
Gestion des risques lors de la prise de décision en situation d'interaction dynamique : approches systémique et cognitive

Christine Chauvin

Université de Bretagne Sud, LESAM, Centre de Recherche,
Rue de Saint-Maudé, 56325 Lorient Cedex
CNRS, IRCCyN, PsyCoTec, B.P. 92101, F-44321 NANTES CEDEX 31
Christine.C Chauvin@univ-ubs.fr

RESUME

La gestion des risques en situation dynamique est définie comme la recherche d'un compromis entre les exigences de la tâche et les ressources cognitives. Elle s'exprime – lors de la prise de décision – par l'adoption de stratégies différentes, consistant en autant d'interprétations des objectifs et des contraintes de la tâche et dépendant de la représentation occurrente de l'opérateur. Notre objectif est de proposer une méthode permettant d'analyser et d'évaluer la gestion des risques qui intègre deux approches, l'une qualifiée de « systémique » et l'autre de « cognitive ». L'approche systémique a été proposée par Rasmussen (1997) et consiste à montrer comment les « objectifs fonctionnels » du système socio-technique sont intégrés et traduits par les opérateurs lors des prises de décision. L'approche cognitive porte sur l'analyse des stratégies et des représentations mentales sous-tendant la prise de décision dans une situation à risque. Ces deux approches ont été mises en œuvre pour analyser la gestion des risques de collision en mer.

MOTS-CLES

Gestion des risques, Situation dynamique, Prise de décision, Interactions, Conduite de navire.

1 INTRODUCTION

Dans les systèmes dynamiques et complexes, les opérateurs doivent respecter des objectifs et des contraintes ; cependant, il existe toujours des degrés de liberté leur permettant de moduler leur activité en fonction de différents paramètres (la charge de travail comme l'a montré Sperandio, 1977, les contraintes temporelles, la recherche d'un coût optimal ou encore le plaisir de l'exploration). La gestion des risques peut donc être considérée comme une fonction générale dont le but est de maintenir une installation particulière à l'intérieur des frontières définissant des opérations sûres (Rasmussen, 1997).

Elle consiste à gérer des risques externes mais aussi internes. Brehmer (1992) et Amalberti (1996) parlent de la recherche d'un compromis cognitif entre les exigences de la tâche (en termes de sécurité et de performance) et la nécessité de préserver les ressources cognitives. Ce compromis s'exprime dans les caractéristiques de la représentation de la situation que l'opérateur construit et dans la décision d'action qui est prise (Amalberti, 2001).

L'objectif de l'étude présentée est de proposer un cadre théorique et méthodologique pour analyser et évaluer la gestion des risques en situation dynamique. La question de l'analyse de la gestion des risques se pose dans le cadre de l'évaluation et de la conception des systèmes homme-machine et des programmes de formation, parce que les approches existantes intègrent rarement cette dimension (Chauvin & Hoc, à paraître).

Le cadre théorique et méthodologique proposé sera appliqué à l'analyse d'une situation d'interaction : l'anticollision en mer. Dans ce domaine, la gestion des risques consiste à concilier un objectif de sécurité (éviter la collision), de performance (ne pas prendre de retard par rapport à l'ETA¹) et de minimisation des coûts cognitifs (éviter de se placer dans une situation trop complexe). La difficulté principale est liée à l'incertitude portant sur les intentions et les actions du navire antagoniste.

¹ ETA : Expected Time of Arrival

1 CADRES THEORIQUES ET METHODOLOGIQUES

Selon Rasmussen (1997), il est nécessaire que l'étude de la gestion des risques s'inscrive dans une analyse des systèmes socio-techniques. On ne peut, en effet, comprendre les stratégies des acteurs du système que si l'on connaît les exigences et les contraintes du système auquel ils appartiennent. Rasmussen explique qu'une représentation du domaine de travail en termes de fins et moyens permet d'explicitier les contraintes et les options de choix des acteurs et constitue donc le contexte à l'intérieur duquel les frontières des opérations sûres peuvent être explicitées. Sur le plan méthodologique, l'analyse de la gestion des risques va donc comporter deux étapes :

- l'analyse du domaine de travail, à l'aide de la hiérarchie d'abstraction, va permettre d'établir les frontières des opérations sûres ;
- l'analyse de la prise de décision va consister à identifier et à évaluer l'ensemble des stratégies possibles, mais aussi à mettre en évidence la représentation occurrente supportant la prise de décision effective.

1.1 Approche systémique : la hiérarchie d'abstraction

L'analyse du domaine de travail vise à décrire les contraintes qui lui sont propres et qui vont limiter les possibilités d'action des experts. Elle repose sur l'utilisation d'un outil de modélisation à deux dimensions orthogonales développé par Rasmussen (1986) : la hiérarchie d'abstraction. La hiérarchie « de raffinement » vise à décomposer le domaine en termes de tout et parties. La hiérarchie « de mise en œuvre » représente le domaine en termes de fins et de moyens.

L'utilisation d'une hiérarchie de raffinement consiste à décomposer un système socio-technique en sous-systèmes, les sous-systèmes en unités fonctionnelles, les unités fonctionnelles en sous-ensembles et, enfin, les sous-ensembles en différents composants.

La hiérarchie de « mise en œuvre » - celle qui nous intéresse principalement dans le cadre de la gestion des risques - distingue cinq niveaux d'abstraction (Rasmussen, 1986, Vicente, 1999).

Le niveau des *objectifs fonctionnels* définit les objectifs du système (ce pour quoi il a été conçu) et les contraintes qui régissent les interactions du système avec son environnement.

Le niveau des *fonctions abstraites* décrit les lois qui s'appliquent au système : les lois de la nature (lois physiques en particulier) et les règlements.

Le niveau des *fonctions générales* représente les fonctions fondamentales qui doivent être réalisées.

Ces fonctions sont mises en œuvre à l'aide de *processus physiques*. Ce niveau décrit le comportement des composants du domaine.

Le niveau hiérarchique le plus bas est celui des *formes physiques*. Il regroupe toutes les ressources du système (outils, personnel) et précise leurs caractéristiques et leur localisation.

Pour l'analyse de la gestion des risques, il est intéressant de considérer les interactions qui s'établissent entre les différents niveaux d'abstraction et, plus particulièrement, entre les trois niveaux d'abstraction les plus élevés : les niveaux des objectifs fonctionnels, des fonctions abstraites et des fonctions générales. En effet, comme le souligne Rasmussen (1997), l'étude de la prise de décision ne peut être séparée d'une étude du contexte social et du système de valeur dans lequel elle prend place, puisqu'elle va consister à identifier la façon dont les acteurs d'un système adaptent les objectifs et les contraintes qui sont fixés.

1.1 Approche cognitive : Analyse de la prise de décision

On oppose fréquemment les théories formelles ou normatives de la décision et des modèles décrivant des comportements réels, tels que ceux développés dans le cadre de la NDM (Naturalistic Decision Making, c'est-à-dire, prise de décision en situation naturelle ou « écologique »).

Mais, selon Chater & al. (2003), cette opposition résulte d'une mauvaise appréciation du rôle explicatif joué par les principes de la rationalité classique dans les sciences humaines et sociales. Ces auteurs considèrent qu'il est possible d'utiliser ces principes non pas pour expliquer le comportement mais pour définir un comportement optimal, une fois spécifié un modèle de l'environnement et les limites de capacités de traitement de l'information des acteurs humains. Cette définition devrait permettre d'élaborer des prédictions concernant les décisions des individus et de les comparer à une décision optimale.

Nous présenterons donc ces deux conceptions de la prise de décision.

1.1.1 *Les théories formelles de la décision : l'exemple de la théorie des jeux*

La théorie des jeux s'applique à l'ensemble des situations de prise de décision interactives ; elle utilise les théories de la probabilité et la théorie de l'utilité attendue. Il s'agit donc d'un paradigme très large qui a longtemps prévalu dans le cadre des études portant sur la décision et relevant des sciences économiques, financières ou sociales.

La théorie des jeux caractérise son objet en insistant sur trois aspects (Luce & Raiffa, 1957) :

- un individu se trouve dans une situation qu'il ne contrôle pas complètement ;
- cette situation va conduire à un résultat parmi plusieurs résultats possibles ;
- l'individu étudié a une préférence pour l'un de ces résultats.

Elle pose quelques postulats fondamentaux :

- les préférences de chaque individu sont cohérentes, elles peuvent donc être représentées numériquement par une fonction qui sera nommée « fonction d'utilité » ;
- tous les résultats possibles peuvent être caractérisés en termes d'utilité ;
- les individus ont des comportements rationnels, c'est-à-dire que chaque personne cherche à maximiser l'utilité attendue.

La théorie des jeux prend en compte les notions de risque et d'incertitude. Dans un jeu, l'incertitude est essentiellement liée au fait qu'un acteur ne sait pas ce que l'autre va faire. Pour réduire cette incertitude, plusieurs stratégies sont possibles et, notamment :

- une stratégie sûre consistant à minimiser les pertes indépendamment de ce que l'autre va faire. Chaque acteur doit analyser les pertes associées à chaque choix possible et choisir la stratégie à laquelle sont associées les pertes minimales ;
- une stratégie compétitive consistant, de la part d'un des acteurs, à choisir l'option associée aux gains les plus forts en ne prenant en considération que ses gains propres ;
- une stratégie coopérative consistant à maximiser les gains communs.

Cette théorie est donc séduisante pour l'étude de prises de décision interactives, telles que l'anticollision en mer ou la conduite automobile. Elle a d'ailleurs été utilisée pour analyser l'interaction entre usagers dans ces deux domaines, respectivement par Cannell (1981) pour l'anticollision en mer et par Prentice pour l'analyse d'une collision entre deux véhicules automobiles (1974). Son application pratique pose, cependant, un certain nombre de questions :

- comment intégrer la dimension spatio-temporelle qui caractérise les situations dynamiques ?
- Sur quels critères faut-il définir les préférences des opérateurs (sécurité ou économie, sécurité et économie) ?
- Le choix d'une stratégie repose-t-il vraiment sur l'examen d'utilités ? Toutes les options sont-elles évaluées en termes de gains et de coûts ?

Par ailleurs, on sait qu'en situation naturelle les experts n'ont pas le temps d'évaluer toutes les alternatives et que le modèle classique ne rend pas compte de la complexité de ces situations (Kobus, Proctor & Holste, 2001).

Ces questions ou limites pour l'analyse de la prise de décision en situation réelle ont conduit plusieurs chercheurs à proposer un cadre théorique alternatif : le cadre de la NDM (Naturalistic Decision Making).

1.1.1 *La NDM*

Les études menées dans le cadre de la NDM portent sur la façon dont des opérateurs expérimentés, travaillant individuellement ou en groupes, dans des environnements dynamiques, incertains et évoluant souvent rapidement, identifient et évaluent la situation, prennent des décisions et réalisent des actions dont les conséquences sont significatives pour eux et pour l'organisation au sein de laquelle ils opèrent (Zsombok, 1997, p.5). Cette approche s'intéresse donc explicitement à des opérateurs experts et à l'activité qu'ils exercent en situation réelle de travail. Elle a conduit à proposer plusieurs modèles de prise de décision, dont le modèle RPD (Recognition-Primed Decision) de Klein.

Ce modèle a été proposé pour expliquer comment des militaires peuvent utiliser leur expérience pour décider d'une action et la réaliser sans avoir à analyser et à comparer plusieurs options (Klein, 1997). Il s'oppose donc très ouvertement à la théorie des jeux qui suppose qu'un choix est effectué

après qu'une analyse des utilités associées à l'ensemble des résultats possibles a été menée. Il repose sur trois hypothèses fondamentales :

1. les experts génèrent et évaluent des options de façon sérielle et non pas concurrente ; la première option prise en considération est, d'emblée, une option plausible ;
1. les experts utilisent la mise en correspondance de patterns pour pallier l'incidence de la pression temporelle ;
1. les experts choisissent une option sans comparer toutes les options possibles. Quand une option est évaluée, l'évaluation repose sur une simulation mentale de ses conséquences.

Une extension du modèle met l'accent sur la compréhension de la situation en cours ou « Situation Awareness ». La « Situation Awareness » est décrite comme le modèle interne que l'opérateur construit à propos de son environnement. Plus précisément, Endsley (2000, p.5) la définit comme la « perception d'éléments de l'environnement à l'intérieur d'un volume spatio-temporel, la compréhension de leur signification et la projection de leur statut dans un futur proche ».

Cette représentation mentale constitue le principal précurseur de la prise de décision (Endsley, Ibid). Son analyse semble essentielle dans le cadre de l'étude de la gestion des risques, puisque le fait qu'elle puisse être incomplète ou inadéquate peut, dans certains cas, être à l'origine de prise de décision erronée.

Les approches normatives et écologiques sont, le plus souvent, présentées comme opposées. L'opposition centrale concerne la notion de « rationalité ». Les analyses normatives de la décision postulent que les individus ont des préférences cohérentes, qui dépendent des utilités subjectives associées aux résultats possibles et pondérées par leur probabilité d'occurrence. Or, les recherches sur la prise de décision montrent que l'élaboration des préférences est fortement influencée par la nature et le contexte de la décision, que le poids accordé à différentes options est souvent influencé par des modifications ténues de la tâche ou de la description et de la nature des options à prendre en considération, que des évaluations incorrectes des utilités sont courantes (Shafir & LeBoeuf, 2002). Il y aurait donc deux rationalités indépendantes : une rationalité « normative » et une rationalité « écologique » ; c'est-à-dire que des actions ou décisions ne pouvant se justifier à l'aide de normes rationnelles classiques pourraient néanmoins conduire à une réussite pratique.

S'il n'est pas possible d'expliquer le comportement et la prise de décision à l'aide d'une approche normative, nous chercherons, cependant, à l'utiliser pour représenter les options possibles. Nous chercherons ensuite à identifier les facteurs qui déterminent les préférences individuelles.

1 ANALYSE DE LA GESTION DES RISQUES DANS UNE SITUATION D'INTERACTION : L'ANTICOLLISION EN MER

A la passerelle d'un navire marchand, un officier assure – le plus souvent seul - la conduite du navire. La gestion des interactions entre navires et l'évitement des collisions est un aspect de son activité. L'anticollision en mer présente trois caractéristiques principales :

- elle est assurée par le bord et non pas par un centre de contrôle ;
- les officiers communiquent rarement entre eux, parce qu'il est difficile d'identifier les navires dans les zones où le trafic est dense ;
- l'anti-collision s'inscrit dans un cadre réglementaire défini par le Règlement International Pour Prévenir les Abordages en Mer ou COLREG (COLlision REGulations).

Ce règlement définit différents types de situations d'interaction : situations de rattrapage, de face à face et situations de croisement. Nous nous intéresserons, ici, à la gestion du risque de collision en situation de croisement. Dans cette situation, le risque (au sens de la probabilité qu'un événement redouté apparaisse) est d'autant plus important que l'incertitude relative aux actions et réactions d'autrui est forte.

La gestion du risque suppose donc la mise en place de stratégies visant à réduire cette incertitude. Ces stratégies s'expriment dans les décisions prises par les officiers et s'inscrivent dans un cadre social plus large qu'il est nécessaire de décrire pour pouvoir les analyser.

Nous identifierons tout d'abord, à l'aide de la hiérarchie d'abstraction proposée par Rasmussen, les objectifs et les contraintes qui doivent être pris en compte par les officiers à bord des navires. Nous chercherons, ensuite, à identifier les actions et stratégies possibles. Nous analyserons, enfin, les stratégies effectivement choisies par les officiers, en nous appuyant sur les résultats d'une étude menée pour le compte du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (Andro, Chauvin, Le

Bouar, 2001). Cette étude a consisté à analyser d'une part les traces de l'activité (les caractéristiques de manœuvres effectuées) et, d'autre part, les verbalisations recueillies en passerelle d'un car-ferry.

1.1 Analyse du domaine de travail

On peut considérer un navire comme un système qui se décompose en quatre sous-systèmes distincts : la passerelle (dont l'objectif est la conduite du navire), la machine (dont l'objectif est d'assurer la production d'énergie), le pont (qui concerne la gestion des marchandises ou des véhicules transportés pour un car-ferry), le service hôtellerie (qui assure la restauration et l'entretien des locaux de vie). Le sous-système qui nous intéresse, ici, est la passerelle. Elle se décompose en plusieurs unités fonctionnelles identifiées par des pupitres distincts ; il s'agit des unités « veille et conduite », « communication », « sécurité intérieure » (surveillance incendie, porte-étanches essentiellement) et SMDSS². Nous nous intéresserons plus particulièrement à l'unité « veille et conduite ».

L'utilisation de la hiérarchie de mise en œuvre permet de définir :

- Le niveau des *objectifs fonctionnels*. Il s'agit, dans le cas d'un navire, d'assurer le transport de marchandises ou de passagers en en tirant un bénéfice et en respectant les lois internationales de navigation et de protection de l'environnement. Pour ce qui est du sous-système passerelle, l'objectif consiste à conduire le navire d'un point à un autre, en respectant les horaires, en veillant à la sécurité du navire et des marchandises ou des passagers, ainsi qu'au confort des passagers s'il s'agit d'un car-ferry.
- Le niveau des *fonctions abstraites*. En ce qui concerne le sous-système formé par la passerelle, les lois à prendre en considération sont des lois physiques qui régissent le comportement du navire à la mer et des contraintes légales définies, en particulier, par le Règlement International Pour Prévenir les Abordages en Mer ; celui-ci édicte des règles qui s'appliquent au navire non privilégié (celui qui doit manœuvrer parce qu'il voit l'autre sur son tribord) mais également des règles qui concernent le navire privilégié (celui qui a la priorité).
 - La règle 15 porte sur le cas de deux navires à propulsion mécanique dont les routes se croisent. Elle spécifie que *le navire qui voit l'autre navire sur tribord doit s'écarter de la route de celui-ci et, si les circonstances le permettent, éviter de croiser sa route sur l'avant. La règle 8 du COLREG précise que toute manœuvre entreprise pour éviter un abordage doit, si les circonstances le permettent, être exécutée franchement, largement à temps et conformément aux bons usages maritimes. Elle doit permettre de passer à une distance suffisante.*
 - La règle 17 s'applique au navire privilégié et indique que *lorsqu'un navire est tenu de s'écarter de la route d'un autre navire, cet autre navire « doit maintenir son cap et sa vitesse ». Néanmoins, ce dernier peut manœuvrer, afin d'éviter l'abordage par sa seule manœuvre, « aussitôt qu'il lui paraît évident que le navire qui est dans l'obligation de s'écarter de sa route n'effectue pas la manœuvre appropriée ».*
- Le niveau des *fonctions générales*. Pour l'unité fonctionnelle « veille et conduite », les fonctions générales ou activités consistent à :
 - assurer une veille visuelle et une veille radar (visant à détecter des navires qui suivraient une route de collision).
 - Assurer la conduite du navire ; c'est-à-dire, à suivre la route définie et tracée sur la carte électronique en évitant les collisions et en veillant au confort des passagers.

Dans le cadre de l'étude de la gestion des risques, ce sont les interactions entre ces trois niveaux d'abstraction les plus élevés qui nous intéressent. Ainsi, nous nous demanderons comment les objectifs fonctionnels et les fonctions abstraites peuvent être interprétés au niveau des fonctions générales. Puis, nous examinerons la façon dont ils sont effectivement interprétés ; c'est-à-dire, comment les officiers hiérarchisent les différents buts assignés au système et comment ils interprètent les règlements.

1.1 Identification des possibles

L'identification des stratégies à l'aide de la théorie des jeux suppose d'avoir listé toutes les actions possibles mais également toutes les combinaisons d'actions, pour pouvoir ensuite préciser l'utilité associée à chacune d'entre elles. Dans le domaine de l'anticollision, les buts sont multiples ;

² SMDSS : (Système Mondial de Détresse et de Sécurité en Mer). Ce système a deux fonctions : la transmission automatique des messages d'alerte vers un centre spécialisé à terre d'une part et la transmission automatique vers les navires des avis urgents et des bulletins météo.

l'identification des options possibles reflétera non seulement les objectifs de sécurité mais aussi, quoique dans une moindre mesure, les contraintes temporelles auxquelles sont soumis les officiers.

1.1.1 Les possibilités d'action du navire non privilégié

La réalisation des objectifs de sécurité dans des situations d'interaction a fait l'objet de plusieurs études. Dans le domaine de la conduite de navire (Cook & Crawshaw, 1983), comme dans le domaine de la conduite automobile (Saad, 1996), il a été établi qu'une « bonne » manœuvre est une manœuvre typique (celle qui aurait été entreprise par la majorité des sujets) et donc prévisible. On peut préciser cette affirmation en expliquant qu'une bonne manœuvre est une manœuvre qui est facilement détectable (d'une amplitude supérieure à 10°) et interprétable par autrui ; c'est-à-dire qu'elle doit s'inscrire dans l'algorithme proposé par Koyama et Yan (1987) que la figure 1 résume.

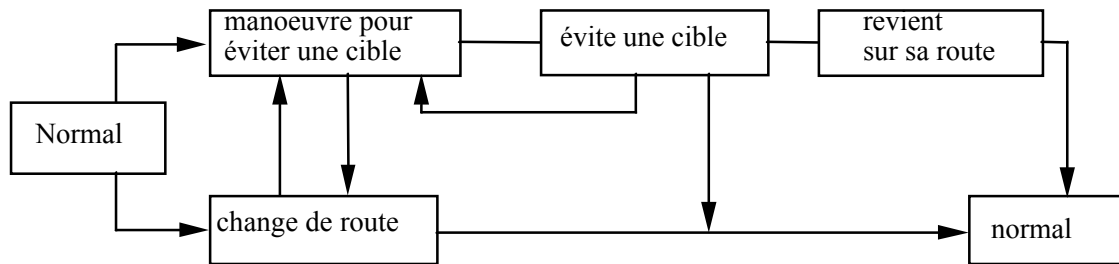


Figure 1 - Algorithme utilisé pour interpréter les manœuvres d'un autre navire

Légende

- Si le navire qui change de cap était en route de collision avec un troisième bateau, il change de cap pour éviter la collision. On peut prédire qu'il maintiendra son nouveau cap jusqu'à ce que tout danger soit écarté et qu'ensuite il reviendra sur sa route initiale. Mais il n'est pas inconcevable qu'il manœuvre à nouveau pour s'éloigner plus de la cible. Il n'est pas inconcevable non plus qu'il garde son nouveau cap parce qu'il le rapproche de sa route théorique.
- Si le navire qui change de cap n'avait pas de raison apparente d'entreprendre une manœuvre, on peut penser qu'il a modifié sa route et qu'il maintiendra son nouveau cap.

La prise en compte des contraintes temporelles et économiques peut s'exprimer, quant à elle, par le choix de la manœuvre la plus économique, c'est-à-dire de la manœuvre nécessitant le changement de cap de moindre amplitude qu'il consiste à venir à droite... ou à gauche.

1.1.2 Les possibilités d'actions du navire privilégié

Bien que le navire privilégié doive « maintenir son cap et sa vitesse », ses possibilités et ses devoirs d'actions sont multiples ; ils dépendent de la distance qui le sépare du navire antagoniste (Cockroft & Lameijer, 1996).

- À grande distance, avant que le risque de collision soit avéré, les deux navires sont libres d'entreprendre l'action de leur choix.
- Quand le risque de collision apparaît, le navire non privilégié doit manœuvrer aussitôt que possible et franchement de façon à passer à une distance suffisante. Le navire privilégié doit maintenir son cap et sa vitesse.
- Quand il devient évident que le navire non privilégié ne manœvrera pas, le navire privilégié *peut* manœuvrer, afin d'éviter l'abordage par sa seule manœuvre. Si le navire privilégié manœuvre, il *ne doit pas*, si les circonstances le permettent, abattre sur bâbord lorsque l'autre navire est bâbord à lui.
- Quand la collision ne peut être évitée par la seule manœuvre du navire non privilégié, le navire privilégié doit effectuer la manœuvre qui est la meilleure pour aider à éviter l'abordage.

1.1.3 Coordination des actions des deux navires

Enfin, la satisfaction de l'objectif de sécurité suppose que les deux navires effectuent des actions « coordonnées », soit que seul l'un des deux manœuvre, soit qu'ils manœuvrent dans la même direction en venant tous les deux à droite ou tous les deux à gauche (Zhao & al., 1995).

La prise en compte de l'ensemble de ces possibilités permet de décrire plusieurs combinaisons d'actions, dépendant de la distance qui sépare les deux navires et définissant trois stratégies (Cf. Figure 2) :

- l'une (numérotée 1 sur la figure) privilégie l'économie cognitive et consiste – de la part du navire non privilégié (NP) ou du navire privilégié (P) à manœuvrer très tôt, avant même qu'il y ait situation d'interaction entre les deux navires ;
- l'autre (numérotée 2 sur la figure) consiste – de la part du navire non privilégié – à effectuer une manœuvre d'évitement. Cette stratégie est « économique » (2a) quand elle conduit à venir à gauche, (économique parce qu'il s'agit du changement de cap de moindre amplitude), elle est « conventionnelle » (2b) quand elle se traduit par une manœuvre effectuée sur la droite conformément aux recommandations du COLREG (cette manœuvre « conventionnelle » est également « économique » quand la manœuvre sur la droite correspond au changement de cap de moindre amplitude) ;
- la dernière (numérotée 3 sur la figure) vise à gérer le risque externe et consiste, de la part du navire privilégié, à agir quand il s'avère que le navire non privilégié ne manœuvrera pas.

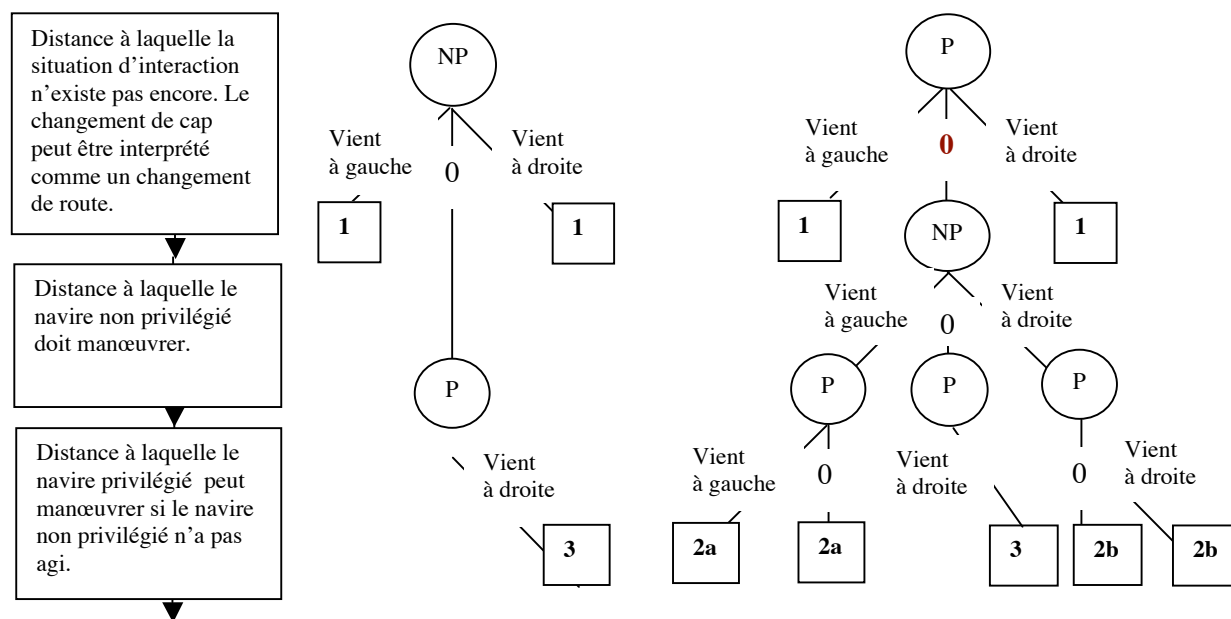


Figure 2 – Actions et stratégies possibles des navires non-privilégié (NP) et privilégié (P)

1.2 Analyse de la prise de décision

Pour éviter une collision, les officiers, en passerelle de navires, ont donc le choix entre plusieurs stratégies ; stratégies qui peuvent être qualifiées de règles informelles puisqu'elles consistent à interpréter le règlement. La question est de savoir quels facteurs déterminent le choix d'une stratégie (ou règle) particulière.

Deux hypothèses peuvent être posées à la suite de recherches menées dans le domaine de la conduite automobile :

- des groupes différents d'utilisateurs adoptent des règles informelles différentes (Monseur & Maletterre, 1969). Ici, on peut faire l'hypothèse que car-ferries et cargos n'adopteront pas les mêmes stratégies ; ceci pour deux raisons : *i*) parce que les car-ferries sont des navires traversiers qui manœuvrent souvent pour éviter des collisions et que cette activité est donc effectuée régulièrement par les officiers qui assurent leur conduite, *ii*)

mais aussi parce que ces navires sont plus rapides que la plupart des cargos et ont des capacités de manœuvre supérieures.

- L'incertitude ou l'impossibilité d'anticiper le comportement d'autrui conduit les acteurs à augmenter les marges de sécurité (Cf. Van der Hulst, Rothengatter, T., Meijman, T., 1998).

1.2.1 Méthode

63 situations de croisement entre cargos et car-ferries ont été enregistrées au CROSS³ Gris-Nez. Elles concernent des cargos empruntant le DST⁴ et des car-ferries effectuant des traversées entre Calais (France) et Douvres (Angleterre). Ces situations ont été classées en 4 catégories (Cf. Figure 3) en fonction de la zone où elles apparaissent (DST montant ou descendant) et du type de priorité des navires (car-ferry ou cargo privilégié).

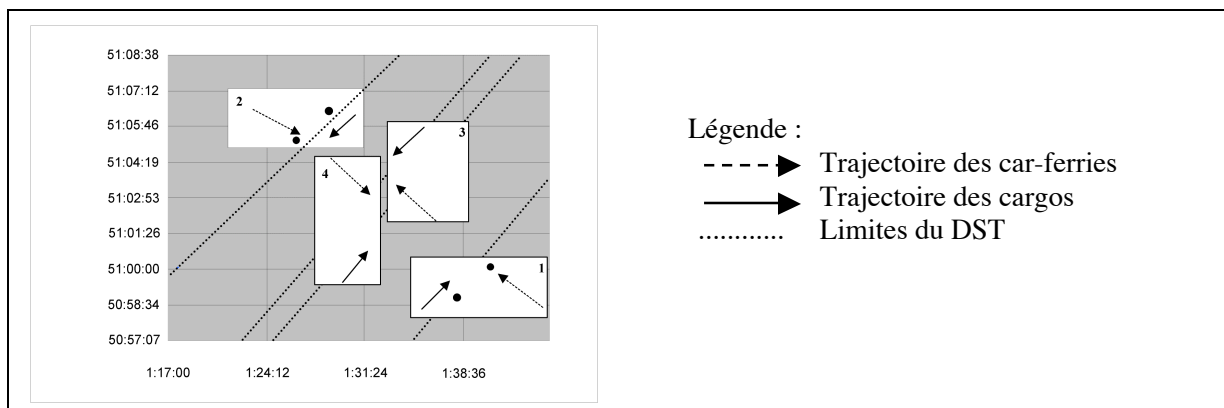


Figure 3 – Les situations d'interaction analysées

34 cas représentent des situations d'interaction dans lesquelles le car-ferry est non privilégié (catégorie 3 et 4 sur la figure 3). 29 cas représentent des situations d'interaction dans lesquelles le car-ferry est privilégié (catégorie 1 et 2 sur la figure 3).

30 variables ont été créées pour rendre compte des manœuvres observées. Elles décrivent le contexte de la situation d'interaction (jour/ nuit, force et direction du vent, caractéristiques du courant, visibilité), la situation d'interaction (positions relatives des deux navires définies en termes de distance et de relèvement, DCPA⁵, TCPA⁶), la trajectoire des navires (cap et vitesse), les types des navires (car-ferry, cargo lent, cargo rapide), la prévision de passage (si le navire non-privilégié ne manœuvrait pas, passerait-il devant ou derrière le navire privilégié ?).

Les traitements statistiques ont consisté :

- en des statistiques descriptives,
- en la mise en œuvre de méthodes de classification (classification ascendante hiérarchique, arbre de décision).

1.2.2 Résultats de l'analyse statistique

L'analyse statistique descriptive met en évidence des différences significatives entre les manœuvres effectuées par les cargos empruntant le DST et celles effectuées par les car-ferries.

Les manœuvres effectuées par les car-ferries et les cargos constituent des interprétations différentes de la règle 8 qui recommande de manœuvrer « franchement », « largement à temps » pour « passer à une distance suffisante ». Les car-ferries manœuvrent, en effet, à une distance moyenne de 3,42 milles, avec une amplitude moyenne de 18° (pour passer à 1 mille sur l'avant d'un cargo et à 0,7

³ CROSS : Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage

⁴ DST : Dispositif de Séparation du Trafic. Il définit, dans le Pas-de-Calais, des voies de circulation différentes pour le trafic « montant » et pour le trafic « descendant ».

⁵ DCPA : Distance at Closest Point of Approach (distance qui séparera les deux navires quand ils se trouveront au plus près l'un de l'autre).

⁶ TCPA : Time to Closest Point of Approach (temps restant avant que le CPA soit atteint).

mille à l'arrière), alors que les cargos manoeuvrent à une distance moyenne de 2,85 milles, avec une amplitude de 24° (pour passer à une distance moyenne de 0,7 mille).

Les manoeuvres effectuées par les car-ferries et les cargos traduisent différentes violations de la règle 15 qui indique que le navire non-privilegié doit manoeuvrer en venant, si possible, à droite pour passer sur l'arrière du navire privilegié. On observe, en effet, que tous les car-ferries manoeuvrent lorsqu'ils sont non privilegiés alors que 24% des cargos ne manoeuvrent pas lorsqu'ils sont dans cette situation. Les cargos non privilegiés qui manoeuvrent viennent à droite alors que 23,5% des ferries non privilegiés viennent à gauche.

L'utilisation de la méthode dite de l'arbre de décision permet d'identifier les variables discriminant le type de manoeuvre effectué par le navire non privilegié. Il s'agit de la vitesse du navire et de la prévision de passage.

- 80% des navires non privilegiés ayant une vitesse inférieure à 10,6 noeuds ne manoeuvrent pas alors que 96% des navires naviguant à plus de 10,6 noeuds effectuent une manoeuvre.
- Si la prévision de passage du navire non privilegié est derrière le privilegié, la manoeuvre s'effectue à droite. La manoeuvre à gauche est discriminée par le fait que le navire non privilegié a une vitesse supérieure à 10,6 noeuds, qu'il prévoit de passer devant le navire privilegié et qu'il est un car-ferry. Quand la prévision de passage du car-ferry non privilegié s'établit sur l'avant du cargo privilegié, le car-ferry vient à gauche dans 32% des cas... ce qui l'amène à passer sur l'avant du cargo contrairement à ce que le règlement recommande. L'officier choisit, dans ce cas, une stratégie économique.

La règle 17 précise que *lorsqu'un navire est tenu de s'écarter de la route d'un autre navire, cet autre navire « doit maintenir son cap et sa vitesse »*. Néanmoins, ce dernier peut manoeuvrer, afin d'éviter l'abordage par sa seule manoeuvre, « aussitôt qu'il lui paraît évident que le navire qui est dans l'obligation de s'écarter de sa route n'effectue pas la manoeuvre appropriée ».

Dans 6 des 13 situations où le car-ferry manoeuvre alors qu'il est privilegié, la manoeuvre est effectuée trop tôt (à une distance moyenne de 3,92 milles) pour relever de l'application de la règle 17. Elle permet, ici, de lever l'incertitude relative aux actions d'autrui en prenant le contrôle de la situation et de préserver ses ressources cognitives en se maintenant dans une zone très éloignée des limites de sécurité du système.

1.2.3 Conclusion

Sur la base de ces résultats, on peut faire l'hypothèse que les officiers à bord des car-ferries et des cargos n'interprètent pas le règlement de la même façon.

- Les officiers, à bord des cargos, ignorent la règle 15 lorsqu'ils choisissent de ne pas manoeuvrer alors qu'ils sont à bord du navire non privilegié. Ce choix semble fortement déterminé par la vitesse de leur navire (en l'occurrence une vitesse faible).
- Les officiers, à bord de car-ferries non privilegiés, s'éloignent notablement du règlement, lorsqu'ils choisissent d'exécuter une manoeuvre sur la gauche. Il semble que le choix de cette stratégie « économique » révèle des préférences variant selon les contextes et selon les individus. Le choix d'une stratégie économique est lié à la vitesse du navire et donc à ses capacités de manoeuvre mais il dépend également de caractéristiques individuelles puisque, dans une même situation (définie par un ratio de vitesse favorable au car-ferry non privilegié et par une prévision de passage s'établissant sur l'avant du cargo), une majorité des officiers privilegie une manoeuvre conventionnelle.
- Les officiers, à bord de car-ferries privilegiés, interprètent la règle 17 de façon à éviter la situation d'interaction lorsqu'ils manoeuvrent suffisamment tôt pour que leur action puisse être perçue comme un changement de route.

D'une façon plus générale, le degré d'incertitude auquel est confronté l'officier en passerelle d'un car-ferry semble déterminer sa stratégie de gestion du risque. L'incertitude est forte lorsqu'il se trouve à bord du navire privilegié, car il ne connaît pas les intentions de l'officier qui doit, réglementairement, manoeuvrer. Dans ce cas, le but « sécurité » l'emporte sur le souci d'économie et les stratégies mises en œuvre révèlent la volonté de limiter le risque interne (la surcharge cognitive) ou de gérer, en dernier recourt, le risque externe en venant à droite dès qu'il semble évident que le navire non privilegié ne

manœvrera pas. Quand l'incertitude est faible (cas du car-ferry non privilégié décidant de la résolution du conflit), la manœuvre choisie est, pour une partie des officiers, la plus économique ; elle traduit alors la prise en compte de critères de performance.

1.3 Analyse des représentations mentales sous-jacentes à la prise de décision

Pour 11 des 63 situations d'interaction observées, nous avons recueilli des données qualitatives à la passerelle du car-ferry concerné ; 5 des protocoles concernent des situations où le car-ferry est non privilégié et 6 concernent des situations où le car-ferry est privilégié. Pour étudier les représentations mentales des officiers, nous leur avons demandé de penser « tout haut », à partir du moment où ils détectaient l'existence d'un risque de collision, jusqu'au moment où les deux navires se croiseraient.

Les protocoles ont été analysés à l'aide d'une méthode mettant l'accent sur les marques linguistiques (voir Chauvin, 2000, pour une application de la méthode à l'analyse de la même activité). Ici, nous nous intéresserons, plus particulièrement, aux marques introduisant les buts poursuivis et les informations traitées lors de la prise de décision.

Pour rendre compte des résultats obtenus, nous distinguerons à nouveau le cas des car-ferries « privilégiés » et celui des car-ferries se trouvant dans la position de navires non privilégiés.

1.3.1 Verbalisations des officiers à bord du car-ferry non privilégié

Dans le cas où le car-ferry est le navire non privilégié, les officiers assurant la conduite du navire choisissent d'effectuer des manœuvres économiques ou conventionnelles.

Ils verbalisent spontanément tout d'abord la direction, puis l'amplitude de la manœuvre choisie. Tout se passe donc comme si le point de départ de leur raisonnement était le choix de la direction : venir à gauche ou venir à droite.

La verbalisation du choix de la manœuvre (venir à droite ou à gauche) est associée à l'énoncé de la vitesse du navire antagoniste. Cette indication est cohérente avec les résultats de l'analyse statistique. Elle confirme le fait que, lorsque la manœuvre prévue consiste à venir sur la gauche (pour passer devant le navire privilégié), la décision dépend du différentiel de vitesse entre le car-ferry et le cargo.

L'énoncé de l'amplitude de la manœuvre s'accompagne de l'énoncé de la distance et, éventuellement, du DCPA, ainsi que de l'énoncé d'un but de communication d'intention (*je commence à venir tout doucement – là il est encore assez loin. Il est à 5 milles. En général, c'est 3 milles, 3.5/ Je viens de 5°, c'est pour lui montrer que je vais...*). Ces données indiquent la volonté de l'officier de communiquer clairement son intention aux autres navires ; ce qui l'amène à choisir un changement de cap qui soit visible. Quelle que soit la stratégie adoptée (économique ou conventionnelle), les officiers cherchent donc à limiter les réactions du navire antagoniste.

1.3.2 Verbalisations des officiers à bord du car-ferry privilégié

Dans le cas où le car-ferry est dans la position du navire privilégié, le souci de lever toute ambiguïté peut amener les officiers à chercher à maîtriser la situation :

- en manœuvrant très tôt (le but, ici, n'est pas d'éviter la collision mais d'éviter l'interaction) ;
- ou, en limitant les marges de manœuvre du cargo. En effet, la décision de venir sur la droite – prise par l'officier en passerelle du car-ferry dans les cas où il apparaît certain que le cargo ne manœvrera pas - peut entraîner, dans un premier temps, une diminution de la distance de passage entre les deux navires et obliger, par conséquent, le cargo à venir à droite également. Dans ce cas, l'argument énoncé porte sur la distance de passage sur l'avant et le but évoqué est d'inciter l'autre à entreprendre une certaine action (*0.4 mille devant, je ne veux pas qu'il passe si près devant... Je préfère lui montrer par où il doit passer*).

Cette stratégie vise à lever l'incertitude contenue dans le règlement - et, plus particulièrement, dans la règle 17 - en obligeant l'autre à manifester ses intentions et en limitant ses possibilités d'action.

1.3.3 Conclusion

En mettant en évidence les buts poursuivis par les officiers en passerelle d'un car-ferry, l'analyse des protocoles verbaux complète l'analyse des traces de l'activité. Elle montre, en effet, que toutes les

stratégies mises en œuvre par les officiers relèvent d'une volonté de contrôle de la situation, puisqu'elles visent à gérer le risque en limitant et en contrôlant les actions et / ou réactions d'autrui.

- La stratégie consistant à éviter l'interaction en manoeuvrant avant que le navire antagoniste ait pu considérer qu'un risque de collision existait permet, en effet, d'éviter que ce dernier manoeuvre.
- Les manoeuvres d'évitement effectuées par le car-ferry non privilégié ont des caractéristiques (manoeuvre le plus souvent conventionnelle, de forte amplitude) qui visent à montrer clairement ses intentions au navire antagoniste et à limiter ses réactions.
- La manoeuvre effectuée par le car-ferry privilégié vise, dans certains cas, à contraindre le navire antagoniste non privilégié à manoeuvrer en accentuant la criticité des paramètres d'interaction. Elle peut donc être qualifiée de stratégie *incitative*, voire de stratégie *coercitive*.

2 CONCLUSION GENERALE

Gérer des risques consiste à prendre des décisions qui permettent de maintenir un système à l'intérieur de frontières définissant des opérations sûres, tout en préservant un équilibre entre les ressources cognitives disponibles et les exigences de la tâche. L'analyse de la gestion des risques doit porter sur la définition de la notion de « frontières sûres ». Elle doit permettre de mettre en évidence les stratégies de gestion des risques externes et internes. Nous avons proposé d'intégrer deux approches (une approche systémique et une approche cognitive) pour répondre à ces exigences.

La hiérarchie d'abstraction de Rasmussen invite à préciser les objectifs d'un système socio-technique, ainsi que les lois ou règles qui le gouvernent. Une fois ce cadre défini, les théories portant sur la prise de décision s'avèrent utiles pour décrire et analyser les stratégies des opérateurs en termes de gestion des risques externes et internes. Les principes définis par la théorie des jeux peuvent être utilisés pour définir des comportements optimaux au regard des buts et des contraintes du système. Effectuer une comparaison entre les comportements possibles et les comportements réels conduit à identifier, a posteriori, les préférences des opérateurs. Ces préférences traduisent les priorités des opérateurs, établies en fonction des caractéristiques du contexte. Les principes définis par la NDM et, en particulier, l'accent mis sur l'importance des représentations mentales, amènent à préciser les buts poursuivis par les opérateurs et les éléments du contexte qui sont pris en compte lors de la prise de décision.

L'intégration de ces approches conduit à mettre en évidence, dans le cadre d'une situation d'interaction entre navires, l'existence de différentes stratégies, dépendant de préférences individuelles, mais surtout du niveau d'incertitude concernant les intentions et actions d'autrui. Un niveau d'incertitude faible permettrait de gérer la performance tout en assurant l'objectif de sécurité alors qu'un niveau d'incertitude important conduirait à gérer directement le risque externe dans le cas où une gestion stratégique d'évitement du risque n'a pas été mise en œuvre à temps. Dans tous les cas, cependant, une « méta-stratégie » existe, qui vise à limiter les actions et réactions d'autrui. L'analyse réalisée soulève, également, des questions ; elles sont relatives aux déterminants des préférences individuelles d'une part et aux processus cognitifs sous-jacents à la prise de décision d'autre part.

Ainsi, on peut se demander quelle est l'incidence de caractéristiques individuelles (et notamment de l'expertise) sur l'utilisation des différentes stratégies. En ce qui concerne le processus de prise de décision, l'analyse menée suggère qu'un officier privilégie, dans une situation donnée, une stratégie déjà connue et préétablie, sans prendre en considération l'ensemble des possibles ; cette hypothèse qui est conforme aux résultats de la NDM n'a cependant pas l'objet d'une mise à l'épreuve. Pour approfondir ces deux questions, une étude expérimentale sur simulateur de navigation est envisagée.

3 BIBLIOGRAPHIE

- Andro, M., Chauvin, C., Le Bouar, G. (2001). *Les Interactions entre navires*. Rapport d'étude effectuée pour le compte du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement – Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques. 56 pages.
- Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risque*. Paris : PUF.
- Amalberti, R. (2001). La maîtrise des situations dynamiques. *Psychologie Française*, 46, 105-117
- Brehmer, B. (1992). Dynamic decision making : Human Control of complex systems. *Acta Psychologica*, 81, 211-241.

-
- Cannell, W.P. (1981). Collision avoidance as a game of co-ordination. *The journal of navigation*, 34, 220-239.
- Chater, N., Oaksford, M., Nakisa, R. Redington, M. (2003). Fast, frugal and rational : How rational norms explain behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 90 (1), 63-86.
- Chauvin, C. (2000). Analyse de l'activité d'anticollision à bord des navires de commerce : des marques linguistiques aux représentations mentales. *Le Travail Humain*, 63 (1), 31-58.
- Chauvin, C. & Hoc, J.M. (à paraître). Intégration de l'ergonomie dans la conception des systèmes homme-machine. In P. Millot (Ed.). *Ergonomie des systèmes homme machine*. Paris : Hermès.
- Cockroft, A.N. & Lameijer, J.N.F. (1996). A guide to the collision avoidance rules – 5th ed. Oxford : Butterworth-Heinemann Ltd.
- Cook, J.-F., Crawshaw, C.-M. (1983). Measurements used in experiments to evaluate the performance of watch officers. *The Journal of Navigation*, 36-2, pp. 220-230.
- Endsley, M. (2000). Theoretical Underspinning of Situation Awareness : a critical review. In M.R. Endsley, M. & D.J. Garland (Eds.), *Situation Awareness : analysis and measurement* (pp. 3-32). Mahwah, NJ : LEA.
- Klein, G. (1997). The recognition-Primed Decision (RDP) Model : looking back, looking forward. In C. Zsombok & G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making* (pp. 285-292). Mahwah, NJ : LEA.
- Kobus, D.A., Proctor, S., Holste, S. (2001). Effects of experience and uncertainty during dynamic decision making. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28, 275-290.
- Koyama, T., Yan, J. (1987). An expert system approach to collision avoidance. Communication présentée au 8th *Ship Control Systems Symposium*, Oct 1987, The Hague.
- Luce, R.D. & Raiffa, H. (1957). *Games and decisions – Introduction and Critical Survey*. New York : Dover Publications.
- Monseur, M. & Malaterre, G. (1969). Prise de décision des conducteurs aux carrefours. *Le Travail Humain*, 32 (3-4), 217-238.
- Prentice, J.W. (1974). The evasive action decision in an intersection accident : a game theory approach. *Journal of Safety Research*, 6/4, 147-149.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction*. North Holland : Elsevier.
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, 27, 2-3, 183-213.
- Saad, F. (1996). Driver strategies in car-following situations. In A.G. Gale (Eds.), *Vision in vehicles 5* (pp. 61-70). Amsterdam : Elsevier Science / North Holland.
- Shafir, E. & LeBoeuf, R.A. (2002). Rationality. *Ann. Rev. Psychol.*, 53, 491-517.
- Sperandio, J.C. (1977). La régulation des modes opératoires en fonction de la charge de travail chez les contrôleurs de trafic aérien. *Le Travail Humain*, 40, 2, 249-256.
- Van der Hulst M., Rothengatter, T., Meijman, T. (1998). Strategic adaptations to lack of preview in driving. *Transportation Research F 1*, 59-75.
- Vicente, K.J. (1999). *Cognitive work analysis: Toward safe, productive, and healthy computer-based work*. Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Zhao, J., Price, W.G., Wilson, P.A. & Tan, M. (1995). The uncertainty and uncoordination of mariners' behaviour in collision avoidance at sea. *The Journal of Navigation*, 48(3), 425-435.
- Zsombok, C.E. (1997). Naturalistic Decision Making : Where are we now ? In C. Zsombok & G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making* (pp. 3-16). Mahwah, NJ : LEA.

Adaptation et contrôle cognitif : supervision de situations dynamiques complexes

Jean-Michel HOC

IRCCyN¹ (UMR 6597 du CNRS), PsyCoTec, B.P. 92101, 44321 NANTES CEDEX 3

Jean-Michel.Hoc@ircsyn.ec-nantes.fr

René AMALBERTI²

IMASSA, Dépt Sciences cognitives, B.P. 73, 91123 BRÉTIGNY-SUR-ORGE

Ramalberti@imassa.fr

RESUME

Les situations dynamiques, sur lesquelles l'opérateur humain ne peut exercer qu'un contrôle partiel, sont des occasions privilégiées de voir à l'œuvre les mécanismes adaptatifs de la cognition humaine et de la performance. Le contrôle cognitif est l'outil principal de réglage de l'adaptation qui vise à établir un compromis cognitif acceptable entre coût cognitif et efficacité du résultat. Cette thématique relève de cadres théoriques multiples et relativement cloisonnés entre eux qui sont présentés dans la première partie du texte. La seconde partie introduit six caractéristiques fonctionnelles de l'adaptation et les illustre par des résultats des travaux des auteurs et de la littérature : anticipation, parallélisme, délégation au fonctionnement routinier et subsymbolique, utilisation des marges disponibles plutôt que reconstruction de la représentation en cas de problème, gestion des erreurs et non pas récupération systématique, et enfin rôle de la métacognition. La troisième partie propose un modèle cadre susceptible d'intégrer l'ensemble de ces résultats. La conclusion met en avant les directions de recherches à privilégier.

MOTS-CLES

Contrôle cognitif, Adaptation, Situation dynamique, Parallélisme symbolique/ subsymbolique, Compromis cognitif

1 INTRODUCTION

Les situations dynamiques, telles que le contrôle de processus industriel, médical, ou de trafic, ou le pilotage de mobiles dans des environnements incertains, sont l'une des cibles majeures d'étude de l'ergonomie cognitive et du génie cognitif (Bainbridge, 1978 ; Hollnagel, Mancini, & Woods, 1986; Woods & Hollnagel, 1987). Dans ces situations, l'opérateur humain ne contrôle que partiellement le processus technique ou l'environnement qu'il doit maîtriser : des facteurs non contrôlés se combinent à son action pour produire un effet (ex. : l'ordre de barre sur un navire et les vents ou courants). Il est également soumis à des incertitudes, notamment sur l'intervention de ces facteurs (ex. : variation inattendue de la vitesse du vent). Du fait de ces incertitudes, la gestion de situation dynamique fait courir des risques, à la fois à l'opérateur (ex. : pilote de combat), au processus lui-même (ex. : certains incidents industriels peuvent considérablement dégrader les installations) ou à l'environnement avoisinant (ex. : radioactivité ou pollution chimique).

Ces caractéristiques impliquent la mise en œuvre de mécanismes appropriés d'adaptation. L'atteinte d'un niveau de performance maximal n'est pas toujours possible, ni souhaitable pour préserver une durée dans le travail. C'est une des différences les plus importantes avec les situations de laboratoire où l'adaptation vise à une performance maximale, au risque d'épuiser les ressources et d'aboutir à l'échec total. C'est le rôle du contrôle cognitif que de permettre cette adaptation. Le contrôle cognitif doit garantir en continu :

- un niveau de performance suffisant (pour les exigences de travail et la gestion des événements imprévus) ;

¹ L'IRCCyN relève également de l'École Centrale de Nantes, de l'Université de Nantes (dont PsyCoTec est partie prenante) et de l'École des Mines de Nantes.

² Également chercheur associé à l'IRCCyN (PsyCoTec).

-
- pour un coût cognitif (immédiat, charge de travail), relationnel et émotionnel (relation à l'environnement et à la sphère des activités privées et sociales), ainsi que physiologique (travail dans la durée), acceptables.

Ainsi on peut faire l'hypothèse qu'une gestion optimale du contrôle cognitif consiste paradoxalement à régler la performance à un niveau sous-optimal (par rapport à un potentiel cognitif sur un sujet donné), mais encore suffisant pour répondre aux exigences perçues de la situation, et ce afin de préserver une capacité d'activités parallèles (préoccupations de travail ou pensées privées) et un travail efficace dans la durée (économie de ressources). C'est la définition même de la notion de compromis cognitif introduite par Amalberti (2001).

L'hypothèse est séduisante car elle propose une vision positive des faiblesses apparentes de la cognition en les expliquant par la finalité globale de l'activité (incluant la sphère des préoccupations privées). Sur le plan de l'assistance, le zéro défaut (ou biais) cognitif n'est plus un objectif ; une partie importante de l'expertise cognitive est dans la gestion du compromis entre différentes exigences internes et externes contradictoires ; l'intervention de l'ergonome ou la conception d'assistances doivent soutenir le compromis plutôt que réduire localement les biais. Un tel soutien peut évidemment conduire à le déplacer en termes de réduction des coûts ou/et d'accroissement d'efficacité.

Les travaux sur ce thème d'une cognition qui s'adapte aux situations, en fournissant des réponses locales apparemment sous-optimales ou « bizarres », mais finalement compréhensibles en évoquant les critères de l'adaptation et de la finalisation ne sont pas nouveaux. On peut citer notamment : la théorie russe de l'activité (ex. : Leontiev, 1976), l'étude de la décision en situation naturelle, notamment dans le courant *Naturalistic Decision Making* initié par Klein (cf. par exemple Klein, Orasanu, Calderwood, & Zsombok, 1993), l'analyse des échecs de contrôle des situations complexes (Dörner, 1980), l'automatisation et la complexité des environnement réels (Woods & Hollnagel, 1987). On peut seulement regretter que les contributions soient souvent éclatées ou cloisonnées, avec un manque de synthèse des apports des uns et des autres. Seuls quelques auteurs se sont essayés à la transversalité. Jens Rasmussen (1986) est sûrement un des plus notables catalyseurs d'idées sur le sujet, articulant des contributions de différentes origines (européennes et américaines), prélevant des idées dans des courants très divers de la psychologie, de l'automatique, de l'intelligence artificielle et de la sociologie, pour proposer des modèles cadres³ rendant compte de la performance des opérateurs en situation naturelle. Les travaux de Reason, Woods, Hollnagel, Klein, Vicente, Flach, des deux auteurs de cette communication, et de bien d'autres chercheurs, ont beaucoup été inspirés par ces modèles cadres proposés par Rasmussen.

L'objectif de cette communication est de proposer un modèle cadre d'inspiration délibérément psychologique, par rapport à ceux qui l'ont précédé, de nature plus phénoménologique. Ce modèle vise à rendre compte de la complexité et de la palette des mécanismes psychologiques, et des représentations sous-jacentes à l'adaptation en situation de contrôle de processus. Ce modèle devrait permettre d'orienter les recherches vers la conception de nouvelles assistances à une conduite sûre ; il permet aussi de mettre en avant les besoins complémentaires dans certains domaines de recherche.

L'article est divisé en trois parties. La première partie présente une synthèse des cadres théoriques qui touchent à l'adaptation et au contrôle, avec une sélection plus particulière de ceux qui ont une pertinence pour les situations dynamiques. La deuxième partie introduit les domaines techniques étudiés par les auteurs, rappelle les cadres d'études et les méthodes employées, et extrait six résultats transversaux à ces études qui fondent le modèle cadre présenté en troisième partie.

2 LES CADRES THEORIQUES DE L'ADAPTATION ET DU CONTROLE COGNITIF

2.1 L'adaptation

En situation dynamique, l'opérateur s'adapte essentiellement pour conserver la maîtrise de la situation, c'est-à-dire de l'interaction opérateur-tâche. Un sujet maîtrise une situation, lorsqu'il la maintient dans un domaine où il peut satisfaire des exigences acceptables en y consacrant des ressources (connaissances et énergie) en quantité supportable. L'adaptation, telle que la décrit Piaget

³ On appelle modèle cadre tout modèle qui propose une vision globale, intégrative de la cognition. Il s'agit le plus souvent de modèles d'activités; leur caractère intégré leur donne une forte capacité heuristique pour la recherche, en même temps qu'il réduit leur lien à une approche structurelle et qu'il les rend peu falsifiables.

(1974a), se traduit très directement en termes de maîtrise de la situation. Il s'agit d'une équilibration (un processus) entre deux mécanismes complémentaires :

- L'assimilation de la situation courante à une situation maîtrisée (connue). Il s'agit de se représenter (ou de modifier) les exigences de la situation courante de sorte qu'elle s'inscrive dans le domaine de validité des ressources disponibles (connaissances et énergie disponible). L'assimilation s'appuie souvent sur des stratégies de gestion de priorités entre contraintes à satisfaire dont certaines peuvent être relâchées. L'assimilation rend compte des aspects de l'activité dirigés par les ressources.
- L'accommodation des situations maîtrisées à la situation courante (inconnue). Pour accroître, à terme, l'efficacité de l'assimilation, les connaissances peuvent être accrues, ainsi que la performance des stratégies en termes d'énergie dépensée. L'accommodation rend compte des aspects de l'activité dirigés par les exigences.

Qu'il s'agisse de l'adaptation ou de la maîtrise de la situation, ces deux notions peuvent être tour à tour considérées soit d'un point de vue subjectif (interne), soit d'un point de vue objectif (externe). La modélisation des activités cognitives privilégie le point de vue subjectif. Les exigences de la situation et les ressources disponibles qui vont permettre l'évaluation de l'équilibration par le sujet relèvent évidemment de la représentation. C'est la représentation des exigences et des ressources qui détermine le déroulement de l'équilibration. Mais, bien entendu, on peut aussi avoir un point de vue objectif sur la satisfaction des exigences et l'évaluation des ressources engagées. Il permet d'évaluer l'efficacité de l'activité en termes de rapport entre efficacité (exigences) et coût (ressources), c'est-à-dire le réglage du compromis cognitif.

Piaget insistait beaucoup sur le rôle de la « résistance du réel » dans le développement cognitif. Les exigences des tâches sont en grande partie représentées grâce aux rétroactions apportées lors de l'action sur l'environnement. L'action a un rôle fondamental dans l'acquisition de connaissances. Mais elle permet aussi la construction de métaconnaissances sur sa propre activité qui fondent les représentations de ressources disponibles. Le contrôle cognitif peut être défini comme l'exploitation des rétroactions et des caractéristiques de l'environnement pour réaliser l'adaptation.

2.2 Le contrôle cognitif

Le thème du contrôle cognitif relève d'une littérature assez différente de l'approche de l'adaptation. Le point de départ de cette littérature se situe dans les travaux sur l'attention et sur la dualité des processus contrôlés et automatiques. Au début des années 70, certains travaux psychologiques se focalisent sur l'explication des limitations des processus attentionnels et présentent les routines comme « ce qui ne consomme pas de ressources attentionnelles » (Kaheneman, 1973 ; Laberge, 1973 ; Norman & Bobrow, 1975). Les processus « automatiques » (irrépressibles, rapides, non conscients et autonomes) sont opposés aux processus « contrôlés » (lents, séquentiels, et régulés consciemment par les individus), notamment par Shiffrin et Schneider (1977). Parce qu'ils postulent qu'un processus qui ne requiert pas d'attention ne peut pas être contrôlé, ces modèles interdisent toute notion de contrôle cognitif des routines.

À partir des années 80, de nombreux résultats viennent empiriquement invalider cette position (Navon, 1979 ; Hirst *et al.*, 1980), et l'idée d'un contrôle indirect des routines par les processus contrôlés s'impose progressivement (Reason, 1984). Dès lors, les modèles de contrôle (des routines) vont commencer à se sophistiquer dans la littérature. Norman et Shallice (1986) proposent un modèle qui fait l'hypothèse de l'existence de deux systèmes impliqués dans le contrôle des routines. La planification compétitive fonctionne par défaut tant que le contexte le permet. Ce contrôle agit à travers l'activation et l'inhibition des routines en compétition de manière à ce qu'une seule routine soit déclenchée à la fois. Chaque routine possède une valeur d'activation, et est sélectionnée et déclenchée quand cette valeur dépasse un certain seuil. Le superviseur attentionnel utilise une part des ressources attentionnelles pour moduler le résultat de la planification compétitive en fournissant une source d'activation ou d'inhibition additionnelle.

Deux idées nouvelles, en tout cas issues d'autres courants de la psychologie, vont venir nourrir la réflexion sur le contrôle et son lien à l'adaptation :

- D'une part, les travaux sur la prise de conscience et la métacognition chez l'enfant (Piaget, 1974b ; Flavel & Wellman, 1977) intéressent dès les années 80 les développements rapides en

intelligence artificielle et les applications à la modélisation de l'opérateur (Pitrat, 1987 ; Valot & Amalberti, 1992). Ces travaux montrent que l'utilisation située de la compétence nécessite une instance de contrôle pour donner les priorités cognitives en fonction de la progression dans la tâche. Cette prise de conscience de sa propre activité sert à la fois l'adaptation immédiate vers le but, et l'adaptation sur le long terme par la mémorisation des succès et échecs. Elle est un outil essentiel de la formation des connaissances opérationnelles.

- D'autre part les travaux sur les routines vont progressivement quitter la dichotomie processus contrôlés/ processus automatiques, en tout cas son explication liée à un réservoir limité de ressources disponibles, et se réorienter vers des modèles cadres de l'acquisition de l'expertise. Logan va reconsidérer les théories sur les processus automatiques en réfutant les thèses sur les ressources, et en proposant une explication alternative des résultats observés par les propriétés de stockage et d'accès en mémoire de la connaissance routinière (Logan, 1988). Dès les années 80, cette même idée est étendue aux aspects plus globaux et cadres du savoir (Anderson, 1985 ; Rasmussen, 1986); l'acquisition des expertises complexes relève de la transformation de la connaissance déclarative en connaissance procédurale.

Rasmussen (1986) introduisait ainsi trois niveaux d'abstraction pour le contrôle, que nous rappelons ici dans l'ordre classiquement présenté du développement de l'expertise, des plus coûteux aux moins coûteux en ressources attentionnelles symboliques. Toutefois, l'expertise permet de développer tout autant des connaissances profondes que des habiletés procédurales. Les deux premiers relèvent du traitement de l'information symbolique (concepts et signes, toujours discontinus et renvoyant à des significations), le dernier du traitement de l'information subsymbolique (signaux, souvent continus et traités pour eux-mêmes sans renvoi à des significations).

*Knowledge-Based Behavior (K)*⁴ : Ce niveau de contrôle est fondé sur des connaissances déclaratives — des concepts — éloignées de l'action et nécessitant des interprétations. Les concepts sont des structures représentatives complexes, impliquant des relations sémantiques et des procédures associées. Ce niveau de contrôle est observé dans des situations de résolution de problème, surtout chez le débutant, mais aussi chez l'expert en situation mal connue. Il est très coûteux en connaissances et en ressources attentionnelles symboliques.

Rule-Based Behavior (R) : Ce niveau de contrôle est fondé sur des règles, reliant des conditions à des activités. Les conditions sont représentées comme des signes, c'est-à-dire des unités à double face « expression-contenu » dont l'utilisation s'appuie donc sur un minimum d'interprétation. Ce niveau de contrôle s'applique à des situations d'exécution de procédures à forte composante attentionnelle symbolique. Il est relativement coûteux en ressources.

Skill-Based Behavior (S) : Ce niveau de contrôle est fondé sur des automatismes (sensori-moteurs ou cognitifs) dont la régulation s'appuie sur des signaux. Il s'agit de routines peu coûteuses en ressources attentionnelles symboliques, bien qu'elles puissent nécessiter des contrôles attentionnels subsymboliques (ex. : attention visuelle). Ces signaux peuvent être vus comme des invites à l'action, sans médiatisation par la représentation symbolique (c'est-à-dire des affordances selon Gibson, 1979).

Le traitement de l'information symbolique est séquentiel et coûteux en attention symbolique. Par sa forme de codage, il discrétise les informations et procède par étapes, sans permettre le « lissage » imposé par certaines activités (ex. : l'engagement au tennis). En revanche, il donne accès aux significations et permet les généralisations. Le contrôle subsymbolique s'appuie sur des signaux, sans entrer dans des interprétations profondes. Il est parallèle et économe en attention symbolique. Il permet la continuité du traitement de la rétroaction et ouvre la possibilité d'un lissage de l'action.

Le contrôle symbolique implique toujours le recours à l'attention (symbolique), ce qui le rend sensible à la surcharge de traitement. Le contrôle subsymbolique ou routinier n'est toutefois pas exempt d'exigences attentionnelles. L'attention requise à ce niveau peut être subsymbolique (ex. : attention visuelle : quand on fixe une zone du regard, on ne peut pas à la fois en fixer une autre, éloignée de la précédente). Elle peut aussi être symbolique, parce que la routine peut nécessiter une supervision symbolique pour être efficace.

⁴ Dans l'ordre, les traductions françaises de cette terminologie pourraient être : fondé sur les connaissances (déclaratives), sur les règles, sur les habiletés.

3 SIX RESULTATS EMPIRIQUES POUR COMPRENDRE ADAPTATION ET CONTROLE

Sans négliger pour autant les apports de bien d'autres auteurs à notre réflexion sur l'adaptation et le contrôle cognitif, nous rappellerons ici quelques résultats marquants de travaux qui ont été menés autour de nous. Dans le cadre limité de cette communication, certains de ces résultats seront seulement évoqués, d'autres développés plus précisément. Ce sont ces travaux qui nous ont amenés à faire évoluer notre approche théorique du contrôle cognitif depuis notre contribution initiale (Hoc & Amalberti, 1995). Ils ont porté sur des activités de contrôle supervision dans des contextes variés :

- conduite de haut fourneau : processus très lent dans lequel le diagnostic et la prise de décision sont menés selon des stratégies de moindre compromission qui s'appuient sur un système de représentation causal et fonctionnel du processus (travaux dont on peut trouver un résumé dans Hoc, 1996) ;
- pilotage d'avion : processus plus rapide et plus risqué pour la conduite duquel la métacognition joue un rôle central et où la gestion des erreurs manifeste le réglage d'un compromis cognitif (travaux publiés synthétisés dans Amalberti, 2001) ;
- contrôle de trafic aérien : processus relevant d'une dynamique intermédiaire qui conduit à la co-habitation d'activités très anticipatives et d'activités routinières très synchronisées au trafic (Morineau, Hoc, & Denecker, 2003) ;
- maintenance de centrale nucléaire : étude de la gestion des risques d'erreur (confusion spatiale) au travers de routines (Noizet & Amalberti, 2000) ;
- travaux expérimentaux sur un micromonde dynamique lisible comme une lutte contre des feux de forêts : étude des changements de modalité du contrôle cognitif sous l'effet de l'accélération de la vitesse du processus à contrôler (Hoc & Moulin, 1994 ; Hoc, Amalberti, & Plee, 2000) ;
- enfin, gestion collective des risques dans le domaine médical (Marc & Amalberti, 2002).

3.1 L'anticipation est une aide majeure à l'adaptation

Dans la conduite de haut fourneau, les travaux cités ont montré que les opérateurs passaient beaucoup de temps à développer des stratégies à long terme de génération et de test d'hypothèses sur l'évolution de phénomènes physico-chimiques internes à l'installation et non accessibles directement (Hoc, 1996). En revanche, quand il s'agissait de prendre des décisions, elles s'appuyaient essentiellement dans le court terme sur des variables de surface sans lien direct avec ces phénomènes. Derrière cet apparent paradoxe se situaient en fait des stratégies anticipatives qui permettaient de définir des contextes pour évaluer la validité de règles d'action sur la base de données manifestes et pour assurer une interprétation correcte de ces données. Ces observations étaient cohérentes avec le fonctionnement en parallèle de deux des niveaux de contrôle définis par Rasmussen : le niveau de contrôle fondé sur les connaissances déclaratives (travail sur les descripteurs) et le niveau de contrôle fondé sur les règles (déclenchées par les paramètres observables).

Les pilotes de combat passent beaucoup de temps à évaluer des hypothèses sur les menaces et des stratégies de résolution de problème lors de la préparation du vol (Amalberti, 2001). Cependant, en devenant experts, les pilotes transfèrent une analyse en largeur (considérer beaucoup d'hypothèses, avec des niveaux de réponses relativement génériques) vers une analyse en profondeur (considérer peu d'hypothèses pour lesquelles les réponses sont très fortement préparées, notamment dans leurs capacités d'adaptation). Ces stratégies permettent tout à la fois un guidage très fort du vol en fixant un domaine imposé de validité au-delà duquel la mission devient impossible et des degrés de liberté autour de cet axe pour absorber les surprises et les contraintes non anticipées. Elles permettent aussi de mettre en jeu des heuristiques stratégiques de guidage de l'activité vers des solutions bien maîtrisées, avec des routines disponibles et efficaces. La même attitude est retrouvée dans le contrôle aérien : les opérateurs anticipent les conflits par simulation mentale des positions futures et modifient les trajectoires planifiées des avions avant même l'existence du problème.

Bref, l'anticipation explique la plupart des sélections d'informations opérées par les opérateurs. L'objectif de base de ces anticipations reste d'éviter une conduite réactive par rapport à l'environnement qui augmenterait très rapidement la charge de travail des opérateurs au risque de perdre justement le contrôle de la situation par saturation cognitive. Mais des résultats récents

montrent aussi que trop de temps laissé à l'anticipation peut être contre-productif. Deux expériences ont été réalisées sur le micro-monde NEWFIRE en manipulant principalement la vitesse du processus (Hoc & Moulin, 1994 ; Hoc, Amalberti, & Plee, 2000). Lorsque le processus est rapide, la stratégie est très réactive, bien que sous le contrôle d'un plan schématique, rarement remis en question. Lorsque le processus se ralentit, la stratégie apparaît plus anticipative, avec des possibilités de planification et de replanification en temps réel, et la performance s'améliore. Mais, quand on continue à ralentir le processus, la performance se dégrade au point de rejoindre celle du contrôle du processus rapide. Les stratégies anticipatives s'avèrent alors prendre en charge de nombreux détails tactiques au point de négliger les aspects vraiment stratégiques de la situation. Elles vont en outre bien au-delà des compétences des sujets sur le micro-monde, comme en témoigne l'augmentation du taux d'erreurs de connaissances (déclaratives) au sens de Rasmussen (1986) et de Reason (1993).

3.2 Le parallélisme entre tâches est la règle

Le pilote gère plusieurs objectifs simultanément, mais leur réalisation s'effectue en temps partagé (Amalberti, 2001). Chacun des objectifs est lui-même composé d'une série d'objectifs secondaires et d'une série de points demeurés incompris ou insatisfaisants qui motivent des activités de compréhensions complémentaires de la part du pilote. Quand la charge de travail est élevée, le nombre de tâches gérées diminue et le fractionnement de ces tâches diminue également (la durée moyenne que le pilote s'accorde sur chaque tâche avant de passer à une autre s'allonge). Inversement quand la charge de travail est faible, le fractionnement des tâches est plus important. D'autre part, les tâches courtes sont le plus souvent effectuées sans interruption alors que les tâches longues sont toujours interrompues une ou plusieurs fois. La stratégie de gestion des tâches utilisée par les pilotes repose sur l'exploitation des temps d'attente d'événements dans la tâche la plus essentielle et la plus longue, pour effectuer des tâches courtes mais complètes pendant ces attentes. Ces tâches sont dimensionnées à la taille de l'attente supposée, et le pilote peut espérer les finir d'un bloc pendant cette attente. Cette heuristique permet de minimiser le nombre de tâches commencées et non terminées.

De même le contrôleur aérien gère en permanence plusieurs tâches en parallèle. Le contrôle de la traversée du secteur par un avion se réduit rarement à une seule instruction donnée à l'entrée du secteur. En particulier, plusieurs conflits entre avions doivent être suivis en parallèle, quelquefois sur plusieurs dizaines de minutes. Notamment, un laps de temps non négligeable sépare l'instruction de déviation donnée à un avion de sa remise sur la route. Les stratégies doivent être conçues pour gérer ce parallélisme entre tâches à moindre coût. C'est exactement ce que l'on observe dans les analyses expérimentales (Morineau *et al.*, 2003) : même en forte charge de trafic (au moins trois fois supérieure au trafic acceptable sur un poste de contrôle), les stratégies des contrôleurs sont telles qu'elles réduisent considérablement les concurrences entre tâches de niveaux d'activation très élevés (par exemple la mise en œuvre quasiment synchrone de deux solutions à deux conflits différents).

3.3 Le parallélisme entre niveaux de contrôle cognitif est une nécessité

Dans le contrôle aérien, l'étude citée (Morineau *et al.*, 2003) a consisté à faire gérer un trafic simulé avec des interruptions régulières (gels) pour représenter des périodes de relève de poste. Pendant les périodes de relève où l'on demandait aux contrôleurs de faire part de leurs préoccupations oralement et en dessinant les avions dont ils parlaient sur une carte, des marques très fortes d'anticipation ont été relevées : avions dessinés très en avance sur leurs positions, conflits représentés plus graves et urgents que dans la réalité. Pendant les périodes de contrôle (hors gel), à l'inverse, l'activité était très synchronisée aux événements. Les affordances de l'environnement jouaient probablement un rôle majeur dans cette synchronisation des routines au trafic. En tout cas, la mise en œuvre tardive de ces routines apparaissait bien comme une stratégie de moindre compromission, agissant dans le cadre d'une analyse très anticipée de la structure de l'espace problème. Cette analyse apparaissait d'ailleurs absolument nécessaire pour que les routines puissent se développer.

Dans un autre travail, cité plus haut, sur les rondiers de centrale nucléaire un arbre de diapositives chaînées les unes aux autres a été utilisé par des opérateurs expérimentés pour simuler leurs propres déplacements au cours d'activités de maintenance (Noizet & Amalberti, 2000). Chaque vue était évaluée *a priori* selon son potentiel de risque pour la performance. La principale variable analysée était le temps qui séparait le moment où la vue est affichée du moment où l'agent agissait sur la vue,

pour simuler une action ou un déplacement (temps passé par vue ou TPV). Les allongements de TPV étaient interprétés comme l'intervention du superviseur attentionnel dans la planification compétitive qui interrompt l'agencement automatique des séquences d'actions et induit un changement de la nature des activités cognitives, plus contrôlées, séquentielles et, donc, plus lentes. Dans le cadre de cette hypothèse, le TPV devient un moyen pour capturer le contrôle des routines. Le temps passé sur les vues « à risques » est apparu très significativement plus long que sur les vues sans risques. Cet allongement a été interprété comme un point de contrôle qui est activé par un élément de la structure de l'environnement (affordance). Mais les résultats ont aussi montré d'autres allongements, notamment sur des vues sans risque, instables d'un sujet à l'autre, et d'une répétition à l'autre ; comme ces passages lents restaient constants en volume, voire augmentaient sous pression temporelle, on les a considérés comme témoignant d'un contrôle réflexif interne des activités cognitives, sur la supervision de sa propre activité.

3.4 La centration sur la résolution de problèmes exceptionnels constitue un biais d'étude

L'une des raisons pour lesquelles la littérature parle peu de ces parallélismes provient de sa centration excessive sur des situations exceptionnellement catastrophiques où les opérateurs sont enjoins d'adopter un mode de traitement symbolique (résolution de problème) et en situation de mono-tâche (un problème à la fois). Ce n'est pas parce que l'on cherche à éviter les catastrophes qu'il faut se concentrer sur des études portant exclusivement sur des opérateurs confrontés à ces situations. Beaucoup de catastrophes sont évitées par le mode de traitement adopté dans les situations normales qui les précèdent, en particulier par une bonne gestion du compromis cognitif répartissant adéquatement le contrôle de l'activité entre un traitement symbolique très coûteux et un traitement subsymbolique routinier, en assurant les supervisions nécessaires du premier sur le second (et les émergences produites dans l'autre sens).

3.5 Le travail sans erreur n'est pas un objectif central de la maîtrise de la situation

Une série d'études converge pour montrer que les opérateurs, s'ils ont le choix, préfèrent agir à comprendre, car l'action aide la compréhension (par exemple : Piaget, 1974a ; Rouse, 1981 ou Reason, 1993). La cognition est de ce fait bridée (par rapport à une performance théorique de compréhension et de contrôle dont le sujet serait capable dans une situation découplée de l'action) et les erreurs plus fatalement plus nombreuses (horizon temporel insuffisant, modèle du monde trop schématique, attirance des affordances externes). Par exemple, plusieurs expérimentations en aéronautique montrent que les pilotes exposés à des pannes ne cherchent pas à réaliser de diagnostic causal ; ils limitent considérablement leur investissement dans une compréhension fine du problème. Ils donnent la priorité au maintien d'une solution valide pour l'objectif, qui reste compatible avec leur savoir-faire sur un mode relativement aisé. S'il n'existe plus de solution, ou si la solution est trop difficile, les pilotes investissent alors dans la recherche de nouvelles solutions (Plat & Amalberti, 2000).

Une récente série d'études (Wioland & Amalberti, 1996 ; Marc et Amalberti, 2002) montre à quel point le contrôle de l'erreur est une variable parmi d'autres, et *in fine* peu prédictive, de la maîtrise de la situation. Dans la gestion d'un micromonde de contrôle aérien, il a été noté que les sujets (entraînés ou professionnels) produisaient un flux d'erreurs assez constant, mais pour l'essentiel ces erreurs étaient détectées (dont une grande quantité d'erreurs de routine, ce qui témoigne de l'intervention de mécanismes de supervision). Dans la régulation des appels d'urgence dans un SAMU, ont été étudiés les seuils et les critères d'intervention des individus (signalisation aux autres, récupération sur décision personnelle) pour récupérer un risque détecté dans la situation collective (Marc & Amalberti, 2002). Les opérateurs interviennent tardivement. Tout se passe comme si les opérateurs acceptent que le groupe dérive en permanence vers un niveau de risque significatif, tout en intervenant sur ce niveau de risque pour le garder à une échelle gérable et réversible.

3.6 L'expérience et la métacognition sont les marqueurs indispensables au réglage de l'adaptation

Le réglage du compromis cognitif est de plus en plus satisfaisant avec l'expérience car cette dernière permet de développer, non seulement des connaissances dans le domaine d'activité (ex. :

importances relatives des différents types d'erreurs), mais aussi des métaconnaissances. L'étude citée de la préparation du vol en aviation de combat a bien montré le rôle de l'expérience des pilotes dans la répartition planifiée de leurs activités entre le contrôle symbolique et le contrôle subsymbolique (Valot & Amalberti, 1992).

4 INTEGRATION DANS UN CADRE THEORIQUE

De ces travaux, il ressort donc qu'un cadre théorique pertinent pour comprendre la supervision et le contrôle de situations dynamiques doit rendre compte du réglage du compromis cognitif sur la base du sentiment de maîtrise de la situation (à plus ou moins long terme). Pour ce faire, une conception du contrôle cognitif qui en admet une multiplicité de modalités s'impose, car l'économie du coût cognitif oriente vers les routines, tandis que les exigences de performance peuvent nécessiter un contrôle plus conscient (de même que la supervision des routines). Nous allons d'abord énumérer quelques-unes des principales dimensions utilisées pour catégoriser des modalités de contrôle cognitif différentes, proposer un choix de deux d'entre elles pour aboutir à un modèle cadre susceptible de les articuler.

4.1 Les dimensions pertinentes pour le contrôle cognitif et l'adaptation

4.1.1 Niveau d'abstraction des données du contrôle

Cette dimension, utilisée par Rasmussen (1986), a été présentée plus haut. Rappelons seulement ici qu'elle oppose le contrôle symbolique (fondé sur des concepts ou sur des signes) au contrôle subsymbolique (fondé sur des signaux). L'automatisation de l'activité permet d'en réduire le coût en passant d'un contrôle symbolique à un contrôle subsymbolique. Mais l'expertise conduit aussi à enrichir les connaissances d'ordre symbolique, notamment utilisées dans la supervision du contrôle subsymbolique.

4.1.2 Origine des données du contrôle

Nous avons également exploité une opposition entre contrôle interne ou anticipatif et contrôle externe ou réactif. Il convient de ne pas confondre cette dimension avec la précédente. En effet, l'acquisition d'expertise, par exemple, conduit au développement de connaissances procédurales (ex. : habiletés sensori-motrices) dont la mise en œuvre nécessite très peu de données externes (ex. : marcher les yeux fermés ou en lisant un journal), en s'appuyant essentiellement sur des coordinations internes. Le caractère interne du contrôle ne suppose pas nécessairement le recours à des données abstraites. De même, l'expertise peut « déporter » dans l'environnement des données subsymboliques pour le contrôle afin d'en réduire le coût, en exploitant des affordances acquises. Elle peut aussi avoir l'effet inverse en détachant, par exemple, l'opérateur d'un mode d'emploi (externe) symbolique qui le guide pas à pas en lui permettant d'avoir recours à des routines fondées sur des données internes. Le niveau d'abstraction et l'origine des données du contrôle sont donc des dimensions qu'il convient de concevoir comme orthogonales.

4.1.3 Empan temporel du contrôle

Parmi les autres dimensions évoquées pour catégoriser les modalités de contrôle, l'empan temporel couvert par le contrôle a été largement utilisé par Hollnagel (1993) dans son modèle comportemental ou phénoménologique de contrôle contextuel (COCOM). On peut toutefois interpréter cette dimension d'un point de vue psychologique comme le délai d'obtention des rétroactions concrètes après la mise en œuvre des décisions.

Les deux premiers modes proposés par l'auteur relèvent de ce que nous avons appelé plus haut le contrôle externe (ou réactif). Il s'agit du mode « brouillé » (*scrambled*) où le comportement du sujet paraît erratique et du mode « opportuniste » (*opportunistic*) où il paraît plus organisé sans être pour autant fortement planifié. Si la différence entre ces deux modes peut être identifiée sur des critères comportementaux, l'interprétation psychologique de la différence entre les deux modes pourrait reposer sur une distinction entre affordances basiques et affordances expertes. Dans le premier cas, l'opérateur est dépendant d'affordances de l'environnement non conçues pour la tâche (toutefois, une « bonne » ergonomie de l'environnement pourrait structurer le comportement de façon adéquate). Dans le second cas, le comportement est modelé par des affordances expertes qui, non seulement, sont

plus cohérentes avec la tâche à accomplir, mais encore peuvent orienter l'activité sur des séries d'action, par opposition à des actions isolées. Par exemple, en situation de dérapage, un conducteur courant ressentira l'affordance basique de tourner le volant dans le sens contraire du dérapage, en détériorant davantage la situation. Le conducteur expérimenté tournera le volant successivement dans le sens du dérapage, puis dans l'autre après avoir retrouvé le contrôle du véhicule. Dans ce second cas, l'affordance résout l'ensemble du problème de façon durable. Les deux autres modes proposés par Hollnagel, plus planifiés encore, tactique et stratégique, s'appuient davantage que les précédents sur des données internes (contrôle interne ou anticipatif). En revanche, la distinction entre les deux sous-modes s'appuie plus sur des critères liés au domaine d'activité qu'à des critères psychologiques. S'il n'y a pas parfait recouvrement entre l'origine du contrôle et l'empan temporel du contrôle, une forte corrélation entre ces deux dimensions peut être considérée et les deux dimensions confondues.

4.1.4 Métacontrôle

Dans le réglage du compromis cognitif, nous avons relevé l'intervention indispensable de la métacognition. Dans le cadre limité de cet exposé, nous ne pouvons pas nous étendre sur cette dimension indispensable qui oppose le contrôle cognitif au contrôle métacognitif. Le premier contrôle l'exécution de l'activité cognitive, le second le choix de cette activité. Si l'on admet la distinction bien acquise depuis Piaget (1974b) entre abstraction simple et abstraction réfléchissante, largement exploitée dans la gestion de situation dynamique (Hoc, 1996), cette dimension peut être corrélée avec le niveau d'abstraction des données du contrôle, en donnant un relief particulier aux données métacognitives relevant de connaissances sur son propre fonctionnement. Toutefois, la question de savoir si les métaconnaissances sont exclusivement symboliques ou si elles peuvent également prendre une forme subsymbolique est ouverte (Valot & Amalberti, 1992).

4.2 Les deux faces d'un même modèle

Les résultats qui ont été brièvement rappelés, ainsi que ces considérations théoriques, nous amènent à proposer, non pas un modèle cadre, mais deux visions du même modèle. La première est phénoménologique. Elle correspond à notre proposition antérieure (Hoc & Amalberti, 1995) et met l'accent sur la maîtrise objective, au cours du temps, du processus (technique ou, du moins, externe au sujet) supervisé ou contrôlé. La seconde est psychologique, plus explicative des mécanismes de régulation. Elle reflète les micro-mécanismes d'arbitrage et de contrôle dynamique de la cognition entre activités symboliques et subsymboliques, ainsi qu'entre contrôle interne et externe. Ces deux visions sont les deux faces d'une même synchronie, externe pour l'adaptation au processus externe, interne dans son mécanisme de régulation.

4.2.1 La face phénoménologique du modèle

Cette face privilégie la mobilisation de la cognition sur une dimension, et le temps du processus sur l'autre dimension (Hoc et Amalberti, 1995 : Figure 1). Elle introduit la représentation occurrente de la situation (de nature symbolique) au centre de l'adaptation, comme un « chef d'orchestre » du recours aux différents modules d'activités de diagnostic et de prise de décision en situation dynamique. Cette expression du modèle rend compte essentiellement de la possibilité de parallélisme de la mobilisation de la cognition à différents niveaux d'abstraction pour assumer les différentes tâches et activités qui assurent le succès de la maîtrise de la situation. La régulation des ouvertures de boucles parallèles repose sur les feed-backs reçus sur la qualité de maîtrise objective (la performance) ; la régulation de leur fermeture dépend de dates butoirs du processus physique où les résultats des analyses lancées pour améliorer la représentation deviennent exigibles, faute de devenir sans intérêt.

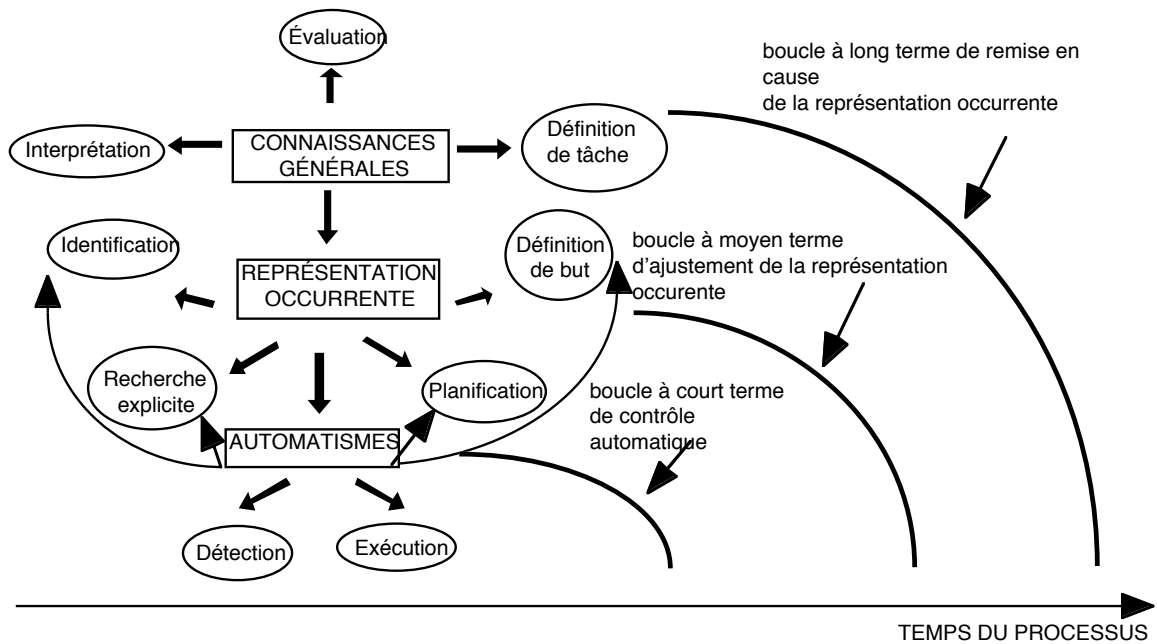


Figure 1 : Face phénoménologique d'un modèle de gestion de situation dynamique (d'après Hoc et Amalberti, 1995)

Le modèle insiste sur le parallélisme entre les niveaux de contrôle, en admettant des désynchronisations entre ces niveaux. Une profonde remise en cause de la représentation occurrente peut être à l'étude, en même temps que l'introduction d'ajustements provisoires nécessaires au contrôle rapproché de la situation, avec des poursuites prioritaires de contrôle automatique pour assurer l'adaptation à court terme. Cette formalisation est facile à communiquer à des ingénieurs, heuristique pour repérer et discuter dans les analyses de protocoles les différentes activités engagées à différents niveaux d'abstraction, la régulation de leur parallélisme, et on peut qualifier un certain degré de maîtrise objective de la situation (suivi des performances et lien avec la macro-régulation exercée par le sujet). Elle est donc très utile pour soutenir la conception d'assistances au contrôle de situations dynamiques. Hollnagel (*op. cit.*) avait déjà souligné les mêmes avantages pour son modèle COCOM.

En même temps, cette expression reste peu opérative pour la recherche en psychologie. Les mécanismes cognitifs de contrôle sont sous spécifiés ; un tel modèle s'avère insuffisant pour conduire une analyse de protocole centrée sur la maîtrise psychologique de la situation par les sujets. Et *in fine* un tel modèle ne permet que de construire des assistances normatives, qui diagnostiquent le degré de maîtrise objective, et suggèrent au sujet toute solution pour augmenter ce degré de maîtrise, avec dans la très grande majorité des cas un soutien exclusif à son activité symbolique. On a vu dans les paragraphes précédents que cette solution n'était pas toujours ni idéale, ni respectueuse des mécanismes écologiques de sécurité de la cognition. Une compréhension plus psychologique des régulations devrait donc permettre le développement d'aides également plus écologiques, aidant notamment les activités sub-symboliques et réduisant le coût de gestion de sa propre cognition au sujet tout en garantissant un résultat suffisant. C'est l'avantage présenté par la deuxième vision sur le même modèle.

4.2.2 La face psychologique du modèle

Cette deuxième vision du modèle (Figure 2) croise le niveau d'abstraction du contrôle (symbolique ou subsymbolique) avec l'origine des données du contrôle (interne ou externe) que mobilisent ces formes de connaissances.



Figure 2 : Face psychologique d'un modèle de gestion de situation dynamique

La représentation du processus externe en tant que tel s'efface (en visibilité immédiate) au profit d'une mise en relation des coûts cognitifs et des formes de contrôle cognitif de ce processus externe. Bref, cette formulation est la face cachée du modèle précédent. Elle introduit le parallélisme de toutes les activités cognitives en lien — ou pas — avec le processus. Elle rend compte du couplage et de la régulation du dosage des activités laissées à la sphère sub-symbolique et de celles conservées dans la sphère symbolique. Enfin, elle réunit sur un même schéma le parallélisme des contrôles exercés aux différents niveaux de la cognition, certains s'appuyant sur des éléments externes de l'environnement, d'autres sur des éléments purement internes. On retrouve également sur cette phase les marqueurs temporels de l'adaptation en fonction de l'acquisition de l'expertise. On pose également le problème de la communication entre les différentes modalités de contrôle, en particulier au travers des phénomènes de supervision et d'émergence qui assurent le lien entre les modalités symboliques et subsymboliques. On pourrait également s'interroger sur les relations entre contrôle interne et contrôle externe, le second pouvant venir au secours du premier quand le premier s'est fourvoyé et inversement quand les données externes sont manquantes et doivent être reconstruites.

5 CONCLUSION

Les travaux réalisés depuis la proposition de notre premier modèle de gestion de situation dynamique ne l'ont pas remis en question. Ils ont plutôt montré que ce modèle ne représentait qu'un point de vue partiel sur les mécanismes cognitifs sous-jacents. En effet, le modèle d'origine mettait l'accent sur le couplage entre la cognition et le processus externe supervisé ou contrôlé. C'est ainsi que sa présentation était plus phénoménologique que psychologique. Les résultats que nous avons brièvement rappelés, quant à eux, montrent que de nombreuses questions restent à résoudre quand on admet que l'enjeu de l'adaptation est un réglage satisfaisant du compromis cognitif, grâce à une

répartition du contrôle cognitif entre diverses modalités. Si l'on excepte provisoirement la question de l'attention, deux dimensions orthogonales doivent être croisées : le niveau d'abstraction et l'origine des données utilisées par le contrôle. Plus qu'un nouveau modèle, il s'agit d'un nouveau point de vue, de sorte que l'on peut parler d'une nouvelle « face » d'un même modèle. Du reste, ces deux points de vue cohabitent dans la littérature, en fonction des objectifs des chercheurs. Au bilan, cette face met plus clairement en avant les problèmes méthodologiques et les problèmes de recherche qui restent à résoudre pour comprendre et assister les opérateurs au bon niveau.

Parmi les difficultés méthodologiques, nous n'en retiendrons ici que deux, qui sont déjà de taille :

- L'absence actuelle de marqueur facile à repérer des activités privées qui ne sont pas en relation directe avec la supervision et le contrôle du processus externe. Ces activités, très nombreuses, expliquent certains choix contextuels de réglage de l'adaptation et du contrôle.
- L'absence ou la quasi-absence de méthodes non invasives pour objectiver sur protocole le réglage dynamique entre activités symboliques et sub-symboliques.

Enfin, nous retiendrons deux problèmes de recherche :

- La compréhension des mécanismes d'inhibition volontaire ou quasi routinière de la cognition pour des raisons de maîtrise du coût cognitif. Elle pourrait remettre en question les théories sur les biais et les solutions d'assistances qui poussent à surpasser ces mécanismes d'inhibition naturelle.
- La coopération homme-machine et la conception des assistances. Les approches normatives (ramener les sujets en permanence sur un modèle calculé idéal) ont déjà laissé place aux approches plus pragmatiques. Les résultats présentés dans ce papier encouragent à un pas de plus dans l'écologie de l'aide : soutenir finalement moins les activités symboliques et plus les mécanismes naturels de sensation de maîtrise par le sujet, notamment en favorisant le développement et la contrôlabilité des routines à un niveau qui soit sûr pour le processus et suffisant pour la performance.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R. (2001). *La conduite de systèmes à risques* (2^{ème} éd.). Paris: PUF (1^{ère} éd. 1996).
- Anderson, J. (1985). *Cognitive psychology and its implications*. New York: Freeman.
- Bainbridge, L. (1978). The process controller. In W.T. Singleton (Ed.), *The study of real skills, Vol. 1: The analysis of practical skills* (pp. 236-263). St Leonardgate, UK: MTP.
- Dörner, D. (1980). On the difficulties people have in dealing with difficulty. *Simulation & Games, 11*, 87-106.
- Flavel, J., & Wellman, H. (1977). Metamemory. In J. Kail & C. Hagen (Ed.), *Perspectives on the development of memory and cognition* (pp. 3-34). New-York: John Wiley.
- Gibson, J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Hirst, W., Spelke, E., Reaves, C., Caharack, G., & Neisser, U. (1980). Dividing attention without alternation or automaticity. *Journal of Experimental Psychology: General, 109*, 98-117.
- Hoc, J. M. (1996). *Supervision et contrôle de processus: la cognition en situation dynamique*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble, PUG.
- Hoc, J. M., & Amalberti, R. (1995). Diagnosis and decision making, some theoretical questions raised by applied research. *Current Psychology of Cognition, 14*, 73-101.
- Hoc, J. M., & Moulin, L. (1994). Rapidité du processus contrôlé et planification dans un micro-monde dynamique. *L'Année Psychologique, 94*, 521-551.
- Hoc, J. M., Amalberti, R., & Plee, G. (2000). Vitesse du processus et temps partagé, planification et concurrence attentionnelle. *L'Année Psychologique, 100*, 629-660.
- Hollnagel, E., Mancini, G., & Woods, D.D. (Eds.). (1986). *Intelligent decision support in process environments*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewoods-Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Klein, G., Orasanu, J., Calderwood, R., & Zsombok, C. (Ed.). (1993). *Decision making in action : models and methods*. Norwood, NJ: Ablex.

-
- Laberge, D. (1973). Attention and the measurement of perceptual learning. *Memory and cognition*, 1, 268-276.
- Leontiev, A.N. (1976). *Le développement du psychisme*. Paris: Éditions Sociales.
- Logan, G. (1988). Toward an instance theory of automatization, *Psychological Review*, 95, 492-527.
- Marc, J., & Amalberti, R. (2002). Contribution de l'individu au fonctionnement sûr du collectif : l'exemple de la régulation du SAMU. *Le Travail Humain*, 64, 201-220.
- Morineau, T., Hoc, J.M., & Denecker, P. (2003). Cognitive control levels in air traffic radar controller activity. *International Journal of Aviation Psychology*, 13, 107-130.
- Navon, D. G., D. (1979). On the economy of the human processing system. *Psychological Review*, 86, 214-255.
- Noizet, A., & Amalberti, R. (2000). Le contrôle cognitif des activités routinières des agents de terrain en centrale nucléaire : Un double système de contrôle. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 14, 107-129.
- Norman, D., & Bobrow, G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action : Willed and automatic control of behavior. In G. S. R. Davidson, & D. Shapiro (Ed.), *Consciousness and Self-regulation* (Vol. 4, pp. 1-18). New York: Plenum Press.
- Piaget, J. (1974a). *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence*. Paris: Hermann.
- Piaget, J. (1974b). *La prise de conscience*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Pitrat, J. (1987). Le futur de l'intelligence artificielle : les métaconnaissances. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 1, 69-88.
- Plat, M., & Amalberti, R. (2000). Experimental crew training to deal with automation surprises. In N. Sarter & R. Amalberti (Eds.), *Cognitive engineering in the aviation* (pp. 287-308). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction*. Amsterdam: Elsevier.
- Reason, J. (1984). Absent-mindedness and cognitive control. In J. Harris, & Morris, P. (Ed.), *Everyday memory actions & absent-mindedness* (pp. 113-132). London: Academic Press.
- Reason, J. (1993). *L'erreur humaine* (J.M. Hoc, Trad.). Paris: Presses Universitaires de France. (Édition originale, 1990).
- Rouse, W.B. (1981). Experimental studies and mathematical models of human problem-solving performance in fault diagnosis tasks. In J. Rasmussen & W.B. Rouse (Eds.), *Human detection and diagnosis of system failures* (pp.). New-York: Plenum.
- Shiffrin, R., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Valot, C., & Amalberti, R. (1992). Metaknowledge for time and reliability. *Reliability Engineering and Systems Safety*, 36, 199-206.
- Wioland, L., & Amalberti, R. (1996, November 12-15). *When errors serve safety : towards a model of ecological safety*. Paper presented at the First Asian conference on *Cognitive Systems Engineering in Process Control* (CSEP 96), Kyoto, Japan.
- Woods, D., & Hollnagel, E. (1987). Mapping cognitive demands in complex problem solving worlds. *International Journal of Man-Machine Studies*, 26, 257-275.

Approche cognitive et sociale de la coopération pour guider la conception de systèmes de CSCW

Manuel Zacklad

Laboratoire Technologie de la Coopération pour l'Innovation et le Changement Organisationnel
(Tech-CICO) Université de Technologie de Troyes (UTT)

Manuel.Zacklad@utt.fr

RESUME

La plupart des théories actuelles de la cognition collective dans les groupes restreints s'appliquent à des situations de coopération « structurellement » fermées. Nous proposons le cadre des transactions intellectuelles et des communautés d'action qui vise à décrire et à orienter la conception dans les situations de coopération structurellement ouvertes. Après une mise en perspective comparative avec d'autres théories de la cognition collective (cognition située et communautés de pratique, cognition distribuée, mécanisme de coordination) nous présentons les principaux concepts permettant de définir les communautés d'action, dualité des buts et des formes de connaissances, ainsi que les catégories d'activités collectives que nous définissons au sein du modèle OSIR : opérationnelles, stratégiques, intégratives, relationnelles. Nous terminons par un exemple d'application du modèle dans le contexte d'une recherche intervention visant à accompagner la mise en place d'un réseau de santé.

MOTS-CLES

Coopération, cognition collective, conception, technologies de la coopération, réseau de santé

1 CONCEPTION GUIDÉE PAR DES THÉORIES DE LA COGNITION COLLECTIVE

Les recherches en CSCW font largement appel à des considérations théoriques sur l'activité collective pour justifier le choix des fonctionnalités des systèmes de soutien. C'est le cas, par exemple, des références aux théories de l'action située (Suchman, 1987) des communautés de pratique (Wenger, 1998), de la cognition distribuée (Hutchins, 1995) des mécanismes de coordination (Schmidt et Simone, 1996). Force est de constater que ces différentes théories de l'activité collective mettent chacune l'accent sur des classes de situations particulières et qu'elle ne sont pas aisément transposables à d'autres¹.

Par exemple, les modèles et théories de la cognition collective proposés par la psychologie ergonomique et les sciences cognitives sont élaborés sur la base de l'étude de situations de travail complexes mais généralement très confinées. Des exemples de ces situations très étudiées sont le pilotage d'avions ou de navires (Hutchins, 1995) ou la régulation aérienne (Salembier 2002) où se déroulent des activités coopératives dans le sens que nous donnons plus bas à ce terme. Mais dans ces situations, les acteurs ne peuvent généralement pas transformer le cadre organisationnel, la structure du groupe et de ses rôles, ni les caractéristiques fonctionnelles des artefacts, les logiciels utilisés pour la navigation, par exemple.

Par opposition à ces situations de coopération, que nous considérons comme étant « structurellement fermées », notre intérêt va plutôt à l'étude de situations dites « structurellement ouvertes » dans lesquelles les acteurs ont la possibilité de faire évoluer non seulement la structure sociale des relations à l'intérieur du collectif, l'organisation interne du groupe, mais aussi les caractéristiques fonctionnelles des artefacts en modifiant le paramétrage des logiciels (transformation d'un plan de classement, évolution des droits d'accès aux documents, gestion de l'annuaire, etc.). Ces situations professionnelles correspondent à la plupart des situations de conception, qui ont fait l'objet

¹ C'est également le cas dans le domaine des systèmes coopératifs et de l'approche récente de la « coopération cognitive » (Hoc 2003) dont nous avons malheureusement pris connaissance trop tard pour l'intégrer dans notre discussion.

de recherches intensives², mais également à la plupart des autres professions intellectuelles impliquant des activités collectives.

Dans cet article nous présenterons un cadre théorique, la théorie des transactions intellectuelles et des communautés d'action, visant à guider la conception des technologies de la coopération dans les situations de coopération structurellement ouvertes. Nous comparerons plusieurs théories actuelles de la cognition collective pour introduire notre proposition. Celle-ci sera brièvement illustrée par un exemple d'application dans le domaine des réseaux de santé correspondant à une recherche en cours.

2 COOPERATION, SITUATIONS STRUCTURELLEMENT OUVERTES ET DE LONGUE DUREE

2.1 Une définition des activités coopératives

Une des spécificités de nos travaux est de nous appuyer sur une définition des activités coopératives originale et en partie différente de la définition donnée, par exemple, par K. Schmidt et C. Simone dans le domaine du CSCW, pour qui « *Le travail coopératif est constitué par l'interdépendance d'acteurs multiples qui interagissent en changeant l'état d'un champ de travail commun* » (Schmidt et Simone 1996, p. 158). La difficulté de cette définition est qu'elle concerne également les activités strictement standardisées dans lesquelles les membres du collectif n'ont conscience ni des buts communs ni de l'activité des partenaires, comme pourraient l'être le travail à la chaîne ou l'utilisation par plusieurs personnes d'un système de réservation informatisé de places d'avion qui « coopéreraient » à travers le dispositif avec d'autres, comme dans l'exemple donné par K. Schmidt dans son article de 1996.

Par opposition, nous réservons le terme d'activité coopérative, considérée comme une forme particulière d'activité collective, à des activités dans lesquelles les acteurs *sont conscients des buts poursuivis, pour partie communs, et des moyens mis en œuvre* et dans lesquelles les caractéristiques de l'environnement ou de l'organisation ne permettent pas une stricte standardisation. Selon notre définition, *les activités coopératives sont des activités collectives finalisées dans lesquelles les moyens de la construction et de l'atteinte des buts ne sont pas entièrement standardisés ni formalisés et qui laissent de ce fait une part d'autonomie importante aux acteurs dans la définition des modalités d'articulation de leurs contributions et dans l'adaptation à des phénomènes émergents.*³

Rôle de la psychologie sociale dans la conception des technologies de la coopération

Face aux besoins croissants pour une meilleure compréhension du travail coopératif dans des « groupes restreints », il est regrettable que la psychologie sociale, dont ce fut un des thèmes majeurs (Lewin, 1951, Bales, 1951, Steiner, 1972, Anzieu et Martin, 1968) semble aujourd'hui moins active dans la littérature sur la conception à la différence de la sociologie très présente en CSCW (cf. par exemple, Schmidt et Simone, 1996, Star et Strauss, 1999), des sciences cognitives (cf. par exemple Norman, 1986, Hutchins 1995, Suchman, 1997) où des sciences de gestion (Orlikowski, W. J., 1992).

Une des premières raisons en est selon nous, que les travaux sur la performance de groupe, assez florissants jusqu'au début des années 80, ont manqué le « virage cognitif » qui a permis à la psychologie cognitive et à la psychologie ergonomique de renouveler entièrement les approches des activités de résolution de problème dans des domaines aussi divers que la pédagogie (Richard, 1990), la conception (Hoc, 1987, Darses et Falzon, 1996), le contrôle de processus et le diagnostic (Rasmussen, 1986, Hoc, 1996). La seconde raison a été l'absence de prise en compte du contexte organisationnel dans lequel les activités coopératives se déroulaient, contexte organisationnel de mieux en mieux appréhendé dans le domaine de la sociologie des organisations (voir, par exemple, les travaux de Mintzberg, 1979) ou des sciences de gestion (Hatchuel, 1996).

Faisant pour partie exception à la règle, certaines recherches francophones en psychologie sociale ont su progressivement se positionner dans la problématique de la conception des dispositifs

² Cf. l'ouvrage coordonné par De Terssac et E. Freidberg sur cette question (De Terssac & Friedberg, 1996).

³ Cette définition rejoint celle de (Hoc 2003) tout en insistant sur la problématique (1) de la conscience des buts communs et (2) de la capacité à les redéfinir pour faire face aux imprévus puisqu'il n'y a pas, selon nous, d'activité coopérative dans les situations d'action collective strictement standardisées qui sont, par exemple, spatialement et temporellement distribuées.

informatisés via le cadre d'analyse assez florissant l'analyse des interactions (p.e Trognon, Saint-Dizier De Almeida, 1999, Saint-Dizier De Almeida, Trognon, 2000). Ce n'est que plus récemment qu'une forme de convergence nous semble apparaître entre des travaux de psychologie ergonomique et d'ingénierie des connaissances visant à étudier la dimension collective de l'activité (Zacklad 1987, Darses et Falzon, 1996, Zacklad et Rousseaux, 1996, Darses, 2001, Lewkowicz et Zacklad 2001) et des travaux de psychologie sociale (Brassac et Gregori, 2001) prenant en compte l'activité cognitive en inscrivant les processus interlocutoires dans des modèles de résolution de problème explicites relevant, par exemple, de la conception ou du diagnostic.

Si la psychologie sociale de la performance des groupes restreints ne s'est sans doute pas encore suffisamment ouverte à la psychologie ergonomique, aux sciences cognitives, aux sciences des organisations et à la sociologie, notamment d'inspiration ethnométhodologique, les sciences cognitives et le CSCW se sont largement intéressés depuis une quinzaine d'années à la problématique des activités collectives et ont proposés plusieurs cadres théoriques puissants et aujourd'hui très largement mobilisés dans des projets de recherche et de conception avancés. Nous en fournissons un aperçu comparatif sommaire pour justifier le développement de la théorie des transactions intellectuelles et des communautés d'action.

2.2 Action située et communautés de pratique

Plusieurs auteurs dont (Lorenz 2001) établissent une relation étroite entre les courants de la cognition située et des communautés de pratiques. L'action située, cadre théorique rendu célèbre par l'ouvrage de L. Suchman (Suchman, 1987), considère que la connaissance est étroitement dépendante du contexte dans lequel se déroule l'action. En opposition avec une vision qui ferait la part trop belle au raisonnement symbolique dans la planification des actions, ce courant considère que l'environnement de l'action constitue une ressource déterminante pour les processus cognitifs. Les capacités de résolution de problème des individus émergent donc des pratiques concrètes, la connaissance restant pour une large part tacite et contextualisée. En élargissant cette problématique à celle des collectifs, la notion de communauté de pratique a été développée, au moins en partie, dans le but de relier la structure organisationnelle aux modalités de résolution de problème collectives et aux connaissances associées (Lorenz, 2001, p. 316).

Les communautés de pratiques désignent des personnes liées entre elles par le partage de pratiques communes, ce qui tend à induire le développement d'un langage commun et d'une compréhension partagée de leur environnement professionnel. Comme le soulignent Brown & Duguid (1991) et Wenger (1998), les connaissances des communautés de pratiques sont tacites et faiblement codifiées et se transmettent, par exemple, à travers des pratiques de « storytelling » (récits). Ces communautés professionnelles font l'objet d'un intérêt croissant de la part des chercheurs et des praticiens dans le domaine des sciences de gestion parce qu'elles sont considérées comme étant les « ressources en connaissances les plus versatiles et dynamiques des entreprises et qu'elles forment la base de la capacité cognitive et d'apprentissage des organisations » (Wenger 1998, cité par Lorenz, 2001).

2.3 La théorie de la cognition distribuée

Selon E. Lorenz, un des apports de la théorie de la cognition distribuée, dont le contributeur majeur est E. Hutchins (Hutchins, 1995), à celle de l'action située, réside dans « *l'insistance mise sur les déterminants historiques et culturels des processus cognitifs* » (p. 319) et ce particulièrement à travers l'utilisation des instruments qui possèdent une longue histoire et qui accumulent des savoir-faire très riches permettant aux acteurs d'appréhender des situations complexes et de se coordonner. Les équipes de pilotes dans la navigation aérienne et maritime constituent avec les artefacts qui sont à leur disposition un système cognitif distribué au sein duquel les artefacts jouent le rôle d'aide externe à la mémoire de travail en propageant au sein du système des « états représentationnels » entre les membres de l'équipe. En agissant directement sur l'environnement de travail et les instruments les acteurs se coordonnent précisément sans avoir besoin de recourir à interactions communicatives explicites.

Les analyses d'Hutchins montrent ainsi comment, dans ces environnements fortement instrumentés, l'utilisation des artefacts entre les membres d'une équipe permet l'adaptation à des

situations évolutives et la récupération d'incidents sans recourir à des dialogues complexes. Ces analyses révèlent sans nul doute une des dimensions essentielles de la coopération médiatisée. Mais les situations étudiées sont fortement confinées au sens que nous donnons à ce terme plus haut, les ajustements organisationnels observés par Hutchins lors des incidents restant de faible ampleur et très localisés.

2.4 Les mécanismes de coordination (au sens de Schmidt et Simone)

Assez proche en un sens des précédentes théories, le cadre conceptuel des mécanismes de coordination⁴, présenté par Schmidt et Simone vise à fournir les bases conceptuelles pour la conception des systèmes de CSCW. Sur la base de leur définition du travail coopératif citée plus haut, les auteurs identifient un travail spécifique dédié à la coordination, le travail d'articulation qui « découle de la nécessité de restreindre le caractère distribué des activités interdépendantes complexes. » (Schmidt & Simone, 1996, p. 158). Selon eux, le travail d'articulation est un phénomène récursif, parce que la gestion de l'articulation d'un travail coopératif peut elle-même nécessiter un nouveau travail coopératif qu'il faudra à son tour articuler.

Ce travail d'articulation possède lui-même deux composantes. Une composante suffisamment stable pour être intégrée dans des mécanismes d'articulation et une autre imprévisible qu'il faudra gérer par ajustement mutuel. Un mécanisme de coordination est un « construit consistant en un protocole de coordination (un ensemble de procédures et de conventions définissant les modalités d'articulation d'activités interdépendantes complexes) et en un artefact (un construit symbolique permanent) dans lequel le protocole est matérialisé. » (p. 165). Les mécanismes de coordination peuvent être de nature diverses (check-list, cartes, tableau, fiches de circulation...). Le protocole de coordination fournit une « pré compilation des interdépendances entre les tâches » (p. 174) qui est une ressource pour l'action située tandis que l'artefact est fondamental pour « objectifier et donner une permanence au protocole de coordination de manière à ce que ces stipulations soient continuellement et publiquement accessibles » (p. 176). L'artefact représente dynamiquement, à un certain niveau de granularité, l'état d'exécution du protocole. Pour concevoir des mécanismes de coordination informatisés, les auteurs fournissent la notation Ariadne qui présente des catégories générales pour le travail d'articulation.

Ce cadre conceptuel très précis vient, nous semble-t-il, compléter celui d'Hutchins. Alors que celui-ci s'intéresse principalement aux instruments dédiés à la tâche principale, la définition des mécanismes de coordination nous permet de saisir la nature et le fonctionnement d'artefacts spécifiques et complémentaires spécialement dédiés au travail d'articulation dans le contexte d'activités collectives distribuées.

2.5 Les transactions intellectuelles et les niveaux de coordination

La théorie des transactions intellectuelles trouve son origine au confluent de trois disciplines : les sciences cognitives représentées, par exemple, par les travaux fondateurs de A. Newell et H.A. Simon (1972), les recherches en sciences des organisations et en gestion au sein desquelles nous avons été particulièrement influencés par les travaux de H. Mintzberg (1979) et A. Hatchuel (1996) et les recherches en psychologie sociale des interactions qui remontent aux travaux de G.H. Mead (1936).

Dans la Théorie des Transactions Intellectuelles, nous décrivons les interactions sociales entre des acteurs « cognitivement interdépendants » sous la forme de « transactions » correspondant « à un partage de connaissances personnelles et à une prise réciproque d'engagement » (Zacklad 2000 p. 203). Les interactions sont ainsi d'abord analysées dans la perspective de l'échange, du partage ou du don réciproque, portant non pas principalement sur les objets mais sur les savoirs et la confiance. Les transactions intellectuelles sont dites épistémiques quand « prédomine l'effort de clarification des connaissances personnelles permettant aux tiers de construire une représentation commune du champ d'intervention » et relationnelles quand « prédomine l'effort de clarification des engagements mutuels permettant de parvenir à une représentation commune des rôles et des compétences » (p. 208), même si les deux dimensions sont toujours en jeu de manière indissociable. Avant de faire l'objet d'une monétarisation, le coût d'une transaction intellectuelle est d'abord cognitif et relationnel. Les

⁴ Un terme malheureusement identique à celui utilisé par H. Mintzberg.

transactions intellectuelles deviennent matérielles quand la standardisation supprime la « *connaissance et l'engagement personnel de l'acteur* » et se réduit à une « *séquence comportementale déterminée et infiniment reproductible* » (p. 216).

L'analyse des formes de transactions intellectuelles privilégiées dans un contexte organisationnel donné permet de définir trois niveaux de coordination (Zacklad, 2000, p. 212) :

- La perception mutuelle : où la coordination se réalise par une prise d'information directe et mutuelle sur l'activité des partenaires et sur leur champ d'intervention commun et dans laquelle les transactions intellectuelles sont majoritairement indexicales (leur sens est ancré dans les caractéristiques épistémiques et relationnelles de la situation d'énonciation).
- La standardisation des savoirs ou des relations : où les transactions intellectuelles qui permettent la coordination sont intégrées dans un programme routinier qui assigne aux acteurs des rôles prédéfinis et qui découpe le champ d'intervention et les procédures des acteurs en objets normés. A ce niveau de coordination, la plupart des transactions intellectuelles s'appuient sur un certain degré de standardisation des objets et des rôles et reproduisent des schémas génériques permettant de faire face à la plupart des situations quotidiennes. Quand la standardisation des interactions est extrême, elle induit une « résorption des transactions intellectuelles » en transactions purement matérielles dans lesquelles les acteurs ne sont plus engagés personnellement (p. 216).
- L'abstraction des savoirs ou des relations : où les transactions intellectuelles font référence aux principes et aux raisons qui justifient la transaction, que celles-ci s'appuient sur des connaissances scientifiques et technologiques relatives au champ d'intervention ou à des connaissances organisationnelles (juridiques, managériales, psychologiques ou sociales...) relatives aux acteurs et à l'organisation.

2.6 Comparaison entre les différentes théories

Le tableau 1 présente une comparaison entre les différentes théories actuelles de la cognition collective. Les théories de la cognition distribuée et des mécanismes de coordination, complémentaires selon nous, concernent principalement des situations de travail confinée et possédant une relative stabilité, même si les principes mis en évidence peuvent s'appliquer également, mais dans une moindre mesure, à toutes les situations d'action collectives. Elles montrent particulièrement bien comment, l'environnement matériel, les instruments et les mécanismes de coordination réifiant les procédures de travail constituent les composantes d'une architecture cognitive collective en mesure de résoudre des problèmes stéréotypés. Dans les deux cas, ces cadres théoriques prennent insuffisamment en compte les interactions communicatives langagières entre les acteurs et l'impact profond de ces interactions sur la conception des situations de travail dans leurs dimensions organisationnelles et cognitives.

Les théories de l'action située et des communautés de pratiques sont plus ouvertes sur des situations d'apprentissage et les interactions communicatives entre les acteurs y jouent un rôle important même si les mécanismes de ces interactions ne sont pas détaillés. Cependant, les savoirs véhiculés restent largement tacites. Le storytelling permet une transmission sur la base de récits de cas dans lequel les acteurs alignent leurs comportements sur les enseignements de ces histoires au travers de raisonnements principalement analogiques et l'apprentissage est essentiellement inscrit dans des actions contextualisées et de ce fait difficilement généralisable. Même si ce cadre théorique est très éclairant et rend compte des processus sociocognitifs qui se déroulent dans des groupes professionnels pratiquant une forme de « compagnonnage » informel, il ne nous semble pas suffisant pour rendre compte de la conception de situations de travail inédites, particulièrement quand cette conception répond à un projet collectif délibéré et explicite. La théorie des transactions intellectuelles et des communautés d'action, vise à compléter les théories précédentes pour traiter des situations de coopération structurellement ouvertes qui sont notre cible.

Cadre théorique	Action située et communauté de pratique	Cognition distribuée	Mécanismes de coordination	Transactions Intellectuelles et communautés d'action
Procédé de coordination privilégié	L'environnement partagé qui est le contexte de l'action le réseau social à travers du « storytelling » et l'apprentissage mutuel	Des instruments qui cristallisent des savoir faire métier anciens et propagent des états représentationnels dans le système cognitif distribué	A travers des mécanismes de coordination constitués de protocoles et d'artefacts qui correspondent à des « modèles » du travail d'articulation	A travers des transactions intellectuelles (épistémiques ou relationnelles) réalisées durant des interactions communicatives selon différents niveaux d'abstraction
Type de connaissances utilisées pour la coordination	Tacites, ancrées dans l'environnement de l'action, basées sur des récits	Des états représentationnels qui circulent entre les membres de l'équipe via les artefacts.	Pas d'accent mis sur les connaissances sauf lors de la conception d'un mécanisme de coordination via un certain nombre de catégories génériques.	Des connaissances concrètes (existentielles) ou abstraites (universelles), sur le champ d'intervention ou sur les relations
Types de collectif et de situations privilégiées	Des communautés de pratiques engagées dans un partage de connaissances tacites à travers du compagnonnage et des récits	Un système cognitif distribué entre acteurs et artefacts en situation de co-présence coopérant dans des situations d'action à délai de réponse court	Des acteurs interdépendants dans la réalisation d'une tâche en environnement de production distribué relativement stable	Des communautés d'action dans des situations de coopération structurellement ouvertes sur des temps longs

Tableau 1. Une typologie des principales théories de la cognition collective

3 PRINCIPES STRUCTURANTS DES COMMUNAUTES D'ACTION

Le cadre conceptuel des communautés d'action prolonge la TTI en élargissant son cadre d'analyse dialogal et interpersonnel à la perspective de l'étude du système social constitué par un collectif de taille restreinte. Nous conduirons cette analyse d'un système social collectif, de taille restreinte, en adoptant un point de vue social et cognitif, c'est-à-dire en tenant compte de la manière dont il oriente son action en fonction d'un certain nombre de buts (que ceux-ci soient explicites ou attribués par l'observateur) qu'il essaye d'atteindre au moyen d'interactions communicatives permettant d'effectuer des transactions intellectuelles, avec ses partenaires.

3.1 Définition du concept de communauté d'action

Le système social minimal que nous cherchons à définir a certains traits du groupe primaire, opposé au groupe secondaire (Cooley 1909) auquel se réfère la psychologie sociale, opposition qui possède des similarités avec celle mise en évidence dans les travaux sociologiques qui lui étaient contemporains. Ces travaux opposaient la communauté (assimilable sous certaines conditions au groupe primaire) et la société (Tönnies, 1887) ou des relations sociales « communautaire » et « associative » chez Weber (Weber 1919). Rappelons que, selon Weber la « *communalisation repose sur le sentiment subjectif qu'ont les deux parties de s'appartenir mutuellement, d'être pleinement impliquées dans l'existence de l'autre* » comme « *la famille, la paroisse et le voisinage, l'unité militaire, le syndicat ouvrier, la fraternité religieuse, la relation amoureuse, l'école, l'université.* » (Nisbet, 1966, p. 107).

A l'inverse la relation est de type associatif quand « la disposition de l'activité sociale se fonde sur un compromis d'intérêts motivé rationnellement (en valeur ou en finalité) ou sur une coordination rationnelle par engagement mutuel » (ibid. p. 107). Les relations associatives « résultent d'une volonté ou d'un calcul rationnel et intéressé plutôt que d'une identification affective » (ibid. p.107). Mais cette opposition n'est généralement pas totale dans les collectifs, ceux-ci pouvant par ailleurs évoluer d'un type de relation associative à un type communautaire et inversement. Les groupes primaires de Cooley et les communautés au sens de Tönnies relèvent des relations sociales communautaires et les exemples

de collectifs donnés par les auteurs excluent généralement les situations professionnelles au sein des entreprises modernes (voir aussi Benghozi, Bitouzet, Soulier & Zacklad, 2001).

Si le système social minimal que nous cherchons à cerner possède bien certaines caractéristiques des communautés de pratique que nous avons décrites plus haut, travail collectif sur des temps longs, développement d'un langage commun, apprentissage mutuel dans l'action, il possède également certaines caractéristiques des relations sociales associatives au sens de Weber, notamment le caractère « volontaire » de l'association réalisée entre les membres et l'importance de la définition de « buts communs » pour l'orientation de l'activité collective, buts qui confèrent un caractère « rationnel » à cette activité.

Comme nous l'avons évoqué, nous donnerons au système social que nous cherchons à caractériser le nom générique de « communauté d'action », *en visant à dépasser l'opposition traditionnelle entre relation communautaire et relation associative pour mettre en évidence des collectifs restreints qui poursuivent activement et donc dans une certaine mesure rationnellement, des buts explicites tout en s'appuyant sur un tissu de relations sociales étroites favorisant la sympathie mutuelle⁵ et l'apprentissage mimétique censé caractériser les groupes primaires et les communautés de pratiques*. En effet, si l'activité continuée des communautés d'action permet à leurs membres de bénéficier de connaissances partagées en partie tacites, elles visent également à développer un ensemble de connaissances, explicites et systématiques et leur permettant d'abstraire à la fois les savoirs et les relations leur permettant de redéfinir de manière répétée tant la nature des prestations qu'elles cherchent à rendre que l'organisation interne sur laquelle elles s'appuient dans le contexte de situations de coopération structurellement ouvertes. Sans pouvoir rentrer dans le contexte de cet article dans une présentation détaillée du cadre théorique en cours de constitution des communautés d'action, nous évoquons quelques principes structurants du fonctionnement de ces collectifs, les deux premiers permettant de construire le modèle OSIR.

3.2 La dualité des buts

Le principe de la dualité des buts repose sur la sociologie de l'action de T. Parsons (Parsons, Bales & Shils, 1953), qui bien qu'elle ait pu être critiquée pour son caractère excessivement conceptuel et systématique possède des propriétés formelles qui nous semblent pertinentes (voir Zacklad 2003 pour la relation avec les travaux de cet auteur). Une communauté d'action vise à remplir deux types de buts de manière simultanée : la transformation d'une situation externe répondant à des logiques de type économique ou militante, par exemple, et la construction d'un milieu social interne qui permette aux futurs membres de développer connaissances mutuelles et identités en bénéficiant d'une sympathie mutuelle n'excluant pas des confrontations éventuellement vives mais régulées. Alors que les premiers types de buts, que nous nommerons « buts de prestation », sont plutôt atteints au moyen de transactions intellectuelles épistémiques entre les membres, les seconds, que nous nommerons « buts d'intégration », le sont au moyen de transactions relationnelles.

De manière essentielle nous insistons sur le fait qu'aucun des types de but ne possède de primauté sur l'autre. En effet, contrairement à une logique qui pourrait être celle des sciences économiques ou de certains courants des sciences de gestion dans laquelle l'organisation est un moyen au service de l'atteinte des buts externes définis dans une optique d'efficacité et répondant aux objectifs stratégiques des actionnaires et de la direction générale, nous ne considérons pas que les buts internes soient systématiquement un instrument au service des buts externes. Si cette configuration peut se rencontrer, la configuration inverse, d'une instrumentalisation des buts externes au service des buts internes est tout aussi probable, de même que celle d'un équilibre raisonné entre ces deux types de besoins et de buts. Ainsi, une communauté d'action peut avoir comme motivation dominante la réalisation de buts d'intégration visant à développer un réseau de connaissances et de relations en son sein, les buts de prestation apparaissant finalement comme une forme de prétexte ou de moyen pour trouver les ressources de l'action interne.

⁵ Pour reprendre l'ancienne expression d'Adam Smith (1759).

3.3 La dualité des formes de connaissances

La dualité des formes de connaissances s'appuie sur la distinction empruntée à J. Dewey (1938) entre connaissances (1) existentielles, portant sur des singuliers et les organisant en genres et (2) universelles, définitoires, abstraites et hypothétiques. Cette dualité renvoie aux niveaux de coordination dans les transactions intellectuelles opposant la coordination par perception mutuelle et par standardisation (connaissances existentielles) à la coordination par l'abstraction (connaissances universelles) Elle peut être également rapprochée des travaux en psychologie ergonomique récents sur les niveaux de régulation de l'activité (Hoc, 1996, Rasmussen, 1986).

Selon Hoc, les trois niveaux de régulation de l'activité correspondent à la régulation par les connaissances conceptuelles (connaissances universelles pour nous), par les règles ou par les automatismes (connaissances existentielles pour nous). Les connaissances automatiques interviennent dans les boucles de régulation à court terme ne remettant pas en cause la représentation occurrente. Quand des problèmes de cohérence interviennent la représentation occurrente doit être ajustée principalement au moyen de règles dans le cadre de boucles de régulation à moyen terme. Enfin, pour faire face à des évolutions plus profondes de la situation, la représentation occurrente sera remise en cause à l'aide de connaissances générales dans le contexte d'un processus de régulation à plus long terme faisant intervenir la création de nouveaux buts et de nouveaux critères d'interprétation de la situation.

Le recours à la dualité des formes de connaissances pour l'analyse de l'activité collective est une spécificité importante du cadre conceptuel des communautés d'action. La connaissance collective n'est pas considérée comme étant uniquement de nature tacite, locale, située. Les connaissances générales, l'invocation de principes ou de lois, leur construction à travers un processus hypothético déductif fait également partie de l'activité des communautés d'action. Si la mise en place invisible d'habitudes et de routines est une composante essentielle de l'apprentissage collectif, les activités instituant portant sur la définition des buts communs et la création de l'organisation jouent également un rôle régulateur majeur. Dans l'activité du collectif, celui-ci recourt de manière alternative à l'utilisation de connaissances existentielles dans la régulation des situations courantes et à l'utilisation de connaissances universelles, que nous appellerons aussi universalisantes pour souligner leur caractère hypothétique et en cours de formation, pour traiter des situations nouvelles ou concevoir les dispositifs dans lesquels se dérouleront les activités coopératives ultérieures.

3.4 Catégories de l'activité collective dans le modèle OSIR

L'articulation des types de buts et des types de connaissances mobilisées permet de mettre en évidence les quatre catégories de l'activité collective du modèle OSIR (Opérationnelle, Stratégique, Intégrative, Relationnelle). Les activités opérationnelles correspondent à la réalisation concrète des tâches relevant des buts de prestation en relation directe avec l'environnement de la communauté d'action dans lequel elles s'alimentent et qu'elles transforment en produisant, par exemple, des informations, des services ou des objets qui lui sont destinés. Egalement tournées vers l'externe, les activités stratégiques sont de nature plus abstraites et visent à construire les buts externes, à délimiter l'environnement pertinent, à définir les « clients » et les partenaires, les principes utiles à la conduite des activités opérationnelles à planifier leur déroulement.

En réponse aux besoins et aux buts d'intégration, tournés vers les acteurs eux-mêmes et permettant leur découverte réciproque, les activités relationnelles servent à construire le réseau social et les identités au sein de la communauté d'action dans un contexte situé. Les activités de « storytelling » qui font l'objet d'une attention renouvelée en sociologie sont un des moyens permettant le développement de cette connaissance mutuelle (Soulie, 2001). A un niveau d'abstraction plus élevé, les activités intégratives visent, elles, à construire l'organisation de la communauté d'action, ses acteurs légitimes, les procédures de confrontation et de décision interne, les principes auxquels elles se conforment.

Cette typologie de l'activité collective au sein des communautés d'action correspond également aux méta buts que poursuivent les acteurs dans les différentes phases d'activité de la communauté, ou aux fonctions que remplissent leurs actions dans les processus cognitifs et sociaux du collectif quelque soit le domaine d'activité ou la configuration organisationnelle précise dans laquelle elles s'inscrivent. Le type de ces activités peut être identifié en analysant le thème des transactions intellectuelles

effectuées, par exemple, au travers d'interactions langagières durant les rencontres entre les acteurs, que ces thèmes se conforment à un ordre du jour explicite ou qu'ils émergent spontanément pour répondre à un besoin latent.

	Connaissances existentielles (locales, situées...) : TI indexicales	Connaissances universalisantes (globales, abstraites...) : TI abstraites
Buts de prestation (TI épistémiques)	Activités Opérationnelles <i>Réaliser les tâches correspondant aux buts de prestation, boucle de régulation courte...</i> [coordination épistémique par perception mutuelle et standardisation]	Activités Stratégiques <i>Construire les buts externes, l'environnement et les clients, planification à moyen et long terme...</i> [coordination épistémique par abstraction]
Buts d'intégration (TI relationnelles)	Activités Relationnelles <i>Construire le réseau social et les identités (p.e « storytelling »)...</i> [coordination relationnelle par perception mutuelle et standardisation]	Activité Intégratives <i>Construire l'organisation, les acteurs légitimes, les procédures de la décision...</i> [coordination relationnelle par abstraction]

Tableau 3. Les catégories de l'activité collective dans une communauté d'action à travers le modèle OSIR

3.5 Utilisation de la spécialisation pour la résolution de problème au sein des communautés d'action

Nous présenterons ici un des principes du cadre en cours de définition des communautés d'action en renvoyant le lecteur à un autre article pour une présentation d'autres notions (Zacklad 2003). Les communautés peuvent être distinguées selon le degré de spécialisation de leurs membres, spécialisation qui se décline selon la dimension de la prestation ou de l'intégration. Sans aller jusqu'au stade extrême où elle dissout la coopération et marque la transition de la communauté d'action vers d'autres formes d'organisation (cf. la notion de « structures secondaires », Anzieu), la spécialisation, qu'elle soit héritée des savoirs organisationnels et métiers du domaine ou qu'elle corresponde à une innovation spécifique est une condition indispensable à l'atteinte des buts et à la résolution des problèmes.

Sur ce point, notre hypothèse est que dans la conception de la division des tâches et de la méthode, les communautés d'action cherchent à accroître leur efficacité en suscitant des points de vue différents sur le problème pour organiser ensuite des confrontations visant à les rassembler. La création de points de vue différents découle le plus souvent des « intérêts » divergents des participants qui ne sont bien sûr pas gommés par les buts communs qui les réunissent. Mais elle peut aussi relever d'une stratégie explicite d'utilisation de la spécialisation pour générer des compétences distinctes et limitées, mais profondes et précises. L'organisation ultérieure d'une confrontation est ensuite indispensable pour intégrer les points de vue complémentaires voire divergents et construire la solution du problème. Le modèle de l'enquête judiciaire et du tribunal souvent mis en avant par Dewey et développé il y a plusieurs milliers d'années est sur ce point remarquable. Pour parvenir plus efficacement à la vérité, différents acteurs, enquêteurs, avocat, procureur, adoptent des points de vue antagonistes qui sont confrontés et régulés par le juge dans l'enceinte du tribunal. Mais le but ultime de ces acteurs est le même : parvenir à établir un jugement équitable.

Quand le degré de formalisation des processus est faible, l'importance de l'émergence ou de la mise en place d'un régulateur, souvent nommé « animateur » ou « leader » dans les travaux sur les groupes restreints à été souvent mise en évidence comme dans les travaux de Bales (Bales, 1951) qui observait l'apparition d'un leader « centré sur la tâche » et d'un leader « centré sur le groupe » (Parsons se réfère d'ailleurs explicitement aux travaux de Bales dans sa distinction entre but externes et internes). Comme la théorie des transactions intellectuelles le met en évidence, le recours préférentiel à un mode de régulation plutôt épistémique ou plutôt social de même que la possibilité de passer d'une modalité à l'autre est une variable importante pour l'explication des processus organisationnels.

4 UN EXEMPLE DE DANS LE DOMAINE DES RESEAUX DE SANTE

Le cadre théorique des communautés d'action a été notamment élaboré pour rendre compte du processus de création d'une communauté d'action dans le domaine des réseaux de santé conduite dans le contexte d'une recherche intervention pilotée par le laboratoire Tech-CICO. L'insuffisance du cadre interprétatif fourni par la théorie de l'action située et des communautés de pratique a fourni une motivation pour la mobilisation de la théorie des transactions intellectuelles et son élargissement à « l'idéal-type » des communautés d'action. Le réseau de santé étudié est un réseau en cours de création qui s'est donné comme objectif une meilleure prise en charge des plaintes mémoire des personnes âgées sur une zone géographique limitée. Il regroupe différents acteurs, médicaux (médecins généralistes, neurologues, gériatres...), paramédicaux (psychologues, orthophonistes, infirmières...), sociaux (assistantes sociales) et sera élargi aux représentants des patients, les « aidants » (des proches participant activement à la prise en charge) avec lesquels les autres intervenants sont en relation étroite.

Déjà engagés dans une pratique commune, un certain nombre de soignants souhaitaient formaliser leur activité en officialisant le réseau, une procédure permettant d'obtenir des financements de la sécurité sociale pour disposer d'une coordination pérenne, d'une indemnisation de certaines actions de formation et de coordination ainsi que d'un support logistique sous la forme d'une permanence téléphonique et d'un site internet mi-public mi-privatif permettant de développer de « bonnes pratiques » et d'accéder à un dossier patient électronique léger permettant d'améliorer la circulation de l'information, le diagnostic et la prise en charge des patients. Pour faciliter ce processus de reconnaissance de leur réseau ses membres se sont appuyés sur une collaboration avec le laboratoire Tech-CICO. Un groupe de chercheurs en sciences de gestion, animé par Corinne Grenier, poursuit l'analyse des modalités de pilotage et de coordination au sein du réseau et un autre, relevant des sciences cognitives et des sciences de l'information et de la communication, que nous animons, cherche à définir les technologies de la coopération en mesure de soutenir les processus sociaux et cognitifs. La méthode choisie est l'observation participante, les chercheurs participants aux réunions, voire suggérant des modalités de résolution des problèmes en fonction de leurs compétences spécifiques (Genier, Soulier, & Zacklad, 2001).

Au cours des réunions, les différentes activités décrites dans le modèle OSIR se sont déroulées alternativement. Les premières réunions ont été principalement l'occasion du développement de buts d'intégration. Les soignants ont beaucoup échangé sur leurs contacts professionnels, sur les histoires des difficultés qu'ils rencontraient et sur leurs besoins. Ces activités relationnelles alternaient avec des discussions sur les buts de prestation qui constituaient l'ordre du jour explicite des premières réunions. Ces buts de prestation ont d'abord été abordés au niveau stratégique consistant à définir les objectifs du réseau, les patients qu'il visait et le nombre de cas qu'il pourrait traiter. Cette définition était importante à la fois pour déposer les statuts de l'association officialisant le réseau et pour remplir le dossier de demande de financement.

Dans les réunions suivantes, en petit comité et en réunion plénière, le travail intégratif est intervenu à la fois pour finaliser la constitution du dossier et pour commencer à cerner les rôles qui seraient joués par les uns et les autres. Ces activités ont permis, en conformité avec les textes légaux cadrant l'activité des réseaux de santé, de définir les principaux rôles de coordination et les commissions internes (définition des bonnes pratiques, évaluation, TIC...). Une autre réunion visant à souder les membres du réseau avant le dépôt du projet a été programmée avec un objectif explicitement relationnel. Dans l'attente de la réponse des financeurs potentiels, les premières réunions à caractère opérationnel ont été programmées, une commission de volontaires étant chargée d'examiner les premiers cas « à blanc » sur la base de dossiers anciens ou en cours traités par les praticiens. Ces réunions ont permis d'affiner l'organisation interne (retour sur les activités intégratives) et mieux délimiter les objectifs de prestation du réseau (retour sur les activités stratégiques).

A tous les niveaux les interactions entre les types d'activité ont été importantes. Sans pouvoir les passer toutes en revue dans le cadre de cet article, mentionnons par exemple les relations entre les activités stratégiques, intégratives, opérationnelles et relationnelles à travers le positionnement d'un rôle, celui du psychologue. Dans les premiers débats à caractère stratégiques, la caractérisation multifactorielle des pathologies cognitives du vieillissement a fait l'objet de débats intenses. Il était important de positionner les enjeux comme relevant à la fois d'une dimension neurologique,

psychologique et sociale. Ce positionnement n'est pas neutre pour permettre aux acteurs de trouver une place légitime. En particulier, un groupe d'acteurs du réseau souhaitait positionner un des professionnels, le psychologue, comme coordinateur du réseau pour défendre leur appréhension de ces pathologies. Les activités stratégiques et relationnelles ont ainsi influencé dans un premier temps les activités intégratives consistant à définir le profil et les attributions du coordinateur.

	Connaissances existentielles (locales, situées...) : TI indexicales	Connaissances universalisantes (globales, abstraites...) : TI abstraites
Buts de prestation	Activités Opérationnelles <i>Traiter des cas (premières études de cas pour la définition de la procédure)</i>	Activités Stratégiques <i>Définir la prestation du réseau, l'environnement, cibler les pathologies et les patients concernés, leur nombre prévisible</i>
Buts d'intégration	Activités Relationnelles <i>Connaissances mutuelles des soignants, de leur réseau, de leurs identités professionnelles</i>	Activité Intégratives <i>Définir l'organisation interne du réseau, le constituer en association, en commissions, définir les rôles (rôle actif des chercheurs de l'UTT)</i>

Tableau 4. Application du modèle OSIR au réseau de santé étudié

Le profil du coordinateur a encore été affiné à l'issue du traitement des premiers cas, qui visait à préciser la procédure opérationnelle. En effet, il est apparu que l'une des phases de cette procédure, l'entretien d'orientation, devait permettre d'établir un premier diagnostic entre troubles d'origine organique et psychique. Cela impliquait de recourir à un psychologue doté de compétences en neuropsychologie ou que le psychologue de formation clinique acquière ces compétences. Le psychologue du réseau s'est ainsi rapproché d'un autre acteur disposant de ces compétences et a développé des relations plus étroites avec lui. Ces relations les ont conduit à élaborer ensemble un test de diagnostic simplifié directement utilisable dans les activités d'orientation. Le produit des activités intégratives a ainsi suscité de nouvelles activités relationnelles conduisant à enrichir les activités stratégiques tournées vers la prestation et permettant ainsi la réalisation d'une petite innovation, la production de tests simplifiés fournis avec un guide d'utilisation pédagogique à destination tant du psychologue que des médecins généralistes.

5 EN GUISE DE CONCLUSION : PREMIERES IMPLICATIONS POUR LA SPECIFICATION DES TECHNOLOGIES DE LA COOPERATION

Cette analyse des activités se déroulant au sein des communautés d'action est également nécessaire pour la conception des technologies de la coopération qui les assisteront. L'espace de travail et de communication du collectif actuellement en cours de maquettage peut être structuré, à un niveau global et en première approximation, en s'inspirant des catégories du modèle OSIR. Les activités opérationnelles peuvent être assistées par plusieurs fonctionnalités : une base de données stockant le dossier électronique léger permettant le diagnostic et le suivi des cas, un workflow réagissant aux changements d'état du dossier et tenant compte de la disponibilité des membres du réseau, des informations opérationnelles à destination des patients et des aidants.

A un niveau plus abstrait, les fonctions stratégiques peuvent être assistées par des modules allant de la gestion des connaissances médicales, à la gestion quantitative des cas traités en passant par la communication auprès des partenaires stratégiques et des financeurs du réseau. Les fonctions intégratives quant à elles, pourraient bénéficier de média permettant la communication interne formalisée, la gestion des connaissances organisationnelles, la définition explicite des rôles et de l'organigramme interne, par exemple. Enfin, les activités relationnelles peuvent, dans certains cas, tirer parti des possibilités de communication accrues qui peuvent être offertes par ces technologies : annuaires des membres, messagerie, chat...

Bien qu'elle puisse être utile à un premier niveau et notamment pour stimuler les séances de conception collectives, nous sommes bien conscient que ce genre d'affectation a priori de fonctionnalités informatiques à des activités collective est toujours dangereux, les technologies de la coopération étant bien, selon notre définition, un hybride entre les potentialités offertes par la technologie et la manière dont les acteurs se les approprient à travers leurs usages singuliers. Ainsi, un

module de forum peut être utilisé pour réaliser les quatre fonctions de base du modèle OSIR, complément au traitement opérationnel d'un cas, échange de connaissances médicales, débat sur les rôles assumés par les uns et les autres, histoire de cas vécu. Par ailleurs, dans le réseau avec lequel nous travaillons, l'accès aux technologies internet est encore balbutiant pour bon nombre des acteurs ce qui nous oblige à un démarrage très progressif.

	Connaissances existentielles (locales, situées...) : TI indexicales	Connaissances universalisantes (globales, abstraites...) : TI abstraites
Buts de prestation	Fonctions Opérationnelles Base de données opérationnelle (p.e. dossier patient), workflow opérationnel, communication a destination des « clients »...	Fonctions Stratégiques Système d'information de pilotage, remontée d'informations, système de veille stratégique, recherche de documentation médicale et système de gestion des connaissances orienté métier, communication pour les financeurs...
Buts d'intégration	Fonctions Relationnelles Système de communication personnel (messagerie, chat, conversation instantanée...), annuaire...	Fonctions Intégratives Système de communication interne, de gestion des connaissances organisationnelles (formulation des bonnes pratiques internes), organigramme, système de vote...

Tableau 5. Application du modèle OSIR à la spécification des technologies de la coopération

Cependant il est également dans les attributions de l'animateur/concepteur d'aligner progressivement sur l'activité réelle du groupe le paramétrage des logiciels et inversement l'aligner progressivement l'activité du collectif sur l'infrastructure la plus appropriée, tant celle-ci est amené à avoir un caractère potentiellement structurant sur les processus d'intégration et de réalisation des prestations. Dans tous les cas, cette activité d'alignement gagne grandement, nous semble-t-il, à être guidée par des hypothèses à caractère théorique sur le déroulement des activités coopératives qui fournissent un cadre d'interprétation et un outil de coordination entre les acteurs du processus de conception. C'est au développement de ces hypothèses que nous espérons contribuer.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Anzieu, D., Martin, J.-Y., (1968). *La dynamique des groupes restreints*, PUF, Paris.
- Bales, R., F., *Interaction process analysis*, (1951). Addison-Wesley, Cambridge, Mass.
- Benghozi, P.-J., Bitouzet C., Soulier E., Zacklad M. (2001). Le mode communautaire : vers une nouvelle forme d'organisation, in *Actes of the 3rd International Conference on Uses and Services in Telecommunication (ICUST)*.
- Brassac, Ch., Gregori, N. (2001). Eléments pour une clinique de la conception collaborative. *Actes du Dixième Atelier du Travail Humain « Modéliser les activités coopératives de conception »* (p. 73-92). Paris, France, 27-28 juin 2001.
- Brown, J.S. and Duguid, P. (1991). Organizational Learning and Communities of Practice : Toward a Unified View of Working, Learning and Innovation, *Organisation Science* 2(1) (p. 40-57).
- Cooley, C. H. (1909), *Social Organization: A study of the larger mind*. New York: Charles Scribner's Sons.
- Darses, F., Falzon, P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In G. de Terssac G., Friedberg E. (Eds.), *Coopération et Conception* (p. 123-135), Octares, Toulouse.
- Darses, F. (2001) Converger vers une solution en situation coopérative de conception : analyse cognitive du processus d'argumentation. In F. Darses (ed) *La modélisation des activités collectives de conception*, 10ème Atelier du Travail Humain, Paris, 27-28 juin.
- De Terssac, G., Friedberg, E., Eds. (1996), *Coopération et Conception*, Octares, Toulouse.
- Dewey, J. (1938). *Logic: The Theory of Enquiry*, Henry Holt and Company, trad. Fçse. (1993). *Logique : La théorie de l'enquête*, PUF Paris.
- Durkheim, E. (1895), *Les règles de la méthode sociologique*, Nouvelle édition 1973, Paris, PUF.
- Grenier C., Soulier E., Zacklad M., (2001), Proposition d'une démarche de recherche pluridisciplinaire pour concevoir et implémenter un système innovant basé sur des technologies coopératives, in *actes du colloque Coopération, Innovation et TEchnologies (CITE2001)*, novembre 2001.

- Hatchuel A. (1996). Coopération et conception collective – Variété et crises des rapports de prescription, in de Terssac, G., Friedberg E. (1996). *Coopération et conception*, Octares Edition, Toulouse.
- Hoc, J.-M. (1987), *Psychologie cognitive de la planification*, Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.-M. (1996), *Supervision et contrôle de processus – La cognition en situation dynamique*, Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.-M., (2003), Coopération humaine et systèmes coopératifs, in G. Boy, *Ingénierie Cognitive*, Hermes-Lavoisier, Paris.
- Hutchins, E. (1995), *Cognition in the Wild*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Lewkowicz, M., Zacklad, M. (2001), Evaluation d'un collecticiel structuré par rapport à un forum de discussion, in *Actes des Journées d'étude en Psychologie ergonomique, EPIQUE 2001*, 29-30 Octobre, Nantes.
- Lewin, K. (1951), *Field theory in social science; selected theoretical papers*. D. Cartwright (ed.). New York: Harper & Row.
- Lorenz, E. (2001), Models of cognition, the Contextualisation of Knowledge and Organisational Theory, *Journal of Management and Governance* 5: 307-330, 2001.
- Mead, G. H. (1934), *Mind, Self and Society from the Standpoint of a Social Behaviorist*, éd. par Charles Morris, Chicago, University of Chicago Press, 1934, trad. J. Cazeneuve, E. Kaelin et G. Thibault, *L'esprit le soi et la société*, Presses universitaires de France, 1963.
- Mintzberg, H. (1979), *The structuring of Organization*, Prentice Hall.
- Newell, A., Simon, H.A. (1972), *Human Problem Solving*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Nisbet, R., A. (1966), *The Sociological Tradition*, Basic Books, New York, trad. Fçse 1984, *La tradition sociologique*, Paris, PUF.
- Norman D. A. et Draper S.W. eds. (1986). *User Centered System Design*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Orlikowski, Wanda J., (1992), The duality of technology: rethinking the concept of technology in the context of organizations. *Organization Science*, Vol. 3, No. 3, p. 398-427.
- Parsons, T., Bales, R., Shils, E (1953), *Working Papers in the Theory of Action*, New York, The Free Press.
- Rasmussen, J. (1986), *Information processing and human-machine interaction*, North-Holland, Amsterdam.
- Richard, J.F. (1990), *Les Activités Mentales*, Armand Colin, Paris.
- Rocher, G. (1972), *Talcott Parsons et la sociologie américaine*, Paris, PUF.
- Saint-Dizier De Almeida, V., Trognon, A. (2000). Quelles techniques d'élucation pour la conception des systèmes experts de deuxième génération. *Connexions*, 74, 121-136.
- Salembier, P. (2002) Cadres conceptuels et méthodologiques pour l'analyse, la modélisation et l'instrumentation des activités coopératives situées. *Systèmes d'information et Management (SIM)*, n°2, Vol. 7. 37-56.
- Schmidt, K., Simone, C. (1996). Coordination mechanisms : Towards a conceptual foundation of CSCW systems design, *Journal of Computer Supported Cooperative Work*, vol. 5, no. 2-3.
- Smith A. (1759), *The Theory of the Moral Sentiments*, in The Glasgow Edition of the Works and Correspondence of Adam Smith, 1976, Oxford University Press.
- Soulier E. (2001), Les techniques de storytelling pour l'acquisition et la gestion des connaissances - Récit et apprentissage par l'expérience, *Extraction et Gestion des Connaissances, EGC'2001*, Vol. 1, n°1-2/2001, Hermès, janvier 2001.
- Star, S. L., Strauss, A., Layers of Silence, Arenas of Voice: The Ecology of Visible and Invisible Work, *Computer Supported Cooperative Work*, 8: 9-30, 1999.
- Steiner, I. D. (1972), *Group process and productivity*, Academic Press, New York.
- Suchman, L. (1987), *Plans and Situated Actions: the Problem of Human Machine Interaction*, Cambridge University Press.
- Tönnies, F. (1887), *Gemeinschaft und Gesellschaft*, Trad. anglaise, 1963, *Community and Society*, New York, Harper Torchbook.
- Trognon, A., Saint-Dizier, V. (1999), L'analyse conversationnelle d'un malentendu : le cas d'un dialogue tutoriel, *Journal of Pragmatics*, 31, 787-815.
- Weber, M. (1919), *Wirtschaft und Gesellschaft*, Trad. anglaise, *Economy and Society*, 1978, University of California Press, Berkley and Los Angeles, California.
- Wenger, E. (1998), *Communities of practice: Learning as a Social System*, Systems Thinker, June.
- Zacklad, M. (1987), *Contribution à une psychologie cognitive des activités de résolution de problème en groupe*, DEA Processus Cognitifs, Université Paris 8.
- Zacklad, M., Rousseaux, F. (1996), Modelling Co-Operation in the Design of Knowledge Production Systems: The MadeIn'Coop Method, *Journal of Computer Supported Cooperative Work*, p.133-154.
- Zacklad, M., (2000) *La théorie des Transactions Intellectuelles : une approche gestionnaire et cognitive pour le traitement du COS*, *Intellectica* 2000/1, 30, p. 195-222.
- Zacklad, M. (2003). Un cadre théorique pour guider la conception des collecticiels dans les situations de coopération structurellement ouvertes, in Bonardi, C., Georget, P., Roland-Levy, C., Roussiau, N.

Psychologie Sociale Appliquée, Economie, Médias et Nouvelles Technologies, In Press, (Coll Psycho), Paris.

Session 5
Approches comparatives

Messages de gestion de flotte dans un système embarqué routier : Quels formats de présentation ?

Cécile Barnel

Laboratoire de Psychologie et Neuro-Cognition, Université Pierre Mendès France, Grenoble
CNRS UMR 5105.

cecile.barnel@wanadoo.fr

Michel Dubois

Laboratoire de Psychologie Sociale, Université Pierre Mendès France, Grenoble.

Michel.Dubois@upmf-grenoble.fr

Théophile Ohlmann

Laboratoire de Psychologie et Neuro-Cognition, Université Pierre Mendès France, Grenoble
CNRS UMR 5105.

theophile.ohlmann@upmf-grenoble.fr

RESUME

Plus économique financièrement pour les entreprises de transport que le téléphone cellulaire, les messages textuels embarqués délivrés pendant la conduite n'ont pas encore véritablement fait l'objet d'études. Or, dans le cas de message non urgent et n'impliquant pas une réponse immédiate, le message de nature textuelle constitue une source d'information exhaustive pour les chauffeurs de poids lourds. Notre première étude compare différents formats de messages textuels de gestion de flotte : discursif et structurés (tableaux). Les résultats montrent un traitement de l'information et une qualité de conduite supérieurs pour les formats tableaux. De plus, l'utilisation d'en-têtes iconiques (à la place d'en-têtes textuels) renforce cette supériorité. Notre seconde étude évalue l'effet de la nature (mots, chiffres, mots + chiffres) et de la quantité d'information des messages textuels formatés dans des tableaux avec en-têtes iconiques sur le traitement de l'information, le comportement visuel et la qualité de conduite. Seule la quantité d'information influence les temps de mémorisation et le nombre de regards.

MOTS-CLES

Système d'information embarqué, messages textuels longs, formats de présentation, contrôle du véhicule, ergonomie.

1 INTRODUCTION

L'évolution de la technologie embarquée dans les véhicules routiers permet de délivrer, par l'intermédiaire d'interface (écran), une grande quantité et diversité d'informations aux conducteurs. Les applications sont variées : aider les conducteurs à se diriger sur des itinéraires mal ou peu connus (guidage routier), sécuriser les conducteurs en les avertissant sur l'état de leur véhicule (informations de maintenance) et/ou en les avertissant de dangers éventuels (système anti-collision). Récemment, de nouveaux systèmes d'informations pour les véhicules commerciaux (poids lourds, bus, taxis) sont apparus, comme les systèmes de gestion de flotte qui fournissent en temps réel aux chauffeurs de poids lourds des informations sur les marchandises à livrer (lieu, date, heure, quantité). L'objectif de ces systèmes de logistique est d'optimiser les temps de conduite en fonction de la localisation des demandes. Actuellement, ces informations de gestion de flotte sont délivrées soit par téléphone portable, solution coûteuse et dangereuse en conduite, soit par des systèmes d'informations de forme textuelle consultables uniquement à l'arrêt du véhicule. Des perspectives sont à l'étude pour permettre de délivrer en situation de conduite ce type d'informations. Il existe cependant encore très peu d'études sur ce thème (Blanco, 1999). L'objectif de notre étude est d'examiner sur trois variables (rapidité de traitement cognitif du message, comportement oculaire du conducteur et qualité de conduite du véhicule) différentes formes de présentation de messages de gestion de flotte.

1.1 Conduite et prise d'information dans l'habitacle

Conduire revient à guider son véhicule sur la voie (tâche primaire) en synergie avec des tâches « routières » comme surveiller le comportement des autres usagers de la route mais aussi des tâches embarquées comme par exemple, récupérer l'information de vitesse du véhicule. Ainsi conduire nécessite un partage attentionnel entre différentes sources d'informations principalement visuelles disponibles à l'extérieur et à l'intérieur de l'habitacle (Wierwille, 1993). Comme la vision est la fonction la plus sollicitée en conduite et que la lecture d'information dans l'habitacle prive momentanément le conducteur des informations visuelles de la scène routière, la plupart des études (Fairclough, Ashby, & Parkes, 1993 ; Graham & Mitchell, 1996 ; Kiger, Rockwell, & Tijerina, 1995 ; Kurokawa & Wierwille, 1990 ; 1991 ; Popp & Farber, 1991 ; Pottier, 1996 ; Reeves & Stevens, 1996 ; Rockwell, 1988 ; Snyder & Monty, 1986) utilise le comportement oculaire comme indicateur de surcharge attentionnelle.

L'analyse du regard des conducteurs a permis de déterminer les stratégies de prise d'information dans l'habitacle. Lors de la réalisation d'une tâche embarquée, le conducteur dirige son regard vers la zone informationnelle appropriée. Si l'information embarquée peut être extraite en moins d'1 seconde, alors les yeux du conducteur retourneront sur la scène routière avec l'information désirée. Si l'extraction requiert plus de temps, l'obligation de contrôle du véhicule oblige le conducteur à ne pas passer plus de 1,5 secondes pour prélever l'information dans l'habitacle avant de retourner examiner la scène routière. Dans la plupart des cas, un seul regard dans l'habitacle n'est pas suffisant pour acquérir la totalité de l'information cible. Lorsque la quantité d'information à extraire est importante, le conducteur effectue un va et vient entre prise oculaire dans l'habitacle et surveillance de la scène routière jusqu'à ce que l'extraction de l'information soit achevée (Wierwille, 1993).

D'autres auteurs (Dietrich, & Ward, 1967 ; Fairclough et al., 1993 ; Kiger et al., 1995 ; Senders, Kristofferson, Levison, Wierwille, Hulse, Fischer, & Dings, 1988 ; Zwahlen & Balasubramanian, 1974 ; Zwahlen, Adams, DeBald, & DeBald, 1988) ont montré que ces stratégies oculaires sont adaptatives aux événements routiers. Ainsi, la complexité de la géométrie routière (virages plus marqués, rétrécissement de la chaussée, etc.) entraîne l'accroissement du nombre de regards sur la route avec une diminution de leur durée moyenne (Kiger et al., 1995 ; Wierwille et al., 1988). La densité du trafic entraîne par contre une augmentation simultanée du nombre de regards et de leur durée moyenne (Wierwille et al., 1988). Si l'environnement routier se complexifie et que l'adaptation oculaire ne suffit plus, la vitesse de conduite baisse (Senders et al., 1967). Ce phénomène de régulation dynamique est également observé face à une demande attentionnelle élevée de la tâche embarquée (Fairclough et al., 1993). Face à une extraction informationnelle embarquée trop importante, la trajectoire du véhicule dévie de la voie (Zwahlen & Balasubramanian, 1974 ; Zwahlen et al., 1988). Dans ce cas, le contrôle du véhicule est menacé.

1.2 Activité de lecture durant la conduite

Peu d'études traitent des messages textuels délivrés en conduite. En général, la plupart des études comparent un format d'affichage textuel vs un format auditif (Labiale, Mamberti, Baez, Conus, & Aupetit, 1988 ; Spérandio & Dessaigne, 1988). Les résultats montrent que les informations textuelles ont des avantages non négligeables en conduite. Ainsi, contrairement à la synthèse vocale qui délivre l'intégrité des informations de manière séquentielle, le conducteur peut choisir en fonction de sa disponibilité le moment où il va lire le message textuel. Il n'est pas obligé de traiter la totalité du message pour extraire l'information qu'il désire. Deatherage (1972) préconise de recourir à une présentation visuelle lorsque le message est long et complexe (nombres de caractères importants, noms peu familiers, etc.) et qu'il ne nécessite pas une action immédiate.

Les rares études qui traitent du format textuel se sont intéressées à des tâches de mémorisation de messages en faisant varier la quantité d'information délivrée au conducteur. Dans une étude sur des messages textuels d'informations routières (état du trafic et de la route) sur écran embarqué, Graham & Mitchell (1996) ont observé une augmentation de la durée et du nombre de regards dans l'habitacle avec l'accroissement du nombre d'unités d'information constituant le message. Labiale et al. (1988) constatent aussi une augmentation du nombre de regards avec celle du nombre d'unités d'information constituant le message. Ces études montrent que le comportement oculaire des conducteurs est sensible aux variations de longueur du message. Toutefois un problème réside dans l'absence de

correspondance entre des unités d'informations choisies. Graham & Mitchell (1996) définissent une unité d'information comme un mot ou un ensemble de mots grammaticalement liés entre eux comme par exemple : « travaux », « vitesse limitée à 90 km/h » ou « à 3 km devant » alors que Labiale et al. (1988) font état de tous les mots constituant le message à l'exception des mots de liaisons (articles, prépositions,...)¹.

Blanco (1999) s'est intéressée plus spécifiquement aux systèmes d'informations placés dans les véhicules commerciaux. L'auteur a comparé un ensemble de tâches embarquées² en faisant varier le format de présentation d'informations et leur quantité. Deux formats de présentation des messages textuels ont été utilisés : le format « paragraphe » (les informations sont présentées de manière discursives) vs le format « tableau » (organisation spatiale d'une synthèse des informations du format « paragraphe »). Les résultats montrent que le format « paragraphe » est significativement moins performant que le format « tableau » en ce qui concerne le comportement oculaire et le temps de réalisation de la tâche embarquée. Le format « paragraphe » dégrade également les performances de conduite (vitesse et déviation de trajectoire).

Bien que peu nombreuses, ces études sont intéressantes car elles mettent en évidence l'incidence des formats de présentation sur différentes variables comme le comportement oculaire et la qualité de conduite routière. Toutefois, le manque de réelle quantification des messages limite leur portée. Il existe cependant, en dehors du contexte de la conduite routière, de nombreux travaux en psychologie ergonomique qui se sont, eux, largement intéressés aux incidences de différents formats de présentation du texte sur diverses variables cognitives (épreuves de mémorisation, compréhension, reconnaissance, etc.).

1.3 Quels formats de présentation des informations textuelles en situation de conduite routière ?

De nombreux travaux montrent que la présentation d'un contenu textuel n'induit pas le même taux de mémorisation et de compréhension selon ses formats de présentation. Ainsi différentes études se sont intéressées à l'analyse de la pertinence de certaines mises en forme textuelle. Kolers, Duchnick & Ferguson (1981) ont comparé l'efficacité de la lecture de textes présentés sur écran d'ordinateur en format pagination vs format déroulant. Cette étude montre que les textes présentés en mode déroulant sont lus avec plus d'efficacité que les textes paginés si la vitesse de défilement est de 10 à 20% supérieure que la vitesse présélectionnée par le sujet. De plus, les auteurs n'observent aucune perte de compréhension dans ce cas. Des études sur la segmentation du texte (découpage de l'information présentée au lecteur) ont été entreprises en utilisant différents types d'aides. Ainsi, Deans & Kulhavy (1981) se sont intéressés à l'influence sur la compréhension de cartes schématiques organisatrices d'un texte long. Pour ces auteurs le fait de construire une représentation graphique améliorerait le rappel et la compréhension d'un texte inconnu. Ils observent une meilleure mémorisation du passage présenté lors d'une organisation par carte schématique comparativement aux sujets qui n'ont lu que le texte seul. Cette étude montre que le découpage et la présentation visuellement organisée du texte (par graphes, schémas, etc.) sont susceptibles de composer une aide à la compréhension d'un texte. Caro (1995, 1999) a utilisé les fenêtres ponctuelles (accès par des boutons informatifs ou des mises en escamots) dans le cadre de découpage textuel entre phrases d'idées principales et d'idées secondaires. Ces fenêtres permettent de différencier les informations sémantiquement prioritaires et évitent la surcharge cognitive causée par un excès d'information. Ces fenêtres ponctuelles permettent d'aider le lecteur lors de la sélection de l'information (mise en forme, indices de signalisation visuels, etc.) et de la création de connexions mentales internes. Mayer (1983, 1984) indique que la construction d'une représentation de la situation décrite visuellement est facilitée par la présentation d'un schéma (ensemble de texte et/ou de diagrammes) qu'il appelle « modèle conceptuel ». Celui-ci permet de mettre en évidence la configuration des éléments essentiels pour aider le lecteur à se construire un modèle mental du système décrit. Le graphique permettrait d'avoir une plus grande quantité d'informations en mémoire de travail

¹ Les messages « Trafic dense autour de Paris » et « L'autoroute A61 est fermée entre Metz et Thionville. Sortir à Metz et prendre la route D1 » correspondent respectivement à 4 et 11 unités d'informations.

² Les tâches expérimentales pouvaient être une simple recherche d'informations pour répondre à la question « quelle route ne contient aucun retard ? » ou nécessiter un calcul entre les différentes informations recueillies (par exemple, des distances et des limitations de vitesse) pour sélectionner la route la plus rapide.

car ces dernières sont regroupées sous forme de « chunks » (Pellegrin, 2000). L'avantage majeur de ce type de présentation est de permettre de ne pas traiter l'information dans sa globalité comme pour le format texte pour accéder à l'information pertinente. Dans ce sens, le tableau a l'avantage d'avoir une double dimension verbale et spatiale intégrée dans un même dispositif. La transmission de l'information se fait à travers le texte mais aussi à travers la structure organisationnelle. Les positions relatives des éléments du graphique expriment les relations qui lient les informations entre elles (Pellegrin, 2000). Toutefois, pour être lu et compris, les tableaux nécessitent une activation d'un schéma de graphe présent en mémoire à long terme. Ce schéma contient un ensemble de procédures pour localiser, décoder et diriger la lecture des informations présentes dans le graphe (Pinker, 1990). De ces schémas découlent des principes dans la manière dont les tableaux nécessiteraient d'être construits en fonction de la nature de l'information présentée. Par exemple, les relations généalogiques impliquent une organisation de haut en bas alors qu'une lecture de gauche à droite est plus usitée pour les relations d'implication exprimant la cause et l'effet (Pellegrin, 2000). Les titres activent également de façon sélective des structures de connaissances qui facilitent la compréhension et la mémorisation du texte (Ganier, 2002). Ils peuvent également renforcer le rôle d'organisateur du tableau en précisant la manière dont le graphe doit être lu.

Ces différentes études montrent que le découpage et la présentation visuellement organisée du texte composent une aide à la compréhension cognitive grâce à une meilleure sélection de l'information (mise en forme, indices de signalisation visuels, etc.). Cependant ces expériences (1) se limitent à des contextes de présentation de l'information sur des pages d'écran d'ordinateur qui ne se préoccupent pas des contraintes de temps de prélèvement de l'information textuelle, (2) ne s'intéressent pas aux effets possibles des formats de présentation sur des tâches parallèles (dans notre contexte la conduite routière).

Dès lors on peut s'interroger sur la validité et la transférabilité de tels résultats dans des contextes totalement différents. Notre recherche se propose donc à travers deux études, et dans le cas particulier des messages logistiques routiers, d'évaluer les formats de présentation du texte de gestion de flotte à la fois en terme de qualité de traitement de l'information (compréhension du message), de contrôle du véhicule et de comportement (oculaire) du conducteur.


2 ETUDE 1

Dans cette étude réalisée au sein de l'entreprise Renault Trucks (St Priest, 69), des conducteurs de poids lourds sont placés en situation de conduite simulée. Leur tâche est de réagir à un message de gestion de flotte affiché sur le tableau de bord. L'objectif est de tester différents formats de présentation de messagerie de gestion de flotte pour dégager des aides à la conception satisfaisantes d'un point de vue ergonomique en prenant en compte à la fois le confort de traitement d'information et le contrôle du véhicule.

2.1 Méthodologie

2.1.1 Messages de gestion de flotte

Trois variables ont été manipulées :

- La variable « formats de présentation » des messages de gestion de flotte est composée de cinq modalités : un format « discursif » (initialement présent sur le système de gestion de flotte utilisé par l'entreprise Renault Trucks) vs un format « tableau avec en-têtes textuels (ex : société) à orientation de lecture verticale » (en-têtes dans les colonnes) vs un format « tableau avec en-têtes textuels à orientation de lecture horizontale » (en-têtes dans les lignes) vs un format « tableau avec en-têtes iconiques (ex : ) à orientation de lecture verticale » (en-têtes iconiques dans les colonnes) vs un format « tableau avec en-têtes iconiques à orientation de lecture horizontale » (en-têtes iconiques dans les lignes).

Les 7 pictogrammes expérimentaux constituant les en-têtes ont été retenus parmi 21 pictogrammes initiaux³. Ces pictogrammes ont un taux de reconnaissance correcte supérieur à 80%. Les messages de gestion de flotte sont composés de deux noms d'entreprise, de deux adresses (n° de la rue, rue, code postal et nom de la ville), de dates et heures de réception et de

³ Testés auprès de 10 salariés Renault Trucks.

livraison ainsi que des quantités de marchandises à emporter et à livrer. La taille minimum des caractères employés dans les messages est de 3,6 mm pour les lettres et chiffres et 23,4 mm pour les pictogrammes (en-têtes).

Départ
Société : Ceresstar
Adresse : 8 rue Cuzin
54450 Harbouey
Date : 20/11/01
heure : 14:00
Quantité : 5 palettes

Arrivée
Société : Degussa
Adresse : 3 rue Barriér
67640 Ohnheim
Date : 20/11/01
heure : 12:00
Quantité : 4 palettes

Figure 1 : Format discursif

	Société	Adresse	Date	Heure	Quantité
Départ	Vaquier	8 rue Cheyss 67150 Erstein	10/05/00	15:00	5 palettes
Arrivée	Camob	1 rue Voujon 19250 Meymac	11/05/00	14:00	2 palettes

Figure 2 : Format tableau avec en-têtes textuels orienté horizontalement








		
	Pechiney	Salomon
	4 rue Thomas 38000 Grenoble	3 rue du noyer 87000 Limoges
	16/07/01	17/07/01
	8:00	13:00
	4 palettes	3 palettes

Figure 3 : Format tableau avec en-têtes iconiques orienté verticalement

- La variable « niveau de complexité du message » (simple vs complexe). Parmi 75 mots initiaux, nous avons retenu 60 mots expérimentaux constituant les messages de gestion de flotte. La complexité des mots a été préalablement testée auprès de 14 étudiantes [M = 22,28, SD = 3,29] et 6 étudiants [M = 21,67, SD = 1,96] en psychologie⁴ et déterminée à partir de deux dimensions : (i) le niveau de familiarité (familier vs non familier : ex. rue Dauphine vs rue Florange) et (ii) la complexité de leur forme lexicale (ex. Toulouse vs Osthofen). Ces deux dimensions ont été évaluées sur une échelle en 6 points (de 0 « Pas du tout » à 5 « Tout à fait »). Les termes retenus sont composés de 30 mots simples [familiarité M = 4,74, SD = 0,90 ; complexité de la forme visuelle : M = 0,71, SD = 1,08] et de 30 mots complexes [familiarité M = 0,88, SD = 1,60 ; complexité de la forme visuelle M = 2,49, SD = 1,68].
- La variable « densité du trafic ». La moitié des chauffeurs a conduit dans une condition « sans trafic » et l'autre moitié en présence de véhicules. Le circuit expérimental comporte dans cette seconde condition un total de 136 véhicules. Les chauffeurs effectuent deux allers-retours d'une durée effective totale de 35 minutes.

2.1.2 Matériel expérimental

Le simulateur de conduite utilisé est constitué d'une cabine de poids lourd Premium de la gamme Renault Trucks et permet 6 degrés de liberté. La vitesse de conduite du simulateur est bridée à 90 Km/h de la même manière que pour les poids lourds. Les chauffeurs ont pour consigne de maintenir une vitesse élevée (proche de 90 Km/h) afin d'optimiser les temps de réception-livraison fictifs.

La scène routière est projetée sur 3 écrans offrant un angle de vision de 200° horizontal et 50° vertical. Le circuit expérimental correspond à une portion de l'autoroute A86.

2.1.3 Participants

40 chauffeurs de poids lourd ont participé à l'expérience qui a eu lieu dans l'entreprise Renault Trucks. Leur vision est satisfaisante. Le niveau d'expérience annuel de conduite moyen est identique pour tous les chauffeurs [M = 25 000 Km].

2.1.4 Protocole

En condition de conduite simulée, on présente de manière séquentielle un couple de messages de gestion de flotte à chacun des chauffeurs. Ces messages sont affichés sur un écran de 300*180 mm placé en haut du tableau de bord (à un angle de 32°) et à droite du conducteur (à un angle 13°) par rapport à l'axe du regard.

Face à l'apparition d'un « message épreuve » (précédé d'un avertissement sonore), le conducteur a pour tâche de mémoriser celui-ci dans le but de réaliser une comparaison ultérieure avec un second message (le « message test »). Dès que le conducteur estime qu'il a suffisamment mémorisé le message, il actionne une manette⁵ (comodo d'allumage des feux) qui permet de recueillir les temps auto-estimés de mémorisation. Le message disparaît alors, laissant place à un masque (mire Renault

⁴ Premier et deuxième cycles.

⁵ La manette a fait l'objet d'une phase de familiarisation avant l'expérience.

Trucks). Quatre secondes après, on présente au conducteur le « message test⁶ » qui est soit identique, soit différent du « message épreuve ». Le conducteur doit alors dire, le plus rapidement possible, si le message qui lui est présenté est identique ou différent du « message épreuve » (test de reconnaissance). Dans le cas où il estime que le message est différent, il doit préciser oralement à l'expérimentateur sur quel élément du message s'observe la différence.

L'expérience comprend 10 paires de messages. Chaque chauffeur est confronté à l'ensemble des couples (plan intra) dont l'ordre des messages randomisés est décalé d'un chauffeur sur l'autre.

2.1.5 Variables de mesure

Deux catégories de mesure ont été réalisées. La première concerne le temps (auto estimé) de mémorisation pour chaque message épreuve. Cette durée est définie à partir de l'apparition du message jusqu'à l'action du chauffeur sur la manette. La seconde série de mesures prend en compte des paramètres de qualité de conduite. Ainsi la moyenne et la variation d'intensité de la vitesse, des déviations de trajectoire, d'accélération et de freinage ont été définies à partir de capteurs placés sur le véhicule. Un autre critère, le coefficient de confort⁷ a été déterminé à partir d'une densité spectrale de puissance (DSP) des oscillations du volant.

2.2 Principaux résultats :

Une ANOVA a évalué l'effet des 3 variables indépendantes (formats de présentation, niveau de complexité du message et densité du trafic) pour chacune des variables dépendantes (temps de mémorisation et qualité de conduite). Pour l'examen des temps de mémorisation, seules les bonnes reconnaissances des chauffeurs ont été considérées. Notons que le taux de bonne reconnaissance est supérieur à 60% pour l'ensemble des deux groupes (avec ou sans trafic) et qu'il n'y a pas de différence significative entre eux.

L'analyse des résultats se déroule en deux temps. Dans un premier temps, nous cherchons à travers l'ensemble des mesures le « meilleur format ». Dans un second temps, si le meilleur format n'est pas le format discursif, nous déterminerons la « meilleure orientation » qui lui correspond.

2.2.1 Détermination du meilleur format

Le temps de mémorisation (en secondes), les moyennes et variations de la vitesse (km/h), les moyennes et variations de l'accélération (%), les moyennes et variations de freinage (%) et les moyennes et variations des déviations de trajectoire (mètre) présentent des différences significatives (cf. tableaux 1-1 et 1-2) en fonction des formats de présentation, du niveau de trafic et du degré de complexité du message.

Condition sans trafic : Pour un message simple, le format de présentation « tableau à en-têtes textuels » (F2) induit à la fois moins de variations de vitesse et moins d'accélération et de déviations de trajectoire que les autres présentations. Concernant les autres mesures, aucune différence significative n'est observée. Pour un message complexe, le format de présentation « tableau + en-têtes iconiques » (F3) conduit à la fois à des temps de mémorisation plus brefs et de déviation de trajectoire (moyenne et variations d'intensité) moins importantes que les autres présentations. Pour l'ensemble des autres mesures, aucune différence significative n'est mentionnée.

Condition avec trafic : Pour un message simple, le format de présentation F3 entraîne à la fois des temps de mémorisation plus courts, des vitesses et des accélérations plus élevées et des vitesses et du freinage (moyenne et variations d'intensité) moins importants que les autres présentations. Pour un message complexe, le format de présentation F3 génère à la fois des temps de mémorisation plus rapides, des vitesses et des accélérations plus grandes et des variations de vitesse, d'accélération et de freinage et des déviations de trajectoire moins notables que les autres présentations.

⁶ Précédé d'un avertissement sonore.

⁷ Critère développé par Renault VI pour déterminer le niveau de "confort" des chauffeurs pendant la conduite.

2.2.2 Détermination de la meilleure orientation

Comme le format « F3 » (tableau + en-têtes iconiques) constitue le format le plus satisfaisant, nous allons déterminer, dans cette sous partie, la meilleure orientation de ce format sur l'ensemble des mesures.

Seule l'analyse des déviations de trajectoires (variations d'intensité), de l'accélération (variations d'intensité) et de la vitesse (variations d'intensité) lors de la présentation des messages de gestion de flotte sous format F3 montre des différences significatives (cf. tableaux 2-1 et 2-2) selon l'orientation des tableaux.

Condition sans trafic : Pour un message simple, l'orientation verticale induit moins de variations de trajectoire que l'orientation horizontale. Pour un message complexe, l'orientation verticale produit moins de variations de trajectoire que l'orientation horizontale mais l'orientation horizontale entraîne moins de variations d'accélération que l'orientation verticale.

Condition avec trafic : Pour un message simple, l'orientation verticale produit moins de variations de vitesse et d'accélération que l'orientation horizontale. Pour un message complexe, pas de différence significative.

2.3 Synthèse des résultats

Le meilleur format est sans conteste le format tableau. Dans le cas d'une situation clémente (absence de trafic et message simple), il semblerait que le meilleur format de présentation de l'information soit le format tableau avec en-têtes textuels (F2). Lorsque l'environnement routier et/ou embarqué se complexifie, la présence d'en-têtes iconiques (F3) améliore les performances que ce soit au niveau de la réalisation de la tâche ou au niveau du maintien d'une bonne qualité de conduite.

Pour le format tableau avec en-têtes iconiques (F3), la meilleure orientation serait verticale. Deux explications peuvent justifier ce phénomène. D'une part, les éléments du message de gestion de flotte seraient en adéquation avec les attentes spontanées des chauffeurs en matière d'agencement du tableau (Pellegrin, 00). En effet, une adresse postale présente usuellement le nom placé au dessus de l'adresse (orientation verticale) et non pas à côté (orientation horizontale). D'autre part, la configuration verticale des tableaux coïncide avec la trajectoire des regards entre la scène routière et l'afficheur embarqué, à savoir l'axe haut-bas qui faciliterait la prise d'informations.

3 DEUXIEME ETUDE

3.1 Méthodologie

L'objectif de cette seconde étude est de déterminer les seuils de tolérance d'informations à présenter selon la nature de l'information manipulée (mots vs chiffres vs mots + chiffres) et la quantité d'informations présentées (de 15 à 104 caractères).

3.1.1 Protocole et contexte général de passation

Le protocole et le contexte général de passation sont à peu près identiques à ceux de l'étude 1. Quelques éléments diffèrent cependant entre les deux expériences. Le format de présentation des messages de gestion de flotte retenu est constitué, suite aux résultats de l'étude 1, uniquement par le format « tableau avec en-têtes iconiques à orientation verticale » (« F3 ») puisque c'est le format qui est apparu comme le plus pertinent. Les termes lexicaux conservés dans cette étude sont de nature uniquement complexe pour générer un niveau de perturbation plus important lors de la lecture (situation extrême). De même la scène visuelle ne présente que des situations avec trafic.

Le caractère complexe des 37 mots expérimentaux a été préalablement testé auprès de 20 étudiants de psychologie⁸ et déterminé à partir de critères similaires à l'expérience 1 (familiarité et complexité de la forme visuelle). Ainsi, la familiarité des mots complexes est estimée à $M = 0,33$ avec $SD = 0,95$ et la complexité de leur forme visuelle est évaluée à $M = 3,55$ et $SD = 1,49$. L'échelle d'évaluation utilisée est identique à celle de la première étude.

⁸ Premier et deuxième cycles.

3.1.2 Conditions expérimentales

Les conditions expérimentales ont été conçues pour établir une gradation dans la complexité des messages de gestion de flotte à la fois au niveau quantitatif (nombre de caractères) et sémantique (nature de l'information : mots et chiffres). Ainsi, 7 messages de gestion de flotte ont été construits afin de manipuler à la fois une « chaîne de caractères » allant de 15 à 104 et une « nature différente de l'information présentée ». Les 7 conditions sont les suivantes :

- **C1** (« Mots seuls ») constituée de 2 mots seuls (ex : nom de société) entre 7 et 8 caractères chacun. Cette condition correspond à 15 caractères.
- **C2** (« Chiffres seuls ») constituée de deux blocs de 10 chiffres [heure (ex : 14:00) + date (14/02/03)]. Cette condition correspond à 20 caractères.
- **C3** (« Mots + chiffres de 18 caractères ») représentée par une combinaison de 2 chiffres avec 2 mots de 8 caractères (ex : 4 palettes).
- **C4** (« Mots + chiffres de 33 à 36 caractères ») composée soit par une combinaison (C1 + C3) de 2 chiffres avec 4 mots entre 7 et 8 caractères [M = 7,5 caractères], soit par deux combinaisons de 20 chiffres avec 2 mots à entre 7 et 8 caractères [M = 7] pour C1 + C2 ou [M = 8] pour C2 + C3.
- **C5** (« Mots + chiffres de 49 à 53 caractères ») constituée soit par une combinaison de 12 chiffres avec 2 mots de 3 caractères et 4 mots entre 7 et 8 caractères [M = 7,75] soit par une combinaison de 22 chiffres avec 4 mots entre 7 et 8 caractères [M = 7,75].
- **C6** (« Mots + chiffres de 64 à 69 caractères ») composée soit par une combinaison de 12 chiffres avec 2 mots de 3 caractères et 6 mots entre 7 et 8 caractères [M = 7,67], soit par une combinaison de 32 chiffres avec 2 mots de 3 caractères et 4 mots entre 7 et 8 caractères [M = 7,75].
- **C7** (« Mots + chiffres de 85 à 104 caractères ») constituée soit par une combinaison de 32 chiffres avec 2 mots de 3 caractères et 6 mots entre 7 et 8 caractères [M = 7,83], soit par une combinaison de 35 chiffres avec 2 mots de 3 caractères et 8 mots entre 7 et 8 caractères [M = 7,87].




		
	9 palettes	5 palettes

Figure 4 : Format de présentation C3








		
	Rabewerk	Egretier
	5 rue Solzmann 79206 Breisach	2 rue Seyboth 79868 Feldberg
	06/07/02	06/07/02
	10:00	13:00
	15 palettes	9 palettes

Figure 5 : Format de présentation C7

Une attention particulière a été portée à la pertinence et la plausibilité des messages utilisés. La limitation à 104 caractères pour la dernière condition est imposée par la taille de l'affichage de l'écran embarqué.

3.1.3 Mesures

Les mesures enregistrées sont identiques à celles de l'expérience 1 (temps auto estimé de mémorisation et qualité de conduite). Une troisième série de mesures a été ajoutée : le comportement oculaire des chauffeurs. La durée moyenne d'un regard et le nombre de regards de chaque chauffeur ont été déterminés grâce à un enregistrement vidéo des mouvements des yeux lors de la conduite. Le dépouillement a été réalisé manuellement en superposant l'image de la scène routière avec celles de l'écran embarqué et du regard du chauffeur.

3.1.4 Participants

11 chauffeurs de poids lourd ont participé à l'expérience ayant eu lieu dans l'entreprise Renault Trucks. Leur vision est satisfaisante. Le niveau d'expérience annuel de conduite moyen est identique pour tous les chauffeurs [M = 25 000 Km].

3.2 Principaux résultats

Les 7 messages de gestion de flotte ont été traités par analyse de variance sur chaque facteur dépendant (temps de mémorisation, durée moyenne d'un regard, nombre de regards, vitesse moyenne, variations de vitesse, accélération moyenne, variations d'accélération, freinage moyen, variations de freinage, déviation de trajectoire moyenne, variations de déviation de trajectoire et coefficient de confort).

Le temps de mémorisation, le comportement oculaire et la qualité de conduite présentent des différences significatives en fonction des différents formats de présentation.

3.2.1 Temps de mémorisation

Le temps de mémorisation (en secondes) des participants est influencé, de manière différente, par les formats de présentation (cf. tableau 3). Les formats C1, C2 et C3 entraînent des temps de mémorisation plus courts que le format C4, qui obtient des temps de mémorisation plus brefs que les formats C5 et C6 qui conduisent à leur tour à des temps plus rapides que le format C7.

3.2.2 Nombre de regards

Le nombre de regards alloué aux messages textuels montre des différences significatives (cf. tableau 4) selon les formats de présentation. Les formats C1, C2 et C3 nécessitent moins de regards que le format C4 qui entraîne moins de regards que le format C5 et qui à son tour requiert moins de regards que le format C6 et C7.

3.2.3 Qualité de conduite

L'accélération (moyenne et variation), le freinage (variation) et la déviation de trajectoire (moyenne), de manière différente, montrent des différences significatives (cf. tableau 5) selon les formats de présentation. Le format C5 conduit à plus d'accélération que le format C1. Les formats C1, C4, C5 & C7 produisent moins de variations d'accélération que le format C6. Tous les formats induisent moins de variations de freinage que le format C7. Le format C2 entraîne moins de déviations de trajectoire que le format C7. Le format C4 entraîne également moins de déviations de trajectoire que le format C5 et C7.

3.3 Synthèse des résultats

L'accroissement du nombre de caractères dans les messages entraîne une augmentation du temps de mémorisation et du nombre de regards. Pour ces deux mesures, les conditions expérimentales C1, C2 et C3 ne sont pas différentes significativement. Ceci vient du fait que leurs nombres de caractères sont proches (15, 18 et 20 caractères). Aucune différence n'est observée en ce qui concerne la nature de l'information (mot/chiffre). Les temps de mémorisation et les nombres de regards ne sont pas, respectivement, significativement différents pour les conditions C5 et C6 et les conditions C6 et C7.

En ce qui concerne la qualité de conduite, seules les variations de freinage présentent des résultats exploitables : les variations sont beaucoup plus importantes pour le format ayant la plus grande quantité d'informations (C7) que pour les autres formats. Les autres mesures ne mettent en évidence ni un effet du nombre de caractères ni un effet de la nature de ces caractères (chiffres vs lettres). Ce constat laisse supposer un manque de sensibilité des mesures de la qualité de conduite pour ce type de comparaison.

4 DISCUSSION GENERALE

Dans notre première étude, nous avons évalué l'effet du formatage de messages textuels longs (message de gestion de flotte) sur les performances de mémorisation et le comportement de conduite des chauffeurs de poids lourds. En accord avec les résultats de Blanco (1999), nous avons observé que l'utilisation d'un tableau pour délivrer l'information textuelle permet d'améliorer l'assimilation du message et de maintenir une bonne qualité de conduite. La manipulation de la nature des en-têtes des tableaux a montré que, lors d'une situation complexe de conduite⁹, l'image (format « F3 ») serait

⁹ Trafic routier et/ou message textuel complexe.

préférable au texte (format « F2 »). Ceci proviendrait du fait que le traitement cognitif du pictogramme est plus rapide que celui du texte (Barcenilla & Tijus, 2002). Ainsi, l'image activerait plus rapidement des structures de connaissances correspondantes permettant la compréhension et la mémorisation du texte (Ganier, 2002). Une autre explication peut aussi être considérée, celle du rôle inhibiteur de l'information textuelle contenue dans les en-têtes sur le texte informatif du message. Enfin, l'orientation verticale pour un tableau avec en-têtes iconiques semblerait plus indiqué pour maintenir un bon contrôle du véhicule. Dans le cas d'une application ergonomique, le choix d'un format tableau avec en-tête iconique orienté verticalement paraît donc plus judicieux.

Lors de notre deuxième étude, nous avons manipulé des messages de nature et de taille différentes dans le but de définir des seuils de tolérance. Seules trois mesures (temps de mémorisation, nombre de regards et variation de freinage) présentent des différences significatives et cohérentes entre les différentes conditions expérimentales. L'analyse de ces mesures est uniquement influencée par la quantité d'informations à traiter. De plus, on ne constate aucun effet de la nature lexicale et sémantique de l'information sur ces mesures. Concernant les accélérations (moyenne et variation) et les déviations moyennes de trajectoire, les résultats observés sont difficiles à interpréter.

Comme nous l'avons constaté dans la première expérience, les mesures provenant du véhicule peuvent être considérées comme une aide pour comprendre et évaluer les systèmes embarqués. Or dans le cas de l'expérience 2, nous atteignons les limites de ce type de mesures. En effet, leur manque de sensibilité ne permet ni de mettre en avant une influence de la quantité ni de la nature de l'information. De la même manière, la durée de regard semble, elle aussi, être une mesure peu sensible. Labiale et al. (1988), Reeves & Stevens (1996), Rockwell (1988) et Tijerina, Kiger, Rockwell, & Tornow (1996) ont constaté que la durée moyenne d'un regard reste relativement stable alors que le nombre de regards varie beaucoup d'un dispositif embarqué à l'autre. Ainsi, les mesures « véhicule » et la durée d'un regard semblerait témoigner principalement d'une surcharge attentionnelle de la part des chauffeurs. Cette hypothèse est soutenue par le fait que le nombre de caractères des messages de l'expérience 2 ne dépasse pas celui des messages de l'expérience 1.

D'un point de vue ergonomique, ces études montrent l'intérêt de présenter l'information selon certaines modalités (tableau à en-têtes iconiques) lorsque l'affichage textuel est vraiment indispensable (informations complexes difficiles à mémoriser sous forme auditive). Néanmoins ces résultats doivent être interprétés avec prudence. Avant toutes applications ergonomiques, ce genre de dispositif nécessite un complément d'études concernant à la fois les aspects « sécurité routière » et social. D'une part, ce dispositif doit faire l'objet d'une évaluation complète de la charge cognitive liée à son utilisation, d'études comparatives avec des systèmes auditifs équivalents et de validations en situation de conduite réelle. D'autre part, l'acceptabilité d'un tel système doit être vérifiée auprès des chauffeurs routiers. Dans une perspective de duplication, il semblerait intéressant d'ajouter une situation de référence « sans lecture » et de pré-tester la familiarité des mots avec de vrais chauffeurs professionnels de poids lourds.

5 REFERENCES

- Barcenilla, J. & Tijus, C (2002). Compréhension et évaluation de pictogrammes : effets du contexte. *Psychologie Française*, 47-1, 81-92
- Blanco, M. (1999). *Effects of in-vehicle information systems (IVIS) tasks on the information processing demands of a commercial vehicle operations (CVO) driver*. Master's thesis. Virginia Polytechnic Institute.
- Caro S. (1995). *Rôle des organisateurs para-linguistiques dans la consultation des documents électroniques*. Thèse en Sciences de l'information et de la communication. Université Stendhal, Grenoble.
- Caro, S. (1999). *Usage des organisateurs anti-entropiques dans les documents électroniques : approche expérimentale des fenêtres ponctuelles*. Actes du colloque "Multimédia et construction des savoirs", Université de Besançon, Belfort et Montbéliard, 25-29 mai.
- Deans R., Kulhavy R.W. (1981). Influence of spatial organisation in prose learning. *Journal of Educational Psychology*, 73 (1), 57-64.

-
- Deatherage, B.H. (1972). Auditory and other sensory forms of information presentation. In H.P. Van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), *Human engineering guide to equipment design (rev. ed.)*, pp. 123-160. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Fairclough, S.H., Ashby, M.C., & Parkes, M. (1993). In-vehicle displays, visual workload and usability evaluation. In A.G. Gale & al. (Eds), *Vision in vehicles IV* (pp. 245-254). Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).
- 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.
- Graham, R. & Mitchell, V.A. (1996). An evaluation of the ability of drivers to assimilate and retain in-vehicle traffic messages. In Y. I. Noy (Ed). Mahwah, NJ, USA, *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces. Human factors in transportation* (pp 185-201). Lawrence Erlbaum Associates, Inc. XVI.
- Kiger, S. M., Rockwell, T. H., & Tijerina, L. (1995). Developing baseline data on heavy vehicle driver visual workload. *Proceedings of the human factors and ergonomics society 39th annual meeting*.
- Kolers, P.A., Duchnick, R., & Ferguson, D.C. (1981). Eye movement measurement of readability of CRT displays. *Humans Factors*, 23, 517-527.
- Kurokawa, K. & Wierwille, W. W. (1990). Validation of a driving simulation facility for instrument panel task performance. *Proceedings of the human factors and ergonomics society 34th annual meeting*.
- Kurokawa, K. & Wierwille, W. W. (1991). *Effects of instrument panel clutter and control labelling on visual demand and task performance*. Paper submitted for presentation at the *Society for Information Display International Symposium*, May.
- Labiale, G., Mamberti, M.L., Baez, D., Conus, Y., & Aupetit, J. (1988). *Compréhension et mémorisation des messages visuels et auditifs d'information routière*. Rapport INRETS n°66.
- Mayer R.E. (1983). Can you repeat that ? Qualification effects of repetition and advances organizers of learning from science prose. *Journal of Educational Psychology*, 75 (1), 40-49.
- Mayer R.E. (1984). Aids to text-comprehension. *Educational Psychologist*, Vol. 19, n° 1, 30-42.
- Popp, M. & Faerber, B. (1991). Advanced display technologies, route guidance systems, and the position of displays in cars. In A.G. Gale & al. (Eds), *Vision in vehicles III* (pp. 219-225). Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).
- Pellegrin, A. (2000). *Traitement cognitif des représentations graphiques synoptiques*. Thèse de doctorat. INPG.
- Pinker, S. (1990). A theory of graph comprehension. In R. Freedle (Ed.) *Artificial Intelligence and future of testing* (pp. 73-126). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pottier, A. (1998). In-car visual strategies and information processing. In A.G. Gale & al. (Eds), *Vision in vehicles VI* (pp. 247-256). Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).
- Reeves, J. & Stevens, A. (1996). A practical method for comparing driver distraction associated with in-vehicle equipment. In A.G. Gale (Ed), *Vision in vehicle V* (pp. 171-178). Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).
- Rockwell, T.H. (1988). Spare visual capacity in driving-revisited. New empirical results for an old idea. In A.G. Gale (Ed), *Vision in vehicle II* (pp. 317-324). Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).
- Senders, J.W., Kristofferson, A.B., Levison, W.H., Dietrich, C.W., & Ward, J.L. (1967). The attentional demand of automobile driving. *Highway Research Record*, 195, 15-32.
- Snyder, H.L. & Monty, R.W. (1986). A methodology for road evaluation of automobile displays. In A.G. Gale & al. (Eds), *Vision in vehicles* (pp. 227-237). Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).
- Sperandio, J.-C. & Dessaigne, M.-J. (1988). Une comparaison expérimentale entre les modes de présentation visuels ou auditifs de messages d'informations routières à des conducteurs automobiles. *Le travail humain*, tome 51, n°3, pp 257-269.
- Tijerina, L., Kiger, S., Rockwell, T.H., & Tornow, C. (1996). Heavy vehicle driver workload assessment. Task 7A: In-cab test message system and cellular phone use by heavy vehicle drivers on the road. *National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)*. Final Report Supplement.

- Wierwille, W. W. (1993). An initial model of visual sampling of in-car displays and controls. In A.G. Gale et al. (Eds), *Vision in vehicles IV* (pp. 271-418) Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).
- Wierwille, W. W., Hulse, M.C., Fischer, T.J., & Dingus, T.A. (1988). *Strategic use of visual resources by the driver while navigating with an in-car navigation display system*. Paper presented at the 22nd FISITA Congress, Washington DC, USA.
- Zwahlen, H.T. & Balasubramanian, K.N. (1974). A theoretical and experimental investigation automobile path deviation when drivers steers with no visual input. *Transportation research record*, 520, pp. 25-37.
- Zwahlen, H.T., Adams, C.C., DeBald, Jr., & DeBald, D.P. (1988). Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles. In A.G. Gale et al. (Editors), *Vision in Vehicles II* (pp. 335-344). Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).

6 ANNEXES

Tableau 1-1: Tableau de résultats (moyennes et niveaux de probabilité) concernant les formats de présentations pour l'ensemble des variables dépendants en fonction de la complexité du message pour la condition « sans trafic ».

SANS TRAFIC	<i>Messages simples</i>				<i>Messages complexes</i>			
	F1	F2	F3	Probabilités significatives	F1	F2	F3	Probabilités significatives
Temps de mémorisation	M = 32,36	M = 33,39	M = 33,66	NS	M = 39,99	M = 32,30	M = 35,58	$P_{F1/F2} < .05$
Accélération (moyennes)	M = 86,59	M = 81,92	M = 75,16	$P_{F1/F3} < .05$	M = 84,78	M = 82,68	M = 79,17	NS
Déviations de trajectoire (moyenne)	M = 0,31	M = 0,26	M = 0,28	$P_{F1/F2} < .01$; $P_{F2/F3} < .01$	M = 0,32	M = 0,29	M = 0,21	$P_{F1/F3} < .001$; $P_{F2/F3} < .001$
Déviations de trajectoire (variations)	M = 0,16	M = 0,13	M = 0,15	NS	M = 0,18	M = 0,15	M = 0,15	$P_{F1/F2} < .001$; $P_{F1/F3} < .001$

Tableau 1-2: Tableau de résultats (moyennes et niveaux de probabilité) concernant les formats de présentations pour l'ensemble des variables dépendants en fonction de la complexité du message pour la condition « avec trafic ».

AVEC TRAFIC	Messages simples				Messages complexes			
	F1	F2	F3	Probabilités significatives	F1	F2	F3	Probabilités significatives
Temps de mémorisation	M = 39,06	M = 30,35	M = 30,58	$P_{F1/F2} < .001$; $P_{F1/F3} < .001$	M = 37,45	M = 42,50	M = 34,25	$P_{F1/F2} < .1$; $P_{F2/F3} < .005$
Vitesse (moyennes)	M = 79,65	M = 79,02	M = 84,71	$P_{F1/F3} < .001$; $P_{F2/F3} < .005$	M = 71,43	M = 81,13	M = 85,35	$P_{F1/F2} < .001$; $P_{F1/F3} < .001$; $P_{F2/F3} < .05$
Vitesse (variations)	M = 2,21	M = 3,53	M = 2,67	$P_{F1/F2} < .001$; $P_{F2/F3} < .01$	M = 3,46;	M = 2,40	M = 1,68	$P_{F1/F2} < .001$; $P_{F1/F3} < .001$; $P_{F2/F3} < .001$
Accélération (moyennes)	M = 46,17	M = 37,36	M = 45,37	$P_{F1/F2} < .1$	M = 71,43	M = 81,13	M = 85,35	$P_{F1/F2} < .005$; $P_{F1/F3} < .001$
Accélération (variations)	M = 20,65	M = 19,83	M = 22,54	NS	M = 34,37	M = 48,75	M = 50,81	$P_{F1/F2} < .05$; $P_{F1/F3} < .01$
Freinage (moyennes)	M = 7,79	M = 1,04	M = 0,07	$P_{F1/F2} < .001$; $P_{F1/F3} < .001$	M = 1,59	M = 0,72	M = 0,55	NS
Freinage (variations)	M = 1,96	M = 1,39	M = 1,05	$P_{F1/F2} < .001$; $P_{F1/F3} < .001$	M = 2,14	M = 2,07	M = 0,60	$P_{F1/F3} < .005$; $P_{F2/F3} < .05$
Déviation de trajectoire (moyenne)	M = 0,39	M = 0,35	M = 0,31	NS	M = 0,33	M = 0,52	M = 0,26	$P_{F1/F2} < .001$; $P_{F2/F3} < .001$

Tableau 2-1 : Tableau de résultats (moyennes et niveaux de probabilité) concernant l'orientation des tableaux à en-têtes iconiques (F3) pour l'ensemble des variables dépendants en fonction de la complexité du message pour la condition « sans trafic ».

SANS TRAFIC	Messages simples			Messages complexes		
	H	V	Probabilités significatives	H	V	Probabilités significatives
Accélération (variations)	M = 0,08	M = 0,04	NS	M = 0,01	M = 0,07	$P < .05$
Déviation de trajectoire (variations)	M = 0,16	M = 0,14	$P < .01$	M = 0,13	M = 0,16	$P < .01$

Tableau 2-2 : Tableau de résultats (moyennes et niveaux de probabilité) concernant l'orientation des tableaux à en-têtes iconiques (F3) pour l'ensemble des variables dépendants en fonction de la complexité du message pour la condition « avec trafic ».

AVEC TRAFIC	Messages simples			Messages complexes		
	H	V	Probabilités significatives	H	V	Probabilités significatives
Vitesse (variations)	M = 3,13	M = 2,20	$P < .05$	M = 0,50	M = 0,43	NS
Accélération (variations)	M = 25,83	M = 19,24	$P < .05$	M = 0,11	M = 0,14	NS

Tableau 3 : Tableau de résultats (moyennes et niveaux de probabilité) concernant les temps de mémorisation pour l'ensemble des conditions expérimentales.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Moyenne	M = 7,97	M = 9,36	M = 6,16	M = 13,98	M = 19,51	M = 24,52	M = 33,88

Probabilités significatives : $p_{c1/c4} < .05$; $p_{c3/c4} < .05$; $p_{c4/c5} < .1$; $p_{c4/c6} < .005$; $p_{c6/c7} < .005$

Tableau 4 : Tableau de résultats (moyennes et niveaux de probabilité) concernant le nombre de regards pour l'ensemble des conditions expérimentales.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Moyenne	$M = 3,29$	$M = 3,29$	$M = 2,45$	$M = 6,32$	$M = 8,45$	$M = 10,61$	$M = 10,32$

Probabilités significatives : $p_{c1/c4} < .005$; $p_{c2/c4} < .005$; $p_{c3/c4} < .001$; $p_{c4/c5} < .1$; $p_{c5/c6} < .05$; $p_{c5/c7} < .1$

Tableau 5 : Tableau de résultats (moyennes et niveaux de probabilité) concernant la qualité de conduite pour l'ensemble des conditions expérimentales.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Probabilités significatives
Accélération (moyennes)	$M = 50,13$	$M = 57,28$	$M = 53,79$	$M = 56,47$	$M = 69,36$	$M = 64,97$	$M = 57,30$	$p_{c1/c5} < .1$
Accélération (variations)	$M = 8,20$	$M = 9,86$	$M = 9,51$	$M = 8,28$	$M = 5,34$	$M = 14,78$	$M = 7,42$	$p_{c1/c6} < .1$; $p_{c4/c6} < .1$; $p_{c5/c6} < .01$; $p_{c7/c6} < .05$
Freinage (variations)	$M = 0,00$	$M = 0,42$	$M = 0,00$	$M = 0,00$	$M = 0,00$	$M = 0,00$	$M = 2,17$	$p_{c1/c7} < .005$; $p_{c2/c7} < .05$; $p_{c3/c7} < .005$; $p_{c4/c7} < .005$; $p_{c5/c7} < .005$; $p_{c6/c7} < .005$
Déviation de trajectoire (moyenne)	$M = 0,27$	$M = 0,23$	$M = 0,28$	$M = 0,20$	$M = 0,34$	$M = 0,24$	$M = 0,35$	$p_{c4/c5} < .05$; $p_{c2/c7} < .1$; $p_{c4/c7} < .05$