



**HAL**  
open science

## **Analyse de la tâche d'un pilote de Rafale à l'aide d'une HTA étendue à la gestion des modes dégradés**

Clément Guerin, Christine Chauvin, Baptiste Leroy, Gilles Coppin

### ► **To cite this version:**

Clément Guerin, Christine Chauvin, Baptiste Leroy, Gilles Coppin. Analyse de la tâche d'un pilote de Rafale à l'aide d'une HTA étendue à la gestion des modes dégradés. 7ème conférence Epique, Jul 2013, Bruxelles, Belgique. pp.21-26. <hal-00903280v2>

**HAL Id: hal-00903280**

**<https://hal.science/hal-00903280v2>**

Submitted on 11 Nov 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

---

# ***Analyse de la tâche d'un pilote de Rafale à l'aide d'une HTA étendue à la gestion des modes dégradés***

**Clément Guérin, Christine Chauvin**

Lab-STICC, Université de Bretagne Sud, Centre de Recherche, Rue de Saint-Maudé,  
56321 Lorient Cedex.

[clement.guerin@univ-ubs.fr](mailto:clement.guerin@univ-ubs.fr)

[christine.chauvin@univ-ubs.fr](mailto:christine.chauvin@univ-ubs.fr)

**Baptiste Leroy, Gilles Coppin**

Lab-STICC, Télécom Bretagne, 655 Avenue du Technopole, 29280 Plouzané

[baptiste.leroy@telecom-bretagne.eu](mailto:baptiste.leroy@telecom-bretagne.eu)

[gilles.coppin@telecom-bretagne.eu](mailto:gilles.coppin@telecom-bretagne.eu)

---

## **RESUME**

Cette communication présente l'adaptation de la méthode HTA pour l'étude d'une situation dynamique incertaine et coopérative : une mission militaire aérienne réalisée par un pilote de chasse à bord d'un avion Rafale. Les boucles – perception, représentation, action – caractéristiques de la gestion d'une situation dynamique sont intégrées dans la HTA sous la forme de buts de haut-niveau. La mise en évidence de plans contingents permet de rendre compte de la gestion de l'incertitude et des situations dégradées. Enfin, la coopération multi-agents est décrite par un codage des tâches de communication précisant la fonction, l'objet et les acteurs impliqués. Finalement, les intérêts et les limites de l'application de la méthode HTA dans le cadre des situations dynamiques sont discutés.

**MOTS-CLES** : analyse hiérarchique de la tâche, coopération, plans, incertitude, communication

---

## **1 INTRODUCTION**

Cette communication s'inscrit dans le cadre du projet ANR TAPAS (Techniques d'Analyse pour le Partage d'Autorité dans les Systèmes de systèmes). Il réunit trois partenaires (UBS, Télécom Bretagne et Dassault Aviation) et porte sur les systèmes de contrôle d'UCAV (Unmanned Combat Air Vehicle). Son objectif est d'élaborer et valider une méthodologie d'analyse et d'évaluation de différentes configurations de coopération homme(s)-machine(s) permettant de comprendre les points clés et les verrous dans l'utilisation de futurs systèmes à forte autonomie et d'en dégager les principes applicables à leur conception. Cette méthodologie sera déployée dans le cadre de simulations mettant en œuvre les systèmes utilisés actuellement dans le domaine du combat et de la surveillance (configuration de référence), puis des systèmes à forte autonomie. La configuration de référence – impliquant des entités « habitées » (avions Rafale) – doit permettre d'identifier les éléments clés d'analyse de situation par les opérateurs et leurs modes de coopération (en particulier humains-humains). La reproduction de cette configuration suppose de disposer d'un simulateur de pilotage de Rafale mais aussi de scénarios réalistes et pertinents. Nous attendons de l'analyse de la tâche des pilotes de Rafale qu'elle fournisse des éléments utiles pour leur construction. Cette analyse a été réalisée auprès d'un ancien pilote de chasse de l'armée de l'air française, à l'aide de la méthode d'Analyse Hiérarchique de la Tâche. Cette méthode, développée par Annett et Duncan (1967) dans le contexte de la formation, est une approche descriptive reposant sur plusieurs principes : a) une tâche est définie par son but; b) chaque but peut être décomposé en sous-buts de niveaux hiérarchiques inférieurs; c) au sein de cette structure hiérarchique, des plans décrivent comment les buts et les sous-buts sont organisés. Ces principes ont été adaptés à l'étude d'une mission militaire aérienne, dynamique et coopérative, dans laquelle le pilote doit gérer des incertitudes et mettre en œuvre des procédures pour réaliser la tâche en mode dégradé. Après avoir décrit la mission militaire

choisie, nous présenterons la méthode de recueil de données puis l'opérationnalisation de la dynamique, de la gestion d'incertitudes et de la coopération humains-humains. Enfin nous discuterons des intérêts et des limites de l'application de la méthode HTA pour l'étude des situations dynamiques coopératives multi-agents.

## **2 APPLICATION DE LA METHODE HTA**

### **2.1 La mission militaire choisie**

Parmi la multitude de missions qu'un pilote de chasse peut réaliser, notre intérêt s'est porté sur une mission de type CAS (Close Air Support) dont l'objectif est de fournir un support aérien à des troupes progressant sur le sol ennemi. Ce type d'opération est caractérisé par :

- une quasi-absence de préparation au cours de la phase de planification ;
- la présence de nombreuses interactions entre agents coopérants : pilotes équipiers au sein de la patrouille (chef de patrouille – CP, sous-chef de patrouille – ss-CP, pilote opérationnel – PO), interlocuteurs externes à la patrouille : centre de commandement et de contrôle (C2), agents au sol (TACP) ;
- la présence d'incertitudes, par exemple concernant l'apparition de menaces ennemies ;
- une adaptation constante aux conditions de la situation (ordres fournis au pilote en temps réel).

Les caractéristiques de cette mission militaire place donc le pilote dans une situation dynamique dans la mesure où il n'exerce qu'un contrôle partiel sur l'évolution du processus (Hoc, 2004). Pour appliquer la méthode d'Annett et rendre compte des caractéristiques de cette situation, nous avons construit un guide d'entretien permettant de recueillir les données nécessaires à la construction d'une HTA.

### **2.2 Méthode de recueil des données**

La décomposition hiérarchique des buts de la mission a été réalisée à partir de données recueillies dans le cadre d'entretiens semi-directifs. Pour cela, nous avons utilisé un guide permettant d'identifier, pour chaque but : les phases de coopération humains-humains, les sources et types d'informations, les situations pouvant mettre en péril la réalisation d'un ou de plusieurs buts, et les modes de gestion de ces situations dégradées. La démarche générale était de décomposer chaque but en sous-buts en posant la question "*comment faites-vous pour atteindre ce but ?*". Puis nous avons cherché à définir des plans qui organisent des buts entre eux, en particulier ceux qui deviennent actifs suite à l'apparition d'événements déclencheurs. Ces événements incertains, car leur apparition n'est pas maîtrisée par le pilote, ont une certaine probabilité d'occurrence et peuvent avoir un effet plus ou moins important sur la mission. Il s'agit par exemple de l'apparition d'une panne, d'une menace ou de la réception d'un ordre. L'examen de ces événements, qu'on appelle événements contingents, nous a permis d'étudier les modes de gestion des situations dégradées.

De plus, puisque notre intérêt était orienté vers l'examen de la coopération entre agents, nous avons adopté un critère d'arrêt de la décomposition hiérarchique : le niveau des interactions entre humains. Dans le domaine de l'aéronautique militaire, ces interactions reposent principalement sur des tâches de communications véhiculées par ondes radios. Ces communications sont considérées par les pilotes comme essentielles puisqu'elles participent à la construction de leur représentation mentale de la situation à partir de laquelle des choix tactiques peuvent être mis en œuvre.

### **2.3 Opérationnalisation de la dynamique et de la gestion d'incertitude**

La méthode HTA proposée par Annett ne considère pas le caractère dynamique de la situation, en particulier le fait que pour s'adapter, le pilote doit comprendre la situation et son évolution et actualiser sa représentation mentale. Cette actualisation s'opère au travers de boucles de contrôle – perception, représentation, action – dont les cycles temporels varient.

Chez un pilote, ces boucles sont constituées d'une séquence de deux activités cognitives permettant de comprendre l'état de la situation : recueil d'informations clefs (menace, météo, timing,

état des ressources internes, état des ressources externes, etc.) puis évaluation ou actualisation de ces informations. Sur la base de cette évaluation, un mode d'action est déterminé par le pilote pour pouvoir s'adapter à la situation (modifier le plan existant, élaborer un nouveau plan, activer un plan spare, etc.). Pour représenter ces boucles dans la décomposition hiérarchique HTA, nous proposons de les faire apparaître comme des buts de haut niveau, tels qu'ils sont considérés par le pilote expert. Dans la figure 1, ces buts apparaissent dans des cadres épais :

- Recueillir l'information (But 1.4.1), ce qui correspond à la perception de l'information dans l'environnement.
- Evaluer/actualiser l'information (But 1.4.2), ce qui correspond à la construction / actualisation de la représentation mentale.
- Le résultat de ces deux activités mentales permet au pilote de comprendre la situation (But 1.4) pour ensuite s'adapter à la situation (But 1.5), en réalisant un ensemble d'actions.

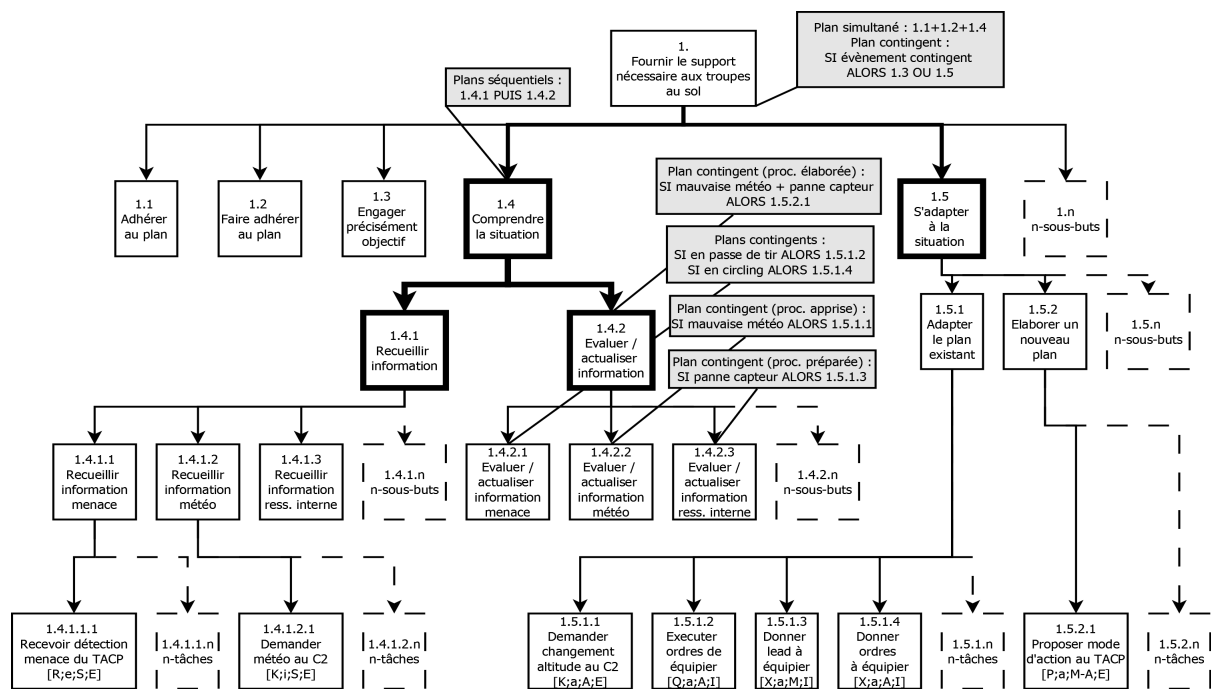


Fig. 1 : représentation graphique d'un extrait de la HTA pour une mission de type CAS. Les boucles – perception, représentation, action – sont représentées dans des cadres épais. Différents plans (représentés en grisés) structurent l'organisation de buts. Les buts sont décomposés jusqu'au niveau des tâches de communications entre agents coopérants et codés selon une méthodologie adaptée de Rogalski et Samurçay (1993).

Les liens qui unissent ces activités sont formalisés par des plans (appelés plans contingents) qui permettent de rendre compte de la gestion de l'incertitude et des situations dégradées. Suite à l'apparition d'un événement contingent, l'évaluation de l'information peut générer un écart de telle sorte que la situation est considérée comme dégradée du point de vue du pilote. Celui-ci va alors chercher à réduire cet écart pour s'adapter à la situation. Le mode d'action mis en œuvre est : soit une procédure connue et apprise au cours de la formation des pilotes (TOP: Tactical Operating Procedure); soit une procédure préparée au cours de la préparation de la mission ("What if "); soit une procédure élaborée au cours de l'exécution de la mission.

Suite aux travaux d'Annett, Stanton (2006) a proposé plusieurs plans permettant de rendre compte de l'organisation des buts dans une HTA. Nous avons repris quatre de ces plans qui apparaissent en gris dans la figure 1 :

- Plan séquentiel : les buts 1, 2, 3, n sont poursuivis dans un ordre déterminé ;
- Plan simultané : les buts 1, 2, 3, n sont poursuivis en parallèle ;
- Plan cyclique : les buts 1, 2, 3, n sont répétés dans le même ordre ;
- Plan conditionnel : les buts 1, 2, 3, n sont déclenchés en fonction d'une condition.

Le plan conditionnel correspond à ce qu'on appelle un plan contingent (si événement contingent ALORS mode d'action). Toutefois, l'auteur ne distingue pas les différents modes d'actions possibles qui peuvent être mis en œuvre suite à un événement contingent. La figure 1 présente différents plans contingents selon qu'il s'agit d'une procédure apprise, d'une procédure préparée ou d'une procédure élaborée.

## 2.4 Opérationnalisation de la coopération humains-humains

Pour rendre compte de la coopération entre humains, Annett (2005) ou Annett, Cunningham et Mathias-Jones (2000) proposent de mettre en évidence la communication (au travers de la réception ou de l'envoi d'information et de la discussion) et la co-ordination (au travers de processus de collaboration et de synchronisation). Au cours d'une mission militaire aérienne, les tâches de coopération entre humains sont réalisées principalement à partir des communications radio. Pour permettre d'identifier et de structurer les différentes informations traitées par les agents coopérants, en particulier par les pilotes de Rafale, il nous semblait nécessaire de caractériser l'information échangée. De plus, pour caractériser la coopération humains-humains, il nous paraissait important de préciser la fonction de communication sans se contenter des simples fonctions d'échange et de réception de l'information.

Pour rendre compte de ces communications, nous avons donc utilisé et adapté une taxonomie utilisée par Rogalski et Samurçay (1993) pour l'étude des échanges verbaux dans des situations d'urgence (ex. feux de forêt, séismes). Les auteurs ont proposé un codage des communications permettant de déterminer les stratégies de prise de décision par des collectifs. Leur méthodologie distingue la fonction de communication (définie par son orientation et sa nature) de l'objet de la communication. Nous proposons de préciser les acteurs impliqués dans la communication, en distinguant les agents internes à la patrouille (pilotes réalisant la mission : CP, ss-CP, PO) des agents externes à la patrouille (supports latéraux : C2, tanker, Awacs, etc., troupes au sol : TACP). Ces différents éléments de codage apparaissent entre parenthèses dans le tableau 1.

Fonction de communication	
Orientation	Nature
Exprimer (X) Demander (K) Suggérer (P) Acquitter (Q) Percevoir (R)	Information (i) Evaluation (e) Besoin (u) Activation (a) : changement d'état
Objet de la communication	
Situation (S) : état de la situation, évolution de la situation	
Moyens (M) : état des ressources	
Actions (A) : but à atteindre, exécution d'une action, effet d'une action	
Agents de la communication	
Internes (I) : pilote intra-patrouille	
Externes (E) : supports latéraux et troupes au sol	

Tableau 1 : codage des caractéristiques de la communication. Adapté de Rogalski & Samurçay (1993).

Par exemple, si un pilote reçoit du centre de commandement et de contrôle l'autorisation de descendre en altitude, cette communication sera codée [R;a;A;E] : perception (R) d'une activation (a) avec un but à atteindre (A), en provenance d'un agent externe à la patrouille (E). D'autres exemples de tâches de communication codées apparaissent dans la figure 1.

## 3 DISCUSSION

La décomposition hiérarchique d'une tâche selon le formalisme proposé par la méthode HTA présente l'intérêt d'être simple d'utilisation. Dans le cadre du projet TAPAS, cette méthode nous a permis de représenter la hiérarchie des buts sous-jacents à une mission militaire aérienne. Outre la

représentation graphique, dont l'intérêt est de favoriser la lecture de la structure des buts, d'autres représentations existent (voir Stanton, 2006). Par exemple, la représentation tabulaire est complémentaire puisqu'elle permet de renseigner plus en détails les informations collectées au cours du recueil des données. Dans notre étude ces données ont été collectées à partir d'une série d'entretiens semi-directifs, mais d'autres méthodes peuvent alimenter la construction itérative de la HTA (questionnaires, observation de l'activité, etc.).

Nous pensons que le cadre HTA est une méthode générique adaptable à l'étude des situations dynamiques. Dans ces situations où l'évolution du processus est déterminée par d'autres facteurs que les actions de l'opérateur, la méthode nécessite quelques ajustements. En particulier, il est nécessaire d'intégrer des activités cognitives communes à la gestion de ces situations dynamiques – perception d'informations, évaluation de ces informations – activités qui permettent à l'opérateur de se construire une représentation mentale ou conscience de la situation (Endsley, 1995) pour la comprendre et s'adapter à ses caractéristiques. De plus, dans le contexte des situations dynamiques, l'organisation des buts est en partie déterminée par l'apparition d'événements contingents. La mise en évidence de plans contingents permet de rendre compte de ces situations pouvant être critiques pour le pilote. Par ailleurs, les plans sont des outils flexibles puisqu'ils pourraient permettre de représenter des caractéristiques liées à l'expertise et à la formation des pilotes. Différentes structures de buts (ou plans) mettraient en évidence différents niveaux d'expertise, et plusieurs modes opératoires appris au cours de la formation.

La mise en œuvre de la méthode HTA nécessite toutefois du temps et implique plusieurs itérations dans la construction de la décomposition hiérarchique et dans l'identification des nombreux plans déclenchés par l'apparition de contingences. La multitude des scénarios et plans possibles peut alors rapidement rendre difficile la lecture d'une représentation graphique. L'utilisation de symboles serait un moyen d'en améliorer la lecture. Par ailleurs, même si une tâche est définie par son but, une certaine ambiguïté entre ces concepts existe (Shepherd, 1998). Définir une taxonomie de termes indiquant soit un but soit une tâche serait selon nous pertinent pour faciliter la mise en œuvre de la méthode.

Quoiqu'il en soit, la méthode HTA n'est pas une fin en soi. C'est un moyen qui va nous permettre d'identifier les phases critiques de la mission choisie et, à l'intérieur de ces phases, les informations clefs pour la gestion de la situation. Le formalisme de codage adapté de Rogalski et Samurçay (1993) va nous permettre de mettre en évidence les informations manipulées au cours des communications entre agents coopérants. Dans la suite du projet TAPAS, la manipulation d'informations clefs (par bruitage ou masquage) permettra de quantifier leur niveau de criticité en associant ce dernier à la mesure du stress généré par l'absence ou la distorsion de l'information. De cette façon, il sera possible de hiérarchiser les signaux et informations, et de proposer des recommandations pour la conception de futurs systèmes ne disposant pas de capacités avancées de communication telles que celles déployées dans un système entièrement géré par des opérateurs humains.

#### 4 BIBLIOGRAPHIE

- Annett, J. (2005). Hierarchical Task Analysis. In N. Stanton, A. Hedge, K. Brookhuis, E. Salas & H. Hendrick (Eds), *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods* (pp. 33-1 – 33-7). CRC Press.
- Annett, J. & Duncan, K.D. (1967). Task analysis and training design. *Occupational Psychology*, 41, 211–221.
- Annett, J., Cunningham, D., & Mathias-Jones, P. (2000). A method for measuring team skills. *Ergonomics*, 43(8), 1076-1094.
- Endsley, M.R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32-64.
- Hoc, J.M. (2004). La gestion de situation dynamique. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 517-530). Paris: Presses Universitaires de France.
- Rogalski, J. & Samurçay, R. (1993). Analysing communication in complex distributed decision-making. *Ergonomics*, 36, 1329-1343.
- Shepherd, A. (1998). HTA as a framework for task analysis. *Ergonomics*, 41, 1537-1552.
- Stanton, N.A. (2006). Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. *Applied Ergonomics*, 37, 55-79.