

# La formalisation des communications dans le travail : une grille d'analyse dans le contrôle du trafic aérien

**Nicole BOUDES, Corinne CAPSIÉ, Anne-France CORREDOR,  
Lionel FLEURY & Elyeth TREMBLAY**

Protectic Ingénierie, 20 Parc Burospace, 91573 Bièvres  
Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne, 7 avenue E. Belin 31055 Toulouse.  
(boudes, capsie, corredor, fleury, tremblay)@cena.fr

## **Mots-clés :**

contrôle aérien, communications verbales, codage, conception

## **Résumé :**

Cette communication présente une méthode d'analyse des communications verbales entre opérateurs dans le contrôle du trafic aérien. La méthode consiste en un codage des communications selon quinze dimensions qui répond au besoin de disposer d'un outil de référence utilisable dans le cadre de la conception ou de l'évaluation de nouveaux outils de travail pour les contrôleurs. Nous mettons en évidence les exigences soulevées par la mise en place de la grille d'analyse dans ce contexte.

## **INTRODUCTION**

Pour l'ergonome, les communications verbales dans le travail constituent une source importante d'informations sur l'activité individuelle ou collective des opérateurs. Notons qu'il existe deux voies d'analyse des communications : celles-ci peuvent être utilisées à titre d'indicateurs pour la description des représentations mentales des opérateurs, ce sont des traces de l'activité ; ou bien comme action de l'opérateur dans le sens où elles sont destinées à transformer les représentations d'autrui et ses buts (Falzon, 1994). La démarche d'analyse des communications verbales que nous présentons intègre ces deux approches, en mettant à profit la complémentarité des modèles de la psychologie cognitive et de la pragmatique.

L'analyse de l'activité cognitive à partir des communications verbales impose à l'ergonome des contraintes à plusieurs niveaux : une impossibilité d'accès aux processus implicites, la nécessité de la contextualisation du discours, la connaissance parfaite des langages opératifs utilisés et une méthodologie adaptée. C'est ce dernier point que nous privilégions ici, car le problème de l'analyse des verbalisations, en général est récurrent dans la littérature, et fait appel à diverses méthodes (Ghiglione et Richard, 1994 ; Lasserre-Soria, 1998) parmi lesquelles les choix ne sont pas toujours évidents.

Au Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne (CENA), l'étude des communications est réalisée selon deux perspectives dans le cadre des projets d'aide au contrôle du trafic aérien :

- les communications entre opérateurs au sol (contrôleur organique et contrôleur radar travaillant en binôme) ont été étudiées dans l'objectif de développer un modèle cognitif du contrôleur au service de la conception et de l'évaluation de nouveaux systèmes d'aide à la décision ;
- les communications entre le sol et le bord (contrôleur radar et pilote) sont analysées dans l'objectif de spécifier les nouveaux outils de transfert de données entre ces opérateurs et entre opérateurs et système ;
- les communications entre contrôleurs organiques de différents secteurs sont étudiées dans le but de vérifier dans quelle mesure des outils restituant certaines formes de contexte partagé pourraient réduire le coût des communications téléphoniques (Blond, Dumazeau et Karsenty, 2000)

Les projets cités sont des projets à long terme qui sont développés selon une approche itérative de conception-évaluation. Le travail que nous avons réalisé visait à doter le CENA d'un outil de référence pour l'analyse des communications, utilisable aux différents stades de la conception. Il s'est inscrit dans le cadre de l'évaluation d'un système d'aide à la décision pour les contrôleurs du trafic aérien nommé ERATO (En Route Air Traffic Organizer).

Après avoir mis l'accent sur l'utilité de disposer d'une grille d'analyse de référence pour les communications, à travers le contexte de l'étude et le projet visé dans le contrôle du trafic aérien, nous présenterons les dimensions du codage que nous avons dégagées et nous discuterons les principales exigences de l'élaboration d'un tel codage.

## SITUATION D'ÉTUDE ET CONTEXTE

Le contrôle du trafic aérien «en-route», qui nous intéresse ici, a pour mission d'assurer la sécurité des avions, l'information aux pilotes, la régularité et la fluidité du trafic sur l'espace aérien supérieur français. Dans les cinq centres de contrôle régionaux qui gèrent cet espace, les opérateurs travaillent en binôme sur la même position de travail : le CO (contrôleur organique) et le CR (contrôleur radar), optimisent les conditions de trafic sur un secteur donné. La tâche de contrôle revient à détecter et résoudre des conflits (risque de rapprochement entre avions), gérer le passage d'un secteur de contrôle à un autre, se coordonner avec les militaires, répondre aux attentes des pilotes... La difficulté du travail tient à ce qu'il s'exerce de façon coopérative dans un environnement dynamique et à risque, et sous pression temporelle. Cet environnement est chargé en informations plus ou moins incomplètes, et dans lequel la qualité des décisions à court terme repose sur des exigences fortes d'anticipation (Boudes et Cellier, 2000).

Dans l'objectif de moderniser les outils actuellement utilisés, qui arrivent en limite de potentiel face à l'augmentation régulière du trafic, le CENA a développé le prototype d'un système d'aide à la décision (ERATO). Le principe d'aide qui oriente le projet consiste en une assistance électronique des tâches concernant des activités réputées consommatrices de ressources cognitives (surveillance, mémorisation) au regard des activités centrales de prises de décisions. Pour d'autres tâches, l'aide tend à simplifier l'environnement des

prises de décisions (diagnostic, nature des actions), ou la planification des actions liée à la gestion des ressources. Pour spécifier les fonctions d'aide, la façon de les implémenter et l'interface (IHM) associée, diverses études et recherches, conjointement menées, se sont attachées à développer un modèle cognitif du contrôleur (Leroux, 1993) qui justifie aujourd'hui les grandes orientations en terme d'assistance électronique, de méthode de travail, de formation à l'outil ainsi que la démarche de validation et les questions qui y sont abordées.

ERATO est un environnement de contrôle tout électronique qui marquera une rupture dans l'activité des contrôleurs, par l'abandon des supports papiers utilisés actuellement (les strips). Pour donner une idée de la nature de l'outil et de sa complexité sans entrer dans une description trop technique, nous pouvons dire qu'il se compose de quatre écrans dont 2 destinés à chaque contrôleur d'un binôme. Ces écrans sont munis chacun de 3 fenêtres dynamiques (ou pages selon le cas). Les principales possibilités dans l'interaction homme-machine sont les suivantes : appel d'informations à la demande, saisies, paramétrage des présentations selon le besoin, activation de fonctions de délégation de tâches au système, transfert électronique d'informations entre les contrôleurs, utilisation ponctuelle d'outils de simulation et de projection dans le futur...

Valider un système tel qu'ERATO est une démarche longue et coûteuse qui met en œuvre des moyens informatiques lourds et des ressources humaines importantes. Elle nécessite, certes, d'avoir identifié au préalable un certain nombre d'objectifs. Cependant, étant donné la complexité de l'outil et les contraintes de résultats liées à la gestion de projet, les objectifs retenus dans un premier temps, que nous appellerons les objectifs immédiats, ne peuvent être que partiels au regard des nombreuses questions qui se posent. Une campagne d'évaluation ne peut pas être isolée du programme de validation global et plus vaste dans lequel chacun des objectifs, y compris les objectifs futurs doivent pouvoir s'insérer.

En simplifiant la description, le programme de validation s'étale sur plusieurs années. Il a initialement porté sur les algorithmes informatiques, étape obligatoire mais qui ne peut garantir à elle seule que le système répond aux besoins des contrôleurs. Une deuxième étape a concerné l'intégration des aides à la décision dans l'activité des contrôleurs, l'utilisation du système dans sa globalité et les caractéristiques de l'IHM. Aujourd'hui, le CENA s'intéresse à l'évaluation de la formation tout en approfondissant les connaissances sur le modèle cognitif dans le nouvel environnement, les différents modes d'utilisation d'ERATO et la coopération entre opérateurs utilisant le nouveau système.

Par ailleurs, il ne faut pas perdre de vue qu'en contexte pré-opérationnel du système, l'équipe de conception compte parmi ses partenaires des industriels pour qui l'intérêt des résultats des évaluations ne se situe pas toujours au niveau de l'analyse cognitive, et qui exprime des besoins spécifiques. L'un des rôles du CENA est aussi de pouvoir répondre dans les meilleurs délais à ces attentes, ce qui nécessite d'avoir à sa disposition une base de données adéquate, c'est-à-dire importante et dont le format permette dans la mesure du possible une utilisation directe.

Dans ce contexte de développement, et dans le but de tirer le meilleur profit d'expérimentations qui s'avèrent lourdes à mettre en place, il est souhaitable d'anticiper l'usage des données bien au delà des objectifs immédiats. Ce souci d'élargir au maximum les possibilités d'exploitation des données ne répond pas parfaitement aux critères méthodologiques

standards d'un protocole en psychologie, dans lequel une correspondance "idéale" existe entre les objectifs d'analyse et les méthodes de traitement des données. Le codage des communications que nous avons élaboré rend compte de la marge de manœuvre souhaitée par les analystes, ce que nous allons montrer au niveau des différentes exigences du codage, en l'exemplifiant.

## **RÔLE DES COMMUNICATIONS DANS LA VALIDATION D'ERATO**

L'ensemble du système ERATO a été évalué dans des simulations de contrôle au cours desquelles nous avons recueilli les données suivantes : les évènements spontanés liés à l'évolution du trafic, les actions des opérateurs sur l'IHM, les communications verbales entre les différents acteurs et les entretiens d'auto-confrontation à l'activité (avec rejeu des actions sur l'IHM et images vidéo en supports d'entretien). Nous nous intéressons ici au traitement des communications verbales qui a donné lieu à la conception d'un codage (Abdesslem et al, 1999) pour en discuter plus loin les exigences.

Dans la simulation de contrôle utilisée, ces communications sont pour la plupart des dialogues à visée fonctionnelle sinon de régulation sociale. Elles concernent :

(a) les échanges radiophoniques entre contrôleur radar et pilotes, visant essentiellement l'envoi d'ordres de contrôle vers les pilotes et les réponses de ces derniers. Ces consignes permettent la résolution des conflits, le respect de procédures, l'ordonnement des vols... ;

(b) les communications téléphoniques entre le contrôleur organique et leurs homologues des secteurs voisins qui portent sur les conditions d'entrée ou de sortie des vols dans le secteur contrôlé ;

(c) les communications directes entre contrôleur radar et contrôleur organique qui vont permettre des prises de décision collectives, une répartition des tâches, et plus généralement un échange d'informations sur l'environnement (situations de trafic, activité de chacun, comportement du système...). Nous incluons dans cette catégorie les verbalisations auto-dirigées car elles ont selon nous une forte probabilité d'être entendues par le co-équipier, les deux contrôleurs travaillant côte à côte.

Parmi les objectifs immédiats poursuivis lors de la conception du codage nous souhaitons évaluer l'intégration des aides à la décision dans l'activité des contrôleurs. En effet, il apparaissait essentiel de vérifier que le système ne perturbe pas certaines habiletés des contrôleurs organique et radar, notamment le fait de pouvoir ré-actualiser ses représentations pour les ajuster aux caractéristiques dynamiques de l'environnement. La ré-actualisation des représentations se traduit par la possibilité de construire des représentations évolutives du trafic, qui sont par la suite enrichies, précisées, revues, maintenues ou remplacées. Elle conditionne le maintien d'une conscience de la situation, en favorisant l'intégration de toute nouvelle information dans les décisions des contrôleurs. Sur le plan de l'action, elle permet la prise en compte d'alternatives et la révision des choix. Coder cette activité cognitive suppose que les communications des contrôleurs soient considérées comme les traces des analyses, des diagnostics et des choix de résolution et que l'on puisse repérer les avions sur lesquels ces activités portent. Concrètement, la ré-actualisation des représentations a été opérationnalisée en repérant des itérations d'activités (analyse, diagnostic, résolution) pour un avion donné.

Par ailleurs, il était important de connaître les fonctions ERATO qui étaient directement

verbalisées par les contrôleurs, comme ayant joué un rôle de support à cette activité de ré-actualisation des représentations . Nous avons utilisé ce moyen soit pour valider leur rôle, soit pour observer des utilisations préférentielles ou même détournées des fonctions. L'étude a été complétée par une analyse des corrélations temporelles existant entre l'utilisation effective des fonctions et les communications indiquant une ré-actualisation (Boudes et Tremblay, 1999).

## LES DIMENSIONS DU CODAGE

La conception de la grille de codage des communications s'inscrit dans un processus temporel et itératif. Elle est conforme dans sa démarche aux orientations classiques dans le traitement des données :

- elle est orienté par les objectifs immédiats et futurs ainsi que par les modes de traitement envisagés. L'outil que nous avons utilisé dans cette étude est le logiciel MacS-HAPA ;
- elle est orientée par les données : la lecture attentive des communications verbales guide la définition de catégories, a posteriori, et par approximations successives ;
- elle est orientée par les modèles : les modèles théoriques en psychologie et le modèle cognitif du contrôleur aérien ont permis de définir des catégories a priori.

Simultanément à cette démarche, deux étapes de travail ont été nécessaires. Deux groupes d'analystes ont séparément isolé les dimensions pertinentes relevant de l'activité individuelle et coopérative. Puis, les deux groupes ont mis en commun et rendu cohérent un codage unique qui rendait compte à la fois de l'activité individuelle et coopérative. A cette étape, il émerge clairement le rôle de la culture et de l'expérience des analystes sur le choix des catégories. La démarche a été fondamentalement itérative et a procédé par tests successifs sur des échantillons de protocoles, de façon à préciser et enrichir les catégories. Le codage a été stabilisé lorsqu'un consensus a été atteint et que l'on a pu vérifier l'adéquation des différentes dimensions au matériel à analyser.

Le tableau page suivante présente la grille d'analyse des communications enregistrées en situation de simulation dans le cadre de la validation d'ERATO. Cette grille a été élaborée selon la démarche décrite précédemment et comprend 15 dimensions (ou catégories).

### Les dimensions du codage

Nous allons illustrer ce codage sur deux échantillons réels de communications. Le premier exemple concerne un échange entre les deux contrôleurs au sujet de la résolution d'un conflit. La solution proposée par le CR (Contrôleur Radariste) est testée sur le système et validée par le CO (Contrôleur Organique) grâce à la fonction de "filtrage complémentaire". Le deuxième exemple concerne un échange entre le CR et un pilote : le CR envoie un ordre de contrôle dans le but de résoudre un conflit. En conséquence à cette action de résolution, le CO propose d'effacer sur l'IHM l'étiquette correspondant à ce conflit.

	Les dimensions de codage	Intitulé
1	Un locuteur, toujours identifié, communique à un instant donné	locuteur
2	Il communique en utilisant un certain média et s'adresse ou non à un autre locuteur.	type de communication
3	Cette intervention a lieu dans un contexte qui est verbalisé ou déduit des verbalisations.	contexte
4	Le locuteur peut communiquer au sujet d'un ou plusieurs avions qui appartiennent selon le contrôleur à un groupe.	groupe d'appartenance
5	L'agent parle ou fait référence à un avion ou à l'ensemble du trafic.	réfèrent du trafic
6	Un avion est cité de manière explicite ou non.	degré d'explicitation du réfèrent
7	Les dimensions de codage	Intitulé
9	A travers l'intervention, le locuteur manifeste un but tel que : apporter de l'information, demander quelque	activité cognitive
10	L'intervention est l'indicateur d'une activité cognitive particulière.	objet
11	Cette activité cognitive porte sur un objet tel que l'IHM, une action sur le trafic, un diagnostic, etc.	instanciation
12	A l'objet ou à l'avion il peut correspondre des valeurs particulières telles que des paramètres de vols, d'actions...	auteur de l'objet
13	Celui qui est l'auteur de l'objet peut être identique ou non à celui qui parle	valeur
14	Pour le cas des jugements ou des appréciations, le contrôleur peut énoncer une valeur.	outil support
15	L'activité cognitive peut avoir pour support un outil qui a joué un rôle initiateur et qui est verbalisé.	affectation de tâche conséquente
8	L'activité cognitive peut conduire à une décision quant	

Les termes notés en italiques dans les illustrations rendent compte de la valeur associée à la dimension correspondante (qui elle est notée entre parenthèse). Bien que nous ne les présentions pas ici, le nombre et la nature des valeurs possibles pour chaque dimension ont été fixés. Il faut noter que pour une intervention donnée, toutes les dimensions ne sont pas représentées.

### Premier exemple :

(a) CO : l'AEA va à LEPA ?

(b) CR : non mais c'est pas grave, je vais le mettre à 370 et du coup il passera le premier

(c) CO : il n'y a plus de problème au filtrage complémentaire.

(d) CR : non, non il n'y a plus de problème on est d'accord

(a) Le locuteur est le CO (1), il s'adresse *directement* au CR (2). Le contexte dans

lequel s'instaure cet échange est la *gestion du trafic* (3). Le référent dont il parle est l'avion *AEA620* (5) qui appartient à un groupe identifié par ailleurs (auto-confrontations ou communications) repéré arbitrairement par le code *AV6* (4). Cet avion est cité de manière *explicite* (6). Le but de l'intervention est une *demande de confirmation* (7) au CR qui *initie* une suite d'échanges (8). L'activité cognitive est identifiée comme étant une *analyse* (9) concernant un *paramètre de vol* qui est ici la *destination* de l'avion (11).

(b) Le locuteur est le CR (1), il s'adresse *directement* au CO (2) dans un contexte de *gestion du trafic* (3). Les référents sont les avions *AEA620* et *EWG4704* (5) dont le groupe d'appartenance est *AV6* (4). Ces avions sont cités de manière *implicite* (6). Le but de l'intervention est une *proposition* (7) au CO qui *répond* à une intervention précédente (8). L'activité cognitive est identifiée comme étant une *décision schématique* (9) concernant un *paramètre d'action* de contrôle qui est ici le niveau *CFL370* (11).

(c) Le locuteur est le CO (1), il s'adresse *directement* au CR (2) dans un contexte de *gestion du trafic* (3). Les référents sont les avions *AEA620* et *EWG4704* (5) dont le groupe est *AV6* (4). Ces avions sont cités de manière *implicite* (6). Le but de l'intervention est une *information* (7) au CR qui *répond* à une intervention précédente (8). L'activité cognitive est identifiée comme étant une *réactualisation* (9) de *diagnostic* (10) qui est ici *conditionnel* (11) et dont la valeur est *négative* (13). Cette activité a eu comme support la fonction *filtrage complémentaire* (14).

(d) Le locuteur est le CR (1), il s'adresse *directement* au CO (2) dans un contexte de *gestion du trafic* (3). Les référents sont les avions *AEA620* et *EWG4704* (5) dont le groupe est *AV6* (4). Ces avions sont cités de manière *implicite* (6). Le but de l'intervention est une *confirmation* (7) au CO qui *répond* à une intervention précédente (8). L'activité cognitive est identifiée comme étant une *réactualisation* (9) de *diagnostic* (10) *conditionnel* (11) dont l'auteur est le CO (12).

## Deuxième exemple :

(a) CR : CC-FD, procédez direct STP

(b) PI : STP direct CC-FD, merci

(c) CO : comme tu as vu le problème, je te le mets à la poubelle d'accord ?

(a) Le locuteur est le CR (1), il s'adresse au pilote par le biais de la *fréquence radio* (2). Le référent est le *CC550FD* (5) dont le groupe est *AV3* (4). Cet avion est cité de manière *explicite* (6). Le but est un *ordre de contrôle* (7) concernant un *paramètre d'action* de contrôle qui est ici la *directe STP* (11).

(b) Le locuteur est le pilote (1), qui parle par le biais de la *fréquence radio* (2). Le référent est le *CC550FD* (5) dont le groupe est *AV3* (4). Cet avion est cité de manière *explicite* (6). Le but est une *confirmation* (7) au CR concernant un *paramètre d'action* de contrôle qui est ici la *directe STP* (11).

(c) Le locuteur est le CO (1), il s'adresse *directement* au CR (2) dans un contexte de *gestion de l'IHM* (3). Les référents sont les avions *CC550FD* et *LPU5776* (5) dont le groupe est *AV3* (4). Ces avions sont cités de manière *implicite* (6). Le but de l'intervention est une *demande de confirmation* (7) au CR qui *initie* une suite

d'échanges (8). L'activité cognitive est identifiée comme étant une *décision* (9) concernant un *paramètre de l'IHM* qui est la *suppression d'un problème* (11). La tâche conséquente est la *possibilité* pour le *CO* de *supprimer le problème* dans la fenêtre «agenda» (15).

## LES EXIGENCES DU CODAGE

En parallèle des principes énoncés par Hoc et Amalberti (1998), nous avons repéré sept types d'exigences dans la mise en place de la grille d'analyse. Les deux premières d'entre elles doivent être respectées, autrement dit ce sont des exigences incontournables pour assurer l'analyse sur le plan scientifique. Les autres exigences représentent des critères sur le plan desquels les concepteurs de la grille doivent se positionner, c'est-à-dire définir un critère et l'observer jusqu'au bout.

### Validité

La première exigence concerne la *validité* du codage par rapport aux questions posées, exigence qui doit être respectée. Il n'est pas vain en effet de contrôler à différentes étapes de la conception du codage que les dimensions proposées répondent bien au besoin pour lequel il est conçu. Cependant, dans l'ergonomie qui s'exerce sur des projets à long terme, les objectifs immédiats étant fixés, il est aussi logique comme nous l'avons dit précédemment, de prévoir une marge de manœuvre réaliste pour répondre à des besoins futurs identifiés ou non encore clairement identifiés.

Pour répondre aux objectifs immédiats concernant la réactualisation des représentations, le codage de l'activité cognitive individuelle comprend des valeurs telles que : analyse, diagnostic et résolution. Elle a aussi été datée de façon à pouvoir, d'une part reconstituer les ordres temporels et donc les itérations de ces activités, et d'autre part étudier la synchronisation entre le temps de l'action sur le trafic et le temps de l'action sur l'IHM, ou entre le temps de l'action sur le trafic et le temps du processus (les événements spontanés générés par le système).

Un projet futur d'analyse de la mémorisation dans le nouvel environnement à également justifié dans le codage de l'activité cognitive le repérage de cette activité. Bien que le modèle utilisé alors soit relativement simple puisqu'il consistait à distinguer les communications selon qu'elles relevaient de la mémoire déclarative ou de la mémoire procédurale, ce premier codage a néanmoins permis de réaliser une première étude fort intéressante (Parise et al, 2000). L'originalité de cette étude tient à ce que le codage a été exploité de façon à mettre en relation la mémorisation avec le but des interventions et les contextes d'activités.

### Sensibilité

La deuxième exigence porte sur la *sensibilité* du codage à la subjectivité de l'analyste, de façon à limiter les variabilités inter-codeurs et intra-codeur dans l'utilisation de la grille. Ce critère est déterminant et doit être respecté, dans la mesure où la grille va être utilisée par plusieurs codeurs initialement ou ultérieurement aux différentes étapes du dévelop-



pement et de l'évaluation du projet. Les dimensions doivent donc être clairement définies et déterminées de la façon la moins ambiguë possible. Les modèles utilisés doivent être explicites.

Pour vérifier la cohérence entre les codeurs, il est fréquemment suggéré de faire intervenir un relecteur unique, ou de faire des contrôles croisés. Cette dernière technique est plus ou moins réaliste à mettre en place selon la dimension de la base de données à exploiter et le nombre de codeurs, cependant elle reste nécessaire même si la démarche reste partielle. Dans tous les cas, si dans notre étude le degré de sensibilité n'a pas pu être parfaitement contrôlé, il a néanmoins été fortement réduit par la mise au point collective du codage et la discussion du groupe autour de plusieurs cas ambigus. Grâce à cette résolution collective de problèmes, il a été établi un certain nombre de règles de codage, dont certaines arbitraires, d'autres parfaitement justifiées, mais qui ont toutes contribué au degré d'homogénéité du codage.

## Exclusivité

La troisième exigence est *l'exclusivité* des catégories, qui concerne à la fois les catégories de même niveau que les catégories emboîtées. Ce critère n'autorise pas la possibilité de classer le même élément dans deux catégories à la fois, en excluant les possibilités de recouvrement ou d'héritage entre elles. *L'exclusivité* des catégories peut être délibérément choisie ou imposée par l'outil de traitement qui sera appliqué sur le matériel codé.

*L'exclusivité* du codage va impliquer un découpage particulier. En ce qui nous concerne, les communications jugées trop denses ou trop longues ont été découpées, dans la mesure où une seule unité n'était pas suffisante pour intégrer de manière exclusive toutes les valeurs qu'elle contenait. Un découpage approprié permet donc de lever les ambiguïtés sur le plan de l'interprétation du codage final. Dans ce cas, il est nécessaire de pouvoir associer au codage un repérage temporel de façon à reconstituer ultérieurement le sens global d'une communication au travers des unités de codage qui lui correspondent.

## Exhaustivité

La quatrième exigence concerne *l'exhaustivité*, ce qui revient à pouvoir répertorier toutes ou quasiment toutes les communications recueillies dans les catégories fournies par la grille. *L'exhaustivité* de la grille assure le traitement des cas particuliers, qu'ils soient tout simplement peu fréquents ou incidentels, et s'avère très utile pour leur repérage ultérieur. Par exemple, dans le codage mis en place, un contexte d'activité particulier permet de relever tous les cas d'erreurs ou de difficultés liées à l'utilisation de l'IHM et qui ont été verbalisés. Ainsi le codage donne la possibilité de repérer automatiquement ces contextes afin de réaliser une analyse approfondie des séquences dans lesquelles les difficultés apparaissent.

Il reste cependant que la communication dans une situation de travail coopérative en «face à face» ne se limite pas aux communications verbales, et que le codage si exhaustif soit-il de ces dernières ne saurait diminuer l'intérêt de considérer aussi les gestes ou les regards des opérateurs. Les gestes significatifs réalisés dans un environnement électro-

que, tout au moins dans l'ATC, sont peu variés, mais par contre le comportement visuel est extrêmement sollicité. Jusque là, nous avons considéré que le regard du contrôleur suit approximativement les mouvements de la souris (qui sont enregistrés). Cette question du non-verbal pose le problème plus large du recueil des données et de leur analyse si l'on veut rendre compte du caractère multi-modal de la communication. Nous reviendrons sur ce problème un peu plus loin dans le texte.

En synthèse, si toutes les communications peuvent être codées, pour une communication donnée tout ne peut pas être codé, ce qui introduit aussi les exigences suivantes.

## Granularité

La cinquième exigence est celle de la *granularité* qui va déterminer un codage plus ou moins fin. La grille peut se situer à divers niveaux de granularité, être homogène de ce point de vue sur les différentes dimensions ou à l'inverse faire coexister plusieurs niveaux de granularité. Dans tous les cas, le ou les niveaux choisis doivent être explicites et cohérents avec l'exigence de validité du codage. Tout comme d'autres chercheurs ayant pratiqué ce type de codage (Amalberti et Hoc, 1998), nous préconisons d'adopter un niveau de granularité un peu plus fin que ce dont on a besoin afin de pouvoir rétablir par la suite des erreurs éventuelles de codage et/ou reconstituer plus facilement à partir du codage la sémantique du discours. Le niveau de granularité choisi sera également déterminant dans la nécessité ou non de revenir aux protocoles bruts lors des analyses ultérieures. Car, comme les auteurs précédemment cités l'ont aussi signalé, le retour aux données brutes est une véritable entrave à la progression des analyses ultérieures.

## Abstraction

La sixième exigence concerne le degré d'*abstraction* du codage au regard des modèles utilisés. Comme le précisent Amalberti et Hoc (1998), les inférences sont de deux ordres : elles portent sur la reconstitution de données manquantes, ou sur le codage des interprétations de l'analyste.

L'abstraction rend compte du système conceptuel ou des théorisations plus ou moins implicites dans lesquels s'inscrivent les catégories. Selon le degré d'abstraction choisi, le codage va être plus descriptif qu'interprétatif ou le contraire. Il dépend de l'objectif de l'étude et du type de modèle de l'activité dont on dispose. Nous pensons qu'un codage descriptif est utile à l'élaboration ou la validation d'un modèle cognitif de l'opérateur, tandis qu'un codage interprétatif semble plus adapté pour l'étude de l'impact futur d'un nouvel environnement de travail sur les processus cognitifs actuellement connus. En réalité, notre codage recouvre à la fois les deux aspects selon la dimension considérée. Par exemple, les dimensions 1, 2 et 5 sont tout à fait descriptives, tandis que les dimensions 7 et 10 relèvent du domaine interprétatif.

En ce qui concerne notre étude, les auto-confrontations ont été largement utilisées pour comprendre l'activité observée et limiter des inférences abusives. Cependant, se pose toujours la question de faire apparaître ou non dans le codage les données qui restent implicites dans le discours mais dont l'analyste a retrouvé la trace. C'est notamment notre cas puisque l'un des objectifs futurs devrait consister à analyser les conséquences du niveau implicite du discours sur l'efficacité de la coopération. Cet aspect se retrouve dans le repérage des avions : nous avons mentionné si l'indicatif est cité de manière explicite ou bien

s'il découle d'une déduction de la part de l'analyste.

## **Evolutivité**

La septième exigence d'*évolutivité* va permettre à la grille de s'adapter à l'évolution des communications dans un environnement d'étude lui-même évolutif. Il est essentiel dans notre démarche que, dès le début de sa conception, le codage intègre d'emblée une certaine capacité d'ouverture. Celle-ci s'avère d'ailleurs rapidement utile au cours des itérations nécessaires qui garantissent la cohérence entre le codage, les données, les objectifs poursuivis et les modèles.

L'évolutivité du codage conditionne aussi son utilisation future au CENA. Les évolutions sont liées aux projets d'évaluation de nouveaux outils de travail ou de nouveaux concepts ATC au cours d'expérimentations à réaliser dans le futur.

Si l'on considère un projet comme le Data-Link (liaisons automatiques de données entre contrôleurs et pilotes) (Maddalena et al, 2000), le besoin d'adaptation de la grille est réel pour pouvoir intégrer les communications entre opérateurs sur support électronique. La communication électronique possède un contenu sémantique traduit dans un message formaté et nécessitant des interactions sur une interface particulière. Se pose alors le problème suivant : la communication peut à la fois être considérée comme un événement spontané généré par le système (informations rendues accessibles dans les messages des pilotes), ou comme outil disponible dans le système sur lequel le contrôleur agit (pour transmettre des informations). Elle peut également être considérée du point de vue de sa sémantique au même titre que les communications verbales mais utilisant un média spécifique. Pour être applicable dans cette situation, les besoins en terme de codage dépendraient de l'option qui serait prise. Une autre particularité de ce projet par rapport à ERATO tient à ce que les valeurs des paramètres des avions (cap, vitesse) sont affichées en continu sur l'IHM alors que dans la situation actuelle, le contrôleur ne peut les obtenir qu'en adressant une requête verbale aux pilotes. Ces évolutions de la communication sont fondamentales et devraient également pouvoir s'intégrer dans le codage utilisé lors des évaluations.

## **CONCLUSION**

Le codage des communications verbales que nous avons présenté est adapté à la situation du contrôle d'un trafic aérien simulé dans l'environnement ERATO. Il sera possible de le faire évoluer pour être utilisable dans le cadre d'autres évaluations de nouveaux projets dans cette même situation (l'ATC). Cependant la transposition de cette méthode au projet data-link pose comme nous l'avons vu de nouveaux problèmes liés au caractère multimodal de la communication.

Les exigences du codage telles que nous les avons présentées sont déterminantes dans le choix du logiciel de traitement, et en retour, le logiciel lui même peut imposer des contraintes fortes sur le codage qui deviennent des exigences.

La pratique de cette méthode d'analyse suppose pour l'ergonome une bonne connaissance de l'activité et des langages opératifs utilisés. Les dimensions mises en place impliquent également que l'analyste s'appuie sur les actions observées et sur les auto-confrontations pour comprendre le contenu des communications non pas de manière isolée, mais intégrée dans des séquences signifiantes. Cette sorte de prise de recul par rapport aux données recueillies à un moment donné permet d'assurer la validité écologique des

interprétations fournies.

## BIBLIOGRAPHIE

ABDESSLEM S., BOUDES N., BRESSOLLE M-C., CAPSIÉ C., CORREDOR A-F., LEROUX M., MESGUEN L., PARISE R., TORRENT-GÜELL M. TREMBLAY E., 1999, Evaluation d'ERATO 1997-1998. Rapport CENA/R98842/ICC, 517 p.

AMALBERTI R., Hoc J-M., 1998, Analyse des activités en situation dynamique : pour quels buts ? comment ? *Le travail Humain*, 3, 61, 209-234.

BLOND E., DUMAZEAU C., KARSENTY L., 2000, *Projet de recherche sur un logiciel d'aide aux coordinations inter-secteurs dans le contrôle aérien*. Note de recherche CENA NT00-622.

BOUDES N., CELLIER J-M., 2000, Anticipation accuracy in Air Traffic Control. *International Journal of Aviation Psychology*, 10(2), 207-225.

BOUDES N., TREMBLAY E., 1999, The role of cognitive modeling in the validation of a decision support system: the case of air traffic control. In R.S. JENSEN & J.D. CALLISTER (Eds.), *Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology*, pp. 534-540, vol. 1, (Columbus, OH USA, 2-6 mai).

FALZON P., 1994, Dialogues fonctionnels et activités collectives. *Le Travail Humain*, 57, 4, 299-312.

GHIGLIONE R., RICHARD J-F., 1994, *Cours de psychologie. Mesures et Analyses*. Dunod.

LASSERRE-SORIA L., 1998, *Les processus cognitifs dans la construction d'un référentiel commun*. Thèse de troisième cycle, Université Toulouse I, 193 pages.

LEROUX M., 1993, The role of verification and validation in the design process of knowledge based components of air traffic control systems. In J.A. WISE, V.D. HOPKIN, & P. STAGER (Eds.), *Verification and validation of complex systems : human factors issues* (pp. 357-373). Berlin : Springer-Verlag, Nato Asi Series, vol. 110.

MADDALENA C., LAPASSET L., TAHMASSEBI S., 2000, *Premiers résultats des expérimentations data-link sur l'interface homme-machine de contrôle en-route COCLICO V1*. Rapport CENA/R00-003.

PARISE R., ABDESSLEM S., BRESSOLLE M-C., 2000, Une analyse de la mémorisation par l'étude des communications : cas de contrôleurs du trafic aérien. *Communication SELF2000*.

Nous remercions les membres de l'équipe ICC du CENA qui ont participé au travail duquel est tirée cette réflexion.