



HAL
open science

Mémoire et conscience : contributions des théories fonctionnelles de la mémoire à l'ergonomie cognitive

Patrice Terrier

► **To cite this version:**

Patrice Terrier. Mémoire et conscience : contributions des théories fonctionnelles de la mémoire à l'ergonomie cognitive. Psychologie. Université Toulouse 2 Le Mirail, 2006. tel-01911910

HAL Id: tel-01911910

<https://hal.science/tel-01911910>

Submitted on 4 Nov 2018

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

Mémoire et conscience : contribution des conceptions fonctionnelles de la mémoire à l'ergonomie cognitive

Rapport en vue de l'Habilitation
à Diriger des Recherches
Discipline : psychologie

Patrice Terrier

Maître de conférences

Département Psychologie Cognitive et Ergonomie

UFR de Psychologie

&

Laboratoire Travail et Cognition, UMR CNRS 5551

Université de Toulouse II, 5 allées A. Machado

F-31058 Toulouse Cedex 9



30 novembre 2006

Jury :

Thierry Baccino	PU, Université de Nice-Sophia Antipolis (rapporteur)
Jean-Marie Cellier	DE, EPHE (rapporteur)
Jean-Michel Hoc	DR, CNRS, IRCCyN, Université de Nantes (rapporteur)
Claudette Mariné	PU, Université de Toulouse 2
Charles Tijus	PU, Université de Paris 8

A Fatima

A Jade

Remerciements

Je tiens à remercier les membres du jury :

Thierry Baccino et Jean-Michel Hoc ont bien voulu être rapporteurs ;

Claudette Mariné et Charles Tijus ont accepté de participer à ce jury.

Mes remerciements vont également :

Aux membres des laboratoires Ergonomie et Psychologie Industrielle-INRS (actuel département Homme au Travail), France Télécom R&D Lannion, GRIMM et IRIT Toulouse, LMDC Poitiers, et LTC. Plus particulièrement à ceux qui ont accepté de travailler avec moi dans les recherches mais également dans la conception de cours ;

Aux structures qui ont permis la réalisation de travaux de recherche : C.E.N.A. Toulouse, I.N.R.S Vandoeuvre, Technicatome Cadarache, I.A.N.S Eurocontrol Luxembourg, Maison des Sciences de l'Homme et de la Société de Toulouse, Conseil Régional de Midi-Pyrénées, France Télécom R&D, PSA Peugeot-Citroën ;

Aux « extérieurs » qui ont prodigué des conseils, fourni des modèles ou des *inputs* : José Canas, Virginia Diehl, Arthur Glenberg, Tom Kontogianis, Richard Lowe, Neville Moray, Douglas Nelson, Antii Oulasvirta, Henri Roediger, Kim Vicente.

Enfin, une personne occupe une place à part :

Jean-Marie Cellier m'a accompagné comme directeur de thèse(s), comme directeur d'équipe et de laboratoire. Il m'a soutenu dans mes efforts pour intégrer l'université après le doctorat. Mes projets ont toujours bénéficié de sa bienveillance et de son soutien. J'espère que ce texte nous donnera de nouvelles occasions de collaborer.

TABLE DES MATIERES

NB. Les astérisques signalent des sections du rapport où des contributions empiriques (individuelles ou collectives) sont présentées.

ORIGINES ET MOTIFS D'UNE ORIENTATION DE RECHERCHE	4
I. CADRE CONCEPTUEL ET TRAVAIL EMPIRIQUE INITIATEUR.....	7
1. SOURCES D'INFLUENCES ET QUESTIONS GENERALES	7
2. DISTINCTIONS IMPORTANTES ET PRINCIPES SUR LA MEMOIRE UTILISEES DANS LA SYNTHESE.....	14
3. LES DISSOCIATIONS ENTRE MESURES DE MEMOIRE COMME STRATEGIE D'ETUDE INTERACTIVE DES PROCESSUS EN ERGONOMIE	18
4. VERS UNE ANALYSE ECOLOGIQUE DES OPERATIONS DE TRAITEMENT EN SITUATION DE TRAVAIL	24*
5. CONCLUSION	31
II. REPRESENTER LES CONTRAINTES ET INVARIANTS DANS LES CHANGEMENTS DU SYSTEME	33
INTRODUCTION	33
1. CONTROLE DE PROCESSUS : SITUATION, OPERATEUR, AFFICHAGE	34
2. REVELER LES CONTRAINTES DANS LES GRAPHIQUES POUR GERER LES EVENEMENTS NON FAMILIERS ET NON ANTICIPES	35
3. APPLICATION AU SYSTEME DURESS	36
4. LA MISE EN RELATION EST-ELLE SEMANTIQUE ?	38*
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	44
III. COMMENT L'INTERACTION AVEC LE DISPOSITIF ET LA STRUCTURE DU TEXTE INFLUENCENT LES REPRESENTATIONS DERIVEES DE LA PROCEDURE.....	46
INTRODUCTION	46
1. L'EFFET DE L'OBJECTIF DE LECTURE	49
2. L'EFFET DE LA STRUCTURE DU TEXTE.....	54*
3. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	63
IV. UTILISATION DU LANGAGE DANS LA COMMUNICATION HOMME-MACHINE ET LA COMMUNICATION MEDIEE	66
INTRODUCTION	66
1. ADAPTATION A L'INTERLOCUTEUR DANS LE DIALOGUE.....	68
2. DONNER DES PREUVES DE COMPREHENSION EN DIALOGUE NATUREL HOMME-MACHINE	70*
3. AVATARS ET COLLABORATEURS DISTANTS EN MEDECINE : REDUIRE L'EFFORT COLLABORATIF.....	76*
4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	79

V. ANTICIPATION ET CONSCIENCE DE LA SITUATION DANS LES ENVIRONNEMENTS DYNAMIQUES	83
INTRODUCTION	83
1. LE DECALAGE DES STRIPS POUR INDIQUER ET MEMORISER LES CONFLITS ENTRE AVIONS DANS LE CONTROLE AERIEN EN ROUTE.....	85*
2. DES PRISES D'INFORMATION ASSOCIEES OU NON AUX ACTIONS POUR CONDUIRE DES PROCESSUS EN PARALLELE	89*
3. OU EST LA CONSCIENCE DANS LA “CONSCIENCE DE LA SITUATION”?.....	92
4. DES REPRESENTATIONS PLUS SIMPLES ET PLUS PERTINENTES AVEC L'EXPERTISE ?	96
VI. PERSPECTIVES DE RECHERCHE	101
1. ETENDRE LA STRATEGIE PROPOSEE POUR DIAGNOSTIQUER UNE ALTERATION DU TRAITEMENT A PARTIR DES MESURES DE MEMOIRE	101*
2. FAIRE (BON) USAGE DES EFFETS DE LA MEMOIRE SUR L'EXPERIENCE SUBJECTIVE.....	109
3. COMPRENDRE COMMENT LA TACHE CONTRAINT LE NIVEAU DE LA REPRESENTATION UTILISEE	110
RETOUR SUR LA COMPATIBILITE COGNITIVE	114
REFERENCES	117

Origines et motifs d'une orientation de recherche

A l'origine, le problème de « l'approche cognitive de la charge mentale »

...Nous voudrions développer une méthode d'étude de la charge mentale qui soit une méthode cognitive, c'est-à-dire qui renseigne sur le niveau de traitement de l'information mis en jeu. En effet, il existe plusieurs niveaux de régulation de la cognition (connaissances, règles, symboles) que l'on considère comme plus ou moins coûteux. En référence à ces modèles cadre nous parlons d'approche cognitive de la charge mentale. Il faut pouvoir diagnostiquer le niveau de traitement mis en jeu sans pour autant que l'analyse se fasse *a posteriori* par catégorisation des comportements. Nous voulons également que la méthode soit générique, applicable à différentes situations de travail. Nous voulons aussi qu'elle soit peu difficile d'accès, que les préventeurs puissent se l'approprier. Tout ce qui est appareillage complexe, nécessitant un haut degré de technicité pour le recueil ou le traitement des informations devrait pouvoir être minimisé autant que possible. Enfin, il faudrait que la technique soit non intrusive...

Voici, en substance, comment j'ai pu traduire la demande formulée par l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Ces contraintes expliquent la représentation du problème de l'étude de la charge cognitive que j'ai formée lorsque je travaillais pour l'équipe de Michel Neboit à l'INRS (1993-1996). La charge mentale se définissant assez naturellement comme une mesure (quantitative ou qualitative) du niveau d'activité mentale de l'opérateur lorsqu'il accomplit un travail donné, et évalué selon un certain critère (*cf.* Spérandio, 1987), la voie intéressante était celle qui pouvait (a) combiner quantification, caractère non intrusif et appareillage minimum, (b) être indépendante des tâches analysées c'est-à-dire utilisable dans différentes situations (c) et renseigner sur le (niveau de) traitement de l'information.

Ces contraintes ont formé mon intérêt pour les approches fonctionnelles de la mémoire, approches qui se caractérisent par la conception suivante : la mémoire est un ensemble de procédures, d'opérations, de façons d'encoder l'information plutôt qu'un lieu où la connaissance est enregistrée. L'expression de la mémoire résulte d'une interaction entre les demandes de l'environnement changeant et le système cognitif qui déclenche les opérations. Dans ce domaine, j'ai pu trouver dans le principe du traitement approprié au transfert un cadre théorique parcimonieux qui expliquait un certain nombre de dissociations observées en fonction de l'expression explicite et implicite du souvenir, comme un cadre méthodologique utilisable pour diagnostiquer les variations (ou altérations) dans le

traitement de l'information humain. Ce cadre offrait une solution aux différentes contraintes signalées plus haut parce qu'il était basé sur des mesures de mémoire : renseigner sur le niveau de traitement mis en jeu à l'encodage, avec une méthode non intrusive par rapport à l'activité étudiée, adaptable à une variété de situations ou de matériels, ne nécessitant ni appareillage ni calculs complexes et donc potentiellement transférable auprès des préventeurs. Ce principe a guidé les premières expériences que j'ai pu réaliser sur le terrain, de façon à tester la possibilité d'une analyse interactive des processus au moyen de paradigmes de mémoire. Je reviens sur ces questions dans la dernière section du premier chapitre.

Plus généralement, j'ai considéré à cette époque qu'il me fallait : (a) m'intéresser à la mémoire à long terme plus qu'à la mémoire à court terme, les limitations du fonctionnement cognitif humain étant plus souvent de l'ordre des connaissances appliquées à la situation que de l'ordre de la capacité de mémoire de travail ; (b) considérer d'abord le modèle le plus simple (principe de parcimonie ou d'économie) lorsque deux modèles ont le même poids d'évidence, car les modèles comportant beaucoup de paramètres deviennent infalsifiables ; (c) sélectionner les modèles ayant une vision processuelle du traitement de l'information humaine – l'esprit vu comme une habileté à manipuler des symboles – plutôt que les modèles qui traitaient l'esprit comme un objet ayant une réalité physique ; (d) me concentrer sur les conceptions fonctionnelles de la mémoire autant par principe ou choix philosophique que par nécessité. Pour les tenants d'une conception où de multiples systèmes de mémoire opèrent, la définition des systèmes de mémoire généralement utilisée implique de caractériser la nature des opérations mentales (distinctes) que reflète le fonctionnement des systèmes (Schacter & Tulving, 1994). On en vient alors à utiliser les conceptions en termes de processus comme l'approche procédurale de la mémoire (*cf.* Naito & Komatsu, 1993). Le fait est que si la caractérisation des processus est nécessaire pour les conceptions structurales, considérer des systèmes multiples n'est pas nécessaire pour les conceptions en termes de processus.

Selon l'Association Internationale d'Ergonomie (IEA, 2000) l'ergonomie cognitive s'intéresse aux processus mentaux comme la perception, la mémoire, le raisonnement et les réponses motrices, dans leurs effets sur les interactions entre les personnes et les autres composantes du système. Les principes théoriques, méthodes, que je cherche à appliquer, relèvent essentiellement des travaux sur la mémoire ; et plus spécifiquement des travaux où la mémoire est envisagée comme le produit de l'interaction sujet-situation, en cohérence avec une caractéristique de l'ergonomie cognitive (Hoc, 2001) ou psychologie ergonomique (Hoc & Darses, 2004) : le couplage entre conditions internes et externes de l'activité.

La thématique générale de mon équipe de rattachement au Laboratoire Travail et Cognition, dirigée par Jean-Marie Cellier, est celle de la compatibilité entre systèmes artificiels (artefacts) et humain (1994-1998 ; 2002-2006). En traitant des différentes thématiques que je vais aborder dans ce rapport, ma contribution à l'analyse de la compatibilité cognitive est centrée sur les phénomènes de mémoire (à long terme) et de conscience,

dans leur relation à la conception des situations d'interaction personne-système.

Le premier chapitre de ce rapport propose quelques éléments d'un cadre conceptuel avant de synthétiser un travail de recherche initiateur qui correspond à un élément théorique important central du cadre conceptuel. La stratégie d'étude interactive des processus que je propose d'utiliser, à partir des dissociations entre mesures de mémoire, découle directement du principe du traitement approprié au transfert.

Les quatre chapitres suivants correspondent à des travaux inscrits dans différentes thématiques de mon équipe du Laboratoire Travail et Cognition. Les travaux ont porté sur l'évaluation d'interfaces écologiques (chapitre 2), les consignes (chapitre 3), la communication homme-machine et la communication médiée (chapitre 4), l'anticipation et la conscience de la situation (5). Il s'agira de résumer les contributions empiriques et, le plus souvent, de les mettre en perspective avec d'autres travaux sur le thème. Il s'agira également d'indiquer la contribution possible des conceptions fonctionnelles de la mémoire. Dans certains cas, les distinctions théoriques présentées et opérationnalisées au premier chapitre s'avèrent pertinentes pour expliquer l'effet de variables auxquelles s'intéressent les travaux (chapitre 2, 3). Dans d'autres cas (chapitre 4 et 5) les mécanismes et propriétés des représentations proposées par les conceptions fonctionnelles peuvent servir à compléter l'analyse d'un certain nombre de problèmes.

Le sixième et dernier chapitre propose des perspectives générales de recherche. Il expose notamment comment la stratégie d'étude interactive des processus proposée dans le travail de recherche initiateur peut être étendue.

La première page de chaque chapitre comporte une note indiquant les publications qui ont été sélectionnées pour être annexées à ce rapport et qui sont plus particulièrement pertinentes pour le chapitre. Ces publications font l'objet d'un volume séparé.

Chapitre I¹

Cadre conceptuel et travail empirique initiateur

Je poursuis ici l'exposé des motifs de mon intérêt pour les approches fonctionnelles de la mémoire en indiquant d'abord des influences fortes (sources d'influences et questions générales). Je pointe des distinctions et des principes de façon à introduire les chapitres qui suivent par rapport à ces éléments (distinctions processuelles et principes sur la mémoire utiles à la synthèse). J'expose l'intérêt pratique du principe selon lequel compatibilité entre les traitements engagés à l'encodage et à la récupération régit la performance mnésique (les dissociations entre mesures de mémoire comme stratégie d'étude interactive des processus) et je synthétise un travail de recherche initiateur destiné à éprouver la stratégie d'étude imaginée (vers une analyse écologique des opérations de traitement en situation de travail).

1. Sources d'influences et questions générales

1.1. L'approche procédurale de la mémoire

L'approche procédurale de la mémoire (Kolers & Roediger, 1984) pointe les faiblesses d'une conception statique des représentations et propose une vision alternative dans laquelle les *activités forment la base des représentations*. Elle renforce l'idée, déjà présente dans la théorie des niveaux de traitements (Craik & Lockhart, 1972 ; Craik, 2002), que la mémoire résulte de l'activité. Je reconnais ici en grande partie la perspective rendue célèbre par les travaux sur la mémoire opérationnelle. Les travaux sur l'analyse du rappel mnésique à l'issue du travail conduits chez les contrôleurs aériens ou dans la recherche d'erreurs dans les

¹ Terrier, P. Cellier, J.M. (2004). Beyond memory recall: Why dissociations among memory measures may prove useful to ergonomics. *International Journal of Cognitive Technology*, 9(1), 4-13.
Terrier, P. (1999). What is consciousness? Review of 'The Science of Consciousness' by Max Velmans (ed.). *Psyche: An Interdisciplinary Journal of Research on Consciousness*, 5(19).
<http://psyche.cs.monash.edu.au/v5/psyche-5-19-terrier.html>
Terrier, P. (1998). Re-examining the role of consistency: the cornerstone, not simply an important factor. *Psyche: An interdisciplinary journal of research on consciousness*, 4 (5).
<http://psyche.cs.monash.edu.au/v4/psyche-4-05-terrier.html>
Terrier, P., Cellier, J.M. (1997). Using a priming paradigm for display effectiveness assessment. *Displays*, 18(2), 95-105.

programmes informatiques (Bisseret, 1970 ; Michard, 1978) ont popularisé l'idée que la mémorisation est structurée par les processus de travail, par les processus de traitement de l'information. Ce qui est mémorisé reflète ce qui a été traité par le sujet. Ce sont les procédures de travail appliquées au matériel, procédures qui sont en mémoire à long terme, qui expliquent le maintien en mémoire et la tenue à jour d'un grand nombre d'informations chez l'expert.

L'approche procédurale expliquait également le caractère non productif, pour la théorisation psychologique, de *la distinction entre représentation et traitement*. L'idée entrainait en résonance chez moi avec l'idée de système de représentation et de traitement. La distinction entre représentation et traitement est improductive pour l'approche procédurale car elle découle d'une conception dans laquelle le stockage est localisé. Cette perspective « localisationniste » (Nicolas, 2002) assimile la mémoire à un réceptacle et considère l'esprit comme une collection d'objets statiques ou traces déployées dans un espace donné. Sur ces objets, sur ces structures, des processus opéreraient pour réaliser le travail conduisant à la remémoration et plus généralement à la pensée. Il m'était assez facile de ne pas adhérer à une telle conception lorsque je travaillais à l'I.N.R.S pour les raisons discutées en détail par Kolers et Roediger (1984) et c'est toujours le cas aujourd'hui.

D'un autre côté, l'approche procédurale recelait des idées qui m'étaient très peu familières à cette époque et donnaient un jour nouveau aux travaux que j'avais pu rencontrer dans mon cursus. D'abord, elle contestait *le primat du sémantique*, avec les travaux montrant que les caractéristiques de surface étaient également mémorisées (le débat entre le principe de profondeur de traitement et celui du traitement approprié au transfert). Observer que la typographie, l'orientation d'un texte, la localisation d'une information sur la page² sont mémorisées (Kirsner, 1973, et Rothkop, 1971, in Kolers et Roediger, 1984), ou encore observer une meilleure mémorisation des traits superficiels (orthographiques, phonétiques) par rapport aux traits sémantiques (Morris, Bransford, & Franks, 1977) est intrigant si l'on considère que les informations fonctionnelles sont mémorisées au détriment des informations superficielles (Craik & Lockhart, 1972).

Ensuite, il était possible de *dissocier des composantes dans la performance* à une tâche du fait de la spécificité du transfert. Le transfert entre deux situations est fonction de la similarité des procédures que les deux situations impliquent. Si l'esprit ne contenait qu'une trace unique d'une expérience qui variait seulement en termes de force (*strength*) différentes mesures de mémoire (et plus généralement de connaissance) devraient être influencées de la même façon. Au contraire, on observe que différentes performances de mémoire révèlent une mémorisation différentielle. Comme le transfert est spécifique, il est possible de dissocier

2 Remarquons ici une chose. Si l'on s'intéresse à la compréhension de textes, on peut trouver dans l'approche procédurale des arguments théoriques pour considérer que ces traits superficiels jouent un rôle dans la formation de la représentation du message en mémoire, chose qui est délicate à amener correctement à partir des modèles de compréhension comme la théorie de la représentation du texte.

des composantes des habiletés. Je reviens plus loin en détail sur l'usage qui peut être fait de ces dissociations.

Enfin et surtout, il y avait une articulation très forte entre le niveau théorique et celui des mesures comportementales. C'est là un point qui m'a impressionné, par opposition à la distance importante entre les concepts et leur opérationnalisation dans les métaphores du système de traitement de l'information humain. Dans les schémas qui représentent le système de traitement de l'information humain, rien ne fonctionne, rien ne « travaille » (Kolers & Roediger, 1984) : les boîtes du schéma contiennent seulement des noms et aucune description des processus ni des relations entre ces processus. A ces modèles « nominaux », on peut préférer des modèles relationnels et systématiques, où un effort plus important est fait dans le sens de l'opérationnalisation des termes du modèle. Voici également ce que disaient Kolers et Roediger (1984) en notant que les modèles de traitement de l'information humaine deviennent de lourdes structures qui entretiennent souvent peu de relation avec les données de base : se demander comment l'information circule à travers différents systèmes cognitifs présuppose que ces systèmes existent et peuvent être validés par les évidences comportementales. Pourtant on manque de preuves empiriques liées à une telle conception et il est plus sage de considérer que beaucoup des hypothèses sur le traitement de l'information humaine sont soit fausses soit non testables et de chercher d'autres façons d'étudier l'esprit.

Considérant que (toutes) les connaissances sont des habiletés à manipuler des symboles, l'approche procédurale conduit à un traitement particulier de la distinction entre la connaissance déclarative et procédurale. Au lieu de chercher à réduire toute la connaissance procédurale à des propositions (Anderson, 1983, in Kolers & Roediger, 1984), son projet est inverse. Elle vise plutôt à rendre compte des connaissances déclaratives en des termes opérationnels—les procédures qui caractérisent l'acquisition et l'utilisation de la connaissance chez une personne. Toutes les connaissances sont considérées comme des habiletés à manipuler des symboles.

Il apparaît aujourd'hui bien difficile de distinguer la mémoire épisodique de la mémoire sémantique à partir de l'analyse de l'activité du cerveau (*cf.* Rossi, 2005, chap. 8) et cette difficulté conduit plusieurs auteurs à faire l'économie de la mémoire sémantique considérant que le sens est « contenu dans les épisodes stockés dans la mémoire à long terme » (Rossi, 2005, p. 184). Cette thèse, reprise dans la conclusion de l'ouvrage, montre le caractère actuel des idées de l'approche procédurale. En effet, selon l'approche procédurale, les performances sont la conséquence de représentations épisodiques nouvellement acquises et non pas de représentations abstraites telles que supposées dans les modèles d'activation.

La *conception interactionniste* de la mémoire sous-jacente à l'approche procédurale est bien résumée par Nicolas (2002). Elle débouche sur un point de vue mnémocentriste dès lors que l'on reconnaît qu'il existe deux voies d'expression de la mémoire. L'expression de la mémoire est la conséquence d'une interaction entre le système cognitif qui déclenche certaines opérations mentales et les demandes (exigences) particulières de

l'environnement. Ce sont ces exigences qui déterminent comment le système cognitif fonctionne. Cette conception me semble tout à fait en phase avec une des caractéristiques de l'ergonomie cognitive, à savoir la prise en compte du couplage entre conditions externes et internes. Dans cette optique la mémoire intervient dans toutes les activités de l'esprit et forme la base du fonctionnement psychique. Jacoby et Kelley (1987) ont soutenu ce point de vue mnémocentriste en établissant une distinction entre la mémoire traitée comme un objet – quand la tâche est de se souvenir – et la mémoire traitée comme un outil – quand on effectue une activité mentale quelconque. La mémoire s'exprime de deux façons. Elle s'exprime explicitement, dans les actes de mémoire proprement dits, les souvenirs. Elle s'exprime implicitement, dans le comportement ; par exemple la lecture ou toute autre activité.

Le souvenir n'est pas enregistré dans un système particulier. Quand on prétend que l'on se souvient c'est que l'on attribue notre réponse à une cause particulière, le passé. Cette attribution constitue un acte de jugement (explicite ou non) de la part du sujet. L'approche procédurale et l'approche attributive sont de ce point de vue liées.

1.2. *La conception constructive-attributive*

Selon une approche attributive de la mémoire (Jacoby, Kelley, & Dywan, 1989 ; Kelley & Jacoby, 1990) le sujet réalise une attribution sur la base d'une expérience de remémoration mais aussi quelquefois sur la base d'une autre expérience consciente comme la fluidité ou facilité du traitement de l'information. Quelquefois l'expérience du souvenir est attribuée par erreur à autre chose que le passé, comme lorsque la mémorisation affecte la conscience dans les tâches de jugement sans aucune expérience consciente de l'occurrence de l'événement.

Un des nombreux exemples de cette attribution est l'effet de fausse célébrité (*false fame effect*) (Jacoby, Kelley, Brown, & Jasechko, 1989 ; Jacoby, Woloshyn & Kelley, 1989). Le sujet peut ne pas avoir conscience que le nom de Sebastian Weisdorf est apparu dans une liste de noms de personnes non célèbres. Confronté à nouveau au même nom dans une liste où les noms de personnages non célèbres vus en phase d'étude (et des nouveaux) sont mélangés à des noms de personnages célèbres, le sujet peut juger par erreur que Sebastian Weisdorf est le nom d'un personnage célèbre, ou effet de fausse célébrité. Comme il est expressément informé qu'aucun des noms vus en phase d'étude ne correspond à un personnage connu dans cette tâche de jugement de célébrité, le sujet répond nécessairement en l'absence du souvenir que ce nom apparaissait à l'étude lorsqu'il estime que Sebastian Weisdorf est le nom d'un personnage connu. Une telle conscience de l'apparition du nom à l'étude irait à l'encontre de l'effet de fausse célébrité³.

3 La procédure utilisée ici permettrait de placer en opposition la remémoration consciente (recollection) et l'influence automatique de la mémoire. Comme dans une autre procédure de dissociation des processus (Jacoby, 1991), il s'agit de créer une situation dans laquelle les processus contrôlés et automatiques de mémoire ne peuvent agir de concert pour produire le souvenir de l'item.

Il y a donc des illusions qui prennent la forme suivante : la perception subjective courante de la situation est modifiée chez le sujet. Cette altération, attribuable en réalité au passé, est attribuée par erreur aux qualités de l'information traitée. De telles illusions ont une utilité pratique pour l'étude de la mémoire : on peut mettre en évidence le souvenir indirectement, dans des tâches de jugement multiples et étudier ainsi la « mémoire outil » et pas seulement la « mémoire objet ». Mais elles ont aussi des conséquences évidentes au niveau théorique pour une psychologie de l'évaluation, puisqu'elles montrent qu'il y a deux sources d'information dans le jugement. Nous estimons souvent (pour d'autres que nous) la facilité de traitement de tel sujet d'examen, de lecture d'un manuscrit ou tout autre problème. Et nous pensons le faire sur une base seulement objective, c'est-à-dire sur une théorie, en contrôlant l'effet de notre propre expérience subjective dans l'évaluation. Mais voilà. L'approche attributive produit des résultats qui montrent que l'expérience spécifique d'une personne (mémoire) peut influencer sa perception subjective dans le sens d'une invalidation de l'expérience subjective comme base du jugement (Kelley & Jacoby, 1996). Nous échouons alors à réaliser que notre expérience subjective de la difficulté d'un problème, de la compréhensibilité d'un texte, ne se généralise pas à l'expérience d'autres personnes.

Comprendre le rôle de l'expérience subjective dans le jugement suppose de déterminer les processus qui donnent lieu à l'expérience subjective. La fluidité du traitement, qu'elle soit perceptive, conceptuelle, est ici un composant central. Lorsque le traitement d'un stimulus est fluide, cela engendre un sentiment de familiarité que le sujet va attribuer au passé. Lorsque le sentiment de familiarité qui est associé à cette fluidité vient effectivement d'une exposition préalable, l'attribution au passé est correcte, le souvenir est vrai. Mais un sentiment de familiarité peut venir d'autres sources et être faussement attribué au passé, donnant lieu à des illusions de mémoire. Dans cette optique, l'expérience consciente du souvenir n'a pas à être recherchée dans une trace mnésique. Le souvenir conscient est une inférence basée sur des indices externes et internes (Kelley & Jacoby, 1990). Les fonctions de la mémoire, qui sert la perception et l'interprétation, ne sont pas associées au souvenir conscient du passé. Croire l'inverse consisterait à penser que la mémoire sert à mémoriser.

1.3. Entre deux métaphores de la mémoire : la correspondance plus le stockage

L'influence de l'approche procédurale de la mémoire explique aussi un intérêt pour des conceptions très similaires de la mémoire et du langage et du problème de la représentation (Barsalou, 1999 ; Glenberg, 1997 ; Markman & Dietrich, 1998 ; Zwaan, 2004). A quoi sert la mémoire ? Glenberg répond qu'elle ne sert pas à mémoriser mais qu'elle sert la perception et l'action. Alors quelle serait l'utilité de restreindre, en psychologie ergonomique, l'analyse de la mémoire aux situations où la tâche implique de mémoriser ? La conception incarnée de la mémoire et du

langage proposée entretient, Glenberg le note, des similarités très fortes avec l'approche procédurale de la mémoire.

La compréhension du langage est aussi une activité pour certains auteurs, puisque le traitement linguistique implique un ensemble d'indices que le compreneur utilise pour créer une simulation mentale de la situation décrite (Zwaan, 2004). Contrairement aux paradigmes qui traitent la compréhension du langage comme un processus d'archivage en mémoire, Barsalou (1999) propose que la fonction de la compréhension est de préparer à l'action située. Il développe cette idée en s'appuyant sur une étude de la compréhension des instructions verbales qui doivent servir à l'exécution d'une tâche (Glenberg & Robertson, 1999), étude que nous examinons au chapitre 3 dédié à la compréhension d'instructions. Certains biais viennent du fait que la compréhension est analysée dans certains cas comme processus d'archivage en mémoire. L'indexation, centrale dans le travail de Glenberg et Robertson, renvoie à la question de la référence. Les arguments développés par ces auteurs rejoignent ainsi ceux développés dans le champ de la communication langagière (Clark, 1996) (*cf.* chapitre 4).

Plus généralement, plusieurs conceptions théoriques de la mémoire sont rassemblées par Koriat et Goldsmith (1996) sous la rubrique de la métaphore de la correspondance, par opposition à la métaphore du stockage, parce qu'elles mettent l'accent sur la dimension relationnelle de la cognition plus que sur sa dimension structurale : l'approche constructive-attributive (Jacoby *et al.*, 1989 ; Jacoby & Kelley, 1990), l'approche écologique, et l'approche procédurale. Lorsqu'ils proposent qu'une représentation n'est rien d'autre qu'une mise en relation entre des états mentaux, Markman et Dietrich se situent bien dans cette tradition importante, et pourtant souvent négligée... "*Indeed, it appears that there is nothing more to being a representation than being a mediating state. Mediating states not only constitute the general class to which more specific kinds of representations belong; they capture the essence of representation.*" (Markman & Dietrich, 1998, para. 67). Si la représentation est conçue comme une mise en relation de contenus mentaux, on peut cependant se demander s'il est utile de définir un contenu mental additionnel à la représentation en plus des termes qu'elle relie. J'ai débattu publiquement de ce point (Terrier, 1998a ; Markman & Dietrich, 1998b).

1.4. La correspondance entre réalité extérieure et modèle mental est nécessaire dans certains domaines

Les domaines où nous avons pu travailler correspondaient souvent à des environnements où il existe des contraintes dynamiques sur l'action des acteurs : contrôle de trafic aérien, contrôle de réacteur nucléaire, contrôle de processus de fabrication simulé, travail collectif à distance assisté par ordinateur, pilotage. Les contraintes sont externes à la dyade homme-machine (séparations entre avions, lois de la thermodynamique) et il n'y a pas tellement de latitude quant à la structure de l'information à présenter ; la latitude existe quant à la forme utilisée pour représenter cette structure.

Ces domaines sont qualifiés de guidés par la correspondance (*correspondence-driven domains*, Vicente, 1990).

Dans ce cas, le problème de la conception n'est pas tant de proposer une représentation externe (interface) compatible avec la représentation de l'opérateur que de faire en sorte que le modèle mental élaboré soit véridique. Il faut que la représentation externe soit compatible avec les contraintes définissant le domaine de travail. Parce qu'ils distinguent la représentation externe (interface) de la représentation du domaine de travail, des travaux d'ingénierie cognitive développent des méthodes pour modéliser la structure du domaine de travail et décrire ces contraintes comme la hiérarchie d'abstraction de Rasmussen (1985). L'utilité de cette description est directe pour la conception de l'interaction homme-machine, comme nous le verrons au chapitre 2. L'idée d'une hiérarchie de représentations est quelque chose que l'on retrouve dans les conceptions fonctionnelles de la mémoire (Craik, 2002). Cette similarité n'est peut être pas fortuite si l'on considère qu'une représentation générale permet de mieux répondre aux variations de l'environnement. Des invariants de fonctionnement vont être présentés à l'opérateur afin de réduire la complexité de l'environnement. Nous verrons que l'on a au moins autant besoin de représenter ce qui ne change pas que de représenter ce qui change dans les environnements dynamiques.

1.5. Questions générales

Des questions générales, récurrentes, seront sans doute repérables dans les travaux réalisés et projetés : Est-ce que les informations de surface, les moyens d'acquisition de l'information, font partie de la représentation élaborée en mémoire ? Quelle est la correspondance entre la mesure utilisée et le niveau de représentation ? Comment les contraintes de la situation déterminent le niveau de la représentation utilisée ?

Enfin, il y aussi la question de savoir comment une représentation peut être adaptative ? Si l'on suit l'analyse d'Heylighen (1990), la fonction de la représentation est de guider les interactions entre le sujet et l'environnement de façon à ce que l'identité du système soit maintenue au travers des changements survenant dans l'environnement. Cela permet au système de s'adapter, c'est-à-dire de changer de façon interne de telle sorte que les changements externes soient compensés avant qu'ils ne détruisent l'identité du système. Mais pour pouvoir être adaptative, la représentation nécessite un mécanisme qui permet de modéliser les changements de l'environnement (actuels ou potentiels). Ce mécanisme est basé sur la distinction entre deux types d'informations dans la représentation : la structure ou partie stable, l'état ou partie changeante de la représentation. Il faut que la représentation s'organise à plusieurs niveaux.

2. Distinctions importantes et principes sur la mémoire utilisés dans la synthèse

Ici, j'indique les distinctions processuelles et les principes qui relèvent du fonctionnement de la mémoire qui sont utilisés dans mon travail. Ces éléments seront présents dès ce chapitre où je propose que les dissociations entre mesures de mémoire vont fournir une stratégie utile pour l'analyse du travail. Une première contribution empirique est rapportée dans ce cadre.

On retrouvera ces éléments lorsque nous traiterons les questions spécifiques des chapitres 2 à 5. Ces chapitres présentent plusieurs thématiques de psychologie ergonomique, travaillées au sein de mon équipe dans le Laboratoire Travail et Cognition. La conception-évaluation d'interfaces écologiques (2), le traitement cognitif des consignes (3), l'utilisation du langage dans la communication homme-machine et la communication médiée (4), l'anticipation et la conscience de la situation dans les environnements dynamiques (5). Ces chapitres montrent que les travaux réalisés concernent, si l'on se réfère à la catégorisation utilisée dans l'encyclopédie internationale d'ergonomie et facteurs humains, les dispositifs de présentation de l'information et la communication, ainsi que les facteurs de performance. Je vais plutôt ici situer ces chapitres par rapport à un certain nombre de distinctions relatives aux traitements et principes.

2.1. Concernant les traitements, représentations

S'agissant des traitements et représentations, les distinctions importantes sont la distinction entre le traitement perceptif et conceptuel, celle entre l'information spécifique à l'item et l'information relationnelle. Plus récemment, celle entre les représentations de détail (*verbatim*) et thématiques (*gist*).

La profondeur du traitement, comme nous le verrons (**chapitre 2**), permet selon moi d'*expliquer* dans quelle mesure les opérateurs experts d'un domaine peuvent tirer avantage d'interfaces qui présentent la sémantique du domaine, qui décrivent le processus contrôlé en montrant les invariants de fonctionnement. Les effets de l'expertise, du type d'interface ou du niveau de priorité des variables sont autant d'éléments qui s'expliquent en fonction du principe de profondeur (Craik, 2002 ; Craik & Lockhart, 1972). Il apparaîtra aussi que je souscris à une conception hiérarchique des représentations que l'on retrouve autant dans le domaine de la mémoire (Lockhart, 2002) que dans le génie industriel (Rasmussen, 1985).

Une autre distinction est celle entre information spécifique à l'item et information relationnelle (Einstein & Hunt, 1980 ; Hunt, 2003 ; Hunt & Einstein, 1981). J'utilise cette distinction dans des travaux sur les documents écrits, pour rendre compte de l'effet de l'interaction avec le dispositif décrit par la consigne comme de l'effet de la structure du document de consigne. L'effet sélectif des signaux sur le rappel plus que leur effet global et l'effet de l'interaction avec le dispositif décrit par la

consigne renvoient au traitement de l'information spécifique à l'item. Nous avons pu explorer un phénomène de mémoire, adapté selon moi à l'étude des textes procéduraux, qui repose sur le rôle de l'information spécifique à l'item : l'effet de l'exécution des actions ou mise en acte des instructions (*enactment effect*) (**chapitre 3**).

La distinction entre les représentations de détail ou *verbatim* et les représentations thématiques (*gist*) est une distinction plus récente dans mes préoccupations. Cette distinction est liée à un modèle duel de la mémoire et du raisonnement (Reyna, 2004) qui s'éloigne nettement ici encore de la métaphore informatique. Ce modèle illustre assez bien, je crois, comment les conceptions duelles de la mémoire pourraient nous conduire à réévaluer notre compréhension du fonctionnement du sujet opératif. Je l'évoquerai dans des perspectives (**chapitre 5 ; chapitre 6**).

2.2. Concernant la relation entre mémoire et conscience

S'agissant des rapports entre mémoire et conscience, c'est d'abord la distinction entre la récupération intentionnelle et non intentionnelle du souvenir qui m'a intéressé. Les différences entre tests explicites et implicites, qui renvoient à des différences dans les processus capturés par ces tâches, permettaient d'imaginer une stratégie d'analyse interactive des processus qui était non intrusive (**chapitre 1, section 4 ; chapitre 2**). Le contraste, au sens de l'analyse contrastive de Baars (1994), résidait ici dans l'utilisation de l'amorçage de répétition par rapport à l'expression directe de la mémoire. On notera que si la stratégie de récupération était manipulée en contrastant le caractère intentionnel ou non de la récupération (Schacter, Bowers, & Booker, 1989), la « conscience » dont il est question n'a pas de statut particulier sous l'hypothèse du traitement approprié au transfert.

Il peut être important de continuer à contraster les stratégies de récupération. Nous verrons plus loin que l'amorçage de répétition se révèle important pour d'autres travaux, qui n'étaient pas conduits au départ dans la perspective d'une analyse de la mémoire. D'abord, pour déterminer si les phénomènes d'adaptation au partenaire dans l'utilisation du langage, viennent bien du fait que l'on modélise l'interlocuteur (**chapitre 4**). Ces phénomènes sont observés en interaction homme-homme comme en interaction homme-machine. La question est posée de savoir si l'alignement des représentations des interlocuteurs peut s'expliquer par des phénomènes ordinaires de mémoire. Ensuite, dans une visée plus méthodologique, les mesures indirectes de mémoire peuvent permettre de développer des mesures de la conscience de la situation et de l'anticipation qui font actuellement défaut (**chapitre 5**).

Récemment, j'ai commencé à m'intéresser à la conscience qui accompagne l'acte de récupération du souvenir telle qu'on peut l'étudier dans les procédures de seconde génération (paradigme souvenir/connaissance ; procédure de dissociation des processus ; procédure de reconnaissance conjointe). Cette conscience est la conscience au sens habituel, au sens d'« *awareness* ». Un paradigme mis au point par Tulving (1985) en relation avec sa théorie des systèmes de mémoire et repris par Gardiner et ses collaborateurs est le paradigme

souvenir/connaissance (*Remember/Know*). Lorsque le sujet déclare reconnaître un item il doit dire sur quelle base sa réponse est effectuée et choisir entre deux alternatives : une réponse *Remember* indique une remémoration consciente (recollection) de l'occurrence de l'item dans l'expérience et une réponse *Know* indique l'absence d'une recollection, un simple sentiment de familiarité. Pour Tulving ces deux formes de réponses renvoient respectivement au système épisodique et au système sémantique. Mais des interprétations fonctionnelles auxquelles je souscris plus volontiers existent. Une interprétation alternative est celle de Gardiner (1988) qui propose que les réponses *Remember* reflètent le degré auquel les processus sous-jacents sont dirigés conceptuellement et que les réponses *Know* reflètent le degré auquel les processus sous-jacents sont dirigés perceptivement. Ou encore celle de Rajaram (1996) qui, après avoir adhéré à la distinction conceptuel-perceptif propose que la distinctivité (conceptuelle, perceptif) est à l'origine des réponses *Remember* alors que les réponses *Know* reflètent la fluidité (perceptive, conceptuelle).

Cette analyse de la phénoménologie associée au souvenir est le plus souvent conduite en utilisant une épreuve de reconnaissance et de façon à analyser les deux composantes de la reconnaissance distinguées dans les modèles duels de reconnaissance que sont la récollection ou remémoration consciente et la familiarité. Mon intérêt s'oriente un peu plus sur la mesure des états de conscience associés à la récupération et sur les modèles duels de mémoire. Le **chapitre 6** expose comment j'envisage d'étendre la stratégie proposée au chapitre 1 en m'appuyant sur le paradigme *Remember/Know*. Un projet sur la recherche d'information sur internet sera présenté. Ce travail évaluera si des degrés différents de conscience existent lorsqu'on utilise une tâche de reconnaissance et que l'on sollicite la mémoire épisodique.

Que la conscience (*awareness*) puisse entrer dans le traitement de l'information est douteux si l'on adopte le point de vue selon lequel la conscience est le produit du traitement de l'information (Velmans, 1991). Et dans ce cas, la question de la localisation de la conscience n'est pas d'un intérêt premier, comme le montrent plusieurs chapitres de l'ouvrage coordonné par Velmans (1996). Dans une analyse critique de cet ouvrage, j'ai montré que je suis sensible à l'argument selon lequel la conscience est un produit du traitement de l'information et ne peut donc entrer dans ce traitement (Terrier, 1999). Ce que je viens d'évoquer avec l'approche attributive de la mémoire (le souvenir conscient comme inférence) va dans ce sens. Pour autant, il me semble tout à fait important d'évaluer si la conscience (*awareness*), un phénomène à la première personne, peut être un indice des variations dans le traitement de l'information à l'encodage. Le fait que les réponses *Remember* augmentent en fonction de la profondeur de traitement (p.ex. Gardiner, 1988) me suggère une chose : si j'ai négligé les mesures subjectives de charge mentale au motif d'une faible relation entre les variations du traitement de l'information et ces mesures, les mesures subjectives liées au souvenir réagissent différemment à des paramètres comme la profondeur de traitement, la division de l'attention,...et semblent entretenir une relation plus claire avec les processus mis en jeu lors de la réalisation de la tâche. Utiliser ces mesures

subjectives comme index des variations du traitement en termes de profondeur sera l'un des buts du projet présenté au dernier chapitre.

2.3. *La compatibilité des opérations de traitement comme principe théorique et méthodologique*

Le principe du traitement approprié au transfert (de transfert approprié du traitement ou encore de concordance des traitements, ces trois désignations s'observent) et que j'ai préféré désigner par "compatibilité des traitements" est un principe fondamental de mon point de vue car il constitue à la fois une théorie et une méthodologie. En tant que principe théorique sur le fonctionnement de la mémoire, il énonce que les traitements engagés au temps t_1 (encodage) transfèrent au temps t_2 (récupération) dans la mesure où les traitements engagés à la phase de récupération correspondent, récapitulent, sont de même nature que ceux engagés à l'encodage. Ce principe est également une méthodologie pour qui souhaite utiliser les performances mnésiques pour étudier les modifications des processus cognitifs en fonction de variations dans la situation de travail. La logique du transfert peut être utilisée pour révéler les composantes de l'activité et leur organisation différente en fonction de la façon dont la personne gère les exigences de l'environnement. C'est là une conséquence directe du fait de traiter les processus cognitifs comme des habiletés qui transfèrent de façon différente lors de nouvelles tâches (Kolers & Roediger, 1984). Je reviens plus en détail sur ce point plus loin.

Enfin, il montre que la notion de compatibilité, habituellement appliquée à des niveaux assez simples en ergonomie, peut s'appliquer à des niveaux plus élaborés (traitements/représentations) et recevoir un traitement plus approfondi dans la discipline. Cette notion de compatibilité est centrale dans les définitions de l'ergonomie (HFES 1999 ; IEA 2000) et si j'adhère assez à l'idée qu'elle devrait constituer le cœur d'une éventuelle "science ergonomique" pour reprendre l'expression de Karwowski (2000), je crois que le principe du traitement approprié au transfert participe directement d'une telle analyse.

Je prends ici un exemple en anticipant sur ce qui va suivre (chapitre 2). En proposant d'adapter le rappel au contrôle de processus, Vicente (1991) dit que la nouveauté de sa proposition consiste à utiliser le rappel comme indice de l'adéquation entre l'interface et le modèle mental de l'opérateur. Si le rappel peut effectivement servir à mesurer cette compatibilité entre la représentation interne et la représentation externe, la mesure est d'autant plus pertinente que le rappel est sensible à la profondeur du traitement. Or, ce sont les processus de traitement profond de l'information que l'on cherche à induire par le nouveau type d'interface proposé dans les interfaces écologiques.

Pour être franc, je crois que le principe du traitement approprié au transfert a une valeur heuristique bien plus générale que celle discutée dans les pages qui suivront. J'ai indiqué dans deux articles (Terrier, 1998b, 1999) comment le statut de ce qu'on appelle la cohérence (*consistency*) ou compatibilité était sous-estimé. La cohérence ou compatibilité n'est pas un déterminant de la charge cognitive, pas plus qu'elle ne détermine le

développement des automatismes. Elle explique plutôt la nature des faits empiriques discutés dans plusieurs secteurs où la conscience est un thème central. Elle m'apparaît moins comme un facteur déterminant que comme le mécanisme par lequel le sujet met en relation ses expériences mentales. Pour interpréter les dissociations dans le domaine de la mémoire de travail (Roulin & Monnier, 1995 ; Glenberg, 1997), comprendre que les propriétés d'absence de conscience ou d'insensibilité à l'interférence qui qualifient les automatismes ne fonctionnent pas en tout ou rien et s'observent dans la mesure où la propriété est appropriée à la tâche réalisée (Perruchet, 1998), le principe général de compatibilité des opérations mentales semble un principe explicatif pertinent. Il apparaît en tous cas plus pertinent que les concepts de charge cognitive, d'apprentissage implicite, ou de capacité limitée utilisés pour expliquer un certain nombre de dissociations (Terrier, 1998b). L'analyse théorique que j'avais esquissée à ce sujet devrait être reprise, corrigée par endroits mais aussi augmentée par d'autres travaux pour asseoir l'affirmation de l'existence d'un principe de compatibilité ou cohérence au niveau des représentations. Par exemple en étudiant la question de l'alignement des modèles de situations des interlocuteurs que nous évoquerons au chapitre sur le dialogue (chapitre 4).

Pour en rester aux travaux que je souhaite présenter dans ce document, rappelons que le principe du traitement approprié au transfert englobe d'autres principes sur le fonctionnement de la mémoire comme le principe de profondeur de traitement et de spécificité de l'encodage (*cf.* Lockhart, 2002 ; Tulving & Thomson, 1973). Le principe du matériel approprié au traitement, dont la pertinence apparaîtra au chapitre 3, lui est également associé.

Je viens de dire qu'il faut voir le principe du traitement approprié au transfert comme étant à la fois un principe théorique et une méthodologie. Les dissociations entre mesures de mémoire peuvent fournir une stratégie pour analyser les processus en situation naturelle et leurs modifications.

3. Les dissociations entre mesures de mémoire comme stratégie d'étude interactive des processus en ergonomie

En quoi les dissociations entre mesures de mémoire peuvent-elles être utiles à l'ergonomie ? Utiliser la sensibilité différentielle de mesures de mémoire à la prépondérance de différents modes de traitement (p.ex. traitement perceptif, traitement conceptuel) lors d'un épisode de traitement initial (l'activité à analyser) représente une stratégie intéressante pour l'analyse du travail. Les dissociations fournissent une stratégie pour analyser de façon interactive les processus en fonction de variations dans la situation (de travail). Cette stratégie, non intrusive, est *a priori* généralisable indépendamment du domaine d'application puisqu'elle repose sur les mesures de mémoire.

Quelques problèmes me semblaient assez bien résolus dans le domaine de la mémoire par comparaison à ce que je pouvais connaître en ergonomie cognitive, lorsque j'ai commencé à m'intéresser à ces travaux. Ces problèmes, valables pour les tâches expérimentales comme pour les tâches

de travail, sont liés au développement d'une typologie cognitive des tâches. La relation entre la tâche (de mémoire) et les processus capturés par la tâche peut être évaluée déductivement plutôt qu'inductivement et peut même être spécifiée par des opérations convergentes. Les tâches de mémoire sont des outils classiques d'évaluation du traitement en ergonomie cognitive où l'on considère que ce qui est mémorisé reflète le traitement réalisé à l'encodage. Une avancée dans la caractérisation cognitive des tâches de mémoire devient alors une avancée possible dans l'analyse du travail.

3.1. *A propos de la relation tâche - processus*

Lorsque deux tâches sont dissociées par la manipulation d'une variable quelconque, ce résultat est pris comme indice du fait que les tâches reflètent l'opération de processus cognitifs différents. La littérature ergonomique fait largement usage de cette logique. Ainsi, la distinction entre des processus automatiques et contrôlés, s'appuie sur le fait que des variables qui affectent sélectivement une tâche ont un impact négligeable sur d'autres tâches. Toutefois, pour un ergonomiste, ce dont il faudrait disposer c'est d'un moyen d'évaluer la contribution relative. Comment ces différents processus contribuent à déterminer la performance observée ? J'ai proposé une solution basée sur une analyse des différences observées entre épreuves explicites et implicites de mémoire. Les dissociations largement documentées, montraient que certaines tâches de mémoire étaient plus particulièrement compatibles avec le (c.-à-d. appropriées au transfert du) traitement dirigé par les concepts alors que d'autres étaient plus particulièrement compatibles avec le traitement dirigé par les données ou perceptif. Plutôt que de modifier la tâche étudiée en utilisant des paradigmes de double tâche, comme on peut le faire en utilisant des batteries de tâches critères (*criterion tasks*), il m'a semblé que la solution résidait plutôt dans la manipulation du type d'épreuve de mémoire. Ce changement présentait plusieurs avantages sur les procédures traditionnelles pour les situations de travail. Il représentait également une prise de distance nécessaire par rapport à l'hypothèse de l'influence sélective.

3.2. *Une relation évaluable déductivement*

L'analyse de la tâche fait référence à deux types de phénomènes. Il faut d'une part spécifier les caractéristiques observables de la situation, ce qui va permettre de classer les tâches en fonction de critères objectifs. Par exemple, distinguer les environnements dynamiques sur la base de l'objectif assigné aux systèmes considérés (transformer un produit, guider des mobiles, superviser des flux, etc.). Il faut d'autre part spécifier les processus ou états mentaux inobservables, cette spécification des processus constituant une théorie reliant les fonctions cognitives aux différentes tâches. Par exemple, pour reprendre le cas des environnements dynamiques, spécifier comment les environnements diffèrent ou se

ressemblent du point de vue de l'utilisation d'une stratégie anticipative ou réactive de la part de l'opérateur.

Une typologie des tâches n'est possible que si l'on spécifie deux types de typologie. La première typologie est une théorie des processus : elle spécifie les types de processus impliqués dans les tâches et indique comment ces processus sont affectés par différentes variables. Une telle théorie est proposée par Roediger et ses collègues (Roediger, Srinivas, & Weldon, 1989 ; Roediger, Weldon, & Challis, 1989) lorsqu'ils distinguent le traitement dirigé par les données et le traitement dirigé conceptuellement. Cette première théorie est indépendante, il faut le noter, des tâches utilisées pour étudier la mémoire (tâches explicites ; tâches implicites). La seconde typologie est une théorie des tâches, qui relie les différents processus aux tâches utilisées. C'est ce que font Roediger et ses collègues lorsqu'ils montrent que la différence observée entre tâches explicites et implicites de mémoire (le niveau des caractéristiques objectives) s'explique en réalité par le lien qu'entretiennent les tâches généralement employées avec l'un ou l'autre des processus distingués (traitement dirigé par les données ; traitement dirigé par les concepts). Ensemble, les deux types de théories permettent de spécifier les effets de variables situationnelles et de variables liées au sujet sur la performance observée à la tâche de telle sorte que la théorie peut être vérifiée ou réfutée. Ainsi, les analyses de la tâche peuvent être évaluées déductivement plutôt qu'inductivement sur la base d'hypothèses difficilement testables.

Cette double caractérisation était difficile à réaliser en s'intéressant aux tâches naturelles qui intéressent la psychologie ergonomique. En tout cas, elle était impossible à réaliser pour moi puisque je devais réfléchir à une méthodologie qui soit indépendante de la situation particulière (et qui renseigne sur les processus en jeu). Mais elle semblait possible dans le domaine des tâches de mémoire—des tâches qui sont utiles pour analyser les processus mentaux en situation de travail. Les tâches de mémoire révèlent les opérations de traitement réalisées à l'encodage, la phase d'étude étant soit une tâche artificielle soit une tâche naturelle. Aussi, la connaissance des processus compatibles avec les tâches de mémoire doit nous aider à comprendre les processus engagés dans les tâches de travail (encodage).

3.3. Une relation spécifiée par des opérations convergentes

Enfin, en ce qui concerne les tâches de mémoire, la spécification des processus était faite en proposant des définitions opérationnelles lorsque les tâches étaient discutées au niveau des processus. Adopter le principe du traitement approprié au transfert pour expliquer les différences entre tâches conduit à adopter un programme de recherche particulier : pour décider qu'une épreuve donnée (explicite, implicite) est particulièrement sensible au traitement profond, conceptuel, réalisé à l'encodage il faut observer (a) que des manipulations conceptuelles à l'encodage (profondeur du traitement, production, etc.) ont un impact sur l'épreuve considérée et (b) que des manipulations perceptives (modalités, typographie, etc.) n'ont pas d'impact. Les prédictions inverses doivent être vérifiées pour pouvoir

caractériser comme perceptif un test qui est supposé comme tel. Ainsi, des opérations convergentes (Garner, Hake, & Eriksen, 1956, in Kolers & Roediger, 1984) sont employées pour définir les tâches comme étant des tâches conceptuelles ou perceptives. Voilà ce qui m'a véritablement intéressé : une théorie spécifiait les types de processus qui opèrent dans les tâches de mémoire et définissait comment ces processus étaient affectés par différentes variables expérimentales. Armés de définitions aussi opérationnelles, les chercheurs avaient pu catégoriser les tâches de reconnaissance, de rappel ou de rappel indicé sémantiquement comme fortement dirigées par les concepts et catégoriser l'amorçage de répétition en identification perceptive ou en complètement de mots fragmentés comme fortement dirigé perceptivement.

Je rappelle maintenant brièvement comment le principe du traitement approprié au transfert a permis de catégoriser les tâches explicites et implicites de mémoire en fonction de la distinction entre traitement perceptif et conceptuel.

3.4. Tâches de mémoire et traitement perceptif—conceptuel

Les épreuves explicites (ou directes) de mémoire requièrent de la part du sujet une recherche de l'information étudiée. Le rappel ou la reconnaissance sont des exemples typiques de tests explicites : reconstruire totalement l'information en l'absence d'indices (rappel libre), la reconstruire partiellement en présence d'indices (rappel indicé), l'identifier dans une collection (reconnaissance). Dans chaque cas le sujet doit penser aux épisodes antérieurs constituant la phase d'étude. Une récupération intentionnelle des informations est sollicitée pour réaliser la tâche, ce qui n'est pas le cas pour les épreuves implicites. Les épreuves implicites (ou indirectes) ne demandent pas au sujet de s'engager dans une activité de recherche de l'information traitée. Après une phase d'exposition au matériel d'étude, le sujet doit simplement donner une réponse lors d'une nouvelle tâche présentée comme non reliée à la phase d'étude ; la mémorisation peut être mise en évidence par une différence positive entre les réponses concernant les informations traitées à la phase d'étude et des informations non étudiées qui fournissent une ligne de base. La mémorisation est mise en évidence par le transfert, une facilitation, un biais de réponse à une tâche ultérieure. Par exemple, après avoir étudié un mot (DISPLAY), les sujets reçoivent un test de complètement des mots fragmentés (D_S__A_) dans lequel la consigne est simplement de compléter les lettres manquantes de façon à former un mot. Des mots étudiés et non étudiés étant mélangés, le souvenir peut être révélé par une facilitation de la performance qui est attribuable au traitement de l'information lors des épisodes antérieurs.

Les facteurs expérimentaux qui influencent la performance pour un type de test ont souvent un impact négligeable sur l'autre type de test. La profondeur de traitement a peu d'influence sur les tests implicites alors que son influence sur les tests explicites est largement connue (p.ex. Jacoby & Dallas, 1981; Light, La Voie, Valencia-Laver, Albertson Owens, & Mead, 1992). D'un autre côté les changements de modalité entre phase de test et d'étude ont une influence négligeable sur les tests explicites mais un impact

important sur les tests implicites (p.ex. Jacoby & Dallas, 1981; Light, *et al.*, 1992) : lorsque les modalités d'étude et de test correspondent la performance est meilleure que lorsqu'elles diffèrent. Ainsi, dans un test implicite, la performance n'est pas meilleure lorsque l'information a été traitée profondément plutôt que superficiellement en phase d'étude, et la performance est meilleure si les modalités de test correspondent à celles de l'étude plutôt que si elles diffèrent. En outre, et pour (en apparence) compliquer la situation, des dissociations se produisent aussi au sein d'une même classe d'épreuves.

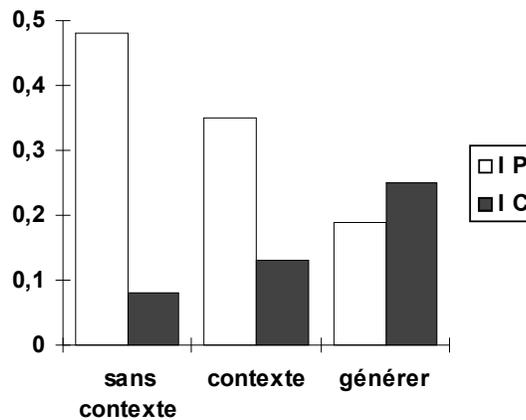
Une explication basée sur le principe du traitement approprié au transfert, va mettre l'accent sur la compatibilité (*consistency*) des opérations mentales réalisées entre les phases de test et d'étude et rendre compte de la grande majorité des données observées avec les sujets normaux. L'idée de base (Roediger, Weldon & Challis, 1989) est la suivante : beaucoup des tests explicites utilisés requièrent à la récupération le traitement conceptuel, et accèdent au traitement conceptuel réalisé à l'encodage. Ils sont compatibles avec le traitement descendant ou traitement conceptuel, d'où leur sensibilité à une manipulation de la profondeur du traitement et leur insensibilité à des variations de surface entre les épisodes d'étude et de test. D'un autre côté beaucoup de tests implicites sont essentiellement dirigés par les données. Ici, ce sont essentiellement les opérations perceptives réalisées en phase d'étude qui sont recrutées, d'où la sensibilité observée aux variations de surface (par exemple, la modalité) et l'insensibilité à des manipulations conceptuelles comme la profondeur de traitement. Cette explication simple a montré sa capacité à expliquer les dissociations entre classes de tests (explicites vs. implicites) et entre tests d'une même classe.

Appliquant le principe du traitement approprié au transfert (Morris *et al.*, 1977) aux dissociations entre tâches, Roediger et ses collègues dégagent en réalité quatre idées (Roediger, Srinivas & Weldon, 1989 ; Roediger, Weldon & Challis, 1989) : (1) les tests de mémoire bénéficient du degré auquel les opérations requises au test récapitulent ou recouvrent les opérations d'encodage réalisées lors de l'activité initiale ; (2) les tests explicites et implicites requièrent typiquement (c.-à-d. en général) différentes opérations de recouvrement, accédant ainsi à différentes formes d'information différentes ; ils bénéficient par conséquent lors du test de différents types de traitement durant l'apprentissage ; la seconde idée est précisée par les deux suivantes ; (3) la plupart des tests explicites relèvent de l'encodage du sens, des concepts, du traitement sémantique, du traitement élaboratif, de l'imagerie mentale,...Ici, c'est l'ensemble des résultats montrant que la profondeur du traitement, l'activité d'imagerie, l'organisation signifiante du matériel, améliorent la rétention dans les tests de rappel et de reconnaissance, ou de rappel indicé. Ces tests sont considérés comme requérant le traitement dirigé conceptuellement, en référence à Jacoby (1983) ; (4) beaucoup de tests implicites standards, complètement de mots, de mots fragmentés, identification perceptive, relèvent fortement de la correspondance entre le traitement perceptif entre l'étude et les épisodes tests ; récupérant l'enregistrement perceptif. Ils sont considérés comme dirigés par les données, toujours en référence à Jacoby (1983).

Certaines expériences sont particulièrement illustratives de ce point de vue. Lorsqu'un test supposé conceptuel (explicite ou implicite) et un test supposé perceptif (explicite ou implicite) ont été comparés en fonction d'une manipulation du traitement conceptuel, on a pu observer simultanément que : (i) l'augmentation des exigences conceptuelles à la phase d'étude augmentait la performance à un test de mémoire (supposé) conceptuel mais diminuait celle à un test (supposé) perceptif ; (ii) l'augmentation dans les exigences perceptives augmentait la performance au test qui était supposé être perceptif et diminuait celle au test conceptuel.

La figure 1 rapporte la comparaison effectuée par Blaxton entre deux tests implicites : le complètement de fragments (Implicite, Perceptif, IP) et la réponse à des questions générales (Implicite, Conceptuel, IC). Les sujets dans la condition *contexte* ont vu "hot-COLD" et ont lu le second mot. Dans la condition *générer* les sujets voyaient "hot-???" et devaient produire la cible. Dans la condition *sans contexte* les sujets voyaient "xxx-COLD" et devaient lire la cible à voix haute. La réponse était produite par différents moyens : traiter les données dans la condition sans contexte, traiter le sens des concepts dans la condition *générer* et probablement un mélange des deux dans la condition *contexte*. L'interaction croisée obtenue dans cette expérience (Blaxton, 1989, in Roediger, Srinivas & Weldon, 1989) réplique une dissociation montrée à l'origine par Jacoby entre un test explicite et un test implicite (Jacoby, 1983). Elle montre qu'il n'y a pas de raison de supposer une équivalence entre tâches (explicites vs. implicites) et processus (traitement conceptuel vs traitement perceptif).

Figure 1. Dissociation entre complètement de mots fragmentés (implicite, perceptif) et la réponse des questions générales (implicite, conceptuel) en fonction d'une manipulation conceptuelle à l'encodage (lire vs. générer la cible) (Blaxton, 1989, in Roediger, Srinivas, & Weldon, 1989).



Nous avons voulu savoir s'il était possible d'étudier la mémoire implicite en situation complexe et tester la pertinence de la stratégie proposée. La question centrale était de savoir si l'on pouvait mettre au point non seulement des tests conceptuels mais également des tests perceptifs de mémoire en situation complexe. Si nous lisons certains auteurs, ce résultat peut sembler difficile à anticiper. Par exemple, il est tentant de considérer que le traitement d'une unité de deux mots va engager plus de traitement conceptuel que le traitement d'un mot unique (p.ex. MacLeod & Bassili, 1989) et l'on doutera alors de la possibilité d'observer sur des unités plus larges des phénomènes observés au niveau du mot. Pourtant, les unités verbales utilisées dans nos expériences étaient des messages d'alarme complexes (chaînes de 40 caractères) et les expériences ont montré qu'un test perceptif pouvait être mis au point même avec un matériel complexe encodé par des opérateurs expérimentés dans leur situation de travail. Je pense que la raison est simple : lorsque les unités considérées à l'étude (par le sujet) sont les mêmes unités que celles considérées au test (par l'expérimentateur), l'amorçage de répétition et ses propriétés peuvent être observées.

4. Vers une analyse écologique des opérations de traitement en situation de travail

Ce chapitre expose comment nous avons pu montrer la faisabilité de la stratégie proposée plus haut et partant, la pertinence d'une explication fonctionnelle des différences entre épreuves de mémoire. L'explication qui a pu être validée utilisait la version originale de l'hypothèse des traitements distinguant les tests conceptuels et perceptifs, ainsi qu'une version modifiée de l'hypothèse des traitements distinguant l'information relationnelle et l'information spécifique à l'item. Pour savoir si des variations dans le traitement de l'information pouvaient effectivement être capturées en manipulant le type de mesure de mémoire utilisé nous avons cherché à produire des dissociations entre mesures de mémoire qui résultaient de manipulations conceptuelles opérées à l'encodage dans un contexte professionnel (processus industriel ; opérateurs expérimentés).

La série d'études empiriques que je vais résumer constitue un travail de recherche initiateur que je n'ai pas souhaité séparer du cadre conceptuel que je viens de fixer. Fondamentalement les tâches d'orientation imaginées ici nous permettent d'éprouver le principe selon lequel des modifications de la profondeur du traitement, liées à des variations plus naturelles et plus informatives sur la situation de travail, devraient produire un même effet au rappel que celui observé ici.

Nous changeons un peu de niveau lorsque dans les chapitres suivants, le type d'interface ou encore l'objectif de lecture sont manipulés. On peut considérer ici que la tâche d'orientation est plus « naturelle » et des questions spécifiques au thème traité se font jour, même si les variables dont il est question consistent à faire jouer les mêmes mécanismes selon

moi. Tout ce qui est présenté dans ce premier chapitre présente selon moi une unité en se situant à un niveau de généralité supérieur à celui des quatre chapitres qui suivront. Au dernier chapitre, je dégagerais des perspectives en remontant justement au niveau de ce premier chapitre et en exposant comment la stratégie d'étude interactive des processus peut maintenant être étendue.

4.1. Tâches et processus en situation de conduite d'un réacteur à eau pressurisée

Plusieurs études ont été réalisées avec des opérateurs expérimentés qui contrôlaient un réacteur à eau pressurisée. Nous avons concentré les efforts sur deux questions (i) la possibilité d'utiliser des tâches de mémoire qui correspondent à l'utilisation habituelle de la mémoire et qui n'exigent pas un recouvrement conscient de l'information ; (ii) la possibilité d'accéder à la fois aux activités conceptuelles et perceptives au moyen de tests de mémoire appropriés (Terrier & Cellier, 1996a, 1996b; Terrier & Cellier, 1997).

Après une expérience sur le diagnostic et la mémorisation qui évaluait l'avantage d'une interface écologique, présentant les contraintes internes à la structure du domaine de travail, sur une interface traditionnelle (*cf.* chapitre suivant), nous avons développé une mesure implicite du souvenir de la couleur des messages d'incidents de façon à tester la pertinence du codage couleur appliqué pour indiquer la gravité des incidents qui référerait aux fonctions de sécurité (Terrier et Cellier, 1997). Dans cette expérience, les opérateurs devaient soit simplement observer la couleur de messages d'incidents présentés soit penser à la gravité des messages, aux opérations qui allaient devoir être faites. Ensuite, ils déterminaient la couleur de messages présentés en noir et blanc. Parce que la liste contenait à la fois des messages étudiés et de nouveaux messages, le souvenir de la couleur des messages était révélé par une différence positive entre les deux proportions de réponse correcte (messages étudiés moins messages non étudiés). Cette mesure implicite du souvenir de la couleur des messages d'alarmes a permis de montrer que le codage couleur restait pertinent pour des opérateurs expérimentés. Lorsque l'attention était dirigée vers la gravité des messages, le souvenir de la couleur des messages était aussi bon que lorsque l'attention était dirigée directement vers la couleur des messages, ce résultat suggérant que la couleur était traitée lors du traitement de la « gravité » (*cf.* Terrier et Cellier, 1997, pour une description complète de l'expérience, qui utilisait aussi une tâche de rappel). L'expérience a suggéré que la couleur était traitée lorsque l'opérateur raisonnait sur la gravité. Cependant, elle montrait seulement qu'il était possible de tester indirectement la mémorisation de la couleur, sans montrer que la récupération de la couleur était effectivement une récupération implicite. En outre, l'expérience ne permettait pas de concevoir des épreuves qui étaient essentiellement perceptives (p.ex. absence d'effet de profondeur de traitement) et de contraster les résultats avec des épreuves qui étaient essentiellement conceptuelles (présence d'un effet de profondeur).

Pour étudier plus avant la nature implicite de la récupération, deux expériences ont adapté le complètement de mots fragmentés à des messages

d'alarme (Terrier et Cellier, 1996a, 1996b). Plusieurs tests que nous supposons conceptuels (rappel indicé sur la base de fragments, rappel libre, reconnaissance) et un test que nous supposons perceptif (complètement de fragments) ont été utilisés. Dans la situation étudiée, les messages d'alarme étaient des chaînes de caractères de 40 à 50 caractères. Par exemple, "COUP. CHAUFF. : NIV. PRESSU. BAS" correspond à une coupure automatique du chauffage en raison d'un niveau bas dans le pressuriseur du réacteur. Ce matériel a été utilisé pour réaliser différentes conditions d'encodage et tests de mémoire subséquents. Les deux études ont montré que la récupération était bien implicite lorsque l'on demandait à l'opérateur de simplement réaliser une tâche et ont montré des dissociations entre tâches en fonction de la profondeur du traitement réalisé (juger la gravité des messages versus juger le degré d'abréviation des messages) ou du nombre d'associés au message d'alarme à traiter, une autre manipulation conceptuelle. Elles suggéraient donc que l'on pouvait utiliser des méthodes qui recrutaient plus particulièrement les opérations conceptuelles ou perceptives appliquées au matériel lors de l'encodage.

4.2. Dissociation en fonction d'une manipulation « lire versus produire »

En comparant la version explicite et implicite d'un même test au cours de deux études, le critère opérationnel mis en avant pour distinguer les tests de mémoire dirigés par les données de ceux dirigés conceptuellement (Roediger, Weldon & Challis, 1989) était observé : une dissociation en fonction d'une manipulation de la production (lire versus générer la cible). Avec un test où les messages fragmentés étaient utilisés par le sujet pour retrouver les messages étudiés (test explicite de rappel indicé) la condition générer donnait lieu à un meilleur rappel que la condition lire. Avec un test où les mêmes messages devaient simplement être complétés (test implicite de complètement de mots fragmentés) il n'y avait pas d'avantage de la condition générer sur la condition lire.

4.3. Dissociations en fonction de la profondeur de traitement et de l'information relationnelle

Dans l'une des études (Terrier & Cellier, 1996a), nous avons combiné deux manipulations conceptuelles du traitement à l'encodage. Le sujet traitait les messages soit profondément (déterminer le degré de gravité) soit superficiellement (déterminer le degré d'abréviation du message). Pour chaque tâche de jugement et pour chaque message la réponse était donnée sur une échelle en sept points. Combiné à cette manipulation, nous avons aussi cherché à faire varier le nombre d'associés au message examiné par le sujet : nous avons sélectionné des messages pour lesquels la partie gauche du message (action automatique enclenchée) aurait pu résulter d'une autre cause que la cause présentée en partie droite du message. Nous avons appelé ces messages des messages Non Unitisés. Nous avons également sélectionné des messages pour lesquels l'événement rapporté en partie

gauche du message peut seulement survenir en relation avec ce qui est rapporté en partie droite, ou messages Unitisés.

En bref, le nombre d'associés à l'item traité était manipulé du point de vue du contrôle de processus (et peut-être aussi en mémoire du sujet). Nous manipulons ce que l'on appelle par ailleurs la « taille sémantique de l'ensemble », ou la « connectivité » et il est important de noter que cette information (nombre d'associés) n'est jamais présentée au sujet ni à l'encodage ni à la récupération. Ici, tout effet du nombre d'associés montrera un processus d'activation entre unités d'informations qui sont fonctionnellement reliées par rapport à une situation de contrôle de processus—et indiquera aussi une connaissance des relations entre messages d'alarme. Cette variable était intéressante à introduire pour des raisons pratiques. Les concepteurs pensaient que les opérateurs ne connaissaient pas la structure des messages (et envisageaient une formation à ce sujet). Au plan théorique, il s'agissait de tester une version modifiée de l'hypothèse du traitement approprié au transfert. Une version qui reposait plus sur la distinction entre information spécifique à l'item et information relationnelle que sur la distinction entre traitement perceptif et traitement conceptuel pour expliquer les différences entre tâches de mémoire.

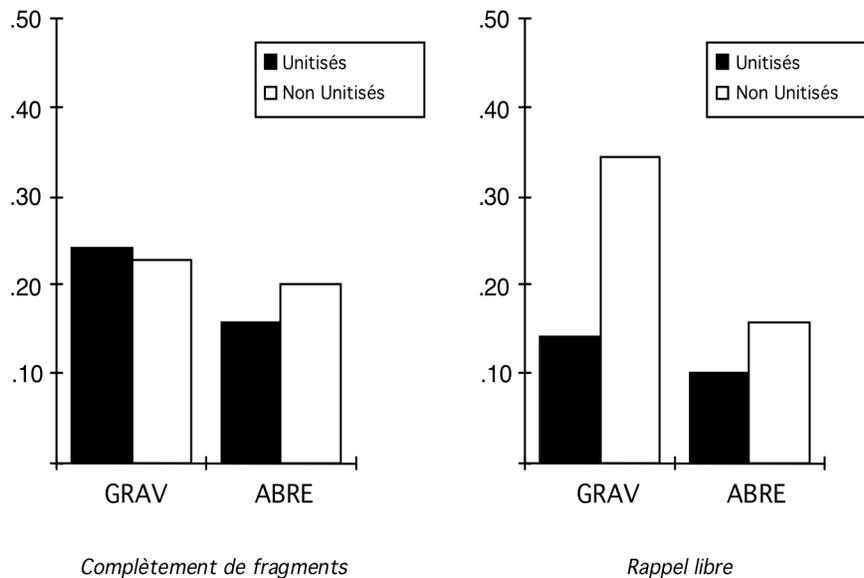


Figure 2. Dissociation entre complètement de messages d'alarme fragmentés et rappel libre de messages d'alarme en fonction de deux manipulations conceptuelles à l'encodage : la profondeur de traitement (juger la GRAVité des messages ; juger le degré d'ABREviation du message) et le type de message (Unitisés, sans associés ; Non Unitisés, associés à d'autres messages). Les données représentent la proportion moyenne corrigée (étudiés—non étudiés pour le taux de complétion ; rappel correct—intrusions au rappel) (Terrier & Cellier, 1996a).

Parmi les trois tests utilisés dans l'expérience un test de rappel libre, censé être sensible aux variations conceptuelles, était employé en deuxième tâche. Les sujets ont réalisé cette tâche après (première tâche) soit un test de complètement de mots fragmentés soit après un rappel indicé sur la base de fragments. Ils se trouvaient alors soit en condition implicite (compléter les chaînes de caractères de façon à former un message d'alarme) soit en condition explicite (compléter les chaînes de caractères qui correspondent à des messages étudiés) pour la première tâche. La troisième tâche était une reconnaissance à choix forcé.

En bref, un effet de profondeur a été observé pour le test conceptuel (rappel libre) ainsi qu'un effet du nombre d'associés au message traité, mais pas pour le test perceptif (complètement de fragments). Globalement, les données de l'étude montraient que les différences d'encodage observées venaient souvent de la seconde manipulation conceptuelle effectuée.

Le test de rappel indicé sur la base de fragments montrait un résultat contre-intuitif, les messages traités superficiellement étant mieux mémorisés (.28) que ceux traités profondément (.18). Ce résultat est contre-intuitif si l'on se base seulement sur la distinction entre traitement perceptif et conceptuel. Ce résultat était dû aux items comportant des associés (.41 pour le traitement superficiel et .21 pour le traitement profond) et non aux items sans associés (.15 pour les deux conditions). Entièrement produit par une modalité de notre seconde variable conceptuelle – les messages Non Unitisés, présentant des associés—ce résultat nous amenait à considérer que le test de rappel indicé était bien conceptuel.

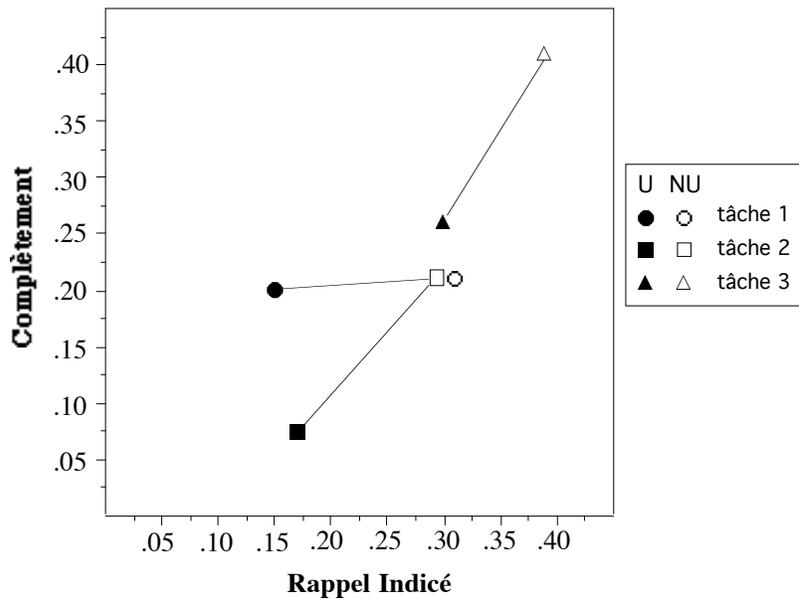


Figure 3. Effet du type de message (Unitisé ; Non Unitisé) à trois tâches de mémoire réalisées en succession : complètement de messages fragmentés vs. rappel indicé avec fragments (tâche 1), puis pour tous les sujets rappel libre (tâche 2) et reconnaissance à choix forcé (tâche 3) (Terrier & Cellier, 1996a).

Une des associations inverses observées dans l'expérience peut être analysée en regardant simplement la performance en fonction du type de message aux trois tests. La figure 3 présente l'effet du type de message aux trois tâches de mémoire, en mettant en relation les performances des deux groupes de sujets (abscisse, ordonnée).

La mémorisation des deux groupes de sujets constitués pour le premier test, représentée ici par un même point, ne doit logiquement se différencier qu'à la première tâche de mémoire (complètement de fragments ; rappel indicé avec fragments). Les deux groupes se trouvent en effet, pour les tâches 2 et 3, dans la condition d'un test explicite supposé être conceptuel (rappel libre et reconnaissance).

A la première tâche, le test implicite de complètement ne montre pas d'effet du type de message, alors que la version explicite du même test (rappel indicé) montre un effet du type de message. Si l'on examine les trois tâches en fonction du type de message on voit que pour les messages Unitisés, il n'est pas possible de relier de gauche à droite de façon monotone les trois points : la courbe descend quand on passe du premier au deuxième test (dissociation) et augmente du second au troisième test (association). Ceci est le schéma d'une association inverse (Dunn et Kirsner, 1988) : sur deux conditions expérimentales, les performances des deux groupes de sujets sont dissociées, alors que leurs performances sont associées sur deux autres conditions expérimentales. L'intérêt de ce constat, c'est que l'on a montré (Dunn et Kirsner, 1988, 1989) que l'association inverse est un indice plus solide de la mise en jeu de processus-systèmes différents que les dissociations (simples, doubles, et doubles croisées). Ensuite, on observe ce phénomène sur un type de message, les messages qui ne partagent pas d'information avec d'autres messages. Ceci conduit à préciser le principe de compatibilité des traitements qui distingue des tâches perceptives de mémoire et d'autres conceptuelles. Affiliés à cette distinction, des modèles plus précis ont été proposés, qui supposent que les tâches conceptuelles et perceptives sont toutes deux sensibles à l'information spécifique à l'item, mais que seules les tâches conceptuelles sont sensibles à un changement dans l'information relationnelle (p.ex. Jacoby & Hollingshead, 1990 ; MacLeod & Bassili, 1989 ; Nelson, Canas, Bajo & Keelan, 1987).

Au plan pratique une implication de ces résultats semblait claire : si l'on observe l'effet d'une information qui n'est présentée ni à l'étude ni au test (nombre d'associés au message traité) quand on utilise un test de rappel ou de reconnaissance, alors les opérateurs connaissent les relations entre les messages d'alarme. Les opérateurs avaient à l'évidence une connaissance de la structure complexe que constituaient les messages d'alarme. Au plan théorique, une reformulation possible de la théorie devenait possible. Plusieurs conceptions modifiées de l'hypothèse des traitements postulaient que les tests explicites, désignés comme conceptuels en vertu de leur sensibilité à la profondeur de traitement, étaient en fait sensibles à l'information relationnelle (p.ex. Jacoby & Hollingshead, 1990 ; MacLeod & Bassili, 1989 ; Nelson, Canas, Bajo & Keelan, 1987). Une version modifiée de l'hypothèse des traitements pouvait rendre compte des différents résultats : les différences d'encodage, cohérentes avec l'hypothèse originale du traitement approprié au transfert (rappel libre) ou

incohérentes avec cette hypothèse (rappel indicé avec fragments) étaient toujours globalement le produit de l'information relationnelle, une information censée affecter plus les tests conceptuels que les tests perceptifs.

Une autre expérience (Terrier et Cellier, 1996b) allait nous montrer que si la version explicite (rappel indicé) seule était sensible à l'information relationnelle (effet du type de message) les deux versions de la première tâche étaient bien toutes deux sensibles à une modification de l'information spécifique à l'item.

4.4. Association en fonction de l'information spécifique à l'item

Dans une autre étude nous nous attendions à ce que les deux versions du test de complètement (rappel indicé sur la base de fragments ; complètement de fragments) soient sensibles à une manipulation de l'information spécifique à l'item. En bref, pour les versions modifiées de l'hypothèse des traitements (p.ex. MacLeod & Bassili, 1989), les tests conceptuels sont à la fois sensibles à l'information relationnelle et à l'information spécifique à l'item alors que les tests perceptifs sont sensibles seulement à l'information spécifique à l'item. Nous avons sélectionné des messages d'alarmes pour lesquels l'événement signalé en partie gauche ne peut survenir qu'en raison d'une cause (messages unitisés, sans associés) et avons mis au point une tâche de combinaison. Les opérateurs disposaient des actions automatiques (parties gauche des messages d'alarme) sur une ligne d'une feuille de papier et les événements anormaux (parties droite des messages) étaient placés sur une autre ligne. Ils devaient combiner un élément de la ligne supérieure avec un élément de la ligne inférieure de façon à écrire le plus de combinaisons possibles. Cette procédure permettait d'amener le participant à considérer à l'encodage à la fois des messages réels et de faux messages sur la base des mêmes informations (même si seuls les messages réels étaient systématiquement écrits par le participant sur la feuille). Au test, la mémorisation était meilleure pour le groupe en rappel indicé sur la base de fragments que pour le groupe de sujets en complètement. Conformément à l'hypothèse, pour les deux tests, la mémorisation était meilleure pour les combinaisons fonctionnelles que pour les combinaisons non fonctionnelles. Par ailleurs, le test implicite semblait un peu plus sensible encore : l'avantage des items étudiés sur les items non étudiés était significatif pour les deux tests en ce qui concerne les paires fonctionnelles. Mais lorsque les mêmes composants étaient ré-arrangés et formaient un item pour lequel l'opérateur ne disposait pas de représentation préalable en mémoire (paires non fonctionnelles), l'amorçage n'était pas significatif alors que l'avantage des étudiés restait significatif pour le rappel indicé sur la base de fragments. Ces données s'accordaient avec les versions modifiées de l'hypothèse des traitements (Terrier & Cellier, 1996b) et suggéraient une raison pour utiliser d'autres tâches que le rappel ou la reconnaissance en situation de travail : les représentations fonctionnelles pouvaient être plus systématiquement recrutées avec des tests perceptifs ou sensibles à l'information spécifique à l'item.

5. Conclusion

Nous avons pu apprendre deux choses. Premièrement, il est possible de mettre en évidence le traitement de l'information sans exiger une activité de recherche de l'information traitée. Ce qui était un problème pour l'ergonomie et la psychologie du travail dans l'utilisation des techniques de mémoire (Spérando, 1975), peut donc être dépassé. Deuxièmement, et surtout, il doit être possible de mettre au point des méthodes qui permettent de récupérer le niveau perceptif ou le niveau conceptuel du traitement de l'information. A partir des dissociations entre tâches de mémoire, un outil précis d'analyse des traitements peut être mis au point. Comme il s'agit de tâches de mémoire, l'outil présente des propriétés positives pour que les entreprises et préventeurs puissent un jour se l'approprier : il ne modifie pas l'activité analysée, ne suppose aucun appareillage du sujet et il est adaptable à la variété des situations de travail à analyser (matériel verbal ou imagé). Les perspectives relèvent de l'altération des traitements. Sur la base d'un tel outil, on pourra mieux connaître dans quelle mesure les aspects perceptifs ou conceptuels du traitement sont modifiés sous l'effet de changements dus à la situation de travail ou à l'état du sujet.

Un ergonome fait le raisonnement suivant : le contraste positif versus négatif sur écran (niveau de la tâche) se caractérise (niveau des processus) par une augmentation (sélective) de la charge du point de vue du traitement perceptif. S'il utilise à la fois une tâche perceptive et une tâche conceptuelle de mémoire, que doit-il observer en fonction de cette variation du contraste (positif/négatif) ? Si son raisonnement est correct, la performance mnésique devrait augmenter seulement dans le test perceptif en fonction de l'augmentation supposée du traitement perceptif à l'encodage. Si un accroissement spécifique n'est pas observé, l'ergonome devra réviser son hypothèse selon laquelle le contraste positif/négatif correspond à une variation de la charge perceptive (hypothèse d'influence sélective).

Cet exemple théorique illustre en quoi une typologie cognitive des tâches de mémoire peut être utile en situation de travail : le rapport entre opérations perceptives et conceptuelles peut être analysé en manipulant le type de tâche de mémoire employé suite à l'activité étudiée. Et les hypothèses sur l'effet cognitif d'un changement dans la situation de travail peuvent être étudiées précisément, au moyen d'une stratégie qui permet d'observer la compensation entre opérations de traitement. La stratégie est également non intrusive puisqu'elle repose sur l'idée que les activités initiales (phase d'étude) peuvent être évaluées de façon précise (au niveau des processus) au moyen de tests de mémoire subséquents.

A ma connaissance, l'utilisation de tâches de mémoire en ergonomie se limite encore souvent aux méthodes qui sont sensibles aux opérations conceptuelles réalisées en phase d'étude (rappel, reconnaissance). Dans beaucoup de situations, cibler le traitement conceptuel est pertinent. Par exemple, utiliser une tâche de rappel pour comparer deux interfaces qui sont censées permettre plus ou moins d'accéder à la signification des

scénarios (p.ex. Vicente, 1992) est pertinent. En effet, comme nous le verrons au chapitre suivant, c'est un effet de profondeur de traitement qui est ici attendu (voir Terrier & Cellier, 1999). Mais compléter par d'autres mesures serait souhaitable. Les variations que nous assimilons à des variations de la profondeur du traitement (type d'interface ; expertise) ne devraient pas seulement donner lieu à un meilleur rappel, elles devraient en outre ne pas influencer d'autres tâches de mémoire, perceptives. Si l'on appliquait la logique des opérations convergentes, il faudrait montrer pour ces tâches perceptives que des manipulations de surface (p.ex. modalité) ont un impact sur la mémorisation alors que le rappel est insensible à ces mêmes manipulations.

Au cours d'une tâche naturelle, les participants ne traitent pas l'information dans la perspective de restituer ultérieurement l'information à l'observateur (Spérandio, 1975) et nous pouvons supposer qu'ils utilisent en continu leur expérience passée pour identifier l'information courante (utilisation indirecte de la mémoire). Leur façon usuelle d'utiliser les connaissances acquises ne consiste pas à penser à un épisode antérieur. Contrairement au rappel et à la reconnaissance qui imposent une recherche, les tâches indirectes de mémoire constituent des « tâches opérationnelles de mémoire » dans lesquelles le souvenir est mis en évidence par un biais de réponse en faveur des items étudiés. Un test implicite est un test de transfert. Une approche qui utilise les tests de transfert pour déterminer la nature des traitements semble souhaitable en raison de la diversité des tests possibles.

Aux chapitres 4 et 5, qui rendent compte de travaux non conçus initialement dans la perspective d'une étude de la mémoire, je discuterai comment l'utilisation d'une mesure implicite du souvenir (amorçage) peut conduire à compléter l'analyse d'un certain nombre de questions traitées jusqu'à présent dans la littérature.

Auparavant, aux chapitres 2 et 3, des distinctions du point de vue des traitements déjà opérationnalisées au premier chapitre vont permettre d'expliquer l'effet de variables qui intéressent les recherches et de générer des prédictions particulières.

Chapitre II⁴

Représenter les contraintes et invariants dans les changements du système

Introduction

Dans les situations de contrôle de processus, comment gérer les événements non familiers et non anticipés par le concepteur ? Employer des techniques graphiques qui aideront à représenter le système au niveau causal va se révéler crucial étant donné la difficulté à représenter les événements non familiers et non anticipés. J'indique ici pourquoi la présentation du système en termes causaux est cruciale dans les systèmes complexes, en référence à l'approche écologique des facteurs humains. Je définis le processus par lequel les relations importantes et les contraintes sont mises en correspondance avec les relations graphiques dans l'interface : la mise en relation (ou correspondance) sémantique. Je termine par quelques évidences empiriques montrant que la mise en correspondance constitue effectivement une manipulation de l'accès à la sémantique du domaine.

L'approche écologique des facteurs humains (Flach, 1990 ; Rasmussen, Pejtersen, et Goodstein, 1994) utilise les concepts de la psychologie écologique (E. Brunswick, J. Gibson). Au lieu de mettre l'accent sur l'analyse des caractéristiques humaines comme peut le faire l'approche du traitement de l'information, l'accent est mis sur l'interaction entre le sujet et son environnement (environnement de travail, domaine de tâche, valeurs, etc.) en considérant que le comportement ne peut être compris sans comprendre également l'environnement dans lequel le sujet opère. Une idée forte est que l'analyse des contraintes que l'environnement impose au comportement doit être explicitée. Et cette analyse doit être première par rapport à l'analyse des caractéristiques des sujets. Les travaux sur la conception écologique d'interfaces (Ecological Interface Design, EID)

⁴ Terrier, P., Cellier, J.M., Carreras, O. (2001). Un cadre théorique pour la conception d'interfaces : les interfaces écologiques. *Psychologie Française*, 46(2), 153-165.

Terrier, P., Cellier, J.M. (1999). Depth of processing and design-assessment of ecological interfaces: task analysis. *International Journal of Human-Computer Studies*, 50, 287-307.

(Vicente & Rasmussen, 1990, 1992) participent de ce courant de recherches. Ils utilisent une hiérarchie d'abstraction pour décrire les contraintes du domaine de travail et proposent de fournir à l'opérateur à la fois une information physique et une information fonctionnelle. L'analyse des contraintes du domaine de travail constitue la première étape de la démarche d'analyse cognitive du travail (Cognitive Work Analysis, CWA) (Vicente, 1999).

Le processus de conception d'une interface doit donc débiter par une analyse qui vise à s'assurer que le contenu et la structure de l'interface est compatible avec les contraintes qui gouvernent le fonctionnement du système contrôlé par l'opérateur. On peut dire ici que l'interface doit donc être écologiquement compatible avant d'être cognitivement compatible. Si les contraintes liées au traitement de l'information humaine, comme celles liées à la perception, vont aider à déterminer la forme de l'interface, des contraintes écologiques déterminent le contenu et la structure de l'interface.

1. Contrôle de processus : situation, opérateur, affichage

Dans les installations industrielles de contrôle de processus, le produit résulte d'une transformation physique ou chimique (Moray, 1997). Les situations de contrôle de processus posent des problèmes de conception des systèmes homme-machine, en raison de leur grande taille, de la présence de niveaux élevés de risques, et de leur dynamique en temps réel qui est complexe. Les variables contrôlées et régulées sont lentes : un opérateur qui modifie un système peut ne pas voir une indication de changement après plusieurs minutes. Les variables contrôlées correspondent essentiellement à des processus continus : les changements se produisent graduellement. Une autre caractéristique est que la majorité des variables sont interconnectées : le changement d'une variable affectera souvent une autre variable et cette interconnexion est une source importante de complexité. Le rôle des opérateurs dans une situation de contrôle du processus est de surveiller l'état du système : il s'agit de détecter des défauts dans un système et d'en diagnostiquer la cause afin d'agir. Un aspect important dans la capacité à diagnostiquer correctement les défauts ou incidents réside dans la possibilité d'utiliser un modèle mental du système (Moray, 1997). Confrontés au système sur de longues périodes, les opérateurs acquièrent des connaissances sur la dynamique, l'aspect physique et la disposition spatiale des éléments, et sur les relations causales des systèmes complexes. Ces connaissances forment la base du modèle mental de l'opérateur, modèle qui permet de prévoir les états et événements futurs (Cellier, 1996). Un modèle qui doit également se traduire, en raison d'une plus grande compréhension du système, par une capacité accrue de diagnostiquer des incidents et événements inattendus.

Les affichages graphiques conventionnels fournissent la représentation des composants, des systèmes ou des sous-systèmes tels qu'ils apparaissent dans le monde physique. En montrant de façon réaliste les raccordements physiques entre des composants ou des systèmes et en matérialisant les limites des composants importants ils aident à améliorer la détection et le

diagnostic des défauts. Cependant, les affichages conventionnels ne proposent pas de mettre en relation les contraintes de fonctionnement du domaine avec des indices perceptifs que l'opérateur peut utiliser pour sélectionner les actions appropriées. Nous allons voir qu'une interface peut contenir le tracé de plusieurs variables dans une forme géométrique simple qui change dynamiquement en fonction des changements des différentes variables. Ceci permet de représenter des contraintes de fonctionnement du système qui se révèlent utiles quand l'opérateur est confronté à des événements non familiers et non anticipés par le concepteur.

2. Révéler les contraintes dans les graphiques pour gérer les événements non familiers et non anticipés

Dans une visée d'amélioration de la sécurité des systèmes, il est crucial de fournir aux opérateurs le soutien requis pour gérer des situations anormales peu familières et imprévues. Contrairement aux événements non familiers et anticipés par le concepteur, ces situations, qui réclament plus d'improvisation de la part de l'opérateur, peuvent conduire à des réactions inappropriées. Quand un système fonctionne correctement, il peut être décrit par un ensemble de contraintes qui s'appliquent aux données : les variables entretiennent certains rapports entre elles et le système peut donc être décrit comme un ensemble de contraintes. Les contraintes seront respectées tant que le système fonctionnera correctement. Cependant, quand un défaut surviendra, l'anomalie aura comme conséquence la rupture d'une ou plusieurs contraintes qui régissent le système dans des circonstances normales. En termes de conception d'interfaces, l'implication est que les contraintes pertinentes par rapport au but doivent être représentées dans l'interface.

Prenons l'exemple (Vicente, 1999) d'un réservoir contenant de l'eau, avec une valve en entrée du réservoir et une valve en sortie. Une contrainte régissant ce processus est la loi de conservation de masse. La conservation de la masse entre les quantités en entrée du réservoir, les quantités en stock dans le réservoir, et les quantités en sortie constitue une relation qui s'applique aux données. Quand le système fonctionne normalement, on peut s'attendre à ce que l'évolution du volume dans le réservoir soit déterminée par la différence entre le débit en entrée du réservoir et celui en sortie du réservoir. Un nombre indéterminé de perturbations peuvent affecter ce processus et provoquer une évolution anormale du volume d'eau dans le réservoir : une fuite dans le réservoir, un trou juste au-dessus du réservoir dans le toit du bâtiment, le feu dans le bâtiment où se situe le réservoir, etc. Il est impossible de représenter les différents problèmes qui peuvent survenir mais l'on peut tenir pour certain que chacune des perturbations violera la contrainte ci-dessus. Si l'opérateur dispose d'une information sur chacune des variables qui entrent dans la contrainte et sur la façon dont ces variables sont reliées, il sera en mesure de détecter une perturbation en relevant que la contrainte n'est pas respectée. La technique qui consiste à employer des contraintes pour détecter et diagnostiquer une

perturbation imprévue est connue sous le nom de redondance analytique (Franck, 1990) dans la théorie du contrôle.

3. Application au système DURESS

Le système DURESS (*Dual Reservoir System Simulation*) est une simulation de processus thermo-hydraulique conçu pour représenter un système homme-machine complexe (voir figure 4).

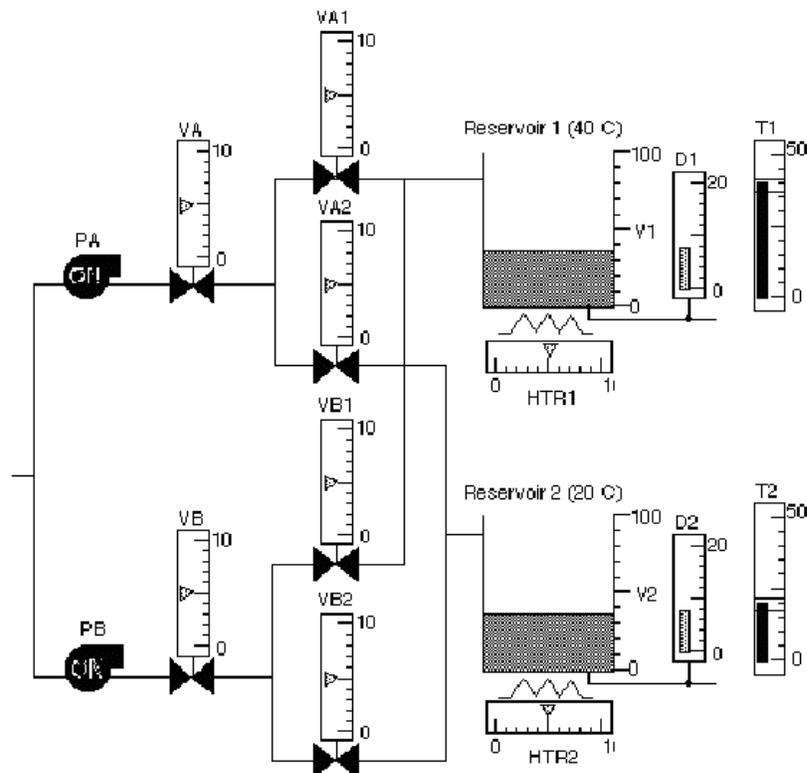


Figure 4. Interface Physique (P) pour DURESS (d'après Vicente, 1991).

Le système DURESS comprend deux circuits d'alimentation en eau redondants, chacun composé d'une pompe et de trois valves, qui peuvent être configurés pour fournir l'eau à deux réservoirs. Les buts associés à ce système sont de garder chacun des réservoirs à la température prescrite (40 et 20 degrés de C) et de maintenir assez d'eau dans chaque réservoir pour satisfaire les débits de demande (D1, D2) qui sont déterminés de façon externe. Les moyens disponibles pour le contrôle sont six valves (VA, VA1, VA2, VB, VB1, VB2), deux pompes (PA, PB), et deux réchauffeurs (H1, H2). La température (T1, T2) et le volume (V1, V2) sont montrés.

Vicente et Rasmussen (1990) distinguent plusieurs formes possibles de description de ce système, selon une hiérarchie d'abstraction (Rasmussen, 1985) : (1) le but fonctionnel, soit la finalité pour laquelle le système a été conçu. Ici, il s'agit de conserver assez d'eau dans chaque réservoir pour

répondre à la demande courante en sortie du réservoir et de maintenir l'eau des réservoirs à la température désirée ; (2) le niveau des fonctions abstraites, soit la topologie du système en termes de masse et d'énergie. Ici, on décrira les contraintes de conservation de la masse et de conservation de l'énergie qui doivent être respectées ; (3) le niveau des fonctions générales, qui permettent de mettre en œuvre le niveau précédent. Chacun des deux sous-systèmes possède un moyen de stocker de l'eau de masse et d'énergie (le réservoir), une source de masse (l'eau entrante), deux sources d'énergie (l'eau entrante et le réchauffeur – HTR1 et HTR2) et un moyen d'enlever de l'eau et de la chaleur (la demande – D1 et D2) ; (4) le niveau des fonctions physiques, des composants du processus qui réalisent ces fonctions (circuit d'eau alimentaire 1, circuit d'eau alimentaire 2, réservoir, réchauffeur, demande courante).

L'interface proposée dans la figure 4 est une interface seulement Physique (P) car le niveau des fonctions abstraites n'est pas mis en œuvre dans l'interface. Ce niveau implique de décrire la conservation de la masse et de l'énergie, mais la figure ne donne pas d'information relative à la contrainte de conservation de masse qui caractérise les réservoirs. Trois variables sont pertinentes ici : la quantité en entrée dans le réservoir, la quantité en sortie, et l'inventaire courant ou quantité en stock. Il faudrait montrer comment ces variables sont reliées.

L'interface écologique de DURESS contient elle à la fois une information Physique et Fonctionnelle. Cette interface Physique et Fonctionnelle (P+F) rend explicite l'équation décrivant le bilan de matière dans un réservoir donné. Deux graphiques rectangulaires sont ajoutés à la figure 1 pour chaque réservoir : l'un représente l'équilibre (ou le déséquilibre) en termes de masse, l'autre l'équilibre en termes d'énergie. Comme les deux graphiques opèrent sur le même principe, nous présenterons ici uniquement comment la contrainte de conservation de masse est graphiquement exprimée pour un réservoir du système (cf. Figure 5).

La figure 5 montre le graphique utilisé pour présenter l'équilibre massique du réservoir 1. Les entrées sont représentées en haut (MI1 pour la masse), les inventaires sur le côté (V1 pour le volume), et les sorties en bas (D1 pour la demande). La pente de la droite reliant les entrées et les sorties représente la cadence à laquelle le bilan de matière (ou d'énergie) évolue. Si les entrées sont égales aux sorties, alors la droite doit être verticale, indiquant que l'inventaire ne devrait pas changer. Si les sorties sont au contraire supérieures aux entrées (comme dans la figure 5), il est facile de visualiser les conséquences : en l'occurrence la baisse du volume (V1) dans le réservoir.

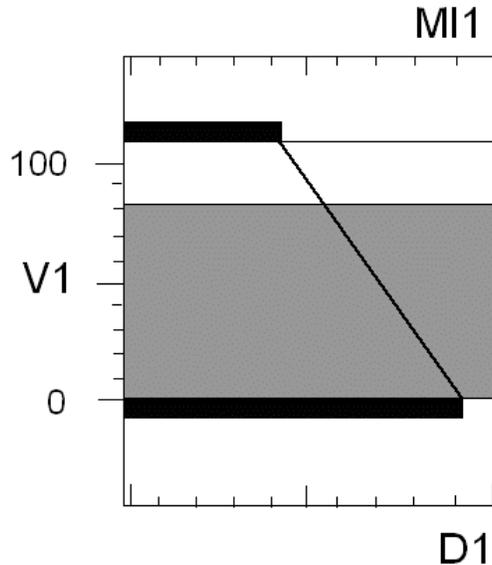


Figure 5. Représentation du bilan de masse pour un réservoir de DURESS (d'après Vicente, 1991). La représentation du réservoir 1 de la figure 4 est modifiée dans l'interface écologique de DURESS : les entrées sont présentées en haut (MI1 pour la masse), l'inventaire sur le côté (V1 pour le volume), et les sorties en bas (D1 pour demande). La pente de la droite représente la cadence à laquelle le bilan de masse évolue dans le réservoir.

Le principe graphique de base utilisé dans l'interface Physique et Fonctionnelle de DURESS consiste donc à mettre en relation une contrainte de fonctionnement du procédé à respecter avec une forme géométrique : ici, un rectangle. Ici, le principe graphique a été inventé. Mais il existe d'autres voies pour sélectionner la géométrie utilisée. Hansen (1995) présente sept heuristiques graphiques pour intégrer les informations sur écran en utilisant la géométrie. Ces principes reposent en partie sur la recherche empirique et sur des bonnes pratiques de la conception graphique et complètent les stratégies variables que l'on observe dans la littérature pour déterminer la géométrie. Ces stratégies vont de l'invention complète du principe graphique utilisé (cas de DURESS) à l'emprunt à des descriptions existantes dans les manuels techniques (cas du diagramme température/pression proposé par Broughton et Walsh, 1981).

4. La mise en relation est-elle sémantique ?

Nous avons vu que les contraintes qui régissent le fonctionnement des systèmes doivent être rendues apparentes (Vicente et Rasmussen, 1990, 1992). Dans la conception écologique d'interfaces, l'idée centrale est de rendre visibles, par des spécifications directes, les contraintes invisibles internes à la structure du domaine de travail qui sont appropriées par rapport au but. Ces contraintes s'apparentent à des invariants relationnels dans le système. Ce processus est dénommé processus de mise en relation sémantique.

La mise en relation sémantique (*semantic mapping*) (Bennett et Flach, 1992 ; Hansen, 1995 ; Reising et Sanderson, 2002 ; Zhang, 1996) est le processus par lequel les relations et les contraintes importantes dans un système sont reportées sur les relations visuelles et graphiques dans un affichage. Une bonne mise en relation sémantique signifie que les états du système (normaux et anormaux), les relations et les contraintes peuvent aisément être perçus. Le principe de mise en relation sémantique est important car des fonctions abstraites peuvent être représentées en utilisant cette approche, réduisant ainsi la charge de travail de l'opérateur en rendant possible le fait de « voir plutôt que calculer » la réponse aux questions. Puisque nous savons maintenant qu'il s'agit de visualiser la sémantique du domaine (par exemple l'équation de conservation de la masse), il devrait être clair que si EID améliore les performances, les avantages ne pourront pas seulement être attribués à des différences de présentation visuelle. Au contraire, le problème est celui du traitement de la signification de la situation présentée.

L'examen des études qui utilisent les simulations comme DURESS montre que les interfaces écologiques conduisent à une meilleure performance dans des conditions imprévues, une détection et un diagnostic plus rapide et plus précis des défauts, une moindre variabilité interindividuelle dans la performance de contrôle, une meilleure connaissance déclarative au sujet des propriétés fonctionnelles du système que des interfaces qui ne présentent pas les contraintes (pour une revue, Vicente, 2002). Les avantages d'EID ne peuvent pas être simplement attribués aux différences des formes graphiques. Ils semblent plutôt refléter l'accès à la sémantique du domaine, comme suggéré par différents résultats et par l'utilisation de différentes méthodes.

Terrier et Cellier (1999) ont exposé en quoi l'utilisation d'un paradigme de mémoire (rappel ou reconnaissance) est ici d'un intérêt particulier. Quelle que soit l'origine d'une augmentation supposée du traitement de la signification dans une situation donnée (l'expertise, l'affichage graphique, ou les deux), une tâche de rappel de mémoire est appropriée quand le traitement signifiant est le point qui fait spécifiquement l'objet de l'analyse. La performance de rappel devrait augmenter lorsque les opérateurs sont en mesure de mieux accéder à la signification des événements présentés (Lockhart, 2002 ; Lockhart & Craik, 1990). Comparons la première évaluation empirique d'EID et l'évaluation empirique que nous avons réalisée en situation réelle de conduite d'un réacteur à eau pressurisée (collaboration INRS/Technicatome Cadarache/LTC).

La première évaluation empirique d'EID (Vicente, 1991, 1992) utilisait le rappel de mémoire comme mesure d'expertise et d'efficacité de l'affichage. Des sujets qualifiés d'« experts théoriques » (disposant de connaissances dans les domaines requis pour la conduite de DURESS) et des sujets débutants se voyaient montrer le comportement du processus thermo-hydraulique simulé DURESS. Ils étaient invités à rappeler l'état final des variables de processus et à diagnostiquer si l'essai était un essai « normal », « défaut » (un incident présent dans le déroulement), ou « aléatoire » (le comportement des variables de conduite du processus n'ayant pas de sens au plan physique). Les trois types de scénarios ont été montrés aux sujets avec soit l'interface physique de DURESS, soit

l'interface Physique+Fonctionnelle qui était conçue au moyen du concept graphique analysé plus haut à la figure 5. L'affichage P+F a eu pour conséquence une meilleure performance de diagnostic comparé à l'affichage P. En ce qui concerne la performance de mémorisation, il y avait une interaction entre le type d'essai et l'expertise (*cf.* figure 6) : les experts ont surpassé les débutants mais principalement sur les essais significatifs c'est-à-dire les scénarios normaux et défaut.

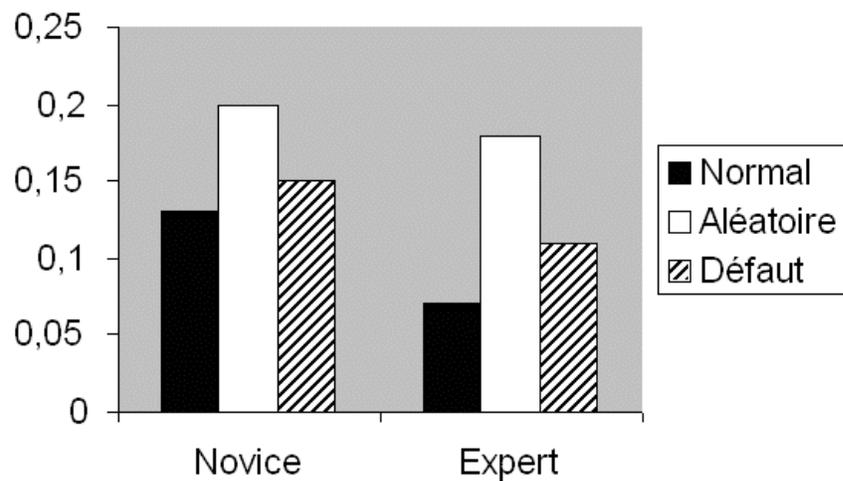


Figure 6. Erreur moyenne au rappel de mémoire pour trois types d'essais en simulation de contrôle de processus en fonction de l'expertise (in Vicente, 1991/1992).

L'Hypothèse de l'Ajustement aux Contraintes (Constraint Attunement Hypothesis, CAH) a été proposée pour expliquer ce résultat (Vicente, 1991, Vicente et Wang, 1998). Cette hypothèse prévoit un avantage mnémotique pour l'expert dans les cas où il y a des contraintes appropriées par rapport au but (c.-à-d. des relations pertinentes pour le domaine) que l'expert peut exploiter pour structurer le matériel à rappeler, et prévoit également que plus il y a de contraintes disponibles, plus l'avantage dû à l'expertise doit être grand. Dans le cas d'événements entièrement aléatoires, il n'y a aucune contrainte et par conséquent un avantage dû à l'expertise ne saurait être attendu⁵.

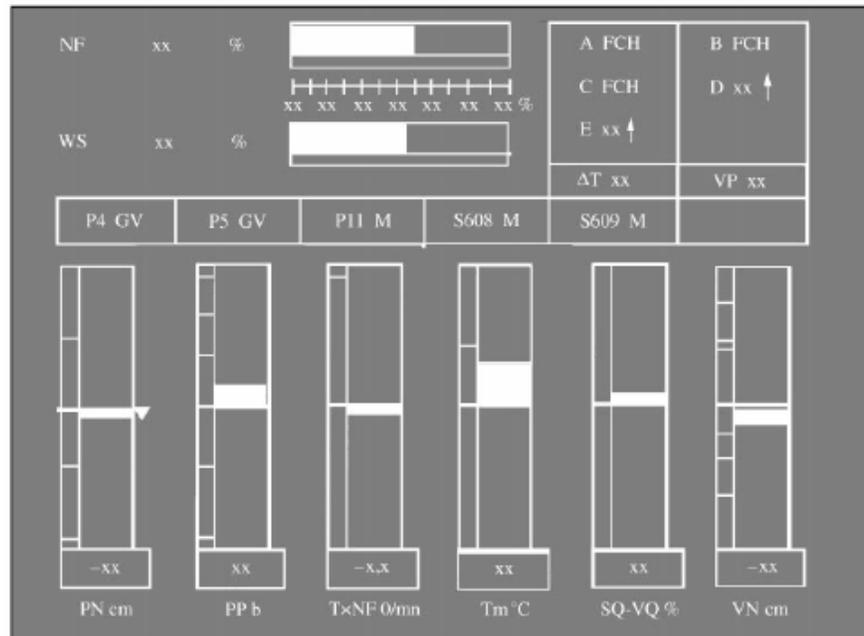
Cette hypothèse rend compte de différents résultats sur l'expertise ; par exemple, les résultats de Myles-Worsley, Johnston, et Simons (1988) dont l'étude montre que la mémoire de reconnaissance augmente en fonction de l'expertise pour les clichés radiologiques anormaux et diminue avec l'expertise pour clichés normaux. Si l'on considère que le but de la lecture

5 Les mérites relatifs de CAH et d'autres théories de l'expertise ont été discutés (*cf.* Vicente, 2000). Dans un objectif de clarté nous relèverons seulement que (a) les partisans d'autres théories ont fourni des analyses des contraintes issues des propriétés de l'environnement considéré. Ainsi, l'importance des contraintes est reconnue ; (b) le traitement conceptuel est identifié comme étant le résultat du développement de l'expertise.

des clichés radiologiques est de détecter une anomalie existante, les contraintes pertinentes par rapport au but sont les traits perceptifs qui signifient un cliché anormal ; et non ceux qui caractérisent les clichés normaux. De sorte que les résultats peuvent être analysés ainsi : les experts étaient plus « ajustés » à l'information pertinente dans les clichés par rapport au but que les novices, qui étaient eux plus « ajustés » à l'information non pertinente (du point de vue de ce même but) dans les clichés que les experts.

Si nous analysons ces résultats en termes de profondeur de traitement – et plus généralement de traitement approprié au transfert – nous pouvons également prédire une interaction entre le type d'événements et le type d'interface pour des opérateurs expérimentés. Si une interface écologique permet de mieux accéder à la signification des événements pour des sujets opérateurs expérimentés elle doit induire une meilleure mémorisation des paramètres lorsque les événements sont significatifs (scénarios normaux ou défauts), c'est-à-dire lorsque les valeurs des variables sont conformes aux équations régissant les relations entre variables du processus. Ce résultat, important pour corroborer l'assomption principale d'EID, n'est pas obtenu dans la première évaluation empirique (Vicente, 1991/1992). Le seul exemple de ce résultat reste peut-être encore, à ce jour, une expérience que nous avons pu réaliser.

L'expérience en question (Terrier, 1996a ; Terrier, Cellier & Bauza, 1997) se déroulait en situation de conduite d'un réacteur à eau pressurisée et monopolisait l'ensemble des opérateurs de conduite (N = 14), tous expérimentés. Les opérateurs devaient diagnostiquer des scénarios qui, du point de vue d'un état donné du réacteur contrôlé (marche en puissance), étaient significatifs (scénarios normaux de variation de puissance et scénarios incidentels) et non significatifs (non respect des relations régissant le fonctionnement du réacteur en marche en puissance). Les scénarios étaient présentés avec l'une ou l'autre des deux interfaces comparées. Ces interfaces, déjà connues des opérateurs et préalablement caractérisées comme Physique (P) ou Physique et Fonctionnelle (P+F), étaient toutes deux appropriées à la conduite du réacteur en marche en puissance. La figure 7 représente l'interface Physique et Fonctionnelle (P+F). Pour une présentation détaillée de la situation et une analyse des deux interfaces, voir Terrier et Cellier (1999).



©Techniatome

Figure 7. Vue de synthèse pour la marche en puissance. L'interface est une interface Physique et Fonctionnelle. Les valeurs des paramètres importants sont présentées sans référence à la position spatiale des éléments dans le réacteur. Elles sont complétées par des barographes à zéro central avec des valeurs de consigne (zéro central), des seuils marquant les valeurs de sécurité (marques à droite des barographes). Ces principes permettent de représenter les équilibres importants à respecter. Par exemple, un équilibre de masse comme la relation entre la quantité d'eau entrant dans le générateur de vapeur et la vapeur produite en sortie du générateur de vapeur (SQ-VQ) (Terrier & Cellier, 1999).

Les opérateurs devaient effectuer un diagnostic du scénario (aléatoire, normal, défaut), puis rappeler une même série de variables pertinentes pour le contexte de marche en puissance du réacteur dans lequel les réponses étaient demandées. Les résultats montraient ici encore que l'interface P+F entraînait un meilleur diagnostic et une meilleure mémorisation. Mais le point crucial concernait la performance de mémorisation, qui montrait une interaction entre le type d'essai et l'interface (cf. figure 8) : les opérateurs experts utilisant l'interface P+F ont surpassé les opérateurs experts utilisant l'interface P, mais seulement sur les essais signifiants (scénarios normaux et défaut). Cette interaction entre type de scénario et type d'interface était cruciale dans la mesure où elle indiquait bien un meilleur traitement de la signification des événements présentés qui était dû à la mise en oeuvre, dans l'interface, d'une information abstraite de haut niveau (conservation de la masse ; conservation de l'énergie).

En parallèle, Terrier, Cellier et Grosjean (1998) ont mis en évidence un résultat observé pour les deux interfaces : dans l'ensemble des paramètres importants pour la conduite en marche en puissance qui étaient présentés sur les deux interfaces, des différences dans le rappel de paramètres

s'observaient conformément à un modèle plus précis des exigences de surveillance issu de l'analyse de la situation de travail (priorité haute, intermédiaire, ou plus faible des paramètres). Ce résultat, comme les interactions représentées dans les figures 6 et 8, peut être vu comme une instance du principe de profondeur de traitement.

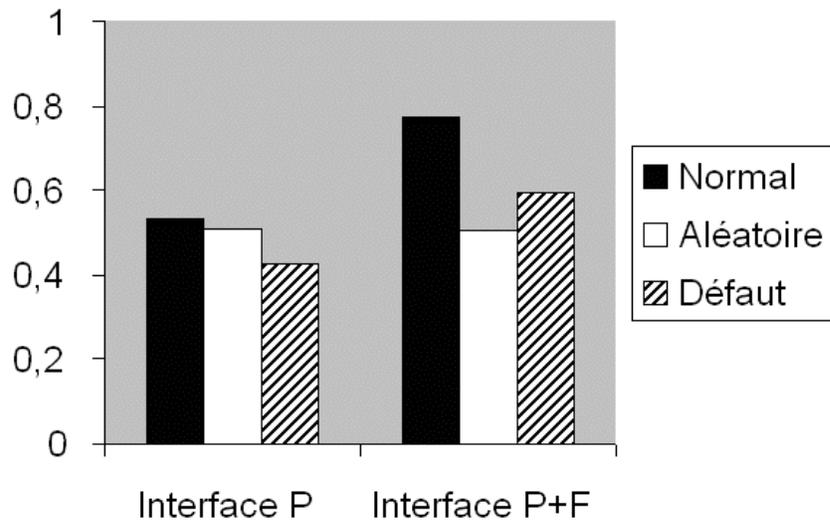


Figure 8. Rappel correct moyen pour trois types d'essais en contrôle de processus en fonction de l'interface (Terrier, 1996a ; Terrier, Cellier & Bauza 1997). Le rappel survient ici suite à la tâche de diagnostic. L'interface Physique et Fonctionnelle (P+F) entraîne, chez des opérateurs expérimentés, une meilleure mémorisation des variables de conduite du réacteur mais seulement pour les scénarios significatifs (normaux, défauts). Les scénarios significatifs sont les scénarios où les valeurs des variables sont conformes aux équations régissant les relations entre variables de conduite en marche en puissance du réacteur (le réacteur produit de la vapeur et la vapeur est utilisée par des turbines).

La littérature rapporte à ce jour plusieurs études réalisées depuis 1991 avec le système simulé DURESS, une version interactive de DURESS (DURESS II), d'autres environnements de simulation, des tâches de recherche d'information dans une base de données hypertexte, en utilisant une variété de mesures autres que le rappel couplé au diagnostic (pour une revue, Vicente, 2002). Parmi les quatre raisons pour lesquelles EID améliore les performances (Vicente, 2002), il y a le fait que les avantages observés viennent du contenu de l'information, pas simplement de la forme.

Il manque encore, selon Vicente (2002), une évaluation d'EID qui soit effectuée sur une situation pleine échelle et avec des opérateurs expérimentés (cependant, voir figure 8 ci-dessus). Les prochaines années permettront de voir si l'extension actuelle des travaux sur les interfaces écologiques à différents domaines comme l'anesthésie, l'aviation, la supervision de réseau (Vicente, 2002) se poursuit avec un souci de prise en compte de la validité écologique (Hoc, 2001).

5. Conclusion et perspectives

Est-ce qu'une représentation d'ensemble du processus selon une hiérarchie d'abstraction est pertinente pour un système réel complexe ? S'agissant d'évaluer dans des contextes plus réalistes les principes posés par EID, l'occasion nous a été donnée de soulever cette question (Terrier, Cellier & Carreras, 2000). Ne faut-il pas plutôt considérer qu'il y a plusieurs descriptions du domaine, en fonction de l'état du système ? Certes, on peut représenter dans l'interface d'un réacteur un équilibre massique important comme l'équilibre entre volume d'eau entrant dans un générateur de vapeur et le volume de vapeur qui sort du générateur, plutôt que de donner séparément (et seulement) les valeurs de ces deux paramètres. Mais ajouter cette information fonctionnelle n'a d'intérêt que dans le contexte de la marche en puissance, le seul état du réacteur dans lequel le but fonctionnel général pour lequel le système est construit (fournir de la vapeur) est identifiable (le réacteur ne fournit pas de vapeur dans les autres états). Nous avons considéré que la description du domaine de travail (*work domain*) changeait quelque peu selon l'état du réacteur et qu'il était par conséquent difficile d'effectuer une représentation d'ensemble du processus à l'aide d'une hiérarchie d'abstraction (unique). Contrastant avec la séparation effectuée entre description du domaine de travail et analyse de la tâche (Vicente, 1999), notre proposition, selon laquelle l'analyse de la tâche comptait dans la mise en oeuvre concrète de la hiérarchie d'abstraction pour les systèmes complexes, a conduit les promoteurs d'EID à expliciter la relation entre description du domaine de travail et analyse de la tâche en distinguant plusieurs transformations (Hajdukiewicz & Vicente, 2004). Tout récemment, d'autres auteurs (Lin, Zhang, Koubek, & Mourant, 2006) proposent que le débat entre analyse du domaine de travail et analyse de la tâche puisse être résolu en adoptant une autre analyse de cette question de la contextualisation.

L'intérêt des travaux sur les interfaces écologiques et plus généralement du processus de mise en relation sémantique va au-delà, il faut le relever, des environnements dynamiques. Les invariants à présenter à l'utilisateur peuvent concerner autre chose que des systèmes techniques dynamiques. Le programme d'apprentissage proposé par Effken et collaborateurs pour l'anesthésie (Effken, Kim, & Shaw, 1997) montre que les invariants à présenter peuvent concerner le fonctionnement d'un système biologique et pas seulement technique. Ensuite, la mise en relation sémantique caractérise également, selon nous, des travaux récents dédiés à l'apprentissage des sciences et des mathématiques (Cheng, 2002) : ainsi, avec les diagrammes AVOW (Ampères, Volts, Ohms, Watts), les lois du domaine de l'électricité sont codées dans la structure (statique) du diagramme plutôt que dans la structure (dynamique) de l'interface. Si le processus de mise en relation sémantique représente clairement un enjeu important dans la conception d'interfaces pour des systèmes où le domaine de travail impose des contraintes dynamiques sur l'action des acteurs, opérationnaliser la mise en relation sémantique peut être approprié pour soutenir les solveurs de problème dans d'autres contextes.

Actuellement, j'envisage d'utiliser la démarche consistant à représenter les contraintes du domaine pertinentes par rapport au but dans les interfaces en relation avec la formation, Richard Lowe (Curtin, Australie) ayant proposé une collaboration sur ce thème. L'outil de formation au contrôle de processus Smart Operator™ (CBT Simulation Technology Pty. Ltd.) utilisé dans différentes industries de contrôle de processus est un support possible. La visite de Richard Lowe en France courant 2007 devrait permettre d'avancer sur un projet qui reprendra et étendra le travail réalisé. Le travail rapporté dans ce chapitre sur la mise en relation sémantique me semble bien correspondre à la phase dans laquelle entre maintenant la recherche sur la visualisation dynamique dans l'apprentissage (*cf.* Ploetzner & Lowe, 2004) : (1) l'animation réaliste d'un phénomène est seulement un des types d'affichage dynamique possibles et une visualisation peut s'éloigner de la réalité de plusieurs façons afin d'améliorer la compréhension ; (2) une taxonomie des représentations multiples du domaine considéré peut favoriser la construction d'une compréhension plus profonde lorsque les sujets doivent s'abstraire de représentations spécifiques pour identifier quelles sont les caractéristiques invariantes d'un domaine et quelles sont les propriétés des représentations individuelles ; (3) le caractère transitoire de l'information ne caractérise pas toujours l'animation. La persistance est en réalité une dimension de l'animation et le fait qu'une représentation graphique souligne les aspects changeants ou persistants du domaine considéré est un critère essentiel pour classer les visualisations dynamiques qui peuvent être distinguées.

En conclusion, ce chapitre a montré en quoi la visualisation des contraintes de fonctionnement du procédé était cruciale lorsque des événements non familiers et non anticipés pouvaient se produire. La présentation de l'information dans l'interface peut permettre à des sujets experts de tirer avantage de leurs connaissances, les experts étant plus à même de traiter la sémantique du domaine. Les principes de profondeur de traitement et du traitement approprié au transfert permettent d'expliquer l'interaction observée au rappel entre le caractère sémantique des scénarios et l'expertise mais également de prédire et d'observer une interaction importante du point de vue de la validation des travaux sur les interfaces écologiques : une interaction entre le caractère sémantique des scénarios et le type d'interface proposé à l'opérateur. D'autres études réalisées dans la même situation ont permis de dépasser les limites de l'utilisation du rappel libre. Terrier et Cellier (1997) ont utilisé, en complément du rappel, l'amorçage de répétition pour évaluer la pertinence, du point de vue des opérateurs, d'un codage couleur du degré de sévérité des messages d'incidents présentés (ambre, jaune) qui reflétait un modèle établi par l'ingénieur.

Chapitre III⁶

Comment l'interaction avec le dispositif et la structure du texte influencent les représentations dérivées de la procédure

Introduction

Un cadre influent dans la compréhension de textes (van Dijk & Kintsch, 1983) repose sur l'hypothèse de deux composantes de la représentation en mémoire dérivée de la lecture d'un texte : la base de texte et le modèle de situation. Le premier composant, qui représente l'information propositionnelle contenue dans le texte lui-même, est le contributeur majeur aux épreuves comme le rappel du texte. Le second composant représente la situation décrite par le texte, et résulte d'un ensemble de propositions du texte et d'inférences effectuées par le lecteur sur la base de ses connaissances antérieures. Le modèle de situation est vu comme le principal contributeur aux épreuves qui vont au-delà du rappel du contenu propositionnel du texte. Les facteurs environnementaux peuvent influencer la nature des processus de compréhension, causant des différences de performances sur des mesures qui capturent différents niveaux de représentation (p.ex. Mannes & Kintsch, 1987).

Le premier problème discuté dans ce chapitre est de savoir si cela s'applique également aux textes procéduraux, qui se caractérisent par une alternance entre lecture et action. Dans quelle mesure les composants de la représentation en mémoire peuvent-ils être mis en correspondance avec différentes mesures ? Dit autrement, avec un texte procédural, le rappel des instructions et la réalisation des instructions correspondent-ils à des niveaux différents de représentation en mémoire, respectivement la base de texte et le modèle de situation ? Concernant l'effet de l'interaction avec le

⁶ Terrier, P., Lemerrier, C., Mojahid, M. (2005). Mise en forme matérielle du texte et traitement de l'information liée à une instruction spécifique : l'effet de mise en acte avec une tâche d'assemblage. In D. Alamargot, P. Terrier & J.-M. Cellier (Eds.), *Production, compréhension et usages des écrits techniques au travail* (pp. 123-143). Toulouse : Octarès.

Cellier, J.M., Terrier, P. (2001). Le rôle de la mise en forme matérielle dans le traitement cognitif de consignes. *Langages*, 141, 79-91.

dispositif, je tente, dans la première partie, de montrer que si la distinction entre base de texte et modèle de situation reste généralement utile, les composants (et leurs mesures) ne seront pas souvent aisément dissociables.

Le second problème discuté est de savoir comment la structure du texte peut influencer la représentation en mémoire. Ce problème a été abordé sous l'angle de l'étude de la Mise en Forme Matérielle des textes (MFM) dans nos travaux, travaux qui doivent être mis en perspective avec les connaissances établies (ou supposées comme telles) sur l'effet des signaux visuels. La MFM d'un texte consiste en un ensemble de propriétés typographiques (mise en gras, italique, etc.) ou dispositionnelles (saut de ligne, indentation, etc.). On considère généralement que la MFM a une fonction sémantique, les marques de MFM réalisant les intentions du rédacteur quant à l'organisation de son texte. Pour cela, on cherche classiquement à observer une amélioration (globale) du rappel des instructions. Si le rappel est un bon indicateur de la compréhension, un problème est assez embarrassant : pourquoi est-il difficile de conclure à un effet de la MFM sur la compréhension ? Certes, nous avons obtenu quelques résultats, notamment lorsqu'un rappel indicé est utilisé. Par exemple, dans le cadre du travail de maîtrise de Virginie Amiel et Azdine Aïssani, réalisé auprès de 88 étudiants de premier cycle, nous avons observé qu'en rappel différé (1 jour après l'étude d'un texte de récit, difficile), redonner ou non l'empreinte du texte encodé influait sur le rappel d'éléments relatifs à la mise en forme du texte comme du contenu du texte. Rapporté à la spécificité de l'encodage, ce résultat suggère un lien entre la représentation de surface que constitue la MFM et le contenu (Terrier, Aïssani, Amiel, & Cellier, 2000). Mais ici, comme pour le texte procédural (p.ex. Cellier & Terrier, 2001), le résultat est que nous ne trouvons pas, dans l'ensemble, d'effet positif de la MFM sur le rappel. Cette absence d'effet au rappel peut être associée à une réduction des prises d'informations visuelles sur la procédure lors de l'encodage, comme nous le verrons. Dans le cas où mettre en forme une consigne conduit le lecteur à encoder plus longuement la consigne, il semble assez cohérent d'attendre un effet de la MFM au rappel. Analysant les mouvements oculaires, Schmidt et Baccino (2001) observent une augmentation des temps de lecture des consignes de règles de jeu qui sont mises en forme. L'augmentation, qui survient au début de la lecture, manifesterait le repérage de la structure hiérarchique des informations : intégrer les indices de MFM (la hiérarchie des informations) en début de lecture simplifierait le travail d'intégration des informations en mémoire qui a lieu ensuite dans la lecture, diminuant la nécessité d'intégrer les informations en fin de lecture. Cette prise en compte de l'organisation hiérarchique au début de la lecture conduit à encoder plus longuement les consignes qui comportent une MFM. Dans ces conditions, la consigne avec MFM entraîne alors une meilleure mémorisation (Schmidt et Baccino, 2001).

J'examine comment les signaux visuels et d'autres variables de structure du texte (qui pourraient contribuer à l'élaboration de la base de texte en facilitant la construction de la macrostructure) produisent leur effet, en m'intéressant plus spécifiquement au rappel de mémoire. J'avance qu'il est essentiel de faire la distinction entre le traitement d'une représentation

globale du texte et l'accès sélectif à des éléments d'informations—ce qui représente un impact plus probable des variables de structure du texte. C'est dans cette seconde partie du chapitre que sont évoqués les premiers résultats que nous avons obtenus sur la MFM des textes procéduraux. Je crois cependant utile d'énoncer ici brièvement ces premiers résultats (Cellier & Terrier, 2001) et d'annoncer comment ils ont été réinterprétés à la lumière d'autres résultats sur la structure du texte que je passe en revue dans la seconde partie.

Cellier et Terrier (2001) rapportent ainsi deux expériences réalisées auprès d'étudiants (N = 48 sujets chaque fois) dans lesquelles les effets de la MFM de la consigne ont été examinés pour différentes tâches : diagnostic de panne d'un circuit électrique, réglage d'un appareil radio, maintenance d'une imprimante ou encore une tâche d'assemblage. Lorsque le temps de consultation de la consigne est rapporté au temps de réalisation de la tâche, on observe des effets de la MFM : pour les tâches de diagnostic de panne et de maintenance, le sujet passe moins de temps à prendre de l'information sur la consigne lorsque le texte est structuré, tout en réalisant la tâche dans le même temps. On n'obtient par contre aucun avantage du texte structuré sur le texte compact au niveau du rappel des instructions. Cellier et Terrier (2001) estiment que l'économie observée (réduction des prises d'informations sans modification de la durée de réalisation) peut traduire une meilleure perception de la structure causale (c.-à-d. d'ensemble) du problème.

Cette absence d'effet de la MFM au niveau du rappel est aujourd'hui interprétée, à la lumière d'autres résultats, en référence à la distinction entre l'encodage de l'information liée à un item spécifique et l'encodage de l'information relationnelle (Einstein & Hunt, 1980 ; Hunt & Einstein, 1981 ; Hunt, 2003). Je suis arrivé à la conclusion suivante : les conditions d'utilisation des textes procéduraux, qui s'utilisent souvent dans un aller-retour permanent entre lecture et action, favorisent un traitement spécifique des instructions plus qu'elles ne favorisent le traitement des relations entre instructions. Même l'analyse de l'effet des signaux visuels et d'autres variables censées induire une perception de la structure du texte conduit, nous le verrons, à considérer l'importance d'un traitement local par rapport à un traitement global du texte.

La dernière partie du chapitre, où j'expose comment les variables de structure ont un effet dans certaines conditions de traitement, sera l'occasion d'évoquer nos expériences qui ont reposé sur le phénomène de mise en acte des instructions comme variable tout en manipulant la MFM avec une tâche d'assemblage (Terrier, Lemerrier, Mojahid, 2005 ; Terrier, Lemerrier, Mojahid, Cellier, 2004). Cette partie, qui donne son titre au chapitre, fixe le cadre de travail pour continuer l'analyse empirique.

1. L'effet de l'objectif de lecture

Selon la théorie de la représentation du texte (van Dijk & Kintsch, 1983), la base de texte et les modèles de situation se développent au fur et à mesure de la lecture. Les études ont montré que ces représentations peuvent se développer de façon variable ; les facteurs qui conduisent le lecteur à accorder plus d'attention à certains aspects du texte peuvent affecter de façon différente les variables dépendantes qui "mesurent" ces deux représentations (p.ex., Mannes & Kintsch, 1987). Beaucoup d'études ont utilisé les textes narratifs ou expositifs. Toutefois, en utilisant des textes procéduraux, le lecteur veut généralement voir la tâche être réalisée et il peut ainsi accorder une attention spéciale à élaborer un modèle de situation adéquat. Partant du fait que les objectifs de lecture affectent de façon différente la base de texte et le modèle de situation, nous devrions envisager la possibilité que la force du modèle de situation soit quelquefois plus importante que la force de la base de texte. A supposer que les différentes mesures renvoient aux différents niveaux de représentations, les dissociations entre mesures de la base de texte et du niveau situationnel devraient être l'exception plus que la norme pour des textes qui ont comme objets de réaliser une tâche.

1.1. Dissociations entre mesures de la base de texte et mesures de la représentation situationnelle

Mills, Diehl, Birkmire, et Mou (1995) ont examiné l'effet de l'objectif de lecture sur le souvenir du texte et la capacité à réaliser la tâche, et ont montré que l'importance de l'information pour la réalisation de la tâche interagissait avec l'objectif de lecture. Des textes décrivant une procédure du type réaliser le montage d'un jouet pour enfant étaient proposés aux participants qui lisaient le texte soit avec l'objectif ultérieur de réaliser la tâche (*Read-to-Do*) soit avec l'objectif de rappeler ultérieurement le texte (*Read-to-Recall*). Puis, les participants rappelaient le texte avant de réaliser la tâche. Les sujets orientés vers la réalisation (*Read-to-Do*) réalisent plus rapidement la tâche mais présentent un moins bon rappel que ceux lisant le texte dans la perspective du rappel. Lorsque les unités textuelles correspondant aux idées du texte étaient séparées en idées importantes ou moins importantes pour la réalisation de la tâche, les participants de la condition "*Read-to-Do*" rappelaient plutôt les idées importantes pour la réalisation. Pour la condition "*Read-to-Recall*" il n'y avait pas d'effet de l'importance des unités textuelles. Lorsque l'objectif était l'action, la vitesse de lecture augmentait pour les unités moins importantes (plus particulièrement lors de la seconde lecture), ce qui n'était pas le cas pour les sujets "*Read-to-Recall*". Ces résultats soutiennent l'idée que les participants orientés vers la réalisation de la tâche accordent plus d'attention aux parties du texte importantes pour aboutir à la réalisation effective de la tâche, ce qui implique qu'ils étaient plus particulièrement attachés à élaborer un

modèle de situation adéquat. Ceux qui lisent avec une orientation “texte” ne semblent pas faire de telles distinctions.

Diehl (2004) a étudié si la précision du modèle de situation pour les textes procéduraux était influencée par l'accès aux affordances de l'objet correspondant. Les participants ont soit lu et réalisé la tâche ou seulement lu les deux ensembles d'instructions. Ils ont ensuite évalué la difficulté et les types de problèmes (éventuels) que chaque phrase présentait. En général, les sujets à qui l'on donne simplement un texte procédural (lecture sans action) tendaient à se concentrer sur la base de texte et à identifier des problèmes grammaticaux. D'autre part, quand des lecteurs ont été invités à réaliser la tâche tout en lisant, ils se sont concentrés sur le fait d'obtenir la réalisation de la tâche et ont donc noté quand les phrases n'étaient pas bien organisées. En outre, les résultats sur les estimations de difficulté des phrases étaient conformes à l'idée que les perceptions de la difficulté dépendaient en partie de la condition dans laquelle se trouvait le sujet.

Une autre étude (Diehl et Mills 1995) semble soutenir la notion d'une dissociation entre la base de texte et les modèles de situation. Les auteurs rapportent le cas où une variable (ajouter l'action à l'objectif de lecture) augmente la performance pour une mesure (réalisation de la tâche) et la diminue sur une seconde mesure (rappel des instructions). Ici, il est important de souligner que cette double dissociation illustre un effet négatif de la mise en acte ou exécution des instructions sur le rappel, résultat qui est parfaitement conforme à la prévision que les auteurs avaient dérivée de la théorie de la représentation des textes : les lecteurs orientés vers la réalisation de la tâche montreront un moins bon rappel car ils prêteront moins d'attention au texte lui-même et se concentreront plus sur l'élaboration d'un modèle de situation.

Les résultats observés par Diehl et Mills (1995) (et par McNamara, Kintsch, Songer, et Kintsch, 1996) sont couramment employés pour arguer de la séparation conceptuelle entre le modèle de situation et la base de texte. Mais ces résultats ne sont pas susceptibles d'être reproduits régulièrement. L'exécution réussie d'une tâche à partir d'un ensemble d'instructions requiert généralement chez le lecteur à la fois la compréhension de la base de texte et un modèle de situation adéquat (Geiger et Millis, 2004). Logiquement, il devrait donc y avoir un rapport étroit entre les niveaux de représentation. En conséquence, comme il apparaîtra dans la section suivante, les mesures de base de texte et de niveau situationnel peuvent être associées en fonction d'une variable donnée. Des dissociations simples (et non doubles) ainsi que des associations entre mesures vont être relevées.

1.2. Un moindre soutien à la dissociation entre mesures de la base de texte et mesures situationnelles

Dans l'étude de Glenberg et de Robertson (1999) les sujets ont écouté la description des éléments d'une boussole et d'une carte. Pendant l'écoute, certains ont observé une vidéo dans laquelle une main pointe les éléments décrits (écoute et indexation). Dans une autre condition, les sujets ne pouvaient pas voir les objets mais lisaient leur description après l'écoute

(écoute et lecture). Les sujets en condition d'écoute et d'indexation ont obtenu de meilleurs scores sur les mesures associées au modèle de situation (par exemple, réalisation ultérieure de la tâche et tâche de transfert). Ils n'avaient pas de problèmes pour ensuite lire et utiliser des instructions sur comment repérer des points de référence sur la carte au moyen de la boussole. Si dans les deux conditions les sujets ont beaucoup appris en termes de connaissances abstraites au sujet des cartes et des boussoles (comme mesuré par des pré-et post-tests à choix multiples), ils n'ont pas différé l'un de l'autre ni avant ni après la manipulation. Les participants pour qui les pièces étaient pointées ont montré un modèle de situation plus développé, mais les deux conditions n'ont pas différé sur la connaissance des concepts abstraits du texte (base de texte).

Diehl et Mills (1995, expérience 2) ont fait lire à certains sujets un texte procédural tout en leur montrant le dispositif (lire et voir). Et dans cette condition, les résultats n'ont pas montré une double dissociation entre le rappel et la réalisation de la tâche. Les participants qui ont vu le dispositif pendant la lecture ont montré une réalisation très semblable à celle de ceux qui devaient lire tout en réalisant la tâche. Toutefois, leur rappel était meilleur que celui des sujets "lire et faire". Diehl et Mills (1995) ont expliqué ces résultats en proposant que les participants "lire et faire", préoccupés par le fait de voir la tâche réalisée (*getting the task done*) ont négligé le texte dans le processus. Les participants de la condition "lire et voir" étaient orientés vers la réalisation (et ont donc eu de bonnes performances ultérieures à la réalisation) mais ils étaient plus en mesure de prêter attention au texte que les sujets "lire et faire" (et ont par conséquent formé une représentation plus précise de celui-ci).

Duggan et Payne (2001) ont également démontré que les manipulations qui améliorent le modèle de situation (mesuré par la performance ultérieure) n'affectent pas toujours négativement la formation de la base de texte (mesurée par le rappel des textes). Dans trois expériences basées sur la manipulation d'un magnétoscope (simulé), ils ont comparé des conditions où les instructions sont groupées (trois ou quatre étapes sont lues et sont ensuite exécutées) et des conditions où la réalisation se fait pas à pas. Dans la première expérience, les lecteurs en condition groupement (*chunking*) ont fait plus d'erreurs et ont pris plus de temps pour réaliser la tâche pendant la phase d'étude, et ont fait moins d'erreurs et mis moins de temps en phase test. En revanche, le groupement n'a pas affecté le rappel des textes. Dans la troisième expérience, le *chunking* a simplement été encouragé, pas forcé : afin de consulter les instructions écrites, les sujets de la condition "coût-élevé" devaient s'engager dans plusieurs mouvements et clics de souris. En condition "coût-faible", les instructions étaient toujours disponibles en totalité sur l'écran. Les sujets en condition "coût-élevé" ont plus regroupé les instructions que ceux de la condition "faible-coût". La manipulation (très légère, il faut le noter) du coût a influencé la performance à la tâche, en termes d'erreur et de temps mis pour réaliser la tâche, avec une meilleure réalisation là où le coût était plus élevé (et le *chunk* plus grand). Cependant, il n'y avait aucun effet de cette manipulation sur le rappel des textes. Bien que montrant des dissociations simples plutôt que doubles, ces résultats peuvent encore être interprétés comme supportant

la séparation conceptuelle, du fait qu'une mesure est influencée (rappel) mais pas l'autre (réalisation de la tâche).

Toutefois, il y a aussi des arguments en faveur de l'association entre les mesures. Revenons à l'étude de Diehl et Mills (1995, expérience 2). Des lecteurs qui observent l'expérimentateur réaliser la tâche "lire et voir l'expérimentateur faire" rappellent mieux le texte que ceux de la condition "lire et faire" (un résultat conforme à la théorie de la représentation des textes et à la séparation conceptuelle entre base de texte et modèle de situation), mais réalisent aussi la tâche plus rapidement (un résultat contraire à la théorie de la représentation des textes et la séparation conceptuelle). Ce résultat représente un exemple d'association entre base de texte et modèle situationnel. En d'autres termes, les lecteurs qui ont observé l'expérimentateur réaliser la tâche ont fait mieux que ceux qui réalisaient eux-mêmes la tâche et ce, à la fois en termes de rappel et de réalisation ultérieure.

Diehl et Mills (1995) ont expliqué ce résultat, rétrospectivement, comme étant dû au fait que le sujet n'a pas à se représenter comment réaliser correctement la tâche lorsque l'expérimentateur agit. Les erreurs du sujet n'étaient pas corrigées pendant la phase d'étude dans la condition "lire et faire" et ont pu conduire à augmenter le temps d'exécution lors du test ultérieur (par rapport à la condition regarder l'expérimentateur faire).

1.3. Quand le lecteur réalise la tâche

Avec les textes procéduraux, la distinction entre la mémorisation de la procédure et la mémorisation des instructions elles-mêmes ne va pas toujours correspondre à la distinction entre modèle de situation et base de texte. Considérons trois lignes d'arguments en faveur de cette idée, puis discutons l'effet de l'exécution des actions (*enactment effect*).

Tout d'abord, dans la plupart des cas, l'exécution correcte des actions bénéficie à la fois de l'attention accordée à la base de texte, qui fournit des informations sur comment réaliser la tâche, et d'une représentation incorporée (*embodied*) de la tâche, qui ferait partie du modèle de situation (Geiger et Millis, 2004). En conséquence, comme nous l'avons vu, les mesures de la base de texte et du niveau situationnel peuvent être associées en fonction d'une variable donnée. Duggan et Payne (2001) ont argué du fait que les dissociations empiriques entre base de texte et modèle de situation dépendent du degré auquel le modèle de base de texte et de situation peuvent être déduits l'un de l'autre : "*Where there is a very close relation between textbase and situation model, a participant might use memory for whichever representation they favor during training to infer the other at test*" (Duggan & Payne, 2001, p. 298).

En second lieu, deux tâches peuvent être dissociées tout en reflétant une source unique d'information (Dunn et Kirsner, 1988) : une association inverse fournirait un argument plus fort pour inférer que plus d'un processus est à l'œuvre. Une association inverse se produit quand une association positive et une association négative entre deux tâches (ou deux mesures) sont observées à travers différentes conditions (c.-à-d., quand la relation entre les deux tâches est non-monotone). Par ailleurs, dans la

pratique, les hypothèses sur les traitements sont souvent examinées en observant la performance à une tâche et en utilisant une hypothèse de transparence (*transparency assumption*) (Dunn et Kirsner, 1988). Cette hypothèse consiste à considérer que la performance observée à la tâche reflète directement l'opération de ses mécanismes fondamentaux. Par exemple, ici, on va postuler que le niveau de la base de texte et le niveau situationnel peuvent être directement mis en relation avec le rappel et l'exécution des instructions. Penser que le rappel représente exclusivement la base de texte et l'action exclusivement la représentation situationnelle revient à ignorer la possibilité que différentes tâches peuvent reposer, à un degré plus ou moins grand, sur un nombre quelconque de ressources. Il est peu probable qu'une tâche de mémoire puisse être "process-pure" et refléter seulement la base de texte ou plus généralement, le niveau sémantique. Par exemple, on a pu utiliser une tâche de reconnaissance pour révéler de multiples niveaux de représentation (Kintsch, Welsch, Schmalhofer et Zimny, 1990 ; Fletcher et Chrysler, 1990 ; Schmalhofer et Glavanov, 1986).

Troisièmement, les nouvelles perspectives théoriques sur l'incorporation dans la compréhension du discours (Barsalou, 1999; Glenberg, 1997; Zwaan, 2004) comme les recherches plus anciennes montrant l'effet de la situation décrite sur le rappel (Bransford, Barclay, & Franks, 1972) suggèrent assez clairement que la performance mnésique peut refléter le niveau situationnel. Ainsi, Barsalou et Wiemer-Hastings (2005) ont proposé que l'information situationnelle pouvait être importante dans nombre de tâches (par exemple, le rappel, l'identification, la décision lexicale, les tâches de vérification) et requérir beaucoup de processus cognitifs différents (mémoire épisodique, traitement conceptuel, cognition visuelle, et traitement linguistique). D'autres théories proposent que le traitement linguistique implique un ensemble d'indices que le lecteur utilise pour créer une simulation mentale (perception plus action) de la situation décrite (Barsalou, 1999 ; Glenberg, 1997 ; Zwaan, 2004). Dans cette approche, il n'y a aucun besoin d'assumer une correspondance terme à terme entre les mesures et les niveaux de représentation.

Comme l'ont précisé Duggan et Payne (2001), montrer un avantage pour la lecture et l'action (*Read-to Do*) par rapport à la seule lecture (*Read only*) sur la performance à la réalisation de la tâche n'a aucune application pratique. Ce n'est pas cet effet qui nécessite des investigations empiriques. Partant de ce qui caractérise les textes procéduraux, à savoir la réalisation d'une tâche par le lecteur, la comparaison des conditions "lire et faire" et "lire et voir l'expérimentateur faire" me semble plus intéressante ; elle matérialisera l'effet de la réalisation par le sujet. Comme indiqué plus tôt, une telle comparaison a montré qu'avec l'observation de l'expérimentateur qui réalise la tâche (condition clairement orientée tâche), une amélioration de la mesure supposée correspondre à la base de texte peut être couplée à un incrément dans la mesure (supposée) du modèle de situation (Diehl et Mills, 1995, exp. 2). Cet effet parallèle suggère un recouvrement dans les processus contribuant à la performance sur les deux types de mesures.

L'avantage observé au rappel pour la condition "lire et voir faire" sur la condition "lire et faire", bien qu'en accord avec la théorie de la représentation du texte, va à l'encontre du large ensemble de résultats sur

l'effet de l'exécution des actions. De nombreux travaux ont analysé la mémorisation des actions décrites verbalement (pour une revue, voir Engelkamp, 1998). Dans le paradigme typique, des instructions simples et non reliées du type “casser l'allumette”, “se gratter la tête”, “ouvrir le parapluie” sont apprises sous différentes conditions d'encodage. Les participants réalisent les instructions, voient une autre personne les réaliser, ou apprennent simplement verbalement les instructions. Les conditions dans lesquelles les actions sont réalisées entraînent typiquement un meilleur rappel que les autres conditions d'encodage, soit l'effet de l'exécution des actions (*enactment effect*). Une explication commune de cet effet est que l'exécution encourage un encodage de l'information spécifique à l'item (Engelkamp, 1998). Le traitement relationnel ou organisationnel, met en jeu la focalisation sur les similarités ou les thèmes partagés entre des éléments d'informations disparates. Le traitement de l'information spécifique à l'item consiste à se focaliser sur les propriétés qui sont distinctives ou uniques.

Ici, notre raisonnement est le suivant : la façon dont les textes procéduraux sont généralement utilisés favorise un traitement sélectif des instructions – ou un traitement de l'information spécifique à l'item, plutôt qu'un traitement de l'information relationnelle (Einstein & Hunt, 1980; Hunt & Einstein, 1981; Hunt, 2003). Parce que beaucoup de textes procéduraux ont une structure à étapes, nous pouvons lire une étape élémentaire et ensuite la réaliser avant de lire la seconde étape. Ces conditions ont été pointées dans la littérature (Duggan & Payne, 2001; Guthrie & Mosenenthal, 1987; Vermersch, 1985) et nous pensons qu'elles sont appropriées à l'obtention d'un effet de l'exécution des actions (un effet sélectif au rappel). Un effet positif de l'exécution des actions doit être observé, même lorsque les instructions sont reliées et non plus indépendantes. Nous avons pu le montrer : la même manipulation qui diminuait le rappel dans l'étude de Diehl et Mills (1995) peut améliorer le rappel. Mais discutons d'abord le rôle des variables de structure du texte. Il y a là de nombreuses évidences en faveur d'un traitement de l'information spécifique à l'item ou traitement local du texte.

2. L'effet de la structure du texte

Examinons maintenant le rôle des signaux comme marqueurs de la structure du texte, avant de considérer d'autres variables de structure. Associé à la façon dont les textes procéduraux sont utilisés (alternance entre lecture et action), c'est le traitement des instructions individuelles (*item specific processing*) plus que le traitement des relations entre instructions (*relational processing*) qui sera souvent encouragé. Nous allons défendre l'idée qu'il est important de distinguer la construction d'une représentation globale du texte de l'accès sélectif à des éléments d'informations. Nous soutenons d'abord que ce dernier traitement est plus susceptible d'être affecté par les variables textuelles comme les signaux visuels, après avoir pointé quelques caractéristiques pertinentes pour l'étude de l'effet des signaux sur la représentation de la procédure. Puis

nous montrons que la distinction semble également utile pour comprendre comment plusieurs variables de structure produisent leur effet, au-delà des signaux visuels (structuration hiérarchique ; effets de niveau). Enfin, nous considérons comment la structure du texte et la perspective de traitement interagissent.

2.1. Quelques caractéristiques pertinentes pour analyser l'effet des signaux sur la représentation de la procédure

Le rédacteur doit montrer la structure de la tâche et peut utiliser des indices linguistiques et/ou visuels qui vont permettre de montrer la structure du texte, structure que l'on peut définir en première approximation par les idées principales et leurs relations. Montrer la structure peut également être important pour les textes procéduraux mais ces textes sont souvent consultés pour rechercher une information spécifique. En outre, leur mode de consultation est rarement celui d'une lecture linéaire de l'ensemble du texte mais plutôt celui d'une alternance entre lecture et action (Duggan & Payne, 2001; Ganier, 2002; Vermersch, 1985). Parce que beaucoup de textes procéduraux ont une structure à étapes il est possible d'exécuter la procédure tout en lisant et avec une charge minimale en mémoire. Lire une étape élémentaire puis l'exécuter avant de lire l'étape suivante va être peu coûteux en termes d'effort mais sera également peu efficace en termes de pratique appropriée au transfert ce qui va, par conséquent, conduire à une faible rétention (Duggan & Payne, 2001; Schmidt & Bjork, 1992).

Un auteur peut vouloir faciliter la tâche du lecteur en utilisant une variété de dispositifs pour signaler l'information appropriée (Meyer, 1975 ; Van Dijk et Kintsch, 1983). Les signaux sont définis comme des dispositifs d'écriture (visuels ou linguistiques) qui précisent l'importance d'une idée dans un texte et/ou indiquent les rapports contenus (Meyer, 1975 ; Spyridakis, 1989a). Numérotation, accentuation, soulignement de mots clés ou d'expressions, utilisation explicite des liaisons, indicateurs d'importance (par exemple, "il est important de noter..."), phrases offrant un aperçu, titres et paragraphes peuvent être employés. Les signaux représentent donc le traitement distinctif, le traitement distinctif étant défini par le traitement simultané de l'information relationnelle (ou organisation) et de l'information spécifique à l'item (Hunt, 2003). Les linguistes intéressés par la question des marqueurs linguistiques reconnaissent que la mise en forme consiste autant à regrouper qu'à segmenter.

La valeur sémantique de différents dispositifs de signalisation peut différer ce qui peut se traduire par des effets différents en mémoire. Virbel (1985, 1989) note que certaines des propriétés visuelles des textes sont significatives parce qu'elles reflètent les intentions structurales de l'auteur. Les propriétés visuelles participeraient de l'acte représentatif complexe qui consiste à représenter le destinataire. Le séquençement (ou énumération) observé dans un texte, bien que lié à la linéarité imposée par le format, peut être utilisé par l'auteur pour refléter un ordonnancement temporel, particulièrement dans le cas des textes procéduraux. En conséquence, il se peut que l'information d'ordre soit liée à la compréhension. De façon

intéressante, Therriault et Raney (2002) ont fourni plusieurs arguments empiriques en faveur de l'idée que le souvenir de l'ordre des éléments est lié à la compréhension, tandis que la mémorisation de la position de l'élément sur la page ne l'est pas.

Si les rédacteurs techniques s'appuient fortement sur les signaux, les études empiriques sur le sujet sont peu nombreuses et contradictoires (Spyridakis, 1989a et b) quant à l'effet des signaux. Les signaux devraient aider le lecteur à former une représentation hiérarchique en mémoire qui va faciliter la rétention du contenu superordonné et servir d'organisateur du contenu surordonné. Spyridakis (1989a) suggère une raison pour laquelle peu d'études soutiennent la conclusion d'un effet des signaux dans ce processus : la probabilité de démontrer des résultats solides et cohérents pour la signalisation augmente lorsque l'on emploie des textes d'une certaine longueur et d'une certaine difficulté portant sur des contenus peu familiers. Pourquoi peu d'études soutiennent-elles l'hypothèse de l'efficacité des signaux dans l'élaboration d'un cadre hiérarchique en mémoire ? Une autre raison, selon nous, est que les signaux ne sont pas usuellement employés pour établir une représentation globale du texte par le lecteur – et ce même dans le contexte des textes narratifs ou expositifs où les exigences sont pourtant plus fortes au plan de la mémorisation. Par conséquent, aucun avantage global de rappel n'est observé pour des textes contenant des signaux. Les effets des signaux sont plutôt des effets sélectifs. Ceci devrait nous conduire à porter plus d'attention aux exigences des tâches.

2.2. L'effet sélectif des signaux sur le rappel

Bien qu'une motivation importante pour l'utilisation des signaux soit de donner la structure des textes, il y a peu d'arguments empiriques en faveur d'une augmentation du traitement relationnel par le biais des signaux. Nous considérons brièvement la difficulté de valider la prédiction d'un rappel global accru pour les participants qui lisent un texte avec des signaux. Clairement, cette hypothèse a été principalement examinée dans le contexte de textes expositifs et les revues ne citent pas beaucoup d'études utilisant des procédures (voir Spyridakis, 1989a et b). Il peut être risqué d'utiliser un type de texte pour tester une hypothèse établie avec un autre type de texte (comme nous montrerons dans la section suivante). Mais nous posons ici qu'un effet semblable peut être attendu pour les textes procéduraux en raison de l'importance de l'activité de localisation de l'information lorsqu'ils sont utilisés (lire pour agir).

On pense que le lecteur peut adopter une stratégie structurelle qui va être orientée vers le traitement des relations entre thèmes lorsque le texte fait l'objet d'une signalisation (p.ex., Loman & Mayer, 1983 ; Lorch et Lorch, 1995). Un exemple de cette idée est l'hypothèse du changement de stratégie (*strategy-switch hypothesis*) : parce que les auteurs utilisent les signaux pour aider le lecteur à encoder la structure d'ensemble, introduire des signaux doit affecter le rappel global (p.ex., Meyer, 1975 ; Lorch & Lorch, 1985). Cependant, on constate typiquement que le rappel global ne diffère pas pour les textes contenant des signaux (p.ex., Meyer, 1975) ; les signaux peuvent faciliter le rappel de l'information signalée en inhibant le

rappel de l'information non signalée. Ces effets sélectifs sur le rappel ont été rapportés pour de nombreux signaux comme l'accentuation, le soulignement des mots clés ou phrases, la numérotation, ainsi que pour des combinaisons de signaux comme les phrases d'aperçu, les titres et les connecteurs (Glynn & Di Vesta, 1979; Irwin & Pulver, 1984; Loman & Mayer, 1983; Lorch, 1985; Meyer & Rice, 1982). Même les signaux qualifiés d'organisationnels (p.ex., titres, overviews, résumés des thèmes), conçus pour accentuer la structure des textes expositifs (Lorch, 1989), apparaissent affecter la distribution du rappel du contenu du texte plutôt que la quantité du rappel du contenu du texte (Loman & Mayer, 1983 ; Lorch & Lorch, 1996 ; Lorch, Lorch, & Inman, 1993). En somme, il est difficile d'étayer l'hypothèse d'un rappel accru du texte dans le contexte particulier des textes expositifs – “lire pour apprendre”. Nous suggérons que la même situation va se présenter dans les contextes du travail, où localiser une information dans le document écrit constitue un pré-requis à “lire pour agir” (Guthrie & Mosenthal, 1987).

Localiser l'information dans un document consiste à détecter un sous-ensemble spécifique d'informations dans un large ensemble présenté pour inspection visuelle (Guthrie et Mosenthal, 1987). Quand la tâche de localisation de l'information est considérée, établir une représentation de la structure hiérarchique peut ou non être critique. Disposer d'une représentation des thèmes du texte et de leur organisation est-il critique pour élaborer une stratégie efficace de recherche sélective ? Non. Klusewitz et Lorch (2000) ont conclu qu'il n'y avait aucune preuve que les participants utilisaient les informations sur l'organisation hiérarchique du texte pour guider leur inspection des pages lorsqu'ils ont comparés différents types de titres. Car si les titres avaient des effets clairs sur l'inspection des pages (les temps de regard étaient plus courts quand des titres étaient ajoutés), les temps de regard n'étaient pas plus courts dans la condition où les titres représentaient la structure (structure heading condition) que dans la condition de titres thématiques ; la tendance était même régulièrement dans la direction opposée. Klusewitz et Lorch (2000) en ont conclu que dans les tâches de recherche d'information, les lecteurs semblaient employer les titres de la page pour faciliter l'inspection de la page, que cette utilisation des titres améliorait l'inspection visuelle, mais qu'elle présentait un coût et interférait avec la construction d'une représentation de la structure des thèmes. Les auteurs ajoutent que si cette étude contraste avec des démonstrations antérieures selon lesquelles les titres encouragent la construction d'une représentation de la structure des thèmes (Lorch et Lorch, 1995, 1996, Lorch *et al.*, 1993), ces démonstrations utilisaient des tâches où les exigences vis-à-vis de la mémoire étaient plus fortes que dans la recherche d'information. Cette conclusion est réminiscente de ce qui a été montré pour la présentation hiérarchisée d'instructions d'assemblage (Zacks et Tversky, 2003).

2.3. Présentation hiérarchique des instructions

Cellier et Terrier (2001) ont analysé l'effet de la segmentation visuelle et du groupement des instructions d'un texte procédural. La mise en forme du

texte était sous forme de bloc ou structurée avec des paragraphes espacés correspondant aux étapes principales de la tâche, chaque paragraphe incluant un séquençement des instructions (listes à puces ; espacement). Le séquençement/regroupement des instructions a diminué de manière significative les temps d'inspection du texte lors de la réalisation initiale de la tâche (sans modifier le temps de réalisation). Il n'a pas influencé positivement le rappel. Au contraire, le texte moins structuré tendait à être mieux rappelé (effet marginal). Dans une étude assez similaire (Denis et Veyrac, 2002), le rappel a été sensiblement amélioré lorsque la structure du procédé était présentée sur un mode moins explicite, lorsqu'un logigramme ou un texte réduit étaient comparés à un texte original plus étendu.

Zacks et Tversky (2003) ont examiné si une interface conçue sur un mode discret et hiérarchique facilitait la mémorisation dans le contexte d'une tâche d'assemblage. Des instructions ont été segmentées, hiérarchiquement présentées, et organisées par objets et actions (Zacks, Tversky et Iyer, 2001). Une interface organisée sur un mode discret et hiérarchique a facilité la performance mnésique pour l'assemblage d'un instrument musical (saxophone) mais a interféré sur la mémorisation pour l'assemblage d'un jouet. Les auteurs ont proposé que l'explication de cette différence résidait dans les exigences de l'assemblage. La structure hiérarchique a eu un effet facilitateur quand un certain ordre d'assemblage était exigé, mais a interféré lorsque la tâche offrait plusieurs ordres possibles d'assemblage.

Partant des connaissances établies avec les textes narratifs, Diehl et Mills (2002) ont utilisé des textes procéduraux pour étudier le rapport entre trois variables de structure (le fait que l'information soit dans la chaîne causale ou en dehors ; le caractère actif/statique de l'information ; la structuration hiérarchique) et les estimations de difficulté, d'importance, le temps de lecture en première et seconde lecture, et la réponse à des questions vrai-faux. Si différentes variables dépendantes étaient utilisées, les résultats pour la chaîne causale et le caractère actif/statique de l'information étaient globalement conformes aux résultats habituellement observés pour les textes narratifs (p.ex., Trabasso et van den Broek, 1985). Les phrases dans la chaîne causale ont été jugées plus difficiles, plus importantes et ont été lues plus lentement. Les phrases actives ont été lues plus lentement et jugées plus importantes. Cependant, les résultats concernant la variable de structuration hiérarchique ont montré (conformément aux hypothèses) des résultats différents comparativement aux récits. Dans le cas des récits, les phrases situées au niveau le plus élevé dans la structure sont lues plus lentement et jugées plus importantes (Cirilo et Foss, 1980, in Diehl & Mills, 2002). Cependant, pour les textes procéduraux (au moins ceux utilisés par Diehl et Mills) la majorité des étapes permettant de réaliser la tâche se situent au second niveau. Les auteurs prévoyaient donc que ce niveau serait lu plus lentement et jugé plus important. Si les résultats sur le temps de lecture ne sont pas complètement clairs, la dernière prédiction a été clairement confirmée. La confirmation de cette prévision est importante. Elle illustre que les modèles de compréhension des textes ne permettent pas de prédire correctement les résultats pour les textes procéduraux quand les caractéristiques de ces derniers diffèrent de ceux des textes narratifs.

Autre constat, les modèles de compréhension des textes narratifs ne prédisent pas correctement le rappel des textes procéduraux lorsqu'un effet de niveau, celui du "recouvrement d'argument" est considéré (Walker et Meyer, 1980, in Mills, Diehl, Birkmire et Mou, 1993). Le modèle référentiel (van Dijk et Kintsch, 1983) postule que des textes présentant plus de chevauchement d'arguments (par exemple, noms, adjectifs) entre les propositions sont plus cohérents localement que des textes avec moins de chevauchement d'arguments. Ainsi, les propositions au niveau superordonné (niveau élevé dans la base de texte) ont une probabilité plus élevée de rappel et d'identification que des propositions subordonnées. Mills *et al.* (1993), utilisant des textes procéduraux, ont rapporté une inversion de l'effet de niveau : les propositions de niveau inférieur ont été mieux rappelées que les propositions de niveau superordonné.

En résumé, l'effet des marqueurs relationnels de la structure des textes n'est pas contesté dans la littérature. Les signaux ont un effet sélectif sur le rappel des textes expositifs : ils facilitent le rappel des informations qu'ils marquent mais on n'observe généralement pas un effet global sur le rappel. En outre, quand l'activité de localisation de l'information - souvent requise dans les contextes de travail - est considérée, il semble peu probable que des marqueurs relationnels soient utilisés pour élaborer une représentation globale du texte. La façon dont les procédures sont souvent employées (avec l'alternance de la lecture et de l'action), couplée à la structure de liste (*list-like structure*) de la plupart des textes procéduraux, rend plausible que le traitement de ces textes va plus bénéficier d'un traitement des instructions prises isolément (information spécifique à l'item) que d'un traitement relationnel. Les résultats sur la structuration hiérarchique et les effets de niveau suggèrent, quant à eux, que pour les textes procéduraux, les exigences de la tâche devraient être considérées avant de leur appliquer des hypothèses préalablement étayées avec les textes de récits.

2.4. Structure du texte et orientation de la tâche : interactions matériel-traitement

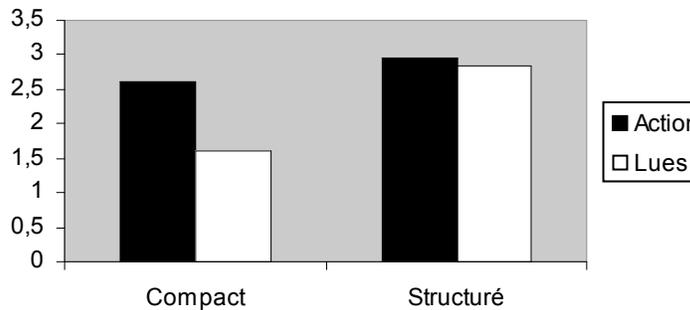
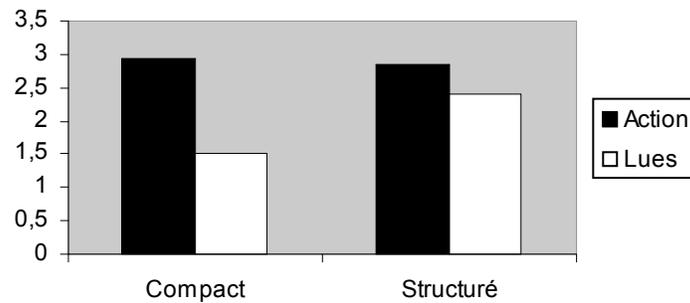
Les interactions matériel-traitement indiquent également l'importance d'une approche plus analytique de la tâche. L'effet de la structure des textes peut apparaître seulement dans certaines circonstances (c.-à-d., seulement pour une orientation donnée ou une condition de traitement).

A la suite de Cellier et Terrier (2001), nous avons poursuivi l'analyse de l'effet de la segmentation et du regroupement visuel d'un texte procédural en utilisant cette fois une manipulation de l'effet d'exécution des actions ou effet de mise en acte (Terrier, Lemercier, Mojahid et Cellier, 2004 ; Terrier, Lemercier et Mojahid, 2005). Une tâche d'assemblage était utilisée et l'effet de l'exécution des actions était un facteur intra-sujet⁷. Un effet positif de l'exécution des actions était attendu pour un texte procédural, en nous basant sur l'idée que les conditions d'utilisation des textes procéduraux (c.-à-d. traitement étape par étape) favorisaient le traitement de l'information

⁷Beaucoup de phénomènes épisodiques de mémoire s'observent plus facilement lorsqu'ils correspondent à un facteur intra-sujet qu'à un facteur inter-sujet.

spécifique à l'item. Nous n'attendions pas d'effet global de la mise en forme du texte procédural mais il s'agissait plutôt d'évaluer si l'effet de l'exécution pouvait être sensible à la structure des textes, indiquant de ce fait un impact cognitif de la mise en forme du texte sur le traitement de l'information spécifique à l'item. Il y a en effet accord sur le fait que l'information spécifique à l'item (qu'elle soit perceptive, conceptuelle, motrice) est à l'origine de l'effet d'exécution des actions. La mise en forme du texte de consigne était soit compacte (un bloc unique de texte) soit structurée en paragraphes espacés correspondant aux étapes d'assemblage, avec indentation des instructions au sein des paragraphes (structuration dispositionnelle). Expérimentateur et sujet ont alternativement réalisé les instructions de la tâche d'assemblage (assembler la maquette d'un ventilateur) à l'encodage, les instructions étant toujours lues à haute voix par le sujet. Puis les sujets ont rappelé les instructions par écrit.

Premier rappel, indicé avec les objets du montage



Deuxième rappel, indicé avec les objets du montage et la mise en forme initiale de la consigne (image du texte)

Figure 9. Effet de l'exécution des actions (5 instructions lues et réalisées par le sujet, 5 instructions lues par le sujet et réalisées par l'expérimentateur) sur le nombre d'instructions rappelées suite au montage du dispositif, en fonction de la mise en forme d'une consigne de montage (texte compact, texte structuré dispositionnellement). Le rappel est successivement indicé par les objets du montage puis par les objets et une empreinte du texte (Terrier, Lemerrier, Mojahid, & Cellier, 2004).

La première expérience (N = 40) (Terrier, Lemerrier, Mojahid, & Cellier, 2004) a montré un effet positif de l'exécution des actions dans le contexte d'une tâche d'assemblage ainsi qu'une interaction avec la mise en forme du texte: les instructions exécutées par le sujet étaient mieux rappelées que les instructions exécutées par l'expérimentateur mais l'effet s'observait seulement avec le texte compact, pas avec le texte structuré. Dans cette dernière condition le rappel des instructions exécutées par l'expérimentateur remontait au niveau du rappel des instructions exécutées par le sujet. La figure 9 montre les résultats des deux rappels successifs réalisés par le sujet : d'abord avec les objets du montage comme indices puis avec en plus une image du texte ou contour visuel de la consigne. Le nombre maximum d'instructions pouvant être rappelé est de 5. Il y a 10 instructions de consigne : 5 sont lues et réalisées par le sujet et 5 sont lues par le sujet et réalisées par l'expérimentateur. Notons que l'effet de la mise en forme observé au second rappel seulement, c'est-à-dire lorsque l'empreinte du texte est donnée en plus des objets, renvoie au mieux à un effet lié à la récupération comme observé par Amiel *et al.* (2004). Il est considéré comme négligeable vu le plan de l'étude.

Une autre expérience (N = 70) (Terrier, Lemerrier & Mojahid, 2005) a permis d'observer à nouveau l'effet positif de l'exécution des actions lorsque le nombre d'instructions de la tâche d'assemblage était modifié (allongement et réduction) et montre une interaction de l'effet d'exécution avec la longueur de la consigne. Ici encore, comme dans l'expérience précédente, une absence d'effet global de la MFM sur le rappel est couplée à un effet sélectif sur le rappel. Ces résultats nous conduisent actuellement à réexaminer de façon critique deux assumptions : la présentation de la structure du texte suffit à favoriser un traitement de cette même structure ; avec un texte procédural, le rappel des instructions et la réalisation des actions correspondent à des niveaux différents de représentation en mémoire, respectivement la base de texte et le modèle de situation. Des assumptions difficiles à étayer car elles conduisent d'une part à attendre un effet global de la MFM, ou d'autres signaux, là où des effets sélectifs sur le rappel sont observés et d'autre part à attendre un effet négatif de la mise en acte des instructions sur le rappel d'un texte procédural conformément à la théorie de la représentation du texte (voir Diehl & Mills, 1995, exp. 2) là où un effet positif peut être observé.

Mills, Diehl, Birkmire et Mou (1995) ont étudié à la fois la structure des textes et les buts de traitement quand elles ont examiné la compréhension pour un texte procédural de type liste "list-like" et de type récit "narrative-like" et donné aux participants l'un des deux buts de lecture suivants : lire pour rappeler ou pour réaliser l'action décrite dans le texte. La structure du texte n'affectait pas le rappel (ni la réalisation de la tâche) et n'interagissait pas avec l'objectif de traitement. Ceci suggère que la structure des textes ne serait pas importante pour les textes procéduraux. Récemment, un pattern différent est apparu avec un matériel très semblable (Geiger & Millis, 2004). Dans l'étude de Geiger et Millis (2004), la cohérence des textes était maintenue constante quand des versions procédurales ou descriptives d'un même texte étaient comparées en fonction de l'orientation de la tâche : réaliser les procédures, résumer les passages, ou répondre aux questions. Les textes décrivaient comment construire des objets ou des machines

simples. Les versions procédurales contenaient des énumérations des étapes ("premièrement, deuxièmement") et une référence au lecteur ("vous") ; pas les versions descriptives. En outre, dans l'expérience 2, une version "list-like" du texte procédural était conçue dans laquelle chaque étape du processus était explicitement numérotée. La version "list-like" a été comparée à la version procédurale plus "narrative" dans laquelle il y avait quelques énumérations effectuées verbalement. La première expérience (Geiger & Millis, 2004, exp. 1) échoue à répliquer les travaux antérieurs montrant que le but du lecteur affecte de façon différentielle la base de texte et le modèle de situation (Diehl & Mills, 1995 ; Mills *et al.*, 1995 ; Schmalhofer et Glavanov, 1986). Alors que les versions procédurales et descriptives ne différaient pas du point de vue des unités d'idées rappelées, on observait un effet principal de but : le but d'exécution entraînait un meilleur rappel que le but de réponse aux questions. Le pattern était le même pour la version procédurale et descriptive du texte. Quand l'exactitude du modèle de question et de la base de texte était analysée (test vrai-faux), il n'y avait là encore aucun effet principal du type de texte et aucune interaction impliquant le type de texte. Le but d'exécution affectait la performance : il conduisait à une meilleure compréhension que le but de réponse aux questions. Dans une deuxième expérience (Geiger & Millis, 2004, exp. 2) les mesures de dessin ont montré que la structure des textes procéduraux (récit ou liste) affecte la compréhension, mais les résultats suggèrent que la direction et la signification statistique de la différence peut être spécifique au but de traitement. Des scores reflétant la base de texte et le modèle de situation ont été calculés pour chaque participant à partir de ses dessins. Quand les participants ont lu avec l'objectif de réaliser les instructions, les scores de base de texte comme les scores du niveau situationnel sont plus élevés pour le texte procédural narratif que pour le texte procédural du type liste. En revanche, pour la condition de réponse aux questions, une tendance (non significative) dans la direction opposée s'observe.

Deux résultats clés émergent de cette recherche qui devraient, avec ceux de Mills *et al.*, 1995, guider nos investigations futures pour mettre en évidence un effet de la mise en forme ou d'autres variables de structure au rappel. Tout d'abord, la compréhension est améliorée à la fois au niveau de la base de texte et au niveau situationnel (bien que cela ne soit pas significatif chaque fois) avec les textes "narratifs" lorsque le texte a été lu dans l'objectif de réaliser la tâche (les données suggèrent des associations entre les scores vrai/faux et les scores de dessin). En second lieu, on observe un effet de la structure des textes qui est spécifique au but : quand le texte est lu pour exécuter la tâche, la compréhension est meilleure lorsque la procédure est rédigée sur un mode narratif plutôt que sous forme d'une liste d'étapes. Chose importante, le pattern observé au rappel (et à l'épreuve de dessin) est conforme à l'idée que le traitement était plus élaboré quand la structure des textes n'était pas assortie au but de la tâche (texte narratif et but d'action) que lorsque la structure des textes et l'objectif de lecture étaient assortis (texte liste et but d'action). Parce que la prédiction d'un rappel meilleur avec une tâche appropriée au matériel (dans le cas précis, une tâche où il n'y a pas de correspondance matériel/encodage) relativement à une tâche inappropriée au matériel (une

tâche où matériel et encodage correspondent) découle du cadre du traitement approprié au matériel (Einstein, McDaniel, Owen & Coté, 1990 ; McDaniel & Einstein, 1989), ce cadre constitue un cadre théorique possible pour rendre compte de ce résultat ainsi que d'autres interactions matériel-traitement : effet spécifique au but de traitement des variables de structure des textes, interactions entre structure des textes et expertise, ou entre effet des signaux et difficulté des textes (*cf.* Spyridakis, 1989a). Ce cadre pose que la précision du rappel augmentera quand l'objectif de traitement encourage à traiter les attributs qui ne sont pas naturellement sollicités par les stimulus. Le rappel global sera amélioré seulement lorsque les participants vont réaliser des encodages qui portent sur les caractéristiques non évidentes, non manifestes des stimulus. Par exemple, Geiger et Millis (2004) nous expliquent que dans leur étude le but d'exécution a accentué le traitement local, augmentant de ce fait la mémorisation dans son ensemble. Plus exactement, que le but d'exécution a fourni un traitement spécifique à l'item supplémentaire qui est venu s'ajouter au traitement relationnel déjà encouragé par la version narrative du texte procédural, et le rappel global a été augmenté. Cette explication concorde avec l'idée d'effets additifs entre information spécifique à l'item et information relationnelle (Einstein & Hunt, 1980). Naturellement, avec les textes techniques, l'idée d'effets additifs entre information spécifique et information relationnelle exige encore d'autres résultats empiriques avant de tirer une conclusion ferme. Cependant, le pattern de résultats observé pour l'objectif d'exécution invite à se demander si des « difficultés souhaitables » (Schmidt & Bjork, 1992) ne devraient pas être introduites pour observer un effet de la structure du texte. Retenons ce point pour les perspectives.

3. Conclusion et perspectives

Lorsque l'on considère l'effet de l'interaction avec le dispositif décrite par un texte procédural, la base de texte et les représentations situationnelles peuvent parfois correspondre aux différentes mesures (par exemple, le rappel et la réalisation) mais une telle correspondance terme à terme n'a pas été et ne sera pas régulièrement démontrée. Quand il y a une relation étroite entre la base de texte et le modèle de situation, comme nous le supposons pour les textes procéduraux, les dissociations empiriques peuvent être l'exception plutôt que la règle parce qu'un niveau sera aisément inférable à partir de l'autre niveau (et l'hypothèse de transparence sera difficilement supportée par les résultats). Comme beaucoup de textes procéduraux ont une structure d'étapes (par exemple, l'assemblage) nous émettons l'hypothèse que les conditions d'utilisation des textes favorisent souvent le traitement spécifique à l'item plutôt que le traitement relationnel en raison de l'alternance entre lecture et action.

Il ne s'agit pas ici de dire que l'information relationnelle n'est pas importante pour certains textes procéduraux. Par exemple, dans les tâches d'inspection, expliquer clairement comment l'action courante se situe dans

une procédure simple ou dans un ensemble de procédures est l'un des guides au repérage du contexte de la consigne qui peut être proposé par des systèmes d'assistance à la tâche (les “*Task guidance systems*”, Ockerman & Pritchett, 2000, 2004). La localisation du contexte de la procédure est un procédé qui clarifie les relations de chaque étape de la consigne avec les autres étapes ainsi qu'avec la procédure dans son ensemble (Ockerman & Pritchett, 2004). Selon Hunt (2003), le traitement relationnel ou organisationnel indique à minima le contexte définissant un événement et le traitement spécifique à l'item indique les propriétés singulières d'un item particulier dans l'événement. En conséquence, au-delà des tâches d'assemblage souvent employées pour analyser les textes procéduraux, s'intéresser aux tâches d'inspection (et à la localisation du contexte de la procédure) serait un autre moyen d'examiner plus avant comment le sujet s'appuie sur le traitement spécifique à l'item ou le traitement relationnel. Nous devrions nous attendre à trouver que l'utilisateur a conscience d'autres choses qu'une série d'instructions isolées.

On suppose bien souvent qu'un traitement global du texte (et par conséquent de la tâche) peut être encouragé simplement en indiquant la structure des textes et que ce traitement aura pour effet une meilleure compréhension. Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous avons vu comment les variables de structure des textes (qui peuvent contribuer à la construction de la base de texte en clarifiant la macrostructure) produisent leur effet, en considérant plus particulièrement le rappel de mémoire. Le rôle des signaux comme marqueurs de la structure des textes est loin d'être incontesté, même avec les textes expositifs non procéduraux, et nous avons argué du fait que les signaux peuvent encourager le traitement spécifique à l'item : un effet sélectif sur le rappel est observé, sans amélioration globale du rappel. Cette analyse est importante pour resituer correctement nos tentatives (infructueuses) d'augmenter le rappel global avec des signaux de mise en forme matérielle (p.ex. Cellier & Terrier, 2001 ; Terrier *et al.*, 2004), comme celles (plus fructueuses) de produire un effet sélectif sur le rappel comme l'effet de l'exécution des actions. D'autres variables structurales ont été étudiées avec les textes procéduraux. Les effets hiérarchiques et de niveaux suggèrent que l'influence des variables structurales serait spécifique à la tâche ou plus généralement spécifique au but de traitement, indiquant une différence entre textes procéduraux et narratifs. En outre, les interactions entre l'orientation de la tâche et la structure des textes qui montrent le caractère spécifique au but de la structure contribuent à soutenir l'idée de l'importance de la distinction entre le traitement global et local du texte.

Enfin, il semble bien que le but d'exécution soit important sur le plan pratique de la conception de la structure d'une procédure. Le pattern de résultats observé par Geiger et Millis (2004) pour l'objectif d'exécution (le texte procédural narratif améliore la compréhension par rapport au texte sous forme de liste sur les mesures de la base de texte et du modèle de situation), pattern qui tend à être renversé pour la condition de questions aux réponses, suggère cela et invite à une question. Avec le but d'exécution des textes procéduraux, est-ce que des “difficultés souhaitables” (désirable difficulties) peuvent être présentées au lecteur comme préconisé par Schmidt et Bjork (1992) et comme démontré ensuite par McNamara *et al.*

(1996) avec les textes expositifs ? Duggan et Payne (2001) ont clairement mis en avant cette possibilité dans leur étude sur le chunking, quand ils ont montré qu'avec un texte procédural, la performance pendant l'apprentissage ne prédit pas toujours la performance ultérieure. En outre, ces auteurs ont explicitement indiqué la pertinence du principe de traitement approprié au transfert (Morris, Branford & Franks, 1977) pour expliquer comment, dans l'étude de McNamara *et al.* (1996), les textes qui sont les moins cohérents améliorent les scores obtenus sur les mesures du modèle de situation pour des lecteurs qui disposent de connaissances antérieures dans le domaine du texte.

Pour conclure, comprendre l'interaction entre la perspective de traitement et les variables de structure du texte représente un enjeu important dans la perspective d'une amélioration de la rédaction des textes procéduraux. Le traitement relationnel et spécifique à l'item (Einstein & Hunt, 1980), le principe du traitement approprié au transfert (Morris, Branford & Franks, 1977), et l'approche du traitement approprié au matériel (McDaniel & Einstein, 1989) peuvent fournir un cadre pour approcher cette interaction.

Chapitre IV⁸

Utilisation du langage dans la communication homme-machine et la communication médiée

Introduction

Pour contribuer à la conversation, il ne suffit pas de produire un énoncé. Le locuteur doit acquérir la preuve que l'énoncé a été compris comme prévu. Ainsi, dans le dialogue, les gens s'engagent dans l'établissement d'un terrain commun (*common ground*) afin de parvenir à la croyance mutuelle qu'ils se comprennent l'un l'autre suffisamment bien pour le but poursuivi. La communication est ainsi vue comme une forme d'action collaborative dans le cadre sociocognitif de l'utilisation du langage (Clark, 1996 ; Clark et Brennan, 1991 ; Clark et Wilkes-Gibbs, 1986).

Le *grounding* est le processus par lequel les gens augmentent et maintiennent le terrain commun (Clark et Brennan, 1991). Le terrain commun est la somme des connaissances mutuelles des interlocuteurs, de leurs croyances et de leurs suppositions. “*Two people commun ground is the sum of their mutual, common, or joint knowledge, beliefs, and suppositions.*” (Clark, 1996, p. 93).

Les participants recherchent des preuves de compréhension chez l'autre et leur en donnent (Clark et Schaefer, 1989). En fonction de leurs buts, ils ajusteront leur critère de *grounding*—ils chercheront à obtenir et à fournir plus ou moins de preuves de compréhension. En outre, le moyen de communication est un autre facteur qui influence l'établissement d'un terrain commun. La communication face-à-face, par téléphone, ou avec

⁸ Le Bigot, L., Terrier, P., Amiel, V., Poulain, G., Jamet, E., Rouet, J.-F. (en révision). Effect of modality on the collaboration with a dialogue system. *International Journal of Human-Computer Studies* (accepté sous réserve de modifications mineures)

Tapie, J., Terrier, P., Perron, L., Cellier, J.-M. (2006). Should remote collaborators be represented by avatars? A matter of common ground for collective medical decision-making. *AI & Society*, 20, 331-350.

Le système de téléconférence place différentes contraintes sur l'échange de preuves positives ou négatives (Clark et Brennan, 1991). Par exemple, il est plus facile d'employer un régulateur comme "OK" sans interrompre le flux de la conversation dans la communication face à face ou par téléphone qu'en utilisant un mode écrit d'interaction. Clark et Brennan (1991) ont identifié huit contraintes qui peuvent influencer la difficulté de l'échange de preuves. Si les interlocuteurs partagent le même environnement (coprésence), s'ils peuvent se voir (visibilité), s'ils peuvent s'entendre (audibilité), si un énoncé est perçu par le récepteur au moment où il est produit par l'émetteur (cotemporalité), si les interlocuteurs peuvent simultanément envoyer et recevoir (simultanéité), si les tours de parole sont en succession (séquentialité), si les énoncés précédents de l'interlocuteur peuvent être consultés (re-consultabilité), et enfin s'il est possible de réviser son message avant l'envoi (révisabilité), le contexte de communication va imposer des contraintes différentes pour le *grounding*. Les gens peuvent établir un compromis entre ces coûts en fonction du but de la conversation. Par exemple, utiliser l'e-mail ou le courrier papier si la re-consultabilité et la révisabilité deviennent importants et que le coût de l'absence des autres contraintes est justifié. Ces contraintes ont été employées pour caractériser les différentes contraintes imposées par plusieurs modes de communication (Newlands, Anderson et Jim, 2003). Par exemple, dans la communication écrite médiée par ordinateur, il y a seulement la re-consultabilité et la révisabilité (mais ni coprésence, visibilité, audibilité, cotemporalité, simultanéité). Au contraire, dans la communication par téléphone entre humains, re-consultabilité et révisabilité font défaut (mais audibilité, cotemporalité, simultanéité et séquentialité sont présents). La téléconférence par vidéo et la communication face à face ajoutent des caractéristiques supplémentaires à la communication par téléphone : visibilité et coprésence. Les affordances d'un mode de communication imposent des coûts particuliers du point de vue du processus de *grounding* et sur la façon dont les conversations peuvent être conduites (Clark et Brennan, 1991 ; Brennan, 1998).

Dans ce chapitre j'indique des similarités entre la situation de communication humain-machine et la situation de communication entre humains du point de vue de l'utilisation du langage : un phénomène d'adaptation à l'interlocuteur (machine) s'observe (section 1). Les contributions empiriques rapportées dans la seconde section prolongent les travaux qui suggèrent une telle adaptation. Le principe des coûts et compromis liés au *grounding* avec différents media a été appliqué à la situation de communication avec un agent intelligent dialoguant. Ainsi, l'effet du mode de communication (oral, écrit) sur la collaboration de l'utilisateur dans le dialogue a été analysé dans le cadre d'études expérimentales avec des services réels de dialogue. Nous y avons ajouté l'étude de l'effet d'autres contraintes de la situation de communication comme les connaissances de l'utilisateur et la difficulté de la tâche. Parallèlement, la question de la réduction de l'effort collaboratif entre collaborateurs distants en médecine au moyen de techniques de réalité virtuelle a été explorée en relation avec le développement d'un prototype d'Environnement Virtuel Collaboratif (EVC) (section 3). La quatrième

section examine de façon critique l'interprétation stratégique des phénomènes d'adaptation à l'interlocuteur dans le dialogue. Cette interprétation est largement majoritaire dans la littérature et nous l'avons adoptée le plus souvent dans nos analyses. La perspective générale consiste ici à examiner comment des phénomènes « ordinaires » de mémoire, comme un amorçage qui opèrerait à différents niveaux de représentation, (Horton & Gerrig, 2005 ; Pickering & Garrod, 2004) pourraient rendre compte de l'adaptation au partenaire. L'adaptation au partenaire au niveau syntaxique pose plus particulièrement la question de savoir si une interprétation stratégique de l'adaptation au partenaire dans le dialogue est justifiée.

1. Adaptation à l'interlocuteur dans le dialogue

Quand deux personnes parlent, leurs expressions sont ajustées (Brennan et Clark, 1996 ; Clark et Schaefer, 1987, 1989 ; Isaacs et Clark, 1987 ; Krauss et Fussell, 1991). Par exemple, Brennan et Clark (1996) ont montré que les gens tendent à utiliser le même langage que leurs interlocuteurs. De la même façon, quand deux personnes communiquent par un système informatique une adaptation à l'interlocuteur se produit (McCarthy et Monk, 1994; McKinlay *et al.*, 1994 ; Whittaker, 2003). McCarthy et Monk (1994a) ont par exemple suggéré que l'utilisation des pronoms personnels et la réutilisation des mêmes expressions dans les énoncés des utilisateurs reflétaient le caractère actif du *grounding* dans la communication assistée par ordinateur.

Amalberti, Carbonnel et Falzon (1993) ont réalisé une simulation de consultations d'horaires d'avion et comparé, en mode vocal, les comportements de six sujets en condition d'interaction humain-humain avec six sujets qui interagissaient avec un ordinateur. Dans cette dernière condition, les sujets montraient des comportements langagiers plus contrôlés (ou restreints ?) (par exemple, en termes d'hésitation, connecteurs, et d'information pertinente pour la tâche). Ils ont conclu que le comportement verbal des sujets résultait du modèle de leur interlocuteur, c.-à-d. de leur représentation des capacités linguistiques, de communication et de résolution de problèmes du système. Johnstone *et al.* (1994) ont, à la suite de cela, étudié des tâches que réalisaient les utilisateurs avec des services vocaux de téléphonie mobile. Les différences entre le Dialogue Humain-Humain (DHH) et le Dialogue Humain-Machine (DHM) résidaient principalement dans l'utilisation de certains mots et d'échanges typiques employés pour développer et partager la connaissance, et l'alternance des tours de paroles. Au-delà du modèle de l'interlocuteur, le style d'interaction du système semblait aussi expliquer les différences observées. D'autres travaux ont montré que dans le dialogue homme-machine, les individus devenaient plus concis et éliminaient les termes non essentiels comme les articles ou expressions de politesse (Richards et Underwood, 1985). Des arguments existent pour considérer que dans le dialogue homme-machine, les utilisateurs ajustent également la forme de leurs expressions sur celles du système (Leiser, 1989 ; Ringle et Halstead-Nussloch, 1989).

Plusieurs études ont permis de constater une forte adaptation réciproque des partenaires aux niveaux syntaxique et lexical, en DHH (p.ex., Brennan & Clark, 1996 ; Kraut, Fussell & Siegel, 2003) comme en DHM (p.ex., Brennan, 1991 ; Leiser, 1989 ; Zoltan-Ford, 1991). Dans les DHM, si les utilisateurs modèlent la forme ou la longueur syntaxique de leurs énoncés d'entrées sur les messages émis par le système (Brennan, 1991 ; Zoltan-Ford, 1991), ils "choisissent" aussi les mots qu'ils utilisent sur la base des messages du système. On observe un phénomène de convergence (Leiser, 1989) : les participants dans un dialogue modifient l'aspect de leurs contributions pour s'approcher du style de l'autre.

La communication humain-machine présente donc des similitudes avec la communication entre humains dans l'utilisation du langage : les gens ajustent la forme de leur discours au partenaire mais aussi au système. Ces changements observés dans la structure lexicale et syntaxique de la parole reflètent probablement des changements dans le modèle mental du partenaire ou du système—bien que l'utilisateur considère le système différemment d'un partenaire humain selon Brennan (1991). Dans la conversation humaine, les interlocuteurs établissent une représentation de leur interlocuteur de la situation, de leur croyance et de leur connaissance antérieure (Fussell et Krauss, 1992). Cette représentation reflète la co-adaptation des partenaires et révèle dans les modifications lexicales et syntaxiques, en fonction des connaissances vraies ou supposées des partenaires (Clark et Schaefer, 1987 ; Clark et Schaefer, 1989 ; Isaacs et Clark, 1987 ; Krauss et Fussell, 1991). La responsabilité de la collaboration dans le dialogue est partagée par les partenaires qui font des efforts pour tenter de se comprendre (Clark et Wilkes-Gibbs, 1986). Dans le dialogue homme-machine, dialogue qui est finalisé par une tâche, le *grounding* va en grande partie reposer sur l'utilisateur. Si les gens ne considèrent pas le système comme un partenaire humain (Brennan, 1991), ils ont néanmoins des attentes conversationnelles envers le système.

Pour Brennan (1991, 1998), le *grounding* est un déterminant dans l'interaction homme-machine, beaucoup d'activités requérant d'exprimer des intentions en tant que séquences d'action et d'évaluer les résultats des actions par rapport aux intentions. Mais les évidences que l'utilisateur doit rechercher pour évaluer qu'il a été compris peuvent être difficiles à obtenir et les erreurs difficiles à reconnaître. Il faut souvent pour cela faire un effort supplémentaire. Ainsi, une grande partie des erreurs qui surviennent dans l'interaction homme-machine peuvent être expliquées par des échecs dans l'établissement du terrain commun (*grounding problem*), l'utilisateur et le système devant là aussi coordonner leurs états de connaissance distincts. Une interface qui donne des indices permettant de savoir où en est le système dans le traitement de la tâche et ce qu'il attend comme informations supplémentaires ou type de commande, aide à élaborer une représentation fonctionnelle adéquate pour continuer le dialogue. En dialogue homme-machine, les preuves sont moins nombreuses qu'en dialogue entre humains. Les feedbacks, liés à la capacité du locuteur à communiquer efficacement, ou des indices de *grounding* comme la référence anaphorique, également liée à l'efficacité de la communication, sont moins nombreux. Une réduction du lexique (avec une faible utilisation des anaphores, des connecteurs, des ellipses, des marqueurs de prise en

charge) (Amalberti *et al.*, 1993 ; Brennan, 1991 ; Bubb-Lewis et Scerbo, 2002) et plus généralement moins d'indicateurs de *grounding* sont observés lorsque les sujets sont confrontés à un partenaire machine (Brennan, 1991 ; Johnstone *et al.*, 1994).

Etant donné le “*grounding problem*” qui existe dans la communication électronique selon (Brennan, 1998), il est important de considérer comment les contraintes de la situation, telles que le mode de communication par exemple, peuvent affecter les stratégies et les techniques utilisées pour établir le terrain commun.

2. Donner des preuves de compréhension en dialogue naturel homme-machine

L'application du principe des coûts et compromis liés au *grounding* avec différents moyens de communication (Clark et Brennan, 1991) à la situation de communication avec un agent intelligent dialoguant a fait l'objet d'une série d'études expérimentales réalisées en collaboration avec France Telecom R&D. Les expérimentations étaient basées sur des services de dialogue en langage naturel utilisant la technologie des agents intelligents Artimis (Sadek, Bretier et Panaget, 1997). Cette technologie repose sur une approche de la communication qui utilise la logique des attitudes mentales et de l'action, elle permet de développer des services de dialogue en langage naturel.

ArtimisPlanResto est un de ces services. Il permet à l'utilisateur de baser sa recherche de restaurant sur trois critères : la localisation, le prix et le type de cuisine. En retour, le système propose des solutions correspondant à la requête autant que possible (voir l'exemple 1 ci-après). Une recherche typique se déroule en deux phases : (1) une phase d'initialisation, où l'utilisateur exprime une requête plus ou moins spécifique et où le système l'aide en lui demandant de spécifier sa recherche en fonction de critères. S'il le souhaite l'utilisateur peut donner plusieurs critères en un seul tour de parole (voir U2, U4 dans l'exemple ci-dessous) ; (2) une phase de raffinement. Lorsque l'utilisateur a donné ses critères, il navigue parmi les solutions proposées par le système (voir U6 dans l'exemple).

Exemple de dialogue avec ArtimisPlanresto :

Système1 : Bienvenue sur ArtimisPlanResto [...] Que désirez-vous ?
 Utilisateur2 : je cherche un restaurant traditionnel moins de trente euros
 S3 : Vous recherchez un restaurant traditionnel pour moins de trente euros. J'en ai trouvé plus de 10. Vous pouvez donner plus de précisions, par exemple le lieu, consulter les solutions [...].
 U4 : euh la Bastille
 S5 : Vous recherchez un restaurant traditionnel pour moins de trente euros près de la Place de la Bastille. J'en ai trouvé 4. Vous pouvez donner plus de précisions [...], consulter les solutions [...].
 U6 : j'aimerais consulter les solutions
 S7 : Le premier restaurant est [...]

Il peut également requérir plus d'information sur les solutions. A tout moment l'utilisateur peut passer d'une phase à l'autre. L'application est accessible via le téléphone (oral) et utilise des modules de synthèse et de reconnaissance vocale. Dans le mode écrit, elle est accessible sous une interface web standard (l'utilisateur entre du texte dans une fenêtre et valide en pressant la touche entrée ; l'historique du dialogue est montrée). Le contenu des énoncés système est identique dans les deux modes d'interaction, ce qui est une caractéristique importante pour la validité expérimentale des études réalisées. Le système répond de la même façon lorsqu'on interagit avec lui oralement ou par écrit.

Les scénarios employés pour les tâches de recherche d'information utilisées consistent à donner deux ou trois critères (lieu, type de cuisine et prix) pour la requête (lieu : louvre ; cuisine : chinoise ; prix : vingt euro). Le nombre de réponses possibles pour le scénario varie de 1 à 6. Ainsi, les tâches de recherche sont des tâches de recherche où la cible n'est pas une cible explicite, mais plutôt une cible scénario selon une distinction classique dans les études sur la recherche dans les menus hiérarchiques (Norman et Chin, 1988) : le sujet doit trouver un candidat qui remplit un certain nombre de critères.

Expériences sur la collaboration en dialogue homme-machine

Peut-on parler de collaboration en Dialogue Homme-Machine (DHM) ? Le grounding, processus qui caractérise la collaboration, se manifeste par la production de preuves positives ou négatives de la compréhension qui permettent l'élaboration et le maintien de l'intercompréhension dans les dialogues. Mais en DHM, ces preuves sont moins nombreuses qu'en DHH. Comment les contraintes de la situation influencent-elles ce processus ? Les modes d'interaction (Clark & Brennan, 1991) ainsi que certaines connaissances des utilisateurs (selon nous), peuvent imposer des contraintes à la communication. Une première hypothèse portait sur l'effet des modes d'interaction écrit et vocal en DHM : une interaction en vocal devait favoriser l'adaptation au partenaire et la collaboration par rapport à une interaction à l'écrit (Clark et Brennan, 1991). Une seconde hypothèse proposait que les utilisateurs débutants allaient donner plus de preuves de leur compréhension que ces mêmes utilisateurs devenus plus familiers avec le DHM, les preuves de la compréhension étant surtout nécessaires pour construire une représentation fonctionnelle du DHM. La troisième hypothèse était que les utilisateurs familiers de l'informatique donneraient, et ce, dès le premier dialogue, moins de preuves de compréhension, leur représentation fonctionnelle du DHM étant suffisante. Nous avons enfin exploré l'influence de la difficulté des tâches sur l'adaptation et la collaboration dans une dernière étude avec des utilisateurs devenus familiers du dialogue ; les travaux antérieurs (p.ex. Clark et Brennan, 1991) ne permettaient pas de prédire le sens de l'effet. Allait-on observer l'utilisation d'un langage opératif dans une situation routinière (ici, utilisation de mots clés) et d'un langage plus développé lorsque la situation se modifiait (Falzon, 1989) ? Si l'augmentation des preuves de la

compréhension avec le *grounding* était plausible, la diminution en raison de la nécessité de se centrer sur la tâche et d'éliminer les comportements non indispensables (Bubb-Lewis et Scerbo, 2002) était également une possibilité.

Quatre expériences ont été réalisées avec le service Artimis PlanResto dans le cadre de la thèse de Virginie Amiel (2005) co-encadrée avec Jean-Marie Cellier. Nous avons examiné les preuves positives de la compréhension données par l'utilisateur à la machine, en dégagant différents indicateurs traduisant la compréhension mutuelle et la collaboration entre partenaires en DHM : outre des indicateurs de réalisation de la tâche (comme le nombre d'énoncés utilisateur corrigés), des indicateurs de partage lexical et syntaxique, d'implication conversationnelle (comme la présence du « je »), un indicateur plus spécifique de la collaboration a été proposé.

Concernant les indicateurs de partage lexical et syntaxique (*cf.* figure 10), les différentes commandes permettant d'obtenir « le restaurant suivant », « plus d'information » ou de « consulter les solutions » peuvent être reprises par l'utilisateur lors de la phase d'affinage des solutions du dialogue. Les commandes reprises par l'utilisateur sont catégorisées en (1) reprise littérale de la commande (reprise de tous les mots de la commande), (2) reprise d'un mot unique de la commande, (3) reformulations. Le nombre de commandes obtenu est ensuite divisé par le nombre de tours de paroles utiles à la réalisation de la tâche.

Concernant l'implication conversationnelle, des Type Token Ratio (TTR) ont été calculés sur les articles et les pronoms, notamment pour les pronoms à la 1^{ère} personne (tels que « je, j', moi, mon, ma ») qui ont une fonction méta-conversationnelle, et traduisent une prise en charge plus importante du dialogue. Le nombre des occurrences de ces pronoms a été divisé par le nombre de mots total par dialogue. Le TTR représente statistiquement la diversité du vocabulaire en divisant le nombre d'unités lexicales (le nombre de formes différentes : type) formant le vocabulaire de l'échantillon par le nombre d'unités (le nombre total de mots : token) formant l'échantillon (Holmes, 1994).

L'indicateur de collaboration plus spécifique qui a été proposé repose sur le ratio entre les énoncés de l'utilisateur qui sont appariés ou non à une demande explicite du système pour obtenir des précisions (*cf.* tableau 1). Le tableau 1 expose son mode calcul et présente comment cet indice de collaboration varie selon le mode d'interaction (vocal, écrit) pour deux systèmes qui diffèrent dans le guidage fourni à l'utilisateur.

La première expérience (N = 48, six dialogues de recherche) traitait de l'effet des modes d'interaction vocal et écrit pour des utilisateurs débutants et de la familiarisation avec le DHM. La deuxième (N = 24, six dialogues) répliquait la précédente avec des utilisateurs ayant de bonnes connaissances en informatique. La troisième (N = 18, quatre dialogues) comparait, en mode d'interaction vocal, un groupe d'utilisateurs sans connaissances en informatique et un groupe d'informaticiens. Pour cette étude, les différences dans la représentation de l'interlocuteur machine qui présidaient à toute interaction étaient objectivées. La quatrième expérience (N = 48, six dialogues) étudiait l'effet de l'augmentation de la difficulté des tâches en

vocal et à l'écrit pour des utilisateurs familiers avec le DHM. Résumons les résultats que les études ont permis d'établir ou de répliquer.

La collaboration est plus importante en vocal qu'à l'écrit. Ainsi, des indicateurs traditionnellement utilisés pour mettre en évidence le *grounding* ont été observés de manière plus importante en vocal qu'à l'écrit. Les principaux indicateurs de réalisation de la tâche (nombre d'énoncés corrigés), d'implication conversationnelle (présence de « je »), et de collaboration (indice collaboratif élaboré) ont été plus nombreux en vocal. De plus, les reprises littérales de commande étaient plus nombreuses en vocal.

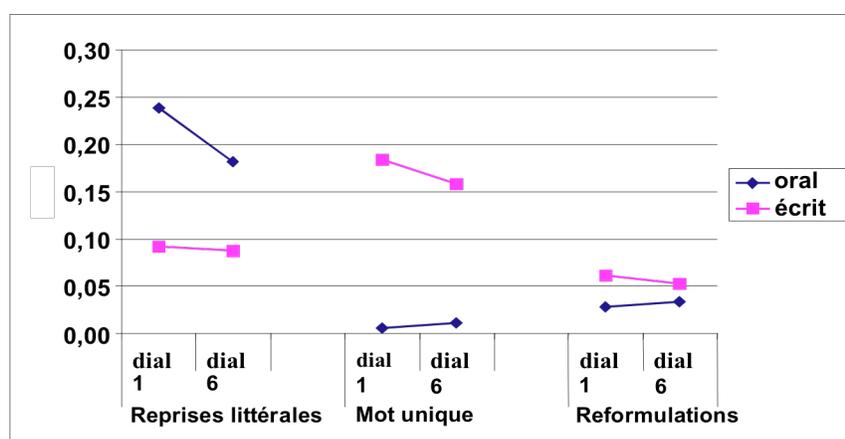


Figure 10. Les reprises de commandes du système de dialogue par l'utilisateur et leur évolution au cours de six scénarios de dialogue. Pour les trois types de reprises de commandes par l'utilisateur distinguées (reprise de tous les mots de la commande, reprise d'un mot unique de la commande, reformulation), le nombre de commande obtenu est divisé par le nombre de tours de paroles utiles à la réalisation de la tâche (Amiel, Le Bigot et Terrier, 2004).

La figure 10 résume les résultats obtenus sur les reprises de commandes pour la première expérience (Amiel, Le Bigot & Terrier, 2004). Ces différents résultats obtenus dans la première étude ont été répliqués dans la seconde étude, excepté pour l'indice collaboratif. Lorsque les utilisateurs sont familiers de l'informatique, l'indice collaboratif n'est pas plus important à l'oral qu'à l'écrit, du moins avec le service ArtmimisPlanResto (cf. ici le tableau 1).

La collaboration diminue lorsque les utilisateurs ont acquis, par la pratique, une connaissance sur le DHM. Les utilisateurs débutants employaient de nombreuses preuves de compréhension nécessaires au *grounding*. Puis, au fil des interactions, leur nombre diminuait. Nous pensons que ces preuves sont nécessaires au début pour construire une représentation fonctionnelle du DHM. Lorsque cette représentation est construite et opérationnelle, les utilisateurs agissent au moindre coût et donnent moins de preuves de leur compréhension. Ils n'utilisent plus les mêmes techniques de *grounding*. En même temps, on observe que la collaboration est très faible chez les personnes ayant de bonnes connaissances en informatique et ce, dès le début de l'interaction (l'indice

collaboratif marque une absence de collaboration à l'écrit comme à l'oral qui n'est pas attribuable à des effets planchers).

La collaboration peut redevenir importante lorsque l'utilisateur a besoin d'acquérir des connaissances sur une situation nouvelle. Le nombre de preuves de compréhension est plus important pour les tâches difficiles. Les utilisateurs familiers du dialogue emploient un plus grand nombre de mots et d'énoncés corrigés pour ces tâches que pour les tâches faciles. De plus, ils sont aussi plus collaboratifs et tendent à donner dans leur réponse au service les critères de recherche demandés. Cette influence de la difficulté de la tâche de recherche est à replacer dans le cadre du débat sur l'origine automatique ou stratégique des phénomènes d'adaptation au partenaire (Brennan & Metzger, 2004 ; Pickering & Garrod, 2004).

Pris ensemble, les résultats suggèrent que l'on peut effectivement parler de collaboration dans le DHM et à quelles conditions. D'abord, à la suite de Clark & Brennan (1991), les caractéristiques des modes d'interaction ont eu une influence sur les techniques de grounding mises en œuvre par les utilisateurs. Ces résultats confortent des travaux antérieurs sur les différences entre mode d'interaction vocal et écrit (Frasse & Breyton, 1959 ; Hidi & Hildyard, 1983 ; Richard & Underwood, 1985) mais indiquent un comportement conversationnel plus orienté vers le partenaire à l'oral qu'à l'écrit. Ensuite, le grounding apparaît comme particulièrement "actif" dans les situations nouvelles : ce processus servirait principalement en début d'interaction, pour construire la représentation fonctionnelle nécessaire à la réussite de la communication. En effet, outre le mode de communication, les connaissances de l'utilisateur (dans le DHM, en informatique) ainsi que la difficulté des tâches ont également influencé les résultats. Du point de vue des connaissances de l'utilisateur, si certains chercheurs ont travaillé sur l'évolution du grounding au fil du dialogue (notamment Brennan, 1991) aucune étude n'avait jusqu'ici, à notre connaissance, tenté de déterminer en quoi ces connaissances pouvaient influencer les techniques de grounding utilisées (*cf.* Amiel, 2005).

Les différents indicateurs sélectionnés étaient des preuves de la compréhension qui pouvaient apparaître en DHM comme dans le dialogue homme-homme ou la communication médiée par ordinateur. La méthodologie semble généralisable à d'autres situations de DHM avec des services réels. Avec ArtimisVoyage, qui permet de consulter des horaires de trains et/ou d'avions en vocal ou à l'écrit, elle a permis de répliquer les résultats obtenus sur l'effet du mode d'interaction.

Tableau 1. Moyenne de différents indicateurs pour la recherche de restaurant (expérience 1) et la planification de voyage (expérience 2) avec un système de dialogue en langage naturel en fonction du mode d'interaction vocal ou écrit (Le Bigot, Terrier, Amiel, Poulain, Jamet & Rouet, 2006).

Recherche de restaurant avec ArtimisPlanResto (N = 24)		
	Oral	Ecrit
Énoncés utilisateur corrigés	3.21 (1.24)	2.37 (1.02)
TTR des « Je »	.038 (.028)	.009 (.019)
*Énoncés appariés et non appariés	.144 (.810)	.154 (.480)
Reprises littérales des commandes	.484 (.342)	.213 (.343)
Reprises mot unique	.198 (.213)	.561 (.320)
Planification de voyage avec ArtimisVoyage (N = 24)		
	Oral	Ecrit
Énoncés utilisateur corrigés	5.10 (1.386)	3.11 (.896)
TTR des « Je »	.059 (.037)	.034 (.024)
Énoncés appariés et non appariés	1.610 (.886)	.700 (.917)
Reprises littérales des commandes	.568 (.377)	.286 (.345)
Reprises mot unique	.324 (.397)	.617 (.397)

* : L'indicateur « énoncés appariés et énoncés non appariés » constitue un indicateur original de la collaboration dans le dialogue. Les énoncés appariés correspondent à une réponse adéquate de l'utilisateur à une demande explicite du système pour obtenir des précisions (p.ex. le système demande de préciser le lieu et l'utilisateur précise le lieu). Les énoncés non appariés sont ceux où l'énoncé ne correspond pas à la demande du système (p.ex. le système demande de préciser le lieu et l'utilisateur précise le prix ou encore le type de cuisine). Une transformation logarithmique est appliquée au ratio entre les deux types d'énoncés, $\ln[(\text{énoncés appariés} + 1) / (\text{énoncés non appariés} + 1)]$. Quand l'indicateur est positif, l'utilisateur peut être considéré comme collaboratif (répondant aux requêtes du système). Lorsqu'il est négatif, le sujet peut être vu comme non collaboratif, comme réalisant la tâche de recherche sans s'occuper du système.

Le Bigot, Terrier, Amiel, Poulain, Jamet et Rouet (2006) ont comparé ces deux systèmes qui diffèrent en termes de contraintes imposées au dialogue : ArtimisPlanResto laisse une grande liberté à l'utilisateur pour formuler sa requête ; ArtimisVoyage lui fournit plus d'assistance lors de la recherche. Dans ce dernier cas, l'indice collaboratif augmente lui aussi dans le mode vocal (*cf.* tableau 1, page précédente). Amiel, Le Bigot, Terrier, Cellier & Babin (2004) avaient préalablement rapporté des résultats pour ArtimisVoyage sur deux indicateurs de la collaboration seulement. L'hypothèse testée était que la collaboration de l'utilisateur était présente en DHM, qu'elle se manifestait dans ses comportements en termes de correspondance des réponses aux attentes du partenaire comme en termes de reprise de la longueur et de la structure des énoncés de l'interlocuteur, et que cette collaboration serait plus importante dans le mode d'interaction vocal.

Pourtant, le *grounding* est-il un processus stratégique en direction du partenaire comme nous l'avons généralement supposé ? Garrod et Pickering (Garrod & Pickering, 2004 ; Pickering & Garrod, 2004) ont proposé qu'un phénomène d'amorçage permettrait l'alignement interactif de représentations dans le dialogue, depuis le niveau phonologique jusqu'aux modèles de situation. Les phénomènes de convergence lexicale ou syntaxique semblent en particulier assez difficiles à attribuer spécifiquement au *grounding* ou à un processus plus automatique d'alignement des modèles de situations tel que proposé par Pickering et Garrod (2004). Avant de replacer nos résultats dans la controverse entre le caractère stratégique ou automatique de l'adaptation au partenaire et de proposer des perspectives à ce sujet, signalons une autre contribution empirique, plus modeste, qui a pu être réalisée toujours en partenariat avec France Telecom.

3. Avatars et collaborateurs distants en médecine : réduire l'effort collaboratif

Dans les situations de travail collaboratif à distance, l'utilisation d'avatars pour représenter les collaborateurs peut-elle réduire l'effort collaboratif ? Dans les systèmes d'interaction médiée, la communication souffre souvent des écueils liés au fait que l'état et l'activité des collaborateurs distants est peu visible. La médiation contraint les utilisateurs à adopter des stratégies compensatoires, par exemple en explicitant davantage leur activité. Les informations visuelles jouent un rôle dans l'économie des échanges et dans la coordination entre les collaborateurs distants. La co-présence et la visibilité des interlocuteurs sont deux caractéristiques qui affectent la construction d'une compréhension mutuelle et le coût de la communication (Clark & Brennan, 1991, Clark, 1996). Dans les situations de travail collaboratif à distance où la co-présence est par définition exclue, certains outils restituent la visibilité par l'utilisation de la vidéo. D'autres ont recours aux techniques de réalité virtuelle pour générer une représentation des utilisateurs sous forme de

personnages de synthèse, des avatars. L'avatar véhicule dans l'espace virtuel partagé des informations d'identité, de rôle et de disponibilité. Il possède la capacité de représenter l'activité de l'utilisateur soit en changeant d'apparence, soit en adoptant un comportement dynamique en fonction de l'activité de l'utilisateur.

Nous avons voulu savoir si dans une situation de travail collaboratif à distance, la représentation des collaborateurs par des avatars pouvait contribuer à réduire l'effort collaboratif. Parce qu'ils matérialisent des indices visuels sur les collaborateurs distants et sur leur activité en cours, les avatars pourraient participer au grounding et faciliter l'interaction entre utilisateurs distants. Nous avons également cherché à comparer, dans le contexte professionnel particulier étudié, l'effet de la présence d'un avatar et celui du partage de la scène virtuelle. Des résultats acquis dans le contexte de la communication référentielle (Kraut *et al.*, 2003 ; Bangerter, 2004) montrent en effet que le partage de la scène virtuelle peut contribuer à réduire l'effort collaboratif.

Etude de cas auprès d'experts dans le diagnostic des cancers hépatiques

Le diagnostic médical des cancers hépatiques est une activité de prise de décision collective qui réunit chirurgiens, radiologues, oncologues, hépato-gastro-entérologues et transplantateurs. Les staffs se forment habituellement en co-présence, plus rarement en visioconférence, pour déterminer les actions thérapeutiques adaptées aux cas qui leur sont présentés. Argonaute 3D est un prototype d'EVC dédié aux équipes traitant des tumeurs hépatiques, développé en partenariat par France Telecom R&D et l'Institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif (IRCAD). L'internet haut débit (liaison DSL) et la réalité virtuelle sont associés pour permettre à plusieurs praticiens éloignés de partager et de travailler en temps réel sur une image 3D qui reconstitue le cas clinique à étudier. L'analyse permet aux spécialistes de convenir ensemble et au même moment de la stratégie opératoire la plus appropriée. Une scène virtuelle présente la reconstitution en 3D de l'abdomen d'un patient à partir de ses scanners ou IRM. L'objet 3D que constituent les organes du patient est partagé par l'ensemble des utilisateurs en présence dans la scène virtuelle. Les collaborateurs distants disposent de fonctions qui leur permettent de manipuler le corps selon six degrés de liberté, de mettre les organes en transparence ou de les faire apparaître et disparaître à volonté. Le système permet également d'afficher les clichés du scanner, de contrôler l'invasion tumorale des vaisseaux et enfin de simuler des pratiques thérapeutiques (résection, traitement percutané par radiofréquence).

Trois équipes de trois praticiens experts ont été confrontées à des cas de tumeurs hépatiques présentés dans Argonaute 3D. La tâche était d'aboutir à un consensus sur la pratique thérapeutique à mettre en oeuvre. Les participants étaient des experts dans leur discipline respective (chirurgien, radiologue, hépato-gastro-entérologue) et se connaissaient. L'activité collective visible dans la scène virtuelle (interaction du staff avec les

organes et les outils de la scène) ainsi que les échanges verbaux étaient enregistrés.

L'effet du mode de représentation a été exploré en représentant différemment les utilisateurs distants au sein de la scène virtuelle : un pointeur coloré ; le pointeur et un avatar non animé sur lequel est inscrite la profession ; un avatar animé par des gestes de suivi des déplacements du pointeur dans l'interface partagée. En présence d'avatars, le nombre de tours de parole diminue ainsi que le nombre de mots échangés. On constate également une moindre tendance à utiliser une méthode de désignation coûteuse, ainsi qu'une modification des méthodes d'adressage.

L'effet du partage de la scène virtuelle a été exploré en plaçant les utilisateurs soit dans une condition de non visibilité—chaque utilisateur dispose d'un objet virtuel dans son espace privé mais la communication ne se fait que par le canal audio—et dans une condition de visibilité—où l'activité de chaque participant est perceptible par chacun, l'objet virtuel étant partagé. Ici, concernant les preuves directes du *grounding*, la fréquence des répétitions (répétitions affirmatives notamment) diminue en présence d'un espace virtuel partagé. L'utilisation des continueurs diminue. Concernant les preuves indirectes du *grounding*, la proportion de propos de « piste 2 » ne se modifie pas. Le nombre de tours de parole et le nombre de mots échangés tendent à diminuer.

Ces premières observations sont limitées par le nombre de cas modélisés utilisables ainsi que le niveau d'expertise nécessaire pour que les cas modélisés fassent sens, le recours à des novices étant délicat. Elles suggèrent néanmoins l'utilité d'un effort de recherche concernant l'utilisation des avatars pour réduire l'effort collaboratif (Tapie, Terrier, Perron et Cellier, 2006). Dans la situation de prise de décision collective médicale étudiée, la présence d'un avatar s'avère être aussi efficace que le partage de la scène virtuelle dans la réduction de l'effort collaboratif. L'effet positif du partage de la scène a été montré dans le contexte de la communication référentielle (Bangerter, 2004 ; Kraut *et al.*, 2003) et en ce qui concerne les situations de travail, les revues disponibles sur l'utilité des nouvelles technologies considèrent assez clairement que le partage de l'information liée à la tâche est effectivement important (Foulon-Mondela, 2000 ; Navarro, 2001). Pour ce qui est de savoir si les utilisateurs eux-mêmes doivent être représentés, la réponse sur l'utilité des nouvelles technologies est plus mesurée. Par exemple, Foulon-Mondela propose qu'entre représenter le travail et représenter les utilisateurs eux-mêmes (il s'agit de représenter les visages des interlocuteurs) il est plus utile de représenter le travail. Lorsque représenter l'interlocuteur consiste à fournir des informations sur son activité en cours il est probable que la représentation des interlocuteurs devient plus importante.

Dans les tâches collaboratives qui impliquent des manipulations, pour Kraut *et al.* (2003), il faudrait que la conscience de la situation (notion que nous examinons au chapitre suivant) porte à la fois sur l'état courant des objets de la tâche et les activités d'autrui. Le bénéfice de quatre sources d'information visuelle distinguées (tête et visage des participants ; corps et actions des participants ; objets de la tâche ; contexte de travail) ne serait pas le même sur différents aspects de la conscience de la situation et du *grounding* conversationnel : contrôler l'avancement de la tâche, les actions

d'autrui, identifier l'attente du partenaire, communiquer efficacement et contrôler la compréhension.

4. Conclusion et perspectives

Des indicateurs du *grounding* tels que le rappel partagé pourraient être utilisés en s'intéressant aux effets du partage de la scène (versus analyse individuelle de la scène) et pour explorer les phénomènes d'inhibition collective dans le rappel (Basden, Basden, Bryner & Thomas, 1997 ; Weldon & Bellinger, 1997). L'existence même de ces phénomènes d'inhibition n'est pas sans importance pour l'ergonomie cognitive, où l'on est habitué à considérer que l'analyse collective d'un problème conduit à de meilleurs résultats qu'une analyse individuelle. Il y a là un thème sur lequel je trouverais intéressant de travailler. Dans une perspective plus liée à l'analyse de l'activité, le travail sur les projets conjoints et leur coordination réalisé par Bangerter et Clark (2003) semble intéressant pour pister la construction hiérarchique de l'établissement en commun d'une procédure. En effet, dans l'étude empirique que je viens de résumer, une des limites est de ne pas avoir rendu compte de la procédure d'intervention chirurgicale élaborée et de sa qualité (alors même qu'il a été considéré que seuls des experts pouvaient nous fournir des données de dialogue présentant une validité écologique).

Compte tenu du travail réalisé sur le dialogue homme-machine, il me paraît intéressant de réintroduire la mémoire, et plus spécifiquement la « mémoire outil », dans l'analyse de phénomènes que nous avons étudiés. Une question résume mes perspectives en matière de dialogue : l'adaptation au partenaire dans le dialogue est-elle stratégique ou mécanique ? La suite du chapitre présente en quoi notre travail antérieur comme la controverse actuelle liée au modèle de l'alignement interactif des représentations justifient l'intérêt pour cette question et expose comment j'envisage de passer de l'étude des stratégies à celles des mécanismes.

L'adaptation à l'interlocuteur dans le dialogue : stratégie et/ou mécanisme ?

En nous intéressant à l'adaptation à l'interlocuteur machine, nous avons pu étendre à des systèmes réels de DHM en langage naturel, les analyses qui suggéraient que des processus similaires étaient à l'œuvre dans le DHM et le DHH au niveau du *grounding*, le processus de construction du terrain commun. Les résultats permettent de montrer l'influence de différents éléments de la situation de communication (mode d'interaction, Clark et Brennan, 1991 ; connaissances de l'utilisateur, Falzon, 1989 ; ou encore la tâche). Nous avons étudié les phénomènes d'adaptation au partenaire machine en leur donnant le plus souvent une interprétation essentiellement stratégique (cf. Amiel, 2005 ; Le Bigot *et al.*, 2006). De la même façon, ce que nous avons ébauché dans le contexte de la communication médiée et avec des experts travaillant à décider d'une procédure d'intervention

chirurgicale était également fondé sur cette même interprétation stratégique (Tapie *et al.*, 2006).

Cependant, un modèle à deux processus de l'adaptation a également été évoqué par Amiel dans sa revue des phénomènes d'adaptation au partenaire et repris pour rendre compte des différents résultats empiriques obtenus (Amiel, 2005) : outre l'adaptation au partenaire par l'échange d'indicateurs de compréhension et la construction d'un terrain commun (*grounding*), un alignement interactif des représentations linguistiques (Garrod et Pickering, 2004) interviendrait également en relais du *grounding* dans une seconde phase. L'ensemble des résultats obtenus avec ArtimisPlanResto permet d'envisager deux phases de l'adaptation à l'interlocuteur machine dans le dialogue. La première est une phase « d'élaboration ». Elle survient lorsque le besoin de connaissances sur une situation nouvelle est fort et se traduit par la présence de nombreux indicateurs (ou preuves) dans le dialogue pour permettre à l'utilisateur de construire la représentation fonctionnelle pour le DHM. Cette phase d'élaboration correspond bien au rôle du *grounding* tel qu'il est décrit dans la littérature (Brennan, 1991 ; Clark & Brennan, 1991 ; Clark, 1996). La seconde phase concerne une adaptation « stabilisée » qui maintient à jour et utilise la représentation construite. Ici un deuxième niveau de contrôle de l'adaptation pourrait jouer un rôle de maintien de l'intercompréhension grâce à l'alignement interactif des représentations (Pickering & Garrod, 2004). En d'autres termes, deux niveaux de contrôle possible de l'adaptation pourraient se combiner dans les DHM pour faciliter l'interaction selon Amiel (2005) : le *grounding* se manifesterait par une construction active de la représentation fonctionnelle nécessaire en début d'interaction ou face à des situations nouvelles. Puis des processus soit sociocognitifs, soit d'alignements interactifs routiniers interviendraient pour réutiliser et rendre encore plus économiques les comportements efficaces (par exemple, reprendre les termes déjà utilisés avec succès, ou employés par le service, et les réduire à l'utilisation de mots clefs).

Mais qu'est-ce que l'alignement interactif des représentations ? Garrod et Pickering (2004 ; Pickering & Garrod, 2004) proposent que dans une conversation, les participants tendent à réaliser un alignement simultané entre leurs représentations linguistiques au niveau phonétique, lexical, sémantique, situationnel. Cette conception propose que les processus de production et de compréhension deviennent fortement couplés dans le dialogue, ce couplage conduisant à un alignement automatique des représentations linguistiques. La thèse des auteurs tient en six points :

- l'alignement des modèles de situations (Zwaan & Radvansky 1998) des interlocuteurs constitue la base du succès du dialogue ;
- l'alignement des modèles de situation se réalise sur la base d'un mécanisme ordinaire d'amorçage, peu coûteux en termes de ressources (*ressource-free*) ;
- le même mécanisme d'amorçage produit un alignement à d'autres niveaux de représentation, comme le niveau lexical ou syntaxique ;
- l'interconnexion entre les niveaux de représentation a pour conséquence que l'alignement à un niveau conduit à l'alignement à d'autres niveaux de représentation ;

- un autre mécanisme ordinaire permet aux interlocuteurs de réparer de façon interactive les représentations en cas de non alignement ;
- les stratégies plus sophistiquées et potentiellement coûteuses qui reposent sur la modélisation de l'état mental de l'interlocuteur ne sont requises que lorsque les mécanismes ordinaires d'amorçage et de réparation échouent à produire l'alignement.

L'alignement des représentations des interlocuteurs est un mécanisme et non une stratégie, contrairement à la perspective de Clark et collaborateurs où l'évaluation constante de la compatibilité des points de vue des interlocuteurs est une "stratégie". De façon importante, la modélisation de l'état mental de l'interlocuteur n'est pas une condition de l'alignement des représentations pour Garrod et Pickering. Etablir un terrain commun complet implique de modéliser les états mentaux de l'interlocuteur, ce qui semble coûteux et pas toujours nécessaire. Les interlocuteurs utiliseraient le terrain commun complet seulement pour réparer les problèmes d'alignement quand les moyens de base auraient échoué.

Une objection importante faite à cette thèse est qu'elle semble ignorer les comportements spécifiques en direction du partenaire ou phénomènes d'"audience design" (Metzing & Brennan, 2003). En expliquant principalement les comportements convergents des partenaires dans le dialogue par des amorçages intra et interpersonnels, le modèle d'alignement ignorerait la flexibilité des traitements spécifiques en direction du partenaire, qui montrent que les besoins en information du partenaire sont pris en considération lors de la formulation des énoncés (Brennan & Metzing, 2004). Par exemple, lorsque que l'on donne des instructions plus détaillées à quelqu'un qui demande son chemin parce qu'il dit ne pas être de la ville ou s'exprime avec un accent qui permet d'inférer que la ville lui est étrangère. Ou encore, lorsqu'on adapte la description d'un repère lors d'une tâche interactive impliquant une coordination, à la possibilité d'identifier le repère – en utilisant moins de mots pour décrire un repère qui est perçu comme aisément identifiable. Ces traitements spécifiquement dirigés vers le partenaire (*partner-specific processing*) peuvent survenir de façon délibérée mais également immédiatement et sans effort, en fonction de la pertinence de l'information active du moment. Mais il faut admettre qu'aux vues des données actuelles, on ne peut savoir si la construction du terrain commun requiert des représentations mentales complexes et inhabituelles ou si les représentations du terrain commun sont des représentations ordinaires en mémoire. Le cas des adaptations lexicales et syntaxiques est particulièrement significatif de ce point de vue.

Brennan et Clark (1996) pour le DHH, Brennan (1998b) pour le DHM, proposent que les phénomènes de convergence soient rendus possibles par des processus cognitifs à la fois stratégiques et automatiques. D'un côté, les phénomènes de convergence peuvent être attribués à un processus stratégique du discours, par lequel les partenaires évitent les implications non désirées et permettent à leur partenaire de savoir qu'ils croient qu'ils parlent tous deux de la même chose. Mais l'hypothèse d'un processus d'amorçage automatique peut aussi être envisagée. En particulier parce l'amorçage syntaxique a été démontré dans des expérimentations sur la production (en dehors de tout dialogue) dans lesquelles les locuteurs qui

décrivaient des images produisent préférentiellement des phrases à la forme passive ou active après avoir été amorcé avec la même forme (Bock, 1986). Les phénomènes constatés peuvent donc être expliqués par un processus automatique. Par ailleurs, un point nous a probablement échappé jusqu'à présent quand nous avons analysé le partage lexical et syntaxique : l'alignement syntaxique n'est pas aussi critique pour l'efficacité de la communication que l'alignement au niveau lexical (ou encore sémantique). Normalement, il ne doit pas y avoir de conséquence particulière si les interlocuteurs utilisent uniformément différentes structures comme « c'est la valise que l'homme prend » ou bien « c'est la valise que prend l'homme ».

En proposant comme mécanisme l'amorçage, Garrod et Pickering réintroduisent ici très clairement le rôle de la mémoire et plus particulièrement le rôle de la « mémoire outil ». C'est sur ce point que j'envisage de poursuivre le travail, en étudiant plus particulièrement l'amorçage au niveau syntaxique dans le dialogue.

Un projet a été défini sur ce thème en 2006 en collaboration avec Ludovic Le Bigot et présenté dans le cadre d'une participation à un projet ANR coordonné par François Rigalleau (*Amorçage Syntaxique en monologue et en Dialogue, AmoSyntDialo*). Dans le cadre de ce projet, nous allons comparer systématiquement l'amorçage syntaxique dans les situations de dialogue, lorsque le participant écoute ou lit les énoncés reçus et lorsqu'il écrit ou verbalise les énoncés. Les études dont nous reprenons le paradigme (Branigan, Pickering & Cleland, 2000) sont généralement conduites en utilisant la modalité orale mais beaucoup d'interactions entre humains (et entre humains et machine) impliquent la modalité écrite. Compte tenu des résultats obtenus précédemment, il est important d'établir si l'amorçage syntaxique peut devenir aussi fort dans les interactions écrites et orales (et contribuer ainsi à un alignement des représentations des interlocuteurs à d'autres niveaux de par la nature interactive du dialogue).

Comme les phénomènes d' "*audience design*" constituent une objection forte au modèle d'alignement interactif, j'envisage ultérieurement d'examiner dans quelle mesure des processus ordinaires de mémoire peuvent rendre compte de ces phénomènes. Ici, je m'appuierai plus particulièrement sur le travail d'Horton et Gerrig (2005) qui suggère que les phénomènes dépendent des représentations en mémoire auxquelles les locuteurs ont accès étant donné les contraintes temporelles de la conversation. Les travaux ciblés (Horton et Gerrig, 2005 ; Pickering et Garrod, 2004) contribuent, je crois, à développer une conception plus cognitive de la construction du terrain commun (ou contexte partagé) dans la conversation.

Chapitre V⁹

Anticipation et conscience de la situation dans les environnements dynamiques

Introduction

Les environnements dynamiques sont les types de situations où il est peut-être le plus fréquent, en psychologie ergonomique, de trouver des références à l'intérêt d'une analyse des processus implicites et de la question de la conscience. Mais cette référence est faite, ce qui est pour moi assez paradoxal, en référence à l'apprentissage implicite c'est-à-dire à l'acquisition de connaissances complexes (et abstraites) sur un mode non conscient et non à la mémoire implicite ou expression indirecte des représentations en mémoire. J'ai souvent milité pour une autre idée (Terrier, 1996a, 1998b, Terrier, Neboit et Cellier, 1997; Terrier et Cellier, 2004) : plus que les travaux sur l'apprentissage implicite préoccupé de l'acquisition implicite de représentations complexes, ce sont surtout les travaux sur la mémorisation implicite – sur l'expression implicite, indirecte de représentations préexistantes en mémoire qui sont intéressants dans les contextes cible des travaux habituels de psychologie ergonomique (contexte de travail et sujets opératifs). Au-delà de la difficulté logique à supposer qu'une connaissance est acquise tacitement parce que le sujet ne l'élicite pas mais qu'elle se traduit dans ses performances, il y a aussi une raison, plus fondamentale, déjà développée dans le chapitre 4 de ma thèse nouveau régime. Je la résume : l'activité, qui est un objet d'analyse en psychologie ergonomique, ne requiert pas la forme d'utilisation de la mémoire que l'on a jusqu'alors fait fonctionner pour étudier l'activité. On sollicite généralement la recherche consciente d'informations étudiées en phase ultérieure ou expression directe de la mémoire, alors que les

⁹ Grosjean, V., Terrier, P. (1999). Temporal Awareness: Pivotal in Performance. *Ergonomics*, 42(11), 1443-1456.

Terrier, P. (1998). Temporal management of flight strips in en route air traffic control: a full-scope simulation on task analyses assumptions. *International Journal of Aviation Psychology*, 8(1), 65-73.

représentations que le sujet a acquises (implicitement ou explicitement) s'expriment aussi indirectement dans l'action.

Dans ce chapitre, je souhaite promouvoir l'idée que les mesures implicites de mémoire peuvent servir à analyser ce que l'on désigne par "conscience de la situation" (Situation Awareness, SA) dans la littérature. La conscience de la situation a été définie par Endsley (1995a) comme la perception des éléments dans l'environnement, dans une enveloppe de temps et d'espace donnée, la compréhension de leur signification, et la projection de leur statut dans le futur proche. Les travaux passés sur la SA ont essentiellement été menés dans le contexte d'environnements dynamiques comme le pilotage ou le contrôle de trafic aérien (Endsley, 1993 ; Durso, Hackworth, Truitt, Crutchfield, Nikolic & Manning, 1998), les centrales nucléaires (Hogg, Folleso, Strand-Volden & Torralba, 1995), la conduite automobile (Gugerty, 1997), la prise de décision médicale (Gaba, Howard & Small, 1995). Les trois niveaux de SA distingués sont la perception, la compréhension et la projection de la situation. La SA de niveau 1 (perception) renvoie à l'information perçue et dont on est conscient, le statut, les attributs et la dynamique de différentes entités dans l'environnement. La SA de niveau 2 (compréhension) réfère à l'intégration et l'interprétation de cette information pour expliquer ce qui survient dans la situation. Le niveau 3 (projection) exprime la prédiction d'un état futur sur la situation qui peut évoluer. Dans ce cadre, l'anticipation correspond plutôt au niveau 3 de la SA à savoir la projection.

Où est la conscience dans la conscience de la situation ? Dans la troisième section du chapitre, pour traiter cette question, je m'appuierai sur quelques travaux qui parlent de mesures implicites de SA (ou mesures de performance) ou qui utilisent effectivement, c'est encore rare, des mesures implicites de mémoire. Mon propos sera notamment de suggérer que les influences d'une information acquise antérieurement pourraient être révélées dans la réponse consciente que les mesures de SA capturent, indiquant alors une utilisation implicite de connaissances acquises à la phase d'étude des informations. Au-delà de cette proposition, je profite de ce chapitre pour pointer une seconde question que nous devons, je pense, traiter à l'avenir en présentant quelques éléments qui fondent cette question (section 4).

Les représentations deviennent-elles plus *simples* et plus pertinentes avec l'expertise ? L'idée paraîtra sans doute contre-intuitive dans la mesure où elle heurte une conception de la rationalité largement partagée : dans cette conception, la rationalité est associée à la capacité computationnelle et donc à une représentation plus complexe et plus précise. Les travaux sur les environnements dynamiques ont montré quelques faits, connus, qui militent à mon avis pour une autre conception de la rationalité, comme celle proposée par une théorie duelle de la mémoire et du raisonnement, la théorie des traces floues (*Fuzzy Trace Theory*, FTT). Ils constituent un des contextes appliqués où les principes de la FTT pourraient utilement être explorés.

Avant de présenter ces perspectives de recherche, je vais présenter deux contributions empiriques réalisées sur l'anticipation et la conscience temporelle de la situation (sections 1 et 2).

La première contribution rapportée (section 1) a été rendue possible par mon activité antérieure de Chargé d'études au Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne (CENA). J'étais chargé, en 1990-1991, de valider la version initiale du modèle cognitif du contrôleur élaborée dans le cadre du projet ERATO (En Route Air Traffic Organizer). Au-delà du protocole d'étude de validation du modèle, les données recueillies dans le contexte d'une simulation pleine échelle réalisée à l'ENAC avec des contrôleurs expérimentés m'ont ensuite permis de développer une analyse de l'activité de décalage des *strips*, ces bandes de papiers dont disposent les contrôleurs aériens et sur lesquelles le plan de vol de l'avion est résumé de façon actualisé (une bande par vol). Deux contrôleurs sont présents sur une position de contrôle en route : le contrôleur organique ou contrôleur planning, dont la fonction est de préparer le travail de son collègue et qui joue un rôle d'interface avec les autres secteurs de contrôle et les autres centres de contrôle. Le contrôleur radar est celui qui communique par radio avec les avions. Je me suis attaché à examiner l'hypothèse selon laquelle le contrôleur organique détectait les conflits pour le radariste, en utilisant un indicateur particulier qui était le décalage des *strips*.

La seconde contribution empirique rapportée (section 2) découle quant à elle d'une de mes collaborations avec Vincent Grosjean de l'I.N.R.S. Elle visait à évaluer l'importance de la conscience situation au plan temporel, dans la conduite de plusieurs processus synchrones parallèles. Les participants n'étaient pas des opérateurs expérimentés et correspondaient à des « experts théoriques » selon la formule de Vicente vue plus haut. Nous analysons ici les prises d'informations associées ou non aux actions sur le processus simulé contrôlé.

1. Le décalage des strips pour indiquer et mémoriser les conflits entre avions dans le contrôle aérien en route

Dans le contrôle aérien en route, est-ce que le contrôleur organique anticipe les conflits pour le contrôleur radar ? J'ai montré (Terrier, 1998c) que si les hypothèses sur la fonction de planification assurée par le contrôleur organique pouvaient être supportées lorsque l'on considérait la gestion du trafic en aval de la position de contrôle, elles ne l'étaient pas en ce qui concernait la fonction de détection de conflits. La spécificité de ce travail était d'utiliser un indicateur de l'identification des situations conflictuelles et de la nécessité de les mémoriser qui permettait réellement de comparer le contrôleur organique et le contrôleur radar dans leur propension à exercer une action d'identification de conflits—ce moyen étant *a priori* utilisable par les deux contrôleurs.

L'hypothèse d'un plus grand empan temporel pour le contrôleur organique que pour le contrôleur radar se reflétait dans les documents de travail exposant le partage des tâches dans le contrôle aérien en route (Centre Régional de la Navigation Aérienne Sud Est, 1983), comme dans les travaux d'ingénierie cognitive et d'ergonomie (p.ex. Boudes, 1992 ; Gaillard, 1990; Leroux, 1991 ; Navarro, Terrier & Courteix, 1991). Le

contrôleur organique ou contrôleur planning, est censé détecter les situations conflictuelles entre avions avant leur arrivée à la position de contrôle et lorsque l'avion quitte la position de contrôle. Le contrôleur radar est supposé gérer le trafic sur un mode à court terme. L'assomption est la suivante : le contrôleur organique a un rôle de mise en lumière *avant* et après la résolution des conflits, procurant ainsi une aide à l'anticipation des conflits (p.ex. Boudes, 1992 ; Gaillard, 1990 ; Leroux, 1991 ; Navarro *et al.*, 1991). L'hypothèse sur la gestion initiale des conflits est particulièrement cruciale, puisque le contrôleur organique est présumé jouer un rôle de signalement, en indiquant au radariste quels problèmes il devra régler dans le futur proche. L'organique anticipe ainsi les problèmes potentiels ; et ce peut-être d'autant plus que le trafic sera chargé.

Cette hypothèse était rarement éprouvée au sens où sa falsification supposait (a) d'identifier une trace pertinente de l'existence d'un conflit entre avions en "première personne", c'est-à-dire du point de vue du contrôleur aérien, (b) que la réponse observable soit tout aussi utilisable par l'un ou l'autre des deux contrôleurs. Une possibilité était l'analyse des décalages des strips dans le tableau de contrôle. Contrairement aux communications air-sol et aux actions motrices initiales sur les strips qui dépendaient respectivement du contrôleur radar et du contrôleur organique du fait de l'organisation technique sur le poste, le décalage des strips était reconnu être un moyen pertinent pour indiquer (et mémoriser) les conflits (Gaillard, 1990 ; Garroff-Mercier & Chollet, 1990 ; Leroux, 1991). Il était utilisable par les deux contrôleurs et semblait approprié aux observations en simulation comme sur le terrain (voir plus récemment à ce sujet : Dekker & Nyce, 2004 ; Durso, Batsakes, Crutchfield, Braden & Manning, 2004).

Mais cet indicateur me semblait extrêmement utile en situation de simulation parce qu'il résolvait deux problèmes. Premièrement, en simulation, les problèmes qui vont survenir sont connus par avance et l'observateur peut contrôler dans quelle mesure les actions de décalage sur les *strips* sont relatives à des avions qui seraient effectivement en conflit si le contrôleur n'agit pas. Contrairement au contrôle en situation réelle où le contrôleur peut agir sur de "faux problèmes", les actions sur les *strips* qui concernent de faux positifs peuvent être enlevées de l'analyse après un dépouillement des données audiovisuelles enregistrées. Ainsi, pour reprendre la distinction faite entre les mesures à la "troisième personne" et celles à la "première personne", la perspective à la première personne et à la troisième personne peuvent être coordonnées lorsque la trace considérée par l'observateur pour étudier l'identification de conflits est le déplacement des *strips*.

Deuxièmement, avec un enregistrement audio-vidéo des actions sur la position de contrôle, le décalage des *strips* peut être ensuite analysé en référence à la fonction du contrôleur (organique ; radar) et au moment du conflit : avant qu'une action de résolution soit prise (avant l'envoi de l'ordre de modification de cap ou de niveau donné par radio au pilote), pendant la résolution du conflit (entre l'envoi de cet ordre et avant le transfert de l'appareil à une autre position de contrôle), et lorsque l'avion est transféré à un autre secteur de contrôle aérien (et donc après la résolution du conflit). En résumé, l'enregistrement des actions sur les *strips* donne à l'observateur une trace qui reflète le problème à résoudre (identification/mémorisation

d'un conflit à résoudre), la résolution en cours du problème (surveillance au cours de la résolution du conflit) et la fin du problème. Les actions de décalage étant observables pour les deux contrôleurs¹⁰, il devient possible d'examiner si la gestion des conflits reflète bien le rôle d'anticipation que le contrôleur organique est censé avoir.

L'unique étude qui rendait compte de l'activité de gestion de strips en centre de contrôle avait révélé un résultat surprenant (Garroff-Mercier & Chollet, 1990) pour l'hypothèse de l'anticipation des conflits par le contrôleur organique : la gestion des *strips* était prioritairement le fait du contrôleur radar, ce qui suggérait, selon les auteurs, son rôle premier dans la détection des conflits. Comment expliquer cet écart avec la répartition des tâches (ou tâche prescrite) ? Cette conclusion, contre-intuitive, pouvait être due à certaines caractéristiques de l'observation conduite en centre de contrôle. Après tout, le phénomène n'était pas observé pour différentes dyades de contrôleurs confrontés aux mêmes situations problèmes. Plus important, cette observation ne distinguait pas dans l'activité sur les *strips* les actions qui relevaient de l'identification de conflits (c.-à-d., survenant avant toute action sur le trafic correspondant) d'autres actions sur les *strips*. Il aurait fallu séparer les actions motrices survenant avant, pendant, ou après la résolution des problèmes seulement (hors faux positifs). Dans ces conditions, il était aisé de penser que la conclusion des auteurs demandait à être renforcée. Il se trouve que l'analyse que j'ai menée sur des données recueillies dans le cadre d'une simulation pleine échelle en condition de trafic chargé m'a conduit à des conclusions tout à fait similaires à celles de Garroff-Mercier et Chollet (1990) en les renforçant (*cf.* figures 11 et 12).

Avec un scénario de trafic caractérisable comme du trafic fort pendant 48 minutes et dix contrôleurs experts, j'ai pu analyser les décalages des strips survenant avant les actions sur le trafic, pendant la résolution du problème et après sa résolution. Le contrôleur radar produisait plus de décalages de strips que le contrôleur organique ; ce que montraient Garroff-Mercier et Chollet en concluant que le radariste détectait les conflits. En outre, le contrôleur radar produisait plus de décalages liés à la détection de conflits (avant) et à sa gestion (pendant), alors que l'organique produisait plus de déplacements une fois le problème terminé. Observer que le radariste produit plus de déplacements avant la résolution contredit l'hypothèse issue de l'analyse de la tâche et offre un argument supplémentaire à l'idée, déjà avancée par Garroff-Mercier et Chollet selon laquelle c'est le contrôleur radar qui détecte les conflits, non le contrôleur organique. Lorsque les conditions "avant" et "après" sont comparées, une interaction croisée est observée car les données reflètent la fonction supposée du contrôleur organique une fois le problème résolu mais pas au stade initial (figure 12).

Ces résultats me conduisaient à la conclusion suivante (Terrier, 1998c) : les hypothèses (sur l'anticipation) issues de l'analyse de la tâche devaient être testées plus attentivement pour concevoir des outils d'assistance au contrôle ou des programmes de formation cohérents. Sur le premier aspect, celui des outils d'assistance, je retrouvais en effet ce qu'une analyse des

¹⁰ Le décalage des strips dans les porte strips est plus aisément attribuable à une détection de conflit que le classement des strips dans le tableau.

protocoles verbaux des contrôleurs visant à valider le modèle cognitif sous-jacent au système expert ERATO (Terrier, 1991) montrait par endroits. La gestion du trafic se faisait peut-être sur un mode plus collaboratif qu'on ne le supposait. Au même moment Hoc et Lemoine (1998) rapportaient une expérience qui montrait comment un outil d'assistance, amplifiant l'étendue des informations partagées entre les deux contrôleurs, pouvait améliorer le maintien de la référence commune et réduire la nécessité de s'ajuster verbalement chez les interlocuteurs.

Sur le second aspect, celui de la formation, j'ai eu l'occasion d'approfondir la question de l'anticipation dans la tâche du contrôleur lorsque j'ai apporté à l'I.A.N.S. (Institute of Air Navigation Services, Eurocontrol, Luxembourg) une expertise en facteurs humains dans le cadre de l'harmonisation européenne des programmes de formation ab-initio des contrôleurs aériens (Terrier, 1996b).

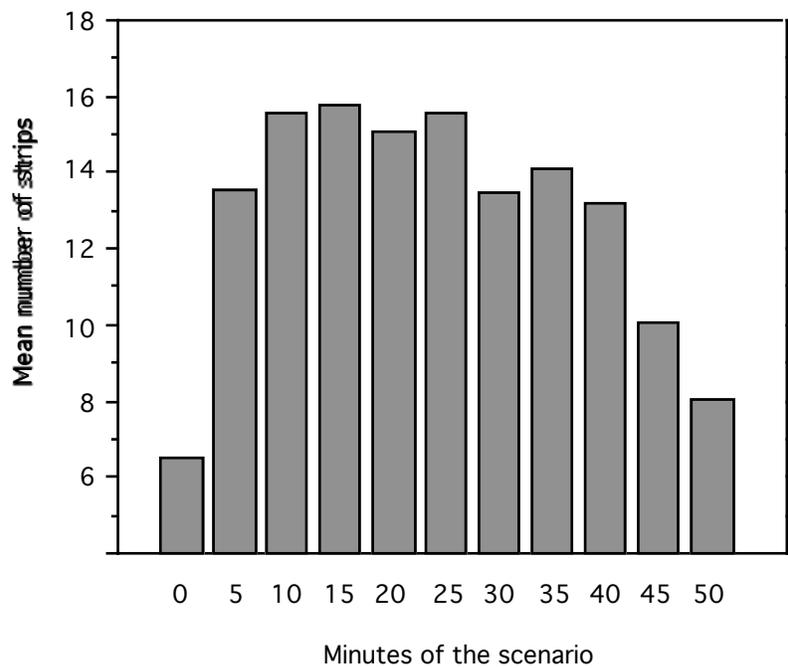


Figure 11. Nombre moyen d'avions contrôlés durant le scénario de simulation (Terrier, 1998c).

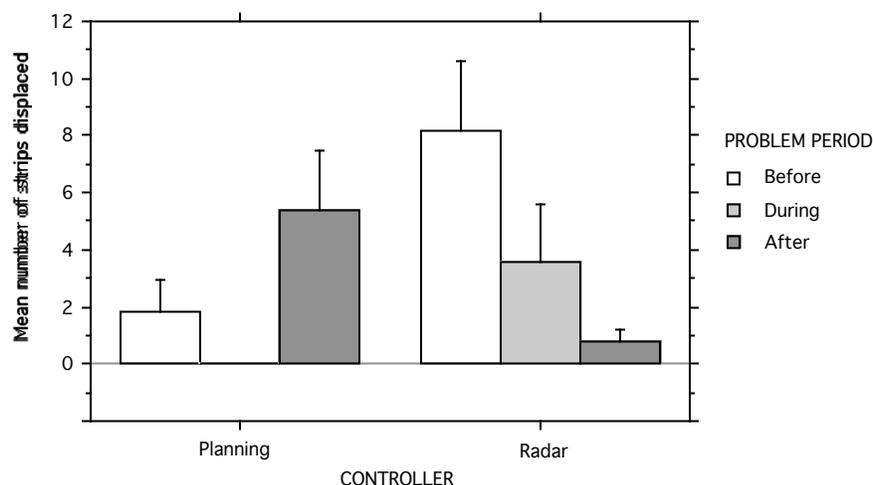


Figure 12. Nombre moyen de strips décalés en fonction du contrôleur (organique, radar) et de la période de gestion des conflits entre avions (avant, pendant, après la gestion du conflit) (Terrier, 1998c).

2. Des prises d'information associées ou non aux actions pour conduire des processus en parallèle

Quelle est l'importance de la conscience temporelle dans la gestion de processus multiples ? Cette étude reposait sur une expérience de simulation dans laquelle les participants devaient gérer plusieurs processus synchrones parallèles. Nous étions intéressés par ce que nous avons désigné, en référence à Javaux (1994), par le niveau de conscience temporelle développé par les participants, soit leur "capacité à construire une représentation de la situation qui incorpore le passé récent et le futur proche." Nous testions également l'effet d'une aide censée soutenir la construction de la conscience temporelle.

L'étude (Grosjean & Terrier, 1999) visait à déterminer si le développement d'une "conscience temporelle de la situation" (Javaux, 1994) avait un impact sur la performance au contrôle de processus en termes d'erreurs et de respect ou non des contraintes temporelles d'un micromonde simulant un processus de fabrication de latex. Le processus simulé était mis au point à l'I.N.R.S sur la base d'analyses de terrain réalisées par Vincent Grosjean. Dans ce contexte où l'exigence principale réside dans le fait de savoir quand aller sur une ligne de production spécifique pour réaliser une action, le sujet doit élaborer une représentation de la position temporelle relative des lignes de production. Sans cela, il devra passer continuellement d'une ligne de production à l'autre se basant sur une représentation externe pour agir au bon moment ; ce qui augmentera les prises d'informations sur les autres lignes non suivies d'une action. (Pour aller d'une ligne de production à l'autre il faut passer par une page principale de navigation).

La conduite du processus suppose de gérer le fonctionnement en parallèle de plusieurs lignes de production de latex. Pour contrôler une ligne de production (cf. figure 13) il faut réaliser des actions assez simples : arrêter une phase dans le cycle de production, noter l'état d'un paramètre du produit avant de lancer la phase suivante. Mais ces actions doivent survenir à des moments précis car le respect ou non de la durée de la phase a des conséquences variables selon la phase considérée. Ainsi, une action réalisée avec un retard de 30 secondes après la fin d'une phase implique : (pour la phase B) de relancer tout le cycle de production de la ligne, (pour la phase A) une perte d'énergie dans le processus de fabrication et une perte de temps pour l'opérateur, (pour les autres phases) une perte de temps pour le sujet.

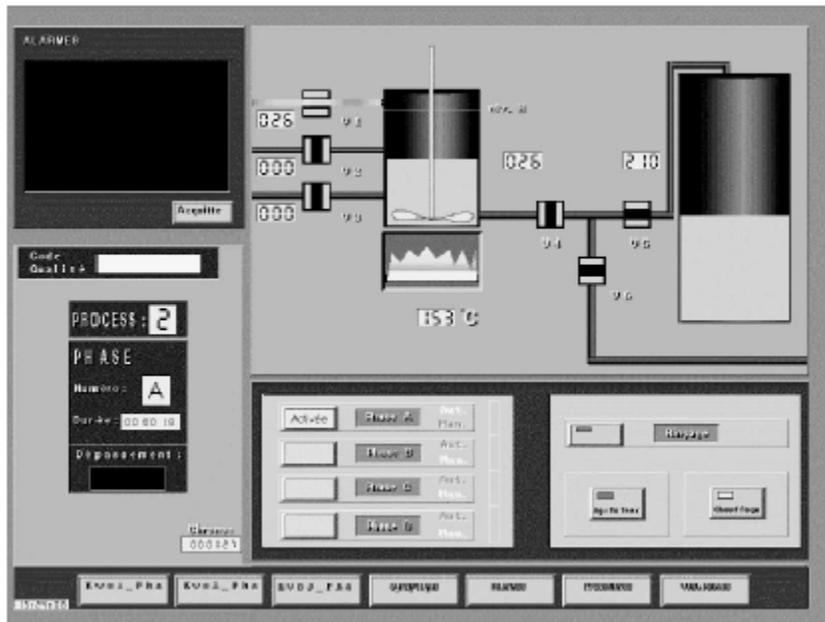


Figure 13. Page correspondant à un des processus (processus n°2). Le participant doit cliquer sur le bouton correspondant pour lancer une des phases (A, B, C et D) (Grosjean & Terrier, 1999).

Vingt-quatre étudiants en dernière année d'école d'ingénieur ont participé à l'expérience. Les participants devaient contrôler 5 lignes de production simultanément au cours de quatre scénarios de complexité variable, la complexité étant opérationnalisée par le degré de synchronisation des lignes de production. La moitié des participants disposaient d'un écran d'aide présentant la position relative des lignes de production (cf. figure 14).

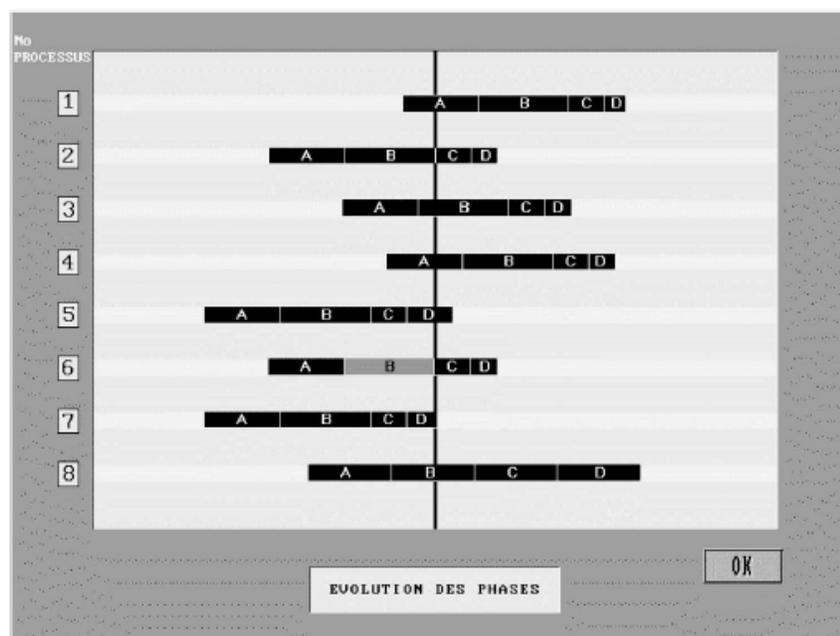


Figure 14. Ecran d'aide présentant la position relative des différentes lignes de production. La ligne verticale définit l'instant présent. Lorsque l'exécution automatique d'une phase est arrivée à son terme depuis un temps défini, la phase apparaît en rouge (ici, processus 6 et phase B). La moitié des sujets pouvaient utiliser cette page d'aide (Grosjean & Terrier, 1999).

Les facteurs pris en compte dans les analyses en tant que variables indépendantes étaient : la présence ou non de l'aide, la complexité temporelle du scénario (4 scénarios variables du point de vue du degré de synchronisation initial entre les 5 lignes de production), et la présence vs. absence de conscience temporelle de la situation. Les modalités de cette dernière variable étaient établies en se basant sur le comportement de prise d'information en partant du postulat suivant : les consultations d'une ligne survenant lorsque la ligne ne nécessite pas d'action seront d'autant moins nombreuses que le sujet a développé une conscience temporelle. Avec un rapport inférieur à 80% (80 consultations sans actions pour 100 consultations avec actions) le participant était catégorisé comme ayant développé une conscience temporelle de la situation. Lorsque le rapport était supérieur à 150% on considérait qu'il n'avait pas développé de conscience temporelle de la situation.

Concernant les erreurs, les erreurs de respect des durées des phases importantes du processus de fabrication (phases A et B) sont moins nombreuses pour les sujets ayant développé une conscience temporelle de la situation. Les erreurs de cycle (non respect de l'ordre entre les phases) ne varient pas. Concernant le respect des contraintes temporelles, évalué par le temps perdu par les sujets par rapport aux butées que constituent les fins de phases, l'analyse montre que les deux groupes de sujets (avec ou sans conscience temporelle) sont tout aussi capables de gérer la priorité que

représente le respect de la durée de la phase B. Pour ce qui est des autres périodes, le respect de la durée de la phase A est meilleur chez les sujets ayant une conscience temporelle de la situation. Les résultats suggèrent donc une meilleure gestion de la hiérarchie des buts dans le cas d'une conscience temporelle de la situation.

Globalement les résultats conduisent à penser que le développement d'une conscience temporelle de la situation constitue un bon "prédicteur" de la performance. Cependant, il reste alors à expliquer pourquoi la présentation de l'écran d'aide n'a pas d'effet probant ; à expliquer pourquoi on ne peut pas promouvoir le développement de cette "conscience temporelle" par le biais de la présentation de l'aide.

Rantanen et Levinthal (2005) ont repris l'idée d'une conscience temporelle définie comme une représentation de la situation qui incorpore le passé récent et le futur proche et ont analysé la priorisation des tâches dans le contrôle aérien. Leur étude montre un phénomène intéressant : la priorisation des tâches pourrait dépendre des caractéristiques de la tâche qui sont de nature catégorielle plutôt que de nature continue et quantifiable.

3. Où est la conscience dans la "conscience de la situation"?

Repartons ici de l'anticipation, que Cellier (1996, p. 35) considère comme "...une activité consistant à évaluer l'état futur d'un processus dynamique, à déterminer, en fonction de la représentation du processus dans le futur, le type d'actions à entreprendre et le moment où elles doivent être mises en oeuvre et enfin à évaluer mentalement les possibles de ces actions." L'anticipation est aussi définie, nous rappelle l'auteur, comme une conduite qui manifeste une préparation spécifique à un événement futur ou une prévision consciente (dictionnaire de psychologie, Larousse, 1993). On retrouve ces deux formes d'expression de l'anticipation dans les distinctions proposées entre une composante explicite de l'anticipation et une composante implicite, entre prévision et attente, entre mode discret et mode continu de surveillance du temps, entre un niveau de contrôle cognitif à moyen terme et un niveau de contrôle à court terme, plus automatique (Carreras, Cellier, Valax & Terrier, 2001; Deneker, 1999 ; Morineau, Hoc et Denecker 2003).

Quand les représentations des contrôleurs aériens sont étudiées avec des techniques d'expression graphique on observe une tendance à situer les appareils en avance par rapport à leur position (réelle) future si l'on considère l'évolution temporelle du processus ; un biais plus particulièrement marqué pour les avions qui interviennent dans des conflits. Si l'explication de cette "distorsion" temporelle peut être que les opérateurs doivent développer une activité d'anticipation pour éviter les collisions entre appareils, on peut aussi être sensible à l'argument selon lequel ce résultat est quelque peu contraire avec le fait que les contrôleurs en route respectent des contraintes temporelles diverses auxquelles ils sont capables de s'ajuster (Morineau, Hoc & Deneker, 2003). Carreras *et al.* (2001) notent

aussi que les performances des opérateurs dans des évaluations temporelles explicites (estimation de durées, prévision, anticipation explicites) sont peu précises et ne correspondent pas à la maîtrise de la dimension temporelle qui se manifeste dans l'activité de travail.

Pourquoi (demandent Morineau *et al.*) les opérateurs peuvent-ils respecter des contraintes temporelles diverses tout en externalisant des représentations qui présentent des distortions significatives au plan temporel et spatial ? Est-ce que l'expression graphique donne accès à un certain niveau de fonctionnement cognitif (contrôle à moyen terme) alors que le sujet est manifestement capable d'une adaptation à court terme aux événements immédiats ? Quelles techniques utiliser pour mettre en évidence ce niveau d'adaptation plus automatique, qui est assimilé à une synchronisation de l'activité de l'opérateur avec le processus technique (Carreras, Cellier, Valax & Terrier, 2001) ? Morineau *et al.* (2003) considèrent que la synchronisation avec plusieurs conditions temporelles implique un mode de contrôle à court terme, automatique, basé sur l'activation de schémas. Pour Carreras *et al.* (2001), le phénomène de l'attente serait une préparation attentionnelle traduisant "l'activation anticipée d'une représentation cognitive", d'un schéma préexistant. Cette mobilisation anticipée va permettre de faciliter les traitements ultérieurs en les préparant. Nous voici revenus à une dimension de l'anticipation qui est celle de la préparation spécifique à un événement futur. A l'évidence c'est de mémoire qu'il s'agit ici. Mais comment étudier "l'activation anticipée" ? Regardons comment quelques travaux suggèrent d'utiliser la mémoire implicite.

Pour Croft, Banburyn, Butler et Berry (2004), la définition proposée par Endsley (1995) de la SA et surtout sa "théorie" de la SA souvent citée expliqueraient que la majorité des mesures utilisées pour évaluer la SA soient conçues pour capturer les connaissances explicites, conscientes de l'opérateur. La SA est conçue comme un état de connaissance et doit être distinguée du processus utilisé pour réaliser cet état de connaissance ; le terme *situation assessment* est utilisé pour cela. Croft *et al.* (2004) ont raison de dire que les techniques existantes vont fournir une image incomplète de la SA étant donné leur incapacité à prendre en compte l'expression indirecte de la mémoire. Par exemple, la plus connue des techniques (Situation Awareness Global Assessment Technique, SAGAT) consiste à geler la simulation plusieurs fois et à poser des questions relatives à la perception courante de la situation : perception des données de l'environnement, compréhension de leur signification, projection dans le futur proche. Cette technique vise à appréhender les connaissances explicites (ou conscientes) du sujet comme la très grande majorité des techniques mises au point à ce jour (Durso & Gronlund, 1999 ; Endsley, 1995b ; Salmon, Stanton, Walker & Green, 2006). Sur les 17 mesures de SA de la revue de Salmon *et al.*, une étude entre dans la catégorie des mesures de performance, ou mesures implicites de la SA selon les auteurs, celle de Gugerty (1997).

Gugerty (1997) présente en simulation de conduite automobile, de courtes scènes animées vues du point de vue du conducteur. Pour certains essais, le participant regarde la scène et se voit ultérieurement demandé de rappeler la position de tous les véhicules de la scène sur une grille. Pour

d'autres, il peut produire une réponse à des incidents (p.ex. un conducteur se rabat trop tôt) en manœuvrant son propre véhicule (freiner, accélérer, tourner à droite et à gauche à l'aide de touches). L'hypothèse est que si la connaissance de la position des autres véhicules utilisée pendant la manœuvre est essentiellement explicite, alors les mesures de performance et de rappel seront associées. Si la connaissance utilisée dans la manœuvre est essentiellement implicite, les deux mesures ne seront pas corrélées (notons au passage que la logique d'indépendance stochastique utilisée ici n'est pas une logique assez stricte pour dissocier des processus).

Rakauskas, Gugerty et Ward (2004) ont, dans le même esprit, utilisé une mesure implicite dans laquelle la SA est inférée à partir du comportement de conduite face à des événements perturbateurs ; ceci pour étudier l'effet de la difficulté de la conversation sur la SA. En parlant de “mesures implicites de SA”, les travaux proposent des mesures de performances. Si une différence entre des items étudiés et non étudiés n'est pas objectivée dans ces mesures “implicites” (ce qui doit éviter de les confondre opérationnellement avec les mesures implicites de la mémoire) c'est pourtant bien ce que l'on cherche à mettre en évidence : un souvenir d'informations expérimentées au cours du scénario de simulation, voire un monitoring de ces informations qui évoluent, qui se traduit lors d'une tâche donnée. Montrons alors que des opérationnalisations plus claires de l'activation d'une connaissance antérieure existent (même si elles sont rares) ou peuvent être imaginées.

Strayer, Drews et Johnston (2003) comparent en effet des mesures explicites et implicites de mémoire pour étudier les modifications de l'encodage des informations de la scène de conduite. Ils comparent à une tâche de reconnaissance de panneaux (mémoire explicite), une tâche de mémoire implicite perceptive (identification perceptive) pour tester leur hypothèse de « cécité d'inattention », hypothèse selon laquelle la conversation téléphonique altère la performance de conduite en écartant l'attention de la scène visuelle : la cécité d'inattention diminuerait le traitement perceptif du conducteur créant ainsi une diminution des performances de conduite. Pour évaluer si le traitement perceptif diminue, les auteurs répondent à cela en mettant au point une tâche (implicite) perceptive de mémoire. Cette recherche correspond tout à fait à la stratégie de recherche que j'ai proposée, rappelée ici au chapitre 1 : mettre en évidence l'altération du traitement de l'information au moyen de tâches de mémoires appropriées (Terrier & Cellier, 2004 ; Terrier, 1996a ; Terrier, Neboit & Cellier, 1997).

Dans le cadre d'un stage de recherche au LTC que j'ai encadré, Christelle Derache a défini un protocole qui permettrait d'aller plus loin en comparant, au sein d'une tâche de mémoire unique, l'expression implicite et explicite de la mémoire. Ce protocole vise également à distinguer les traitements (perceptif, conceptuel) de l'expression de la mémoire (implicite, explicite) lors de l'évaluation du traitement de la scène routière, une distinction qui n'est pas faite par Gugerty (1997). Nous disposons là d'une base de travail pour développer une analyse interactive des processus en prenant comme support la conduite automobile (Derache, 2004).

N'oublions pas les tâches de jugement, dont la particularité va être de permettre de mesurer l'intervention d'un souvenir implicite en évaluant la

“conscience” des éléments de la situation. Les approches utilisant des jugements de préférence, des jugements sur les caractéristiques des stimuli sont également utilisables comme nous l’avons vu (p.ex., Terrier et Cellier, 1997).

Mais nous discutons ici encore du niveau 1 de la SA. Alors comment mettre en évidence le niveau de l'anticipation ? Un exemple emprunté à Croft *et al.* (2004) suggère une solution praticable. Imaginons un pilote auquel on expose pendant le *debriefing*, la position et les caractéristiques importantes d'un hypothétique avion ennemi (type d'appareil, cap, altitude) en lui demandant de prédire la stratégie d'attaque. Ce que le pilote ne sait pas, c'est qu'un avion ennemi présent dans le scénario de simulation présentait des caractéristiques identiques. Le pilote a-t-il fait des projections sur le comportement de l'appareil pendant la simulation ? L'anticipation ou projection (niveau 3 de la SA) sera révélée par la capacité du pilote à prévoir correctement le mode d'attaque de l'appareil sur la base de l'expérience sur simulateur. Au-delà de la comparaison avec une interrogation explicite faisant référence à l'appareil de la simulation, comment déterminer si la prédiction repose bien sur cette base (SA implicite) et non sur les connaissances générales des comportements des avions ? On demandera au participant de prédire le comportement de différentes catégories d'appareils : (1) présents dans le scénario où ils se sont comportés de façon typique ; (2) présents dans le scénario récent où ils se sont comportés de façon atypique ; (3) présents dans le scénario récent mais apparus brièvement de sorte que le participant a pu les voir mais n'a pas eu le loisir d'observer le comportement des appareils. De meilleures réponses en (1) qu'en (3) montreront que le sujet utilise une connaissance additionnelle implicite liée au comportement de l'avion dans le scénario. De la même façon, pour des sujets exposés à la situation (2), une description du comportement de l'avion qui correspond au comportement atypique perçu dans la simulation dénotera une utilisation indirecte des connaissances acquises. Cet exemple, bien que théorique, suggère une réponse de principe à la délicate question que posent les travaux sur l'anticipation dans les environnements dynamiques (comment étudier l'activation anticipée d'une représentation ?).

Dans le cadre de sa thèse, dont j’assure la co-direction avec Jean-Marie Cellier, Christophe Giocanti-Belmonte conduit actuellement une analyse de la capacité de pilotes privés à se projeter dans le futur en s'intéressant essentiellement à dégager des mesures de performance pour évaluer la conscience de la situation. La tâche concerne l'étape sensible qui va de la mise en descente de l'avion à partir d'une altitude de croisière jusqu'à l'atterrissage. Un taux de descente constant doit être maintenu par le pilote. L'écart enregistré à chacun des neuf points d'intersection entre l'altitude attendue à la verticale du point et l'altitude effective de l'appareil permet d'évaluer dans quelle mesure le pilote a correctement anticipé sa descente. Les écarts moyens et surtout les écart types observés aux différents points d'intersection renseignent sur l'anticipation : un écart type important témoigne d'une activité sur un mode réactif ; un écart type faible montre une meilleure planification de la descente (ou une persévérance dans l'erreur). Ces mesures de performance sont considérées comme des mesures explicites de la projection. Une autre épreuve est proposée pour tester

implicitement la mémorisation : un test de complèvement de fragments correspondant aux noms des points d'intersection impliqués dans la simulation mélangés à d'autres points d'intersection. Cette tâche de complétion est administrée en condition implicite (sans faire référence à la phase d'étude) en prétextant un test de connaissance sur les points d'intersection. Dans son étude, Giocanti-Belmonte évalue si l'anxiété du pilote (anxiété trait : faible, modérée, forte) impacte différemment ses mesures de performance (considérées comme explicites) et une mesure implicite.

4. Des représentations plus simples et plus pertinentes avec l'expertise ?

Cette question me paraît importante dès lors que l'on s'intéresse aux situations naturelles, complexes. Particulièrement pertinente pour le raisonnement sur le risque et donc pour les travaux où les questions de jugement et de décision sont importants (p.ex. le champ de la prise de décision naturelle), cette question aurait pu être évoquée dans le chapitre consacré aux interfaces écologiques. Je l'évoque ici car les environnements dynamiques sont un secteur où nous pouvons observer, si nous analysons les études antérieures, que l'expertise ne se caractérise pas par des représentations plus complexes ni par une augmentation de la précision des estimations. Je ne préjuge pas pour l'instant du contexte (en termes de situation empirique) qui pourrait être utilisé pour avancer sur cette question, même si le contrôle aérien ou le diagnostic médical constituent typiquement des situations où la question du niveau de généralité de la représentation utilisée par l'expert est intéressante à examiner en l'état actuel.

Il est d'usage, on l'a vu, de demander des estimations précises à l'opérateur : étudier la précision des estimations dans le contrôle aérien, demander un rappel précis dans l'évaluation de la conscience de la situation, ou encore s'intéresser au rappel précis de variables de conduite suite à une tâche de diagnostic (*cf.* chapitre 2). Mais nous devrions considérer une possibilité :

l'expert n'utilise pas une représentation plus complexe et plus précise. Il utilise au contraire une représentation plus simple et plus pertinente. Sa représentation est qualitative et supprime les détails non pertinents.

Le fait que l'expertise ne se traduise pas par un accroissement de la précision du raisonnement (la rationalité étant associée à l'invariance et donc à une représentation plus générale) et la préférence pour une représentation floue (plus simple à manipuler et plus résistante face à l'ambiguïté) sont deux des principes issus d'un modèle duel de la mémoire, celui développé par la théorie des traces floues (Reyna, 2004). Ces principes sont utilisés pour expliquer notamment les biais de cadrage et d'autres biais de raisonnement sur le risque, par la représentation

qualitative de l'information sur le risque. Ces principes trouvent écho dans différents résultats connus de la littérature de psychologie ergonomique, littérature qui devrait pouvoir en retour s'emparer des principes proposés par la théorie pour les éprouver. Dans les lignes qui suivent, je me concentre exclusivement sur ces deux principes. Il y a naturellement d'autres principes dans la théorie.

Cellier, Eyrolle et Mariné (1997) ont montré qu'il y a généralement accord sur des caractéristiques de l'expertise comme la capacité à inférer, à anticiper, à avoir une vision fonctionnelle du système, mais des résultats qui divergent quant à la question de la complexité de la connaissance utilisée. Reformulons leur constat : l'hypothèse selon laquelle la représentation devient plus complexe et plus précise peut être falsifiée.

Commençons par trois résultats classiques sur l'effet de l'expertise dans les environnements dynamiques. Premièrement, dans le diagnostic médical, les représentations les moins justes anatomiquement sont mises en évidence chez les experts qui ont développé une image opérative ou représentation fonctionnelle (Ochanine, 1978). Deuxièmement, dans les estimations de séparations entre avions chez le contrôleur aérien (Lafon-Milon, 1981a et b), le débutant est plus précis que l'expert lorsqu'il s'agit d'estimer la séparation entre deux avions dans la mesure où il calcule la séparation. L'expert utilise des processus perceptifs, d'où une estimation moins précise. Troisièmement, chez les pilotes de combat experts, qui exercent en outre des fonctions d'instructeur, on observe une représentation interne plus simple que pour des pilotes débutants (Schvaneveldt *et al.*, 1985). Ce dernier résultat est remarquable. Quelle est la différence la plus marquée entre les réseaux de concepts des pilotes experts et des étudiants ? Le réseau de concepts dérivé des étudiants est plus complexe (51 liens) que celui des experts (40 liens). Apparemment, une caractéristique de l'expertise n'est pas une structure plus complexe. Les experts tendent à identifier les informations importantes et critiques et produisent un réseau plus épuré.

Une conception de l'expertise ne me semble pas supportée par ces différents résultats : celle d'une expertise qui implique l'acquisition d'une représentation interne du problème qui augmente en précision et en complexité. Cette conception associe rationalité des conduites et capacité computationnelle mais la rationalité est plutôt liée à l'invariance, ce qui suppose une représentation plus générale pour faire face aux ambiguïtés et aux variations de l'environnement. A ma connaissance, une seule théorie propose que la représentation devient plus simple et plus pertinente avec l'expertise : la théorie des traces floues (*Fuzzy Trace Theory*, FTT). Dans ce cadre, des travaux sur l'acquisition d'expertise chez l'adulte (et sur le développement chez l'enfant) montrent une progression allant de processus orientés sur le détail, computationnels, à un traitement intuitif, flou : les gens traitent moins d'information, de façon plus qualitative à mesure du développement (Reyna, 2004 ; Reyna, Lloyd et Brainerd, 2003). Ainsi, des cardiologues experts vont traiter moins de dimensions que des médecins moins experts et ils vont surtout traiter ces dimensions de façon catégorielle, en tout ou rien : le patient présente un risque imminent d'attaque cardiaque versus le patient ne présente pas de risque imminent d'attaque. Le résultat selon lequel les experts en cardiologie traitent le

risque de façon plus grossière, en tout ou rien, comparativement à des médecins moins expérimentés qui réalisent un traitement plus fin, est présenté par Reyna et ses collaborateurs comme un résultat nouveau. Mais il ressemble fort, je pense, à des résultats souvent rapportés sur l'effet de l'expertise ; notamment ceux du contrôle aérien. Ce résultat nouveau est peut-être largement connu en psychologie ergonomique. Et il n'y est peut-être pas suffisamment exploité à défaut d'une théorie testable sur les propriétés des représentations ; une chose que la FTT peut fournir.

En substance, la FTT considère que le raisonneur extrait à l'encodage de la situation deux types de représentation, une représentation qui est relative aux détails (*verbatim*) et une représentation correspondant au sens, au thème (*gist*) et qu'il s'appuie préférentiellement sur le second type de représentation lors du jugement ultérieur et sa prise de décision. Les deux types de représentations sont produites en parallèle à l'encodage et forment une hiérarchie de représentations indépendantes. Lors de la récupération, le sujet tend à choisir le niveau de représentation le plus élevé (c.-à-d. le plus flou) qui suffit à répondre aux exigences de la tâche proposée—c'est le principe de la préférence pour le traitement flou (*fuzzy processing preference*). Ce principe s'explique en partie parce que les représentations *gist* sont plus stables et plus faciles à manipuler que les représentations *verbatim*. Le jugement et la décision vont au final être déterminés par la représentation la moins précise possible que le sujet peut utiliser pour résoudre la tâche. La préférence pour le niveau le plus élevé et donc le moins précis possible permet d'atteindre ce que l'on peut considérer comme le critère le plus fondamental de rationalité, à savoir l'invariance : être en mesure de répondre de la même façon à des situations superficiellement différentes.

Ici, il est essentiel de bien comprendre que la préférence pour le traitement flou n'est pas le fait d'un système de traitement de l'information limité ou de la nécessité de conserver des ressources mentales, comme le suggère l'indépendance généralement observée entre performance à des tâches de raisonnement et capacité à garder en mémoire les faits pertinents le temps de les traiter. Une indépendance s'observe chez l'enfant et continue chez l'adulte entre qualité du raisonnement et mémorisation (pour une revue, Brainerd et Reyna, 2001). Comme la mémorisation s'avère indépendante du raisonnement, il n'est pas possible d'expliquer les biais de raisonnement et heuristiques observées chez l'humain par l'appel à la notion de capacité limitée. Si nous utilisons cette théorie en psychologie ergonomique, nous serons très certainement conduits à nous interroger sur l'"explication" que nous donnons, bien souvent, des heuristiques, biais et court-circuits observés chez l'opérateur—la capacité de traitement limitée de la mémoire de travail. Cette explication, encore centrale aujourd'hui dans les approches du jugement et de la décision, est tout simplement insuffisante pour la FTT. Nous serons également conduits à réfléchir sur ce que nous manipulons fondamentalement lorsque nous exigeons une réponse précise d'un expert (qui tendrait plus à traiter de façon générale, catégorielle) et d'un débutant (qui tendrait plus à traiter de façon précise).

Mettons rapidement en relation, à titre heuristique, les idées de la FTT et ce que nous savons des travaux sur l'image mentale du contrôleur aérien (ou "*picture*") grâce aux travaux de psychologie ergonomique conduits

depuis les années 1960 à l'I.N.R.I.A. La correspondance me paraît claire si l'on repart de la synthèse de Bisseret (1995) au moins pour certains points : le codage relationnel de l'information et la préférence pour le flou.

Les contrôleurs ne considèrent pas les avions isolément mais par paires. Les éléments qui composent la représentation (éléments de la SA) sont des informations relationnelles (TAP 267 est plus haut que IBE 455) non pas les niveaux individuels de vol (IBE 455 au niveau 230 ; TAP 267 au niveau 280). Gronlund *et al.* (1998) ont réitéré ce point qui illustre le codage relationnel (*gist*) de l'information.

Illustrons maintenant l'idée de l'utilisation du niveau de représentation le moins précis qui suffit à réaliser la tâche. La position et l'altitude sont deux données clés. C'est seulement lorsque l'information sur la position et l'altitude sont insuffisantes pour décider qu'il n'y a pas conflit que le contrôleur recherche d'autres sources d'information. Est-ce que les avions évoluent au même niveau dans la même zone de l'espace ? Si la réponse à cette question est négative il n'est pas utile de poursuivre l'analyse en élaborant une représentation plus précise. Rantanen et Nunes (2005) ont récemment testé un modèle hiérarchique de recherche des conflits : les contrôleurs experts évaluent les conflits potentiels en comparant d'abord les altitudes, puis en extrapolant les trajectoires des avions pour la séparation latérale et enfin en réalisant des calculs temps-distance pour la séparation longitudinale. Les stratégies de recherche de conflits validées par ce modèle sont en réalité celles proposées par Leplat et Bisseret (1966, in Rantanen et Nunes, 2005).

Enfin, peut-on identifier des éléments pouvant suggérer des représentations plus simples et plus pertinentes avec l'expertise ? Si la tendance à utiliser le niveau de représentation le plus général qui suffit à résoudre la tâche n'est pas quelque chose qui est spécifique de l'expert selon la FTT, le phénomène devrait s'observer plus particulièrement chez l'expert selon cette théorie. En effet, l'idée défendue est celle d'une progression qui se fait depuis le détail vers le flou. La FTT est la seule théorie développementale qui propose que l'intuition constitue un mode avancé de raisonnement (tout en montrant qu'intuition ne signifie pas fiabilité). L'étude de Niessen, Eyferth et Bierwagen (1999) suggère cela : chez le contrôleur novice comme chez l'expérimenté, l'"image mentale" est basée sur une réduction importante de l'information considérée. En outre, l'image mentale des experts est basée sur moins d'information et sur une information plus pertinente.

Mogford (1997) a raison de souligner que les méthodes comme SAGAT ignorent la question du degré d'importance des informations. Certains éléments (p.ex. altitude de l'avion et cap) peuvent jouer un rôle clé alors que d'autres (p.ex. vitesse, position et identifiant) peuvent ne pas être aussi critiques qu'on peut le penser. Il y a l'information que le contrôleur doit mémoriser et mettre à jour, l'information qu'il faut chercher lorsque c'est nécessaire puis oublier et l'information qui peut être ignorée. Seul le premier type d'information est important pour la SA. Ceci place des contraintes fortes sur les méthodes que nous pouvons utiliser de façon pertinente pour mettre en évidence les représentations utilisées, qu'il s'agisse d'étudier la perception des éléments de la situation ou la projection. Au lieu de considérer que la mémoire n'est pas importante parce que le

sujet n'a pas besoin de mémoriser les détails pour résoudre la tâche (représentations verbatim) nous devrions nous intéresser également aux représentations thématiques et mettre à l'épreuve les principes de fonctionnement qui ont été établis depuis 15 ans sur les deux types de représentations.

Chapitre VI¹¹

Perspectives de recherche

Lorsque j'ai rapporté les travaux faits sur différents thèmes suite au premier chapitre, j'ai indiqué les perspectives qui me semblaient utiles à développer dans le cadre spécifique des problèmes « pratiques » discutés chaque fois par le chapitre. Je ne vais pas ici y revenir et je vais remonter d'un niveau dans la hiérarchie, pour me placer au niveau du premier chapitre.

1. Étendre la stratégie proposée pour diagnostiquer une altération du traitement à partir des mesures de mémoire

Je souhaite étendre la stratégie initialement proposée pour diagnostiquer une altération du traitement à partir de mesures de mémoire, *en estimant les processus au sein d'une tâche de mémoire unique* plutôt qu'en comparant différentes tâches. Au premier chapitre, nous avons vu qu'utiliser la sensibilité des mesures de mémoire à la prépondérance de différents modes de traitement lors d'un épisode antérieur permettait de mettre en évidence les altérations du traitement de l'information. Nous avons proposé cela pour diagnostiquer des variations du traitement sous l'angle perceptif-conceptuel, sous l'angle du traitement de l'information spécifique à l'item versus information relationnelle, dans le contexte de l'évaluation d'interfaces (p.ex. Terrier & Cellier, 2004). Mais nous comparions alors différentes tâches de mémoire. Or, le même objectif devrait être poursuivi en comparant également différentes réponses au sein d'une tâche de mémoire unique.

En outre, si l'altération du traitement de l'information peut résulter d'une modification de la situation (l'interface, la tâche à réaliser avec ses exigences variables) elle peut aussi provenir de modifications liées aux différences individuelles (l'âge, l'expertise, la vigilance). Il s'agira aussi d'étendre la stratégie *en articulant dans l'analyse déterminants externes et internes* de la conduite. Dans ce qui suit j'expose comment quelques travaux récents ou en cours vont permettre d'aider à étendre la stratégie proposée. Puis, je présente un projet typique.

¹¹ Daurat, A., Terrier, P., Foret, J., Tiberge, M. (sous presse). Slow wave sleep and recollection in recognition memory. *Consciousness and Cognition*.
Lemercier, C., Quaireau, C., Terrier, P. (2003). Effet de la couleur sur la récupération d'information dans un menu hiérarchique complexe. *Psychologie Française*, 48(2), 43-56.

1.1. Le paradigme Souvenir/Connaissance (*Remember/Know*)

Ainsi, depuis quelques temps, je cherche à adapter le paradigme Souvenir/Connaissance (*Remember/Know*) utilisé en reconnaissance (Tulving, 1985 ; Gardiner, 1988) au contexte de la recherche d'information dans un document électronique : sélection dans les menus hiérarchiques ; navigation sur le Web. Lorsque le sujet déclare reconnaître un item, on lui demande de classer sa réponse comme reposant soit sur un souvenir lié au contexte de la présentation (réponse "Remember") soit sur un sentiment de familiarité (réponse "Know"). Parmi les propriétés intéressantes de ce paradigme, signalons simplement que des manipulations de la profondeur du traitement à l'encodage entraînent classiquement une augmentation des réponses basées sur le souvenir (Remember). L'analyse de la synthèse de Yonelinas (2002) donnera une idée précise des différentes variables qui dissocient les deux types de réponses et plus généralement les estimations de la remémoration consciente de la familiarité.

Dans le cadre de la direction d'un mémoire de maîtrise (Lloveria, 2001) une première adaptation de ce paradigme à la sélection dans un menu hiérarchique a pu être réalisée. D'autres applications du paradigme ont pu ré-utiliser le matériel et/ou les consignes élaborées à cette occasion (Lemerrier, Quaireau, Terrier, 2003 ; Daurat, Terrier, Foret, Tiberge, *sous presse*).

Lemerrier, Quaireau et Terrier (2003) ont rapporté une application à la recherche d'information dans un menu hiérarchique. L'étude explorait la possibilité de distinguer deux types de réponse au sein d'une tâche de reconnaissance, en utilisant le paradigme Souvenir/Connaissance. Les participants, recrutés dans le cadre de travaux dirigés à l'université de Rennes II, devaient chercher des cibles désignées préalablement dans un menu hiérarchique profond (6 niveaux de profondeur et 2 alternatives par niveau de choix) que Lloveria avait précédemment adapté des travaux sur le compromis entre largeur et profondeur des systèmes à menu (p.ex. Miller, 1981). La recherche des cibles s'effectuait sous différentes conditions de codage du menu. Le caractère distinctif des items du menu était manipulé, le menu bénéficiant ou non d'un codage couleur des items (neutre, couleur en largeur, couleur en profondeur, couleur en largeur et en profondeur). Suite à la navigation dans le menu, une tâche de reconnaissance utilisant le paradigme Souvenir/Connaissance intervenait : lorsque le sujet déclarait reconnaître un item, il devait classer sa réponse comme reposant soit sur un souvenir lié au contexte de la présentation (réponse *Remember*), soit sur un sentiment de familiarité (réponse *Know*). L'influence sélective que j'ai pu constater sur la familiarité lorsque le menu bénéficiait d'un codage coloré en profondeur ne constitue pas selon moi le point d'intérêt des résultats, même si cette influence sélective reflète une différence entre les menus comparés qui s'observait à la phase d'encodage (ici, la navigation initiale). Le point d'intérêt des résultats réside plutôt dans ce qu'a révélé une analyse des processus de décision en reconnaissance.

Les données de la tâche de reconnaissance ont été analysées en termes de détection du signal (Donaldson, 1996). L'analyse visait à déterminer si la force de la trace mnésique augmentait lorsque l'indice de sensibilité était calculé sur les réponses "*Know*" et les réponses "*Remember*" par rapport

au cas où ce même indice était calculé seulement sur les réponses “Remember”. Si tel est le cas, on peut considérer que les réponses “Know” reflètent bien une source additionnelle de mémorisation par rapport aux réponses “Remember” et ne correspondent pas simplement à l’utilisation d’un critère de décision moins strict. Cette question étant débattue (cf. Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 2002 ; Donaldson, 1996), il importait de déterminer si les deux types de réponses correspondaient bien à des traces mnésiques différentes (systèmes ou processus différents).

L’indice de sensibilité augmentait lorsque les réponses “Know” étaient ajoutées aux réponses “Remember”. Suivant la logique de la méta-analyse de Gardiner *et al.* (2002), ce résultat signifie qu’il n’y a pas simplement une différence dans le critère de décision utilisé par le sujet lorsqu’il utilise l’une ou l’autre des réponses proposées par le paradigme. Il y aurait donc plus d’une trace mnésique suite à la recherche d’informations dans un menu hiérarchique (Terrier, Lemercier, Quaireau, 2005).

Daurat, Terrier, Foret et Tiberge (*sous presse*) ont évalué l’effet du sommeil lent et du sommeil paradoxal sur la remémoration consciente et la familiarité. Ceci en relation avec les hypothèses sur le rôle du sommeil dans la “consolidation” du souvenir épisodique. Les 32 participants étudiaient trois blocs de 12 mots avant un intervalle de rétention de 3 heures dominé par du sommeil lent, du sommeil paradoxal, ou qui était un intervalle de veille. Puis la remémoration consciente et la familiarité ont été estimées avec une tâche de reconnaissance. Les estimations ont été réalisées en utilisant une méthode cohérente avec l’hypothèse d’exclusivité des processus (utiliser les proportions de réponses « Remember » et « Know » comme index) comme en utilisant une méthode cohérente avec l’hypothèse d’indépendance des processus (méthode d’indépendance *Remember/Know*, Yonelinas & Jacoby, 1995) et les résultats sont concordants.

Type de réponse	R	K	G	Reconnaissance Globale
Intervalle de rétention				
Sommeil lent	.47	.11	.03	.61
Veille/Veille	.34*	.13	.08	.55
Sommeil paradoxal	.26**	.14	.05	.45
Sommeil/Veille	.33*	.13	.05	.51

Tableau 2. Proportions moyennes de réponses « Remember », « Know », « Guess » (R, K, G), reconnaissance globale, en fonction du type d’intervalle de rétention (sommeil lent, sommeil paradoxal, veille) ; *p<.05, **p<.01 : différences significatives avec la condition sommeil lent (Daurat, Terrier, Foret et Tiberge, *sous presse*).

Le tableau 2 présente une partie des résultats sur les proportions de réponses. La remémoration consciente était plus importante après un intervalle de rétention riche en sommeil lent qu’après un intervalle riche en sommeil paradoxal. La familiarité n’était pas affectée par le type

d'intervalle de rétention. Les résultats suggèrent que le sommeil lent facilite le processus de remémoration consciente en reconnaissance. Drosopoulos, Wagner et Born (2005) sont arrivés à la même conclusion en utilisant un échantillon plus important et un autre paradigme de dissociation des processus de remémoration consciente et familiarité (Jacoby, 1991).

Au-delà de la vigilance, j'ai récemment participé à d'autres travaux qui entrent dans l'étude de l'altération du traitement sous l'effet de différences individuelles. Ces travaux concernent le vieillissement et la mémoire.

1.2. Différences individuelles et souvenir

Marquié et Terrier (en préparation) ont réalisé deux analyses sur les données de l'étude longitudinale VISAT (1996-2006) pour étudier l'effet de l'âge sur le rappel de mots concrets (à forte valeur d'imagerie) et abstraits (faible valeur d'imagerie). L'effet de concrétude désigne l'avantage observé au rappel des mots concrets par rapport aux mots abstraits. Ce phénomène épisodique n'est pas indépendant de notions déjà discutées par ailleurs (profondeur de traitement, information spécifique à l'item) même si l'explication classique proposée est celle du double codage dont bénéficieraient les mots concrets (lexical, visuo-spatial) contrairement aux mots abstraits (codage lexical seulement). En lien avec la baisse des performances épisodiques observée avec l'âge, les études manipulant les caractéristiques visuospatiales du matériel comme la valeur d'imagerie des mots ont testé l'hypothèse suivante : l'effet de concrétude devrait être plus faible chez les âgés. Censés présenter une difficulté dans la construction de représentations visuospatiales, les âgés ne devraient pas bénéficier autant de la valeur d'imagerie des mots que les jeunes. Certaines études montraient un effet moins important chez les âgés, d'autres montraient un effet similaire entre jeunes et âgés.

L'effet de concrétude est-il moins important avec l'âge en raison de difficultés dans le traitement de représentations visuo-spatiales ? Les analyses de Marquié et Terrier montrent que l'âge a un effet plus fort sur la performance globale de rappel que sur la contribution des mots concrets à cette performance. Le point d'intérêt des analyses est de montrer que si la performance de rappel diminue bien avec l'âge, la contribution des mots concrets à la performance mnésique ne diminue pas et tend même à augmenter. Les données de rappel sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3. Nombre de mots correctement rappelés et proportion de mots à forte valeur d'imagerie sur le total de mots rappelés en fonction de l'âge (Marquié et Terrier, en préparation).

Expérience 1 (N = 3195)		
	M	SD
Nombre de mots correctement rappelés		
32 ans	8.79	2.05
42 ans	8.24	1.94
52 ans	7.52	1.93
62 ans	6.96	1.83
Total	8.00	2.06
Contribution des mots concrets		
32 ans	.603	.086
42 ans	.617	.092
52 ans	.641	.101
62 ans	.659	.113
Total	.624	.098
Expérience 2 (N = 2287)		
	M	SD
Nombre de mots correctement rappelés		
37 ans	9.30	2.01
47 ans	8.67	1.94
57 ans	7.97	1.95
67 ans	7.26	1.83
Total	8.48	2.06
Contribution des mots concrets		
37 ans	.598	.090
47 ans	.612	.094
57 ans	.632	.100
67 ans	.662	.113
Total	.620	.100

Les effets de l'âge sur la contribution des mots concrets et abstraits au rappel ont été examinés à deux occasions avec un intervalle de cinq ans pour quatre groupes d'âge (expérience 1 : 32, 42, 52 et 62 ans, N=3195 ; expérience 2 : 37, 47, 57 et 67 ans, N=2287 participants). Pour l'expérience 1, les analyses montrent une augmentation, avec l'âge, de la contribution des mots à forte imagerie à la performance de rappel. Après contrôle statistique de facteurs de confusion possibles comme le niveau d'éducation, le sexe, et la vitesse de traitement, l'effet reste significatif même s'il est fortement réduit. L'expérience 2 réalisée cinq ans plus tard en 2001 réplique

ces résultats. Les analyses longitudinales montrent une stabilité de la contribution des mots concrets et la performance globale de rappel augmente entre la première et la seconde mesure, possiblement en raison d'une familiarité avec la tâche.

Globalement, ces résultats ne supportent pas l'hypothèse d'un effet de concrétude moins important avec l'âge qui découlerait de difficultés dans le traitement visuospatial. Ils interrogent l'origine du phénomène de concrétude, origine toujours mal connue à ce jour. Le pattern observé semble cohérent avec l'idée que l'effet de concrétude reflète l'élicitation de processus visuels automatique ou un accès direct à certaines caractéristiques des mots en mémoire sémantique. Cette interprétation impliquerait, pour le futur, d'arriver à estimer la contribution de l'accès direct dans une tâche de rappel. Pour de récentes conceptions duelles du rappel, un item peut être rappelé en accédant directement à sa trace *verbatim* ou bien en le reconstruisant à partir de l'information sémantique ou d'une autre information relationnelle. Un paradigme destiné à distinguer l'accès direct de la reconstruction a été proposé pour le rappel et le rappel indicé (Brainerd, Wright, Reyna, & Payne, 2002). La mise en œuvre de ce paradigme pourrait permettre de poursuivre l'analyse du phénomène de concrétude en fonction de l'âge en examinant si l'accès direct est plus aisé pour les mots concrets que pour les mots abstraits, ces derniers étant plus aisés à reconstruire que les mots concrets.

1.3. Recherche d'informations et sélection dans les menus : distinguer remémoration consciente et familiarité

Un premier projet dans le contexte de la navigation et sélection dans les systèmes à menus, aura deux objectifs. Il s'agira de déterminer (a) si les deux types de réponses demandés en reconnaissance présentent des propriétés qui suggèrent une différence au niveau de la trace mnésique ou s'ils reflètent seulement des différences dans les critères de décision (Donaldson, 1996), et (b) si les deux types de réponses diffèrent dans leur sensibilité à une modification de la profondeur de traitement lors de l'encodage. Ici, les données sont recueillies ou en cours de recueil.

La première étude empirique consiste simplement à répliquer, avec un codage sonore du menu hiérarchique, l'expérience que nous avons réalisée avec un codage couleur du menu. Précédemment, nous avons observé que l'indice de sensibilité augmentait lorsque les réponses "*Know*" étaient ajoutées aux réponses "*Remember*", ce qui indique autre chose qu'une simple différence dans le critère de décision utilisé par le sujet lorsqu'il utilise l'une ou l'autre des réponses proposées (Terrier *et al.*, 2005).

Dans le cadre de la thèse de Sandrine Fischer (co-encadrée avec Jean-Marie Cellier) sur le diagnostic de l'intuitivité des systèmes multifonctions embarqués sur les véhicules, une autre étude empirique est en cours en collaboration avec PSA Peugeot Citroën. L'expérience devrait nous aider à déterminer si le degré d'élaboration du traitement des objets du système multifonctions influence plus particulièrement les réponses « Remember ». Partant d'un système multifonctions (navigation, téléphone, services) existant et installé sur un véhicule, il s'agit d'évaluer le degré d'élaboration

des étapes de traitement de l'information nécessaires à la formulation d'une action sur le système et d'analyser les erreurs relatives à ces mêmes étapes de traitement. L'expérience applique le principe des tâches d'orientation (p.ex. Craik & Tulving, 1975) à des éléments de l'interface que le sujet devra ensuite employer pour réaliser une tâche avec le système multifonction : en familiarisant des sujets novices à la structure ou aux fonctions d'une même série d'objets de l'interface, on espère faciliter des étapes de traitement distinguées dans la théorie de l'activation de schémas (Norman, 1981) (respectivement, la perception et l'interprétation) et diminuer ainsi les erreurs lors de l'utilisation ultérieure du système multifonctions. Le degré d'élaboration du traitement sera analysé en utilisant ici encore le paradigme de mémoire Souvenir/Connaissance.

1.4. Exigences des tâches de recherche d'information sur internet, mémorisation du contenu et vieillissement

Un second projet visera à déterminer si les deux types de réponse diffèrent quant à leur sensibilité à la profondeur de traitement, dans le contexte d'une évaluation des exigences des tâches de navigation sur le Web cette fois. En même temps, nous testerons l'extension de la démarche proposée aux cas où la récupération de l'information en mémoire épisodique semble être affectée en nous intéressant au vieillissement.

Ce projet illustre bien la perspective générale qui est d'étendre la stratégie de diagnostic proposée : distinguer les processus au sein d'une tâche unique de mémoire et non plus comparer deux tâches de mémoire ; articuler dans l'analyse déterminants externes (p.ex. interface, tâche) et internes (p.ex. âge, expertise, vigilance).

Le projet est soutenu financièrement par la Région Midi-Pyrénées (décision 07/2006). Le travail sera réalisé et exploité en collaboration avec des collègues de Toulouse (J.-C. Marquié, LTC ; N. Vigouroux et M. Mojahid, IRIT) de Poitiers (L. Le Bigot, Univ. Poitiers), une mutuelle et une PME toulousaine. L'encadrement d'un doctorant est associé à ce projet.

L'étude empirique s'appuiera sur une collaboration avec une PME toulousaine spécialisée dans l'architecture Web et une mutuelle. Nous voulons étudier les exigences de traitement de l'information dans le contexte de l'utilisation d'un portail Web, au moyen de paradigmes de mémoire, et examiner si les traitements sont modifiés par le vieillissement. Partant de deux types de tâches de navigation possibles sur internet, il s'agit de déterminer comment ces tâches de navigation, selon les exigences de traitement qu'elles présentent, influencent la mémorisation du contenu présenté.

La distinction retenue pour caractériser la recherche d'information correspond à celle discutée lors du chapitre sur le document. Dans le domaine du document, Guthrie et Mosenthal (1987) distinguaient l'activité de compréhension de l'activité de localisation d'information dans les textes. La localisation d'informations était définie comme l'ensemble des opérations cognitives nécessaires à une personne pour identifier une information spécifique : formation d'un but, inspection des catégories

d'information, sélection puis intégration des informations. Byrne, John, Wehrle et Crow (1999, in Oulasvirta, 2004) ont pu montrer, sur la base de protocoles verbaux recueillis durant la navigation, la prépondérance des activités de navigation (trouver une page et localiser l'information sur la page) et d'exploitation des informations (lecture, relectures,...) que l'on peut rapprocher de la compréhension. Fort de ces constats, Oulasvirta (2004) a comparé les deux composantes principales de l'activité de navigation que constituent la localisation (navigation) et la compréhension (contenu) en créant deux types de cibles à chercher qui implémentent en réalité deux tâches d'orientation (Craik & Tulving, 1975) : les questions posées pour la recherche permettent d'orienter le sujet plutôt vers un traitement du contenu du texte présenté sur la page Web ou plutôt sur la navigation (trouver la cible implique la recherche de liens). Les exigences des tâches de recherche d'information sont alors comparées en utilisant une épreuve de reconnaissance. Cette recherche, déjà fort intéressante dans le cadre de notre problématique, doit pouvoir être étendue. Voici comment.

Si l'analyse des exigences des tâches de recherche d'information peut être conduite en termes de profondeur de traitement (Oulasvirta, 2004), la mise en œuvre du paradigme Souvenir/Connaissance pour distinguer remémoration conscience et familiarité (Gardiner, 1988) – ou d'autres procédures liées aux modèles duels de la mémoire (Jacoby, 1991 ; Brainerd, Holiday & Reyna, 2004) – constituera un moyen supplémentaire d'analyser ce qu'impliquent ces tâches. En effet, pour les jugements métacognitifs que constituent les réponses *Remember* et *Know*, les expériences montrent que la profondeur de traitement entraîne une augmentation plus importante des réponses *Remember* que des réponses *Know* (pour une revue, Yonelinas, 2002). Ainsi, la modification des exigences des tâches de navigation devrait avoir un effet plus important sur la remémoration consciente que sur la performance globale de reconnaissance. Dans la mesure où le portail Web développé par les partenaires de l'étude est destiné à un public de seniors, nous examinerons si cette influence est la même ou non en fonction de l'âge. Ceci semble pertinent en regard des résultats montrant que la remémoration consciente est plus affectée avec l'âge que la familiarité (p.ex. Hay & Jacoby, 1999).

Dans un premier temps, nous allons articuler une analyse de l'effet des tâches de navigation et de l'effet de l'âge. Trois questions principales sont à examiner : (1) les tâches de navigation distinguées différent-elles en termes de profondeur du traitement ? (2) Si oui, le paramètre de remémoration consciente est-il un moyen plus sensible d'évaluer l'effet des tâches de navigation que l'analyse de la performance mnésique globale ? (3) Si oui, est-ce que cette stratégie sera autant valable pour des adultes jeunes que pour des sujets âgés sachant que ces derniers ont des difficultés de récupération épisodique ?

Dans un second temps, nous pensons introduire une analyse de l'effet de la structure du document. Ici, l'analyse de l'interaction entre structure du document et objectif de traitement rapportée plus haut oriente vers des travaux qui ont, pour l'internet, montré une interaction matériel-traitement similaire à celles discutées. Ladislao Salmeron et José Canas ont développé, au sein du groupe d'ergonomie cognitive de l'université de Grenade, des travaux qui devraient nous aider à considérer l'interaction

matériel-traitement dans ce nouveau contexte (Salmeron, 2006). Une de leurs expériences montre l'importance d'une analyse minimale de la tâche (Salmeron, Canas, Kintsch & Fajardo, 2005, exp. 2). Elle suggère qu'il est illusoire de penser promouvoir la cohérence de l'hypertexte en manipulant la carte des contenus proposée au participant (overview). La raison est que l'ordre de lecture suivi par le sujet sur l'hypertexte affecte la compréhension de façon indépendante de l'overview (overview de faible cohérence vs. forte cohérence). La conséquence est que l'on ne pourra reproduire l'interaction entre cohérence du texte et connaissances dans le domaine (McNamara *et al.*, 1996) avec un hypertexte que si les lecteurs suivent effectivement un ordre de lecture où la cohérence est faible ou forte. Considérons le matériel seul et il n'y aura pas d'effet. Ces travaux sont importants à considérer dans la perspective qui a été définie plus haut, celle des interactions matériel-traitement.

2. Faire (bon) usage des effets de la mémoire sur l'expérience subjective

Au lieu de traiter la mémoire comme un objet qui est inspecté, la mémoire peut être traitée comme un outil. J'ai déjà insisté sur cette idée à plusieurs endroits, souvent dans une optique méthodologique, mais sans être vraiment clair je crois sur l'intérêt qu'il peut y avoir à faire usage des effets de la mémoire sur l'expérience subjective du présent. Cette dimension n'a pas été explorée jusqu'à présent dans le travail empirique. Regardons comme nous pourrions faire un (bon) usage des effets de la mémoire sur l'expérience subjective.

Jacoby, Allan, Collins et Larwill (1988) ont montré que les sujets sont incapables de faire abstraction de leur expérience antérieure lorsqu'ils jugent le niveau de bruit d'un fond sonore. La contribution de la mémoire (phrase bruitée déjà entendue ou non) et la contribution des qualités physiques de l'item à évaluer (niveau de bruit réel associé aux phrases présentées au test) n'étaient pas discriminées : à niveau de bruit objectif similaire, une phrase ancienne et une phrase nouvelle n'étaient pas perçues de la même façon. L'expérience antérieure du sujet peut conduire à modifier le jugement et ceci peut non seulement s'appliquer à toute qualité physique de l'item mais aussi à tout autre type de jugement qui serait demandé en phase test. En effet, l'influence de la mémoire sur l'expérience subjective est exercée selon un processus attributif. Nous avons décrit cela dans le premier chapitre mais plusieurs lignes de recherches ont montré que les gens s'appuient sur leur expérience subjective de la fluidité du traitement pour réaliser une variété de jugements. Les résultats conduisent à un modèle qui est que l'exposition répétée résulte dans une plus grande fluidité du traitement, cette fluidité impactant à son tour les jugements.

Contribution de l'expérience subjective dans le jugement

Le type d'illusion de mémoire dont il est question est le suivant : la perception subjective de la situation courante est modifiée chez le sujet. Cette altération, attribuable en réalité au passé, à la mémorisation, est attribuée par erreur aux qualités de l'information traitée. Prenons quelques exemples : estimer la facilité avec laquelle autrui va pouvoir résoudre un problème d'examen (l'enseignant), lire un manuscrit (l'auteur), interagir avec un dispositif donné (le participant du test d' 'utilisabilité' ou l'ergonome qui fournirait son évaluation 'experte'). Dans ces situations, est-ce que l'évaluateur donne son évaluation en se basant sur une théorie du domaine (les critères qui entrent en compte, la façon dont ils interagissent) tout en contrôlant l'effet de sa propre expérience dans le jugement ? Lorsqu'ils vont se voir demandés d'évaluer la difficulté (de problèmes, d'un examen, d'un manuscrit, etc.) les participants peuvent être particulièrement enclins à utiliser leur expérience subjective comme indice des caractéristiques objectives de la tâche. De telles illusions ont des conséquences pour une psychologie de l'évaluation subjective, nous l'avons dit au chapitre 1, puisqu'elles montrent qu'il y a deux sources d'information dans le jugement (Kelley & Jacoby, 1996) : l'expérience subjective (ou jugement non analytique) et la théorie du domaine (ou jugement analytique).

Empiriquement, une façon d'étudier ce problème est de séparer l'effet de l'expérience subjective de l'effet de la théorie du domaine. Le principe de base est de comparer la situation où le participant a l'occasion de résoudre la tâche avant d'en estimer la difficulté avec le cas où il doit estimer la difficulté de la tâche sur la base du problème et de la solution. Dans le premier cas, le participant peut utiliser son expérience subjective comme information dans le jugement de difficulté en plus des règles du domaine. Dans le second, il est privé de la source d'information que constitue sa propre expérience et ne peut qu'utiliser une théorie du domaine.

Les situations d'évaluation liée à l'utilisabilité des dispositifs seraient des contextes potentiels pour étudier le rôle de l'expérience subjective dans le jugement. Le principe général serait de montrer que notre expérience du présent (notre perception, notre conscience) est altérée par le passé d'une façon qui nous échappe. Plus précisément, de montrer que ce passé conduit à un traitement plus fluide de l'information et que la fluidité entre dans la construction de notre expérience subjective.

3. Comprendre comment la tâche contraint le niveau de la représentation utilisée

Cette question est importante depuis le début de ce texte. Les chapitres la posent à des niveaux différents : la relation entre les tâches de mémoire et le niveau de traitement (chapitre 1), l'existence de contraintes qui

doivent être montrées dans l'interface et impliquent un niveau abstrait de représentation du procédé (chapitre 2), la relation entre les niveaux de représentation en mémoire que sont la base de texte et le modèle de situation et les mesures utilisées (chapitre 3). Le chapitre 2, comme certains éléments introduits en discussion du chapitre 5 avec la théorie des traces floues (FTT) conduisent à pointer la nécessité d'invariants pour « annuler » les variations de l'environnement. Dans un cas il s'agit de représenter les invariants de fonctionnement dans l'interface. La situation contraint effectivement le niveau de représentation du système à utiliser dans l'interface proposée à l'opérateur. Dans l'autre cas, il s'agit de forger une représentation générale du problème qui est plus stable et plus facile à manipuler. La représentation utilisée serait celle qui est la plus générale possible et qui suffit à résoudre la tâche. Dans les deux cas, c'est la recherche de la stabilité qui est visée, au moyen d'une représentation générale.

Les niveaux hiérarchiques de description du système chez Rasmussen (1985), les représentations *verbatim* et *gist* chez Reyna (2004) ou le modèle d'organisation des représentations proposé par Craik (2002) dans sa révision du principe de profondeur de traitement sont autant d'exemples d'une vision hiérarchique des représentations. La connaissance peut être représentée comme une hiérarchie de niveaux de représentations, depuis des niveaux qui sont abstraits et présentent un haut niveau de généralité jusqu'à des niveaux représentant des détails spécifiques.

Il est probable que j'ai mal évalué l'importance de plusieurs problèmes au cours de cette revue des travaux. Mais expliquer le niveau de représentation mis en jeu est certainement un problème dont l'importance doit être mieux évaluée. J'en donnerai une illustration « méthodologique » et une illustration plus fondamentale.

Interroger les représentations gist et verbatim au rappel

Revenons quelques instants sur des travaux présentés au chapitre 2. Lorsqu'il réalise la première évaluation empirique d'EID en adaptant le paradigme du rappel, Vicente (1991) discute une limite « méthodologique » de son travail qui prend tout son sens maintenant que nous avons vu les principes de la FTT rapportés au chapitre 5. Vicente dit qu'il faudrait probablement étudier le rappel à un niveau plus général, plus qualitatif, plutôt que d'étudier le rappel de façon quantitative. Et il rappelle que la mémoire est meilleure pour le « *gist* » (Bartlett). Avec l'interface écologique, les participants de l'étude de Vicente se souviennent mieux des variables qualitatives, de l'état général du système (comme indiqué par ailleurs avec les résultats sur le diagnostic) et ils rappellent moins la valeur exacte des variables. Il propose donc d'évaluer le souvenir à un plus haut niveau d'abstraction, arguant du fait que ce niveau de questionnement serait plus proche du niveau (*gist*) auquel les sujets fonctionnent lorsqu'ils diagnostiquent les scénarios avec l'interface écologique (quelle masse dans le réservoir 1 ? Est-ce que le circuit d'alimentation n°1 est couplé aux deux réservoirs ?). Dans les termes des conceptions de la mémoire qui nous intéressent ici, on dira que l'interface écologique conduit à privilégier une représentation *gist* et que le format de test utilisé doit être plus approprié à

ce niveau de représentation (il est classiquement plus approprié à l'expression des représentations *verbatim*). Cette proposition n'a pas été reprise dans les travaux qui ont suivi (voir cependant Moray, 1993).

Ce qui apparaît comme un problème méthodologique à Vicente, qui ne distingue pas les niveaux de représentation distingués dans la FTT, n'en est pas un je crois. Un des principes de la FTT, nous l'avons pu évoquer au chapitre 5, explique le niveau de la représentation mise en jeu. C'est la préférence pour le traitement flou : le sujet fonctionnerait au niveau le plus général, le moins détaillé possible qui suffit à résoudre la tâche. C'est la tâche, associée au principe de préférence pour le flou, qui explique le niveau de la représentation utilisée et pas la capacité limitée ou le besoin de conserver des ressources mentales. Il y a là une hypothèse alternative à l'idée de capacité limitée comme explication des biais, heuristiques dans le jugement et court-circuits. On retrouve souvent en psychologie ergonomique cette explication capacitaire des biais (parce que dominante en psychologie de la décision). J'ai indiqué que nous aurions probablement à réfléchir sur ce point si nous importons la théorie des traces floues. Quelques mots sont nécessaires à ce sujet.

L'effort mental n'est pas la force qui explique le traitement simplifié, qualitatif

Nous savons que l'expert n'est pas précis, nous avons vu que la clé de la rationalité ne résidait pas dans un traitement précis de l'information (chapitre 5). Dans les situations naturelles, les opérateurs expérimentés qui travaillent sous contrainte temporelle, par exemple les pompiers, ont rarement besoin de choisir entre les options. La plupart du temps une option seulement vient à l'esprit (Klein, 1993). Ce genre de résultat peut s'expliquer en faisant intervenir le rôle de la reconnaissance dans la prise de décision. Mais dans ce cas, nous pouvons continuer à penser que ces phénomènes sont la conséquence d'une capacité limitée du traitement de l'information humain ou du besoin de conserver des ressources (ou encore de la contrainte temporelle elle-même). Ce que nous avons vu au chapitre 5 invite à envisager une alternative. Je pense que ce résultat peut être étudié en regard des principes proposés par le FTT dont la spécificité est de supposer que l'intuition n'est pas mise en jeu pour des raisons de capacité limitée ou d'effort mental.

Une autre façon de questionner l'association que nous faisons souvent entre capacité limitée et mise en jeu d'un mode qualitatif, intuitif de fonctionnement cognitif lorsqu'il s'agit de décider, est tout simplement de pousser le raisonnement jusqu'à bout, comme l'ont fait récemment Ap Dijksterhuis et ses collègues avec l'effet de délibération sans attention (*Science*, 17 février 2006). Leur conception reste cohérente avec l'idée que le mode intuitif est mis en jeu lorsque la capacité est saturée, à la différence de la FTT¹², mais ils tirent de cette conception une implication qui n'a pas souvent été examinée je crois, et rejoignent au final la FTT par opposition

¹² Dijksterhuis & Nordgren (in press) proposent récemment leur propre modèle duel. La théorie de la pensée inconsciente et consciente (Unconscious and Conscious Thought Theory) est proposée pour expliquer la décision, mais aussi la formation d'impression et la créativité, par la mise en jeu de deux modes de pensée.

aux conceptions habituelles de la relation entre intuition et analyse. Quel est le mode de fonctionnement normalement contraint par la capacité de la mémoire de travail ? C'est le mode analytique, le fonctionnement contrôlé qui est soumis aux limites de la mémoire de travail. Aussi, la complexité du traitement devrait avoir des effets différents sur l'efficacité des modes de fonctionnement cognitif, le mode intuitif devenant plus efficace lorsque la complexité augmente. Les expériences de Dijksterhuis et collaborateurs montrent une telle efficacité relative d'un point de vue normatif (pour revue, Dijksterhuis, Bos, Nordgren & van Baaren, 2006). Elles suggèrent que les décisions complexes, impliquant d'évaluer plusieurs traits, par exemple choisir entre plusieurs exemplaires de voitures ou de maisons, peuvent être prises plus efficacement sans réflexion délibérée avant le choix. À l'inverse, les décisions simples impliquant d'évaluer quelques traits, comme choisir entre plusieurs exemplaires d'un ustensile de cuisine, sont prises de façon plus efficace avec une délibération consciente qui suit la présentation des options et de leurs caractéristiques. Bizarrement, nous arrivons ici à la même conclusion générale qu'avec la théorie des traces floues : le mode intuitif est plus efficace quand la situation est complexe.

Les perspectives dégagées ici sont des thèmes de recherches pour des doctorants actuels ou futurs.

Retour sur la compatibilité cognitive

Au début de ce texte, et de ma recherche, j'étais centré sur le principe du traitement approprié au transfert et sur son utilisation possible en ergonomie cognitive. Une des idées fondamentales de la recherche moderne¹³ sur la mémoire est que la similarité des processus engagés à la récupération et à l'encodage détermine la performance mnésique. Le principe du traitement approprié au transfert, celui de spécificité de l'encodage ou encore l'approche procédurale, considèrent que l'activité de récupération consiste à récapituler les processus d'encodage. Les données d'imagerie vont dans ce sens lorsqu'elles montrent que l'augmentation de l'efficacité du rappel est associée à une augmentation de l'activité dans les mêmes zones corticales à la récupération et à l'encodage (Roediger, Gallo, & Geraci, 2002).

Connaissant la façon dont les traitements communiquent, connaissant leur « code », il devient possible d'analyser les altérations ou modifications (altération signifiant devenir autre) du traitement d'encodage en fonction de changements dans la situation (interface ; tâche) ou de changements liés au sujet lui-même. On peut légitimement s'intéresser à la compatibilité dont il est question ici en ergonomie et utiliser la relation que forment les traitements à deux moments dans le temps. Les conceptions duelles des processus de récupération, qui distinguent la recollection et la familiarité et proposent des paradigmes (p.ex., Remember/Know), doivent nous permettre de continuer à travailler dans ce sens (pour une revue, Yonelinas, 2002).

Mais je vois maintenant apparaître d'autres formes de compatibilité, souvent en relation avec l'idée que la mémorisation consiste à récapituler les processus d'encodage. Ceci grâce à (ou à cause de) la diversité des thèmes que j'ai pu aborder depuis quelques années.

Nous avons appris à considérer la *compatibilité écologique*, celle entre la réalité externe et le modèle mental de l'opérateur, qui repose sur la représentation des contraintes dans l'interface. L'interface constitue un moyen de communication de la réalité externe et le rappel est ici utilisé pour évaluer l'adéquation entre la réalité externe et le modèle mental. Comme les traitements profonds transfèrent mieux à la phase de rappel que des traitements plus superficiels, la démarche est cohérente. Elle pose cependant la question des mesures complémentaires (perceptives ici) à utiliser pour réaliser des opérations convergentes. Dans le cas du texte procédural, c'est la nécessité de pouvoir mesurer à la fois le traitement

13 Le numéro anniversaire de *Memory* paru en 2002 qui célèbre les 30 ans de l'article de Craik et Lockhart (1972) contient deux articles particulièrement pertinents pour discuter l'influence de l'idée de compatibilité entre processus d'encodage et de récupération (Nairne, 2002 ; Roediger *et al.*, 2002).

spécifique à l'item *et* l'information relationnelle qui doit être soulignée. Quand bien même le rappel serait amélioré par la mise en forme du texte, on ne pourrait pas vraiment considérer que cela traduit un meilleur traitement des relations entre informations à défaut de disposer des deux types de mesures.

Nous avons également appris à considérer la compatibilité entre le traitement induit par les conditions d'utilisation du texte procédural et le traitement sollicité par le matériel. C'est là une explication possible des effets généralement observés lorsque l'on s'intéresse à la structure du document. Nous savons par exemple maintenant qu'une « tâche appropriée au matériel » peut être une tâche où il n'y a pas de correspondance entre le matériel et l'encodage : le rappel sera amélioré lorsque les sujets vont encoder des caractéristiques non évidentes, non manifestes du matériel. Cette *compatibilité entre tâche et matériel* concerne l'étape d'encodage seulement.

Nous avons soulevé la question de savoir si la représentation de l'interlocuteur expliquait réellement les adaptations dans le dialogue. Si pour certains auteurs les interlocuteurs évaluent constamment la compatibilité des points de vue, pour d'autres les représentations sont alignées. La compatibilité dont il est question ici prend encore une autre forme, avec des amorçages intra et interpersonnels et à des niveaux différents. Les représentations deviennent similaires en raison du couplage production-compréhension dans le dialogue et il se produit une mise en correspondance des représentations des interlocuteurs à différents niveaux.

Enfin, nous avons dit que pour une conception duelle de la mémoire et du raisonnement, le sujet tendait à choisir le niveau de représentation le plus général qui suffit à résoudre la tâche. Les représentations générales sont plus robustes face aux variations et ambiguïtés de l'environnement. Ici, la préférence pour le traitement flou ne s'explique pas en invoquant un principe de compatibilité avec la capacité limitée de traitement. C'est bien plus la tâche (et la nécessité d'atteindre l'invariance) qui explique le niveau de représentation mis en jeu.

Au bilan, il m'apparaît deux choses : (i) la contribution des conceptions fonctionnelles de la mémoire à l'ergonomie cognitive est chaque fois une contribution à l'étude de la compatibilité cognitive ; (ii) la question centrale, qui est posée chaque fois, est de savoir comment l'environnement au sens large (le système contrôlé, la tâche, etc.) contraint le niveau de la représentation à utiliser. C'est assurément à ce type d'analyse des contraintes de fonctionnement que je m'intéresse depuis le début.

Un titre comme « Mémoire et conscience : contributions à l'étude de la compatibilité cognitive en ergonomie » aurait pu rendre compte de ce travail. Je ne l'ai pas retenu dans la mesure où la compatibilité, notion importante en ergonomie, doit justement donner lieu à une élaboration selon Karwowski (2000). La notion ne fait pas l'objet d'un traitement assez approfondi pour cet auteur qui propose de constituer une « science de la compatibilité artefact-humain ». Je crois volontiers, avec lui, que la notion de compatibilité doit devenir une notion scientifique plus centrale en ergonomie. Cela suppose une mesure de la compatibilité de l'artefact avec l'humain, au niveau cognitif...

Si j'ai préféré parler, dans le titre de ce rapport, de la « contribution des conceptions fonctionnelles de la mémoire à l'ergonomie cognitive », il reste que je pense que c'est à ce niveau, celui de l'étude de la compatibilité cognitive, que l'on peut situer la contribution des théories fonctionnelles de la mémoire.

Références

- Amalberti, R., Carbonnel, N., & Falzon, P. (1993). User representations of computer systems in human-computer speech interaction. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38, 547-566.
- Amiel, V. (2005). *Peut-on parler de collaboration dans le dialogue homme-machine ? Etude des modes d'interaction et des connaissances de l'utilisateur*. Thèse de doctorat nouveau régime, Université Toulouse II, Juillet.
- Amiel, V., Le Bigot, L., Terrier, P., Cellier, J.-M., & Babin, L.-M. (2004). Deux indicateurs de la collaboration de l'utilisateur en dialogue homme-machine : une étude expérimentale. In J. M. C. Bastien, R. Lucongsang & G. Poulain (Eds.), *Actes de la conférence Ergonomie et Informatique Avancée, ERGO-IA'2004*, 17-19 Nov. (pp. 19-25). Bidart : ESTIA & ESTIA.INNOVATION.
- Baars, B.J. (1994). A thoroughly empirical approach to consciousness. *Psyche: An interdisciplinary journal of research on consciousness*, 1(6).
<http://psyche.cs.monash.edu.au/v1/psyche-1-06-baars.html>
- Bangerter, A. (2004). Using pointing and describing to achieve joint focus of attention in dialogue. *Psychological Science*, 15, 415-419.
- Bangerter, A., & Clark, H. H. (2003). Navigating joint projects with dialogue. *Cognitive Science*, 27, 195-225.
- Barsalou, L.W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 577-660.
- Barsalou, L.W., & Wiemer-Hastings, K. (2005). Situating abstract concepts. In D. Pecher and R. Zwaan (Eds.), *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thought* (pp. 129-163). New York: Cambridge University Press.
- Basden, B. H., Basden, D. R., Bryner, S., & Thomas, R. L. (1997). A comparison of group and individual remembering: Does group participation disrupt retrieval? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1176-1189.
- Bennett, K.B., & Flach, J.M. (1992). Graphical displays: Implications for divided attention, focused attention, and problem solving. *Human Factors*, 34, 513-533.
- Bisseret, A. (1970/71). Mémoire opérationnelle et structure du travail. *Bulletin de Psychologie*, XXIV, 5/6, 289, 280-294.
- Bisseret, A. (1995). *Représentation et décision experte : psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*. Editions Octares.
- Bock, J. K. (1986). Syntactic persistence in language production. *Cognitive Psychology*, 18, 355-387
- Boudes, N. (1992). *Gestion cognitive du temps dans les systèmes socio-techniques de contrôle de processus. Le cas des contrôleurs aériens dans le survol national*. Mémoire de D.E.A., Université Toulouse II.
- Brainerd, C.J., Holiday, R.E., & Reyna, V.F. (2004). Behavioral measurement of remembering phenomenologies: so simple a child can do it. *Child Development*, 75(2), 505-522.
- Brainerd, C.J., Reyna, V.F. (2001). Fuzzy-trace theory : dual processes in memory, reasoning and cognitive neuroscience. In H.W. Resse & R. Kail (Eds.),

- Advances in child development and behavior* (Vol. 28, pp. 41-100). San Diego: Academic Press.
- Brainerd, C.J., Wright, R., Reyna, V.F., & Payne, D.G. (2002). Dual-retrieval processes in free and associative recall. *Journal of Memory and Language*, 46(1), 120-152.
- Branigan, H.P., Pickering, M.J., & Cleland, A.A. (2000). Syntactic coordination in dialogue. *Cognition* 75(2), B13-B25.
- Bransford, J.D., Barclay, J.R., & Franks, J.J. (1972). Sentence memory: A constructive versus interpretive approach. *Cognitive Psychology*, 3, 193-209.
- Brennan, S. E., & Metzing, C. A. (2004). Two steps forward, one step back: Partner-specific effects in a psychology of dialogue [Commentary on Pickering & Garrod]. *Behavioral and Brain Sciences*, 27(2), 192-193.
- Brennan, S.E. (1991). Conversation with and through Computers. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 1, 67-86.
- Brennan, S.E. (1998). The Grounding Problem in Conversation With and Through Computers. In S.R. Fussell & R.J. Kreuz (Eds.), *Social and cognitive psychological approaches to interpersonal communication* (pp. 201-225). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brennan, S.E., & Clark, H.H. (1996). Conceptual Pacts and Lexical Choice in Conversation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(6), 1482-1493.
- Broughton, R.G., Walsh, P.S. (1981). A real-time method for analysing nuclear power plant transients. *Nuclear Technology*, 53, 217-225.
- Bubb-Lewis, C., & Scerbo, M.W. (2002). The effects of communication modes on performance and discourse organization with an adaptive interface. *Applied Ergonomics*, 33, 15-26.
- Carreras, O., Cellier, J.-M., Valax, M.-F., & Terrier, P. (2001). Ajustement de l'action à la dynamique des situations. *Psychologie Française*, 46(2), 119-129.
- Cellier, J.-M. (1996). Exigences et gestion temporelle dans les environnements dynamiques. In J.-M. Cellier, V. De Keyser & C. Valot (Eds.), *La gestion du temps dans les environnements dynamiques* (pp. 19-48). Paris : PUF.
- Cellier, J.-M., & Terrier, P. (2001). Le rôle de la mise en forme matérielle dans le traitement cognitif de consignes. *Langages*, 141, 79-91.
- Cellier, J.-M., Eyrolle, E., & Mariné, C. (1997). Expertise in dynamic environments. *Ergonomics*, 40(1), 28-50.
- Centre Régional de la Navigation Aérienne Sud-Est (1983). *Partage des tâches : Dossier d'information*. Bordeaux.
- Cheng, P.C.-H. (2002). Electrifying diagrams for learning: principles for complex representational systems. *Cognitive Science*, 26, 685-736.
- Clark, H.H. (1996). *Using language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Clark, H.H., & Brennan, S.E. (1991). Grounding in Communication. In L.B. Resnick, J.M. Levine, & S.D. Teasley (Eds.), *Perspectives on Socially Shared Cognition* (pp. 127-149). Washington D.C.: APA.
- Clark, H.H., & Schaefer, E.F. (1987). Collaborating on Contributions to Conversations. *Language and Cognitive Processes*, 2, 1-23.
- Clark, H.H., & Schaefer, E.F. (1989). Contributing to Discourse. *Cognitive Science*, 13, 259-294.
- Clark, H.H., & Wilkes-Gibbs, D. (1986). Referring as a collaborative process. *Cognition*, 22, 1-39.

- Craik, F.I.M. & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 268-294.
- Craik, F.I.M. (2002). Levels of processing: Past, present... and future? *Memory*, 10(5/6), 305-318.
- Craik, F.I.M., Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Croft, D., Banbury S.P., Butler, L.T., Berry, D.C. (2004). The role of awareness in situation awareness. In S.P. Banbury & S. Tremblay (Eds.), *A cognitive approach to situation awareness: theory and application* (pp. 82-104). Ashgate Publishing.
- Daurat, A., Terrier, P., Foret, J., & Tiberge, M. (sous presse). Slow wave sleep and recollection in recognition memory. *Consciousness and Cognition*.
- Dekker, S.W.A., Nyce, J.M. (2004). How can ergonomics influence design? Moving from research findings to future systems. *Ergonomics*, 47(15), 1624-1639.
- Denecker, P. (1999). Les composantes symboliques et subsymboliques de l'anticipation dans les environnements dynamiques. *Le Travail Humain*, 62(4), 363-385.
- Denis, C., & Veyrac, H. (2002). Incidence du format de présentation d'un texte procédural sur sa mémorisation et la représentation de sa structure causale. *Psychologie Française*, 47, 75-80
- Derache, C. (2004). *Mémoire implicite et interférences visuelles en conduite automobile : une analyse de l'altération des traitements*. Travail d'Etude et de Recherche, Maîtrise de Sciences Cognitives, Université de Bordeaux 2.
- Diehl, V.A. (2004). Access to affordances, development of situation models, and identification of procedural texts problems. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 47(1), 54-64.
- Diehl, V.A., & Mills, C.B. (1995). The effects of interaction with the device described by procedural text on text measures and task performance. *Memory & Cognition*, 23, 675-688.
- Diehl, V.A., Mills, C.B. (2002). Procedural text structure and reader perceptions and performance. *Journal of General Psychology*, 129(1), 18-35.
- Dijksterhuis, A., & Nordgren, L. F. (in press). Struggling with thinking: The unconscious and conscious thought theory. *Perspectives on Psychological Science*.
- Dijksterhuis, A., Bos, M.W., Nordgren, L.F., & van Baaren, R.B. (2006). On making the right choice: The deliberation-without-attention effect. *Science*, 311(5763), 1005-1007.
- Donaldson, W. (1996). The role of decision processes in remembering and knowing. *Memory & Cognition*, 24, 523-533.
- Drosopoulos, S., Wagner, U., & Born, J. (2005). Sleep enhances explicit recollection in recognition memory. *Learning and Memory*, 12, 44-51.
- Duggan, G.B., & Payne, S.J. (2001). Interleaving reading and acting while following procedural instructions. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 7, 297-307.
- Dunn, J.C., & Kirsner, K. (1988). Discovering functionally independent mental processes: The principle of reversed association. *Psychological Review*, 95, 91-101.

- Dunn, J.C., & Kirsner, K. (1989). Implicit memory: Task or process? In S. Lewandowsky, J.C., Dunn & K. Kirsner (Eds.), *Implicit memory: theoretical issues* (pp. 17-31). Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Durso, F.T., & Gronlund, S.D. (1999). Situation Awareness. In F.T. Durso, R.S. Nickerson, R.W. Schvaneveldt, S.T. Dumais, D.S. Lindsay, and M.T.H. Chi (Eds.), *Handbook of Applied Cognition* (pp.283-314). John Wiley and Sons.
- Durso, F.T., Batsakes, P.J., Crutchfield, J.M., Braden, J.B., Manning, C.A. (2004). The use of flight progress strips while working live traffic: Frequencies, importance, and perceived benefits. *Human Factors*, 46(1), 32-49.
- Durso, F.T., Hackworth, C., Truit, T.R., Crutchfield, J., Nickolic, D., & Manning, C.A. (1998). Situation awareness as a predictor of performance in en route air traffic controllers. *Air Traffic Control Quarterly*, 6(1), 1-20.
- Effken, J.A., Kim, N.G., Shaw, R.E. (1997). Making the constraints visible: testing the ecological approach to interface design. *Ergonomics*, 40(1), 1-27.
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Owen, P. D., & Coté, N. C. (1990). Encoding and recall of texts: The importance of material appropriate processing. *Journal of Memory & Language*, 29, 566-581.
- Einstein, G.O., & Hunt, R.R. (1980). Levels of processing and organization: Additive effects of individual item and relational processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 133-143.
- Endsley, M.R. (1993). A survey of situation awareness requirements in air-to-air combat fighters. *International Journal of Aviation Psychology*, 3, 157-68.
- Endsley, M.R. (1995a). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37, 32-64.
- Endsley, M.R. (1995b). Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37, 65-84.
- Engelkamp, J. (1998). *Memory for actions*. Hove: Psychology Press.
- Falzon, P. (1989). *Ergonomie cognitive du dialogue*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Flach, J.M. (1990). The ecology of human-machine systems I: Introduction. *Ecological Psychology*, 2, 191-205.
- Fletcher, C.R., & Chrysler, S.T. (1990). Surface forms, textbases, and situation models: recognition memory for three types of textual information. *Discourse Processes*, 13, 175-1991.
- Foulon-Mondela, S. (2000). A-t-on besoin de se voir pour coopérer ? Contribution théorique issue de la psycholinguistique. *Le Travail Humain*, 63(2), 97-120.
- Fraisse, P., & Breyton, M. (1959). Comparaisons entre les langages oral et écrit. *L'année Psychologique*, 1, 61-71.
- Franck, P.M. (1990). Fault diagnosis in dynamic systems using analytical and knowledge-based redundancy. A survey and some new results. *Automatica*, 26, 459-474.
- Fussell, S.R., & Krauss, R.M. (1992). Coordination of Knowledge about in Communication: Effects of Speakers' Assumptions About What Others Know. *Journal of Personality and Social Psychology*, 62(3), 378-391.
- Gaba, D.M. Howard, S.K., & Small, S.D. (1995). Situation awareness in anaesthesiology. *Human Factors*, 37, 20-31.
- Gaillard, I. (1990). *Eléments d'analyse de l'activité du contrôleur en route*. Rapport CENA n°90035. Paris : Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne.

- Ganier, F. (2002). L'analyse des fonctionnements cognitifs : un support à l'amélioration de la conception des documents procéduraux. *Psychologie Française*, 47(1), 41-52.
- Gardiner, J.M. (1988). Functional aspects of recollective experience. *Memory & Cognition*, 16, 309-313.
- Gardiner, J.M., Ramponi, C., Richardson-Klavehn, A. (2002). Recognition memory and decision processes: A meta-analysis of remember, know and guess responses. *Memory*, 10, 83-98.
- Garrod, S., & Pickering, M.J. (2004). Why is conversation so easy? *Trends in Cognitive Sciences*, 8(1), 8-11.
- Garroff-Mercier, C., & Chollet, M.G. (1990). *Analyse de l'activité des contrôleurs du trafic aérien en route : Utilisation des vecteurs d'informations et communications*. Rapport CENA/R90-07. Paris : Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne.
- Geiger, J.F, & Millis, K.K. (2004). Assessing the impact of reading goals and text structures on comprehension. *Reading Psychology*, 25, 93-110.
- Glenberg, A.M.(1997). What memory is for? *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 1-19.
- Glenberg, A.M., & Robertson, D. (1999). Indexical understanding of instructions. *Discourse Processes*, 28, 1-26.
- Glynn, S.M., & DiVesta, F.J. (1979). Control of prose processing via instructional and typographical cues. *Journal of Educational Psychology*, 71, 595-603.
- Gronlund, S. D., Ohrt, D., Dougherty, M., Perry, J.L. & Manning C.A. (1998). *Aircraft importance and its relevance to situation awareness*. Report DOT/FAA/AM-98/16. Federal Aviation Administration.
- Grosjean, V., Terrier, P. (1999). Temporal Awareness: Pivotal in Performance. *Ergonomics*, 42(11), 1443-1456.
- Gugerty, L. (1997). Situation awareness during driving: Explicit and implicit knowledge in dynamic spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3(1), 42-66
- Guthrie, J.T., Mosenthal, P. (1987). Literacy as multidimensional: locating information on reading comprehension. *Educational Psychologist*, 22(3&4), 279-297.
- Hajdukiewicz, J.R. Vicente, K.J. (2004). A theoretical note on the relationship between work domain analysis and task analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(6), 527-538.
- Hansen, J.P. (1995). Representation of system invariants by optical invariants in configural displays for process control. In P. Hancock, J. Flach, J. Caird & K. Vicente (Eds.), *Local applications of the ecological approach to human-machine systems* (pp. 208-233). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hay, J.F., & Jacoby, L.L. (1999) Separating habit and recollection in young and elderly adults. Effects of elaborative processing and distinctiveness. *Psychology and Aging*, 14, 122-134.
- Heylighen, F. (1990). *Representation and change. A metarepresentational framework for the foundations of physical and cognitive science*. Communication & Cognition: Gent.
- Hidi, S.E., & Hildyard, A. (1983). The comparison of oral and written productions in two discourse types. *Discourse Processes*, 6, 91-105.

- Hoc, J.-M., & Lemoine, M. P. (1998). Cognitive evaluation of human-human and human-machine cooperation modes in air traffic control. *International Journal of Aviation Psychology*, 8, 1-32.
- Hoc, J.-M. (2001). Towards ecological validity of research in cognitive ergonomics. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 2(3), 278-288.
- Hoc, J.-M., & Darses, F. (2004) (Eds.). *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*. Paris : P.U.F.
- Hogg, D.N., Folleso, K., Strand-Volden, F., & Torralba, B. (1995). Development of a situation awareness measure to evaluate advanced alarm systems in nuclear power plant control rooms. *Ergonomics*, 11, 2394-2413.
- Holmes, D.I. (1994). Authorship attribution. *Computers and the Humanities*, 28(2), 87-106.
- Horton, W.S., & Gerrig, R.J. (2005). Conversational common ground and memory processes in language production. *Discourse Processes*, 40(1), 1-35.
- Hunt, R. R. (2003). Two contributions of distinctive processing to accurate memory. *Journal of Memory and Language*, 48, 811-825.
- Hunt, R.R., & Einstein, G.O. (1981). Relational and item-specific information in memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 497-514.
- Irwin, J.W., & Pulver, C.J. (1984). Effects of explicitness, clause order, and reversibility on children's comprehension of causal relationships. *Journal of Educational Psychology*, 76, 399-407.
- Isaacs, E., & Clark, H.H. (1987). References in conversation between experts and novices. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2(6), 26-37.
- Jacoby, L. L., & Kelley, C. M. (1987). Unconscious influences of memory for a prior event. *Social Psychology Bulletin*, 13, 314-336.
- Jacoby, L. L., Kelley, C. M., & Dywan, J. (1989). Memory attributions. In H. L. Roediger & F. I. M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving* (pp. 391-422). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jacoby, L.L. (1983). Remembering the data: analyzing interactive processes in reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 485-508.
- Jacoby, L.L. (1991). A process dissociation framework: separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 513-541.
- Jacoby, L.L., & Dallas, M. (1981). On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 306-340.
- Jacoby, L.L., & Hollingshead, A. (1990). Toward a generate/recognize model of performance in direct and indirect tests of memory. *Journal of Memory and Language*, 29, 433-454.
- Jacoby, L.L., Allan, L.G., Collins, J.C., & Larwill, L.K. (1988). Memory influences subjective experience: Noise judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 240-247.
- Jacoby, L.L., Kelley, C., Brown, J., & Jasechko, J. (1989). Becoming famous overnight: limits on the ability to avoid unconscious influences of the past. *Journal of Personality and Social Psychology* 56(3), 326-338.
- Jacoby, L.L., Woloshyn, V., & Kelley, C. (1989). Becoming famous without being recognized: Unconscious influences of memory produced by divided attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 115-125.
- Javaux, D. (1994). Enhancing temporal awareness. The contribution of mimic displays, in V. De Keyser, M. Richelle, G. d'Ydewalle and A. Vandierendonck

- (eds.), *Raisonnement Temporel et Variabilité Comportementale*, IPA Booklet no. 3. Work Psychology, University of Liège, Belgium.
- Johnstone, A., Berry, U., NGuyen, T., & Asper, A. (1994). There was a long pause: influencing turn-taking behaviour in human-human and human-computer spoken dialogues. *International Journal of Human-Computer Studies*, *41*, 363-411.
- Karwowski, W. (2000). Symvatology: The science of an artifact-human compatibility. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *1*, 76-91.
- Kelley, C. M., & Jacoby, L. L. (1990). The construction of subjective experience: Memory attributions. *Mind and Language*, *5*, 49-68.
- Kelley, C.M., Jacoby, L.L. (1996). Adult egocentrism: Subjective experience versus analytic bases for judgment. *Journal of Memory and Language*, *35*, 157-175.
- Kintsch, W., Welsch, D., Schmalhofer, F., & Zimny, S. (1990). Sentence memory: A theoretical analysis. *Journal of Memory and Language*, *29*, 133-159.
- Klein G.A., (1993). A recognition-primed decision (RPD) model of rapid decision making. In G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C.E. Zsombok (Eds.), *Decision making in action, Models and Methods* (pp. 138-147). Nordwood, N.J.: Ablex.
- Klusewitz, M., & Lorch, R.F. (2000). Effects of headings and familiarity with a text on strategies for searching a text. *Memory & Cognition*, *28*(4), 667-676.
- Kolers, P.A., & Roediger, H.L.III. (1984). Procedures of the mind. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *23*, 425-449.
- Koriat, A. & Goldsmith, M. (1996). Memory metaphors and the real-life/laboratory controversy: Correspondence versus storehouse conceptions of memory. *Behavioral and Brain Sciences* *19*(2), 167-228.
- Krauss, R., & Fussell, S. (1991). Perspective-Taking in Communication: Representations of Others' Knowledge in Reference. *Social Cognition*, *9*(1), 2-24.
- Kraut, R.E., Fussell, S.R., & Siegel, J. (2003). Visual information as a conversational resource in collaborative physical tasks. *Human-Computer Interaction*, *18*, 13-49.
- Lafon-Milon, M.-T. (1981a). *Représentation mentale de la séparation verticale au cours du diagnostic dans le contrôle aérien. II. Les caractéristiques du diagnostic chez les élèves contrôleurs*. Rapport Technique de l'INRIA C0 8105 R65, octobre (45 pp.+xxi). Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, Rocquencourt.
- Lafon-Milon, M.-T. (1981b). *Représentation mentale de la séparation verticale au cours du diagnostic dans le contrôle aérien. III. Représentation des états futurs*. Rapport Technique de l'INRIA C0 8107 R66, octobre (30 pp.+xxi). Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, Rocquencourt.
- Le Bigot, L., Terrier, P., Amiel, V., Poulain, G., Jamet, E., Rouet, J.-F. Effect of modality on the collaboration with a dialogue system (2006). *International Journal of Human-Computer Studies* (accepté sous réserve de modifications mineures).
- Leiser, R.G. (1989). Exploiting convergence to improve natural language understanding. *Interacting with Computers*, *1*(3), 284-298.
- Lemercier, C., Quaireau, C., & Terrier, P. (2003). Effet de la couleur sur la récupération d'information dans un menu hiérarchique complexe. *Psychologie Française*, *48*(2), 43-56.

- Leroux, M. (1991). ERATO (En Route Air Traffic Organizer). In R.S. Jensen (Ed.), *Proceedings of the Sixth Symposium on Aviation Psychology* (pp. 514-519). Columbus, OH: Ohio State University, Department of Aviation.
- Light, L.L., La Voie, D., Valencia-Laver, D., Albertson Owens, S.A., & Mead, G. (1992). Direct and indirect measures of memory for modality in young and older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *18*(5), 1284-1297.
- Lin, Y., Zhang, W. J., Koubek, R. J., Mourant, R.R. (2006) On integration of interface design methods: Can debates be resolved? *Interacting with Computers*, *18*(4), 709-722.
- Lloveria, V. (2001). Incidence de l'ajout de sons à un menu hiérarchique sur les représentations pour l'action. Mémoire de maîtrise de psychologie, Université Toulouse 2, juin.
- Lockhart, R.S. (2002). Levels of processing, transfer-appropriate processing, and the concept of robust encoding. *Memory*, *10*(5/6), 397-403.
- Lockhart, R.S., Craik, F.I.M. (1990). Levels of processing: a retrospective commentary on a framework for memory research. *Canadian Journal of Psychology*, *44*(1), 87-112.
- Loman, N.L., Mayer, R.E. (1983). Signaling techniques that increase the understandability of expository prose. *Journal of Educational Psychology*, *75*, 402-412.
- Lorch, R. F. & Lorch, E. P. (1985). Topic structure representation and text recall. *Journal of Educational Psychology*, *77*, 137-148.
- Lorch, R.F. (1985). Effects on recall of signals to text organization. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *23*, 374-376.
- Lorch, R.F. (1989). Text signaling devices and their effects on reading and memory processes. *Educational Psychology Review*, *1*, 209-234.
- Lorch, R.F., & Lorch, E.P. (1995). Effects of organizational signals on text-processing strategies. *Journal of Educational Psychology*, *87*, 537-544.
- Lorch, R.F., & Lorch, E.P. (1996). Effects of organizational signals on free recall of expository text. *Journal of Educational Psychology*, *88*, 38-48.
- Lorch, R.F., Lorch, E.P., & Inman, W.E. (1993). Effects of signaling topic structure on text recall. *Journal of Educational Psychology*, *85*, 281-290.
- MacLeod, C.M., & Bassili, J.N. (1989). Are implicit and explicit tests differentially sensitive to item-specific versus relational information? In S. Lewandowsky, J.C. Dunn & K. Kirsner (Eds.), *Implicit memory: theoretical issues* (pp. 159-172). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mannes, S.M. & Kintsch, W. (1987). Knowledge organization and text organization. *Cognition and Instruction*, *4*, 91-115.
- Markman, A.B., & Dietrich, E. (1998) In defense of representation as mediation. *Psychology*: 9(48) Representation Mediation (1)
<http://psyceprints.ecs.soton.ac.uk/archive/00000597/#html>
- Markman, A.B., & Dietrich, E. (1998b) Content and form are not the same. *Psychology*: 9(63) Representation Mediation (7)
<http://psyceprints.ecs.soton.ac.uk/archive/00000612/#html>
- Marquié, J.-C., Terrier, P. (en préparation). Is memory recall similarly mediated by imagery production in young and older adults?
- McCarthy, J.C., & Monk, A.F. (1994). Channels, conversation, cooperation and relevance: all you wanted to know about communication but were afraid to ask. *Collaborative Computing*, *1*, 35-60.

- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (1989). Material-appropriate processing: A contextualist approach to reading and studying strategies. *Educational Psychology Review*, 1, 113-145.
- McKinlay, A., Procter, R., Masting, O., Woodburn, R., & Arnoold, J. (1994). Studies of turn-taking in computer mediated communications. *Interacting with Computers*, 6(2), 151-171.
- McNamara, D.S., Kintsch, E., Songer, N.B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14, 1-43.
- Metzing, C., & Brennan, S.E. (2003). When conceptual pacts are broken: Partner-specific effects on the comprehension of referring expressions. *Journal of Memory and Language*, 49(2), 201-213.
- Meyer, B.J.F. (1975). *The organization of prose and its effects in memory*. Amsterdam: North-Holland.
- Meyer, B.J.F., & Rice, E. (1982). The interaction of reader strategies and the organization of text. *Text*, 2(1-3), 155-192.
- Michard, A. (1978). *Représentations opératoires et modèles du processus dans les tâches de diagnostic*. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université Paris VIII.
- Miller, D.P. (1981). The depth/breadth tradeoff in hierarchical computer menus. *Proceedings of the Human Factors Society* (pp. 296-200).
- Mills, C.B., Diehl, V.A, Birkmire, D.P., & Mou, L.C. (1993). Procedural text: Predictions of importance ratings and recall by models of reading comprehension. *Discourse Processes*, 16, 279-316.
- Mills, C.B., Diehl, V.A., Birkmire, D., & Mou, L.C. (1995). Reading procedural text: Effects of purpose and predictions of reading comprehension models. *Discourse Processes*, 20, 79-107.
- Mogford, R.H. (1997). Mental Models and Situation Awareness in Air Traffic Control. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7(4), 331-342.
- Moray, N. (1993). Direct perception interfaces for nuclear power plants. *Proceedings of the 4th European Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control* (pp. 204-221). Frensborg, Denmark, 25th-27th Aug.
- Moray, N. (1997). Human factors in process control. In G. Salvendy (Ed.) *Handbook of human factors and ergonomics* (pp. 1944-1971). New York: Wiley.
- Morineau T., Hoc J.-M., & Denecker P. (2003). Cognitive levels of control in Air-Traffic Radar Controller Activity. *International Journal of Aviation Psychology*, 13, 107-130.
- Morris, C.D., Bransford, J.D., & Franks, J.J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 519-533.
- Myles-Worsley, M., Johnston, W.A., Simons, M.A. (1988). The influence of expertise on x-ray image processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 553-557.
- Nairne, J.S. (2002). The myth of the encoding and retrieval match. *Memory*, 10, 389-395.
- Naito, M., & Komatsu, S. (1993). Processes involved in childhood development of implicit memory. In P. Graf & M.E.J. Masson (Eds.), *Implicit memory: new directions in cognition, development, and neuropsychology* (pp. 231-260). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Navarro, C. (2001). Partage de l'information en situation de coopération à distance et nouvelles technologies de la communication : Bilan de recherches récentes. *Le Travail Humain*, 64(4), 297-319.
- Navarro, C., Terrier, P., & Courteix, S. (1991). Modifications organisationnelles et régulation de l'activité de travail : le cas du contrôleur aérien. *Revue Internationale de Psychologie Sociale*, 4(1/2), 45-68.
- Nelson, D.L., Canas, J., Bajo, M.T. & Keelan, P.D. (1987). Comparing word fragment completion and cued recall with letter cues. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(4), 542-552.
- Newlands, A., Anderson, A.H., & Jim, M. (2003). Adapting communicative strategies to computer-mediated communication: an analysis of task performance and dialogue structure. *Applied Cognitive Psychology*, 17(3), 325-348.
- Nicolas, S. (2002). *La mémoire*. Paris : Dunod.
- Niessen, C., Eyferth, K. & Bierwagen, T. (1999). Modelling cognitive Processes of Experienced Air Traffic Controller. *Ergonomics*, Vol. 42 (11), 1507-1520.
- Norman, D.A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review*, 88(1), 1-15.
- Norman, K.L., & Chin, J.P. (1988). The effect of tree structure on search in a hierarchical menu selection system. *Behaviour and Information Technology*, 7(1), 51-65.
- Ochanine, D. (1978). Le rôle des images opératives dans la régulation des activités de travail. *Psychologie et Education*, III(2), 63-72.
- Ockerman, J.J., & Pritchett, A.R. (2004). Improving performance on procedural tasks through presentation of locational procedure context: an empirical evaluation. *Behaviour and Information Technology*, 23(1), 11-20.
- Ockerman, J.J., & Pritchett, A.R. (2000). A review and reappraisal of task guidance: aiding workers in procedure following. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 4(3), 191-212.
- Oulasvirta, A. (2004). Task-processing demands and memory in web interaction: A levels-of-processing approach. *Interacting with Computers*, 16, 217-241.
- Perruchet, P. (1988). L'apprentissage sans conscience : données empiriques et implications théoriques. In P. Perruchet (Ed.), *Les automatismes cognitifs* (pp. 81-103). Liège : Mardaga.
- Pickering, M.J., & Garrod, S. (2004). Towards a mechanistic psychology of dialogue. *Behavioral and Brain Sciences*, 27(2), 169-225.
- Ploetzner, R., & Lowe, R. K. (2004). Dynamic visualisations and learning (Guest Editorial). *Learning and Instruction*, 14(3), 235-240.
- Rajaram, S. (1996). Perceptual effects on remembering. Recollective processes in picture recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(2), 365-377.
- Rakauskas, M.E., Gugerty, L.J., Ward, N.J. (2004). Effects of naturalistic cell phone conversations on driving performance. *Journal of Safety Research*, 35(4), 453-464.
- Rantanen, E. M., & Levinthal, B. R. (2005), Effect of air traffic controller taskload and temporal awareness on task prioritization. *Proceedings of the 13th International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 485-490). Dayton, OH: Wright State University.
- Rantanen, E. M., & Nunes, A. (2005), Hierarchical conflict detection in air traffic control. *International Journal of Aviation Psychology*, 15(4), 339-362.

- Rasmussen, J. (1985). The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-15*, 234-243.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A.M., & Goodstein, L.P. (1994). *Cognitive systems engineering*. New York: Wiley.
- Reising, D.V.C., & Sanderson, P.M. (2002). Ecological Interface Design for Pasteurizer II: A Process Description of Semantic Mapping. *Human Factors, 44*(2), 222-247.
- Reyna, V.F. (2004). How people make decisions that involve risks. A dual-processes approach. *Current Directions in Psychological Science, 13*(2), 60-66.
- Reyna, V.F., Lloyd, F.J., & Brainerd, C.J. (2003). Memory, development and rationality: an integrative theory. In S. Schneider & J. Shanteau (Eds.), *Emerging perspectives on judgment and decision research* (pp. 201-245). New-York: Cambridge University Press.
- Richards, M.A., & Underwood, K.M. (1985). How should people and computers speak to each other? In B. Shackel (Editor), *Human-Computer Interaction - INTERACT'84*. Elsevier Science Publishers B.V., London, 4-7 September.
- Ringle, M.D., & Halstead-Nussloch, R. (1989). Shaping User Input: A Strategy for Natural Language Dialogue Design. *Interacting with Computers, 1*(3), 227-244.
- Roediger, H.L., III, Gallo, D.A., & Geraci, L. (2002). Processing approaches to cognition: The impetus from the levels-of-processing framework. *Memory, 10*, 319-332.
- Roediger, H.L., III, Srinivas, K., & Weldon, M.S. (1989). Dissociations between implicit measures of retention. In S. Lewandowsky, J.C. Dunn & K. Kirsner (Eds.), *Implicit memory: Theoretical issues* (pp. 67-84). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roediger, H.L., III, Weldon, M.S., & Challis, B.H. (1989). Explaining dissociations between implicit and explicit measures of retention: a processing account. In H.L. Roediger III and F.I.M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: essays in honour of Endel Tulving* (pp. 3-41). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rossi, J.-P. (2005). *Psychologie de la mémoire. De la mémoire épisodique à la mémoire sémantique*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Roulin, J.L., & Monnier, C. (1995). La mémoire de travail. *Actes de l'atelier de conjoncture "la charge cognitive"* (pp. 91-111). Montpellier, 30 Juin-1 Juillet.
- Sadek, D., Bretier, P., & Panaget, F. (1997). Artemis: Natural dialogue meets rational agency. *Proceedings of the 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'97)*, Nagoya, Japan, pp. 1030-1035.
- Salmeron, L.L. (2006). *Estrategias de comprensión de textos en hipertexto*. Tesis doctoral, Departamento de psicología experimental y fisiología del comportamiento, Universidad de Granada, Junio (168 pp.).
- Salmeron, L.L., Canas, J.J., Kintsch, W., & Fajardo, I. (2005). Reading strategies and hypertext comprehension. *Discourse Processes, 40*(3), 171-191.
- Salmon, P., Stanton, N., Walker, G., & Green, D. (2006). Situation awareness measurement: A review of applicability for C4i environments. *Applied Ergonomics, 37*(2), 225-238.
- Schacter, D.L., & Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994? In D.L. Schacter & E. Tulving (Eds.), *Memory systems 1994* (pp. 1-38). Cambridge: MIT Press.
- Schacter, D.L., Bowers, J., & Booker, J. (1989). Intention, awareness, and implicit memory: The retrieval intentionality criterion. In S. Lewandowsky, J.C., Dunn

- & K. Kirsner (Eds.), *Implicit memory: Theoretical issues*, pp. 47-65. Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schmalhofer, F., & Glavanov, D. (1986). Three components of understanding a programmer's manual: verbatim, propositional, and situational representations. *Journal of Memory and Language*, 25, 279-294.
- Schmidt, R.A., & Bjork, R.A. (1992). New conceptualizations of practice: Common principles in three paradigms suggest new concepts for training. *Psychological Science*, 3, 207-217.
- Schmidt, S., & Baccino, T. (2001). Stratégies de lecture pour les textes à consignes. *Langages*, 141, 105-124.
- Schvaneveldt, R.W., Durso, F.T., Goldsmith, T.E., Breen, T.J., Cooke, N.M., Tucker, R.G., & De Maio, J.C. (1985). Measuring the structure of expertise. *International Journal of Man-Machine Studies*, 23, 699-728.
- Spérandio, J.-C. (1975). Compléments à l'étude de la mémoire opérationnelle : deux expériences sur les contrôleurs de navigation aérienne. *Le Travail Humain*, 38(1), 41-62.
- Spérandio, J.-C. (1987). *L'apport de la psychologie*. In P. Cazamian (Ed.), *Traité d'ergonomie* (pp. 204-251). Marseille : Octarès entreprises.
- Spyridakis, J.H. (1989a). Signaling Effects: A Review of the Research—Part I. *Journal of Technical Writing and Communication*, 19(3), 227-240.
- Spyridakis, J.H. (1989b). Signaling Effects: Increased Content Retention and New Answers—Part II. *Journal of Technical Writing and Communication*, 19(4), 395-415.
- Strayer, D.L., Drews, F.A., & Johnston, W.A. (2003). Cellphone –induced failure of visual attention during simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(1), 42-66.
- Tapie, J., Terrier, P., Perron, L., & Cellier, J.-M. (2006). Should remote collaborators be represented by avatars? A matter of common ground for collective medical decision-making. *AI & Society*, 20, 331-350.
- Terrier, P. (1991). *Evaluation du système expert ERATO*. Rapport de fin d'étude. Toulouse, Université Toulouse II.
- Terrier, P. (1996a). Mémoire implicite et étude opérative des traitements. Exploration dans le contexte de l'évaluation d'interfaces. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS, NS 0143*, juin (239 pp. +xxi). Institut National de Recherche et de Sécurité, Vandoeuvre.
- Terrier, P. (1996b). *Standard common core content and training objectives for air traffic control: specification of training methods and tools*. Consultancy report for the European Air Traffic Control Harmonization and Integration Program (EATCHIP) (77 pp. +xxi). Institute of Air Navigation Services, Eurocontrol, Luxembourg, December.
- Terrier, P. (1998a) Why is the Question of Content Still Open? *Psychology: 9(58) Representation Mediation (4)*
<http://psycprints.ecs.soton.ac.uk/archive/00000607/>
- Terrier, P. (1998b). Re-examining the role of consistency: the cornerstone, not simply an important factor. *Psyche: An interdisciplinary journal of research on consciousness*, 4(5). <http://psyche.cs.monash.edu.au/v4/psyche-4-05-terrier.html>
- Terrier, P. (1998c). Temporal management of flight strips in en route air traffic control: a full-scope simulation on task analyses assumptions. *International Journal of Aviation Psychology*, 8(1), 65-73.

- Terrier, P. (1999). What is consciousness? Review of 'The Science of Consciousness' by Max Velmans (ed.). *Psyche: An Interdisciplinary Journal of Research on Consciousness*, 5(19). <http://psyche.cs.monash.edu.au/v5/psyche-5-19-terrier.html>
- Terrier, P., & Cellier, J.M. (1997). Using a priming paradigm for display effectiveness assessment. *Displays*, 18, 95-105.
- Terrier, P., & Cellier, J.-M. (1999). Depth of processing and design-assessment of ecological interfaces: Task analysis. *International Journal of Human-Computer Studies*, 50, 287-307.
- Terrier, P., & Cellier, J.-M. (2004). Beyond memory recall: Why dissociations among memory measures may prove useful to ergonomics. *International Journal of Cognitive Technology*, 9, 4-13.
- Terrier, P., Aïssani, A., Amiel, V., & Cellier, J.-M. (2000). Rôle de la mise en forme dispositionnelle dans le traitement cognitif d'un texte narratif : analyse en rappel différé. *International Journal of Psychology*, 35(3/4), p. 58-59 [Communication affichée au XXVII Congrès International de Psychologie, Stockholm, 23-28 juillet].
- Terrier, P., Cellier, J.M. (1996a). "Implicit memory affects explicit recall": data from experts dealing with alarm messages. *International Journal of Psychology*, 31(3/4), 480. [Oral presentation at the XXVI International Congress of Psychology. Montréal, 16th-21th Aug.].
- Terrier, P., Cellier, J.M. (1996b). Implicit and explicit memory for unitized and non unitized idioms in process control. *International Journal of Psychology*, 31(3/4), 55. [Poster presented at the XXVI International Congress of Psychology. Montréal, 16th-21th Aug.].
- Terrier, P., Cellier, J.-M., & Bauza, J.-C. (1997). Depth of processing and design-assessment of ecological interfaces: Effect of the overall view on diagnosis and recall. *Manuscrit non publié*.
- Terrier, P., Cellier, J.-M., & Carreras, O. (2000). Task analysis does count in making the Abstraction Hierarchy concrete: evidence from a pressurized water reactor situation. *Proceedings of IEA 2000/HFES 2000 Congress (Vol.1, pp. 161-164)*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society [Oral presentation at the single-session symposium "Cognitive Aspects of Dynamic Situation Management", IEA 2000/HFES2000, San Diego, USA, July 29-August 4].
- Terrier, P., Cellier, J.-M., & Grosjean, V. (1998). Les exigences de surveillance des paramètres de conduite : évaluation à partir d'une tâche de rappel. *Communication affichée aux Deuxièmes Journées Recherche et Ergonomie*. Toulouse, 9-11 février.
- Terrier, P., Lemerrier, C., & Mojahid, M. (2005). Mise en forme matérielle du texte et traitement de l'information liée à une instruction spécifique : l'effet de mise en acte avec une tâche d'assemblage. In D. Alamargot, P. Terrier & J.-M. Cellier (Eds.), *Production, compréhension et usages des écrits techniques au travail* (pp. 123-143). Toulouse : Octarès.
- Terrier, P., Lemerrier, C., & Quaireau, C. (2005). Decision processes and recognition memory in an information retrieval task: there is more than one memory trace. *Psyche: An interdisciplinary journal of research on consciousness*, 11, 1 [Poster presentation at the Eight annual conference of the Association for the Scientific Study of Consciousness, ASSC8, Antwerp, 25th-28th June 2004].
- Terrier, P., Lemerrier, C., Mojahid, M., & Cellier, J.-M. (2004). Text format and the enactment effect in an assembly task. *International Journal of Psychology*,

- 39 (5/6) [Poster presentation at the 28th International Congress of Psychology. Beijing, 8th-13th Aug.].
- Terrier, P., Neboit, M., & Cellier, J.M. (1997). Implicit memory: new procedures for cognitive load investigation in work situations. In D. Harris (ed.), *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics* (Volume 2, pp. 257-273). Ashgate: Aderlshot. [Oral presentation at the First International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Stratford-upon-Avon, 23th-25th Oct 1996].
- Therriault, D. J., & Raney, G. E. (2002). The representation and comprehension of place-on- the-page and text-sequence memory. *Scientific Studies of Reading*, 6(2), 117-134.
- Trabasso, T., & van den Broek, P. W. (1985). Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, 24, 612-630.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, 26, 1-12.
- Tulving, E., & Thomson, D.M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352-373.
- van Dijk, T., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- Velmans, M. (1991). Is human information processing conscious? Commentaries and author's response. *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 651-726.
- Velmans, M. (Ed.) (1996). *The Science of Consciousness: Psychological, Neuropsychological and Clinical Reviews*. London: Routledge.
- Vermersch, P. (1985). Données d'observation sur l'utilisation d'une consigne écrite : L'atomisation de l'action. *Le Travail Humain*, 60, 387-407.
- Vicente, K.J. (1990). Coherence- and correspondence-driven work domains: Implications for systems design. *Behaviour and Information Technology*, 9, 493-502.
- Vicente, K.J. (1991). Supporting knowledge-based behaviour through ecological interface design. (EPRL 91-01), Univ. of Illinois, Engineering Psychology Research Laboratory. (Also Ph.D. in Mechanical engineering, University of Illinois).
- Vicente, K.J. (1992). Memory recall in process control: a measure of expertise and display effectiveness. *Memory & Cognition*, 20(4), 356-373.
- Vicente, K.J. (1999). *Cognitive work analysis: Toward safe, productive & healthy computer-based work*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vicente, K.J. (2000). Revisiting the constraint attunement hypothesis: reply to Ericsson, Patel, and Kintsch (2000) and Simon and Gobet (2000). *Psychological Review*, 107(3), 601-608.
- Vicente, K.J. (2002). Ecological Interface Design: Progress and challenges. *Human Factors*, 44(1), 62-78.
- Vicente, K.J., & Rasmussen, J. (1990). The ecology of human-machine systems II: mediating "direct perception" in complex work domains. *Ecological Psychology*, 2(3), 207-249.
- Vicente, K.J., & Rasmussen, J. (1992). Ecological Interface Design: theoretical foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 22(4), 589-606.
- Vicente, K.J., & Wang, J.H. (1998). An ecological theory of expertise effects in memory recall. *Psychological Review*, 105(1), 33-57.

- Virbel, J. (1985). Langage et métalangage dans le texte du point de vue de l'édition en informatique textuelle. *Cahiers de Grammaire*, 10, 5-72.
- Virbel, J. (1989). The contribution of linguistic knowledge to the interpretation of text structures. In J. André, V. Quint & R. Furuta (Eds.) *Structured Document* (pp. 181-190). Cambridge: Cambridge University Press.
- Weldon, M. S., & Bellinger, K. D. (1997). Collective memory: Collaborative and individual processes in remembering. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1160-1175.
- Whittaker, S. (2003). Theories and methods in mediated communication. In A.C. Graesser, M.A. Gernsbacher and S.R. Goldman (Eds.), *Handbook of Discourse Processes* (pp. 243-286). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language*, 46, 441-517.
- Yonelinas, A. P., & Jacoby, L. L. (1995). The relation between remembering and knowing as bases for recognition: effects of size congruency. *Journal of Memory and Language*, 34, 622-643.
- Zacks, J.M., & Tversky, B. (2003). Structuring information interfaces for procedural learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 88-100.
- Zacks, J.M., Tversky, B., & Iyer, G. (2001). Perceiving, remembering, and communicating structure in events. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(1), 29-58.
- Zhang, J. (1996). A representational analysis of relational information displays. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 59-74.
- Zoltan-Ford, E. (1991). How to get people to say and type what computers can understand. *International of Journal Man-Machine Studies*, 34, 527-547.
- Zwaan, R.A. (2004). The immersed experiencer: Toward an embodied theory of language comprehension. In B.H. Ross (ed), *The psychology of Learning and Motivation* (Vol. 44, p.35-62). New York: Academic Press.
- Zwaan, R.A., & Radvansky, G.A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin*, 123, 162-185.