



HAL
open science

ERGO-CONCEPTOR : système à base de connaissances ergonomiques pour la conception d'interface de contrôle de procédé industriel

Faouzi Moussa, Christophe Kolski

► **To cite this version:**

Faouzi Moussa, Christophe Kolski. ERGO-CONCEPTOR : système à base de connaissances ergonomiques pour la conception d'interface de contrôle de procédé industriel. *Technologies Avancées*, 1991, 2, pp.5-14. hal-03384277

HAL Id: hal-03384277

<https://uphf.hal.science/hal-03384277>

Submitted on 8 Jul 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.

ERGO-CONCEPTOR : SYSTEME A BASE DE CONNAISSANCES ERGONOMIQUES POUR LA CONCEPTION D'INTERFACES DE CONTROLE DE PROCEDURE INDUSTRIEL

Faouzi MOUSSA, Christophe KOLSKI

Laboratoire d'Automatique Industrielle et Humaine, URA CNRS 1118, Le Mont Houy,
59326 Valenciennes Cedex, France

Résumé : Cet article présente une démarche de conception ergonomique d'interface homme-machine pour le contrôle de procédé industriel. Celle-ci fait l'objet actuellement d'une formalisation informatique sous la forme d'un système original appelé ERGO-CONCEPTOR. Celui-ci permet une description du procédé à contrôler suivant les besoins de l'opérateur humain. A partir de cette description, des spécifications d'interfaces sont générées. Ces spécifications sont ensuite utilisées pour créer semi-automatiquement les interfaces homme-machine.

Mots-clés : Interface Homme-Machine, Conception, Contrôle de procédé industriel, Système à base de connaissance, ergonomie, Spécification d'Interface

1. INTRODUCTION GENERALE

Au cours de ces dernières années, le développement des nouvelles technologies a permis la mise en place d'installations industrielles de plus en plus importantes en taille et en complexité. Cette évolution croissante a transformé le travail de l'homme, en particulier dans le domaine du contrôle de procédés industriels, en des tâches de haut niveau telles que la surveillance globale du procédé et la prise de décisions dans des situations complexes que les systèmes automatisés sont incapables de gérer [Rasmussen, 1986 ; Millot, 1988]. La responsabilité des opérateurs s'est donc accrue. Les erreurs humaines dans la réalisation de ces tâches peuvent avoir des conséquences graves mettant en jeu la production du système, voire la sécurité de l'environnement et la vie des personnes. Ces conséquences sont de plus en plus lourdes dans des domaines tels que les industries chimiques, les processus nucléaires, le contrôle de la navigation aérienne, etc.

Toutefois, la capacité limitée de l'opérateur humain face au flux de données très important auquel il est soumis rend ses tâches difficiles en cas de situations anormales. Afin de pallier ce problème, de nombreuses recherches s'orientent vers l'amélioration de la qualité des interfaces graphiques Homme-Machine [Helander, 1988 ; Kolski, 1989 ; Taborin, 1989]. En effet, ces dernières constituent le moyen privilégié pour informer l'opérateur de l'évolution du procédé qu'il supervise. Par conséquent, le rôle des interfaces est capital.

Ainsi, la tendance actuelle dans les salles de contrôle de procédés automatisés, est la présentation de l'information sur écran graphique de visualisation. A cet effet, de nombreux outils d'édition graphique ont fait leur apparition pour répondre aux besoins des concepteurs de synoptiques industriels. Mais, de nombreux problèmes ergonomiques, inhérents à l'utilisation de vues graphiques dans les salles de contrôle, ont alors émergé. Ces problèmes peuvent résulter par exemple de lacunes dans la manière de présenter l'information graphique sur l'écran, ou encore de défauts dans l'analyse des besoins informationnels de l'opérateur lors de ses différentes tâches. L'objectif de nos travaux est de contribuer à résoudre ces problèmes en proposant et en formalisant des démarches ergonomiques de conception d'interfaces [Moussa, 1990a ; 90b ; Kolski, 1990].

La première partie de cet article présente une méthodologie de conception des systèmes Homme-Machine, puis détaille la méthodologie de conception des interfaces Homme-Machine sur laquelle se base notre travail. La mise en œuvre informatique de la méthodologie de conception des interfaces Homme-Machine fait l'objet de la seconde partie, sous la forme d'un système original appelé ERGO-CONCEPTOR, visant la conception d'interfaces basée sur des connaissances ergonomiques centralisées dans une base. La structuration de ce système, ainsi que les principaux modes de représentation générés semi-automatiquement par ERGO-CONCEPTOR à partir des spécifications d'interface sont ensuite présentées dans cet article.

2. PROBLEMATIQUE DE LA CONCEPTION D'INTERFACES

A l'heure actuelle, les concepteurs d'interfaces ne disposent pas de méthodologies globales, précises et formalisées. En particulier, il n'existe pas de modèle de l'activité des concepteurs d'interfaces Homme-Machine permettant par exemple de prendre en compte les stratégies mises en œuvre au cours de la conception, et de modéliser les différences inter-individuelles en terme de hiérarchie de sous-butts [Senach, 1989]. Pourtant, un certain nombre d'outils, permettant de faciliter et d'améliorer la conception d'interfaces, existent. Ces outils peuvent être classés en plusieurs catégories, principalement :

In: Technologies Avancées, 2, pp. 5-14, 1991.

- Les kits de construction et les générateurs d'interfaces, qui évitent au concepteur l'écriture fastidieuse de codes informatiques et qui lui fournissent des éléments d'interfaces qu'il peut assembler à sa guise. Parmi ces outils on peut citer AIDA, IMAGIN, DATAVIEWS ou SL-GMS.
- Les recueils de recommandations ergonomiques qui orientent le concepteur vers des solutions plus ou moins générales et faciles à mettre en œuvre.
- Les outils informatiques intégrant explicitement des connaissances ergonomiques, tel le système expert SYNOP qui permet d'évaluer ergonomiquement et de corriger automatiquement des erreurs de conception dans la présentation et la structuration des vues [Kolski, 1989].

Une des limites de ces outils est qu'ils s'intéressent uniquement à un aspect particulier de la conception. De plus, l'utilisation de ces outils n'est pas toujours facile pour des concepteurs ayant peu de connaissances en ergonomie ou en informatique. Il est donc indispensable de replacer ces besoins en ergonomie vis à vis des différentes étapes de la conception et d'établir les liens entre les différents niveaux d'analyse [Scapin, 1989]. Il est aussi nécessaire de tendre vers des concepts clairs, applicables dans le cadre des processus d'évaluation et de conception d'interfaces.

La partie suivante de cet article présente une méthodologie globale de conception des systèmes Homme-Machine proposée par [Millot, 1990]. La notion de conception des interfaces se trouve incluse dans cette méthodologie globale. Puis sera détaillée la méthodologie que nous mettons en oeuvre pour concevoir des interfaces Homme-Machine pour le contrôle de procédé industriel.

3. PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE DE CONCEPTION DES SYSTEMES HOMME-MACHINE

Nos travaux s'intègrent dans la conception de système homme-machine dont une méthodologie est illustrée en figure 1. Celle-ci soulève plusieurs problèmes liés respectivement à la modélisation du comportement décisionnel humain, à la coopération Homme-Machine dans les tâches décisionnelles et enfin à la réalisation et à l'évaluation des interfaces ergonomiques. Le lecteur souhaitant approfondir chacun des points de cette méthodologie se référera à [Millot, 1990] et [Millot, 1991].

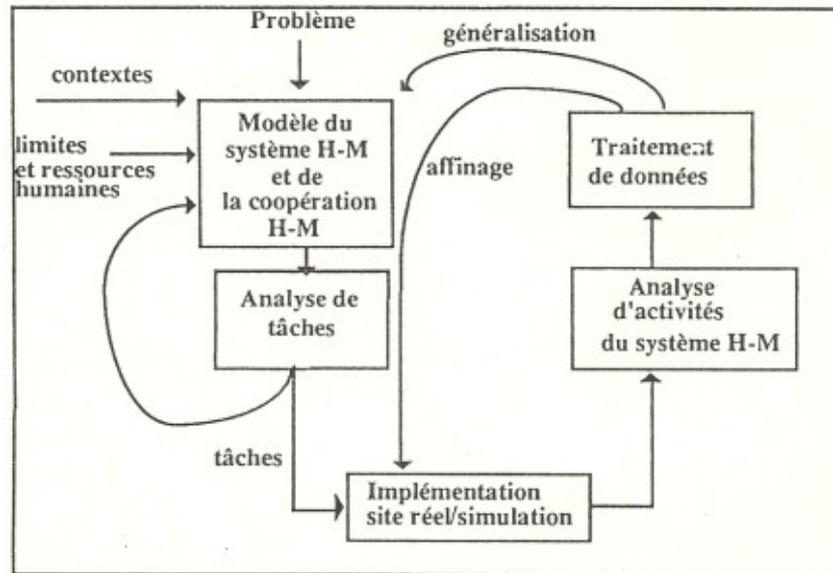


Figure 1 : Méthodologie de conception-évaluation du système Homme-Machine [Millot, 1990]

Cette démarche méthodologique comprend deux étapes séquentielles, figure 1 :

- Une étape conceptuelle descendante de modélisation du système Homme-Machine qui aboutit à une mise en œuvre sur site ou à une simulation : dans cette étape, la démarche consiste d'abord à définir le modèle du procédé. Si cette définition est loin d'être triviale, elle peut néanmoins s'appuyer sur des méthodes d'analyse des systèmes, telles que SADT ou MERISE pour le cas d'un système en fonctionnement normal, et AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et leurs Effets) ou AD (Analyse par Arbre de Défaillance) pour le cas d'un système en fonctionnement dégradé [Fadier, 1990]. Une fois le modèle défini, il convient d'analyser le procédé et son système de commande pour en déduire les modes de fonctionnement et de dysfonctionnement prévisibles. Ceci conduit à la définition des tâches humaines pour l'exécution desquelles il convient ensuite d'évaluer les capacités humaines à partir du modèle de l'opérateur. Cette évaluation des ressources humaines en regard des contraintes techniques à satisfaire conduit à la définition d'outils d'aide et à l'interface Homme-Machine.

- Une étape ascendante d'évaluation du système conçu et réalisé dans l'étape précédente : dans cette étape, les critères d'évaluation tiennent compte des performances du système Homme-Machine global, exprimées par exemple en terme d'écart entre la production réelle et les objectifs, et également de critères ergonomiques permettant d'évaluer les difficultés rencontrées par les opérateurs lors de l'exécution de ses tâches.

4. PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE DE CONCEPTION DES INTERFACES HOMME-MACHINE

Pour concevoir les interfaces homme-machine, nous mettons en œuvre une méthodologie qui s'intègre dans l'étape descendante de la démarche de conception des systèmes Homme-Machine présentée ci-dessus. Elle comporte deux phases principales, Figure 2:

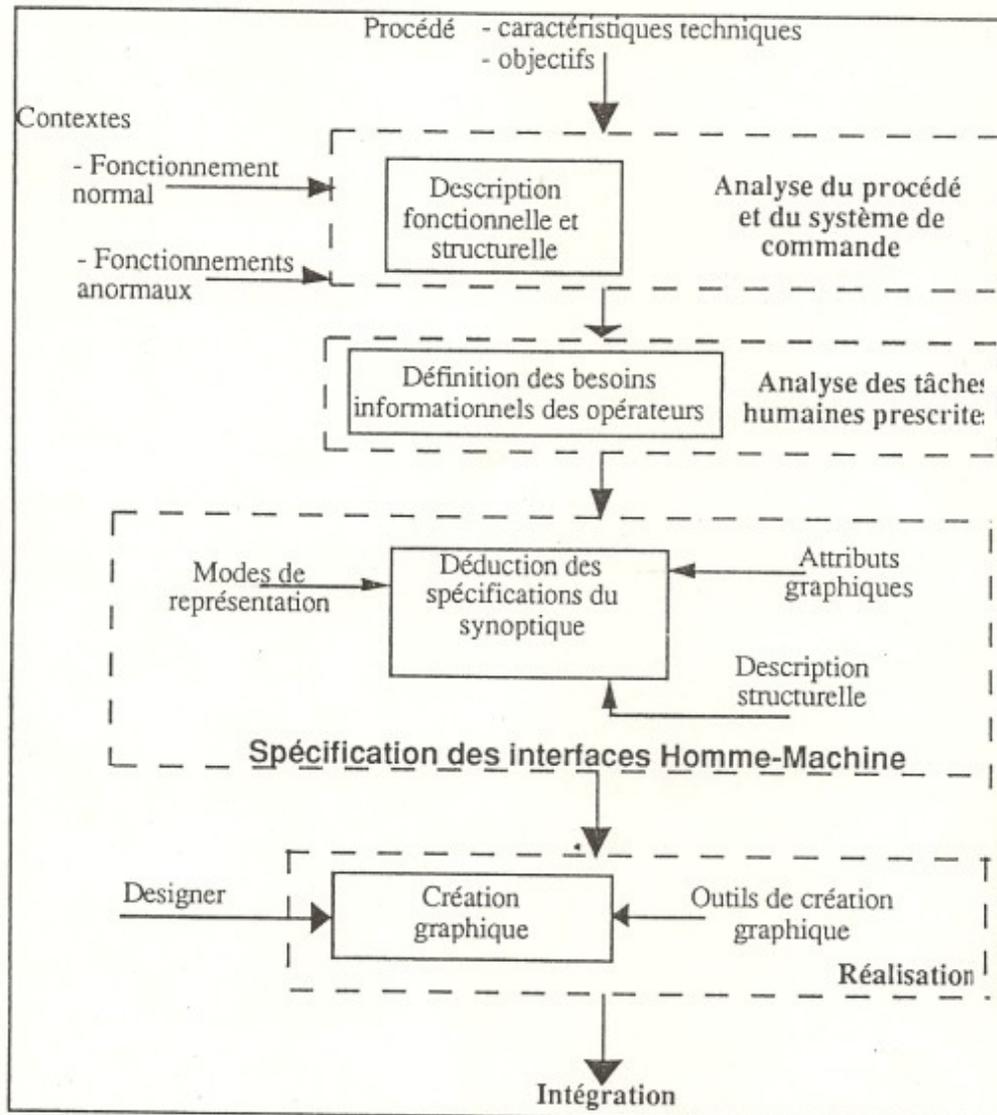


Figure 2 : Démarche de conception ergonomique d'interfaces Homme-Machine

In: Technologies Avancées, 2, pp. 5-14, 1991.

- La première phase est consacrée à la description fonctionnelle et structurelle du procédé. Elle permet d'aboutir à un premier niveau de connaissance nécessaire à la spécification des interfaces. Cette description est réalisée en fonction des besoins en matière de contrôle du procédé, définis à partir d'une analyse des tâches humaines prescrites.

- L'objectif de la seconde phase est d'abord la spécification des interfaces Homme-Machine. Cette étape utilise les résultats issus de la phase précédente. La génération des vues graphiques se base ensuite sur ces spécifications.

Ces deux phases sont successivement détaillées ci-dessous.

4.1. Description d'un procédé selon les besoins de l'opérateur humain

Une méthodologie de description d'un procédé automatisé a été proposée par [Moussa, 1991]. Les concepts de base sur lesquels s'appuie cette méthodologie pour décrire le procédé sont les suivants :

- Le Groupement Fonctionnel Simple (GFS) : C'est un sous-système indécomposable qui se présente comme étant un ensemble de variables reflétant à tout moment son état. Il permet de contrôler une fonction indécomposable. Les ressources d'un GFS sont les variables qui le composent, dites variables intrinsèques. Les liaisons entre les différents sous-systèmes sont décrites par des liens d'entrées-sorties. Les informations véhiculées par les entrées et les sorties d'un GFS sont représentées par des variables dites de communication.

- Le Groupement Fonctionnel Composé (GFC) : Il s'agit d'un regroupement de sous-systèmes qui forme un sous-système de plus haut niveau. Les éléments d'un GFC, qui peuvent être des GFS et/ou des GFC, représentent des ressources de ce groupement fonctionnel dont le but est de contrôler une macro-fonction. Les variables intrinsèques qui représentent un GFC sont théoriquement les variables intrinsèques de tous les GF qui le composent auxquelles s'ajoutent les variables de communication entre ces GF. Les variables de communication d'un GFC sont déduites à partir des variables de communication entre les GF qui le composent et les GF extérieurs et/ou l'environnement sous lequel est soumis le procédé. Cependant, pour éviter d'avoir une quantité d'informations très importante au niveau le plus haut qui représente tout le procédé, il convient de faire une sélection des variables significatives qui reflètent une image synthétique du GFC, chaque fois qu'on remonte d'un niveau dans la hiérarchie. Dans la figure 3, la variable C2 est considérée comme une variable de communication pour les sous-systèmes GFS1 et GFS3 et comme variable intrinsèque pour le groupement fonctionnel GFC1. Par contre, la variable C3 est une variable de communication aussi bien pour GFS3 et GFS2 que pour GFC1 et GFC2.

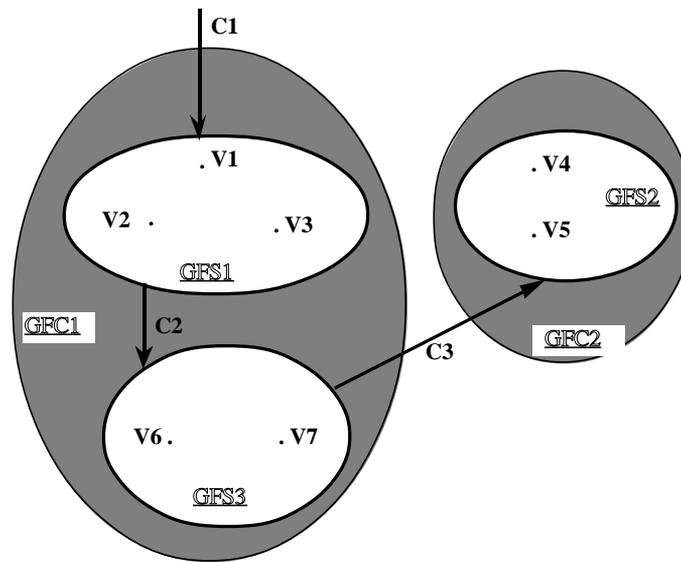


Figure 3 : Groupements Fonctionnels

• Le réseau de causalité : suite à la description structurelle (présentée ci-dessus) du procédé, le troisième concept de base est la description fonctionnelle de celui-ci. Cette dernière est réalisée à partir de la représentation des interactions entre les différentes variables d'un sous-système par des liens d'influence regroupés sous forme d'un réseau de causalité, figure 4. Ces liens servent à décrire l'impact d'une perturbation affectant une variable d'un groupement fonctionnel sur le reste du système. En effet, lors du fonctionnement du procédé, le changement physique d'un composant a des conséquences fonctionnelles qui se propagent à travers le niveau de détail de la description.

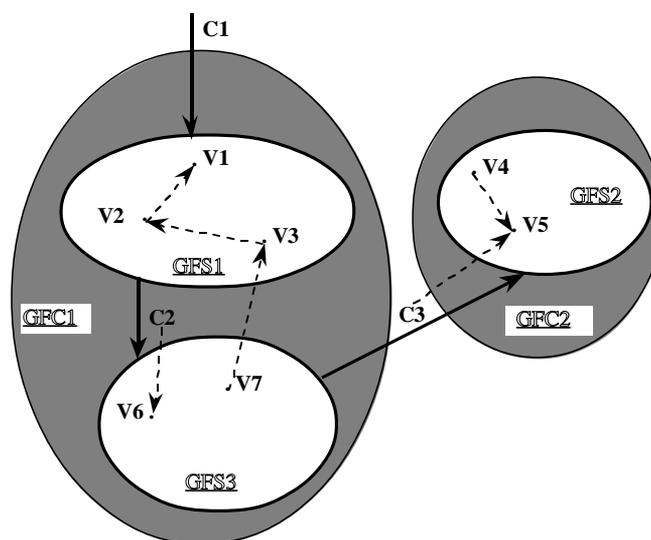


Figure 4 : Liens d'influence

Ainsi, les descriptions structurelle et fonctionnelle du procédé sont achevées. Il importe maintenant de décrire le système en terme de hiérarchie d'abstraction "moyens-objectifs". A un niveau d'abstraction N_i , les objectifs d'un sous-système S_i donné peuvent être atteints en agissant sur les sous-systèmes de niveau N_{i-1} qui le composent. Au niveau d'abstraction N_{i+1} , ce sous-système S_i est vu comme étant un moyen ou une ressource servant à réaliser les objectifs du sous-système S_{i+1} qui l'englobe. En conclusion, la description d'un procédé s'effectue selon trois axes complémentaires apportant chacun une description de nature différente, figure 5. L'ensemble de ces trois types de description permet d'avoir une idée suffisamment précise pour déduire des spécifications de l'interface à réaliser.

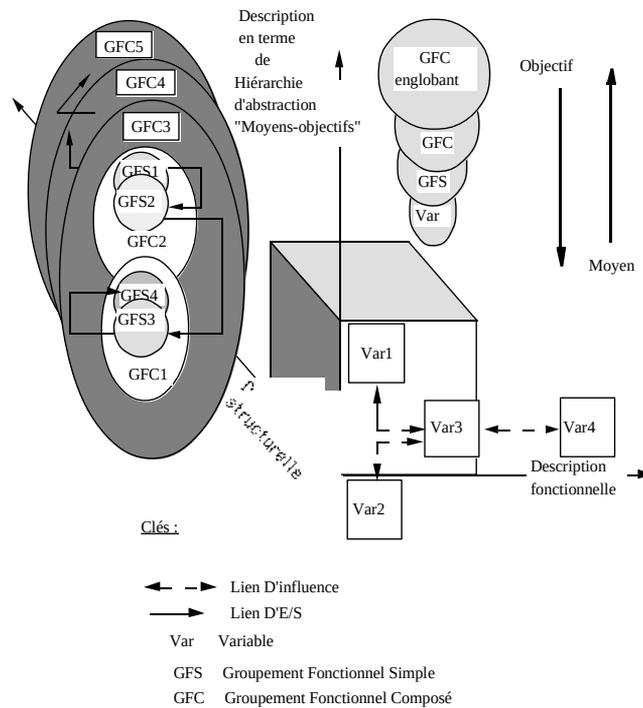


Figure 5 : Méthodologie de description d'un procédé

4.2. Spécification des interfaces et génération des vues graphiques

Après avoir décrit le procédé, suivant la méthodologie présentée ci-dessus et en tenant compte des facteurs humains, il convient maintenant d'introduire les concepts ergonomiques pour la spécification des interfaces et la génération des vues graphiques. Il faut donc mettre en évidence :

- Le squelette de l'interface entre le concepteur des vues et le système en spécifiant toutes les fonctionnalités de cette interface.

In: Technologies Avancées, 2, pp. 5-14, 1991.

- La spécification structurelle des vues. Il s'agit de définir les différentes zones qui composent une vue graphique.

- Les différentes catégories d'une vue. En effet, la diversité des types de vues dépend essentiellement des différents états dans lesquels peut se trouver l'opérateur. On peut citer par exemple l'état de supervision d'un sous-système particulier en fonctionnement, l'état de visualisation de l'historique d'une variable, l'état de commande d'une variable ou encore l'état de visualisation de l'impact de la perturbation d'une variable sur le reste du sous-système.

- Les différents modes de représentation graphique. Il s'agit ici de déduire, à partir (i) des connaissances expertes en ergonomie, (ii) de la description du procédé et (iii) du type de l'opérateur et de sa fonction, le mode de représentation le plus approprié pour présenter l'information.

- Le choix des variables pour chacun des modes de représentation.

- La notion d'attributs graphiques. Il s'agit de déduire, à partir des recommandations ergonomiques, l'aspect statique de l'information à présenter sur l'écran. Ainsi, seront définis les couleurs, les types de traits, les polices de caractères etc...

La mise en œuvre informatique de la méthodologie de conception des interfaces Homme-Machine fait l'objet de la partie suivante. Elle aboutit à un outil, appelé ERGO-CONCEPTOR, qui traite le procédé depuis sa description jusqu'à la génération des vues graphiques.

5. MISE EN ŒUVRE INFORMATIQUE DE LA METHODOLOGIE : LE SYSTEME ERGO-CONCEPTOR

Au Laboratoire d'Automatique Industrielle et Humaine, nous réalisons actuellement un système appelé ERGO-CONCEPTOR de conception ergonomique d'interfaces homme-machine. Ce système est en cours de réalisation sur une station de travail sous VAX/VMS, à l'aide du langage d'Intelligence Artificielle LE-LISP associé à un environnement graphique appelé AIDA.

Nous décrivons maintenant son architecture informatique ainsi que les différents modules le constituant.

5.1. Architecture informatique d'ERGO-CONCEPTOR

L'outil ERGO-CONCEPTOR se compose de trois modules principaux, figure 6 :

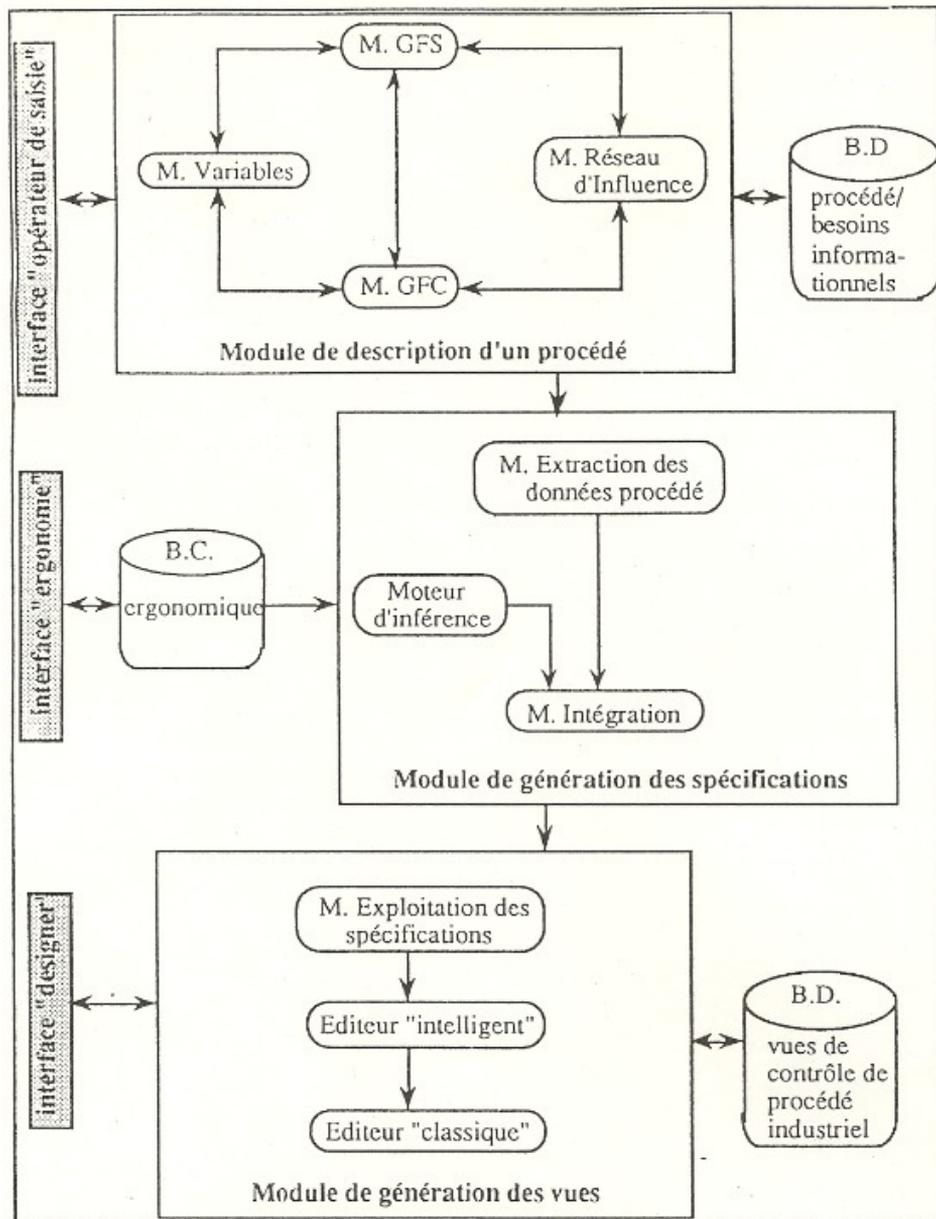


Figure 6 : Architecture du système ERGO-CONCEPTOR

- Un module de description du procédé. Il s'agit d'une mise en œuvre informatique de la méthodologie - présentée précédemment - de description d'un procédé industriel, suivant les besoins de l'opérateur humain en matière de contrôle de celui-ci.
- Un module automatique de génération de spécifications d'interface qui utilise (i) les résultats issus du module précédent et (ii) des connaissances ergonomiques centralisées dans une base pour spécifier les vues à générer. Ce module utilise des techniques d'Intelligence Artificielle.

- Un module de génération des vues graphiques qui propose au concepteur une interface "intelligente" avec le système, lui permettant de créer ses vues. Cette interface est dite "intelligente" dans la mesure où elle exploite les spécifications déduites du module précédent tout en assurant au concepteur des degrés de liberté lui permettant d'intervenir au niveau le plus bas de la création des vues.

Une présentation de la conception générale de ces trois modules fait l'objet des paragraphes suivants.

5.2. Module de description d'un procédé

La mise en œuvre informatique de la méthodologie de description d'un procédé automatisé est accomplie par les quatre sous-modules suivants, figure 6 :

- Le premier sous-module, appelé "M.variables", effectue les opérations de saisie, consultation et mise à jour des variables décrivant le procédé. Chaque variable est décrite essentiellement par : un libellé, son type (intrinsèque ou de communication) et un booléen indiquant si la variable est significative ou non de l'état de bon fonctionnement du procédé. La suppression d'une variable engendre la mise à jour de tous les GF auxquels elle est attachée.

- Le second sous-module, appelé "M.GFS", concerne les GFS et se charge des fonctions suivantes :

- Création d'un GFS : regroupement des variables intrinsèques, saisie des liens d'entrées/sorties (chaque lien est représenté par le GF en amont, le GF en aval et la variable de communication) et saisie des liens d'influence (chaque lien est décrit par la variable en amont, la variable en aval, le sens de propagation et le retard pur).

- Consultation et modification d'un GFS.

- Suppression d'un GFS, en éliminant toutes ses variables.

- Les GFC sont traités dans le troisième sous-module, appelé "M.GFC", qui assure les fonctions suivantes :

- Création d'un GFC : regroupement des variables significatives de ses GF et définition des liens d'E/S et des liens d'influence.

- Consultation et mise à jour d'un GFC.

- Suppression d'un GFC : élimination de tous les GF qui le composent et mise à jour des liens d'E/S et des liens d'influence.

Le quatrième sous-module de la partie description du procédé est consacré au réseau d'influence. Il permet la création et la mise à jour des différents liens d'influence appartenant au réseau de causalité.

La description détaillée du procédé selon la méthodologie présentée ci-dessus est enregistrée dans une base de données qui servira par la suite à la génération des spécifications des vues

5.3. Module de génération des spécifications des vues

La génération des spécifications des vues est assurée au travers de trois sous-modules, figure 6. Le premier sous-module est chargé de l'extraction des données décrivant le procédé à partir de la base de données "procédé". Le second sous-module se focalise sur l'aspect ergonomique du système. A cet effet, des règles ergonomiques ont été stockées dans une base de connaissances. Un moteur d'inférence, fonctionnant en chaînage avant, se charge d'inférer ces règles et de communiquer les résultats au sous-module suivant. Les règles ergonomiques font apparaître :

- pour chacun des groupements fonctionnels, les différents types de vues à prévoir,
- pour chaque type de vue, les différentes zones qui la composent et les différents modes de représentation de l'état du sous-système,
- pour chacun des modes, les aspects ergonomiques relatifs à la présentation d'information à mettre en oeuvre (ex : règles ergonomiques concernant les couleurs, les tailles de caractères, etc.).

Le troisième sous-module se charge d'intégrer les résultats issus des deux premiers pour élaborer un fichier de spécification des vues. Un lexique a été défini pour décrire les spécifications des vues [Ben Hassine, 1991]. Ce lexique vise un double objectif :

- formaliser le fichier de spécification
- définir la structure d'une vue sous forme de zones et d'entités, et les différents éléments graphiques constituant chacun des modes de représentation prévus.

5.4. Module de génération des vues graphiques

A partir du fichier de spécifications des vues graphiques, qui est issu du module précédent, ce module se charge d'assister le concepteur lors de la génération effective des vues graphiques de contrôle du procédé. Ces vues vont servir, quant à elles, à une interface entre l'opérateur et le système. Cette génération, semi-automatique, des vues graphiques suit la démarche suivante, figure 7 [Trigui, 1991] :

- Analyse du fichier de spécifications pour en déduire l'ensemble des informations nécessaires à la réalisation des vues. Cette analyse repose sur le lexique qui a été défini dans le module précédent.

- Utilisation des fonctionnalités "intelligentes" de l'éditeur graphique qui intègrent des connaissances sur le procédé. Ces fonctionnalités exploitent l'ensemble des informations décrivant la structure et les fonctionnalités des vues, et des routines graphiques élémentaires pour générer les vues graphiques du procédé.

- Utilisation des fonctionnalités "classiques" de l'éditeur graphique selon deux aspects complémentaires :

- d'une part ses routines graphiques, telles que le dessin d'un rectangle, d'un cercle, l'édition d'un texte, etc, servent comme entrées sous forme d'objets graphiques pour l'éditeur "intelligent",

- et d'autre part, cet éditeur assure un degré de liberté important au concepteur des vues. Ce dernier peut ne pas suivre toutes les propositions de l'éditeur "intelligent". Il a la possibilité de modifier à tout moment une partie de la vue générée automatiquement par les fonctionnalités "intelligentes", voire même se passer complètement de celui-ci pour créer une vue à sa guise. Pour cela, outre les routines graphiques élémentaires, l'interface propose au concepteur, sous forme de texte, les spécifications nécessaires concernant le procédé pour l'aider à générer ses vues.

Ainsi, ces trois axes forment trois sous-modules complémentaires et interdépendants qui constituent une interface graphique conviviale et "intelligente" utilisée par le concepteur des vues. Les modes de représentation générés par ERGO-CONCEPTOR font l'objet de la partie suivante.

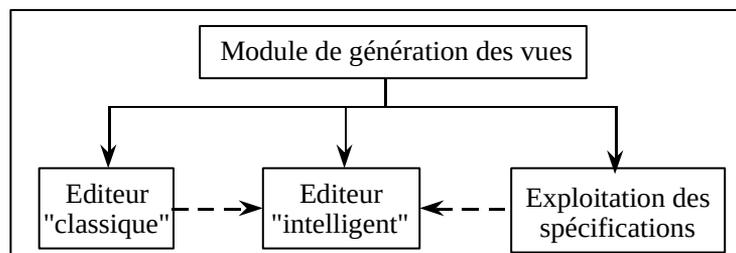
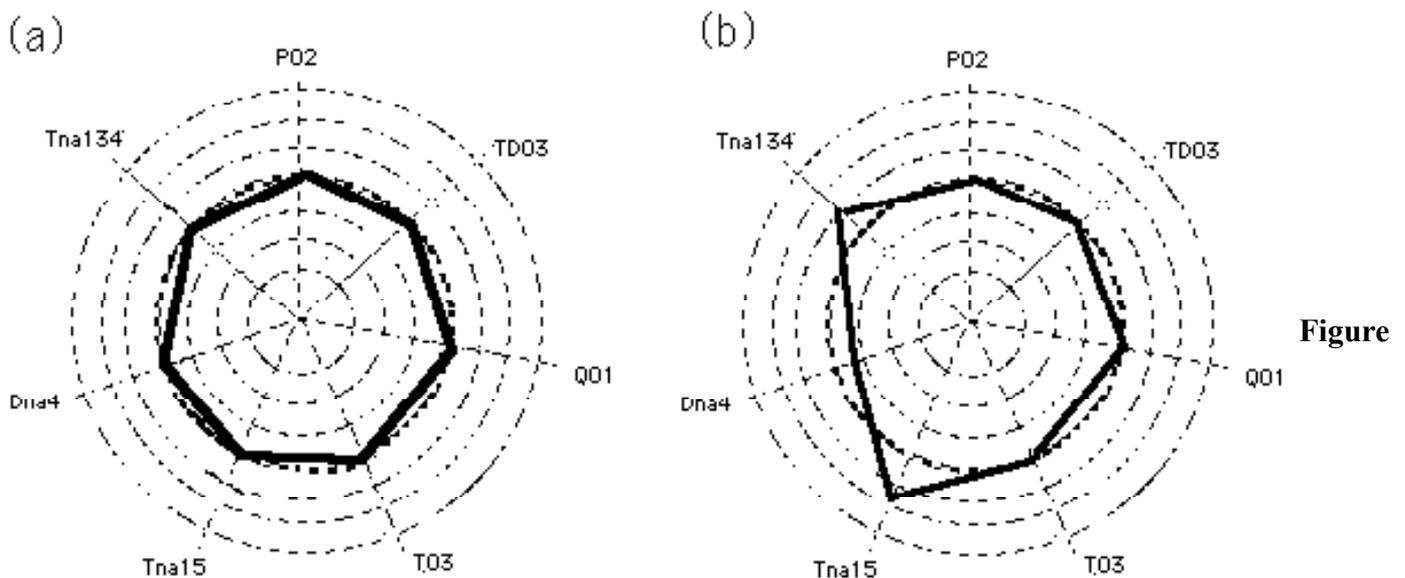


Figure 7 : Architecture globale du module de génération des vues

6. LES MODES DE REPRESENTATION GENERES SEMI-AUTOMATIQUEMENT PAR ERGO-CONCEPTOR

Actuellement, les modes graphiques de présentation d'information que peut générer le système ERGO-CONCEPTOR, à partir des spécifications, sont au nombre de quatre. Chaque mode de représentation décrit l'état d'un sous-système d'une façon différente. Ces modes sont les suivants :

- Le mode de représentation en "étoile" : celle-ci correspond à une vue synthétique regroupant un ensemble restreint de variables, souvent les plus significatives de l'état de bon fonctionnement du procédé. Le principe de cette vue, appelée "vue étoile" a été défini par [Coekin, 1968] et est utilisé dans plusieurs applications telles celles de [Woods, 1981], [Taborin, 1989] ou [Gambiez, 1990]. La figure 8 présente un exemple de "vue étoile" comportant sept variables, en situation normale (a) et anormale (b) de fonctionnement, utilisée par [Taborin, 1989]. La valeur de chaque variable est représentée par un point, sur le rayon, dont la position est modifiée en ligne en fonction de l'évolution temporelle de l'amplitude de la variable.



8 : Représentation en "étoile"

(a) en situation normale de fonctionnement

(b) en situation anormale de fonctionnement

- La représentation "barre-graphe" : celui-ci correspond au mode communément utilisé dans le domaine du contrôle de procédé industriel. Un exemple simple de barre-graphe représentant une variable en situation normale, et en situation anormale est donné en figure 9.

In: *Technologies Avancées, 2, pp. 5-14, 1991.*

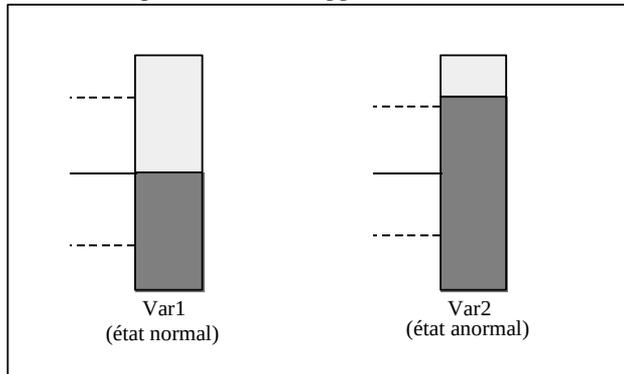


Figure 9 : Représentation en barre-graphe

• Le mode réseau de causalité : Il a été inspiré des modèles de fluence introduits par [Lind, 1981 ; 1982]. Il s'agit de visualiser les liens d'influence des variables choisies par l'utilisateur, Figure 10.

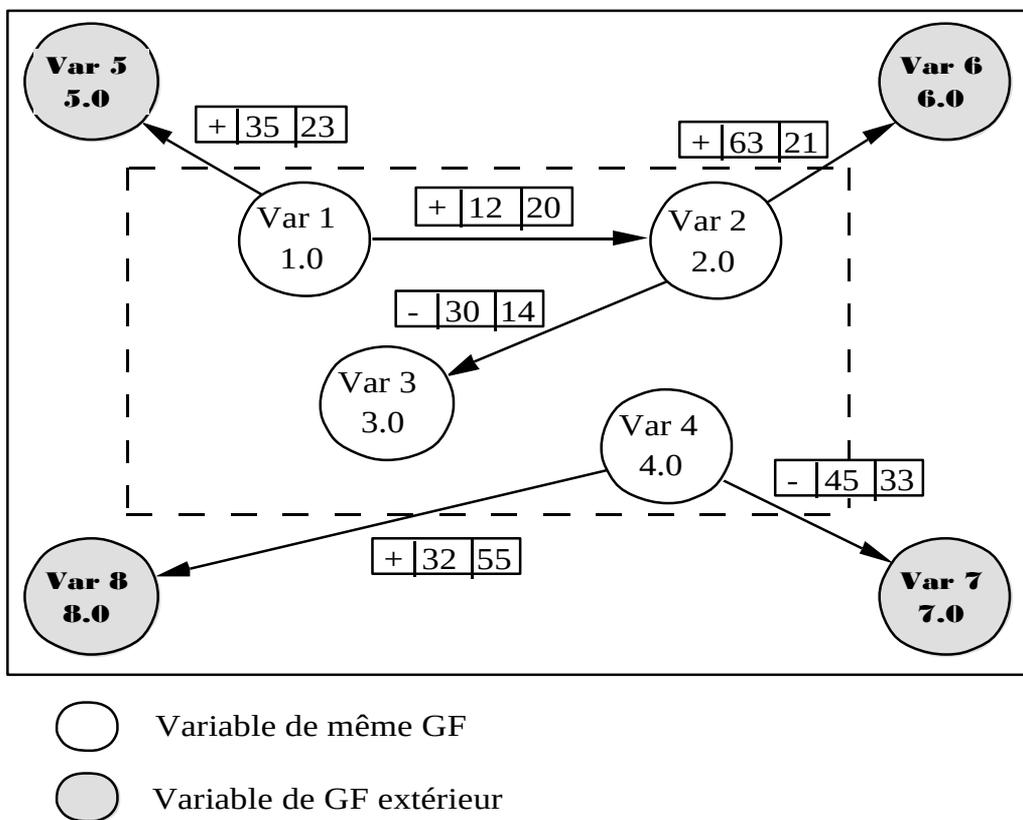


Figure 10 : Représentation en réseau de causalité

Les deux entités de base de ce réseau sont :

- un cercle (nœud) indiquant le libellé et la valeur d'une variable,

- une flèche (arc orienté) indiquant le sens de propagation, la proportion de l'influence et le temps de retard représentant l'impact de la perturbation d'une variable sur une autre.

• Le mode réseau-commande : Il s'intéresse à une variable pour représenter :

- une boîte contenant le libellé de la variable, une courbe décrivant l'historique et les deux seuils d'alarme de la variable et un "widget" qui indique la valeur courante de la variable et donne la possibilité à l'utilisateur de modifier cette valeur en utilisant des boutons d'augmentation et de diminution,

- des boîtes similaires, mais sans "widget", représentant les variables ayant des liens d'influence avec la variable courante,

- des flèches reliant la variable courante avec les autres et qui indiquent la direction de la propagation de l'influence.

Ainsi, en modifiant la valeur d'une variable, l'utilisateur peut vérifier l'impact de sa modification sur le reste des variables concernées, figure 11.

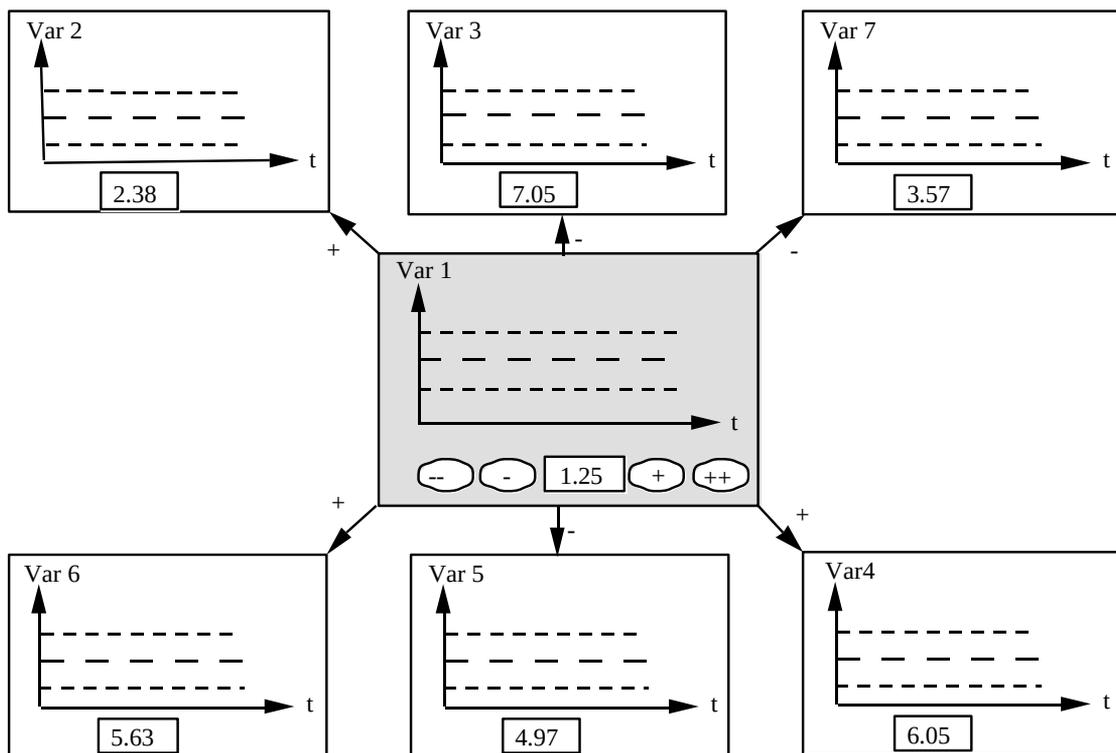


Figure 11 : Représentation en réseau-commande

- Le mode réseau historique : Il est similaire au mode réseau-commande en éliminant le "widget" puisqu'il s'agit d'une simple visualisation de l'historique d'une variable.

7. CONCLUSION GENERALE

Le développement des moyens informatiques et l'automatisation de plus en plus croissante des procédés industriels ont généré de nombreux problèmes pour la conception des systèmes Homme-Machine. En particulier, le problème lié à la conception des interfaces est d'une telle importance qu'il a motivé de nombreuses recherches dans ce domaine. Ces interfaces, censées présenter les informations pertinentes décrivant l'évolution du procédé, doivent être considérées avec beaucoup de soin afin qu'elles remplissent au mieux les préoccupations de leurs utilisateurs, en l'occurrence les opérateurs de contrôle du procédé industriel.

L'objectif de ce travail a été l'étude et la mise en œuvre d'un système original d'aide à la conception ergonomique interactive de vues graphiques présentées aux opérateurs dans les salles de contrôle. Dans ce cadre, une méthodologie de conception des interfaces Homme-Machine basée sur la démarche de conception des systèmes Homme-Machine, développée au sein de l'équipe, a été mise au point. Inspirée de cette démarche, la méthodologie de conception des interfaces Homme-Machine correspond à l'étape descendante de celle-ci.

Le système ERGO-CONCEPTOR mettant en œuvre la méthodologie de conception des interfaces Homme-Machine, a été présenté dans la deuxième partie de cet article. Trois modules séquentiels ont été mis en évidence. Le premier est une mise en œuvre de la méthodologie de description des procédés automatisés. A partir des résultats issus de ce module et des connaissances ergonomiques expertes, le second module se charge de générer les spécifications des vues. Enfin, le troisième module exploite les résultats du deuxième pour proposer au concepteur des vues une interface évoluée intégrant les spécifications.

Le système ERGO-CONCEPTOR, en cours de réalisation au Laboratoire d'Automatique Industrielle et Humaine, permet d'envisager de manière prometteuse la conception ergonomique "intelligente" d'interfaces Homme-Machine pour le contrôle de procédé industriel. Il s'agit maintenant de l'évaluer sur des applications industrielles réelles. Ces évaluations feront l'objet d'autres articles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [**Ben Hassine, 1991**] BEN HASSINE T., 1991. Contribution à la mise en œuvre d'une méthodologie de conception des interfaces Homme-Machine. Rapport de DEA, Université de Valenciennes, Juillet 1991.
- [**Coekin, 1968**] COEKIN J.A., 1968. A versatile presentation of parameters for rapid recognition of total state International Symposium on Man-Machine Systems, September 1968, IEEE Conference Record 69 C58-MMS.
- [**Fadier, 1990**] FADIER E., 1990. Fiabilité humaine : Méthodes d'analyse et domaines d'application In J. Leplat et G. De Terssac. éditeurs ; Les Facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes - Edition Octarés, Marseille, 1990
- [**Gambiez, 1990**] GAMBIEZ F., TENDJAOUI M., KOLSKI C., MILLOT P., 1990. Etude et mise en oeuvre d'un module d'interface pour l'outil PREDEX de développement de système expert de filtrage et de gestion d'alarmes pour les procédés continus. Rapport final établi dans le cadre de la convention LAIH/S2O, LAIH, Université de Valenciennes, Juin 1990.
- [**Kolski, 1989**] KOLSKI C., 1989. Contribution à l'ergonomie de conception des Interfaces Graphiques Homme-Machine dans les Procédés Continus : Application au Système Expert SYNOP. Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes, Janvier 1989.
- [**Kolski, 1990**] KOLSKI C., MOUSSA F., MILLOT P., 1990. Formalisation de connaissances ergonomiques dans le domaine de l'ergonomie de conception d'interfaces graphiques Homme-Machine. XXVI Congrès de la SELF "Méthodologie et outils d'intervention et de recherche en ergonomie", Montréal, Canada, 3-6 Octobre 1990.
- [**Lind, 1981**] LIND M., 1981. The use of flow models for automated plant diagnosis, human detection and diagnosis of system failures. Plenum Press, Eds. J. RASMUSSEN and W.B. ROUSE, 1981.
- [**Lind, 1982**] LIND M., 1982. The use of flow models for design of plant operating procedures. Roskilde, RISO National Laboratory, Danemark, 1982.
- [**Millot, 1988**] MILLOT P., 1988. Supervision des procédés automatisés et ergonomie. Editions Hermes, Paris, Décembre 1988.
- [**Millot, 1990**] MILLOT P., 1990. Coopération Homme-Machine : Exemple de la téléopération. Journées du GR Automatique, Strasbourg, 17-19 Octobre 1990.
- [**Millot, 1991**] MILLOT P., ROUSSILLON E., 1991. Man-Machine Cooperation in Telerobotics : Problematics and Methodologies. Second France Israël Symposium on Robotics, Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, Gif sur Yvette, Avril 1991.
- [**Moussa, 1990a**] MOUSSA F., KOLSKI C., MILLOT P., 1990. Etude de l'intégration d'un outil expert interactif ergonomique dans la démarche de conception d'interface graphique homme-machine. II Colloque, "L'Ordinateur, L'Homme et L'Organisation", Nivelles, 9-11 Mai 1990.

- [**Moussa, 1990b**] MOUSSA F., KOLSKI C., MILLOT P., 1990. Artificial intelligence approach for the creation and the ergonomic design of man-machine interfaces in control room. Ninth European Annual Conference on "Human decision making and manual control", Varese, Italy, September 10-12, 1990.
- [**Moussa, 1991**] MOUSSA F., BEN HASSINE T., KOLSKI C., 1991. ERGO-CONCEPTOR : Etat d'avancement des travaux. Rapport de recherche, L.A.I.H., Université de Valenciennes, Mars 1991.
- [**Rasmussen, 1986**] RASMUSSEN J., 1986. Information processing and Human-Machine Interaction, an approach to cognitive engineering. North Holland series in System Science and Engineering, Andrew P; Sage Editor, 1986.
- [**Scapin, 1989**] SCAPIN D., PIERRET-GOLBREICH C., 1989. MAD : Méthode Analytique de Description des tâches. Actes du colloque sur l'ingénierie des interfaces Homme-Machine, Sophia Antipolis, 1989.
- [**Scapin, 1989**] SENACH B., 1989. Vers un éditeur d'interfaces ergonomiques. Actes du colloque sur l'ingénierie des interfaces Homme-Machine. Sophia-antipolis, 24-26 Mai 1989..
- [**Taborin, 1989**] TABORIN V., MILLOT P., 1989. Cooperation Between Man and Decision Aid System in Supervisory Loop of Continuous Processes, 8'th European Annual Conference on "Human Decision Making and Manual Control", June 1989, Lyngby, Danemark.
- [**Trigui, 1991**] TRIGUI H., 1991. Contribution à la mise en œuvre d'un outil d'aide à la conception de vue graphiques pour les procedes industriels. Rapport interne, L.A.I.H., Université de Valenciennes, Juin 1991.
- [**Woods, 1981**] WOODS D.D., WISE J.A., HANES L.F., 1981. An evaluation of nuclear power plant safety parameter display systems,. Human Factors Society, 25th Annual meeting, p. 110-114, 1981.