

## INTÉGRATION DU FACTEUR HUMAIN DANS LA CONDUITE ET LE DÉROULEMENT DE PROJETS SPATIAUX

### AUTIER THOMAS

EURESPACE, Immeuble Thalès, 17 avenue Didier Daurat  
31700 Blagnac, France. [t.autier@eurespace.com](mailto:t.autier@eurespace.com)

### TOMASINI LINDA

Centre National d'Etudes Spatiales, 18 avenue Edouard Belin  
31401 Toulouse cedex 4, France [linda.tomasini@cnes.fr](mailto:linda.tomasini@cnes.fr)

### MARIE-AGNES PEN

EURESPACE, Toulouse, France

### ERIC HERMANN

EURESPACE, Toulouse, France

### MICHEL MAZEAU

IPST/INP de Toulouse, EURESPACE, Toulouse, France

### Résumé

L'ingénierie système a pour objectif d'organiser les apports de différents domaines techniques de l'ingénieur dans une démarche de développement de système socio-technique.

En participant à cette démarche, le spécialiste du Facteur Humain s'intègre dans la logique de conception, ce qui lui permet d'y intervenir efficacement.

Pour les projets spatiaux, une normalisation du management de projet fixe les étapes et les processus de validation de la conception, de la réalisation et de l'exploitation d'un système technique.

Dans le cadre de l'ISS (International Space Station) nous participons au projet du laboratoire européen de physiologie qui a pour but d'analyser les effets de la micro-gravité sur l'homme. Notre équipe a développé une organisation des apports Facteur Humain en cohérence avec le déroulement des phases dans un projet spatial.

L'objet de cette communication est de décrire les apports de la prise en compte du Facteur Humain au plus tôt dans le développement des systèmes et les difficultés qui sont rencontrées dans sa mise en œuvre.

**Mots clés** : Management de projet, intégration du Facteur Humain, formalisation méthodologique.

## INTEGRATION OF THE HUMAN FACTOR INTO THE CONDUCTING AND PROCESS OF SPACE PROJECTS

### Abstract

The aim of system engineering is to organise the contribution of the engineer in different technical fields with a sociotechnical system development approach.

The Human Factor specialist, when he is involved in this approach, fits in the logical design. This allows the Human Factor specialist to act effectively.

For space projects, normalising project management fixes the stages and the validation of the design process, and the execution and exploitation of technical systems.

Within the framework of the international Space Station, we are involved physiological European laboratory project whose aim is to analyse the effects of the micro-gravity on man.

Our team has developed Human Factor dimensions in accordance with the sequence of phases in a space project.

The effect of taking into account Human Factor at the earlier possible moment in a systems development and to describe the problems which are met in carrying this out

**Key words**: Project management, Human Factor integration, methodological formalisation

Sur la base d'un exemple tiré du développement de matériel scientifique pour la Station Spatiale Internationale, l'objectif est d'alimenter une discussion sur l'ergonomie au sein d'une logique normalisée de déroulement de projet.

## **INTRODUCTION SUR LE MANAGEMENT DE PROJET ET L'INGÉNIERIE SYSTÈME AU SEIN DES PROJETS SPATIAUX**

La conception de systèmes spatiaux s'appuie sur une organisation de projet formalisée par les normes ECSS (European Cooperation for Space Standardization) qui font par ailleurs l'objet d'une reprise par l'AFNOR. En particulier ces normes apportent une description détaillée de la logique de déroulement d'un projet.

La démarche mise en place organise les étapes de conception, de spécification et de réalisation d'un système technique et coordonne les apports des différents domaines de l'ingénierie afin de synchroniser le travail des différents experts. Chaque phase est conçue de façon à faire passer le système ou le produit d'un état de référence à un autre une fois achevées les tâches qui la caractérisent.

A la fin de chaque phase, une Revue de projet planifiée sert de jalon dans le déroulement de ce dernier. Cette Revue doit être impérativement validée par un comité pour passer à l'étape suivante.

Au cours de chacune des phases, l'ingénierie système assure l'intégration des différentes composantes techniques au sein du projet. L'équipe système coordonne en effet l'intégration et la répartition des différentes informations entre toutes les composantes techniques du projet et fournit les contraintes et les exigences techniques ou opérationnelles aux acteurs concernés.

### **L'ergonomie dans le management de projet et l'ingénierie système au sein des projets spatiaux**

L'ergonomie doit être intégrée comme tout autre discipline de l'ingénierie dans cette composante système pour les raisons suivantes :

- La prise en compte du Facteur Humain dans un projet industriel (quel que soit le secteur) nécessite la mise en œuvre de méthodologies, de techniques d'analyse et de conception répondant à des besoins précis de préconisation pour garantir l'opérabilité d'un système. On entend par opérabilité le fait de rendre un système exploitable par des opérateurs en prenant en compte les contraintes et les exigences liées à l'activité réelle et son environnement. En ce sens, l'ergonomie (comme le Soutien Logistique Intégré, la Sûreté De Fonctionnement, ...) apparaît comme une des techniques concourant à la fiabilité, la productivité, la qualité des productions ... soit la performance globale d'un système.
- Les domaines à prendre en compte et la diversité des résultats invitent à positionner l'apport de l'ergonomie au niveau du déroulement du projet. Les résultats portant en effet sur la définition technique des outils, l'organisation du travail, les Interfaces Homme Machine,....

L'équipe Facteur Humain pourra, avec une intégration au sein du déroulement du projet le plus en amont possible, aider et participer à la prise de décision de certains éléments au moment adéquat, en apportant sa plus value et ses connaissances des sciences relatives à l'homme.

### **Objectif de la communication**

Dans cette communication, nous montrons comment peuvent s'intégrer les apports de l'ingénierie Facteur Humain au sein des projets. Pour cela nous prenons appui sur le projet de conception d'un laboratoire de physiologie pour le module Columbus de la Station Spatiale Internationale. Nous déclinons, étape par étape, les objectifs, méthodes et fournitures que doit produire l'ergonomie pour être synchrone avec l'ensemble des domaines techniques concernés.

L'objectif de la communication est de discuter sur la base d'un Retour d'Expérience, les difficultés rencontrées par l'équipe FH pour assurer ce type d'intégration.

### **EXEMPLE D'INTÉGRATION DU FACTEUR HUMAIN DANS LA LOGIQUE DE DÉROULEMENT D'UN PROJET SPATIAL**

Pour illustrer notre propos, les phases 0, A et B d'un projet spatial seront développées. Le but est de mettre en évidence l'intégration et la contribution des objectifs et des méthodes apportées par l'équipe Facteur Humain, au sein des différentes phases du projet.

#### **Phase 0 : Analyse de la mission / Identification des besoins**

Objectif de la phase

- Identifier et caractériser la mission envisagée.
- Exprimer la mission en termes de besoins et de performances attendues.
- Mener une évaluation préliminaire des éléments de gestion du projet (organisation, coût, délais).

Objectif support FH

- Identifier le rôle attendu et la plus-value de l'opérateur humain que ce soit pour l'activité bord, pour l'activité sol et leur coopération.
- Evaluer les contraintes d'utilisation, notamment celles liées à l'environnement physique et opérationnel.

Méthode FH

- Retour d'expérience des programmes antérieurs (astronaute, scientifique et opération).
- Analyse de situations de référence en laboratoire.

Fournitures et plus value FH

*Revue de Définition de Mission :*

- Coût prévisible en terme de moyens, de connaissances, de compétences, ...

#### **Phase A : Faisabilité**

Objectif de la phase

- Finaliser l'expression des besoins exprimés en phase 0.
- Proposer des solutions répondant aux besoins identifiés.

Objectif support FH

- Caractérisation de l'activité bord et sol et de la performance attendue.

#### Méthode FH

- Définition d'un cyclogramme (séquencement des actions opérateurs) de haut niveau.
- Identification des ressources nécessaires par une 1<sup>ère</sup> modélisation de l'activité bord et sol en fonctionnement nominal et dégradé.

#### Fournitures et plus value FH

*Revue des exigences préliminaires* : Bilan des ressources à prévoir en termes de :

- Planning de l'activité bord (temps équipage),
- moyens techniques associés,
- confrontation aux ressources disponibles de la Station Spatiale Internationale,
- faisabilité de « l'activité future probable » du point de vue opérationnel.

#### Phase B : Définition préliminaire (projet et produit)

##### Objectif de la phase

- Sélectionner les solutions techniques correspondant au concept de système choisi dans le cadre de la phase A.
- Aboutir à une définition précise et cohérente (performances, coût délais) à tous les niveaux.
- Préparer les éléments de décision pour passer à la phase suivante, en affinant la connaissance des facteurs techniques de faisabilité évalués au cours de la phase précédente.
- Confirmer la faisabilité de la solution préconisée, et définir ses conditions d'exploitation (techniques et économiques).

##### Objectif support FH

- Mise en place des profils de mission du point de vue de l'activité scientifique.
- Définition des besoins utilisateurs du point de vue fonctionnel.
- Précision des allocations de ressources nécessaires.
- Intégration des besoins par rapport aux services des modules et sous-modules en interaction.
- Intégration des ressources dans l'environnement bord.

#### Méthode FH

- 1<sup>ère</sup> version détaillée du cyclogramme
- Mise en place du modèle d'activité, prémisse des procédures.
- Spécification des aides au travail.
- Maquettage de l'environnement de travail bord.
- Mise en place avec les scientifiques des classes de protocoles.
- Mise en place du référentiel scientifique et opérationnel.
- Maquettage des concepts d'IHM.
- 1<sup>er</sup> validation des concepts avec les utilisateurs (astronautes, scientifiques et opérateurs sol).

#### Fournitures et plus value FH

*Revue de définition préliminaire* :

- Participation aux URD (User Requirement Document : Spécifications de besoin Utilisateur) avec le croisement fonction/cyclogramme pour vérifier que les besoins utilisateurs sont couverts.
- Réalisation du document « system operations and logistics » décrivant les besoins opérationnels et logistiques.

## DISCUSSION

Pour le projet concerné, l'équipe Facteur Humain est intervenu en fin de phase A. Après une présentation de certains apports de l'ergonomie au sein du projet, nous évoquons la difficulté à intégrer ces résultats, compte tenu de notre introduction tardive dans le projet.

L'objectif de ce retour d'expérience est de mettre en évidence la nécessité de prévoir l'intégration du Facteur Humain très en amont dans le projet.

### Apports de l'ergonomie

Notre contribution a porté entre autre sur :

- la définition de l'architecture informatique du système,
- la conception de plusieurs instruments de mesure physiologique,
- la conception d'une IHM du futur système permettant de prendre en compte de manière intégrée, l'activité des astronautes, les contraintes de l'environnement de travail et les exigences des scientifiques.

L'ensemble de nos contributions a eu pour effet notamment, de fournir et de "rassembler" tous les acteurs du projet autour d'un même référentiel opératif commun.

### Difficulté d'intégration de la plus value FH

L'ergonomie n'est pas encore une discipline d'ingénierie reconnue dans les projets spatiaux comme peuvent l'être l'électronique, la mécanique ... De ce fait il est rare de voir l'ergonomie intégrer un projet dès les premières phases. Le plus souvent les aspects Facteur Humain sont au mieux traités à partir de la phase B, à un moment où des options ont déjà été prises, restreignant de ce fait les marges de manœuvre pour la prise en compte du Facteur Humain. Dans ces cas, les spécialistes Facteur Humain interviennent le plus souvent en correction au sein de la conception, ce qui peut accroître les difficultés d'intégration de l'ergonomie dans le projet.

## CONCLUSION

L'intégration des apports de l'ergonomie dans les méthodes de conduite de projet est indispensable pour la prise en compte des aspects Facteur Humain dès la conception du système : il ne s'agit pas de modifier les méthodes de conduite de projet, mais bien d'y intégrer, très en amont, l'ensemble des expertises nécessaires, relevant de la technique ET des sciences relatives à l'homme, garantissant une opérabilité optimale du système.

Cela augmente la visibilité de l'équipe projet sur les méthodes et les connaissances utilisées par les ergonomes et favorise la coopération entre experts techniques et experts Facteur Humain. En fait, tout au long du projet "l'ergonome est un ingénieur comme les autres", encore faut-il lui donner les mêmes moyens (notamment en délais de réponse...) qu'aux porteurs des autres logiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- *Ingénierie des Systèmes*, ECSS-E-10A, Ingénierie spatiale, 1996
- *Logique de déroulement*, ECSS-M-30A, Management des projets Spatiaux, 1996
- *La conduite des systèmes à risque*, éditions PUF, René Amalberti, 1996.
- *Les procédures pour les vols habités* Qualité espace n°37 , L. Suchet, E. Hermann.
- *L'ergonome, un ingénieur comme les autres*, Journée de la pratique en ergonomie de Bordeaux, M. Mazeau, Mars 2001
- *Les vols spatiaux habités*, Performances Humaines et Techniques n° double 67-68,.
- *Les Facteurs Humains de la Fiabilité dans les Systèmes Complexes* J. Leplat, G.de Terssac, éditions Octares, 1990.