

Université Paris-Nord

Laboratoire Communication et Travail

THESE

présentée par Irène GAILLARD

en vue d'obtenir le Doctorat en Ergonomie

Analyse de l'activité et des savoir-faire d'opérateurs experts

- le cas des contrôleurs du trafic aérien lors du changement de la position de contrôle-

Soutenue le 7 Septembre 1992

Devant le jury composé de :

Directeur de thèse : **Maurice de MONTMOLLIN** Professeur émérite Université Paris-Nord

Rapporteurs : **Bernard PAVARD** Centre National de la Recherche Scientifique

Jacques THEUREAU Centre National de la Recherche Scientifique

Examineurs : **René AMALBERTI** Centre d'Etudes et de Recherches en Médecine

Aéronautique

Patrick DUJARDIN Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne

Cette recherche a été réalisée par le laboratoire "Communication et Travail" de l'Université Paris-Nord au Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne qui a financé ce travail, et qui nous a donné les moyens de collaborer avec les contrôleurs du trafic aérien au Centre de Contrôle Régional d'Athis-Mons.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Maurice de MONTMOLLIN qui a dirigé cette thèse en me permettant de bénéficier de la compétence de son discours, de l'humanité de ses relations et de sa disponibilité.

L'apport du groupe de recherche "Anthropologie cognitive" de l'Université Paris-Nord a été également considérable. Ce travail doit notamment son existence à la créativité théorique de Jacques THEUREAU, et à la contribution de Leonardo PINSKY qui en a posé les bases.

Je tiens à remercier Messieurs J.M GAROT, C. de VERDIERE, P. DUJARDIN, J.C SPERANDIO, et R.SALVI pour la confiance qu'ils m'ont accordée en m'accueillant et me donnant les moyens de mener à bien cette recherche au Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne.

Plusieurs membres de l'Aviation Civile ont contribué à la réalisation de ce travail à différentes étapes :

- Les contrôleurs du Centre de Contrôle Régional d'Athis-Mons m'ont formée, m'ont accueillie et ont participé au recueil de données sur leur activité;
- les membres de la division Interface Contrôle Système m'ont donné les moyens d'utiliser le banc de test de la future position de contrôle qui constitue un puissant moyen de simulation du fait de son réalisme;
- Jacques GOUBERT m'a fait bénéficier de sa connaissance et de son analyse des nombreuses études réalisées par l'équipe de psychologues de l'Institut National de Recherches d'Informatique et d'Automatique sur le travail des contrôleurs du trafic aérien;
- Véronique LAVAL a toujours été disponible pour partager sa connaissance du domaine et sa propre découverte de la recherche ergonomique.
- Eric DAGNIAUD m'a conseillée et a été d'un appui efficace pour maîtriser le matériel audio visuel nécessaire à l'analyse de l'activité;
- Jean-Claude VIGIER a assuré le rôle de support opérationnel durant les simulations organisées;

Je voudrais remercier Messieurs René AMALBERTI et Bernard PAVARD qui ont accepté de juger et de critiquer ce travail.

Je ne puis oublier mes proches, tout particulièrement Maurice (qui bien que céramiste, n'est pas De Montmollin), qui m'ont entourée de toute leur compréhension, de toute leur patience, et qui ont partagé mes états d'âmes.

PLAN

Introduction		4
Partie 1		
	Concepts pour l'analyse de l'activité	11
	L'activité	11
	La situation	12
	L'analyse de l'activité: le Cours d'Action	14
	Le signe triadique	15
	La détermination	17
	Les Savoir-faire	18
	Le savoir-identifier et le savoir-planifier	18
	Les types	19
	Les fonctions particulières de certains Savoir-faire	21
	Les stratégies	21
	Les Savoir-faire d'utilisation de la position et les savoir-faire routiniers	21
	Les unités significatives de l'activité	22
	Les domaines de Savoir-faire	24
Partie 2		
	Domaine d'étude: le contrôle du trafic aérien en route dans un contexte de modernisation de la position de contrôle	26
	1. Le contrôle du trafic aérien en route	26
	2. La modernisation du contrôle du trafic aérien	27
	2.1. Les objectifs du projet PHIDIAS	27
	2.2. Les caractéristiques du processus de conception	28
	3. Les situations étudiées	30
	3.1. La position actuelle de contrôle	30
	3.2. La maquette de la future position, HEGIAS	32
Partie 3		
	Méthodes de recueil de données pour l'analyse de l'activité des contrôleurs du trafic aérien	35
	1. Démarche générale de la recherche	35
	2. Principes méthodologiques	36
	3. Etudes préalables	38
	3.1. Etude préalable à l'analyse de l'activité en salle de contrôle	38
	3.2. Etude préalable à l'analyse de l'activité lors de simulations avec une maquette de la future position	41

4. Données recueillies sur l'activité actuelle en salle de contrôle	42
4.1. Données de départ	42
4.2. Données pour expliquer	43
4.2.1. Verbalisations en Autoconfrontation	44
4.2.2. Verbalisations à la "position copie"	44
4.2.3. Verbalisations en confrontation	45
4.3. Exemple de données recueillies	46
4.4. Méthode de recueil de données en vue de l'analyse de l'activité actuelle	49
5. Données recueillies sur l'activité en simulations avec une maquette illustrant la future position de contrôle	50
5.1. Organisation des cycles de simulations avec la maquette de la future interface	51
5.1.1. Conditions d'apprentissage	51
5.1.2. Moyens et déroulement des simulations	51
5.2. Données de départ	53
5.3. Données pour expliquer	53
5.3.1. Données recueillies au cours de l'apprentissage	53
5.3.2. Verbalisations en autoconfrontation	54
5.3.3. Verbalisations à partir de la confrontation du contrôleur planning	54
5.4. Exemple de données recueillies	54
5.5. Méthode de recueil de données durant un cycle de simulation avec la maquette de la future position	56
6. Apports à la méthodologie ergonomique	57
6.1. Apports et perspectives méthodologiques pour l'analyse de l'activité	57
6.1.1. Apports et limites méthodologiques des travaux déjà réalisés, à la connaissance de l'activité du contrôleur	57
6.1.2. Apports et limites méthodologiques de l'approche de l'activité en situation	61
6.2. Apports méthodologiques à "l'expérimentation ergonomique"	62

Partie 4

Modélisation de l'activité du contrôleur du trafic aérien en vue de la mise en évidence des Savoir-faire

1. Modélisation des Savoir-faire dans la situation actuelle	65
1.1. Modélisation des savoir-identifier	66
1.1.1. Modélisation des Représentamens	66
1.1.1.1. Représentamens constitués à partir de contraintes externes de l'activité	66
1.1.1.2. Représentamens constitués à partir de déterminations passées	68
1.1.1.3. Représentamens constitués à partir de contraintes externes et de détermination(s) passées prises en compte	69
1.1.1.4. Limites de la modélisation des Représentamens	71
1.1.2. De la modélisation des Représentamens à la modélisation des savoir-identifier	72
1.2. Modélisation des savoir-planifier	73
1.2.1. Modélisation des déterminations	73
1.2.2. De la modélisation des déterminations, à la modélisation des savoir-planifier	74
1.3. Modélisation des Savoir-faire contextualisés dans l'activité	75
1.3.1. Modélisation du Contexte d'un signe	75
1.3.2. Modélisation de l'activité	76

2. Modélisation de domaines de Savoir-faire dans la situation actuelle	79
2.1. Modélisation des histoires au cours de l'activité du contrôleur	80
2.2. Modélisation des épisodes	81
2.3. Exemple de modélisation de l'activité	82
2.3.1. Découpage de l'activité étudiée en histoires	82
2.3.2. L'activité liée au contrôle d'une configuration d'avions, signe par signe	89
2.4. Représentativité des passages de l'activité modélisés.	93
3. Apports de l'analyse de l'activité en situation actuelle à la connaissance de l'activité des contrôleurs du trafic aérien	97
4. Modélisation de l'activité en situation de simulation avec la maquette de la future position.	98
4.1. Modifications de la structure de l'activité	98
4.2. Modifications du déroulement des histoires	110
5. Apports de l'analyse de l'activité en situation de simulation, à la connaissance de l'activité des contrôleurs du trafic aérien	113
Partie 5	
Apports ergonomiques centrés sur la formation	121
1. Apports de l'analyse de l'activité à la conception	122
1.1. Apports de l'analyse de l'activité actuelle	122
1.2. Apports de l'analyse de l'activité avec la maquette	123
2. Apports de l'analyse de l'activité à l'identification de besoins en formation lors de l'introduction d'une nouvelle position en salle de contrôle	124
2.1. Besoins d'aide pour utiliser la position	124
2.1.1. Comprendre et utiliser le fonctionnement de la position	125
2.1.2. Utiliser les différentes modalités d'utilisation de la position	126
2.1.3. Comprendre la présentation de l'information	129
2.1.4. Corriger des erreurs	132
2.2. Besoins d'aide pour acquérir de nouvelles routines	133
2.2.1. Décomposition de routines de l'activité actuelle	133
2.2.2. Besoin de nouvelles routines correspondant à de nouvelles fonctions de la position	134
2.3. Valeurs et limites de l'analyse de l'activité pour la question de l'aide lors de l'introduction de la nouvelle position	136
Conclusion-perspectives de recherche	138
1. Apports, limites et perspectives de la recherche pour la définition de concepts pour l'analyse de l'activité	138
2. Apports, limites et perspectives de la recherche pour la méthodologie ergonomique	139
3. Apports, limites et perspectives de la recherche par rapport au domaine d'étude	141
4. Limites et perspectives de recherche liées à l'approche de l'activité adoptée	142
Références	144

Introduction

INTRODUCTION

Cette thèse d'ergonomie a pour objet d'analyser l'activité de contrôleurs du trafic aérien experts afin d'identifier leur besoins d'aide lors du changement de leur position de contrôle.

Cet objectif peut paraître doublement paradoxal. Du point de vue du domaine d'étude, le contrôle du trafic aérien n'est-il pas une des situations de travail de contrôle de processus les mieux connues? N'est-ce pas un des premiers et des plus anciens exemples cités pour illustrer l'état des connaissances en ergonomie des processus continus ainsi que le type de résultats obtenus par l'étude d'un travail "complexe"? Les travaux déjà menés ne permettent-ils pas de considérer acquise la connaissance du travail du contrôleur du trafic aérien?

Du point de vue de la contribution à un processus de conception, l'ergonomie étant couramment envisagée comme l'adaptation du travail à l'opérateur, n'est-il pas inhabituel d'envisager la transformation des pratiques des opérateurs comme une composante de la transformation d'une situation de travail?

Pourtant, aujourd'hui, plusieurs raisons motivent ce choix tant d'un point de vue propre à l'ergonomie, que du point de vue propre au domaine d'étude dans lequel s'inscrit ce travail :

- de nouveaux paradigmes d'études du travail des opérateurs font l'objet de recherches visant à concevoir des théories et des méthodes permettant l'analyse des situations de travail dans toute leur "complexité" (De Keyser; 1988);
- l'analyse de l'activité comporte des éléments pertinents pour la formation des opérateurs; en pratique, elle sert plus fréquemment à la conception des outils, qu'à la définition de la formation des opérateurs à associer à leur introduction dans la situation de travail;
- le trafic aérien et la position de contrôle ayant évolué progressivement ces dernières années, l'activité des contrôleurs a été transformée (Gaillard; 1988) : (i) la quantité et la nature du trafic ont évolué, les avions sont plus nombreux, plus rapides; (ii) l'infrastructure a été transformée, les secteurs ont été redécoupés, de nouveaux secteurs, de nouvelles routes ont été créés; (iii) les supports d'informations et les informations elles-mêmes sont plus fiables, l'information radar est plus sûre et plus précise, la poursuite radar a été améliorée, (iiii) de nouvelles fonctions ont été implantées telles que le filet de sauvegarde, la coordination automatique.
- La transformation progressive de la position de contrôle durant les vingt dernières années, "petit pas, par petit pas", ayant atteint ses limites, l'Aviation Civile est aujourd'hui conduite à engager un vaste processus de modernisation du système de contrôle afin d'en améliorer les performances; ainsi, les contrôleurs sont à la veille d'une transformation importante de leur position de contrôle.

Cette recherche s'inscrit dans un ensemble d'études sur le travail du contrôleur.

De 1962 à 1981 le travail du contrôleur aérien a fait l'objet de recherches. Durant près de vingt ans plusieurs chercheurs du Centre d'Etudes et de Recherches Psychotechniques (CERP) puis du groupe de psychologie de l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA) ont travaillé sur les processus mentaux, la formation, les stratégies opératoires des contrôleurs du trafic aérien.

Ces différents travaux ont été menés dans le cadre de paradigmes expérimentaux classiques: hypothèses-expérimentation-réponses à la question posée. Ils se sont appuyés sur l'analyse du traitement des informations par le contrôleur placé dans un système de communication homme-machine.

Les travaux les plus anciens ont formalisé les observations de l'activité (le plus souvent des explications données à voix haute) en utilisant un modèle algorithmique du traitement de l'information. Il était supposé que les activités du contrôleur suivaient systématiquement des opérations logico-mathématiques sur les variables de la situation et que cette suite d'opérations aboutissait à des décisions certaines.

Les études menées dans ce cadre de modélisation ont produit des organigrammes où chaque étape du raisonnement a été identifiée. Un tel modèle de raisonnement a été validé par Leplat (1962) et Bisseret en 1964 (pour le contrôleur travaillant sans radar). Ce modèle a également permis à Bisseret et Girard (1973) de dresser une description globale des raisonnements du contrôleur du trafic aérien traitant ses informations. Par ailleurs, Girard a choisi d'approcher les algorithmes par l'étude de leur genèse (1973).

Les recherches les plus récentes sur ce thème se sont basées sur le travail avec le radar et non plus uniquement sur le travail "aux procédures" (sans image radar). Elles ont montré que, aux raisonnements logico-mathématiques s'ajoutait une dimension perceptive qui introduit un facteur d'incertitude sur les données aboutissant à des diagnostics de "doute". Ainsi le caractère heuristique d'une partie de l'activité de diagnostic et du choix des solutions a amené les chercheurs à faire évoluer le modèle de fonctionnement du contrôleur. Les organigrammes n'ont plus été utilisés qu'en tant que description du plan général de l'activité puisqu'ils ne rendaient pas compte du caractère "risqué" des diagnostics.

Les études se sont orientées vers la compréhension de la détection et de la résolution de problème (Bisseret, 1973). Au terme d'algorithme s'est substitué celui de représentation mentale comme ligne directrice des études. Cette orientation des recherches a donné lieu à plusieurs travaux concernant: (i) l'analyse de la représentation des trajectoires d'évolution chez les premiers contrôleurs (Michard, 1976); (ii) la représentation mentale de la verticalité au cours du diagnostic dans le contrôle aérien (Lafon-Millon, 1980); (iii) les caractéristiques du diagnostic chez le contrôleur expérimenté et les élèves contrôleurs (Lafon-Millon, 1981-1), (iiii) la représentation des états futurs (1981-2).

Par ailleurs, Bisseret et Enard (1970, 1972) ont constaté que le contrôleur a en mémoire un certain nombre de données sur la situation qu'il contrôle et qu'il dispose d'une sorte de "dispositif complémentaire de présentation des informations qui semble augmenter ses possibilités de maîtrise de la situation" (1970; page1). Cette mémoire temporaire des données actuelles a été qualifiée "d'opérationnelle" pour signifier qu'elle est organisée, structurée par les processus de travail.

Les investigations dans cette voie ont donné lieu à l'analyse de la mémoire opérationnelle par Bisseret en 1970, complétée par Spérandio en 1974, ainsi qu'à l'étude de la structuration de l'apprentissage d'un travail complexe par Enard (1972).

Sur une partie plus spécifique du contrôle, le "contrôle d'approche" lié au début et à la fin des vols, Spérandio a mené une recherche (1972), aujourd'hui bien connue, sur les relations entre des indices de charge de travail et les variations des modes opératoires des contrôleurs.

La recherche la plus récente réalisée par le groupe des chercheurs de l'INRIA est également bien connue. Il s'agit du travail de Falzon (1982; 1986; 1989) qui a étudié les communications contrôleur-pilote comme domaine d'étude des langages opératifs entre deux opérateurs experts.

A l'étranger des études sur le travail des contrôleurs ont également été réalisées par l'administration américaine et les grands organismes responsables de l'évolution du système de contrôle tels qu'Eurocontrol, la MITRE, l'OACI...

Pour situer ce travail par rapport à l'ensemble de ces travaux, il est utile de considérer les remarques d'Enard (1974), étudiant la prévision de la séparation entre deux avions convergents sur l'écran radar. Cet auteur remarque la difficulté de mettre en évidence "une variable importante": l'incertitude qui ressort très sensiblement des explications des contrôleurs. Ce commentaire montre que certaines dimensions de l'activité peuvent paraître secondaires à l'expérimentateur mais peuvent être essentielles pour l'opérateur agissant.

Fort de ce constat, ce travail se distingue des travaux précédents en ce qu'il s'attache à étudier systématiquement l'activité des contrôleurs dans un environnement préservant la "complexité" des situations réelles. Plutôt que de simplifier les conditions de réalisation de l'activité pour la comprendre, au risque d'en faire disparaître des mécanismes importants, nous étudions l'activité des contrôleurs en situation, dans le contexte dans lequel elle se déroule.

En adoptant cette perspective, ce travail se situe :

- dans la continuité de l'évolution de l'ergonomie de langue française (De Keyser, 1991, De Montmollin, 1984); il prend en compte le fait que l'opérateur participe à la construction de l'environnement qu'il utilise, et intègre l'historique et la dynamique des événements qui se produisent;
- dans le courant de recherche appelé "Situation Awareness"; il repose sur l'étude de la prise en compte de la situation, de la compréhension de sa signification pour le futur (Endsley; 1991, Taylor & Selcon; 1991)
- dans le courant de l'ingénierie cognitive (Woods & Roth; 1988, Norman; 1986) par son souci de considérer l'activité dans les situations préservant la richesse, la complexité des situations réelles (par opposition aux situations d'expérimentation en laboratoire);
- dans l'émergence d'une anthropologie cognitive par la réflexion qu'il comporte sur les méthodes de terrain, sur l'observation et la description de l'activité (Lave; 1988, Heath; 1990, Hutchins; 1987, Suchman; 1987, Scribner; 1986.).

Plus particulièrement, ce travail s'inspire de l'étude des cours d'actions d'opérateurs, tels que Pinsky (1991) Theureau (1989, 1990-[a] et[b]-, 1992), et Pinsky et Theureau (1985; 1987; 1989) qui travaillent à l'élaboration de concepts adaptés. Ce travail s'attache à mettre en évidence ce qui est significatif pour le contrôleur dans une situation donnée. L'analyse de l'activité menée ici procède de l'étude des significations pour le contrôleur en activité.

Dans cette perspective on formule des postulats sur l'activité d'opérateurs en situation de travail, et l'on émet l'hypothèse que certains aspects nouveaux de l'activité du contrôleur du trafic aérien peuvent être mis en évidence.

L'approche de l'activité a privilégié l'étude de la construction des interprétations des contrôleurs, plus qu'elle n'a cherché l'exhaustivité des situations que les contrôleurs peuvent être amenés à rencontrer. Elle a donc porté sur l'activité d'un nombre restreint de contrôleurs expérimentés (six binômes) ayant chacun travaillé plusieurs années au Centre de Contrôle Régional (CCR) d'Athis-Mons (5 ans minimum). Il s'agit d'un choix qui privilégie l'analyse approfondie d'un nombre restreint de protocoles aux dépens d'une analyse quantitative aboutissant à une étude statistique de l'objet étudié. Sans poursuivre cette discussion, pour justifier ce choix, on peut se référer à Newell et Simon (1972) qui, bien qu'ayant analysé un nombre limité de protocoles, ont émis de nombreuses idées originales présentées dans leur ouvrage bien connu "Human problem solving". Ainsi, on peut considérer que le seul aspect quantitatif ne préjuge pas des résultats qualitatifs possibles.

Aujourd'hui, dans le contexte actuel de modernisation du système de contrôle, d'autres travaux ont été engagés. Laval (1990) travaille à la modélisation de l'activité pour la conception des systèmes informatisés appliqué au problème des transmissions de données. Par ailleurs, des laboratoires, ayant des programmes de recherche distincts de celui du laboratoire "Communication et Travail" auquel participe cette recherche, mènent actuellement des études au Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne (CENA). Ces travaux présentent une certaine diversité (Dujardin; 1989, 1992) du fait de leurs objets d'études. Ils relèvent :

- de la linguistique tel que Falzon a mis en évidence l'intérêt de cette situation pour l'étude de l'expression verbale (Mell, 1992);
- de la psychologie qui cherche à acquérir des connaissances sur des caractéristiques générales de l'homme au travail telles que le transfert de connaissances à partir du cas des pilotes (Figarol; 1992), les modalités de fonctionnement d'une équipe à partir du cas des superviseurs des systèmes techniques (Courteix-Kherouf; 1991), l'anticipation (Boudes; 1991);
- de l'automatique en recherchant des technologies d'analyse de l'activité oculaire (Abed; 1990, Abed et al; 1991) et des principes d'allocations de tâches de contrôle en vue de leur répartition dynamique entre les contrôleurs et le système (Vanderhaegen & al; 1991)
- de l'ingénierie cognitive tel que l'étude de la coopération à la position de contrôle par Pavard et Bréssol et l'étude de position de régulation des avions par Salembier;
- de l'étude des phénomènes émotionnels au cours de l'activité (Averty; 1991)
- de la formalisation des tâches (Sébillotte & Delsol; 1991)

La coexistence de ces différentes recherches constitue un contexte favorable à des échanges, des collaborations et des confrontations entre approches différentes. Des collaborations semblent possibles concernant certains points communs (données recueillies semblables...), ou concernant des complémentarités d'approche (analyse de l'activité et l'approche sociologique, linguistique...). Dans un premier temps il a paru

souhaitable, pour ce travail comme pour les autres travaux en cours, de le mener en tant que tel pour préserver l'originalité de l'approche adoptée. Les caractéristiques de l'étude étant les suivantes :

- l'étude s'attache à la modélisation de l'activité du contrôleur qui est considéré comme ayant un rôle actif dans la construction du sens qu'il attribue aux informations disponibles dans son environnement;
- les méthodes employées sont articulées avec des hypothèses explicites concernant l'activité d'opérateurs au travail; les données recueillies sont spécifiées et modélisées en rapport avec ces concepts pour l'analyse de l'activité;
- la partie de l'activité étudiée est limitée à ce qui en est racontable et commentable par le contrôleur...

Il serait vain de poursuivre cette énumération puisque en quelque sorte il s'agit de l'objet même de ce travail.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet du Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne qui vise à concevoir une nouvelle position de contrôle du trafic aérien. Il a pour objectif de traiter un aspect spécifique de ce projet, l'aide dont auront besoin les contrôleurs experts sur la position actuelle et qui auront à "s'approprier" la nouvelle position. En effet, les contrôleurs du trafic aérien qui doivent leur expertise à un haut niveau de qualification ainsi qu'à une longue expérience seront confrontés à de nouvelles fonctions de contrôle, à une à une nouvelle interface, à une nouvelle organisation de la position... "L'appropriation" de cette future position suppose une transformation de l'activité. Il est important d'aider le contrôleur à acquérir les moyens de comprendre son nouvel environnement, par une action de formation adaptée.

Si ces questions sont limitées dans cette étude au cas des contrôleurs du trafic aérien, elles se posent également dans d'autres situations de contrôle de processus qui font l'objet de transformations analogues (Amalberti; 1991). Par exemple, ces dernières années, les pilotes ont été amenés à piloter des avions informatisés qui diffèrent significativement de ceux qu'ils ont connus jusqu'à présent (757 B, A320, MD80). La formation associée à la mise en service de ces nouveaux avions est devenue l'un des points critiques, notamment pour des raisons de sécurité. Les constructeurs qui assurent la qualification des équipages ont ainsi été amenés à faire de gros investissements dans la construction de simulateurs d'entraînement. Une enquête menée auprès de deux cents pilotes qualifiés pour le pilotage de cockpits équipés de techniques avancées (Wiener, 1989) souligne que leur acceptation de la nouvelle technologie est conditionnée par leur estimation de la qualité de l'entraînement qu'ils ont suivi.

Dans ce travail, la démarche générale suivie consiste à mettre en rapport l'activité d'opérateurs experts (disposant des savoir-faire nécessaires à l'activité) en salle de contrôle, avant l'introduction des nouveaux outils, et leur activité en situation de simulation avec une position de contrôle représentative de l'évolution technologique envisagée. Dans cette deuxième situation, l'apprentissage "sur le tas" est employé pour révéler les besoins en aide des contrôleurs confrontés à la transformation de leur position. Ces besoins renvoient soit à la formation d'accompagnement à donner aux contrôleurs lors de l'introduction de la nouvelle position, soit à la modification de la conception même de la position.

Cette recherche est présentée en cinq grandes parties :

- la première partie présente et définit les différents concepts utilisés dans la perspective évoquée précédemment; compte tenu de l'objectif de ce travail, les concepts présentés précisent les liens entre l'activité étudiée et les savoirs utilisés par les contrôleurs au cours de l'activité, appelés savoir-faire; ils montrent combien une partie des concepts du modèle sémiologique, "cours d'action", proposés par Pinsky et Theureau nous ont guidés pour mener à bien ce travail;
- la seconde partie de ce document présente le domaine d'étude à partir duquel se déroule ce travail; l'objectif ici est de donner au lecteur succinctement les éléments nécessaires à la compréhension de l'étude;
- la troisième partie présente les recueils de données effectués compte tenu des concepts initialement définis, ainsi que des caractéristiques de l'activité des contrôleurs du trafic aérien; cette partie s'appuie sur des essais préalables au choix de recueil de données et concerne l'activité actuelle en salle de contrôle, ainsi que l'activité en situation de simulation avec une position représentative des évolutions futures;
- la quatrième partie présente la modélisation des données recueillies; elle exploite les données issues de l'activité actuelle en salle de contrôle et avec la maquette de la future position; l'activité en salle de contrôle constitue une référence pour l'analyse de l'activité avec la maquette de la future position;
- la cinquième partie donne les perspectives pratiques de l'analyse en se centrant sur la question de la formation lors de l'introduction de la nouvelle position en salle de contrôle.

Concepts pour l'analyse de l'activité

PARTIE 1 CONCEPTS POUR L'ANALYSE DE L'ACTIVITE

Dans cette étude est mis en oeuvre un modèle de l'activité dont les concepts constitutifs sont présentés ici (pour chaque concept, figuré en italique, il sera donné, autant que faire se peut, un exemple issu du domaine d'étude de ce travail : le contrôle du trafic aérien).

L'activité

L'*activité* est généralement considérée en référence à une *tâche* par un opérateur. Elle est constituée de comportements observables, qui résultent de raisonnements non-observables pouvant être racontés et expliqués par l'opérateur. Pour un opérateur donné, ces raisonnements se réfèrent à une situation précise (voir ci-dessous) qui comporte ses propres contraintes cognitives, culturelles, et organisationnelles.

Le contrôleur du trafic aérien doit répartir et guider toutes les évolutions des appareils dans l'espace aérien en leur assurant sécurité, régularité et économie du vol. Il doit répartir les avions selon des normes minimales réglementaires à des niveaux séparés verticalement, et à des distances latérales et longitudinales. Il veille au maintien des avions sur leur trajectoire pour éviter les collisions et pour assurer leur passage d'un secteur à l'autre. La réalisation de cette *tâche* donne lieu à de nombreux comportements: le contrôleur regarde l'image radar; il communique avec les pilotes, avec les contrôleurs de la salle, avec d'autres Centres de Contrôle Régionaux (CCR); il annote, déplace, classe des bandes de papier, les strips qui représentent les avions...

Il peut aussi commenter et expliquer lui-même comment et pourquoi, à un moment donné, il présente tel ou tel comportement.

L'*activité* n'est pas uniquement liée à la sélection d'informations et à la focalisation sur une *tâche* correspondant à un objectif prescrit à l'opérateur ou, que l'opérateur se serait fixé. Elle est également construite au gré de circonstances particulières essentielles aux choix des actions à effectuer et à l'identification des événements qui se déroulent... ces circonstances n'étant jamais complètement anticipables et changeant constamment autour de nous (voir Suchman; 1987).

Le croisement de deux avions, présentant initialement une petite différence de vitesse, est effectué en accentuant légèrement cette différence. La solution adoptée tient également compte des avions environnants pour ne pas créer de nouvelle(s) interférence(s). Elle peut être radicalement transformée par un événement imprévu tel que l'absence de réponse d'un des deux pilotes à une instruction de contrôle.

La situation

On entend par *situation* l'ensemble des contraintes de l'activité. Ces contraintes sont externes et internes à l'opérateur. Elles situent l'activité de chaque instant donné dans une continuité d'espace, de temps et de significations pour l'opérateur, qui dépasse bien souvent le cadre de la tâche prescrite.

Les contraintes externes de l'activité du contrôleur sont variées :

- la *tâche* prescrite fixe des objectifs à atteindre, des règles et des normes à respecter;
- la **temporalité** du processus contrôlé est en partie indépendante de l'activité du contrôleur; l'activité s'organise autour de la dynamique passée et présente du processus, pour se préparer à sa dynamique future; le contrôleur ne peut pas arrêter les avions; les faits à prendre en compte s'imposent à lui dans le temps; cette contrainte temporelle est commune aux activités de contrôle de processus telle que le contrôle de processus chimiques, nucléaires, sidérurgiques...
- l'**environnement physique** tel que l'éclairage, le bruit, les caractéristiques techniques de la position... influencent la fatigue du contrôleur, l'utilisation des outils, le déroulement des communications...;
- la **position de contrôle**, le poste de travail, qui matérialise la présentation des informations, déterminent les modalités de dialogue avec le système et entre les contrôleurs, ainsi que les modalités de réalisation des actions et d'utilisation des outils.
- l'**environnement organisationnel**; les horaires, le travail de nuit ou de jour influent sur la fatigue; le travail en équipe, le travail en relation avec d'autres services tel que la Cellule d'Organisation et de Régulation du Trafic Aérien, ou le service de supervision technique... influencent, sans que l'on sache bien comment, le travail en binôme et en équipe, le trafic à contrôler, les restrictions de trafic, le nombre de secteurs qui fonctionnent, etc...;

On ne parlera pas des caractéristiques sociales, qui sont connues du grand public par des mouvements de grèves, car elles ne donnent jamais lieu à des modifications de l'activité de contrôle à la position, ni à des modifications des règles de sûreté. Toutefois, ces caractéristiques peuvent être à prendre en compte pour étudier d'autres aspects du travail tels que, par exemple, les a étudiés Gras (1991) concernant le jugement des contrôleurs et des pilotes sur les automates à partir d'enquêtes d'attitudes.

Les contraintes internes de l'activité du contrôleur concernent :

- l'"**état**" du contrôleur, qui résulte, d'une part de la fatigue physique découlant des biorhythmes, de l'activité passée, de l'âge... d'autre part de la "fatigue mentale" découlant du "stress", de l'état émotionnel...; elles influencent la prise en compte des informations, les analyses et les solutions choisies...;
- les **connaissances acquises antérieurement**, qui comportent des connaissances formelles acquises et des savoirs modelés par l'expérience, influencent les communications, la compréhension et l'utilisation des informations par le contrôleur;
- la **connaissance des circonstances, des tendances du moment** issue des interprétations précédemment effectuées, des prévisions faites, de la planification de l'activité future construites par l'opérateur; elle influence la compréhension et l'utilisation des informations par le contrôleur;

L'activité étant "située", elle est continuellement construite en tenant compte des circonstances particulières qui la constituent. Même pour les activités apparemment les plus routinières, ces contraintes sont prises en compte. Ainsi, l'activité ne réside jamais dans de pures répétitions, mais exploite des différences même, en apparence, minimes. Ces contraintes évoluent toutefois de façon cohérente, dans des limites plus ou moins prévisibles.

Si le contrôleur est en situation de première lecture du strip (ce qui se produit pour chaque avion), le niveau demandé par le pilote d'un avion peut lui servir à décider du niveau de croisière de l'avion. En situation de lecture globale du tableau, ce même niveau pourra servir à la recherche des risques d'interférences dans l'ensemble du trafic.

Le déclenchement de l'alerte "filet de sauvegarde" (ce qui se produit couramment) interrompt le cours de l'activité du contrôleur qui doit alors vérifier les risques de conflit que présentent les avions afin de décider d'agir ou non sur eux.

Le dégroupement d'un secteur (ce qui se produit rarement) donne lieu à des communications avec les pilotes qui doivent changer de fréquence, avec le contrôleur du secteur ouvert qui prend connaissance du trafic, et à des manipulations des strips qui s'ajoutent pour le contrôleur à la gestion habituelle des avions.

La situation dans laquelle les opérateurs travaillent comprend ainsi de **nombreux facteurs imbriqués qui s'influencent réciproquement**. Il est donc difficile de simplifier ces situations sans risquer de perdre des éléments importants de leur explication. Ainsi paraît-il nécessaire d'aborder l'activité **en tenant compte de l'ensemble de la situation**.

Les constats d'Enard (1974), lors de l'analyse de la séparation entre deux avions convergents sur l'écran radar, donnent des éléments appuyant ce choix. Le dispositif expérimental utilisé dans l'étude d'Enard présente au sujet, sur une image radar statique, 2 avions munis chacun de son écho primaire, de sa rémanence et d'une étiquette symbolique. Le sujet doit estimer si le croisement respecte les règles de sûreté. Il a la possibilité de demander à l'expérimentateur des informations. A partir des réponses des sujets, Enard étudie statistiquement les réponses obtenues. Concernant les réponses dubitatives elle écrit (p 21) "Le pourcentage de réponses dubitatives - 8,13% - est sûrement faible par rapport à la réalité. Ceci repose sans doute sur les caractéristiques de la situation expérimentale pour laquelle le temps de réflexion important autorisé par le matériel statique induit le sujet à répondre de manière tranchée". Plus loin dans l'analyse des modes de raisonnement relatifs aux différents types de problèmes Enard mentionne également (p 34) "en ce qui concerne les vitesses, l'aspect statique du dispositif expérimental oblige les sujets à se fier entièrement à la vitesse strip ce qui les gêne beaucoup, car il est nécessaire de moduler cette vitesse - type par l'estimation du déplacement relatif des avions".

En plus des interrogations formulées par Enard, on peut également remarquer que, dans la *situation* réelle le contrôleur n'a jamais deux avions sur le scope.

L'analyse de l'activité: le Cours d'Action

L'analyse de l'activité consiste à étudier l'organisation dynamique des actions, des communications et des interprétations de l'opérateur dans des situations données, pour les mettre en relation avec ses "déterminants".

Elle produit des modèles locaux limités à un groupe d'opérateurs travaillant dans une situation définie, contrairement à l'analyse de la *tâche* dans sa généralité, en dehors de toute situation, telle que, par exemple, la Méthode d'Analytique de Description des tâches développée à l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, qui se propose de représenter hiérarchiquement les tâches (El Farouki, Scapin et Sébillote, 1991).

En ergonomie, ces modèles locaux de description de l'activité sont construits pour servir de support de réflexion à l'analyste qui a pour objectif de transformer la situation de travail. Cette transformation peut s'effectuer en concevant de nouveaux outils (ex: nouveaux logiciels, nouvelles présentations de l'information, nouveaux traitements des informations par le système), en proposant de nouvelles organisations (ex: nouvelle répartition des tâches, nouveaux horaires), en transformant les processus contrôlés (ex: amélioration des communications, nouvelle sectorisation...) et, au niveau des opérateurs, en mettant en oeuvre des actions d'information, et de formation...

Chaque modèle d'analyse de l'activité s'appuie sur un ensemble de concepts, plus ou moins explicites, qui postulent une certaine organisation du déroulement de l'activité. Le modèle utilisé dans ce travail est un modèle sémiologique particulier qui s'appuie sur la notion de **signification pour l'action**.

La partie de l'activité analysée ici est circonscrite à celle qui est **significative pour l'opérateur**. C'est à dire à celle que l'opérateur peut raconter et commenter en donnant les raisons de ses actions. En adoptant ce point de vue on fait l'hypothèse que **ce qui est significatif pour l'opérateur, constitue un niveau d'organisation de l'activité accessible et distinct d'autres niveaux d'organisation**.

L'option est donc prise de considérer uniquement ce qui est "racontable et commentable" par le contrôleur en situation de contrôle. Un *événement*, ou une *action* sont définis comme une **unité de l'activité significative pour l'opérateur agissant**. Il résulte de l'interprétation de ce que prend en compte le contrôleur de la situation.

Un *événement* est de l'ordre des faits considérés par le contrôleur. Il peut être à préciser, "il y a un problème", ou précis par rapport à *l'activité*, "l'IT KS va croiser dans 3 mn l'AZA 640".

Une *action* relève de la transformation par le contrôleur des faits qu'il considère. De même qu'un événement, elle peut être à préciser, "Je vais devoir faire quelque chose", ou précise par rapport à *l'activité*, "je vais tourner l'IT KS de trois degrés à gauche". Il est à noter que les communications sont des événements ou des actions particulières qui s'effectuent verbalement.

On appellera ce résultat des interprétations d'un contrôleur, la *détermination* de l'activité. Il est important de souligner que selon ce modèle, l'*événement* n'existe pas indépendamment de l'opérateur qui le crée.

On retrouve la notion d'*énaction*, décrite par Varela, qui conduit à l'hypothèse de l'autopoïèse (1989) (p 91) "la plus importante faculté de toute cognition vivante est précisément, dans une large mesure, de poser les questions pertinentes qui surgissent à chaque moment de notre vie. Elles ne sont pas prédéfinies, mais enactées, on les fait-émerger sur un arrière-plan, et les critères de pertinence sont dictés par notre sens commun, d'une manière toujours contextuelle".

D'un point de vue propre à notre domaine d'application on est en cohérence avec l'hypothèse de Marcel Leroux (1992; à paraître) qui considère que le contrôleur aérien travaille selon un "monde par défaut". C'est à dire qu'il suit la cohérence du trafic qu'il gère par rapport aux déterminations passées, par la surveillance de "paramètres sentinelles" permettant de détecter tout comportement "anormal" et garantissant sa non-action.

Cette manière d'analyser l'activité se réfère à un modèle appelé "**Cours d'Action**" élaboré par Pinsky et Theureau (Pinsky & Theureau; 1985; 1987; 1989, Theureau; 1990, 1992 à paraître).

Le signe triadique

Le modèle d'analyse de l'activité, utilisé ici, donne une importance centrale à la **signification pour l'action**. Il se réfère à un modèle sémiologique particulier : le modèle du *signe triadique* qui précise les notions d'*action* et de *signification* et permet de modéliser l'activité sous la forme d'enchaînement de signes triadiques.

Ce modèle, élaboré par Theureau et Pinsky, emprunte en le modifiant le modèle du signe triadique proposé par Peirce (1978, 1987).

Selon ce modèle, l'activité est formalisée sous la forme d'enchaînements de signes constitués de trois composantes. Ces composantes sont distinguées par l'analyste, mais pas par l'opérateur pour lequel il s'agit d'un unique signe. La prise en compte des trois entités du signe triadique est nécessaire à l'explication d'une signification pour l'opérateur. Chacune de ces entités n'a de signification qu'en rapport avec les deux autres composantes du signe :

- le *Représentamen* correspond, dans le signe, à ce que l'opérateur, au cours de l'activité, prend en compte de la situation (définie ci-dessus comme l'ensemble des contraintes externes et internes à l'opérateur); en ce qui concerne la prise en compte de contraintes externes, il permet à l'analyste de comprendre quelle information présentée est utilisée au cours de l'activité; de façon simplifiée, c'est ce qui est vu dans ce qui est regardé, ce qui est écouté dans ce qui est entendu, ce qui est senti dans ce qui est touché etc...; le *Représentamen* se distingue donc de sa base, l'*ancrage*, dans la situation; en ce qui concerne la prise en compte de contraintes internes, il permet de comprendre le rôle actif de l'opérateur qui utilise ce qu'il a précédemment interprété pour élaborer son activité présente;

Un contrôleur considérant deux avions en rattrapage peut ne prendre en compte que leur différence de vitesses. Cette différence de vitesse est le *Représentamen*.

Un contrôleur entendant le premier appel d'un pilote sur sa fréquence prend en compte l'appel du pilote et l'instruction de contrôle qu'il a précédemment préparée en raison des risques d'interférences qu'il a déjà analysés, pour répondre au pilote.

- le *Contexte* correspond, dans le signe, à la situation subjective, c'est à dire à l'ensemble des circonstances précédemment prises en compte de la situation et interprétées par l'opérateur, qui accompagne le Représentamen au moment de l'activité; il n'y a donc pas d'interprétation du Représentamen isolée car, le *Contexte* relie chaque Représentamen à l'ensemble de ce qui est pris en compte de la situation;

Un contrôleur prenant en compte la différence de vitesses entre deux avions en rattrapage se situe dans un ensemble de circonstances qui constitue le *Contexte*: les autres interférences que le contrôleur a à contrôler simultanément, les caractéristiques des deux avions considérés (routes, vitesse type...), le déroulement du rattrapage (soit le rattrapage n'avait pas été encore identifié, soit il l'était et le contrôleur avait choisi de laisser évoluer les avions...). Selon le *Contexte* la différence de vitesse sert à surveiller la séparation entre les avions, ou à évaluer les risques de conflits.

Un contrôleur prenant en compte le premier appel d'un pilote sur sa fréquence et l'instruction de contrôle qu'il a précédemment préparée se situe dans un ensemble de circonstances qui constitue le *Contexte*: l'arrivée de plusieurs autres avions sur la fréquence peut être attendue, d'autres interférences sont à contrôler simultanément, d'autres instructions de contrôle sont à donner... Selon le *Contexte* le premier appel du pilote sur sa fréquence et l'instruction de contrôle préparée donnent lieu à une instruction de contrôle immédiate ou différée.

- le *Savoir-faire* correspond, dans le signe, à ce qui permet l'interprétation du Représentamen en *Contexte*; il fait intervenir, comme il sera repris ultérieurement, des éléments de généralité tirés du passé de l'opérateur et/ou des règles formelles apprises qui donnent une signification pour l'activité au Représentamen en *Contexte*;

Selon la position des avions, le contrôleur sait si le contrôleur du secteur recevant (Genève par exemple) voit aussi les avions sur son image radar. Il peut alors décider ou non de les envoyer sur la fréquence du secteur recevant.

Selon la position de deux avions en croisement, le sens et la force du vent, le contrôleur sait s'ils sont effectivement croisés ou non.

les *Savoir-faire* sont mobilisés au cours de l'activité; ils assurent l'utilisation des savoirs quelles que soient les spécificités du cas que le contrôleur doit traiter en situation de contrôle;

On préfère utiliser les termes de *Contexte* et de *Savoir-faire* plutôt que d'Objet et d'Interprétant employés par Pinsky et Theureau. En effet, dans le terme *Savoir-faire*, "savoir" renvoie à l'idée de l'existence d'une connaissance, d'une stabilité au-delà de son utilisation à un moment de l'activité, et "faire" souligne l'orientation "pour l'action", il s'agit de "faire", de la forme sous laquelle est utilisé un savoir au cours de l'activité. Le terme de *Contexte* renvoie plus directement à la situation car il s'agit de l'ensemble des circonstances qui accompagnent un événement ou une action, il replace notamment l'activité dans une unité d'espace, de temps et de signification.

La détermination

Un signe triadique, ainsi défini, constitue une unité d'interprétation de l'opérateur qui produit une *détermination* de l'activité. La *détermination*, l'effet du signe, est constituée des *actions* et des *événements* produits par les interactions entre les trois composantes du signes.

La signification d'un signe triadique aboutit à la *détermination* de l'activité par des choix d'*actions*, par la confirmation ou non de l'existence d'*événement(s)* pour lesquels l'opérateur a un doute, par l'indication que certains *événements* sont finis ou non, par une plus ou moins grande précision de la façon dont une *action* va être effectivement réalisée...

Pour le contrôleur du trafic aérien la *détermination* de son activité passe par la prévision de l'évolution du trafic (*événements*) et la planification des actions de contrôle (*actions*). Le contrôleur ayant interprété la position de deux avions sur le radar peut :

- identifier un événement certain: le cap ne correspond pas au cap attendu;
- identifier un événement avec doute: il semble que le cap ne corresponde pas au cap attendu; il faut attendre pour voir si la tendance se confirme;
- réaliser une action immédiate: donner un cap à un des deux avions;
- prévoir une action différée, par exemple, donner un cap à l'un des deux avions lorsqu'il aura lui-même croisé un autre avion;
- prendre une décision d'action qui reste encore à préciser: il va falloir séparer les deux avions, mais le contrôleur ne connaît pas encore le détail de l'action.

La *détermination*, c'est à dire le processus de traitement du signe triadique, transforme forcément et immédiatement le *Contexte* du signe suivant.

Par ailleurs, chaque *action* et/ou *événement* constituant la *détermination* du signe peut prendre immédiatement ou ultérieurement le statut de *Représentamen* pour un signe suivant. L'*activité* peut donc être décrite sous la forme d'un **enchaînement de signes triadiques**.

La *détermination* d'un signe, dont le *Contexte* est "la régulation d'avions sur un même point de sortie", correspondant à l'*action* "il va falloir séparer l'HV et l'HS" transforme le *Contexte* du signe suivant en "une régulation d'avions en sortie sur le même point dont l'HV et l'HS seront à séparer".

Cette *détermination* constitue aussi un *Représentamen* potentiel dans la mesure ou elle peut être prise en compte immédiatement ou ultérieurement en rapport avec les vitesses indiquées, les positions des avions et le temps écoulé, aboutissant alors à une nouvelle *détermination*.

Les Savoir-faire

Les *Savoir-faire* sont la forme sous laquelle est utilisée un savoir au cours de l'activité. Ils peuvent être comparés à des outils à la disposition de l'opérateur lui permettant d'utiliser les déterminations passées pour interpréter la situation présente, et se préparer aux significations futures. Ils permettent l'identification à des entités connues, des cas particuliers qui se présentent. Grâce à eux, l'opérateur expert n'est pas noyé par la nouveauté de cas inédits. Il ramène dans la grande majorité des cas, les événements et des situations à des événements et des situations déjà connus.

Un *Savoir-faire* possède une certaine stabilité en-deçà d'un cours d'action particulier. Cette stabilité est non seulement due aux acquis de la formation, mais aussi et principalement à l'*expérience* de l'opérateur. L'*expérience* de l'opérateur est issue à la fois de ressemblances ou de différences avec les Représentamens en Contexte déjà rencontrés, qui permettent une certaine généralisation.

Le contrôleur au secteur UT/TU sait que lorsqu'un avion a "telle" position, son collègue de Genève voit l'avion sur son radar, il sait qu'il peut envoyer l'avion même si celui-ci est encore dans les limites de son secteur.

Le *Savoir-faire*, tel que défini ici, est un élément de la description de l'activité. Il n'est pas forcément efficace dans la situation considérée. Il ne constitue pas un critère d'évaluation de la performance de l'opérateur.

Le savoir-identifier et le savoir-planifier

Comme le *Savoir-faire* s'intègre dans un *Cours d'Action*, il remplit deux fonctions par rapport à l'activité (elles sont considérées ici séparément uniquement pour la clarté de l'exposé) :

- **identifier de ce qui est significatif de la situation**; cette fonction du *Savoir-faire* est tournée vers le passé, elle permet de référer les Représentamens pris en compte par rapport au passé; on parlera de *savoir-identifier*;
- **donner un sens pour l'activité future à ce qui a été identifié de significatif de la situation** par le *savoir-identifier*; cette fonction est tournée vers le futur et prépare les *déterminations* futures; on parlera de *savoir-planifier*.

Le *savoir-identifier* est caractérisé par le fait que ce qui est significatif l'est d'autant plus qu'il réfère à ce qui est connu. Plus l'opérateur est expert, plus ce qu'il prend en compte est lié aux caractéristiques spécifiques et significatives de la situation, plus ses *actions* sont adaptées aux circonstances.

Le *savoir-identifier* aide à la prise en compte de caractéristiques significatives pour l'activité :

- par exemple, le contrôleur connaît les types de conflits qui peuvent exister pour un secteur donné; il connaît les points de croisement ce qui l'aide à identifier les risques de conflit pour une situation précise;
- le contrôleur sait également arrêter une recherche de risque de conflit qui serait inutile en raison de trop grandes incertitudes, il sait quand il disposera des informations pertinentes pour lever son doute.

Les Savoir-faire

Les *Savoir-faire* sont la forme sous laquelle est utilisée un savoir au cours de l'activité. Ils peuvent être comparés à des outils à la disposition de l'opérateur lui permettant d'utiliser les déterminations passées pour interpréter la situation présente, et se préparer aux significations futures. Ils permettent l'identification à des entités connues, des cas particuliers qui se présentent. Grâce à eux, l'opérateur expert n'est pas noyé par la nouveauté de cas inédits. Il ramène dans la grande majorité des cas, les événements et les situations à des événements et des situations déjà connus.

Un *Savoir-faire* possède une certaine stabilité en-deçà d'un cours d'action particulier. Cette stabilité est non seulement due aux acquis de la formation, mais aussi et principalement à l'*expérience* de l'opérateur. L'*expérience* de l'opérateur est issue à la fois de ressemblances ou de différences avec les Représentamens en Contexte déjà rencontrés, qui permettent une certaine généralisation.

Le contrôleur au secteur UT/TU sait que lorsqu'un avion a "telle" position, son collègue de Genève voit l'avion sur son radar, il sait qu'il peut envoyer l'avion même si celui-ci est encore dans les limites de son secteur.

Le *Savoir-faire*, tel que défini ici, est un élément de la description de l'activité. Il n'est pas forcément efficace dans la situation considérée. Il ne constitue pas un critère d'évaluation de la performance de l'opérateur.

Le savoir-identifier et le savoir-planifier

Comme le *Savoir-faire* s'intègre dans un *Cours d'Action*, il remplit deux fonctions par rapport à l'activité (elles sont considérées ici séparément uniquement pour la clarté de l'exposé) :

- identifier de ce qui est significatif de la situation; cette fonction du *Savoir-faire* est tournée vers le passé, elle permet de référer les *Représentamens* pris en compte par rapport au passé; on parlera de *savoir-identifier*;
- donner un sens pour l'activité future à ce qui a été identifié de significatif de la situation par le *savoir-identifier*; cette fonction est tournée vers le futur et prépare les *déterminations* futures; on parlera de *savoir-planifier*.

Le *savoir-identifier* est caractérisé par le fait que ce qui est significatif l'est d'autant plus qu'il réfère à ce qui est connu. Plus l'opérateur est expert, plus ce qu'il prend en compte est lié aux caractéristiques spécifiques et significatives de la situation, plus ses *actions* sont adaptées aux circonstances.

Le *savoir-identifier* aide à la prise en compte de caractéristiques significatives pour l'activité :

- par exemple, le contrôleur connaît les types de conflits qui peuvent exister pour un secteur donné; il connaît les points de croisement ce qui l'aide à identifier les risques de conflit pour une situation précise;
- le contrôleur sait également arrêter une recherche de risque de conflit qui serait inutile en raison de trop grandes incertitudes, il sait quand il disposera des informations pertinentes pour lever son doute.

Le *savoir-planifier* est caractérisé par le fait que, ce qui est *identifié* donne la possibilité d'actions non seulement sur ce qui se passe, mais aussi sur ce qui va se passer. Le *savoir-planifier* sert au contrôleur à *établir la détermination* de l'activité future. Il s'agit d'une *détermination* de son activité à venir, basée par exemple sur une prévision de l'évolution du trafic. Cette *détermination* peut comporter différentes étapes plus ou moins échelonnées dans le temps, liées à la prévision de l'évolution du trafic et à la réalisation des événements et des actions. Elle comporte cependant des incertitudes et ne constitue de ce fait qu'une ébauche de l'activité future.

Ces *déterminations* peuvent être rapprochées de la notion de plans telle que Suchman (1987) la décrit, c'est-à-dire comme une façon schématique d'anticiper l'activité, de la reconstruire, et peut être de la guider, mais à des degrés variables; leur "indétermination" est considérée comme une condition nécessaire de leur efficacité, car "de même l'ouverture du sens des mots de la langue est une condition du partage des significations entre des individus distincts, à travers des situations indéfiniment changeantes".

Pour le contrôleur, l'intérêt du *savoir-planifier* est de préparer l'interprétation des phénomènes anticipés lorsqu'ils se présentent. L'opérateur fait une prévision, envisage le futur au travers d'attentes plus ou moins définies, crée l'attente de nouveaux événements...

L'analyse du tableau de strip en entrée du secteur permet de prévoir le trafic futur et donc une première détection des conflits potentiels. Ces conflits n'existent pas dans le présent sur le radar, mais existeront si le contrôleur laisse se dérouler le processus sans agir dessus. Cette détection à partir des strips permet de préparer les instructions de contrôle à donner lors de l'arrivée des avions dans le secteur. Si le conflit est proche dans le temps ou difficile à résoudre le contrôleur attend "impatiemment" l'appel des pilotes pour pouvoir agir sur les avions. Dès cet appel des pilotes, le contrôleur peut donner les instructions déjà préparées.

Les types

Les *Savoir-faire* possédant une certaine stabilité en-deça d'un cours d'action particulier, on suppose, à partir des données de l'activité, qu'ils sont constitués de *types*.

Ceci conduit à utiliser la notion de *type* pour décrire leur contenu, et illustrer l'intervention d'éléments de généralité dans l'activité. Un *Savoir-faire* est donc décrit comme un ensemble de *types* liés entre eux et spécifiques à la technologie du domaine.

Un *type*, tel qu'on l'énonce dans ce travail, est issu de l'abstraction, par l'analyste, des Représentations en Contexte et des déterminations produites. A chaque *action*, chaque *événement*, chaque partie de la situation prise en compte, l'analyste cherche à faire correspondre au niveau du *Savoir-faire* une *action-type*, un *événement-type* qui, par définition, n'est plus spécifique de la situation seule.

La communication du contrôleur au pilote "IT HT contactez Paris 132,1, au revoir" est pour l'analyste la réalisation, de l'*action-type* "donner la fréquence de transfert". Cette *action-type* représente toutes les *actions* assimilables à l'indication d'une fréquence de transfert. L'*action-type* se situe à un niveau abstrait, dégagée des caractéristiques propres de chaque moment de l'activité. De la même façon, l'appel d'un pilote au contrôleur "AF 688, Bonjour" est un élément pour l'analyste de l'*événement-type*, "premier appel d'un trafic entrant dans le secteur" car il est assimilable à un avion dont l'appel est attendu et donne lieu à tous les échanges inhérents à l'accueil d'un pilote sur la fréquence du secteur.

Le *savoir-identifier* est toujours modélisé par un *événement-type*.

Si le contrôleur regarde la distance entre les plots de deux avions dont il connaît les caractéristiques, le *savoir-identifier* établit que la distance considérée est un *événement-type*, "distance-type entre les deux avions de 5 mn".

Même si le *savoir-identifier* est lié à la réalisation d'une *action*, il est décrit comme un *événement-type* par rapport à la réalisation de cette action.

Si un contrôleur réalise l'action, "donner un cap Nord à l'IT PS", et que le pilote ne répond pas, cette manière dont l'action se déroule (sans réponse du pilote) est prise en compte, elle forme un *Représentamen*. Le *savoir-identifier* de ce signe est modélisé par l'*événement-type*, "pas de réponse du pilote".

De la même façon, la notion de *type* sert à modéliser le *savoir-planifier*. A la différence du *savoir-identifier* qui se réfère à un seul *type* (toujours un *événement-type*), le *savoir-planifier* peut être modélisé par différents *types* (*événement-type* et/ou *action-type*) liés entre eux. En effet, le *savoir-planifier* ouvre sur tout l'horizon temporel à venir. A partir des *actions* et/ou des *événements* qui constituent la *détermination* d'un signe, l'analyste modélise le *savoir-planifier* comme l'ensemble des *événements-types* et des *actions-types* pouvant y correspondre pour l'opérateur.

Si la détermination que produit un signe est, l'*événement* "l'HS et l'HV sont séparés de 5mn" et l'*action*, "chercher si l'HV risque de rattraper l'HS", le *savoir-planifier* est modélisé comme constitué de l'*événement-type*, "couple d'avions séparés" et l'*action-type*, "chercher les risques de rattrapage".

Le *savoir-identifier* et le *savoir-planifier* s'articulent à partir des relations que les *types* entretiennent entre-eux. L'abstraction établie par le *savoir-identifier*, c'est à dire l'*événement-type*, sert au contrôleur pour considérer le cas interprété, par rapport à ce qu'il est en mesure de faire, car il entretient des relations avec d'autres *événements-types*, et/ou avec d'autres *actions-types* (ce qui correspond au *savoir-planifier*).

Si l'on prend le cas d'un contrôleur recevant le plan de vol d'un nouvel avion allant d'Auxerre à Annecy.

Le *Savoir-faire* permettant l'exploitation de cette information peut être décrit de la façon suivante. Le contrôleur identifie l'avion comme correspondant à un avion-type allant d'Auxerre sur Annecy (*savoir-identifier*). Ce *type* produit d'autres effets d'identification de *types* qui sont orientés vers l'activité future (*savoir-planifier*)

- . le vol est en dehors des trajectoires standards; (*événement-type*)
- . le contrôleur du secteur donnant va téléphoner pour demander le niveau de vol de l'avion; (*événement-type*)
- . calculer le niveau de vol avant que le contrôleur n'appelle; (*action-type*)
- . considérer le niveau de vol demandé par le pilote (*action-type*).

On peut s'interroger sur les liens entre les *types* tels qu'ils sont définis ici, et la notion de schéma utilisée en psychologie et en logique. En effet, tout deux passent par l'identification d'indices et par une prédiction qui ouvrirait des espaces virtuels utiles pour l'activité, et plus ou moins plausibles. Ce travail ne prétend pas répondre à cette question, car il est limité au cas des contrôleurs du trafic aérien, et les *types* tels que définis n'ont pas pour vocation d'expliquer la réalité du fonctionnement de la cognition. Ici, les *types* apparaissent comme des invariants pratiques pour interpréter et traduire l'organisation de l'activité. Ils ne cherchent pas à décrire le fonctionnement réel des structures mentales de l'opérateur.

Les fonctions particulières de certains Savoir-faire

L'intervention des *Savoir-faire* dans les signes triadiques peut servir de point de départ pour les considérer en tant que tel. Notamment, il est possible d'établir des classes de *Savoir-faire*, dans la mesure où certains se distinguent par leur rôle dans l'activité.

Les stratégies

* Certains *Savoir-faire* servent au contrôleur à gérer ses ressources en fonction des exigences de l'activité.

Selon les *événements* qui viennent de se produire (alerte du filet de sauvegarde, arrivée de nombreux avions en entrée dans le secteur, perspective d'un conflit difficile à surveiller...), le contrôleur peut adapter la **stratégie de contrôle** selon laquelle il travaille. Par exemple, il peut affiner les croisements, afin de donner le maximum de fluidité au trafic, ou agir de façon radicale pour résoudre immédiatement un risque de conflit afin de ne pas avoir à surveiller l'évolution des avions concernés.

Par exemple, un contrôleur commentant un changement de stratégie au cours de son activité raconte : "je viens d'avoir deux chaudes alertes, maintenant je vais boiser, je vais mettre les avions à mille pieds les uns au-dessus des autres".

Cette caractéristique de l'activité a déjà fait l'objet d'études par Spérandio (1972) auprès des contrôleurs de tour de contrôle. Dans ces travaux, la régulation des modes de contrôle est mise en relation avec des critères externes à l'activité, liés à la tâche, le nombre d'avions à contrôler. Ici, les mêmes comportements sont expliqués à partir du point de vue du contrôleur ce qui a pour intérêt de prendre en compte la subjectivité du contrôleur qui module, voire transforme, la signification pour l'activité de critères externes et objectifs du point de vue de l'observateur.

* Certains *Savoir-faire* servent au contrôleur à gérer ses actions, il s'agit de stratégies générales d'action. Ces *Savoir-faire* s'attachent aux traits généraux de la situation. Ils donnent lieu à des choix rapides d'*action* alors que plusieurs sont possibles.

Par exemple, un contrôleur donne systématiquement une route directe Coulommiers à tous les avions faisant Autun, Bray, Coulommiers. Il explique, "C'est plus pratique pour moi, car le pilote ne me dérange pas à appeler à Autun".

Les Savoir-faire d'utilisation de la position et les savoir-faire routiniers

L'analyse de l'activité de contrôleurs experts, ayant à prendre en charge une nouvelle position de contrôle, nécessite de prendre en compte que dans le *Cours d'Action*, dans le racontable et le commentable de l'activité, il existe :

- des *savoir-faire routiniers* par distinction à des *savoir-faire non-routiniers*;
- des *savoir-faire d'utilisation de la position* par distinction à des *savoir-faire de contrôle*.

Au cours de l'activité de contrôleurs non experts, ou de contrôleurs experts en situation d'apprentissage d'une nouvelle position, ces *Savoir-faire* d'utilisation de l'interface et routiniers participent au *Cours d'Action*.

Prenons le cas d'un contrôleur expert qui explique "Je prend en compte l'avion, il n'y a pas de problème...". En l'observant, on constate qu'il lit le strip, l'annote,

regarde le reste du tableau de strips, vérifie la position de l'avion sur le radar. Il s'agit d'un ensemble d'actions observables qui, pour le contrôleur expert valent une seule *action*, "prendre en compte un avion".

Ce *savoir-faire routinier* assure le déroulement d'une action pour le contrôleur qui, pour l'observateur extérieur, se manifeste par une séquence d'actions toujours identique. Il se manifeste dans le *cours d'action* de l'expert uniquement s'il rencontre une interruption. Il s'agit donc d'un "bloc" qui, s'il est interrompu, aboutit à l'échec de l'action. Chez le novice, ce qui correspond pour l'expert à un *savoir-faire routinier* est décomposé dans le cours d'action même sans interruption.

Par exemple, si lors de la vérification de la position d'un avion par un contrôleur expert, l'avion ne se trouve pas sur le radar là où il l'attendait, un signe va apparaître. Dans le cas contraire, cette vérification ne se manifesterait pas dans les données car, alors, elle n'est pas significative pour l'activité.

Chez le contrôleur expert en *situation d'apprentissage* d'une nouvelle position, ce *savoir-faire routinier* peut être décomposé en plusieurs *actions* donnant lieu à une chaîne d'interprétations qui ne devrait plus exister au terme de l'apprentissage.

C'est également en cas d'apprentissage que le contrôleur peut être amené à rechercher comment les moyens à sa disposition fonctionnent, et comment les utiliser dans les circonstances particulières d'un moment donné. Il lui faut posséder des *Savoir-faire d'utilisation de la position*. Ces *savoir-faire* se rapportent à des actions annexes à l'activité de contrôle, limitées au matériel, par rapport aux *savoir-faire de contrôle*.

Par exemple, les contrôleurs lors de l'apprentissage d'une nouvelle position doivent savoir où et comment trouver des informations complémentaires sur un vol. Ils doivent pouvoir se servir de la position à tout moment où cette information pourrait leur être utile au cours de l'activité.

Les unités significatives de l'activité

En modélisant l'activité signe par signe on obtient une description très détaillée, en unités élémentaires de *l'activité*. Pour prendre du recul, il est traditionnel de découper *l'activité* en unités temporelles nommées à partir de la *tâche*. Dans le cas du contrôle d'un processus continu, tel que le contrôle de la navigation aérienne, la *tâche* ne constitue pas une base de découpage de l'activité de l'opérateur. L'analyste peut toutefois décrire des unités de signification pour l'opérateur, elles-mêmes éventuellement racontables et commentables. En effet, le *Contexte* permet à l'analyste d'établir des liens entre les *actions* et les *événements* passés et à venir, car les situations n'évoluent pas aussi vite que les *événements*.

Le croisement de deux avions se déroule sur une certaine période. L'activité lui correspondant peut être décrite par un ensemble de signes pour lequel chacun de ces signes triadiques utilise les *déterminations* des *signes* précédents et produit une *détermination* nouvelle du croisement des avions. Ces signes peuvent être regroupés car il se rapportent au croisement de ces deux avions.

En regroupant les *signes* selon différents niveaux de généralité de leur *Contexte*, on décrit des *unités significatives* pour l'opérateur qui organisent l'activité selon différents niveaux d'analyse plus ou moins détaillés du *Cours d'Action*. Ici, pour décrire l'activité du contrôleur du trafic aérien, on considère, que *les signes* se situent dans des *histoires* constituées d'*épisodes*, eux-mêmes constitués de *séquences* continues ou discontinues. Chacune de ces unités significatives de l'activité est un ensemble de signes dont on considère que les *déterminations* partagent à leur niveau d'analyse, le même *Contexte*. Ces différentes unités significatives s'organisent hiérarchiquement:

- *l'histoire* est l'unité significative pour le contrôleur de plus grand rang (après la période d'activité effective à la position);
- *l'épisode* est l'unité de rang directement inférieur à celui d'une *histoire*; une *histoire* comporte donc des *épisodes* qui traduisent des sous-ensembles d'*actions* et d'*événements* participant à la construction de *l'histoire*;
- la *séquence* est l'unité de rang inférieur à celui d'un *épisode*; un *épisode* peut comporter des séquences qui traduisent des sous-ensembles d'*actions* et d'*événements* qui participent à sa construction; la séquence se caractérise par des liens "directs" entre signes, où la détermination d'un signe est le Représentamen du signe suivant.

Au cours de l'activité, le contrôleur gère simultanément plusieurs *histoires*, plusieurs *épisodes*, voire plusieurs *séquences* par rapport auxquels il gère ses ressources . Il travaille en temps partagé entre ces différentes unités significatives.

L'histoire d'un "croisement entre l'IT HT et le BAW 688" comporte plusieurs *épisodes* liés à des phases de déroulement des vols (exemple : "l'attente des premiers contacts radiophoniques"), ou liés à des caractéristiques propres au croisement (exemple : "demande de directe de la part du BAW 688"). Ces épisodes peuvent donner lieu à une séquence de relecture des caractéristiques des avions attendus ou à une séquence liée à l'appel des secteurs adjacents également concernés par l'avion(s) considéré(s).

Une *histoire* peut mettre en jeu plusieurs avions.

Une *histoire* peut mettre en jeu, un paquet de trois avions, dont le premier est en route directe pour garder sa place, et les deux derniers sont en cap parallèle, alors que ce groupe d'avions croise un autre avion traversier. *L'histoire* comporte plusieurs *épisodes* liés à l'activité qu'occasionne chacune de ces composantes.

Une *histoire* ne se rapporte pas nécessairement aux avions.

Une *histoire* peut porter sur le travail avec les militaires (telle que l'activation d'une zone militaire), sur le fonctionnement du système (tel qu'une panne radar), sur le travail avec d'autres centres, ou avec une tour de contrôle...

Si le contrôleur travaille en temps partagé entre ces différentes *unités significatives*, il est important de souligner leur imbrication. Notamment, lorsque ce découpage fait ressortir une *unité significative*, celle-ci se déroule sur un "fond" qui constitue l'ensemble des autres *histoires* et *épisodes* en cours. Ce "fond" montre "l'ouverture" du contrôleur à la prise en compte des *événements* qui lui sont relatifs, et son influence sur le déroulement même de *l'histoire* considérée (il constitue une part importante du Contexte d'un signe).

Les *histoires*, les *épisodes*, les *séquences*, les *signes* sont des unités de l'activité plus ou moins détaillées. La description de l'activité en *histoires*, en *épisodes* en *séquence* modélise la *structure de l'activité*, tandis que sa description signe par signe modélise sa construction élémentaire. Ces deux niveaux d'approches de l'activité sont complémentaires.

La modélisation de la *structure de l'activité* permet une *approche globale* utile pour choisir les périodes d'activité à étudier de façon élémentaire, tout en les replaçant dans l'ensemble de l'activité et en justifiant de la comparaison entre deux moments, ou deux passages d'activité.

La modélisation élémentaire de l'activité permet de décrire l'enchaînement des signes qui constituent une *histoire*, un *épisode*.

Les domaines de Savoir-faire

En considérant les Savoir-faire dans des unités significatives de l'activité, il est possible de considérer les Savoir-faire selon leur coexistence dans ces unités significatives de l'activité.

Une histoire regroupant des signes qui partagent le même Contexte général, il est possible à l'analyste d'établir des classes d'histoires, dans la mesure où les histoires partagent le même Contexte général.

L'histoire d'un croisement entre un AF 10 34 et un GAF 178 se rapporte à la classe des histoires de couple d'avions convergents.

L'histoire de la régulation de cinq avions se rapporte à la classe des histoires du contrôle d'une configuration d'avions.

Il est à noter qu'une classe d'histoires est un "type d'histoires", il s'agit d'un regroupement d'histoires construit par l'analyste à partir d'histoires particulières elles-mêmes modélisées par lui. Il ne s'agit pas d'une histoire-type construite par l'opérateur.

Les régularités dans la coexistence des *Savoir-faire* d'histoires d'une même classe donnent lieu à un "*domaine de Savoir-faire*".

De la même façon les *épisodes* permettent de distinguer des "*sous-domaines de Savoir-faire*" relatifs à la coexistence de Savoir-faire pour une même classe d'épisodes. Les épisodes sont liés au déroulement des vols.

Par exemple, la prévision du trafic liée à l'arrivée d'un nouvel avion dans le secteur, la préparation du trafic entrant avec les contrôleurs des secteurs donnant, les moments où le contrôleur "fait le point", l'attente de l'arrivée des avions sur la fréquence, les premières communications avec un avion, le suivi des avions dans le secteur, la préparation de la sortie des avions du secteur.

Les notions de "*domaine de Savoir-faire*" et de "*sous-domaine de Savoir-faire*" permettent d'envisager une description générale des *Savoir-faire* à partir d'une description détaillée de l'activité du contrôleur.

**Domaine d'étude: le contrôle du trafic aérien en route
dans un contexte de modernisation de la position de
contrôle**

PARTIE 2

DOMAINE D'ETUDE: LE CONTROLE DU TRAFIC AERIEN EN ROUTE DANS UN CONTEXTE DE MODERNISATION DE LA POSITION DE CONTROLE

Le Centre de Contrôle Régional d'Athis-Mons constitue le "terrain" à partir duquel ce travail a été mené. Cette partie vise à donner au lecteur, ne connaissant pas le contrôle du trafic aérien, les moyens de comprendre les choix orientés par le domaine d'étude.

1. LE CONTROLE DU TRAFIC AERIEN EN ROUTE

L'espace aérien Français est géré par la Direction de la Navigation Aérienne au sein de la Direction Générale de l'Aviation Civile. Il est divisé en volumes d'espace dans lesquels évoluent les appareils. Ces volumes, appelés secteur, sont contrôlés depuis une position de travail.

Un secteur possède une infrastructure qui lui est propre. Il s'agit d'un réseau de routes aériennes qui pré-établit les trajectoires des avions selon leur terrain de départ et leur terrain de destination. Ce découpage de l'espace en secteurs induit une activité de coordination entre les contrôleurs de secteurs adjacents.

Le trafic aérien se caractérise par la variété des avions et des trajets que ceux-ci effectuent. Le nombre d'avions et la complexité de leurs liens variant dans le temps, le nombre de secteurs ouverts varie également à l'initiative des équipes de contrôle qui peuvent regrouper ou dégroupier les secteurs pour répondre aux exigences du trafic.

Les secteurs se distinguent par la nature du trafic qui les traverse. Les secteurs dits "en route", auxquels ce travail se limite, concernent des vols en phase de croisière. Les secteurs dits "d'approche" reçoivent des avions dont les évolutions sont liées à la proximité d'un terrain où le contrôleur organise les décollages et les atterrissages.

Aujourd'hui les contrôleurs disposent, sur l'image radar, des positions des avions avec, en écriture alphanumérique, leur identité, leur altitude, et leur vitesse. D'autres informations concernant les vols à prendre en compte sont données sous forme de bandes de papier, les strips (indicatif, terrains de départ et de destination, route, heure estimée de passage aux balises etc...). Les contrôleurs d'une position de contrôle font partie d'un système dans lequel ils communiquent entre eux directement ou par téléphone, avec les pilotes au moyen d'une fréquence radio, et avec les systèmes techniques au moyen d'outils de dialogue.

Sur chaque position, il est prévu que deux contrôleurs répartissent et guident toutes les évolutions des appareils dans l'espace aérien du secteur en leur assurant sécurité, régularité et économie du vol. Ce travail à deux se fait théoriquement selon un partage des tâches qui consiste pour l'un, le "contrôleur exécutif" (CE), à écouler le trafic à l'intérieur du secteur, pour l'autre, le "contrôleur planning" (CP), à gérer les entrées et les sorties des avions du secteur.

Les appellations de contrôleur "planning" et "exécutif" sont employées ici dans le même sens que contrôleur

"organique" et "radariste" afin de reprendre les appellations européennes.

L'un d'eux communique sur une fréquence radiophonique spécifique à la position avec les avions situés dans le secteur dont il a la responsabilité. Il est assisté par un deuxième contrôleur dont la tâche est de répartir les avions à des niveaux séparés verticalement, et à des distances latérales et longitudinales selon des normes minimales réglementaires. Tout deux doivent veiller au maintien des avions sur leur trajectoire pour éviter les collisions et assurer le passage d'un secteur à l'autre. La formation des contrôleurs dure au minimum quatre ans. La première année est consacrée à l'acquisition des bases du métier à l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile. Ensuite, le stagiaire est affecté à un centre de contrôle où une cellule d'instruction poursuit sa formation en l'intégrant dans une équipe de contrôle qui le présentera à la qualification finale (Premier Contrôleur) lorsque qu'elle le jugera prêt à prendre en charge ses responsabilités.

Au Centre de Contrôle Régional du trafic aérien d'Athis-Mons, trois cent soixante contrôleurs divisés en vingt équipes assurent ainsi les arrivées et les départs des aéroports d'Orly et de Roissy, et le survol d'une partie du nord de la France vingt quatre heures sur vingt quatre.

2. LA MODERNISATION DU CONTROLE DU TRAFIC AERIEN

2.1. LES OBJECTIFS DU PROJET PHIDIAS

Aujourd'hui, pour améliorer la sécurité, la capacité et l'efficacité du système de contrôle face à la forte évolution du trafic aérien, la Direction de la Navigation Aérienne Française a lancé un plan d'évolution pour les vingt ans à venir. Il s'agit d'un plan de modernisation dans lequel les contrôleurs resteront dans la boucle de décision en disposant progressivement d'outils d'assistance de plus en plus performants.

Ce plan comporte quatre phases dont la seconde correspond à l'installation de nouveaux postes de travail (1995-1997), il s'agit du projet PHIDIAS (Position Harmonisant et Intégrant les Dialogues Interactifs, Assistances et Secours). Le présent travail est mené dans le cadre de la participation de la division Interface Contrôleur-Système du Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne au projet PHIDIAS.

Le projet PHIDIAS a pour objectifs de concevoir une nouvelle position (Dujardin; 1990) :

- assurant le renouvellement des matériels anciens, limités techniquement et manquant de possibilités d'évolution;
- permettant d'intégrer les avancées techniques possibles liées à l'évolution du système de gestion du trafic aérien (les radars mono-impulsions, les liaisons de données), des interfaces hommes-machines, de l'intelligence artificielle et des techniques d'interface;
- améliorant les conditions dans lesquelles se déroulent les interactions directes entre contrôleurs, les communications inter-secteur, et les communications avec le système.

Plusieurs orientations ont été adoptées. Le matériel envisagé est de type télévision de grande taille, couleur, et de haute résolution afin de bénéficier des possibilités graphiques de ces matériels et des logiciels d'interface qui semblent à même de s'adapter aux changements et d'accueillir des outils d'aide au travail.

L'objectif est de fournir les informations au contrôleur uniquement au moment où il en a besoin en présentant, en permanence, les informations dites "de base" et, de façon temporaire, les autres à l'initiative du contrôleur ou du système selon le moment, l'état du trafic.

Pour diffuser plus complètement les informations au niveau du système un "renseignement" de ce dernier est nécessaire. Ce "renseignement" concerne les modifications de données effectuées (ou préparées) par le contrôleur. Actuellement, ces modifications sont notées sur le strip mais sont peu souvent introduites dans le système car il est contraignant de répéter une deuxième fois l'action en transmettant l'information. Le projet PHIDIAS vise à réunir la fonction bloc-notes du contrôleur et le "renseignement" du système par une seule action en supprimant le strip papier au profit d'un "stripping électronique intelligent".

En ce qui concerne les aides au travail, différentes étapes échelonnées dans le temps sont prévues. La première étape se limitera à des outils de travail complémentaires proposant une visualisation plus élaborée des informations actuellement disponibles (zoom sur une partie de l'image radar...). La deuxième étape prévue concernera l'introduction d'aides au contrôle présentant des informations triées suivant le contexte (aides à l'organisation des vols en entrée et en sortie, aides à la détection des conflits potentiels, aides à la prévision du trafic à T0+n minutes...). A terme il est envisagé de proposer au contrôleur des aides à la décision pour la résolution de conflit, les conditions d'entrée et de sortie des avions.

Un autre objectif de la conception de la future position de contrôle est de permettre des adaptations à différents facteurs de variation (spécialisation des visualisations et des dialogues en fonction de la position de contrôle, contrôle "en route", contrôle "d'approche"...; adaptation au nombre de personnes travaillant sur la position).

2.2. LES CARACTERISTIQUES DU PROCESSUS DE CONCEPTION

En plus du CENA qui a impulsé le projet, aujourd'hui d'autres partenaires de la Direction de la Navigation Aérienne participent au projet PHIDIAS.

Au sein du SCTA les futurs utilisateurs et les subdivisions études ont constitué des groupes de travail qui produisent des objectifs d'évolution des méthodes, définissent les premières versions acceptables de PHIDIAS et prennent en compte les aspects de la transition et de la formation.

Le Service Technique de la Navigation Aérienne (STNA) regroupe les concepteurs et les réalisateurs du système opérationnel qui définissent les évolutions techniques possibles et les replacent dans l'ensemble du système.

Un groupe de synthèse a pour objectif d'assurer la cohérence globale de l'avancement du projet.

Parallèlement, d'autres organismes impliqués dans le contrôle du trafic aérien sont également engagés dans des projets analogues, ce qui donne lieu à des collaborations et des échanges avec Eurocontrol, la Federal Aviation Administration aux Etats Unis...

La participation du CENA au projet PHIDIAS se caractérise par l'exploration des solutions possibles à long et moyen terme, et par l'évaluation et la validation des nouveaux concepts d'interface homme-machine à partir d'un processus itératif d'expérimentation de maquettes. Elle s'appuie sur le travail d'ingénieurs "concepteurs", d'informaticiens, de contrôleurs du trafic aérien, et d'ergonomes.

Un banc de test appelé HEGIAS (Host for Experimental Graphical Interfaces of Advanced automation Systems) a été conçu pour expérimenter la présentation d'informations et les moyens de dialogue offerts aux contrôleurs. L'essai et l'expérimentation ont été adoptés comme technique de base pour choisir entre différentes solutions.

Les expérimentations sur le banc de test se déroulent dans le cadre de simulations de trafic réalistes de telle sorte que les participants ont une activité de contrôle. Ces expérimentations sont complétées par des "expérimentations FLASH" visant à répondre à une question précise (First Level of Advanced interfaces before Simulations on Hegias test-bcd), le plus souvent soulevée lors d'une expérimentation sur le banc de test HEGIAS. Par exemple, il s'agit du choix d'un mode de présentation des strips (Gaillard; 1990), du choix de moyens de dialogue... Ces "expérimentations spécifiques" se déroulent dans un environnement plus limité qu'à partir du banc de test. Il s'agit de fabriquer rapidement, avec des moyens limités, une maquette d'interface.

La présente recherche s'insère dans ce processus de conception. Elle est orienté vers l'étude de l'impact des choix de conception effectués en vue de préciser les besoins d'aide des contrôleurs travaillant actuellement. Pour cette raison, si l'analyse de l'activité menée dépasse cette seule préoccupation pratique elle donne une place plus importante à cette question.

3. LES SITUATIONS ETUDIEES

Pour contribuer à ce projet, ce travail se base sur l'étude de l'activité des contrôleurs dans deux situations : le contrôle sur la position actuelle en salle de contrôle et le contrôle avec une maquette de la future position, le banc de test HEGIAS.

3.1. LA POSITION ACTUELLE DE CONTROLE

Dans la salle de contrôle toutes les positions sont semblables. Elles fournissent aux contrôleurs deux **images radar** donnant une représentation plane (projection sur le plan horizontal) du trafic, réglées selon des échelles complémentaires (une petite et une grande échelle). Sur cette image le contrôleur dispose des pistes des avions, situées sur un fond de carte donnant l'infrastructure de la zone visualisée (routes aériennes, terrains, limites du secteur...).

Comme il a déjà été expliqué, à chacun des plots sont associées des informations sous la forme des positions passées de l'avion qui donnent des éléments sur l'évolution dynamique de chaque avion, et d'une étiquette, qui donne l'identité, la vitesse, la tendance d'évolution (montée, ou descente) et l'altitude de chaque avion.

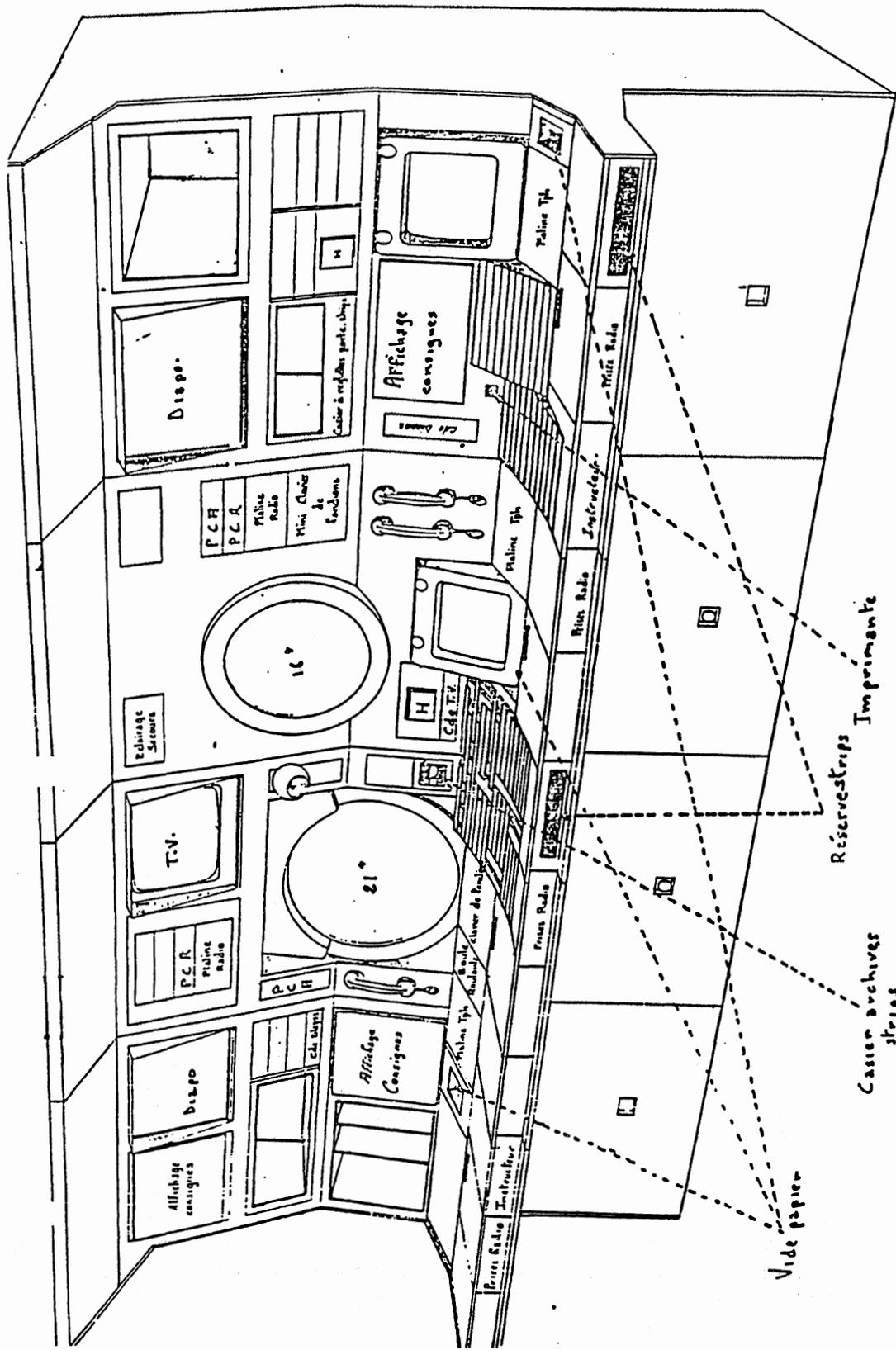
Plusieurs fonctions liées à l'image radar sont à la disposition du contrôleur: la visualisation du "vecteur vitesse", qui donne à la demande de ce dernier la position projetée de l'avion pour les trois minutes à venir compte tenu de sa direction et de sa vitesse actuelle; une alarme appelée "filet de sauvegarde" qui fait flasher les étiquettes des avions lorsque du point de vue du calculateur les avions comportent des risques de conflits à très court terme (2mn).

La position fournit à partir d'une imprimante intégrée dans le meuble de contrôle les **strips papier** des avions concernant le secteur associé à la position. Ces strips sont glissés par le contrôleur sur des porte-strips rouge ou vert selon la direction du vol effectué. Ces porte-strips sont eux-mêmes placés par le contrôleur sur des rails qui permettent au contrôleur de classer ses avions et de faire évoluer ce classement selon l'évolution du trafic lui-même. Le contrôleur annote les strips avec un stylo. Il les retire de leur support et les place dans une corbeille intégrée au meuble de la position lorsque l'avion quitte la fréquence.

Pour parler sur la **fréquence** le contrôleur dispose d'un micro-casque et d'une pédale sur laquelle il doit appuyer pour émettre sur la fréquence. Les fréquences des secteurs adjacents sont marquées sur une affiche au-dessus de l'image radar. D'autres informations sont accessibles au-dessus de l'image radar par l'intermédiaire d'une chaîne télévision (météorologie, zones militaires, pistes ouvertes...)

Pour communiquer par **téléphone** le contrôleur dispose d'une platine appelée Sigphone qui comporte des lignes téléphoniques directes avec les secteurs, les centres de contrôle, les différents organismes liés au contrôle... Pour dialoguer avec les calculateurs le contrôleur dispose d'un **d'écran tactile**, qui permet de modifier le plan de vol d'un avion en informant les autres secteurs concernés et obtenir des listes d'avions selon leur état (avions non encore transférés...).

L'ensemble de ces outils constitue la position du contrôleur.



3.2. LA MAQUETTE DE LA FUTURE POSITION, HEGIAS

La position HEGIAS, à partir de laquelle ce travail est en partie effectué, correspond à la première intégration d'une position complète (Coëffé, 1990). Il s'agit d'une étape du projet qui a été dépassée par les versions suivantes de la maquette qui ont notamment pris en compte les résultats de ce travail.

La position permet un "armement" de la position par deux contrôleurs (exécutif et planning). Elle comporte deux écrans de grandes dimensions (20"x20") et de haute résolution (2048x2048) présentant chacun l'image radar selon des échelles différentes, deux souris (moyen de désignation directe à la position); et deux écrans tactiles, moyen de dialogue complémentaire (encastré dans le pupitre et apportant des informations globales liées à l'image radar).

Pour le contrôleur planning, l'écran est divisé en trois zones : une image radar simplifiée, un tableau de strips à intégrer, et un tableau de strips intégrés. Les nouveaux strips viennent s'afficher dès leur arrivée dans le tableau de strips à intégrer.

Pour le contrôleur exécutif, l'image radar occupe l'ensemble de l'écran. D'autres informations viennent se superposer à cette image radar tel que les mini-strips affichés en permanence dans un tableau à gauche de l'écran. Le tableau de mini-strips est organisé sur deux colonnes : un mini-strip qui vient d'être intégré par le contrôleur planning vient s'afficher en deuxième colonne face à sa future position dans le tableau. Une fois intégré par le contrôleur radar, il vient se placer dans la colonne de gauche du tableau.

L'image radar présente les pistes des avions, leur symbole, leur étiquette. Plusieurs macro-étiquettes peuvent être visualisées à la demande. Les niveaux sont présentés selon de nouvelles règles de telle sorte que, lorsque deux niveaux sont identiques, ils ne sont pas tous les deux affichés.

Pour chaque mini-strip, il est possible de visualiser à la demande des compléments d'information concernant le vol en général ou le champ route.

Si l'image radar est dans ses grandes lignes semblable à l'image actuelle, elle comporte des nouveautés: l'utilisation d'un codage couleur destiné à mettre en évidence l'état des avions (avion sur la fréquence ou non...); la dynamique des informations présentées selon les dialogues avec le système. Les contrôleurs peuvent :

- obtenir des informations complémentaires, telles que des macro-étiquettes, des routes graphiques...
- renseigner le système sur les instructions de contrôle données; un niveau, un cap, une restriction de vitesse peuvent être sélectionnés dans des menus déroulant s'ouvrant à partir de l'étiquette des avions; une route directe peut être renseignée en désignant la balise de l'étiquette ce qui affiche une route magnétique à partir de laquelle une balise désignée indique une route directe.
- afficher des informations supplémentaires en troisième ligne d'étiquette à partir d'un écran tactile (terrain de départ, de destination...).

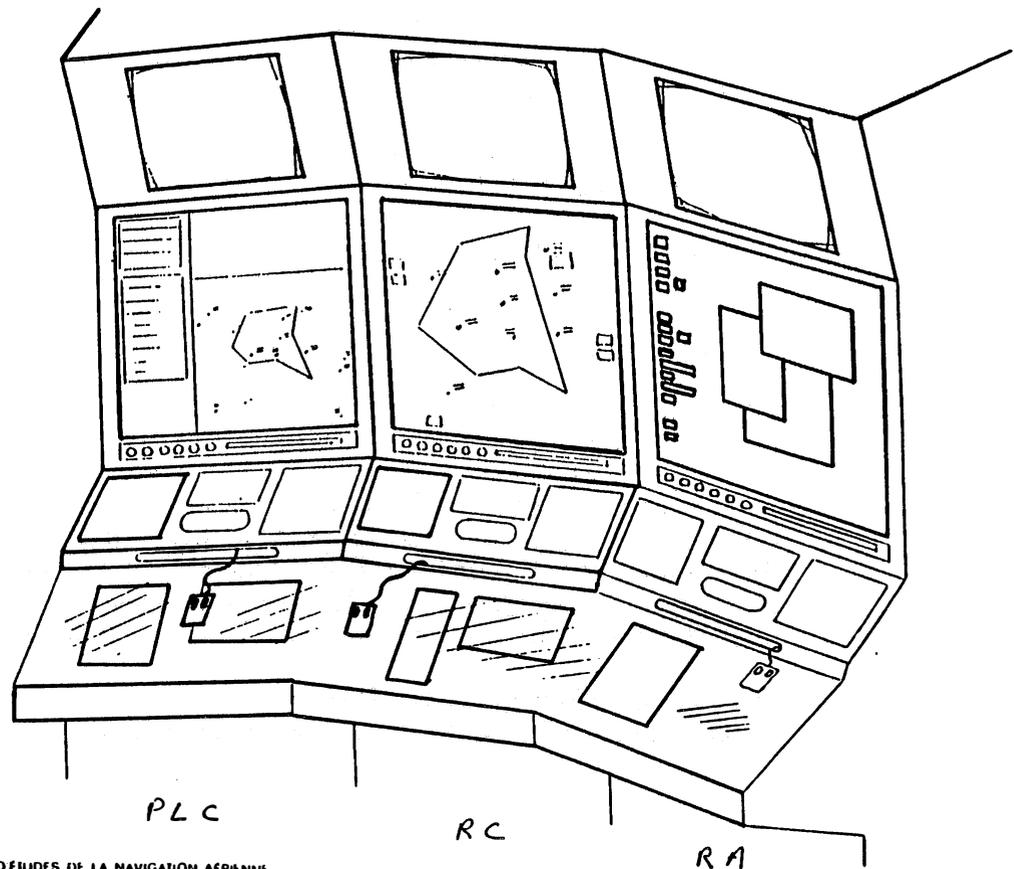
La transformation des strips papiers en strips présentés sur écran donnent lieu à :

- un classement automatique des strips;
- des dialogues correspondant à la gestion des strips (accueil des nouveaux vols, manipulations des strips...)
- des dialogues correspondant aux annotations que le contrôleur fait actuellement directement sur le strip papier;

Ces dialogues peuvent avoir lieu directement dans l'image radar, ou directement dans les strips présentés. Ils s'effectuent au moyen d'un outil de désignation.

Tous les niveaux (niveau demandé par le pilote, niveau actuel de l'avion, niveau de sortie, niveau autorisé par la contrôleur) ne sont pas affichés en permanence. Des règles de présentation des niveaux permettent de ne pas afficher certains niveaux selon leur valeur par rapport aux autres.

Pour que le contrôleur sache si un avion venant d'être transféré, a bien été pris en compte par le secteur suivant, la fonction "assume contrôle" est proposée. Cette fonction prend la forme d'une désignation d'un avion par le contrôleur qui permet de mettre en évidence la prise en compte de ce dernier.



**Méthodes de recueil de données pour l'analyse de
l'activité des contrôleurs du trafic aérien
-activité actuelle et activité lors de simulations avec la
maquette de la future position-**

PARTIE 3

METHODES DE RECUEIL DE DONNEES POUR L'ANALYSE DE L'ACTIVITE DES CONTROLEURS DU TRAFIC AERIEN

Les concepts définis pour l'analyse de l'activité et les caractéristiques du domaine d'étude nécessitent d'élaborer des recueils de données adaptés. L'objet de cette partie est de montrer la cohérence entre les concepts définis et le choix des données recueillies.

1. DEMARCHE GENERALE DE LA RECHERCHE

La démarche générale de la présente recherche consiste à mettre en rapport l'analyse de l'activité dans la salle de contrôle actuelle, avec l'analyse de l'activité lors de simulations sur une maquette représentative de la future position.

Dans un premier temps, l'analyse de l'activité en salle de contrôle est effectuée. Elle donne lieu à la modélisation de l'activité dont les savoir-faire sont un des éléments.

Dans un deuxième temps, l'activité à partir du contrôle d'un trafic simulé avec une maquette représentative de la nouvelle position est analysée pour des contrôleurs experts ayant préalablement utilisé la nouvelle position durant trois jours et demi en tant qu'apprentissage "sur le tas". Cet apprentissage se limite aux spécifications de la nouvelle position et à la pratique d'une dizaine d'heures de simulations au cours desquelles le contrôleur découvre la position au travers de son utilisation.

L'apprentissage "sur le tas" présente l'intérêt de révéler l'aide dont auraient eu besoin les contrôleurs experts sur la position actuelle pour maîtriser la nouvelle position.

Le recueil de données doit permettre :

- de modéliser l'activité et les savoir-faire utilisés au cours de l'activité;
- de rapprocher et de différencier les cours d'action issus d'une part de l'activité avec la position actuelle en salle de contrôle, et d'autre part, de l'activité avec le banc de test de la future position.

Le terme de "rapprochement et de différenciation" introduit une distinction par rapport à la démarche comparative habituellement associée aux expérimentations. En effet, en étudiant des situations de travail dans leur globalité, plusieurs sources de transformation de l'activité interviennent au-delà de la modification d'un seul facteur. Il faut tenir compte, du problème de la transposition d'une activité d'une situation à une autre, et des variantes que cette transposition peut éventuellement entraîner dans les recueils de données; en ce qui concerne ce travail, les transformations sont les suivantes :

- pour chaque cas, le trafic est différent car il n'est pas reproductible de la salle de contrôle à la salle d'expérimentation;
- dans un cas le trafic et l'environnement de la position sont réels, alors que dans l'autre ils sont simulés;

- dans un cas le contrôleur est expert depuis plusieurs années, alors que dans l'autre il n'utilise la nouvelle interface que depuis trois jours et demi;

Ces éléments de la transformation de la situation étant identifiés, les recueils de données doivent être conçus de façon à les contrôler.

Dans ce travail, l'analyse de l'activité en salle de contrôle sert de référence pour identifier les transformations de l'activité et des savoir-faire en situation de simulation.

2. PRINCIPES METHODOLOGIQUES

L'analyse de l'activité dans le cadre du cours d'action suit des principes méthodologiques énoncés par Pinsky (1991) et Theureau (1992). Ces principes ont pour objectif de préserver les caractéristiques considérées importantes pour la compréhension de l'activité.

* Le premier principe consiste à recueillir les données dans une situation la plus réaliste possible, avec des opérateurs dont l'état, la culture et la situation sont connus. Une certaine "validité écologique" est recherchée dans le sens de Neisser (1976) car les situations analysées sont très proches, voire semblables aux situations réelles de contrôle.

Par rapport à ce principe, la position actuelle de contrôle et les simulations sur la maquette de la future position permettent une véritable activité de contrôle du trafic aérien. Pour perturber le moins possible l'activité, le recueil est effectué sous forme d'enregistrements filmés et enregistrés (vidéo/audio). Ces enregistrements comprennent systématiquement tous les comportements, les verbalisations manifestes à la position, ainsi que des éléments sur l'environnement dans lequel se trouve le contrôleur. Ils préservent l'organisation dynamique de l'activité. Ils seront appelés dans la suite de ce travail, les *données de départ* du fait qu'ils sont directement issus de l'activité des contrôleurs.

Pour exploiter ces enregistrements afin de modéliser l'activité telle que définie dans la partie 1, il est nécessaire de recueillir des données supplémentaires apportant des éléments d'explication, qui seront appelés dans la suite de ce travail, les *données pour expliquer* du fait qu'elles servent à l'explication des données de départ. Il s'agit dans notre cas, de verbalisations obtenues dans d'autres situations que la situation d'action.

Le film vidéo est utilisé comme support de verbalisations de l'opérateur : il s'agit de la méthode de l'autoconfrontation. Cette situation de verbalisations consiste à placer l'opérateur, dans un environnement où il est confronté à son propre comportement (souvent un enregistrement vidéo). Il lui est alors demandé de commenter son activité et les événements qu'il a rencontrés. Cette situation d'entretien a pour objectif de révéler ce qui est significatif pour l'opérateur.

D'autres supports de verbalisations, présentés ultérieurement, ont également été utilisés couplés à l'autoconfrontation. Leur intérêt est de faire varier la situation pour favoriser les verbalisations.

Le statut des verbalisations des opérateurs par rapport à leur l'activité a déjà fait l'objet de nombreuses discussions (Ericsson & Simon,1984; Caverni,1989), qui restent encore ouvertes en ce qui concerne la correspondance entre les verbalisations et les savoir-faire effectivement mis en oeuvre dans la situation d'exécution de l'activité (Cleeremans,1988), ainsi qu'en ce qui concerne les risques d'un manque d'exhaustivité.

Dans notre cas, les verbalisations permettent d'expliquer les données directement obtenues à partir de l'activité. Leur intérêt est lié aux recoupements qui peuvent être faits avec le film vidéo et aux conditions dans lesquelles elles ont été produites (le plus immédiatement possible et avec des supports remplaçant au mieux le contrôleur dans l'activité). Ces conditions ont pour objectif d'assurer les liens entre les verbalisations et la situation, ce qui permet de mettre en évidence les compréhensions du contrôleur au cours de son activité..

* Le second principe consiste à donner la priorité aux interprétations faites par l'opérateur sur l'interprétation de l'activité par l'analyste tirée de la description de la tâche.

Il ne s'agit pas d'une priorité chronologique, mais d'une priorité de l'analyse des données recueillies qui vise à reconstituer les raisonnements du contrôleur. Autrement dit, l'activité de l'opérateur est utilisée comme "grille d'analyse" et non la tâche prescrite.

* Le troisième principe consiste à proposer un "équivalent des protocoles expérimentaux reproductibles" permettant la confrontation scientifique, bien que les situations réelles étudiées soient par essence non reproductibles en raison leur "complexité".

Dans notre cas, cet équivalent consiste à présenter avec les interprétations de la recherche, les protocoles des données observées et verbalisées. Comme dans le cadre d'expérimentations classiques, ces protocoles doivent être suffisamment riches et précis pour permettre à d'autres chercheurs de discuter et de critiquer l'analyse proposée, les notions et les hypothèses théoriques qui la guident.

3. ETUDES PREALABLES

L'étude préalable correspond à une période d'observation détaillée de chacune des deux situations étudiées. Elle permet à l'analyste de déterminer les premiers choix qui délimitent et spécifient l'analyse, et d'élaborer les méthodes de recueil de données pour l'analyse de l'activité. L'étude préalable confère aux données recueillies une signification par rapport à l'ensemble de l'activité en justifiant des périodes d'activité étudiées.

Cette période joue un rôle important pour informer les contrôleurs de la nature de l'étude, afin d'obtenir leur nécessaire participation, en particulier pour que le recueil de données soit accepté jusque dans la salle de contrôle.

Dans ce travail, l'étude préalable a consisté à aller régulièrement en salle de contrôle suivre l'activité des contrôleurs à leur position, et à participer à plusieurs séries de simulations avec le banc de test de la future position dans le cadre des évaluations successives effectuées par le groupe de conception.

3.1. ETUDE PREALABLE A L'ANALYSE DE L'ACTIVITE EN SALLE DE CONTROLE

Un premier choix a consisté à limiter l'étude à un secteur particulier, le secteur UT/TU, du fait que les simulations effectuées sur le banc de test de la future position correspondent également à ce secteur. Ce choix est confirmé par les récits des contrôleurs qui le considèrent comme typique du contrôle en route. Les contrôleurs soulignent l'influence des différents types de trafic à contrôler (contrôle en route, contrôle d'approche...) sur l'activité et l'intérêt des caractéristiques du secteur UT/TU du point de vue du "contrôle en route".

Considérant que même si les équipes de contrôle travaillent de façon différente, l'activité au secteur UT/TU est semblable, une équipe de contrôle a été choisie sans distinction pour réaliser les recueils de données.

La position de contrôle peut être "armée" par une, deux ou trois personnes. L'étude a été limitée à l'activité du contrôleur exécutif car ce dernier a la responsabilité des avions dans le secteur et le secteur de contrôle UT/TU ne donne pas lieu à une fonction organique développée. Le travail effectué correspond plus à un travail en parallèle où le contrôleur planning assiste le contrôleur exécutif, qu'au partage officiel des tâches, qui voit une certaine spécialisation selon laquelle le contrôleur exécutif poursuivrait le travail préparé par le contrôleur planning. Pour ces raisons, l'étude de l'activité du radariste correspond à l'étude de l'activité de contrôle du trafic aérien assisté d'un autre contrôleur jouant le rôle de "filet de sauvegarde humain" (Courteix, 1989) ou réalisant des tâches que lui délègue le contrôleur exécutif.

On appelle "situation de trafic", la résultante d'un ensemble de facteurs conditionnant l'activité. Sa signification pour le contrôleur repose sur l'infrastructure du secteur (routes, balises, terrains de décollage et d'atterrissage), les caractéristiques du trafic (cas spécifiques, heure d'affluence...) et l'état de l'opérateur (fatigue...). Afin d'évaluer globalement l'impact de l'ensemble de ces facteurs, on distingue trois grandes catégories de trafic: faible, le soutenu et fort.

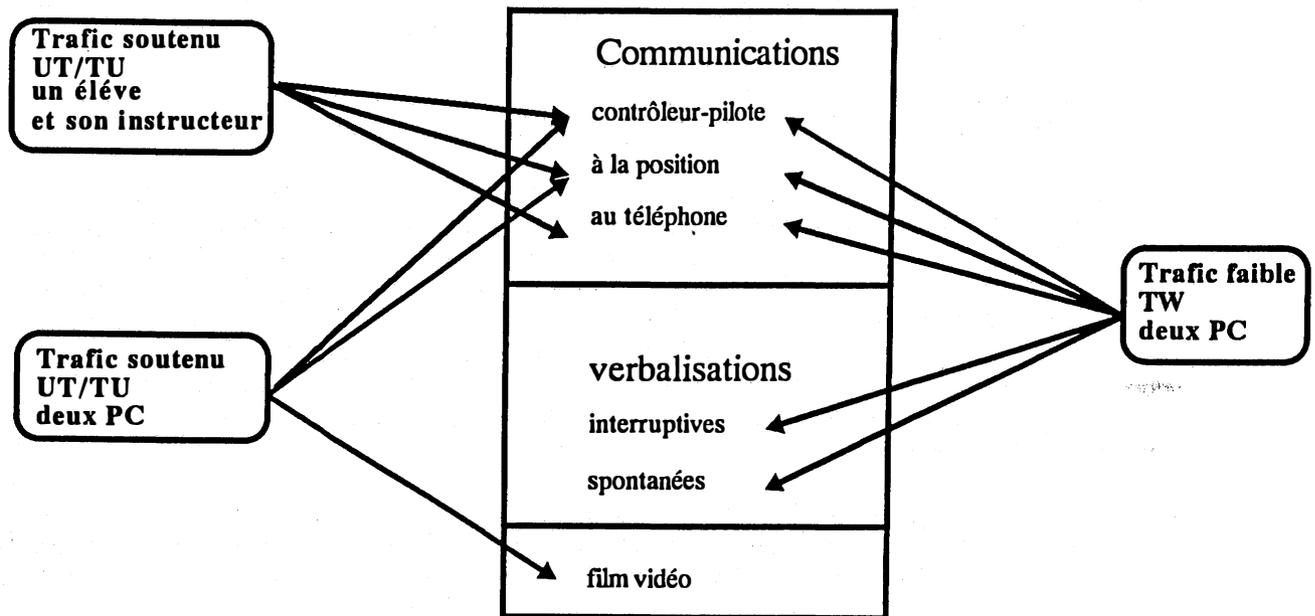
Parallèlement au suivi de l'activité à la position de contrôle et au recueil des récits des contrôleurs, plusieurs essais de recueil de données ont été réalisés. Différentes situations

ont été envisagées selon la nature du trafic et "l'armement" de la position.

Plusieurs essais de recueil de données ont été effectués avant d'arrêter le déroulement du recueil de données final.

Les verbalisations interruptives sont les réponses du contrôleur aux questions de l'analyste, posées au cours de l'activité. Les verbalisations spontanées sont les commentaires de l'activité par le contrôleur auquel il a été initialement demandé d'expliquer son activité durant son déroulement.

Essais de recueil de données sur une période d'une heure



Valeurs et limites de certaines données

Valeurs		Limites
Apportent des éléments sur les raisonnements	← Verbalisations spontanées et interruptives →	<ul style="list-style-type: none"> . perturbent le déroulement de l'activité . peuvent donner lieu à des considérations très générales sans rapport avec le déroulement de l'activité
Permet de placer le contrôleur dans une situation proche celle de l'activité, en vue d'entretiens	← Film de l'image radar, comportement à la position, strips →	<ul style="list-style-type: none"> . ne sont pas suffisantes pour décrire l'activité

Le choix a été orienté vers l'étude de périodes de trafic soutenu. Elles correspondent à des situations quotidiennes de contrôle où le contrôleur analyse des relations d'interférences entre avions qui sont représentatives de l'activité de contrôle et qui sont commentables dans la mesure où le trafic n'est pas très fort.

Il est à souligner qu'à la position de contrôle la nature du trafic peut varier rapidement : en dix minutes un trafic faible peut devenir chargé du fait, par exemple, de la survenue d'événements tels qu'une panne radio, que la non réponse d'un pilote, que l'arrivée de nombreux strips à la position...

Le recueil de données en trafic fort n'a pas été retenu car il s'agit de périodes où l'activité devient intense de telle sorte que les communications verbales à la position sont certes plus nombreuses, mais sont réduites au maximum. Dans ces conditions les communications correspondent à des actions du contrôleur sur le trafic ou sur ses interlocuteurs, aux dépens des communications correspondant à l'information de collègues sur les choix de contrôle effectués. Ainsi le recueil données perd des éléments d'explication de l'activité. De plus, durant ces périodes, le nombre de contrôleurs à la position peut aller jusqu'à quatre. La dimension collective de l'activité pose des questions méthodologiques qui ne sont pas l'objet des préoccupations de ce travail.

Les verbalisations à la position ne sont possibles que lorsque le trafic est faible. Le contrôleur a certes le temps de commenter la situation pour expliquer l'état et l'évolution du trafic, mais il comporte peu de relations d'interférences entre avions. Lorsque le trafic devient plus contraignant, le contrôleur n'a plus le temps d'expliquer le trafic de façon continue alors que ce sont des périodes où ce qui est significatif de la situation pour l'activité est important quantitativement et/ou qualitativement. Ces verbalisations risquent alors de remettre en cause la sécurité et le déroulement de l'activité à la position si le temps passé à l'explication du trafic se fait aux dépens de l'analyse et de la maîtrise du trafic lui-même.

La durée choisie pour chaque observation est d'une heure, car la durée d'une vacation est en moyenne d'une heure et demie, et le passage d'un avion entre l'arrivée du strip à la position et son transfert sur la fréquence du secteur recevant est environ de dix minutes. Une heure de contrôle d'un trafic soutenu correspond donc, pour le contrôleur, à une période représentative de son activité.

3.2. ETUDE PREALABLE A L'ANALYSE DE L'ACTIVITE LORS DE SIMULATIONS AVEC UNE MAQUETTE DE LA FUTURE POSITION

L'étude préalable à l'analyse de l'activité lors de simulations avec une maquette de la future position a consisté à participer durant plusieurs semaines, en tant qu'expérimentateur, aux différentes étapes d'évaluation. Elle a permis :

- d'apprendre le fonctionnement du simulateur, le rôle des pilotes et des secteurs adjacents, pour pouvoir assurer le déroulement des simulations;
- de choisir, de construire et de mettre au point les échantillons de trafic simulés; ceci a compris des phases de visualisation des échantillons de trafic pour ajuster, et corriger le trafic saisi; cette préparation a été réalisée avec l'aide d'un contrôleur-instructeur de la cellule d'instruction du CCR et d'un contrôleur détaché au CENA;
- de connaître la nouvelle position, l'histoire, les raisons de sa conception et de sa forme finale;
- d'apprendre à présenter la nouvelle position aux contrôleurs, à les guider dans la prise en main, à leur expliquer les raisons de tel ou tel choix...;
- de préparer un recueil de données permettant "le rapprochement et la différenciation" avec les données recueillies à partir de l'activité à la position actuelle de contrôle.

Dans ce nouvel environnement, l'opinion des participants traduit leur difficulté à se situer dans le cadre de cette activité qui est à mi-chemin entre l'activité prévue selon les spécifications de l'interface, et la réalité de l'activité future:

- tel qu'il est bien connu, l'activité menée est différente de l'activité prévue par les spécifications de la position de travail;
- l'activité est effectuée seulement au terme d'un apprentissage "sur le tas", et non pas au terme d'une formation spécifique;
- l'activité en situation de simulation est différente de l'activité réelle du fait que la nature du stress change; notamment, ici la responsabilité du contrôleur du trafic aérien n'est pas engagée en cas d'interférence entre avions;

L'ergonome doit aider les participants à se situer, a fortiori dans la perspective de la définition d'une formation d'accompagnement, car spontanément le participant a une attitude critique vis à vis de l'outil proposé ce qui l'amène à en demander des modifications, à agir sur la conception, plutôt que d'avoir la démarche d'analyse de ses propres difficultés, que nécessite la définition d'une formation d'accompagnement.

4. DONNEES RECUEILLIES SUR L'ACTIVITE ACTUELLE EN SALLE DE CONTROLE

Le recueil de données doit tenir compte de nombreux aspects de l'activité du contrôleur qui regarde le scope radar, reçoit, prend en compte, annote, classe des strips, communique avec son collègue à la position, ou sur d'autres positions dans la salle de contrôle avec d'autres contrôleurs ou le chef d'équipe, communique par radio avec les pilotes, communique par téléphone avec les contrôleurs d'autres secteurs, voire d'autres Centres de Contrôle Régionaux.

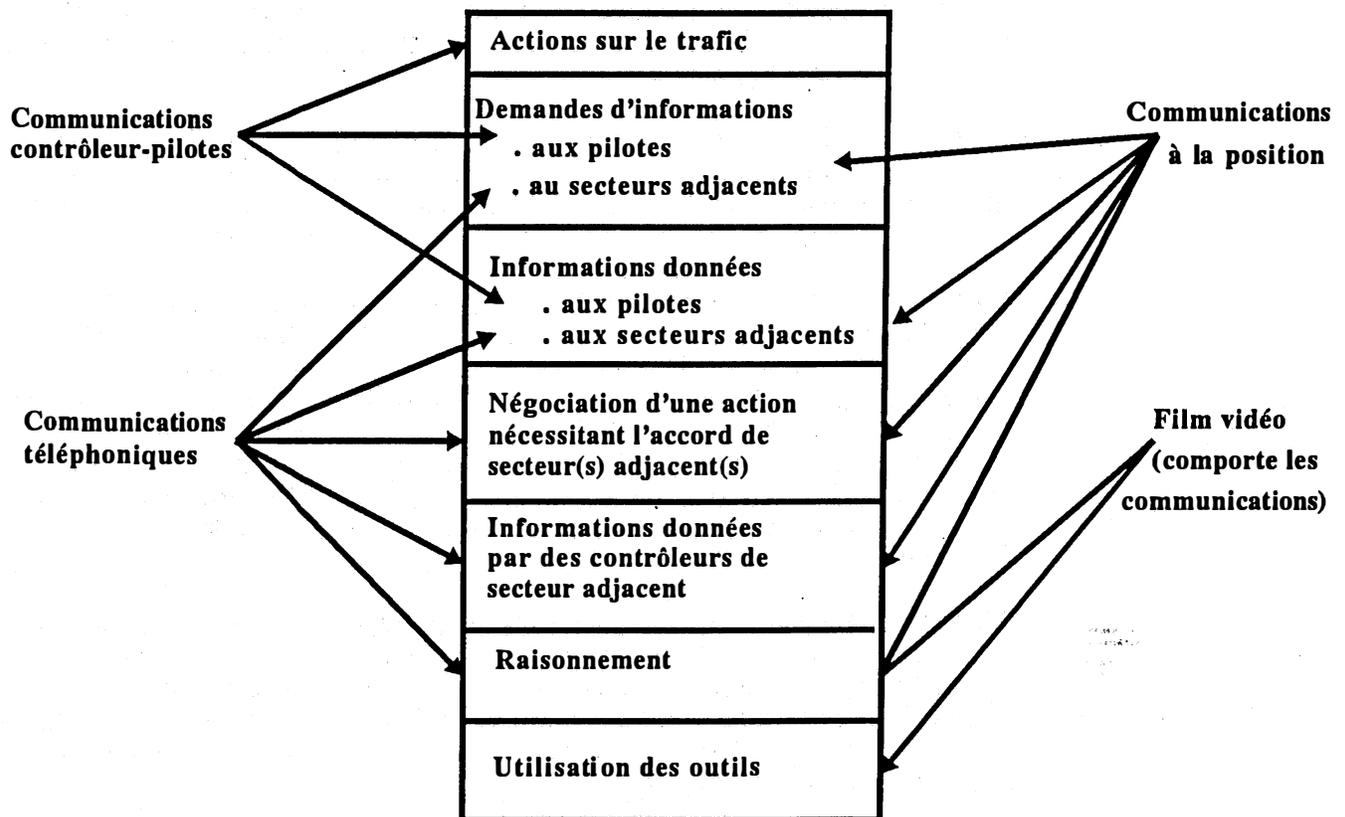
Pour recueillir la variété de ces éléments significatifs pour le contrôleur, le recueil de données s'avère donc relativement complexe. Schématiquement, il s'articule entre deux catégories de données, les données de départ directement recueillies en salle de contrôle et des données explicatives obtenues en dehors de la salle de contrôle, en situation d'entretien.

4.1. DONNEES DE DEPART

Conformément aux principes énoncés, les données de départ préservent le caractère situé et dynamique de l'activité. Elles correspondent au recueil en temps réel à la position de contrôle des données suivantes :

- film (latéral) de l'activité à la position de contrôle; la prise de vue comporte en premier plan le contrôleur exécutif et en second plan le contrôleur planning; les manipulations de strips, les regards prolongés sur le scope, le tableau de strips ou une autre partie de la position, et les communications sont observables;
- communications radiophoniques (contrôleur-pilotes), téléphoniques (contrôleur-contrôleur) sont reprises à partir des enregistrements du bureau enquête-incident car elles sont de meilleure qualité qu'à partir du film vidéo; de la même façon, les communications à la position sont recueillies à partir d'un enregistrement audio à la position;
- film de l'image radar; il fournit des données sur l'état de l'environnement dans lequel se construit l'activité.

Apports des données issues de l'activité



4.2. DONNEES POUR EXPLIQUER

Les données pour expliquer permettent de donner un sens aux données de départ. Elles mettent en évidence des relations de cause à effet. Il s'agit de données verbales comme on l'a vu précédemment.

Conformément au principe méthodologique énoncé, les verbalisations ont toutes été obtenues le plus tôt possible (1 à 2 jours) après l'activité dans des conditions qui tendent à en préserver le caractère situé afin d'accéder aux savoir-faire les plus contextualisés.

Plusieurs situations d'entretien ont pu être exploitées pour étudier une même période d'activité de contrôle comme on l'a indiqué. L'intérêt de multiplier les sources de verbalisations est de permettre des recoupements qui améliorent la validité des verbalisations puisque l'on a plus de garanties que telle entité a été effectivement interprétée de la façon exprimée. De plus, en introduisant les verbalisations d'un deuxième contrôleur expert de la même équipe (voir ci-dessous), des éléments sur l'existence ou non de différences inter-individuelles peuvent être recueillis.

4.2.1. Verbalisations en Autoconfrontation

L'autoconfrontation utilise le film de l'activité à la position de contrôle, synchronisé avec le film de l'image radar, ainsi que les strips correspondant pour confronter le contrôleur à sa propre activité. L'activité à la position de contrôle et l'image radar sont révisées pas à pas tandis que simultanément, le tableau de strips est reconstitué et modifié selon l'évolution du trafic.

A chaque arrêt, à l'initiative du contrôleur ou de l'analyste, le contrôleur explique son interprétation de la situation, ce qu'il prend en compte, le sens qu'il attribue aux informations, aux événements, le choix de ses actions... L'entretien est enregistré en continu à l'aide d'un magnétophone. On obtient le type de commentaire suivant:

"C'était le FBFG, qui était un St-Pray-Dijon-Troyes pour Le Bourget, et un Lyon-Dijon-Rolex, le G923. Aux strips il y avait que 3 mn. Quand il n'y a que 3mn, on se méfie un petit peu de la manière dont ça va se passer. En fait à ce moment là, je lui dis, d'ailleurs on le voit bien là sur l'image radar, que ça se passe très bien. Finalement là il n'y a pas grand chose à faire. En fait c'est quelque chose qui se surveille au radar. Dès que l'on voit l'avion qui vient de St-Pray, on vérifie au radar si ça se passe bien, sauf si l'estimée est vraiment la même et que l'on a beaucoup de trafic, auquel cas on demande une modification de niveau".

"C'est à ce moment là, quand j'ai envoyé le paquet que je me suis aperçu qu'il y avait un avion qui n'était pas au niveau où je l'attendais, quand le PS est arrivé. On voit bien à l'image radar, tu vois que l'étiquette de cet avion est très très proche de mon paquet. C'est en voyant les étiquettes des avions que je shootais que je me suis aperçu qu'il y en avait un qui n'était pas au même niveau que le strip me l'avait laissé supposer".

Chaque recueil de données ayant duré une heure, l'autoconfrontation dure elle-même environ trois heures.

4.2.2. Verbalisations à la "position copie"

Il existe en salle de contrôle des positions "copies" qui reproduisent en temps réel un secteur de contrôle à partir de n'importe quelle position de contrôle dans la salle de contrôle. Ces positions "copies" sont utilisées pour la formation. La possibilité de pouvoir disposer de ces positions "copies" dans le cadre de la présente étude a permis d'envisager d'autres supports de verbalisations que celui présenté précédemment. Une position "copie" se caractérise par :

- l'image radar;
- la réception des strips;
- la réception de la fréquence radio;
- l'absence des messages téléphoniques;
- l'impossibilité d'intervenir sur le trafic, d'émettre des messages sur la fréquence;
- l'absence des interactions à la position de contrôle (avec les secteurs adjacents ou les contrôleurs présents).

L'existence de cette position permet de demander à un contrôleur PC de commenter durant le déroulement de l'activité étudiée :

- le trafic contrôlé, comme si lui-même avait à le gérer;
- l'activité du contrôleur placé sur la position réelle

La consigne donnée est la suivante: "analysez et commentez le trafic; commentez les actions faites sur le trafic par le contrôleur à la position réelle s'il y a lieu". On obtient des commentaires de la forme suivante :

"Le Z L appelle, il passe en montée, il n'est autorisé que 220. Il veut plus haut, mais devant lui, légèrement sur sa gauche, le R H, qui est un Focker 28 un petit peu moins rapide est stable à 240. Les vols plus lents sont devant, c'est le T L et l'U N à 260 et à 280. IL le bloque à 280 pour le moment".

"Un client, 71 Masse, Dijon-Epinal à 280. C'est un trafic qui va croiser d'abord les survols de Moulin vers Passery, puis les descentes vers Genève, alors il faudra que je m'en méfie. Je peux déjà jeter un coup d'oeil, mais il passera loin derrière l'Exécutif 24 qui approche Masse, donc alors là pas de problème. Pour le moment il est tout seul, je le classe avec les Dijon".

Les commentaires ainsi obtenus ne peuvent pas être assimilés aux raisonnements du contrôleur à la position réelle pour les raisons suivantes :

- il existe des différences interindividuelles entre contrôleurs;
- le contrôleur ne peut pas mettre en oeuvre ses propres solutions sur le trafic;
- le contrôleur subit les actions de contrôle du contrôleur à la position réelle;
- le contrôleur n'ayant pas la responsabilité du trafic, il ne subit pas le même stress;

Pour donner un statut aux commentaires obtenus à la position "copie", il est nécessaire que le contrôleur dont l'activité est analysée valide ou invalide les interprétations exprimées par son collègue à la position "copie".

4.2.3. Verbalisations en confrontation

Les verbalisations en confrontation ont pour objectif de donner un statut aux commentaires obtenus à la position "copie" par rapport à l'activité du contrôleur ayant contrôlé à la position réelle.

Cette deuxième phase d'entretien a lieu, durant une heure, après l'autoconfrontation. L'intérêt d'effectuer l'autoconfrontation au préalable est de conforter les interprétations propres au contrôleur. Le commentaire à la position "copie" est ensuite écouté par le contrôleur ayant travaillé à la position réelle, immédiatement après l'autoconfrontation. Au fur et à mesure de la rediffusion de l'enregistrement, le contrôleur ayant effectivement géré le trafic peut intervenir et commenter les récits de son collègue à la position "copie". Ce deuxième commentaire est aussi une façon de renouveler les verbalisations et de reprendre à partir d'un autre support le passage de l'activité étudiée. Il est l'occasion de donner des explications supplémentaires à celles obtenues en situation d'autoconfrontation.

Dans certains cas, les commentaires à la position "copie" peuvent aider à la formalisation des interprétations du contrôleur ayant réellement contrôlé.

"Oui, c'est ça. C'est l'histoire des deux 350 avec l'avion que je tourne à droite. Le Speed Bird qui tourne à droite pour le séparer de l'Air Malta. Ils ont le même nombre de Mach et tout ça, oui c'est ça. C'est exactement ça. Tu vois je demandais les nombres de Mach".

Dans d'autres cas où l'analyse des deux contrôleurs ne semble pas être la même, la confrontation sert à identifier des différences entre les deux contrôleurs ce qui amène le contrôleur dont l'activité est étudiée à développer les raisons de ses choix par rapport aux arguments donnés par le collègue à la position "copie".

"Qu'est-ce qu'IL aurait fait? IL aurait mis le Z L à gauche au lieu de le tourner à droite. M'oui... Oh, tout se tient". (Ergonome: IL explique qu'en tournant le Z L à droite les trajectoires devront se recroiser). "Oui, ça va se recroiser parce que effectivement le T L n'est pas rapide. Mais ça ne me gêne pas. Le T L il descend assez tard. On voit qu'il est à 352, l'autre à 350. Après il n'y a pas de problème, il passe directement derrière, on le voit bien. Moi j'ai préféré le tourner dans ce coin parce qu'il n'y a personne. les deux se valent. C'est sûr que ce serait à refaire je ne ferais pas pareil... Mais sur le coup quand j'ai plein d'avions... Mais on voit qu'il passe bien derrière à 260. Après c'est le problème de l'AO, l'AR. Si tu le fais tourner à gauche IL dit qu'il n'y a pas de trafics qui montent, et puis après tu te retrouves avec en face des avions, l'Isnab là... IL dit qu'il n'y a pas de montée vers la gauche, pas de montée sur Moulin, il y a tout de même un 280 qui monte aussi. Bon il est au-dessus maintenant, c'est vrai".

4.3. EXEMPLE DE DONNEES RECUEILLIES

L'ensemble des données pour expliquer les données de départ repose sur trois explications complémentaires de l'activité: l'autoconfrontation, le commentaire "copie" et la confrontation :

Les données de départ issues du film vidéo sont les suivantes :

Le contrôleur dit sur la fréquence: "S 831 start descent fly level 220 and maximum indicated speed descending". Il écrit le niveau sur le strip en même temps que le pilote lui répond "Rodger, we're level 3 7 0 for 2 2 0 and speed indicated will be .81". Le contrôleur répond "It's ok, thank you".

Les données en autoconfrontation sont les suivantes :

"Je force le premier S831 à descendre pour qu'il me libère les niveaux pour accélérer un petit peu le processus, pour ne pas traîner mon conflit encore très longtemps. C.à.d qu'après je vais sortir de mon espace, au niveau coordination ça va faire perdre du temps, ça va alourdir un petit peu le travail. Là c'est uniquement au radar que je fais ce choix. Ils sont à 10 nautiques les uns des autres, j'ai préparé mon truc et je m'y conforme. Donc là j'essaie de résoudre mon problème avant que mes avions sortent de mon espace".

A la position "copie" le contrôleur commente :

"Là, il est en train de demander les vitesses de descente des appareils pour savoir comment il va se décider".

Confronté à ce commentaire le contrôleur explique :

"Au préalable, sur les strips, tous ces avions étaient soit à 210, soit en descente vers 210. Donc il y avait aussi conflit potentiel entre le G178, le FHS, FHV, S831. Donc déjà aux strips il y avait une première détection, mais c'est ensuite que j'ai affiné radar pour savoir comment j'allai faire. Je demande la vitesse du premier pour imposer des vitesses aux suivants, pour qu'ils ne rattrapent pas le premier. Donc j'ai déjà déterminé mon ordre et tout, mais par contre je demande la vitesse du premier pour imposer des vitesses aux autres".

Les données de départ montrent l'action du contrôleur qui donne une instruction de descente, demande une vitesse, ainsi que les retours qu'obtient le contrôleur suite à cette action, la réponse du pilote. Elles ne comportent pas en elles-mêmes les moyens de leur explication. Pourquoi fait-il descendre l'avion à 220? Pourquoi demande-t-il la vitesse maximale que pourra prendre l'avion?

L'autoconfrontation permet de mieux connaître le sens que revêt cet avion pour le contrôleur. L'avion est lié par un risque de conflit avec d'autres avions qu'il précède, il voit que les avions sont séparés de 10 nautiques, il peut donc réaliser la solution qu'il avait déjà prévue d'autant qu'il veut résoudre le problème dans son secteur.

L'utilisation du commentaire à la position "copie" et de la confrontation nous apprennent en plus que si la solution a été prévue ce n'était que partiellement, et que la solution effective est déterminée par la vitesse demandée.

Cet exemple illustre des différences entre la position "copie" et la position réelle. Ici le contrôleur à la position "copie" croit que le contrôleur à la position réelle cherche une solution, alors que en fait il sait déjà quelle solution il veut réaliser et sa demande de vitesse correspond à une partie de sa réalisation.

A partir de ce point particulier, il faut souligner que des différences sont fréquentes : de façon générale les commentaires du contrôleur à la position "copie" accusent un retard dans l'identification de la nature du trafic (cf: annexe 1). Le contrôleur à la position réelle prend plus en compte la spécificité de la situation d'action. En situation réelle les solutions choisies sont souvent uniques.

Reprenons le cas de l'exemple évoqué :

- le contrôleur à la position "copie" se limite à un "principe général de conduite" : empiler les avions les uns au-dessus des autres, au-dessus du niveau de sortie occupé, en respectant la "règle des niveaux pairs et impairs";
- le contrôleur à la position réelle choisit une solution beaucoup plus adaptée à la situation; il sépare les avions longitudinalement en raccourcissant les avions les plus rapides et en empilant les avions sans respecter la "règle des niveaux pairs et impairs".

Cette solution est adaptée aux différentes caractéristiques de la situation :

- la séparation longitudinale des trois avions permet de :
 - . de résoudre le problème de la montée des avions lors de leur entrée dans le secteur en même temps que le problème de leur sortie du secteur; la solution prend en compte les interférences environnantes et est commune aux deux problèmes;
 - . de visualiser les trois plots des avions de façon séparée ce qui est plus significatif d'une séparation que trois plots superposés (visualisés par un unique point sur le radar); la représentation plane du radar oriente vers des choix de séparation longitudinale plutôt que de séparation en niveaux;
- l'attribution de routes directes permet de séparer les avions sans les pénaliser; deux avions sont accélérés alors que le moins favorisé fait sa route normale;
- le non respect de "la règle des niveaux pairs et impairs" (qui veut que les avions venant du Nord soit à des niveaux de vol pairs alors que les avions venant du Sud soient à des niveaux impairs) est adapté à l'absence d'avion en face;

Il est rare que le "principe des niveaux pairs et impairs" ne soit pas respecté. Dans le cas présent, le contrôleur à la position copie ne partage pas le choix du contrôleur à la position réelle.

Durant la confrontation le contrôleur à la position réelle explique qu'il a utilisé le radar. Il a considéré l'absence d'avions à des niveaux impairs sur les trajectoires de descente sur Genève et a donc choisi de placer les trois avions allant à Genève à contre-niveau.

La solution tient compte :

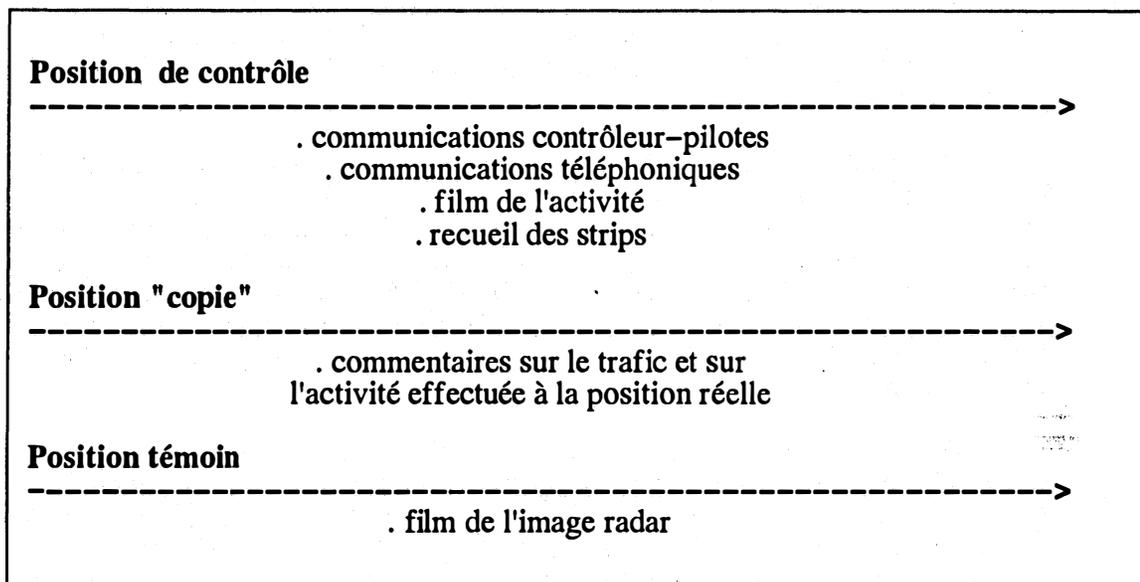
- des besoins du contrôleur recevant;
- des problèmes au niveau de la montée et de descente;
- des niveaux de vol demandés;
- de la nécessité de ne pas pénaliser le vol des avions;
- des interférences environnantes;
- de la façon dont sont utilisés les outils à la position de contrôle et de la confiance que le contrôleur a dans ses outils.

Il est intéressant de noter que ce paradigme montre que des différences importantes existent entre la position "copie" et la position réelle, alors que dans le paradigme que Lafon (1979) utilise, la comparaison du travail des contrôleurs entre ces deux positions aboutit à la conclusion que "les processus y sont les mêmes".

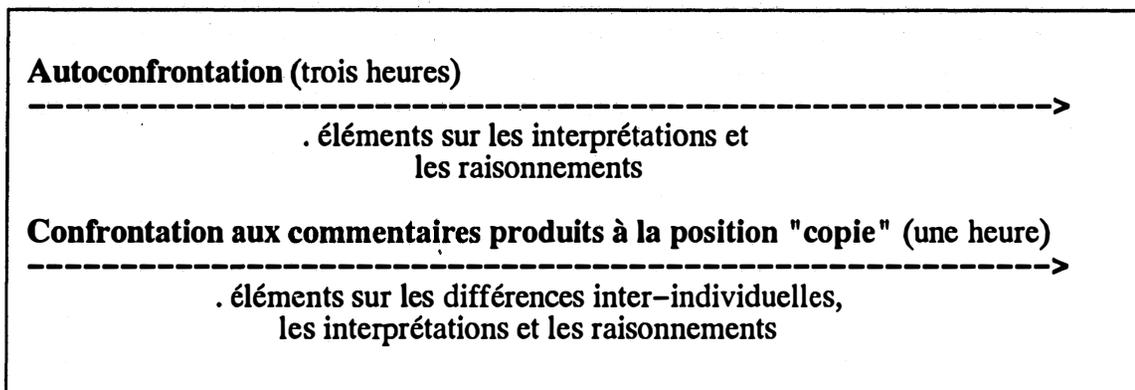
4.4. METHODE DE RECUEIL DE DONNEES EN VUE DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE ACTUELLE

De façon schématique, le recueil des données de départ et des données pour les expliquer s'effectue en salle de contrôle et en dehors de la position selon le récapitulatif suivant :

RECUEIL DE DONNEES A LA POSITION EN SALLE DE CONTROLE



RECUEIL DE DONNEES EN DEHORS DE LA POSITION



Au total, trois binômes à la position de contrôle et trois commentateurs à la "position copie" ont participé. Trois périodes d'une heure de trafic soutenu ont fait l'objet de ce recueil de données sur le secteur UT/TU.

5. DONNEES RECUEILLIES SUR L'ACTIVITE EN SIMULATIONS AVEC UNE MAQUETTE ILLUSTRANT LA FUTURE POSITION DE CONTROLE

Dans la pratique, l'exploitation des situations de simulation donne encore lieu à la recherche de méthodes d'évaluation (Dien & al., 1991). L'analyse de l'activité en situation de simulation avec la maquette de la future interface a suivi la même démarche que celle employée en salle de contrôle. Comme il a été présenté, elle repose sur l'activité d'opérateurs, experts avec le système actuel, ayant appris à l'utiliser au contact direct de la maquette. Cet apprentissage sert à révéler les besoins d'aide des contrôleurs placés dans cette situation.

L'activité en situation de simulation reste peu connue. Il est généralement admis que le stress disparaît ou tout au moins change de forme. Dans le cadre de cette expérimentation, on suppose que le stress n'intervient pas de façon prépondérante dans l'activité à la position car : les participants travaillent dans cet environnement depuis trois jours et demi, et y sont donc familiarisés; ils ont déjà tous participé à de nombreuses simulations dans le cadre de différents stages (Ecole Nationale de l'Aviation Civile, Eurocontrol...); et de plus, leur activité lors des simulations ne fait pas l'objet d'une évaluation par la hiérarchie.

Le caractère expérimental de la situation de simulation se manifeste surtout au niveau des dysfonctionnements de l'outil proposé et des limites de l'environnement construit : (i) la maquette étant développée selon certaines contraintes de temps, elle ne présente donc pas la même fiabilité que le système opérationnel; (ii) les communications possibles avec les secteurs adjacents, avec les pilotes, le réalisme du comportement des avions sont parfois limités; (iii) différents appareils d'enregistrement sont présents lors du recueil de données.

Les effets du caractère expérimental de la situation sont identifiables à partir des données recueillies dans la mesure où ils sont racontables et commentables par les participants (la description de l'activité comprend l'interprétation de signes inhérents au caractère expérimental de la situation gérée par le contrôleur). Il est possible que cet aspect de la situation intervienne sur la façon donc l'activité va être conduite pour gérer telle ou telle interférence entre avions. Dans ce cas, l'autoconfrontation permet d'identifier l'impact de la situation expérimentale sur l'activité de contrôle du trafic.

5.1. ORGANISATION DES CYCLES DE SIMULATIONS AVEC LA MAQUETTE DE LA FUTURE INTERFACE

5.1.1. Conditions d'apprentissage

L'apprentissage s'effectue "sur le tas", sans véritable formation préalable, au contact direct de la maquette, en situation de simulation (le rôle du CENA, les objectifs et le cadre de l'expérimentation, les nouvelles fonctions, les nouvelles présentations des informations... sont exposés au contrôleur).

La phase d'apprentissage "sur le tas" commence par une simulation de trafic durant laquelle les différents outils, les différentes commandes, les nouvelles fonctions, la signification des nouveaux codages... sont essayés. L'ensemble des explications fournies repose sur les spécifications de l'interface. Il est demandé aux participants de contrôler le trafic simulé.

Cette phase d'apprentissage de la nouvelle position se caractérise également par sa durée. Pour que les phénomènes d'apprentissage s'estompent les participants s'entraînent durant trois jours et demi sur la maquette de la nouvelle position.

L'apprentissage "sur le tas" ayant pour intérêt de mettre en évidence les besoins d'aide des contrôleurs actuellement experts, cette phase fait l'objet d'un recueil de données en plus de celui effectué durant la simulation effective. Les difficultés manifestes des utilisateurs, les remarques spontanées sont notées, et au terme de chaque journées d'apprentissage ces notes sont commentées par les participants. On retrouve une démarche empirique tel que l'utilise Carroll (1990) pour étudier le premier contact d'opérateurs avec des systèmes micro-informatiques.

Au terme de la période d'apprentissage "sur le tas", la simulation donnant lieu à l'analyse de l'activité de contrôle d'un trafic est semblable à celui ayant fait l'objet du recueil de données en situation de référence. De cette façon, la mise en rapport entre l'activité à partir de la maquette et l'activité en salle de contrôle peut se faire pour une même classe d'histoires.

5.1.2. Moyens et déroulement des simulations

Six échantillons de trafic soutenu simulant le secteur UT/TU ont été construits par un instructeur du CCR d'Athis-Mons, puis ajustés par un contrôleur détaché au CENA, ayant connaissance des situations de trafic lors de l'analyse de l'activité actuelle.

Le trafic lors de l'activité en simulation avec le banc de test n'est pas exactement identique au trafic de l'activité en salle car celui-ci n'a pas pu être archivé pour construire les échantillons de trafic simulés. Il est à noter que même si cet archivage avait été possible, un même trafic initial évolue différemment selon l'activité du contrôleur.

Néanmoins, les échantillons de trafic sont construits de sorte qu'ils orientent potentiellement l'activité vers le contrôle d'*histoires* semblables à celles traitées lors de l'activité en salle de contrôle. De cette façon, les histoires construites par le contrôleur se rapportent à des objets semblables à ceux lors de l'activité en salle de contrôle.

Comme pour l'analyse de l'activité en salle de contrôle, l'analyse de l'activité en simulation porte sur le travail du "radariste" au secteur UT/TU du CCR d'Athis-Mons.

L'ensemble des cycles de simulation s'est déroulé sur une période de trois semaines. Chacun d'eux nécessite la participation durant une semaine de deux contrôleurs PC ayant plusieurs années d'expérience au CCR d'Athis-Mons (équipe de l'Est), et de deux expérimentateurs, l'ergonome et un contrôleur détaché. Chaque expérimentation suit les étapes suivantes :

- accueil des participants, présentation du cadre, de l'objectif, des moyens, du déroulement de l'expérimentation;
- apprentissage "sur le tas" et entraînement à l'utilisation de la nouvelle position au cours de plusieurs simulations;
- simulation donnant lieu à des enregistrements continus du comportement et des communications à la position; il s'agit du recueil des données de départ;
- entretiens avec les contrôleurs ayant participé; il s'agit du recueil des données pour expliquer.

L'expérimentation se déroule sur cinq jours selon le planning suivant:

	MATIN	APRES-MIDI
Lundi	simulations 1, 2	simulation 3,1
Mardi	simulations 2, 3	simulation 4,1
Mercredi	simulations 2, 4	simulation 3,4
Jeudi	simulations 3, 5	autoconfrontation (5)
Vendredi	reprise de l'autoconfrontation avec l'exécutif	

- . Chaque simulation dure quarante cinq minutes;
- . les simulations 1, 2, 3, 4 correspondent à l'apprentissage et à l'entraînement de l'usage de la maquette; pour assurer l'apprentissage et l'entraînement, les quatre échantillons de trafic sont utilisés selon un roulement qui espace au maximum la resimulation d'un même échantillon.
- . à la fin de chaque journée d'apprentissage, un bilan des facilités et des difficultés rencontrées durant la journée est fait à partir des notes papier-crayon qui sont commentées par les participants;
- . la simulation 5 fait l'objet d'un enregistrement de données pour l'analyse de l'activité;
- . un échantillon numéro 6 est gardé en réserve au cas où, durant la simulation numéro 5, un événement perturbe le recueil de données destiné à l'étude de l'activité du contrôleur;

Pour les deux situations étudiées les contrôleurs dont l'activité est étudiée ne sont pas les mêmes. Cependant ce sont tous des contrôleurs faisant partie d'une équipe de l'EST du CRNA-Nord et ayant plus de cinq ans d'expérience en tant que PC. Ils sont tous représentatifs de la même population.

5.2. DONNEES DE DEPART

Comme dans la situation en salle de contrôle, les données recueillies à la position simulée consistent à filmer, à enregistrer en continu le comportement et toutes les communications des contrôleurs à la position. Les enregistrements résident dans :

- le film (latéral) de l'activité à la position; à partir de ce film, on peut observer les manipulations avec les moyens de dialogues, les regards prolongés;
- le film du nouvel écran de visualisation; Il est à noter que ce film comporte des informations supplémentaires du film de l'image radar effectué dans la situation de référence, en effet, les actions de dialogue avec le système se manifestent par les déplacements du curseur; les informations demandées, la gestion du tableau de strip, l'utilisation des nouvelles modalités de dialogues se manifestent par les modifications de la visualisation.

Chacun de ces films comporte l'enregistrement de toutes les communications à la position simulée.

5.3. DONNEES POUR EXPLIQUER

Les données pour expliquer sont issues de la période d'apprentissage, des entretiens d'autoconfrontation, et de commentaires du contrôleur planning. La principale différence de ce recueil de données avec celles pour l'étude de l'activité à la position actuelle est due à l'absence de position "copie", et à la présence de la phase d'apprentissage à partir de laquelle des éléments sur les difficultés rencontrées par les utilisateurs peuvent servir à l'explication de l'activité étudiée.

5.3.1. Données recueillies au cours de l'apprentissage

Les manifestations des difficultés rencontrées au cours de l'apprentissage sont relevées par l'expérimentateur de façon manuscrite tout au long de la période d'apprentissage. Il peut s'agir d'attitudes ou de remarques spontanées des participants que l'observateur attribue à la transformation de la position.

Un participant n'utilise pas l'effacement des routes avec la touche d'effacement de l'écran tactile, mais il les retire une à une avec la souris.

"Il est plus facile de donner une directe sur le strip que dans l'image radar car il y a alors de grands déplacements à faire"

Au terme de chaque journée d'apprentissage les notes recueillies sont lues aux participants qui peuvent commenter les remarques recueillies. On dispose ainsi de premiers éléments sur les difficultés rencontrées au cours de l'apprentissage ce qui constitue en soit une source d'explication et d'interprétation de l'activité étudiée au terme des trois jours et demi d'apprentissage.

Ces données permettent également de préparer les questions posées durant l'autoconfrontation. Il convient de remarquer que la majorité des remarques des participants s'orientent vers la critique de la position utilisée.

5.3.2. Verbalisations en autoconfrontation

L'autoconfrontation s'effectue à partir de la rediffusion synchronisée des deux films enregistrés. Ce support de verbalisation est équivalent à celui utilisé pour l'étude de l'activité en salle de contrôle. Le contrôleur dispose de l'image radar, d'un film de son comportement (manipulations des strips, dialogues, communications, zone où le regard s'attarde, etc...)

Comme lors de l'étude de l'activité en salle on obtient des commentaires qui expliquent l'activité effectuée.

"Là je viens de voir que le MON est en train de prendre un cap 270 et je m'en inquiète; Je m'en suis aperçu en regardant le radar parce qu'il n'est pas loin de l'HT en plus comme j'étais en train de manipuler l'HT. Comme il est dans mon champ de vision. J'ai en même temps le MON qui est un petit peu à gauche de l'HT et qui est en train de prendre un cap comme ça. Je suis en train de me dire que je pourrai le mettre direct 138 ou direct Bray, ou Coulommiers."

5.3.3. Verbalisations à partir de la confrontation du contrôleur planning

La participation du contrôleur planning est utilisée pour enrichir les données. Les supports ayant servi à l'autoconfrontation du contrôleur exécutif sont utilisés de la même façon avec le contrôleur planning.

5.4. EXEMPLE DE DONNEES RECUEILLIES

Les données recueillies conservent le caractère dynamique de l'activité à la position. Elles montrent que les participants ont véritablement une activité de contrôle. (certains événements imprévus au niveau du simulateur sont interprétés comme des événements de la situation de contrôle). Le lecteur trouvera en annexe 3 les données correspondant à une heure de simulation avec la maquette de la future position de contrôle.

Les données à la position sont les suivantes :

P: EGYPTAIR 778 BONJOUR. R: EGYPTAIR 778 CALL YOU BACK R: tu demandes à Genève s'il veut bien, me le prendre à 330... CO: l'Egyptien? Oui, oui, pas de problème. R: EGYPTAIR 778 CLIMB LEVEL 330. P: 778 CLIMB 330. R: Donc il faut que tu me le modes...oui c'est fait, bon.

En autoconfrontation le contrôleur exécutif commente :

"Là, c'est l'Egyptair qui est à 290 et qui demande un niveau supérieur. Normalement dans l'outil actuel, à partir d'un certain moment, en gros quand ils n'ont pas passé à peu près ce niveau là, tu les as encore dans la liste de vols en compte et le strip n'est pas encore sorti à Genève. Donc tu peux encore faire une modification sans rien demander à Genève. Quand ils ont passé un certain endroit, Genève a demandé à ce que les modifications ne puissent plus se faire à partir d'un certain moment avant leur arrivée dans leur FIR. Il faut coordonner avec eux par téléphone. C'est pour cela que je ne donne pas tout de suite et que je demande à Genève s'il est d'accord".

"C'est pour cela aussi tu verras plus loin, ça m'arrive souvent de ne pas marquer les strips que je donne 210 à ceux qui vont à Genève. C'est l'Act-auto par avance, i.e. il est inscrit sur le plan de vol, donc il n'y a pas de besoin de faire la modification parce que de toute façon je sais, il aura 210. C'est l'act-auto par avance. C'est à dire il est inscrit dans le plan de vol, donc il n'y a pas besoin de faire la modification parce que je sais que de toute façon le secteur suivant l'aura 210".

Le contrôleur planning commente :

"C'est le premier appel de l'Egyptien et IL me demande si Genève peut accepter le vol. C'est à dire qu'IL me demande de m'assurer si Genève acceptera le vol à un niveau différent de celui auquel il est planifié car celui-ci, il n'était pas prévu qu'il demande 330, donc comme LUI ne connais pas le trafic qui est passé devant lui".

5.5. METHODE DE RECUEIL DE DONNEES DURANT UN CYCLE DE SIMULATION AVEC LA MAQUETTE DE LA FUTURE POSITION

Le recueil des données de départ et des données pour les expliquer s'effectue en salle d'expérimentation à partir de la position simulée, et en dehors de la position à partir d'entretiens, selon le récapitulatif suivant :

RECUEIL DE DONNEES A LA POSITION SIMULEE

Simulations pour l'apprentissage "sur le tas" et l'entraînement

----->
. notes manuscrites sur les difficultés rencontrées
et confrontation des contrôleurs

simulation pour l'étude du cours d'action

----->
. communications contrôleur-pilotes
. communications téléphoniques
. film de l'activité
. film de l'écran du contrôleur exécutif

RECUEIL DE DONNEES EN DEHORS DE LA POSITION SIMULEE

Période d'apprentissage et d'entraînement

----->
. commentaire par le contrôleur des notes manuscrites

Autoconfrontation du contrôleur exécutif (trois heures)

----->
. éléments sur les interprétations et
les raisonnements

Autoconfrontation du contrôleur planning

----->
. éléments sur les interprétations et
les raisonnements

Au total, trois binômes et trois commentateurs à la "position copie" ont participé. Trois périodes d'une heure de trafic soutenu ont fait l'objet de ce recueil de données sur le secteur UT/TU.

6. APPORTS A LA METHODOLOGIE ERGONOMIQUE

6.1. APPORTS ET PERSPECTIVES METHODOLOGIQUES POUR L'ANALYSE DE L'ACTIVITE

En définissant les savoir-faire comme une partie de l'activité telle que définie partie 1, on est conduit à rechercher une méthodologie nouvelle adaptée à la nature du travail analysé qui se caractérise par des savoir-faire "complexes" reposant sur la prise en compte par l'opérateur, sous contraintes de temps, d'événement(s), d'action(s) et de contrainte(s) externes considérés de façon combinée. Les méthodes de recueils de données élaborées dans ce travail apportent de ce fait de nouvelles perspectives méthodologiques généralisables à d'autres situations de travail ayant les mêmes caractéristiques. Si elles répondent au besoin de mieux rendre compte de la part active des opérateurs à la construction de leur activité en raison de leur sensibilité à leur environnement, elles posent également de nouveaux problèmes qui constituent autant de nouvelles perspectives de recherches

L'apport des méthodes de recueil de données est de permettre l'étude de l'activité en rapport étroit avec l'ensemble de la situation (salle de contrôle, simulation réaliste) dans laquelle elle s'effectue. Ce travail constitue une approche nouvelle de l'activité des contrôleurs du point de vue du domaine d'étude. Au-delà du domaine d'étude son intérêt est de s'attacher à une activité aussi "complexe" que celle du contrôleur du trafic aérien sans s'attacher à un aspect particulier isolé du reste de l'activité.

Notre approche est partie des acquis et des limites des nombreuses études et recherches déjà réalisées sur le travail des contrôleurs.

6.1.1. Apports et limites méthodologiques des travaux déjà réalisés, à la connaissance de l'activité du contrôleur

La majorité des travaux réalisés a été effectuée selon la démarche expérimentale qui a principalement été utilisée jusqu'à présent comme méthode scientifique pour les études ergonomiques. L'intérêt majeur de cette démarche est de fonder l'acquisition de connaissances sur des bases scientifiques. Elle se base sur: (i) des phénomènes objectifs, reproductibles, indépendants des interprétations de l'analyste, et non subjectifs; (ii) sur des hypothèses pour lesquels des critères objectifs sont définis afin de les valider ou de les invalider. Cette démarche utilisée dans les études ergonomiques vise essentiellement la recherche de connaissances générales sur l'homme telle que la mémorisation, les représentations mentales, l'anticipation etc... En définissant l'activité comme non prédéterminée, comme construite par et pour la situation, selon le point de vue, nécessairement subjectif, de l'opérateur, ces bases scientifiques de l'analyse de l'activité n'existent plus, au profit d'une plus grande "validité écologique" des phénomènes étudiés. De nouvelles méthodologies sont mises en oeuvre, pensées pour l'étude de l'activité d'opérateurs dans une situation de travail spécifique.

* En 1970 Bisseret mène "l'analyse de la mémoire opérationnelle du contrôleur de la navigation aérienne" à partir de simulations sur papier effectuées en-dehors de la salle de contrôle. L'environnement de travail simulé repose sur le tableau de strips, (il s'agit d'un travail "aux procédures", c'est à dire sans image radar). Le déroulement de l'expérimentation est le suivant : la simulation est stoppée, le tableau de strips est caché. Le sujet doit alors placer sur une carte les avions, restituer ce dont il se souvient de la situation et traiter des problèmes qui lui sont soumis de mémoire. Le trafic est entièrement prévu, y compris les solutions que le contrôleur doit admettre. Les facteurs expérimentaux sont, le nombre d'avions, la qualification, les informations données sur l'avion. Quarante cinq contrôleurs ont participé.

L'intérêt de l'expérimentation est de quantifier: l'oubli d'avions selon leur nombre; les variables caractérisant les avions, les erreurs de remémoration (dont "la plupart sont des imprécisions ou des modifications de la stricte réalité dans le sens du travail de contrôle").

Dans la perspective de l'étude de l'activité, se pose la question du rapport entre l'activité de rappel demandée au sujet au cours des expérimentations et son activité à la position de contrôle. En effet, cette simulation sur papier présente des différences importantes par rapport à la situation réelle dans laquelle s'effectue l'activité à la position :

- la dynamique du trafic est supprimée, alors que le contrôleur en salle analyse toujours son trafic dans sa dynamique;
- l'image radar n'est pas présentée;
- à la position de contrôle le contrôleur n'a jamais à replacer les avions sur une carte, ni a traiter son trafic de mémoire;
- en situation réelle le contrôleur élabore ses propres solutions, il n'a jamais à accepter une solution qu'il lui est imposée.

Ainsi, si cette méthode de recueil de données est adaptée à l'étude de la manifestation de la mémorisation suite au travail, elle entretient un rapport indirect avec l'activité des contrôleurs. Qu'apprend la "mémoire opérationnelle" sur l'activité des opérateurs? On peut supposer que ce dont se souvient le contrôleur rend compte de caractéristiques importantes pour ce dernier. Néanmoins ces caractéristiques mémorisées ne permettent pas d'expliquer précisément, comme il est possible avec les méthodes utilisées ici, par rapport à quoi, ni pourquoi elles sont importantes pour l'activité.

* En 1970 Spérandio étudie "la charge de travail et la mémorisation en contrôle d'approche" à partir d'épreuves de rappel. Après une heure de contrôle il est demandé au contrôleur de donner les informations dont il se souvient et d'écrire la liste des avions qui étaient encore en contact à la fin de la vacation. L'ordre de rappel des informations et le délai de rappel sont recueillis. Les variables étudiées sont le nombre d'avions pris en compte et le délai de rappel. Seize contrôleurs ont participé.

Cette méthodologie présente, dans notre perspective, un intérêt supérieur à celle précédemment présentée puisque les épreuves de mémorisation sont effectuées à l'issue d'une véritable période d'activité. On peut alors effectivement considérer que les rappels sont structurés par les processus de travail passés. Néanmoins la question de la mémorisation paraît réductrice par rapport à l'activité du contrôleur. Le rappel des caractéristiques du trafic par le contrôleur n'est qu'une conséquence de la signification pour l'action construite par l'opérateur en situation de contrôle.

* En 1973 Bisseret étudie "les informations utilisées pour la détection des conflits" à partir de simulations statiques sur papier de l'écran primaire (sans niveau, ni codage de l'avion dans l'étiquette). Six problèmes sont présentés dans le désordre. Ces conflits sont déjà détectés. Le sujet peut à tout moment demander une information sur n'importe quel avion. Les demandes d'informations sont recueillies ainsi que les caractéristiques de vol des avions. Vingt contrôleurs ont participé.

Malgré les limites des simulations statiques sur papier, cette méthode d'expérimentation a pour intérêt de montrer certains besoins d'informations nécessaires aux interprétations des contrôleurs. Néanmoins cette situation est trop différente de la situation du contrôleur à sa position pour rendre compte de l'activité des contrôleurs à leur position. Notamment, un aspect fondamental de l'activité du contrôleur est que les conflits ne lui sont pas donnés en tant que tel, mais une partie importante de son activité est orientée par la recherche, l'identification des conflits et des conditions qui les caractérisent.

* En 1973 Bisseret étudie également "le traitement des informations par le contrôleur du trafic aérien" à partir d'interviews au cours desquels il était demandé au contrôleur d'expliquer verbalement ses raisonnements lorsqu'il analyse une situation de trafic par rapport à un avion-problème (évolution ou entrée). Dix contrôleurs ont participé dont quatre durant un total de quinze heures. Cette méthode de recueil de données est actuellement mise en oeuvre en vue de formaliser le travail du contrôleur du trafic aérien avec le formalisme MAD (Méthode Analytique de Description des tâches) (Scapin & Pierret-Golbreich; 1989, El Farouki, Scapin & Sébillote; 1991).

Les résultats obtenus produisent des descriptions générales du travail du contrôleur où se fondent les tâches et l'activité effective. Ces descriptions donnent une "vision globale" de l'activité, mais ne rendent pas compte avec précision de son déroulement.

Bisseret conclut l'étude de 1973 en expliquant que la description obtenue constitue un "résultat momentané" constituant un point de départ pour des études plus approfondies utilisant des méthodes plus expérimentales qui viendront détailler et améliorer la description. Si effectivement la description globale de l'activité constitue un point de départ pour approcher l'activité des contrôleurs, et que son approfondissement nécessite d'autres méthodes, on a la conviction que ce n'est pas uniquement par une démarche expérimentale, mais plutôt par une référence plus forte à l'activité réelle que les expérimentations qui la reflètent partiellement.

* En 1980 Lafon-Millon étudie "la représentation de la verticalité au cours du diagnostic dans le contrôle aérien". Elle procède à partir d'une série de problèmes générés par un simulateur, et enregistrés au magnétoscope présentée aux contrôleurs en conditions dynamiques. Chaque problème dure 7'10" et est composé par deux avions évoluant horizontalement et verticalement. Il est demandé au sujet : (i) un diagnostic (conflit-non conflit); (ii) l'évaluation de la séparation future verticalement; (iii) horizontalement; (iiii) la solution choisie. Pour les deux premiers points le sujet donne un degré de certitude selon une échelle de cinq points. Les facteurs expérimentaux sont, la séparation verticale, la séparation en plan et le type d'interférence. Quarante sept contrôleurs ont participé.

Il est intéressant de noter l'évolution des méthodes vers des environnements expérimentaux utilisant des supports dynamiques. Il est aussi à noter que seul deux avions y sont filmés et visualisés, et non l'image radar alors que le contrôleur à la position contrôle n'a jamais uniquement deux avions dans son secteur. Cette remarque est d'autant plus à souligner qu'une étude antérieure de Laffon (1978) intitulée "observations en trafic réel de la résolution des conflits entre avions" avait été effectuée.

Cette étude est ici particulièrement intéressante car elle constitue avec le travail de Bouju et Spérandio (1979) une tentative d'étude de l'activité dans un environnement beaucoup plus réaliste que les simulations papiers, et les épreuves de mémorisation.

La méthodologie semble à un niveau très général proche de celle employée dans notre travail, car elle repose sur des interviews à partir du film du trafic contrôlé dès la fin de la vacation du contrôleur. Néanmoins les données recueillies montrent qu'elle est fondamentalement différente car elle est orientée vers l'évaluation des solutions choisies et sur l'observation des performances. Les interviews ne reposent pas sur la mise en évidence des interprétations des contrôleurs, mais sur la recherche de mesures évaluant leur performance : (i) type de solution prise; (i) temps entre le moment d'intervention et le moment où la séparation entre les deux avions était minimale; (i) estimation de la séparation.

Il s'agit de commentaires produits pour l'observateur, tandis que le pari qui est fait dans notre travail est d'obtenir des verbalisations de l'acteur révélant le rôle de la situation pour l'activité, et à partir desquelles il est possible d'inférer les savoir-faire effectivement explicatifs du déroulement de l'activité réalisée.

* D'autres recherches utilisent également des données issues directement de l'activité de contrôleurs pour étudier des caractéristiques du fonctionnement de l'homme en général.

Falzon (1986) étudie le langage opératif entre le contrôleur et les pilotes à partir du dépouillement de l'enregistrement de ces communications. Il écrit (1986; p96) :

"Nous nous intéressons uniquement aux communications orales, éliminant ainsi les communications entre contrôleurs réalisées par le biais du calculateur. Parmi celles-là, seul un sous-ensemble sera considéré, celui des communications contrôleurs-pilotes. Ceci élimine :

- les communications dans les lieux de travail et au cours du temps de travail, mais non liées à la tâche";
- "les conversations relatives à la tâche, mais non liées à son exécution immédiate : messages à propos du travail, de son organisation, des procédures etc... (i.e. les méta-communications de travail);
- les conversations liées à l'exécution de la tâche mais impliquant uniquement des contrôleurs : contrôleurs collaborant sur une même position de travail, contrôleurs travaillant sur des secteurs de l'espace voisin..."

Si cette recherche apporte des connaissances à la linguistique, elle s'appuie sur une petite partie de l'activité par rapport à l'ensemble de l'activité du contrôleur, excluant les éléments d'interprétations des contrôleurs à l'origine de ces communications.

La récente recherche de Mell (1992) ouvre des perspectives d'enrichissement mutuels entre l'étude linguistique et l'analyse du reste de l'activité des contrôleurs dans laquelle s'effectuent les communications étudiées. Son travail d'analyse des communications contrôleurs-pilotes non-routinières, où il y a interaction et glissement vers le langage naturel, le conduit à rechercher des éléments d'explication de la situation de contrôle prise en compte par le contrôleur pour expliquer la structure des dialogues contrôleur-pilotes.

Dans un autre domaine, celui de l'automatique, la recherche d'Abed (1990), visant une contribution à la modélisation de la tâche par des outils de spécification exploitant les mouvements oculaires, montre également la nécessité de se référer à l'activité du contrôleur. Ce travail repose sur une technique, l'enregistrement de l'activité oculaire, mais conduit le chercheur à interpréter cette activité par rapport à son rôle dans l'activité d'interprétation de l'environnement de contrôle. D'où la complémentarité de notre travail pour rechercher des méthodes adaptées à la connaissance du point de vue de l'opérateur sur l'activité effectuée.

Il est à noter que les moyens techniques mis en oeuvre dans le travail d'Abed constituent pour notre recherche une perspective d'amélioration des données recueillies en réponse aux difficultés rencontrées concernant l'objectivation des Représentations (voir partie suivante). En effet le système de saisie visuelle permettrait de disposer d'un support de verbalisations complémentaire où le contrôleur serait confronté au film de sa propre activité visuelle.

L'ensemble des travaux effectués apporte des connaissances sur le travail des contrôleurs que l'on prend pour acquis: mémorisation suite au travail, variations des stratégies selon l'importance du trafic, suivi de couples d'avions, anticipation des positions futures, langage opératif... On se propose d'en dépasser les limites en étudiant :

- l'activité en situation "naturelle" (par distinction aux situations artificielles telles que les simulations papier);
- l'activité dans son ensemble (par distinction à sa réduction à certains aspects la mémorisation etc...).

On fait donc le pari de faire progresser la connaissance sur le travail du contrôleur en prenant pour objet de recherche l'activité du contrôleur, pour terrain d'étude l'activité à la position avec de nouveaux concepts (voir partie suivante).

6.1.2. Apports et limites méthodologiques de l'approche de l'activité en situation

En partant de l'activité dans sa "complexité" on fonde une grande part de l'étude sur des données qualitatives, des données verbales produites par les contrôleurs au sujet de leur propre activité. Ce type de données fait toujours l'objet de débats concernant l'écart entre les verbalisations sur l'activité et l'activité elle-même. Sans entrer dans ce débat, on cherche ici à établir un lien étroit en effectuant les verbalisations dans des conditions qui resituent le contrôleur dans son activité, et en utilisant plusieurs supports permettant de recouper les verbalisations pour un même passage d'activité. Les protocoles de données regroupent des protocoles comportementaux et verbaux.

Ce premier essai méthodologique tente d'assurer un rapport étroit entre les données obtenues et l'activité étudiée en situation de travail afin de documenter, ce que fait effectivement l'opérateur en activité, et de formaliser ses savoir-faire. On rappelle que cet apport à l'analyse de l'activité se caractérise par :

- une période d'étude préalable définie comme une période :
 - . d'apprentissage de l'analyste du domaine, de la "culture" des opérateurs;
 - . d'information des opérateurs;
 - . une période d'exploration et de mise au point des recueils de données;

Cette période pose les conditions indispensables au déroulement de l'étude de l'activité telle que définie, et constitue un cadre nécessaire au choix des données et au bon déroulement des entretiens;

- la construction de situations de verbalisations; en plus de l'autoconfrontation, on propose le commentaire de l'activité à la position "copie", et lors de la confrontation de l'opérateur, dont l'activité est étudiée, aux commentaires de son collègue à la position "copie"; ces nouvelles situations de verbalisations permettent d'obtenir des éléments sur la signification pour les opérateurs, car elles respectent le principe visant à situer les commentaires dans l'activité commentée; l'intérêt de ces situations de verbalisation est de permettre des commentaires entretenant des liens forts avec l'activité;
- l'utilisation de données recueillies en dehors des périodes d'activité faisant l'objet d'un recueil systématique (données manuscrites sur les difficultés d'utilisation) permet d'obtenir des éléments d'explication des périodes d'activité étudiées de façon intensive.

6.2. APPORTS METHODOLOGIQUES A "L'EXPERIMENTATION ERGONOMIQUE"

L'analyse de l'activité, telle que conçue dans ce travail, conduit à une méthodologie pour effectuer des "expérimentations ergonomiques". Cet apport coïncide avec le développement de nouveaux moyens d'investigation, maquettes et prototypes, qui permettent des expérimentations dans des environnements dynamiques, interactifs et proches de la réalité.

"L'expérimentation ergonomique" est une situation à mi-chemin entre la situation expérimentale et la situation de travail. Ces nouvelles situations posent des problèmes méthodologiques. D'une part, il faut maîtriser un nombre important de facteurs, ayant des effets sur le travail, dont la source est due au caractère reconstruit de la situation. D'autre part, il faut être capable de faire des mesures significatives de l'impact des nouveaux outils par rapport au travail actuel.

La démarche mise en oeuvre propose un mode d'analyse de l'activité des opérateurs utilisant des maquettes, ou des prototypes (connectés à des simulateurs-temps réel du processus contrôlé), selon les principes précédemment présentés.

Il s'agit de montrer comment l'opérateur construit son activité à partir de son nouvel environnement, ce qu'il prend en compte, quels Savoir-faire permettent l'activité... autant d'éléments que l'on considère nécessaires de connaître pour pouvoir contribuer à la transformation de la situation de travail.

On montre également l'importance de la connaissance de l'activité à la position de travail "réelle" pour comprendre l'activité à partir de maquettes ou de prototypes.

Ainsi on propose une méthode d'évaluation plus argumentée qu'à partir des critères souvent exploités : (i) l'opinion des futurs utilisateurs pour laquelle les méthodes de verbalisation sont encore en cours de définition; (ii) les critères de performances dont la globalité ne permet pas d'identifier les déterminants de l'activité, (iii) l'archivage exhaustif visant à ne perdre aucune donnée et remettant leur traitement à une étape ultérieure.

Pour chaque situation de travail étudiée, il est possible, à partir des concepts présentés partie 1, et de la connaissance de l'activité à la position "réelle" de :

- définir des critères d'évaluation significatifs des difficultés rencontrées par les opérateurs;
- d'identifier l'origine des difficultés des opérateurs selon les conditions d'évaluation (manque d'apprentissage, manque de réalisme...) ou l'inadéquation des moyens proposés.

L'analyse de l'activité pour "l'expérimentation ergonomique" se caractérise par :

- des situations construites avec l'aide de contrôleurs qui préservent les caractéristiques de la situation réelle (trafic réaliste, dynamique du trafic, moyen d'agir sur le trafic, simulation des communications et des interactions avec d'autres opérateurs...) de telle sorte que le participant a une véritable activité de contrôle;
- des données recueillies de la même nature que pour l'analyse de l'activité à la position en salle de contrôle;
- l'absence d'hypothèses à vérifier; l'analyse vise à découvrir des aspects de l'activité, initialement non supposés, utiles pour contribuer à la transformation de la situation de travail;
- la référence à l'analyse de l'activité sur la position actuelle.

Au cours de cette recherche, une expérimentation FLASH visant à tester l'utilisation de différents concepts de strips a été spécifiée (Gaillard & Batelier; 1990) (Cf annexe 2). L'apport de cette expérimentation à ce travail est de montrer qu'en référence à l'activité des contrôleurs, il est possible de concevoir des expérimentations limitées par l'environnement simulé (écran 19", limitation dans les interactions) et à un problème donné (quel concept de strips?) tout en maintenant un rapport étroit avec l'activité de contrôle (dynamique, trafic réaliste...) et en ayant les moyens de construire une situation semblable à l'autoconfrontation (re-simulation de l'activité sur le trafic).

Au cours de cette recherche, des simulations élaborées afin d'évaluer un modèle de fonctionnement du contrôleur, se sont inspirées des principes méthodologiques énoncés ici. L'utilisation par des ingénieurs du CENA de la méthodologie proposée ici ouvre des perspectives d'amélioration et de développement nécessaires au passage de ces méthodes du domaine de la recherche ergonomique à celui de la pratiques des ergonomes.

**Modélisation de l'activité du contrôleur du trafic aérien en
vue de la mise en évidence des Savoir-faire
-activité actuelle et activité lors de simulations avec la
maquette de la future position-**

Les Savoir-faire étant définis par un savoir-identifier et un savoir-planifier, leur modélisation à partir des données de l'activité du contrôleur passe par la modélisation du Représentamen en Contexte et de la détermination des signes.

1.1. MODELISATION DES SAVOIR-IDENTIFIER

Comme il a été exposé dans la partie 1, la modélisation des savoir-identifier s'effectue en érigeant en types le Représentamen en Contexte sous la forme d'un événement-type. Elle nécessite donc la modélisation des Représentamens dans le Contexte d'un signe.

1.1.1. Modélisation des Représentamens

La modélisation des Représentamens est présentée ici selon les différents éléments qui peuvent les constituer : des contraintes externes prises en compte, des déterminations passées prises en compte, ou l'association de contraintes externes et de déterminations passées prises en compte.

1.1.1.1. Représentamens constitués à partir de contraintes externes de l'activité

Les Représentamens constitués à partir de contrainte(s) externe(s) prise(s) en compte se rapportent :

– à l'organisation de la position et la présentation de l'information;

en voyant, ou en entendant l'imprimante délivrer un strip (contrainte externe) le contrôleur détermine un événement, l'arrivée d'un strip à la position;

en voyant l'indicatif d'un avion le contrôleur prend en compte certains de ses caractères (contrainte externe) pour déterminer le type le vol dont il s'agit (type d'appareil, type de déplacement, type de pilote...);

en voyant deux étiquettes d'avions flasher (contrainte externe) le contrôleur prend en compte ce changement pour déterminer que les avions sont, du point de vue du calculateur, aux limites des normes de sécurité;

– à la visualisation radar;

la visualisation d'un avion par rapport aux autres (contrainte externe) peut amener le contrôleur à déterminer d'autres caractéristiques de l'avion; la visualisation de l'évolution d'un écart entre deux avions (contrainte externe), de la valeur inhabituelle d'un taux d'évolution (contrainte externe), peuvent être à l'origine de la détermination de nouveaux événements ou actions; la position de deux avions en croisement (contrainte externe) permet de déterminer si celui-ci est fini ou non;

– à l'absence d'une information recherchée;

l'absence d'un strip recherché dans le tableau (contrainte externe) signifie que l'avion a été shooté; l'absence de réponse d'un pilote sur la fréquence (contrainte externe) signifie que l'avion est encore sur la fréquence du secteur donnant.

– aux communications;

un appel téléphonique peut amener une information (contrainte externe) qui transforme tout ou partie de la détermination du trafic par le contrôleur; de la même façon, l'appel ou la demande d'un pilote (contrainte externe) peut

introduire une nouvelle préoccupation;

la venue de contrôleurs, ou du chef d'équipe, à la position, disant et montrant des éléments de la situation, sur les strips, sur l'image radar, (contrainte externe) est souvent à l'origine de nouvelles préoccupations pour le contrôleur

un contrôleur peut téléphoner ou venir à la position pour donner des indications sur le futur trafic entrant (contrainte externe), "le TS est au cap 165 sur Moulin".

Ces dernières contraintes externes sont pour l'analyste une aide importante à la modélisation des Représentamens. En effet, comme les exemples le montrent, les informations fournies par les pilotes, et les réponses obtenues à la suite d'une demande d'information sont plus particulièrement à l'origine de Représentamens. De plus, les communications dans la salle ou avec le contrôleur planning constituent également une source de Représentamens pour le contrôleur exécutif.

Entendre le contrôleur planning donner par téléphone les conditions de transferts des avions au secteur recevant, l'entendre dire "ça y est, il voit tout", permet de décider du moment où les avions seront shootés.

Répondre aux questions du contrôleur planning, "et le S831?", "et après?", "le 230, là?", conduit à reprendre, à vérifier l'analyse de choix déjà faits.

Les Représentamens, constitués à partir d'une seule contrainte externe prise en compte par le contrôleur, ne représentent qu'une partie des Représentamens. Un Représentamen peut être constitué de différentes contraintes externes prises en compte dans la situation présente.

L'appel d'un pilote (contrainte externe), associé à la position de l'avion sur le radar (contrainte externe), à son étiquette (contrainte externe), et à son strip (contrainte externe) constitue un tout qui détermine pour le contrôleur, l'avion.

Le vecteur vitesse d'un avion (contrainte externe), sa position aux limites du secteur (contrainte externe), associés au vecteur vitesse (contrainte externe) et à la position d'un autre avion du secteur adjacent (contrainte externe) sont à l'origine de la détermination de liens d'interférences entre les deux avions.

Ces Représentamens, constitués à partir de plusieurs contraintes externes, reposent sur la comparaison ou l'association de différentes parties prises en compte de la situation. Généralement ils concernent les vols et leur caractéristiques et relèvent par exemple de la mise en rapport de :

- l'indicatif d'un avion par rapport aux strips du tableau;
- des heures estimées entre plusieurs avions;
- des routes et des heures estimées;
- des types des avions et de leur vitesse sol;
- du temps écoulé par rapport aux positions d'avions;
- de la direction entre différents vecteurs vitesses visualisés;
- de la différence de longueur entre différents vecteurs vitesses visualisés;
- du terrain de départ et de destination d'un vol; etc...

La prise en compte de contraintes externes à l'activité introduit une nouvelle histoire, ou un nouvel épisode à une histoire, ou une précision du déroulement d'une histoire.

1.1.1.2. Représentamens constitués à partir de déterminations passées

Comme il a été présenté dans la partie 1, une détermination (ou une partie) peut donner lieu à un (ou des) signe(s) en prenant le rôle de Représentamen. De tels Représentamens peuvent être constitués d'un événement, d'une action ou de plusieurs événements et/ou actions déterminées au préalable et pris en compte.

L'événement [les avions sont séparés], dans un Contexte donné, peut donner lieu à la détermination d'une action, telle que [donner une route directe, un cap...]

L'événement [l'avion prend un cap trop fort], dans un Contexte donné, peut donner lieu à la détermination d'une action, une demande du cap indiqué auprès du pilote.

L'événement, [arrivée du strip d'un nouvel avion à la position], dans un Contexte donné, peut donner lieu à la détermination d'une action, [prendre en compte le nouvel avion].

Lorsqu'un signe produit une détermination correspondant à une "action à préciser", elle peut prendre ultérieurement le statut de Représentamen. L'interprétation du signe correspondant produit une détermination qui la précise.

Par exemple, l'action [empiler les avions les uns au dessus des autres] fait Représentamen et produit une nouvelle détermination, une action plus précise à réaliser, [choisir la place des avions en fonction d'un ordre d'arrivée des avions le plus adapté au vol de chaque avion].

Un Représentamen peut être constitué de plusieurs événements, des déterminations passées, qui produisent une nouvelle détermination.

L'ensemble des événements, [le S831, le S723 et le FGFGB vont bientôt arriver sur la fréquence], [le S831, le S723 et le FGFGB sont en conflit dans un flux commun allant à Genève], et [le S831 est en conflit radar avec le S723 et le FGFGB eux-mêmes en conflit-strip], fait Représentamen, et donne lieu à une nouvelle détermination, l'action [préparer les instructions à donner aux avions].

L'ensemble des événements, [conflit-strip entre le FGFGB et le S723], [S732, S831, FGFGB ont pour destination Genève] et [S831 proche au radar du S723 et du FGFGB] fait Représentamen et donne lieu à une nouvelle détermination, l'événement : [identification d'une configuration d'avions conflictuels qui lie entre eux les 5 avions].

De la même façon, un Représentamen peut être constitué de plusieurs actions, des déterminations passées, qui produisent une nouvelle détermination.

Par exemple, plusieurs actions à préciser peuvent donner lieu à un signe dont la détermination aboutit aux choix d'actions qui seront effectivement réalisées et qui répondent aux exigences des différentes actions à l'origine du signe.

Par exemple, la nécessité de [séparer les avions en montée] et [de séparer les avions en sortie du secteur], dans un Contexte donné, conditionnera l'action qui sera effectivement mise en oeuvre, pour réaliser ces deux actions. Un tel signe décrit l'adaptation de l'activité aux exigences que créent les déterminations passées.

La combinaison d'événements et d'actions faisant Représentamen fait également partie de l'activité.

L'événement [le S723 et le FGFGB sont en cap parallèle à 165] et l'action [maintenir en cap parallèle le S732 et le FGFGB jusqu'à ce que l'un des deux puisse passer en second] donne lieu à la détermination d'une action [suivre l'évolution continue des deux avions].

1.1.1.3. Représentamens constitués à partir de contraintes externes et de détermination(s) passées prises en compte

Dans les situations étudiées, on constate que le Représentamen peut être constitué de la prise en compte de contraintes externes à l'activité et de détermination(s) préalablement établies. Des distinctions peuvent être faites selon que la détermination prise en compte relève :

- d'événements préalablement identifiés;
- d'action(s) projetées dans le futur;
- de la réalisation d'action(s);
- d'action(s) passée(s).

Ces Représentamens illustrent le fait que la signification pour l'action se construit par la continuité du passé dans le présent et pour le futur.

L'association d'événement(s) et de contrainte(s) externe(s) précise les *histoires* en cours, lève des incertitudes sur les évolutions du trafic par son évolution effective. Ces Représentamens concernent généralement plusieurs avions. Il s'agit par exemple :

- de l'arrivée de plusieurs avions sur la fréquence (contrainte externe) alors que des conflits potentiels ont été identifiés (événement);
- de l'arrivée de plusieurs strips à la position (contrainte externe) alors qu'une série d'avions est déjà attendue sur la fréquence (événement);
- de l'absence (contrainte externe) des événements attendus (événement);
- du premier appel d'un pilote sur la fréquence (contrainte externe), associé à la visualisation de la position de l'avion (contrainte externe), de la flèche d'évolution (contrainte externe), du niveau marqué dans l'étiquette (contrainte externe) et du souvenir de l'accord précédemment donné au secteur recevant pour que l'avion soit autorisé au niveau 210, direct Sauni (événement).
- de deux avions, dont les routes sont identiques à quelques minutes de séparation (événement), et qui croisent les trajectoires (contrainte externe) de trois autres avions faisant eux-mêmes la même route à quelques minutes d'intervalle (événement).

Un Représentamen peut avoir comme origine la prise en compte de **contraintes externes à l'activité et une action(s) différée(s)**.

Il peut s'agir, par exemple, de la position et des vitesses vues sur le radar pour le S831, S723, FGFGB (contrainte externe), et du maintien en cap parallèle du S723 et du FGFGB en attendant que le S831 prenne suffisamment d'avance pour faire passer en second le S723 (action).

Ces Représentamens sont liés aux déterminations antérieures qui construisent l'horizon temporel, préparent l'interprétation de contraintes externes à l'activité à prendre en compte, et créent des attentes(s).

Lorsque le Représentamen est constitué de **contraintes externes à l'activité prises en compte liées à la réalisation d'une action**, deux cas se distinguent :

- l'action conduit à la prise en compte de contraintes externes de l'activité;
- la prise en compte de contraintes externes de l'activité guide la réalisation de l'action.

Dans le premier cas, la réalisation de l'action conduit à la prise en compte de caractéristiques de la situation traitée. L'action est imprécise, sa réalisation nécessite de préciser son détail. Il s'agit par exemple :

- pour [choisir le niveau auquel un avion sera autorisé] (action), du [niveau demandé par le pilote et marqué sur le plan de vol] (contrainte externe);
- pour [choisir une solution de séparation entre des avions interférant] (action), [des distances vues à partir du radar] (contrainte externe)
- pour [effectuer une action différée] (action), du [temps écoulé par rapport au moment où l'action avait été envisagée] (contrainte externe);
- pour [choisir un ordre de passage des avions] (action), des [vitesses des avions du groupe] (contrainte externe).

Dans le second cas, les éléments pris en compte de la situation transforment la réalisation de l'action. L'action est précise, son exécution est ajustée à ce qui est pris en compte de la situation.

Pour [réaliser l'ordonnancement d'un groupe d'avions] (action), il s'agit [des différences de vitesses qui s'accroissent, et de l'évolution des positions des avions] (contrainte externe).

1.1.1.4. Limites de la modélisation des Représentamens

Par définition, la modélisation du Représentamen rencontre les difficultés suivantes :

- le Représentamen est différent du support matériel sur lequel sont présentées les informations et de sa description par un observateur extérieur à l'opérateur; il n'est pas observable;

Par exemple, si le Représentamen est le jugement d'une différence de vitesse, cette différence n'existe pas en tant que telle mais, elle est construite à partir de l'affichage de la vitesse de chaque avion.

- le Représentamen est parfois difficile à identifier dans les données de l'activité et les verbalisations du contrôleur; car, bien évidemment, il n'est pas verbalisé directement par le contrôleur;

Par exemple, à l'arrivée d'un avion sur la fréquence, certains contrôleurs énoncent, "voilà le ..., pas de problème, je lui donne..., je le sais". Dans ce cas l'analyste est conduit à inférer le Représentamen principalement à partir de sa propre connaissance du domaine et de son implication dans le déroulement de l'activité lors de la modélisation progressive de l'activité;

- le Représentamen est parfois lié à des déterminations passées;

Dans l'exemple précédent, on peut expliquer la signification de l'arrivée de l'avion sur la fréquence par des interprétations préalables lors de la première lecture du strip. Dans ce cas, les déterminations passées ont une signification par rapport à la situation présente et aux évolutions à venir.

- le Représentamen peut comporter une dimension de doute qui doit être conservée dans la détermination du signe; avant qu'un événement, ou qu'une action soit déterminé avec certitude, l'activité peut au préalable donner lieu à plusieurs interprétations incertaines;

Certains contrôleurs commentent la visualisation de deux avions déjà pris en compte, "il y aura peut être un risque, il faut attendre pour voir".

Dans le cas de l'activité du contrôleur aérien en salle, le balayage continu du regard sur l'image radar et le tableau de strips rend l'identification des Représentamens délicate car les commentaires du contrôleur ne peuvent pas toujours être recoupsés avec l'activité manifeste donnée par le film vidéo du comportement à la position. En conséquence, si l'on peut identifier de quoi il relève du point de vue du contrôleur, il est plus difficile de savoir quel(s) élément(s) de l'environnement il exploite exactement.

Par exemple, un Représentamen peut être consécutif à la réalisation d'une action. Mais qu'est-ce qui, de la réalisation de l'action constitue le Représentamen? lorsque les données ne permettent pas de répondre à cette question, l'analyste peut utiliser sa propre connaissance de l'activité et son engagement dans la reconstruction de l'activité pour y répondre.

Malgré ces limites, la richesse des données recueillies a permis de modéliser les Représentamens au cours de l'activité de contrôle.

1.1.2. De la modélisation des Représentamens à la modélisation des savoir-identifier

La modélisation des savoir-identifier est le résultat de l'abstraction par l'analyste du Représentamen en Contexte en terme d'événement-type tel que :

- un avion type;
- une position type d'un avion dans l'espace aérien;
- un strip type;
- un niveau type;
- une distance type;
- une trajectoire type;
- une demande type faite par un pilote, par le secteur donnant; un type d'appel téléphonique;
- un couple d'avions type;
- un point(s) commun(s) type entre deux vols;
- une différence(s) type entre deux vols;
- un conflit type;
- un moment type où telle activité peut être effectuée; où certains événements sont plus probables;
- un intervalle de temps type qui sépare deux événements;
- un point(s) commun(s) type(s) qui relie(nt) plusieurs avions;
- une configuration type etc...

Le tableau suivant fait correspondre à des exemples de Représentamens en Contexte, les savoir-identifier modélisés en événement-type.

REPRESENTAMEN :	SAVOIR-IDENTIFIER : événement-type
voit et/ou entend l'imprimante délivrer un strip	Événement-type : [Arrivée d'un strip]-type
Terrain de départ LFLA, terrain de destination LFLP	Événement-type : [Avion d'Auxerre pour Annecy]-type
le FGDHS demande le niveau 210	Événement-type : [Niveau de vol demandé identique à celui des avions sortant sur Genève]-type
. visualisation au radar du S831 par rapport au S723 et au FGFGB . conflit-strip entre le FGFGB et le S723 . Le S723, S831, FGFGB ont pour destination Genève	Événement-type : [avion type en conflit radar avec deux avions en conflit strip]-type

Il est à souligner que ce tableau ne donne qu'une partie des signes constituant l'activité du contrôleur car le Contexte n'y est pas formalisé en tant que tel. Toutefois, comme on l'a précisé initialement, les Représentamens ne sont modélisés qu'en rapport avec le Contexte du signe dont ils font partie.

1.2. MODELISATION DES SAVOIR-PLANIFIER

1.2.1. Modélisation des déterminations

Une détermination pouvant faire Représentamen, une partie de la modélisation des déterminations a été abordée au sujet de la modélisation des Représentamens. Ce paragraphe ne sera donc pas aussi développé que pour la modélisation des Représentamens.

Une détermination peut être constituée par un (des) événement(s) et/ou ou une (des) action(s), présent(s) ou futur(s). Une détermination peut comprendre plusieurs événements et/ou actions tels que :

- une (ou des) action(s); par exemple [maintenir en cap parallèle le S723 et le FGFGB jusqu'à ce que l'un des deux puisse passer en second, lorsque le S813 aura pris suffisamment d'avance] (action) et [le S831 sera mis direct AUTUN pour être le premier] (action);
- un (ou des) événement(s); par exemple [l'IT PS et AZ 640 sont séparés] et [l'IT PS passera le premier];
- un événement présent, [l'IT OP demande s'il peut obtenir une directe], et une action immédiate, [regarder et comparer la position de l'IT OP aux autres en proximité]; il est à souligner que les événements sont considérés par le contrôleur en rapport avec la non-action qu'ils signifient pour l'activité;
- un événement présent, [l'arrivée du strip du FGDHS] et un enchaînement d'actions à effectuer, [choisir un porte strip pour le FGDHS], [placer le strip du FGDHS dans le tableau] et [regarder la position du FGDHS sur le radar]; les deux premières actions se suivent chronologiquement, la dernière n'est pas située dans le temps par rapport aux autres;
- plusieurs événements et plusieurs actions; par exemple, [le S723, S831, FGFGB ont la même destination] (événement), [le FGFGB va monter, maintenir très peu de temps son niveau de croisière et descendre dans le secteur] (événement), une action immédiate [placer le strip dans le tableau], une action à faire, projetée dans le futur en rapport avec un événement attendu, [choisir un niveau de croisière en fonction des autres trafics lorsque le FGFGB sera visible].

A partir des signes modélisées en annexe 2, il semblerait que les déterminations soient le plus souvent constituées d'un événement et d'une action (28/68), ou d'une seule action (20/68).

1.2.2. De la modélisation des déterminations, à la modélisation des savoir-planifier

La modélisation des savoir-planifier est le résultat de l'abstraction, par l'analyste, des événements et des actions constituant la détermination en terme d'actions-types et d'événements-types.

Par exemple, si l'effet du signe se traduit par la détermination d'un événement [le S831 a suffisamment d'avance pour que le S723 puisse être accéléré en seconde position], et des deux actions [mettre le S723 au même cap que le S831 pour qu'il ne le rattrape pas] et [demander au S831 son cap], le savoir-planifier sera formalisé comme l'événement-type [le premier avion de la régulation a suffisamment d'avance pour que le deuxième soit dégagé du troisième] et les actions-types [demander le cap du premier avion], [mettre l'avion au même cap que le premier avion pour l'accélérer sans le rattraper].

Le tableau suivant fait correspondre à des exemples de déterminations, les savoir-planifier modélisés en événement-type(s), et/ou en action-type(s).

DETERMINATION	SAVOIR-PLANIFIER Événement-type(s) et/ou Action-type(s)
<ul style="list-style-type: none"> . le niveau de croisière du FGFGB n'a pas encore été choisi . calculer le niveau de croisière du FGFGB 	Événement-type : . avion type dont le strip a été placé dans le tableau sans être traité Action-type . Calculer le niveau de croisière de l'avion
<ul style="list-style-type: none"> . L'IT OP demande s'il peut obtenir une directe; . regarder et comparer la position de l'ITOP aux autres avions en proximité. 	Événement-type : demande type de directe Action-type : regarder et comparer la position de l'avion
<ul style="list-style-type: none"> . maintenir en cap parallèle le S723 et le FGFGB jusqu'à ce que l'un des deux puisse passer en second, lorsque le S831 aura pris suffisamment d'avance . le S831 sera mis directe Autun pour être le premier 	Action-type : maintenir en cap parallèle deux avions non séparés Action-type : mettre directe un avion pour qu'il soit le premier d'une série

Comme précédemment pour la modélisation des savoir-identifier, il est important de lire ce tableau, en tenant compte du fait que le Contexte de chaque signe influence le passage du savoir-planifier à la détermination.

Deux composantes du savoir-planifier se distinguent à partir des déterminations produites par les Savoir-faire : (i) la prévision des événements futurs et des actions à faire qui est liée aux connaissances de fonctionnement du trafic, du système de contrôle; (ii) la planification de l'activité où le contrôleur prend en compte l'ensemble de ses activités à venir par rapport à lui-même; il se constitue des repères sur l'horizon temporel futur.

1.3. MODELISATION DES SAVOIR-FAIRE CONTEXTUALISES DANS L'ACTIVITE

On a vu précédemment que la modélisation des savoir-identifier renvoyait à celle des Représentamens, et que la modélisation des savoir-planifier renvoyait à celle des déterminations. Cependant, toutes deux étant liées au Contexte, la modélisation des Savoir-faire doit être re-située en rapport avec la modélisation de l'activité.

1.3.1. Modélisation du Contexte d'un signe

Pour modéliser le Contexte d'un signe, on utilise le fait que le Contexte d'un signe est principalement délimité par la détermination produite par le signe immédiatement précédent.

Par exemple, si la détermination d'un signe est l'événement [le FGDHS demande le même niveau que celui auquel sont habituellement livrés les avions sortant sur Genève] et l'action [comparer les heures estimées du FGDHS et des avions allant à Genève], le Contexte du signe triadique suivant est [comparaison des estimées du FGDHS et des avions allant à Genève].

En ce qui concerne le Contexte du premier signe d'une chaîne d'interprétation (interruption, introduction d'une nouvelle préoccupation...), on le modélise comme constitué pour le contrôleur par [la gestion générale du trafic], préoccupation permanente et continue de laquelle émerge ce qui est significatif pour le contrôleur.

Néanmoins, il est à remarquer que le Contexte d'un signe comporte aussi la prise en compte de circonstances de la situation, accompagnant le Représentamen, qui dépassent la détermination du signe immédiatement précédent. Ainsi en plus des principes de modélisation retenus, l'analyste, étant engagé dans le processus de reconstruction de l'activité, et connaissant le déroulement de l'activité au travers des données recueillies, a les moyens d'intégrer l'effet du Contexte dans sa totalité sur le Représentamen et la détermination du signe auquel le Contexte appartient.

Les limites floues du Contexte d'un signe tiennent au fait que le Contexte est un tout intégrant au moment présent le déroulement passé et les perspectives futures de l'activité. Les circonstances qui le constituent sont multiples et plus ou moins significatives pour le contrôleur. De plus, le Contexte n'est pas connu en tant que tel par le contrôleur engagé dans une activité. Il ne peut pas être décrit à tout instant en faisant appel aux circonstances réelles, objectives et observables.

1.3.2. Modélisation de l'activité

En considérant l'ensemble des différentes parties du signe dont la modélisation a été présentée on modélise l'activité en mettant en évidence les Savoir-faire utilisés au cours de celle-ci.

Prenons les données correspondant à une régulation des vitesses de descente d'avions, les Swr831 Swr 723 et FGFGB, faisant l'objet d'une séparation longitudinale.

Les données sont les suivantes:

A 9h57mn40 deux échanges ont lieu à la position. (On note R les paroles du contrôleur, qui est exécutif, radariste, dont l'activité fait l'objet de l'analyse, et P les paroles du pilote)

R: "FGFGB TOURNEZ A GAUCHE SUR AUTUN, St-PRAY ENSUITE". Marque la directe sur le strip
P: "AUTUN G B".

R: "SWISSAIR 8 3 1 START DESCENT FLY LEVEL 2 2 0 AND MAXIMUM INDICATED SPEED DESCENDING". Ecrit sur le strip
P: "RODGER WE'RE LEVEL 3 7 0 FOR 2 2 0 AND SPEED WILL BE .81".
R: "IT'S OK, THANK YOU".
P: "..."
R: "THAT'S OK 8 1".

Le contrôleur commente en autoconfrontation (E:ergonome)

Je donne au G B l'autorisation de procéder sur Autun. Je le remets sur sa route maintenant que les 3 avions sont décalés les uns par rapport aux autres.

Je force le premier Swissair 831 à descendre pour qu'il me libère les niveaux pour accélérer un petit peu le processus. (E: Pourquoi?) Pour ne pas trainer mon conflit encore très longtemps. C à d après je vais sortir de mon espace, au niveau coordination ça va prendre du temps, ça va alourdir un petit peu le travail. (E: C'est à partir du radar que tu fais ce choix?) Oui, là c'est uniquement au radar. Ils sont à 10 nautiques les uns des autres, j'ai préparé mon truc et je m'y conforme. Donc là, j'essaie de résoudre mon problème avant que mes avions sortent de mon espace.

Le contrôleur-commentateur à la position copie explique :

"il est en train de demander les vitesses de descente des appareils pour savoir comment il va se décider en fin de compte."

A ce commentaire le contrôleur dont l'activité fait l'objet de l'analyse précise en situation de confrontation.

Au préalable sur le strip, tous ces avions étaient soit à 210, soit en descente vers 210. Déjà aux strips il y avait une première détection mais c'est ensuite qu'on a affiné radar pour savoir comment je vais faire. Je demande la vitesse du premier pour imposer des vitesses aux suivants pour qu'ils ne rattrapent pas le premier. Donc déjà j'ai déterminé mon ordre et tout mais par contre je demande la vitesse du premier pour imposer des vitesses aux autres.

On modélise l'activité correspondant à ce passage de la manière suivante :

Chaque signe est modélisé par un rectangle comprenant toutes ses composantes. Les abréviations utilisées sont les suivantes :

- ext contrainte externe;
- e événement;
- a action;
- R Représentamen;
- SI savoir-identifier;
- SP savoir-planifier;
- E événement-type;
- A action-type;
- C Contexte;
- D détermination.

On obtient la description suivante:

9h57mn40s

R: différence entre la position du FGFGB par rapport à celle du S723 et S831 (e)

SI: avions décalés les uns par rapport aux autres (E)

SP: donner la même directe au troisième avion qu'aux deux premiers (A)

C: régulation du S831, S723 et FGFGB

D: les S831, S723 et FGFGB sont décalés les uns par rapport aux autres (e)

.autorise le FGFGB à procéder sur Autun (a)

9h58mn20s

R: les S831, S723 et FGFGB sont décalés les uns par rapport aux autres (e)

.temps restant avant que les avions ne sortent du secteur (ext)

SI: avions qui doivent commencer à descendre pour la sortie (E)

SP: autoriser le premier avion à descendre et lui demander sa vitesse de descente pour y limiter la vitesse des avions suivants (A)

C: régulation du S831, S723 et FGFGB qui sont séparés et dont le FGFGB est direct Autun

D: le S831, S723, FGFGB peuvent commencer à descendre (e)

.autorise le S831 à descendre au niveau 220 et demande sa vitesse de descente pour y limiter les avions suivants (a)

Dans le premier signe, R est modélisé comme [la différence entre la position du FGFGB par rapport à celle du S723 et du S831] à partir du commentaire en autoconfrontation "maintenant que les trois avions sont décalés", "là c'est uniquement au radar", "ils sont à dix nautiques les uns des autres". Ce décalage ne peut être connu par le contrôleur que par la visualisation des positions avions sur le radar.

SI est modélisé comme l'identification [d'avions décalés les uns par rapport aux autres] ce qui correspond à l'abstraction de R.

C est modélisé comme [la régulation du S831, S723 et FGFGB] à partir des commentaires "j'ai préparé mon truc et je mis conforme", "déjà au strip il y avait une première détection", "j'ai déjà déterminé mon ordre et tout". Les interférences entre les trois avions ont été préalablement établies par le contrôleur.

D est modélisé comme [(les S831, S723 et FGFGB sont décalés les uns par rapport aux autres) (e), (autorise le FGFGB à procéder sur Autun) (a)] car le contrôleur explique qu'il avait préparé son activité. Donc pour lui la séparation des trois avions est associée au fait de donner une route directe.

SP est modélisé comme [donner la même directe au troisième avion qu'aux deux premiers] ce qui correspond à l'abstraction de D.

Dans le second signe R est modélisé, comme l'utilisation de l'événement précédemment déterminé, couplé à la prise en compte du temps restant avant qu'ils ne sortent du secteur, à partir des commentaires "je force le premier Swissair à descendre pour qu'il me libère les niveaux, pour accélérer un petit peu le processus" "pour ne pas faire traîner mon conflit encore très longtemps. C-à-d après je vais sortir de mon espace, au niveau coordination ça va alourdir un petit peu le travail".

SI est modélisé comme [avions qui doivent commencer à descendre pour la sortie] ce qui correspond à l'abstraction de R.

C est modélisé, comme précédemment, comme la régulation du S831, S723 et FGFGB qui sont séparés et dont le FGFGB est direct Autun.

D est modélisé comme [(les S831, S723 et FGFGB peuvent commencer la descente) (e), et (autorise le S831 à descendre au niveau 220 et demande sa vitesse de descente pour y limiter les avions suivants) (a)], à partir de l'action "S831 start descend fly level 220 and speed maximum indicated speed descending" et du commentaire "je demande la vitesse du premier pour imposer des vitesses aux suivants, pour qu'ils ne rattrapent pas le premier.

SP est donc modélisé comme l'abstraction de D, comme l'action [autoriser le premier avion à descendre et lui demander sa vitesse de descente pour y limiter la vitesse des avions suivants].

Le lecteur trouvera dans les annexes 1 et 2 cette modélisation pour une histoire durant vingt minutes.

2. MODELISATION DE DOMAINES DE SAVOIR-FAIRE DANS LA SITUATION ACTUELLE

Le concept de domaine de Savoir-faire fait appel à la description d'une organisation des Savoir-faire. Par ailleurs, la description de l'activité signe par signe traduit un "cheminement" des interprétations à travers cette organisation. Elle peut donc constituer un point de départ à l'étude des Savoir-faire du contrôleur. Qu'apporte le passage par une telle description? Que gagne-t-on à la description de l'activité sous forme d'enchaînement de signes triadiques?

La notion d'unités de signification pour l'opérateur est un point de départ pour répondre à ces questions.

En effet, des unités de signification, dépassant celle du signe, peuvent être décrites en considérant les liens existant entre les signes. Ces unités de signification reposent sur les relations liant les déterminations des signes aux Représentamens d'autres signes (on a vu précédemment que des événements ou des actions déterminés peuvent prendre le statut de Représentamen pour d'autres signes). Au-delà de relations d'enchaînement direct entre signes, plusieurs signes peuvent partager une partie de leur Contexte dans la mesure où ils déterminent un même "objet" considéré par le contrôleur. Ils constituent alors des unités de signification pour le contrôleur, appelées ici, *histoires*, pour souligner leur progression au cours du temps et le rôle actif du contrôleur à leur construction.

L'exemple précédent montre que les deux signes modélisés sont liés entre eux car leur Contexte et leur détermination se rapportent à un même objet considéré par le contrôleur: la régulation du S831, S723 et le FGFGB. Ils se rapportent également à d'autres signes déterminant la même régulation.

Les liens entre signes d'une histoire peuvent être considérés de façon plus détaillée. Ils mettent alors en évidence des sous-unités de signification, se rapportant à un "sous-objet" participant à la construction de l'histoire, appelés ici *épisodes*.

2.1. MODELISATION DES HISTOIRES AU COURS DE L'ACTIVITE DU CONTROLEUR

L'analyste doit déterminer où et quand débute et s'achève une histoire. A partir de la tâche de contrôle, on pourrait envisager ce découpage comme délimitant l'activité relative au déroulement du vol de chaque avion. L'analyse de ce qui est significatif pour le contrôleur met en évidence une plus grande "complexité" du contenu et de l'organisation des histoires. Un avion peut donner lieu à une histoire, mais il peut également participer à plusieurs histoires au cours de son passage dans le secteur.

Des critères de début et de fin d'une histoire doivent être adoptés. Une histoire constituée de plusieurs avions liés entre eux dans un réseau d'interférences différentes ne débute pas à un instant précis. L'existence de ce réseau d'interférences débute par l'identification de chacune des relations d'interférence constitutives considérée indépendamment avant que leur interaction soit déterminée par le contrôleur. Dans ce cas, pour choisir le début de l'histoire, on "remonte" aux signes décrivant l'identification des premières relations d'interférence liées au contrôle de ce réseau d'interférences entre avions, car ces premières déterminations sont utilisées au cours de l'histoire.

De la même façon, l'analyste doit distinguer les histoires les unes des autres. Par exemple, une histoire mettant en jeu plusieurs interférences conduit le contrôleur à envoyer le plus d'avions possible dans les secteurs recevant afin de "libérer la fréquence" dans la perspective des communications à venir. Le déroulement des histoires parallèlement en cours est donc en partie conditionné par l'histoire considérée. L'analyste doit décider dans quelle mesure le transfert des avions appartient à l'histoire, ou non.

Les histoires étant identifiées, par définition, elles délimitent des parties de l'activité où coexistent des Savoir-faire. Il est raisonnable de supposer que cette coexistence est organisée par l'histoire elle-même. Autrement dit, **il existe des régularités dans la coexistence des Savoir-faire selon les histoires.** Ainsi, à partir des histoires, une organisation des Savoir-faire semble accessible sous la forme de *domaines de Savoir-faire*.

A partir des trois heures d'activité recueillies en salle de contrôle, il apparaît que les histoires émergent de la gestion générale du trafic. Ces histoires peuvent être regroupées en quatre grandes classes d'histoires distinctes selon qu'elles concernent :

- un seul avion pour lequel l'ensemble des événements et des actions qui la constitue est lié au déroulement habituel d'un vol; il s'agit d'un avion sans problème;
- un avion qui présente une caractéristique particulière;
- une interférence entre avions, un croisement, un rattrapage...; il s'agit de couples d'avions;
- plusieurs interférences entre plusieurs avions (les différentes interférences parties prenantes peuvent s'étaler dans le temps mais être géographiquement liées); il s'agit de configuration d'avions conflictuels.

A partir de ces quatre grandes classes d'histoires, on peut envisager des domaines de Savoir-faire regroupant les Savoir-faire liés à l'activité de chacune des classes d'histoires.

La gestion générale du trafic a un statut à part des histoires car elle assure une fonction de recherche et d'identification des histoires. Il s'agit d'un ensemble d'événements et d'actions correspondant à une activité de surveillance dont les déterminations aboutissent :

- soit à l'identification que tout est "normal", ces déterminations assurent la non action puisqu'elles n'établissent pas de nouvelles significations pour le contrôleur;
- soit à l'identification que quelque chose de significatif, qui se rapporte soit à une histoire en cours, soit qui introduit une nouvelle histoire;

La gestion générale du trafic est un état "d'ouverture" des interprétations du contrôleur à l'existence de quelque chose de significatif pour le contrôleur et qui doit être identifié. Elle constitue un "fond" à partir duquel émerge ce qui est significatif pour le contrôleur: les histoires. Cette activité se manifeste par le balayage du regard sur l'image radar, sur le tableau de strips, par l'utilisation de période calme pour shooter les avions en groupe, par la mise à jour du classement de strip, par la tenue des strips etc...

2.2. MODELISATION DES EPISODES

Les histoires comportent elles-mêmes des sous-ensembles de signes plus fortement liés entre eux, il s'agit d'épisodes. La caractérisation de l'épisode se fait par l'identification de liens plus forts entre certains signes d'une histoire.

Par exemple, au cours d'une histoire entre deux avions en rattrapage, un sous-ensemble de signes dont les déterminations portent sur [l'arrivée d'un strip à la position] [l'arrivée du strip du FGDHS], [le choix du niveau de vol du FGDHS] se distingue des autres signes de l'histoire. Chacune de ces déterminations relève du Contexte des signes correspondant à la prise en compte du strip du FGDHS (épisode) participant à l'histoire du contrôle du rattrapage des deux avions.

Certains épisodes sont directement liés à l'organisation du système de contrôle et à l'évolution du trafic au cours du temps, d'autres sont liés au caractère imprévu et spécifique de la situation considérée. Certains de ces épisodes sont communs à toutes les histoires, et constituent de ce fait une autre dimension de l'organisation des Savoir-faire que celle dégagée par le découpage de l'activité en histoires. Cette organisation se rapproche plus de celle des tâches puisque les épisodes correspondant sont contingents à l'organisation du système de contrôle.

On voit que le découpage en histoires révèle non seulement des domaines de Savoir-faire propres aux histoires, mais aussi des sous-domaines de Savoir-faire liés à la tâche. Si une histoire constitue un domaine de Savoir-faire par rapport à l'objet auquel elle se rapporte, les épisodes de l'histoire illustrent l'intervention de sous-domaines de Savoir-faire liés au caractère dynamique des situations de travail.

2.3. EXEMPLE DE MODELISATION DE L'ACTIVITE

On prend pour exemple une demi-heure d'activité de contrôle parmi les trois heures d'activité en salle de contrôle précédemment considérées. Il s'agit de l'activité à la position de contrôle du secteur UT/TU, le 25/5/89 de 9h30 à 10h05. Le lecteur trouvera en annexe 1 les données à partir desquelles l'activité est modélisée.

Ce passage a été choisi car il comprend l'histoire d'une configuration d'avions :

- qui rend compte de la gestion d'interférences entre plusieurs avions et donne lieu à la réalisation d'une régulation alimentée par un seul axe; cette situation de contrôle est représentative de l'expertise du contrôleur; elle est fréquemment rencontrée;
- qui mobilise l'activité du contrôleur dès l'arrivée des strips des avions à la position jusqu'à ce que les avions quittent la fréquence; Les différents états d'un avion dans un secteur (en entrée, sur la fréquence, en sortie...) sont donc représentés; les Savoir-faire utilisés tiennent compte de l'évolution des informations disponibles au fur et à mesure de la progression des avions dans le secteur;
- qui met en jeu des avions présents dans le secteur, mais aussi en dehors du secteur; les Savoir-faire sur la nature du trafic dans les secteurs adjacents et le travail des contrôleurs adjacents constituent un aspect important du déroulement de l'activité;
- qui rend compte d'interprétations faites quotidiennement par le contrôleur; si, d'un point de vue objectif, il existe effectivement des problèmes, des conflits, du point de vue du contrôleur, il ne s'agit pas de véritables problèmes dans la mesure où il dispose des Savoir-faire qui lui permettent d'interpréter et de gérer le trafic.

2.3.1. Découpage de l'activité étudiée en histoires

On représente graphiquement, à partir des données issues de la position, couplées aux commentaires de l'activité (cf annexe 1), la structure de l'activité en histoires, et en épisodes émergeant de la gestion générale du trafic au cours du temps. Ici les histoires sont numérotées de la façon suivante :

- 1 Configuration Genève
- 2 GOPEE un avion lent
- 3 Alitalia 335 fait répéter la configuration d'arrivée
- 4 Speed Bird 580
- 5 I 70 36/ vérification de la fréquence
- 6 Speed Bird 574
- 7 IT PX
- (8) Surveillance globale/gestion générale du trafic
- 9 MATS 709
- 10 Croisement IT HM & SP 736
- 11 IT NE
- 12 M709
- 13 Miriadair 16 64
- 14 N 69 PG
- 15 Croisement HS & GAF 178
- 16 Iraki 225
- 17 GAF 178
- 18 B 603

19 I 44.75
20 Kowaiti 020
21 AF 688
22 Kubanair 9021

* Il est à noter que le numéro (8) correspond au fond que constitue la gestion générale du trafic à partir duquel émergent les histoires. Il s'agit d'un ensemble de périodes correspondant à une préoccupation constante de l'activité du contrôleur différente d'une histoire ayant un début et une fin (le numéro est mis entre parenthèses). Néanmoins, cette activité est référencée sous un numéro correspondant au fait que la première fois où cette activité est rencontrée, elle est précédée par l'activité relative à sept autres histoires.

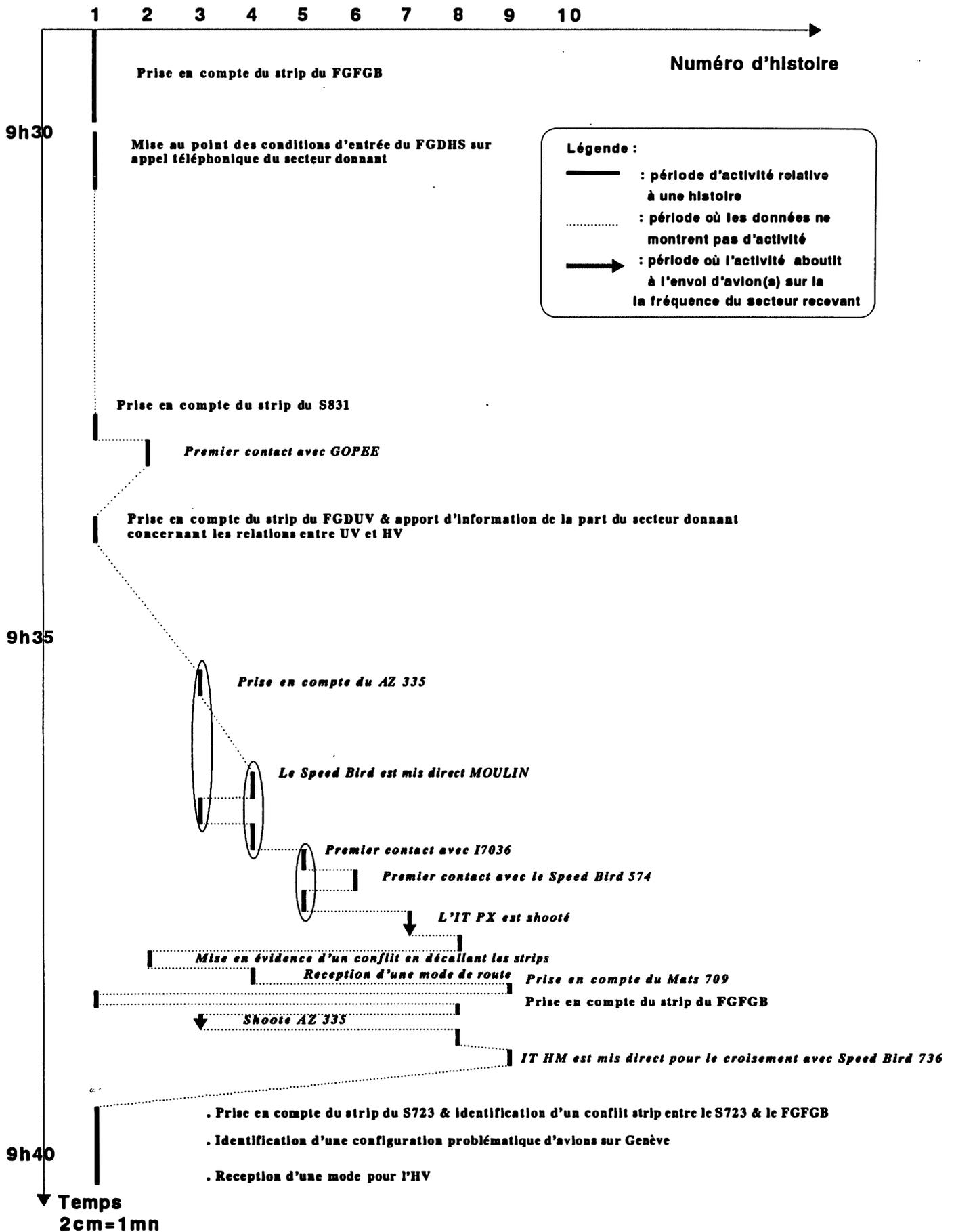
* Il est également à noter, que lorsqu'à partir des données il n'est pas possible de séparer temporellement l'activité relative à deux histoires, les deux activités sont représentées simultanément.

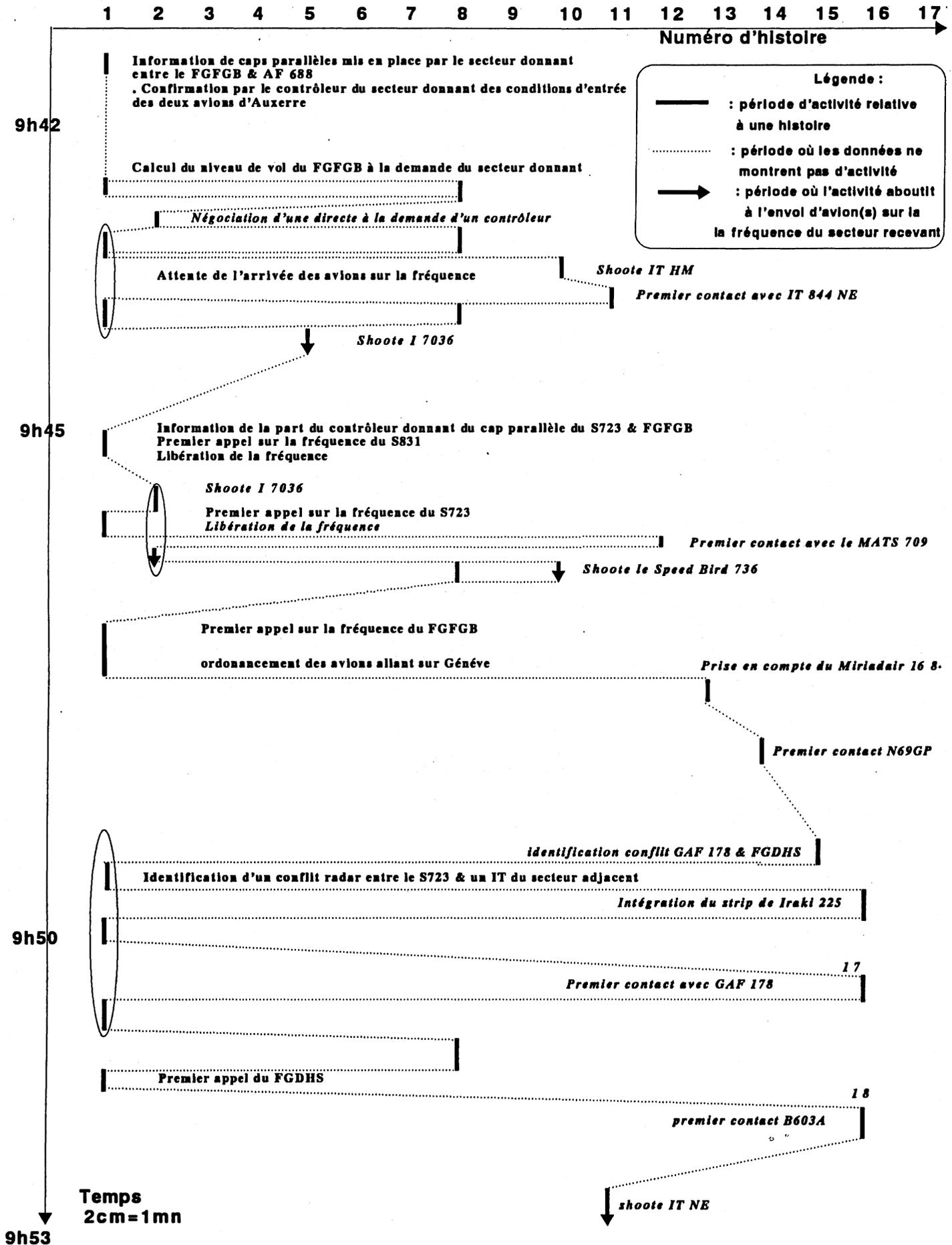
Chaque épisode est mentionné de façon manuscrite. Les épisodes relatifs à l'histoire 1, plus particulièrement étudiée dans la suite de ce document, sont en caractères italique, tandis que les épisodes des autres histoires se déroulant simultanément sont en caractères normaux.

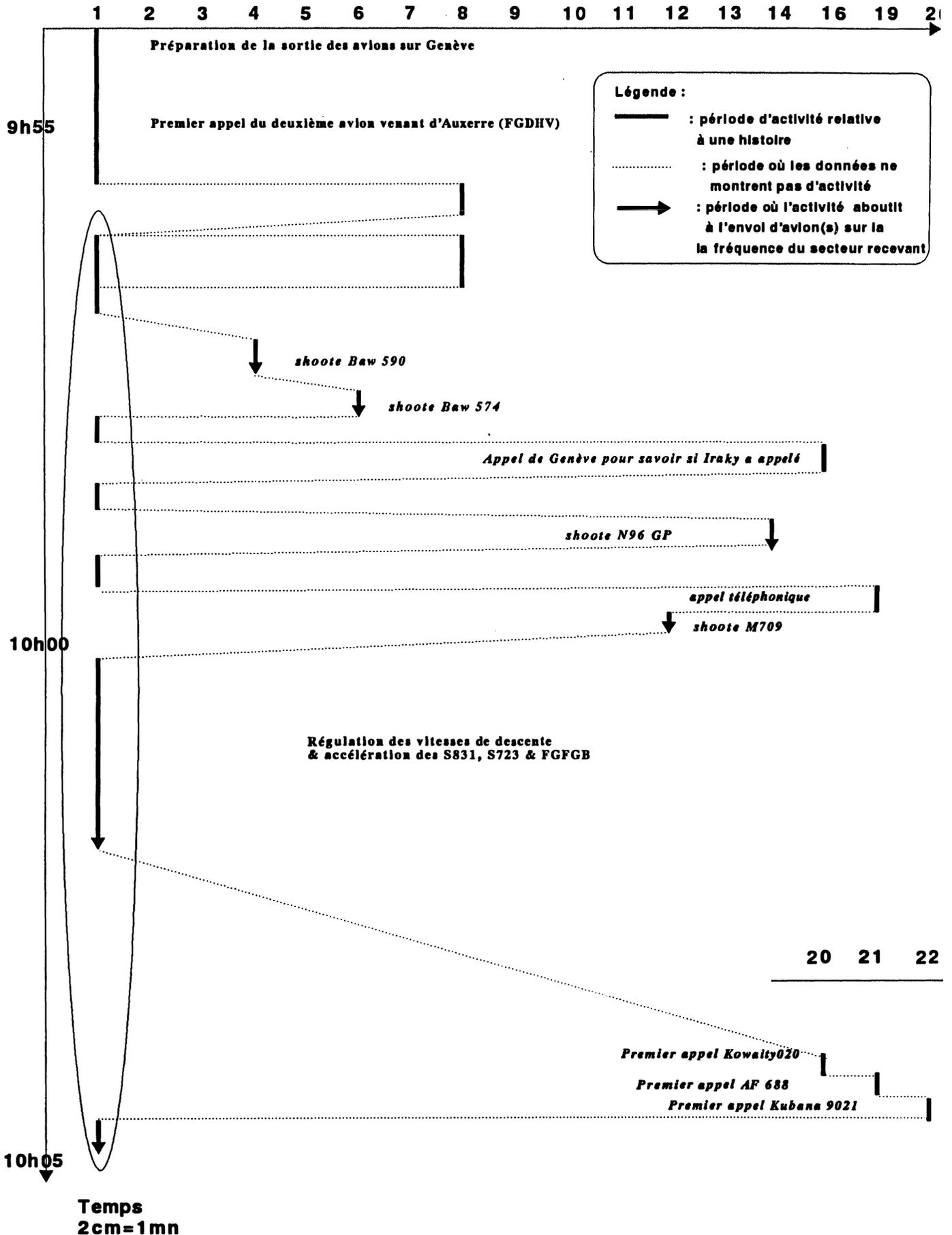
On obtient la représentation figurée sur les pages suivantes :

Structure de l'activité du contrôleur

Secteur UT/TU, le 25/5/89 de 9h30mn à 10h05mn







Cette représentation rend compte de l'imbrication des différentes histoires simultanément en cours. Elle illustre que le contrôleur a une activité en "temps partagé" entre les différentes histoires en cours et la gestion générale du trafic.

Au début de la période considérée, à 9h28, l'existence de la configuration d'avions allant à Genève (histoire 1) n'est pas encore établie. La représentation graphique montre que pendant cette période l'activité "racontable et commentable" est discontinue. A 9h40mn30s l'existence de la configuration d'avions est établie au cours d'une période d'activité d'une minute. A partir de ce moment, l'activité se partage entre la gestion de cette configuration d'avions et les autres histoires en cours. La représentation graphique montre qu'à partir de ce moment, l'activité est quasiment continue: l'activité concerne dès que possible le suivi de la configuration d'avions.

Après l'attente de l'arrivée des avions sur la fréquence les premiers contacts radio entraînent une succession de communications très rapprochées sur la fréquence. Le suivi des avions dans le secteur induit des interprétations à intervalle de temps régulier. La préparation de la sortie des avions débute dès l'arrivée des avions sur la fréquence, elle donne lieu à des interactions entre le contrôleur exécutif et planing.

Parallèlement à la gestion de la configuration d'avions, l'activité donne lieu à un travail de gestion générale du trafic, comme si le contrôleur sachant qu'il a une histoire contraignante à contrôler, s'attache à prospecter l'existence d'autres conflits et à organiser le reste du trafic pour ne pas être surpris et pour éviter les risques d'une trop grande focalisation sur un problème donné alors qu'il a également la responsabilité du reste du trafic (graphiquement on observe de fréquentes liaisons [histoire 1-histoire 8]).

Durant la surveillance des évolutions des avions de l'histoire 1 dans le secteur, l'activité consacrée à cette histoire est de plus en plus importante durant des périodes d'activité de plus en plus longues.

Les premiers épisodes sont liés à l'arrivée des strips à la position de contrôle. Ils sont séparés dans le temps par plusieurs minutes. Certains de ces épisodes de l'activité sont ensuite repris et précisés au cours des dialogues avec les secteurs donnant les avions et dont les strips sont arrivés. La prise en compte du strip du cinquième avion déclenche successivement l'identification du réseau d'interférences (existantes et futures) qui lient ces cinq avions.

Durant cette période les histoires :

- 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 font partie de la classe des histoires d'avion sans problème
- 2, 3, 5 font partie de la classe des histoires d'avion ayant une caractéristique particulière;
- 10, 15 font partie de la classe des histoires de couple d'avions;
- 1 fait partie de la classe des histoires de configuration d'avions.

Les Savoir-faire utilisés au cours des histoires d'avion sans problème reposent sur la prise en compte des données du vol, et les déterminations produites donnent lieu à des actions liées à la gestion habituelle d'un vol (intégration, arrivée sur la fréquence...).

Les Savoir-faire utilisés au cours des histoires du contrôle d'avion ayant une caractéristique particulière introduisent en plus l'identification d'une caractéristique particulière d'un avion et sa gestion.

Les Savoir-faire utilisés au cours des histoires du contrôle de couple d'avions introduisent en plus un moment d'identification qui repose sur la comparaison de deux avions dont les déterminations aboutissent à un diagnostic de conflit plus ou moins probable. Ainsi ces histoires impliquent de trouver une solution et de la mettre en oeuvre.

Les Savoir-faire utilisés au cours des histoires du contrôle de configuration d'avions conflictuels se basent sur des Savoir-faire qui permettent :

- d'établir des liens entre différentes interférences, ce qui repose sur la comparaison de groupes d'avions interférant;
- qui permettent de planifier l'activité selon les différentes composantes de ce système d'interférences.

La suite de ce travail porte essentiellement sur l'activité lors du contrôle d'une configuration d'avions conflictuels pour des raisons qui s'appuient sur les éléments suivants.

En étudiant ce qui est significatif pour le contrôleur, l'activité modélisée ne rend compte que de ce qui est considéré par le contrôleur, et qui est significatif pour l'activité. Ainsi, on ne montre qu'une partie des aspects de l'activité du contrôleur dans la mesure où les interprétations de certaines informations considérées et qui aboutissent à la non-action, et à la non-détermination d'événement(s) ne sont pas modélisées: (i) les histoires d'avion sans problème correspondent à des avions n'ayant pas de caractéristiques spécifiques et ne présentant pas de risque d'interférences avec l'environnement d'avions dans lequel ils évoluent; (ii) les histoires d'avion ayant une caractéristique spécifique correspondent à des avions qui ne présentent pas de risque d'interférences avec l'environnement d'avions dans lequel ils évoluent, ou qui n'en présente qu'en rapport à sa spécificité (par exemple une évacuation sanitaire est prioritaire sur les autres avions); (iii) un couple d'avions ne présente pas de risque d'interférences avec l'environnement d'avions dans lequel il évolue.

On considère ici que les configurations d'avions conflictuels sont les plus représentatives de l'activité du contrôleur car elles combinent plusieurs traits significatifs pour le contrôleur. Il s'agit donc des histoires les plus "complexes" qui font intervenir le contrôle d'avion sans problème, le contrôle d'avion ayant une caractéristique spécifique et le contrôle de couple d'avions.

Il est à noter que les relations entre les domaines de Savoir-faire évoqués ci-dessus conduisent à envisager une organisation selon des inclusions, des enchâssements.

De plus, il convient de souligner, comme on le verra ultérieurement en ce qui concerne la représentativité des histoires de configuration d'avions par rapport à l'activité, que ce n'est pas parce les histoires des trois premières classes sont les plus nombreuses qu'elles sont les plus représentatives de l'activité.

On accordera donc à l'étude de histoire 1 un intérêt par rapport à la compréhension de l'activité du contrôleur du trafic aérien.

2.3.2. L'activité liée au contrôle d'une configuration d'avions, signe par signe

L'activité correspondant à l'histoire 1 est modélisée sous forme de signes triadiques. L'ensemble de la modélisation est présentée en annexe 2. Chaque épisode est modélisé à partir des données de l'annexe 1 tel que présenté précédemment en (1.3.2). L'histoire 1 peut être résumée de la façon suivante (Cf schéma du secteur) :

Le contrôleur à la position UT/TU reçoit successivement les strips de deux avions décollant d'Auxerre pour Annecy (FGDHS & FGDUV). Les deux avions sont du même type, demandent la même route et sont séparés de 5 mn. A la demande du secteur donnant et en raison de l'absence d'avions faisant Paris-Genève en entrée dans le secteur, le contrôleur autorise ces deux avions au niveau 210, en route directe sur la balise SAUNI.

Dans les minutes qui suivent, trois strips d'avions, faisant Paris-Genève, sont délivrés successivement par l'imprimante (Swr 831, Swr 723 & FGFB). Ces trois avions sont en interférence pour leur montée en entrée dans le secteur. De plus, ils interfèrent également avec les deux avions qui viennent d'être autorisés au niveau 210. En effet, ce niveau correspond au niveau habituel de sortie des avions descendant sur Genève, alors que les deux avions venant d'Auxerre seront au même moment, au même lieu, au même niveau avec les trois avions allant à Genève.

Deux, des trois avions venant de Paris, sont mis en cap parallèle. Le contrôleur accélère les avions les plus rapides pour séparer longitudinalement les trois avions allant de Paris à Genève.

L'un des avions en cap parallèle sort légèrement du secteur. Le contrôleur voit au radar que cet avion est en face à face avec un avion du secteur voisin. Le conflit est maîtrisé selon un mode de travail que l'on appelle l'anticollision.

Pour la sortie du secteur des avions allant à Genève, le contrôleur les empile aux niveaux de sortie 220, 230 et 240 afin de livrer les avions séparés au secteur de Genève.

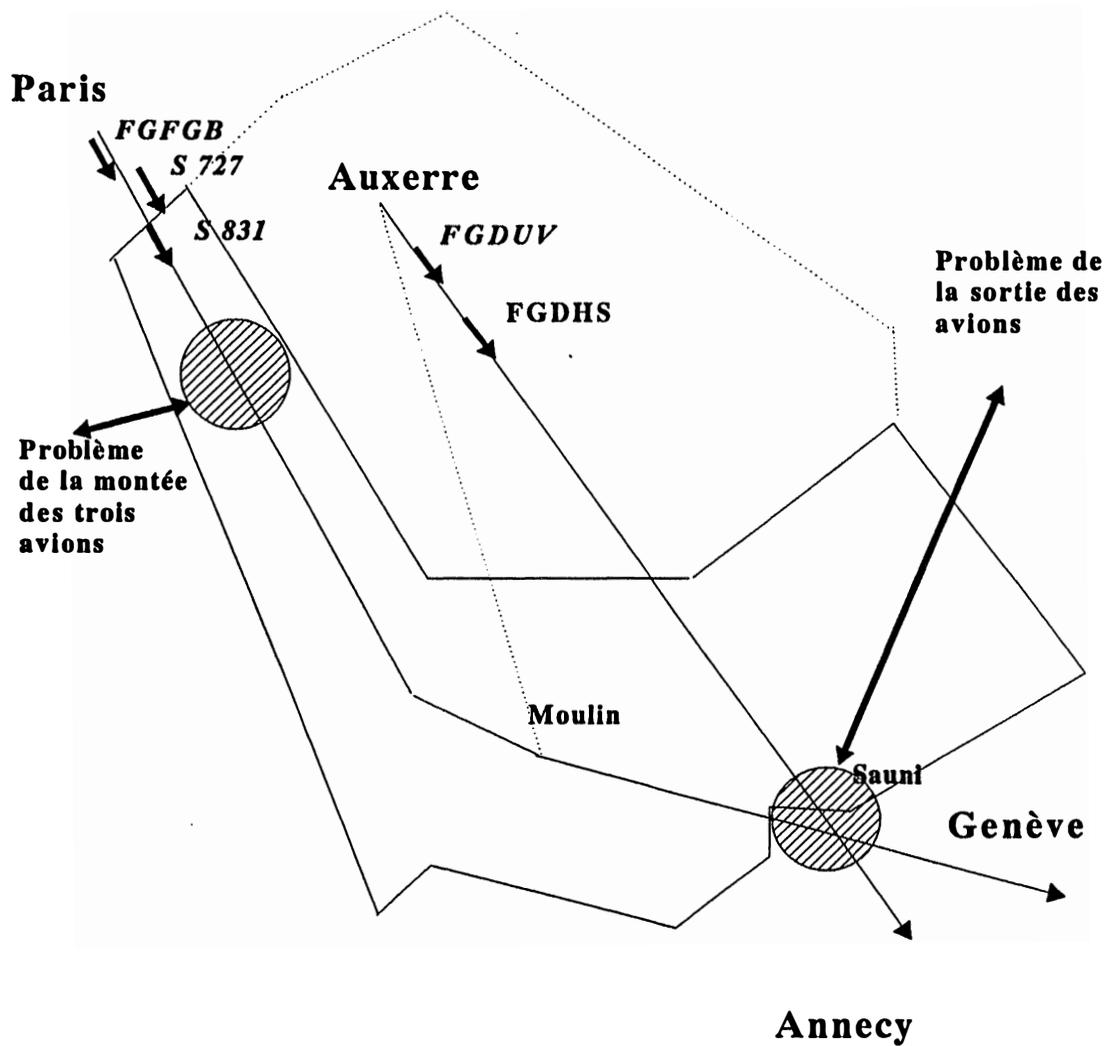
Depuis l'arrivée des strips à la position, jusqu'au changement de fréquence des avions, cette histoire s'étend sur un intervalle de trente minutes. Elle comprend trente deux épisodes. Chaque épisode ne dure que quelques dizaines de secondes.

A partir des épisodes de cette histoire, faisant partie de la classe des histoires de configuration d'avions (voir annexe 1 et 2), les sous-domaines de Savoir-faire suivants se dégagent :

- (1) la prévision du trafic à venir liée à l'arrivée d'un nouvel avion dans le secteur;
- (2) la préparation du trafic entrant avec les contrôleurs de secteur donnant;
- (3) l'appréhension globale du trafic reposant sur plusieurs interprétations antérieures;
- (4) l'attente de l'arrivée des avions dans le secteur;
- (5) les premières communications avec un avion arrivant sur la fréquence;
- (6) le suivi des avions dans le secteur;
- (7) la préparation de la sortie des avions du secteur.

Chacun de ses sous-domaines de Savoir-faire se distingue par le savoir-identifier et les savoir-planifier auxquels ils font appel. Dans l'activité, ils sont dépendants les uns des autres puisque les moments d'attente et de prévision se déterminent réciproquement

Configuration d'avions sur Genève



- Trois avions en interférence font Paris-Genève
- Deux avions séparés de 5mn font Auxerre-Annecy

montrant un certain rapport entre la préparation des actions et leur réalisation.

** "sous-domaine de Savoir-faire" de prévision du trafic lié à l'arrivée d'un nouvel avion (1)*

Les savoir-identifier, lors de la prévision du trafic à venir à l'arrivée d'un nouvel avion dans le secteur, reposent sur l'utilisation des informations sur les strips, le terrain de départ et de destination, le niveau de vol demandé, le type de l'avion, les heures estimées...

Ils reposent également sur l'identification de paramètres-types du vol (niveau-type...) qui sont significatifs de croisement-type, de comportement-type de la part d'autres acteurs avec lesquels ils peuvent communiquer (demande de secteur adjacent, comportement du pilote...).

Les savoir-planifier déterminent l'avion considéré : détermination de la trajectoire, du niveau de vol demandé, de la progression de l'avion dans le secteur...

D'une façon générale, les savoir-planifier ont un rôle de prévision du vol considéré. Cette prévision se traduit par des actions de recherche d'informations. Cette recherche va dans deux directions : l'avion lui-même dans un premier temps. Les déterminations de l'avion renvoient à la recherche d'avions ou d'interférences selon des critères précis et parfois couplés, une route, un point d'entrée, un niveau... L'élément de Savoir-faire assure une recherche ciblée d'avions à partir d'un autre avion.

La prévision du trafic donne une signification au vol futur et constitue une première organisation de l'activité. Tel avion nécessitera une surveillance avec un groupe d'avions, un appel du secteur voisin pour négocier un paramètre de vol...

** "sous-domaine de Savoir-faire" de préparation du trafic-entrant avec les contrôleurs de secteurs donnant (2)*

Les savoir-identifier, lors de la préparation du trafic entrant avec les contrôleurs de secteurs donnant, sont liés à la prise en compte d'événements à la position (appel téléphonique, venue d'un contrôleur à la position...). Ces événements ont parfois été prévus lors de raisonnement relevant du "domaine de Savoir-faire" précédent.

Les savoir-planifier précisent la prévision du trafic qui avait été faite lors de la prise en compte des vols et permet de choisir ou de cerner les actions à effectuer sur le trafic.

Les informations apportées par les contrôleurs de secteurs donnant ont une valeur de fait. Le contrôleur bénéficie des raisonnements menés par son collègue.

Réciproquement, il existe des Savoir-faire concernant les demandes des secteurs donnant.

Ce sous-domaine de Savoir-faire repose sur un travail collectif avec les secteurs voisins, assure l'identification des relations entre avions avant l'arrivée des avions dans le secteur. Il précise l'ébauche des actions nécessaires à la gestion du trafic et poursuit la préparation du contrôleur au trafic à venir.

** "sous-domaine de Savoir-faire" d'appréhension globale du trafic reposant sur plusieurs interprétations antérieures (3)*

Les savoir-identifier lors de périodes d'activité où le contrôleur redéfinit sa compréhension du trafic, par une vision globale du trafic, repose sur la combinaison d'événements ou d'actions déjà déterminées et/ou la prise en compte de contraintes externes.

Les savoir-planifier déterminent des relations d'unité ou de conflit entre des groupes d'avions eux-mêmes liés par des relations d'unité ou de conflit.

Tout se passe comme si l'accumulation de déterminations de relations entre des avions suscitait, à l'occasion d'un événement ponctuel (dans l'*histoire* la visualisation d'un avion), une re-définition de la compréhension du trafic à un niveau plus global.

Le savoir-planifier assure un diagnostic sur le trafic. Ce diagnostic détermine l'organisation de l'activité de telle sorte qu'il pose en lui même l'intitulé de l'*histoire*. Les actions qu'ils déterminent sont à préciser car leur réalisation nécessite encore plusieurs interprétations et ne peut pas se faire immédiatement.

** "sous-domaine de Savoir-faire" d'attente des avions sur la fréquence (4)*

Les savoir-identifier reposent sur la prise en compte du temps qui s'écoule et des actions à réaliser lors de l'arrivée de(s) l'avion(s) sur la fréquence, sur l'évolution des positions des avions sur le radar et le caractère conflictuel des avions attendus.

Les savoir-planifier confirment les prévisions selon les dernières évolutions des avions prises en compte. Ils déterminent et affinent définitivement les instructions qui seront données au premier contact radio avec les avions.

Les savoir-planifier se caractérisent par la détermination de toutes les actions-types qui devront être réalisées à l'arrivée des avions attendus sur la fréquence.

** "sous-domaine de Savoir-faire" de réception des avions sur la fréquence (5)*

Les savoir-identifier reposent sur la prise en compte de l'appel du pilote sur la fréquence. L'effet des savoir-planifier se traduit par l'exécution des instructions préalablement définies. Les chaînes d'interprétation correspondantes sont très courtes.

** "sous domaine de Savoir-faire" de suivi des avions dans le secteur (6)*

Les savoir-identifier reposent sur l'identification de l'évolution dynamique des entités (avions, relations d'unité, relations de conflit) gérées par rapport à l'état du trafic prévu et recherché.

Les savoir-planifier déterminent l'absence d'intervention, l'affinement des instructions (altération de cap, restriction de vitesse...).

Dans le cas où l'évolution du trafic ne correspond pas au trafic prévu le savoir-planifier associe des actions spécifiques de recherche d'information auprès des pilotes et de suivi continu de l'évolution dynamique de la portion de trafic concernée.

** "sous-domaine de Savoir-faire" de préparation de la sortie des avions en fonction des besoins du secteur recevant (7)*

Les savoir-identifier reposent la prise en compte des règles de transfert du trafic et des besoins des secteurs adjacents, les demandes des contrôleurs de secteur donnant (qui peuvent avoir été préparées dans le cadre de la prévision du trafic, dans le cas contraire elles nécessitent un raisonnement immédiat).

Le choix du moment où l'avion sera transféré se base sur la position de l'avion par rapport aux limites du secteur et sur son caractère plus ou moins conflictuel. Un avion engagé dans un conflit sera conservé jusqu'à ce que le conflit soit fini. Si le conflit ne peut être résolu dans les limites du secteur, le secteur recevant doit accepter de recevoir l'avion dans ces conditions et connaître parfaitement les données du problème.

Il est à rappeler que si la modélisation signe par signe permet d'identifier des régularités, elle montre également, comme il a été vu dans la partie précédente (partie 3, 4.3.), que l'activité du contrôleur est unique en elle-même. Pour contrôler la configuration d'avions présentée, la spécificité de la situation est prise en compte et utilisée.

2.4. REPRESENTATIVITE DES PASSAGES DE L'ACTIVITE MODELISES.

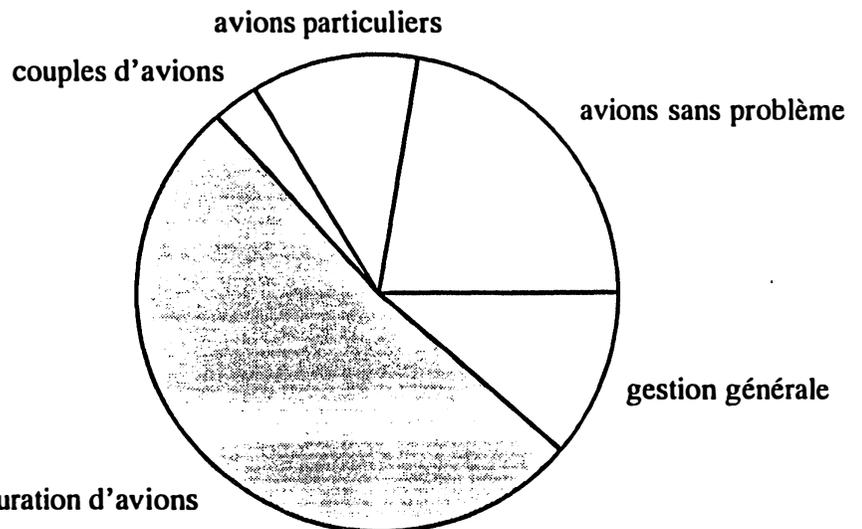
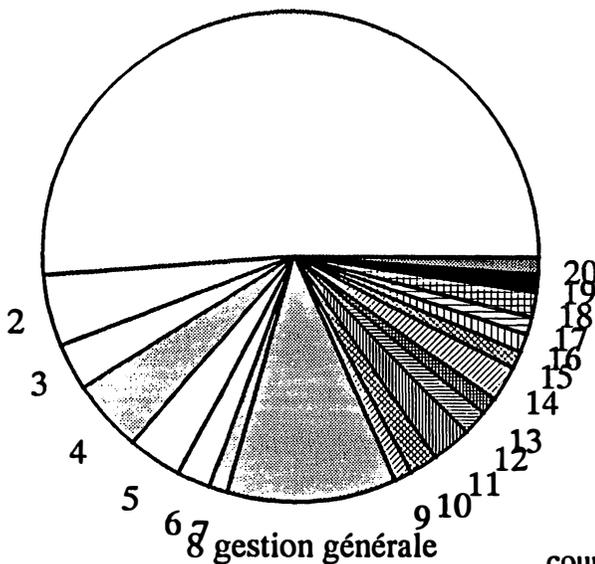
Face à la modélisation de l'activité signe par signe, la question se pose de situer les parties de l'activité modélisées par rapport à l'ensemble de l'activité. Il faut rechercher un indice de représentativité de l'histoire modélisée. Plusieurs éléments indirects peuvent être utilisés pour situer l'histoire modélisée par rapport à l'activité du contrôleur.

Un premier élément correspond au temps d'activité pour chaque histoire, et chaque classe d'histoires. On représente graphiquement la répartition du temps consacré aux différentes histoires et à la gestion générale du trafic durant la demi-heure d'activité considérée :

Répartition du temps d'activité

secteur UT/TU de 9h30 à 10h05

1 configuration d'avions

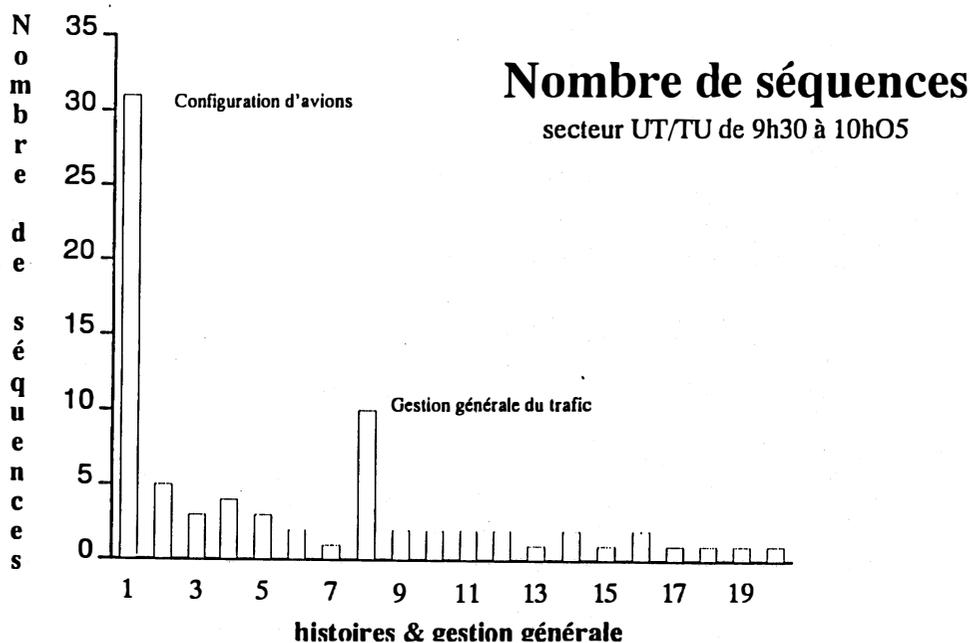


L'histoire 1 représente près de la moitié du temps d'activité. Ce temps d'activité est dix fois supérieur à celui de chacune des autres histoires, et plus de quatre fois supérieur au temps consacré à la gestion générale du trafic.

Ces données constituent un premier élément de justification de la représentativité de l'histoire 1. Pour utiliser cet élément afin de situer l'histoire 1, il faut postuler que le temps d'activité illustre l'importance en terme de signification pour l'activité du

contrôleur. Une même unité de temps d'activité n'ayant pas forcément la même valeur en terme de signification pour l'activité du contrôleur, il est nécessaire de considérer d'autres éléments complémentaires.

On considère, pour avoir un autre indice de "complexité" des histoires et de la gestion générale du trafic, le nombre de séquences qu'elles comportent.



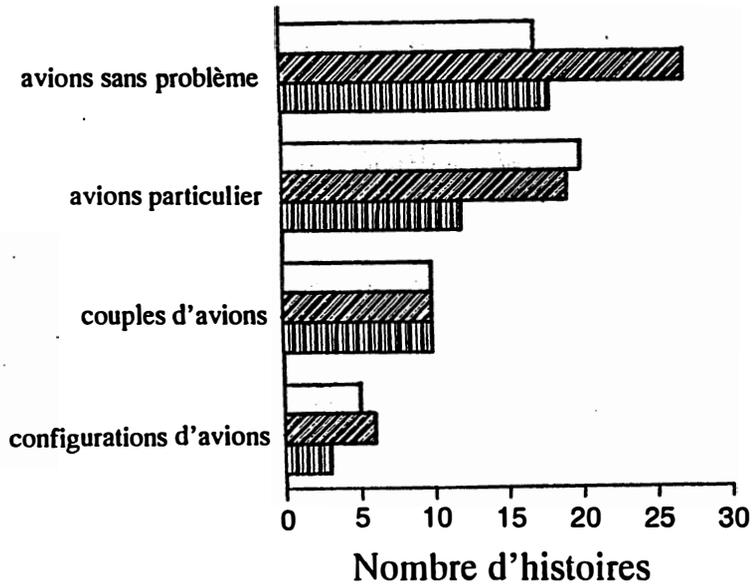
Cet histogramme conforte les tendances montrées par la répartition du temps. La configuration d'avions donne lieu à un très grand nombre de séquences, et la gestion générale du trafic donne lieu à trois fois moins de séquences.

Afin de compléter les données précédentes, on considère pour chaque classe d'histoires, et pour les trois heures d'activité recueillies en salle de contrôle (H1: secteur UT/TU, le 28/4/89 de 18h05 à 19h15; H2: secteur UT/TU, le 6/5/89 de 17h05 à 18h15; H3: secteur UT/TU, le 25/5/89 de 9h30 à 10h30), selon les quatre classes d'histoires identifiées :

- [le nombre d'histoires];
- [la quantité de commentaires] à laquelle donne matière chaque classe d'histoires; elle correspond à la durée des commentaires du contrôleur commentant l'activité de chaque histoire;
- le rapport entre la [quantité de commentaires à laquelle donne lieu la classe d'histoires] et le [nombre d'histoires pour chaque classe], soit [la quantité de commentaires relative].

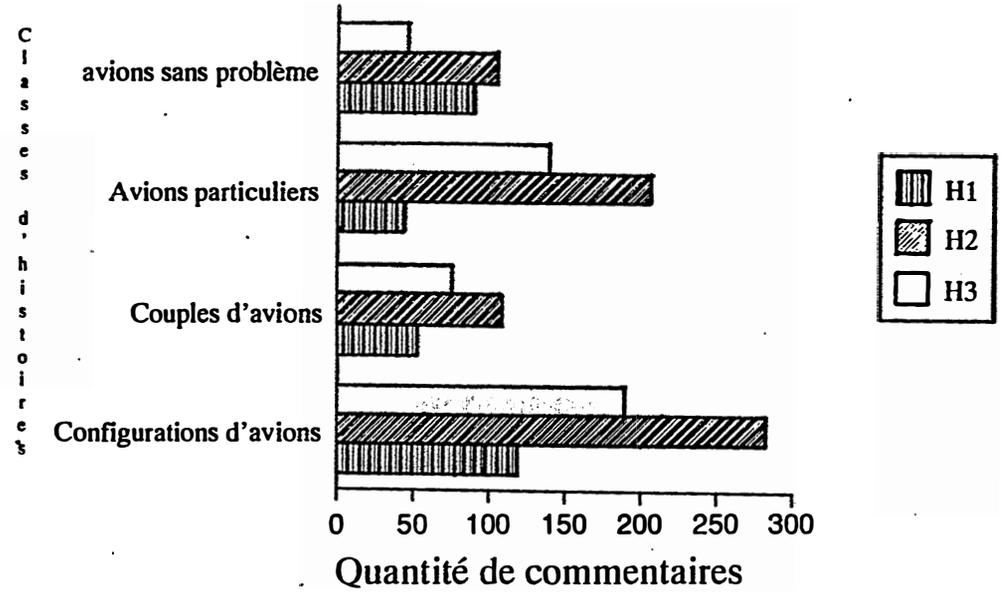
Nombre d'histoires par classes

trois heures de trafic soutenu



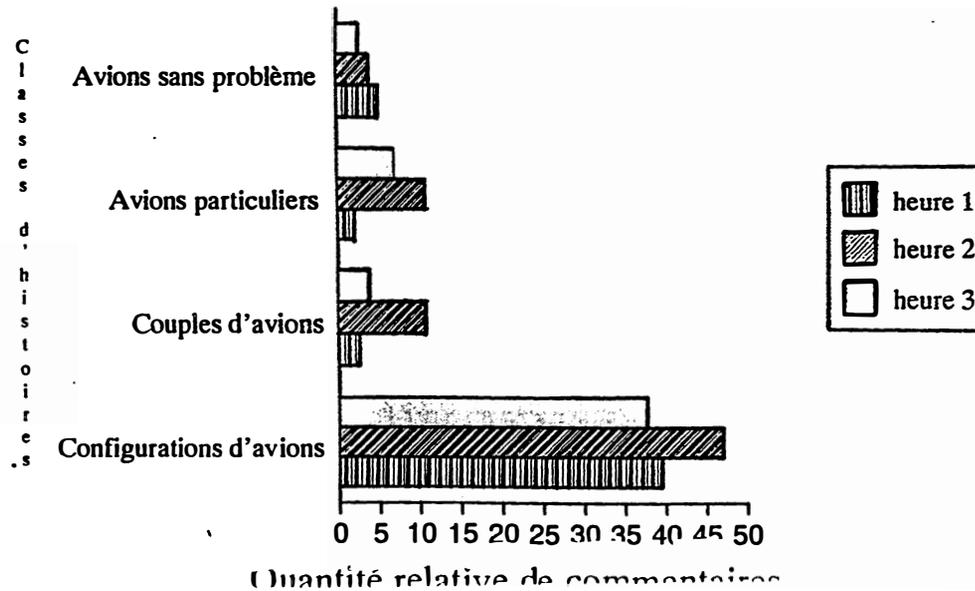
Quantité de commentaires par classes

Trois heures au secteur UT/TU



Quantité relative de commentaires

Trois heures de contrôle, secteur UT/TU



L'utilisation de la quantité de commentaires en tant qu'élément de justification de la représentativité de l'histoire 1 nécessite que les commentaires soient directement en rapport avec l'activité, sans qu'une de leur dimension ne soit plus ou moins développée en raison de la présence de l'ergonome ou des mécanismes de la verbalisation (en effet, on pourrait supposer que l'explication d'un système complexe nécessite plus de verbalisations). Les données (annexe 1) montrent que les commentaires ne sont pas orientés par les questions posées (qui d'ailleurs sont très peu nombreuses).

FILM VIDEO :

Regarde sur le scope, puis sur le petit scope. Ecrit sur 2 strips. Jette un strip qu'il avait en main. Rajuste son casque. Prend un strip dans la goulotte, le place dans le tableau. Souligne 4 strips regroupés dans le tableau.

COMMENTAIRES EN AUTOCONFRONTATION :

Je vais avoir une succession d'arrivées de trafics vers Genève et il va falloir que je planifie des niveaux qui ne sont pas habituels. Habituellement on lance tous les avions vers 210. Or là je vais avoir 2 avions qui sont stables à 210, les 2 avions qui décollent d'Auxerre sur la trajectoire de descente de Genève. Je vais donc être obligé d'empiler les avions les uns au dessus des autres pour qu'il n'y ait pas de conflit à l'arrivée.

Les commentaires suivent le déroulement de l'activité. Ils sont présentés sans difficulté simultanément et chronologiquement aux données de l'activité. On considère que la quantité de commentaires de l'activité illustre l'importance subjective des histoires.

On constate, en concordance avec les données présentées précédemment pour la demi-heure considérée, que le plus grand nombre d'histoires est celui des histoires d'avion sans problème. Ce nombre étant suivi de celui de la classe des histoires se rapportant à un avion ayant une caractéristique particulière. Le nombre d'histoires se rapportant à un couple d'avions, ou à la gestion générale du trafic est sensiblement plus faible. Le nombre d'histoires de configuration d'avions est beaucoup plus faible.

La quantité de commentaires pour chaque classe d'histoires montre un renversement des tendances précédemment observées : la classe d'histoires de configuration d'avions donne lieu à la plus grande quantité de commentaires.

Le rapport, entre la quantité de commentaires et le nombre d'histoires par classe, accentue encore plus cet inversement de tendance. La quantité de commentaires relative des histoires de configuration d'avions est presque dix fois supérieure à toutes les autres classes d'histoires. De façon évidente, les histoires liées à une configuration d'avions conflictuels sont beaucoup moins nombreuses que les histoires des autres classes, mais elles génèrent une part importante de l'activité du contrôleur, du point de vue du cours d'action.

A partir de ces éléments on peut considérer que l'histoire 1 n'a pas qu'une valeur anecdotique, mais correspond à une part importante de l'activité.

De plus, pour confirmer la signification attribuée à l'histoire 1, et l'intérêt de sa modélisation, les données et leur modélisation ont été proposées à sept contrôleurs PC depuis plusieurs années aux CCR d'Athis-Mons. Bien que l'approbation ou l'absence de critiques ne constituent pas à elles seules une validation de la modélisation, elles la confortent.

3. APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE EN SITUATION ACTUELLE A LA CONNAISSANCE DE L'ACTIVITE DES CONTROLEURS DU TRAFIC AERIEN

L'activité modélisée apporte de nouvelles connaissances sur l'activité du contrôleur.

Elle montre tout d'abord que l'activité ne s'organise pas uniquement autour de l'état futur d'avions ou de couples d'avions considérés de façon isolée, mais elle s'organise autour de l'évolution future de "groupes" d'avions en relation, eux-mêmes considérés en rapport avec l'environnement dans lequel ils évoluent. Il s'agit de conflits à n-avions, les configurations d'avions.

L'approche quantitative de l'activité montre que le contrôle d'une configuration d'avions donne lieu à une activité importante en temps et en mobilisation cognitive. L'approche qualitative, sous forme d'enchaînement de signes triadiques, illustre que cette mobilisation cognitive est liée à la complexité de l'objet considéré. L'histoire d'une configuration d'avions relève de l'analyse d'avions considérés individuellement, dont l'interprétation par rapport au reste du trafic aboutit à la détermination de relations avec d'autres avions. Ces relations peuvent être présentes ou futures, sûres ou incertaines, et/ou concerner un ou plusieurs avions eux-même en relation. La variété des relations possibles construit un réseau d'interférences qui constitue la configuration.

Le nombre d'avions, la nature des relations qui constituent la configuration d'avions évoluent dans le temps. L'activité modélisée montre non seulement une variété des histoires organisant l'activité mais aussi, elle montre que pour une même histoire, le Contexte des signes évolue de façon continue. Il apparaît que pour contrôler la configuration d'avions sur Genève le contexte des signes passe par différents niveaux d'analyse du trafic qui sont considérés de façon complémentaire: un avion pris individuellement; un couple d'avions, un groupe d'avion, des relations entre les objets précédemment cités... Les interprétations à chacun de ces niveaux participent à la transformation de l'ensemble de l'histoire dont ils font partie. Ainsi, ce travail ouvre des perspectives de précision de la notion de Contexte.

L'activité modélisée montre également que la construction de l'activité n'est pas uniquement une juxtaposition des valeurs de plusieurs variables conduisant à un diagnostic de "conflit" ou de "non-conflit", mais elle repose sur des jugements "complexes", les Représentamens, qui aboutissent à des déterminations qui sont plus ou moins "à préciser", et qui concernent différents niveaux de l'horizon temporel futur.

Les Représentamens modélisés associent en majorité des déterminations déjà établies et des jugements à partir des informations présentées. L'activité du contrôleur du trafic aérien ouvre des perspectives de développement de la notion.

4. MODELISATION DE L'ACTIVITE EN SITUATION DE SIMULATION AVEC LA MAQUETTE DE LA FUTURE POSITION.

Afin de disposer d'un support pour répondre à la question de l'aide dont auront besoin les contrôleurs lors de l'introduction de la nouvelle position en salle de contrôle, l'activité à la position simulée est modélisée de la même façon que précédemment.

4.1. MODIFICATIONS DE LA STRUCTURE DE L'ACTIVITE

Pour montrer les modifications de l'activité avec la maquette de la future position, on s'appuiera sur la structure de l'activité durant la dernière simulation de quarante cinq minutes effectuée par l'un des trois binômes ayant participé (la représentativité de cette activité sera discutée plus loin). L'activité s'organise en vingt neuf histoires numérotées de la façon suivante :

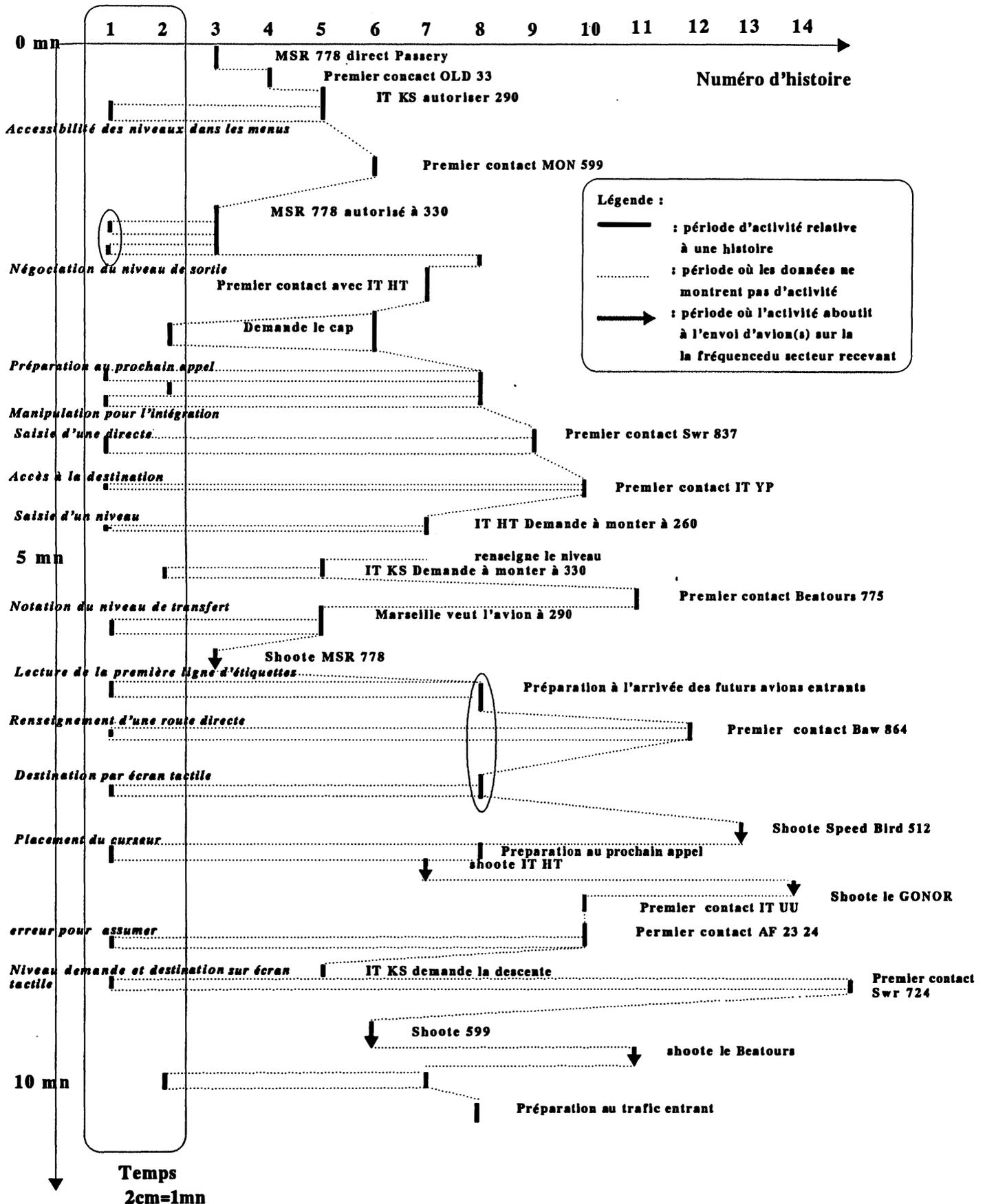
- 3 MSR 778, direct Passery demande le niveau 330
- 4 Old 33
- 5 IT KS, doit être à 290 à Moulin
- 6 Mon 599, direct Coulommiers, a un problème de cap
- 7 IT 540 HT prend un mauvais cap
- 8 gestion générale du trafic
- 9 Swissair 837
- 10 train d'avions sur Autun (IT 224 UU, IT TC, IT YP, AF 2324, Speed Bird 864, AH 10 04)
- 11 Beatours 774
- 12 Speed Bird 864
- 13 Speed Bird 512
- 14 Gonor
- 15 Swissair 724
- 16 rattrapage AZA & BAW 516
- 17 IT ML
- 18 BAF 08
- 19 AF 2418
- 20 Croisement (IT CD, FGP, IT MF)
- 21 TAT 699 DU
- 22 croisement AZA 1281 et Air Gabon, BAW 628 et Air Gabon
- 23 AZA 600
- 24 Minerve 502
- 25 TAT XV
- 26 Ibéria 346
- 27 Configuration d'avions en sortie sur Genève Chamberry (TAT DU, HID, BAL 787A, BAW628, TAT HM)
- 28 IT PA, panne radio
- 29 IT PE
- 30 Machline
- 31 HMZ

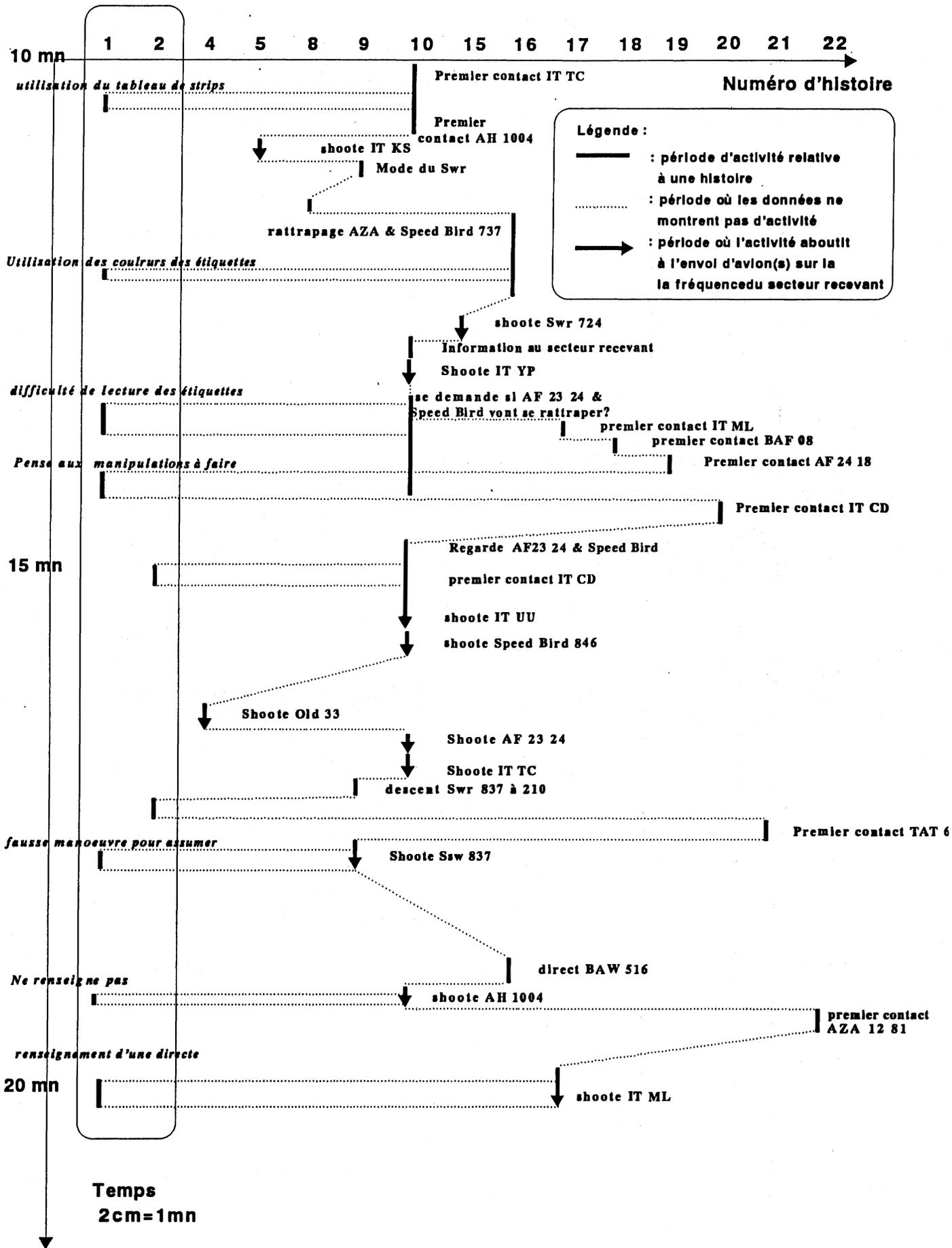
On note en :

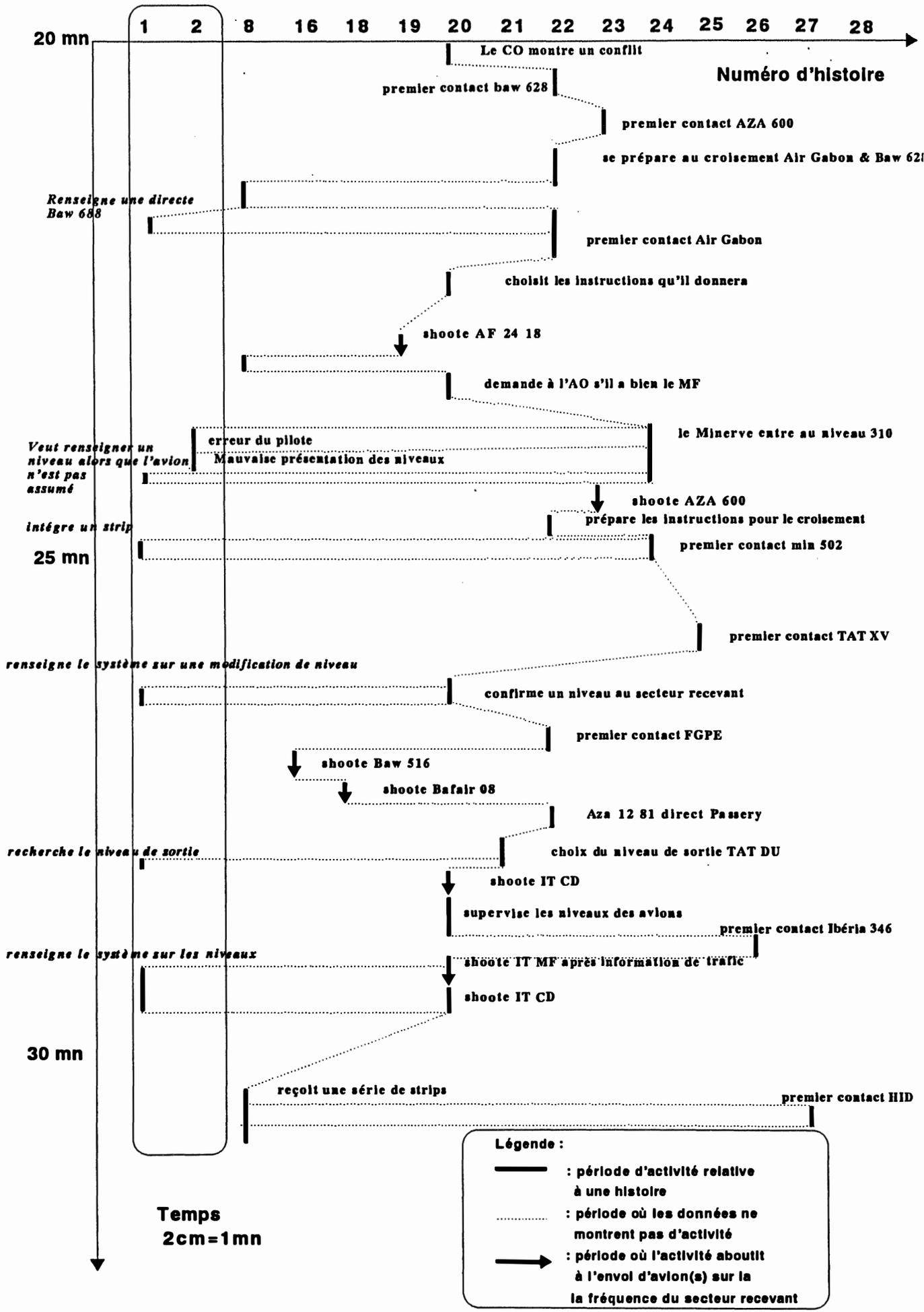
- 1- l'activité liée aux séquences d'utilisation de l'interface;
- 2- L'activité liée aux séquences dues au caractère simulé de la situation

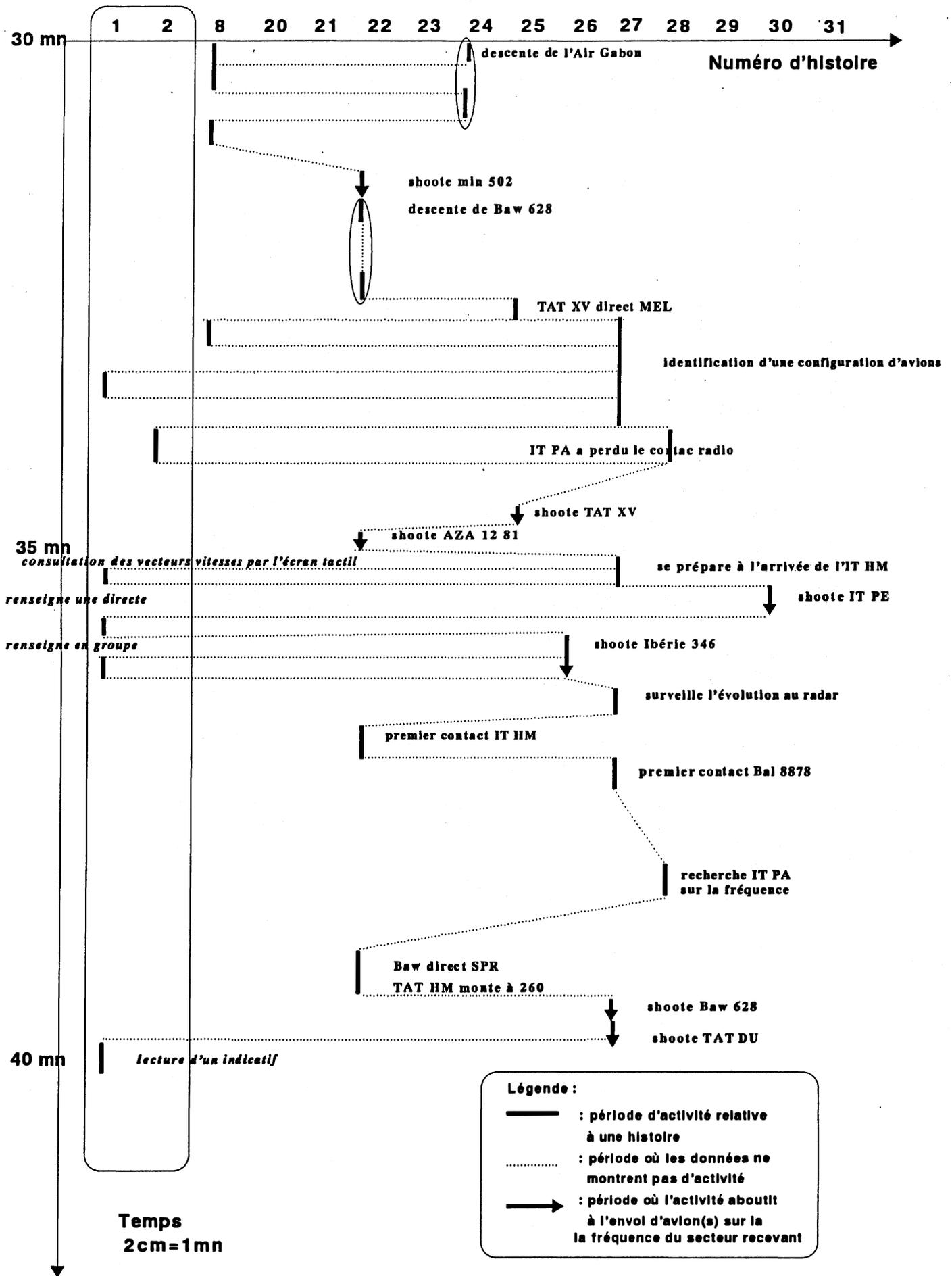
Structure de l'activité du contrôleur

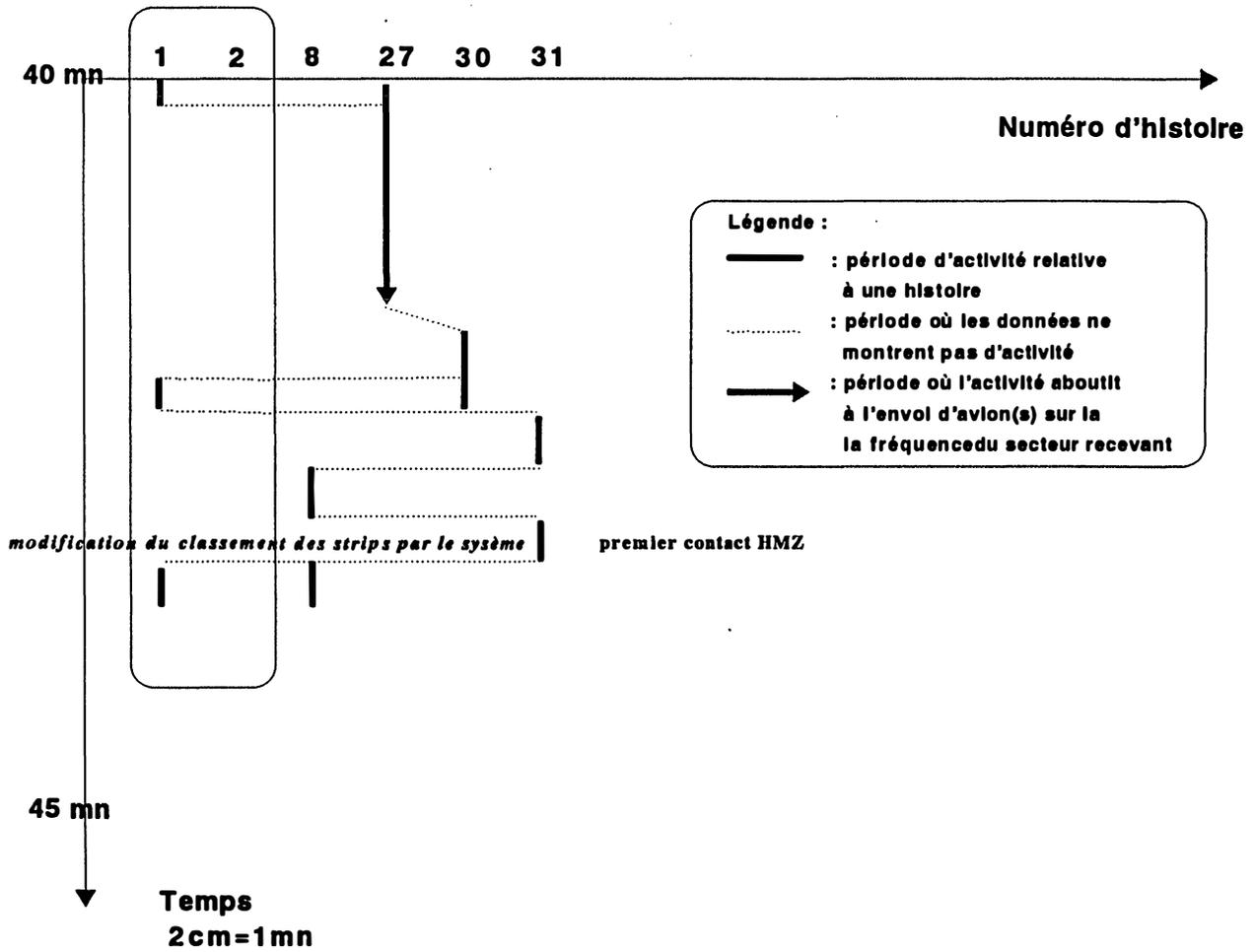
simulation HEGIAS, Janvier 1991, secteur UT/TU,











Le découpage de l'activité du contrôleur utilisant la maquette de la future interface en histoires, telles que définies précédemment, conduit à dégager quatre classes d'histoires semblables à celles décrites pour la position actuelle.

Il est important de souligner :

- qu'à partir de la gestion générale du trafic se dégagent les quatre mêmes classes d'histoires que pour l'activité à la position actuelle de contrôle.
- que toutes les histoires, ainsi que la gestion générale du trafic comportent des séquences nouvelles par rapport à l'activité à la position actuelle; il s'agit de :
 - . séquences liées à l'utilisation de l'interface qui ont pour origine des besoins d'utilisation de la position rencontrés au cours de l'activité; ces séquences correspondent à un changement d'engagement du contrôleur qui peut intervenir à n'importe quel moment dans le déroulement d'une histoire ; les interprétations du contrôleur passent alors de ce sur quoi il agit, à ce avec quoi il agit;
 - . séquences liées au caractère simulé de la situation qui ont pour origine la détermination par le contrôleur d'événements liés au caractère non "réaliste" de l'environnement (le plus souvent, une erreur de simulation).

Selon les définitions données, l'activité liée à l'utilisation de l'interface et au caractère expérimental de la situation constituent des séquences.

Au cours de l'épisode du maintien d'un avion en cap parallèle avec un autre, le contrôleur donne un cap à l'avion. Pour renseigner le système sur le cap autorisé, le contrôleur a une activité propre à l'utilisation de l'interface dont il commente le détail de la réalisation: utilisation de la souris pour particulariser l'avion, ouverture du menu des caps et recherche de la valeur correspondant au cap autorisé. Cette activité, manifeste et racontée par le contrôleur, montre évidemment l'impact du nouvel outil sur l'activité. Il s'agit d'une séquence.

De la même façon, le suivi de deux avions en caps parallèles peut donner lieu à une activité liée au caractère expérimental de la situation. Une erreur de saisie de cap par le "pilote" du simulateur peut transformer le déroulement de l'histoire, ou peut donner lieu à un développement aberrant du trafic. Si le comportement de l'avion reste dans le domaine du possible, le cap de l'avion aura un sens en terme de trafic aérien: effet du vent, mauvaise compréhension du pilote, temps de latence pour que la poursuite radar rende compte d'un changement de cap...; dans ce cas, le caractère expérimental de la situation n'apparaît pas dans l'activité. Si le comportement de l'avion est aberrant, le contrôleur passe d'une activité de maintien d'un avion en cap parallèle, à l'interprétation de caractéristiques erronées de la simulation.

De plus, en l'absence des risques que comporte la situation réelle, le contrôleur peut utiliser le caractère simulé de la situation pour expérimenter une solution qu'il n'aurait pas choisie en salle de contrôle. Il peut tester les limites de la position... Il est important d'identifier ces périodes où l'activité s'explique par le caractère artificiel de la situation, et non pas par la nouveauté de l'outil.

Ces périodes comportent des éléments pertinents pour l'amélioration du banc de test. Elles montrent aussi le caractère pédagogique de la simulation. Par exemple, les études à EDF utilisent les simulateurs pour l'entraînement en conditions extrêmes et rares (Dien et al,1991).

La représentation graphique de la structure de l'activité illustre le fait que les séquences d'activité liées à l'utilisation de la nouvelle position de contrôle sont produites de façon opportuniste selon les besoins d'utilisation que suscite le développement d'une histoire. Au début de la simulation, ces séquences sont courtes et rapprochées. Elles correspondent à des interruptions dans l'analyse du trafic consécutives à la succession des avions arrivant dans le secteur, et qui donnent lieu à des manipulations liées à la prise en compte, à l'intégration, et la réalisation de la fonction "assume" des nouveaux avions (cf: partie2). Au terme des dix premières minutes correspondant à la mise en place du trafic ces périodes sont moins fréquentes et plus longues.

La représentation graphique montre que les séquences liées à l'utilisation de la position diminuent à partir de la vingtième minute. On constate, comme le confirment les bandes vidéo, que durant certains passages où le trafic nécessite de nombreuses interprétations, et où les instructions de contrôle à donner sont nombreuses, le contrôleur n'utilise plus la position, mais assure le contrôle principalement à partir de la fréquence.

En ce qui concerne l'activité que l'on peut attribuer au caractère expérimental de la situation, la structure de l'activité montre qu'elle intervient peu souvent mais concerne des périodes d'activité plus importantes.

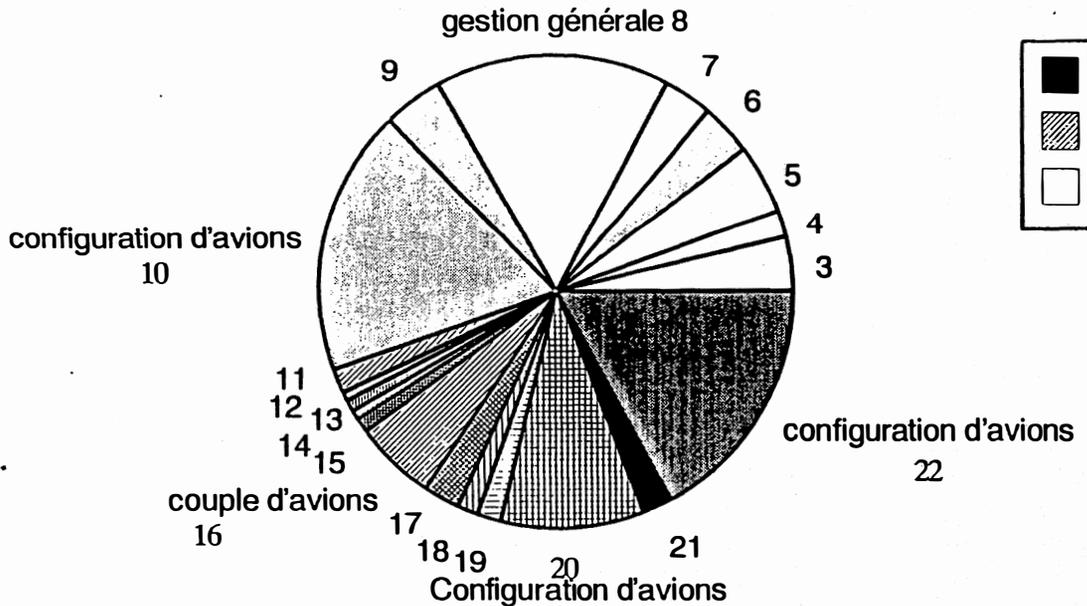
La représentation graphique montre que le temps d'activité lié à des séquences d'utilisation de l'interface, et à son caractère simulé, s'ajoutent à l'activité.

Ces premiers constats sont illustrés par la représentation de la répartition du temps d'activité du contrôleur entre les histoires, les classes d'histoires et la gestion générale du trafic, ainsi que la répartition du temps lié à des séquences d'utilisation de la position et au caractère simulé de la situation :

- 4, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21,, 24, 25, 26 27, 30, 31, 32 histoires d'avion sans problème;
- 3, 7, 5, 6, 23, 29 histoires d'avion ayant une caractéristique particulière;
- 16= histoire de couple d'avions;
- 10, 20, 22, 28 histoires de configurations d'avions conflictuels.
- 1- séquences liées à l'utilisation de la position;
- 2- séquences liées au caractère simulé de la situation;

Répartition du temps d'activité

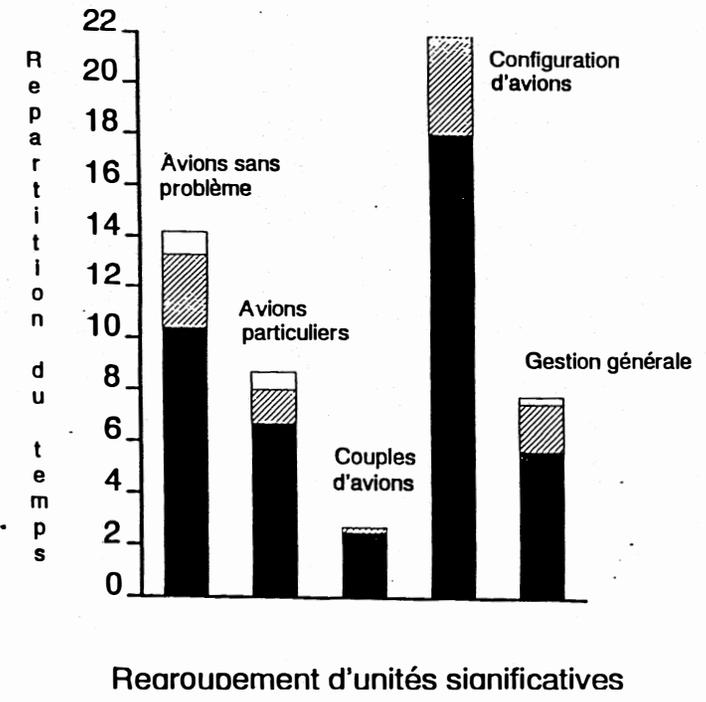
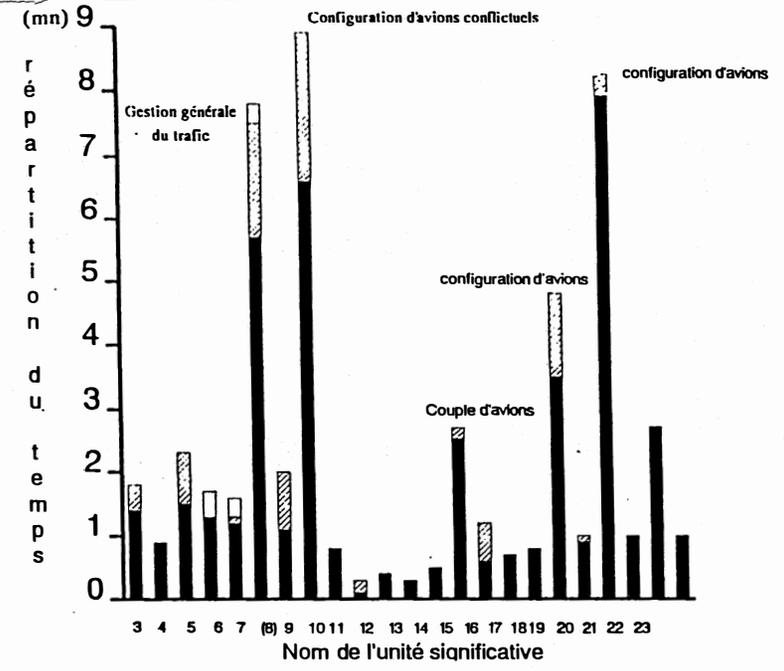
Hegias, repartition de 20 histoires, sur 40mn de simulation



■ temps sans utilisation de la position et du caractère simulé de la situation

▨ Temps d'utilisation de la position

□ Temps lié à la situation simulée



La répartition du temps d'activité entre les différentes histoires et les classes d'histoires ne montre pas de différences qui permettent de conclure à une transformation importante des histoires structurant l'activité (cf: schéma partie 4, 2.4.). Néanmoins certaines différences nécessitent d'être discutées :

- le nombre d'histoires de couples avions et le nombre d'avions constituant les configurations d'avions durant l'activité en simulation avec la maquette de la future interface est plus petit que durant l'activité étudiée avec la position actuelle; on fait l'hypothèse que les contraintes de la maquette limitent les relations qu'établissent les interprétations du contrôleur, de telle sorte que la compréhension du système de relations dans lequel évolue les avions est moins connu par ce dernier;
- la part d'activité consacrée à des avions sans problème et des avions présentant une caractéristique particulière augmente sensiblement; ceci est cohérent avec l'hypothèse précédente, le contrôleur analyse moins le trafic en tant que système de relations entre avions, mais considère les avions plus individuellement.

Ces hypothèses trouvent une explication lorsque l'on considère le temps consacré à l'utilisation de la position et au caractère simulé de la situation qui représentent près du quart du temps total d'activité.

De ce fait, la diminution du temps disponible pour l'analyse du trafic contraint l'identification des relations d'interférence entre les avions. Les savoir-identifier établissant l'existence de configurations d'avions conflictuelles auraient moins l'occasion d'être mis en oeuvre car le contrôleur aurait moins de temps pour prendre en compte des représentations "complexes" correspondant à la mise en rapport d'événements déterminés et/ou de contraintes externes au contrôleur. Ainsi le trafic serait analysé à un niveau moins poussé dans lequel les actions de contrôle sont plus opportunistes. (L'anticollision serait l'expression extrême d'une contrainte de temps importante).

Pour confirmer les tendances établies on peut considérer, sous réserve des remarques discutées précédemment (cf, partie 4; 2.4.), pour les trois heures d'activité recueillies en simulation avec la maquette de la future position :

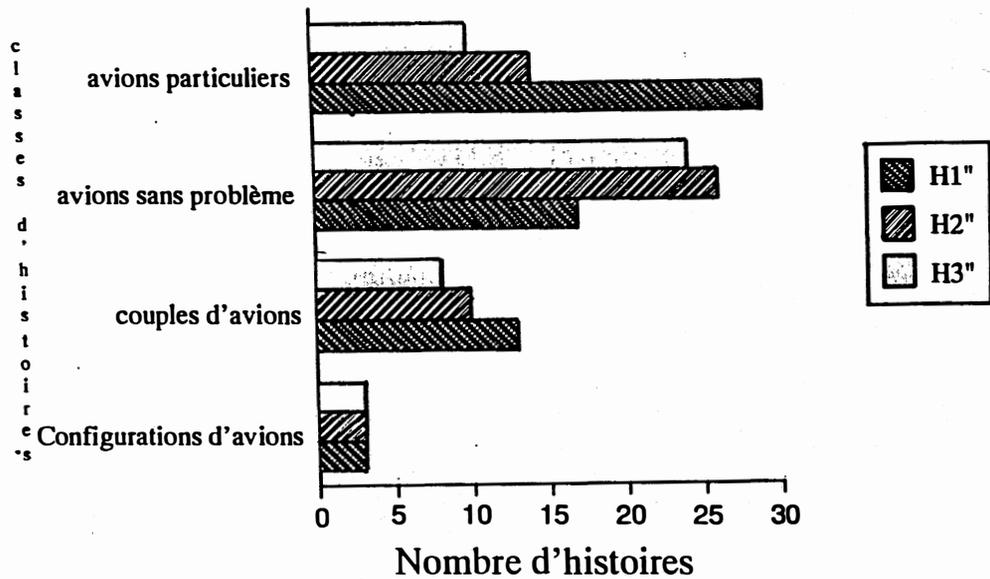
- [le nombre d'histoires]
- [La quantité de commentaires] à laquelle donne matière chaque classe d'histoires
- le rapport entre la [quantité de commentaires à laquelle donne lieu une classe d'histoires] et le [nombre d'histoires pour cette classe d'histoires], soit la [quantité de commentaires relative].

En concordance avec les données présentées en partie 4, on retrouve des caractéristiques de l'activité à la position actuelle :

- les histoires de configuration d'avions sont très peu nombreuses, mais donnent lieu à la plus grande [quantité relative de commentaires];
- les histoires d'avions sans problème sont très nombreuses mais donnent lieu à une toute petite part de commentaires, leur [quantité de commentaires relative] est très faible.

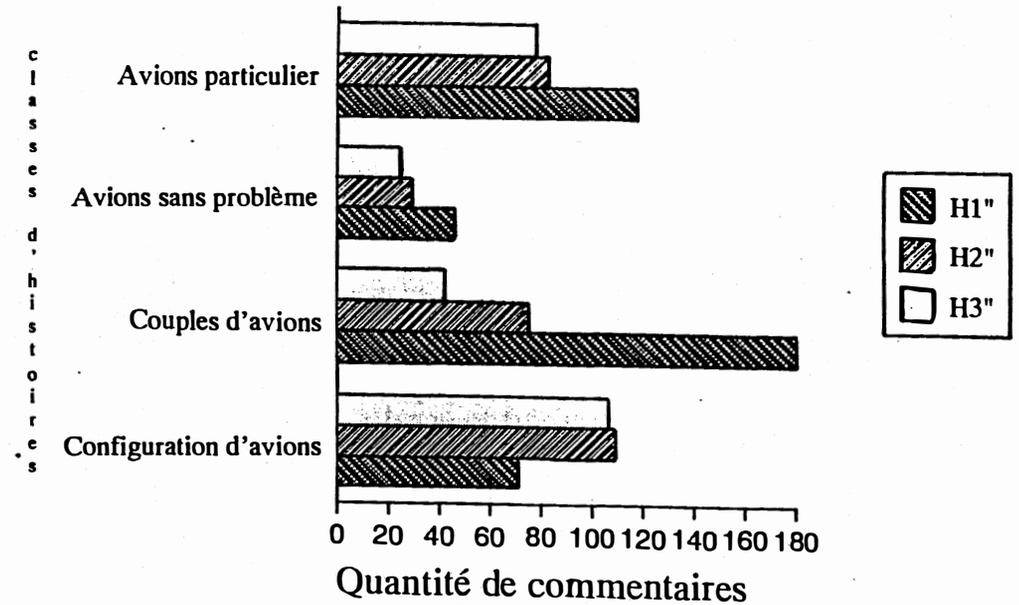
Nombre d'histoires par classes

Trois heures de simulation HEGIAS



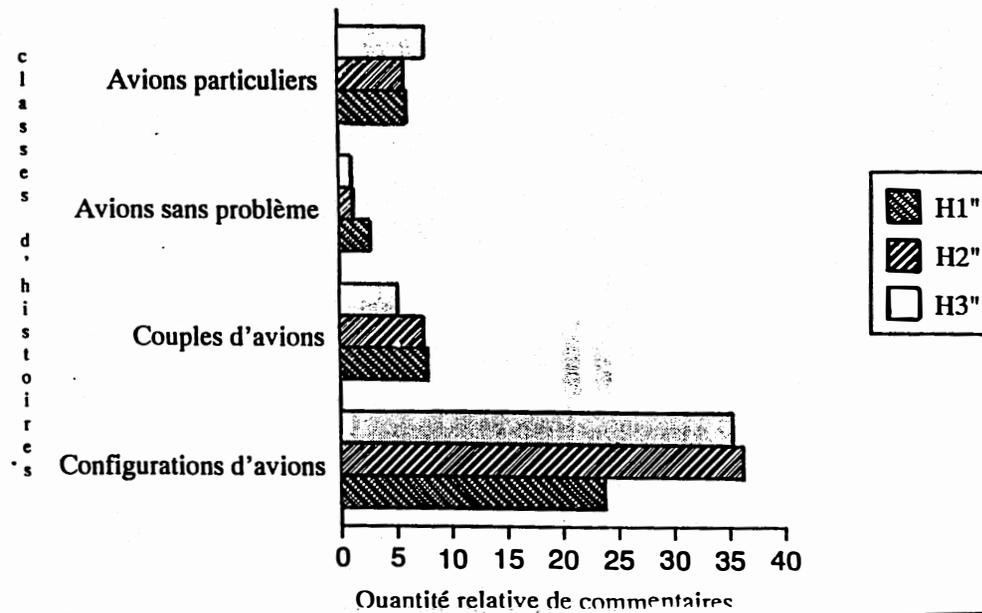
Quantité de commentaires

Trois heures d'expérimentation HEGIAS



Quantité relative de commentaires

trois heures d'expérimentation HEGIAS

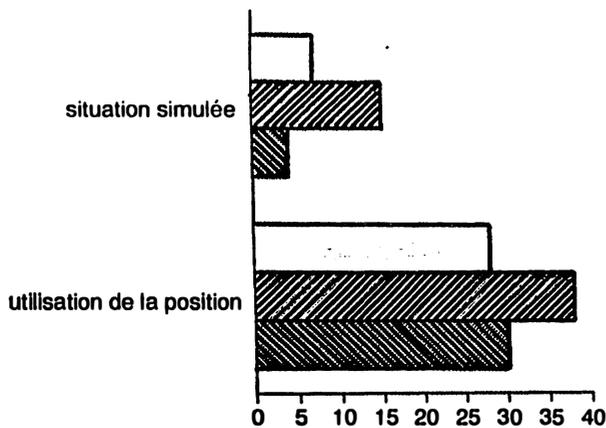


On peut considérer ces mêmes quantités selon les nouvelles séquences liées à l'utilisation de la position et au caractère simulé de la situation. Ainsi on montre que :

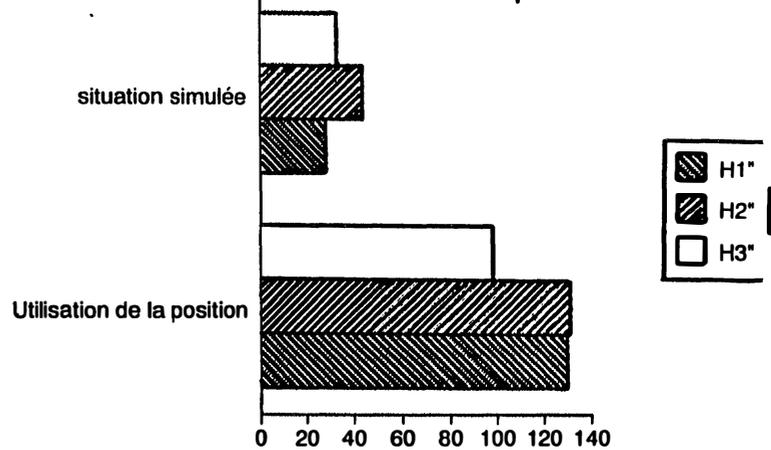
- les séquences liées à l'utilisation de la position sont fréquentes, elles ne donnent pas lieu à des commentaires très longs; elles ne donnent pas lieu à des périodes d'activité longues.
- les séquences d'activité liées au caractère simulé de la situation sont peu fréquentes, mais donnent lieu à des périodes d'activité plus importantes, à des chaînes d'interprétations plus longues.

TROIS HEURES DE SIMULATION HEGIAS

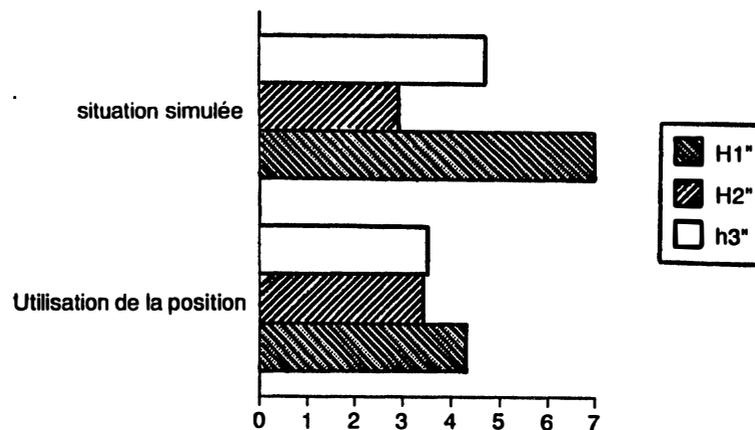
Nombre de nouvelles séquences



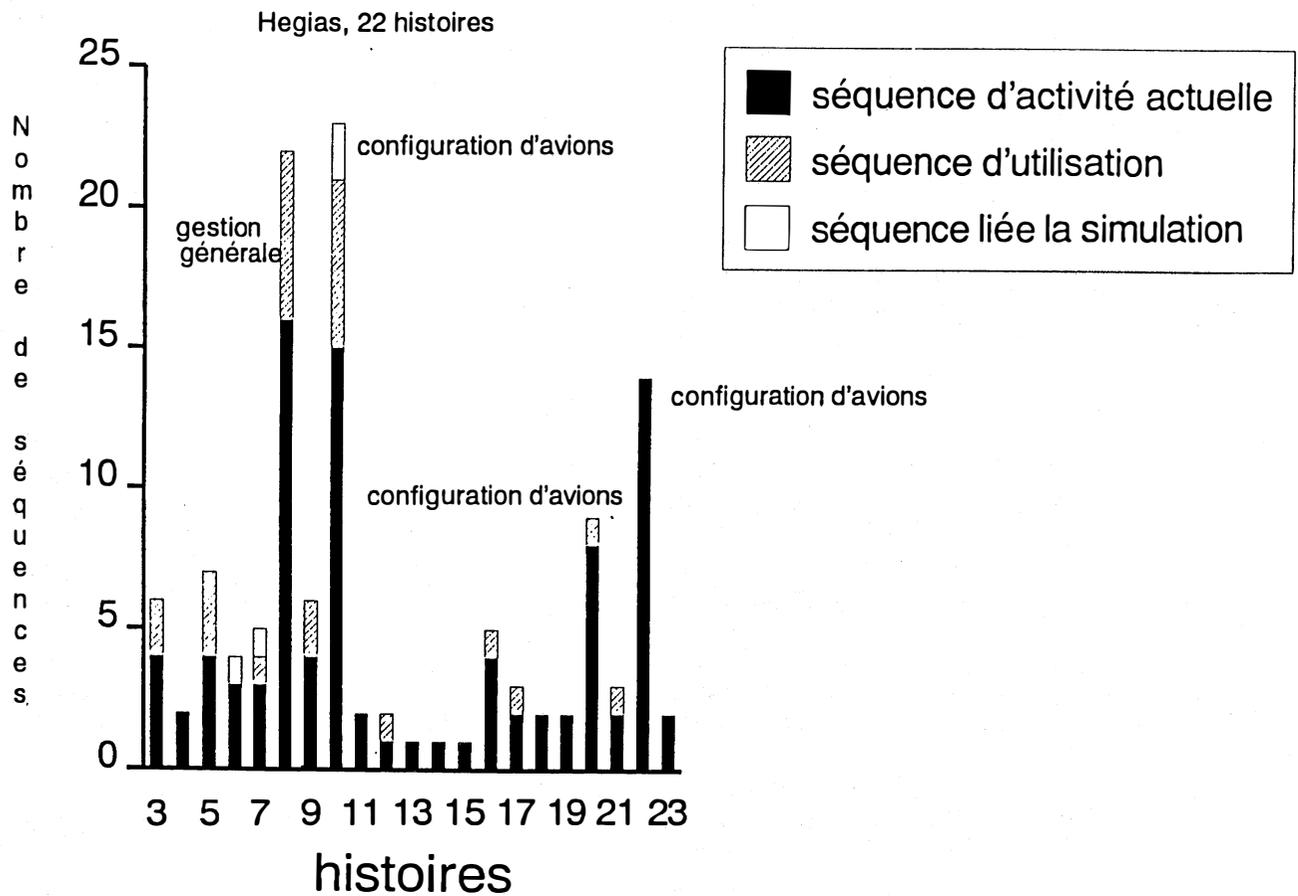
Quantité de commentaires liée aux nouvelles séquences



Quantité relative de commentaires



Nombre de séquences



Il ressort des aspects quantitatifs de l'activité, qu'avec le banc de test il n'y a pas de transformation de l'activité, mais qu'il y a perturbation de l'activité par la non maîtrise de l'outil. La question se pose donc de savoir s'il suffirait de prolonger la durée d'utilisation de l'outil pour que cette perturbation disparaisse?

4.2. MODIFICATIONS DU DEROULEMENT DES HISTOIRES

On a vu qu'en dehors des histoires liées à l'utilisation de l'interface et au caractère simulé de la situation, les histoires structurant l'activité sont semblables à celles à la position actuelle de contrôle. Néanmoins, leur déroulement n'est pas identique du point de vue des épisodes qui les constituent.

L'activité liée à la prévision du trafic lors de l'arrivée d'un nouvel avion à la position est réduite de façon importante.

On a montré que sur la position actuelle cette activité donne lieu à des déterminations du trafic futur avant l'arrivée des avions sur la fréquence (Cf: partie 4). Elle sert de base pour déterminer l'activité future le plus tôt possible. Elle repose sur l'utilisation des informations strips et sur les déterminations préalables du trafic. Elle détermine généralement le début des histoires, et repose sur des routines liées à la lecture,

l'annotation, le classement des strips les uns par rapport aux autres, la recherche de conflit à partir des informations strips...

On a vu en simulation que les cinq premières minutes, qui correspondent à l'arrivée successive des avions dans le secteur, suscitent des activités d'utilisation de l'interface. Le contrôleur ne disposant pas des savoir-faire routiniers nécessaires à l'intégration des avions, voire manquant de certains savoir-faire sur la présentation des informations dans les nouveaux strips et les mini-strips, sur l'utilisation du tableau de strips (tel qu'on le verra plus précisément)... présente une activité supplémentaire qui interfère avec la prévision du trafic.

Au cours des simulations, l'un des participants n'a pas identifié le fait que des strips lui étaient proposés en entrée. Dans ce cas, les avions n'ont été intégrés dans le reste du trafic qu'au moment du premier appel du pilote sur la fréquence. Le contrôleur n'avait alors pas analysé l'avion par rapport au reste du trafic, et n'avait donc pas préparé d'instruction de contrôle.

Cette dégradation de la prévision du trafic avant l'arrivée des avions sur la fréquence a des conséquences sur la suite du déroulement des histoires. Le contrôleur tend à prendre en compte les avions plus tard, lors de leur arrivée sur la fréquence, sans les avoir préalablement intégrés. Les interférences sont alors identifiées plus tard, laissant moins de temps au contrôleur pour se préparer à agir sur le trafic, ce qui le conduit à des solutions moins adaptées aux caractéristiques spécifiques de la situation contrôlée.

La prise en compte des informations étant limitée du fait de la réduction de cette phase de l'activité, on observe parfois que les contrôleurs sont ultérieurement bloqués ce qui les conduit à rechercher a posteriori les caractéristiques d'un avion.

Si les informations associées à un avion n'ont pas été prises en compte à ce stade, les mini-strips ne sont pas ultérieurement suffisant pour déterminer les instructions de contrôle à donner.

L'activité à la position simulée liée à la **préparation du trafic entrant avec les contrôleurs des secteurs donnant** est réduite de façon très importante du fait que la situation utilisée limite les possibilités de simulation d'interactions avec les secteurs adjacents.

Ainsi, ces interactions qui conduisent le contrôleur à préciser les premières déterminations établies lors de l'intégration des strips, de reconsidérer des caractéristiques particulières du trafic, voire d'obtenir de nouvelles informations avant l'arrivée des avions sur la fréquence... n'existent pas.

Il est à noter que dans les rares cas où ces interactions ont été simulées, ces interactions se font non plus verbalement (directement à la position ou au téléphone), mais d'écran à écran.

Comme la structure de l'activité le montre, par la diminution du temps passé au contrôle de configuration d'avions conflictuels, l'activité liée à l'**appréhension globale du trafic reposant sur plusieurs interprétations antérieures** est réduite.

La dégradation de la prévision du trafic et de la préparation du trafic entrant avec les secteurs donnant ont pour conséquence de réduire l'activité correspondant à l'appréhension globale du trafic. En effet, celle-ci repose sur la combinaison d'événement(s) et/ou d'action(s) préalablement déterminés qui sont dégradés avec le banc de test.

L'activité d'attente de l'arrivée des avions sur la fréquence (reposant sur la prise en compte du temps qui s'écoule entre la prise en compte d'un avion, l'identification de conflits, l'évolution des positions... et l'appel des avions sur la fréquence) est réduite sur la maquette du fait de la dégradation des interprétations du trafic avant le premier appel du pilote sur la fréquence.

L'activité liée à la réception des avions en fréquence donne lieu sur la maquette à une activité plus importante du fait que le contrôleur étant moins préparé au trafic entrant doit élaborer les instructions de contrôle à donner à ce moment. Il doit intégrer, "assumer" l'avion, et renseigner le système sur les instructions de contrôle données. Plusieurs manipulations de l'outil doivent être effectuées.

Ainsi cette phase prend une place beaucoup plus importante que dans l'activité actuelle du fait que le contrôleur effectue un rattrapage concernant :

- la prise en compte des informations et leur interprétation;
- les manipulations de la position concernant l'intégration et l'assume des avions.

L'activité de suivi des avions dans le secteur (qui repose sur l'exploitation de l'image radar, la recherche d'informations) augmente également du fait du rattrapage que doit effectuer le contrôleur sur l'analyse du trafic. Le contrôleur recherche où et comment obtenir certaines informations, et doit renseigner le système sur les instructions de contrôle données aux pilotes. Durant cette phase la contrainte temporelle est très forte, toute difficulté étant ressentie comme très pénalisante car la réalisation des actions doit être immédiate.

En ce qui concerne l'activité de préparation de la sortie des avions en fonction des besoins du secteur recevant peu de différences se dégagent.

Il est toutefois à noter que la préparation de la sortie des avions, qui se fait à l'heure actuelle par des communications téléphoniques et verbales avec les contrôleurs des secteurs recevants se déroulent ici par un dialogue d'écran à écran.

L'ensemble de ces modifications de l'activité montre qu'au terme des trois jours et demi de simulation avec la maquette de la future interface l'activité est marquée par une réduction importante de l'anticipation du trafic. Le trafic n'est pris en compte que lorsque les avions sont déjà dans le secteur, le contrôleur a donc moins de temps pour analyser et élaborer ses actions sur le trafic.

5. APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE EN SITUATION DE SIMULATION, A LA CONNAISSANCE DE L'ACTIVITE DES CONTROLEURS DU TRAFIC AERIEN

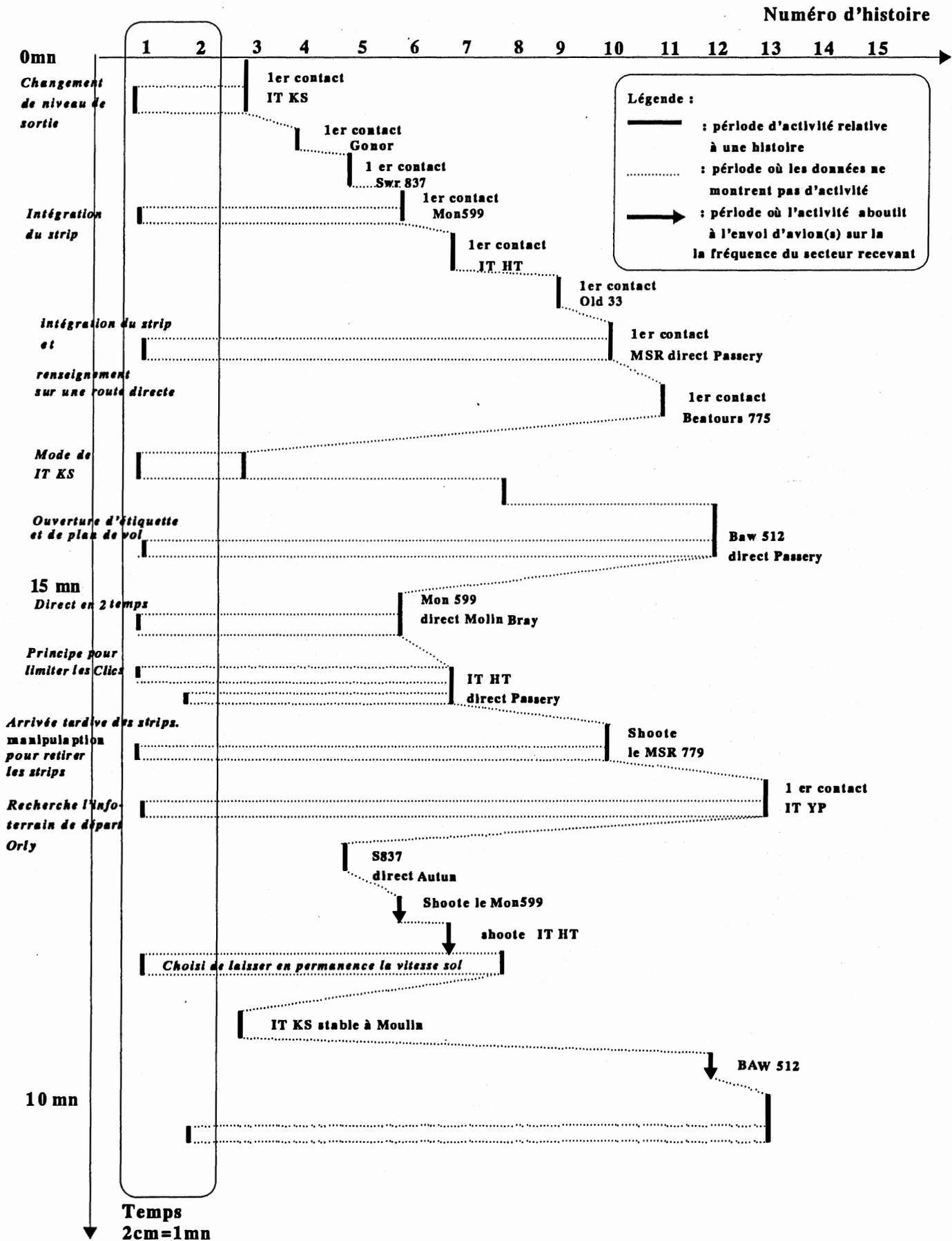
L'expérimentation ergonomique apporte des confirmations et des compléments à la connaissance de l'activité du contrôleur à la position actuelle.

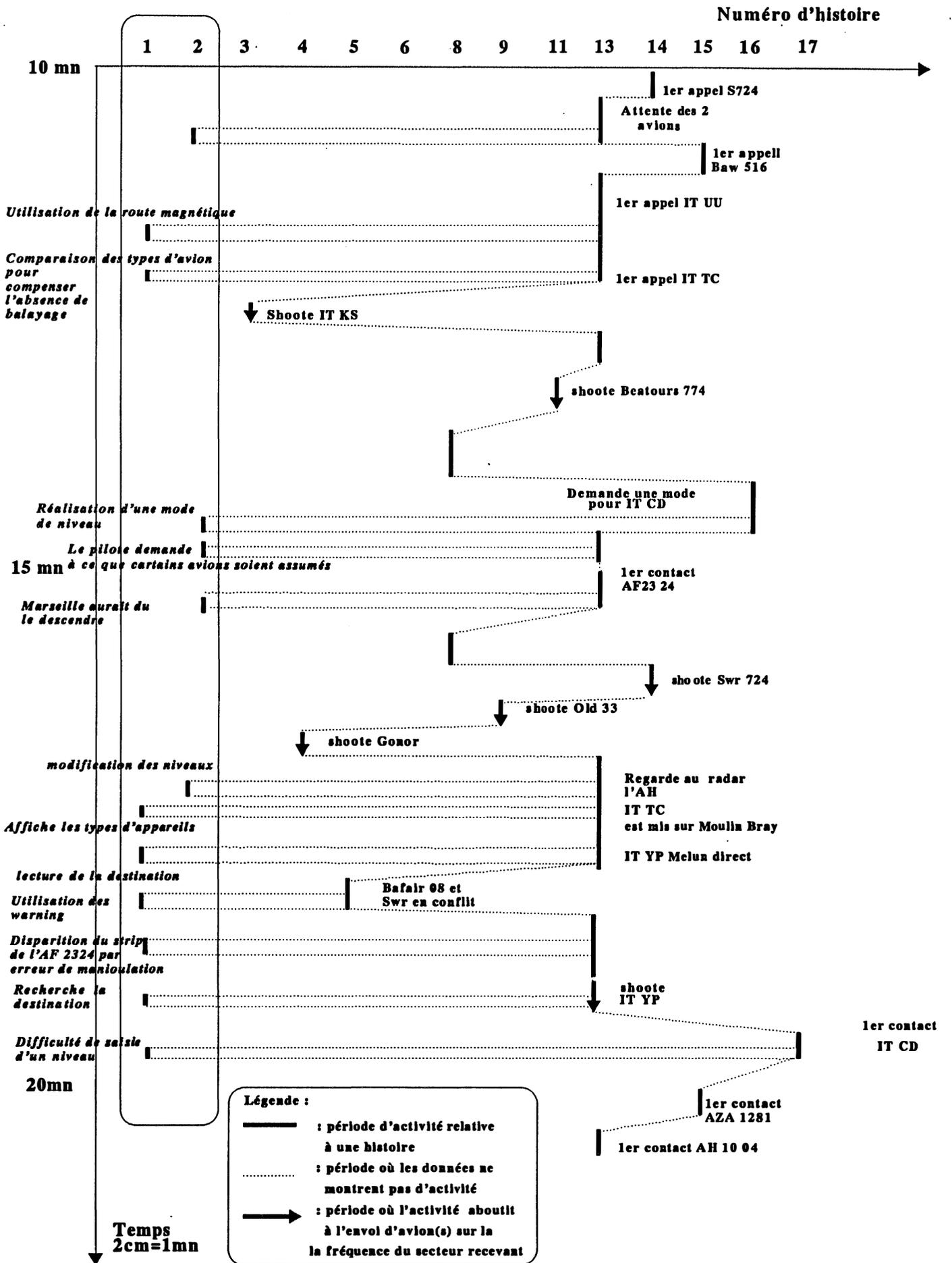
Elle montre la part active du contrôleur à la réalisation du trafic. En effet, chacune des trois heures d'activité en situation de simulation étant effectuée à partir du même échantillon de trafic initial, une comparaison de l'activité pour chaque heure de simulation est possible. On montre ainsi que les Contextes des interprétations des participants sont sensiblement différents. Considérons la structure de l'activité d'un deuxième participant contrôlant le même échantillon de trafic simulé. L'activité s'organise en 27 histoires de la façon suivante :

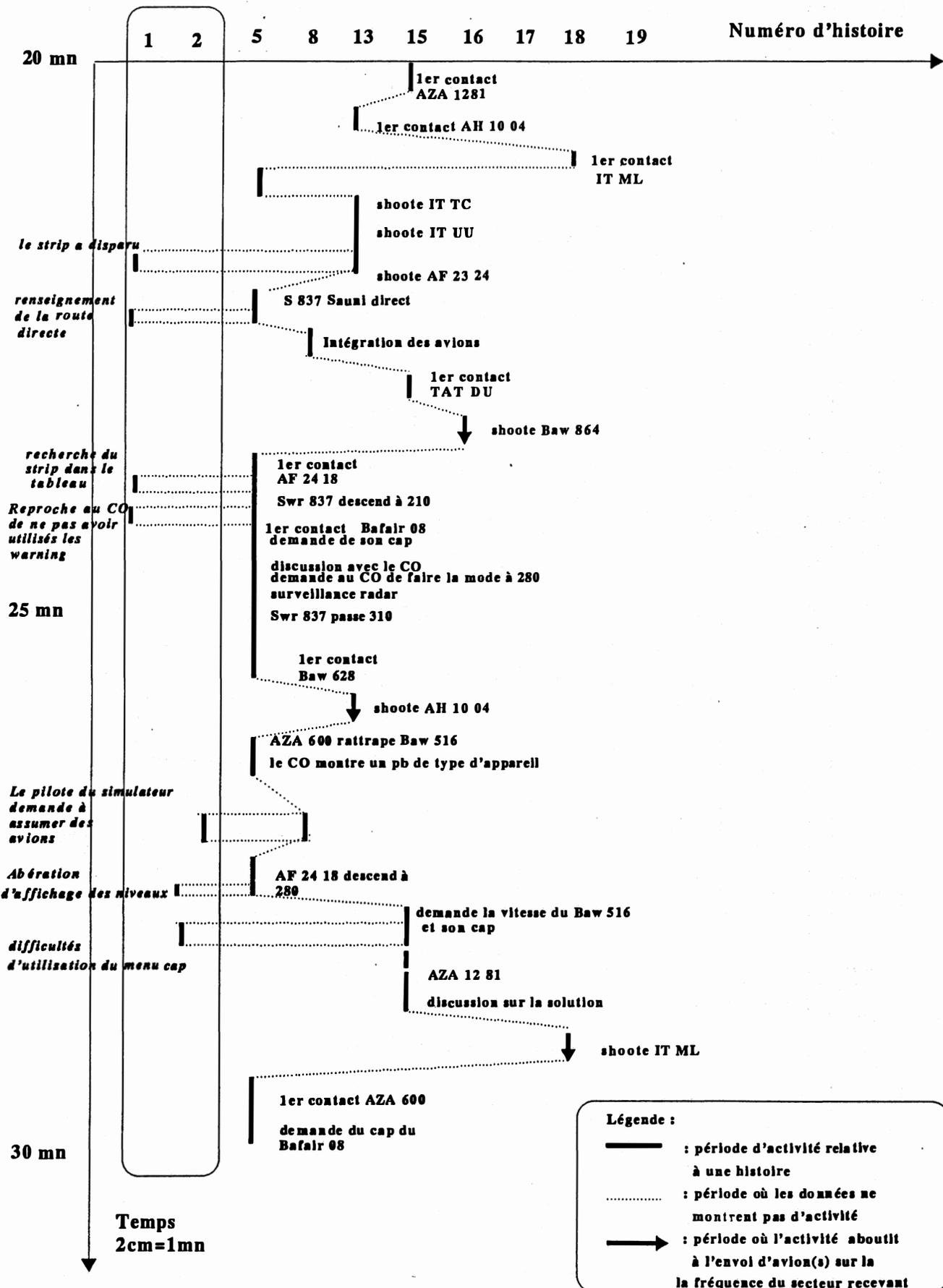
- 3' IT KS;
- 4' GONOR;
- 5' Configuration d'avions (le S837 est en conflit avec Bafair 08, ce conflit est lié au BAW 628, AZA 600, AF 24 18);
- 6' MON 599, direct Moulin Bray;
- 7' IT HT, direct Passery;
- 8' Gestion générale du trafic;
- 9' Old 33;
- 10' MSR, direct Passery;
- 11' Beatours 774;
- 12' Baw 512;
- 13' Configuration d'avions (IT TC et IT UU sont en rattrapage, et interfèrent avec AF 23 24, IT YP, AH 10 04);
- 14' SWR 724;
- 15' Configuration d'avions (Baw 516 est rattrapé par AZA 12 81, et interfère avec TAT DU et BAW 628);
- 16' Baw 864
- 17' Configuration d'avions (la descente de l'IT CD interfère avec Min 502 et l'Air Gabon);
- 18' IT ML ne peut pas avoir de route directe en raison de l'AH 10 04;
- 19' IT MF, le CO l'a prévu trop bas;
- 20' FGEPE;
- 21' TAT XV;
- 22' Ibéria 346;
- 23' IT PA;
- 24' HBVID;
- 25' TAT HM;
- 26' Olympique;
- 27' Britannia 178.

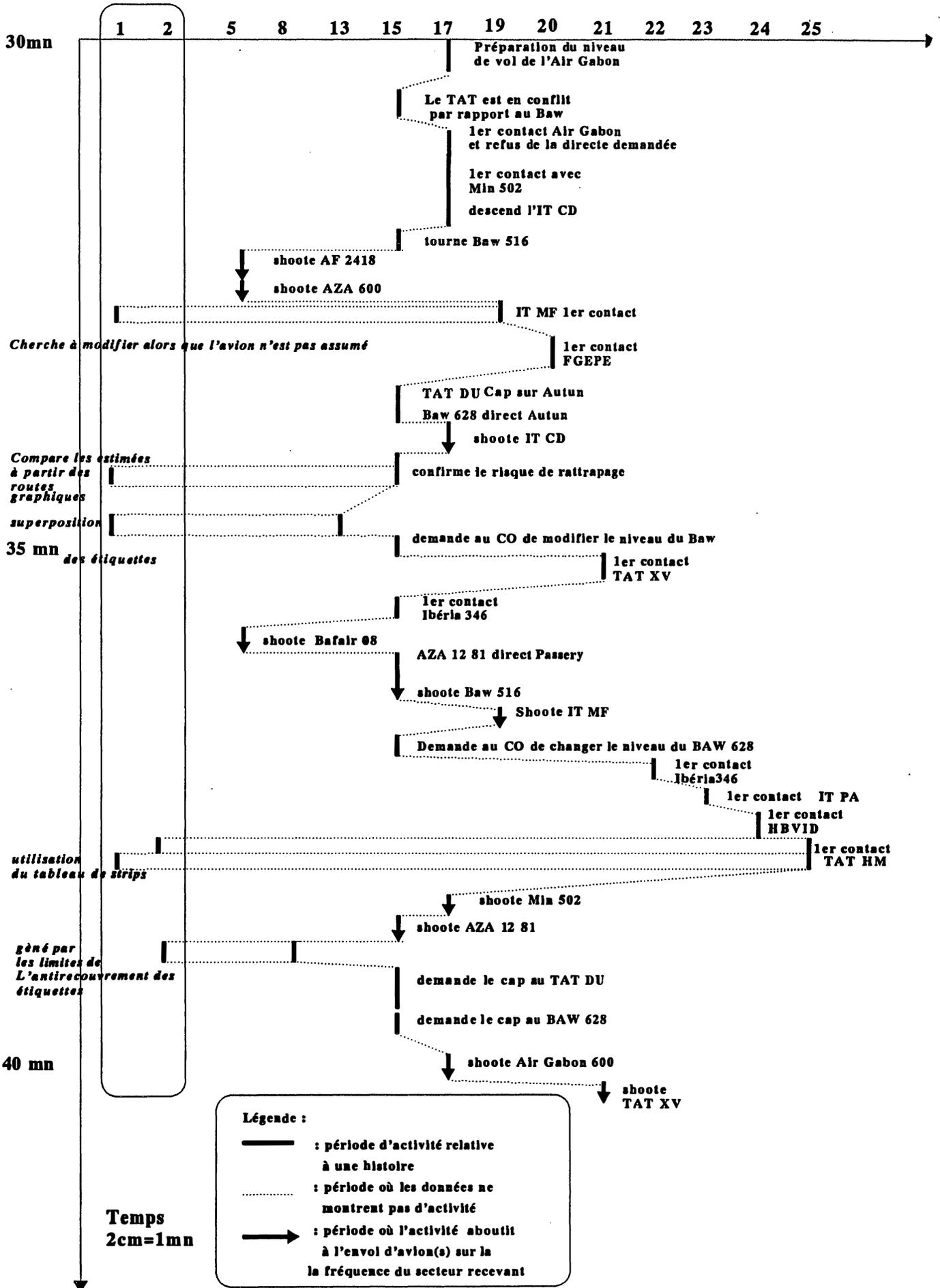
Structure de l'activité du contrôleur

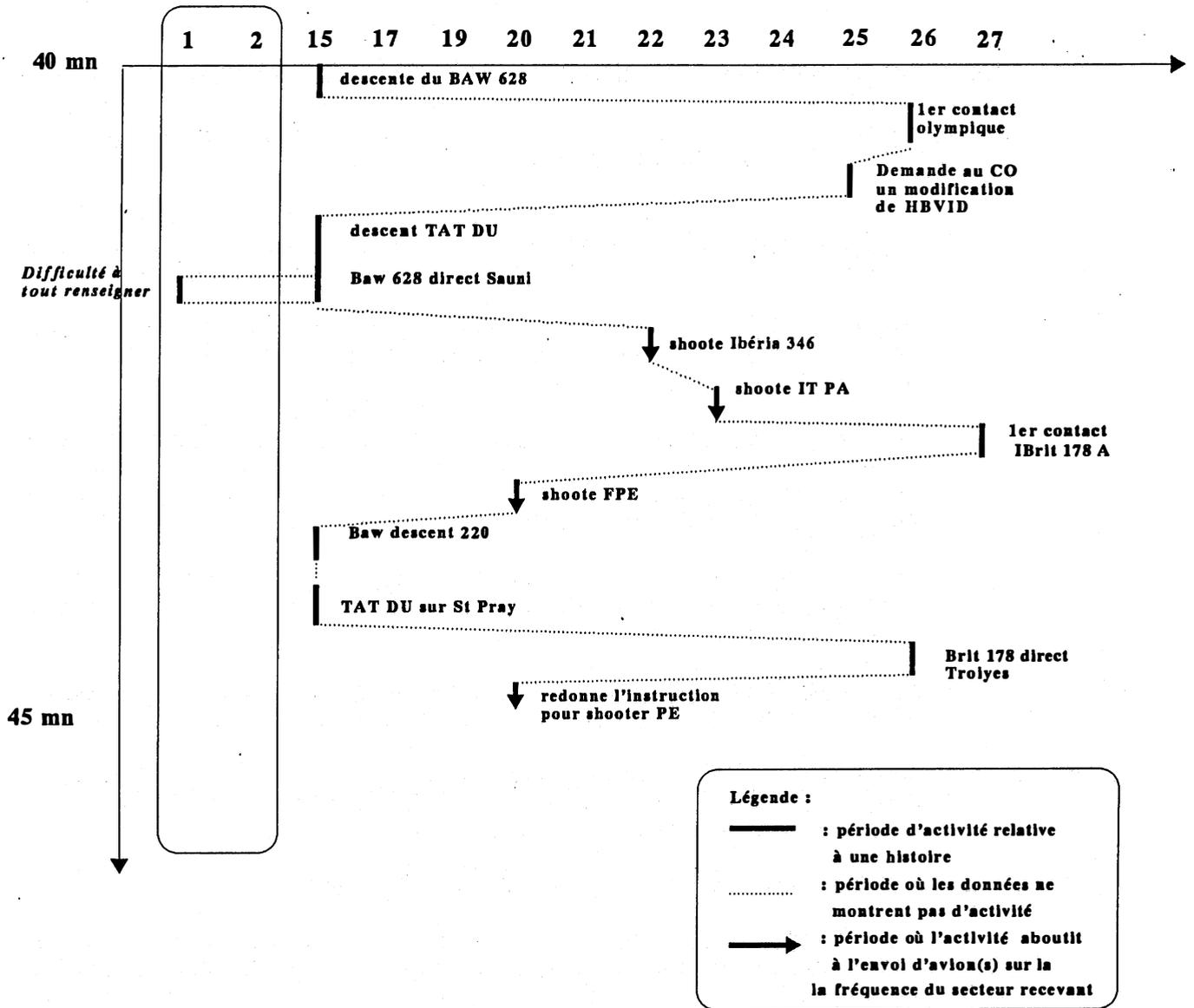
Simulation HEGIAS, Janvier 1991, secteur UT/TU











On montre que pour un même échantillon de trafic les choix d'actions, ainsi que les histoires structurant l'activité des contrôleurs ne sont pas identiques. Ceci illustre le caractère construit de l'activité selon les savoir-faire du contrôleur et les circonstances de la situation. Ainsi, les histoires peuvent être différentes :

- la configuration d'avions (5') n'existe pas dans la première heure d'expérimentation présentée; les avions liés entre eux dans l'histoire (5') sont considérés de façon indépendante dans la première heure d'expérimentation;
- l'histoire (10) du train d'avions sur Autun se retrouve dans les deux heures d'activité considérées; néanmoins dans la deuxième heure d'activité le Baw 864 est absent de l'histoire de la configuration;
- l'histoire (16) du rattrapage de l'AZA 12 81 et du Baw 515 considéré par le contrôleur lors de la première expérimentation n'est qu'une partie d'une histoire plus complexe (15') pour le contrôleur de la deuxième expérimentation; là, ce rattrapage est combiné avec un autre rattrapage;
- le croisement (20) de l'IT CD, du FGEPE et du IT MF est absent de l'activité du contrôleur de la première expérimentation où les avions y sont considérés comme indépendants;
- la configuration d'avions en sortie sur Chamberry (27) n'est pas considérée en tant que telle dans l'activité correspondant à la deuxième expérimentation;
- la descente de l'IT CD qui interfère avec le Min 502 et l'Air Gabon pour le contrôleur de la deuxième expérimentation ne pose pas de problème au contrôleur de la première expérimentation.

Plusieurs facteurs expliquent ces différences de l'activité.

Tout d'abord, les situations comportent certaines circonstances qui les distingues. Ces différences sont principalement dues au pilote du simulateur dont le moment et l'ordre d'appel des avions sur la fréquence ne sont pas toujours identiques, ainsi que les demandes des pilotes au contrôleur. Du fait des actions sur le trafic par les contrôleurs, au fur et à mesure de l'évolution du trafic les situations de contrôle différent de plus en plus sous l'effet de l'activité des deux contrôleurs.

De plus, pour une même situation les contrôleurs développent leurs propres savoir-faire. Ils peuvent donner lieu à un savoir-identifier, et/ou un savoir-planifier distinct, qui produit une détermination de l'activité différente.

Ces différences montrent que l'activité est située telle qu'il a été postulé partie 1. De telles expérimentations réalistes et permettant des comparaisons de l'activité ouvrent des perspectives d'acquisition de connaissance sur le caractère situé de l'activité des contrôleurs.

Dans ce travail les expérimentations montrent que la prise en compte des avions, les manipulations des strips papiers, leur annotation, et la prise en compte des informations apportées par les contrôleurs des secteurs donnant préparent le contrôleur à la détermination du trafic futur et favorisent la compréhension du trafic en terme de configuration d'avions liés entre eux. En effet, l'impossibilité des contrôleurs à effectuer ces composantes de l'activité perturbe le reste de l'activité. Le contrôleur cherche à rattraper les interprétations qu'il n'a pas pu effectuées préalablement à l'arrivée du trafic dans son secteur, il a une moins bonne connaissance du trafic qui se présente ce qui le conduit plus à faire de l'anticollision qu'à analyser le trafic dans son détail et dans sa globalité.

Apports ergonomiques centrés sur la formation

PARTIE 5

APPORTS ERGONOMIQUES CENTRES SUR LA FORMATION

Cette partie repose sur l'analyse de l'activité de chacun des trois binômes ayant participé aux simulations avec la maquette de la future position. Elle a pour objet de répondre à la question de l'aide dont auront besoin les contrôleurs lors de l'introduction en salle de contrôle de la nouvelle position selon :

- (i) les concepts présentés en partie 1;
- (ii) les données recueillies, au cours de la période d'apprentissage "sur le tas" (d'une durée de trois jours et demi), et au cours de la dernière simulation de trafic effectuée au terme de cet apprentissage (Cf: partie 3);
- (iii) de ce que l'on connaît de l'activité actuelle et de l'activité avec la maquette (partie 4).

Si l'expression de besoins d'aide de la part des opérateurs permet de dégager des objectifs de formation, ceux-ci peuvent renvoyer à la conception de la position (sur ce point, seules quelques améliorations de la conception prises en compte dans les versions suivantes de la maquette seront mentionnées). Par ailleurs, la réalisation des objectifs de formation dégagés nécessite une étape supplémentaire, car s'il est une chose que de savoir à quoi former les contrôleurs, il en est une autre que de savoir comment les y former.

La modélisation de l'activité permet de connaître les caractéristiques importantes de l'activité des contrôleurs. Elle constitue un support à l'interprétation de l'activité en vue de répondre à la demande initiale. Cette interprétation de l'activité est orientée par la notion d'aide aux contrôleurs qui consiste non seulement en une contribution à la conception du futur environnement de travail (position, organisation...), mais aussi en une contribution à la formation puisque les contrôleurs ont un rôle actif dans la compréhension de leur environnement.

Bien que l'on mette l'accent sur l'aide par la formation, la modélisation de l'activité actuelle et avec la maquette de la future position comporte également des éléments permettant de contribuer à la conception de la position.

1. APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE A LA CONCEPTION

L'apport de l'analyse de l'activité à la conception prend souvent la forme, de recommandations générales permettant une application à plusieurs situations de travail, ou de recommandations spécifiques à des situations d'actions particulières. Si les premières servent de "garde-fou" face à des choix contraires à de bonnes conditions de travail, les secondes déterminent la forme finale de l'outil conçu et nécessitent une connaissance précise de l'activité à transformer.

1.1. APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE ACTUELLE

La modélisation de l'activité effectuée dans ce travail est opérationnelle pour la conception car elle montre ce que le contrôleur prend en compte pour progresser dans sa compréhension du trafic et pour déterminer ses actions.

* En montrant les difficultés rencontrées par les contrôleurs au cours de leur activité on souligne des contraintes de leur activité qui constituent autant de besoin d'amélioration du système actuel.

Par exemple, il arrive que le contrôleur soit conduit à rechercher sur quelle fréquence se trouve un avion. Ce type de préoccupation s'ajoute à l'objet même de l'activité, le contrôle du trafic. Le choix de développer une fonction "assume contrôle" pour le futur système répond à cette difficulté puisque l'avion "assumé" par le secteur recevant (ce qui correspond à un changement de couleur sur l'image radar) est pour le contrôleur de façon certaine sur la fréquence du secteur recevant.

* En montrant les informations prises en compte les choix de présentation des informations peuvent être guidés.

Par exemple, dans la perspective d'un allègement des informations présentées en permanence, l'analyse de l'activité aide à choisir les informations à afficher en continu ou à présenter à la demande. Ainsi, on montre que l'information "terrain de destination" est non seulement prise en compte lors de l'intégration des avions entrant dans le secteur, mais aussi lorsque le contrôleur choisit une solution à des interférences afin d'arrêter les niveaux auxquels autoriser des avions. Notamment, il apparaît que les symboles des plots d'avions, distincts selon que l'avion va à Orly ou à Roissy permettent à ces moments de trouver une solution en regardant l'image radar et sans rechercher l'information dans les strips. Ces résultats de l'analyse de l'activité conduisent à recommander que cette information liée à la forme du plot de l'avion soit préservée dans le cadre de l'évolution de la position de contrôle.

* En montrant que le contrôleur gère simultanément plusieurs histoires, dont certaines sont des configurations d'avions, on met l'accent sur des aspects de l'activité que la future position doit préserver et aider.

L'organisation de l'activité entre différentes histoires conduit à proposer des outils d'aide à la planification où les différentes histoires en cours seraient représentées les unes par rapport aux autres selon leur priorité pour l'activité (qualitativement et temporellement).

L'organisation de l'activité autour de configurations d'avions conduit à proposer des visualisations sélectives du trafic montrant les liens entre les avions. Il pourrait s'agir sur l'image radar de regroupement des avions constituant une configuration par des couleurs, ou bien de visualisations complémentaires où seule la configuration d'avions serait représentée.

Il est intéressant de constater que ces idées d'aide aux contrôleurs rejoignent celles d'une autre équipe du CENA dont la démarche s'est basée sur un travail d'introspection d'un contrôleur. Ce travail d'introspection a produit un modèle de fonctionnement du contrôleur ainsi que des concepts d'outils comparables à ceux évoqués ci-dessus. Cette convergence des résultats conduit à une validation réciproque des deux études.

Néanmoins, la réalisation de tels outils nécessite de la part du système d'être capable d'établir les liens entre les avions qui sont pertinents pour le contrôleur. Aussi leur réalisation constitue encore une perspective de travail futur.

1.2. APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE AVEC LA MAQUETTE

L'analyse de l'activité avec la maquette de la future position montre des difficultés des participants qui renvoient à la conception de la position. Le lecteur trouvera dans le compte rendu des expérimentations (annexe 5) la synthèse de ces difficultés. Une partie des ces difficultés a été prise en compte par l'équipe de conception qui a modifié la version suivante de la maquette.

2. APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE A L'IDENTIFICATION DE BESOINS EN FORMATION LORS DE L'INTRODUCTION D'UNE NOUVELLE POSITION EN SALLE DE CONTROLE

Pour mettre en évidence les besoins d'aides par une formation des participants, des passages de l'activité des contrôleurs en simulation avec la maquette de la future position, issus de la dernière heure de simulation de chacun des trois binômes ayant participé, sont regroupés selon que l'activité rend compte du besoin de savoir-faire d'utilisation, ou de savoir-faire routiniers. (le lecteur trouvera en annexe 4 les données correspondantes à deux des trois heures d'activité).

2.1. BESOINS D'AIDE POUR UTILISER LA POSITION

L'activité avec la maquette HEGIAS révèle de nouveaux savoir-faire d'utilisation par rapport à ceux mis en jeu dans l'activité actuelle.

"je constate que le MON que j'ai envoyé à l'AO il y a longtemps est toujours en étiquette brillante; il n'a pas été assumé par l'AO";

"avec les couleurs je vois tout de suite que ceux qui sont en orange vont m'arriver; d'ailleurs il y en a un des 2 qui ne va pas m'appeler; je vais être obligé de le réclamer";

"je mets la croix là car je pense que c'est le prochain avion qui va m'appeler, et je la mets donc dans la case pour l'assumer".

Néanmoins, l'utilisation de la nouvelle position sans formation d'accompagnement limite les savoir-faire d'utilisation acquis ce qui génère des contraintes pour l'activité. Ceci conduit parfois à :

- une sous-utilisation de la maquette; les participants ont été peu enclins à considérer l'ensemble des possibilités offertes par l'outil;
- des confusions dans les manipulations engagées;
- des interruptions, des blocages dans le cours de l'activité;

De plus, plusieurs passages de l'activité montrent que même si le participant a bien acquis des savoir-faire d'utilisation, il n'a pas toujours pu les utiliser dans n'importe quelle situation.

2.1.1. Comprendre et utiliser le fonctionnement de la position

Le simple usage de l'outil ne permet pas au participant de toujours en comprendre le fonctionnement. Ainsi, certains passages de l'activité du contrôleur révèlent la nécessité d'acquérir des savoir-faire sur le fonctionnement de la position.

Par exemple, les raisons pour lesquelles certaines informations sont désaffichées à l'initiative du système ne sont pas totalement explicites pour le contrôleur.

Un participant explique, "je shoote quelqu'un à Genève et je ne fais rien car je sais qu'il (le strip sur écran) va disparaître. Normalement j'enlèverais le strip". Le contrôleur sait que le strip va être désaffiché par le système, néanmoins il serait également intéressant qu'il sache que cette disparition du strip n'est pas arbitraire, mais correspond à "l'assume", à la prise en compte de l'avion sur la fréquence par le contrôleur du secteur recevant. La seule pratique de la position ne contribue pas à ce rapprochement entre la présentation de l'information et la logique de cette présentation, alors que cette dernière a un sens par rapport à l'activité de contrôle.

L'utilisation par le système des autorisations de contrôle transmises par le contrôleur n'est pas toujours significative pour ce dernier. En conséquence, par analogie avec le système actuel, par référence à l'activité actuelle le contrôleur se construit des savoir-faire d'utilisation qui parfois ne correspondent pas à la logique du système au risque de remettre en cause la cohérence de la coopération entre le contrôleur et le système. Ceci concerne tout particulièrement le rôle de l'écriture dans les strips.

Un contrôleur commente, "là je renseigne (le système sur l'avion auquel j'ai donné la route) Coulommiers direct, bien que ce soit inutile puisque c'est aligné. Pour la machine, il passera de toute façon par Autun et Bray. Mais je joue le jeu...". Ici le contrôleur renseigne pour "jouer le jeu" mais il n'y associe pas un sens pour son activité. Dans ce cas, si ce renseignement était utilisé par exemple par un outil de détection de conflit, alors la formation se devrait d'expliquer au contrôleur les traitements de l'information effectués pour que ce renseignement soit significatif pour l'activité. Dans le cas contraire cette remarque renvoie à la conception de la position pour laquelle le renseignement systématique n'est plus nécessaire.

"Je l'ai autorisé 210 et je ne l'ai pas mis, c'est vrai que normalement je devrais l'écrire sur mon strip. Je ne l'ai pas mis, je ne l'ai pas écrit d'autant plus que je l'ai shooté. *Car justement l'ayant shooté, ce n'est pas quelque chose qui servira au contrôleur suivant la relève, car il n'est plus sur le secteur.* Moi je ne fais pas la tenue des strips dans les règles de l'art. Là, c'était peut être un moment de fatigue, ou je n'avais plus l'automatisme. J'en avais pris un coup. Je me posais des questions sur des trucs. J'ai peut être eu un moment où j'avais besoin de me reposer, j'ai pas eu la concentration suffisante pour renseigner le strip".

"Là, j'ai la solution de donner le cap sur la fréquence, mais de ne pas le rentrer. Ce n'est pas grave car ça ne concerne que moi"

"En ce qui concerne le renseignement des directs il y a beaucoup de contrôleurs actuellement qui, sachant que l'avion va bientôt être shooté, ne vont pas marquer la route directe sur le strip. Or là, il faut la marquer."

"Je l'ai autorisé et je ne l'ai pas renseigné. C'est vrai que normalement je devrais l'écrire sur mon strip. Je ne l'ai pas écrit d'autant plus que j'allais le shooter. Parce que justement l'ayant shooté, ce n'est pas quelque chose qui servira au contrôleur de la relève. Puisqu'il n'est plus sur mon secteur".

Il est donc important pour le contrôleur de connaître certains mécanismes de fonctionnement de la position, notamment en ce qui concerne les traitements des données effectués par les calculateurs. Les savoir-faire mettent en évidence un écart entre les compréhensions du contrôleur et l'utilisation prévue de la position qui relève soit de la formation, soit de la conception de l'outil.

Dans ce cadre, on suppose qu'en cas de panne, il serait utile au contrôleur de connaître certains aspects du fonctionnement de la position afin d'évaluer les moyens qui restent opérationnels.

L'activité du contrôleur en simulation apporte des éléments de réponse à la question: jusqu'où assurer l'acquisition de savoir-faire sur le fonctionnement de l'interface? En effet, il existe une limite délicate à identifier au-delà de laquelle ces savoir-faire ne sont plus directement utiles pour l'activité, mais relèvent plutôt d'une connaissance encyclopédique. Ainsi on peut se demander quels doivent être les savoir-faire sur l'interconnexion entre les positions, sur les secours qui seront prévus en cas de situation dégradée (panne d'un moyen de dialogue, d'un système de communication...)

Utilisation des champs. "je crois que l'on est planté parce que j'ai voulu marquer 260 et je n'y arrive pas. Et pourquoi je n'y arrive pas? Parce que je n'ai pas "assumé" (le contrôleur dispose du savoir en dehors de l'activité, mais dans l'activité il n'a pas pu l'utiliser).

2.1.2. Utiliser les différentes modalités d'utilisation de la position

Le contrôleur peut utiliser la position de différentes façons pour effectuer une action.

Avec la maquette HEGIAS deux grandes modalités de dialogue sont possibles : les actions sont faites à partir du tableau de strips ou de l'image radar. L'apprentissage "sur le tas" laisse l'utilisateur totalement libre de ses choix.

Quatre des six contrôleurs ayant participé aux simulations ont choisi de dialoguer avec le système à partir du tableau de strips. Ce choix a été fait très rapidement. Cette rapidité s'explique par différentes raisons qui empêchent les participants de véritablement évaluer l'intérêt des dialogues dans l'image radar avant de faire un choix :

- l'activité se réfère actuellement à plusieurs "principes de conduite" qui vont à l'encontre de l'utilisation des dialogues dans l'image radar : "il ne faut pas surcharger l'image radar"; "jusqu'à présent toutes les informations notées sont écrites sur les strips et non pas sur l'image radar."
- le participant est confronté à un changement d'interface en même temps qu'il a à assurer la gestion du trafic simulé; par exemple, le choix des modalités de dialogue étant conditionné par la maîtrise de la souris, les quatre participants concernés expliquent que le dialogue dans l'image radar nécessite de plus grands déplacements du curseur que dans le tableau de strips et une plus grande précision pour cliquer la bonne information dans l'étiquette ou sur le symbole piste de l'avion; les déplacements et la précision de la souris étant considérés comme "coûteux", dès le début de la période d'entraînement, ces quatre participants ont choisi de dialoguer dans le tableau de strips; après quelques tentatives d'utilisation de la souris pour dialoguer dans l'image radar, ils ont confirmé leur opinion initiale et ont très rarement utilisé la possibilité de dialoguer à partir de l'image radar.

Un des participants commente : "Les routes directes se font sans problème à partir du strip. Par contre, pour le faire dans l'image radar je suis obligé de cliquer ici un point, qui peut être très proche d'un autre plot. Il n'y a rien à faire, ça peut être très gênant. Et ensuite, il faut que je déplace mon curseur

jusqu'à Melun qui est de l'autre côté. C'est une grande distance. Alors que c'est beaucoup plus pratique avec le strip". Le contrôleur s'est constitué un savoir-faire d'utilisation sur les avantages et les limites des différentes modalités d'utilisation d'une fonction qui lui sont proposées.

Un autre participant aboutit à un autre savoir-faire d'utilisation. "Je choisis de dialoguer avec l'image radar ou avec les strips selon que le curseur est plus proche de l'un ou de l'autre".

Deux autres participants (un binôme) ont eu une démarche différente qui a abouti à une autre utilisation de l'interface. Spontanément, ils se sont établis une sorte de "plan de formation". Ils ont d'abord choisi de jouer une simulation en assurant tous les dialogues dans l'image radar, puis la simulation suivante en dialoguant dans le tableau de strips. Au terme de l'apprentissage, on constate qu'ils ont développé un savoir-faire qui selon la situation leur permet de choisir si l'action de dialogue sera réalisée à partir des strips ou de l'image radar.

On voit donc que certaines modalités d'utilisation sont écartées dès le début de l'entraînement, avant même d'avoir été essayées et pratiquées. Ces choix se font souvent aux dépens des innovations les plus éloignées des pratiques actuelles qui reposent sur l'écriture sur les strips.

De fait, certains choix d'utilisation sont faits a priori et par simple méconnaissance des autres possibilités qu'offre l'interface. Ce constat est d'autant plus important que, s'il est donné la possibilité aux utilisateurs de personnaliser la présentation des informations, il faut que leurs choix se fassent en toute connaissance des possibilités qu'offre le système.

La maîtrise des différentes modalités d'utilisation de la position sur laquelle repose le déroulement des cours d'action avec la maquette de la future position nécessite que la formation donne initialement au contrôleur les savoir-faire sur les différentes modalités d'utilisation de la position à partir desquels il élaborera ses cours d'action. Pour ce faire, il pourrait être intéressant de guider la découverte de la nouvelle interface par l'utilisateur en l'amenant, grâce à un système didacticiel, à pratiquer chacune des modalités d'utilisation possibles sur une durée qui en assure l'apprentissage. En effet, les exemples suivants montrent qu'en situation il est utile d'avoir au préalable une pratique de l'utilisation de la position.

Cas du choix des modalités de dialogues : "Là, je cherche à changer le cap du Speed Bird... Mais je n'y arrive pas. Je n'arrive pas à désigner le i. C'est un manque d'habitude car j'aurais pu penser à le faire par les strips. Finalement, j'ai abandonné."

Renseignement sur un niveau. "Là, c'est une bataille, je cherche le niveau, alors qu'il est facile à trouver. Je suis resté sur une flèche, ça a défilé trop vite et il a fallu que je redescende en bas pour trouver la valeur, ça se balade dans les deux sens... Je cherche encore, je monte, je descends".

Si en dehors de la situation d'action, le contrôleur sait formellement où se trouve les informations et connaît par exemple la règle d'affichage des niveaux, en situation de contrôle il n'a pas forcément développé le savoir-faire qui lui permet de l'exploiter.

Les nouveaux savoir-faire d'utilisation correspondant à l'usage de la souris sont orientés par la recherche de :

- l'économie du nombre de clicks; par exemple, quatre participants sur six, ont choisi, pour intégrer un mini-strip dans le tableau, de maintenir l'appui plutôt que de procéder en faisant un clic d'ouverture des informations complémentaires suivi d'un clic d'intégration;
- l'économie du nombre et de la distance des déplacements; par exemple, trois participants attendent le désaffichage automatique des routes directes au lieu de refaire une manipulation pour supprimer l'ouverture du champ route;
- la préparation des déplacements à venir; par exemple, tous les participants cherchent à placer le curseur de la souris sur le prochain avion qui devrait appeler afin de le retrouver facilement au premier appel et d'être prêt à l'assumer;
- l'identification des cas où le renseignement du système n'est pas nécessaire;

L'interface comprend également des champs dans lesquels un dialogue peut être effectué avec le système selon le déroulement du vol. Un grand nombre d'erreurs d'utilisation des différents champs ont pu être observées sur les trois heures de simulations considérées. Elles concernent principalement l'intégration, la fonction "assume" et le retrait des strips du tableau. Cet aspect nécessite une acquisition spécifique qui pourrait d'abord être développée dans un contexte plus limité.

Par exemple, plusieurs fois les participants ont cherché à renseigner le système sur un niveau autorisé alors que l'avion concerné n'avait pas été assumé. "Là, je veux corriger un niveau, mais je ne peux pas car je ne l'ai pas assumé"

On observe également des erreurs de manipulation en ce qui concerne le retrait des strips. "là j'ai éliminé un strip dont j'avais encore besoin".

La maquette HEGIAS transforme également les supports de communication entre les contrôleurs. Si le contenu des échanges est toujours le même, la façon dont ils se manifestent dans l'environnement est différente. Les communications verbales (orales ou téléphoniques) sont transformées en communication d'écran à écran. Pour communiquer entre eux sur l'existence de risques de conflits, le CP et CE peuvent marquer les avions d'un "warning". Pour communiquer d'une position à l'autre, des fenêtres de dialogue permettent de négocier les conditions d'entrée et de sortie d'un avion. Il est arrivé trois fois au terme de l'entraînement que le destinataire auquel était adressée la communication n'ait pas identifié le message.

La transformation des coordinations téléphoniques fait disparaître le retour auditif qu'obtient le contrôleur. L'intonation de la voix de l'interlocuteur n'existe plus. De nouvelles habitudes de dialogue sont à acquérir reposant principalement sur une information visuelle des messages à l'écran.

En ce qui concerne la commande de "warning" il est arrivé une fois sur les trois heures considérées que le CE n'identifie pas les marques faites par le CP. Il est également arrivé que les avions proposés à l'intégration ne soient pas perçus.

La formation doit assurer la constitution de savoir-faire utilisables en toutes circonstances. Ceci implique non seulement un entraînement dans les conditions les plus réalistes possibles afin de permettre une véritable activité de contrôle, mais aussi une aide extérieure qui donne au contrôleur un retour sur l'activité effectuée afin d'assurer une progression de la maîtrise de l'outil. D'emblée, l'analyse de l'activité par le contrôleur lui-même se présente comme un des moyens de formation possible.

2.1.3. Comprendre la présentation de l'information

Une partie de l'activité avec la maquette de la future position est consacrée à la recherche de sources d'informations par le contrôleur. En effet, sur chaque heure de simulation, on met en évidence au moins un passage montrant que le contrôleur ne sait pas quelles informations sont accessibles. Dans ce cas, les savoir-identifier ne peuvent pas être utilisés car les Représentamens ne peuvent pas être construits par le contrôleur.

Cas de la vitesse sol. Le contrôleur commente : "On vient de remarquer deux avions de type d'appareil identique. *Comme la vitesse sol n'est pas marquée, je ne peux pas savoir s'il y a rattrapage ou non. /E: tu peux l'avoir à la demande par l'écran tactile ou dans les strips du CP/*: Non, elle n'y est pas... (se reprenant) *Je ne savais même pas qu'elle existait*". En l'absence de ce savoir-faire d'utilisation le contrôleur ne peut pas réaliser la comparaison des deux vitesses des avions pour savoir si les deux avions sont en rattrapage.

En conséquence de cela, on constate parfois (deux fois sur les trois heures finales) que l'utilisateur n'ayant pas le savoir-faire sur la présentation de l'information développe une activité révélant un savoir-faire erroné, et limité par rapport aux possibilités de l'outil.

Exemple de commentaires d'un utilisateur sur sa propre activité : "Là, j'ai été voir sur le strip, sur l'image radar, mais *je n'ai pas vu, le niveau de sortie que je cherchais*. Je demande donc au CP si le niveau de sortie prévu est 270./ E: L'avion était-il stable au niveau 270?/ Oui./ E: C'est pour cette raison que le niveau de sortie n'est pas affiché puisque qu'il est égal au niveau actuel de l'avion./ *C'est une information que je ne connaissais pas*". Le contrôleur sait que l'information est disponible mais il n'en connaît pas les règles de présentation. Il ne peut donc pas se constituer le savoir-identifier qui lui donnerait la valeur du niveau demandé. L'absence de l'affichage du niveau de sortie n'a pas de signification pour lui.

Cette absence de savoir-faire peut non seulement bloquer le déroulement de l'activité, mais aussi la perturber puisque face à une situation de trafic le contrôleur est démuné pour trouver les informations qu'il recherche.

Un participant explique : "Je ne suis pas dans mon élément, je cherche à faire la simulation... *Je ne vais pas au bon endroit tout de suite*. Alors que quand tu es habitué, tu vas directement au bon endroit tout de suite".

Durant les simulations, les participants ont très peu cherché les informations disponibles dans les fenêtres accessibles à la demande (macro-étiquette, route, zoom). La situation d'apprentissage "sur le tas" n'est pas favorable à la découverte, à l'assimilation et à l'utilisation des informations contenues dans ces fenêtres. En effet :

- les contrôleurs ont tendance à se focaliser sur la fréquence; plus l'information est fréquemment utilisée, plus il est entraîné à l'utiliser;
- les contrôleurs ont tendance à utiliser les informations directement accessibles aux dépens des autres.

Or, la hiérarchisation des informations envisagée pour la future position de contrôle, présente les informations le plus fréquemment utilisées affichées en permanence et celles ponctuellement utilisées dans des fenêtres accessibles à la demande afin d'alléger la visualisation du trafic.

L'affichage des différents niveaux associés à un vol est un cas spécifique de la hiérarchisation des informations. Il prévoit que l'absence d'affichage d'un niveau permette d'en connaître la valeur.

L'apprentissage "sur le tas" accentue le déséquilibre entre ces différentes informations. Les participants connaissent parfaitement les modalités d'accès aux informations qu'ils utilisent souvent, mais méconnaissent d'autant plus les modalités d'accès aux informations rarement utilisées. En conséquence, les participants se sont parfois passés d'une information, soit par économie des interprétations à effectuer, soit parce qu'ils méconnaissaient la disponibilité et/ou l'accès à l'information qui leur aurait été utile.

La formation doit compenser ces différences afin que le contrôleur sache où trouver l'information qu'il cherche ponctuellement. Quelle que soit l'information recherchée, il ne doit pas perdre de temps pour savoir si elle est disponible, où elle se trouve et comment y accéder... La hiérarchie des informations doit d'abord être connue pour pouvoir être utilisée.

Dans la situation d'apprentissage "sur le tas" il semble très difficile de faire acquérir aux utilisateurs ces savoir-faire. L'absence d'une étape intermédiaire qui assurerait cette acquisition sur le fonctionnement de l'affichage des niveaux expliquerait certaines difficultés au cours de l'activité.

Pour compenser les difficultés rencontrées au cours de l'activité le contrôleur se constitue des savoir-faire d'utilisation qui lui permettent de poursuivre son activité en se dispensant de la réalisation de certaines actions en fonction des contraintes qu'il prend en compte.

Le contrôleur érige ces propres règles d'utilisation de la position à partir de la présentation générale qui lui en a été faite et de son expérience au cours de la période d'apprentissage. Notamment, il se construit des savoir-faire qui justifient, de son point de vue, de ne pas toujours renseigner le système.

Un participant commente "Là je constate qu'il est à 220 ou 230. Il a dépassé le niveau cléaré. J'ai demandé à Marseille de l'autoriser à 220, *mais je n'ai pas renseigné le strip*. Donc là je m'inquiète de savoir s'il a été arrêté à 220 et je constate sur le strip que je l'ai laissé à 240. Donc je remets 220. *J'ai laissé 240 sans doute intentionnellement car j'ai pensé qu'il montait vers 240*. Mais maintenant que je vois que la situation s'éternise et que de toute façon je serai obligé d'attendre le croisement avec le CD car il est assez loin en face et pour le remonter à 240, il faut qu'il ait croisé le 230. Donc maintenant je viens de constater, ce que je n'avais pas analysé avant, que ce croisement se passerait dans l'AO et que donc je shooterais l'IT MF à 220 à l'AO et donc je renseigne le strip pour que l'AO sache qu'il a été cléaré 220". En assimilant le renseignement du système (Cf: partie 2) à la communication avec les autres contrôleurs et non aux traitements que peuvent en faire les calculateurs, le contrôleur ne renseigne le système sur un niveau autorisé que lorsqu'il estime que ce changement de niveau concerne les contrôleurs de secteurs adjacents.

"Là normalement, sur un strip papier, je noterai 290 dans la case transfert et également sur le strip pour me souvenir qu'il doit descendre. Mais *en fait, comme* je lui ai dit qu'il devait être à 290 à Moulin, et de rappeler pour la descente, maintenant *c'est sous la responsabilité du pilote*". Le contrôleur donne une instruction qui lui permet de se décharger sur le pilote et de ne pas renseigner le système.

Le contrôleur contourne parfois certaines manipulations permettant d'obtenir des informations. Notamment il sait quels renseignements il n'a pas donné au système, et sait donc parfois qu'il ne peut pas obtenir une information car le renseignement du système n'a pas été assuré.

"Là, j'ai un problème très net. C'est l'antirecouvrement des étiquettes. Le fait que, normalement, je devrais aller direct au tableau de strips et que ici je ne le fais pas, montre que *je sais que les strips ne sont pas renseignés sur ce que je recherche. Donc je sais que je serai obligé de faire une manipulation et je cherche à éluder la manipulation.* Je suis embêté par les autres qui m'appellent. Je n'ai pas le temps de faire en même temps les manipulations sur le strip. Je pourrai jeter un coup d'oeil sur le tableau de strips organique, mais il n'est pas assez clair. Je sais que je vais mettre trop de temps à le trouver dans le tableau et en plus il faut que j'en trouve 2. Donc je garde surtout les yeux sur le radar pour surveiller l'espace. Pour voir si ça se rapproche en dessous de 5 nautiques. Là je dis que ce n'est pas le moment de m'embêter à faire des manipulations abominables. En fait mon sifflotement montre que je pense qu'il n'y a pas de problème".

"P: IT KS on peut avoir 27 ou 29? R: IT KS MONTEZ AU NIVEAU 290. *J'aurais dû lui donner 270, c'est plus accessible directement au menu.*"

Le nouveau poste a la particularité de présenter certaines informations à l'initiative du système. Le contrôleur doit gérer et utiliser cette dynamique de présentation des informations.

Cette dynamique de présentation des informations est parfois source d'erreurs qui renvoient à la conception de l'interaction entre le contrôleur et la position. "Là un avion m'appelle. Je vais pour l'intégrer, je clique sur ses éléments, et à ce moment là, le planning me passe un autre avion. Automatiquement, ma liste descend d'un cran et au moment où j'appuie, je me retrouve sur la nouvelle étiquette. J'intègre un autre avion".

Le classement automatique des strips dans le tableau a pour objectif de décharger les contrôleurs des manipulations des strips. Néanmoins, au terme de l'apprentissage "sur le tas", cette nouveauté n'apparaît pas pour le contrôleur comme telle :

- le classement des strips doit suivre les méthodes de classement du contrôleur pour que ce dernier retrouve les strips des avions qu'il recherche; durant les simulations, certains défauts dans le classement semblent avoir détourné les contrôleurs de la gestion des strips
- l'absence des manipulations des strips par le contrôleur fait disparaître une partie de la lecture des strips qui contribue actuellement à la prise en compte des caractéristiques du trafic; cette disparition n'a pas été compensée par une nouvelle activité de prise en compte des données du trafic.

Si de nouveaux savoir-faire ne se manifestent pas dans les cours d'action des participants, on suppose, par rapport à l'activité actuelle, que l'évolution du tableau de strips devrait donner lieu à une nouvelle utilisation des strips, que les simulations ne permettent pas ici de connaître.

De la même façon, les informations dynamiques dans les étiquettes ne participent pas aux cours d'action des participants, néanmoins, à partir de l'activité actuelle on suppose que de nouveaux savoir-faire pourraient exploiter cette information.

Ainsi, si les simulations permettent d'obtenir des éléments montrant la nécessité d'améliorer la connaissance du fonctionnement de la position et de son utilisation, elles ne permettent pas, de ce fait, d'obtenir des données sur la transformation des savoir-faire des contrôleurs experts qui durant les simulations ont utilisé l'interface à partir de leur méthode de travail actuelle.

2.1.4. Corriger des erreurs

Au cours de l'activité, des erreurs de manipulation peuvent se produire. Pour qu'elles ne perturbent pas l'activité, le contrôleur doit savoir les "récupérer". Si le nouvel outil doit être conçu en limitant au maximum ces risques, il n'en reste pas moins qu'ils existent et que le contrôleur doit pouvoir y faire face.

"là j'ai voulu consulter un strip et j'ai dû cliquer dans la barrette qui l'assume. J'ai assumé un avion que je n'ai pas encore en contact. On ne peut pas le remettre dans l'état précédent".

"J'en ai assumé un trop tôt. Là je me suis trompé. J'ai voulu aller lire le strip car je l'avais mal mémorisé, car l'autre m'avait appelé en même temps. Donc j'ai voulu aller relire le strip; je me suis trompé, j'ai cliqué dans la case Assume. Donc j'ai assumé un avion qui ne m'a pas encore appelé."

"Là, j'ai raté la saisie d'un niveau. Normalement à ce stade j'aurai dû le mettre en parallèle. En fait je lui donne juste le niveau pour l'instant. Il a fallu que je donne la directe au Speed Bird. Je suis revenu voir le TAT pour lui donner le cap. Alors que dans la réalité j'aurais dit: "tournez à tel cap et descendez". C'est difficile car il faut rentrer les deux instructions en même temps"

L'un des participants explique : "Là, j'ai eu une petite panique car j'ai des strips qui ont disparu. C'est quand j'ai retiré le strip du Speed Bird... Je n'ai pas très bien compris. Mais en attendant, l'AF qui était là, je ne l'avais plus en strip. Le problème est qu'apparemment j'ai cliqué sur quelque chose qu'il ne fallait pas. J'ai senti qu'il me manquait quelque chose. J'ai essayé de récupérer l'AF, mais je n'y suis pas arrivé".

Une simple erreur de manipulation peut perturber l'ensemble de l'activité. Sa "récupération" fait appel non seulement, comme il a été discuté, à des savoir-faire sur le fonctionnement de la position, mais aussi à une pratique en situation "normale", et en situation inhabituelle.

L'absence de tels savoir-faire, permettant l'activité lors d'une erreur, s'est manifestée durant les simulations par l'incompréhension de certaines "réactions" de l'outil, par des pertes de temps aux dépens de l'analyse même du trafic, par un sentiment d'échec, par un certain énervement face à ses propres difficultés qui ont parfois abouti à l'abandon de l'action engagée...

Il est à souligner que non seulement ces savoir-faire de "récupération" des erreurs doivent être acquis, mais il faudrait aussi qu'ils se transforment en savoir-faire routiniers afin de ne pas perturber la dynamique du cours d'action.

2.2. BESOINS D'AIDE POUR ACQUERIR DE NOUVELLES ROUTINES

2.2.1. Décomposition de routines de l'activité actuelle

Certains cours d'action des participants rendent compte de préoccupations qui dans l'activité actuelle correspondent à une routine. Les participants se préoccupent du "détail" de la réalisation de certaines actions, ce qui n'est pas le cas dans l'activité actuelle. On observe donc la décomposition de certaines actions de l'activité actuelle.

Les routines concernées sont notamment liées à la recherche des informations.

"Là, je suis en train de regarder des informations en 1ère ligne. Ici je veux savoir son niveau de croisière demandé et la destination. Ce sont les 2 prochains qui vont m'appeler. C'est pour savoir à quel niveau il faut que je le mette, et lui, si je dois le mettre sur Sauni ou si je dois le laisser sur la route". La recherche des informations donne lieu à une activité qui est racontée et commentée par le contrôleur, alors qu'avec la position actuelle ces interprétations ne participent pas au cours d'action.

"Là je suis allé voir successivement son niveau demandé et sa destination. Plutôt que de regarder sur le strip, l'écran tactile est plus pratique. J'ai vu les 2 informations, donc je lui ai donné le niveau et la configuration à Roissy". L'accueil de l'avion sur la fréquence de l'avion donne lieu à la recherche de deux informations que le contrôleur commente alors que dans la situation actuelle cette recherche n'est pas commentée.

Les cours d'action montrent que sont aussi concernées des routines liées à l'utilisation de la position, et à l'utilisation des moyens de dialogues.

"Là arrive un nouveau strip, je vais le lire. Je maintiens appuyé car quand je vais le relâcher ça va me le placer dans le tableau. ça fera un clic de moins. Depuis que j'ai découvert ça, je suis heureux comme tout". Le contrôleur décompose la nouvelle procédure de prise en compte du strip d'un nouvel avion arrivant à la position en plusieurs étapes.

Un autre contrôleur choisit de procéder différemment. "Plusieurs avions sont arrivés, je m'occupe de les intégrer. Pour intégrer un avion j'appuie dessus, puis je re-appuie dessus. Je ne maintiens pas le clic intégré."

"Là je suis en train de donner 280 à l'IT HT. Je renseigne les strips sur le niveau."

"Le Speed Bird m'a appelé, j'ai ré-ouvert son étiquette, son plan de vol."

2.2.2. Besoin de nouvelles routines correspondant à de nouvelles fonctions de la position

L'activité des participants comporte des passages correspondant à l'utilisation des nouvelles fonctions (renseignement du système, assume contrôle) de la position. Ces passages d'activité, servant uniquement à utiliser la position, nécessitent que la formation les rende "transparents" en leur assurant le statut de routine alors qu'ils sont pour le moment décomposés.

Une partie importante des actions concernées par cette décomposition concerne les communications sur la fréquence auxquelles sont actuellement associées d'autres actions d'écriture ou de manipulation des strips. Avec la maquette, elles sont remplacées par un dialogue qui consiste à renseigner le système, et qui induit l'activité suivante :

- le contrôleur renseigne le système avant de donner une instruction de contrôle; ceci ne correspond plus au renseignement du système sur une instruction de contrôle donnée, mais à des intentions d'instruction;

Il est arrivé qu'après avoir renseigné à l'avance le système sur une action de contrôle prévue, celle-ci ne s'avère plus nécessaire. Pour ne pas refaire une modification, le participant a tout de même fait l'action sur le trafic. Ainsi le participant commente :

"J'avais prévu de le descendre à 330, parce qu'il était en conflit à 350, face à celui-ci que je montais à 350. Finalement ce n'est pas la peine. Je le descends quand même car c'est trop lourd de refaire encore une modification de niveau"

"Là je suis en train de renseigner le 138 du ML qui passe Moulin direct sur Moulin. C'est un problème car tu peux très bien renseigner une directe et que le secteur suivant demande de le laisser en route standard. A ce moment-là tu ne peux plus revenir sur le strip".

- l'utilisateur renseigne le système après avoir donné l'instruction au pilote. Si un événement intervient avant que le renseignement ait été assuré, soit le renseignement est effectué mais le contrôleur prend du retard, soit le renseignement n'est pas effectué au risque de ne plus avoir de trace de l'instruction donnée et de l'oublier comme on a pu l'observer deux fois durant les simulations finales.

Un participant commente: "A l'entrée dans le secteur, le Speed Bird m'appelle, je lui dis de monter pour qu'il libère rapidement 350. Mais je n'ai pas renseigné le système car je suis sous tension. Ce qui m'intéresse c'est son cap, ce n'est pas de renseigner le strip. Ce n'est qu'après, que je renseigne le strip. Mais si à ce moment-là, j'avais eu quelque chose d'autre à faire, je ne l'aurais pas rentré"

- comme il a été vu, le contrôleur développe des savoir-faire qui selon le cas lui permettent de ne pas renseigner le système.

Les actions de dialogue liées à la fonction assume contrôle font également encore parfois l'objet d'une décomposition.

A propos de "l'assume" d'un avion dans le cas où une clearance est donnée en même temps que l'assume contrôle, un des participants commente "Par contre, là, avec le renseignement du strip, l'assume m'a forcé à réfléchir à ce qu'il fallait que je fasse"

La décomposition de certaines actions a des conséquences importantes sur le déroulement de l'activité :

- sur les actions concernant un avion; "Cet avion j'avais prévu de le mettre en cap parallèle. En réalité, je ne vais pas le faire car comme je suis occupé ensuite, je n'aurai pas le temps de rentrer le cap. Dans ma tête, je me dis, finalement je vais le laisser à ce cap-là et le remettrai sur SPR directement"
- sur la façon de travailler; "là, ça a été flagrant, à partir du moment où il y a une charge de travail importante, je n'ai plus le temps de rentrer les informations. Là, c'est bien vu puisque j'ai changé ma méthode travail".

La formation devrait contribuer à transformer en routine la réalisation de certaines actions, afin que le déroulement des actions n'influence pas le choix des actions constituant l'activité.

Par exemple, pour que le renseignement du système soit intégré à l'activité, il faut qu'il soit fait en même temps que l'activité de communication qui lui correspond.

Cette acquisition peut se faire au préalable en dehors du contexte d'une situation complète de contrôle du trafic. L'objectif est que le dialogue soit synchronisé à la communication correspondante, qu'il y ait composition des actions. C'est-à-dire que l'activité associe les différentes actions liées à l'apprentissage de la maquette.

Si l'acquisition de ces routines n'est pas possible la position doit alors être modifiée. Il est à remarquer que la reconnaissance vocale et la reconnaissance de l'écriture ouvrent des perspectives d'aides à l'utilisation de la position.

Activité actuelle	[communication-écriture]	= 1 action pour l'utilisateur
Apprentissage Décomposition	[communication]+[renseignement]	= 2 actions pour l'utilisateur
Activité visée Composition	[communication-renseignement]	= 1 action pour l'utilisateur

2.3. VALEURS ET LIMITES DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE POUR LA QUESTION DE L'AIDE LORS DE L'INTRODUCTION DE LA NOUVELLE POSITION

Cet essai d'analyse de l'activité en simulation, délimité par la question de l'aide aux contrôleurs experts lors de l'introduction de la nouvelle position, montre que si la réponse à cette question comporte des limites, l'analyse de l'activité apporte des éléments qui dépassent cette seule question.

En ce qui concerne la contribution de ce travail à la formation d'accompagnement lors de l'introduction de la nouvelle position de travail, la non-maîtrise de l'utilisation de la nouvelle position et des nouvelles fonctionnalités ayant perturbée l'ensemble de l'activité, l'apport de ce travail est de montrer ce qu'il est nécessaire que les contrôleurs connaissent pour pouvoir utiliser la nouvelle position.

Les trois jours et demi d'apprentissage dans les conditions décrites ne sont pas suffisants pour que les contrôleurs puissent véritablement utiliser la position. On montre qu'il ne s'agit pas d'une question de durée d'utilisation de la nouvelle position, mais qu'il est nécessaire de mettre en place une formation construite.

L'activité analysée n'ayant pas dépassé l'obstacle de la maîtrise de la position, il n'a pas été possible de discuter de la transformation des savoir-faire. En effet, il apparaît qu'au terme des trois jours et demi les contrôleurs utilisent leur savoir-faire selon les domaines de savoir-faire qui structurent leur activité actuelle. Avec la maquette de la nouvelle position les seules transformations des savoir-faire qui se manifestent sont liées aux nouvelles fonctions et à la transformation de l'environnement qui change leur l'ancrage des savoir-faire.

On suppose néanmoins que la nouvelle position comporte potentiellement certaines transformations que nous ne pouvons ici que supposer à partir de la connaissance de l'activité actuelle et de la maquette de la future position. Ces modifications concerneraient l'utilisation du tableau de strips, de l'image radar, l'anticipation....

Au delà de ces limites, l'activité avec la maquette de la future position dépasse cette seule question :

- elle constitue un prolongement et une validation de l'analyse de l'activité à la position actuelle; les histoires qui la structurent sont semblables, l'absence des interprétations préalables à l'arrivée des avions sur la fréquence a des conséquences sur le déroulement des histoires.
- elle constitue un moyen de contribution à la conception de l'outil; il apparaît clairement (dans les exemples cités) que les significations pour le contrôleur conduisent à des améliorations de l'interface; l'analyse de l'activité est un moyen de participation des contrôleurs à la conception et l'évaluation de leur outils (Dujardin, 1992).
- elle pourrait être utilisée comme un moyen de formation des contrôleurs; en effet, en autoconfrontation, à la position "copie", en confrontation au commentaire de leur activité à partir de la position "copie" le contrôleur est conduit à mettre en rapport son utilisation de l'outil et le contrôle effectué (Vermesch; 1991).

Conclusion—perspectives de recherche

CONCLUSION-PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Afin de situer cette modeste contribution à la recherche ergonomique, il convient de discuter la valeur, les limites et les perspectives qu'offrent cette première analyse de l'activité des contrôleurs de la navigation aérienne telle qu'elle a été menée ici, dans un environnement préservant la complexité des situations réelles.

L'ensemble de ce travail montre l'intérêt du pari qui est fait ici, d'analyser systématiquement le travail "sur le terrain" d'opérateurs dans leur milieu naturel, confrontés à des tâches réelles, en temps réel (ici le contrôle d'un processus continu). Il montre également combien cette démarche ouvre des perspectives de recherche par les besoins qu'elle suscite de nouveaux concepts pour modéliser l'activité, de méthodologies de recueil de données préservant la réalité de l'activité étudiée, et le besoin de définir des critères de validité, et de vérification des résultats qui ne relèvent plus des cadres bien connus de l'expérimentation et qui sont nécessaires à la généralisation des résultats obtenus à partir des périodes d'activité étudiées.

1. Apports, limites et perspectives de la recherche pour la définition de concepts pour l'analyse de l'activité

La réalisation de ce travail valide les concepts initialement définis pour l'analyse de l'activité. En effet, ces concepts initialement postulés, et définis de façon générique pour l'analyse de l'activité d'opérateurs en situation de travail permettent de modéliser ici l'activité de contrôle du trafic aérien en situation réelle :

- leur mise en oeuvre constitue la première modélisation de l'activité d'opérateurs de contrôle de processus continu à partir de concepts inspirés de l'étude des cours d'actions;
- les concepts définis guident l'élaboration des recueils de données; ils posent des exigences concernant le réalisme des situations dans lesquelles l'opérateur effectue son activité, des exigences concernant les recueils de données, les supports d'observations, les conditions et le déroulement des entretiens;
- les concepts définis établissent des liens entre l'activité et les savoir-faire ce qui permet d'inférer de façon argumentée les savoir-faire des contrôleurs à partir de leur activité;
- les concepts définis permettent une modélisation des données recueillies qui a servi de support pour l'élaboration de recommandations pour la formation d'accompagnement des contrôleurs experts lors de l'introduction d'une nouvelle position de contrôle, et pour des propositions d'amélioration de la conception qui ont été en partie prises en compte dans les versions suivantes de la maquette.

La validation des concepts définis, par leur mise en oeuvre, constitue une première étape rendue nécessaire du fait de la "complexité" de l'activité des contrôleurs du trafic aérien. Au terme de ce travail, l'utilisation du modèle du signe triadique dans le cas spécifique du contrôleur du trafic aérien ouvre des perspectives de développement et d'enrichissement des concepts :

- le Représentamen; la variété et la complexité des Représentamens nécessiteraient des précisions, des distinctions du concept pour progresser dans la modélisation de ce qui est pris en compte par le contrôleur; cette perspective est liée à l'élaboration de méthodes mettant plus en évidence ce que prend en compte le contrôleur;
- les événements et les actions; ils nécessiteraient des distinctions supplémentaires pour rendre compte du fait que
 - . les "actions à préciser" déterminées par le contrôleur ouvrent des parties d'activité comportant elles-mêmes des événements et des actions qui peuvent se dérouler sur toute une période d'activité;
 - . les événements et les actions, qui donnent lieu à la transformation progressive de la compréhension du trafic contrôlé, concernent non seulement des moments passés, présents et futurs, mais aussi des périodes complètes d'activité;
- le Contexte; les transformations du Contexte suggèrent la mise en oeuvre par le contrôleur de savoir-faire très "globaux" qui changent sa compréhension de la situation.

2. Apports, limites et perspectives de la recherche pour la méthodologie ergonomique

D'un point de vue méthodologique cette recherche est orientée par la question de l'accessibilité des savoir-faire d'opérateurs d'experts à partir de leur activité (dans un domaine d'application où l'expertise s'appuie sur une période de formation et d'entraînement de plusieurs années). Le recueil de données doit mettre en évidence, sans la perturber, la signification pour l'opérateur d'un environnement qui se caractérise par sa complexité et sa dynamique. La méthodologie employée doit révéler les représentamens "complexes" que se construit l'opérateur pour interpréter son environnement, et doit révéler les unités significatives pour le contrôleur.

L'apport de ce travail concerne d'une part la méthodologie d'analyse de l'activité, et d'autre part le déroulement et la réalisation "d'expérimentations ergonomiques" centrées sur l'analyse de l'activité.

Les méthodes élaborées relèvent d'une méthodologie, visant à analyser l'activité en rapport avec la situation dans laquelle elle se déroule. Elle est généralisable à d'autres situations de travail et repose :

- sur une période préalable assurant l'apprentissage de l'activité par l'analyste et la connaissance mutuelle entre l'analyste et les opérateurs dont l'activité est analysée; cette période est nécessaire au déroulement des recueils de données, notamment des entretiens;
- sur des données de base issues de l'activité (ici film vidéo) qui constituent le support à partir desquels sont re-situés les commentaires;
- sur le recueil de données complémentaires établissant un lien fort entre l'activité

effectuée et la situation dans laquelle elle se déroule;

. la méthode de l'autoconfrontation est utilisée;

. on propose une nouvelle méthode basée sur la technique de la position "copie", couplée à la confrontation aux commentaires obtenus en position "copie"; elle constitue une nouvelle situation de verbalisations complémentaire à celle de l'autoconfrontation car elle se caractérise par l'obtention de commentaires obtenus à partir de l'activité en situation;

L'intérêt de cette nouvelle situation de verbalisation est de valider, et de compléter, les données obtenues en autoconfrontation sur la signification pour le contrôleur au cours de son activité. Elle offre également potentiellement des perspectives de mise en évidence des différences inter-individuelles, et constitue de ce fait un moyen pour valider les connaissances acquises sur l'activité par rapport au reste de la population étudiée.

Cette recherche montre qu'à partir de ce noyau méthodologique, il est possible :

- d'utiliser des méthodes moins systématique telles que l'observation des difficultés des contrôleurs durant la période d'apprentissage "sur le tas";
- de définir des critères permettant de sélectionner les passages de l'activité dont l'analyse est la plus pertinente par rapport à la recherche de connaissances sur l'activité et aux objectifs pratiques de l'analyse; notamment une évaluation quantitative des histoires étudiées par rapport au reste de l'activité est proposée.

L'apport de cette recherche est également de poser cette méthodologie comme un moyen de contribution au projet de conception par l'étude de l'activité en situation actuelle et dans des situations de travail à mi-chemin entre la situation actuelle et la situation future (maquettes, prototypes). On propose le terme "d'expérimentation ergonomique" pour mentionner que les situations construites permettent à l'opérateur de développer une véritable activité de contrôle.

En référence à l'activité à la position "réelle", "l'expérimentation ergonomique" constitue une méthode pour l'élaboration "d'expérimentations ergonomiques" capables de fournir des résultats pertinents pour l'évaluation, la conception des outils, la formation des opérateurs, et également la production de connaissances sur l'activité.

Les difficultés de maîtrise de la position simulée, alors que les contrôleurs ont utilisés la maquette de la position durant trois jours et demi, montrent que l'évaluation et la conception d'outils à partir d'un processus itératif de simulations nécessite une participation des opérateurs où la maîtrise des outils est acquise. Il s'agit d'une condition nécessaire pour pouvoir traiter de la question de l'impact de l'outil sur l'activité et de la conception de l'outil. Si cette remarque peut paraître évidente, elle prend ici toute son importance car cette phase de maîtrise de l'outil doit être comprise dans le déroulement du projet de conception. Elle nécessite une certaine disponibilité des opérateurs, une capacité de simulation de la part de l'équipe de conception, des supports de formation, et limite le nombre de participants.

Parmi les perspectives méthodologiques qu'ouvrent cette première étape d'étude du travail des contrôleurs, il serait intéressant de réaliser une deuxième catégorie d'entretiens orientés vers la généralisation de la signification pour le contrôleur au-delà du moment dans lequel se construit l'activité, afin de mieux documenter les notions de domaines et de sous-domaines de savoir-faire.

3. Apports, limites et perspectives de la recherche par rapport au domaine d'étude

Cette recherche valide la méthodologie adoptée du fait qu'elle permet d'acquérir des connaissances sur le travail du contrôleur du trafic aérien à partir de la situation actuelle et des situations de simulation avec la maquette de la future position.

L'analyse de l'activité montre une organisation de l'activité en histoires, où la notion de configuration d'avions conflictuels est fondamentale pour décrire l'activité du contrôleur du trafic aérien. Elle permet de modéliser les interprétations liées à des configurations d'avions conflictuelles qui dépassent de beaucoup la "complexité" de la gestion de couples d'avions à laquelle se sont limitées jusqu'à présent les études sur le travail des contrôleurs. Elle révèle également l'importance de l'activité effectuée avant que les avions n'arrivent sur la fréquence et le rôle des interactions inter-secteurs pour l'élaboration de l'activité à la position de contrôle.

L'analyse montre que le contrôleur gère simultanément plusieurs histoires à des stades de développement et d'importance différents.

L'étude détaillée de l'histoire de la configuration des avions allant à Genève révèle des caractéristiques de la façon dont le contrôleur prend des décisions. L'accumulation de déterminations concernant des avions considérés individuellement donne lieu à une re-définition de l'environnement où toutes ces parties sont déterminées comme une partie d'une entité englobante, une configuration d'avions. Ainsi l'activité s'organise entre différents niveaux d'analyse du trafic : les avions pris individuellement; les relations entre deux avions, la combinaison de relations entre avions, et la gestion générale du trafic.

Les épisodes montrent l'importance pour l'activité des interprétations menées avant que les avions arrivent sur la fréquence. Ils montrent également l'importance des contacts avec les contrôleurs des secteurs adjacents avant l'arrivée des avions sur la fréquence. En effet, ils aident le contrôleur à prendre en compte les caractéristiques du trafic à venir déjà considérées à partir des strips délivrés, à prendre en compte de nouveaux aspects, ou des aspects précisés du trafic, et donc à affiner les actions à effectuer sur le trafic;

On signale une répétitivité des savoir-faire mis en oeuvre selon les histoires et les épisodes structurant l'activité qui permettraient de dégager des domaines et des sous-domaines de savoir-faire du contrôleur du trafic aérien. Dans ce travail ces domaines et sous-domaines de savoir-faire sont cernés de façon très générale. Il serait nécessaire de multiplier les périodes d'activité étudiées pour pouvoir traiter de la question de l'organisation des savoir-faire en affinant les distinctions faites et en étant plus exhaustif.

L'activité à la position simulée apporte des connaissances sur l'activité des contrôleurs. Elle montre que la non maîtrise des outils supprime les épisodes préalables à l'arrivée des avions sur la fréquence ce qui désorganise le reste de l'activité. Cette absence a pour conséquence de conduire le contrôleur à un mode de travail, "l'anticollision", où la détermination du trafic porte sur un horizon temporel à court terme et où le trafic est analysé plus en terme d'avions considérés individuellement qu'en terme d'avions faisant partie d'un système de relations. On suppose à l'appui de la connaissance de l'activité en salle que cette dégradation de l'activité illustre la dégradation de l'activité en période difficile à la position de contrôle.

D'un point de vue pratique cette recherche a contribué à la conception d'une formation d'accompagnement lors de l'introduction de la future position en salle de contrôle, et à la conception de la future position par l'amélioration de la versions suivante de la maquette de la future position.

4. Limites et perspectives de recherche liées à l'approche de l'activité adoptée

Ce travail est une première étape, qui comporte des limites contingentes à l'approche de l'activité adoptée et à la délimitation des aspects de l'activité étudiés. Chacune de ces limites constituent autant de voies de développement de cette recherche. De façon transversale à ce travail se posent des questions liées à la **validité et à la généralisation** des résultats qui ne répondent plus aux critères habituels du cadre expérimental.

Face au cours d'action du contrôleur une des questions qui se pose est celle de la généralisation des méthodes et des résultats.

Le cours d'action tente de rendre compte de l'activité en préservant l'ensemble des phénomènes qui y contribuent. Il doit toutefois être le point de départ d'une généralisation. La difficulté est de préserver, dans la généralisation, les phénomènes importants de l'activité.

La **généralisation et la validité** des résultats de cette étude de terrain sont liées à la question de la représentativité des périodes d'activité étudiées par rapport à l'activité. La réponse à ce problème repose ici sur :

- le choix des protocoles analysés au terme de plusieurs mois d'observations en salle de contrôle tel que les recherches en anthropologie cognitive s'appuient sur l'observation, voire la participation au "fonctionnement" des populations étudiées;
- l'analyse quantitative des données afin de situer dans l'ensemble de l'activité les passages faisant l'objet d'une analyse qualitative sous forme de signes et de structure de l'activité;
- la présentation des protocoles, et de leur modélisation à des contrôleurs eux-mêmes experts.

De cette façon, il semble possible de cerner et de préciser des "familles d'unités significatives de l'activité de l'opérateur". Il reste néanmoins nécessaire de poursuivre le travail en prenant en compte la variété de l'activité de contrôle.

En ce qui concerne les possibilités de **confrontation scientifiques de la recherche**, l'équivalent des "protocoles expérimentaux reproductibles" proposés par Theureau (1991), par la présentation des protocoles analysés, montre ici des limites importantes. Les données de l'activité sont difficiles à lire et à comprendre pour le lecteur qui ne connaît pas le domaine et/ou qui n'a pas assisté à l'activité. Au-delà des données systématiques, d'autres sources d'interprétation sont utilisées. L'analyste fait des inférences à partir de ses propres connaissances du domaine et de la situation étudiée qui ne sont pas toujours contenues directement dans les protocoles des données recueillies.

L'amélioration de ce travail sur ce point nécessiterait des présentations des résultats plus explicites, voire d'autres supports que des manuscrits. Par exemple, il serait très utile d'associer aux protocoles des représentations de l'image radar qui permettraient au lecteur de suivre la dynamique du processus. Les supports informatiques semblent constituer des supports plus adaptés. Notamment en ce qui concerne la modélisation signe par signe, il semblerait que des formalismes informatiques conçus pour modéliser des systèmes complexes pourraient permettre une présentation plus exploitable que la présentation manuscrite proposée ici (utilisation du graphisme pour représenter des concepts, facilité de modification, dépassement des limites d'une feuille de papier...). Cette perspective constitue un des objectifs du travail de recherche mené par Véronique Laval.

Les questions et les perspectives qu'ouvre ce travail sont nombreuses :

- la notion de domaine de savoir-faire pose la question de la généralisation des savoir-faire, à partir de l'activité; une perspective de la recherche serait de construire de nouvelles situations d'entretien, basées sur l'activité étudiée, visant à montrer le savoir-utilisé au cours de l'activité, l'existence de régularités dans la "co-participation" des savoir-faire selon la spécificité des histoires, et leur dynamique;
- la question de la formation d'accompagnement et l'analyse de l'activité avec la maquette pourrait être poursuivie par un travail de fond sur l'apport de l'analyse de l'activité telle qu'elle est conçue ici (avec une participation importante des opérateurs) comme moyen de formation d'accompagnement lors de l'introduction d'une future position de contrôle; les travaux de Vermesch constituent un point de départ (1991);
- la variété des situations (selon les secteurs de contrôle, les horaires...) nécessiterait des méthodes d'analyse de l'activité qui permettent de faire face à cette variété qu'il est important de connaître puisque les outils conçus doivent y être adaptés;
- le besoin se présente également d'élaborer des principes d'analyse de l'activité pour effectuer des analyses plus rapides que la modélisation signe par signe; ici, l'étude détaillée de l'activité actuelle constitue une base de référence pour analyser l'activité avec la maquette de façon moins approfondie tout en respectant les concepts définissant la nature de l'activité et en produisant des résultats utiles du point de vue de la transformation de la situation de travail;
- parmi les dimensions de l'activité qui n'ont pas pu être traitées la question de la coopération et du travail collectif à la position de contrôle constituent un développement de ce travail qui nécessite une autre méthodologie que celle employée ici, ainsi que des concepts propres à cette dimension du travail en salle de contrôle.

L'objectif maintenant poursuivi est d'utiliser, la méthodologie mise en place à partir des concepts définis, ainsi que les connaissances acquises sur l'activité des contrôleurs dans la situation actuelle et en situation de simulation, pour contribuer à la conception d'outils d'aide à la décision des contrôleurs du trafic aérien. La suite de ce travail portera donc :

- sur des outils d'aide qui doivent prendre en compte les caractéristiques du travail tel que l'activité en temps partagé du contrôleur entre différentes histoires de nature et à un niveau d'avancement différents, la complexité de certaines histoires, les configurations d'avions conflictuelles, la variété des situations, les Représentations complexes...; on attend de ce travail une validation et une précision des connaissances sur l'activité du contrôleur et les concepts utiles à la modélisation d'activité présentant les mêmes caractéristiques;
- sur le déroulement de processus de conception d'outils d'aide à la décision où les opérateurs participeront aux spécifications et aux expérimentations ergonomiques; on attend de ce travail une méthode conception où les activités étudiées ne seront pas perturbées par la non maîtrise du nouvel outil; on pourra alors traiter de l'impact de l'outil sur les interprétations et les savoir-faire des contrôleurs; ceci d'autant que si ce travail ne montre pas de transformation des unités significatives de l'activité (malgré les difficultés de maîtrise de l'outil qui ne permettent pas de conclure définitivement), on suppose que les outils d'aide à la décision auront un impact sur l'activité des contrôleurs plus important que la seule transformation de la position de contrôle.

REFERENCES

- Abed M. (1990) *Contribution à la modélisation de la tâche par des outils de spécification exploitant les mouvements oculaires -application à la conception et évaluation des interfaces Homme-Machine*. Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambésis.
- Abed M., Debernard J-M & Angue J-C (1991) Méthodologie d'analyse et de modélisation de l'interaction homme-machine avec des outils de spécification. *Journées du CENA 3-4 décembre 1991*.
- Amalberti R. (1991) Savoir-faire de l'opérateur: aspects théoriques et pratique en ergonomie. In Amalberti, de Montmollin & Theureau (Eds.): *Modèles en analyse du travail*, Mardaga.
- Averty P. (1991) *Le rôle des aspects émotionnels dans l'activité de contrôle d'approche de la circulation aérienne*. Mémoire de DEA de psychologie, Université Lumière Lyon 2.
- Bisseret A. (1964) Etude des processus de recherche de conflits dans le contrôle dit aux procédures. *Rapport IRLA*, C.O. 6411-R05.
- Bisseret A. (1970) Analyse de la mémoire opérationnelle du contrôleur de la navigation aérienne. *Rapport IRLA*, C.O.7009 R23, 26pp+annexes.
- Bisseret (1973) Les informations utilisées pour la détection des conflits. *Rapport IRLA*, C.O.7303 R36, 10pp+annexes.
- Bisseret A. et Girard (1973) Le traitement des informations par le contrôleur du trafic aérien -une description globale des raisonnements- *Rapport IRLA*, C.O.7911 R37, 31pp.
- Boudes N. & Terrier P. Validation d'un système expert "Errato". *Journées du CENA*, note CENA 92-065.
- Bouju F. et Spérandio J-C. (1979) Analyse de l'activité visuelle des contrôleurs d'approche. *Rapport INRLA*, C.O.7911R59.
- Caroll J-M. (1990) *The Nurnberg Funnel: designing minimalist instruction for practical computer skill*. Eds Baret, The MIT press, 340pp.
- Caverni J-P. (1989) La verbalisation comme source d'observables pour l'étude du fonctionnement cognitif, Eds: Caverni, Bastion, Mendelsohn & Tiberghien (Eds.) *Psychologie cognitive : modèles et méthodes*, P.U.G., Grenoble.
- Cleeremans A. (1988) Relations entre performances et connaissances verbales dans le contrôle de processus, *Le Travail Humain*, 51,2,97-112.
- Coëffe C. (1990) Première intégration d'une position complète -propositions de spécification pour l'interface contrôleur organique et contrôleur radar, *Rapport Bertin & Cie*, 24pp.

- Courteix S. (1989) *Aspects méthodologiques pour l'analyse de l'activité centrée sur l'interaction: cas des contrôleurs du trafic aérien*. Mémoire DEA d'ergonomie CNAM.
- Courteix-Kherouf S. (1991) Evolutions technico-organisationnelles et modifications de la composante collective dans le travail. *Journées du CENA, note CENA 92-065*.
- De Keyser V. (1988) L'ergonomie des processus continus, de la contingence à la complexité: l'évolution des idées dans l'étude des processus continus. *Le travail humain*, 51,1,1-18.
- De Keyser V. (1991) Work analysis in French language ergonomics. In Taylor et Francis (eds) *Designing for everyone. Proceedings of the Eleventh Congress of the International Ergonomics Association, Paris 1991*. London: Taylor & Francis, Vol.34, n6, 635-669.
- De Montmollin M. (1984) *L'intelligence de la tâche - éléments de psychologie cognitive*. Eds: Peter Lang SA, Berne, 183pp.
- Dien Y., Kasbi C., Lamarre J., Leckner J.M., & Montmayeul R. (1991) Evaluation method for a continuous process control room. In Y. Quéinnec & F. Daniellou (Eds.), *Designing for Everyone. Proceedings of the Eleventh Congress of the International Ergonomics Association, Paris 1991*. London: Taylor & Francis, 872-874.
- Dujardin P. (1989) Recherche de coopération dans le domaine de l'analyse du travail du contrôleur du trafic aérien. *Note CENA 89167*,
- Dujardin P. (1990) Synthèse PHIDIAS. *Rapport CENA R 90-019*.
- Dujardin P. (1992) The inclusion of future users in the design and evaluation process, *Note CENA 92-066*.
- Dujardin P. (1992) Coordination des recherches liées à l'analyse et la modélisation de l'activité des opérateurs de la Navigation Aérienne; *Journées du CENA, Note CENA/N92-065*.
- El Farouki, L. Scapin D. et Sébillote S. (1991) Prise en compte des tâches du contrôleur pour l'ergonomie des interfaces. *Note CENA/ 91223*.
- Enard C-J. (1972) Applications de la "Méthode d'Interaction Constantes des Unités Programmées" (MICUP) à la formation des contrôleurs des centres régionaux de la Navigation Aérienne. *Rapport IRIA C.O. 72 11 C 17*, 44pp.
- Enard C-J. (1974) Le degré de certitude dans l'estimation de la séparation entre deux avions convergents. *Rapport INRIA, C.O.7507 R46*, 55pp+annexes.
- Endsley M.R., (1991) Situation awareness in dynamic systems. In Taylor et Francis (eds) *Designing for everyone. Proceedings of the Eleventh Congress of the International Ergonomics Association, Paris 1991*. London: Taylor & Francis, Vol.34, n6, 801-803.
- Ericsson K.A. & Simon H. (1984) *Protocol analysis. Verbal rapport as data*, MIT press, Cambridge.
- Falzon P. (1982) Les communications verbales en situation de travail - analyse des restrictions du langage naturel- *Rapport INRIA n°19*.

- Falzon P. (1986) *Langages opératifs et compréhension opérative*. Thèse de sciences humaine, paris V, Sorbonne.
- Falzon P. (1989) *L'ergonomie cognitive du dialogue*. Press universitaire Grenoble.
- Figarol S. (1992) Transfert de compétence chez les pilotes de ligne. *Le transpondeur* -le pilote, l'automatisation et l'ingénieur, avril 1992, n°7, p28-38.
- Gaillard I. (1988) *Analyse du travail et conception d'interface homme-machine - méthodologie de conception et d'évaluation de dialogue associé à une visualisation multifenêtrée pour le contrôleur aérien*. Mémoire de DEA d'Ergonomie CNAM, 50pp.
- Gaillard I. (1990) Epérimentations spécifiques: différents concepts de strips. *Note CENA/ 90037*, 35pp.
- Girard Y. (1973) Acquisition d'algorithmes de détection de conflits chez les débutants. *Rapport INRIA*, C.O.7303 R38, 37pp+annexes.
- Gras A., Moricot C., Poirot-Delpech S., Scardigli V. (1990) *Le pilote, le contrôleur & l'automate*. Eds: Iris,150pp.
- Heath C. (1990) New technologies, social interaction and ordinary work practice. *Cambridge Europarc-University of Surrey*.
- Hutchins E. (1987) Learning to navigate in context, workshop on context, *cognition and activity*, Stenungsund, 6-9.
- Lafon M-T. (1978) Observations en trafic réel de la résolution des conflits entre avions évolutifs, *Rapport IRLA*, C.O.7802R55,37pp.
- Lafon M-T. (1979) Etude comparative du travail des contrôleurs en position copie et en position réelle. *Rapport INRIA* C.O. 7904 R63, 36pp.
- Lafon-Millon M-T (1980) Représentation de la verticalité au cours du diagnostic I. les caractéristiques du diagnostic. *Rapport INRIA*, C.O. 8006 R63, 36pp.
- Lafon-Millon M-T (1981-1) Représentation mentale de la séparation verticale au cours du diagnostic dans le contrôle aérien II. Les caractéristiques du diagnostic chez les élèves contrôleurs. *Rapport INRIA*, C.O.8105 R56, 43pp.
- Lafon-Millon M-T (1981-2) Représentation mentale de la séparation verticale au cours du diagnostic dans le contrôle aérien III. Représentation des états futurs. *Rapport INRIA*, C.O.8105 R56, 43pp.
- Laval V. (1990) *Modélisation de l'activité dans la conception des systèmes informatisés complexes* -le cas du contrôle du trafic aérien- DEA d'Ergonomie CNAM,80pp.
- Lave J. Cognition in practice- *Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge University Press,214pp.
- Leplat J., Browaeys R., Mikolajizak G. (1962) Rapport sur l'étude du travail de contrôle du trafic aérien. *Rapport IRLA* C.O. 6202-R01.
- Leroux M. (à paraître) Erato: cognitive engineering applied to air traffic control -une application de l'ingénierie cognitive au contrôle du trafic aérien. *Le travail humain*.

- Mell J. (1992) Langage et structures du dialogue dans les communications pilote-contrôleur, *Rapport CENA*.
- Michard (1976) Analyse de la représentation des trajectoires d'évolution chez les premiers contrôleurs. *Rapport INRIA*, C.O.7608 R50,35pp+annexes.
- Neisser U., (1976) *Cognition and reality* -principles and implications of cognitive psychology- Eds: Freeman, 230pp.
- Newell A. & Simon H. (1972) *Human problem solving*, Prentice-hall, Englewood Clifs.
- Norman D.A. (1986) Cognitive engineering, in Norman D.& Draper S.W., *User centered System Design, New perspective on Human Computer Interaction*, Hillsdale, 1-61.
- Peirce C.S. (1978) *Ecrits sur le signe*, Eds, Paris.
- Peirce C.S. (1987) *Textes fondamentaux de sémiotique*, Klincksieck, Paris.
- Pinsky L. (1979) Analyse du travail de saisie-chiffrement , in Pinsky, Kandaroun, Lantin, Le travail de saisie-chiffrement sur terminal d'ordinateur, *collection de Physiologie du Travail et d'Ergonomie du CNAM*, n65,1-235,Paris.
- Pinsky L. (1991) Activité, action et interprétation. in Amalberti, de Montmollin & Theureau (Eds.): *Modèles en analyse du travail*, Mardaga,119-152.
- Pinsky L & Theureau J. (1985) Signification et action dans la conduite des systèmes automatisés de production séquentielle, *Rapport CNAM*,n°83, Paris.
- Pinsky L & Theureau J. (1987) L'étude du cours d'action. Analyse du travail et conception ergonomique, *Rapport CNAM*,n88, Paris.
- Pinsky L & Theureau J. et coll (1989) Ergonomie et anthropologie cognitive de l'action et de la communication dans le travail, in actes des premières *journées Pirtem-CNRS de psychologie du travail*, 13-14 juin, Paris.
- Scapin D. & Pierret-Golbreich C. (1989) MAD: une méthode analytique de description des tâches. *Colloque sur l'ingénierie des interfaces homme-machine* Sophia-Antipolis 24-26 mai 1989)
- Schuman L. (1987) *plans and situated actions: the problem of human-machine communication*. New York: Cambridge University press.
- Scribner S. (1986) Thinking in action: some characteristics of practical thought. In *Practical Intelligence-nature and origins of competence in the everyday world* Eds:J.Steinberg and K.Wagner.
- Sébillotte S. & Delsol P. (1991) Projet de psychologie ergonomique pour l'informatique. *Journée du CENA*, note 92-065.
- Spérandio J-C. (1970) Charge de travail et mémorisation en contrôle d'approche. *Rapport INRIA*, C.O. 7009 R24, 16pp+annexes.
- Spérandio J-C. (1972) Charge de travail et variations des modes opératoires. Doctorat d'Etat, Paris V.

- Spérandio J-C. (1974) Compléments à l'étude de la mémoire opérationnelle des contrôleurs de la navigation aérienne. *Rapport INRIA*, C.O. 7403 r42, 23pp.
- Taylor R. & Selcon S. (1991) Subjective measurement of situational awareness. In Taylor et Francis (eds) *Designing for everyone. Proceedings of the Eleventh Congress of the International Ergonomics Association, Paris 1991*. London: Taylor & Francis, 189-791.
- Theureau J. (1990)-[a] Introduction à l'étude du cours d'action, un programme de recherche en Ergonomie et Anthropologie cognitive. *Thèse d'habilitation Université Paris-Nord*.
- Theureau J. (1990)-[b] Analyse du travail et anthropologie cognitive de l'action et de la communication. Congrès de la SELF, Montréal.
- Theureau J. (1992) *Le cours d'action: analyse sémiologique*. Eds: Peter Lang, Berne.
- Vanderhaegen F., Debernard S. & Millot (1991) Man-machine cooperation in air traffic control. *Tenth European Annual Conference on Human Decision making and manual control*. Liège 11-13 November 1991.
- Varela F.J. (1989) *Connaître les sciences cognitives -tendances et perspectives-* Eds:Seuil, 123pp.
- Vermersch P. (1991) L'entretien d'explicitation, *Les cahiers de Beaumont*, Avril, n°52bis-53, 63-70.
- Wiener E. (1989) Human factors of advanced technology ("glass cockpit") transport aircraft. *NASA contractor report 177528*.
- Woods D.D. & Roth E.M. (1988) *Cognitive systems engineering*, Handbook of Human-Computer Interaction, Eds:Elsevier Science Publisher B.V., p3-43.

