

informatique et gestion

Techniques innovantes en informatique

Luc Rubiello

HERMES

Chapitre 1

Les systèmes à base de connaissances

1.1. SBC : une définition

Un Système à Base de Connaissances (SBC ou système expert) est un programme informatique qui tente de simuler les comportements et raisonnements effectués par des personnes réelles pour résoudre un problème se rapportant à un domaine d'activité précis.

Dans sa version la plus répandue, un SBC se comporte comme un expert ou un conseiller face à un utilisateur humain confronté au problème. Par des questions et des demandes d'informations, le système arrive à une série de conclusions destinées à aider l'utilisateur. La résolution de problèmes, d'une manière efficace et organisée, est le but essentiel d'un SBC.

Au cours de la session et à la demande de l'utilisateur, le système doit pouvoir expliquer pourquoi il semble suivre telle ligne de raisonnement et a besoin de telle information. Il doit également, surtout en fin de session, expliquer comment il est arrivé à telle(s) conclusion(s) et quelles solutions il a éliminées en chemin. Les capacités d'explication et de justification différencient les SBC des autres systèmes informatisés de résolution et d'aide à la décision.

Enfin, le SBC doit être capable d'accepter des informations floues ou incomplètes et de détecter des réponses incohérentes ou contradictoires, ce qui revient à aider l'utilisateur à bien suivre le processus de raisonnement contenu dans les règles constituant la base de connaissances.

La fonction d'accompagnement est le troisième objectif d'un SBC, ce qui en fait un outil essentiel pour l'éducation et la formation.

1.3. Les fonctions des SBC

Nous n'allons pas faire une typologie exhaustive des problèmes à résoudre et des domaines économiques concernés : cette liste serait trop vaste et trop peu significative. Il est utile, en revanche, de cerner petit à petit le champ d'action potentiel des SBC pour illustrer les différents types de connaissances qui peuvent exister.

La première classification est la plus simple à faire : il s'agit de définir les grandes fonctions pour lesquelles les SBC sont utilisés. Les exemples les plus célèbres illustrent ces fonctions :

- le diagnostic (et l'interprétation),
- la conception (et la configuration de système),
- la prévision,
- l'optimisation.

Pour chaque fonction, il y a des variables d'entrée, des buts à atteindre, des contraintes et différentes étapes de résolution.

1.3.1. *Le diagnostic*

C'est l'exemple le plus courant parmi les SBC opérationnels. Tous les SBC du type "détection de pannes" font, bien sûr, partie de cette famille. Les variables d'entrée d'un tel système sont des symptômes, les résultats de tests et de mesures, la description d'une situation donnée. Le but est évident : trouver, parmi tous les cas possibles, la bonne solution ou la bonne interprétation. Le système doit désigner les causes et proposer un traitement ou une réparation. Les contraintes proviennent essentiellement des tests à effectuer : ils peuvent être coûteux, irréversibles et imprécis.

1.3.2. *La conception*

XCON/XSEL est un SBC de conception, plus précisément dédié à la configuration de machines Digital Vax 11/780. Ces systèmes sont voisins de la classe décrite ci-dessus, avec les particularités suivantes :

- les entrées sont simplement les spécifications du système à concevoir, avec les composants possibles, leurs propriétés et leurs dépendances ;

- le but est de produire l'objet envisagé ou du moins de procurer l'ensemble des données nécessaires à sa conception : plans, listes de matériels, procédures opératoires.

Cette classe est particulièrement intéressante puisqu'elle englobe les outils de conception de... SBC et en premier lieu les outils d'acquisition des connaissances. L'outil du futur devra, simplement à partir des spécifications énoncées, produire la base de connaissances : le rêve de tout ingénieur de la connaissance.

1.3.3. La prévision

Les systèmes destinés à la prévision se démarquent des techniques statistiques par l'utilisation d'approches non quantitatives, dont l'exemple le plus connu est la méthode Delphi. Delphi utilise des experts en situation pour arriver à quelques scénarios probables dont un sera choisi en final.

Les variables d'entrée ne sont pas uniquement des données existantes mais également des opinions et des faits sur la situation à prévoir. L'obtention d'un pronostic fiable, supérieur aux résultats des modèles quantitatifs et économétriques classiques, est le but de tout SBC de prévision.

Etablir des tendances ou des conjectures sur le futur est une activité difficile pour des experts humains. La difficulté est décuplée pour des systèmes qui doivent se contenter de connaissances souvent contradictoires et peu sûres. Dans la plupart des cas, le SBC ne fait qu'examiner un nombre de situations de façon plus complète et plus rapide qu'un expert. Il est alors proche de la classe des SBC de diagnostic.

1.3.4. L'optimisation

La dernière classe est celle des systèmes qui permettent d'établir un plan, un programme de travail ou une séquence de tâches de la meilleure façon. Meilleure peut signifier plus économique, plus rapide ou tout simplement faisable. Là encore, les SBC d'optimisation viennent suppléer aux techniques d'optimisation et de simulation connues qui sont inefficaces lorsque les contraintes sont imprécises ou changent trop souvent.

L'ordonnancement des tâches d'un atelier de production ne peut ainsi généralement pas être réduit à un simple graphe de Gantt déterministe. Les problèmes survenant en cours de fabrication modifient toutes les variables entrant en jeu : approvisionnement des pièces, machines immobilisées, taille du lot à produire,

stockage possible... Les responsables de fabrication utilisent des règles pratiques, acquises par expérience, pour résoudre les difficultés de planning et optimiser la production.

L'impact d'un SBC est très important dans un tel environnement. Les écarts de production sont en effet à redouter :

- la nuit, lorsque le responsable est absent du site,
- lorsque les opérateurs ne sont pas informés des changements et se fient au planning établi auparavant,
- lorsque la méthode habituelle (méthode des potentiels, PERT) ne suffit plus pour prendre en compte tous les paramètres et donner une solution réellement optimisée.

Dans un contexte d'atelier flexible, un SBC n'est qu'un rouage du système d'information existant et doit être obligatoirement intégré aux autres applications. Les systèmes développés montrent que chaque type de fabrication a ses particularités. Il faut donc concevoir un système propre à chaque type et acquérir préalablement les règles s'y appliquant. Il ne peut y avoir de solution générique et isolée pour les problèmes d'optimisation. L'acquisition des connaissances est un passage obligé pour ces SBC.

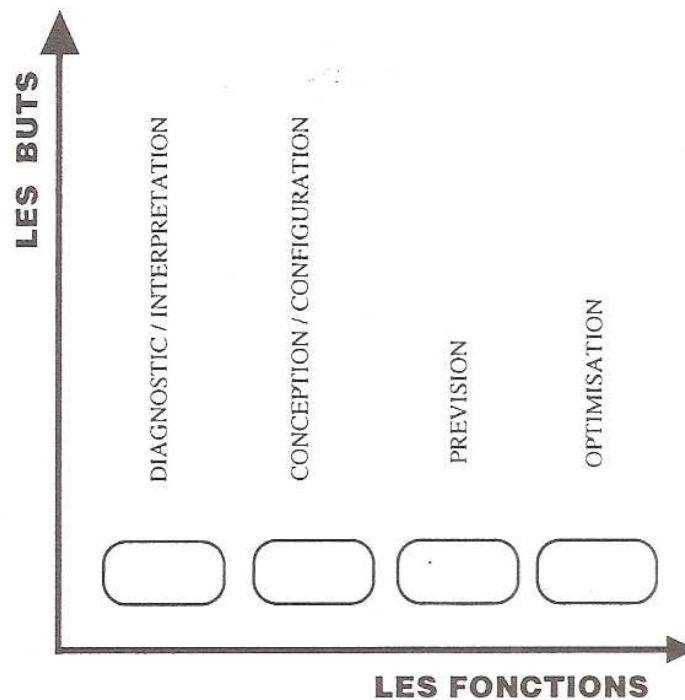


Figure 1.3. Les quatre fonctions d'un SBC

1.4. Les buts recherchés

Un deuxième critère de classement des SBC, important pour le sujet de l'acquisition des connaissances, est en rapport avec le but poursuivi, consciemment ou non, par les concepteurs. Une première frontière sépare les SBC : ceux développés dans un cadre de recherche et les SBC à vocation opérationnelle.

La recherche joue un rôle prédominant dans la dynamique des SBC. Dans un laboratoire, les SBC sont l'occasion (on pourrait dire l'alibi) d'étudier des questions fondamentales sur l'apprentissage (*machine learning*), le raisonnement et bien sûr l'acquisition et la représentation des connaissances.

— Dans le domaine des applications pratiques, on retrouve six grandes attentes de la part des utilisateurs. Chaque famille impose certaines contraintes pendant la phase de conception :

- le conseil aux non-experts,
- l'assistance aux experts,
- l'établissement et renforcement de standards organisationnels,
- la formation,
- l'utilisation en milieu hostile,
- l'archivage de l'expertise.

Les fonctions précédemment définies (diagnostic, conception, prévision, optimisation) se retrouvent inégalement selon le but poursuivi.

1.4.1. *Le conseil aux non-experts*

C'est le besoin le plus évident à une époque où Internet se généralise : le SBC offre une expertise qui serait inaccessible autrement pour des questions de coûts ou d'accès à la connaissance. Le conseil aux novices apparaît dans les fonctions de diagnostic et d'optimisation, beaucoup moins dans les fonctions de conception et de prévision.

1.4.2. *L'assistance aux experts*

Les SBC précédents, avec une interface utilisateur simplifiée, deviennent des systèmes qui peuvent assister les experts dans la partie fastidieuse de leur travail. C'est particulièrement vrai pour les fonctions de conception et de prévision, où il faut faire appel à un nombre croissant de techniques complexes. Dans le cas d'un SBC de diagnostic, l'assistance aux experts est un préalable obligatoire pour valider la base de connaissances, même si l'utilisation n'est réservée ultérieurement qu'aux non-experts.

1.4.3. L'établissement et le renforcement de standards organisationnels

Le renforcement de pratiques standard utilisées par tous dans une entreprise est une conséquence, voulue ou non, d'un système à base de connaissances largement diffusé. Qu'il soit statique (renforcement) ou dynamique (introduction de nouvelles procédures), le SBC contribuera à promouvoir l'homogénéité des actions au sein de l'entreprise.

1.4.4. La formation

Tout SBC possède les caractéristiques pour devenir un outil de formation surpassant toutes les autres tentatives de logiciels éducatifs. Il a la capacité d'expliquer ses questions et de justifier son raisonnement. Il doit accepter les informations floues et les réponses de type "Inconnu".

Ces caractéristiques ne sont pas innées : le degré d'interactivité et de tolérance aux erreurs est le résultat des efforts de programmation et de l'utilisation des outils d'interfaces utilisateur et expert (en particulier les niveaux de trace disponibles) existants. Les SBC les plus réussis séparent la connaissance du domaine et l'approche didactique qui conduit le dialogue pédagogique.

1.4.5. L'utilisation en milieu hostile

Les SBC semblent être les meilleurs candidats pour remplacer à la fois les experts et les non-experts dans les tâches dangereuses. Il apparaît que cette classe de systèmes est encore très peu documentée. Des prototypes sont étudiés dans le domaine des systèmes embarqués : la difficulté principale réside dans la réalisation d'applications en temps réel dont la fiabilité soit comparable aux automates existants.

1.4.6. L'archivage de l'expertise

La conservation de l'expertise peut être un but en soi dans le développement d'un SBC. L'acquisition des connaissances devient alors le centre du projet : il ne saurait être question de modéliser un savoir en le rendant trivial. La valeur ajoutée doit se mesurer par rapport aux moyens traditionnels de conservation (livres, thèses, CD-Rom...).

Toutes les fonctions décrites (diagnostic, conception, prévision, planification) concourent à conserver une expertise ou des connaissances menacées de disparition. Il faut toutefois remarquer que cette notion d'archivage est contradictoire dans le cas d'expertises évoluant rapidement.

Nous venons de présenter à quoi servent les SBC. Un fait commun se dégage : la valeur d'un SBC dépend directement de la connaissance codifiée dans la base.

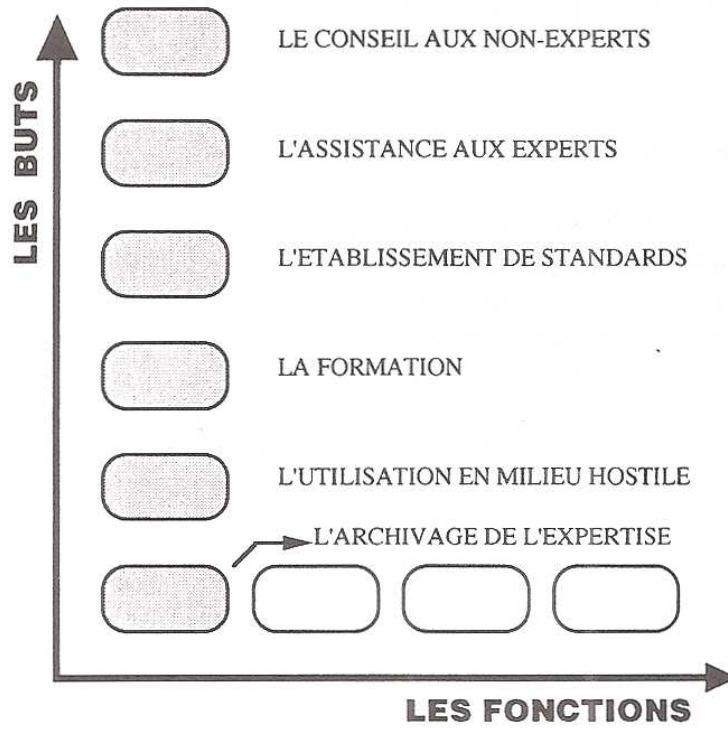


Figure 1.4. Les buts recherchés et la matrice (buts/fonctions)