d'information.

3.3 La pertinence

L'agent compositeur doit maintenir la fluidité de l'interaction, ce qui implique notamment qu'il doit contrôler la quantité d'informations présentées à l'utilisateur en maîtrisant la densité informationnelle (cas d'un document statique) ou le débit informationnel (cas d'un document dynamique). A cette fin, il est nécessaire (mais non suffisant) de pouvoir classer et ordonner chaque ressource. Le critère de classement de la ressource est la pertinence de cette ressource. Nous analysons une ressource selon trois perspectives complémentaires : sa qualité, son contexte d'énonciation et sa modalité.

²⁴Comme nous l'avons précisé à la section 3.1.2.5, dans le cadre de ce mémoire et de notre travail de recherche actuel, l'aspect de l'utilisabilité, telle que nous la présentons, sur lequel porte nos efforts, concerne essentiellement la distance d'évaluation.

²⁵Un fait peut-être manifeste sans être connu. Sperber et Wilson discute ce point aux pages 67-68 de (Sperber & Wilson, 1986).

²⁶La notion d'environnement cognitif mutuel semble également intéressante à exploiter dans le cadre d'une situation de coopération entre agents au sens large et particulièrement dans le cadre de la communication homme machine. Nous n'avons pas eu le temps d'approfondir plus notre réflexion à ce sujet dans le cadre de ce mémoire, mais cela nous semble un point de départ fructueux pour de futures recherches.

3.3.1 Les trois aspects d'une ressources d'information

3.3.1.1 Qualité

La qualité d'une ressource concerne la valeur de cette dernière par rapport au domaine auquel elle se réfère. Il s'agit de pouvoir évaluer l'utilité de la ressource en se plaçant strictement du point de vue du domaine. Ainsi une ressource représente un concept central ou secondaire du domaine, elle est nécessaire à la bonne exécution d'une tâche, elle est l'élément initiateur d'un certain comportement, elle représente un paramètre important dans la supervision du système. Nous avons déterminé une liste d'attributs de l'aspect qualité d'une ressource qui permet de répondre à un certain nombre de questions relatives au domaine sur la ressource d'information. Cette liste est non-exhaustive et de plus, en fonction des applications, tous les attributs n'ont pas le même intérêt pour évaluer la ressource.

1. **Importance.** Le contenu d'une ressource d'information peut être important par rapport au domaine ou au contraire y avoir un intérêt mineur. Ainsi, une ressource représentant un concept central du domaine, une information nécessaire à l'exécution d'une tâche ou donnant l'évolution d'un paramètre représentatif de l'état du système seront importants. Au contraire, certaines ressources d'information peuvent avoir un intérêt très secondaires, parce qu'elles concernent un concept mineur du domaine. L'importance d'une ressource peut être également liée à la nouveauté qu'elle apporte, par exemple la brusque variation de la valeur d'un paramètre.
2. **Validité.** Quand les ressources d'information sont d'origines variées, il peut être nécessaire de vérifier que la sémantique de chaque ressource est consistante avec le modèle du domaine, pour éviter des contradictions. Ainsi, dans des applications pédagogiques, générant des cours personnalisés, il peut s'avérer nécessaire de vérifier que le contenu des ressources sélectionnées est valide par rapport au modèle du domaine.
3. **Complétude.** Une ressource d'information recouvre un certain nombre de concepts du domaine. Ainsi une ressource d'information peut donner des informations sur plusieurs paramètres d'un processus dans une application de supervision ou traiter de plusieurs éléments constitutifs d'un cours.
4. **Concision.** Le contenu d'une ressource d'information peut être redondant, la même information y est répétée plusieurs fois ou au contraire la ressource contient une information unique.
5. **Profondeur.** La ressource peut traiter de concepts du domaine qui sont de haut ou au contraire de bas niveau. Dans une application pédagogique par exemple, une ressource d'information peut concerner des concepts très généraux du domaine et une autre des éléments précis et spécifiques.
6. **Fiabilité.** La source d'où provient le contenu de la ressource, peut être une source fiable et l'information transmise est fiable. Ainsi, dans une application de supervision les capteurs peuvent avoir une plus ou moins grande fiabilité ou un degré de précision variable.

Ces différentes propriétés permettent de définir des critères pour évaluer l'utilité d'une information par rapport au domaine de référence. Cet aspect concerne le contenu de la ressource et permet de déterminer en partie la pertinence de la ressource à partir du modèle du domaine. L'aspect suivant d'une ressource concerne sa forme, sa représentation, c'est-à-dire ici la modalité qui lui est associée pour présenter la ressource à l'utilisateur.

3.3.1.2 Modalité

La modalité d'une ressource concerne le choix des représentations médiatiques de la ressource ou le choix de la ressource en fonction de sa représentation si cette dernière est imposée. L'aspect précédent de *qualité* permet d'évaluer la ressource d'un point de vue sémantique. L'aspect *modalité* concerne un point de vue d'ordre lexical et syntaxique. Il faut en effet sélectionner une modalité, c'est-à-dire selon la définition de modalité que nous avons adoptée, un langage d'interaction et un dispositif physique, et organiser la présentation, en tenant compte de différents paramètres : le contenu de la ressource d'information (une modalité pourra être plus ou moins adaptée pour transmettre une information), les limitations inhérentes à l'interface (les contraintes des dispositifs d'interaction de l'interface), le coût d'appropriation d'une ressource d'information par l'opérateur qui est fonction de sa modalité et de l'organisation de la présentation. Présenter les informations utiles est nécessaire, mais non suffisant : encore faut-il que les informations soient utilisables, exploitables par l'utilisateur. Notre travail sur les interfaces de supervision a particulièrement porté sur cet aspect. Nous avons défini d'une ontologie multimédia dans (Vaudry, 1998) qui été reprise, complétée et mise en relation avec une ontologie des facteurs humains dans le projet AMEBICA (Crampes & Hollnagel, 1999a).

De plus, en vue de l'organisation spatiale des différents éléments de présentation, nous avons développé un algorithme pour rechercher les espaces disponibles et les espaces occupés par des éléments d'information sur l'écran. Cet algorithme est présenté à la section 6.3 du chapitre 6. Les informations sur la configuration de l'interface graphique étaient ensuite exploitées pour positionner ou repositionner les différentes informations à présenter.

L'aspect *modalité* permet d'évaluer l'utilisabilité de la présentation d'une ressource d'information relativement au modèle de l'espace d'énonciation, et renseigne ainsi partiellement sur la pertinence d'une information.

Néanmoins, tant dans l'aspect *qualité* d'une ressource d'information que dans son aspect *modalité*, nous ne prenons pas en compte l'aspect relatif au *contexte d'énonciation*. En effet, l'aspect *qualité* ne capture que l'utilité de la ressource par rapport au modèle du domaine et l'aspect *modalité* ne capture que l'utilisabilité du point de vue du modèle de l'espace d'énonciation. Pour une évaluation complète de la ressource, il faut évaluer sa sémantique du point de vue de l'utilisateur, de ses intentions, de ses objectifs et de ses connaissances. De même, l'évaluation de la modalité et de la présentation d'une ressource dépend des autres ressources qui ont été et qui sont présentées, et des conditions dans lesquelles ces modalités seront perçues par l'utilisateur. Ces différents points relèvent de ce que nous nommons le *contexte d'énonciation* que nous présentons dans la section suivante.

3.3.1.3 Contexte d'énonciation

Le contexte d'énonciation concerne l'ensemble des conditions qui influencent la perception des ressources d'information de l'utilisateur et l'ensemble des prémisses sur lesquelles cet utilisateur base son interprétation de la ressource, c'est-à-dire son *environnement cognitif*. L'énonciation des informations est *située*, la valeur d'une ressource d'information dépend ainsi de plusieurs paramètres dont l'importance varie en fonction de l'application. Ces paramètres relèvent de l'environnement dans lequel la présentation est produite, et de l'utilisateur destinataire de cette présentation :

- **Les connaissances de l'utilisateur.** Au sens strict, la majorité des connaissances que l'utilisateur possède ne sont pas accessibles au système assurant la composition. Néanmoins, le système peut connaître les ressources d'information qui sont et qui ont été présentées à l'utilisateur. De plus, en fonction de l'application et de la tâche, un certain nombre de

suppositions peuvent être faites sur les informations que l'utilisateur est censé posséder. Enfin, l'utilisateur peut avoir renseigné lui-même le système sur les connaissances qu'il pense posséder (par exemple en indiquant un certain niveau de compétence ou d'études). Ainsi, il est possible d'évaluer une ressource d'information à présenter au regard des suppositions que le système peut faire concernant les connaissances de l'utilisateur. Ces différentes suppositions ou informations sur les connaissances de l'utilisateur sont capturées par la composante domaine du modèle de l'utilisateur.

- **Les préférences thématiques de l'utilisateur.** Les préférences thématiques de l'utilisateur représentent le point de vue de ce dernier par rapport aux thèmes et concepts du domaine. Ces préférences sont également capturées par la composante domaine du modèle de l'utilisateur.
- **Les préférences médiatiques de l'utilisateur.** Les préférences médiatiques de l'utilisateur représentent le point de vue de ce dernier par rapport aux modalités de représentation des ressources. Elles sont capturées par la composante dialogue du modèle de l'utilisateur.
- **L'environnement.** L'environnement dans lequel les informations sont perçues influencent l'effectivité des représentations choisies, soit par rapport à des caractéristiques physiques de l'environnement qui affectent l'efficacité des dispositifs de restitution de la plateforme considérée (bruit, luminosité, etc.), soit par rapport à la quantité d'informations déjà présente sur l'interface. Ces différents éléments concernant le contexte sont capturés par la composante dialogue du modèle de l'utilisateur.
- **A-propos.** Les informations présentées à l'utilisateur doivent apporter la bonne information, c'est-à-dire l'information nécessaire au déroulement de la tâche ou de l'activité de l'utilisateur, au bon moment dans le déroulement de cette tâche. Une ressource donnée trop tôt ou trop tard, ou une ressource donnant une information trop générale ou au contraire trop précise peut avoir un effet dommageable sur l'activité de l'utilisateur. L'à-propos est un point sur lequel Horvitz et son équipe se sont concentrés dans le projet Lumière que nous avons présenté à la section 2.3.2 du chapitre 2. Nous avons analysé et proposé l'à-propos sur deux cas concrets. Nous y avons considéré le cas d'un assistant de direction qui doit déterminer l'utilité de passer ou non un appel téléphonique à son supérieur et celui d'un assistant logiciel de cours en ligne qui doit transmettre un courriel d'élève à un professeur ou prendre l'initiative de le renvoyer à une FAQ pour ne pas déranger l'enseignant. Cette modélisation est l'objet du chapitre 5 de ce mémoire. Ce dernier élément concernant l'aspect contexte d'énonciation d'une ressource relève à la fois de la composante domaine et de la composante dialogue du modèle de l'utilisateur.

Les trois aspects d'une ressource permettent de la caractériser et de l'évaluer, au regard des modèles du domaine, de l'espace d'énonciation et de l'utilisateur. Les trois modèles précédents donnent différents points de vue sur la composition dont il s'agit de tenir compte pour avoir une évaluation globale d'une ressource. Cette évaluation globale d'une ressource est ce que nous nommons sa *pertinence*.

3.3.2 Pertinence, utilité et utilisabilité

Dans le cadre de la communication homme machine, nous définissons la pertinence d'une ressource de la manière suivante :

Définition 13 *La Pertinence d'une ressource d'information est fonction de deux facteurs. D'une part, elle est fonction croissante de l'utilité de cette ressource par rapport à la tâche ou par rapport aux objectifs de l'utilisateur. D'autre part, elle est également fonction croissante de l'utilisabilité de la ressource. L'utilisabilité peut être intuitivement comprise dans cette définition comme l'inverse du coût nécessaire à l'appropriation et à l'interprétation de cette ressource par*

l'utilisateur.

En nous inspirant des définitions d'utilité et d'utilisabilité que propose (Tricot, 2000), nous définissons ces deux notions de la manière suivante :

Définition 14 *L'utilité d'une ressource est la possibilité d'atteindre un but visé ou d'accomplir une tâche (ou une partie essentielle d'une tâche) grâce à cette ressource. L'utilité est fonction de l'aspect qualité de la ressource et de son aspect contexte d'énonciation.*

Définition 15 *L'utilisabilité d'une ressource désigne la possibilité pour l'utilisateur de percevoir, d'interpréter et d'utiliser cette ressource. L'utilisabilité est fonction de l'aspect modalité de la ressource et de son aspect contexte d'énonciation.*

L'évaluation de l'utilité de la ressource repose sur la qualification de cette dernière²⁷ évaluée par rapport au modèle du domaine et à la composante domaine du modèle de l'utilisateur.

Les valeurs associées aux propriétés qualitatives de la ressource (importance, validité, complétude, concision, profondeur, fiabilité) sont issues de sa qualification. Ces critères sont évalués par rapport au modèle du domaine et sont pondérés par la composante domaine du modèle de l'utilisateur. Par exemple, une ressource est importante quand elle est considérée par rapport au modèle du domaine. L'importance de la ressource est à pondérer en fonction de la tâche courante de l'utilisateur, des préférences thématiques de ce dernier, de ses connaissances sur le domaine et par la présence d'autres ressources qui peuvent la rendre redondante, complémentaire ou exprimer une contradiction avec elle.

De plus, la prise en compte plus ou moins grande des propriétés qualitatives d'une information, dépend de l'application. En effet, évaluer la profondeur d'une ressource et tenir compte de cette profondeur dans le calcul de son utilité, n'est pas nécessaire pour tous les types d'application.

L'évaluation de l'utilisabilité repose sur la modalité de cette ressource évaluée par rapport au modèle de l'espace d'énonciation et à la composante dialogue du modèle de l'utilisateur.

La quantité d'informations en cours d'énonciation, les ressources disponibles au niveau de l'interface (reste-t-il des zones libres sur l'écran ? Les canaux audio sont-ils ou non occupés ?) influent sur le coût de perception et le coût cognitif d'une ressource pour l'utilisateur et donc sur le calcul de l'utilisabilité de cette ressource.

L'utilité d'une ressource concerne son *contenu informationnel*, l'objet auquel elle se réfère. L'utilisabilité d'une ressource concerne la modalité de la ressource, la forme de sa présentation, la perception qu'en a et l'interprétation qu'en fait l'utilisateur.

La pertinence d'une ressource est le résultat de la combinaison de ces deux termes. Elle concerne l'effet signifié par l'interprétation de la ressource par l'utilisateur dans un contexte particulier²⁸. Une ressource peut-être utile, s'il elle n'est pas utilisable, sa pertinence est nulle.

²⁷La qualification d'une ressource est l'*indexation* de cette ressource en utilisant une description qui peut aller au-delà de la simple utilisation de mots clés, par exemple une indexation s'appuyant sur une ontologie. La qualification peut être vue comme un modèle conceptuel de la ressource et renvoie aux éléments du modèle du domaine dont la ressource *parle* (Chabert-Ranwez, 2000; Crampes, 2002). Se reporter à l'annexe B pour plus d'information sur la qualification et les ontologies.

²⁸Nous voyons un parallèle intéressant, que nous n'avons pas eu le temps de développer dans le cadre de ce mémoire avec la théorie sémiotique de Peirce et sa décomposition trichotomique du signe en Representamen (*le signe en lui-même tel qu'il se présente*), Objet (*le référent auquel renvoie le Representamen*) et Interprétant (*l'effet signifié produit par le signe, issu de son insertion dans un contexte d'utilisation*) (Peirce, 2002b; Peirce, 2002a; Peeters, 1995; Marty & Marty, 1992).

Au chapitre 4, nous introduisons un modèle formel qui propose des outils d'évaluations possibles de l'utilité, de l'utilisabilité et de la pertinence d'une ressource d'information. La pertinence peut être vue comme l'*agrégation* de deux critères globaux, l'utilité et l'utilisabilité, sur lesquels l'agent compositeur base ses décisions. Cette modélisation formelle est l'ébauche d'un modèle plus complet que nous poursuivrons dans nos recherches futures. Certains aspects ne sont pas encore traités dans le cadre de ce modèle formel, notamment l'*à-propos*. Nous proposons néanmoins, au chapitre 5 une modélisation possible de l'*à-propos* sur deux exemples concrets. Une intégration de ce modèle d'*à-propos* avec le modèle formel du chapitre suivant fait partie de nos pistes de recherche futures.

Au sein du processus de composition, l'agent compositeur évalue pour chaque ressource la valeur de l'utilité et de l'utilisabilité de cette dernière au regard des modèles de l'utilisateur, du domaine, et de l'espace d'énonciation (figure 3.9).

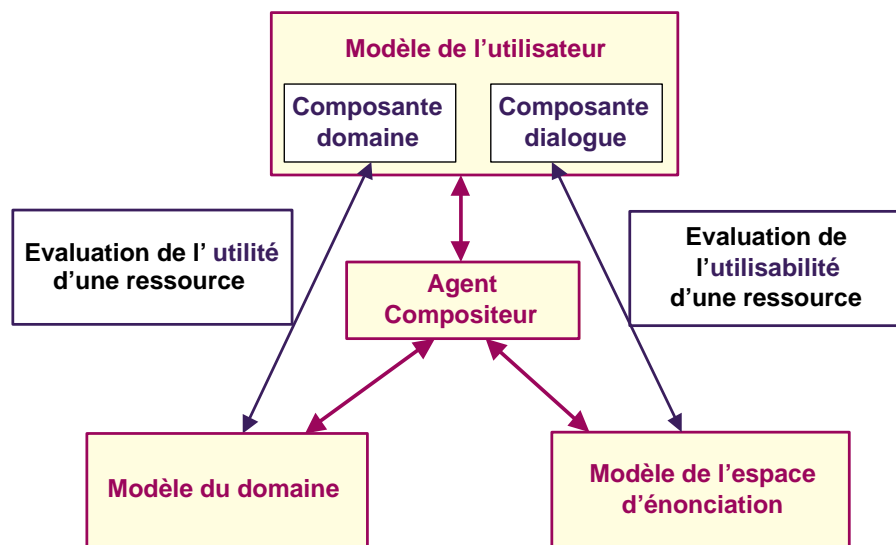


FIG. 3.9 – La pertinence, l'utilité et l'utilisabilité dans le cadre de la composition

Evaluer la pertinence permet de comparer des ressources par rapport à leur contenu mais également d'évaluer différentes options de présentation d'une même ressource. La pertinence fournit un critère de décision qui guide l'agent compositeur dans ses choix d'adaptation et dans ses initiatives.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons introduit le concept de pertinence et en avons proposé une définition dans le cadre du processus de composition :

- La composition est un processus qui à partir d'un ensemble de ressource d'information produit un document réel répondant aux besoins d'un utilisateur. Schématiquement, la composition réalise une étape de sélection et de traitement des ressources, une étape d'association de ces ressources avec une modalité et enfin une étape d'organisation et de présentation de l'ensemble.
- Dans notre travail, la composition est assurée par un agent, nommé agent compositeur. L'agent compositeur est autonome, réactif et proactif. Il peut prendre l'initiative de certaines adaptations de la présentation afin de maintenir la fluidité de l'interaction, c'est-à-dire la charge de travail de l'utilisateur dans des limites acceptables.

- Le processus de composition s’appuie sur trois modèles :
 - un modèle du domaine donnant la sémantique des ressources
 - un modèle de l’espace d’énonciation donnant les modalités utilisables sur la plateforme considérée.
 - un modèle de l’utilisateur donnant les préférences thématiques et médiatiques de l’utilisateur et ses connaissances sur le domaine.
- Une ressource d’information est analysée selon trois aspects par l’agent compositeur au regard des trois modèles précédents
 - son aspect *qualité* qui s’intéresse à sa valeur par rapport au domaine.
 - son aspect *modalité* qui s’intéresse à la représentation qui lui est associée.
 - son aspect *contexte d’énonciation* qui pondère les deux aspects précédents au regard de l’*environnement cognitif* de l’utilisateur au moment de la présentation de la ressource.
- Ces trois aspects sont exploités au travers de la propriété de pertinence qui synthétise une évaluation de la ressource selon son utilité et selon son utilisabilité.
 - l’utilité d’une ressource correspond à l’évaluation de son contenu au regard du modèle du domaine et du modèle de l’utilisateur.
 - l’utilisabilité d’une ressource correspond à l’évaluation de la *distance d’évaluation* nécessaire à l’utilisateur pour exploiter une ressource.
- La pertinence est exploitée par l’agent compositeur comme critère de décision sur le choix des ressources et sur les choix de présentation de ces dernières.

Une caractérisation plus formelle des concepts d’utilité, d’utilisabilité et de pertinence peut faciliter leur exploitation d’un point de vue informatique. Un modèle formel proposant quelques pistes est présenté au chapitre suivant.

Chapitre 4

Modèle formel de la pertinence dans le cadre de la composition

Ecrire est une chose. Lire est une reconstruction du texte produit sous la tutelle du lecteur, et non plus de l'écrivain.

Martine Lani-Bayle

Ce chapitre propose un modèle formel de la pertinence dans le cadre de la composition. Nous reprenons partiellement une formalisation proposée par (Crampes, 2002) que nous modifions et adaptons à nos besoins. Notre formalisation utilise des éléments de logique floue. Une ressource d'information est décrite par rapport à des thèmes qui correspondent aux éléments du modèle du domaine du chapitre précédent. Nous introduisons la notion d'observateur. L'observateur est une entité qui porte des jugements de valeur sur les thèmes et les ressources. Ainsi, l'observateur indique ses préférences thématiques, la représentativité d'une ressource par rapport à un thème (Dans quelle mesure une ressource représente-t-elle bien un thème ?) et la décomposition d'une ressource en terme des thèmes qu'elle représente. Ces différents éléments formels permettent de proposer un calcul possible de l'utilité d'une ressource. L'observateur porte également des jugements de valeurs sur les modalités associées à une ressource. Par une démarche et des outils formels assez similaires, on peut modéliser les préférences médiatiques de l'utilisateur, l'adéquation entre une modalité et la ressource qui lui est associée (Dans quelle mesure une modalité fournit-elle une représentation adéquate à une ressource ?) et la décomposition d'une modalité par rapport aux ressources qu'elle représente. Ces différents éléments permettent de proposer un calcul possible de l'utilisabilité d'une ressource en fonction de la modalité qui lui est associée. La définition des calculs de l'utilisabilité et de l'utilité permettent de proposer un calcul possible de la pertinence qui est vue comme l'agrégation de l'utilité et de l'utilisabilité.

Sommaire

4.1	Vers un calcul de l'utilité d'une ressource	105
4.1.1	Univers de référence	105
4.1.2	Observateur	106
4.1.2.1	Point de vue d'un observateur	106
4.1.2.2	Horizon d'un observateur	106
4.1.2.3	Parti pris d'un observateur	107

4.1.3	Ressource	108
4.1.4	Représentativité d'une ressource	108
4.1.5	Expression d'une ressource	108
4.1.5.1	Représentation d'un thème	109
4.1.6	Seuil de représentativité	109
4.1.7	Intérêt d'une ressource	110
4.1.8	Importance d'une ressource et préférences de l'utilisateur	111
4.1.8.1	Importance d'une ressource	111
4.1.8.2	Prise en compte des préférences de l'utilisateur	112
4.1.9	Décomposition d'une ressource et focus	112
4.1.9.1	Décomposition de l'expression d'une ressource	112
4.1.9.2	Décomposition d'une ressource	112
4.1.9.3	Focus d'une ressource	112
4.1.10	Evaluation de l'utilité d'une ressource	113
4.2	Vers un calcul de l'utilisabilité d'une ressource	114
4.2.1	Espace d'énonciation	114
4.2.2	Observateur	115
4.2.3	Représentativité énonciative d'une modalité	115
4.2.4	Expression d'une modalité	115
4.2.4.1	Représentation d'une ressource	116
4.2.5	Intérêt énonciatif d'une modalité	116
4.2.6	Importance énonciative d'une modalité et préférences de l'utilisateur	116
4.2.6.1	Importance énonciative d'une ressource	116
4.2.6.2	Prise en compte des préférences médiatiques de l'utilisateur	117
4.2.7	Evaluation de l'utilisabilité d'une ressource	117
4.2.7.1	Vers un calcul de la pertinence	118
4.3	Conclusion	119

Ce chapitre a pour objet de proposer, dans le cadre de la composition, un modèle formel de la pertinence telle qu'elle a été introduite dans le chapitre précédent. Ce modèle s'inscrit dans les travaux de notre équipe sur la modélisation de la composition (Crampes, 1994; Crampes, 1995; Crampes, 2002; Chabert-Ranwez, 2000; Ranwez & Crampes, 2002).

Le modèle que nous proposons, se base partiellement sur le modèle formel de la composition introduit par (Crampes, 2002). Contrairement à ce dernier, notre formalisation utilise des éléments de logique floue. La théorie des ensembles flous propose un ensemble d'outils adaptés pour le traitement flexible d'informations imprécises (Dubois & Prade, 2000).

De plus, par rapport à (Crampes, 2002), notre objectif est plus limité. (Crampes, 2002) propose un modèle formel du processus de composition dans son ensemble. Nous nous limitons à la définition d'un calcul possible et exploitable de la pertinence. Le modèle que nous proposons dans ce chapitre se veut un point de départ à développer pour nos travaux de recherche futur. La justification de ce modèle repose sur la nécessité d'avoir la possibilité de définir un calcul de la pertinence implémentable du point de vue informatique.

4.1 Vers un calcul de l'utilité d'une ressource

Dans cette section nous reprenons la notion de ressource d'information présentée au chapitre précédent. Une ressource d'information peut être décrite par rapport à des *thèmes*. Ces thèmes peuvent aller du simple mot clé à un modèle conceptuel s'appuyant sur un formalisme logique (par exemple les graphes conceptuels de Sowa (Sowa, 2000), des réseaux sémantiques, des outils basés sur la logique du premier ordre, sur des logiques modales, etc.). Ces thèmes correspondent aux éléments constitutifs du modèle du domaine du chapitre précédent.

Nous introduisons également la notion d'observateur. L'observateur est une entité qui porte des jugements de valeur sur les thèmes et les ressources. L'observateur correspond à l'utilisateur et aux concepteurs du modèle du domaine. Ainsi, l'observateur indique les thèmes qu'il préfère. Il évalue la représentativité des ressources par rapport aux thèmes, c'est-à-dire qu'il évalue dans quelle mesure une ressource est représentative d'un thème.

L'objet de cette section est de pouvoir proposer un calcul possible de l'utilité d'une ressource par rapport à un ou plusieurs observateurs.

4.1.1 Univers de référence

Les thèmes dont les ressources traitent sont décrits formellement comme les éléments d'un ensemble nommé *Univers de référence*.

Définition 16 *Un Univers de Référence, noté U_r , est un ensemble d'objets, de faits, d'idées, d'hypothèses, d'événements entre les objets et de relations entre les objets et les idées. Cet univers est le référent au sujet duquel un agent¹ souhaite communiquer. Nous définissons U_r comme un ensemble fini.*

Les éléments de U_r sont nommés les thèmes² dans la suite du texte. Ces thèmes sont notés u ou u_i avec $i \in \mathbb{N}$. Formellement, $U_r = \{u_i, \forall i \in \mathbb{N}\}$.

¹C'est-à-dire ici une entité autonome pouvant être un humain ou un système artificiel.

²Au sens étymologique, thème signifie *ce qui est proposé*. Le sens que nous retenons du Petit Larousse (Larousse, 1998) est : sujet, idée sur lesquels portent une réflexion, un discours, une œuvre, ou autour desquels s'organise une action. Thème dans le sens dans lequel nous l'employons est synonyme de *sujet*.

Exemple 1 U_r = le fonctionnement d'une centrale thermique ou d'un réseau électrique. C'est le cas dans le projet AMEBICA présenté au chapitre 1 et 6.

Exemple 2 U_r = le programme de physique d'une classe de terminale.

Exemple 3 U_r = l'ensemble des rubriques d'un journal (presse écrite ou télévisée).

4.1.2 Observateur

Nous considérons une entité extérieure à cet univers qui est capable d'interpréter les thèmes de U_r et qui porte des jugements de valeur sur eux. Cette entité est nommée Observateur. Nous notons un observateur Obs . L'ensemble des observateurs est noté OBS .

4.1.2.1 Point de vue d'un observateur

Tout observateur Obs qui souhaite porter des jugements de valeur sur un univers U_r , associe à chaque thème de U_r une fonction point de vue, noté $P_{v_{Obs}}$. La fonction $P_{v_{Obs}}$ associe à tout sujet u de U_r une valeur dans l'intervalle réel $[0, 1]$.

A chaque observateur $Obs \in OBS$, correspond une fonction $P_{v_{Obs}}$.

Définition 17 La fonction point de vue d'un observateur Obs , noté $P_{v_{Obs}}$ est définie par :

$$P_{v_{Obs}} : U_r \rightarrow [0, 1],$$

$$\forall u \in U_r, P_{v_{Obs}}(u) = \alpha, \text{ avec } \alpha \in [0, 1]$$

Exemple 4 Dans le cas du fonctionnement d'une centrale thermique, les observateurs sont les responsables des sites et les opérateurs, qui ont chacun leur point de vue sur l'importance des fonctions du système.

Exemple 5 Dans le cas du cours de physique, les observateurs sont le ou les enseignants et les élèves qui ont tous leur point de vue sur ce qui est important et qui les intéresse.

Exemple 6 Dans le cas du journal, les observateurs sont l'ensemble des journalistes, le rédacteur en chef et les lecteurs. Ils peuvent chacun attribuer une certaine valeur à l'ensemble des thématiques du journal (politique intérieure, politique extérieure, sport, spectacle, etc.).

4.1.2.2 Horizon d'un observateur

L'horizon d'un observateur Obs , noté H_{Obs} , est l'ensemble des thèmes de U_r qui intéresse cet observateur Obs .

Nous définissons H_{Obs} comme l'ensemble des thèmes $u \in U_r$ pour lequel $P_{v_{Obs}}(u) \neq 0$. H_{Obs} est le sous-ensemble flou de fonction d'appartenance³ $P_{v_{Obs}}$

³Pour des éléments sur la logique se reporter à (Bouchon-Meunier, 1993; Bouchon-Meunier, 1994; Kaufmann, 1992; Bouchon-Meunier & Nguyen, 1996) ou à l'annexe D dans laquelle quelques définitions provenant de (Bouchon-Meunier, 1994) sont rappelées.

Définition 18 $P_{v_{Obs}} : U_r \rightarrow [0, 1]$,

$$\forall u \in U_r, P_{v_{Obs}}(u) = \alpha, \text{ avec } \alpha \in [0, 1]$$

$$H_{Obs} = \{u \in U_r, P_{v_{Obs}}(u)\}$$

Il est intéressant de modéliser l'horizon d'un observateur par un sous-ensemble flou. En effet, il est ainsi possible de traduire l'imprécision qui peut caractériser la formulation de l'intérêt qu'un observateur porte aux thèmes de U_r : un thème peut être très intéressant, modérément intéressant, un peu intéressant, etc. C'est un cas où la modélisation par des sous-ensembles flous est particulièrement adaptée (Bouchon-Meunier, 1994; Dubois & Prade, 2000).

Cependant il est certaines situations pour lesquelles on peut souhaiter se ramener à des ensembles classiques. C'est possible par l'intermédiaire de la notion de α -coupe

A partir de H_{Obs} , on peut définir les H_{Obs_α} , les α -coupe de H_{Obs} .

Définition 19 $H_{Obs_\alpha} = \{u \in U_r, P_{v_{Obs_\alpha}}(u) \geq \alpha\}$, pour un $\alpha \in [0, 1]$ fixé.

Exemple 7 Dans le cas du cours de physique de terminale, les élèves considérés en tant qu'observateurs ont tous un horizon d'observation différent, l'un trouvant particulièrement intéressant la mécanique et l'autre préférant nettement l'électricité et l'électronique, sans pour autant ne pas apprécier modérément la mécanique. Pour le premier élève, la mécanique appartient fortement à son horizon d'observation, l'électricité et l'électronique très modérément. Pour le second, l'électricité et l'électronique appartiennent très fortement à son horizon d'observation et la mécanique y appartient un peu.

Exemple 8 Dans le cas de la presse écrite, pour l'un des lecteurs, le sport et la politique intérieure appartiennent très fortement à son horizon d'observation, la politique extérieure y appartient un peu et la finance n'y appartient pas du tout. Pour un autre lecteur, la finance, la politique intérieure et la politique extérieure y appartiennent tous trois fortement, le sport très modérément et les spectacles pas du tout.

4.1.2.3 Parti pris d'un observateur

Le parti pris d'un observateur Obs , noté PP_{Obs} est l'application qui associe à un thème u pour un observateur Obs , l'ensemble des couples formés par les thèmes $u \in U_r$ et la valeur de $P_{v_{Obs}}(u)$.

Définition 20 $PP_{Obs} : U_r \rightarrow U_r \times [0, 1]$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall u_i \in U_r, PP_{Obs} = ((u_1, P_{v_{Obs}}(u_1)), \dots, (u_i, P_{v_{Obs}}(u_i)), \dots)$$

PP_{Obs} , le parti pris d'un observateur Obs , est un tuple qui représente les préférences de ce dernier à propos des thèmes de l'univers de référence U_r .

Si Obs est un utilisateur, le parti pris est un des éléments de la composante domaine du modèle de l'utilisateur telle qu'elle a été présentée au chapitre précédent.

Nous exploitons plus loin dans ce chapitre le parti pris pour tenir compte des préférences de l'utilisateur.

4.1.3 Ressource

Une **ressource d'information**, ou plus simplement **ressource**, est une entité porteuse d'information sur l'univers de référence U_r . Dans notre cadre de travail cette ressource est nécessairement une entité informatique : elle est identifiable de manière unique et elle est dans une forme manipulable par un calculateur. La notion de ressource a été introduite et définie au chapitre précédent.

L'ensemble des ressources est noté E . Les ressources éléments sont notées e ou e_i , avec $i \in \mathbb{N}$. L'ensemble E est un ensemble fini.

Définition 21 Formellement, $E = \{e_i, i \in \mathbb{N}\}$

Exemple 9 Une séquence vidéo représentant le site de la centrale thermique sur lequel est survenu le problème, une représentation analogique donnant la valeur d'un des paramètres du système, un texte résumant une alarme.

Exemple 10 Un théorème de physique dans le cadre du programme de terminale.

Exemple 11 Une dépêche de l'AFP ou un reportage dans le cadre d'un journal.

4.1.4 Représentativité d'une ressource

La représentativité d'une ressource e par rapport à un thème u pour un observateur Obs est notée $rep_{Obs}(e)$. La représentativité d'une ressource mesure pour l'observateur Obs , si e est représentative d'un thème u de l'univers de référence U_r . Cette mesure est donc subjective.

Comme dans le cas de la fonction $P_{v_{Obs}}$, la représentativité est un jugement de valeur effectuée par un observateur Obs .

La fonction Rep_{Obs} associe à un couple $(u, e) \in U_r \times E$ une valeur dans l'intervalle réel $[0, 1]$.

Définition 22 $Rep_{Obs} : U_r \times E \rightarrow [0, 1]$

$$\forall u \in U_r, \forall e \in E, Rep_{Obs}(u, e) = \alpha, \text{ avec } \alpha \in [0, 1]$$

4.1.5 Expression d'une ressource

L'expression d'une ressource e pour un observateur Obs est notée $Exp_{Obs}(e)$.

L'expression d'une ressource associe à e l'ensemble des couples formés par un thème u de U_r et la représentativité de la ressource par rapport à ce thème u , c'est-à-dire le couple $(u, Rep_{Obs}(u, e))$. L'expression d'une ressource e pour un observateur est alors un tuple exprimant la représentativité de la ressource par rapport aux thèmes de U_r .

Définition 23 $Exp_{Obs} : E \rightarrow (U_r \times [0, 1])^{Card(U_r)}$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall u_i \in U_r, Exp_{Obs}(e) = ((u_1, Rep_{Obs}(u_1, e)), \dots, (u_i, Rep_{Obs}(u_i, e)), \dots)$$

$Card(U_r)$ dénote le cardinal de l'ensemble U_r .

Exemple 12 Si e est une séquence vidéo sur le club de rugby de Béziers correspondant à un reportage pour un journal télévisé, le journaliste présentant le journal (un de nos observateurs Obs) associera une expression élémentaire à cette séquence par rapport au thème sport (sport, 0.9) et une expression élémentaire par rapport au thème politique extérieure (politique extérieure, 0). L'expression de cette même séquence vidéo sera $((\text{sport}, 0.9), \dots, (\text{politique extérieure}, 0), \dots)$.

4.1.5.1 Représentation d'un thème

La représentation d'un thème u pour un observateur Obs est noté $R_{\text{representation}_{Obs}}$. La représentation associée à un thème u l'ensemble des couples formés par une ressource e de E et la représentativité de e par rapport au thème u , soit l'ensemble des couples $(e, \text{Rep}_{Obs}(u, e))$. La représentation de u est donc un tuple traduisant la représentation du thème u par l'ensemble des ressources e .

Définition 24 $R_{\text{representation}_{Obs}} : U_r \rightarrow (E \times [0, 1])^{\text{Card}(E)}$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall e_i \in E, R_{\text{representation}_{Obs}}(u) = ((e_1, \text{Rep}_{Obs}(u, e_1)), \dots, (e_i, \text{Rep}_{Obs}(u, e_i)), \dots).$$

$\text{Card}(E)$ dénote le cardinal de l'ensemble E .

Exemple 13 Dans le cas d'un journal, plusieurs reportages peuvent concerner un même thème. Ainsi, dans un journal télévisé, il y a deux reportages concernant le rugby et un concernant le football. Le thème RUGBY est représenté par deux ressources, le thème FOOTBALL est représenté par une ressource et le thème SPORT est représenté par trois ressources.

4.1.6 Seuil de représentativité

Pour un observateur Obs donné, on appelle seuil de représentativité $\text{seuil}_{\text{rep}_{Obs}}$, un réel appartenant à l'intervalle $[0, 1]$.

Ce seuil de représentativité définit la limite en dessous de laquelle la représentativité d'une ressource e $\text{rep}_{Obs}(e)$, n'a plus une valeur significative pour un observateur Obs .

La fonction Rep_{Obs} considérée comme une fonction d'appartenance, permet de définir un sous-ensemble flou de $U \times E$, le sous-ensemble flou des sujets représentés par une ressource représentatives.

Ce sous-ensemble est nommé champ de représentation et est noté $Ch_{\text{rep}_{Obs}}$.

Le seuil de représentation, noté $\text{seuil}_{\text{rep}_{Obs}}$, permet de définir une α -coupe correspondant à ce sous-ensemble flou, avec $\alpha = \text{seuil}_{\text{rep}_{Obs}}$.

On définit l'expression significative d'une ressource, la représentation significative d'un thème, une ressource significative et un sujet significatif.

Définition 25 Soit $\text{Exp}_{Obs}(e)$, l'expression d'une ressource e pour un observateur Obs .

$\forall i \in \mathbb{N}, \forall u_i \in U_r, \text{Exp}_{Obs}(e) = ((u_1, \text{Rep}_{Obs}(u_1, e)), \dots, (u_i, \text{Rep}_{Obs}(u_i, e)), \dots)$ est significative si et seulement si $\forall i \in \mathbb{N}, \forall u_i \in U_r, \text{Rep}_{Obs}(u_i, e) \geq \text{seuil}_{\text{rep}_{Obs}}$.

Définition 26 Soit $R_{\text{representation}_{Obs}}(u)$, la représentation d'un sujet u pour un observateur Obs .

$\forall i \in \mathbb{N}, \forall e_i \in E, R_{\text{representation}_{Obs}}(u) = ((e_1, \text{Rep}_{Obs}(u, e_1)), \dots, (u, \text{Rep}_{Obs}(u, e_i)), \dots)$ est significative si et seulement si $\forall i \in \mathbb{N}, \forall e_i \in E, \text{Rep}_{Obs}(u, e_i) \geq \text{seuil}_{\text{rep}_{Obs}}$.

Définition 27 Une ressource est significative pour un observateur Obs si et seulement si $\exists u \in U_r, Rep_{Obs}(u, e) \geq \text{seuil}_{rep_{Obs}}$.

Autrement dit, une ressource e est significative, s'il existe au moins un sujet u de U_r pour lequel la représentativité de e dépasse le seuil de représentativité.

Définition 28 Un thème est significatif pour un observateur Obs si et seulement si $\exists e \in E, Rep_{Obs}(u, e) \geq \text{seuil}_{rep_{Obs}}$.

Autrement dit un thème u est significatif pour un observateur Obs , s'il existe au moins une ressource significative pour le représenter.

Corollaire 1 Considérons $Ch_{rep_{\text{seuil}_{rep_{Obs}}}}$ la $\text{seuil}_{rep_{Obs}}$ -coupe associée au sous-ensemble flou $Ch_{rep_{Obs}}$.

Alors $\forall (u, e) \in Ch_{rep_{\text{seuil}_{rep_{Obs}}}}$, u est un sujet significatif et e est une ressource significative.

Réciproquement, si u est un thème significatif et e une ressource significative, il existe un e_i tel que $(u, e_i) \in Ch_{rep_{\text{seuil}_{rep_{Obs}}}}$ et il existe un u_j , tel que $(u_j, e) \in Ch_{rep_{\text{seuil}_{rep_{Obs}}}}$.

Démonstration 1 $(e, u) \in Ch_{rep_{\text{seuil}_{rep_{Obs}}}} \Rightarrow Rep_{Obs}(u, e) \geq \text{seuil}_{rep_{Obs}}$, donc u est un sujet significatif et e est une ressource significative.

Réciproquement si u est un sujet significatif par définition il existe un e_i tel que $Rep_{Obs}(u, e_i) \geq \text{seuil}_{rep_{Obs}}$. Si e est une ressource significative par définition il existe un e_i tel que $Rep_{Obs}(u, e_i) \geq \text{seuil}_{rep_{Obs}}$.

Définition 29 La valence d'une ressource e pour un observateur Obs^4 , notée $\text{valence}_{Obs}(e)$ est le nombre de couples du tuple $Exp_{Obs}(e)$ pour lesquels la représentativité de e pour le thème u dépasse le seuil de représentativité, c'est-à-dire le nombre de couple $(u_i, Rep_{Obs}(u_i, e)), \forall i \in \mathbb{N}, \forall u_i \in U_r, Rep_{Obs}(u_i, e) \geq \text{seuil}_{rep_{Obs}}$.

4.1.7 Intérêt d'une ressource

On considère les observateurs Obs_1 et Obs_2 ayant respectivement les fonctions point de vue $P_{v_{Obs_1}}$ et $P_{v_{Obs_2}}$ sur l'univers de référence U_r .

On considère la fonction $F_{vecteur}$ qui associe à un n-uplet de couples $((u_1, \gamma_1), \dots, (u_i, \gamma_i), \dots, (u_n, \gamma_n))$ avec $\gamma \in \mathbb{R}$, un vecteur de réel de taille n

Définition 30 $F_{vecteur} : (U_r \times \mathbb{R})^n \rightarrow \mathbb{R}^n$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall u_i \in U_r, \forall \gamma_i \in \mathbb{R},$$

$$F_{vecteur}((u_1, \gamma_1), \dots, (u_i, \gamma_i), \dots, (u_n, \gamma_n)) = (\gamma_1, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_n)$$

⁴La valence d'une ressource rejoint la notion de valence informationnelle définie par J.-P. Balpe, qui est le nombre de concepts que contient une *unité d'information*. La notion d'unité d'information est proche de celle de ressource. Voir à ce sujet : <http://home.nordnet.fr/~yclaeysen/d13.html> (URL consulté la dernière fois le 04/12/2002) ou <http://www.imprimeriedespuf.com/base/fiche272.htm> (URL consulté la dernière fois le 04/12/2002)

On appelle intérêt d'un observateur Obs_2 pour une ressource e qui est exprimée par un observateur Obs_1 , $Interet_{Obs_1, Obs_2}(e)$, le produit scalaire sur \mathbb{R}^n des vecteurs réels associés à l'expression de e pour Obs_1 et du parti pris de Obs_2 sur l'univers U_r .

Définition 31 $Interet_{Obs_1, Obs_2} : (U_r \times [0, 1])^{Card(U_r)} \times (U_r \times [0, 1])^{Card(U_r)} \rightarrow \mathbb{R}$

$$Interet_{Obs_1, Obs_2}(e) = F_{vecteur}(Exp_{Obs_1}(e)) \cdot F_{vecteur}(PP_{Obs_2})$$

la notation \cdot dénote le produit scalaire ; $Card(U_r)$ dénote le cardinal de U_r .

Le produit scalaire est une méthode pour évaluer l'écart entre les deux vecteurs. Pour que les valeurs puissent être correctement utilisées, il faut normer les vecteurs avant d'effectuer le produit scalaire. Le parti pris de l'observateur Obs_2 sur l'univers U_r représente les préférences de cet observateur par rapport aux thèmes de U_r . Si le vecteur associé à l'expression d'une ressource e du point de vue de Obs_2 à des valeurs différentes de 0 pour tous les thèmes correspondant à ceux préférés par Obs_1 , la valeur du produit scalaire sera maximum (les deux vecteurs sont en quelque sorte *colinéaire*). Au contraire, si le vecteur associé à l'expression d'une ressource ne contient que des valeurs nulles pour les sujets que préfèrent Obs_2 , le produit scalaire sera nul (les vecteurs sont en quelque sorte *orthogonaux*).

Ce calcul est central à l'évaluation de l'utilité d'une ressource, c'est-à-dire, l'importance de la ressource par rapport aux préférences de l'utilisateur et au modèles du domaine.

Ce produit scalaire peut également être utilisé pour déterminer si deux ressources sont redondantes, c'est-à-dire si elles concernent les mêmes thématiques. Le produit scalaire n'est pas nécessairement la seule opération que l'on peut utiliser pour comparer ou évaluer les vecteurs correspondants à des expressions de ressources et à des partis pris. On peut imaginer utiliser des opérations telles que la soustraction sur les vecteurs pour les comparer.

4.1.8 Importance d'une ressource et préférences de l'utilisateur

Au chapitre 3, section 3.3, nous considérons une ressource selon trois aspects : sa *qualité*, son *contexte d'énonciation*, et sa *modalité*. Chacun de ces aspects considère une ressource selon différents critères d'évaluation.

4.1.8.1 Importance d'une ressource

L'aspect *qualité* regroupe plusieurs propriétés dont l'importance. Cette propriété peut être évaluée grâce à un calcul d'*Interet* tel qu'il est présenté à la sous-section précédente.

L'importance mesure la valeur du contenu de la ressource par rapport au domaine, du point de vue d'un observateur de référence (en général les experts qui conçoivent ou aident à concevoir le modèle du domaine). L'importance est évaluée grâce au calcul de l'intérêt de la ressource e du point de vue et selon le parti pris de cet observateur de référence, celui qui a créé le modèle du domaine et nommé $Obs_{reference}$.

Définition 32 D'un point de vue formel l'importance d'une ressource e se définit comme :

$$Importance(e) = Interet_{Obs_{reference}, Obs_{reference}}(e).$$

4.1.8.2 Prise en compte des préférences de l'utilisateur

L'aspect contexte d'énonciation considère la valeur d'une ressource en fonction du contexte dans lequel cette ressource est énoncée.

Ainsi, pour prendre en compte les préférences thématiques de l'utilisateur, on peut également considérer un calcul d'*Interet*. Le parti-pris de l'utilisateur traduit les préférences de l'utilisateur par rapport au contenu sémantique de la ressource. Le calcul de l'intérêt d'une ressource, par rapport au parti pris de l'utilisateur permet d'évaluer ce que nous avons défini comme l'utilité de la ressource. Si nous introduisons comme précédemment un observateur de référence, $Obs_{reference}$, on peut définir l'importance d'une ressource pour l'utilisateur, $Importance_{Utilisateur}(e)$, cet utilisateur étant lui-même un observateur.

Définition 33 *D'un point de vue formel l'importance d'une ressource e se définit comme :*

$$Importance_{Utilisateur}(e) = Interet_{Obs_{reference}, Utilisateur}(e).$$

4.1.9 Décomposition d'une ressource et focus

Soit l'expression d'une ressource e par un observateur Obs_1 , $Exp_{Obs_1}(e)$. On recherche dans cette expression de la ressource e , le sujet $u_{F_{e, Obs_1, Obs_2}}$, le centre d'intérêt principal de la ressource e pour un autre observateur Obs_2 .

4.1.9.1 Décomposition de l'expression d'une ressource

La décomposition de l'expression d'une ressource e par rapport à un observateur Obs_1 , $Dec_{Exp_{Obs_1}}(e)$ est l'ensemble formé des couples $(u_i, Rep_{Obs_1}(u_i, e))$ de e .

Définition 34 $Dec_{Exp_{Obs_1}}(e) = \{(u_i, Rep_{Obs_1}(u_i, e))\}$

Une ressource virtuelle élémentaire d'une ressource e est une ressource e_i ayant pour expression $(u_i, Rep_{Obs_1}(u_i, e))$.

Définition 35 e_i est une ressource virtuelle élémentaire de e alors : $Expr_{Obs_1}(e_i) = (u_i, Rep_{Obs_1}(u_i, e))$.
On a alors $Dec_{Exp_{Obs_1}}(e) = \{e_i\}$

4.1.9.2 Décomposition d'une ressource

Par extension des notions de décomposition de l'expression d'une ressource, on a la décomposition d'une ressource e par rapport à un observateur Obs_1 , $Dec_{Obs_1}(e)$

4.1.9.3 Focus d'une ressource

Le focus d'une ressource e , exprimé par un observateur Obs_1 , pour un observateur Obs_2 est le sujet u qui a la plus forte valeur d'intérêt pour Obs_2 .

Définition 36 $Focus(e, Obs_1, Obs_2) = u_{F_{e, Obs_1, Obs_2}}$ qui est tel que pour

$$Exp_{Obs_1}(e) = ((u_1, Rep_{Obs_1}(u_1, e)), \dots, (u_i, Rep_{Obs_1}(u_i, e)), \dots, (u_i, Rep_{Obs_1}(u_i, e))), \exists j \in [1, n], u_j = u_{F_{e, Obs_1, Obs_2}} \text{ et tel que } Interet_{Obs_1, Obs_2}(e_j) = \max_{\forall i \in [1, n]}(Interet_{Obs_1, Obs_2}(e_i)), \text{ avec } e_j = (u_{F_{e, Obs_1, Obs_2}}, Rep_{Obs_1}(u_{F_{e, Obs_1, Obs_2}}, e_j))$$

Le focus est le sujet composant l'expression d'une ressource fait par un observateur Obs_1 qui a le plus d'importance pour un observateur Obs_2 .

Exemple 14 Dans le cas du reportage sur l'équipe de rugby de Béziers, le focus pour un supporter de l'équipe est l'équipe elle-même. Le focus pour les parents du demi de mêlée est leur fils, bien qu'ils soient également supporter de l'équipe.

Dans le cadre de notre formalisation et en prolongement de ce que propose (Crampes, 2002), nous introduisons des outils formels supplémentaires pour la description d'une ressource et pour sa *qualification*. Ces aspects n'étant pas centraux à notre travail nous les présentons à l'annexe B.

4.1.10 Evaluation de l'utilité d'une ressource

Les outils formels que nous avons présentés jusqu'à présent peuvent permettre à un agent compositeur d'évaluer l'utilité d'une ressource en fonction de plusieurs critères. On suppose qu'un *observateur de référence* (concepteur du système ou expert) a défini un parti pris de référence sur le domaine. De plus, l'agent compositeur dispose des préférences thématiques de l'utilisateur. Enfin, chaque ressource possède une expression par rapport au modèle du domaine (qui correspond à l'univers U_r). Disposant des préférences thématiques de l'utilisateur (au niveau de la composante domaine du modèle de l'utilisateur) et du *parti pris* d'un observateur de référence (au niveau du modèle du domaine), l'agent peut évaluer l'utilité d'une ressource dont l'expression lui est connue, en calculant l'intérêt de la ressource et son importance.

Il n'y a pas un calcul de l'utilité d'une ressource possible mais plusieurs. Le calcul de l'utilité d'une ressource est lui-même une fonction de l'application et du point de vue. En effet, ce calcul varie en fonction du point de vue qui est considéré comme prépondérant (celui de l'observateur de référence ou celui de l'utilisateur). Ainsi plusieurs calculs d'utilité différents sont envisageables, traduisant une mise en valeur de certaines ressources par rapport à certains critères. Ce calcul peut être, par exemple ramené, au calcul d'une moyenne pondérée de l'intérêt et de l'importance de la ressource. L'utilisation du maximum ou du minimum est également possible.

D'un point de vue formel, si on adopte l'utilisation d'une moyenne pondérée, on peut exprimer l'utilité d'une ressource de la manière présentée ci-après. On considère deux observateurs, *Système* et *Utilisateur*. Ces deux observateurs sont exprimés à travers les représentations du modèle du domaine et du modèle de l'utilisateur.

Définition 37 $Utilite(e) = \frac{Poids_{Système} * Interet_{Système, Système}(e) + Poids_{Utilisateur} * Interet_{Système, Utilisateur}(e)}{Poids_{Système} + Poids_{Utilisateur}}$.

Les coefficients de pondération $Poids_{Système}$ et $Poids_{Utilisateur}$ permettent de traduire la prépondérance de l'*avis* du système (ou plutôt du concepteur du système) ou de l'avis de l'utilisateur. Ces coefficients peuvent varier au cours du temps ou en fonction de la situation. Ils peuvent ainsi permettre de faire évoluer le calcul de l'utilité d'une ressource en fonction du *contexte*. Ainsi, ces pondérations peuvent être un moyen de prendre en compte dans le calcul de l'utilité, l'*à-propos* de l'énonciation de la ressource par rapport à son contenu. La difficulté est bien sûr de définir les contextes et les éléments de ces contextes qui vont entraîner une évolution des poids. La définition de ces contextes est un des axes de notre recherche future.

4.2 Vers un calcul de l'utilisabilité d'une ressource

4.2.1 Espace d'énonciation

Selon une démarche similaire à celle de la section 4.1, nous introduisons quelques éléments formels qui permettent de modéliser les préférences médiatiques de l'utilisateur et l'adéquation entre une modalité et la ressource qui lui est associée, c'est-à-dire dans quelle mesure une modalité fournit une représentation adéquate à une ressource. Ces différents éléments permettent de proposer un calcul possible de l'utilisabilité d'une ressource en fonction de la modalité qui lui est associée.

En fait, nous allons réutiliser la plupart des outils formels que nous venons de définir. En effet, on peut considérer qu'une modalité est à une ressource ce qu'une ressource est à un thème. En effet une ressource représente un (ou plusieurs) thème et une modalité représente une (ou plusieurs) ressource d'information.

Une modalité, suivant la définition que nous avons adoptée au chapitre précédent est un couple formé d'un *langage d'interaction* et d'un *dispositif physique*. Un dispositif physique se compose de *canaux*. Un canal est une partie du dispositif physique qui peut être utilisé pour énoncer une modalité. Par exemple, si le dispositif physique considéré est un écran, un canal est une zone de cet écran servant à présenter une ressource d'information à l'utilisateur. Les canaux sont les éléments terminaux du langage d'interaction associé. Le lien entre ressource, thème et modalité est résumé à la figure 4.1.

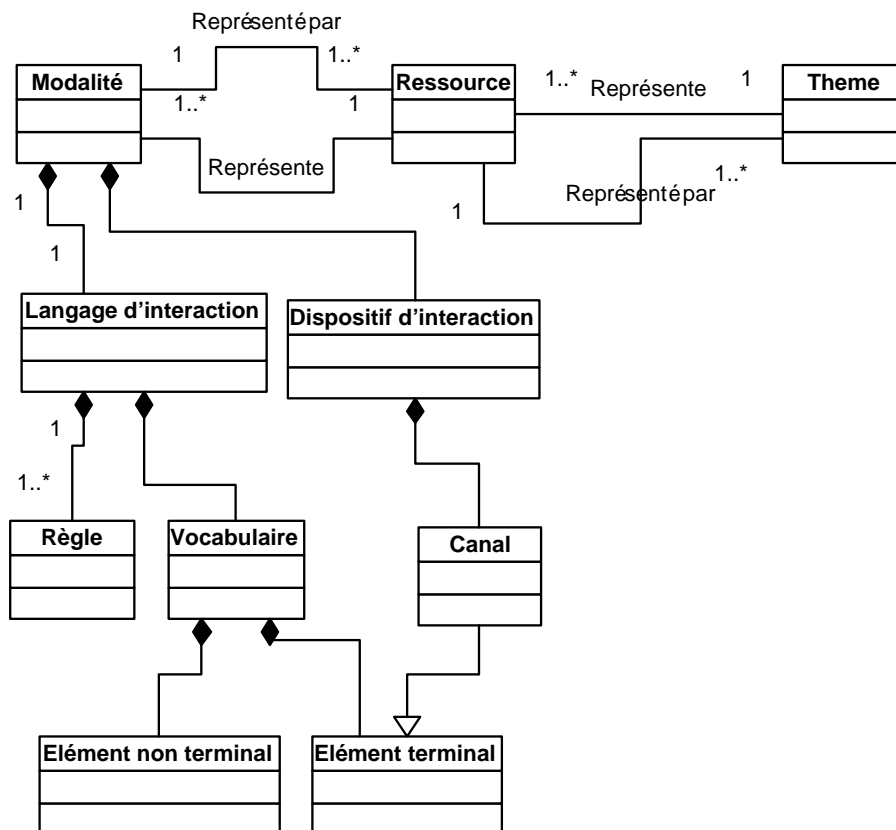


FIG. 4.1 – Liens entre les ressources, les modalités et les thèmes

Nous nommons Espace d'énonciation, que nous notons E_E , l'ensemble des modalités.

Définition 38 *L'Espace d'énonciation E_E représente l'ensemble des modalités, dans lequel les documents sont perceptibles et manipulables par l'utilisateur. Cet espace est un ensemble de modalité et de relations entre ces modalités. Les entités de cet espace sont notés m ou m_i .*

4.2.2 Observateur

On considère E l'ensemble des ressources et E_E , l'ensemble des modalités. Par rapport à ce qui a été présenté à la première section de ce chapitre, l'ensemble E correspond maintenant à l'ensemble U_r des thèmes et l'ensemble E_E correspond à l'ensemble E des ressources.

Nous retrouvons les notions d'observateur, de point de vue d'un observateur et d'horizon d'un observateur. Néanmoins dans cette section, l'observateur porte des jugements de valeur sur les ressources.

La fonction point de vue d'un observateur Obs , noté $P_{v_{Obs}}$ se définit dans le cadre de cette section comme une fonction de $E \rightarrow [0, 1]$, $\forall e \in E, P_{v_{Obs}}(e) = \alpha$, avec $\alpha \in [0, 1]$

L'horizon d'un observateur Obs , noté H_{Obs} , est de même l'ensemble des ressources de E qui intéresse cet observateur Obs .

Le parti pris d'un observateur Obs , noté PP_{Obs} est l'application qui associe à une ressource e pour un observateur Obs , le tuple formé par les couples formés par les ressources $e \in E$ et les valeurs de $P_{v_{Obs}}(e)$ associées.

PP_{Obs} , le parti pris d'un observateur Obs , considéré sur l'ensemble des ressources, est un tuple qui représente les préférences de l'observateur à propos des ressources.

Si Obs est un utilisateur, le parti pris est un des éléments de la composante dialogue du modèle de l'utilisateur représentant les préférences médiatiques de ce dernier.

4.2.3 Représentativité énonciative d'une modalité

La représentativité énonciative d'une modalité m par rapport à une ressource e pour un observateur Obs est notée $rep_{Obs}(m)$. La représentativité énonciative d'une modalité mesure pour l'observateur Obs , si m peut représenter une ressource e de l'ensemble des ressources. La représentativité énonciative d'une modalité correspond à la préférence d'un observateur pour qu'une ressource soit énoncée par l'intermédiaire de cette modalité.

La fonction Rep_{Obs} associe à un couple $(e, m) \in E \times E_E$ une valeur dans l'intervalle réel $[0, 1]$.

Définition 39 $Rep_{Obs} : E \times E_E \rightarrow [0, 1]$

$$\forall e \in E, \forall m \in E_E, Rep_{Obs}(e, m) = \alpha, \text{ avec } \alpha \in [0, 1]$$

4.2.4 Expression d'une modalité

L'expression d'une modalité m pour un observateur Obs est notée $Exp_{Obs}(m)$.

L'expression d'une modalité associe à une modalité m l'ensemble des couples formés par une ressource e de E et la représentativité de la modalité m par rapport à cette ressource, c'est-à-dire le couple $(e, Rep_{Obs}(e, m))$. L'expression d'une modalité m pour un observateur est alors un tuple exprimant la représentativité énonciative de la modalité par rapport aux ressources de E .

Définition 40 $Exp_{Obs} : E_E \rightarrow (E \times [0, 1])^{Card(E)}$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall e_i \in E, Exp_{Obs}(e) = ((e_1, Rep_{Obs}(e_1, m)), \dots, (e_i, Rep_{Obs}(e_i, m)), \dots)$$

$Card(E)$ dénote le cardinal de l'ensemble E .

4.2.4.1 Représentation d'une ressource

La représentation d'une ressource e pour un observateur Obs associée à une ressource e l'ensemble des couples formés par une modalité m de E_E et la représentativité énonciative de m par rapport à la ressource e , soit l'ensemble des couples $(e, Rep_{Obs}(e, m))$. La représentation de e est donc un tuple traduisant la représentation de la ressource e par l'ensemble des modalités m .

Définition 41 $R_{representation_{Obs}} : E \rightarrow (E_E \times [0, 1])^{Card(E_E)}$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall m_i \in E_E, R_{representation_{Obs}}(e) = ((m_1, Rep_{Obs}(e, m_1)), \dots, (m_i, Rep_{Obs}(e, m_i)), \dots).$$

$Card(E_E)$ dénote le cardinal de l'ensemble E_E .

4.2.5 Intérêt énonciatif d'une modalité

On considère les observateurs Obs_1 et Obs_2 ayant respectivement les fonctions point de vue $P_{v_{Obs_1}}$ et $P_{v_{Obs_2}}$ sur l'ensemble des ressources E .

On considère la fonction $F_{vecteur}$ qui associe à un n-uplet de couples $((e_1, \gamma_1), \dots, (e_i, \gamma_i), \dots, (e_n, \gamma_n))$ avec $\gamma \in \mathbb{R}$, un vecteur de réel de taille n , $(\gamma_1, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_n)$

On appelle intérêt énonciatif d'un observateur Obs_2 pour une modalité m qui est exprimée par un observateur Obs_1 , $InteretEnonciatif_{Obs_1, Obs_2}(m)$, le produit scalaire sur \mathbb{R}^n des vecteurs réels associés à l'expression de m pour Obs_1 et du parti pris de Obs_2 sur l'ensemble des ressources E .

Définition 42 $InteretEnonciatif_{Obs_1, Obs_2} : (E \times [0, 1])^{Card(E)} \times (E \times [0, 1])^{Card(E)} \rightarrow \mathbb{R}$

$$InteretEnonciatif_{Obs_1, Obs_2}(m) = F_{vecteur}(Exp_{Obs_1}(m)) \cdot F_{vecteur}(PP_{Obs_2})$$

la notation \cdot dénote le produit scalaire ; $Card(E)$ dénote le cardinal de E .

Ce calcul est central à l'évaluation de l'utilisabilité d'une ressource.

4.2.6 Importance énonciative d'une modalité et préférences de l'utilisateur

Au chapitre 3, nous avons considéré une ressource selon trois aspects : sa *qualité*, son *contexte d'énonciation*, et sa *modalité*. Chacun de ces aspects considère une ressource selon différents critères d'évaluation.

4.2.6.1 Importance énonciative d'une ressource

L'aspect *modalité* concerne le choix d'une modalité pour énoncer une ressource. Nous proposons la notion d'*importance énonciative* d'une ressource.

L'*intérêt énonciatif* mesure l'importance de la modalité de la ressource par rapport au modèle de l'espace d'énonciation, du point de vue d'un *observateur de référence*. L'*importance énonciative* est évaluée grâce au calcul de l'intérêt énonciatif de la modalité m associée à une ressource e , du point de vue et selon le parti pris de cet *observateur de référence*, celui qui a créé le modèle de l'espace d'énonciation et qui est nommé $Obs_{reference}$.

Définition 43 D'un point de vue formel l'importance énonciative d'une ressource e se définit comme :

$$ImportanceEnonciative(m) = InteretEnonciatif_{Obs_{reference}, Obs_{reference}}(m).$$

4.2.6.2 Prise en compte des préférences médiatiques de l'utilisateur

L'aspect contexte d'énonciation considère la valeur de la modalité d'une ressource en fonction du contexte dans lequel cette ressource est énoncée.

Ainsi, pour prendre en compte les préférences médiatiques de l'utilisateur, on peut également considérer un calcul d'*InteretEnonciatif*. Le parti-pris de l'utilisateur traduit les préférences de l'utilisateur par rapport à la modalité de la ressource. Le calcul de l'intérêt énonciatif d'une ressource, par rapport au parti pris de l'utilisateur permet d'évaluer ce que nous avons défini comme l'utilisabilité de la ressource. Si nous introduisons comme précédemment un observateur de référence, $Obs_{reference}$, on peut définir l'*importance énonciative* d'une ressource pour l'utilisateur, $ImportanceEnonciative_{Utilisateur}(m)$, cet utilisateur étant lui-même un observateur.

Définition 44 D'un point de vue formel l'importance énonciative d'une modalité m se définit comme :

$$ImportanceEnonciative_{Utilisateur}(m) = InteretEnonciatif_{Obs_{reference}, Utilisateur}(m).$$

4.2.7 Evaluation de l'utilisabilité d'une ressource

Pour évaluer l'utilisabilité d'une ressource (en fait l'utilisabilité de la modalité qui sert à énoncer une ressource), l'agent compositeur dispose de la composante dialogue du modèle utilisateur et du modèle de l'espace d'énonciation. La composante dialogue contient les *préférences médiatiques* de l'utilisateur et/ou un ensemble de règles de présentation d'un point de vue *facteur humain*. Chaque modalité possède une expression par rapport au modèle de l'espace d'énonciation. Disposant des *préférences médiatiques* de l'utilisateur et du *parti pris* d'un observateur de référence sur les ressources (qui peut par exemple être évalué à partir de l'utilité d'une ressource), l'agent peut évaluer l'utilisabilité de la modalité d'une ressource par un calcul de son intérêt énonciatif et de son importance énonciative.

Tout comme pour le calcul de l'utilité d'une ressource, plusieurs calculs d'utilisabilité sont possibles. Le calcul de l'utilisabilité en lui-même dépend de l'application et du point de vue qui est considéré comme prépondérant (celui de l'observateur de référence ou celui de l'utilisateur). Ce calcul peut également être ramené à la moyenne pondérée de l'intérêt énonciatif et de l'importance énonciative de la modalité de la ressource.

D'un point de vue formel, si on adopte l'utilisation d'une moyenne pondérée, on peut exprimer l'utilisabilité d'une ressource de la manière présentée ci-après. Comme pour le calcul de l'utilité, on considère deux observateurs, *Système* et *Utilisateur*. Ces deux observateurs sont exprimés à travers les représentations du modèle de l'espace d'énonciation et du modèle de l'utilisateur. On

considère l'utilisabilité d'une ressource e associée à une ressource m_e . Par abus de langage, nous parlons de l'utilisabilité de e

Définition 45 $Utilisabilite(e, m) =$

$$\frac{Poids_{Systeme} * InteretEnonciatif_{Systeme, Systeme}(m) + Poids_{Utilisateur} * InteretEnonciatif_{Systeme, Utilisateur}(m)}{Poids_{Systeme} + Poids_{Utilisateur}}$$

Les coefficients de pondération $Poids_{Systeme}$ et $Poids_{Utilisateur}$ permettent de traduire la prépondérance soit des limitations de l'interface et des choix des concepteurs, soit des préférences de l'utilisateur.

Tout comme pour le calcul de l'utilité, ces coefficients⁵ peuvent varier au cours du temps ou en fonction de la situation. Ils peuvent ainsi permettre de faire évoluer le calcul de l'utilité d'une ressource en fonction du *contexte*. Ces pondérations, tout comme pour le calcul de l'utilité, peuvent être un moyen de prendre en compte dans le calcul de l'utilisabilité, l'*à-propos* de l'énonciation de la ressource par rapport à sa présentation.

4.2.7.1 Vers un calcul de la pertinence

La définition des calculs de l'utilité et de l'utilisabilité permettent de proposer une évaluation possible de la pertinence. Nous voyons la pertinence comme l'agrégation de l'utilité et de l'utilisabilité. Tout comme ces deux dernières propriétés, le calcul de la pertinence peut s'évaluer de différentes façons. Il n'y a pas une manière unique d'envisager la pertinence. Nous en détaillons trois dans la suite.

Telle que nous définissons la pertinence, une ressource est pertinente si elle est utile et utilisable. Ce point de vue peut être nuancé. Nous voyons au moins trois manières d'envisager la pertinence d'une ressource :

1. une ressource très utile mais peu utilisable ou à l'inverse une ressource très *utilisable* mais peu utile, est néanmoins pertinente. Pour traduire ce point de vue, la pertinence peut alors être vue comme le maximum de l'utilité et de l'utilisabilité d'une ressource.
2. la pertinence d'une ressource ne peut pas être supérieure au minimum de son utilité et de son utilisabilité. Ainsi, une ressource très utile mais peu utilisable, n'a pas une pertinence qui dépasse son utilité.
3. la pertinence d'une ressource dépend de l'utilité et de l'utilisabilité de cette ressource, mais pas dans des proportions égales.

Dans le premier cas, le calcul de la pertinence se ramène au calcul du maximum de l'utilité et de l'utilisabilité.

Définition 46 $Pertinence(e) = \max(Utilite(e), Utilisabilite(e, m))$.

Dans le deuxième cas, le calcul de la pertinence se ramène au calcul du minimum de l'utilité et de l'utilisabilité.

Définition 47 $Pertinence(e) = \min(Utilite(e), Utilisabilite(e, m))$.

Enfin dans le troisième cas, le calcul de la pertinence se ramène à une moyenne pondérée. Nous avons deux coefficients de pondération $Poids_{Utilite}$ et $Poids_{Utilisabilite}$. Ces coefficients

⁵Il est à noter que, bien qu'ils aient des noms identiques dans nos formules, les valeurs de ces coefficients ne sont pas nécessairement identiques pour le calcul de l'utilité et de l'utilisabilité dans une même application.

permettent de traduire dans le calcul, lequel entre l'utilité et l'utilisabilité est prépondérant pour évaluer la pertinence de la ressource.

Définition 48 $Pertinence(e) = \frac{Poids_{Utilite} * Utilite(e) + Poids_{Utilisabilite} * Utilisabilite(e,m)}{Poids_{Utilite} + Poids_{Utilisabilite}}$.

Dans l'état actuel de nos modèles, nous n'envisageons que ces trois manières d'évaluer la pertinence par rapport à l'utilité et à l'utilisabilité d'une ressource. D'autres sont probablement envisageables. A ce niveau, les modèles issus de la théorie des jeux et de la théorie de la décision pour agréger des *points de vue* nous semblent une piste intéressante pour affiner les calculs de l'utilité, de l'utilisabilité et de la pertinence. Nous espérons pouvoir l'explorer dans notre recherche future.

4.3 Conclusion

Les outils formels proposés dans ce chapitre permettent d'évaluer l'utilité d'une ressource au regard d'un modèle du domaine et des préférences thématiques de l'utilisateur. De même, ils permettent d'évaluer l'utilisabilité au regard du modèle de l'espace d'énonciation et des préférences médiatiques de l'utilisateur.

Une ressource d'information peut être décrite par un certain nombre de thèmes dont elle est plus ou moins représentative. En fonction de la représentativité d'une ressource et des préférences d'un *observateur* sur les thèmes, on peut évaluer l'intérêt d'une ressource pour cet *observateur*. Ce calcul d'intérêt nous permet d'évaluer l'importance d'une ressource au regard du domaine et l'importance d'une ressource au regard des préférences thématiques de l'utilisateur. Le calcul d'utilité correspond alors à l'agrégation de ces deux valeurs d'importance. Le calcul de l'utilité nous permet de classer et de choisir parmi des ressources d'information.

Chaque ressource est associée à une modalité. L'utilisabilité de la ressource est évaluée par rapport à cette modalité associée. On évalue la représentativité énonciative d'une modalité par rapport à une ressource. La représentativité énonciative d'une modalité correspond à la préférence d'un observateur pour qu'une ressource soit énoncée par l'intermédiaire de cette modalité. Cette représentativité nous permet d'aboutir à un calcul de l'intérêt énonciatif d'une modalité. L'intérêt énonciatif nous permet de proposer une évaluation de l'importance énonciative d'une modalité au regard du modèle de l'espace d'énonciation et une évaluation de l'importance énonciative d'une modalité au regard des préférences de l'utilisateur. Le calcul de l'utilisabilité correspond à l'agrégation des deux importances énonciatives précédentes.

Nous définissons la pertinence comme l'agrégation de l'utilité et de l'utilisabilité. La pertinence d'une ressource dépend de l'utilité et de l'utilisabilité que cette dernière peut avoir pour l'utilisateur dans le cadre de sa tâche. Nous proposons trois évaluations possibles de la pertinence, traduisant chacune une manière différente.

Néanmoins, ce modèle ne prend pas encore en compte directement l'*à-propos* de l'énonciation d'une ressource. Nous avons néanmoins construit une modélisation de l'*à-propos* présenté au chapitre suivant. Dans le chapitre 6, nous présentons plus en détail les aspects techniques relatifs au projet AMEBICA.

Troisième partie

Modèles logiques et applications

Chapitre 5

Une modélisation de l'intervention du système

Les plus nobles principes du monde ne valent que par l'action.

Charles de Gaulle

Ce chapitre propose une modélisation de l'à-propos de l'intervention du système sur deux cas concrets. Le premier cas considère un assistant de direction qui doit décider de transmettre ou de ne pas transmettre un appel à son supérieur. Nous proposons une modélisation mathématique basée sur la théorie de l'utilité pour déterminer si l'assistant doit décider d'agir. Le deuxième cas considère un assistant logiciel qui aide un enseignant à gérer les méls de ses élèves. Le contexte de ce deuxième cas est celui de l'enseignement à distance. Le mél est alors un outil privilégié de communication entre les élèves et l'enseignant. Cependant, l'enseignant peut avoir par ailleurs d'autres tâches à réaliser et ne pas vouloir être dérangé tout le temps par les méls des élèves, particulièrement si les questions que ces derniers posent sont des questions fréquemment posées dont les réponses sont listées et accessibles aux élèves. Les deux modélisations proposées sur ces deux scénarii d'utilisation permettent ainsi de présenter une esquisse d'un modèle de l'intervention du système. Nous discuterons du lien avec la modèle formel présenté au chapitre précédent.

Sommaire

5.1	Introduction	125
5.2	Scénario de l'assistant de direction	126
5.2.1	Hypothèse 1	127
5.2.2	Hypothèse 2	127
5.2.3	Hypothèse 3	128
5.2.4	Interprétation des formules	129
5.2.4.1	Premier cas	129
5.2.4.2	Deuxième cas	131
5.3	Scénario de l'enseignant et de l'élève dans l'enseignement à distance	132
5.3.1	Hypothèse 1	133
5.3.2	Hypothèse 2	134

5.4 Conclusion 135

L'objet de ce chapitre est de proposer une modélisation de l'à-propos de l'intervention du système sur deux cas concrets. Le modèle formel que nous avons présenté au chapitre précédent, propose des outils pour évaluer l'utilité et l'utilisabilité d'une ressource d'information. Il permet donc de classer une ressource d'information par rapport à leur contenu informationnel en fonction de certains critères et permet d'évaluer les modalités les plus adéquates. Ce modèle ne détermine pas directement si l'énonciation d'une information sera effectuée avec à-propos. La modélisation que nous introduisons est basée sur la théorie de l'utilité. Nous présentons une modélisation à travers deux scénarii représentant des cas concrets.

Le premier cas considère un assistant de direction qui doit décider de transmettre ou de ne pas transmettre un appel à son supérieur. La modélisation proposée permet de déterminer l'utilité (au sens de la théorie de l'utilité) de l'action de l'assistant en fonction d'un certain nombre de faits qui lui sont manifestes.

Le deuxième cas considère un assistant logiciel qui aide un enseignant à gérer les méls de ses élèves. Le contexte de ce deuxième cas est celui de l'enseignement à distance. Le mél est alors un outil privilégié de communication entre les élèves et l'enseignant. Cependant, l'enseignant peut avoir par ailleurs d'autres tâches à réaliser et ne pas vouloir être dérangé tout le temps par les méls des élèves, particulièrement si les questions que ces derniers posent sont des questions fréquemment posées dont les réponses sont listées et accessibles aux élèves dans une FAQ (Foire Aux Questions).

Les deux modélisations proposées sur ces deux scénarii d'utilisation permettent ainsi de présenter une esquisse d'un modèle de l'intervention du système. Nous discutons du lien avec le modèle formel présenté au chapitre précédent.

5.1 Introduction

Un des aspects de notre travail de recherche est la modélisation de l'à-propos de l'énonciation d'une ressource d'information. Des modélisations basées sur la théorie de l'utilité¹ ont été envisagés dans le cadre du projet MUF1 (Crampes et al., 2002b). Avant de présenter les scénarii et leurs modélisations, nous présentons la version de base de ce calcul d'utilité. Ce modèle est notamment utilisé par l'équipe d'Horvitz du centre de recherche de Microsoft². Ils présentent dans (Horvitz et al., 1986; Horvitz, 1999a) un modèle issu de la théorie de la décision pour déterminer si un système doit effectuer des actions de manière autonome. Ainsi, en fonction des incertitudes à propos des buts de l'utilisateur, ils déterminent quelles sont les actions automatisées qui doivent être prises.

En adoptant le point de vue de la théorie de la décision, la décision d'agir ou de ne pas agir est dirigée par l'utilité attendue de cette action ou de l'inaction correspondante.

Un utilisateur, ayant un but particulier G , est considéré. Le système doit décider d'effectuer ou de ne pas effectuer l'action A . Un ensemble de connaissances sur l'état du système et de l'utilisateur, noté E , est connu. Ils alors possibles de définir quatre utilités U :

- $U(A, G)$: l'utilité de réaliser l'action A quand G est vrai (c'est-à-dire que l'utilisateur a bien le but G).
- $U(A, \neg G)$: l'utilité de réaliser l'action A quand G est faux (c'est-à-dire que l'utilisateur n'a pas le but G).
- $U(\neg A, G)$: l'utilité de ne pas réaliser l'action A quand G est vrai.

¹Au sens de la théorie des jeux ici et non directement au sens que nous lui avons donné dans les deux chapitres précédents, même si un rapprochement peut être fait.

²Les travaux de cette équipe ont été présentés de manière générale à la section 2.3.2 du chapitre 2.

- $U(\neg A, \neg G)$: l'utilité de ne pas réaliser l'action A quand G est faux.

Dans ce contexte, le choix d'une alternative se ramène à la maximisation de l'espérance mathématique des utilités des résultats des actions entreprises par le système. L'espérance mathématique de gain est la somme de chacun des gains possibles pondérés par sa probabilité (Kahneman & Tversky, 1999).

Les espérances de l'utilité $EU(A|E)$ et $EU(\neg A|E)$ évaluent respectivement l'espérance de l'utilité de réaliser l'action A connaissant l'ensemble d'information E et l'espérance de l'utilité de ne pas réaliser l'action A connaissant E . Ces calculs utilisent ici des probabilités conditionnelles. Les deux espérances de l'utilité se calculent avec les formules suivantes :

- $EU(A|E) = P(G|E).U(A, G) + [1 - P(G|E)].U(A, \neg G)$
- $EU(\neg A|E) = P(G|E).U(\neg A, G) + [1 - P(G|E)].U(\neg A, \neg G)$

$P(G|E)$ est une probabilité conditionnelle qui représente la probabilité que le but de l'utilisateur G soit vrai sachant E . De plus, les formules de probabilité nous donnent que $P(G|E) + P(\neg G|E) = 1$.

La décision d'agir ou de ne pas agir se ramène à la comparaison de des deux espérances d'utilité. Nous avons appliqué ces idées sur les deux scénarii présentés aux sections suivantes.

5.2 Scénario de l'assistant de direction

Nous considérons un assistant de direction qui est noté **AD** dans la suite. Cet assistant a un problème à résoudre : comment peut-il savoir s'il faut passer ou non un appel téléphonique à son supérieur (le supérieur est noté **SU** dans la suite) ?

L'appel téléphonique est passé s'il est jugé important. L'importance de l'appel dépend de différents paramètres dont au moins :

- **La nature de l'appel.** Selon que l'appel est un appel personnel ou un appel professionnel, le supérieur n'y accorde pas nécessairement la même importance.
- **L'importance de l'appel pour la personne appelante.** La personne qui effectue l'appel peut accorder plus ou moins d'importance à la valeur de son appel, et selon son insistance peut influencer la décision de l'assistant.
- **L'importance de l'appel pour l'assistant.** L'assistant peut juger que l'appel est important par exemple parce que son supérieur lui a dit qu'il attendait cet appel ou que l'assistant sait précisément que cet appel correspond à la tâche qu'est en train d'effectuer le supérieur. Dans ce cas-là, le problème ne se pose plus réellement.
- **Le degré d'urgence de l'appel.** L'appel peut avoir un certain degré d'urgence. Par exemple, la personne appelante doit transmettre un message et ne peut être rappelé. Ou au contraire même si son message est important, elle peut le délivrer plus tard.
- **La tâche dans laquelle est engagée le supérieur.** Selon ce qu'est en train de faire le supérieur, il est possible de lui transmettre le message ou non. Ainsi, le supérieur peut être en train d'assister à une réunion importante, il peut être en train de travailler sur un dossier urgent et a donné des ordres pour ne pas être dérangé. Ou au contraire, il est en réunion informelle ou il est en train de faire sa pause. Si l'assistant possède ces informations, cela influencera de manière importante sa décision de transmettre ou de ne pas transmettre l'appel.

Ainsi en fonction de ce qu'il sait (ou croit savoir) sur la situation (cela se ramène à des croyances qui sont plus ou moins probables), sur d'éventuelles instructions du supérieur (qui a demandé qu'on lui passe systématiquement telle ou telle personne par exemple) et sur la tâche dans laquelle est engagé le supérieur, l'assistant doit choisir correctement entre passer et ne pas

passer l'appel.

La modélisation que nous proposons se base sur un certain nombre d'hypothèses que nous présentons dans les sous-sections suivantes.

5.2.1 Hypothèse 1

On suppose que le supérieur ne peut être que dans deux activités différentes. De plus, ces deux activités sont mutuellement exclusives. Ainsi, si le supérieur est engagé dans l'activité A_1 , cela n'apporte rien à l'activité A_2 . De plus, s'il n'est pas engagé dans A_1 c'est qu'il est engagé dans A_2 , et vice versa. Par abus de langage, nous écrivons que $A_1 = \neg A_2$.

La probabilité que le supérieur **SU** soit engagé dans A_1 connaissant l'ensemble d'indices et indications E est notée $P_1 = P(A_1|E)$. De même, on note $P_2 = P(A_2|E)$, la probabilité que le supérieur **SU** soit engagé dans A_2 connaissant les indices et indications E . D'après notre hypothèse et les formules des probabilités, nous avons $P_1 + P_2 = 1$.

Si nous adoptons un point de vue bayésien, les deux probabilités P_1 et P_2 représentent la croyance que l'assistant **AD** a sur le fait que le supérieur **SU** est engagé dans l'activité A_1 ou l'activité A_2 , sachant les indications E .

L'assistant **AD** reçoit un message M . Il doit décider s'il doit ou non transmettre ce message. Cela revient pour lui à calculer et à comparer l'espérance de l'utilité de transmettre le message et l'espérance de l'utilité de ne pas transmettre le message ayant les indications E . Nous avons quatre valeurs d'utilité U :

1. $U(M, A_1)$: l'utilité de transmettre M quand A_1 est *vrai*, c'est-à-dire que le supérieur **SU** est engagé dans l'activité A_1 .
2. $U(M, \neg A_1) = U(M, A_2)$: l'utilité de transmettre M quand A_1 est *faux*, c'est-à-dire que le supérieur **SU** est engagé dans A_2 .
3. $U(\neg M, A_1)$: l'utilité de ne pas transmettre M quand A_1 est *vrai*.
4. $U(\neg M, \neg A_1)$: utilité de ne pas transmettre M quand A_2 est *vrai*.

Les espérances de l'utilité $EU(M|E)$ et $EU(\neg M|E)$ traduisent respectivement l'espérance de l'utilité de transmettre le message M connaissant E et l'espérance de l'utilité de ne pas transmettre le message M connaissant E . Elles se calculent avec les formules suivantes :

- $EU(M|E) = P(A_1|E).U(M, A_1) + [1 - P(A_1|E)].U(M, \neg A_1)$
- $EU(\neg M|E) = P(A_1|E).U(\neg M, A_1) + [1 - P(A_1|E)].U(\neg M, \neg A_1)$

5.2.2 Hypothèse 2

Un message a une certaine *qualité* représentant la valeur de son contenu. Cela correspond à l'aspect *qualité* d'une ressource d'information. On considère ici principalement l'importance du message, que l'on note I_M .

Chaque message a un coût d'appropriation C_a représentant la durée que va prendre le supérieur **SU** pour prendre connaissance du message et revenir à son activité initiale. Ce coût d'appropriation équivaut à la distance d'évaluation dans la théorie de l'action de Norman que nous avons présentée dans le chapitre 2.

Un message M a un degré d'adéquation par rapport à l'activité A du supérieur **SU**. Ce degré d'adéquation est noté $De_{g_{adeq}}(M, A)$ équivaut à ce que nous avons défini comme l'*intérêt* d'une ressource d'information au chapitre précédent. Dans le contexte de ce scénario, le degré

d'adéquation correspond à l'intérêt du message du point de vue de l'assistant **AD**. Dans un premier temps, nous avons simplement considéré que $Deg_{adeq}(M, A)$ ne pouvait prendre qu'une valeur booléenne, c'est-à-dire qu'il correspond totalement à l'activité ou pas du tout. En utilisant, les outils formels présentés au chapitre précédent, nous pouvons affiner le calcul de cette notion de degré d'adéquation. Il deviendrait ainsi, le résultat d'un calcul d'intérêt du message d'après l'assistant de direction considéré comme un *observateur* extérieur. Il faudrait alors que le message puisse être exprimé par rapport à un certain nombre de thèmes. Le point de vue de l'assistant sur ces thèmes correspondrait alors aux thèmes qu'il jugerait important pour son supérieur. De plus, l'assistant devrait évaluer la représentativité d'un message par rapport à ces thèmes. Il est alors possible pour l'assistant d'évaluer l'intérêt d'un message.

$Deg_{adeq}(M, A)$ mesure l'adéquation du message M avec l'activité dans laquelle est engagé le supérieur **SU** au moment où il reçoit (ou ne reçoit pas) le message M . Il est également possible de considérer en plus de cette valeur, le degré d'adéquation de M pour le supérieur **SU**, $Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})$. En effet, un message peut n'avoir aucun intérêt avec l'activité que le supérieur **SU** est en train de réaliser mais être cependant important pour **SU**, par exemple un message personnel concernant la famille du supérieur **SU**).

5.2.3 Hypothèse 3

Chaque activité a une importance notée I_A . Les différentes utilités d'un message par rapport à une activité sont évaluées au regard des trois hypothèses.

Une première manière d'effectuer les calculs est de considérer que la fonction d'utilité revient à comparer l'importance de l'activité à l'importance du message. Ainsi, nous obtenons les calculs suivants :

- Si **SU** est engagé dans A_1 et que M est en relation avec A_1
 - L'utilité de transmettre M vaut l'importance de l'activité A_1 plus l'importance du message moins le coût d'appropriation du message. $U(M, A_1) = I_A + I_M - C_a$.
 - L'utilité de ne pas transmettre M vaut l'importance de l'activité A_1 moins la perte de l'importance du message. $U(-M, A_1) = I_A - I_M$
- Si **SU** est engagé dans A_1 et que M n'est pas en relation avec A_1
 - L'utilité de transmettre M vaut l'importance de l'activité A_1 moins le coût d'appropriation du message. L'importance de M est considéré comme n'ayant pas de valeur par rapport à A_1 : $U(M, A_1) = I_A - C_a$.
 - L'utilité de ne pas transmettre M vaut l'importance de l'activité A_1 . $U(-M, A_1) = I_A$

Les raisonnements seraient identiques pour l'activité A_2 . Si on introduit la fonction $Deg_{adeq}(M, A)$ qui vaut 1 si le message M est en relation avec l'activité et 0 sinon, les fonctions d'utilités peuvent se réécrire de la manière suivante :

- $U(M, A) = I_A + Deg_{adeq}(M, A) * I_M - C_a$
- $U(-M, A) = I_A - Deg_{adeq}(M, A) * I_M$

Si nous évaluons $Deg_{adeq}(M, A)$ en s'appuyant sur les outils formels présentés au chapitre précédent, il faudrait juste s'assurer que les calculs se font sur des *vecteurs* normalisés pour que la valeur calculée de $Deg_{adeq}(M, A)$ soit dans l'intervalle réel $[0, 1]$.

Nous pouvons établir un lien avec le modèle conceptuel et le modèle formel établit dans les deux chapitres précédents. En effet, comme nous l'avons déjà souligné précédemment, à l'aspect *qualité* d'une ressource correspond l'importance du message I_M . Le degré d'adéquation $Deg_{adeq}(M, A)$ peut être évalué par l'intermédiaire d'un calcul d'intérêt du message.

Dans cette première manière d'aborder le calcul de l'utilité, nous ne tenons compte que de l'importance du message par rapport à l'activité. D'une part, il est envisageable, comme

nous l'avons précédemment souligné, de considérer un degré d'adéquation reposant sur un calcul d'intérêt du message et prenant ces valeurs dans l'intervalle réel $[0, 1]$. D'autre part, il est possible de tenir compte d'un degré d'adéquation du message par rapport au supérieur **SU** et non plus seulement par rapport à l'activité dans laquelle **SU** est engagé.

Nous présentons ci-après une réécriture des formules de l'utilité en tenant compte de ces différents points :

- Première réécriture possible avec $Deg_{adeq}(M, A)$ et $Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})$ des fonctions booléennes renvoyant les valeurs 0 ou 1. Le + entre les 2 fonctions s'interprétant alors comme un + sur les booléens, c'est-à-dire un *ou logique*.
 - $U(M, A) = I_A + (Deg_{adeq}(M, A) + Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})) * I_M - C_a$
 - $U(\neg M, A) = I_A - (Deg_{adeq}(M, A) + Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})) * I_M$
- Deuxième réécriture possible avec $Deg_{adeq}(M, A)$ et $Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})$ des fonctions à valeurs dans l'intervalle fermé $[0, 1]$ et $Max(A, B)$ la fonction renvoyant la valeur maximum entre deux valeurs.
 - $U(M, A) = I_A + Max(Deg_{adeq}(M, A), Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})) * I_M - C_a$
 - $U(\neg M, A) = I_A - Max(Deg_{adeq}(M, A), Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})) * I_M$

On note $A_{deq}(M, A, \mathbf{SU})$ la fonction :

- soit $A_{deq}(M, A, \mathbf{SU}) = Deg_{adeq}(M, A) + Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})$
- soit $A_{deq}(M, A, \mathbf{SU}) = Max(Deg_{adeq}(M, A), Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU}))$.

Dans notre cas particulier si on considère l'hypothèse 1 (c'est-à-dire que le supérieur ne peut être engagé que dans deux activités mutuellement exclusives), on a de plus :

- $U(M, A_1) = I_{A_1} + A_{deq}(M, A_1, \mathbf{SU}) * I_M - C_a$
- $U(\neg M, A_1) = I_{A_1} - A_{deq}(M, A_1, \mathbf{SU}) * I_M$
- $U(M, \neg A_1) = U(M, A_2) = I_{A_2} + A_{deq}(M, A_2, \mathbf{SU}) * I_M - C_a$
- $U(\neg M, \neg A_1) = U(\neg M, A_2) = I_{A_2} - A_{deq}(M, A_2, \mathbf{SU}) * I_M$

Nous avons $P_1 = P(A_1|E)$

- $EU(M|E) = P_1.U(M, A_1) + [1 - P_1].U(M, \neg A_1) = P_1.U(M, A_1) + [1 - P_1].U(M, A_2)$
- $EU(\neg M|E) = P_1.U(\neg M, A_1) + [1 - P_1].U(\neg M, \neg A_1) = P_1.U(\neg M, A_1) + [1 - P_1].U(\neg M, A_2)$

Considérons les valeurs de $EU(M|E)$ et $EU(\neg M|E)$ pour $P_1 = 0$ et $P_1 = 1$

- Pour $P_1 = 0$
 - $EU(M|E) = U(M, A_2) = I_{A_2} + A_{deq}(M, A_2, \mathbf{SU}) * I_M - C_a$
 - $EU(\neg M|E) = U(\neg M, A_2) = I_{A_2} - A_{deq}(M, A_2, \mathbf{SU}) * I_M$
- Pour $P_1 = 1$
 - $EU(M|E) = U(M, A_1) = I_{A_1} + A_{deq}(M, A_1, \mathbf{SU}) * I_M - C_a$
 - $EU(\neg M|E) = U(\neg M, A_1) = I_{A_1} - A_{deq}(M, A_1, \mathbf{SU}) * I_M$

5.2.4 Interprétation des formules

5.2.4.1 Premier cas

On considère dans le premier cas que le message M est en rapport avec l'activité A_1 (et ne l'est donc pas avec A_2) du supérieur **SU** et que M n'a pas de valeur personnelle pour **SU**. On considère de plus que $A_{deq}(M, A, \mathbf{SU}) = Deg_{adeq}(M, A) + Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})$ avec les fonctions Deg_{adeq} prenant des valeurs booléennes³. Nous avons donc : $A_{deq}(M, A_1, \mathbf{SU}) = 1 + 0 = 1$ et $A_{deq}(M, A_2, \mathbf{SU}) = 0 + 0 = 0$. On pose aussi que $I_{A_1} > I_{A_2}$ (A_1 et A_2 ayant des rôles symétriques, ce n'est pas très important ici). On a donc :

- Pour $P_1 = 0$
 - $EU(M|E) = U(M, A_2) = I_{A_2} - C_a$

³Nous préférons ici effectuer le raisonnement avec des valeurs booléennes, cela le simplifie grandement sans qu'il perde pour autant de sa généralité.

- $EU(\neg M|E) = U(\neg M, A_2) = I_{A_2}$
- Pour $P_1 = 1$
- $EU(M|E) = U(M, A_1) = I_{A_1} + I_M - C_a$
- $EU(\neg M|E) = U(\neg M, A_1) = I_{A_1} - I_M$

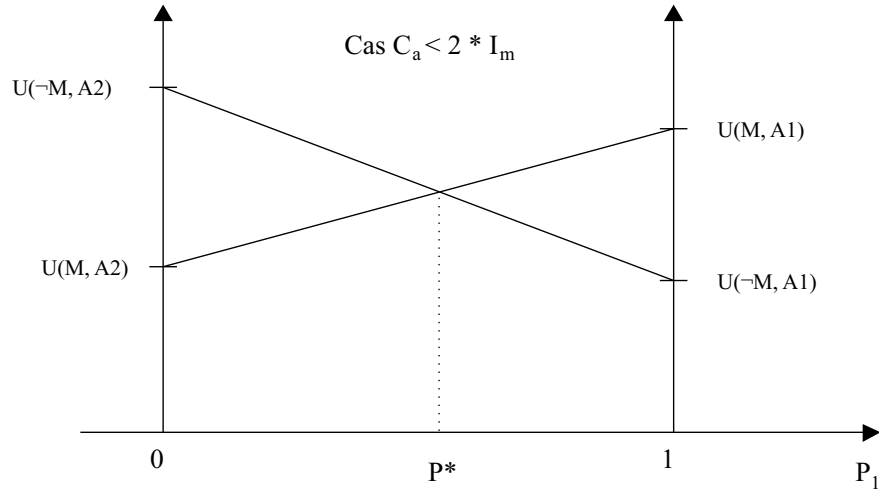


FIG. 5.1 – Tracé des espérances des utilités de transmettre et de ne pas transmettre le message M qui est en rapport avec l'activité A_1 si le coût est strictement inférieur à 2 fois l'importance du message.

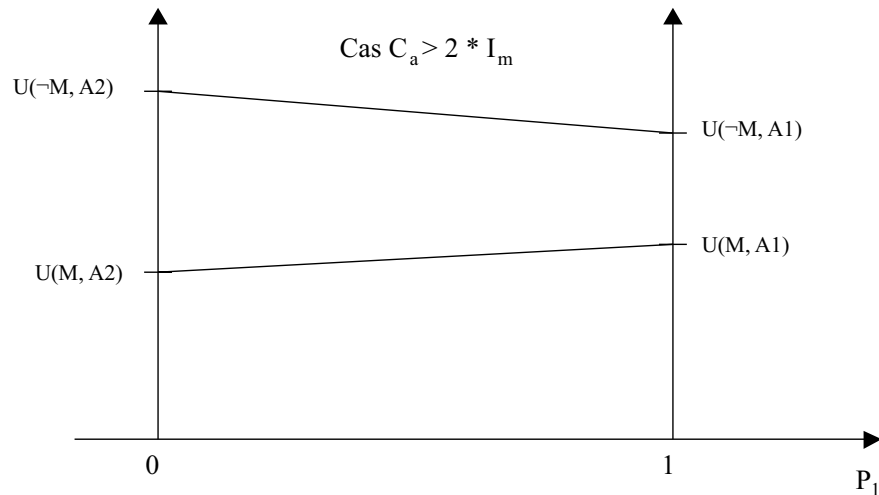


FIG. 5.2 – Tracé des espérances des utilités de transmettre et de ne pas transmettre le message M qui est en rapport avec l'activité A_1 si le coût d'appropriation est deux fois supérieur à l'importance du message.

C_a est un nombre strictement positif on a donc : $U(M, A_2) < U(\neg M, A_2)$ si M est en relation avec A_1 . Le signe de $[U(M, A_1) - U(\neg M, A_1)]$ est un peu plus délicat à déterminer. $U(M, A_1) - U(\neg M, A_1) = 2I_M - C_a$. Si le coût d'appropriation du message C_a est supérieur à 2 fois l'importance du message ($C_a > 2I_M$) alors $U(M, A_1) < U(\neg M, A_1)$. Dans le cas contraire, $U(M, A_1) > U(\neg M, A_1)$.

Sachant que l'espérance de l'utilité est une fonction affine de la probabilité P_1 on aura les tracés visibles sur les figures 5.1 et 5.2. P^* est la probabilité pour lesquels l'espérance de l'utilité de transmettre est égale à l'espérance de l'utilité de ne pas transmettre. Dans le deuxième sous-

cas du premier cas, une telle valeur n'existe pas : le coût d'appropriation du message est tellement supérieur à l'importance du message qu'il est toujours plus rationnel de ne jamais transmettre.

On remarque que $U(M, A_1)$ et $U(M, A_2)$ sont des fonctions décroissantes de C_a alors que $U(\neg M, A_2)$ et $U(\neg M, A_1)$ sont totalement indépendants de ce paramètre. Le coût d'appropriation correspond à la distance d'évaluation dans la théorie de l'action. Il est possible d'en faire une analyse plus fine en partant de la décomposition de la distance d'évaluation en distance sémantique, distance articulatoire et distance opératoire. Ce coût d'appropriation dépend de facteurs comme la surcharge cognitive du supérieur, sa fatigue, la modalité choisie pour présenter le message, etc.

5.2.4.2 Deuxième cas

On considère toujours que le message M est en rapport avec A_1 (et ne l'est donc pas avec A_2). Cependant, maintenant le message M a une valeur pour \mathbf{SU} .

On considère, de plus, que $A_{deq}(M, A, \mathbf{SU}) = Deg_{adeq}(M, A) + Deg_{adeq}(M, \mathbf{SU})$ avec les fonctions Deg_{adeq} prenant des valeurs booléennes. Nous avons donc : $A_{deq}(M, A_1, \mathbf{SU}) = 1 + 1 = 1$ et $A_{deq}(M, A_2, \mathbf{SU}) = 0 + 1 = 1$. On pose également que $I_{A_1} > I_{A_2}$ (A_1 et A_2 ont des rôles symétriques). On a donc :

- Pour $P_1 = 0$
 - $EU(M|E) = U(M, A_2) = I_{A_2} + I_M - C_a$
 - $EU(\neg M|E) = U(\neg M, A_2) = I_{A_2} - I_M$
- Pour $P_1 = 1$
 - $EU(M|E) = U(M, A_1) = I_{A_1} + I_M - C_a$
 - $EU(\neg M|E) = U(\neg M, A_1) = I_{A_1} - I_M$

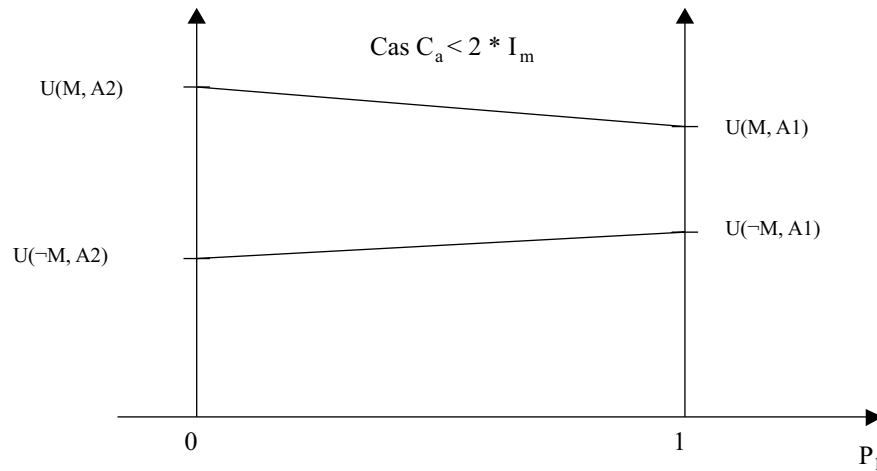


FIG. 5.3 – Tracé des espérances des utilités dans le deuxième cas avec $C_a < 2 * I_M$.

On a contrairement au premier cas le même raisonnement pour trouver le signe de $[U(M, A_2) - U(\neg M, A_2)]$ et celui de $[U(M, A_1) - U(\neg M, A_1)]$.

Comme dans le cas de la sous-section précédente, on a $U(M, A_1) - U(\neg M, A_1) = 2I_M - C_a$. Cependant, on a cette fois-ci également $U(M, A_2) - U(\neg M, A_2) = 2I_M - C_a$.

Si le coût d'appropriation du message C_a est supérieur à 2 fois l'importance du message ($C_a > 2I_M$) alors $U(M, A_1) < U(\neg M, A_1)$ et $U(M, A_2) < U(\neg M, A_2)$. Dans le cas contraire, $U(M, A_1) > U(\neg M, A_1)$ et $U(M, A_2) > U(\neg M, A_2)$.

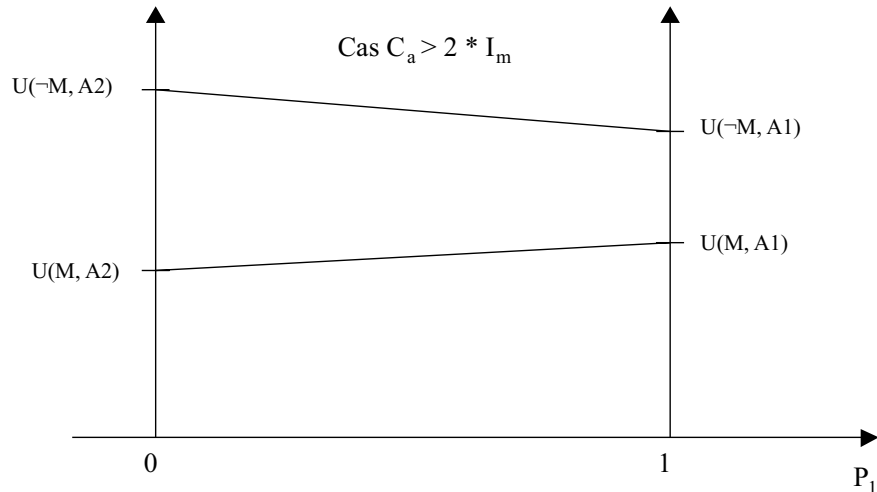


FIG. 5.4 – Tracé des espérances des utilités pour $C_a > 2 * I_M$.

Les tracés sont visibles sur les figures 5.3 et 5.4. P^* n'existe pour aucun des 2 graphes. On interprète le cas de la figure 5.3 en disant qu'il est plus utile de toujours transmettre tant que le C_a reste en dessous d'une certaine valeur vu que le message a toujours une importance (soit pour l'activité soit pour **SU**). A l'inverse dans le cas de la figure 5.4 le coût d'appropriation est tel qu'il est toujours plus utile de ne pas transmettre le message.

5.3 Scénario de l'enseignant et de l'élève dans l'enseignement à distance

Basé sur le modèle de l'assistant de direction présenté à la section précédente, nous introduisons un nouveau scénario. Cette modélisation a été conçue pour être utilisée dans le cadre d'un système d'enseignement à distance. Dans ce type de système le suivi tutoriel est essentiel. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du projet d'enseignement à distance *IFG6* des Ecoles des Mines.

Ce scénario s'appuie sur un modèle de l'élève et un modèle du tuteur. Nous considérons par exemple une structure scolaire qui propose un intranet à ses étudiants. Sur cet intranet, les étudiants peuvent trouver tout ce qui concerne les enseignements qui leur sont dispensés : les plannings de cours, des cours en ligne, des **FAQ** (**F**oires **A**ux **Q**uestions / **F**requently **A**s ked **Q**uestions) et surtout un ensemble d'adresses mél d'enseignants auxquels les élèves peuvent s'adresser pour poser des questions sur les cours.

Les enseignants ne sont pas la plupart du temps enseignant à temps plein, c'est-à-dire qu'ils ont d'autres activités à mener dans le cadre de leur travail (recherche, développement, administration, etc.).

L'idée à la base de ce cas d'étude est de construire un logiciel qui filtre intelligemment les méls pour éviter que les enseignants ne soient saturés de questions, mais en s'assurant que les élèves ne soient pas de leur côté bloqués dans l'attente d'une réponse.

En effet, d'un côté le dérangement d'un enseignant a un coût (pour l'enseignant mais aussi pour la structure qui l'embauche). D'un autre côté, d'une part l'enseignant a pour rôle d'aider les élèves et d'autre part, les élèves peuvent avoir un besoin important et urgent d'aide. Sans cette aide un élève peut se retrouver bloqué et éventuellement cela peut l'amener à ne plus faire

d'efforts dans cette matière (et cela aussi à un coût).

On considère que pour envoyer des messages aux enseignants, les élèves sont obligés d'utiliser un logiciel spécialisé qui oblige à rentrer un certain nombre d'informations particulières. Ces informations et le formatage particulier du mél permettent au logiciel d'évaluer si la question coïncide ou non avec les questions déjà répertoriées dans la FAQ et dans ce cas pouvoir y renvoyer l'élève sans déranger l'enseignant⁴. Ces méls peuvent être considérés comme des ressources d'information exprimables en fonction d'un certain nombre de thèmes.

Il s'agit pour le système de déterminer si un mél doit être transmis directement ou non pour éviter des dérangements inutiles d'un enseignant sans que l'élève soit pour autant frustré par une absence de réponse. Nous considérons un **Agent Tuteur (AgTu)** dont le rôle rejoint celui de l'assistant dans le scénario précédent.

Cet agent tuteur évalue le degré de coïncidence du mél *normalisé* avec les réponses en FAQ, cette valeur est notée $Coïnci_{FAQ}$. Une valeur d'importance est attribuée au mél en tenant compte de son degré de coïncidence avec la FAQ, $Coïnci_{FAQ}$, avec l'urgence et l'importance que lui donne l'élève.

Pour évaluer le degré de coïncidence entre un mél d'un élève et les ressources d'information disponibles en FAQ, on peut utiliser les outils formels présentés au chapitre précédents. Ils vont nous permettre de comparer le mél et les ressources d'information de la FAQ par rapport à leur expression en terme de thème.

On considère que l'enseignant peut être engagé dans deux grandes classes d'activités, celles liées à l'enseignement et celles qui n'y sont pas liées. Pour simplifier nous considérerons que l'enseignant ne peut-être engagé que dans deux activités. L'agent tuteur **AgTu** doit prendre la décision de transmettre le mél à l'enseignant ou de renvoyer l'élève vers la FAQ en tenant compte de l'activité de l'enseignant, de la satisfaction de l'élève et de l'importance du message. Nous posons deux hypothèses que nous exposons dans les deux sous sections suivantes.

5.3.1 Hypothèse 1

Nous posons que l'enseignant (que l'on note dans la suite E_{ns}) ne peut être que dans deux activités différentes qui sont notés respectivement A_1 et A_2 . Ces deux activités sont mutuellement exclusives, c'est-à-dire que si E_{ns} n'est pas engagé dans A_1 , alors il est engagé dans A_2 . Par abus de langage, on écrira que $A_1 = \neg A_2$.

On pose que A_1 est liée à l'enseignement et que A_2 ne l'est pas. On note $M_{élève}$ le message de l'élève. On note $P_1 = P(A_1|E)$, la probabilité que l'enseignant E_{ns} soit engagé dans A_1 connaissant l'ensemble d'indices et d'indications E .

De même on note $P_2 = P(A_2|E)$, la probabilité que l'enseignant E_{ns} soit engagé dans A_2 connaissant l'ensemble d'indices et indications E . D'après l'hypothèse 1, on a $P_1 + P_2 = 1$.

D'un point de vue bayésien, ces deux probabilités représentent la croyance que l'agent tuteur **AgTu** a sur le fait que l'enseignant E_{ns} soit engagé dans A_1 ou A_2 ayant l'ensemble d'informations, indices et indications E .

L'**AgTu** reçoit le message $M_{élève}$. Il doit décider si ce message doit être transmis ou non à E_{ns} . A cette fin, sont calculées et comparées l'espérance de l'utilité de transmettre le message

⁴Il existe de nombreuses techniques pour analyser un texte et déterminer les thèmes dont il parle. Il existe ainsi des méthodes statistiques plus ou moins efficaces. Notre travail de recherche ne porte pas sur ce point, nous considérons dans le cadre de ce chapitre, que l'analyse est effectuée et permet d'évaluer le contenu des méls avec une certaine marge d'erreur.

$M_{élève}$ et l'espérance de l'utilité de renvoyer l'élève à la *FAQ*, connaissant l'ensemble d'indications E .

On définit quatre utilités U :

1. $U(M_{élève}, A_1)$: l'utilité de transmettre $M_{élève}$ quand A_1 est *vrai*, c'est-à-dire que l'enseignant E_{ns} est engagé dans l'activité A_1 qui est liée à l'enseignement.
2. $U(M_{élève}, \neg A_1) = U(M, A_2)$: l'utilité de transmettre $M_{élève}$ quand A_1 est *faux*, c'est-à-dire que l'enseignant est engagé dans A_2 , qui n'est pas liée à l'enseignement.
3. $U(\neg M_{élève}, A_1)$: l'utilité de renvoyer l'élève à la *FAQ* quand A_1 est *vrai*.
4. $U(\neg M_{élève}, \neg A_1)$: l'utilité de renvoyer l'élève à la *FAQ* quand A_2 est *vrai*.

En s'appuyant sur les calculs proposés pour le premier scénario, les espérances de l'utilité $EU(M_{élève}|E)$ et $EU(\neg M_{élève}|E)$ se calculent avec les formules suivantes :

- $EU(M_{élève}|E) = P(A_1|E).U(M_{élève}, A_1) + [1 - P(A_1|E)].U(M_{élève}, A_1)$
- $EU(\neg M_{élève}|E) = P(A_1|E).U(\neg M_{élève}, A_1) + [1 - P(A_1|E)].U(\neg M_{élève}, A_1)$

5.3.2 Hypothèse 2

Cette deuxième hypothèse est introduite pour tenir compte de la satisfaction de l'élève. L'élève est plus ou moins satisfait selon que la réponse provient de l'enseignant ou de sa consultation de la *FAQ*.

On considère ici que la satisfaction de l'élève quand c'est l'enseignant qui lui répond, est une fonction de l'activité du l'enseignant. La satisfaction de l'élève dépend de la qualité de la réponse de l'enseignant E_{ns} et de la vitesse à laquelle cette réponse lui est donnée.

Nous considérons ici pour simplifier que l'enseignant E_{ns} répond toujours *parfaitement*. La satisfaction de l'élève n'est donc dans ce cas qu'une fonction du temps de réponse. Ce temps de réponse dépend de l'activité dans laquelle est engagée E_{ns} . On note $Sat_{élève}(E_{ns}, A)$ la valeur de la satisfaction d'un élève qui obtient une réponse de l'enseignant E_{ns} qui est engagé dans l'activité A . Cette fonction est décroissante par rapport au temps de réponse.

La satisfaction d'un élève, renvoyé à la *FAQ*, dépend de la qualité de la réponse qu'il y trouve par rapport à sa question. Elle dépend donc du degré de coïncidence (que l'on note $DegCoïncidence$) entre la ressource d'information consultée dans la *FAQ* et sa question. On note la satisfaction dans ce cas $Sat_{élève}(FAQ, DegCoïncidence)$. Cette fonction est croissante par rapport à $DegCoïncidence$.

On introduit également un degré d'inadéquation d'un message $M_{élève}$ par rapport à l'activité A dans laquelle est engagée E_{ns} . On le note $DegInadeq(M_{élève}, A)$. Nous considérons ici que $DegInadeq(M_{élève}, A)$ ne peut prendre que des valeurs booléennes.

Enfin, l'activité A_2 a une importance notée I_{A_2} . Le coût d'appropriation du message correspond à l'évaluation du message et la formulation de la réponse est noté C_a . Ce coût d'appropriation traduit donc le coût du dérangement pour l'enseignant.

Les différentes utilités d'un message par rapport à une activité sont évaluées en fonction de ces deux hypothèses. On considère ici que la fonction d'utilité revient à comparer le coût de dérangement de E_{ns} par rapport à la satisfaction de l'élève.

- Si E_{ns} est engagé dans A_1
 - L'utilité de transmettre $M_{élève}$ vaut la satisfaction de l'élève moins le coût d'appropriation du message : $U(M, A_1) = Sat_{élève}(E_{ns}, A_1) - C_a$.

- L'utilité de renvoyer l'élève en FAQ vaut la satisfaction de l'élève : $U(\neg M, A_1) = Sat_{élève}(FAQ, DegCoincidence)$
- Si E_{ns} est engagé dans A_2
 - L'utilité de transmettre $M_{élève}$ vaut la satisfaction de l'élève moins le coût d'appropriation du message et moins l'importance de l'activité A_2 (l'activité est interrompue) : $U(M_{élève}, A_2) = Sat_{élève}(E_{ns}, A) - C_a - I_{A_2}$.
 - L'utilité de renvoyer l'élève en FAQ vaut la satisfaction de l'élève plus l'importance de l'activité A_2 (elle n'a pas été interrompue) : $U(\neg M, A_2) = Sat_{élève}(FAQ, DegCoincidence) + I_{A_2}$.

Si on introduit la fonction $Deg_{inadeq}(M_{élève}, A)$ qui vaut 1 si $M_{élève}$ n'est pas en relation avec l'activité et 0 sinon, les fonctions d'utilités peuvent se réécrire de la manière suivante :

- $U(M, A) = Sat_{élève}(E_{ns}, A_1) - C_a - Deg_{inadeq}(M_{élève}, A) * I_A$.
- $U(\neg M, A) = Sat_{élève}(FAQ, DegCoincidence) + Deg_{inadeq}(M_{élève}, A) * I_A$.

Dans le cadre de notre thèse nous n'avons pas eu le temps d'approfondir plus ce dernier modèle et d'en proposer une implémentation dans le cadre d'une application. Néanmoins, cette modélisation, en relation avec le modèle formel présenté au chapitre précédent, nous semble fournir des outils exploitables et implantables dans des systèmes réels, qui pourraient aider à filtrer les méls à gérer les outils de messagerie instantanée. Ces outils de messagerie instantanée sont de plus en plus utilisés mais peuvent occasionner une gêne importante dans le travail de leurs utilisateurs, de part leur effet interruptif.

Les liens entre les modélisations présentées dans ce chapitre et le modèle du chapitre précédent existent comme nous l'avons vu. Néanmoins, ces liens demanderaient à être encore approfondis et si possible unifiés dans un modèle formel plus complet.

5.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté des modélisations de l'à-propos pour deux scénarii. Dans le premier scénario nous avons considéré un assistant de direction qui doit choisir entre passer un appel téléphonique à son supérieur et risquer de le déranger et s'abstenir de transmettre un appel en prenant ainsi le risque de ne pas transmettre un message que son supérieur eût jugé intéressant ou important. Dans le deuxième scénario, nous avons considéré un agent logiciel qui aide un enseignant à gérer les méls de ses étudiants dans le cadre d'un système d'enseignement à distance. Cet agent prend l'initiative de renvoyer les élèves à une FAQ ou de transmettre leur message à l'enseignant, en considérant l'activité de l'enseignant, les besoins et la satisfaction des élèves, et le contenu de leur message.

Ces modélisations nous permettent d'esquisser un modèle de l'intervention d'un système artificiel cherchant à évaluer l'aide qu'il peut proposer à un utilisateur engagé dans une activité sans pour autant être inutilement intrusif. Nous avons établi des liens avec le modèle formel du chapitre précédent.

Un message peut être considéré comme une ressource d'information, exprimable en fonction de thème. Nous pouvons en déduire, l'intérêt du message en fonction de différents observateurs (l'assistant de direction, le supérieur, l'élève, l'enseignant, etc.). Nous pouvons dans le deuxième cas nous servir des outils du modèle formel pour évaluer la similitude entre une question d'un élève et les ressources d'information de la FAQ.

L'approfondissement du lien entre le modèle formel du chapitre précédent et de ces modélisations de l'à-propos sera un des axes de notre recherche future.

Au chapitre suivant, nous présentons une partie des aspects techniques de notre travail sur

le projet AMEBICA.

Chapitre 6

AMEBICA : architecture à base d'agents et implémentation

Le programmeur comme le poète, manie des abstractions voisines de la pensée pure. Il construit des cathédrales dans les airs, à partir de l'air lui-même, par le pouvoir de son imagination.

F.P. Brooks Jr

Ce chapitre présente l'architecture implémentée au cours du projet AMEBICA. Cette architecture relève d'une approche multi-agent. Avant de détailler l'architecture d'AMEBICA en elle-même, nous présentons quelques travaux représentatifs de l'utilisation d'approche agent dans le cadre de l'interaction homme-machine. Notre participation au projet AMEBICA portait sur un agent particulier, le Presentation Agent. Cet agent devait principalement s'occuper de déterminer les zones de l'écran occupées par des ressources d'information et celles restées libres. A cette fin, nous avons développé un algorithme permettant de calculer les espaces libres sur l'écran. Nous analysons l'architecture proposée dans ce projet au regard des modèles présentés dans les chapitres précédents. Nous proposons enfin des modifications possibles de l'architecture pour tenir compte de nos modèles plus récents.

Sommaire

6.1	Présentation adaptée et adaptation de la présentation	139
6.1.1	Présentation adaptée et technique de visualisation	139
6.1.2	Démarche orientée agent en interaction homme-machine	141
6.2	L'architecture à agents d'AMEBICA	142
6.2.1	Les principes d'AMEBICA	142
6.2.2	Présentation générale de l'architecture	143
6.2.3	Détail de l'architecture	145
6.2.3.1	L'Abstract Rendering Interface (ARI)	145
6.2.3.2	Le Process Model Agent (PMAg)	145
6.2.3.3	L'Operator Agent (OpAg)	146
6.2.3.4	Human Factor Database (HFD)	146
6.2.3.5	Le Rendering Resolution Agent (RRAg)	147
6.2.3.6	Le Media Allocator Agent (MAAg)	147

6.2.3.7	Les Media Agents (MAgs)	147
6.2.3.8	Le Presentation Agent (PAg)	147
6.3	L'algorithme de calcul des espaces libres du Presentation Agent	150
6.3.1	Principe	150
6.3.1.1	Premier cas	152
6.3.1.2	Deuxième cas	153
6.3.1.3	Conditions d'arrêts de la boucle principale	153
6.3.1.4	L'algorithme	155
6.3.2	Exemple de découpage de l'écran	157
6.4	Améliorations et perspectives	157
6.4.1	Une critique d'AMEBICA	157
6.4.2	Vers une nouvelle architecture basée sur la Pertinence	158
6.5	Conclusion	161

L'objet de ce chapitre est la présentation de l'architecture basée sur des agents, implémentée au cours du projet AMEBICA. L'utilisation de systèmes multi-agents ou d'une vue agent dans le domaine des interfaces homme-machine n'est pas nouvelle. De même que certaines techniques de présentation des informations mis en œuvre dans le projet AMEBICA relèvent de techniques développées dans des travaux du domaine de la visualisation des informations. Nous présentons ainsi quelques travaux représentatifs de ces deux thématiques avant d'introduire les éléments constitutifs de l'architecture d'AMEBICA.

Notre travail de DEA proposait un ensemble de modèles et une première architecture sur lesquels ce projet a été basé (Vaudry, 1998). Notre travail a ainsi porté, en collaboration avec nos partenaires, sur l'extension et l'adaptation des modèles agents que nous avons proposés à l'issue de notre stage de DEA. Notre rôle au sein du consortium s'est surtout focalisé sur les parties amont du projet. Nous avons contribué à la réflexion sur l'utilisation de systèmes multi-agents pour implémenter des systèmes adaptatifs et aux évolutions de l'architecture du système interactif. En dehors de ce travail sur l'architecture, notre participation d'un point de vue technique a plus particulièrement porté sur un des agents de l'architecture, le *Presentation Agent*, dont nous avons assuré la spécification, la conception et l'implémentation (Amebica, 1999a; Amebica, 1999b).

Le rôle de cet agent était de déterminer les zones de l'écran occupées par des ressources d'information et celles restées *libres*. Ces informations sur les zones libres et les zones occupées étaient fournies à un autre agent qui en déduisait alors un placement pour les nouvelles informations et éventuellement une réorganisation de la présentation courante. A cette fin, nous avons développé un algorithme permettant de calculer les espaces libres sur l'écran.

Nous analysons l'architecture proposée dans ce projet au regard des modèles présentés dans les chapitres précédents. Nous proposons enfin des modifications possibles de l'architecture pour tenir compte de nos modèles plus récents.

6.1 Présentation adaptée et adaptation de la présentation

Dans les chapitres 1 et 2, nous avons abordé le débat entre les tenants de la manipulation directe et ceux des agents logiciels (Schneiderman & Maes, 1997). Ces deux points de vue bien que divergeant dans les méthodes à utiliser, convergent vers un même objectif, réduire la distance d'évaluation et la distance d'exécution¹.

6.1.1 Présentation adaptée et technique de visualisation

Les tenants de la manipulation directe essaient de mettre à profit les capacités de perception humaine, en fournissant à l'utilisateur une présentation adaptée et adaptable. Le chapitre 4 de (Vernier, 2001) présente et analyse un ensemble de taxonomie des processus de visualisation et de cadres de conception utilisés en matière de visualisation de grands ensembles de données, avant de proposer son propre cadre d'étude fédérateur.

Dans le projet AMEBICA, certaines techniques relevant de ces approches ont été mises en œuvre, notamment l'utilisation de vue zoomable et de vue radar. Le travail de Bederson est représentatif des recherches sur les *interfaces zoomables*². La boîte à outil graphique Jazz³ est

¹Au sens de la théorie de l'action de Norman telle que nous l'avons présentée au chapitre 2

²ZUI (*Zoomable User Interface*) en anglais.

³Jazz n'est pas un acronyme mais s'inscrit dans les conventions de nommage s'inspirant du domaine musical initiées par la boîte à outil Swing™ de Sun. Jazz est un logiciel *open source* sous licence *Mozilla*. Il est disponible

un exemple d'outil pour mettre en œuvre des interfaces zoomables (Bederson et al., 2000). Un aspect intéressant de ce travail, est l'étude des effets et de l'intérêt des animations et des effets de zoom sur la construction de la représentation mentale de l'utilisateur (Combs & Bederson, 1999; Bederson & Boltman, 1998). Dans le projet AMEBICA, c'est un outil commercial, JLOOX^{TM4}, qui fournissait également des outils pour effectuer des zooms sur une portions d'images qui a été utilisé.

Un des éléments de la présentation, adapté par le système dans AMEBICA, est la taille et la disposition des fenêtres, de sorte qu'il n'y ait pas de recouvrement entre ces dernières. Cette stratégie de gestion de fenêtres multiples peut se comparer à celle proposée par Schneiderman et son équipe, dans leurs travaux sur les *fenêtres élastiques* (Kandogan & Shneiderman, 1996; Kandogan & Shneiderman, 1997) et sur les stratégies de coordination dans les systèmes multifenêtrés (North & Schneiderman, 1997; North, 1997; Schneiderman, 1998).

Dans les travaux sur les *fenêtres élastiques*, ces dernières sont regroupées hiérarchiquement selon une relation *contenant-contenu* et leur organisation spatiale se fait par rapport à un pavage fixe de l'espace d'affichage. Le regroupement des fenêtres permet d'affecter tout un groupe de fenêtres par la même opération. (North & Schneiderman, 1997; North, 1997; Schneiderman, 1998) s'intéressent plus particulièrement aux stratégies pour coordonner des fenêtres dont les contenus peuvent être reliés.

Dans AMEBICA, nous avons développé des stratégies similaires de hiérarchisation des fenêtres par des relations d'appartenance de type *contenu - contenant* et par des relations concernant la sémantique des contenus des fenêtres⁵. La relation d'appartenance était qualifiée dans AMEBICA de relation *Parent-Enfant* par analogie avec les notions de processus parents et fils qui existent dans les systèmes d'exploitation.

Ainsi, certaines opérations sur une fenêtre *parent* - comme par exemple sa destruction, sa fermeture, son redimensionnement - étaient répercutées au niveau de ses fenêtres *enfant* selon une stratégie déterminée. Par exemple, la destruction de la fenêtre *parent* entraînait la destruction des fenêtres *enfant* qui lui étaient associées ou le redimensionnement de la fenêtre *parent* entraînait la réorganisation et le redimensionnement des fenêtres *enfant* associées.

La relation concernant la sémantique des contenus des fenêtres était qualifiée de relation *source - satellite*. Ce type de relation traduisait le lien qui pouvaient exister entre le contenu d'une fenêtre *source* et les contenus de fenêtres *satellite* précisant le contenu de cette fenêtre source.

Dans le chapitre 1 à la section 1.1.4, les figures 1.6 et 1.7 illustrent ces deux points. Y sont représentées une sous-station (la sous-station H) et une fenêtre détaillant le problème survenu sur cette sous-station ouverte à proximité et reliée à la sous-station H par un trait. Dans la figure 1.7, le niveau de zoom de la fenêtre reproduisant le schéma du réseau est ajusté. Les fenêtres de détail d'alarmes (en haut à gauche) et de vue générale (en bas à gauche), sont définies comme étant indépendantes (pas de lien de *parenté*) de la fenêtre principale reproduisant le schéma du réseau, elle ne sont donc pas redimensionnées. Par contre la fenêtre détaillant le problème sur la sous-station H est en même temps satellite de l'élément graphique représentant la sous-station H et fenêtre enfant de la fenêtre principale. Elle est donc déplacée et redimensionnée, avec les changements intervenants dans la fenêtre principale, la relation *source-satellite* s'exprimant ici

à <http://www.cs.umd.edu/hcil/jazz> (URL consulté la dernière fois le 04/12/2002). La majorité des papiers sur Jazz sont disponibles à <http://www.cs.umd.edu/hcil/jazz/learn/papers/index.shtml>(URL consulté la dernière fois le 04/12/2002)

⁴www.jloox.com - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

⁵En fait cette relation, comme nous le voyons dans l'exemple exposé ci-après, ne concerne pas que les fenêtres mais l'ensemble des éléments porteurs d'informations représentés sur l'interface.

par la contrainte de proximité de la fenêtre avec la sous-station H.

Par rapport aux travaux sur le gestion des environnements multifenêtrés précédemment évoqués, dans le projet AMEBICA, nous ne nous sommes pas imposés un découpage fixe de l'écran. Ce découpage est recalculé à chaque fois que cela est nécessaire, pour déterminer les espaces libres dans lesquels les fenêtres ou les éléments graphiques peuvent être placés. Ce calcul des espaces libres est effectué par l'algorithme présenté à la section 6.3.

6.1.2 Démarche orientée agent en interaction homme-machine

AMEBICA se caractérise également par l'utilisation d'une architecture logicielle basée sur des agents rationnels. Les exemples d'utilisation d'agents dans le cadre de l'interaction homme-machine sont nombreux et recouvrent des réalités assez différentes. Dans un certain nombre de travaux, les agents sont considérés comme des entités autonomes auxquelles l'utilisateur délègue certaines tâches pour réduire sa charge de travail (Maes, 1994; Maes, 1995).

Pour (Lieberman, 1997), il convient de distinguer les agents dits *d'interface*, qui assistent l'utilisateur dans l'utilisation du système interactif, des agents dits *autonomes*, qui agissent sans intervention explicites de l'utilisateur, éventuellement concurremment à ce dernier, sans que ces actions concernent nécessairement le système interactif en lui-même (cet agent autonome peut par exemple effectuer une recherche d'information pour l'utilisateur). Pour cet auteur, il est important que certains agents puissent être à la fois des agents d'interface et des agents autonomes, autorisant un travail de l'agent en parallèle avec l'utilisateur, tout en laissant à ce dernier la possibilité d'observer le comportement de l'agent. L'un des points défendus par cet auteur est que le système doit suggérer plutôt qu'agir directement⁶. Il présente ainsi *Letizia*, un agent *d'interface autonome* qui suggère à l'utilisateur des pages Web que ce dernier voudra peut-être explorer.

(Ishizaki, 1997) présente une architecture nommée *modèle multi-agents de conception dynamique* ou *maDes* (*multiagent model of dynamic design*). Dans ce travail une solution de conception est considérée comme un comportement émergent d'une collection d'agents de conception, chaque agent étant responsable de la présentation d'un segment d'information particulier. Ces agents sont purement réactifs, c'est-à-dire qu'ils ne sont guidés que par la situation courante : leur comportement est décrit comme un ensemble de règles de la forme *situation* → *action*. Cette architecture est appliquée à un afficheur de messages de forum de discussion dynamique et à un lecteur de courriers électroniques. Dans ce travail, les agents sont utilisés comme moyen technique pour implémenter une solution distribuée de la présentation des informations. Cependant, l'utilisation d'agents très simples peut être un inconvénient avec un système complexe pour lequel la solution de conception pourrait exiger une décomposition en une trop importante quantité d'agents simples.

(Crampes, 1995; Vaudry, 1998; Vaudry & Crampes, 2000) adoptent des approches très similaire à celle d'Ishizaki. Dans (Crampes, 1995), une architecture distribuée nommée Godart est proposée. Elle y est appliquée à la composition d'un ensemble d'image issue d'une émission télévisée et illustrant l'enregistrement sonore de cette émission. Cette architecture a été étendue et appliquée à la réalisation du poste de pilotage d'une voiture dans (Vaudry, 1998; Vaudry & Crampes, 2000). Ces différents travaux ont permis de constituer les premières versions de l'architecture du projet AMEBICA. Par rapport au travail présenté dans (Ishizaki, 1997), les agents ne sont pas simplement réactifs mais sont des agents rationnels de type BDI (Belief-Desire-Intention) comme exposé à la section 6.2.2 de ce chapitre.

⁶Ce point rejoint la discussion développée à la section 2.3.3 du chapitre 1 concernant l'opacité d'un système interactif et la confiance que l'utilisateur peut porter dans un tel système.

L'approche agent peut également concerner des modèles d'architecture. Ainsi le modèle *PAC* est un modèle d'architecture logicielle dont l'entité de base est un agent *PAC* (Coutaz, 1987). L'objectif du modèle *PAC* est notamment d'assurer la modularité logicielle du système interactif. De plus, ce modèle est adapté aux interactions simultanées avec l'utilisateur (Coutaz, 1990). Le modèle *PAC* structure le système interactif comme une hiérarchie d'agents *PAC*. *PAC* est l'acronyme de *Présentation - Abstraction - Contrôle* qui représente les trois facettes d'un agent *PAC*. La facette *Présentation* définit le comportement perceptible de l'agent, c'est-à-dire son image et les interactions qu'il est susceptible de recevoir. L'aspect *abstraction* définit quant à elle les concepts associés à l'agent et les fonctionnalités assurées que ce dernier assure par rapport à ces concepts. Enfin, l'aspect *Contrôle* assure la cohérence entre les deux facettes précédentes et gère les liens avec les autres agents (Nanard & Nanard, 2002a)⁷. Le modèle *PAC* a été fusionné avec le modèle *ARCH* pour donner le modèle *PAC-Amodeus* (Nigay, 1994; Coutaz & Nigay, 2001).

6.2 L'architecture à agents d'AMEBICA

Les éléments de l'architecture repose sur un ensemble de modèles conceptuels définis dans les premières étapes du projet (Crampes et al., 1999; Crampes & Hollnagel, 1999a; Crampes & Hollnagel, 1999b). Ces modèles ont servi de bases pour les étapes de spécifications, de conception et d'implémentation qui ont suivi. Notamment le *modèle multimédia* a été très directement implémenté sous la forme de l'élément de l'architecture nommé *ARI*. Avant de présenter l'architecture d'AMEBICA, nous exposons les principes qui ont dirigés les aspects techniques du travail sur AMEBICA.

6.2.1 Les principes d'AMEBICA

Le projet avait pour objectif la modélisation, la réalisation et la validation d'une architecture basées sur des agents pour réaliser une composition adaptative appliquée à la supervision industrielle. Cette architecture devait permettre de générer rapidement des applications spécifiques à des domaines industriels différents en spécifiant uniquement le contexte applicatif, les mécanismes de composition étant autonomes (Notre partenaire Softeco a ainsi pu très rapidement proposé une application de l'architecture AMEBICA à la supervision du trafic routier, visible à la figure 1.3 au chapitre 1).

Pour répondre à ces objectifs, les fondements conceptuels architecturaux retenus pour AMEBICA sont ceux que nous avons décrits dans les résultats de notre stage de DEA. Nous les avons essentiellement approfondis avec nos partenaires au cours des phases initiales du projet. Nous les résumons ci-après en cinq grands principes auxquels répond en grande partie l'architecture AMEBICA qui est présentée aux sous-sections suivantes :

1. La composition s'effectue dans un *espace d'énonciation* (tel que nous l'avons défini au chapitre 3) ici nommé espace de représentation de l'interface. Cet espace est constitué des modalités disponibles pour l'application de supervision visée. Ces modalités doivent obéir à des contraintes d'organisation sur cet *espace d'énonciation* afin de favoriser l'*utilisabilité* de l'énoncé. L'espace d'énonciation et certaines de ses contraintes sont décrits par une *ontologie multimédia*⁸ qui est une extension de celle que nous avons proposée lors de notre

⁷Le modèle *PAC* est présenté de manière extensive à l'URL <http://membres.lycos.fr/interaction/Architecture/Pac/pac1.html>(URL consulté la dernière fois le 04/12/2002), également accessible depuis <http://interaction.multimania.com/>(URL consulté la dernière fois le 04/12/2002)

⁸Nous suivons la définition d'une ontologie de Sowa. Pour résumer, une ontologie est un système de catégories

stage de DEA (Vaudry, 1998; Crampes & Hollnagel, 1999a), et par une *instance* de cette ontologie propre au contexte donné. En effet, s'il est concevable qu'une partie des concepts et des contraintes de l'ontologie restent inchangés d'un domaine d'application à un autre, cependant les aspects des modalités relevant des dispositifs de présentation sont propres à l'environnement dans lequel la composition s'effectue. Les modalités concrètement utilisées sont donc des instances des classes de modalité de l'ontologie. De même, certaines contraintes dépendent de l'environnement et sont des instances des classes de contraintes génériques de l'ontologie.

2. Le contexte applicatif est représenté par une ontologie du domaine indépendamment de l'ontologie multimédia. Cette ontologie comprend une représentation des catégories d'informations émises par l'application supervisée ainsi qu'une représentation conceptuelle de l'application, celle-ci donnant la *sémantique* des messages. Cette ontologie est propre à chaque domaine applicatif. Des valeurs d'importance des informations sont calculées en fonction de l'état de l'application.
3. Des agents (nommés *Media Agents* dans l'architecture présentée plus loin) sont chargés de faire la relation entre les informations et les modalités pour assurer l'énonciation des informations. L'association information/modalité s'effectue en relation avec un ordre de préférence des informations pour chacune des modalités. L'obéissance aux contraintes conduisent les agents à négocier entre eux leur moment, leur modalité et leur lieu d'énonciation en fonction de la pertinence de l'information portée et d'une attente de l'opérateur.
4. L'ensemble de l'architecture est un système multi-agents. Chaque agent est chargé d'une tâche particulière pour faciliter la fluidité de l'énonciation des informations les plus pertinentes avec la modalité la plus appropriée.
5. L'ensemble de la composition doit tenir compte du contexte de l'utilisateur (préférences, situation psycho-cognitive, etc.). Ce dernier principe pour lequel nous n'apportons pas initialement de solution tant technique que formelle a été peu traité dans AMEBICA. Il a fait l'objet d'une analyse du contexte utilisateur (la matrice présentée au chapitre 1 dans le tableau 1.1) qui a été implémenté sous la forme d'un système expert (*l'Operator Agent* et la *Human Factor Database* présentés plus loin dans ce chapitre).

6.2.2 Présentation générale de l'architecture

Il existe de nombreuses définitions de ce qu'est un agent. (Ferber, 1997) propose une définition minimale commune. Selon la définition de cet auteur, un agent est une entité physique ou virtuelle possédant une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

1. capable d'agir dans un environnement,
2. pouvant communiquer directement avec d'autres agents,
3. mue par un ensemble de tendances (sous la forme d'objectifs individuels ou d'une fonction de satisfaction, voire de survie, qu'elle cherche à optimiser)
4. possédant des ressources propres,
5. capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement,
6. ne disposant que d'une représentation partielle de cet environnement,
7. possédant des compétences et offrant des services,
8. pouvant éventuellement se reproduire,

pour classer et parler de choses qui sont supposées exister. L'objet d'une ontologie est l'étude des catégories de choses qui existent ou peuvent exister dans un certain domaine. Le résultat d'une telle étude est une ontologie. C'est un catalogue des types de choses qui sont supposées exister dans un domaine d'intérêt D du point de vue d'une personne qui utilise un langage L pour parler au sujet de D.

9. dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'elle reçoit.

L'architecture d'AMEBICA se compose d'agents rationnels de type BDI (Belief-Desire-Intention) (Bratman et al., 1988; Georgeff et al., 1997; Rao & Georgeff, 1991; Rao & Georgeff, 1992; Rao & Georgeff, 1995) qui suivent une notion d'agent *faible* (*weak notion of agency*) (Wooldridge & Jennings, 1995b; Wooldridge & Jennings, 1995a). La caractérisation d'un agent rationnel de ces deux derniers auteurs est l'objet d'un consensus dans la communauté *système multi-agent*. Leur caractérisation définit un agent rationnel comme possédant les caractéristiques suivantes :

- **Réactif.** Il réagit aux actions des autres agents.
- **Proactif.** Il est dirigé par ses propres buts internes.
- **Autonome.** Il ne subit pas de supervision directe et continue.
- **Social.** Il interagit avec d'autres agents.

Sans rentrer dans des détails qui seraient hors du cadre de ce mémoire, un agent BDI est un agent rationnel possédant des états mentaux. Ces états mentaux correspondent au croyance de l'agent (*belief*) sur le monde, les buts que l'agent se fixe et essaie d'atteindre (*Desire*), et les intentions de l'agent (*Intention*), qui correspondent en quelque sorte à des *buts persistants*, c'est-à-dire ce vers quoi l'agent tend, ce qui le pousse à agir.

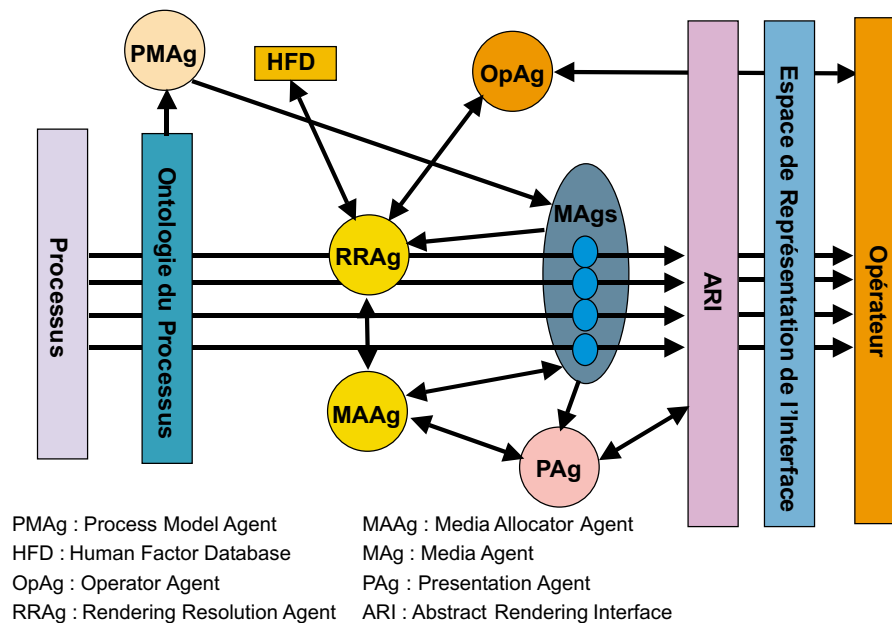


FIG. 6.1 – L'architecture agents d'AMEBICA

Les agents de l'architecture communiquent par envois d'événements : quand un agent reçoit un événement particulier, il exécute le plan correspondant à cet événement. L'architecture comporte six types d'agents différents, un composant particulier - l'ARI - et une base de données. L'ensemble est programmé en Java™. C'est l'outil de développement Jack™ d'*Agent Software*⁹ qui a été utilisé pour l'implémentation des agents BDI. La figure 6.2 présente un diagramme montrant les liens entre les agents et les paquetages logiciels du projet. Les flèches entre les agents traduisent les échanges de messages par événements entre les agents. Nous avons étudié des solutions utilisant des messages écrits dans des langages de communication entre agents comme

⁹<http://www.agent-software.com/shared/home/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

KQML¹⁰ ou ACL¹¹. Compte tenu des besoins du prototype et des temps de développements, ces solutions n'ont finalement pas été retenues et nous avons juste utilisé le mécanisme de communication entre agent par événements de JackTM.

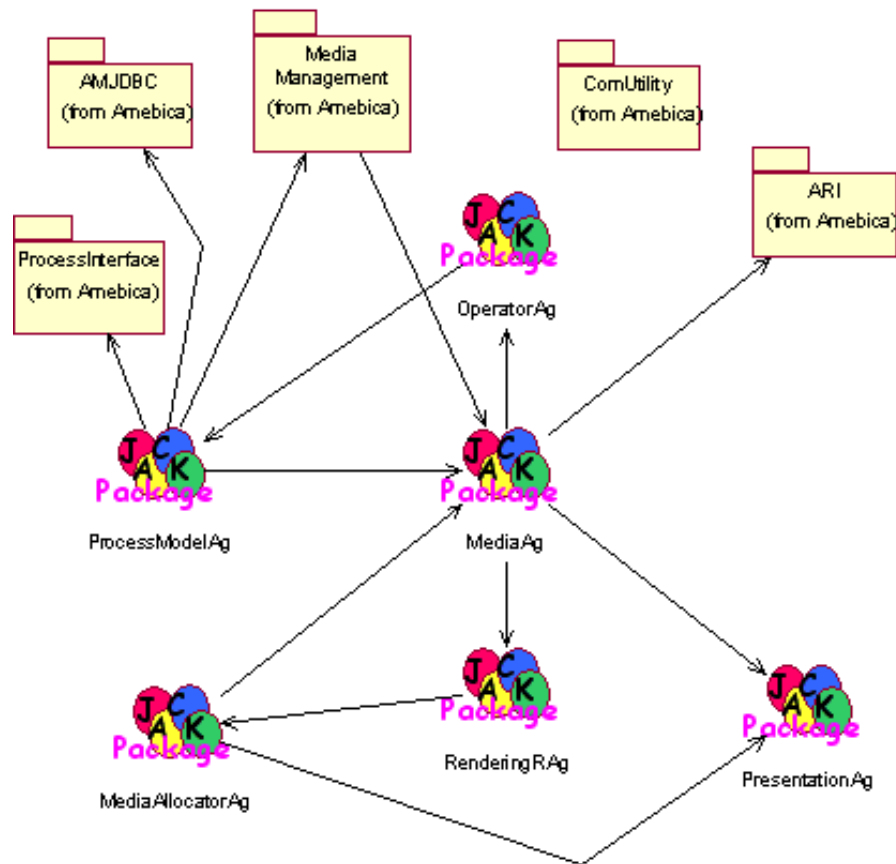


FIG. 6.2 – Diagrammes résumant les liens entre les différents agents de l'architecture AMEBICA

6.2.3 Détail de l'architecture

6.2.3.1 L'Abstract Rendering Interface (ARI)

L'ARI a été conçue pour rendre l'architecture aussi indépendante que possible du système de fenêtrage sous-jacent propre au système d'exploitation sur lequel l'architecture est utilisée. Sa spécification repose sur une ontologie multimédia (Crampes & Hollnagel, 1999a). L'ARI se compose d'un ensemble de classes spécialisables selon les particularités de l'interface du système de supervision.

6.2.3.2 Le Process Model Agent (PMAg)

Cet agent est le point d'entrée dans l'interface pour le système, il sert de connexion entre le processus et AMEBICA. Les différents flux d'informations provenant du processus ont des caractéristiques correspondant à l'aspect *qualité* d'une ressource d'information évoqué au chapitre 3. Notamment la sémantique de l'information par rapport au modèle du domaine, ce dernier

¹⁰<http://www.cs.umbc.edu/kqml/> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

¹¹<http://www.fipa.org/repository/aclspecs.php3> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

étant implémenté sous la forme d'une base de données dans l'architecture (cette base de données correspond à l'élément noté *ontologie du processus* sur le schéma 6.1). D'autres caractéristiques de l'information sont prises en compte dans le projet AMEBICA, comme la continuité (Est-ce que l'information correspond à un flux d'information continue ou est-elle au contraire une information *ponctuelle*?).

Ces différentes caractéristiques imposent un certain nombre de contraintes sur la composition. Le *Process Model Agent* traduit ces caractéristiques propres aux informations en des éléments qui ont un sens du point de vue des agents de l'architecture.

Pour pouvoir assurer cette fonction de *traduction*, le *Process Model Agent* est associé à une représentation du système : une ontologie du processus a été définie (Crampes & Hollnagel, 1999b). Elle correspond comme nous l'avons précisé ci-avant, au modèle de domaine.

Elle se concrétise sur le plan de l'implémentation par une base de données contenant les informations sur le processus. Cette représentation du processus, associée à l'ontologie multimédia (Crampes & Hollnagel, 1999a), permet au PMAg d'effectuer cette mise en correspondance entre les concepts issus du processus et ceux de l'interface et de l'opérateur. En effet le PMAg crée les *Media Agent* qui représentent les flux d'informations du processus au niveau de l'interface.

6.2.3.3 L'Operator Agent (OpAg)

Cet agent a pour fonction principale d'essayer d'inférer les besoins de l'opérateur d'après ses actions (par exemple, les actions réalisées avec la souris ou le clavier). Une matrice qui décrit les différentes adaptations applicables en fonction de l'état du processus et de celui inféré de l'opérateur, a été définie au cours du projet (Parodi et al., 2000). Cette matrice a été présentée et discutée dans la section 1.3.2 du chapitre 1.

Certaines des règles de cette matrice ont été implémentées dans cet agent sous la forme d'un système expert. Le moteur d'inférence que cet agent utilise est basé sur un classique algorithme *Rete* (Forgy, 1982).

Si les résultats obtenus avec cette approche ont été satisfaisants, il semble qu'une solution basée sur un moteur d'inférence classique n'est peut-être pas la plus adaptée pour ce type de problème qui utilise des données incertaines et imprécises. Nos travaux présentés au chapitre précédent, et notre formalisation basée sur un formalisme flou sont des tentatives pour proposer des solutions plus adaptées à la nature incertaine et imprécise des données manipulées.

6.2.3.4 Human Factor Database (HFD)

La base de données de facteurs humains contient un ensemble de règles et d'heuristiques utilisées par le *Rendering Resolution Agent* (RRAg) pour choisir les médias appropriés. Le RRAg détermine pour chaque information les médias auxquels il est préférable de les associer et détermine les contraintes relatives à leur présentation sur l'interface. Ces règles et heuristiques concernent les contraintes psychosensorielles relatives aux opérateurs. Dans AMEBICA, un ensemble de règles nécessairement limité mais suffisant pour les besoins du prototype a été défini (Crampes & Hollnagel, 1999a). Par exemple, la règle de stabilité temporelle qui énonce qu'une information doit rester suffisamment longtemps pour pouvoir être consultée par l'opérateur.

6.2.3.5 Le Rendering Resolution Agent (RRAg)

Cet agent élabore une liste de médias possibles, classés par ordre de priorité pour chaque information et la propose au *Media Allocator Agent* (MAAg). Cette liste est construite à partir de ses interactions avec l'*Operator Agent*, la *Human Factor Database* et le *Media Allocator Agent*.

6.2.3.6 Le Media Allocator Agent (MAAg)

Il interagit avec le *Presentation Agent* (PAg), pour déterminer les ressources qui sont disponibles. A partir de la liste proposée par le RRAg et des connaissances sur la disponibilité des ressources, il choisit la représentation la plus appropriée qu'il est possible d'utiliser. Si cela est nécessaire, il réorganise l'affichage.

Par exemple, pour qu'une information importante soit présentée, si elle ne peut l'être dans les conditions actuelles, il interagit avec les *Media Agents* (MAg) en modifiant leur taille, leur position ou le média auquel ils sont associés. Les fonctionnements détaillés du *Media Allocator Agent* et du *Rendering Resolution Agent* font l'objet du chapitre 9 de la thèse de Khalil (Khalil, 2001).

6.2.3.7 Les Media Agents (MAg)

La responsabilité de la présentation des flux d'informations est déléguée à un ensemble de *Media Allocator Agents*. Ces derniers sont créés par le *Process Model Agent*. Ils sont alors associés à une information dont ils assurent la présentation. Ils sont les consommateurs des ressources de l'interface. Ils interagissent avec le *Presentation Agent* (PAg) pour le tenir informé des ressources en cours d'utilisation.

6.2.3.8 Le Presentation Agent (PAg)

Cet agent a pour fonction de maintenir la connaissance de l'état d'utilisation des ressources de l'interface. L'aspect technique de notre participation au projet AMEBICA a porté principalement sur cet agent de l'architecture. La figure ?? présente les événements et les plans associés au *Presentation Agent*. Comme exposé dans la sous-section précédente, cette connaissance est maintenue à jour par les interactions avec les *Media Agents*.

Le *Presentation Agent* reçoit deux types d'événements du *Media Allocator Agent*. Les événements de type *AMGetAvailableGraphicResources* et les événements de type *AMGetAvailableAudioResources*, pour demander respectivement l'état d'occupation de l'écran et l'état d'occupation des canaux audios. Ces deux événements déclenchent respectivement l'activation des plans *AMOnGetGraphicResources* et *AMOnGetAudioResources*. En réponse à ces deux événements, quand les plans correspondants se sont exécutés correctement, le *Presentation Agent* envoie les événements *AMInformListGraphicRendering* et *AMInformListAudioRendering*. Enfin, le *Presentation Agent* reçoit un type d'événements des *Media Agents*, le type *AMUpdateUILKnowledge*, qui lui fait déclencher le plan *AMOnUpdateUIL*. Ce plan réalise la mise à jour de la structure de données stockant l'état de l'interface.

Nous avons défini un certain nombre de classes avec lesquels le *Presentation Agent* interagit. Elles sont visibles à la figure 6.5. Il y a deux classes qui représentent les structures de données stockant l'état d'occupation de l'interface, la classe *AMAudioKnowTable* et la classe *AMGraphicKnowTable*.

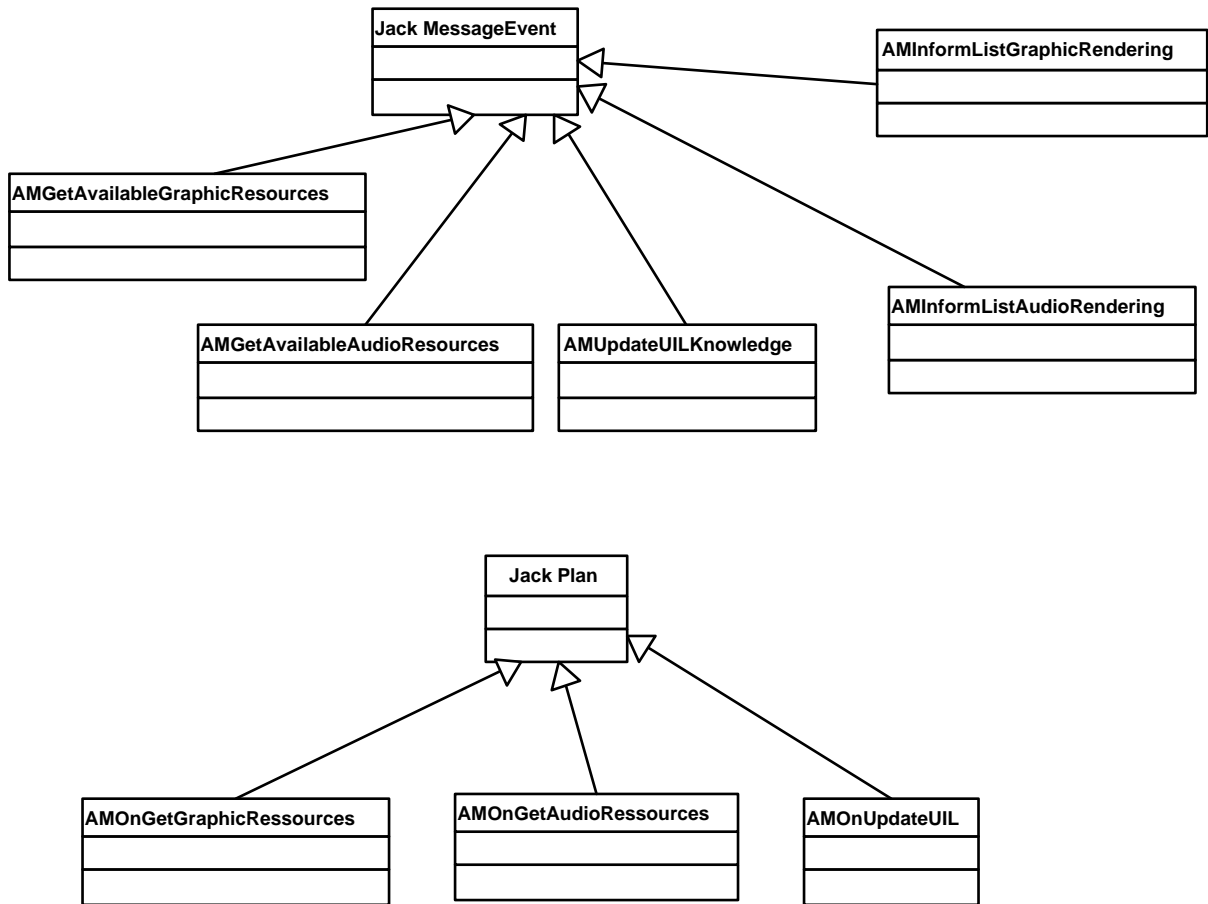


FIG. 6.3 – Diagrammes de classe des événements et des plans relatifs au Presentation Agent

Le *Presentation Agent* fournit les informations sur l'état des ressources au *Media Allocator Agent* à la demande de ce dernier. Le diagramme de séquence UML de la figure 6.6 illustre l'enchaînement des événements et des déclenchement de plans. Le *Media Allocator Agent* envoie un événement *AMGetAvailableGraphicResources* au *Presentation Agent*. Ce dernier déclenche alors l'exécution du plan *AMOnGetGraphicResources*. Ce plan récupère dans la structure de données *AMGraphicKnowTable* l'état d'occupations de l'écran. Un événement *AMInformListGraphicRendering* est alors généré avec les données sur l'état d'occupation de l'écran et est envoyé en réponse au *Media Allocator Agent*.

Chaque *Media Agent* qui est redimensionné ou déplacé, envoie un événement au *Presentation Agent* pour que ce dernier puisse maintenir l'état des ressources disponibles à jour. Le diagramme de séquence de la figure 6.7 illustre ce point. Un *Media Agent* envoie un événement *updateUILKnowledge* au *Presentation Agent*. Ce dernier déclenche alors le plan correspondant, *AMGraphicKnowTable*, qui a pour effet de mettre à jour la structure de données qui stocke l'état d'occupation de l'écran.

Des mécanismes similaires existent pour gérer les canaux audios. Cependant, la principale difficulté dans la gestion des ressources concerne la partie graphique. Les canaux audios sont occupés ou disponibles, alors que l'écran peut être plus ou moins occupé. Il était donc nécessaire de pouvoir déterminer quelles étaient les parties libres de l'écran pour pouvoir y afficher une information. Le *Presentation Agent* doit déterminer quelles sont les parties de l'écran qui sont disponibles, à partir de la connaissance des parties qui sont occupées par les représentations des flux d'informations. Ces représentations sont considérées comme des zones rectangulaires.

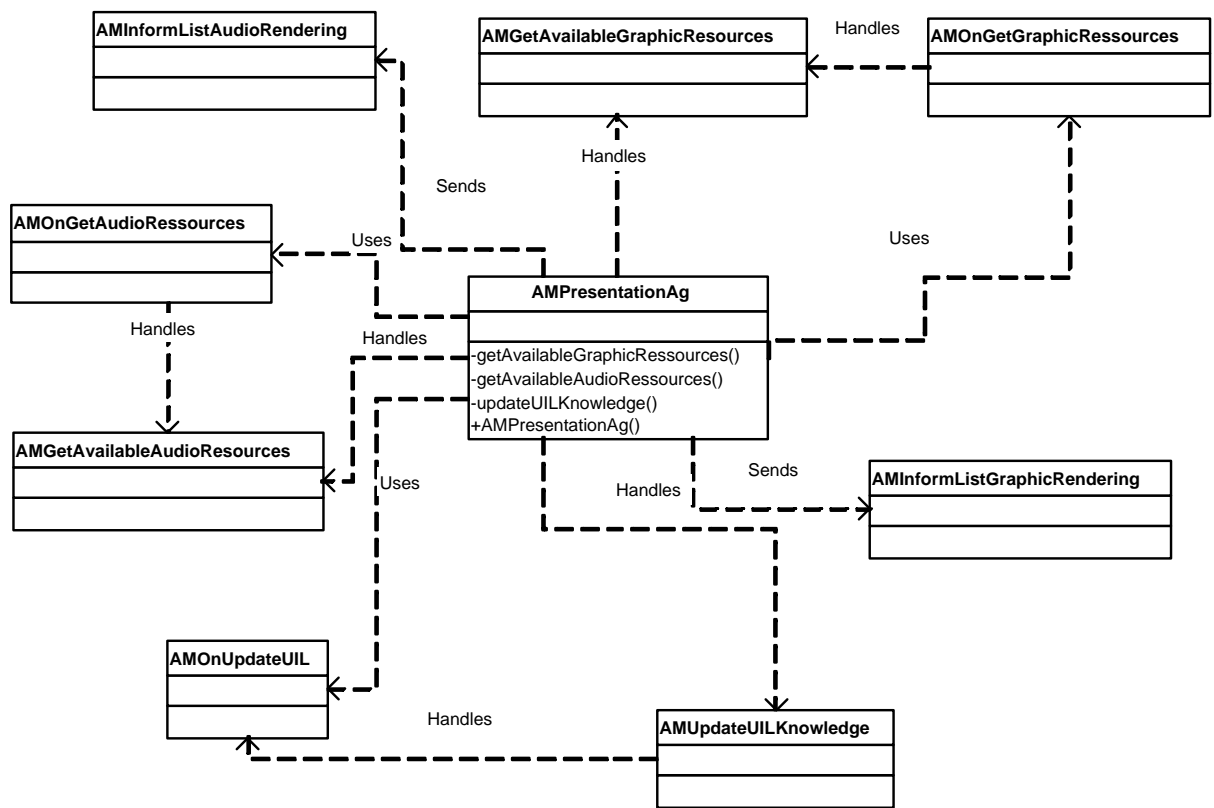


FIG. 6.4 – Les événements et les plans associés au Presentation Agent

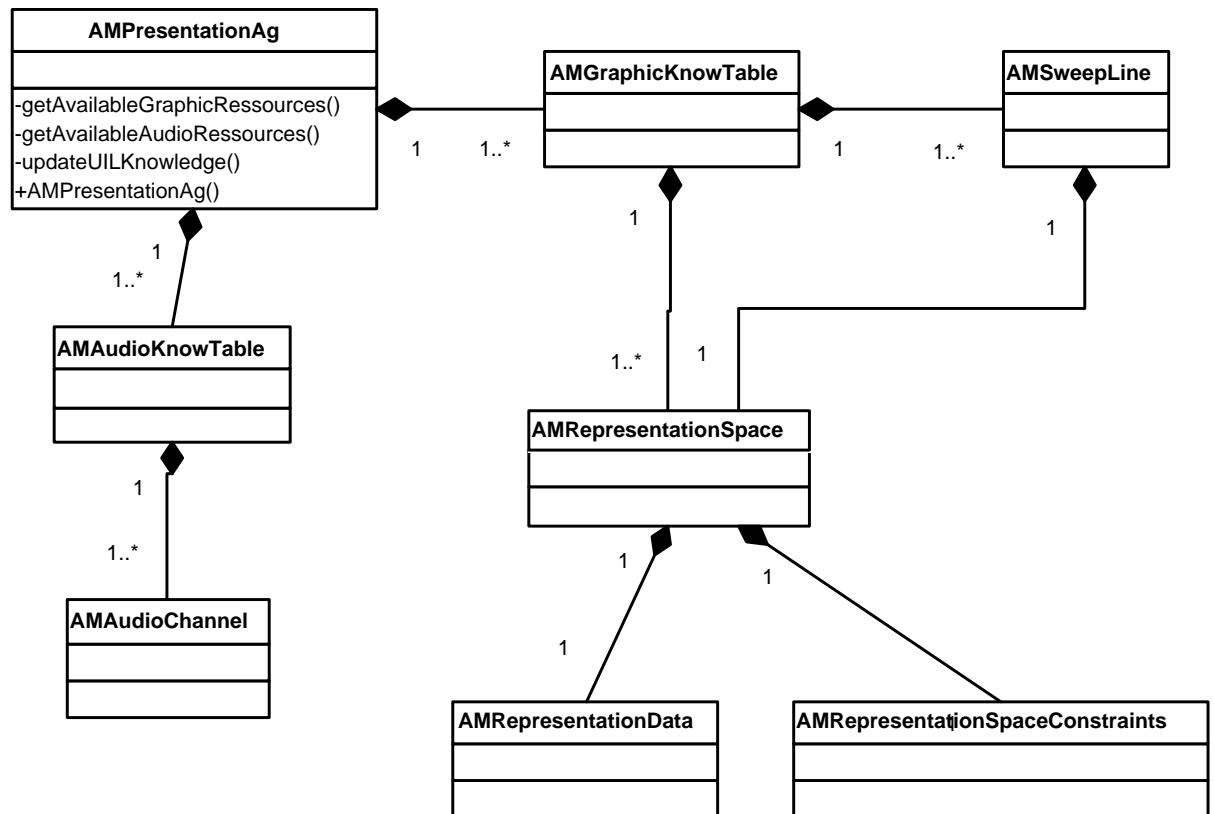


FIG. 6.5 – Diagrammes des différentes classes en relation avec le Presentation Agent

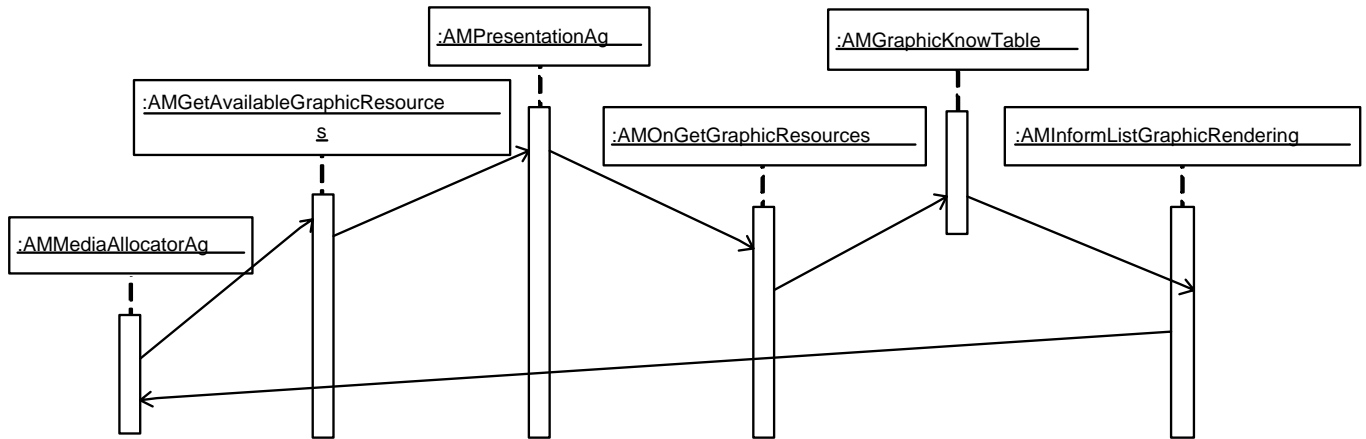


FIG. 6.6 – Diagramme de séquences UML illustrant une requête du Media Allocator Agent pour connaître l'état d'occupation de l'interface

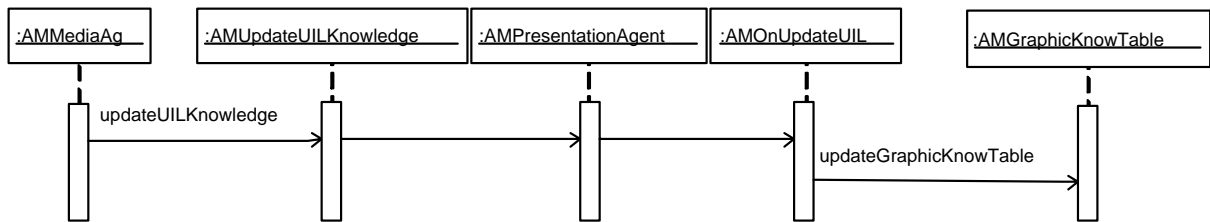


FIG. 6.7 – Diagramme de séquences UML illustrant une requête de mise à jour réalisée par un Media Agent

Nous avons envisagé plusieurs algorithmes pour déterminer l'état d'occupation de l'écran. Celui que nous avons retenu au final est un algorithme de recherche d'espace disponible se basant sur une technique de *ligne de balayage* assez classique en algorithmique géométrique (Guibas & Stolfi, 1989; Cormen et al., 1990). Une ligne balaie l'écran et permet de construire une représentation des espaces disponibles et occupés au fur et à mesure. Ainsi, l'écran est décomposé en zones rectangulaires marquées comme libres ou occupées. Ces informations sont alors envoyées au *Media Allocator Agent*. Nous présentons le détail de l'algorithme utilisé pour calculer les espaces libres à la section suivante.

6.3 L'algorithme de calcul des espaces libres du Presentation Agent

6.3.1 Principe

Comme évoqué au paragraphe 6.2.3.8, cet algorithme est basé sur l'utilisation d'une ligne de balayage. La fonction du Presentation Agent 6.2.3.8 est de calculer les zones rectangulaires disponibles sur l'écran, à partir de la connaissance des zones rectangulaires déjà occupées par des éléments de l'interface (qui correspondent aux informations affichées par des *Media Agents*). L'information sur les zones rectangulaires libres est alors donnée au *Media Allocator Agent* qui en déduit un placement approprié des différentes informations.

Au niveau du *Presentation Agent* les seuls éléments manipulés sont des rectangles marqués

comme disponibles ou comme occupés. Dans la suite on note **RO** un *Rectangle Occupé*, **RD** un *Rectangle Disponible* et **LB** une *ligne de balayage*.

Les deux structures de données principales de cet algorithme sont :

1. Une structure de données pour représenter les lignes de balayage, nommée *LigneBalayage*. Cette structure de données comporte l'ordonnée de début et de fin du segment, l'abscisse courante et un rectangle disponible associé.
2. Une structure de données pour représenter les rectangles disponibles ou occupés, nommée *RectangleInterface*. Cette structure de données comporte les coordonnées du point supérieur gauche du rectangle, sa largeur, sa longueur et un booléen indiquant s'il est disponible ou occupé.

On considère que le balayage s'effectue dans un rectangle représentant l'écran. Une liste des rectangles occupés est donnée en entrée de l'algorithme. L'algorithme délivre en sortie une liste des rectangles disponibles et occupés qui composent l'écran considéré.

L'algorithme démarre avec une ligne de balayage ayant pour longueur la hauteur de l'écran. Le balayage s'effectue selon l'axe des abscisses. L'algorithme maintient une liste de lignes de balayage. En effet, à chaque fois qu'une ligne de balayage rencontre lors de son parcours un rectangle occupé, la ligne de balayage est supprimée ou fragmentée en une ou deux lignes de balayage.

Dans la situation inverse quand le balayage *sort* d'un rectangle occupé, une nouvelle ligne de balayage est créée. La longueur de cette ligne est égale à la hauteur du rectangle occupé, l'ordonnée de départ de la ligne de balayage ayant pour valeur celle de l'ordonnée du point supérieur droit du rectangle occupé.

Chaque ligne de balayage construit lors de sa traversée de l'écran un rectangle marqué comme disponible. Avant la destruction d'une ligne de balayage, on ajoute le rectangle disponible associé à la liste des rectangles composant l'écran.

Lors du balayage, deux cas peuvent se rencontrer : une ligne de balayage se fragmente ou est détruite et une nouvelle ligne de balayage est créée.

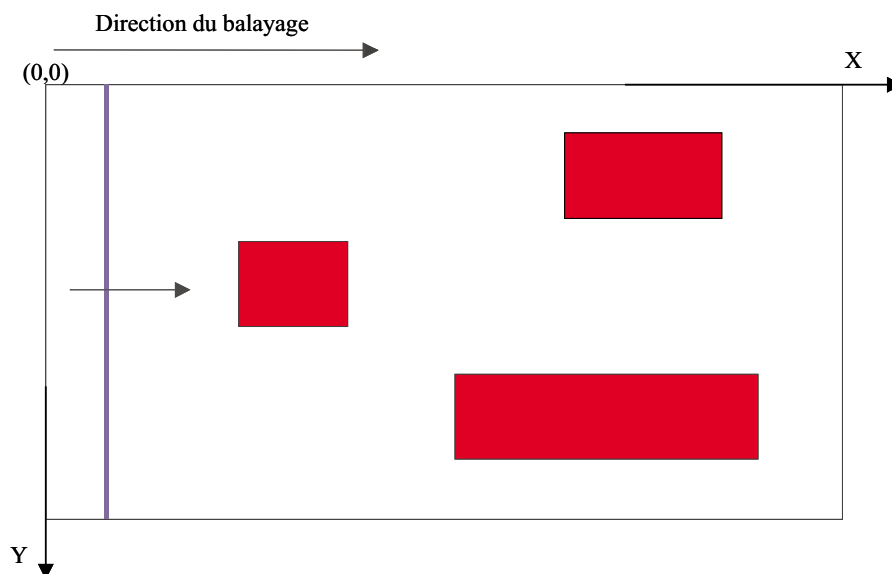


FIG. 6.8 – Début de l'exécution de l'algorithme ; une seule ligne de balayage est présente.

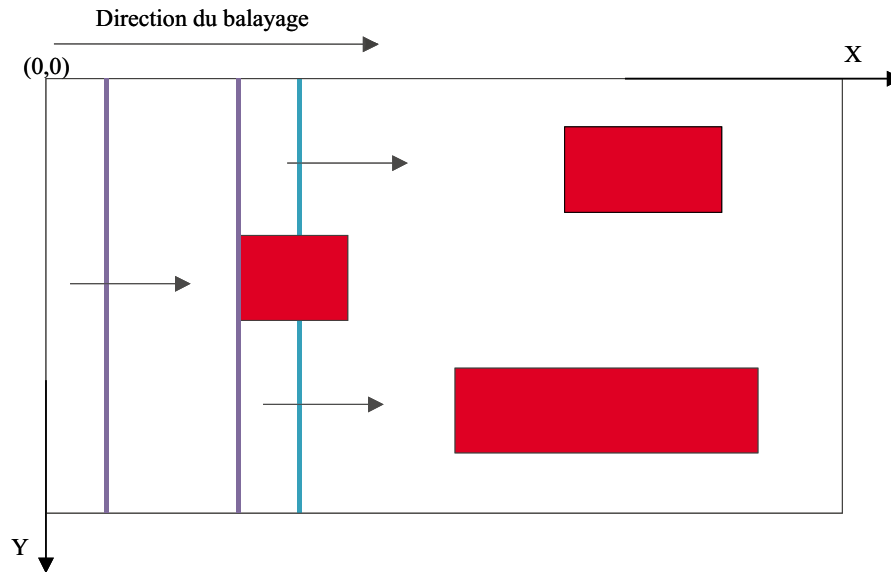


FIG. 6.9 – La ligne de balayage rencontre un rectangle occupé ; la ligne de balayage est remplacée par deux nouvelles lignes.

6.3.1.1 Premier cas

On vérifie pour chacune des lignes de balayage dans la liste si à ce point du balayage elles rencontrent un rectangle occupé.

- **Si elle rencontre un rectangle occupé.** On finalise la construction du rectangle disponible associé à cette ligne de balayage. Puis, on supprime cette ligne de balayage de la liste, après en avoir créé éventuellement zero, une ou deux, en fonction de la situation. On utilise les relations de Allen (Allen, 1983) (elle sont rappelées à l'annexe C) pour tester la manière dont l'intersection entre le côté gauche (noté **CG**) du Rectangle Occupé RO et la ligne de balayage LB s'effectue.
 1. Pas de nouvelle ligne de balayage à créer, nous sommes dans l'une des quatre situations suivantes :
 - (a) `during(CG, LB)`
 - (b) `equal(CG, LB)`
 - (c) `finishes(CG, LB)`
 - (d) `start(CG, LB)`
 2. Une nouvelle ligne de balayage à créer, nous sommes dans l'une des quatre situations suivantes :
 - (a) `finishesInverse(CG, LB)`
 - (b) `overlap(CG, LB)`
 - (c) `overlapInverse(CG, LB)`
 - (d) `startsInverse(CG, LB)`
 3. Deux nouvelles lignes de balayage à créer, nous sommes dans la situation suivante (situation que l'on retrouve dans les figures 6.9 et 6.11) :
 - (a) `duringInverse(CG, LB)`
- Sinon il n'y a rien de particulier à faire. Nous sommes dans l'une des situation suivantes :
 1. `before(CG, LB)`

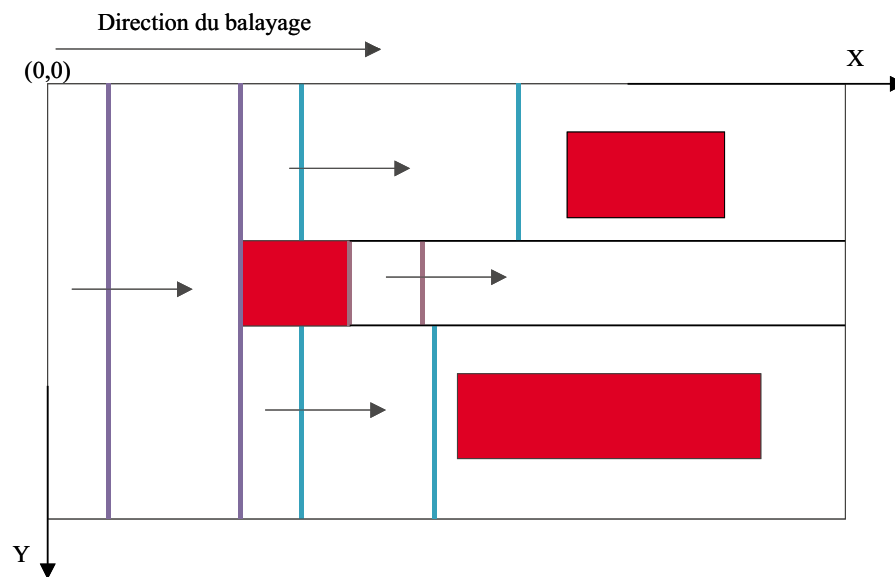


FIG. 6.10 – Une nouvelle ligne de balayage est créée à la sortie du rectangle occupé

2. beforeInverse(CG, LB)
3. meets(CG, LB)
4. meetsInverse(CG, LB)

6.3.1.2 Deuxième cas

Si le balayage sort d'un rectangle occupé, il faut alors créer une ligne de balayage et son *rectangle disponible* associé. C'est la situation que l'on a dans les figures 6.10 et 6.12.

6.3.1.3 Conditions d'arrêts de la boucle principale

Il y a deux conditions pour arrêter la boucle principale :

- on est arrivé sur le bord droit de l'écran.
- il n'y a plus de rectangle occupé en train d'être parcouru par une ligne de balayage et de rectangle occupé à parcourir.

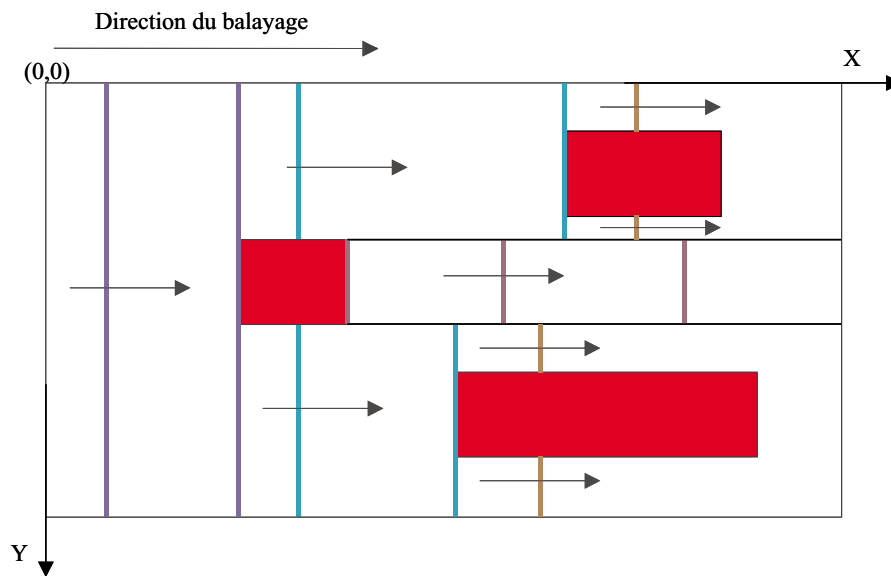


FIG. 6.11 – Les lignes de balayage rencontrent des rectangles occupés. Elles sont remplacées par de nouvelles lignes de balayage.

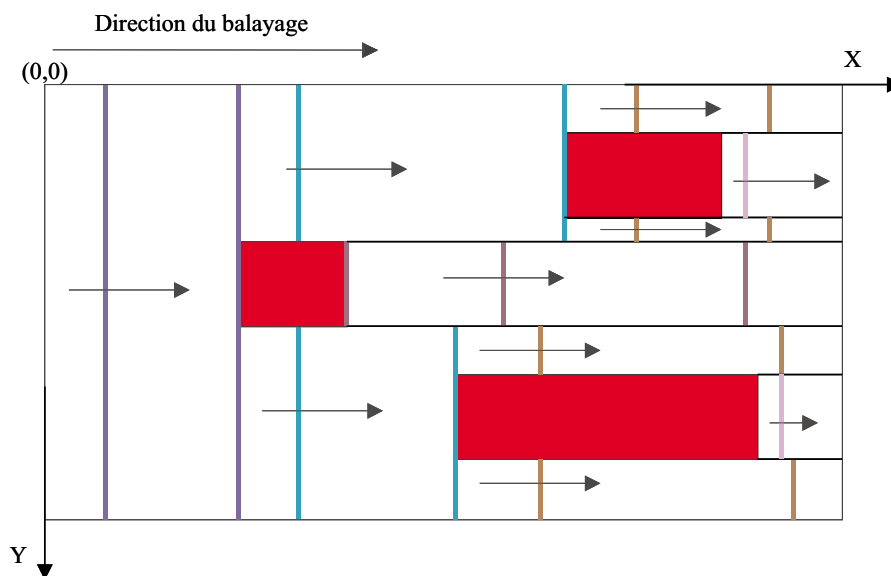


FIG. 6.12 – Le balayage a atteint le bord droit de l'écran.

6.3.1.4 L'algorithme

L'algorithme est présenté à la figure 6.1. La fonction INITLB est la fonction servant à créer et initialiser une *ligne de balayage*. Le premier paramètre est la *ligne de balayage* à créer, les deux suivants représentent les valeurs en ordonnée du point de départ et du point d'arrivée du segment. Le dernier paramètre est la position en abscisse du segment, qui indique l'état d'avancement du balayage.

Algorithme 6.1 : CALCULESPACELIBRE(*ListeRO*,*TailleEcran*)

```

% renvoie une liste de rectangles occupées et disponibles constituant un découpage en zones
rectangulaires
% ListeRO : liste des Rectangles Occupés
% TailleEcran : dimensions de l'écran
begin
  positionCourante ← 0
  INITLB(LBcourante,0,0,TailleEcran.hauteur,positionCourante)
  ListeLB ← ListeLB + LBcourante
  ListeRect ← ListeRO
  while (positionCourante < TailleEcran.Largeur) And (ListeROAparcourir <> vide)
  do
    for LB ∈ ListeLB do
      for RO ∈ ListeRO do
        if DURING(LB,RO.coteGauche) Or EQUAL(LB,RO.coteGauche) Or
        FINISHES(LB,RO.coteGauche) Or STARTS(LB,RO.coteGauche) then
          MISEAJOUR(LB.RD)
          ListeRect ← ListeRect + LB.RD
          ListeLB ← ListeLB ≠ LB
        if FINISHESINVERSE(LB,RO.coteGauche) Or
        OVERLAP(LB,RO.coteGauche) then
          MISEAJOUR(LB.RD)
          ListeRect ← ListeLB + LB.RD
          INITLB(nouvelleLB,LB.debut,RO.y,positionCourante)
          ListeLB ← ListeLB ≠ LB + nouvelleLB
        if STARTSINVERSE(LB,RO.coteGauche) Or
        OVERLAPINVERSE(LB,RO.coteGauche) then
          MISEAJOUR(LB.RD)
          ListeRect ← ListeLB + LB.RD
          INITLB(nouvelleLB,RO.y + RO.hauteur,LB.fin,positionCourante)
          ListeLB ← ListeLB ≠ LB + nouvelleLB
        if DURINGINVERSE(LB,RO.coteGauche) then
          MISEAJOUR(LB.RD)
          ListeRect ← ListeLB + LB.RD
          INITLB(nouvelleLB1,LB.debut,RO.y,positionCourante)
          INITLB(nouvelleLB2,RO.y + RO.hauteur,LB.fin,positionCourante)
          ListeLB ← ListeLB ≠ LB + nouvelleLB1 + nouvelleLB2
      for ∀RO ∈ ListeROAparcourir do
        if positionCourante == RO.x + RO.width then
          INITLB(nouvelleLB,RO.y,RO.y + RO.hauteur,positionCourante)
        positionCourante = positionCourante + 1
    for LB ∈ ListeLB do
      MISEAJOUR(LB.RD)
      ListeRect ← ListeRect + LB.RD
  return ListeRect
end

```

6.3.2 Exemple de découpage de l'écran

Afin de valider l'algorithme, avant d'en intégrer l'utilisation dans le projet AMEBICA, un petit programme l'implémentant a été développé en Java. Une copie d'écran de ce programme est visible sur l'image 6.13. Les schémas 6.8 à 6.12 illustrent le principe de l'algorithme. Les sources en Java du programme de test sont disponibles à l'URL <http://cvaudry.free.fr/Professionnel/These/Projets/Amebica/amebica.html> (URL consulté la dernière fois le 04/12/2002).

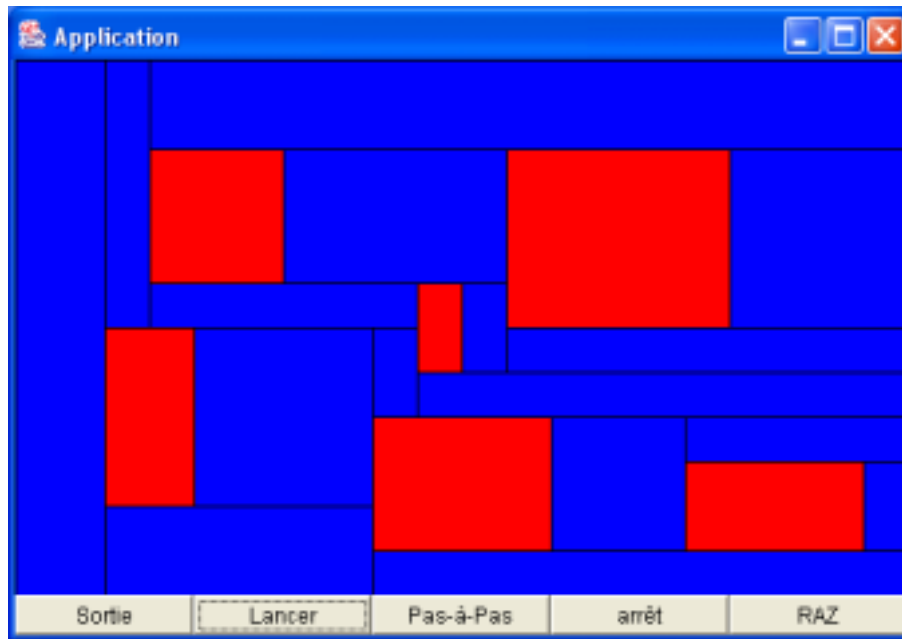


FIG. 6.13 – Programme de test mettant en œuvre l'algorithme

6.4 Améliorations et perspectives

6.4.1 Une critique d'AMEBICA

L'architecture implémentée à l'issue du projet AMEBICA répondait au cahier des charges initial en tenant compte des contraintes temporelles et techniques inhérentes à ce type de projet. Le choix s'est porté vers une architecture faiblement distribuée avec peu d'agents. Les solutions basées purement sur une négociation entre agents ou trop fortement distribuées ont été considérées comme trop lentes ou trop risquées pour pouvoir être utilisées dans le contexte de supervision. Ainsi, notre travail de DEA, sur lequel est basé le projet AMEBICA, s'était porté vers des approches fortement distribuées du type *Swarm*¹² et des approches basées sur une négociation entre agents. Nous n'avons pas eu le temps d'en approfondir l'étude en vue de leur application dans ce type de projet.

La gestion de l'*à-propos* dans AMEBICA est résumée par la matrice 1.1 présentée au chapitre 1. Cette matrice est implémentée sous forme de règles d'un système expert au niveau de l'*Operator Agent*. Néanmoins cette approche ne permet pas une gestion fine de l'imprécision et de l'incertitude des mesures effectuées pour inférer l'état de l'opérateur. Les modélisations de l'*à-propos*, que nous avons présentées au chapitre précédent, pourraient être utilisées dans ce

¹²Voir par exemple à ce sujet (Bonabeau et al., 1999) et le site <http://www.swarm.org/> (URL consulté la dernière fois le 04/12/2002)

cadre pour déterminer l'utilité pour le système d'intervenir. Ce calcul d'utilité, associée à une modélisation de l'opérateur basée sur un réseau bayésien, permettrait une gestion plus fine de l'incertitude concernant l'état de l'opérateur et conduirait globalement à un système plus souple.

L'algorithme de recherche des zones libres pourrait être envisagé dans une variante distribuée, chaque agent représentant une information à l'écran, s'occupant de maintenir une représentation de son voisinage. Le défaut de l'algorithme actuel est d'être purement *mécanique*, donnant juste une représentation de l'occupation de l'écran, sans se soucier de ce à quoi correspondent les zones occupées. L'algorithme a été conçu ainsi, suite à la séparation dans l'architecture entre les agents s'assurant du placement et du redimensionnement des informations (le *Media Allocator Agent* et le *Rendering Resolution Agent*) et l'agent s'occupant de déterminer l'état d'occupation de l'écran (Le *Presentation Agent*). La fusion entre ces trois agents aurait probablement limité une part des calculs et facilité certaines mises à jour d'informations.

6.4.2 Vers une nouvelle architecture basée sur la Pertinence

Dans l'architecture d'AMEBICA, présentée à la figure 6.1, le *Process Model Agent*, en relation avec l'ontologie du processus, détermine l'utilité d'une information du point de vue du système. Il exerce ainsi un certain filtrage des informations. L'utilité des informations du point de vue de l'opérateur n'est pas calculée. L'*Operator Agent* détermine l'état de l'opérateur et stocke éventuellement les préférences de ce dernier en matière de présentation. Cet agent donne les informations qu'il possède au *Rendering Resolution Agent*. Ce dernier détermine une liste des présentations possibles des *Media Agents* porteurs des informations à présenter, à partir des données qui lui sont communiquées par l'*Operator Agent* et par la *Human Factor Database*. C'est le *Media Allocator Agent*, qui décide finalement de la représentation finale des *Media Agents*, par rapport aux informations que lui communiquent le *Rendering Resolution Agent* et le *Presentation Agent*.

Ainsi, l'intégration des idées que nous avons développées dans le modèle conceptuel et le modèle formel, présentées dans les chapitres 3 et 4, n'est pas directe dans l'architecture d'AMEBICA.

Nous avons donc commencé à spécifier une architecture basée sur des agents pour intégrer une part plus importante des éléments de nos modèles actuels. Cette architecture correspondant à l'architecture d'un agent compositeur. Elle est présentée à la figure 6.14.

Au sein de cette architecture, les modèles de l'utilisateur, du domaine et de l'espace d'énonciation sont tous trois associés à deux agents. Un premier agent sert à manipuler et utiliser les représentations du modèle correspondant. Le deuxième agent gère les entrées et le dialogue avec les autres agents. Ainsi, par exemple, l'*Agent Utilisateur*, gère les entrées de l'utilisateur et les évalue au regard du modèle utilisateur par l'intermédiaire de l'*Agent Représentation de l'Utilisateur*. De même, le modèle du domaine est associé à un *Agent Domaine* et à un *Agent Représentation du Domaine* et le modèle de l'espace d'énonciation est associé à un *Agent Espace d'Énonciation* et à un *Agent Représentation de l'Espace d'Énonciation*.

Dans le modèle formel présenté au chapitre 4, la pertinence d'une ressource est évaluée à partir de son utilité et de son utilisabilité. L'utilité est évaluée à partir de l'importance par rapport au domaine et de l'importance par rapport à l'utilisateur. L'utilisabilité est évaluée à partir de l'importance énonciative par rapport au modèle de l'espace d'énonciation et de l'importance énonciative par rapport à l'utilisateur.

Ainsi, l'*Agent Domaine* donne une expression de la ressource et en évalue l'importance par rapport au modèle du domaine. L'*Agent Espace d'Énonciation* donne une expression des moda-

lités et leur importance énonciative. L'*Agent Utilisateur* donne les préférences thématiques et les préférences médiatiques de l'utilisateur. L'*Agent Pertinence* récupère ces différents éléments, et peut alors évaluer l'utilité, l'utilisabilité et la pertinence d'une ressource.

Ce calcul de la pertinence permet à l'*Agent Pertinence* de classer les ressources selon leur pertinence, et de faire créer des *Agents Information* par l'*Agent Fabrique d'Agents Information*¹³. Les *Agents Information* ont pour rôle d'assurer la présentation des ressources d'information à l'utilisateur. Ces agents communiquent entre eux pour réévaluer éventuellement l'utilité et l'utilisabilité de la ressource d'information dont ils sont porteurs, en fonction des autres ressources d'information qui sont ou qui vont être affichées. C'est une manière d'envisager la prise en compte de l'aspect *contexte d'énonciation* d'une ressource. Ils dialoguent avec l'*Agent Fournisseur de Ressource de l'Interface* qui a pour rôle de gérer les ressources de l'interface disponibles.

Cette nouvelle architecture essaie d'intégrer les concepts et outils que nous avons mis au point dans nos modèles théoriques. Pour en évaluer l'intérêt et la validité, il faudrait en proposer une implémentation qui sera probablement l'objet de travaux de recherche futurs.

¹³Cet agent correspond à l'utilisation de modèle de conception *Fabrique* (Gamma et al., 1995)

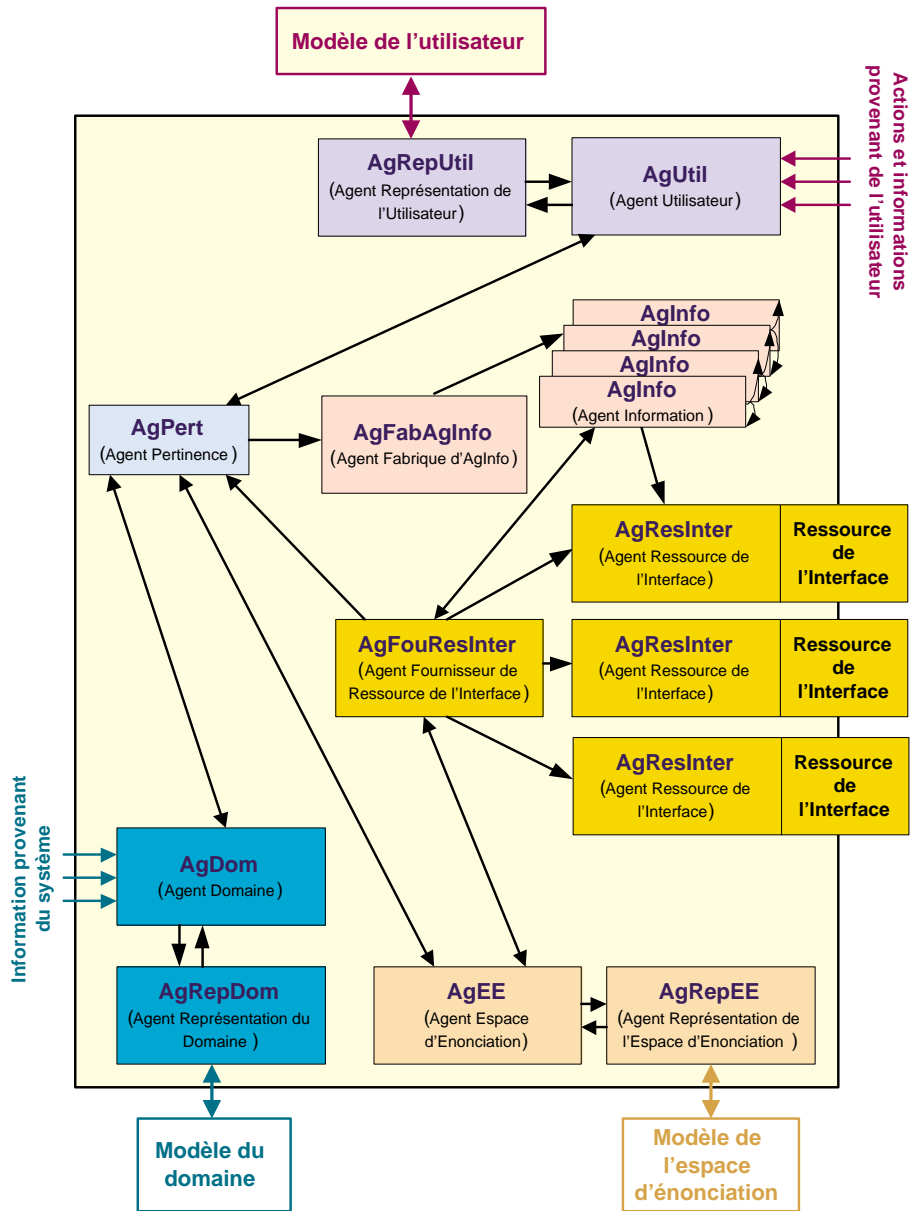


FIG. 6.14 – Une architecture possible pour l'Agent Compositeur (AC). Les flèches représentent la circulation des informations entre les agents.

6.5 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une architecture basée sur des agents, développée lors du projet AMEBICA. Nous avons présenté un bref état de l'art des travaux de recherche concernant la mise en œuvre d'agents dans le cadre de l'interaction homme machine. Nous avons de même évoqué un certain nombre de travaux concernant des techniques de visualisation de grands ensembles de données, proches ou similaires à celles utilisées dans AMEBICA.

Nous avons détaillé les fonctionnalités des agents de l'architecture. Notre travail a porté plus particulièrement sur un des agents, le *Presentation Agent* dont le rôle était de fournir à d'autres agents de l'architecture un état précis de l'utilisation des ressources de l'interface. Nous avons présenté l'algorithme que nous avons développé à cette fin.

Nous avons critiqué certains des aspects de l'implémentation du projet AMEBICA au regard de nos modèles théoriques plus récents. Du travail sur AMEBICA et des modèles que nous avons présentés dans les chapitres précédents, nous suggérons une architecture logiciel pour l'agent compositeur.

Conclusion générale

Nous sommes entrés dans une nouvelle ère : celle de l'information fluide. Ce nouveau concept implique d'autres tels que la stabilité ou l'instabilité des documents, ainsi que la génétique de document : au-delà de son éventuelle évolution propre permanente, un document peut donner le jour à d'autres d'abord liés à lui-même ; la pertinence de ceux-ci peut supplanter celle du document géniteur qui 'meurt' virtuellement.

(A. Heck, Facettes et challenges de l'évolution du traitement de l'information)¹⁴.

Ce mémoire présente nos travaux de recherche sur l'adaptation de la présentation des informations. Nous nous sommes intéressés à la définition d'une propriété, la pertinence, pour guider les décisions du système interactif assurant la composition de ressources d'information en un document utilisé par un opérateur, c'est-à-dire un humain engagé dans une tâche. Nous résumons l'apport de notre travail par rapport à cet objectif.

Contribution de la thèse

Notre travail en supervision industrielle nous a permis de mettre en exergue l'utilité d'adapter la présentation des informations dans certaines situations. En effet, la vitesse de fonctionnement cognitive de l'opérateur n'est pas toujours au diapason de la vitesse de fonctionnement du système supervisé. Quand ce dernier connaît des dysfonctionnements, l'opérateur peut être submergé d'informations ; sa charge de travail augmente alors et sa performance diminue.

Adapter la présentation ne résoud pas les dysfonctionnements du processus, mais permet de réduire la distance d'évaluation de l'opérateur. En effet, si l'opérateur n'a pas à fournir trop d'efforts pour percevoir les informations importantes et se construire une représentation de l'état du processus, il peut consacrer l'essentiel de ses efforts à la résolution du problème.

L'adaptation de la présentation peut être un moyen de réduire les efforts de perception et d'interprétation des utilisateurs. Pour que cette adaptation apporte une efficacité maximum, il est souhaitable que cela ne soit pas à l'utilisateur de la déclencher explicitement, mais le système interactif qui prenne la décision d'aider spontanément l'utilisateur quand ce dernier en a besoin. En effet, l'opérateur en situation de surcharge de travail n'aura pas nécessairement le temps ou la possibilité de déclencher une adaptation pour se faciliter le travail.

Se pose alors, pour le système interactif, la nécessité de réussir à déterminer l'utilité de son

¹⁴Ciel et Terre, numéro 102, 1996, pp.103-133, <http://vizier.u-strasbg.fr/~heck/ctinfo.htm> - URL consulté la dernière fois le 04/12/2002

action et de sa non action. De plus, un système autonome dont les actions ne sont pas explicites et manifestes, peut conduire les opérateurs qui l'utilisent à se construire une représentation fautive de son comportement. Cette opacité du système interactif peut conduire à des actions des opérateurs inadéquates et inconsistantes avec le fonctionnement de ce système et de leur tâche de supervision.

Le système interactif autonome doit donc agir de manière explicite et dans une perspective de coopération avec l'utilisateur. Cette démarche relève de l'initiative mixte, qui est une stratégie de collaboration entre des agents artificiels et des agents humains.

Ces différents constats nous ont conduits à proposer un modèle de la composition adaptative. Dans ce modèle, la composition est le fait d'un agent compositeur qui essaie de produire un document répondant au besoin d'un utilisateur, en fonction des ressources d'information dont il dispose, des contraintes liées à l'interface et aux exigences du domaine. Nous analysons ainsi une ressource d'information selon trois aspects complémentaires. L'analyse des ressources d'information nous a conduit à la définition de l'utilité, de l'utilisabilité et de la pertinence d'une ressource.

L'utilité d'une ressource correspond à la valeur de son contenu informationnel par rapport au domaine dont elle traite et par rapport aux préférences thématiques de l'utilisateur sur ce domaine. L'utilisabilité d'une ressource correspond à l'effort de perception et d'interprétation nécessaire de la part de l'utilisateur pour exploiter cette ressource. Cette utilisabilité dépend des choix de présentation de cette ressource d'information. La pertinence d'une ressource correspond à l'agrégation de ces deux propriétés, considérant les deux facettes nécessaires pour évaluer une ressource d'information dans son ensemble.

Nous avons proposé un modèle formel basé sur des éléments de logique floue, pour définir des outils d'évaluation de l'utilité et de l'utilisabilité d'une ressource. Ce modèle formel est encore incomplet et ne recouvre pas tous les aspects concernant l'utilité et utilisabilité d'une ressource d'information. Ainsi, dans ce modèle, l'*à-propos* de l'énonciation d'une information n'est pas pris en compte. Pour pallier cette limitation, nous proposons des modélisations de l'*à-propos* sur deux cas concrets. Nous montrons les liens possibles entre ces modélisations et le modèle formel.

Enfin, nous montrons, à travers la présentation de l'architecture de notre projet sur les interfaces industrielles, l'intérêt des systèmes multi-agents pour implémenter une interface adaptative. Notre critique des résultats obtenus, nous permet de suggérer des évolutions possibles de l'architecture, prenant en compte les aspects mis en avant dans nos modèles théoriques.

Perspectives

Le modèle formel que nous proposons doit encore être complété. Notamment, il est nécessaire d'établir un lien plus fort entre les modélisations de l'*à-propos* que nous proposons et les formalisations de l'utilité et de l'utilisabilité développées. Les modélisations de l'*à-propos* demanderaient également à être généralisées. De plus, certaines facettes du modèle conceptuel de la composition que nous proposons, ne sont pas encore complètement traduites au niveau du modèle formel. Il serait donc nécessaire de proposer une formalisation plus générale qui prendrait en compte le processus de composition dans son ensemble.

Les modèles que nous proposons pourraient bénéficier de techniques relevant de l'apprentissage, notamment pour mettre à jour et faire évoluer la représentation de l'utilisateur qu'exploite l'agent compositeur. Le modèle formel nous permet de nous ramener à des expressions des préférences de l'utilisateur sous forme de vecteurs (ou de tuples pouvant se ramener à des vecteurs). L'utilisation d'algorithmes génétiques ou de réseaux de neurones semblent assez di-

recte. De plus, les opérateurs définis dans le cadre des algorithmes génétiques pourraient fournir une source d'inspiration pour combiner, fusionner, sélectionner et créer de nouvelles ressources d'information. On pourrait donc non seulement envisager un processus de sélection et d'apprentissage, mais également un processus de production de ressources nouvelles.

Un autre aspect à considérer dans nos modèles est le passage de la pertinence d'une ressource d'information à la pertinence d'un document composé d'un ensemble de ressources d'information. Si un document est considéré comme une ressource d'information composite, il s'agit de déterminer si la pertinence de toutes les ressources d'information qui compose le document assure la pertinence globale du document. Ainsi, il s'agit de caractériser de manière plus précise la pertinence et de déterminer dans quelle mesure elle relève d'un effet émergent de la composition.

Ces dernières considérations peuvent être envisagées du point de vue de l'implémentation selon une perspective multi-agents. Les ressources d'information sont alors vues comme des agents qui coopèrent, se font concurrence et négocient pour maximiser leur pertinence et celle du document dont elles font parties. Le document composé apparaît alors comme une solution émergeant des négociations et décisions locales des agents.

Nous pensons que les modèles que nous proposons sont génériques. Afin de valider cette généralité, il serait intéressant de réaliser des applications dans des domaines d'application sortant du cadre de la supervision. Ainsi, les résultats de notre travail nous semblent exploitables dans le cadre d'environnement interactif d'apprentissage par ordinateur ou dans le contexte d'application à destination du grand public.

Ainsi, avec l'enseignement à distance, s'appuyant de plus en plus sur les nouvelles technologies de l'information, et concernant une population de plus en plus hétérogène de personnes désireuses de se former, la création d'outils facilitant la gestion de l'échange entre l'enseignant et l'étudiant devient une nécessité. Les étudiants veulent optimiser leur temps d'apprentissage et ont besoin d'outils pour les aider à cibler leurs recherches de ressources pédagogiques adaptées à leur besoin. Les enseignants ont besoin d'outils qui les aident à gérer leur nombreux étudiants et les différents manières que ces derniers peuvent utiliser pour communiquer avec eux.

De même, devant l'explosion du nombre de chaînes, de plus en plus spécialisées, offertes aux téléspectateurs, il devient urgent de proposer des outils à ces derniers pour les aider à naviguer, à choisir et à trouver les émissions qui les intéressent. Le téléspectateur d'aujourd'hui est dans une situation proche des bibliothécaires de Borges : il existe de nombreuses chaînes avec de nombreuses émissions pouvant potentiellement intéresser un téléspectateur, mais comment ce dernier peut-il arriver à les trouver, perdues qu'elles sont dans la masse ? Un système autonome peut l'aider en lui suggérant certaines pistes, en lui composant des programmes en accord avec ses contraintes temporelles et en l'aidant à naviguer à l'aide d'un même fil thématique.

En outre, avec l'informatisation toujours croissante des objets de la vie courante, par exemple les voitures, des systèmes assistants l'utilisateur et lui épargnant des actions ou des tâches de consultation inutile, peuvent s'avérer être une nécessité. Ainsi, un chauffeur engagé dans une tâche de conduite, peut bénéficier de l'assistance d'un système automatique pour l'aider à gérer l'utilisation d'un système de navigation par satellite ou à réguler les appels sur son portable en fonction de leur urgence et de sa situation de conduite.

Des documents qui évoluent de manière autonome, des systèmes anticipant les besoins de l'utilisateur qui l'assistent dans certaines de ses tâches et le suppléent dans d'autres, s'avèrent de précieux outils dans la société de l'information. Néanmoins, qui décide réellement de la *pertinence* d'une information ?

Notre travail est parti du constat de la nécessité d'aider l'opérateur à gérer les situations dans lesquelles il est submergé d'information pour éviter qu'il soit en surcharge de travail. Pour que

cette adaptation de la présentation apporte une aide réelle, nous définissons une stratégie d'interaction coopérative entre le système interactif et l'utilisateur. Pour guider les choix d'adaptation de la présentation, nous définissons trois propriétés pour caractériser une ressource d'information, l'utilité, l'utilisabilité et la pertinence qui est l'agrégation des deux propriétés précédentes.

L'utilité, l'utilisabilité et la pertinence reposent sur des représentations qui traduisent différents points de vue (le point de vue de l'utilisateur, le point de vue du concepteur du système, etc.). Les calculs permettant d'évaluer ces propriétés peuvent donner une prépondérance plus ou moins grande à l'un de ces points de vue. Se pose alors le problème de la confiance que l'utilisateur peut avoir dans un système adoptant ce mode de calcul de la pertinence. En effet, qui décide de la prépondérance d'un point de vue ou d'un autre ? L'utilisateur doit au moins pouvoir savoir quel point de vue est prépondérant pour pouvoir comprendre le comportement du système et avoir un regard critique sur les choix de ce dernier.

L'initiative mixte introduit une nouvelle manière d'envisager la relation homme machine. Dans ce cadre, notre notion de pertinence introduit une multiplicité de points de vue dans l'évaluation des informations. Les systèmes faisant preuve d'initiative pour adapter la composition des informations peuvent aider les utilisateurs en réduisant leur charge de travail. Néanmoins, pour atteindre une interaction fluide, si le système doit éviter d'entraîner la surcharge cognitive de l'utilisateur, il doit aussi veiller à éviter sa sous-charge de travail pour maintenir son engagement. Il n'est pas nécessairement *pertinent* que le système d'assistance devienne un système de suppléance.

Annexes

Annexe A

Principe de Coopération de Grice et maximes associées

Introduction

Cette annexe rappelle le principe de coopération et les maximes de la conversation associées telle que Paul Grice les énonce dans (Grice, 1967b; Grice, 1989; Grice, 1997a). Cette traduction française reprend celle donnée dans (Ludwig, 1997).

Principe de coopération

Que votre contribution conversationnelle corresponde à ce qui est exigé de vous, au stade atteint par celle-ci, par le but ou la direction acceptés de l'échange parlé dans lequel vous êtes engagé.

Maximes conversationnelles

- **Quantité** : il est attendu du locuteur qu'il donne toutes les informations nécessaires et uniquement les informations nécessaires.
 1. Que votre contribution contienne autant d'informations qu'il est requis.
 2. Que votre contribution ne contienne pas plus d'information qu'il n'est requis
- **Qualité** : il est attendu du locuteur qu'il dise la vérité ou du moins qu'il ait des preuves de ce qu'il énonce.
 1. N'affirmez pas ce que vous croyez être faux.
 2. N'affirmez pas ce pour quoi vous manquez de preuves.
- **Relation** : toute énonciation doit être pertinente par rapport au sujet de la discussion. En corollaire, cette règle pose la question de savoir ce qui peut légitimer un changement du sujet de la conversation.
 1. Soyez pertinent !
- **Modalité** : le locuteur doit éviter les ambiguïtés en présentant ce qu'il dit d'une manière structurée, claire et concise. Cette maxime concerne la manière dont les choses sont dites, non ce qui est dit, contrairement aux trois maximes précédentes.
 1. Evitez de vous exprimer avec obscurité.

2. Evitez d'être ambigu.
3. Soyez bref, c'est-à-dire ne soyez pas plus prolix que nécessaire
4. Soyez méthodique.
5. ...

Annexe B

Description et qualification d'une ressource

Description et qualification

A la suite de (Crampes, 2002), nous introduisons les notions de langage de description et d'ontologie pour décrire l'univers de référence U_r . L'objet de notre recherche n'est ni la théorie des langages ni les ontologies que nous n'utilisons que comme outil dans notre cadre de travail.

Description de l'univers de référence

Langage de description

Définition 49 Soit V un ensemble fini non vide appelé vocabulaire : $\forall i \in \mathbb{N}^*, \forall v_i \in V = \{v_1, \dots, v_i, \dots, v_n\}$. les v_i sont appelés lettres ou symboles. On nomme tout n -uplet construit sur V tout élément c de V^n une chaîne de longueur n : $c = (a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n)$ avec $a_i \in V$. La chaîne peut également se noter plus simplement $a_1 a_2 \dots a_i a_n$ ¹.

Définition 50 Un langage de description L_r sur l'univers de référence U_r est un sous-ensemble monoïde V^* associé à un vocabulaire V tel que, à un sujet $u \in U_r$ il est possible de faire correspondre un ou plusieurs éléments L_r .

Une description D_r de l'univers de référence U_r est la relation qui associe à tout élément u de U_r au moins un élément de L_r , un langage de description associé à D_r .

Définition 51 $D_r : U_r \rightarrow L_r$

$$\forall u \in U_r, D_r(u) = d_{Lu}, \text{ avec } d_{Lu} \in L_r$$

Expression descriptive

On considère une ressource e et $Exp_{elemObs}(u, e) = (u, Rep_{Obs}(u, e))$ une expression élémentaire associée. Une expression élémentaire descriptive $Exp_{descElem, Obs}$ est l'application qui au couple $(u, Rep_{Obs}(u, e))$ associe le couple $(D_r(u), Rep_{Obs}(u, e))$

¹Cette définition de vocabulaire est adaptée de la définition donnée dans (Jacquemin, 1994)

Définition 52 $Exp_{desc_{elem}, Obs} : U_r \times E \rightarrow L_r \times [0, 1]$

$$\forall u \in H_{Obs}, \forall e \in E, Exp_{desc_{elem}, Obs}(u, e) = (D_r(u), Rep_{Obs}(u, e)) \text{ avec } D_r(u) \in L_r$$

L'expression descriptive d'une ressource $Exp_{desc, Obs}$ associée au n -uplet des couples $(u_i, Rep_{Obs}(u_i, e))$, constituant l'expression de e , le n -uplet où chaque expression élémentaire de e a été remplacée par son expression élémentaire descriptive associée.

Définition 53 $Exp_{desc, Obs} : E \rightarrow (L_r \times [0, 1])^n$

$$\forall i \in \mathbb{N}^*, \forall u_i \in U_r, Exp_{desc, Obs}(e) = ((D_r(u_1), Rep_{Obs}(u_1, e)), \dots, (D_r(u_i), Rep_{Obs}(u_i, e)), \dots, (D_r(u_n), Rep_{Obs}(u_n, e)))$$

Parti pris descriptif

Le parti pris descriptif d'un observateur Obs , $PP_{desc_{Obs}}$ est l'application qui associe à un sujet u pour un observateur Obs l'ensemble des couples formés par la description du sujet $u \in H_{Obs}$ dans le langage L_r et de la valeur de $P_{v_{Obs}}(u)$:

Définition 54 $PP_{Obs} : U_r \rightarrow L_r \times [0, 1]$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall u_i \in U_r, PP_{Obs} = ((D_r(u_1), P_{v_{Obs}}(u_1)), \dots, (D_r(u_i), P_{v_{Obs}}(u_i)), \dots)$$

Ontologie sur l'univers de référence et qualification

Les ontologies ne sont pas l'objet de ce mémoire, ni de notre recherche mais sont des outils dont nous avons besoin dans le cadre de cette formalisation.

Définition d'une ontologie

Au sens étymologique, l'ontologie désigne l'étude de *l'être*, de *l'existence* (du grec *ontos*, être et *logos*, étude). Dans un cadre informatique, une ontologie désigne souvent une taxonomie des choses qui existent pour un système. Pour (Grüninger & Fox, 1995), une ontologie est une description formelle d'entités et de leur propriétés, relations, contraintes et comportement. Pour J. Sowa, une ontologie est un système de catégorie pour classifier et parler de choses qui sont supposées exister. La définition précise qu'il en donne et que nous retiendrons est la suivante.

Définition 55 *L'objet d'une ontologie est l'étude des catégories de choses qui existent ou peuvent exister dans un certain domaine. Le résultat d'une telle étude est une ontologie. C'est un catalogue des types de choses qui sont supposées exister dans un domaine d'intérêt D du point de vue d'une personne qui utilise un langage L pour parler au sujet de D . Les types de l'ontologie sont les prédicats, les significations des mots ou les concepts et types de relations du langage L quand il est utilisé pour parler des sujets du domaine D ²*

Par rapport à notre travail et les définitions proposées dans ce chapitre, dans cette définition du terme ontologie le domaine d'intérêt D correspond à l'univers de référence U_r , le langage L correspond au langage de description L_r et la personne qui utilise le langage L correspond à un observateur. Nous notons O_r l'ontologie associée au langage L_r et au domaine U_r . Par abus de

²cette définition est la libre traduction de la définition proposée à <http://www.jfsowa.com/ontology/index.htm>. Voir aussi (Sowa, 2001) que l'on peut trouver sur <http://www.jfsowa.com/ontology/guided.htm>.

langage, on dira que l'association de L_r et de O_r est un langage Ontologique O . On note o_i les éléments de O , les descriptions en langage ontologique.

Opérations sur les descriptions ontologiques

On considère $o_i, o_j \in O$, des descriptions ontologiques. On considère la relation binaire floue de similarité ³ $S_{\text{similarité}_O}$ sur O . Par définition $S_{\text{similarité}_O}$ est une relation floue symétrique, réflexive, et transitive max-min. On note f_{S_O} sa fonction d'appartenance associée

Définition 56 La relation $S_{\text{similarité}_O}$ vérifie :

$$\forall x \in X, f_{S_O}(x, x) = 1$$

$$\forall (x, y) \in (X \times X), f_{S_O}(x, y) = f_{S_O}(y, x)$$

$$S_{\text{similarité}_O} \supseteq S_{\text{similarité}_O} \circ S_{\text{similarité}_O}$$

f_{S_O} vérifie

$$\forall (o_1, o_3) \in O \times O, f_{S_O}(o_1, o_3) = \sup_{o_2 \in O} \min(f_{S_O}(o_1, o_2), f_{S_O}(o_2, o_3))$$

$S_{\text{similarité}_O}$ est telle que $f_{S_O}(o_1, o_2) = 1$ si et seulement si $o_1 = o_2$. On lui associe une distance d_{S_O} définie sur O et à valeurs dans $[0, 1]$ par :

$$\forall (o_1, o_2) \in O \times O, d(o_1, o_2) = 1 - f_{S_O}(o_1, o_2)$$

Qualification d'une ressource

La qualification d'une ressource e est l'expression descriptive $Exp_{\text{desc}, Obs}$ de e effectuée dans un langage ontologique O . On introduit les notions de qualification élémentaire et de qualification. On considère toujours une ressource e et $Exp_{\text{elem}, Obs}(u, e) = (u, Rep_{Obs}(u, e))$ une expression élémentaire associée. Une qualification élémentaire $q_{\text{elem}, Obs}$ est l'application qui au couple $(u, Rep_{Obs}(u, e))$ associe le couple $(o(u), Rep_{Obs}(u, e))$, avec $o(u)$ la description en langage ontologique O de $u \in U_r$.

Définition 57 $q_{\text{elem}, Obs} : U_r \times E \rightarrow O \times [0, 1]$

$$\forall u \in U_r, \forall e \in E, q_{\text{elem}, Obs}(u, e) = (o(u), Rep_{Obs}(u, e)) \text{ avec } o(u) \in O$$

La qualification d'une ressource q_{Obs} associée au n -uplet des couples $(u_i, Rep_{Obs}(u_i, e))$, constituant l'expression de e , le n -uplet où chaque expression élémentaire de e a été remplacée par sa qualification élémentaire associée dans le langage ontologique O associée.

Définition 58 $q_{Obs} : E \rightarrow (O \times [0, 1])^n$

$$\forall i \in \mathbb{N}^*, \forall u_i \in U_r, q_{Obs}(e) = ((o(u_1), Rep_{Obs}(u_1, e)), \dots, (o(u_i), Rep_{Obs}(u_i, e)), \dots, (o(u_n), Rep_{Obs}(u_n, e)))$$

Qualification du parti pris

La qualification du parti pris d'un observateur Obs , QPP_{Obs} est l'application qui associe à un sujet u pour un observateur Obs l'ensemble des couples formés par la qualification du sujet $u \in H_{Obs}$ dans un langage ontologique O et de la valeur de $P_{v_{Obs}}(u)$:

³voir (Bouchon-Meunier, 1994) ou se reporter à l'annexe D

Définition 59 $QPP_{Obs} : U_r \rightarrow (O \times [0, 1])^n$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall u_i \in H_{Obs}, PP_{Obs} = ((o(u_1), P_{v_{Obs}}(u_1)), \dots, (o(u_i), P_{v_{Obs}}(u_i)), \dots)$$

Opérations sur les qualifications

Réduction, extension et réarrangement d'une qualification

L'objet d'une réduction est l'élimination d'éventuelles redondances entre assertions ontologiques à l'intérieur d'une même qualification. Chaque assertion est comparée avec toutes les autres en utilisant la relation de similitude $S_{similitude_O}$; on ne garde alors que les assertions non similaires (en fonction des cas on peut garder que les assertions qui sont non exactement identiques ou fixés un seuil de similitude). Les points de vue associés sont fusionnés de différentes façons possibles, en fonction des besoins : on peut prendre le maximum ou le minimum des 2 points de vue, les 2 points de vue peuvent être multipliés (les 2 valeurs étant dans l'intervalle $[0, 1]$, on reste donc dans $[0, 1]$). Une fois qu'une qualification a été réduite, on peut l'étendre, c'est-à-dire augmenter le nombre de ses éléments jusqu'à une taille n fixée, en la complétant par des assertions ontologiques o_k associées la valeur 0. Enfin, on peut souhaiter réarranger les différents couples d'éléments d'une qualification pour que les assertions ontologiques soient ordonnées dans un certain ordre ; par exemple l'assertion o_l au rang 1, l'assertion o_m au rang 2, etc.

Vecteur de réel associé à une qualification

On définit de manière similaire à l'application $F_{vecteur}$ (cf. section 4.1.7), une application $F_{Q_{vecteur}}$ qui associe au n -uplet de couples $((o(u_1), P_{v_{Obs}}(u_1)), \dots, (o(u_i), P_{v_{Obs}}(u_i)), \dots)$

Définition 60 $F_{Q_{vecteur}} : (O \times \mathbb{R})^n \rightarrow (\mathbb{R})^n$

$$\forall i \in \mathbb{N}, \forall o_i \in O, \forall \gamma \in \mathbb{R}, F_{Q_{vecteur}}((o_1, \gamma_1), \dots, (o_i, \gamma_i), \dots, (o_n, \gamma_n)) = (\gamma_1, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_n)$$

Somme de deux qualifications

On considère 2 qualification q_1 et q_2 , réduites, étendues et réarrangées de sorte qu'elles aient même taille et que les assertions ontologiques identiques soient placées au même rang. On note + l'addition sur les qualifications.

Définition 61 $q_1 = ((o_1, \alpha_1), \dots, (o_i, \alpha_i), \dots, (o_n, \alpha_n))$ $q_2 = ((o_1, \beta_1), \dots, (o_i, \beta_i), \dots, (o_n, \beta_n))$
 $q_1 + q_2 = q = ((o_1, \gamma_1), \dots, (o_i, \gamma_i), \dots, (o_n, \gamma_n))$ avec $\gamma_i = \min(1, \alpha_i + \beta_i)$.

Soustraction de deux qualifications

On considère 2 qualification q_1 et q_2 , réduites, étendues et réarrangées de sorte qu'elles aient même taille et que les assertions ontologiques identiques soient placées au même rang. On note - la soustraction sur les qualifications.

Définition 62 $q_1 = ((o_1, \alpha_1), \dots, (o_i, \alpha_i), \dots, (o_n, \alpha_n))$ $q_2 = ((o_1, \beta_1), \dots, (o_i, \beta_i), \dots, (o_n, \beta_n))$
 $q_1 - q_2 = q = ((o_1, \gamma_1), \dots, (o_i, \gamma_i), \dots, (o_n, \gamma_n))$ avec $\gamma_i = \max(0, \alpha_i - \beta_i)$.

Multiplication par un réel d'une qualification

On considère une qualification q et un réel $\lambda \in [0, 1]$. On note \cdot la multiplication d'une qualification par un réel⁴.

Définition 63 $q = ((o_1, \alpha_1), \dots, (o_i, \alpha_i), \dots, (o_n, \alpha_n))$ $\lambda \cdot q = ((o_1, \gamma_1), \dots, (o_i, \gamma_i), \dots, (o_n, \gamma_n))$ avec $\gamma_i = \lambda \cdot \alpha_i$.

Produit scalaire de qualifications

On considère 2 qualifications q_1 et q_2 étendues de sorte qu'elles aient même taille. On note \times ce que nous appellerons un peu abusivement *produit scalaire sur les qualifications*⁵.

Définition 64 $q_1 = ((o_{1_1}, \alpha_1), \dots, (o_{1_i}, \alpha_i), \dots, (o_{1_n}, \alpha_n))$ $q_2 = ((o_{2_1}, \beta_1), \dots, (o_{2_i}, \beta_i), \dots, (o_{2_n}, \beta_n))$ $q_1 \times q_2 = q = \sum_{i,j} (\alpha_i \cdot \beta_j) d(o_{1_i}, o_{2_j})$ avec d une distance associée à une relation de similitude sur les assertions ontologiques (cf. section B).

Ce produit scalaire est très proche de celui que propose (Crampes, 2002). L'objet de ce calcul est de mesurer la distance entre deux ressources qualifiées, deux partis pris ou entre un parti pris et une ressource qualifiée. Dans ce dernier cas on parle d'intérêt d'une qualification. L'intérêt d'une qualification est donc dans ce cadre, le *produit scalaire* de la qualification d'une ressource du point de vue d'un observateur Obs_1 et de la qualification du parti-pris d'un observateur Obs_2 et rejoint l'intérêt d'une ressource introduit à la section 4.1.7 du chapitre 4.

⁴On se limite à une restriction à l'intervalle réel $[0, 1]$ comme précédemment, les valeurs étant prises par les différentes fonctions à valeurs réelles, comme la fonction point de vue restant dans l'intervalle $[0, 1]$

⁵Il est un peu abusif de parler ici de produit scalaire vu que nous ne travaillons pas vraiment sur des espaces vectoriels ou sur des structures mathématiques pour lesquels on peut définir et justifier un produit scalaire. Néanmoins, intuitivement cette dénomination peut se comprendre.

Annexe C

Relations temporelles de Allen

Un intervalle $I = [I^-, I^+]$, avec I^- début de l'intervalle I et I^+ fin de I et $I^- < I^+$. Soit I et J , deux *intervalles temporels*.

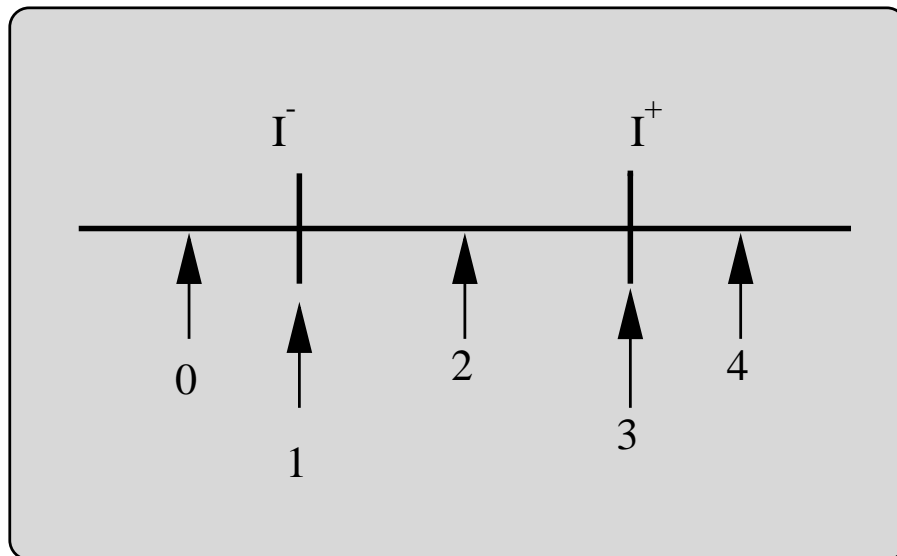


FIG. C.1 – Décomposition d'un intervalle I

La position d'un intervalle J par rapport à un intervalle I sera donné par un couple Position J^- , Position J^+ in $[0, 4]^2$. De plus, nous avons que Position $J^- \leq$ Position J^+ et que Position J^- impair \Rightarrow Position $J^- \neq$ Position J^+ . Les 13 relations temporelles de Allen sont donc :

1. **b** \rightarrow **Before**(I, J) : (Pos J^- , Pos J^+) = (0, 0) \leftrightarrow J est avant I.
2. **bi** \rightarrow **BeforeInverse**(I, J) : (Pos J^- , Pos J^+) = (4, 4) \leftrightarrow I est avant J.
3. **d** \rightarrow **During**(I, J) : (Pos J^- , Pos J^+) = (2, 2) \leftrightarrow J commence et se termine *dans* I.
4. **di** \rightarrow **DuringInverse**(I, J) : (Pos J^- , Pos J^+) = (0, 4) \leftrightarrow I commence et se termine *dans* J.

5. **e** → **Equal**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (1, 3) \leftrightarrow I$ et J commencent et se terminent en même temps.
6. **f** → **Finishes**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (2, 3) \leftrightarrow J$ commencent *dans* I et se termine au même moment ($J^+ = I^+$).
7. **fi** → **FinishesInverse**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (0, 3) \leftrightarrow I$ commencent *dans* J et se termine au même moment ($I^+ = J^+$).
8. **m** → **Meets**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (0, 1) \leftrightarrow J$ commence avant I et se termine au moment où I commence ($J^+ = I^-$).
9. **mi** → **MeetsInverse**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (3, 4) \leftrightarrow I$ commence avant J et se termine au moment où J commence ($J^- = I^+$).
10. **o** → **Overlaps**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (0, 2) \leftrightarrow J$ commence avant I et se termine *dans* J .
11. **oi** → **OverlapsInverse**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (2, 4) \leftrightarrow J$ commence avant I et se termine *dans* J .
12. **s** → **Start**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (1, 2) \leftrightarrow J$ commence en même temps que et se termine *dans* I ($J^- = I^-$).
13. **si** → **StartInverse**(I, J) : $(\text{Pos } J^-, \text{Pos } J^+) = (1, 4) \leftrightarrow I$ commence en même temps que et se termine *dans* J ($I^- = J^-$).

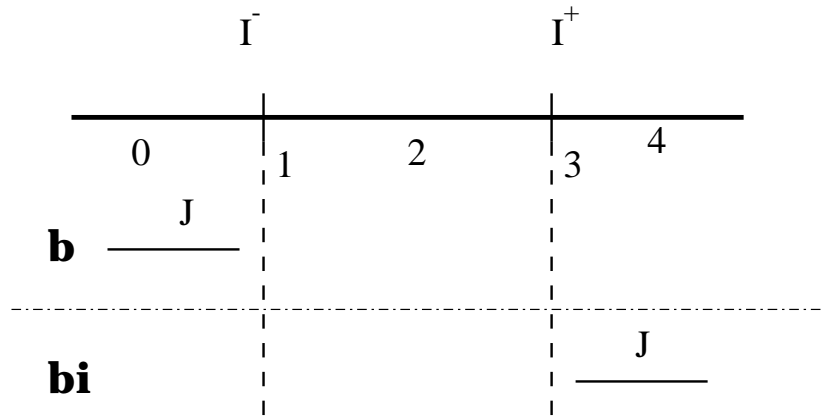


FIG. C.2 – Illustration de **b** et **bi**

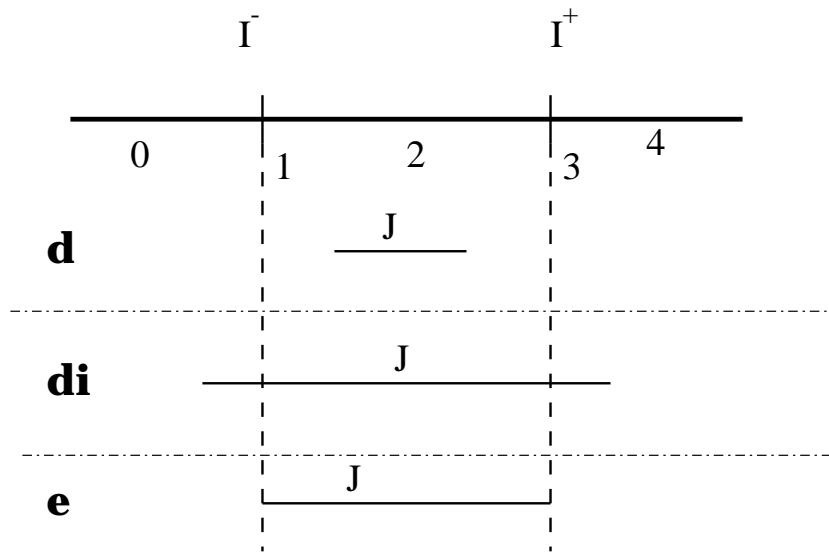


FIG. C.3 – Illustration de **d**, **di** et **e**

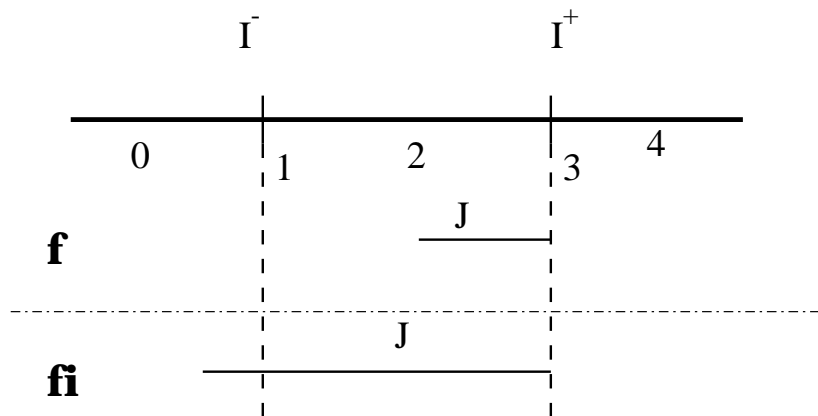


FIG. C.4 – Illustration de **f** et **fi**

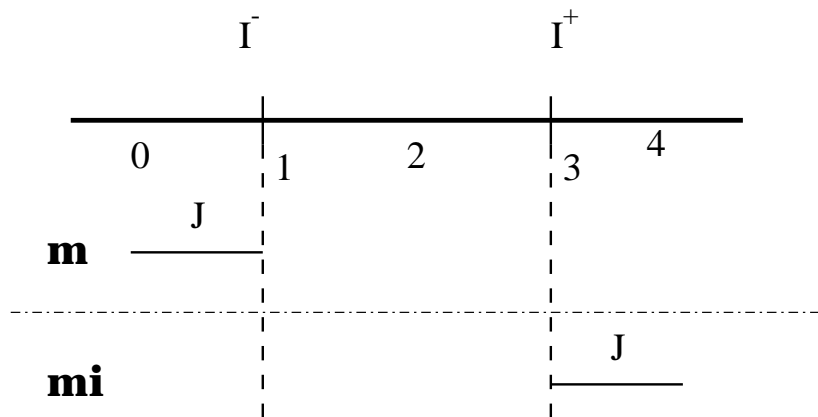


FIG. C.5 – Illustration de **m** et **mi**

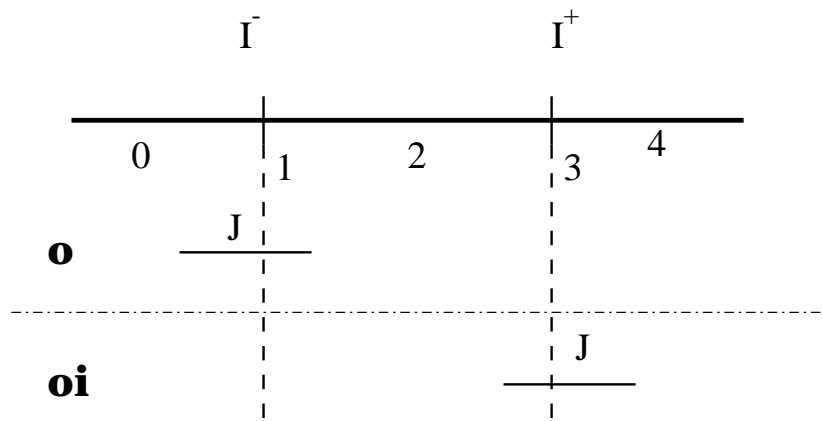


FIG. C.6 – Illustration de **o** et **oi**

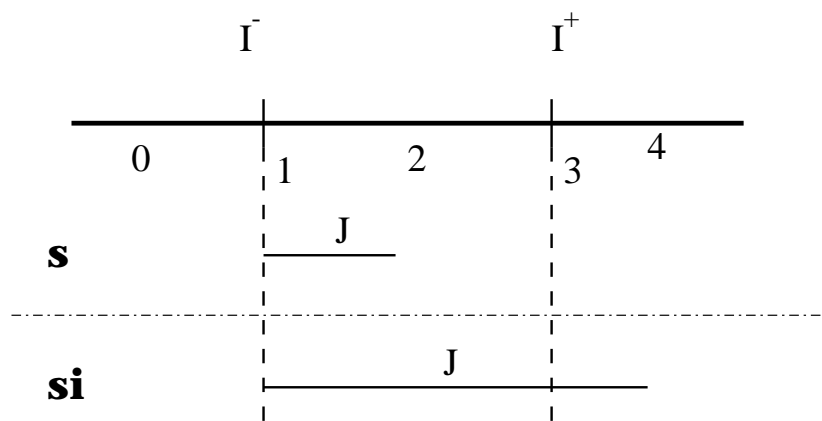


FIG. C.7 – Illustration de **s** et **si**

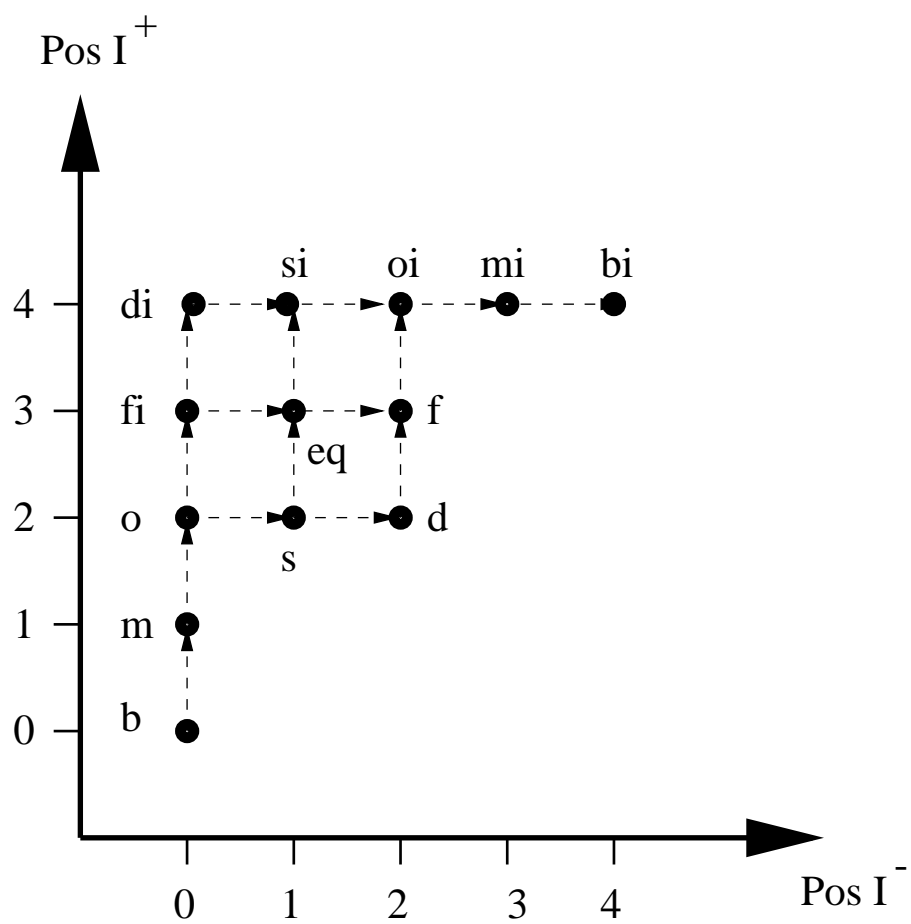


FIG. C.8 – Positionnement d'un intervalle J par rapport à un autre intervalle I

Annexe D

Quelques définitions et rappels de logique floue

Préambule

L'objet de cette annexe n'est pas de présenter de manière exhaustive la logique floue et ses principes. Il s'agit juste d'un rappel de quelques définitions et formules utilisées dans ce mémoire (principalement au chapitre 4, en vue de faciliter la compréhension des lecteurs non-familiers avec la logique floue sans que ces derniers aient nécessairement à se reporter à des livres spécialisés. Nous avons utilisées sur la logique floue les références (Bouchon-Meunier, 1993; Bouchon-Meunier, 1994; Bouchon-Meunier & Nguyen, 1996), et tout particulièrement (Bouchon-Meunier, 1994) dont sont issues la plupart des formules ci-dessous.

Sous-ensemble flou

Soit X un ensemble de référence. Un sous-ensemble *classique* A est l'ensemble des éléments de X qui vérifie une certaine propriété $Prop(A)$. Dans le cas où chaque élément de X ne vérifie pas absolument une propriété $Prop(B)$, mais la vérifie seulement avec un certain degré, on définira un sous-ensemble flou B , qui sera l'ensemble des éléments qui vérifieront avec un degré non nul la propriété $Prop(B)$: plus ce degré sera élevé pour un élément, plus cet élément *appartiendra* à ce sous-ensemble B . On définit ainsi un sous-ensemble B de X et on note $Prop(B)$ la propriété associée

Définition 65 *Un sous-ensemble flou B de l'ensemble X est défini par une fonction d'appartenance qui associe à chaque élément de x de X , le degré $f_B(x)$, compris entre 0 et 1 avec lequel x appartient à B : $f_B : X \rightarrow [0, 1]$.*

Caractéristiques d'un sous-ensemble flou

Support

Le support $Supp(A)$ d'un sous-ensemble flou A de X est la partie de X sur laquelle la fonction d'appartenance n'est pas nulle.

Définition 66 $Supp(A) = \{x \in X, f_A(x) \neq 0\}$

Hauteur

La hauteur $h(A)$ du sous-ensemble flou A de X est la plus grande valeur prise par sa fonction d'appartenance

Définition 67 $h(A) = \sup_{x \in X} f_A(x)$ Un sous ensemble flou A de X est normalisé si $h(A) = 1$.

Noyau

Le noyau $noy(A)$ du sous-ensemble flou A de X est l'ensemble des éléments de X pour lesquels la fonction d'appartenance de A vaut 1.

Définition 68 $noy(A) = \{x \in X, f_A(x) = 1\}$

Cardinalité

Définition 69 La cardinalité du sous-ensemble flou A de X (fini) est : $|A| = \sum_{x \in X} f_A(x)$

Opérations sur les sous-ensembles flous

Egalité

Définition 70 2 sous-ensembles flous A et B de X sont égaux si leurs fonctions d'appartenance prennent la même valeur pour tout élément de X : $\forall x \in X, f_A(x) = f_B(x)$.

Inclusion

Définition 71 Soient 2 sous-ensembles flous A et B de X , $A \subseteq B$ (A est inclus dans B) si leurs fonctions d'appartenance sont telles que : $\forall x \in X, f_A(x) \leq f_B(x)$.

Intersection

Définition 72 L'intersection de 2 sous-ensembles flous A et B de X est le sous-ensemble $C = A \cap B$ dont la fonction d'appartenance est telle que : $\forall x \in X, f_C(x) = \min(f_A(x), f_B(x))$, \min désignant l'opérateur de minimisation.

Union

Définition 73 L'union de 2 sous-ensembles flous A et B de X est le sous-ensemble $C = A \cup B$ dont la fonction d'appartenance est telle que : $\forall x \in X, f_C(x) = \max(f_A(x), f_B(x))$, \max désignant l'opérateur de maximisation.

Propriétés de l'intersection et de l'union

- A, B, B_1 et B_2 sont des sous-ensembles flous de X .
- \cup et \cap sont associatifs et commutatifs.
 - $A \cap X = A, A \cap \emptyset = \emptyset, A \cup X = X, A \cap \emptyset = A$
 - $(A \cup B) \supseteq A \supseteq A \cap B$
 - $A \cap (B_1 \cup B_2) = (A \cap B_1) \cup (A \cap B_2)$
 - $A \cup (B_1 \cap B_2) = (A \cup B_1) \cap (A \cup B_2)$
 - $|A| + |B| = |A \cap B| + |A \cup B|$

Complément

Définition 74 Le complément A^C d'un sous-ensemble flou A de X est défini comme le sous-ensemble flou de X tel que : $\forall x \in X f_{A^C}(x) = 1 - f_A(x)$

Propriétés liés au complémentaire

- A et B sont des sous-ensembles flous de X
- Lois de De Morgan :

α -coupe

Soit un sous-ensemble flou A d'un ensemble X , et un seuil $\alpha \in [0, 1]$. L' α -coupe associée à A est le sous-ensemble ordinaire A_α construit en sélectionnant tous les éléments de X qui satisfont la propriété $Prop(A)$ avec un degré au moins égal à α .

Définition 75 Pour un seuil donné $\alpha \in [0, 1]$, la α -coupe du sous-ensemble flou de A de X (ou sous-ensemble de niveau α) est défini comme le sous-ensemble $A_{\alpha} = \{x \in X, f_A(x) \geq \alpha\}$

Propriété 1 Soit A un sous-ensemble flou de X , si $\alpha_1 \geq \alpha_2$ alors $A_{\alpha_2} \supseteq A_{\alpha_1}$

- Soient A et B 2 sous-ensembles flous de X . Les α -coupes de ses sous-ensembles vérifient
- $(A \cap B)_\alpha = A_\alpha \cap B_\alpha$
 - $(A \cup B)_\alpha = A_\alpha \cup B_\alpha$
 - si $A \supseteq B$ alors $A_\alpha \supseteq B_\alpha$

Produit cartésien de sous-ensembles flous

Définition 76 Soient des sous-ensembles flous A_1, A_2, \dots, A_r , respectivement définis sur X_1, X_2, \dots, X_r , on définit leur produit cartésien $A = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_r$, comme un sous-ensemble flou de $X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_r$ de fonction d'appartenance : $\forall x = (x_1, \dots, x_r) \in X, f_A(x) = \min(f_{A_1}(x_1), \dots, f_{A_r}(x_r))$

Principe d'extension

Définition 77 Soit X et Y 2 ensembles de références. Etant donné un sous-ensemble flou A de X et une application φ de X vers Y , le principe d'extension permet de définir un sous-ensemble

flou B de Y associé à A par l'intermédiaire de $\varphi : \forall y \in Y f_B(y) = \sup_{x \in X/y=\varphi(x)} f_A(x)$ si $\varphi^{-1}(\{y\}) \neq \emptyset$ $f_B(y) = 0$ si $\varphi^{-1}(\{y\}) = \emptyset$

Règle compositionnelle

Définition 78 Etant donné trois ensembles de références X_1 , X_2 et X_3 à tout couple de sous-ensembles flous A de $X = X_1 \times X_2$ et B de $Y = X_2 \times X_3$, on fait correspondre un sous-ensemble flou C de $Z = X_1 \times X_3$, de fonction d'appartenance définie par : $\forall x_1 \in X_1, \forall x_3 \in X_3, f_C(x_1, x_3) = \sup_{x_2 \in X_2} \min(f_A(x_1, x_2), f_B(x_2, x_3))$

Relations floues

Définition de relations floues

Définition 79 Une relation floue R entre r ensemble de référence X_1, X_2, \dots, X_r , est un sous-ensemble flou de fonction d'appartenance f_R .

Si $r = 2$, est que $X_1 = X_2 = X$, alors une relation floue R sur les 2 univers X_1 et X_2 est une relation binaire floue définie sur X .

Définition 80 L'inverse de la relation floue R entre X et Y est la relation floue R^{-1} entre X et Y définie par : $\forall y \in Y, \forall x \in X, f_{R^{-1}}(y, x) = f_R(x, y)$

Composition de relations floues

Définition 81 La composition de 2 relations floues R_1 sur $X \times Y$ et R_2 sur $Y \times Z$ définit une relation floue $R = R_1 \circ R_2$ sur $X \times Z$ de fonction d'appartenance : $\forall (x, z) \in X \times Z, f_R(x, z) = \sup_{y \in Y} \min(f_{R_1}(x, y), f_{R_2}(y, z))$.

Propriétés des relations binaires floues

Relation floue symétrique

Définition 82 La relation binaire floue R est symétrique si elle vérifie : $\forall (x, y) \in (X \times X), f_R(x, y) = f_R(y, x)$

Relation floue réflexive

Définition 83 La relation binaire floue R est réflexive si elle vérifie : $\forall x \in X, f_R(x, x) = 1$

Relation floue transitive

Définition 84 La relation binaire floue R est transitive si elle vérifie : $R \supseteq R \circ R$

Définition 85 La relation binaire floue R est transitive max-min si la composition max-min de relation floue est utilisée : $\forall (x, z) \in X \times X, f_R(x, z) = \sup_{y \in X} \min(f_R(x, y), f_R(y, z))$

Relation floue antisymétrique

Définition 86 La relation binaire floue R est antisymétrique si elle vérifie : $\forall (x, y) \in (X \times X), (f_R(x, y) > 0 \text{ et } f_R(y, x) > 0) \Rightarrow x = y$

Relations de similarité

Une relation de similarité est une relation floue qui étend la notion de relation d'équivalence. C'est une relation qui est donc réflexive, symétrique et transitive max-min.

Définition 87 La relation R est une relation de similarité si elle vérifie : $\forall x \in X, f_R(x, x) = 1$
 $\forall (x, y) \in (X \times X), f_R(x, y) = f_R(y, x)$ $R \supseteq R \circ R$ avec la fonction d'appartenance f_R de la relation vérifiant $\forall (x, z) \in X \times X, f_R(x, z) = \sup_{y \in X} \min(f_R(x, y), f_R(y, z))$

Propriété 2 Pour tout seuil α choisi dans $]0, 1]$, la relation R_α de niveau α associée à une relation de similarité est une relation d'équivalence sur X .

Propriété 3 Si la relation de similarité R est telle que $f_R(x, y) = 1$ si et seulement si $x = y$ (f_R étant la fonction d'appartenance de la relation R), on peut lui associer une distance d définie sur X et à valeurs dans $[0, 1]$ par : $\forall (x, y) \in X \times X, d(x, y) = 1 - f_R(x, y)$ La distance d associée à une relation de similarité vérifie : $\forall (x, y, z) \in X \times X \times X, d(x, y) \leq \max(d(x, z), d(z, y))$.

Relations d'ordre floues

Les relations d'ordre floues correspondent à l'idée de préférence ou d'antériorité.

Définition 88 Un préordre floue est une relation binaire floue R réflexive et transitive. Elle vérifie $\forall x \in X, f_R(x, x) = 1$ et $R \supseteq R \circ R$.

Définition 89 Un relation d'ordre floue est une relation binaire floue est un préordre floue antisymétrique. Elle vérifie donc :

$$\forall x \in X, f_R(x, x) = 1 \quad R \supseteq R \circ R$$

$$\forall (x, y) \in (X \times X), (f_R(x, y) > 0 \text{ et } f_R(y, x) > 0) \Rightarrow x = y$$

Annexe E

Architecture logicielle des interfaces graphiques homme-machine

Modèles fonctionnels

Le modèle de SEEHEIM

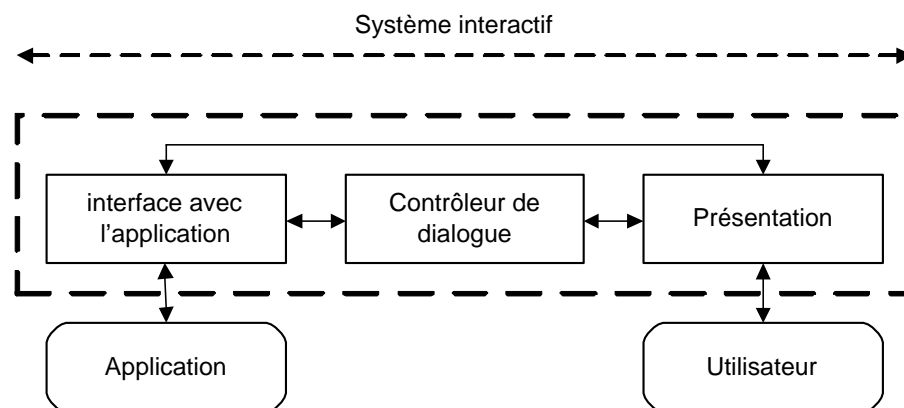


FIG. E.1 – Le modèle de Seeheim

Le modèle ARCH

Modèles d'implémentation de l'interface

Modèle MVC

Le modèle MVC (*Model-View-Controller* / Modèle-Vue Contrôleur) est un modèle qui est né avec le langage SmallTalk. MVC sépare distinctement les éléments relevant du noyau fonctionnel (le modèle) de ceux relevant de l'interface (la vue et le contrôleur) :

- **Le modèle.** Cette facette correspond aux objets abstraits du noyau fonctionnel. Quand un événement significatif se produit au niveau du modèle, la mise à jour est répercuté au niveau de toutes ses vues.

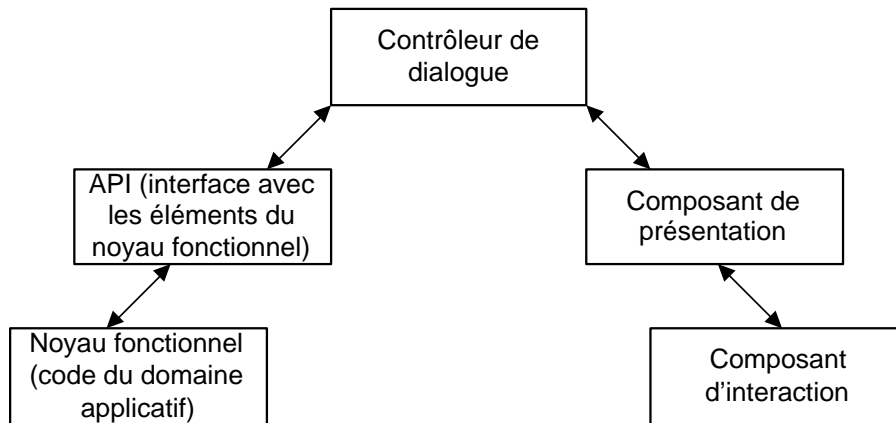


FIG. E.2 – Le modèle ARCH

- **La vue.** Cette facette concerne la partie de l'élément d'interface perceptible par l'utilisateur qui présente les informations issue du modèle.
- **Le contrôleur.** Cette facette prend en charge l'interaction de l'utilisateur avec l'élément d'interface.

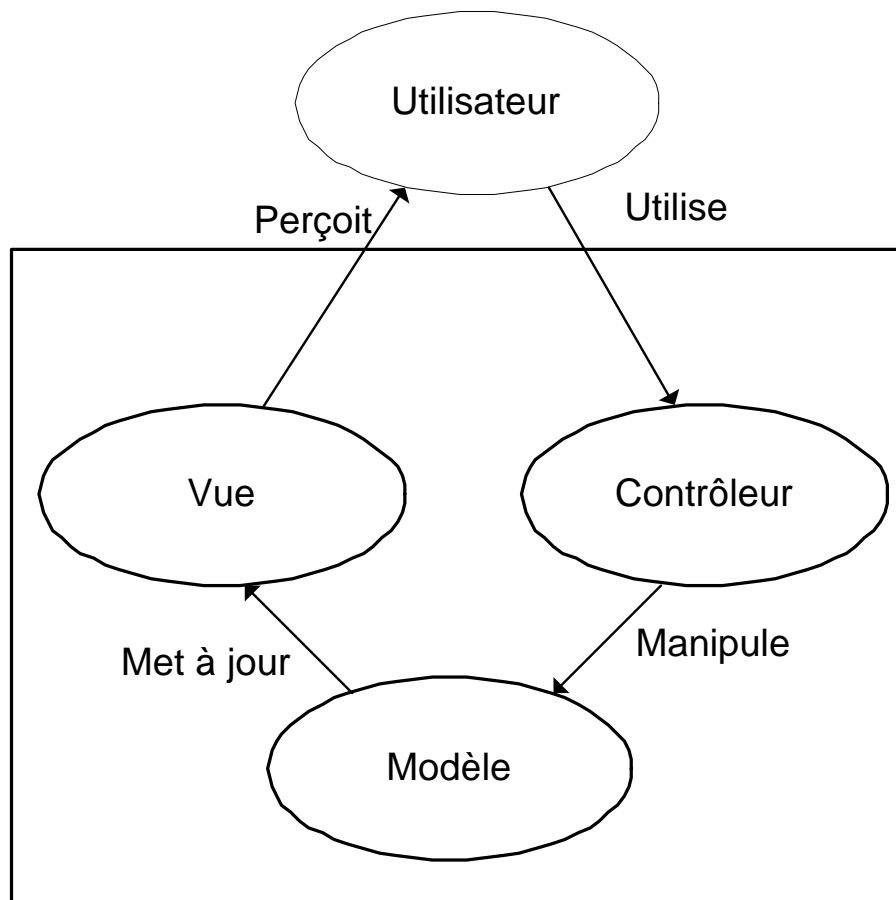


FIG. E.3 – Interactions des différents éléments du modèle MVC

Modèle PAC

Le modèle PAC est un modèle d'architecture logicielle dont l'entité de base est l'agent PAC (Coutaz, 1987; Coutaz, 1990). PAC est l'acronyme de *Presentation-Abstraction-Control* qui constitue les trois facettes de chaque agent :

- **Présentation.** La facette Présentation définit le comportement perceptible de l'agent, c'est-à-dire son image et les interactions qu'il est susceptible de recevoir.
- **Abstraction.** La facette Abstraction définit les concepts associés à l'agent et les fonctionnalités que ce dernier assure par rapport à ces concepts.
- **Contrôle.** La facette *Contrôle* assure la cohérence entre les deux facettes précédentes et gère les liens avec les autres agents

Un système interactif conçu en utilisant le modèle PAC est alors structuré comme une hiérarchie d'agents PAC (Nanard & Nanard, 2002a). Le modèle PAC a été fusionné avec le modèle ARCH pour donner le modèle PAC-Amodeus (Nigay, 1994; Coutaz & Nigay, 2001)

Annexe F

Classification des signes Chez C.S. Peirce

Introduction

L'objet de cette annexe est juste d'effectuer quelques rappels concernant la sémiotique de Peirce. Cette annexe se base sur (Marty & Marty, 1992; Peeters, 1995).

Caractéristiques du signe chez Peirce

Pour Peirce tout signe est triadique, c'est-à-dire qu'il nécessite la coopération de 3 entités qui sont le **Representamen** R (le signe en lui-même, ce qui représente), l'**Objet** O (ce qui est représenté) et l'**Interprétant** I qui produit leur relation. Il y a 2 déterminations successives : l'**Objet** O détermine le **Representamen** R, le **Representamen** R détermine l'**Interprétant** I, de sorte que I est déterminé par O à travers R.

Phanéroscopie

Peirce nomme phanéron un phénomène. Les éléments indécomposables des phénomènes sont les primans (qualités générales non matérialisées mais pouvant l'être comme les couleurs, les formes), les secondans (existants considérés dans leur capacité à s'opposer ou faits) et les tertians (lois, pensées médiatrices, habitus collectifs). Il y a donc 3 catégories d'éléments dans les phénomènes. Peirce nomme ces catégories *phanéroskopiques* ou *cénopythagoriciennes* ou encore *idéoscopiques*. Ce sont la Priméité (*Firstness*), la Secondéité (*Secondness*) et la Tiercéité (*Thirdness*). Effectuer la phanéroscopie d'un phanéron quelconque, c'est décomposer ce phanéron en phanérons élémentaires élémentaires : en qualités (sous leur aspect monadique), en existants et faits (sous leurs aspects dyadique) et en lois ou concepts gouvernant ces existants et ces faits (sous leur aspect triadique ou médiateur).

Phanérosopie du signe

Le tableau ci-dessous, issu de (Peeters, 1995), donne la décomposition du signe selon la phanérosopie Peircienne

	Priméité (Representamen)	Secondéité (Objet)	Tiercéité (Interprétant)
Priméité	Qualisigne	Icone	Rhème
Secondéité	Sinsigne	Indice	Dicisigne
Tiercéité	Légisigne	Symbole	Argument

TAB. F.1 – Décomposition du signe chez C.S Peirce

Les dix classes de signes possibles

Le tableau ci-dessous ici de (Marty & Marty, 1992) récapitule les différentes classes de signes possibles.

O détermine S qui détermine I	Dénomination
3 détermine 3 qui détermine 3	Argument
3 détermine 3 qui détermine 2	Symbole dicent
3 détermine 3 qui détermine 1	Symbole rhématique
3 détermine 2 qui détermine 2	Légisigne indexical dicent
3 détermine 2 qui détermine 1	Légisigne indexical rhématique
3 détermine 1 qui détermine 1	Légisigne iconique
2 détermine 2 qui détermine 2	Sinsigne indexical dicent
2 détermine 2 qui détermine 1	Sinsigne indexical rhématique
2 détermine 1 qui détermine 1	Sinsigne iconique
1 détermine 1 qui détermine 1	Qualisigne

TAB. F.2 – Les dix classes de signes possibles

Qualisigne (iconique rhématique)

Un est une qualité qui est un signe. Formellement un qualisigne est constitué par une relation triadique entre trois primans : l'un, le priman interprétant, unit les 2 autres par identification avec sa propre essence. C'est parce qu'un sentiment actuel produit par la perception du signe est équivalent (c'est-à-dire produit les mêmes effets) à un sentiment antérieurement produit par la perception de l'objet du signe, que l'interprétant connecte réellement le signe et son objet. C'est une pure possibilité qualitative positive qui ne pourra se matérialiser que dans un existant, c'est-à-dire dans un objet d'expérience.

Sinsigne iconique (rhématique)

Un sinsigne iconique est un objet d'expérience qui possède une qualité (ou un ensemble de qualités) dont la perception produit la présence à l'esprit d'un autre objet qui possède aussi

cette qualité (ou cette ensemble de qualités). Il matérialise un ou des qualisignes.

Sinsigne indexical rhématique

Un sinsigne indexical rhématique est un objet d'expérience directe qui dirige l'attention sur un autre objet avec lequel il est en connexion réelle.

Sinsigne (indexical) dicent

Un sinsigne indexical dicent est un objet d'expérience directe qui dirige l'attention sur un autre objet auquel il est réellement connecté au moyen de qualités communes et apporte de ce fait des informations sur les qualités que possède cet objet. Par rapport au sinsigne indexical rhématique, en plus de diriger l'attention le sinsigne dicent communique des informations concernant son objet. Ces informations sont relatives à un ou des constituants de cet objet.

Légisigne iconique (rhématique)

Un légisigne iconique est défini par la donnée d'un objet d'expérience et d'une loi qui prescrit les qualités de cet objet qui pourront susciter dans l'esprit l'idée d'un objet semblable (c'est-à-dire d'un objet qui possède ces qualités). cet objet d'expérience est un sinsigne iconique particulier appelé réplique du légisigne iconique.

Légisigne indexical rhématique

Un légisigne indexical rhématique est défini par la donnée d'un objet d'expérience et d'une loi qui prescrit par quelle connexion réelle cet objet dirigera l'attention sur un autre objet. Cet objet d'expérience est un sinsigne indexical rhématique d'un genre particulier appelé réplique du légisigne indexical rhématique.

Légisigne indexical dicent

Un légisigne indexical dicent est défini par la donnée d'un objet d'expérience et d'une loi qui prescrit par quelle connexion réelle cet objet dirigera l'attention sur un autre objet et par quelles qualités il apportera des informations sur cet objet. Cet objet d'expérience est un sinsigne indexical dicent d'un genre particulier appelé réplique du légisigne indexical dicent. Un légisigne indexical dicent renferme donc un légisigne indexical rhématique qui dénote le sujet de l'information en dirigeant l'attention sur lui et un légisigne iconique pour signifier l'information.

Symbole rhématique (légisigne)

Un symbole rhématique est défini par la donnée d'un objet d'expérience et d'une loi qui prescrit les qualités de cet objet qui sont conventionnellement associées à un concept général, c'est-à-dire à une classe d'existants ou de faits. Tout symbole rhématique renferme nécessairement un légisigne indexical rhématique et un légisigne iconique. Chacune de ses occurrences est un sinsigne indexical rhématique qui dirige l'attention sur le concept général qu'il représente. Il opère comme une sorte de pointeur dans la mémoire à long terme qui stocke les expériences en les catégorisant.

Symbole dicent (légisigne)

Un symbole dicent est défini par la donnée d'un objet d'expérience et de lois qui prescrivent les qualités de cet objet qui sont conventionnellement associées à des concepts généraux dont l'un est une classe de faits et les autres les classes d'existants concernés par ces faits. Un symbole dicent produit les effets suivants :

- il dirige l'attention, au moyen de sinsignes indexicaux rhématiques (des répliques de légisignes indexicaux rhématiques qu'il contient) sur des concepts généraux ou des individus.
- il montre que tous les existants qui *tombent* sous le concept sont dans une relation réelle représentée par un prédicat de valence convenable étiqueté par un signe (symbole rhématique) qui caractérise cette relation (un verbe).

Argument (légisigne symbolique)

Un argument est défini par la donnée d'un ensemble de symboles dicents appelé prémisses et d'une loi qui prescrit la coexistence de cet ensemble avec un ou plusieurs symboles dicents (appelés conclusions). Ces derniers sont relatifs à des classes d'existants et de faits explicitement ou implicitement représentées dans les prémisses.

Treillis des classes

Le dessin ci-après est issu de (Marty & Marty, 1992) et rappelle les relations entre les différentes classes de signes.

Définitions complémentaires

La classification des signes peut être encore affinée. Les travaux de Marty (Marty, 1990) notamment proposent de nombreux prolongements. Nous donnons quelques définitions supplémentaires sans trop les approfondir issu des travaux de Marty. ces définitions ont été prises dans (Marty & Marty, 1992).

Semiosis

Objet immédiat et interprétant immédiat

L'objet immédiat est l'objet *tel que le signe le représente*. Il correspond à l'interprétant immédiat qui est la détermination de l'esprit de l'interprète par les données premières sur l'objet du signe telles qu'elles lui parviennent dans la perception du signe.

Objet dynamique, interprétant dynamique et interprétant final

L'objet dynamique est le sujet de l'enquête, la rélité qui a déterminé le signe à être ce qu'il est, c'est-à-dire à avoir la capacité de produire un effet sur un interprète, cet effet étant distinct de sa simple présentation comme chose. L'objet dynamique est ce qu'on trouverait si on pouvait pousser l'enquête aussi loin qu'on le souhaitait pendant une durée indéterminée. Il lui correspond l'interprétant dynamique et l'interprétant final. Le premier est l'objet réellement produit dans

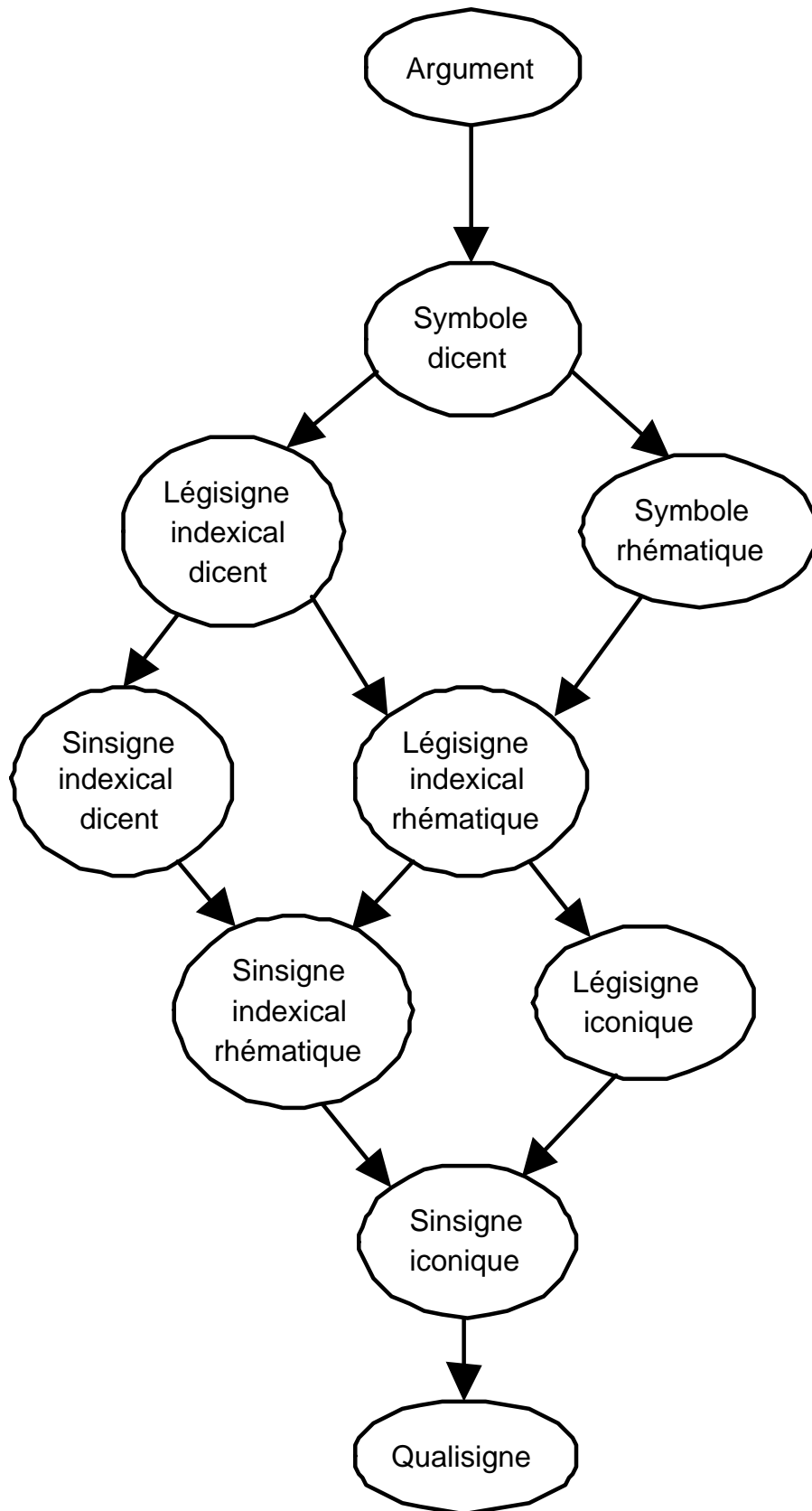


FIG. F.1 – Le treillis des classes de signes

l'esprit de l'interprète, l'effet réel que le signe produit au cours du développement de la sémiologie qu'il a déclenchée. Le second est cette sorte de trajectoire tirée sur l'avenir qui consiste à accepter le résultat de l'enquête sur cet objet, au terme d'un processus inférentiel plus ou moins stabilisé.

Inférence

Au sens classique une inférence est une opération logique qui permet de passer d'une proposition à une autre par déduction, induction, généralisation. Pour Marty c'est un acte de pensée qui met en oeuvre un argument. C'est donc une opération de l'esprit par laquelle on admet qu'un nouveau symbole dicent représente un objet en vertu de sa relation avec d'autres symboles dicents connus qui représentent ce même objet.

Argument déductif

Un argument déductif est un argument dans lequel la loi prescrit la coexistence absolue des prémisses et de la conclusion en garantissant que cette dernière est représentée dans les prémisses. C'est un signe qui dicte son objet à tout interprétant.

Argument inductif

C'est un type d'argument dans lequel la loi prescrit la coexistence probable des prémisses et de la conclusion en garantissant que cette dernière est plausiblement représentée dans les prémisses. C'est un signe qui recommande son objet à tout interprétant.

Argument abductif

C'est un type d'argument dans lequel la loi prescrit la coexistence possible des prémisses et de la conclusion en garantissant que cette dernière est potentiellement représentée dans les prémisses. C'est un signe qui suggère son objet à tout interprétant.

Sous-classes de signes

Pour Marty toutes les classes de signes peuvent être divisées en trois sous-classes. On obtient ainsi une tripartition des signes iconiques, des signes indexicaux et des signes symboliques.

Icône-image

Une icône-image est un signe qui représente un objet parce qu'il possède un ensemble de qualités que possède cet objet. La relation entre le signe et l'objet qui caractérise l'icône-image est établie grâce à une communauté de qualités. Il est clair que ces qualités sont sélectionnées dans le temps même de l'interprétation et que le contexte est déterminant dans ce choix. En effet, à priori, une chose qui possède une qualité ou un ensemble de qualités peut représenter tout autre objet possédant cette qualité ou cet ensemble de qualités. Le contexte apporte alors les éléments indexicaux qui guideront ce choix en limitant les possibilités.

Icône-diagramme

Une icône-diagramme est un signe qui représente son objet parce qu'il possède des dyades de qualités que possède aussi cet objet.

Icône-métaphore

Une icône-métaphore est un signe qui représente son objet parce qu'il possède des triades de qualités que possède aussi cet objet.

Index-trace

Un index-trace est un signe qui possède un ensemble de qualités que possède aussi son objet en vertu d'une connexion réelle avec celui-ci.

Index-empreinte

un index-empreinte est un signe qui possède des dyades de qualités que possède aussi son objet en vertu d'une connexion réelle avec celui-ci.

Index-indication

L'index-indication est un signe qui possède des triades de qualités que possède aussi son objet en vertu d'une connexion réelle avec celui-ci.

Symbole-emblème

un symbole-emblème est un signe dans lequel un ensemble de qualités est conventionnellement lié à un autre ensemble de qualités que possède son objet.

Symbole-allégorie

Le symbole-allégorie est un signe dans lequel une dyade de qualités est conventionnellement liée à une autre dyade de qualités que possède son objet.

Symbole-ecthèse

Le symbole-ecthèse¹ est un signe dans lequel une triade de qualités est conventionnellement liée à une autre triade de qualités que possède son objet.

¹L'ecthèse est un raisonnement de portée générale fait sur un cas particulier

Glossaire

A

Adaptabilité L'adaptabilité est une personnalisation du système sur intervention explicite de l'utilisateur. (Coutaz & Nigay, 2001).

Adaptativité L'adaptativité est la capacité du système à s'adapter sans intervention explicite de l'utilisateur.

AMEBICA AMEBICA signifie Auto-adaptive Multimedia Environment Based on Intelligent Collaborating Agents. AMEBICA est un projet Esprit qui s'est achevé en mars 2001. Ce projet a impliqué différents partenaires européens tant industriels qu'académiques : Elsag et Softeco (Italie), Iberdrola et Labein (Espagne), IFE (Norvège), l'Université de Loughborough (Royaume-Uni), le centre de Recherche d'Alcatel et le LGI2P (France). Les objectifs de ce projet étaient de construire des bases conceptuelles et de proposer une architecture générique pour faciliter le développement d'interfaces multimédias adaptatives pour la supervision industrielle. Il est attendu de telles interfaces qu'elles aident l'opérateur à mieux percevoir et s'appropriier les informations les plus importantes relativement au contexte.

B

BDI Le modèle BDI (Belief-Desire-Intention) est un modèle d'agent rationnel basé sur l'utilisation d'*états mentaux*. L'agent est modélisé comme ayant un certain nombre de croyances sur le monde (*Belief*), des buts qu'il cherche à atteindre (*Desire* et des intentions, vues comme ce qui le pousse à agir (*Intention*) (Bratman et al., 1988; Georgeff et al., 1997; Rao & Georgeff, 1991; Rao & Georgeff, 1992; Rao & Georgeff, 1995).

Brique d'Information Une Brique d'Information (BI) est un fragment de document disponible sous (au moins) un média, caractérisé par un modèle conceptuel, c'est-à-dire une représentation abstraite, et pouvant être inséré dans un document réel. Ces briques peuvent être composites, c'est-à-dire subdivisées en plusieurs sous-briques, sous réserve que les briques ainsi obtenues aient un modèle conceptuel consistant. La consistance traduit la cohérence de leur sémantique par rapport à la description du domaine auquel elle se réfère ainsi que la signification plausible de la brique. Définition issue du chapitre 4, page 81 de la thèse de Sylvie Ranwez (Chabert-Ranwez, 2000). Dans notre travail nous utilisons la notion de ressource d'information qui peut être vue comme le prolongement de la notion de brique d'information. Voir également les définitions de Document Réel, Document Virtuel, Composition.

C

Composition A partir d'un ensemble de ressources et d'un ensemble de modalités, le moteur de composition filtre et traite les ressources, les associe avec des modalités, les assemble et organise leur présentation dans l'espace d'énonciation pour en faire un document réel, en s'appuyant sur un modèle du domaine dont les ressources sont issues, un modèle de l'utilisateur et un modèle de l'espace d'énonciation. L'état de l'espace d'énonciation, c'est-à-dire la disponibilité des différents dispositifs physiques, et les interactions de l'utilisateur, auquel le document réel est présenté, sont également pris en compte. La composition désigne l'ensemble du processus et son résultat. Pour les distinguer on parle de processus de composition pour désigner le processus en lui-même et de composition pour le résultat.

D

Débit informationnel Dans le cadre de l'interaction homme-machine, le débit informationnel est la quantité de ressources d'information présentée à l'utilisateur par unité de temps, au cours de l'interaction.

Distance articulatoire La distance articulatoire correspond à l'effort nécessaire à l'opérateur pour élaborer la relation qui existe entre la signification de l'expression échangée avec le système et la forme de cette expression. Réduire cette distance permet de diminuer l'effort de planification dans l'élaboration des commandes ou dans l'interprétation des résultats (Nanard & Nanard, 2002b).

Distance d'exécution Dans la théorie de l'action de Norman (Norman, 1986), la distance d'exécution est l'effort, fourni par l'utilisateur, qui est nécessaire pour passer du but à l'expression de la commande (Nanard & Nanard, 2002b).

Distance d'évaluation Dans la théorie de l'action de Norman (Norman, 1986), la distance d'évaluation est l'effort, fourni par l'utilisateur, qui est nécessaire à l'interprétation de l'expression des résultats et à leur comparaison avec les buts (Nanard & Nanard, 2002b).

Distance opératoire La distance opératoire correspond à l'effort que doit fournir l'opérateur pour transmettre une commande ou pour percevoir un résultat (Nanard & Nanard, 2002b).

Distance sémantique La distance sémantique correspond à la différence entre le niveau d'abstraction offert par le langage d'interface et la représentation mentale que l'opérateur se fait de sa tâche. La réduction de cette distance permet de réduire les efforts intellectuels nécessaires à l'opérateur en utilisant des notions qui lui sont familières, tant pour lui permettre de s'exprimer que pour lui présenter des informations (Nanard & Nanard, 2002b).

Document réel Un document réel ou document énoncé est un document dont il est possible de prendre connaissance en l'état, c'est-à-dire sans traitement particulier de la part du lecteur. C'est un ensemble de ressources organisé et structuré de façon à former un message cohérent, dans le respect de contraintes imposées par la définition du domaine dont traite le document, par les contraintes de l'espace dans lequel le document est énoncé, et par les exigences et besoins de l'utilisateur. Un document réel est la concrétisation d'un document virtuel, la réduction des différents documents réels existant potentiellement dans un document virtuel, à un seul document. Voir également les définitions de Document Virtuel, Document réel statique, Document réel dynamique, Ressource, Composition.

Document réel dynamique Un document réel dynamique est un document dont certains éléments structurels et certains contenus peuvent évoluer durant la durée d'existence de ce document sans pour autant impliquer des changements profonds qui remettraient en cause l'intégrité et l'identité du document.

Document réel statique Un document réel statique est un document réel dont la structure et le contenu sont figés une fois que le document a été construit, pour toute la durée d'existence de ce document.

Document Virtuel Un Document Virtuel (DV) est un ensemble de ressources associées à des modalités, non ordonné à priori, associé avec des outils ou des techniques permettant la création de documents réels à partir de cet ensemble de ressources. L'ensemble de ces méthodes et techniques de création du document réel se nomme processus de composition. Si le processus de composition permet une adaptation de ce dernier à un (groupe de) lecteur(s) donné, le document virtuel est alors qualifié de Personnalisable (DVP). L'ensemble des outils et techniques qui permettent la création du document réel est appelé Moteur de Composition. Les fonctionnalités du moteur de composition peuvent au niveau de l'implémentation être centralisées ou distribuées. Voir également les définitions de Document Réel, Ressource, Composition, Moteur de composition.

Désignation directe La désignation directe est un type d'interaction dans lequel les seules actions que l'utilisateur peut faire sont de choisir parmi des propositions suggérées par le système et de guider ce dernier pour qu'il fasse les propositions adéquates. Définition issue de (Nanard & Nanard, 2002b).

E

Engagement L'engagement de l'utilisateur est une impression d'initiative ressentie par ce dernier, lorsqu'il perçoit son interaction comme une action qui modifie son environnement *informatique* perceptible, comme cela est le cas dans son environnement habituel. L'engagement s'oppose à l'effort de conceptualisation que doit faire un utilisateur concernant ses actions quand l'effet de ces dernières n'est pas immédiatement perceptible (Nanard & Nanard, 2002b).

Environnement cognitif Un environnement cognitif d'un individu est un ensemble de fait qui lui sont manifestes. ((Sperber & Wilson, 1986), p. 65). Un environnement cognitif mutuel est tout environnement cognitif partagé dans lequel est manifeste l'identité des individus qui partagent cet environnement. Dans un environnement cognitif mutuel, pour toute hypothèse manifeste, le fait que cette hypothèse soit manifeste pour les individus qui partagent cet environnement est lui même manifeste. En d'autres termes dans un environnement cognitif mutuel, toute hypothèse manifeste est mutuellement manifeste ((Sperber & Wilson, 1986), p. 70).

Espace d'énonciation L'espace d'énonciation est l'espace des modalités, dans lequel les documents sont perceptibles et manipulables par l'utilisateur. Cet espace, conformément à la définition d'une modalité que nous avons adopté, se décompose en un niveau logique (correspondant au langage d'interaction) et un niveau physique (correspondant au dispositif physique).

H

Heuristique Une heuristique est une stratégie de résolution de problèmes (Dortier, 1999).

Hypermédia Pour (Nanard & Nanard, 1999) le terme hypermédia désigne un ensemble de techniques mises en œuvre pour faciliter l'activité de lecture au moyen d'ordinateurs. La spécificité d'un document hypermédia est la présence d'une structure de navigation permettant au lecteur de passer d'une information à une autre (naviguer) par des liens (des relations perçues). L'adjectif hypermédia caractérise une façon d'organiser l'interaction entre un humain et l'information qu'il consulte en vue d'en faciliter la lecture : une interaction est hypermédia lorsque le lecteur désigne directement sur l'information présentée son centre d'intérêt désigné. Le lecteur ne lit plus séquentiellement comme sur un livre, il interagit avec un partenaire informatique qui lui délivre aussi vite que possible l'information souhaitée. Pour (Martin, 2001) un document hypermédia est un document hypertexte dans lequel les liens peuvent référencer non seulement d'autres documents hypertextes, mais aussi des documents contenant du son, des images, de la vidéo, etc.

Hypertexte Pour (Nanard & Nanard, 1999) hypertexte et hypermédia sont synonymes. Pour (Martin, 2001), un document hypertexte est un fichier de texte normal, mais contenant des liens vers d'autres parties du documents lui-même, soit vers d'autres documents.

I

Inférence Au sens classique une inférence est une opération logique qui permet de passer d'une proposition à une autre par déduction, induction, généralisation (Dortier, 1999). Pour (Marty & Marty, 1992), une inférence est une opération de l'esprit par laquelle on admet qu'un nouveau dicent représente un objet en vertu de sa relation avec d'autres symboles dicents connus qui représentent ce même objet (voir aussi l'annexe F).

Intentionnalité L'intentionnalité désigne cette propriété de l'esprit d'être *tourné vers* ou de *porter sur* des objets qui lui sont extérieurs, ou même qui n'existent pas. Toute représentation, tout désir, toute croyance est le produit de l'intentionnalité (Dortier, 1999).

Interacteur Un interacteur est un objet qui assure une unité d'interaction entre l'utilisateur et le système. Dans le cas d'une interface homme machine graphique, on parle d'interacteur graphique (Thévenin, 2001).

Interacteur de navigation Un interacteur de navigation est un système composé d'une vue sur un espace navigable et de zéro, un ou plusieurs outils de contrôle de navigation sur cet espace (Thévenin, 2001).

Interacteur de présentation Un interacteur de présentation a pour fonction de représenter un concept du domaine. Il en fournit une restitution auprès de l'utilisateur et lui permet éventuellement d'accomplir des tâches de manipulation de ce concept (Thévenin, 2001).

Interaction fluide Une interaction fluide est une interaction dans laquelle le débit informationnelle est maintenu dans une plage de valeur de telle sorte que la charge de travail de l'opérateur soit maintenue dans une plage de valeurs comprises entre la charge de travail minimum et la charge de travail maximum.

M

Manifesteté Un fait est manifeste à un individu à un moment donné si et seulement si cet individu est capable à ce moment-là de représenter mentalement se fait et d'accepter

sa représentation comme étant vraie ou probablement vraie ((Sperber & Wilson, 1986), p. 65).

Manipulation directe La manipulation directe est un paradigme d'interaction qui repose sur la *désignation directe* et sur l'utilisation de la *métaphore du monde réel*. L'environnement informatique ainsi perçu donne l'impression à l'utilisateur d'être un univers sur lequel ce dernier a prise. Définition issue de (Nanard & Nanard, 2002b).

Modalité Une modalité est le couple formé par un dispositif physique et un langage d'interaction. Un dispositif physique est un élément du système qui prend une information en entrée (par exemple le clavier ou la souris) ou produit une information en sortie (par exemple l'écran ou les haut-parleurs). Le langage d'interaction définit la structure de la représentation, c'est-à-dire les relations qu'entretiennent les différents éléments de la représentation (Coutaz et al., 1995; Nigay & Coutaz, 1996; Vernier, 2001).

Monoïde Un monoïde est un ensemble muni d'une loi de composition interne associative. Un monoïde libre ou unitaire est un monoïde possédant un élément neutre. Définition prise dans (Jacquemin, 1994).

Moteur de composition Un moteur de composition est l'entité logicielle abstraite regroupant l'ensemble des fonctionnalités nécessaires à la réalisation de la composition d'un document réel. Ces fonctionnalités sont réparties en trois catégories générales, celles ayant trait au traitement et à la sélection des ressources, celles concernant l'association des ressources avec une ou plusieurs modalités et celles assurant l'organisation et la présentation des informations en un document réel.

Métaphore du monde La métaphore du monde réel est la transposition du monde réel dans le monde informatique, qui consiste à représenter des objets informatiques sous une forme évoquant des objets du monde connu de l'utilisateur. Définition issue de (Nanard & Nanard, 2002b).

O

Ontologie L'ontologie est l'étude de *l'existence*. Une ontologie est un système de catégories pour classer et parler de choses qui sont supposées exister. L'objet d'une ontologie est l'étude des catégories de choses qui existent ou peuvent exister dans un certain domaine. Le résultat d'une telle étude est une ontologie. C'est un catalogue des types de choses qui sont supposées exister dans un domaine d'intérêt D du point de vue d'une personne qui utilise un langage L pour parler au sujet de D. Les types de l'ontologie sont les prédicats, les significations des mots ou les concepts et types de relations du langage L quand il est utilisé pour parler des sujets du domaine D. Une logique non interprétée, tel que le calcul des prédicats, les graphes conceptuelles ou KIF est *ontologiquement neutre* : aucune contrainte n'est imposée sur le sujet ou la manière dont il peut être caractérisé. En elle-même la logique ne dit rien sur rien, mais la combinaison de la logique avec une ontologie fournit un langage qui permet d'exprimer des relations entre des entités dans un domaine d'intérêt. Une ontologie informelle peut être spécifiée par un catalogue de types qui peuvent être non définis ou définis en langage naturel. Une ontologie formelle est spécifiée par une collection de nom pour les concepts et les types de relations, organisée selon un ordre partiel par la relation type/sous-type. En analysant plus finement, les ontologies formelles sont distinguées par la manière dont les sous-types sont distinguées de leur super-types : une ontologie axiomatisée distingue les sous-types par des axiomes et des définitions énoncés dans un langage formel, tel que la logique ou une notation pouvant se traduire en logique. Une ontologie basée sur des prototypes distingue les sous-types par une comparaison avec un membre typique

ou (prototype) pour chaque sous-type. Les ontologies de taille importante utilisent souvent un mélange des méthodes de définitions : des axiomes et définitions formelles pour les termes issues des mathématiques, des sciences physiques et des sciences de l'ingénieurs et des prototypes pour les plantes, les animaux et les objets de la vie courante. Cette définition est la libre traduction de la définition proposée par J. Sowa à l'URL <http://www.jfsowa.com/ontology/index.htm>.

Opérateur L'opérateur est l'humain qui a une ou plusieurs tâches à accomplir, une tâche se définissant dans ce cadre comme un objectif d'activités à réaliser dans un certain contexte et dans un certain réseau de contraintes (Sperandio, 2001).

P

Pertinence La Pertinence d'une ressource d'information est une fonction de deux facteurs. D'une part, elle est fonction croissante de l'utilité de cette ressource par rapport à la tâche ou par rapport aux objectifs de l'utilisateur. D'autre part, elle est également fonction croissante de l'utilisabilité de la ressource. L'utilisabilité peut être intuitivement compris dans cette définition comme l'inverse du coût nécessaire à l'appropriation et à l'interprétation de cette ressource par l'utilisateur.

R

Ressource d'information Une ressource (d'information) est une entité porteuse d'information sur un domaine de connaissance défini. Dans notre cadre de travail cette ressource est nécessairement une entité informatique : elle est identifiable de manière unique et est dans une forme manipulable par un ordinateur.

Restriction d'une fonction Restriction (d'une fonction à un ensemble) : Soit f une fonction définie sur un ensemble E , et A une partie de E . La restriction de f à A , notée f_A ou $f|_A$ est la fonction définie par $f_A(x) = f(x) \forall x \in A$.

Rupture de fluidité Si la charge de travail est exprimée comme la quantité de ressources d'information qu'un opérateur traite par unité de temps au cours d'une interaction, il est question de rupture de l'engagement quand cette charge de travail est en dessous d'un seuil nommé charge de travail minimum. Il est question de rupture de fluidité quand cette charge de travail est au-dessus d'un certain seuil, nommé charge de travail maximum. Les seuils de charge de travail minimum et de charge de travail maximum sont des seuils variant pour un même opérateur en fonction de différents paramètres liés à l'individu lui-même, à la situation et l'organisation du travail.

S

SRK Le modèle **SRK**, acronyme de *Skills Rules Knowledge*, est un modèle de fonctionnement de l'opérateur humain proposé par Rasmussen (Rasmussen, 1983). Il est détaillé dans ce mémoire au chapitre 2, à la section 2.1.2.1.

U

Usager L'usager est l'utilisateur d'un service (Sperandio, 2001).

Utilisabilité L'utilisabilité d'une ressource désigne la possibilité pour l'utilisateur de percevoir, d'interpréter et d'utiliser cette ressource. L'utilisabilité est fonction de l'aspect *modalité* de la ressource et de son aspect *contexte d'énonciation*.

- Utilisateur** L'utilisateur est l'humain qui est engagé dans une relation (le plus souvent une interaction) avec un système technique (Sperandio, 2001).
- Utilité** L'utilité d'une ressource est la possibilité d'atteindre un but visé ou d'accomplir une tâche (ou une partie essentielle d'une tâche) grâce à cette ressource. L'utilité est fonction de l'aspect *qualité* de la ressource et de son aspect *contexte d'énonciation*.

Index

- Agent Compositeur, 81
- Agent compositeur, 84
- AMEBICA, 1, 6, 13–16, 23, 25, 28, 30–32, 79, 106, 145, 146, 157
- Argument, 196
- ARI, 145
- Auto-composition, 79

- BDI, 144
- Brique d'information, 80

- Composition, 15, 16, 28, 32, 72, 79–82, 146

- Dispositif physique, 81
- Distance
 - articulatoire, 56, 57
 - d'exécution, 53, 56
 - d'évaluation, 53, 56
 - opérateur, 56, 57, 202
 - sémantique, 56
- Document
 - numérique, 79
 - réel, 80, 81
 - dynamique, 82
 - statique, 82
 - virtuel, 80, 81
 - virtuel personnalisable, 80, 81
- document
 - réel, 81

- EID, 49

- Horizon d'un observateur, 106, 107

- Initiative, 65, 66
 - mixte, 66
- Interface Homme Machine, 13

- Langage d'interaction, 81
- Légisigne
 - iconique, 195
 - indexical
 - dicent, 195
 - rhématique, 195

- Modalité, 81
- Modèle
 - de l'espace d'énonciation, 83
 - de l'espace d'énonication, 15
 - de l'utilisateur, 15, 83
 - du domaine, 15, 83
- monoïde, 171
- Moteur de composition, 81, 83, 84, 205

- Observateur, 106
- ontologie, 172

- Parti pris d'un observateur, 107
- Point de vue, 106
- Process Model Agent, 137, 145

- qualification, 173
 - élémentaire, 173
- qualisigne, 194

- Ressource, 81

- Seuil de représentativité, 109
- Sinsigne
 - iconique, 194
 - indexical
 - dicent, 195
 - rhématique, 195
- SRK, 14, 44, 206
- Symbole
 - dicent, 196
 - rhématique, 195

- Univers de Référence, 105

- vocabulaire, 171

Liste des publications

– Conférences internationales avec comité de lecture

Composition Through Agent Negotiation : A Step Toward Fluid Interface.

C. Vaudry, M. Crampes

ECAI2000, Berlin, Werner Horn (Ed.), IOS Press, pp. 636-640, Août 2000.

Adaptive User Interface for Process Control based on a Multi-Agent Approach.

A. Parodi, G. Viano, J. Alty, C. Khalil, I. Angulo, D. Biglino, M. Crampes, C. Vaudry, V. Daurensan, Ph. Lachaud.

AVI 2000, Italie.

AMEBICA : An Adaptive user interface for process control.

C. Vaudry, M. Crampes

IHM-HCI 2001, papier court, Vol. II, pp. 17-20, Lille, septembre 2001.

– Conférences nationales avec comité de lecture

Architecture Agents pour la Composition Adaptative.

C. Vaudry, M. Crampes.

NimesTIC2000, Nimes, septembre 2000.

AMEBICA : une interface adaptative pour la supervision industrielle

C. Vaudry et M. Crampes.

JIM 2001, pp. 78 - 84, Metz, juillet 2001.

Initiative-mixte dans les DVP : de la Pertinence à l'Adaptation.

C. Vaudry, S. Ranwez, A. Poulon, M. Crampes.

DVP 2002, Documents Virtuels Personnalisables 2002, Garlatti, S. et Crampes, M. (Co-ordonateurs), pp. 141-154, Juillet 2002, Brest.

Pertinence et composition dans la Communication Homme Machine. C. Vaudry, M. Crampes.

IHM 2002, Rencontres doctorales, Poitiers, Novembre 2002.

– Revue

Composition adaptative dans la supervision industrielle.

C. Vaudry, M. Crampes

A paraître dans RIHM en octobre 2002.

– **Posters**

Modèle de la composition multimédia adaptative dans l'interaction homme-machine.

C. Vaudry, M. Crampes

MFI 2001, Modèles Formels de l'Interaction, Volume III, B. Chaaib-Draa et P. Enjalbert (Eds.), pp.449-464, Toulouse, Mai 2001.

Forum de l'Equipe Multimédia et Interfaces Homme-Machines Adaptatives du LGI2P.

C. Vaudry, M. Crampes, S.Ranwez.

IHM'99, 11ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Montpellier, novembre 1999.

Forum du Groupe Connaissance et Complexité du LGI2P : Environnements Multimédias Adaptatifs.

C. Vaudry, S. Ranwez, M. Crampes, J. Montmain.

IHM-HCI 2001, Volume II, pp. 273-274, Lille, septembre 2001.

– **Rapport de recherche**

Modélisation de l'Utilisateur : Fluidité et Intentionnalité (MUFI). M. Crampes, S. Ranwez, C. Vaudry.

Rapport de Recherche LGI2P-EMA, Février 2002, RR02/G1/001, Nîmes, France.

Le Projet AMEBICA : présentation, bilan et perspective. C. Vaudry, M. Crampes.

Rapport de Recherche Interne LGI2P-EMA, juin 2002, RR02/ G1/009, Nîmes, France.

– **En cours de soumission**

Analyse de la pertinence d'une indexation portée par XML.

M. Crampes, S. Ranwez, M. Plantié, C. Vaudry

Soumis à Document Numérique, Hermès.

Références

- Allen, J. F. (1983). Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communications of the ACM*, 26(11), 832–843.
- Allen, J. F. (1994). Mixed-initiative planning position paper. ARPA Planning initiative workshop. <http://www.cs.rochester.edu/research/trains/mip/>.
- Allen, J. F. (1999). Mixed-initiative interaction. *IEEE Intelligent Systems*, (pp. 14–16).
- Alty, J., Bergan, M., Dolphin, C., & Schepens, A. (1993). Multimedia and process control : Some initial experimental results. *Computers and Graphics*, 17(3), 205–218.
- Alty, J., Elzer, P., Holst, O., Johannsen, s., & Savory, S. (1985). Litterature and user survey of issues related to man-machine interfaces for supervision and control systems.
- AMEBICA (1998). Amebica, auto-adaptative multimedia environment based on intelligent collaborating agents. Proposal for ESPRIT RTD in Information Technologies Domain 1 Area 4.
- Amebica (1999a). *AMEBICA Framework Software Design*. AMEBICA Task Report AMEBICA (ESPRIT 29172) WP3/T3.2-SOFTECO-DELIV/R32-V1.0, Sof-teco,Alcatel,IFE,LBORO,LGI2P.
- Amebica (1999b). *AMEBICA Framework Specification*. AMEBICA Task Report AMEBICA (ESPRIT 29172) WP3/T3.1-ALCATEL-DELIV/R31-V2.0, Alca-tel,IFE,LBORO,LGI2P,Softeco.
- André, E., Bauer, M., Dengler, D., Meyer, M., Müller, J., van Mulken, S., Gabriele, P., Rist, T., & Wahlster, W. (2000). Miau : Multiple internet agents for user-adaptive decision support. <http://www.dfki.de/imedia/miau/documents/miau-proposal/miau.htm>.
- André, E. et Rist, T. (2000). Presenting through performing : On the use of multiple animated characters in knowledge-based presentation system. In *Proceedings of IUI 2000*. <http://www.dfki.de/imedia/andre/>.
- André, E. (1997). Wip and ppp : A comparison of two multimedia presentation systems in terms of the standard reference model. *Computer Standards and Interfaces*, 18(6-7), 555–564. <http://www.dfki.de/imedia/andre/>.
- André, E. (2000). The generation of multimedia presentations. In R. Dale, H. Moisl, & H. Somers (Eds.), *A Handbook of Natural Language Processing : Techniques and Applications for the Processing of Language as Text* (pp. 305–327). Marcel Dekker Inc. <http://www.dfki.de/imedia/andre/>.
- André, E. & Rist, T. (1996). Coping with temporal constraints. Multimedia Presentation Planning, AAAI-96. <http://www.dfki.de/imedia/andre/>.
- Arnold, K. & Gosling, J. (1996). *Le langage Java*. International Thomson Publishing.
- Atkinson, R. & Shiffrin, R. (1968). Human memory : a proposed system and its control processes. In *Advances in the psychology of learning and motivation*, volume 2. New York : Spence, K.W. and Spence, J.T., Academic Press.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford : Clarendon Press.
- Baddeley, A. (1990). *Human Memory. Theory and Practice*. Londres : Laurence Erlbaum.

- Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working memory. In *The psychology of learning and motivation*, volume 8. New York : G.H Bower, Academic Press.
- Barrat, J.-P., Barrat, M., & Yves, L. (1993). Application de la logique floue : commande de la température d'un four. *Techniques de l'Ingénieur*, (R7-428).
- Bastien, J. C. & Scapin, D. L. (1993). *Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces*. Technical Report 156, INRIA, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique - Rocquencourt - France.
- Bederson, B. B. & Boltman, A. (1998). *Does Animation Help Users Build Mental Maps of Spatial Information?* Technical Report CS-TR-3964, UMIACS-TR-98-73, HCIL, Computer Science Department, Human-Computer Interaction Lab, University of Maryland, College Park, MD 20742. Available at <http://www.cs.umd.edu/hcil> and also in IEEE Info Vis 99, pp. 28 - 35.
- Bederson, B. B., Meyer, J., & Good, L. (2000). *Jazz : An Extensible Zoomable User Interface Graphics Toolkit in Java*. Technical Report HCIL-2000-13, CS-TR-4137, UMIACS-TR-2000-30, HCIL, Computer Science Department, Human-Computer Interaction Lab, University of Maryland, College Park, MD 20742. Available at <http://www.cs.umd.edu/hcil> and also in ACM UIST, pp. 171-180.
- Benkhannouche, S. (1996). *Aide à la supervision des processus industriels : vers une méthodologie de conception*. PhD thesis, Université Pierre et Marie Curie de Paris 13.
- Berliner, C., Angell, D., & Shearer, D. (1964). Behaviors, measures and instruments for performances evaluation in simulated environments. In *Symposium and Workshop on the quantification of Human Performance* Albuquerque, New Mexico.
- Biglino, D. & Mantoani, L. (1999). Auto-adaptive multimedia interface in elsag's distribution control system. Presented at 18th European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control Loughborough University, UK October 25th - 27th.
- Bonabeau, E., Theraulaz, G., & Dorigo, M. (1999). *Swarm Intelligence, From Natural to Artificial Systems*. Oxford University Press.
- Bordegoni, M., Faconti, G., Maybury, M., Rist, T., Ruggieri, S., Trahanias, P., & Wilson, M. (1997). A standard reference model for intelligent multimedia presentation systems.
- Bordegoni, M., Faconti, G., Rist, T., Ruggieri, S., Trahanias, P., & Wilson, M. (1996). *Intelligent Multimedia Presentation Systems : A Proposal of Reference Model*. Technical Report RAL-TR-96-011, CRLC, Rutherford Appleton Laboratory, Chilton, Didcot, OX11 0QX.
- Borges, J. L. (1941a). La bibliothèque de babel. In *Fictions* (pp. 71–81). Folio. Traduit de l'espagnol par P.Verdevoye, Ibarra et Roger Caillois.
- Borges, J. L. (1941b). Le jardin aux sentiers qui bifurquent. In *Fictions* (pp. 91–104). Folio. Traduit de l'espagnol par P.Verdevoye, Ibarra et Roger Caillois.
- Borges, J. L. (1975). Le livre de sable. In *Le livre de sable* (pp. 137–144). Folio. Traduit de l'espagnol par Françoise Rosset.
- Bouchon-Meunier, B. (1993). *La Logique Floue*. Presses Universitaires de France. Numéro 2702, collection 'Que sais-je?'
- Bouchon-Meunier, B. (1994). *La Logique Floue et ses applications*. Addison-Wesley France.
- Bouchon-Meunier, B. & Nguyen, H. T. (1996). *Les Incertitudes dans les Systèmes Intelligents*. Presses Universitaires de France. Numéro 6549, collection 'Que sais-je?'
- Boy, G. (1988). *Assistance à l'opérateur : Une approche de l'intelligence artificielle*. Teknea.
- Bratman, M. E., Israel, D. J., & Pollack, M. E. (1988). Plans and resource-bounded practical reasoning. *Computational Intelligence*, 4, 349–355.
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 87–110.

- Brézillon, P. (2002a). Hors du contexte, point de salut. Séminaire "Objets Communicants", Autrans, France.
- Brézillon, P. (2002b). *Modeling and using context : past, present and future*. Technical report, LIP6, Université Paris 6. <http://www.lip6.fr/reports/lip6.2002.010.html>.
- Brézillon, P., Naveiro, R., M., C., & Pomerol, J.-C. (2000). Sart : An intelligent assistant system for subway control. *Pesquisa Operacional*, 20(2), 247–268.
- Burstein, M. & McDermott, D. (1996). Issues in the Development of Human-Computer Mixed-Initiative Planning. In Gorayaska & Mey (Eds.), *In Search of A Human Interface* (pp. 285–303). North-Holland.
- Caelen, J. (1996). Définition et caractérisation des interfaces homme-machine. In O. F. des techniques avancées (Ed.), *Nouvelles Interfaces Homme-Machine* chapter 1, (pp. 31–43). Lavoisier.
- Caelen, J. (2001). Interaction multimodale pour la recherche d'information. In C. Kolski (Ed.), *Environnement évolués et évaluation de l'IHM* chapter 6, (pp. 174–205). Hermès.
- Calvary, G., Coutaz, J., & Thevenin, D. (2000). Embedding plasticity in the development process of interactive systems. In *Proceedings of the 6th ERCIM Workshop User Interfaces for All* Convitto della Calza, Florence, Italy. <http://ui4all.ics.forth.gr/UI4ALL-2000/index.html>.
- Calvary, G., Coutaz, J., & Thevenin, D. (2001a). Plasticité des interfaces : un processus d'adaptation et une mécanisme de changement de contexte. In *Actes de IHM-HCI 2001* Lille.
- Calvary, G., Coutaz, J., & Thevenin, D. (2001b). A unifying reference framework for the development of plastic user interfaces. In *EHCI'01, IFIPWG2.7 (13.2) Working Conference* Toronto.
- Carberry, S. (2001). Techniques for plan recognition. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 31–48.
- Card, S., Moran, T., & Newell, A. (1983). *The psychology of human computer interaction*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Caro, S. & Betrancourt, M. (2001). Ergonomie des documents numériques. *Techniques de l'Ingénieur*, (H7-220).
- Chabert-Ranwez, S. (2000). *Composition Automatique de Documents Hypermédia Adaptatifs à partir d'Ontologies et de Requêtes Intentionnelles de l'Utilisateur*. PhD thesis, Université de Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc.
- Charniak, E. (1991). Bayesian networks without tears. *AI Magazine*, 12, 50–63.
- Chin, D. N. (2001). Empirical Evaluation of User models and User-Adapted Systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 181–194.
- Clavier, J. (1998a). Théorie de l'information. application à la physique. *Techniques de l'Ingénieur*, (E3-084).
- Clavier, J. (1998b). Théorie de l'information. formalisation du concept. *Techniques de l'Ingénieur*, (E3-080).
- Cohen, R., Allaby, C., Cumbaa C., Fitzgerald, M., Ho, K., Hui, B., Latulipe, C., F., L., Moussa, N., Pooley, D., Qian, A., & Siddiqi, S. (1998). What is initiative? *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 8(3-4), 171–214. Printed in Netherlands.
- Combs, T. T. A. & Bederson, B. B. (1999). Does zooming improve image browsing? Available at <ftp://ftp.cs.umd.edu/pub/hcil/Reports-Abstracts-Bibliography/99-05.html> and also in ACM Digital Library Conference, pp. 130-137.
- Conklin, J. (1987). Hypertext : an introduction and survey. *IEEE Computer*, 20(9), 17–41.
- Cormen, T., Leiserson, C., & Rivest, T. (1990). *Introduction à l'Algorithmique*. Dunod.

- Coutaz, J. (1987). Pac, an implementation model for dialog design. In H. Bullinger & B. Shackel (Eds.), *Proceedings Interact'87 Conference* (pp. 431–436). Amsterdam, North-Holland.
- Coutaz, J. (1990). *Interfaces homme-ordinateur : conception et réalisation*. Paris : Dunod Informatique.
- Coutaz, J. (1993). *Software Architecture Modeling For User Interfaces*, (pp. 38–49). J. Marciniak, Wiley & Sons Pub.
- Coutaz, J. & Nigay, L. (2001). Architecture Logicielle Conceptuelle des Systèmes Interactifs. In C. Kolski (Ed.), *Analyse et Conception de l'IHM* chapter 7, (pp. 207–246). Hermès.
- Coutaz, J., Nigay, L., & Salber, D. (1995). Multimodality from the user and system perspectives. In *ERCIM'95 workshop on Multimedia Multimodal User Interfaces* Crete.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory : an integrated framework*. New York : Oxford University Press.
- Crampes, M. (1994). Eléments pour une modélisation de la communication multimédia. In *Actes de l'Interface des Mondes Réels et Virtuels* (pp. 345–355). Montpellier, France.
- Crampes, M. (1995). *Composition Multimédia dans un Contexte Narratif*. PhD thesis, Université de Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc.
- Crampes, M. (1997). Composition multimedia auto-adaptative et architecture agents. In *Interfaces 97. Communication Homme-Machine* Montpellier.
- Crampes, M. (1998). An agent-based adaptive program composer for the home tv of the future. ECAI-98, Workshop on AI/Alife and Entertainment.
- Crampes, M. (2002). *Auto-composition active et émergence du sens dans l'Interaction Homme-Machine sous contrainte*. PhD thesis, Habilitation à diriger les recherches spécialité informatique. Université de Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc.
- Crampes, M., Alty, J., & Khalil, C. (1999). *Conceptual Model Definition Part1 : Methods and Agent Ontology*. AMEBICA Task Report AMEBICA (ESPRIT 29172) WP1/T1.12-LGI2P-IFE-DELIV/R12-part2-V1.0, LGI2P - LBORO.
- Crampes, M. & Hollnagel, E. (1999a). *Conceptual Model Definition Part1 : Multimedia Ontology and Human Factor DataBase*. AMEBICA Task Report AMEBICA (ESPRIT 29172) WP1/T1.12-LGI2P-LBORO-DELIV/R12-part1-V1.0, LGI2P - IFE.
- Crampes, M. & Hollnagel, E. (1999b). *Conceptual Model Definition Part3 : Process Ontology*. AMEBICA Task Report AMEBICA (ESPRIT 29172) WP1/T1.12-LABEIN-DELIV/R12-part3-V1.0, LABEIN.
- Crampes, M., Ranwez, S., Plantié, M., & Vaudry, C. (2002a). Analyse de la pertinence d'une indexation portée par xml. Soumis à Document Numérique, Hermès en juin 2002.
- Crampes, M., Ranwez, S., & Vaudry, C. (2002b). *Modélisation de l'Utilisateur : Fluidité et Intentionnalité (MUFI)*. Rapport de Recherche Interne LGI2P-EMA RR02/G1/001, LGI2P, Centre de Recherche EERIE, LGI2P, EMA, Nimes, France.
- Czerwinski, M., Cutrell, E., & Horvitz, E. (2000). Instant messaging : effects of relevance and time. In S. Turner & P. Turner (Eds.), *People and Computers XIV : Proceedings of HCI 2000*, volume 2 (pp. 71–76). British Computer Society.
- Daniellou, F. & Naël, M. (1995). Ergonomie. *Techniques de l'Ingénieur*, (T3-100).
- De Bra, P. (1999). Design issues in adaptive web-site development. In *Proceedings of Second Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the WWW*.
- Dortier, J.-F., Ed. (1999). *Le cerveau et la pensée*. Editions Sciences Humaines.
- Dubois, D. & Prade, H. (2000). Les ensembles flous en science et ingénierie de l'information. *Technique et Sciences Informatiques*, 19, 203–215.
- DVP2002 (2002). *DVP 2002*, Brest. Garlatti, Serge and Crampes, Michel.
- Eco, U. (1980). *Le nom de la rose*. Le Livre de Poches.

- Ferber, J. (1997). *Les Systèmes Multi-Agents*. InterEditions.
- Fisher, G. (2001). User Modeling in Human-Computer Interaction. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 65–86. <http://umuai.informatik.uni-essen.de/fischer-umuai-2001.pdf>.
- Fodor, J. A. (1986). *La modularité de l'esprit, Essai sur la psychologie des facultés*. Les éditions de Minuit. Traduction française par Abel Gerschenfeld de *The Modularity of Mind, An essay on faculty psychology*.
- Forgy, C. (1982). Rete : A fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problem. *Artificial Intelligence*, 19, 17–37.
- Fraïssé, S. (1999). *Ingénierie hypermedia, prendre en compte le retour expérimental et l'incrémentalité dans le processus de conception*. PhD thesis, Université de Montpellier II.
- Frederking, R. (1996). Grice's maxims : do the right thing.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., & Vlissides, J. (1995). *Design Patterns*. Addison-Wesley.
- Gaver, W. W. (1991). Technology affordances. In *Proceedings of CHI 1991*.
- Gentil, S. (1997). Intelligence artificielle appliquée à l'automatique. *Techniques de l'Ingénieur*, (R7-215).
- Georgeff, M., Pell, B., Pollack, M., Tambe, M., & Wooldridge, M. (1997). The belief-desire-intention model of agency.
- Ghiglione, R. & Richard, J.-F., Eds. (1999). *Cours de psychologie, Tome 1 : origines et bases*. Dunod.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. New York : Houghton Mifflin.
- Gineste, M.-D. & Le Ny, J.-F. (2002). *Psychologie cognitive du langage*. Paris : Dunod.
- Gonzales, C. & Wuillemin, P.-H. (1998). Réseaux bayésiens en modélisation d'utilisateurs. *Sciences et Techniques éducatives*, 5(2).
- Graf, W. (1995). The constraint-based layout framework laylab and its applications. In *Electronic proceedings of ACM Workshop on Effective Abstractions in Multimedia* San Francisco, California.
- Graf, W. (1996). Towards a Reference Model for Intelligent Multimedia Layout. In G. Facconti & T. Rist (Eds.), *Proceedings of ECAI'96 Workshop Towards a Standard Reference Model for Intelligent Multimedia Presentation Systems*. Bathori u. 16, H-1054 Budapest : ECAI'96 - J.von Neumann Computer Society.
- Grice, P. (1957). *Meaning*, (pp. 213–223). Harvard University Press : Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Grice, P. (1967a). *Further Notes on Logic and Conversation*, (pp. 41–57). Harvard University Press : Cambridge, Massachusetts, London, England. Revised version of the William James lectures given by Paul Grice in 1967 at Harvard University.
- Grice, P. (1967b). *Logic and Conversation*, (pp. 22–40). Harvard University Press : Cambridge, Massachusetts, London, England. Revised version of the William James lectures given by Paul Grice in 1967 at Harvard University.
- Grice, P. (1967c). *Some Models for Implicature*, (pp. 138–143). Harvard University Press : Cambridge, Massachusetts, London, England. Revised version of the William James lectures given by Paul Grice in 1967 at Harvard University.
- Grice, P. (1989). *Studies in the Way of Words*. Cambridge, Massachusetts, London, England : Harvard University Press.
- Grice, P. (1997a). Logique et conversation. In P. Ludwig (Ed.), *Le Langage (textes choisis et présentés par Pascal Ludwig)* (pp. 183–187). Garnier Flammarion. Recueil de textes et d'extraits d'article dans la collection Garnier Flammarion Corpus.

- Grice, P. (1997b). Meaning. In P. Ludwig (Ed.), *Le Langage (textes choisis et présentés par Pascal Ludwig)* (pp. 177–179). Garnier Flammarion. Recueil de textes et d'extraits d'article dans la collection Garnier Flammarion Corpus.
- Grimstad, T. et Kaarstad, M. (1999). *AMEBICA Usability Evaluation Methodology*. AMEBICA Task Report AMEBICA (ESPRIT 29172) WP3/T3.1-IFE-DELIV/R13-V1.1, IFE.
- Grislin-Le Strugeon, E., Adam, E., & Kolski, C. (2001). Agents intelligents en interaction homme-machine dans les systèmes d'information. In C. Kolski (Ed.), *Environnements évolués et évaluation de l'IHM* chapter 7, (pp. 207–248). Hermès.
- Grüninger, M. & Fox, M. (1995). Methodology for the design and evaluation of ontologies. Departement of Industrial Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada M5S 1A4.
- Guibas, L. & Stolfi, J. (1989). *Ruler, Compass, and Computer : The Design and Analysis of Geometric Algorithms*. Technical report, Digital Systems Research Center.
- Gurney, J., Purang, K., & Perlis, D. (1996). Updating discourse context with active logic.
- Heckerman, D. (1995). *A Tutorial on Learning with Bayesian Networks*. Technical Report MSR-TR-95-06, Microsoft Research - Advanced Technology Division, Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond WA98052. Revised November 1996.
- Hollnagel, E. (1998). Control versus dependence : Striking the balance in function allocation. *CSERIAC GATEWAY*, 9(4), 12–13.
- Höök, K. (1997). Steps to take before iui becomes real. Workshop *The reality of intelligent interface technology* in Edinburgh. <http://www.sics.se/~kia/papers/>.
- Höök, K., Karlgren, J., Wærn, A., Dahlbäck, N., Jansson, C. G., Karlgren, K., & Lemaire, B. (1995). A glass box approach to adaptive hypermedia.
- Horvitz, E. (1999a). Principles of mixed-initiative user interface. In *CHI'99 conference proceedings, ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* Pittsburgh PA : ACM Press.
- Horvitz, E. (1999b). Uncertainty, action, and interaction : In pursuit of mixed-initiative computing. *Intelligent Systems*.
- Horvitz, E. & Barry, M. (1995). Display of information for time-critical decision making. In *Proceedings of the Eleventh Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence* Montreal.
- Horvitz, E., Breese, J., Heckerman, D., Hovel, D., & Rommelse, K. (1998). The lumiere project : Bayesian user modeling for inferring the goals and needs of software users. In *Proceedings of the Fourteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*.
- Horvitz, E., Breese, J., & Henrion, M. (1986). *Decision Theory in Expert Systems and Artificial Intelligence*. Technical report, Microsoft Research Center.
- Ishizaki, S. (1997). Multiagent model of dynamic design : Visualization as an emergent behaviour of active design agents. In Huhns & Singh (Eds.), *Readings in Agents*. MMC 110 - Pittsburg - PA 15213 : Morgan Kaufman Publisher.
- Jacquemin, C. (1994). *Logique et mathématique, pour l'informatique et l'I.A.* Masson.
- Kahneman, d. & Tversky, A. (1999). La peur et le goût du risque, dossier hors série, "les mathématiques sociales".
- Kandogan, E. & Shneiderman, B. (1996). Elastic Windows : Improved Spatial Layout and rapid multiple window operations. In ACM (Ed.), *Proceedings of the Workshop on Advanced Visual Interfaces* (pp. 29–38). : ACM.
- Kandogan, E. & Shneiderman, B. (1997). Elastic windows : Evaluation of multi-window operations. In *ACM SIGCHI 97 Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Karagiannidis, C., Koumpis, A., & Stephanidis, C. (1995). Supporting adaptivity in intelligent user interfaces : The case of media and modalities allocation. In *Proceedings of the 1st ERCIM Workshop on User Interface for All* Heraklion, Crete, Greece.

- Karagiannidis, C., Koumpis, A., & Stephanidis, C. (1996). Deciding what, when, why and how to adapt in intelligent multimedia presentation systems. In G. Faconti & T. Rist (Eds.), *Proceedings of ECAI'96 Workshop Towards a Standard Reference Model for Intelligent Multimedia Presentation Systems*. Bathori u. 16, H-1054 Budapest : ECAI'96 - J.von Neumann Computer Society.
- Kaufmann, A. (1992). Introduction à la logique floue. *Techniques de l'Ingénieur*, (A-120, R7-032).
- Khalil, C. (2001). *The Design Of A Multimedia Adaptive Interface for Process Control Using A Multi-Agent Approach*. PhD thesis, Loughborough University.
- Kobsa, A. (2001). Generic user modeling systems. *User-Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 49–63. <http://umuai.informatik.uni-essen.de/2001-UMUAI-kobsa.pdf>.
- Kolski, C. (1993). *Ingénierie des Interfaces Homme-Machines*. Hermès.
- Kolski, C. (1998). Interfaces graphiques : Architecture. *Techniques de l'Ingénieur*, (R7-614), 1–19.
- Kolski, C. & Le Strugeon, E. (1998). A review of intelligent human-machine interfaces in the light of the arch model. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 10(3), 193–231.
- Larousse, Ed. (1998). *Le petit Larousse compact 1998*. Larousse.
- Lieberman, H. (1997). Autonomous interface agents. CHI 97 Electronic Publications. <http://www.acm.org/sigs/sigchi/chi97/proceedings/paper/hl.htm>.
- Ludwig, P., Ed. (1997). *Le Langage (textes choisis et présentés par Pascal Ludwig)*. Garnier Flammarion. Recueil de textes dans la collection Garnier Flammarion Corpus.
- Maes, P. (1994). Agents that reduce work and information overload. *Communication of the ACM*.
- Maes, P. (1995). Intelligent software. <http://pattie.www.media.mit.edu/people/pattie/SciAm-95.html>.
- Martin, B. (2001). Introduction au world wide web. *Techniques de l'Ingénieur*, (H2-908).
- Marty, C. & Marty, R. (1992). *99 réponses sur la Sémiotique*. Réseau académique de Montpellier CRDP/CDPP.
- Marty, R. (1990). *L'Algèbre des signes*. Amsterdam - Philadelphie John Benjamin,s.
- Mas-Colell, A., Whinston, M. D., & Green, J. R. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press.
- McFarlane, D. C. (1997). *Interruption of People in Human Computer Interaction : A General Unifying Definition of Human Interruption and Taxonomy*. NRL Formal Report NRL/FR/5510-97-9870, Navy Center for Applied Research in Artificial Intelligence - Information Technology Division.
- McFarlane, D. C. (1998). *Interruption of People in Human Computer Interaction*. PhD thesis, Faculty of The School of Engineering and Applied Science of The George Whashington University.
- McFarlane, D. C. (1999). Coordinating the interruption of people in human computer interaction. In *Human-Computer Interaction - INTERACT'99* (pp. 295–303). The Netherlands : IOS Press Inc.
- Millot, P. (1988). *Supervision des procédés automatisés et ergonomie*. Hermès.
- Millot, P., Gresiak, F., & Willaëys, D. (1985). Des outils informatiques pour la coopération homme-machine dans les postes de surveillances automatisés. In *Colloque "L'ergonomie en Informatique"* Nivelles, Belgique.
- Montmain, J. (2000). *Des Modèles pour la Supervision*. PhD thesis, Habilitation à Diriger des Recherches de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.

- Mucchielli, A. (2000). *La nouvelle communication*. Armand Colin.
- Mucchielli, A. (2001). *Les sciences de l'information et de la communication*. Hachette Supérieur.
- Mucchielli, A., Corbalan, J.-A., & Ferrandez, V. (1998). *Théorie des processus de la communication*. Armand Colin.
- Naito, N., Itoh, J., & Makino, M. (1995). An intelligent human-machine system based on an ecological interface design concept. *Nuclear Engineering and Design*.
- Nanard, J. (1990). *La manipulation directe en interface homme-machine*. PhD thesis, Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc.
- Nanard, M. & Nanard, J. (1998). La conception d'hypermédias. In A. Tricot & J.-F. Rouet (Eds.), *Les Hypermédias - Approches cognitives et ergonomiques* (pp. 15–34). Hermès.
- Nanard, M. & Nanard, J. (1999). Documents hypermédias : définitions et concepts. *Techniques de l'Ingénieur*, (H7-208), 1–20.
- Nanard, M. & Nanard, J. (2002a). Interfaces graphiques : Architecture. *Techniques de l'Ingénieur*, (H7-217), 1–9.
- Nanard, M. & Nanard, J. (2002b). Interfaces graphiques : Fondements cognitifs. *Techniques de l'Ingénieur*, (H7-215), 1–8.
- Napier, G. (1999). Operator Overload When an Alarm is not an Alarm. *Control Engineering International*. Control Engineering Online, <http://www.controleng.com/archives/1999/ctf0102.99/01a111.html>.
- Nendjo Ella, A., Kolski, C., Jacques, C., & Yim, P. (1999). Vers un système d'aide à la décision pour l'évaluation sdes systèmes interactifs. In *Actes de IHM-HCI 1999, 11^{ème} Conférence Francophone Interaction Homme-Machine* (pp. 126–133). Montpellier, France.
- Nigay, L. (1994). *Conception et modélisation logicielles des systèmes interactifs*. PhD thesis, Université Joseph Fourier, Grenoble I.
- Nigay, L. & Coutaz, J. (1996). Espaces conceptuels pour l'interaction multimédia et multimodale. *Technique et science informatiques*, 15(9), 1195–1225.
- Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. In D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User centered system design* chapter 3, (pp. 31–61). Hillsdale N J : LEA.
- North, C. (1997). Generalized, robust, end-user programmable, multiple-window coordination.
- North, C. & Schneiderman, B. (1997). *A Taxonomy of Multiple Window Coordinations*. Technical Report CS-TR-3854, HCIL.
- Parodi, A., Viano, G., Alty, J., Khalil, C., Angulo, I., Biglino, D., Crampes, M., Vaudry, C., Daurensan, V., & Lachaud, P. (2000). Adaptive user interface for process control based on a multi-agent approach. short paper. ADVANCED VISUAL INTERFACES 2000 May 23-26.
- Peeters, H. et Charlier, P. (1995). Pour une sémio-pragmatique des hypertextes multimédia : proposition théorique de catégories d'analyse pertinentes. Working Papers. Dernière consultation le 04/12/2002, disponible à <http://www.comu.ucl.ac.be/reco/grems/hugoweb/semhptxt.htm>.
- Peirce, C. S. (2002a). 76 definitions of the sign by c.s. peirce. Dernière consultation le 04/12/2002. Rassembler et analyser par Robert Marty, disponible sur ARISBE, *Home Page of the International Peirce Telecommunity*, <http://members.door.net/arisbe/>.
- Peirce, C. S. (2002b). What is a sign? Manuscript 404, dernière consultation le 04/12/2002, disponible sur ARISBE, *Home Page of the International Peirce Telecommunity*, <http://members.door.net/arisbe/>.
- Purang, K., Perlis, D., & Gurney, J. (1996). Active logic applied to cancellation of Gricean implicature. In B. Di Eugenio & N. L. Green (Eds.), *Computational Implicature : Computing Approaches to Interpreting and Generating Conversational Implicature* (pp. 86–96). : AAAI.

- Ranwez, S. & Crampes, M. (1999). Conceptual documents and hypertext documents are two different forms of virtual documents. In *Proceedings of the Workshop on Virtual Documents, Hypertext Functionality and the Web, Eighth International World Wide Web Conference, WWW8* (pp. 21–27). Toronto, Canada.
- Ranwez, S. & Crampes, M. (2002). Instanciation d'ontologies pondérées et calcul de rôles pédagogiques - principe et mise en œuvre. *Sciences et techniques éducatives*, 9(1).
- Ranwez, V. & Ranwez, S. (2001). Algorithme pour la génération de documents personnalisés structurés - optimisation par fusion des classes d'utilisateurs. In *Actes de NîmesTIC'2001* Nîmes, France.
- Rao, A. S. & Georgeff, M. P. (1991). Modeling rational agents within a bdi-architecture. In J. Allen, R. Fikes, & E. Sandewall (Eds.), *Principles of Knowledge Representation and Reasoning : Proc. of the Second International Conference (KR'91)* (pp. 473–484). San Mateo, CA : Kaufmann.
- Rao, A. S. & Georgeff, M. P. (1992). An abstract architecture for rational agents. In B. Nebel, C. Rich, & W. Swartout (Eds.), *Principles of Knowledge Representation and Reasoning : Proc. of the Third International Conference (KR'92)* (pp. 439–449). San Mateo, CA : Kaufmann.
- Rao, A. S. & Georgeff, M. P. (1995). *BDI Agents : From Theory to Practice*. Technical Report Technical note 56, The cooperative Research Centre for Intelligent Decision Systems. Also appears in the *Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems*, San Francisco, USA, June, 1995.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, Rules, and Knowledge ; Signals, Signs and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13(3).
- Richy, H. (2002). Métadonnées et documents numériques. *Techniques de l'Ingénieur*, (H7-155).
- Roulin, J.-L., Ed. (1998). *Psychologie cognitive*. Breal.
- Ruvini, J.-D. & Dony, C. (1999). Learning users habits : The ape project. In *Proceedings of IJCAI'99, Workshop on Learning About Users* (pp. 65–73).
- Scapin, D. L. & Bastien, Christian, J. (2001). Analyse des tâches et aide ergonomique à la conception : l'approche MAD*. In C. Kolski (Ed.), *Analyse et Conception de l'IHM* chapter 3, (pp. 85–116). Hermès.
- Schneiderman, B. (1998). *Designing the User Interface Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Addison-Wesley, third edition.
- Schneiderman, B. & Maes, P. (1997). Direct manipulation versus interface agents. *Interactions*.
- Sowa, J. (2000). *Knowledge representation. Logical, philosophical, and computational foundations*. Brooks/Cole.
- Sowa, J. (2001). Building, sharing, and merging ontologies. <http://www.jfsowa.com/ontology/ontoshar.htm>.
- Sperandio, J. (1972). *Charge de travail et variation des modes opératoires*. PhD thesis, Université de Paris V. Thèse de Doctorat d'Etat en Psychologie.
- Sperandio, J.-C. (2001). Critères ergonomiques de l'assistance aux opérateurs. In *Actes de la Conférence JIM 2001, Interaction Homme Machine et Assistance Metz*. conférence invitée.
- Sperber, D. (2000). La communication et le sens. In Y. Michaud (Ed.), *Université de tous les savoirs - Le Cerveau, le Langage, le Sens*, volume 5 (pp. 301–314). Odile Jacob. Texte de la 50ème conférence de l'Université de tous les savoirs donné le 19 février 2000.
- Sperber, D. & Wilson, D. (1986). *La pertinence*. Les éditions de Minuit.
- Sperber, D. & Wilson, D. (1997a). Contre le modèle du code. In P. Ludwig (Ed.), *Le Langage (textes choisis et présentés par Pascal Ludwig)* (pp. 187–195). Garnier Flammarion. Recueil de textes et d'extraits d'article dans la collection Garnier Flammarion Corpus. Extrait de

- “Précis of Relevance : Communication and Cognition”, in Behavioral and Brain Sciences, 10, 1987, pp.697-699.
- Sperber, D. & Wilson, D. (1997b). Métaphore et communication. In P. Ludwig (Ed.), *Le Langage (textes choisis et présentés par Pascal Ludwig)* (pp. 211–218). Garnier Flammarion. Recueil de textes et d’extraits d’article dans la collection Garnier Flammarion Corpus. Extrait de ”Façons de parler”, in Cahiers de linguistique française, 7, pp.21-26.
- Stephanidis, C., Karagiannidis, C., & Koumpis, A. (1997). Decision Making in Intelligent User Interface. In *Proceedings of IUI 1997*. Orlando Florida USA : ACM.
- Tessier, C., Chaudron, L., & Müller, H.-J. (2001). *Conflicting Agents - Conflict Management in Multi-Agent Systems*. Kluwer Academic Publishers.
- Thévenin, D. (1999). La plasticité en interaction homme-machine. In *IHM99, 11ème conférence francophone Interaction Homme-Machine, Tome 2 : Articles courts, expériences industrielles, rencontres doctorales, forum des équipes* : Edition Cepaduès.
- Thévenin, D. (2001). *Adaptation en Interaction Homme-Machine : le cas de la Plasticité*. PhD thesis, Université Joseph Fourier, Grenoble I.
- Thévenin, D., Calvary, G., & Coutaz, J. (2000). La multimodalité en plasticité. Colloque sur la multimodalité. <http://iihm.imag.fr/publs/2000/>.
- Thévenin, D. & Coutaz, J. (1999). Plasticity of user interfaces : Framework and research agenda. In A. Sasse & C. Johnson (Eds.), *Human-Computer Interaction - Interact’99* : IOS Press.
- Thüring, M., Hannemann, J., & Haake, J. M. (1995). Hypermedia and cognition : Designing for comprehension. *Communication of the ACM*, 38(8).
- Tricot, A. et Tricot, M. (2000). Un cadre formel pour interpréter les liens entre les utilisabilité et utilité des systèmes d’information (et généralisation à l’évaluation d’objets finalisés). Dernière consultation le 04/12/2002, disponible à <http://membres.lycos.fr/interaction/Package5/UtiliteUtilisabilite/utliti%teUtilisabilite1.html>.
- Vaudry, C. (1998). Modèle ontologique de la composition multimedia : utilisation dans le cadre d’une négociation agents. Rapport de stage de DEA LGI2P/LIRMM.
- Vaudry, C. & Crampes, M. (2000). Composition through agent negotiation : A step toward fluid interface. In W. Horn (Ed.), *ECAI2000 Proceedings* Berlin : IOSPress.
- Vaudry, C. & Crampes, M. (2001a). Amebica : une interface adaptative pour la supervision industrielle. In *Actes de la Conférence JIM 2001, Interaction Homme Machine et Assistance* Metz.
- Vaudry, C. & Crampes, M. (2001b). Modèle de la composition multimédia adaptative dans l’interaction homme-machine. In B. C.-D. et P. Enjalbert (Ed.), *Actes de MFI 2001, Modèles Formels de l’Interaction, Volume III* Toulouse.
- Vaudry, C., Ranwez, S., Poulon, A., & Crampes, M. (2002). Initiative-mixte dans les dvp : de la pertinence à l’adaptation. In S. Garlatti & M. Crampes (Eds.), *Actes de Documents Virtuels Personnaliables 2002* (pp. 141–154). Brest.
- Vernier, F. (2001). *La multimodalité en sortie et son application à la visualisation de grandes quantités d’information*. PhD thesis, Université Joseph Fourier, Grenoble I.
- Vicente, K. J. & Rasmussen, J. (1992). Ecological Interface Design : Theoretical Foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 22(4).
- Waern, A. (1997). What is an intelligent interface. <http://www.sics.se/~annika/papers/intint.html>. Notes from an introduction seminar.
- Waern, A. & Stenborg, O. (1995). A simplistic approach to keyhole plan recognition.
- Walker, M. & Whittaker, S. (199à). Mixed-initiative in dialogue : an investigation into discourse segmentation. In *Proceedings of ACL90* (pp. 70–76). Pittsburgh, PA, NY.

- Watzlawick, P., Beavin, J. H., & Jackson, D. D. (1972). *Une logique de la communication*. Seuil. Version française de *Pragmatics of Human Communication. A study of Interactional Patterns, Pathologies, and Paradoxes*, publié en 1967.
- Whittaker, S. & Stenton, P. (1988). Cues and control in expert-client dialogues. In *Proceedings of ACL88* (pp. 123–130). Buffalo, NY.
- Wickens, C. (1992). *Engineering Psychology and Human Performance, Second Edition*. Harper Collins.
- Wooldridge, M. & Jennings, N. (1995a). Agent theories, architectures, and languages : a survey. In M. Wooldridge & N. Jennings (Eds.), *Intelligent Agents* (pp. 1–39). LNCS, Springer Verlag.
- Wooldridge, M. & Jennings, N. (1995b). Intelligent agents : Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*, 10(2), 115–152.