



HAL
open science

Etude de l'intégration d'un outil expert interactif ergonomique dans la démarche globale de conception d'interface graphique homme-machine

Faouzi Moussa, Christophe Kolski, Patrick Millot

► To cite this version:

Faouzi Moussa, Christophe Kolski, Patrick Millot. Etude de l'intégration d'un outil expert interactif ergonomique dans la démarche globale de conception d'interface graphique homme-machine. Colloque International l'Ordinateur, l'Homme et l'Organisation II, May 1990, Nivelles, Belgique. hal-03485279

HAL Id: hal-03485279

<https://hal-uphf.archives-ouvertes.fr/hal-03485279>

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.

ETUDE DE L'INTEGRATION D'UN OUTIL EXPERT INTERACTIF ERGONOMIQUE DANS LA DEMARCHE GLOBALE DE CONCEPTION D'INTERFACE GRAPHIQUE HOMME-MACHINE

F. Moussa, C. Kolski, P. Millot

Laboratoire d'Automatique Industrielle et Humaine
URA CNRS 1118 URIAH
Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis
59326 Valenciennes cedex, FRANCE

Résumé : Cet article s'intéresse particulièrement à la formalisation de connaissances ergonomiques dans un but de conception d'interfaces graphiques dans le domaine des procédés industriels continus. Ainsi, dans une première partie, nous décrivons un système expert, appelé SYNOP, utilisé dans une démarche d'ergonomie corrective de présentation d'information. Puis, dans la seconde partie, nous présentons une problématique de la conception ergonomique, illustrée par plusieurs travaux récents de formalisation de la description de tâches. Enfin, nous envisageons, dans la dernière partie de l'article, un modèle d'outil expert intégré dans une démarche globale de conception d'interfaces graphiques.

Mots clés : Outil d'Assistance, Ergonomie de Correction, SYNOP, Ergonomie de Conception, Système Expert, Interface Homme-Machine.

I - INTRODUCTION

L'évolution technologique dans les procédés industriels continus se caractérise par une complexité croissante des installations, la centralisation de la conduite et de la surveillance de processus, et l'emploi de plus en plus fréquent de l'ordinateur pour contrôler cette conduite. 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.

De nombreux problèmes ergonomiques, inhérents à l'utilisation de vues graphiques dans les salles de contrôle, sont alors apparus :

- Ces problèmes peuvent résulter de lacunes dans la manière de présenter l'information graphique sur l'écran. Ceci est souvent dû au fait que l'opérateur réalisant les vues graphiques possède, dans la plupart des cas, peu ou pas de connaissances en ergonomie. Il convient alors de mettre en oeuvre une démarche ergonomique corrective afin d'améliorer la présentation de

l'information. La réalisation du système expert SYNOP (Kolski, 1989), pour l'aide à l'évaluation et l'amélioration ergonomique de la présentation de l'information, a permis d'étudier la notion d'ergonomie de correction à l'aide de techniques formelles, et de mettre l'accent sur certaines limites d'une telle démarche d'ergonomie de correction.

- Mais, ces problèmes ergonomiques peuvent également provenir de lacunes dans l'analyse des besoins informationnels de l'opérateur lors de ses différentes tâches. En outre, les informations affichées sur l'écran en réponse à ces besoins peuvent également être mal réparties sur les différentes vues qui constituent l'imagerie graphique. Après une évaluation dynamique de ces vues sur le site ou en simulation, il importe alors souvent de remettre en cause la structure même du synoptique et de revenir à une étape d'ergonomie de conception.

L'insuffisance de démarches formelles dans ce domaine met en évidence l'intérêt des recherches actuelles concernant l'étude de démarches d'ergonomie de conception basées sur la formalisation informatique de connaissances ergonomiques.

Ainsi, cet article présente d'abord succinctement le système expert SYNOP, qui s'intègre dans une démarche ergonomique globale de conception de vues graphiques, et qui est basé sur une approche formelle d'ergonomie corrective. Ensuite, l'article décrit nos premiers travaux de recherche concernant l'étude d'une nouvelle démarche d'ergonomie de conception basée sur un modèle de système expert de conception ergonomique.

II - DEMARCHE FORMELLE D'ERGONOMIE DE CORRECTION : APPLICATION AU SYSTEME EXPERT SYNOP

Afin de prendre en compte les facteurs humains lors de la conception d'interfaces graphiques, les méthodes d'aide consistent souvent en l'utilisation de guides d'ergonomie (Cakir, Hart et Stewart, 1980 ; Mc Cormick et Sanders, 1985 ; Scapin, 1986; etc.) ou, dans le meilleur des cas, en la consultation d'un expert en ergonomie (Lucongsang, Nouvellon, 1986). Actuellement, des outils intégrant des connaissances ergonomiques formalisées, tel SYNOP, commencent à être étudiés dans les laboratoires de recherche.

SYNOP est un système expert, actuellement sous forme de maquette de laboratoire, dont l'objectif est d'évaluer, d'améliorer automatiquement des vues et de donner des recommandations au concepteur, selon des règles ergonomiques de présentation graphique d'information à l'écran, centralisées dans ses bases de connaissances et formalisées en règles de production (Kolski, 1989 ; Kolski, Van Daele, Millot, De Keyser, 1988). Ces règles ergonomiques sont de deux types :

- Des règles générales traitant des concepts ergonomiques de base, tels que ceux relatifs à la taille de caractères, l'utilisation des couleurs et des contrastes, la répartition de l'information sur l'écran, etc.
- Des règles ergonomiques spécifiques aux applications traitées, telles que le contrôle de processus (Kolski, 1989) les vues embarquées dans les automobiles (Moussa et Kolski, 1989), etc.

Développé en langage LISP, SYNOP utilise un moteur d'inférence de premier ordre (Grzesiak, 1987) et les notions de frame (Minsky, 1975) et de réseau sémantique (Bonnet, 1984) pour la représentation des connaissances. Il est actuellement interfacé avec un progiciel de création et d'animation de vues graphiques répondant à la norme G.K.S. La structure de SYNOP est présentée en figure 1.

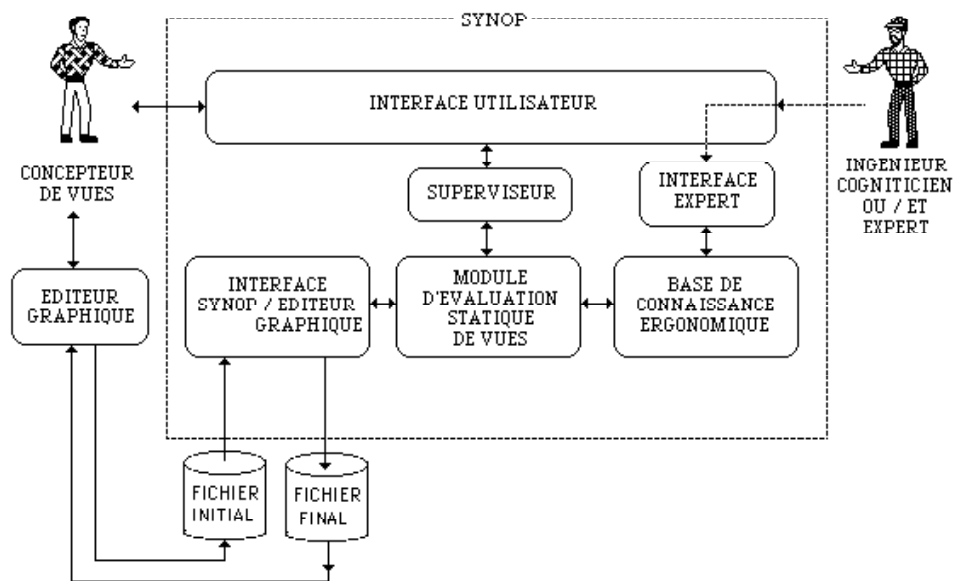


Figure 1 : structure du S.E. SYNOP

Ainsi, SYNOP comprend un module d'évaluation "statique" de vues graphiques dont l'objectif est d'évaluer et de corriger des ébauches de vues selon des règles ergonomiques rangées dans ses bases de connaissances. De ce fait SYNOP s'intègre, en tant qu'outil d'évaluation en "statique", dans une démarche générale de conception d'interfaces graphiques Homme-Machine (Taborin, 1989).

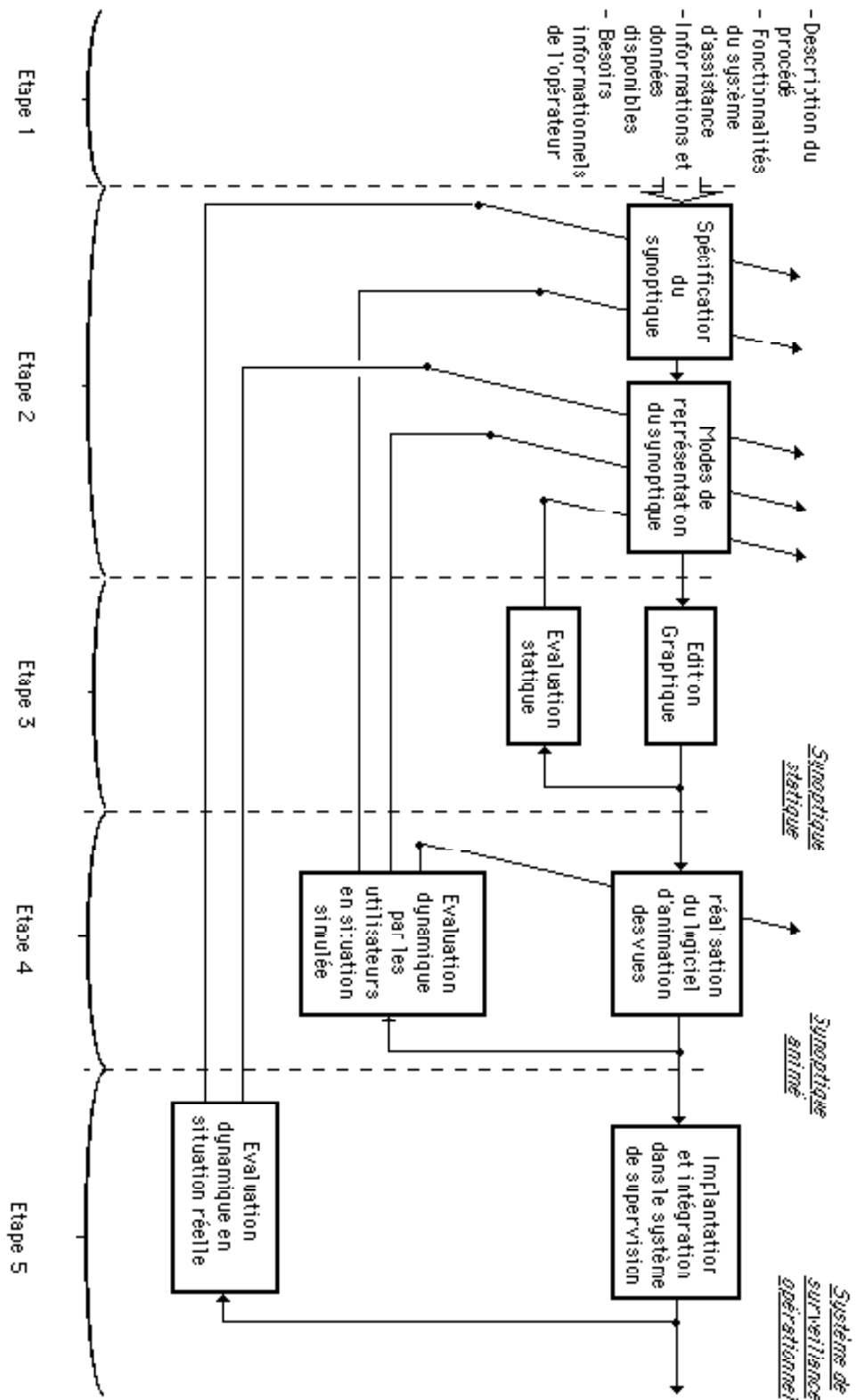


Figure 2 : démarche ergonomique globale de conception (Taborin, 1989)

D'après Taborin, la démarche de conception d'un synoptique peut être découpée en cinq étapes séquentielles, figure 2. Les deux premières consistent à

définir la structure et l'organisation des images en fonction des Besoins Informationnels des Opérateurs (B.I.O.), tandis que les trois étapes suivantes visent la réalisation de l'interface et s'accompagnent, ainsi, d'une démarche d'ergonomie de correction. Le rôle de chacune des cinq étapes, formant la démarche globale de conception, est présenté ci-dessous :

- La première étape conduit d'une part à reconnaître les besoins informationnels de l'opérateur à partir de l'étude du procédé et de l'analyse des tâches effectuées au préalable, ou à partir d'une analyse de l'activité future probable /DANIELLOU, 86/ si le procédé est seulement en cours de conception, et d'autre part à recenser les informations disponibles en sortie du système graphique d'assistance.
- La deuxième étape a pour but de spécifier les caractéristiques du synoptique, c'est à dire de l'ensemble des vues à créer, puis de structurer le problème général de sa réalisation afin de le décomposer en sous-problèmes qui pourront ensuite être résolus indépendamment les uns des autres. La résolution de chacun de ces sous-problèmes doit conduire à la définition d'un ensemble de vues à développer.
- La troisième étape consiste à construire, au moyen d'un éditeur graphique, les différentes vues définies précédemment. Elles doivent ensuite être évaluées de façon à vérifier qu'elles respectent un ensemble de critères ergonomiques. C'est dans cette étape que peut intervenir le système expert SYNOP.
- Une première ébauche du synoptique étant ainsi réalisée, un prototype de l'interface doit être développé afin de mettre au point le logiciel gérant l'animation de l'imagerie. Pour évaluer le fonctionnement de ce logiciel, il est utile ici de simuler le fonctionnement du procédé. Cette évaluation en situation simulée représente un travail important de mise en œuvre, mais demeure cependant bien souvent indispensable. Elle permet en effet d'aboutir en phase de développement à un prototype d'affichage proche de sa version finale, et de limiter ainsi le délai de mise au point du système sur site pendant lequel il est bien souvent nécessaire d'arrêter la production. Ce travail fait l'objet de la quatrième étape.
- Enfin, la cinquième étape conduit à implanter sur site le système d'imagerie développé, puis à l'évaluer dans les conditions réelles d'utilisation. La durée de cette phase d'évaluation peut être relativement courte si la quatrième étape a été effectuée, celle-ci permettant d'obtenir un système proche de sa version finale avant son implantation sur site.

Bien que l'intervention de SYNOP dans l'étape d'évaluation statique permette d'améliorer la présentation de l'information selon certains critères ergonomiques formalisés en règles de production, il existe des cas de figure où les règles ergonomiques à appliquer sont très générales, subjectives ou difficiles à mettre en œuvre. SYNOP se trouve alors incapable d'effectuer des modifications automatiques, et se contente de fournir des recommandations au concepteur des vues. Pour illustrer ce constat, deux exemples de règles, appelées règles de recommandations, sont présentés succinctement ci-dessous, dans un format simplifié par rapport à leur mise en œuvre dans SYNOP :

- Exemple 1 : **SI** le nombre de fonctions animées utilisées dans la vues dépasse 10, **ALORS** conseiller à l'opérateur de réduire le nombre de fonctions animées.
Dans ce premier exemple, le seuil prédéfini '10' est un seuil subjectif qui dépend en fait du contexte opérationnel d'utilisation de la vue, ainsi que du type des fonctions animées contenues dans cette vue. SYNOP ne peut pas prendre la décision de retirer automatiquement des fonctions, et recommande ainsi à l'opérateur d'effectuer cette opération lui-même.
- Exemple 2 : **SI** le nombre de lettres d'un texte alphanumérique est supérieur à 8 (par exemple le label TNA140AGB220 correspondant à une des variables du procédé), **ALORS** avertir l'opérateur que ce texte risque d'être difficilement interprétable par l'opérateur et qu'il importe de le simplifier.
Dans ce deuxième exemple, le seuil '8' a été préfixé alors que 6 ou 7 ou 9 ou 10, etc, serait peut-être avéré préférables selon le contexte d'utilisation de la vue contenant ce texte.

En outre, sachant que les modes de représentation graphique des différentes variables du procédé sont choisis *a priori* et peuvent ne pas correspondre au contexte opérationnel de l'application, SYNOP ne peut pas intervenir pour les modifier puisqu'il corrige uniquement l'aspect syntaxique de l'image et non pas l'aspect sémantique. Cette limitation exige d'aller plus loin et d'exploiter l'expérience acquise, lors de ces travaux de formalisation de connaissances ergonomiques dans le domaine de l'ergonomie de correction, pour s'orienter vers une démarche formelle visant à automatiser certains aspects de l'ergonomie de conception. A ce sujet, une étude de la problématique dans ce domaine fait l'objet du paragraphe suivant, illustré, sans souci d'exhaustivité, par quelques travaux récents dans ce domaine.

III - PROBLEMATIQUE DE LA CONCEPTION ERGONOMIQUE

D'après Scapin, Reynard et Pollier (1988), l'interaction Homme-Machine n'est pas toujours traitée explicitement, comme une variable de conception. En effet, ces auteurs expliquent que les modèles proposés actuellement sont trop généraux, trop

informels, et manquent pour la plupart d'organisation pour être utilisables directement par les concepteurs.

Ainsi, cette insuffisance caractérisant la conception ergonomique cause des difficultés aux informaticiens, automaticiens et même aux ergonomes pour l'exploitation des recommandations ergonomiques. En effet, ces difficultés sont de plusieurs types, d'après Scapin (1988), résumant de nombreuses études dans ce domaine. Par exemple :

- Le concepteur d'interfaces n'est pas toujours en mesure d'accorder le temps nécessaire, souvent très long, à la lecture complète d'un manuel de recommandations.
- Les recommandations sont souvent très générales et posent des problèmes d'accès trop complexe pour un non-spécialiste.
- Il existe des interactions entre les critères ergonomiques, conduisant à des compromis difficiles à apprécier pour le non-spécialiste.
- Comme dans tous les domaines faisant appel à l'exploitation d'une connaissance experte, les concepts ergonomiques ne convergent pas toujours puisqu'ils varient de forme et de fond suivant les critères de conception (performance d'utilisation, performance d'apprentissage, etc.).

Il s'avère donc nécessaire de relever les principes généraux de la conception, ici utilisés dans le domaine de l'ergonomie des interfaces graphiques Homme-Machine. Ce relevé aura pour but de mieux cerner le problème de la conception et d'essayer d'apporter à celui-ci des solutions formelles, appliquées à l'étude et la réalisation d'un outil informatique d'aide à la conception d'interfaces.

III.1 - PRINCIPES GENERAUX DE LA CONCEPTION

Brown et Chandrasekaran (1983) considèrent que, d'une manière générale, il existe trois classes de conception :

- **classe 1** : la conception inventive ou créative,
- **classe 2** : le cas exceptionnel vis-à-vis d'une certaine routine; s'il existe un marché potentiel, l'entreprise va en général investir, pour transformer l'exception en un cas de routine.
- **classe 3** : la conception routinière, qui étant donné un problème bien connu et résolu de nombreuses fois, essaie de trouver une fonction optimale en réponse à certaines spécifications.

La difficulté de la tâche de conception dépend donc fortement de la classe où on se place. Ainsi, la complexité de la tâche de conception serait décroissante en partant de la première classe vers la troisième puisque les règles utilisées deviennent moins heuristiques et plus explicites. Quelle que soit la classe où on se place, la conception passe, d'une manière générale, par trois phases qui ne sont pas indépendantes et surtout pas séquentielles :

- 1 : **l'analyse du problème**,
- 2 : **la génération des solutions**,
- 3 : **la critique et l'évaluation des solutions**.

Toutefois, cette démarche reste peu efficace puisqu'un problème n'est jamais totalement cerné et décrit *a priori*, et que certaines données du problème apparaissent au cours de la conception. A cet effet, Darke (cité dans Lawson, 1980) propose une méthodologie qui rejoint les méthodes de prototypage utilisées en génie logiciel :

- classer les problèmes par ordre d'importance,
- construire une maquette qui répond au problème le plus important,
- observer les réactions et déduire de nouveaux problèmes,
- aller à la première étape, ou arrêter.

Cependant, il reste au concepteur à décider de l'arrêt du bouclage pour que l'application n'atteigne pas des dimensions trop importantes.

Quant à Montalban (1987), il définit la conception comme suit : "La conception est un processus qui crée et résout dynamiquement des problèmes ". Il précise qu'un problème ne peut être énoncé statiquement, mais qu'il doit être vu "comme en tension permanente avec sa solution". D'un point de vue plus général, celui de Lawson (1980), la conception consiste à dire qu'un concepteur manipule essentiellement des contraintes possédant trois caractéristiques principales, figure 3:

- **Leur générateur** : Lawson discerne quatre types de contraintes classées ici par ordre de rigidité :
 - * Générées par la conception.
 - * Générées par le client.
 - * Générées par l'utilisateur du produit final.
 - * Imposées par la législation (les plus rigides).
- **Leur domaine** : Il permet de créer deux classes de contraintes :
 - * Internes : on ne prend en compte que les relations entre les objets de

l'artefact.

* Externes : on prend en compte les relations entre l'artefact et son environnement.

- **Leur fonction** : D'après Montalban (1987), la fonction d'une contrainte est dépendante des points de vue de chacun, et fait donc l'objet de plusieurs propositions. Toutefois, Lawson en distingue quatre :

* Pratiques : Concernent la réalité de production, fabrication, etc.

* Radicales : Décrivent l'utilité de l'objet, ses fonctionnalités.

* Formelles : Décrivent l'aspect de l'objet, sa forme, ses couleurs, etc.

* Symboliques : traiter l'objet en tant que symbole.

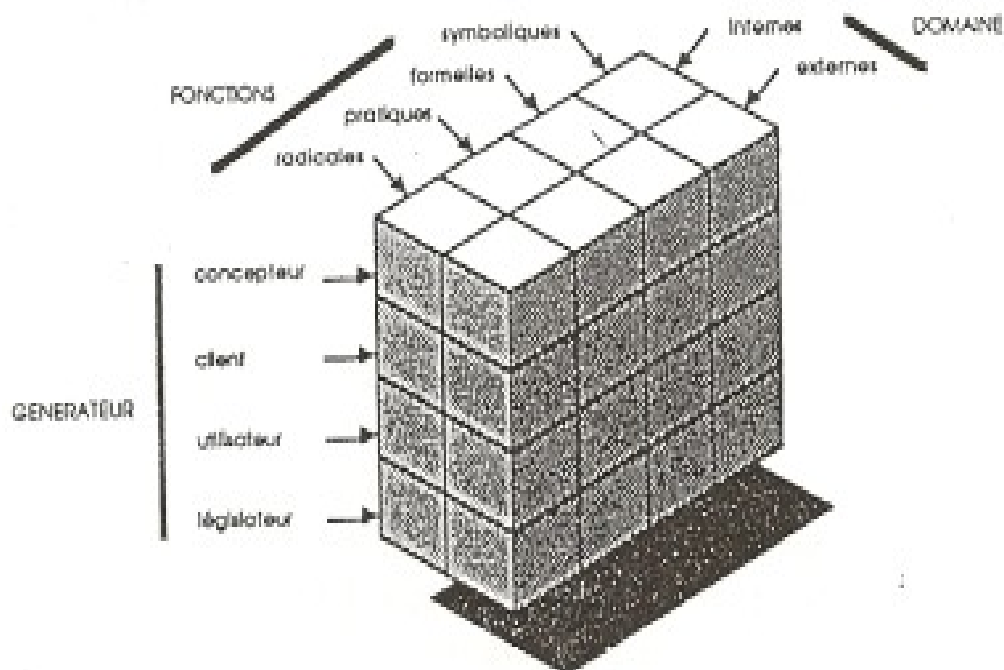


Figure 3 : le modèle de Lawson (1980), tiré de (Montalban, 1987)

Dans le domaine de la conception appliquée à l'ergonomie des interfaces graphiques Homme-Machine, Scapin, Reynard et Pollier (1988) suggèrent deux étapes globales différentes pour le développement d'un système : la conception et l'implémentation, et que l'étape de conception ergonomique se termine bien avant que l'étape d'implémentation ne commence. Plus précisément, ces auteurs, en s'appuyant sur un certain nombre de suggestions de Bailey (1982), Hendricks et al. (1982), Schneiderman (1980 ; 1987) et Scapin (1986) concernant la conception d'interfaces, identifient une quinzaine d'étapes pour le processus de conception, allant de "l'identification des besoins" à "la préparation de l'évolution future du système". Se basant sur ce découpage, ils insistent sur la nécessité d'une approche modulaire, selon une structure hiérarchique se rapprochant des démarches du

concepteur, ce qui, d'après eux, permettra à moyen et long termes de mettre en place des méthodes de conception basées sur des modèles formels.

Il est alors intéressant ici d'insister sur le fait qu'une application ergonomique est plus qu'un dialogue ergonomique, et qu'il est en effet vrai qu'on ne peut concevoir sans penser conjointement et en interaction l'utilisateur et la tâche, qui représentent les deux pièces maîtresses du processus de conception (Valentin et Lucongsang, 1987).

"La première pièce maîtresse" du processus de conception, l'utilisateur, se plaçant comme futur "client potentiel" du système, doit être considéré avec beaucoup de soin dès la phase d'initialisation de la tâche de conception (Schneiderman, 1987). En effet, un utilisateur sera mieux préparé à accepter un système s'il a été associé à la réalisation de son cahier de charge, et qu'il remarque qu'un certain nombre de ses propositions a été implémenté. Ainsi, en faisant appel à des techniques déjà bien établies (interviews, mise en situation, etc), les utilisateurs les plus expérimentés peuvent participer à la réussite du produit final en s'assurant que leurs exigences ont été prises en compte (Gould et Lewis, 1985).

En ce qui concerne la tâche, "seconde pièce maîtresse" du processus de conception, il est particulièrement intéressant de souligner une activité de recherche qui va croissante dans le domaine de la formalisation de la description de tâches. Le paragraphe suivant présente brièvement plusieurs études actuelles allant dans ce sens.

III.2 - ETUDES ACTUELLES CONTRIBUANT A LA FORMALISATION DE LA DESCRIPTION DE TACHES

Sans souci d'exhaustivité, notre objectif est ici de décrire brièvement quatre approches différentes contribuant à une formalisation de la description de tâches. Il sera intéressant de noter, pour chacune de ces méthodes, la décomposition du formalisme en plusieurs niveaux.

III.2.1 - LE SYSTEME A.B.S.

Les travaux de Montalban (1987) se situent dans le cadre d'une tâche de conception. Il a développé une architecture informatique appelée A.B.S. (Architecture Basée sur les Spécifications) appliquée à la conception thermique de logements. Son formalisme fait intervenir un niveau fonctionnel et un niveau opérationnel :

- Le niveau fonctionnel est représenté hiérarchiquement par une arborescence de fonctions de haut niveau contenant une fonction mère, des fonctions filles, des paramètres, des pré-conditions, des post-conditions, une fonction d'évaluation et une tâche s'il n'existe pas de fonctions filles. Les pré-conditions récapitulent les informations nécessaires avant le lancement d'une fonction. Les post-conditions représentent l'information calculée par une fonction.
- Le niveau opérationnel est constitué de "modèles" ou "prototypes" de tâche composés d'une liste de règles de production ordonnées, un ensemble d'indicateurs, une tâche d'exception appelée en cas de blocage et sa nature. Une tâche est donc considérée comme une instance de ce modèle qui se voit complété par : un environnement d'exécution et l'auteur de la tâche.

L'attribut tâche assure ici le lien entre le niveau fonctionnel et le niveau opérationnel. La tâche représente, donc, l'action ou la procédure à exécuter en réponse à un besoin fonctionnel.

Le résultat le plus important, d'après Montalban qui a mis en œuvre le système A.B.S. à l'aide du générateur de systèmes experts SMECI, est le gain considérable que le système apporte en flexibilité d'utilisation des connaissances. De plus, la prise en compte de l'aspect fonctionnel des objets assure au système expert une meilleure qualité du dialogue Homme-Machine, celui s'effectuant en terme de fonctionnalités. Enfin, du point de vue de la saisie de la connaissance, la capacité du système A.B.S. d'extraire une structure de contrôle dynamique à partir d'une description fonctionnelle statique, évite au constructeur du système expert une réflexion sur l'enchaînement des tâches.

III.2.2 - L'ASSISTANCE AUX TACHES DE CALCUL SCIENTIFIQUE

Les travaux de Pierret-Golbreich (1988) dans le domaine de l'assistance aux tâches de calcul scientifique présentent un principe commun dans la formalisation d'une tâche. En effet, la tâche est formalisée sous forme d'un objet décrivant de manière déclarative les niveaux fonctionnels et opérationnels de celle-ci :

- Le niveau fonctionnel renvoie aux conditions d'exécution de la tâche (exemple : type d'entrée/sortie, ...) ainsi que ses effets (paramètres calculés par la tâche).
- Le niveau opérationnel renvoie à l'action ou aux tâches à exécuter en réponse à un contexte fonctionnel donné.

Ainsi, Pierret-Golbreich définit une tâche comme un objet générique décrit par son état initial, son état final et un opérateur. L'opérateur renvoie au niveau

opérationnel décrit par ses entrées, ses sorties, ses conditions d'utilisation et son corps (ici, le corps est une action primitive, une tâche de haut niveau ou une liste de sous tâches).

III.2.3 - LA PLANIFICATION HIERARCHIQUE COMME METHODE D'ANALYSE DE LA TACHE

Sebilotte (1987) a utilisé le paradigme de planification hiérarchique en Intelligence Artificielle (Sacerdoti, 1987) où chaque étape individuelle dans un plan est considérée comme une tâche avec ses propres entrées, conditions, buts, etc. Ainsi, dans un cadre d'analyse de tâche de bureau, Sebilotte considère qu'une tâche donnée peut être décomposée selon un modèle comportant quatre niveaux principaux :

- 1 : Le niveau le plus abstrait représentant la formulation générale de la tâche ou le but à atteindre.
- 2 : Le niveau "expert" qui décrit les procédures ou sous tâches spécifiques d'un domaine précis.
- 3 : Le plus haut niveau commun ou celui des procédures générales qui sont les procédures indépendantes du domaine, utilisées par les sujets pour exécuter les procédures spécifiques et qui s'apparentent à des savoir plus généraux.
- 4 : Le plus bas niveau explicitable ou celui des actions élémentaires, qui sont du domaine d'activités automatisées.

L'auteur souligne trois avantages à cette approche qui consiste à formaliser une tâche sous la forme d'une hiérarchie de représentation :

- les modèles de l'activité qui en résultent rendent bien compte de la manière dont les sujets experts se représentent la planification de leur activité,
- les différents niveaux de représentation utilisés autorisent plus de flexibilité. En effet, selon les situations auxquelles il sera confronté, l'opérateur pourra adapter sa procédure, en choisissant les buts qu'il désire exécuter, au niveau de détail qu'il souhaite, et choisir l'ordre d'exécution de ces but ou sous-but.
- Un modèle de la tâche à différents niveaux de détails permet aussi de proposer des guides ou des aides, aussi bien à l'utilisateur expert qu'au débutant, et de contrôler le déroulement de la tâche.

III.2.4 - METHODE ANALYTIQUE DE DESCRIPTION DES TACHES : M.A.D.

Les travaux de Scapin et Pierret-Golbreich (1989) se situent dans le domaine de l'assistance aux tâches de bureau, et dans le cadre plus général de la prise en compte de l'ergonomie dans la conception d'interfaces utilisateurs. Dans ce but, les principaux concepts introduits dans le formalisme M.A.D. sont ceux d'objet tâche, d'action et de structure.

Le concept de tâche est représenté par un objet générique appelé objet-tâche et composé d'un état initial, d'un état final, d'un but, des pré-conditions et des post-conditions. Ainsi, L'objet tâche est la racine de deux sous classes, la classe "tâche-élémentaire" et la classe "tâche-composée" :

- La tâche élémentaire" est une tâche indécomposable, dont le niveau opérationnel est caractérisé par un objet-méthode de type simple, c'est-à-dire une action.
- La tâche composée est une tâche dont le niveau opérationnel est défini par une structure décrivant le corps de la tâche. Le concept de structure est représenté par un objet générique caractérisé par un constructeur décrivant l'agencement des différentes tâches impliquées et les arguments du constructeur. Ainsi, plusieurs constructeurs ont été définis, tels que : SEQ : tâche séquentielle, PAR : tâches parallèles, ALT : tâches alternatives, BOUCLE : tâches itératives et FAC : tâches facultatives.

Scapin et Pierret-Golbreich soulignent en conclusion que le formalisme M.A.D. ne pourra démontrer son utilité éventuelle qu'à l'usage, d'une part lors de l'étude évaluative, mais aussi dans les travaux futurs qui consisteront à définir des outils de conception ergonomique, à partir de description de tâches. Ils souhaitent que le formalisme M.A.D. permettra de mieux opérationnaliser, dans la conception de l'interface, la différence entre logique fonctionnelle et logique d'utilisation, de mieux tenir compte des caractéristiques de l'opérateur et de sa tâche, au lieu de tenir compte essentiellement de la logique fonctionnelle de l'application et des contraintes imposées par l'ordinateur.

III.2.5 - CONCLUSION SUR CES APPROCHES DE FORMALISATION

Des travaux de ce type ouvrent des perspectives intéressantes en ingénierie des interfaces Homme-Machine, dans la mesure où les travaux de recherche actuels visent à baser le processus de conception sur une modélisation informatique des

tâches à accomplir. Ainsi, ces travaux mettent en évidence la nécessité de recenser et d'organiser en plusieurs niveaux les informations relatives aux tâches, cette étape pouvant ainsi permettre la réalisation d'une base de données ergonomiques, ayant pour but de faciliter et d'automatiser la réalisation de l'interface Homme-Machine de l'application.

Nos travaux actuels vont dans ce sens, et consistent à étudier une démarche ergonomique globale de conception de vues graphiques, intégrant un outil expert ergonomique, dans le domaine des procédés industriels continus.

IV - ETUDE DE L'INTEGRATION D'UN OUTIL EXPERT DANS LA DEMARCHE ERGONOMIQUE GLOBALE DE CONCEPTION DE VUES GRAPHIQUES

La démarche ergonomique globale, envisagée, de conception de vues graphiques, est basée sur les trois étapes classiques citées dans le paragraphe III-1, l'analyse du problème, la génération de solutions, la critique et l'évaluation des solutions :

- "**L'analyse du problème**" : Cette étape^{1*} consiste en l'analyse des besoins informationnels de l'opérateur pour chacun des contextes opérationnels du procédé et des tâches à accomplir. Les outils et techniques utilisés dans cette étape résultent des démarches classiques de l'ergonome dans le domaine de l'analyse de tâche (voir à ce sujet Sperandio (1988) ; Ombredane et Faverge (1955) ou encore De Montmollin (1967)). En outre, il est nécessaire de souligner les nombreux travaux menés actuellement dans le domaine de l'analyse cognitive de tâche (Hollnagel et Weir, 1988 ; Bainbridge, 1989 ; Hessler, 1989, etc.), contribuant en particulier à affiner la sélection des informations pertinentes à présenter aux opérateurs suivant les tâches à accomplir.

A la fin de cette étape, trois cas de figure peuvent être particulièrement envisagés pour l'utilisation des données ergonomiques correspondant aux besoins informationnels recensés au travers de l'analyse :

- Celles-ci sont transmises par l'analyste ergonomique à un "designer" dans un but de réalisation des vues graphiques dans l'étape suivante. Cette transmission d'information peut introduire un biais du à une mauvaise interprétation par le designer de certaines données fournies par l'ergonome.
- Le "designer" réalise les vues en parfaite symbiose avec l'ergonome qui le guide "en temps réel" par rapport aux données ergonomiques résultant de

^{1*} Cette étape correspond bien évidemment à la première étape de la démarche ergonomique globale de conception présentée dans le paragraphe II.

l'analyse. Cette présence paraît peu envisageable et trop rebutante pour l'ergonome dans le cas où le synoptique à réaliser comprend plusieurs centaines de vues.

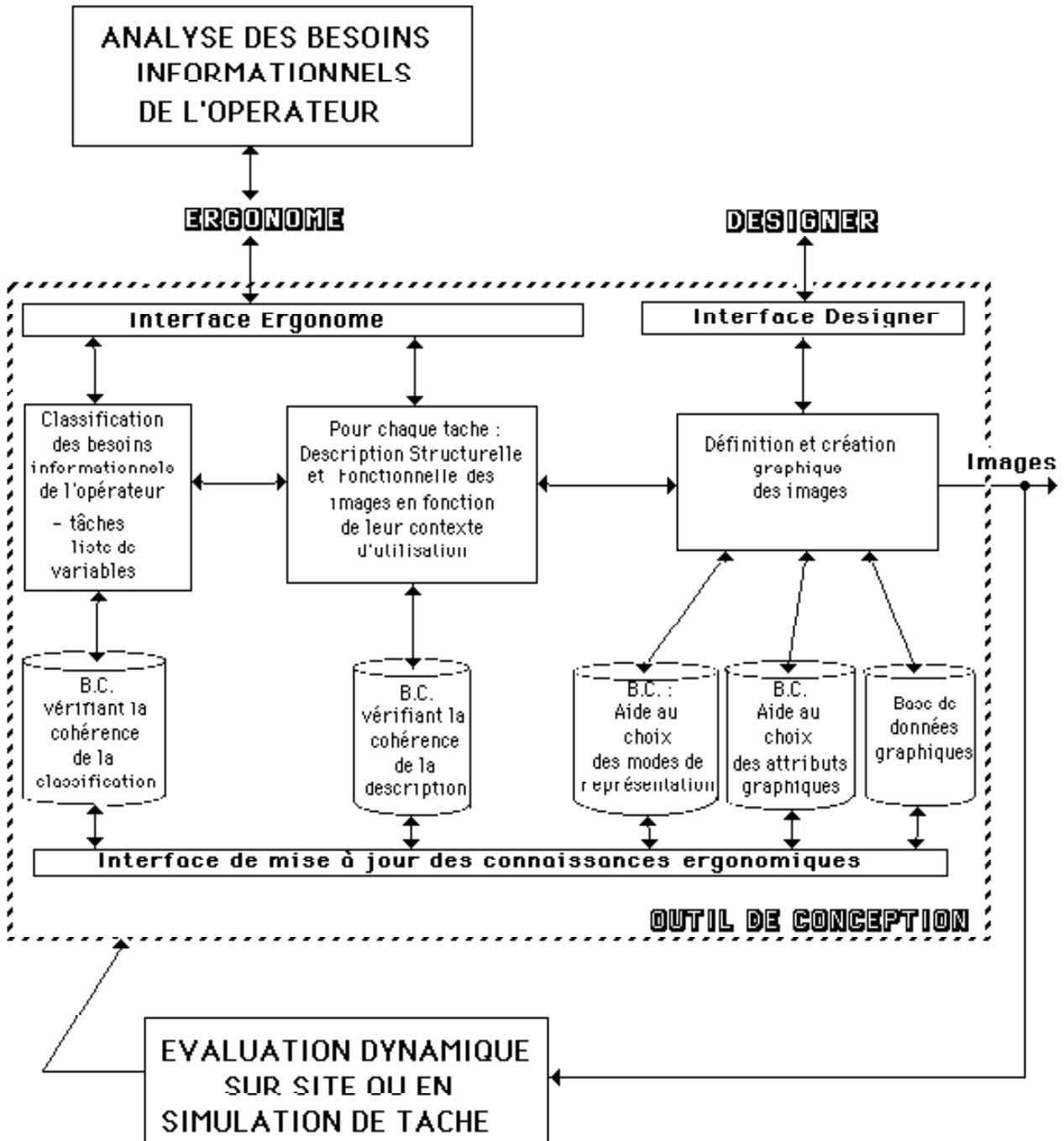


Figure 4 : Modèle d'un système expert de conception ergonomique intégré dans une démarche globale de conception

- L'ergonome utilise un outil logiciel pour structurer et classifier les données ergonomiques recensées, en une base de données. Cette base de données est ensuite utilisée par le designer (qui peut aussi dans certains cas être

l'ergonome) dans un but de génération interactive de vues graphiques assistée par des bases de connaissance centralisant des critères ergonomiques de présentation d'information graphique par rapport au(x) contexte(s) d'utilisation de chaque vue à créer. Une telle démarche est envisagée dans l'étape suivante de "génération des solutions".

- **"La génération des solutions"** : Cette étape est basée sur un outil ergonomique formel, utilisant des techniques d'Intelligence Artificielle", figure 4. L'objectif général de cet outil est d'assister le concepteur de vues graphiques afin de lui éviter des erreurs ergonomiques, par rapport aux besoins réels de l'opérateur, dans la structuration des vues, le choix des modes de représentation graphique (courbe, barre-graphe, vue étoile, etc) et des attributs graphiques choisis (couleur, taille de caractères, etc). Dans ce but, le système doit intégrer une classification des besoins informationnels de l'opérateur par rapport aux différents contextes opérationnels du procédé et des tâches à accomplir. Ainsi, ce système est composé, principalement, de trois modules, figure 4 : Un module de recensement et de classification des Besoins Informationnels des Opérateurs, un module de définition structurelle et fonctionnelle de l'image et, enfin, un module de définition et d'édition graphique. Ces modules sont expliqués dans la suite.
- **"La critique et l'évaluation des solutions"** : l'ensemble des vues délivrées par le système doit évidemment faire l'objet d'une évaluation en dynamique sur site réel ou en simulation avec les opérateurs, correspondant à une analyse de l'activité des opérateurs utilisant les vues réalisées dans l'étape précédente. Les résultats de cette évaluation sont pris en compte pour alimenter de nouveau le système dans le but d'une nouvelle conception, ou lorsque certains paramètres résultant de l'analyse des besoins informationnels de l'opérateur sont remis en cause. Cette étape correspond aux étapes 4 et 5 de la démarche ergonomique globale de conception présentée dans le paragraphe II.

Les objectifs des trois modules principaux constituant le modèle d'outil formel utilisé dans la deuxième étape de la démarche, sont discutés dans les trois paragraphes suivants, sans entrer dans le détail de leur implémentation. En effet, dans l'état actuel des travaux de recherche, ces trois modules sont dans une phase de spécifications.

IV.1 - LE MODULE DE RECENSEMENT ET DE CLASSIFICATION DES BESOINS INFORMATIONNELS DE L'OPERATEUR

A partir d'un recensement et d'une classification informatiques des besoins informationnels de l'opérateur dans les différents contextes opérationnels du

procédé, il est possible ensuite plus facilement de déduire le squelette du synoptique en cours de réalisation, remplaçant ainsi sous une forme logicielle, les cahiers des charges classiques rédigés sur support papier.

Ainsi, le premier module doit permettre d'identifier rigoureusement, avant la réalisation graphique des vues, les différents contextes, le regroupement des variables, les utilisateurs du système, etc. Une solution informatique, au problème de la représentation des connaissances à mettre en œuvre peut être une formalisation de ces données en une première représentation sous forme d'objets structurés en relation entre eux par un réseau sémantique alimentant les autres modules de la chaîne. Ainsi, sans souci d'exhaustivité dans notre description, il est possible de décrire les objets "variable process", "tâche" et "système" par exemple, à l'aide d'attributs du type :

OBJET "VARIABLE PROCESS" :

- * **nom**
 - * **abréviation**
 - * **symbole utilisé**
 - * **type** : booléen, analogique, discret
 - * **domaine de variation**
 - * **lien avec les différents systèmes** :
 - **nom du système**
 - **rôle de la variable dans le système** : état entrée, sortie, perturbation.
 - **fonction dans le système**
 - * **seuils** : alarme haut, pré-alarme-haut, consigne, pré-alarme-bas, alarme bas
 - * **mode de commande** : manuelle, automatique, régulation
 - * **commande** : nom de la commande, action correspondante
 - * **mesure** : impossible, automatique, calcul, indirect, manuelle
 - * **capteurs associés à la variable**
 - * **type d'information disponible sur la variable** : tendance, cumul, vitesse, etc.
 - * **autres informations sur les variables** (descriptif, aide-mémoire, schéma)
 - * **liens avec les autres variables** (liens de régulation, sécurité, "en amont de", etc.)
- etc.

OBJET "SYSTEME" :

- * **nom**
- * **type** : global, sous système
- * **fonction**
- * **entrées**

- * **sorties**
- * **liste des variables concernées**
- * **description du fonctionnement normal**
- * **liste des incidents possibles** (nom de la perturbation, fréquence probable, etc.)
- * **liste des informations disponible sur le système** (type de l'info, référence, etc.)
- * **lien avec autres systèmes** ("en amont de", "en aval de", "fait partie de")
etc.

OBJET "TACHE" :

- * **nom**
- * **type de la tâche** : surveillance, contrôle/suivi, transition, diagnostic
- * **état de départ**
- * **état souhaité en fin de tâche**
- * **fréquence**
- * **système concerné**
- * **contexte** : normal, anormal
- * **état de connaissance de l'opérateur vis à vis du système** : connu, inconnu, etc.
- * **degré de gravité**
- * **critère à respecter** : sécurité, performance
- * **sous-tâches associées**
- * **événement déclenchant la tâche**
- * **événement arrêtant la tâche**
- * **liste de regroupement des variables**
 - **fonction de regroupement**
 - **fréquence d'utilisation dans la tâche**
 - **degré d'importance dans la tâche**
 - **liste de variables** (nom de la variable, caractéristiques importantes, degré d'importance dans le regroupement, fonction dans le regroupement, informations statiques, etc.)
 - **regroupement utilisé simultanément**
 - **information/documentation utilisée avec le regroupement**
- etc

Les différents objets et attributs peuvent être recensés formellement à l'aide de techniques du type Gestion de Bases de Données, associées à une base de règles vérifiant la cohérence des liens entre les entités rentrées, ainsi que leur complétude. Cette description peut faciliter une décomposition des tâches en plusieurs sous-vues, à l'aide d'une base de connaissances contenant des règles du type : *SI c'est un contexte de surveillance et si le nombre des variables à surveiller est inférieur à sept*

ALORS utiliser une seule vue. Ce "Cahier des Charges logiciel" est alors utilisable par le second module permettant la définition structurelle et fonctionnelle des vues à créer à partir des besoins recensés pour chacune des tâches à accomplir par l'opérateur.

IV.2 - LE MODULE DE DEFINITION STRUCTURELLE ET FONCTIONNELLE

Pour chacune des tâches à considérer, celle-ci est décomposée en un ensemble de vues (appelées aussi ici images) à créer. Le second module doit alors assurer la description de chacune des vues selon deux niveaux complémentaires :

- Un premier niveau de description structurelle de l'image : Il s'agit ici d'associer à chaque type d'image une structure adéquate, à partir de recommandations ergonomiques proposées par les experts du domaine, et centralisées dans une base de connaissances.

Par exemple : réserver une zone en haut à gauche pour afficher les cinq alarmes principales non acquittées

- Un second niveau de description fonctionnelle de l'image : il s'agit ici de définir l'ensemble des tâches que l'opérateur de contrôle et de surveillance sera amené à réaliser à travers la vue. Ainsi sont déterminés les aspects fonctionnels de l'image associés aux différentes tâches, ainsi que la définition éventuelle des procédures qui seront mises en œuvre pour satisfaire le niveau fonctionnel.

Par exemple : La vue doit permettre de visualiser la tendance des variables T2 et T4.

A la fin de cette étape, chaque vue est complètement décrite sémantiquement dans une base de données; celle-ci est prise en compte par le troisième module interactif permettant la définition ainsi que la création graphiques de la vue.

IV.3 - LE MODULE DE DEFINITION ET DE CREATION GRAPHIQUES

Le dernier maillon de la chaîne doit permettre de réaliser la définition et la création graphique des vues au moyen d'un éditeur graphique. Une base de connaissance d'ergonomie de présentation de l'information à l'écran doit alors être mise à la disposition de l'opérateur pour le guider lors de ses différents choix dans la définition de la présentation d'information. Il est possible à ce niveau de recenser plus particulièrement trois types de connaissances ergonomiques à mettre en œuvre :

- **Type 1** : une première base de connaissance doit permettre d'assister l'opérateur lors du choix des modes de représentation.
Par exemple : *SI l'opérateur doit visualiser la tendance d'une variable, ALORS lui proposer une représentation du type 'courbe'*.
- **Type 2** : une seconde base de connaissance doit permettre d'assister l'opérateur lors du choix des attributs graphiques.
Par exemple : *SI la variable x est en mode normal, utiliser la couleur verte*
- **Type 3** : une troisième base de connaissance doit, à partir des conclusions de l'inférence des règles de type 1, proposer des modes de représentations prédéfinis dans une base de données, paramétrés selon les conclusions de l'inférence des règles de type 2, et les afficher sur l'écran.
Par exemple : *SI un mode de représentation de type 'courbe' a été proposé pour la variable x ALORS afficher dans une fenêtre (pour sélection éventuelle par le designer) la courbe prédéfinie c1 avec le paramètre 'couleur' sélectionnée pour la variable x.*

La littérature ergonomique abonde de règles des types 1 et 2. En ce qui concerne les règles de type 3, elles découlent directement de la mise en œuvre des règles précédentes, et sont associées à une partie graphique paramétrée affichable à l'écran et sélectionnable par l'opérateur en vue de les placer sur la vue en cours de réalisation.

Cette étape de définition et de création graphique des différentes vues conduit alors à une version du synoptique, prête pour une évaluation en dynamique sur site ou en simulation de tâche (étape de "critique et d'évaluation des solutions").

V - CONCLUSION

L'objectif de cet article était de présenter nos travaux de recherche actuels concernant l'utilisation de connaissances ergonomiques formalisées dans un but de conception d'interfaces graphiques Homme-Machine dans le domaine des procédés complexes continus.

La première partie a d'abord donné un aperçu de nos travaux concernant l'utilisation de connaissances ergonomiques par un système expert, appelé SYNOP, pour l'aide à l'évaluation ergonomique "statique" de la présentation de l'information graphique. Ce système expert, actuellement sous la forme d'une maquette de laboratoire, contient environ une centaine de règles d'ergonomie générale, ou spécifiques à certaines applications.

La seconde partie de cet article s'est ensuite orientée sur une problématique de la conception ergonomique, en discutant d'abord de la notion de conception en général. Cette partie a été illustrée par la présentation succincte de plusieurs travaux de recherche actuels de formalisation de la description de tâches. Ces travaux contribuent à la réalisation à moyen et long termes d'outils formels pour la conception d'interfaces graphiques Homme-Machine.

Enfin, la dernière partie a été consacrée à l'étude d'une démarche ergonomique globale de conception, basée sur l'utilisation d'un outil expert constitué de trois modules principaux : un module de recensement et de classification des besoins informationnels de l'opérateur, un module de définition structurelle et fonctionnelle des vues à créer à partir des besoins recensés, et un module de définition et de création graphiques des images. La réalisation de la première maquette de cet outil expert est en cours à l'aide du générateur de systèmes experts SMECI.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bailey R. W., 1982. Human performance engineering: a guide for system designers. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Bainbridge L., 1989. "Cognitive science approaches to process operation". Second European Meeting on Cognitive science approaches to process control, Siena, Italy, October 24-27 1989.
- Bonnet A., 1984. L'intelligence artificielle : promesses et réalités. Interéditions, Paris, 1984.
- Brown D.C., Chandrasekaran B., 1983. "An Approach to Expert Systems for Mechanical Design". Conference on trends and applications. IEEE 25/05/1983 Gathersburg.
- Cakir A., Hart D.J., Stewart T.F.M., 1980. Les terminaux à écran : agencement, ergonomie, organisation. Les Editions d'Organisation, Paris, 1980.
- Daniellou F., 1986. L'opérateur, la vanne, l'écran : l'ergonomie dans les salles de contrôle. Montrouge, ANACT, collection "Outils et Méthodes", 1986.
- De Montmollin M., 1967. Les systèmes Hommes-Machines. PUF, Paris, 1967.
- Gould J.D., Lewis C., 1985. "Designing for usability : Key principles and what designers think". Communication of ACM, 28, 300-311.
- Grzesiak F., 1987. Représentation des connaissances et techniques d'inférence pour le maniement d'objets graphiques : application au système expert SYNOP. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Valenciennes, Mars 1987.
- Hendricks D., Kilduff P., Brooks P., Marshak R., Doylee B., 1982. Human engineering guidelines for managment information systems. U.S. Army Human Engineering Laboratory.
- Hessler C., 1989. Use of a task model for the detection of operator errors and for flexible task allocation in flight control. ESA-ESTEC Workshop : A task

- oriented approach to human factors engineering, Noorwijk, The Netherland, November 21-23, 1989.
- Hollnagel E., Weir G., 1988. Principles for Dialogue design in Man-machine systems. IFAC/ IFIP/ IEA/ IFORS conference, Oulu, Finland, June 14-16 1988.
- Kolski C., 1989. Contribution à l'ergonomie de conception des interfaces graphiques Homme-Machine dans les procédés industriels : application au système expert SYNOP. Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes, Janvier 1989.
- Kolski C., Van Daele A., Millot P., De Keyser V., 1988. "Towards an intelligent editor of industrial control views, using rules for ergonomic design". IFAC Workshop Artificial Intelligence in real-time control, Clyne Castle, Swansea, Great Britain, September 1988.
- Lawson B., 1980. How designers think. Architectural Press, London 1980.
- Luongsang R., Nouvellon P., 1986. "Démarche ergonomique intégrée à une méthode d'informatisation". L'Homme et l'Ecran : aspects de l'ergonomie en informatique, actes du congrès de Nivelles : l'ergonomie en informatique, Editions de l'université de Bruxelles, Belgique, 1986.
- Mc Cormick E.J., Sanders M.S., 1985. Human factors in engineering and design, fifth edition. Mc Graw-Hill International Book Company, New York, 1985.
- Minsky M., 1975. A framework for representing knowledge. The Psychology of Computer Vision, Editions P.H. Winston, Mc Graw Hill, New-York, p. 211-280, 1975.
- Montalban M., 1987. Prise en compte de spécifications en ingénierie, application aux systèmes expert de conception. Thèse de doctorat science en informatique, 17 novembre 1987, Université de Nice.
- Moussa F., Kolski C., 1989. Mise en oeuvre d'une base de connaissances ergonomiques exploitables par le système expert SYNOP pour l'aide à la conception d'images embarquées en automobile et évaluation. Rapport final de contrat RENAULT n° UV/14, LAIH, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Février 1989.
- Ombredane A., Faverge J.M., 1955. L'analyse de travail. PUF, Paris, 1955.
- Pierret-Golbreich C., 1988. Vers un système à base de connaissances centrées objets pour la modélisation de systèmes dynamiques en biologie. Thèse de l'Université de Compiègne, Novembre 1988.
- Sacerdoti E.D., 1977. A structure for plans and behavior. Elsevier, computer science library.
- Scapin D., 1986. Guide ergonomique de conception des interfaces Homme-Machine. Rapport technique INRIA, n°77, Le Chesnay, 1986.
- Scapin D., 1988. Vers des outils formels de description des tâches orientés conception d'interfaces. Rapport technique I.N.R.I.A. n° 893, Le Chesnay 1988.
- Scapin D., Pierret-Golbreich C., 1989. "MAD : une Méthode Analytique de Description des Tâches". Actes du colloque sur l'ingénierie des interfaces Homme-Machine. Sophia-antipolis, 24-26 Mai 1989.

- Scapin D.L., Reynard P., Pollier A., 1988. La conception ergonomique d'interfaces: problèmes de méthode. Rapport de recherche n° 957, INRIA, Décembre 1988.
- Sebillotte S., 1987. La planification hiérarchique comme méthode d'analyse de la tâche : Analyse de tâches de bureau. Rapport technique INRIA n° 599, Le Chesnay 1987.
- Schneidermann B., 1980. Software psychology. Winthrop, Cambridge, MA.
- Schneidermann B., 1987. Designing the user interface : strategies for effective human-computer interaction. Addison-Wesley, 1987.
- Sperandio J.C., 1988. La psychologie du travail mental. Editions Masson, Paris, 1988.
- Taborin V., 1989. Cooperation entre Opérateur et Système d'Aide à la Décision pour la Conduite de Procédés Continus : Application à l'Interface Opérateur Système Expert du Projet ALLIANCE. Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Mars 1989.
- Valentin A., Lucongsang R., 1987. L'ergonomie des logiciels. ANACT, Collection Outils et Méthodes, Paris, 1987.