



HAL
open science

Nouvelles Technologies de l'information et de la communication au service de l'amélioration des processus de maintenance aéronautique

Claude Reyterou, François Pérès

► To cite this version:

Claude Reyterou, François Pérès. Nouvelles Technologies de l'information et de la communication au service de l'amélioration des processus de maintenance aéronautique. 3ème Conférence francophone de Modélisation et Simulation, MOSIM'01, Apr 2001, Troyes, France. pp.35-42. hal-03758004

HAL Id: hal-03758004

<https://hal.science/hal-03758004v1>

Submitted on 22 Aug 2022

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.



Open Archive Toulouse Archive Ouverte

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/28107>

To cite this version:

Reyterou, Claude and Pérès, François  *Nouvelles Technologies de l'information et de la communication au service de l'amélioration des processus de maintenance aéronautique.* (2001) In: 3ème Conférence francophone de Modélisation et Simulation, MOSIM'01, 25 April 2001 - 27 April 2001 (Troyes, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication au service de l'amélioration des processus de maintenance aéronautique : formulation d'une problématique.

Claude REYTEROU

École Centrale de Paris
Laboratoire Productique-Logistique
Grande voie des Vignes
92265 CHATENAY MALABRY
Mél : claude.reyterou@airbus.aeromatra.com

François PERES

École Centrale de Paris
Laboratoire Productique-Logistique
Grande voie des Vignes
92295 CHATENAY MALABRY
Mél : peres@pl.ecp.fr

RESUME : *Ce document présente une recherche sur les bases méthodologiques permettant d'étudier l'intégration optimale d'innovations technologiques dans les chaînes d'informations d'un processus complexe, celui de la maintenance aéronautique en compagnie. A l'aide d'une analyse bibliographique, nous déterminons quels peuvent être les moyens permettant d'étudier les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) ainsi que leur possibilité d'intégration dans un processus. Pour répondre aux questions suivantes : comment, pourquoi et à quel niveau peut-on les intégrer dans le processus, nous proposerons une méthodologie pour l'étude de l'adéquation entre un besoin et des solutions potentielles. Cette méthodologie est basée en partie sur l'analyse systémique et en particulier sur une analyse multicritères. Pour cela, nous modélisons un processus de maintenance à partir d'un modèle générique et simulerons plusieurs scénarii de fonctionnement en modifiant les variables représentatives des améliorations apportées par les technologies. La méthodologie d'adéquation doit nous servir de base pour l'établissement des éléments de comparaison et de choix des meilleures technologies. En final, une validation des premiers résultats est prévue à l'aide d'un démonstrateur qui regroupera les technologies acceptées. Ce démonstrateur permettra de confirmer les choix technologiques par des tests effectués sur avion dans des conditions opérationnelles.*

MOTS-CLES : maintenance aéronautique, NTIC, processus, méthodologie d'adéquation.

1. CONTEXTE GENERAL.

Du fait de l'augmentation du savoir-faire d'une compagnie lorsqu'elle exploite ses appareils et de la complexité grandissante des systèmes embarqués dans les avions, les activités de maintenance évoluent. Cela est de plus en plus le cas pour les appareils de dernière génération, dont les systèmes peuvent présenter plus du quart du prix d'achat. D'un autre côté, la recherche sur les technologies conduit à des innovations améliorant sans cesse les capacités des outils. La miniaturisation des caméras numériques et des écrans à cristaux liquides en est un exemple. L'augmentation des performances de ces outils permet de les intégrer dans des casques de plus en plus léger et ergonomiques.

Or, lorsqu'une technologie est impliquée dans le fonctionnement d'un processus, toute évolution présente un impact dont l'importance n'est pas toujours cernée ou maîtrisée. C'est souvent le cas lorsque l'on souhaite améliorer un processus en introduisant une innovation technologique dont on n'a pas su jauger les conséquences de son intégration. Subséquemment, l'évolution qui résulte d'un changement doit être suffisamment connue et/ou prévue pour en apprécier le déroulement et pour la piloter si nécessaire.

1.1. Objet de l'étude.

Notre étude concerne l'adéquation, c'est à dire la mise en correspondance et la comparaison, entre les besoins d'amélioration d'un processus complexe et des solutions technologiques innovantes (existantes ou émergentes) potentiellement utilisables dans ce dernier. Par solutions technologiques innovantes nous énonçons les outils informatiques intégrant les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) telles que la reconnaissance vocale, l'imagerie et les maquettes numériques, Internet, les webpad LCD, le Retinal Scanning Display, la communication sans fil, ...

L'utilisation d'une méthodologie permettant de mettre en place des protocoles d'adéquation nous semble justifiée pour intégrer cette notion d'évolution. Cette méthodologie doit nous permettre de décrire le processus étudié, de déterminer les conditions optimales d'acceptation des innovations (réponse au besoin, aux contraintes, aux conditions, maturité, ...) et de spécifier les technologies prépondérantes dans l'amélioration du processus. Dans cette étude, le processus étudié concerne une opération corrective de maintenance programmée sur avion au sol. Lors de l'opération, l'opérateur de maintenance (le mécanicien) réalise une suite d'interventions à partir d'une procédure notée sur une carte de travail (job-card). La définition d'une ou de

plusieurs méthodes regroupées dans cette méthodologie sera nécessaire pour modéliser un processus générique et pour l'appliquer à un cas de maintenance.

1.2. Enjeux principaux.

Les exigences des compagnies aériennes (Aerospace, 1999) sur la disponibilité des avions, en parallèle à l'émergence de nouvelles technologies de l'information conduisent actuellement vers une évolution non négligeable du travail et des techniques de soutien des avions. L'introduction de certaines technologies émergentes pourrait réduire sensiblement les cycles d'intervention, en offrant notamment, aux opérateurs de maintenance, l'accès à la bonne information au bon moment. L'objectif est d'accélérer le travail en rendant plus fiable la prise de décision de l'opérateur face à un problème connu (mais qui présente de nombreuses variantes pour sa résolution.)

Dans ce contexte, les constructeurs aéronautiques préparent l'introduction de nouveaux éléments (fonctions, technologies, outils) dans les systèmes de soutien des avions ou dans les services avionneur. Le domaine d'application porte sur les moyens prévisionnels permettant l'intégration optimale de systèmes innovants dans les processus de maintenance des compagnies aériennes et dans la chaîne d'information avion (au sens large du terme). Les possibilités issues des technologies de l'information, des nouveaux supports de communication multimédia, des nouvelles générations d'interfaces homme-machine, etc. doivent être pris en compte ainsi que l'aspect acceptation et appropriation par les opérateurs sur avions.

L'enjeu principal étant une réduction du cycle de maintenance et une diminution des risques liés aux facteurs humains, cette réduction du cycle de maintenance doit conduire à une diminution des coûts de soutien des avions. Face à ce constat nous pouvons considérer que l'enjeu principal se décompose en trois parties :

- le premier enjeu est lié à une meilleure connaissance de la structure, du fonctionnement et surtout des contraintes propres au soutien des avions. Du point de vue constructeur, l'objectif est de déterminer l'environnement de maintenance dans les compagnies aériennes.
- le second enjeu est la décomposition, la structuration et la transposition des contraintes de cet environnement en fonctionnalités d'amélioration (Meinadier, 1998) pour procéder à l'analyse des réponses que leur apportent les NTIC.
- le troisième enjeu est l'utilisation d'un moyen permettant de prévoir les opportunités d'intégration de ces nouvelles technologies dans le domaine considéré. Ce moyen que nous présentons est défini comme une méthodologie d'adéquation, basé sur des lois de comparaison et sur une analyse multicritères, devrait

présenter le champ d'opportunités des innovations pour toute évolution du domaine de la maintenance aéronautique.

2. NOTRE PROBLEMATIQUE.

La documentation de maintenance actuelle a pour seul objectif de décrire les principes d'entretien des appareils en service. Actuellement, le format, la structure et le support de cette documentation ne semblent plus adaptés à l'évolution rapide des données ainsi qu'aux contraintes d'exploitation. Les documents sont trop rigides et trop difficiles à personnaliser puis à utiliser. Ils sont surtout difficiles à maintenir dans des environnements ou l'accès immédiat à une information claire et juste est impératif.

2.1. Origine de la réflexion.

La diminution des coûts de maintenance peut être entreprise *en partie* par l'amélioration des moyens d'information utilisés comme soutien documentaire pour les opérateurs sur avions. (Leblond, 1997) souligne que « dans un contexte de réduction des délais, une information prend de la valeur ajoutée proportionnellement à la rapidité de sa circulation ». L'introduction des nouvelles techniques de traitement et de diffusion des informations en maintenance permet en particulier d'informatiser certaines tâches manuelles (Afnor, 1996a). Une autre possibilité serait de fournir à tout le personnel de maintenance des informations sélectives, plus détaillées et directement exploitables afin d'améliorer l'activité de maintenance.

L'information prend alors une part importante dans la réussite des tâches de maintenance (FAA, 1998). Mais quels sont les moyens permettant d'assurer la meilleure exploitation de cette information ? La numérisation des données semble apporter des solutions à court terme. C'est le cas du « terminal de maintenance portable » PMAT présent dans le Boeing 777. Cependant, les nombreux outils proposés actuellement sur le marché ne permettent pas de s'affranchir d'une documentation papier qui reste force de loi par sa stabilité physique et temporelle. De plus, ces outils ne sont pas adaptés aux contraintes imposées par la maintenance des avions (conditions climatiques, durée des opérations, travail en piste, etc.) C'est pourquoi l'intégration des NTIC dans cet environnement industriel doit être étudiée avec soin.

2.2. Définition des champs d'étude.

L'étude porte sur plusieurs aspects qui impliquent d'aborder des champs d'étude différents mais complémentaires. Par nos premiers résultats sur la maintenance nous avons montré que ce travail devrait s'appuyer sur :

- l'étude systémique. Nos immersions « terrain » ont relevé que le domaine de la maintenance aéronautique est beaucoup plus complexe que nous ne le pensions.

Il met en jeu un très grand nombre d'acteurs et de flux de communication dans et hors de l'atelier (Afnor, 1996) (FAA, 1998). Un simple inventaire des éléments en jeu ne serait pas suffisant pour décrire et délimiter tous les champs de ce domaine. En effet, un système complexe est aussi défini par l'introduction des ordres de grandeur des relations entre les éléments qui le composent. (Gonod, 1996). Il convient donc de les intégrer dans une démarche systémique afin d'en obtenir une compréhension globale.

- la modélisation structurelle et de fonctionnement. Les circuits d'information dans la maintenance aéronautique sont importants. Il est indispensable de s'appuyer sur des méthodologies permettant de représenter ces échanges de données. Notre définition de la complexité du domaine s'appuie sur la présentation des flux d'informations (Gonod, 1996) (Hatley, 1987) (Mesarovic, 1975).
- la démarche d'intégration de systèmes technologiques (les technologies) (Allard, 1991). C'est le champ principal de l'étude. Il n'est pas possible de développer un concept de structuration et de confrontation des données présentant des solutions d'intégration sans maîtriser ce sujet.
- l'aspect ergonomique. De nombreuses références existent, en particulier sur l'ergonomie cognitive, appliquée aux logiciels (Riviera, 1996) et aux facteurs humains en maintenance (FAA, 1998). Nous baserons cette partie de l'étude sur les différentes méthodes couramment utilisées dans le domaine de la fiabilité humaine (Fadier, 1994).

2.3. Identification d'un problème de connaissance.

Dans ses travaux sur la dynamique des systèmes et méthodes prospectives, (Gonod, 1996) note que « *le problème conceptuel subordonne le problème méthodologique et le problème méthodologique domine le problème instrumental* ».

2.3.1 Concept mis en jeu.

Malgré les améliorations que l'information numérique apporte par de nouveaux produits sur le marché, se posent parfois des problèmes qui conduisent à un refus de l'évolution par les utilisateurs. Il est donc parfois difficile de prévoir le meilleur moyen d'associer des systèmes nouveaux à des domaines déjà existants. Les nouvelles technologies ne sont pas toujours « adaptables » ou « adaptées » à certains environnements de travail qui, eux-mêmes, ne sont pas toujours préparés à les recevoir. Cette situation de non-adéquation donne lieu à des surcoûts non négligeables nécessaires pour adapter les NTIC aux contraintes des domaines actuels.

Afin de présenter les meilleures possibilités d'intégration envisageables, cette recherche a pour but « d'élaborer, dans un champ d'activités délimitées et connues, un système de choix des activités à équiper par des NTIC, un système de définition des fonctions et de

l'architecture de ce type de support et enfin les méthodes de prototypage et de validation. » En définitive, la problématique de l'étude réside dans la possibilité d'élaborer le système de choix portant sur l'intégration des NTIC dans un domaine connu et délimité (dans notre étude, il s'agit de la maintenance aéronautique.) Plusieurs principes, méthodes et outils ont été développés pour améliorer ce type de travail dans les ateliers (Peres, 1996) (Bernad, 1992). Cependant, si des moyens d'étude et des méthodes d'amélioration des activités de maintenance existent actuellement (Zwingelstein, 1996) (Fadier *et al.*, 1994), il semble qu'aucun ne portent sur la création et la formulation de principes d'adéquation entre les NTIC et les processus de maintenance. (Volle, 2000) note que cette question de l'intégration des technologies n'est pas résolue et qu'elle ouvre un nouveau champ d'application théorique.

2.3.2 Démarche envisagée.

Notre approche vise à formaliser des principes et méthodes permettant d'assurer la définition d'une structure pour l'évaluation des niveaux de correspondance entre un processus et des NTIC. La démarche, basée sur une méthodologie d'adéquation est présentée par la figure ci-après.

Notre premier but est de présenter les éléments à comparer et à confronter. Ces éléments sont, d'une part, les activités présentes dans le processus et d'autre part, les NTIC. Pour cela nous définissons des éléments de mise en relation. Cette transformation « descriptive » des deux domaines aboutit à la formulation de « fonctionnalités d'amélioration » pour le processus (issues et définies à partir des contraintes observées et du besoin des opérateurs de maintenance.) et de « fonctions » (issues des effecteurs fonctionnels et que nous retrouvons dans les supports technologiques appelés ici outils) pour les technologies.

Dans un second temps l'approche consiste à établir les bases pour l'adéquation entre le processus et nouvelles technologies. Il s'agit principalement de regrouper des méthodes permettant de comparer les fonctions et fonctionnalités afin d'établir une relation entre NTIC et processus. Ce travail conduit à une recherche d'amélioration par comparaison itérative de toutes les technologies pouvant augmenter les performances du processus vers une valeur spécifiée (un niveau désiré.)

Nous concluons notre approche en deux parties principales. D'une part, les différentes comparaisons aboutissent à un classement des technologies entre elles. Il s'agit de l'échéancier des opportunités (permettant d'améliorer le processus.) D'autre part, certaines NTIC retenues sont regroupées dans un démonstrateur dont le but est de valider sur le terrain le niveau de performance estimé. Cette approche rejoint en partie la méthode de « Génie Système Prouvable » en informatique (qui n'est pas restreinte à ce domaine) ainsi que les principes

d'intégration, de validation et de qualification des NTIC en ingénierie systèmes (Le Lann, 1997).

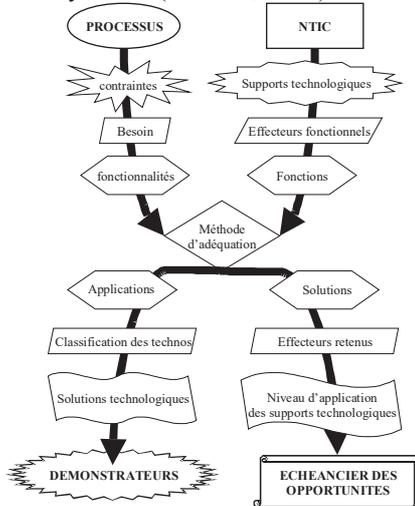


Figure 1. Principe de la démarche envisagée

L'aboutissement de ce problème de connaissance est donc d'agencer les bases d'une connexité entre les fonctions présentées par les NTIC et les fonctionnalités d'amélioration extraites du processus. Ces bases permettent d'établir des recommandations pour le choix puis la mise en place des NTIC dans le processus de maintenance (Leblond, 1997).

3. L'APPROCHE SYSTEMIQUE COMME REPONSE A NOTRE PROBLEMATIQUE.

Les processus de maintenance sont complexes car ils mettent en jeu un grand nombre de ressources autour d'une organisation importante.

3.1. Le besoin d'amélioration.

L'amélioration porte sur l'information. C'est donc le principal élément que nous prenons en compte dans cette étude sur la maintenance aéronautique. Deux autres points de vue sont aussi envisageables, l'amélioration de l'organisation (modification des modes de travail) et l'amélioration de l'avion (adaptation de la conception pour la maintenance.) Dans le premier cas, il s'agit d'une étude sociologique, dans le second cas, c'est une étude de maintenabilité. Le premier besoin possible consiste donc à réduire le cycle du processus en augmentant les performances des ressources et en optimisant les procédures utilisées. Du point de vue informationnel, la nécessité d'augmenter les performances du processus de maintenance implique d'améliorer principalement le mode de diffusion et le niveau de compréhension de l'information par les opérateurs. Il s'agit donc d'augmenter la performance « potentielle » des moyens de traitement, de transport et de présentation des données (en particulier les IHM ou Interfaces Homme-Machine.)

Notre action a pour objet d'étudier des flux d'informations entre les opérateurs et leurs environnements afin de cerner les contraintes d'utilisation des données de maintenance en exploitation sur avion (Adams, 1997a) (FAA, 1998). L'introduction des NTIC en remplacement des moyens actuels est dépendante de l'acceptation des évolutions qui l'accompagnent. Trois facteurs de réussite sont alors nécessaires pour la bonne intégration des innovations dans le processus. Ce sont les trois formes d'appropriation : par l'homme, par l'organisation et par le système d'information déjà en place. A ce titre nous considérons les opérateurs comme parties intégrantes du domaine de maintenance (Adams, 1997b).

3.2. L'approche systémique.

Dans le cadre de notre travail nous avons choisi d'utiliser l'approche systémique comme réponse à notre problématique. « L'approche systémique est une méthodologie qui permet de rassembler et d'organiser les connaissances en vue d'une plus grande efficacité de l'action » (De Rosnay, 1975). Du point de vue des systèmes elle permet de les percevoir et de les comprendre dans leur complexité et, par rapport à leur finalité, de mieux les saisir dans leur dynamisme et leur évolution. La démarche de la pensée est à la fois analytique et synthétique, détaillante et englobante. Elle se base sur des faits concrets et se traduit par une méthode au moyen de laquelle on rassemble tout ce qui est nécessaire et suffisant pour qu'une action efficace s'organise et se réalise.

En reprenant la définition d'un système par (MEINADIER, 1998). Il le considère comme un ensemble composite de personnels, de matériels et de logiciels organisés pour que leur inter-fonctionnement permette, dans un environnement donné, de remplir les missions pour lesquelles il a été conçu. À partir de ceci, considérons une compagnie aérienne comme un système complexe défini par une organisation, des processus et des ressources (Bernad, 1992). Nous pouvons concevoir la maintenance aéronautique comme le processus ayant pour objectif d'améliorer l'exploitation des avions par leur maintien opérationnel continu. Or, part le grand nombre de moyens et d'interactions mis en jeux, ce processus est relativement complexe. Ses interactions étant principalement informationnelles, elles concernent les flux « d'informations » entre les ressources internes au processus (les moyens techniques mais aussi, et surtout, les hommes.) mais aussi entre le processus lui-même et son environnement.

L'aspect globalisant et multi-vue de l'approche systémique est utilisé pour décrire et étudier la structure et la dynamique du processus de maintenance. Cette approche permet de faire un état systématique de tous les éléments prépondérants au fonctionnement du processus. De plus, en complément à la décomposition du processus, nous pouvons définir une méthodologie

d'adéquation en prenant pour base l'approche FPA (Function Process Activity) (Nadif, 1995).

Enfin, la démarche systémique est utilisée pour structurer un ensemble de moyens permettant de mesurer l'impact global provoqué par un changement local du processus. Ce cas peut s'observer lors d'un remplacement de technologies dans une ressource exploitée par une activité. Il est probable que cette action conduit à l'amélioration de l'activité mais provoque aussi une dégradation du fonctionnement général du processus.

4. DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE D'ADEQUATION.

L'objectif final étant d'améliorer le processus de maintenance, plusieurs actions sont envisageables (Vernadat, 1999). Nous portons nos efforts sur l'amélioration des ressources afin de réduire la durée des activités.

4.1. Principe.

Chaque ressource de chaque activité pouvant utiliser une innovation, il est donc nécessaire de vérifier si cette première répond de manière satisfaisante au besoin des opérateurs, aux contraintes d'exploitation et aux conditions d'intégration dans les organisations actuelles.

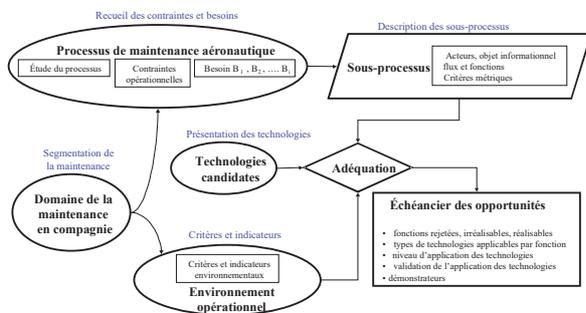


Figure 2. principe de l'étude.

Pour cela, nous définissons une méthodologie d'adéquation qui s'appuie sur la maîtrise de plusieurs éléments : le domaine étudié, les nouvelles technologies et les éléments de confrontation entre ces deux domaines.

4.1.1 La mise en place des domaines de l'étude.

Le processus de maintenance étudié est difficile à mettre en œuvre par les opérateurs, les aspects informationnels posent problème. Nous avons donc recensé les contraintes et besoins que nous avons transformés en fonctionnalités d'amélioration. Parallèlement à cela, nous inventorions, listons et étudions les NTIC que nous souhaitons intégrer afin d'établir un portefeuille de nouvelles technologies. Cela nous conduit à connaître leur domaine d'application, et leurs fonctions. Ceci fait, la mise en place d'un « protocole d'adéquation » nous semble justifiée par le fait qu'il est impératif d'évaluer

les technologies sur des critères de comparaison du déroulement du processus de maintenance pour différents scénarii.

En effet, il ne suffit pas de trouver les solutions pour bonnir l'information exploitée dans chaque activité du processus. Il faut aussi vérifier que ce dernier est amélioré globalement et ce, pour plusieurs régimes de fonctionnement. Un choix technologique peut convenir à un processus de maintenance représentant un fonctionnement en régime continu (cas de la maintenance sous hangar) et ne pas satisfaire au même pour un fonctionnement en régime discret ou aléatoire (cas de la maintenance sur piste.) A ce titre, les régimes de fonctionnement sont définis en fonction d'hypothèses de départ (la quantité d'avions à traiter par heure, le nombre de ressources disponibles, etc.) Nous faisons évoluer une partie de ces hypothèses en remplaçant les technologies intégrées dans les activités par les NTIC. Le principe de la mise en place des domaines de l'étude est présenté dans le tableau ci-dessous.

Variable d'entrée (ce que l'on modifie)	Inconnu (ce que l'on cherche)	Solution « statique » (pour un état donné du processus)	Solution « dynamique » (pendant le fonctionnement du processus)
Besoin	Les technologies satisfaisant ce besoin.	Un panel de technologies NTIC à choisir.	Le respect des performances du processus.
Technologie NTIC	L'évolution du processus.	Les changements intervenant au niveau des ressources des technologies.	L'amélioration des performances du processus.

Tableau 1. Principe de la méthodologie.

4.1.2 Utilisation des éléments de correspondance.

Nous comparons fonctionnalités et fonctions. Pour cela nous recherchons et établissons une relation entre elles et ce, pour chaque activité du processus. Lorsque la relation est faite, la démarche suivante consiste à confronter fonctions et fonctionnalités. Cela est possible par le biais d'une analyse entre les critères de performance pour les technologies et les critères d'amélioration pour les activités. Ces critères sont attribués aux outils supportant les technologies et aux ressources utilisées dans les activités du processus. La logique de fonctionnement des éléments de correspondance entre les fonctionnalités et les fonctions est présentée dans le tableau ci-après.

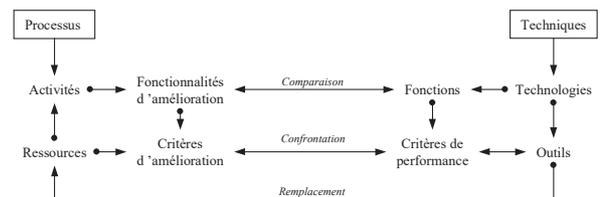


Figure 3. Logique de fonctionnement.

Les éléments de correspondance sont basés sur le principe d'utilisation suivant ; Si, sélectionnée dans un panel, un outil :

- supporte une technologie intégrée dans le portefeuille,
- est attribué à une fonction, elle-même associée à une fonctionnalité qui est liée à une activité du processus,

- présente des critères approchant un niveau d'amélioration établi par cette fonctionnalité, alors, il peut potentiellement être introduit comme nouvelle ressource dans l'activité (ou les activités) présentant ce besoin d'amélioration et pouvant utiliser ce type de technologie. Cependant, pour pouvoir comparer fonction et fonctionnalités nous devons établir ces éléments de correspondance. Pour cela nous définissons un identifiant commun que nous attribuons en premier à chaque fonctionnalité en fonction de son type. Ce dernier est choisi arbitrairement au moment de la création de la fonctionnalité. Il est ensuite lié à la (aux) fonction(s) issue(s) de la (les) technologie(s) que l'on souhaite jauger si l'on précise que le type de celle-ci correspond au type de la fonctionnalité. Cela implique qu'il existe au moins une fonction liée à une fonctionnalité (pour chaque activité du processus).

La figure ci-avant nous montre qu'une fonctionnalité est précisée par un (ou plusieurs) critère(s) d'amélioration. Celui-ci permet de quantifier un niveau à atteindre pour la fonctionnalité considérée. Il est donc basé sur une métrique qui le définit. Nous retrouvons le même type de critères pour la fonction. Cette similitude autorise la confrontation entre eux. Cela veut dire que, pour une fonction liée à une fonctionnalité, un critère de la première est confronté à un critère de la seconde si les deux sont basés sur le même type de métriques (un temps, une fréquence, une quantité, une distance, ...) Les éléments de correspondance sont donc utilisés de deux manières différentes. Pour associer les fonctions et les fonctionnalités nous utilisons des identifiants commun. Ces derniers autorisent une congruence des types (chaque type de fonctionnalité est lié au même type pour les fonctions.) Pour confronter les critères des fonctions et des fonctionnalités nous basons leur correspondance sur la métrique les définissant.

4.2. Développement de la méthodologie.

La méthodologie se base d'une part sur une modélisation du processus (de maintenance) et d'autre part sur trois matrices principales définies comme suit :

- la matrice des « besoins informationnels ». Elle permet de connaître le type et la position des fonctionnalités issues du besoin pour chaque activité du processus,
- la matrice des « technologies définissant les NTIC ». Elle présente l'ensemble des technologies et outils associés. Elle permet de classer les technologies par fonctions et autorise un premier classement des outils entre eux (en fonction du niveau de leurs critères),
- la matrice de « corrélation ». Elle présente une partie des résultats de la « confrontation » les fonctionnalités du besoin et les fonctions des NTIC.

Indépendamment de ces éléments de base de la méthodologie, nous proposons un « modèle d'adéquation ». Son rôle est de contrôler l'amélioration globale du processus en fonction de l'introduction des

NTIC. Nous pouvons le définir comme un moyen méthodologique autorisant la mesure de l'amélioration du processus en fonction de l'intégration des NTIC. Pour chaque modification introduite au niveau des ressources du processus, le modèle d'adéquation doit pouvoir évaluer l'impact que cette modification provoque au niveau des performances du processus que nous avons modélisé comme le montre (en partie) la figure suivante.

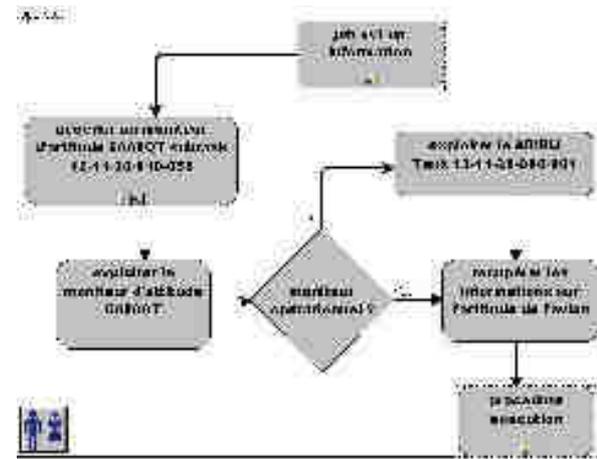


Figure 4. Exemple de modèle d'un processus de maintenance aéronautique.

Le modèle d'adéquation est un modèle décisionnel. Au sens large du terme, un modèle décisionnel a pour fonction de fournir à un décideur des informations lui permettant d'éclairer une décision visant à modifier le système (modèle de décision). Au sens restreint du terme, un modèle décisionnel doit permettre de fournir les valeurs optimales des variables de commande au regard de certains objectifs, compte tenu des variables d'entrée (modèle d'optimisation). Tout modèle décisionnel est plus ou moins bien adapté au problème posé selon la façon dont y sont intégrés les objectifs poursuivis (plus ou moins bien affichés) et les contraintes subies (plus ou moins réelles). Dans le cas d'un modèle analytique, on peut définir une plage admissible des valeurs des variables de commande en fonction de la précision du modèle et des objectifs. Pour notre part, le modèle d'adéquation fonctionne sur le principe de l'écart minimal. Il s'agit de la différence pouvant exister entre une fonctionnalité à satisfaire et une fonction proposée. Cette mesure de l'écart s'effectue principalement au niveau de la matrice de corrélation.

L'objet du modèle d'adéquation est donc de vérifier si une nouvelle technologie améliore l'ensemble du processus. Pour cela nous avons établi les trois matrices décrites ci-avant. Afin d'assurer cette vérification, le modèle d'adéquation devra donc « d'essayer », tour à tour, toutes les NTIC candidates et présentes dans la matrice des technologies pour déterminer la (les) quelle(s) améliore le processus. Notons que ces NTIC

sélectionnées sont d'abord étudiées et validées entre elles dans la matrice des technologies. Une technologie étant associée à une ressource présente dans une activité, si la ressource est modifiée par une NTIC alors l'activité évolue dans le modèle du processus. Cette modification est reportée dans la matrice du besoin informationnel.

Le modèle d'adéquation est basé sur un « algorithme de comparaison » utilisant l'analyse multicritères. Il s'agit d'une suite d'opérations et de calculs dont l'enchaînement conduit à la résolution du problème d'adéquation. Pour solutionner le problème, le modèle doit effectuer deux types de comparaisons. La première est dite « statique » car elle est réalisée pour un état donné du processus. La seconde est dite « dynamique » car elle prend en compte le fonctionnement du processus.

L'amélioration globale du processus est définie par la mesure de l'écart entre l'état du processus avant l'introduction de la technologie et le nouvel état calculé après la simulation. Des indicateurs de performance globale du processus sont définis par l'agrégation des différents critères d'amélioration. Notons cependant que la mesure de l'amélioration du processus en fonction de critères non métriques (Ils s'agit d'indicateurs tels que la diminution des contraintes présentées par les opérateurs ou que l'augmentation de la compréhension des procédures et la diminution des erreurs de lecture) est plus difficile. Il est nécessaire d'établir un lien entre ces critères et des moyens de mesure plus conventionnels. Par exemple si nous voulons mesurer l'augmentation de la compréhension des procédures par les opérateurs, nous pourrions baser ce critère d'amélioration sur la durée de lecture des documents.

Les indicateurs de performance globale serviront à évaluer la pertinence des NTIC. En fonction des résultats de la simulation, l'on mesure le degré d'amélioration apporté par chaque technologie. Si son introduction améliore l'ensemble du processus, on garde cette solution, sinon on passe à une autre NTIC candidate. En final, l'amélioration globale est définie par la mesure de l'écart entre les métriques du processus avant l'introduction de la technologie et les nouvelles valeurs mesurées après la simulation, c'est le gain de la performance. Les métriques du processus peuvent être son temps de fonctionnement mais aussi d'autres valeurs telles que l'amélioration de la compréhension des données, la rapidité de lecture ou la diminution du nombre d'erreurs, etc.

4.3. Exploitation des résultats.

L'aboutissement du travail est le développement d'une méthodologie d'intégration des NTIC dans un processus pour évaluer leur intérêt par la mesure de la performance obtenue. A partir du choix de ces technologies, différents démonstrateurs seront

développés afin de valider les solutions retenues par rapport aux critères de performance définissant les objectifs à atteindre. Cette démonstration pratique de l'intérêt économique, technique et humain des NTIC s'inscrit dans la continuité du travail de modélisation-simulation. Elle sera donc réalisée dans un environnement représentatif du processus étudié. Notre but n'est pas de proposer les outils industriels mais plutôt de montrer que les NTIC émergentes, qui auront été choisies, seront susceptibles de satisfaire le besoin. L'analyse réalisée au cours de l'étude donnera deux éléments exploitables.

En premier lieu, il s'agit de la liste des solutions apportées par les nouvelles technologies. Cette liste aboutie à la définition d'un échancier des opportunités pour le processus en terme d'intégration des technologies. L'échancier devrait permettre de prévoir l'intérêt d'étudier plus précisément une technologie si nécessaire. En effet, il est possible que certaines technologies, immatures pour le moment, autoriseraient une plus grande amélioration des performances du processus que celles actuellement utilisées.

En second lieu il s'agit de la classification des technologies matures qui seront retenues pour être intégrées dans la définition des démonstrateurs. Ces technologies ne permettront peut être pas d'atteindre le niveau d'amélioration optimal du processus que l'on souhaite. Cependant leur étude sur le terrain permettra de valider les résultats obtenus par la modélisation et la simulation. Étant matures, elles seront plus faciles à intégrer dans un démonstrateur pour effectuer une comparaison des résultats entre le modèle et la réalité.

A ce titre, les démonstrateurs que nous développerons à partir des résultats théoriques, regrouperont l'ensemble des technologies adéquates dans un outil. Nous reproduirons alors le processus directement sur l'avion avec cet outil afin de vérifier l'augmentation des performances calculée par le modèle d'adéquation. Par exemple, l'image ci-après présente une utilisation possible du produit Itronix.



Figure 5. Produit ITRONIX

5. CONCLUSION.

La prépondérance des systèmes d'information dans le monde aéronautique s'étend au domaine de la

maintenance (Hesburg, 2000). Leur intégration dans cet environnement peut être problématique si ces systèmes ne répondent pas de manière satisfaisante aux besoins exprimés par les futurs utilisateurs. En effet, la maintenance est très contraignante en terme d'exploitation des informations. C'est pourquoi, le concept, les méthodes et moyens que nous définissons ont pour but de s'assurer de la bonne intégration des nouvelles technologies dans un environnement complexe tel que celui de la maintenance aéronautique.

Le processus le plus performant en terme de structure et de fonctionnement ainsi que l'ensemble des technologies répondant aux besoins issus de chacune des activités, aux contraintes de fonctionnement global et général du processus seront déterminés à partir du modèle d'adéquation que nous développons actuellement. L'analyse du processus de maintenance nous permettra de choisir les technologies qui seront donc en parfaite adéquation avec lui. Elles pourront alors être rassemblées dans un outil commun dont l'intégration présentera un impact maîtrisé et augmentera les performances du processus vers une valeur connue.

REFERENCES

- Adams, 1997a. Tasks procedures in aircraft maintenance. Brite EuRam II. Project No. BE95-1732. Doc WP2B – D2.
- Adams, 1997b. Aircraft maintenance technology review introducing a paperless maintenance environment. Brite EuRam II. Project No. BE95-1732. Doc WP2C – TR01.
- Aerospace, 1999. Aviation Maintenance Market to Approach \$35 Billion by 2006. In *News and analysis - aerospace online : Virtual community for the avionics industry*. Site www.aerospaceonline.com.
- Afnor, 1996a. Maintenance industrielle 1: *méthodes et outils*. Éditions Afnor
- Afnor, 1996b. Maintenance industrielle 2: *relations courantes*. Éditions Afnor.
- Allard B., 1991. La dynamique des systèmes à l'Aérospatiale Division Hélicoptères, bilan d'une intégration réussie in *Revue internationale de systémique*. Afcet Volume 5, N°2. Édition Dunod
- Bernad J., 1992. Approche systémique de l'entreprise et de son informatisation. Éditions Masson
- DE ROSNAY J., 1977. Vers une vision globale. *Le microscope*. Éditions Point.
- FAA, 1998. Human factors in Aviation Maintenance and Inspection: *Ten Years of Research and Development*. Federal Aviation Administration Aviation Medicine.
- Fadier E., 1994. L'état de l'art dans le domaine de la fiabilité humaine. Éditions Octares.
- Gonod P., 1996. Dynamique des systèmes et méthodes prospectives. Éditions Futuribles International.
- Hatley J. & Pirbhail A., 1987. Strategies for Real-Time System Specification. Dorset House PublishingCo.
- Le Lann G., 1997. L'industrie européenne et l'émergence du Génie Système Prouvable en informatique. *Outils informatiques, ingénierie des systèmes et compétitivité*. Éditions de l'Association Aéronautique & Astronautique de France.
- Leblond R., 1997. Potentialité dans l'utilisation des nouvelles technologies de l'information dans l'atelier. rapport de recherche EADS CCR 1997.
- Meinadier J-P., 1998. Ingénierie et intégration des systèmes. Éditions Hermès.
- Mesarovic M.D., 1975. General system theory : Mathematical foundations. Volume 113 in *Mathematics in science and engineering* – University of Southern California. Éditions Academic Press.
- Nadif A., 1995. Integrated model and simulation of the production system in *Proceeding of the 1995 INRIA/IEEE Symposium on Emerging Technologies and Factory Automation, Paris*. October 1, 1995 v.3, pp. 499-507. Éditions IEEE.
- Peres F., 1996. Outils d'analyse de performance pour les stratégies de maintenance : *Maintenance dans les systèmes de production*. Thèse n°1632 Université Bordeaux I
- Riddoch, 1998. Un plan stratégique visant à réduire les erreurs humaines dans l'entretien des aéronefs. *Programme de recherche pour l'amélioration de la maintenance*. Site www.camc.ca/camcfrench/
- Riviera G., 1996. Human factor issues in interactive electronic technical manuals for aircraft maintenance *Technologie pour les IETM*. Éditions de l'Association Aéronautique & Astronautique de France.
- Vernadat F., 1999. Techniques de modélisation en entreprise : *application aux processus opérationnels*. Éditions Economica.
- Volle M., 2000 « mes priorités actuelles » <http://www.volle.com/contenu.priorites.htm>
- Zwingelstein G., 1996. Maintenance basée sur la fiabilité : *Guide pratique d'application de la CRM*. Éditions Hermès.
- Hessburg J., 2000. Air Carrier MRO Handbook. Éditions Aviation Book.