

GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC « MUTATIONS INDUSTRIELLES »
CNRS, Entreprises, Agences Publiques, Ministères
Groupement de Recherche CNRS numéro 43 0002
26, boulevard Richard Lenoir - 75011 PARIS
Tél. 48.07.05.85

**LE « DÉVELOPPEMENT »
DES SYSTÈMES-EXPERTS
EN ENTREPRISE**

Martine BLANC
Elsie CHARRON
Michel FREYSSENET

30 Novembre 1989

Simone AUBERT a assuré la retranscription des entretiens
Ce cahier a été composé par Yvonne PAULY

ISSN-0986-4466

Les textes présentés dans *Les Cahiers de Recherche du GIP « Mutations Industrielles »* sont destinés, avant publication ultérieure éventuelle dans des revues ou des ouvrages, aux personnes en relation de travail avec les chercheurs du Groupement.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ

INTRODUCTION

1. BRÈVE PRÉSENTATION DES SYSTÈMES-EXPERTS

- 1.1. L'Intelligence Artificielle et l'émergence des Systèmes-Experts
- 1.2. Les formes de représentation des connaissances et les raisonnements utilisés par l'Intelligence Artificielle
- 1.3. Structure et fonctionnement d'un Système-Expert
- 1.4. Systèmes-Experts et générateurs de systèmes-experts

2. RUFUS, UN SYSTÈME-EXPERT DE DIAGNOSTIC DE PANNES ÉLECTRIQUES DU MÉTRO

- 2.1. L'origine de l'activité S.E. à la RATP. Le choix de la première application : Rufus
- 2.2. Les conditions du dépannage à F.R. Les motivations de l'équipe de conception et les objectifs de Rufus
- 2.3. La réalisation de la « maquette »
- 2.4. La deuxième phase de Rufus : parvenir à un prototype, puis à un outil opérationnel

3. LES SYSTÈMES-EXPERTS DE TRAITEMENT DE DOSSIERS D'ASSURANCES SOCIALES

- 3.1. L'activité de la CCAS et ses conditions de réalisation
- 3.2. Les objectifs et les attentes des différents promoteurs de l'expérience S.E.
- 3.3. La composition de deux équipes de « développement »
- 3.4. Élaboration des bases de connaissances
- 3.5. L'évaluation des prototypes : richesse d'expertise et accessibilité pour l'un, rapidité d'exécution et clarté de présentation pour l'autre
- 3.6. L'insertion des S.E. dans le système de travail et les réactions des décompteurs

4. LES SYSTÈMES-EXPERTS DE DIAGNOSTIC DE PANNES ÉLECTRIQUES DES BUS

- 4.1. Les conditions de lancement de l'expérience
- 4.2. Le contexte de l'activité des dépôts
- 4.3. La coopération interservices et la composition de l'équipe
- 4.4. Le premier prototype : caractéristiques et évaluation
- 4.5. Le développement d'un deuxième prototype
- 4.6. L'insertion dans l'activité quotidienne

5. LE SYSTÈME-EXPERT D'AIDE AU REPROFILAGE DE ROUES

- 5.1. L'outil et le domaine d'application
- 5.2. Le problème à résoudre selon les concepteurs et les objectifs fixés. Est-ce le vrai problème?
- 5.3. La démarche choisie pour l'élaboration du SE et son contenu
- 5.4. Quelle sera la validation?

6. LES ENSEIGNEMENTS ET LES QUESTIONS SE DÉGAGEANT DES EXPÉRIMENTATIONS RÉALISÉES

- 6.1. D'un SE « sur mesure » aux générateurs de systèmes-experts: l'évolution de la division du travail de conception
- 6.2. Les objectifs : ambiguïté, empilement, diversité, évolution et dérive, propres à une phase d'expérimentation
- 6.3. Les domaines d'application des S.E.
- 6.4. La composition de l'équipe de conception
- 6.5. Les savoir-faire sont-ils formalisables sans appauvrissement ni simplification?
- 6.6. Les différentes conceptions des S.E. élaborés et les questions qu'elles soulèvent
- 6.7. La validation technique de l'évaluation socio-économique des maquettes
- 6.8. La « maintenance » des S.E.

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie des auteurs

RÉSUMÉ

La recherche reconstitue les modalités de conception et de validation de six systèmes-experts, dans une entreprise de transport, appliqués à trois domaines différents: le diagnostic de pannes, le traitement de dossiers administratifs complexes, le réglage de machines-outils. En analysant l'évolution des outils utilisés, des objectifs et de la composition des équipes de conception, les auteurs montrent comment les qualités attribuées aux systèmes-experts sont transformées par le contexte social dans lequel ils sont élaborés. Initialement prévus pour être des moyens de formation et d'assistance, les systèmes-experts réalisés se révèlent peu pédagogiques. Tels qu'ils ont été finalement conçus, ils peuvent, en revanche, être utilisés comme des outils de travail prescriptifs, banalisant les tâches complexes expertisées.

DEUTSCHE ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung rekonstruiert die Modalitäten der Entwicklung und Anwendung von sechs Expertensystemen in einem Transportunternehmen, und zwar in Bezug auf drei verschiedene Bereiche: die Diagnose von Pannen, die Behandlung von komplexen Verwaltungsvorgängen und die Regulierung von Werkzeugmaschinen. Die Autoren untersuchen die Fortentwicklung der verwendeten Hilfsmittel, der Zielsetzungen sowie der Zusammensetzung der Entwicklungsgruppen und zeigen dabei auf, wie die den Expertensystemen zugeordneten Eigenschaften vom sozialen Umfeld, in dem sie erarbeitet werden, verändert werden. Ursprünglich als Mittel der Ausbildung und Hilfestellung konzipiert, haben sich die verwirklichte Expertensysteme für die Pädagogik als wenig hilfreich erwiesen. So wie sie schliesslich konzipiert waren, können sie jedoch als vorschreibende Arbeitsmittel verwendet werden, die die begutachteten komplexen Arbeitsvorgänge vereinfachen.

ENGLISH ABSTRACT

The research reconstructs the terms of conception and validation of six expert systems, in a public transport corporation, applied to three different fields: the diagnosis of breakdown (failure), the treatment of complex administrative files, the adjustment of machine tools. Analysing the evolution of used tools, of the aims and composition of the conception teams, the authors show how the qualities attributed to the expert systems are transformed by the social context in which they are elaborated. Initially developed as a means of training and assistance, the realized expert systems have turned out not to be very pedagogical. The way they have been conceived, they can, in return, be used as instruction work tools, thus making the complex expertised tasks a commonplace.

RESUMEN ESPAÑOL

La investigación ha permitido de reconstituir las modalidades de concepción y de validación de seis "sistemas expertos" en una empresa de transportes; sistemas cuya aplicación concierne tres campos diferentes: el diagnóstico de averías, el tratamiento de expedientes administrativos y el reglaje de máquinas herramientas. A través del análisis de la evolución de los sistemas utilizados, de los objetivos y de la composición de los equipos de concepción, los autores muestran como las calidades atribuidas a los sistemas expertos son transformadas por el contexto social en el cual son elaborados. Inicialmente previstos como medios de formación y de ayuda, los sistemas expertos realizados se revelan poco pedagógicos. Tal que fueron finalmente hechos, pueden sin embargo ser utilizados como útiles de trabajo prescriptivos transformando en banales, las tareas complejas expertizadas.

INTRODUCTION

L'essor des systèmes-experts dans les entreprises

Après une phase d'observation, d'expérimentations limitées, voire d'attentisme, nombre d'entreprises françaises « développent », depuis 1985 environ, des systèmes-experts ¹, c'est-à-dire en réalisent des « maquettes » ² et des « prototypes » ³, dans les différents domaines de leur activité.

Cet essor suscite chez les uns l'espoir de disposer enfin d'outils de mémorisation et de transmission des connaissances pratiques, en étant libérés de la rareté, de la disponibilité, de l'éloignement ou du bon vouloir des spécialistes ; chez d'autres, le rêve d'une « informatique aux utilisateurs », dont ces derniers maîtriseraient la conception, l'usage et la « maintenance »; chez d'autres encore, des interrogations sur l'opérationnalité effective de ces outils et sur l'avantage économique réel qu'ils peuvent procurer; chez d'autres enfin, des inquiétudes quant au devenir professionnel et social des salariés actuellement détenteurs des connaissances ainsi formalisées et emmagasinées.

La multiplication des « maquettes » et des « prototypes » de systèmes-experts (S.E.) en entreprises, ces dernières années, résulte d'une part de l'apparition sur le marché de « générateurs de systèmes-experts » beaucoup moins coûteux et beaucoup plus accessibles que les S.E. dont il faut aussi concevoir et écrire les procédures de traitement des connaissances; d'autre part, de la perception plus nette par des cadres fonctionnels et par des chefs de service et d'atelier du parti qui pourrait être tiré de ces nouveaux outils.

Une demande d'analyse des expérimentations réalisées

Toutefois, les expérimentations effectuées, multiples et dispersées n'ont généralement pas encore fait, dans les entreprises concernées, l'objet d'une analyse approfondie et d'une évaluation générale, permettant à ces dernières d'adopter une politique claire et le plan économique et social correspondant.

La RATP disposait en 1988 d'une vingtaine de maquettes et de prototypes de S.E. dans des domaines aussi divers que le diagnostic de pannes, le traitement des dossiers administratifs, la recherche documentaire, la conduite de machines-outils, ou le traitement d'incidents sur le réseau... Afin d'alimenter la réflexion interne sur les actions menées en matière de S.E., la Mission de la Recherche ⁴ a demandé au GIP « MI » d'analyser six expérimentations, en reconstituant les conditions de leur réalisation et en recueillant les réflexions et les leçons tirées par ceux qui les avaient menées et par ceux qui étaient concernés.

¹ On trouvera au chapitre 1 une brève présentation des systèmes experts.

² Une « maquette », en ne prenant en compte qu'une partie du domaine à expertiser, sert à démontrer (d'où son nom aussi de « démonstrateur ») que le domaine est traitable par un SE, et à évaluer les ressources et le temps nécessaire pour parvenir à un prototype, puis à l'outil de travail.

³ Le « prototype » est un SE achevé, mais qui n'est pas intégré dans son environnement d'usage, condition pour confirmer son opérationnalité effective. Les SE opérationnels sont encore peu nombreux.

⁴ Il s'agit d'un service rattaché à la Direction Générale. Disposant d'un effectif très réduit, mais de moyens financiers, il a pour fonction de faire connaître les techniques nouvelles dans les services, de susciter et d'assurer la coordination des expérimentations et de contribuer à leur financement. Ce service a créé un groupe de travail inter-direction rassemblant promoteurs et réalisateur de S.E.

Les caractéristiques de l'enquête

Le choix des S.E. étudiés, tous alors à l'état de maquette ou de prototype, a répondu à plusieurs critères afin de procéder à une série de comparaisons. Le premier de ces critères, la période de lancement, visait à dégager les enseignements successifs tirés et leurs conséquences sur les actions suivantes. Le deuxième a été la nature de l'outil utilisé: dans un cas, un S.E. « sur mesure », c'est-à-dire dans lequel les procédures de traitement des connaissances sont issues de l'expertise; dans les autres, des « générateurs de S.E. », en l'occurrence le logiciel Nexpert, comprenant déjà les mécanismes de traitement. Le troisième critère concernait les domaines d'application et la nature des connaissances expertisées: la maintenance du matériel roulant du réseau ferré et du réseau routier; le traitement de dossiers de Sécurité Sociale; la conduite de machines-outils. Enfin, le quatrième critère se rapportait à la composition de l'équipe de développement: avec ou sans cognitif; avec ou sans informaticien; avec un expert de « l'exécution », ou bien avec un expert des « études », un cadre, ou un formateur; avec ou sans groupe de suivi des « utilisateurs » futurs.

Six S.E. ont permis de procéder aux comparaisons précédentes: Rufus, SE de diagnostic de pannes (de portes, de motrice, et de circuits haute tension) sur les rames de métro (MS61); SE « cure thermique », traitement de dossiers de demande de prise en charge et de remboursement de cures thermales; SE « maternité », traitement de dossiers maternité; SE « circuits de charge », diagnostic de pannes sur les circuits de charge électrique des bus SC10; SE « circuits de porte », diagnostic de pannes sur les circuits de commande électrique des portes des bus SC10; SE « reprofilage de roue », détermination des valeurs à donner aux paramètres du profil des roues usées des rames du métro, en fonction de différentes contraintes à respecter: sécurité, coût, durée de vie.

Trente-deux personnes ont pris part à l'enquête (qui s'est déroulée de Janvier à Juin 1988): cadres dirigeant ces services accueillant les expérimentations, membres du groupe de travail inter-direction sur les SE, « experts », informaticiens, cognitif, membres du groupe de suivi, utilisateurs potentiels, responsable du service informatique central. Elles ont été interviewées chacune pendant deux à trois heures. Certaines ont été réinterrogées pour obtenir des compléments ou des précisions et pour valider auprès d'elles la présentation faite de leurs réflexions. Aux informations ainsi recueillies se sont ajoutés des documents concernant les S.E. étudiés et les observations qui ont pu être faites lors du fonctionnement des différentes maquettes ou prototypes. La compréhension des situations de travail, dans lesquelles allaient être utilisés les S.E. conçus, a été grandement facilitée par des recherches antérieures, menées notamment sur l'évolution du travail dans les ateliers d'entretien du réseau ferré et du réseau routier ¹, et sur l'expression et les pratiques « participatives » quotidiennes des agents de la RATP dans différents services ².

¹ Charron E., Freyssenet M., Imbert F., « Conception des équipements et travail de maintenance », *Cahier de Recherche du GIP « Mutations Industrielles »*, n°30, Mai 1989, 72 pages. Ce numéro est la réédition, sous un autre titre et avec des compléments, d'un document multigraphié, intitulé : « L'évolution des représentations du travail d'entretien du matériel roulant du réseau routier RATP ». CSU, Paris, 1986, 28 pages.

Charron E., Imbert F., « L'évolution des représentations du travail d'entretien du matériel roulant du réseau routier RATP ». CSU, Paris, 1986, 21 pages.

² Charron E., « L'expression des salariés dans la vie quotidienne de travail à la RATP », CSU, Paris, 1987, 23 pages.

Significations et tendances d'un phénomène social

Il convient de souligner ici l'énorme intérêt pour les sciences sociales de pouvoir suivre un phénomène dès son origine, particulièrement dans le domaine du « changement technique » dans les entreprises, trop souvent présenté a posteriori comme l'application normale, inévitable, nécessaire et « lisse », des connaissances et des techniques nouvelles. La présente enquête se trouve donc être une des toutes premières en France à fournir des éléments sur les préoccupations, les objectifs, les pratiques et les réflexions des différents protagonistes du développement des S.E. en entreprise, et partant de là à tenter de dégager les significations du phénomène S.E., sa portée, les tendances qui le travaillent et les voies qu'il pourrait prendre. Le mérite revient à la Mission de la Recherche de la RATP d'avoir fait que cette recherche se réalise.

Celle-ci a permis d'aborder les questions suivantes, objet des préoccupations plus générales des chercheurs qui l'ont conduite. Promotionnés par certains sous le thème de « l'informatique aux utilisateurs », les S.E. répondent-ils à cette attente? Concrétisent-ils les espoirs mis dans l'Intelligence Artificielle dont ils sont issus? Annoncent-ils une « nouvelle informatique », libérant les « utilisateurs » de la tutelle rigide et normalisatrice des services informatiques centraux et leur permettant de se doter eux-mêmes d'outils adaptés et évolutifs? Pour répondre à ces questions, l'enquête s'est attachée à saisir la redéfinition des rapports qui s'opèrent entre services opérationnels et service informatique lors de l'introduction des S.E., et à établir qui est désigné réellement comme acteur social sous le terme « utilisateur ». Les connaissances et les savoir-faire des « experts » sont-ils formalisables et transmissibles dans les formes requises par les S.E., non seulement sans appauvrissement et déformation, mais surtout sans occultation de ce qui fait l'essentiel de la compétence des agents qualifiés, à savoir l'intelligence des situations? En d'autres termes, les S.E., tels qu'ils sont conçus, sont-ils déjà ou potentiellement en mesure de mémoriser et de restituer les savoirs pratiques dans leur profondeur, leur diversité et leur intégralité, comme l'annoncent certains de leurs promoteurs? Le travail de diagnostic de pannes sur le matériel roulant du réseau ferré ayant été étudié à l'occasion d'une précédente enquête ¹, on a essayé ici de comparer la démarche du dépanneur sur le terrain et celle qui a été finalement retenue dans le S.E. Comment les S.E. s'inscrivent dans l'évolution de l'organisation, du contenu et des rapports de travail, et dans le processus d'automatisation des activités de l'entreprise concernée? Sont-ils ou peuvent-ils être des outils de développement des compétences des agents qualifiés et d'enrichissement de leur expertise? Ou bien sont-ils des moyens pour des agents qualifiés débutants d'acquérir mieux et plus vite la compétence nécessaire? Ou bien encore sont-ils, de fait, substitutifs, ou potentiellement substitutifs, aux agents qualifiés, rendant possible et rentable l'exercice de l'activité expertisée par des salariés de moindre qualification? En d'autres termes s'inscrivent-ils, de par leur conception et non seulement de par leur usage, dans un mouvement d'inversion, ou bien au contraire d'accroissement de la division du travail? Observe-t-on des orientations et des tendances divergentes? Ces questions ont amené à analyser plus particulièrement comment les objectifs poursuivis par les différents protagonistes et comment les conditions, les principes et les présupposés de la conception de chacun des prototypes ont orienté la structure et le contenu des logiciels et par conséquent l'usage qui peut en être fait.

¹ Voir note 2 page 8.

Après une brève présentation des systèmes-experts au chapitre 1, on trouvera la description et l'analyse du processus d'élaboration de chacun des SE étudiés. Le chapitre 2 est consacré à Rufus; le chapitre 3 aux SE de la CCAS; le chapitre 4 aux deux SE des ateliers d'entretien des bus; et le chapitre 5 au SE d'aide au reprofilage de roues des rames du métro. Le dernier chapitre tente de dégager les enseignements des six expérimentations réalisées, et d'apporter des éléments de réponse aux questions énoncées en introduction.

S'il apparaît d'ores et déjà que l'avenir des SE en entreprise est fortement marqué, il n'est cependant pas encore joué. La recherche conclut qu'après des expérimentations « pour voir », le moment est venu de faire des choix quant à la conception et à l'usage des SE, si l'on veut qu'ils concourent, et non qu'ils contrecarrent et qu'ils décrédibilisent la politique officielle de renforcement de la compétence, d'encouragement des initiatives, et d'autonomisation des agents qualifiés.

Les résultats de cette recherche ont été discutés avec les « développeurs » des SE étudiés et enrichis à cette occasion. Ils ont été d'abord présentés lors d'un Forum interne à la RATP réunissant sur le thème des Systèmes-Experts 150 personnes environ de différents services, ensuite au cours d'une journée de réflexion des adhérents du GIP « MI »¹ et de quelques invités extérieurs² portant sur les « modes de conception des systèmes-experts: places et rôles des utilisateurs »; enfin, dans une réunion interne à la RATP, qui leur était consacrée, rassemblant notamment les responsables des services concernés et la Mission Recherche. Durant l'enquête, les premières constatations et les réflexions qu'elles autorisaient ont nourri les interventions faites dans le séminaire RATP sur la relation homme/machine, au séminaire du GRETS-EDF, et lors d'une rencontre LAAS Toulouse - GIP « Mutations Industrielles » sur les systèmes-experts.

1. BRÈVE PRESENTATION DES SYSTÈMES-EXPERTS

1.1. L'Intelligence Artificielle et l'émergence des Systèmes-Experts

Les S.E., comme nouveaux outils informatiques, sont apparus, en France, au début des années 80. Leur caractéristique était alors d'être des objets techniques issus d'un champ particulier du traitement de l'information: l'Intelligence Artificielle (I.A.). Cette filiation, porteuse d'une approche distincte en informatique, a conduit bien souvent à les considérer comme la réalisation des intentions de cette discipline.

De fait, les perspectives initiales de l'I.A. étaient d'étendre le traitement de l'information à la quasi-totalité des activités humaines et de concevoir des outils pouvant simuler l'acte de penser. Ces visées radicales, affichées par les pères de l'I.A. aux États-Unis, dans les années 50, ont suscité des réactions critiques, tout d'abord de la part de philosophes, relayés bientôt par des chercheurs en I.A. même³.

¹ Voir en fin de cahier la liste des membres du GIP "Mutations Industrielles".

² La RATP, bien sûr, mais qui n'est pas adhérente du GIP « MI », la CNAF et EDF qui est membre associé.

³ On pense ici en particulier à Joseph Weisenbaum qui met en doute à la fois la pertinence technique et le contenu éthique du projet. On pense également à H. Dreyfus critiquant les fondements mêmes de l'I.A.

L'Intelligence Artificielle s'est constituée aux États-Unis à partir de l'imbrication précoce et réelle de plusieurs disciplines: les sciences du traitement de l'information, la logique, la psychologie (essentiellement la psychologie cognitive) et la linguistique. Elle cherche à comprendre les mécanismes de l'intelligence: raisonnements, associations d'idées, processus d'apprentissage, appréhension globale, etc., en utilisant l'ordinateur comme outil de vérification des hypothèses émises, et également à concevoir des logiciels permettant aux ordinateurs de parvenir aux mêmes résultats que ceux produits par l'intelligence humaine avec une efficacité au moins équivalente.

Les premiers travaux menés par Allan Newell et Herbert Simon, sur les jeux d'échec font apparaître assez rapidement la nécessité d'éviter de considérer tous les cas possibles pour produire le déplacement d'un pion et de ne retenir que les cas de figures les plus pertinents, compte tenu de la disposition des pièces et du but à atteindre. Cette approche, dite heuristique, amène Allan Newell et Herbert Simon à pratiquer des entretiens auprès des joueurs pour saisir le cheminement de leur pensée. À la même époque, en 1956, les travaux de John Mac Carthy aboutissent à la formulation d'un nouveau langage, le LISP (*List Processing*), qui deviendra le langage de l'I.A. et qui le reste pour une bonne part.

La discipline est lancée et produira, dans les années 60, de premiers résultats en matière de résolution de problèmes et de démonstration de théorèmes.

Au début des années 70, E. Feigenbaum, père de ce que l'on appelle l'ingénierie de la connaissance, incite la communauté scientifique à dépasser le traitement des problèmes de jeux pour s'attaquer aux connaissances usuelles : « *Les échecs et la logique sont des problèmes de jeux* », s'écriait-il lors d'un congrès. « *Si vous arrivez à les résoudre, vous n'avez guère résolu qu'un problème de jeu. Allez donc dans le monde réel et attaquez-vous à ses problèmes* ». E. Feigenbaum développait de plus un argumentaire économique pour justifier ce déplacement de domaine d'analyse et d'application, que lui-même avait commencé à opérer en concevant, quelques années plutôt, Dendral, système visant à déterminer la structure d'un composé organique. De cette réalisation émergea l'idée de base des Systèmes-Experts, à savoir la nécessité de séparer les connaissances de leur mécanisme de traitement.

Il est revenu à Shortliffe en 1976, avec « Mycin » et « E-Mycin », de parvenir à la structure fondamentale des Systèmes-Experts composée d'un côté d'un ensemble rassemblant les connaissances concernant un domaine donné, et de l'autre un logiciel, appelé moteur d'inférence, contenant les procédures de traitement de ces connaissances, dont le degré de généralité les rend indépendantes des connaissances dont elles sont issues. Dès lors, les conditions de conception d'un S.E. sont fixées. À partir de l'explicitation des savoirs et des manières de faire des personnes compétentes dans un domaine donné (appelées « experts »), le cognaticien conçoit d'une part les représentations adéquates de ces connaissances, ou leur applique celles dont il dispose, d'autre part dégage de ces connaissances telles qu'énoncées par l'expert les démarches sous-jacentes qu'emploie de fait ce dernier pour les mettre en relation et en tirer des conclusions efficaces. Ces démarches n'étant pas spécifiques au sujet traité, elles peuvent en être dissociées.

Les années 70 sont aussi celles de la prolifération des travaux sur les représentations des connaissances et le raisonnement, sur le langage naturel et la robotique avancée. Les années 80, on l'a vu, marquent l'entrée de l'I.A., à travers les S.E. essentiellement, dans la vie économique. Mais elles voient aussi le lancement de projets très ambitieux.

Finalement, les caractéristiques de l'I.A. se dégagent de son histoire. L'Intelligence Artificielle manipule essentiellement des informations symboliques (concepts, faits, objets...), parfois incomplètes, inexacts ou floues, sous la forme de connaissances (propositions, règles, objets structurés, schémas, réseaux...), parfois incertaines, à l'aide de méthodes heuristiques, afin de conduire des raisonnements donnant des solutions au moins aussi valables que celles trouvées par un acteur humain. Elle recourt aux acquis et aux démarches de plusieurs disciplines pour appréhender le fonctionnement de l'intelligence humaine et pour concevoir des formalismes transcrivant les opérations intellectuelles.

Pour comprendre le fonctionnement des Systèmes-Experts et l'usage qui peut en être fait, il est nécessaire tout d'abord de connaître comment sont définies et représentées les connaissances et quels sont les raisonnements utilisés en Intelligence Artificielle. Il existe peu d'ouvrages exposant d'une manière simple et non jargonneuse ces informations essentielles à un public de non-informaticiens. L'ouvrage de Jean-Paul et Marie-Christine Haton, *L'Intelligence Artificielle* (Que sais-je?, n°2444, 1989, 126 pages), fait exception. Nous lui empruntons l'essentiel des deux paragraphes suivants.

1.2. Les formes de représentation des connaissances et les raisonnements utilisés par l'Intelligence Artificielle

Jean-Paul et Marie-Christine Haton distinguent cinq catégories de représentations des connaissances actuellement utilisées dans les recherches et les applications en I.A.

1.2.1. Les représentations « logiques »

Il en a été conçu plusieurs successivement, chacune cherchant à dépasser certaines des limites inhérentes aux autres.

a. La « logique des propositions » « atomise » la connaissance en propositions élémentaires, qui sont formées d'un « prédicat » (par exemple Bus) et d'un ou plusieurs « arguments » (par exemple R312, électronisé), et qui sont qualifiées de vraies ou de fausses par un symbolisme particulier. Bus (R312, électronisé) veut dire le R312 est un bus électronisé. TMéto (Sprague, pneumatique) signifie que le Sprague n'est pas un métro sur pneumatique. Les propositions sont reliées entre elles par quatre « connecteurs logiques » seulement: et, ou, l'implication logique, l'équivalence.

b. La logique des « prédicats du premier ordre » ajoute à la logique des propositions quelle est la portée des assertions, sous les deux formes suivantes: « il existe au moins un individu de la population considérée qui... » et « quel que soit l'individu de la population considérée... ». Ces deux formes de représentations logiques impliquent de connaître le raisonnement exact et de disposer de données complètes, ce qui ne permet d'exprimer qu'une petite part de la connaissance.

c. Les « logiques multivaluées » affectent aux propositions un nombre n de valeurs de vérité pour indiquer leur degré d'ambiguïté ou de flou.

d. Les « logiques modales » veulent préciser la notion intuitive d'implication en distinguant plusieurs modalités, comme: possible, nécessaire, contingent, impossible.

e. Les « logiques non monotones », quant à elles, permettent de représenter pour vraie une proposition qui peut se révéler fausse dans la suite du raisonnement, et notamment de considérer comme vraie une assertion dont la fausseté n'a pas encore été prouvée.

Les représentations logiques présentent l'avantage de pouvoir faire appel à tous les acquis théoriques de la logique formelle et donc de tirer de multiples conclusions à partir de propositions simples, courtes et peu nombreuses. Mais elles rendent compte difficilement des connaissances « heuristiques », c'est-à-dire des connaissances pratiques permettant d'atteindre un but ou de parvenir à une conclusion, sans avoir à considérer l'ensemble des voies possibles d'explication du problème posé. De même, les connaissances « procédurales » ne peuvent être représentées selon ce formalisme. À l'inverse des connaissances heuristiques, les connaissances procédurales décrivent systématiquement, pas à pas et de manière hiérarchisée, les situations étudiées. Enfin, les représentations logiques ne donnent pas les moyens d'organiser l'ensemble des connaissances.

1.2.2. Les réseaux sémantiques

La connaissance est représentée dans ce formalisme par des « nœuds » désignant des objets, des concepts..., et par des « flèches » indiquant le sens, la nature et le contenu de la relation entre les nœuds.

Le principe de questionnement d'un système à réseaux sémantiques consiste à transcrire le problème posé sous la forme d'un réseau et à rechercher dans la base de connaissances qui contient les réseaux vrais si l'un d'entre eux lui correspond, grâce à un mécanisme de mise en correspondance structurelle. La correspondance étant rarement immédiate, il est nécessaire d'appliquer, lors de la construction du réseau, la « règle de l'héritage » qui veut que certains nœuds héritent des propriétés des nœuds avec lesquels ils sont en relation.

Appropriés pour représenter des concepts clairement hiérarchisés, des associations d'idées ou des actions, les réseaux sémantiques n'autorisent que des raisonnements frustes et ne peuvent exprimer les connaissances de type procédural. Ils sont le plus souvent utilisés en complément des autres formalismes.

1.2.3. Les règles de production

Elles constituent la représentation la plus communément utilisée dans les systèmes-experts. Les règles de production sont des parcelles de connaissance, indépendantes entre elles, écrites souvent sous la forme: si (condition)... alors (conclusion, avec parfois un coefficient de vraisemblance). Purement déclaratives, elles permettent plus que d'autres formalismes une dissociation totale entre la connaissance et le mécanisme d'exploitation de celle-ci. Ce dernier (le moteur d'inférence) fonctionne en « chaînage avant » (on part des conditions pour atteindre la conclusion), ou en « chaînage arrière » (on part de la conclusion pour retrouver les conditions), et même, si besoin est, en « chaînage mixte » (lorsque par exemple le chaînage avant ne donne pas une conclusion totalement sûre, on peut alors repartir de cette conclusion pour retrouver le ou les conditions supplémentaires qui rendent la solution certaine).

Les règles de production ont, en raison de leur simplicité d'écriture et de leur indépendance, l'avantage de bien traduire les connaissances heuristiques, de prendre en compte des données imprécises, de permettre d'affecter un coefficient de vraisemblance aux résultats, et surtout de pouvoir être modifiées, complétées et mises à jour facilement. Cette facilité doit toutefois être tempérée par la nécessité de maintenir une cohérence entre les règles (elles ne sont pas aussi indépendantes qu'on le dit). Enfin, les r

gles de production n'expriment pas les connaissances « profondes » sur lesquelles s'appuie parfois l'expert pour trouver et énoncer ses « recettes » (appelées connaissances de « surface »).

1.2.4. Les représentations procédurales

Elles désignent les procédures algorithmiques classiques, qui viennent souvent en complément des formes déclaratives dans une base de connaissances. Une règle de production peut, par exemple, déclencher une procédure de calcul à partir des faits constatés pour vérifier s'ils correspondent aux prémisses de la règle ou pour donner une réponse quantifiée.

1.2.5. Les représentations par objets

Tous les domaines ne se prêtent pas à un émiettement de la connaissance en parcelles indépendantes. Certains ne peuvent être appréhendés que sous une forme structurée. C'est l'ambition des « représentations par objets » que d'en rendre compte ¹.

a. Schémas (ou frames) et scénarios.

Un schéma regroupe dans un ordre déterminé l'ensemble des connaissances propres à un objet, un concept, une situation..., ou, plus exactement, il contient dans des cases correspondant aux attributs de la catégorie d'objets, de concepts..., à laquelle appartient l'objet, le concept..., étudié (pour un train par exemple : énergie utilisée, mode de traction, type de bogie, appellation, etc.), les valeurs qui spécifient cet objet, ce concept...

Le scénario relève du même principe, mais il concerne une séquence d'événements (tel que: garage-dégarage d'une rame de métro dans un terminus).

b. Les objets structurés.

Les objets sont décrits dans ce formalisme comme des schémas ou des scénarios, mais en plus ils héritent des propriétés des classes d'objets dont ils font partie ; ils sont dotés de méthodes permettant la manipulation des informations qui les caractérisent (par exemple, des règles de production, des procédures); ils peuvent donc être traités séparément ; ils sont indépendants, mais ils peuvent communiquer entre eux par un mécanisme de transmission de message qui indique le traitement que l'objet récepteur doit subir par des méthodes qu'il contient. Un raisonnement général est donc réalisable.

Les représentations par objets sont de plus en plus utilisées, car elles sont plus exhaustives et plus structurées que les autres, tout en gardant une certaine modularité et tout en ayant la capacité d'intégrer d'autres formalismes.

1.3. Structure et fonctionnement d'un Système-Expert

Un système-expert est constitué de trois éléments essentiels et de diverses « fonctionnalités ». Ces trois composants fondamentaux sont la base de connaissances, la base de faits et le moteur d'inférence. Ils servent à la résolution des problèmes posés. Les autres fonctionnalités peuvent être: un système d'acquisition de modification et de mise à jour,

¹ Ce type de représentation fait appel et s'appuie sur la théorie des ensembles.

mise à jour, un système d'explication, la connexion avec des bases de données et des logiciels d'application, enfin l'interface avec l'utilisateur final.

La base des connaissances contient tout ce que l'on sait sur le domaine à traiter: faits permanents, savoir-faire, expertise. Si l'on a eu recours aux « représentations logiques » pour exprimer les connaissances, elle rassemblera l'ensemble des « propositions » vraies et fausses connues. Si l'on a préféré les « réseaux sémantiques », elle sera constituée des réseaux indiquant le sens, la nature et le contenu des liaisons entre objets, concepts... du domaine expertisé. S'il s'agit d'un « système à règles », elle emmagasinerà les « règles de production » indiquant les conditions qui permettent de tirer telle conclusion, etc.

La base de faits rassemble la question que pose l'utilisateur, les informations dont il dispose au départ, les données des vérifications que lui demande d'effectuer le système, les réponses partielles de ce dernier, jusqu'à la réponse finale. Il peut être nécessaire d'introduire les faits dans la forme de représentation des connaissances adoptée pour le S.E. utilisé, comme dans le cas des réseaux sémantiques.

Le moteur d'inférence ou interpréteur manipule la base de connaissances, à partir de la question posée et des faits vérifiés, selon des modalités liées aux formes de représentation des connaissances adoptées et selon une ou plusieurs stratégies, qui va le caractériser. Si l'on a affaire à un système à règles, le moteur d'inférence convoque l'ensemble des règles dont les prémisses contiennent au moins un des symptômes, des traits, des conditions... enregistrés par l'utilisateur. Il peut alors faire défiler les règles les unes après les autres dans l'ordre de leur empilement et à chaque fois demander les compléments d'informations nécessaires jusqu'à trouver la bonne règle, celle qui donne une conclusion sûre et précise à partir des conditions nécessaires et suffisantes qui ont été observées.

Il est en fait le plus souvent nécessaire, pour être efficace, de procéder selon un ordre répondant à un principe déterminé. Les principes de sélection peuvent être indépendants du problème posé. Par exemple: le hasard; la règle ayant le plus grand nombre de conditions données par l'utilisateur dans la base de faits; la règle qui donne la conclusion la plus sûre; la règle qui désigne les ensembles avant les sous-ensembles, etc. Mais les principes peuvent être liés au cas à traiter (si telle condition est constatée parmi toutes les autres, alors privilégier les règles ayant cette condition parmi leurs prémisses), aux stratégies des utilisateurs (par exemple, commencer par les règles donnant en conclusion les causes les plus fréquentes de la panne constatée; ou bien commencer par les règles demandant les vérifications les plus faciles et les plus rapides à faire, etc.)..., bref, à l'expertise elle-même. Ces principes sont alors des métaconnaissances.

Une première règle étant sélectionnée, elle peut fournir quatre types de réponse. Soit la réponse finale: certaines des conditions observées et enregistrées dans la base de faits ont été nécessaires et suffisantes pour donner la conclusion pour sûre. Soit la règle sélectionnée ne convient pas (la base de faits contient aussi d'autres observations qui empêchent de tirer une conclusion), elle est automatiquement rejetée, et ce moteur passe à la suivante. Soit la règle donne une réponse, mais avec une ou plusieurs autres conditions qui ne sont pas dans la base de faits.

Le S.E. demande à l'utilisateur d'aller vérifier si ces conditions existent. Selon la réponse, on se retrouve dans l'un ou l'autre des cas précédents. Soit la règle désigne non pas la conclusion, mais la catégorie de conclusions à laquelle celle-ci appartient, alors cette réponse rentre dans la base de faits et devient un élément supplémentaire de recherche d'une règle plus précise. Soit enfin la réponse est affectée d'un coefficient

d'incertitude: le moteur recherche alors une règle plus affirmative : soit en chaînage avant si c'est encore possible, soit en chaînage arrière (voir le paragraphe 1.2.3.).

Les « fonctionnalités » sont plus ou moins nombreuses et étoffées. Le système d'acquisition, de modification et de mise à jour des connaissances permet un codage et une intégration plus ou moins aisés des règles, réseaux, propositions, algorithmes... nouveaux ou rectifiés. Un système d'explication est adjoint au S.E. lorsque l'on veut lui faire jouer un rôle d'apprentissage. En fait, il s'agit le plus souvent de l'explicitation du cheminement du S.E., c'est-à-dire du passage d'une règle à une autre dans le cas d'un système à règles et non de l'explication de chaque règle; explication difficile à donner parce qu'il s'agit souvent de règles nées de l'expérience, et non d'une démonstration, ou bien parce qu'elle serait très longue à énoncer, surtout si l'utilisateur est totalement ignorant du domaine. La connexion avec une base de données permet, par exemple, au S.E. d'interpréter des mesures fournies par l'utilisateur ou puisées directement sur l'installation étudiée. La connexion avec un logiciel d'application fait du S.E. un instrument de commandes d'opérations de contrôle, de fabrication (conduite de machine-outil)... Enfin, de l'interface avec l'utilisateur dépend la facilité d'usage et les possibilités offertes réellement: interface langage naturel, interface graphique, animation, etc.

1.4. Systèmes-Experts et générateurs de systèmes experts

Aujourd'hui de nombreux outils sont disponibles sur le marché. Mais il convient de distinguer d'une part les systèmes-experts proprement dit, dits « sur mesure » ou bien encore « à la carte », et d'autre part les générateurs de systèmes-experts, et parmi ceux-ci les systèmes-experts dédiés. Les premiers ont un moteur d'inférence propre à chacun d'eux, dont les règles de traitement des connaissances sont issues de l'expertise elle-même. Ils requièrent un cognicien, l'extraction des connaissances et leur formalisation étant très différentes de celles réalisées par l'informaticien. Les seconds ont déjà un moteur d'inférence, constitué par un logiciel implantable directement sur un micro-ordinateur. Ils sont accompagnés d'une méthode d'écriture des règles permettant une mise en forme immédiate des connaissances. Enfin, les « systèmes-experts dédiés » sont aussi des générateurs, mais spécialisés à un domaine particulier : la maintenance, la documentation, etc.

Pour de nombreux chercheurs en I.A., seuls les premiers ont les caractéristiques fondamentales d'un système-expert et méritent cette appellation. Le flottement dans les définitions, la nécessité de faire l'état de l'art et d'évaluer le niveau de diffusion des S.E. ont précisément motivé la décision, lors des journées nationales du GRECO Intelligence Artificielle du CNRS ¹, à Toulouse en 1988, de procéder à une enquête par questionnaire auprès des concepteurs et producteurs de systèmes-experts.

Au risque d'entretenir une confusion regrettable, nous parlerons dans ce texte indistinctement de systèmes-experts, en ayant toutefois indiqué à quelle catégorie appartient chacun des SE et en le rappelant à chaque fois que cela est nécessaire.

En conclusion, les systèmes-experts, objets et moyens de recherches en I.A. et qui continuent à l'être dans les laboratoires, ont donné naissance à des objets techniques « développables » dans des activités diverses, notamment en entreprise, à savoir les SE « sur mesure », et ensuite à des générateurs peu coûteux et directement « applicables » et utilisables comme outils de travail.

¹ GRECO : Groupe de Recherches Coordonnées.

2. RUFUS, UN SYSTÈME-EXPERT DE DIAGNOSTIC DE PANNES ÉLECTRIQUES DU MÉTRO

2.1. L'origine de l'activité S.E. à la RATP. Le choix de la première application : Rufus

L'expérience du S.E. Rufus, comme d'autres expériences ultérieures de S.E. réalisées et par la RATP, trouve son origine dans la réflexion menée en 1984, dans le cadre du programme de recherche « Réseau 2000 », par l'observatoire technologique sur les possibilités offertes par les nouvelles techniques informatiques et leur impact à plus ou moins long terme. Les techniques de programmation de l'I.A. en général, et les systèmes-experts en particulier, étaient alors l'objet de débats dans les milieux scientifiques et universitaires. Ils suscitaient l'intérêt des entreprises à travers la mise en oeuvre de leurs premières applications expérimentales. Les systèmes-experts, par leurs qualités annoncées de capacité à traiter des connaissances pratiques non formalisées ou peu formalisées, de maintenabilité plus aisée, n'exigeant pas pour les mises à jour la refonte complète des programmes initiaux, se présentaient comme des outils informatiques permettant d'aborder des domaines non traitables jusqu'alors par l'informatique traditionnelle, et rendant possible une informatique plus proche des utilisateurs.

Suite à une étude faisant le point sur l'état des techniques existantes et proposées aux entreprises, le SCRIB ¹ prit la décision de lancer une expérience d'application des systèmes-experts. Un groupe de travail « interdirections » sur les systèmes-experts fut créé pour élaborer des propositions. Participait à ce groupe de travail, en tant qu'intervenant extérieur, Alain Bonnet, spécialiste des systèmes-experts, professeur à l'ENST, conseiller Scientifique de la Société Cognitech ², qui avait mis au point le logiciel Cognitif, et qui était le partenaire choisi par le SCRIB pour la réalisation du système.

Trois propositions de S.E. furent présentées par le groupe de travail, toutes trois dans le domaine de la maintenance technique, domaine qui avait été désigné par la Cognitech comme particulièrement adapté. Les trois propositions étaient: l'aide à la maintenance des escaliers mécaniques, l'aide à la maintenance électrique des autobus, et l'assistance au « contremaître visiteur » (CV) pour le dépannage des trains du métro.

Le choix entre ces trois domaines a été effectué à partir d'une courte étude d'Alain Bonnet qui, après prise de contact avec les experts possibles pour chacune d'entre elles et les services concernés, leur a appliqué six critères d'analyse discriminants, pris dans la « grille d'évaluation des applications potentielles » de la Cognitech.

Les six critères étaient le niveau de complexité des problèmes, l'intérêt de débloquer une situation par une décision rapide éventuellement prise dans des conditions non optimales, voire stressantes, l'intérêt économique, la motivation des experts rencontrés, l'aisance des experts à décrire les problèmes et leurs moyens de résolution, l'enregistrement informatique des problèmes, dans le passé, facilitant la validation future de la maquette. Ce dernier point ne concernait pratiquement que le domaine de la maintenance des escaliers mécaniques.

¹ Le SCRIB, Secrétariat des Commissions de la Recherche des Systèmes d'Information et des Brevets, a éclaté ultérieurement et a donné naissance notamment à la Mission de Recherche qui a contribué à animer l'activité SE à la RATP.

² Cette société venait de se créer, comme d'autres à la même période. Elles cherchaient des crédits et des contacts dans les entreprises pour effectuer des réalisations opérationnelles à partir de leurs logiciels S.E.

Les deuxième, quatrième et cinquième points ont pesé particulièrement dans le choix. Aussi est-ce la proposition d'aide au « contremaître visiteur » avancée par le service AME (Atelier de Maintenance des Équipements) du Service du Matériel Roulant du Réseau Ferré (FR) qui a été retenue.

Le financement de l'étude menant à la réalisation de la « maquette » sera pris en charge par le SCRIB et par FR. La participation financière de ce dernier a consisté en la mise à disposition de l'expert pendant quatre mois, temps estimé par la Cognitech pour la réalisation d'une maquette au démonstrateur.

2.2. Les conditions du dépannage à F.R. Les motivations de l'équipe de conception et les objectifs de Rufus

Lorsqu'a été élaboré le projet du SE Rufus, le Service FR participait déjà à deux expériences de systèmes-experts d'aide à la maintenance, en collaboration avec les constructeurs du matériel roulant. À la différence de ceux-ci, Rufus a été pensé et proposé au sein de la RATP par un membre du groupe interdirection SE, ingénieur au service « Méthodes et Organisation ». L'expert qui a été désigné a pris part à l'élaboration du projet. Sa mise en oeuvre, avec l'appui du SCRIB, a été le résultat d'une collaboration directe entre les concepteurs du projet, expert compris, et la société Cognitech, en la personne d'un cogniticien.

L'équipe de conception de Rufus a donc été composée de trois personnes: pour la RATP, l'ingénieur, auteur de la proposition, responsable du projet, et l'expert ¹, ancien contremaître visiteur, travaillant tous les deux au service « Méthodes et Organisation » de FR, et le cogniticien pour la Cognitech. Le contexte du service et notamment les premières conclusions tirées des expériences S.E. auxquelles participait FR, mais aussi les motivations de chacun des concepteurs, leurs diverses attentes par rapport à l'outil S.E., ont contribué à définir les objectifs fixés à Rufus et son contenu.

2.2.1. Les leçons des premières expériences S.E. à F.R. et les objectifs assignés à Rufus

L'objectif premier de Rufus était de tester l'outil S.E. Pour Cognitech, il s'agissait de faire la démonstration de sa faisabilité technique. Il y avait également, pour le service FR, l'objectif d'explorer les avantages et les désavantages d'un S.E. tel que Rufus, par rapport à des outils informatiques d'aide à la maintenance embarqués sur les trains. Les avantages énoncés des S.E., comme approche permettant une expression fine de la connaissance, suscitaient l'attente de pouvoir en faire à la fois un outil efficace d'aide à la maintenance et un outil de formation, de transmission des savoirs, d'enrichissement des capacités d'expertise des agents utilisateurs. C'est ce dernier aspect pédagogique, compris d'un point de vue de l'utilisateur sur le terrain, qui motivait particulièrement l'expert.

¹ Deux critères ont joué pour le choix de l'expert: sa connaissance du matériel et le fait « qu'il possède une idée de la maintenance plus globale que celle de l'utilisateur direct ». Sa participation au projet avait été sollicitée en raison de son expérience de contremaître visiteur et de sa trajectoire à la RATP allant des ateliers aux études, « ce qui lui permettait d'avoir une vision d'ensemble sur la maintenance ». L'expert travaillait déjà, au moment de l'expérience Rufus, à la construction des « bancs d'essai » pour les équipements électroniques embarqués. Mais il possédait aussi, à la fois une expérience de travail en tant que contremaître visiteur et une connaissance du matériel choisi pour l'expertise, ayant fait de la « visite » et du réglage sur voie d'essai. Il n'avait en revanche aucune expérience en système expert.

Au moment où est initié le projet Rufus, FR avait déjà une longue pratique dans la conception des outils de test, et une expérience qui débutait, à travers deux applications, sur des outils informatiques de test utilisant une approche S.E.

L'introduction de l'électronique dans le matériel roulant s'est accompagnée du développement d'outils de test d'aide à la maintenance pour des ensembles ou des sous-ensembles des trains. Une partie de l'activité des Etudes et du service « Méthodes et Organisation » est de concevoir ces outils. Le recours à des « testeurs » était justifié par le service Etudes par la complexité accrue des nouveaux matériels, et la nécessité de disposer de paramètres fiables pour optimiser le traitement des avaries et l'entretien courant. En même temps, la plus grande modularisation des trains, par rapport aux générations plus anciennes, rendait possible l'utilisation des outils de test.

Avec les micro-processeurs, les matériels plus récents permettront d'aller plus loin dans cette voie. Depuis le matériel MI79 du RER, ils comportent, dès leur conception, des systèmes de test informatiques, placés au sein même de certains sous-ensembles, embarqués sur les trains, assurant ainsi leur suivi en temps réel. D'une manière générale, les testeurs embarqués sont des outils informatiques de type algorithmique, sauf deux d'entre eux pour lesquels une expérience d'approche par S.E. a été réalisée. Le premier est le système d'aide à la maintenance du SACEM (le pilotage automatique du RER). Le deuxième, le SIAD, est un système d'aide au diagnostic pour la maintenance des « hacheurs de courant » des motrices sur le matériel MI84 du RER ¹. Comme pour les autres testeurs informatiques, classiques, ces deux S.E. sont des systèmes d'aide au diagnostic, autonomes, sans opérateur, et embarqués.

Dans les deux cas, l'approche S.E. avait été choisie en raison de la plus grande souplesse qu'elle semblait offrir, comparativement au traitement algorithmique de l'informatique classique. Elle permet en effet de réaliser plus aisément des mises à jour, sans modifier profondément les programmes des testeurs ². Dans les deux expériences, la base de connaissances est au départ réduite ³. Elle devait être modifiée et remise à jour par les concepteurs au fur et à mesure que des paramètres nouveaux seraient connus, notamment à l'aide de l'outil lui-même.

Mais il est apparu dans les deux expériences que, réunir les avantages d'une approche SE et ceux de la saisie en temps réel, n'est pas sans présenter des difficultés. Dans le cas du système de maintenance de SACEM, le calculateur qui supporte le SE n'avait pas, pour des raisons de puissance de calcul, la rapidité nécessaire pour fonctionner en « embarqué ». Cette difficulté a été contournée dans le SIAD en n'implantant sur le train que l'arbre de décisions, c'est-à-dire la forme compacte, la compilation de la base de règles. En revanche, cette solution présenterait le désavantage, selon les concepteurs de FR, de ne fournir sur le train que des règles terminales (à 80%) et de ne pas permettre une expression aussi fine des connaissances.

Afin de tester les possibilités réelles de représentation des connaissances des SE et d'explorer simultanément les autres potentialités attachées à ce type d'approche, le projet Rufus sera, lui, totalement différent. Les trois grandes idées qui ont motivé l'équipe

¹ Le premier système a été proposé et conçu par le constructeur MATRA. Les études concernant le second, le SIAD, ont été menées en commun par la RATP et le constructeur ALSTHOM; la réalisation s'est faite avec le LAS (pour la partie « soft ») et avec la CGE Marcoussis.

² Et donc à moindre coût.

³ En effet, il n'existe pas encore, ni dans l'entreprise, ni chez le constructeur, au niveau des études, d'indications suffisantes sur le comportement du nouveau matériel, une fois en service, et sur le type d'anomalies qui pourraient se présenter.

de conception ont été de faire un système à poste fixe et non plus un système embarqué; capable d'intégrer le diagnostic sur tout le train (et non seulement sur un ensemble ou sous-ensemble donné) et de tenir compte des impératifs de la ligne et de l'atelier; et destiné enfin à être utilisé par le contremaître-visiteur (CV). Le système devait « *raisonner non pas seulement sur une logique de diagnostic de panne, mais également en tenant compte de la façon dont le CV va travailler* », c'est-à-dire un système « architecturé » évitant ainsi à l'intervenant de s'épuiser en déplacements (par exemple, ne pas demander à la suite un renseignement à recueillir en tête du train et un autre en bout...) et intégrant un contrôle de cohérence des réponses ¹.

2.2.2. Le matériel roulant choisi pour l'expertise

Le matériel roulant choisi ne sera pas le plus récent, mais un matériel ancien, et pour lequel une expérience, un savoir faire, une expertise existaient, susceptibles de servir pour d'autres matériels. Le MS61 ne disposait quasiment pas, à l'époque, d'outils de test de 1er échelon, conçus eux pour le matériel électronique. Il est « plus simple » que les matériels modernes, puisqu'il a un nombre moindre de fonctions. Mais en même temps, sa maintenance requiert un savoir-faire très grand, car il est peu modulaire ². Le choix de ce matériel peut s'expliquer aussi par le fait qu'il est utilisé sur les mêmes lignes et dans les mêmes conditions que le MI79 et le MI84. Sa maintenance, son dépannage sont effectués par les mêmes CV en ligne et les mêmes ateliers d'entretien. Il se prêtait donc à une comparaison plus aisée avec les systèmes embarqués.

2.2.3. Le contenu du S.E. L'activité du contremaître visiteur et le choix du domaine d'expertise

Le contremaître visiteur qui effectue le dépannage dit de premier niveau ³ est un agent très qualifié ⁴. Le dépannage implique qu'il possède, en plus d'une bonne formation professionnelle de départ, une connaissance approfondie du matériel roulant, notam-

¹ « *Quand la mesure est faite par un capteur, on est à peu près sûr que la réponse fournie est bonne. Quand le renseignement est demandé à un CV, il peut avoir un moment d'inattention, ou se tromper dans la réponse, ou bien encore avoir mal compris la question. L'information peut être incohérente, Rufus devait pouvoir contrôler la cohérence des renseignements et si besoin est pouvoir reposer la question* ».

² Sur un matériel peu modulaire, la recherche de la panne exige une compréhension du train dans son ensemble. Selon l'expert, « *il y a sur ce type de matériel beaucoup d'éléments disparates qui réalisent une fonction. Ce qui fait que les recherches ne sont pas évidentes. Vous passez du temps, car pour beaucoup de paramètres il faut aller les vérifier et il y a un nombre de cas de pannes important. Les causes des pannes sont bien plus multiples que sur un équipement modulaire, parce que au 1er échelon, sur un équipement modulaire, vous changez carrément une fonction complète. Une fois que vous avez diagnostiqué que la fonction est mauvaise, vous éliminez la panne très facilement* ». Ce qui n'est pas le cas pour le MS61.

³ Trois niveaux de dépannage sont distingués.

⁴ Les contremaîtres visiteurs sont recrutés sur concours interne (il s'agit très souvent d'électriciens d'origine) ou par recrutement extérieur au niveau BTS (il y a notamment des BTS électroniques). Depuis quelques années, l'intervention en ligne se fait à deux. Le contremaître visiteur est assisté d'un AACV (Agent d'Accompagnement de CV) de niveau technicien. Les plupart des AACV ont été recrutés extérieurement et possèdent un bac technique. Ils reçoivent une formation au matériel et une formation pratique en accompagnant le CV. Contremaîtres visiteurs et AACV ne font plus uniquement, comme autrefois, que de l'intervention en ligne, à « la visite ». Ils effectuent aussi maintenant des périodes de dépannage "curatif" en atelier d'entretien.

ment des modifications qu'il a subies, et un grand savoir-faire pratique. Sa compétence augmente donc avec l'exercice de son métier. Pour les concepteurs de Rufus, et notamment pour l'expert, l'optimisation du dépannage, la fiabilité du diagnostic, sont directement liées à la compétence du « visiteur ». Le système devait donc s'adresser aux débutants et aux CV « moyens », afin de les « assister » dans leur prise de décision, tout en leur permettant d'acquérir plus rapidement la compétence nécessaire ¹.

Pour ce faire, l'expert estimait que « l'assistance » du S.E. devait concerner trois domaines: les liens avec l'exploitant, la localisation rapide des « blocs » sur les trains, et l'aide au diagnostic. C'est en fonction des « signalements » des conducteurs transmis par le P.C.C. que le visiteur doit prendre très rapidement la décision d'arrêter ou non le train pour un dépannage immédiat, ou bien de faire un B.R. (bulletin de réforme) pour un dépannage différé. S'il décide de dépanner lui-même, son diagnostic sera plus ou moins rapide selon la qualité du « signalement ». Or, les signalements sont fréquemment imprécis ².

L'aide que pouvait apporter un S.E. aux dépanneurs, selon l'expert, était « *de poser au PCC les questions pertinentes pour faire préciser le signalement* », ou bien « *quand on a affaire à des signalements imprécis, de parvenir néanmoins à établir un pré-diagnostic plus serré* ». La mise en oeuvre d'un SE dans ce domaine aurait impliqué de parvenir à rassembler des savoir-faire dispersés, de recueillir les différents avis, les différentes manières utilisées par les visiteurs. La localisation des « blocs » sur les trains est une des difficultés que rencontre le visiteur débutant ³. « *Si la compréhension des schémas eux-mêmes ne pose pas de problème, aller localiser les blocs sur les trains c'est beaucoup plus long en général* ». Le SE, dans ce domaine, devait être, selon l'expert, « *une sorte de bibliothèque* », une base de données à jour, pour « *aider le visiteur à gagner du temps* ». Enfin, la proposition initiale concernait le diagnostic sur tout le train et entendait le dépannage au sens large, c'est-à-dire englobant aussi bien les connaissances formelles que les astuces, les recettes, les divers raccourcis logiques, qu'implique la démarche d'un dépanneur sur le terrain ⁴.

Le S.E., ainsi imaginé, se présentait un peu comme le traditionnel calepin du visiteur sur lequel celui-ci note, tout au long de sa vie de travail, les informations utiles, les cas rencontrés, les solutions trouvées ⁵. À ceci près qu'il ambitionnait d'être « *un calepin*

¹ L'utilisation du SE devait être, selon les concepteurs, volontaire et à la carte, en fonction des besoins des dépanneurs.

² Il existe des règles claires définissant les cas d'arrêt obligatoire du train. Selon l'expert, les signalements sont précis, pour des avaries qui engagent la sécurité, qui gênent l'exploitant, telles que les pannes portes. Mais ce n'est pas le cas pour les autres avaries notamment pour les plus fréquentes d'entre elles: « les motrices inactives ».

³ Difficulté fréquente aussi pour des visiteurs plus chevronnés, due notamment aux modifications apportées sur les trains et non reportées sur les schémas dont disposent les visiteurs. De plus, les schémas, mêmes corrects, ne constituent pas toujours une aide « *quand un bloc est en cloison de loge, il y a peut-être 50 relais. Le temps de trouver le bon parmi les 50, on passe déjà énormément de temps* ». Par ailleurs la localisation est décrite souvent de manière nécessairement sommaire sur les schémas.

⁴ La recherche de la panne, le diagnostic, est le coeur du métier du visiteur. La partie la plus valorisée, la plus intéressante de son travail.

⁵ Le calepin de chaque CV contient les notes prises tout au long de sa vie de travail. Il y dessine la situation des blocs sur les trains, il y écrit souvent des recettes de dépannage qui se transmettent de bouche à oreille. Généralement le visiteur chevronné transmet aussi ses connaissances au nouveau par le biais de son calepin, que ce dernier recopie en grande partie. « *Ensuite, c'est lui qui étaye son propre calepin avec ses expériences, compte tenu des difficultés qu'il rencontre. Le calepin s'étoffe un peu à chaque fois...* »

plus élaboré et fiable », plus complet et plus collectif. Dans son aspect pédagogique, il était pensé comme pouvant être proche des procédures informelles de transmission des connaissances sur le terrain. Parvenir à un « calepin amélioré » supposait de pouvoir recueillir un savoir multiple et évolutif. Le seul domaine d'expertise retenu pour la maquette de Rufus sera finalement celui de l'aide au diagnostic. En raison, d'une part du temps imparti pour la mise en oeuvre de la maquette et, d'autre part, des choix qu'imposaient les principaux objectifs assignés à l'expérience: la comparaison avec les systèmes embarqués et la faisabilité technique, le diagnostic apparaissait alors comme le domaine par excellence du SE ¹. Les performances en ce domaine étaient également les plus facilement mesurables et quantifiables.

Parmi les pannes possibles, trois grandes catégories d'entre elles seront retenues pour élaborer la maquette. Les pannes des portes sont celles qui gênent le plus l'exploitant. Elles présentent peu de difficultés techniques pour le dépannage, mais ce sont des pannes longues. Elles nécessitent de visualiser de nombreux paramètres distants entre eux. La localisation linéaire exige aussi du visiteur beaucoup de déplacements. Les pannes réhostatiques concernent des circuits en haute tension fermés et verrouillés, non accessibles aux visiteurs. « *Pour y accéder, il faudrait arrêter la tension sur le train et alors on ne pourrait plus dépanner* ». « *On dispose sur elles de peu de moyens d'investigation* » du moins formels... Il existe des recettes de dépannage, qui permettent de viser des paramètres par des moyens détournés, acquises par l'expérience collective. Les pannes de « motrice inactive » recouvrent un vaste ensemble de pannes, à la fois les plus fréquentes et aux origines et aux causes les plus diverses, exigeant pour leur traitement une bonne expérience. Le champ ainsi délimité pour Rufus est loin de comprendre tous les cas des pannes. Il est cependant le plus large de tous ceux traités par les expériences SE à la RATP.

2.3. La réalisation de la « maquette »

Telle qu'elle était définie dans le plan de travail de la Cognitech, la maquette a été menée à terme en quatre mois, à raison de deux journées hebdomadaires de travail du cogniticien et de l'expert dans un premier temps, et de deux semaines à plein temps dans la phase finale. Sa réalisation compte quatre étapes qui se sont en partie chevauchées. Les deux premières ont consisté à réaliser le programme de manière théorique et à l'essayer à l'ordinateur. Le système a été ensuite mis au point sur le terrain, afin de le corriger et de le compléter. Il a été enfin testé pour la validation. La maquette a été réalisée en langage LISP sur un ordinateur LP5 (et reprise ensuite sur Macintosh) à partir du logiciel Cognitif. « *C'est un produit fait sur mesure* ». Bien que le but du démonstrateur était essentiellement de faire la preuve de la faisabilité du système, la maquette comprend une importante base de règles (350 environ) recouvrant deux niveaux: le niveau de la fonction et le niveau interfonctions ². Le système a pris en compte dans la démarche du diagnostic les raccourcis logiques, les procédures, les recettes, etc., mais non le raisonnement statistique probabilistique ³.

¹ Selon A. Bonnet.

² Contrairement à ce qui était prévu au départ, Rufus, qui ne devait traiter qu'une dizaine de pannes en diagnostic, en traite 74, mettant en oeuvre une combinaison de 286 paramètres.

³ Parmi les règles de la base de règles, 80% sont purement techniques, 20% sont « organisationnelles »: celles qui tiennent compte des emplacements géographiques le long du train, celles qui consistent à utiliser des raccourcis logiques, celles qui consistent à vérifier la cohérence du système.

L'architecture du système reposait sur un partage clair des compétences entre le cogniticien et l'expert ¹, ce qui entraînera des conséquences évidentes de dépendance à l'égard du fournisseur pour le développement et la maintenance du système. Néanmoins, sans qu'il y ait eu transfert des connaissances ni des savoir-faire respectifs, la mise en oeuvre de la maquette a exigé dans la pratique une forme de collaboration impliquant la prise en compte des contraintes mutuelles et des deux formes d'approche et de raisonnement. Le rôle de l'expert n'a pas été seulement de donner son savoir tel quel, et celui du cogniticien de le traduire sous forme de logiciel SE. Le S.E. Rufus est présenté par les concepteurs comme le produit de la coopération étroite entre les personnes qui ont constitué le binôme cogniticien-expert.

2.3.1. La démarche de l'expert en situation d'expertise et la démarche de terrain

La formulation des connaissances et des savoir-faire la plus adaptée au S.E. s'est révélée être celle qui se rapprochait le plus de la démarche de terrain. La première difficulté rencontrée par l'expert a été celle de parvenir à expliciter ses connaissances et de trouver la formulation la plus adéquate pour les besoins du S.E.

À l'inverse d'une situation de dépannage dans laquelle le point de départ est la panne, il devait pour la première étape rassembler les cas de pannes possibles, en partant du schéma, et expliciter la démarche de diagnostic pour chacun des cas. Afin d'être exhaustif, et de transmettre d'une manière logique son savoir au cogniticien, il aura, dans cette première étape, une démarche très algorithmique. Rapidement, il prendra conscience que cette démarche n'était pas la plus adaptée pour le S.E.

Tout d'abord, contrairement au but recherché, elle ne permettait pas de rendre compte de ses connaissances d'une manière exhaustive, de plus elle n'était pas adaptée à la pratique de terrain « *avec des contrôles effectués dans un ordre logique au niveau du schéma, mais qui n'était pas rationnel au niveau des déplacements du visiteur* ». Le projet sera repris en privilégiant, cette fois, l'expérience pratique. Son point de départ sera la démarche réelle suivie par le dépanneur sur le terrain, « *partant de choses beaucoup plus générales, en essayant d'établir des pré-diagnostic* » au moyen notamment d'une utilisation maximale de la signalisation embarquée; puis, par une hiérarchie de dépannage « *arriver petit à petit à l'organe déposable* ». Démarche qui, selon l'expert, était à la fois la plus proche de la pratique effective et la plus adéquate, parce que « *vraiment basée sur les principes du système-expert* ».

La démarche requise de l'expert pour élaborer le SE ne peut cependant reproduire fidèlement la démarche du dépanneur sur le terrain. Pour structurer les connaissances, les pannes avaient été séparées, par grande fonction. Ensuite chacune d'elles était scindée en rubriques assez générales qui, à leur tour, ont été divisées en sous-rubriques, de façon à essayer d'arriver à l'équipement en cause. Il s'agissait de procéder par étape, ce qui est également la démarche sur le terrain.

La difficulté rencontrée par l'expert a été que chacune des étapes devait être traitée entièrement en soi, dans des séquences clairement établies avec un listage précis et univoque de paramètres pertinents et déterminants ². Comme le dira l'expert, « *le problème c'est que le S.E. est comme une analyse qui se fait sur une seule ligne verticale en mon-*

¹ À l'expert de donner l'expertise. Au cogniticien de mettre en oeuvre l'heuristique nécessaire à son expression. Comme le dira l'expert, « *je ne savais même pas au départ ce qu'était un SE* ».

² De façon à avoir à chaque fois « état de départ - procédure - état d'arrivée ».

tant ou en descendant, alors que le dépanneur raisonne en lignes horizontales ». Voyant à la fois plusieurs choses, « *c'est un faisceau d'événements qu'on analyse et qui permettent d'aiguiller vers le cran hiérarchique inférieur, et c'est pas du tout évident de tout mettre sous forme de S.E.* » ¹. La difficulté, à rendre compte des raisonnements pratiques dans un raisonnement SE, semble paradoxalement avoir été moins grande pour les recettes de dépannages clairement établies comme telles ² que pour le dépannage courant où sont étroitement mêlés des connaissances formelles et des savoir-faire pratiques non explicités.

La démarche pour le SE diffère également de la démarche de dépannage en ce sens que, face à une panne réelle, le dépanneur saisit, pour la traiter d'une façon synthétique et parmi l'ensemble des cas possibles, les éléments dont il a besoin pour le diagnostic. « *Il n'a pas besoin d'avoir une vue intégrale* ». Pour le SE, il faut faire face à tous les cas de panne, tout en essayant bien entendu de minimiser le nombre d'étapes, puisqu'il n'est pas non plus question de partir dans un raisonnement puis de remonter, d'en reprendre un autre. Il lui était donc nécessaire de chercher à visualiser tous les paramètres significatifs, quitte éventuellement à ce qu'ils n'aient pas de rapport direct avec l'avarie concernée, de façon à couvrir tous les cas possibles, « *démarche qui diffère de celle du dépanneur, parce que pour le S.E. on part des cas fictifs* ». Recenser tous les cas et les paramètres possibles présente l'inconvénient de ne pas correspondre exactement à la démarche de terrain. Démarche qui pourtant est indispensable pour faire le S.E. Il a donc été nécessaire d'arriver à un compromis entre analyser tous les paramètres en parallèle et adapter une démarche de dépanneur.

¹ La différence entre la démarche menée par l'expert pour le SE et la démarche du terrain apparaît de manière plus évidente à partir d'un exemple dont la formulation pour le SE a été difficile. Soit, parmi les pannes de motrice inactive, le traitement des pannes d'inversion de traction-freinage et de sens de marche. Il est vrai qu'il s'agit là de pannes réputées « vicieuses », dont le diagnostic est une preuve de la possession du métier pour celui qui est capable de l'effectuer. Dans ces pannes, le dispositif séquentiel a l'inconvénient de présenter des états identiques à différentes étapes de la séquence. La plus grande difficulté, selon l'expert, est que pour le SE il était nécessaire de décrire la séquence et de bien particulariser chacune des étapes, ce qui permettait de les dissocier en quelque sorte. Or sur le terrain le dépanneur ne dissocie pas les étapes. Les données techniques, de matériel, de contexte, etc, sont toutes saisies simultanément. « *On n'y réfléchit pas vraiment, on arrive par itérations successives au résultat* ». Le problème était de reprendre ce raisonnement. D'aiguiller les gens vers de tout petits détails dont la perception n'est pas du tout immédiate. La démarche d'esprit est naturelle pour le dépanneur, mais l'explicitier est plus complexe.

Pour parvenir à modéliser ces pannes, il leur a été nécessaire de suivre une tout autre démarche. « *On a réussi à coder cette partie en faisant une sorte d'analyse complète. On a déterminé un certain nombre de critères, de paramètres et on demandait au visiteur de les vérifier tous simultanément, et suite à cette acquisition par la machine de l'ensemble de ces paramètres et de leur état en quelque sorte, on arrivait à faire ce pas, de descendre d'un cran vers l'autre et d'aller petit à petit vers le dépannage. Mais la grosse difficulté est de ne pas oublier de paramètres* ».

² Les « recettes » sont déjà en fait des règles formalisées, conçues dans la pratique du terrain à partir des raisonnements peu ou non formalisés. Par exemple, un des cas traités par Rufus, souvent cité en tant que preuve de la capacité du SE à traiter des savoir-faire pratiques informels: « l'échauffement des roues » qui permet aux dépanneurs de déduire que le frein réhostatique est en panne, ce qui est un raccourci d'expertise. Un raisonnement à partir de la conséquence de la panne a pu être traité sans difficulté par le SE. Le paramètre « échauffement des roues » pouvait être considéré comme un symptôme et sa présence orienter le diagnostic. Ce fait est dans la base de règles qui prévient l'opérateur d'aller toucher les roues. Autre raccourci logique, « aller écouter si le JH a bougé ».

Ces différences de démarche en situation d'expertise et en situation de terrain ont donc une conséquence sur le contenu du SE lui-même ¹.

2.3.2. La procédure de validation et l'épreuve du terrain

La mise au point définitive de la maquette, immédiatement suivie de la procédure de validation, a été faite en atelier. Chacune des étapes a duré une semaine. Un technicien de l'atelier, dépanneur chevronné possédant une connaissance solide du matériel MS61 et de ses modifications ², a participé aux deux étapes, en tant que contre-expert désigné, tandis qu'un jeune dépanneur débutant ne participait qu'à la deuxième, celle de la validation.

Le programme théorique a été testé par simulation de pannes sur un train. Cette phase, la plus riche selon l'expert, a permis de compléter les diagnostics et de corriger les erreurs de programme. Ainsi, ont pu être rectifiées des erreurs entraînées notamment par l'utilisation des « schémas électriques », en partie dépassés par rapport aux câblages effectifs sur les trains. La contre-expertise a permis également d'introduire dans les dépannages prévus des situations inimaginables hors du terrain, voire même des situations impossibles d'un point de vue théorique et que le dépanneur chevronné a pourtant eu l'occasion de rencontrer dans sa vie de contremaître-visiteur, comme le cas de « non-panne » ou de « pannes masquées » par l'usure du matériel électro-mécanique. Il a été possible enfin de confronter la démarche de dépannage de Rufus avec celle de l'expert en situation du dépannage et celle qu'aurait suivie le contre-expert ³.

Pour la validation proprement dite, une console d'interrogation du système avait été mise dans la loge de conduite. Le cognitiicien et l'expert disposaient d'une console en parallèle à côté du train. Les pannes étaient provoquées par le contre-expert. Le dépanneur débutant qui connaissait peu le matériel et pas du tout le système devait effectuer le diagnostic à la seule aide du système. Le débutant est parvenu à dépanner, y compris certaines pannes « vicieuses », mais sans en apprécier le degré de difficulté. Il ne pouvait pas établir une hiérarchie dans les pannes. « *Il avait trouvé la panne, mais il ne réalisait pas la difficulté du diagnostic* ».

Le dépanneur chevronné « *a été impressionné par la rapidité avec laquelle le jeune débutant arrivait à diagnostiquer des pannes complexes* ». Pour sa part, il connaissait bien sûr les pannes et leur diagnostic et avait l'habitude de les traiter. Il n'aurait pas forcément procédé de la même manière. Mais il comprenait la démarche de Rufus. La diversité possible de démarches suivies pour un dépannage était, pour lui, en fait familière. Par contre, il a trouvé la démarche trop « pas à pas », et parfois redondante. Il aurait, lui, sauté bien des étapes obligées du SE. « *On s'est rendu compte très vite que, lui, avait parfaitement appréhendé le système au bout d'un ou deux fonctionnements. Il avait suivi le dépannage et à chaque étape, à chaque question, il disait: ah! oui, ça cor-*

¹ Dans l'exemple des pannes d'inversion de traction-freinage cité plus haut, la procédure qu'un dépanneur doit suivre à l'aide d'un SE n'est pas celle qu'aurait suivie l'expert lui-même.

² Le contre-expert avait une longue expérience du matériel et participait aussi aux modifications SACEM alors en cours.

³ Dans cette étape, le contre-expert sera d'une grande aide pour les concepteurs de Rufus. Ainsi pour la mise à jour des schémas, « *il connaissait, selon l'expert, les ultimes modifications qu'il avait notées dans ses tablettes et dont il était pratiquement le seul détenteur, parce que c'est lui qui avait effectué une grande partie des modifications* ». Par ailleurs, « *grand connaisseur des phénomènes d'usure du matériel, il a trouvé l'explication pour les pannes masquées* ».

respond à telle vérification. On s'est rendu compte qu'effectivement il y avait des questions qui étaient surabondantes pour lui. Mais de toute façon, il n'avait pas besoin de Rufus pour dépanner ».

En revanche, le dépanneur débutant ne parvenait pas à comprendre le déroulement du SE dont il appliquait les réponses. « *Il y a des moments où il ne savait pas du tout ce qu'il faisait. Il suivait la démarche, mais il ne la comprenait pas. Le dépannage était un peu aveugle pour lui* ». Il ne saisissait pas les raisonnements implicites qui justifient le passage d'une étape à une autre, et le pourquoi des vérifications demandées. « *Le dépanneur débutant n'a pas formulé de critiques, mais on sentait nettement qu'il était en manque d'explications* ». Il aurait aimé comprendre, et il a critiqué le peu de « *convivialité* » de Rufus sous sa forme de maquette. Ce dont l'équipe de conception « *était parfaitement consciente* ». Sous réserve de quelques améliorations, la maquette était donc considérée, notamment par Cognitech, comme validée puisqu'elle parvenait à des performances égales à celles d'un bon agent qualifié. La maquette a été ensuite implantée pendant une courte période à l'atelier. Les agents l'ont perçue comme un jeu de questions et de réponses au bout duquel sortaient des diagnostics. Mal accueillie, elle a été retirée rapidement de l'atelier.

2.3.3. Le bilan tiré par l'équipe de conception

* L'insuffisance du système à l'état de maquette en tant qu'outil pédagogique. Pour suivre la démarche de dépannage et la comprendre, l'utilisateur avait la possibilité d'accéder aux étapes du raisonnement du moteur d'inférence, mais en fait leur présentation les rendait plus accessibles à un cogniticien qu'à un utilisateur. « *Les règles n'étaient pas détaillées en clair, c'était un peu hermétique comme système* ». Pendant la procédure de validation, le cogniticien et l'expert étaient sur le terrain, ils ont eu la possibilité d'expliquer au dépanneur débutant les étapes de raisonnement. « *On aidait éventuellement le visiteur à consulter le SE pour voir quelle étape il avait utilisée* ». Or, pour l'équipe de conception, le S.E. devait être en mesure d'expliquer la démarche suivie. Un des objectifs assignés à la deuxième phase de Rufus a donc été d'améliorer l'interface SE/utilisateur, de manière à ce que le système soit capable d'expliquer le raisonnement à mesure du déroulement du SE.

*L'intérêt d'adapter les réactions du système à la compétence de la personne qui l'utilise. La démarche « pas à pas », sans oublier une seule étape, peut être utile pour le dépanneur débutant. Elle ne l'est pas pour des agents expérimentés. Aussi, une des propositions faites par l'équipe de conception, pour la poursuite de l'expérience et le passage à l'opérationnalité de Rufus, était également de parvenir à un système de questions optionnelles.

* La nécessité, pour pouvoir passer à une étape opérationnelle, de disposer d'outils plus ergonomiques et permettant une interface SE/utilisateur plus conviviale. Les réactions de rejet du personnel ont été interprétées comme une réaction aux insuffisances de l'interface. D'où l'importance accordée, dans la deuxième phase, à l'aménagement de l'interface utilisateur, non seulement par l'explication des raisonnements, nécessité qui était apparue dès la validation, mais aussi par l'explication des données du contexte ¹.

¹ De montrer à l'intervenant dans quel contexte le système était en train de raisonner, c'est-à-dire s'il raisonnait avec telle manette ou tel levier, dans telle position, le contexte physique étant important pour l'utilisateur.

L'aménagement du terminal est apparu aussi comme une priorité. Dans la courte période de son implantation à l'atelier, la maquette Rufus ne pouvait être consultée que par un terminal fixe placé dans un coin de l'atelier, alors que le dépanneur doit constamment se déplacer pour apporter les réponses aux questions posées par le S.E.

2.4. La deuxième phase de Rufus: parvenir à un prototype puis à un outil opérationnel

La deuxième phase de Rufus visait donc à l'aménagement de l'interface utilisateur, à l'amélioration du S.E., enfin à son extension à l'ensemble du diagnostic des pannes du train, pour en faire un prototype définitif. Elle a été placée entièrement sous la responsabilité du Groupement Méthodes et Organisation de FR ¹. Cette deuxième phase a rencontré des obstacles, dès sa mise en œuvre.

Un des objectifs a été en partie atteint: l'aménagement de l'interface utilisateur, dans ses aspects ergonomiques. Après son retrait de l'atelier, Rufus a été transcrit, pour pouvoir « tourner » en poste fixe sur un micro-ordinateur Macintosh (après augmentation de la mémoire de ce dernier). Par ailleurs des solutions permettant de disposer de terminaux portables, notamment grâce à des liaisons radio ont été recherchées, afin de permettre aux contremaîtres visiteurs de disposer d'un outil transportable le long du train. Cette solution s'est heurtée à des difficultés: disposer de fréquences radio et parvenir à trouver sur le marché des terminaux portables autonomes, adéquats à l'usage envisagé et agréés en France. Difficultés qui n'ont été que partiellement résolues. Les autres objectifs, notamment l'extension de la base de connaissances pour couvrir l'ensemble du diagnostic du train, et même la mise à jour de la base existante, pour prendre en compte les modifications effectuées entre-temps sur le matériel MS61, n'ont pu être atteints. La RATP ne possédait pas, en fait, la maîtrise de l'outil de développement. L'extension et la maintenance de la base de connaissances ne pouvaient se faire sans l'intervention du cognicien de la Cognitech ².

Pour qu'un passage à l'opérationnalité soit envisageable, il faut donc qu'au préalable les diverses difficultés matérielles et méthodologiques soient résolues de manière satisfaisante. Mais fondamentalement, l'obstacle à un SE-Rufus opérationnel est à rechercher aussi dans le caractère expérimental de son initialisation. Les gestionnaires concernés ont suivi avec intérêt l'expérience. Toutefois les interrogations nombreuses qu'elle a suscitées n'avaient pu être tranchées: quant à son utilité en tant qu'outil d'aide au dépannage, sa place par rapport à d'autres solutions techniques ou organisationnelles, l'opportunité de son introduction, enfin quant à sa vocation première, outil d'optimisation du diagnostic ou outil de formation.

¹ y compris financièrement.

² Ce qui a rendu le SE-Rufus d'un coût jugé élevé. La nécessité du recours au cognicien extérieur était aussi perçue comme étant de nature à entraîner une dépendance permanente à l'égard du fournisseur extérieur. Cet obstacle est actuellement aplani, du moins sous un de ses aspects. La Cognitech a cédé en 1988 à la RATP un droit d'utilisation du logiciel Cognitif, indispensable à la maintenance de Rufus. Un agent du service Méthodes et Organisation, ancien contremaître visiteur, disposant de bonnes connaissances en informatique, a été affecté à temps complet à cette tâche. Il lui a fallu d'abord acquérir la connaissance du logiciel et la compréhension de la manière dont le système spécifique Rufus a été conçu et réalisé.

3. LES SYSTÈMES-EXPERTS DE TRAITEMENT DE DOSSIERS D'ASSURANCES SOCIALES

3.1. L'activité de la CCAS et ses conditions de réalisation

3.1.1. La CCAS: Un service partiellement informatisé. Les leçons de l'expérience

La Caisse de Coordination des Assurances Sociales (CCAS) a pour activité le traitement de dossiers afférant aux prestations d'assurance maladie. Elle a réalisé un premier plan d'informatisation en 1980 qui a principalement affecté le service des prestations, en modifiant les modalités de liquidation des dossiers. 40 postes de travail ont été supprimés sur les 174 qu'il comptait auparavant. Le personnel chargé de réaliser le traitement des dossiers a connu un renouvellement important qui a fait l'objet de négociations. Des départs volontaires ont eu lieu et le niveau maîtrise a été requis pour les nouveaux agents.

La liquidation des dossiers est aujourd'hui réalisée par des « décompteurs », organisés en groupe de huit personnes sous la responsabilité d'un cadre appelé « animateur ». Leur travail est pour beaucoup un travail de saisie sur terminal des éléments nécessaires à la liquidation des dossiers. Les agents considèrent que le nombre de dossiers à traiter par jour, fixé lors de la mise en place de l'informatisation, est assez élevé (120 dossiers/jour) et que le contenu de leur travail est pauvre, monotone et répétitif, sans rapport avec leur niveau de recrutement. Le décalage certain entre le niveau scolaire et les attentes des décompteurs d'une part, et la réalité quotidienne du travail d'autre part, a provoqué chez ces derniers un mécontentement sensible. L'encadrement ressentant ce mécontentement a suscité un groupe d'expression, une ERIL¹, lieu d'échange ayant pour objectif de permettre la formulation des propositions pouvant à terme améliorer les conditions d'exercice du travail des décompteurs.

3.1.2. Une activité croissante. À la recherche d'une « informatique aux utilisateurs »

L'activité est en croissance constante depuis 1980, de l'ordre de 5% l'an, alors que le nombre d'agents est resté le même. On est passé de 700.000 décomptes en 1980 à 1.000.000 en 1988. Les contraintes budgétaires sur les effectifs étant tendues, les responsables de la CCAS ont, par souci de productivité, poursuivi en 1987 l'informatisation au service médical et au centre de calcul (pour la gestion des fichiers informatiques).

La rigidité des procédures informatiques, ainsi que la difficulté à les modifier ont conduit la hiérarchie du service à être particulièrement sensible à ce qu'il est convenu d'appeler « l'informatique aux utilisateurs ». Cette philosophie vise l'association des utilisateurs dans la phase amont de définition du projet informatique et sa participation aux premières formulations des applications; et l'appropriation par le service utilisateur de certaines fonctions dévolues habituellement au service informatique central, comme la « maintenance ». Cette orientation a prévalu dans les modalités choisies pour réaliser l'informatisation du service médical qui se déroulait pendant la période même de l'enquête. Une présence plus active en amont et en aval du processus d'informatisation

¹ Équipe de Recherche et d'Innovations Locales.

peut, en effet, faciliter l'acceptation de l'informatique par le personnel et rendre moins aiguës les relations avec les informaticiens pour la réalisation de l'activité quotidienne.

3.1.3. Les caractéristiques de la première informatisation: lourde, rigide, taylorienne et incomplète

Le traitement des dossiers exige la connaissance d'une part de la population concernée, d'autre part des réglementations en matière de protection sociale. Ces dernières sont principalement édictées par des instances externes à l'entreprise, même si la CCAS peut décider certaines modifications de réglementations, en interne.

L'informatique du premier plan d'informatisation a « saisi » l'élément le plus « stable » pour le traitement des dossiers, c'est-à-dire la population. Il a donc été produit des fichiers matriculaires nominaux qui sont le support essentiel à l'entrée des éléments pour liquider un dossier. Les décompteurs disposent donc des fichiers comme données structurantes de leur activité.

En revanche, la réglementation peut subir des modifications et être plus ou moins complexe suivant le type de dossier. Ces modifications requièrent que dans le service s'instaure et soit performant un double réseau de circulation d'informations. Un premier réseau a pour mission de transmettre auprès du personnel les textes ou les éléments de réglementation qui ont été modifiés et dont la connaissance est nécessaire pour traiter « légalement » les dossiers. Le second réseau concerne d'une part le chef du service prestations, d'autre part le service informatique (SI) et le site informatique central. Il s'agit d'introduire les modifications réglementaires dans les éléments pris en compte par le système informatique qui apparaîtra en dernier lieu sous la forme d'un nouveau code au niveau des terminaux utilisés par les décompteurs. Il s'agit, autrement dit, de la maintenance des programmes donnant lieu au traitement informatisé de la liquidation. Cette maintenance est assez complexe, lourde, voire longue à réaliser. Ainsi les « décrets Seguin » ont-ils entraîné des perturbations dans le service durant de nombreux mois, avant que les modifications à réaliser ne soient totalement opérationnelles.

Face à cette situation, l'encadrement est particulièrement intéressé par la mise en place d'une informatique pouvant rendre plus aisée la maintenabilité des programmes, et permettre que cette maintenance puisse être réalisée par le service lui-même. Ce souci a été présent dans l'opération d'informatisation du service médical et a été, semble-t-il, partagé par le service informatique central lui-même.

À l'inconvénient de rendre difficilement modifiable les programmes, la première informatique n'a pu s'appliquer de plus qu'à la liquidation des dossiers courants. Tout dossier nécessitant des procédures particulières ou des modes de calcul singuliers doit subir auparavant une préparation traditionnelle, seul le calcul final de la liquidation peut être réalisé par l'informatique.

Ce type de dossiers comprend en particulier les « cures thermales » et les « maternités ». Ces derniers présentent de plus comme particularités de concerner un sous-ensemble de la population totale, d'être saisonniers et peu nombreux comparativement aux dossiers « banaux ». Ils restent « ouverts » sur une période donnée, et doivent parfois circuler entre différents services pour avis. Ce sont ces deux catégories de dossiers spéciaux qui ont été retenus pour être traités par S.E.

3.2. Les objectifs et les attentes des différents promoteurs de l'expérience S.E.

L'initiative première de cette expérience revient au SCRIB, dont la contribution à la définition des conditions de réalisation des projets a été importante. En effet, l'expérimentation des S.E., après Rufus, entre dans une seconde phase. En particulier, le SCRIB a décidé de nouer des liens avec une autre société fournisseuse. Après Cognitech, il se tourne vers Eurequip qui commercialise un nouvel outil, Nexpert. Un contrat est passé, stipulant, outre la mise à disposition de l'outil Nexpert, des dispositions sur les délais de développement de la base de connaissances, sur la formation à assurer auprès de l'équipe de développement et sur le volume d'heures de conseil.

Il était convenu que le domaine, qui serait l'objet de l'expertise, serait de nature administrative. Le SCRIB a financé entièrement l'opération. L'intérêt pour le produit Nexpert, manifesté par les membres du SCRIB, s'appuie sur le fait qu'il ne requiert pas, pour la constitution de la base de connaissances, la présence d'un cogniticien, condition qui avait été nécessaire et coûteuse pour Rufus, enlevant à ce S.E. beaucoup de son adaptabilité. Avec Nexpert, la fourniture du programme de traitement (le moteur d'inférence), complété par des actions courtes de formation et de conseil, suffisent normalement.

Le SCRIB a voulu également tester à l'occasion de ces expérimentations deux autres possibilités: celle de pouvoir élaborer très rapidement la base de connaissances et celle de pouvoir se passer d'informaticien. Les responsables de la CCAS, contactés, ont donné leur accord pour que les prototypes soient réalisés dans leurs services. Ils ont pensé que les S.E. type Nexpert pourraient répondre à trois de leurs problèmes en même temps: trouver des réponses aux demandes d'amélioration des conditions de travail formulées par les décompteurs; disposer d'un outil informatique facilement et rapidement « contrôlable » et « maintenable » pour le service; assurer une activité croissante, alors même que les effectifs doivent se maintenir en nombre, sinon baisser.

Un S.E. pouvait rendre possible le traitement des dossiers spéciaux par les décompteurs et « enrichir » ainsi leur travail, tout en « libérant » les deux personnes qui s'en chargeaient jusqu'alors, pour leur confier d'autres tâches, et accroître ainsi la productivité du service. Les S.E. devaient donc permettre aux décompteurs d'apprendre à traiter les dossiers « cures thermales » et « maternités ».

Plusieurs objectifs se sont donc superposés. Les premiers, portés par le SCRIB et Eurequip, d'évaluation dans un domaine administratif de la capacité de Nexpert à permettre de développer rapidement la base de connaissances par le service utilisateur de la façon la plus autonome possible par rapport au cogniticien et à l'informaticien. Les seconds, portés par les responsables de la CCAS, pour lesquels l'outil proposé pouvait, en quelque sorte, rendre compatible gain de productivité à terme, enrichissement des tâches des décompteurs et réappropriation de l'outil informatique par le service.

Ces objectifs paraissaient compatibles dans la mesure où le S.E., outil d'usage ambivalent, peut être un outil de traitement informatique et simultanément un outil de diffusion des connaissances. Un groupe, composé d'un membre du SCRIB, d'Eurequip et des responsables de la CCAS, a suivi l'élaboration des deux S.E. pour en faire une évaluation à chaque étape.

3.3. La composition de deux équipes de « développement »

Si le générateur de S.E., Nexpert, ne requiert plus la présence d'un cogniticien il demeurerait à apprécier la place d'un informaticien et la nature de ses interventions. Pour ce faire, deux équipes ont été constituées, l'une sans informaticien (cure thermique), l'autre avec (maternité), les mettant de fait en concurrence sur le plan de leur capacité respective. La première équipe a été composée d'un adjoint du Directeur de la CCAS et d'une formatrice, ancienne décomptrice, dont une des activités est de concevoir des didacticiels de EAO. La seconde équipe, constituée pour élaborer le S.E. « maternité », a été formée d'une informaticienne du service informatique et du responsable du service prestations, puis, suite à l'indisponibilité durable de ce cadre, par l'agent traitant les dossiers « maternité », mais qui comme nous le verrons n'a pas eu d'influence réelle sur le contenu de la base de connaissances.

Initialement donc, aucune des deux équipes ne comprenait les personnes en charge des dossiers à expertiser, ni de futurs utilisateurs finaux du S.E., que sont les décompteurs. L'absence des « experts praticiens » résulte, dans l'un des projets, de la difficulté à convaincre l'intéressé de participer activement et formellement à cette expérience (il acceptera cependant d'être consulté ponctuellement); et dans l'autre, d'abord du non recours à l'agent concerné, ensuite de sa nomination trop tardive par rapport au stade d'élaboration du S.E. La composition des deux équipes montre, en revanche, l'implication réelle de la hiérarchie dans la mise en oeuvre de l'expérience, puisque chacune des équipes accueillait une personne ayant des responsabilités importantes dans le service.

Dans l'équipe « cure thermique », l'adjoint du Directeur a tenu à l'origine plutôt le rôle de cogniticien, alors que dans l'équipe « maternité », le chef du service prestations était désigné comme expert. Cependant cette nomination des places occupées est quelque peu « forcée », compte tenu de ce qui était entendu à l'origine sous chacun des termes. Le cogniticien dans ce type de configuration est plutôt défini comme la personne détenant une compréhension globale de l'activité, et de ce point de vue les deux cadres, membres des équipes de conception, ne se différenciaient guère. Remarquons enfin que la formatrice de l'équipe « cure thermique » était dépositaire d'une connaissance déjà formalisée du travail réalisé dans le service et était également familiarisée à l'informatique. On peut se demander si ce type d'équipe ne rend pas plus aisé en particulier l'extraction des connaissances et, jusqu'à un certain point, la formalisation de celles-ci. En effet, bien que différentes, les connaissances sur les fondements de l'activité sont cependant partagées, alors même que les développeurs disposent aussi d'une représentation formalisée du déroulement de l'activité.

Un groupe de suivi plus informel et interne à la CCAS a permis à des « animateurs » de s'informer du déroulement du projet « cure thermique ». Ces derniers ont ainsi eu l'occasion d'émettre des réflexions et des critiques qui ont eu une incidence réelle sur la forme définitive de la maquette « cure thermique ». Ils ont pu, en effet, apercevoir les incidences de ce logiciel sur leur activité. Dans l'organisation du travail actuelle, leur fonction les amènent à se saisir des dossiers, tel que celui des cures thermales, afin de les compléter avant que les décompteurs ne réalisent leur liquidation. Ces interventions diffèrent de celles qu'ils effectuent sur les dossiers routiniers, limitées à un contrôle quotidien sur le nombre de dossiers traités. La crainte de perdre certaines attributions s'est alors exprimée.

Le projet « maternité » a fait l'objet également d'un même examen par les « animateurs », mais ceux-ci, ne disposant d'aucune connaissance préalable du traitement de ce type de dossier, n'ont pas été en mesure de porter un regard critique et constructif relativement à la maquette en démonstration.

3.4. Élaboration des bases de connaissances

Les équipes formées avaient devant elles deux mois pour réaliser les prototypes. Pour mener à bien cette tâche, les développeurs ont suivi une session de formation dispensée par Euréquip sur deux jours leur permettant de se saisir des outils méthodologiques nécessaires à la constitution du S.E. Leurs professions et leurs appartenances organisationnelles différentes les ont conduits à apprécier et à utiliser différemment l'apprentissage qui leur a été dispensé. Les développeurs du S.E. « cure thermique » ont développé des rapports « pragmatiques » avec le logiciel mis à leur disposition, compte tenu de leur objectif premier de réussir le projet. Ils n'ont cherché à saisir que ce qui leur paraissait nécessaire pour le mener à bien. La maîtrise de la rentrée des règles ne nécessite pas, en effet, la maîtrise du moteur d'inférence qui leur est fourni. L'informaticienne, appartenant à S.I., s'est sentie, en revanche, investie d'un autre type de responsabilités. L'apprentissage à Nexpert lui est apparu insuffisant, compte tenu de sa volonté de compréhension en profondeur de ce logiciel. Elle a donc jugé nécessaire de l'étudier elle-même, d'autant plus que cette expérience était la première incursion de S.I. dans le domaine des S.E. Si les développeurs de l'une et l'autre équipe ont eu pour préoccupation de concevoir un outil de formation et d'impliquer le service, les conditions différentes dans lesquelles ils ont travaillé ne leur ont pas permis d'atteindre pareillement ces objectifs.

Le développement du S.E. « cure thermique », outre la mobilisation de l'équipe de conception, a requis de fait la participation épisodique de la personne en charge du traitement de ce type de données sous la forme de consultations sur tel ou tel problème précis tout au long du développement, et a bénéficié de l'apport du groupe d'animateurs qui a suivi l'expérience. En particulier, la présentation d'une première maquette auprès de ces derniers a provoqué une réécriture de celle-ci dans la journée même. La prise en compte insuffisante de la matérialité du dossier a motivé cette reconstruction.

L'écriture des règles en elles-mêmes ne paraît pas avoir posé de difficultés importantes. Le problème essentiel rencontré par les développeurs a été celui du vocabulaire. Les règles sont, en effet, liées entre elles par des mots-clés. La définition de ces mots-clés doit donc être aussi précise que possible. L'« habillage » du S.E. a aussi nécessité un volume de travail important. Or, sous ce terme, c'est la qualité d'outil de formation du S.E. qui est désignée, puisqu'il s'agit de l'écriture des « à-propos » et des explications. Mais l'on verra plus loin que ce S.E., ainsi conçu, n'aura été qu'une version « développement ». La version « utilisateur », finalement implantée, sera dépouillée de « l'habillage ».

L'élaboration du S.E. « maternité » a été fortement marquée par les conditions dans lesquelles les concepteurs désignés ont eu à travailler. Le chef de service prestations, faisant office d'expert, s'est en effet trouvé pratiquement indisponible, en raison de l'édiction à cette période des décrets Seguin, impliquant de sa part de définir les modifications importantes à apporter au traitement quotidien des dossiers. Le délai fixé de deux mois a donc conduit l'autre membre de l'équipe, en l'occurrence l'informaticienne

de S.I., à travailler pratiquement seule sur le projet. L'informaticienne a donc écrit les règles constitutives du S.E. à partir du seul code de la S.S., sa formation juridique lui facilitant la compréhension des textes. Et ce n'est que tardivement que la personne en poste pour traiter les dossiers « maternité » a été finalement désignée pour remplacer le chef de service, la base de connaissance étant déjà écrite. L'expert praticien, n'ayant pas suivi de formation, s'est trouvé devant un outil dont la logique lui échappait. La nature et le contenu de sa contribution étaient, de ce double fait, délicats à définir de son point de vue. À cela s'est ajouté le fait que l'informaticienne a travaillé au siège de S.I. et non dans le service. Bref, les conditions d'élaboration de ce S.E. n'ont pas permis de démontrer concrètement la possibilité d'une informatique aux utilisateurs, et en particulier de rendre sensible les utilisateurs à la volonté de S.I. de modifier les pratiques de travail qui lui sont reprochées.

Le S.E. « cure thermique » a été le fait d'échanges et de confrontations avec un nombre plus important d'acteurs que ceux initialement prévus. Ces échanges ont permis également l'expression, dans le cours même du projet, de réactions concernant l'usage du S.E. Effectivement, les modifications introduites résultent en partie de la confrontation d'une première écriture du S.E. avec les pratiques de travail des animateurs et des décompteurs. Inversement, les conditions de développement du S.E. « maternité » n'ont pas permis qu'il atteigne ce stade.

3.5. L'évaluation des prototypes : richesse d'expertise et accessibilité pour l'un, rapidité d'exécution et clarté de présentation pour l'autre

Le groupe de suivi, formé des responsables de SCRIB et de la CCAS, et les développeurs de l'un et l'autre prototypes ont considéré le S.E. « cure thermique » comme contenant une expertise riche au regard du S.E. « maternité ». Le S.E. « cure thermique » intègre en effet les éléments nécessaires à la liquidation des dossiers. Il permet l'effectuation de calculs. Le S.E. « maternité », a contrario, n'a pas « couvert » la fonction de liquidation. Plus généralement, le S.E. « cure thermique » intègre des pratiques de travail, là où le S.E. « maternité » s'est saisi d'éléments formels du Code de la Sécurité Sociale. Le S.E. « maternité », bien que jugé plus optimisé du point de vue du temps de traitement, n'a pu être livré en l'état pour les raisons indiquées plus haut. Il devait être retravaillé lorsque s'est achevée l'enquête. Les deux prototypes se distinguent aussi par le vocabulaire. Un travail de traduction des mots anglais a été réalisé pour le prototype « cure thermique », alors que le prototype « maternité » en conserve certains. Ils se différencient enfin par les graphismes: l'un (maternité) en est riche, l'autre pas (cure thermique). Ils traduisent donc à la fois les conditions concrètes de leur production et les « compétences-dispositions » respectives des concepteurs. L'expertise riche du S.E. « cure thermique » a été rendue possible par la mobilisation effective d'acteurs variés du service des prestations. La maîtrise de l'outil informatique, que possédait l'informaticienne de l'équipe « maternité », a conféré au S.E. correspondant des qualités de présentation et de rapidité d'exécution que n'a pas l'autre S.E.

Ces appréciations ont conduit certains à penser qu'il revenait aux « utilisateurs » et aux informaticiens d'optimiser le traitement des données et leur présentation. Cependant, les derniers développements sur le S.E. « cure thermique » pourront atténuer cette appréciation en considérant que celle-ci était fondée sur l'état de la maquette à un moment donné.

Les agents actuellement en charge des dossiers « cure thermique » et « maternité » ont, pour leur part, fait remarquer que les dossiers « maternité » sont à 98% d'entre eux l'objet d'un traitement courant n'exigeant pas d'interprétation des règles à appliquer. Mais 2% échappent à cette caractéristique; ceux-ci pourront-ils être traités à l'aide du S.E.? La tâche la plus délicate et la plus longue à effectuer pour les « cures thermiques » n'est pas le traitement du dossier à proprement parler, mais son « ouverture ». Celle-ci suppose, pour un nombre conséquent de dossiers, des rapports téléphoniques avec les usagers. Si l'apport du S.E. dans le traitement du dossier, y compris dans la circulation interne que suit celui-ci au contrôle médical avant son traitement final, est bien perçu, les agents en revanche s'interrogent sur son utilité pour l'enregistrement des demandes initiales des usagers.

Ils s'interrogent donc sur ce que recouvre réellement le S.E. au regard des fonctions expertisées: tous les dossiers y compris ceux présentant une difficulté particulière pourront-ils être traités par ce nouvel outil? Tous les aspects de la fonction expertisée ont-ils été pris en compte?

Pour les uns, des produits tels que Nexpert permettent aux fournisseurs de jouer en quelque sorte deux « rôles »: celui du cognitif et celui de l'informatique. D'autres définissent le cognitif comme ayant une compétence proche de celle mise en oeuvre pour réaliser un audit: à savoir rigueur et logique. D'autres encore comprennent le cognitif comme l'intermédiaire entre l'expert et l'informatique. Il serait ainsi capable, compte tenu de la fonction expertisée, de sa nature, soit de contribuer en coopération avec des informaticiens à l'écriture du moteur d'inférence, soit, compte tenu de l'évolution des moteurs d'inférence, de connaître le moteur d'inférence *ad hoc* au domaine expertisé. Dans cette perspective, il serait en quelque sorte le point charnière entre l'entreprise utilisatrice et les fournisseurs via les produits proposés par ceux-ci.

Dans les expériences menées à la CCAS, on a pu observer que l'institution du couple utilisateurs/informaticiens au lieu et place du couple expert/cognitif n'était pas aussi radicale que la terminologie pouvait le laisser entendre, ni aussi aisée à établir. Il semblerait que l'expertise ne peut échapper aussi radicalement au regard de l'expert-praticien, même si la prise en compte d'acteurs plus nombreux que le seul expert, peut être positive par ailleurs.

À l'identique, la restriction de la place de l'informatique comme pouvant (quasiement au terme du développement) n'intervenir que pour en assurer l'optimisation, cette répartition des tâches a peut-être à voir, avec la place qu'occupe, dans ces expériences, le fournisseur, en quoi le produit proposé « absorbe » partiellement des fonctions par ailleurs assurées par les informaticiens du service central. Dans la mesure où l'on peut imaginer que l'entreprise pourrait avoir à nouer des liens avec d'autres fournisseurs, comment peuvent être réfléchies et s'instituer les compétences à mettre en oeuvre pour que les rapports avec les sociétés de service soient fondés sur des capacités internes d'appréciation des produits proposés?

3.6. L'insertion des S.E. dans le système de travail et les réactions des décompteurs

À l'origine, le principal objectif concernant l'usage du S.E. était que cet outil permette l'enrichissement des tâches des décompteurs. Dans cet esprit, le S.E. se présentait matériellement comme un outil autonome, consultable par les décompteurs pour leur formation.

En fait, deux versions très distinctes ont été réalisées: une version « développement » et une version « utilisateur ». La version « développement » est la version la plus « ouverte ». L'utilisateur a accès aux règles. Il peut faire dérouler l'enchaînement de celles-ci et il peut « entrer » des modifications dans le programme. À ce titre, cette version serait proche de la définition d'un S.E. « outil de formation ». La version « utilisateur », en revanche, prévue pour être insérée dans l'activité même des décompteurs, offre moins de possibilités. Elle se présente comme un outil de résolution de problèmes.

Compte tenu des deux versions existantes et des contours de la seconde, la connexion du S.E. avec les fichiers informatiques existants, à partir desquels se fait le traitement des dossiers, a été envisagée et discutée. Dans cette hypothèse, le S.E. devient un outil supplémentaire de traitement des dossiers, et la version « développement » réalisée par les développeurs n'aura été qu'une étape dans un projet d'informatisation plus avancé, alors que le souci initial était de réaliser un outil de formation.

La réalisation d'une version « utilisateur » a eu une seconde incidence. L'outil initial, fortement tourné vers la formation, n'avait pas, en quelque sorte, de contraintes matérielles puisqu'il était hors du système informatique existant. Il n'était pas envisagé comme pouvant être le support d'un traitement informatique des dossiers considérés. Dès lors qu'une connexion avec les fichiers a été envisagée, les réflexions sur la forme matérielle d'implantation ont évolué. La version actuelle est implantée sur un micro-ordinateur multitâches accueillant simultanément un logiciel de traitement de textes. À terme, elle serait introduite dans le système central, et pourrait ainsi être appelée par les décompteurs sur chaque terminal avec lequel ils travaillent.

Les décompteurs qui ont assisté à une démonstration des S.E., à un moment où il était envisagé de les implanter sur un ordinateur multitâches, ont manifesté leur intérêt, en l'accompagnant toutefois d'une appréciation sur leur qualification au regard des nouvelles tâches à accomplir et d'une crainte quant à la charge de travail.

Ils ont estimé que l'outil proposé rendait visible le cheminement complet des dossiers spécifiques, ce qui leur était aveugle jusqu'alors, et pouvait rehausser l'intérêt du travail à réaliser. Ceci étant, ils ont fait remarquer que leur formation initiale de décompteur était encore beaucoup plus large que la compétence requise par les tâches liées au traitement des dossiers spécifiques à l'aide des S.E. L'enrichissement possible de leur travail était loin de correspondre à leur niveau de qualification. D'autre part, ils ont rappelé leur critique concernant la charge de travail quotidienne et les rapports hiérarchiques. En effet, l'attribution des dossiers « maternité » et « cure thermale » aux décompteurs ne s'accompagnait pas d'une révision du nombre de dossiers à traiter dans la journée, notamment durant la période d'apprentissage. À ce problème s'ajoutait la disponibilité des micros. Ces derniers devant servir aussi au « traitement de texte » du courrier n'allait-ils pas être « encombrés »? Dans ces conditions, les décompteurs ne risquaient-ils pas de ne pouvoir faire 120 dossiers/jour?

Les décompteurs ont également noté lors de la démonstration que la qualité d'outil de formation des S.E. ne serait pas durable. En effet, après un certain temps d'utilisation, il ne leur serait plus nécessaire pour traiter les dossiers spécifiques. Un emploi aussi temporaire justifierait-il un tel investissement? Ne sera-t-on pas tenter d'en faire un élément particulier du système global de traitement informatique des dossiers? L'élaboration d'une version « utilisateur » sans « habillage » semble confirmer la crainte des décompteurs. Dès lors, on est conduit à s'interroger sur ce qui demeurerait

de particulier dans le traitement des dossiers spécifiques par systèmes-experts, et sur la nature des tâches supposées enrichir le travail des décompteurs. L'organisation du travail à l'avenir est susceptible, de plus, d'une forte évolution. Le courrier étant informatisé, tous les types de dossiers spécifiques étant traitables par S.E. dans le cadre du système informatique, ne restera-t-il pas qu'une seule catégorie d'agents, les décompteurs, sans que pour autant leur travail ait été réellement « enrichi »?

En définitive, si la distinction version « développement » et version « utilisateur » venait à se confirmer, l'introduction des S.E. permettrait aux « services utilisateurs » d'exprimer en langage informatique les connaissances qu'ils utilisent et les traitements qu'ils leur font subir, et à se constituer un pôle de compétence en la matière. En cela, les S.E. seraient porteurs d'un réaménagement des rapports entre services opérationnels et service informatique dans les entreprises, ce dernier se chargeant alors de l'optimisation et de l'intégration des bases de connaissances dans le système informatique général. Mais contrairement au slogan et aux espoirs de certains, les S.E. ne seraient pas le vecteur de cette nouvelle informatique annoncée qui devrait permettre aux « utilisateurs finaux », c'est-à-dire les agents d'exécution, de se former et d'enrichir leur compétence, grâce à un outil qui non seulement mémorise les solutions, les démarches et les explications de celles-ci, mais qui est aussi modifiable par eux.

4. LES SYSTÈMES-EXPERTS DE DIAGNOSTIC DE PANNES ÉLECTRIQUES DES BUS

4.1. Les conditions de lancement de l'expérience

Suite à l'expérience réalisée au Service Entretien du Réseau Ferré (FR), il a paru souhaitable et intéressant au groupe de travail « interdirection » de proposer au Service Entretien du Réseau Routier (RM) de tenter une expérience similaire sur le diagnostic de pannes des autobus, mais en utilisant cette fois-ci le « générateur » de S.E. : Nexpert. La Direction de RM a donné son accord, mais en se montrant particulièrement soucieuse que l'on parvienne à un outil opérationnel.

Trois secteurs de ce même service, le département Études, le conseiller micro-informatique et l'entité Assistance Technique, ont été impliqués dans le projet. Le département Etudes intervient habituellement dans la définition du matériel roulant et contribue aux modifications à apporter sur celui-ci. Il se trouve dans une position charnière entre les dépôts et le fournisseur de matériel du point de vue de la maintenance et des conditions de celle-ci. Il entretient également des liaisons avec le Service des Mines pour les questions de sécurité. Son intervention dans l'élaboration des S.E. a été essentiellement de nature organisationnelle et administrative.

De même, le conseiller micro-informatique mène plus une activité d'études d'équipement et de conseils, qu'il ne réalise des tâches opérationnelles. C'est à ce titre qu'il a participé. La conception des S.E., proprement dite, a été le fait du service d'Assistance Technique et de Formation. Ce service a une double fonction. Il dispense des formations aux agents d'entretien des dépôts et de l'Atelier Central, et il intervient, à la demande, en cas de pannes très complexes.

4.2. Le contexte de l'activité des dépôts

Des objectifs économiques ont été fixés depuis plusieurs années visant à réduire le coût de l'activité de maintenance. Le constat d'une efficacité insuffisante, comparativement à celle obtenue dans les grands réseaux, a conduit à initier des opérations visant à la réduction du temps d'immobilisation des bus, afin de les « engager » plus fortement et d'en diminuer le nombre nécessaire. Un des effets des gains de productivité réalisés s'est traduit par la suppression de 100 postes de travail dans les dépôts en 1988. Cette politique se poursuit notamment dans le domaine du diagnostic des pannes pour en élever la qualité et la rapidité. L'établissement d'un diagnostic s'accompagnait, en effet, fréquemment de la dépose d'un élément et son remplacement par un élément neuf. Ces pratiques de dépose trop systématique sont jugées aujourd'hui coûteuses et, qui plus est, ne garantissant pas toujours un résultat fiable.

L'évolution des matériels roulants et des personnels a contribué à l'insuffisante efficacité des diagnostics des agents. Tout d'abord, la complexité de certaines pannes s'est accrue, entraînant parfois des arrêts de deux ou trois jours avant que le bus soit à nouveau remis en circulation. Le parc de véhicules s'est hétérogénéisé. Même si une famille de bus domine en nombre, il n'en demeure pas moins qu'il en existe six comprenant chacune des sous-familles. Les bus ont été de plus modifiés suite à la suppression du deuxième agent qui secondait le machiniste et pouvait remplir des fonctions sécuritaires. La disparition de ce deuxième agent a nécessité l'implantation d'appareillages de substitution, avec les circuits électrique correspondants. Or ces ajouts ont été effectués progressivement par groupe de bus, selon des modalités différentes dans le temps. De même, le constructeur, Renault Véhicules Industriels, les a intégrés petit à petit dans ses nouvelles livraisons et modèles. La maintenance du matériel roulant a été également rendue plus délicate de par la conception des bus, et leur mode de fabrication, prenant insuffisamment en compte l'accessibilité des éléments défectueux. Pour le nouveau véhicule, un effort de ce point de vue a été fait par le constructeur sur intervention de la RATP et avec sa collaboration. Mais pour l'instant, ce nouveau modèle est encore faiblement représenté dans les dépôts.

Enfin, l'activité de dépannage a été affectée par la création d'un nouveau profil de dépanneur: le mécanicien d'entretien. Jusqu'au milieu des années soixante-dix, les ouvriers d'entretien appartenaient à trois familles professionnelles fortement spécifiées dans leur formation et dans leurs interventions de dépannage : électriciens, carrossiers, mécaniciens. Une panne pouvait, pour être résolue, voir passer successivement chaque corps de métier. Les difficultés de gérer leurs passages successifs ont amené à définir la profession de « mécanicien d'entretien » (ME). Un agent ayant cette qualification est théoriquement susceptible de réaliser toutes les tâches d'entretien.

En fait, nombre de responsables font aujourd'hui le constat que le personnel d'entretien dans les dépôts a de la difficulté à résoudre les pannes de nature électrique. Or, l'équipement électrique des futurs modèles de bus devrait être plus complexe encore. Les promoteurs de l'expérience S.E. au Routier ont donc vu dans cette situation, et compte tenu des objectifs fixés, la possibilité de démontrer clairement l'utilité et l'opérationnalité d'un S.E. de diagnostic des pannes électriques.

4.3. La coopération interservices et la composition de l'équipe

Le département « Études » et le conseiller « micro-informatique » ont été les promoteurs du projet d'un premier S.E. au sein de RM, avec pour préoccupation d'en démontrer la pertinence. À cet objectif commun se sont surajoutés des objectifs particuliers à chaque service. Pour le département « Études », le projet de développement d'un S.E. était l'occasion de pouvoir concrétiser un intérêt propre antérieur pour ce type d'outil.

C'était aussi un moyen de montrer que le département prenait en compte les remarques faites par les dépôts sur la maintenabilité des bus et la recherche des solutions. L'acquiescement du conseiller « micro-informatique » au projet découle de ce qu'il considère comme essentiel dans la micro-informatique, à savoir qu'elle puisse être une informatique d'utilisateurs, qualité précisément attribuée à l'outil Nexpert.

Le service « Assistance Technique et Formation » a été reconnu comme étant dépositaire des connaissances à expertiser. Une première personne de ce service fut associée et participa à la session de formation proposée par Eurequip. Le manque de disponibilité de l'expert incontesté du dépannage électrique a rendu difficile sa présence lors de cette session. Il s'est donc inscrit plus tard dans la réalisation du projet.

Le S.E. a suscité quelques réflexions de la part des développeurs: Que devient le spécialiste, une fois son savoir formalisé et mis à disposition de tous? Que devient son statut, sa légitimité professionnelle? Quelle est la signification des efforts personnels consentis pour construire son savoir? Qu'en est-il de la mobilisation des experts dans des entreprises qui, contrairement à la RATP, ne garantissent pas l'emploi?

Les utilisateurs finaux des S.E. n'ont pas été associés à cette phase du développement. Il est vrai que l'un des arguments ayant compté pour que soit concrétisé le projet a été celui du manque de qualification du personnel dans les dépôts, qui sont par ailleurs géographiquement dispersés. De plus, le projet devait avoir pris la forme d'une maquette dans des délais brefs et il fallait aussi que l'équipe de développement s'approprie le logiciel Nexpert. Enfin, les échanges entre experts ayant des démarches différentes sont difficiles à organiser et à rendre fructueux en général. Ce sont donc l'expert et une personne faisant fonction de cogniticien/informaticien qui ont réalisé les maquettes.

4.4. Le premier prototype : caractéristiques et évaluation

Il a concerné exclusivement les « circuits de charge » des bus. Il n'y a pas eu de consultation de personnel des dépôts (contremaîtres ou ouvriers) avant que la maquette ne soit achevée. Les concepteurs ont été essentiellement attentifs au fait qu'il fallait éviter que les dépanneurs, jugés insuffisamment compétents, déposent abusivement des équipements électriques.

Il se trouve que l'établissement d'un diagnostic des circuits de charge s'apparente fort à une écriture séquentielle permettant un guidage pas à pas. Compte tenu de l'objectif associé au S.E. d'en faire un outil tel, qu'il compense le manque de qualification constatée, le prototype a été conçu de telle façon qu'un néophyte puisse en l'utilisant arriver au bon diagnostic. La démarche suivie, fortement directive aux yeux mêmes des concepteurs, a été critiquée par de futurs utilisateurs. En effet, cette maquette a fait l'objet d'une démonstration après une session de formation auprès d'agents des dépôts. Deux types de réflexions ont été enregistrés quant à l'usage et aux effets de l'usage de ce S.E.: n'est-il pas substitutif à la formation? Ne se substitue-t-il pas plus généralement aux formes existantes d'apprentissage professionnel, à l'acquisition d'une

professionnalité? En revanche, le prototype présenté aux responsables a été finalement jugé suffisamment prometteur pour qu'un second développement ait été décidé et que soit stabilisée l'équipe de développement.

4.5. Le développement d'un deuxième prototype

4.5.1. La nature des pannes

Le second prototype a pris pour domaine d'expertise les « circuits de portes ». Les pannes concernant ces circuits sont à l'origine d'immobilisations parfois longues des bus, compte tenu des difficultés d'établissement du diagnostic. Les circuits de portes ont comme particularités de ne pas avoir été l'objet d'une conception d'ensemble, mais d'être le résultat de modifications successives, compte tenu de l'évolution des normes sécuritaires. Ils sont au coeur de la commande d'ouverture et de fermeture des portes comme l'indique leur nom, mais ils sont aussi en relation avec le démarrage et le freinage des bus. Ce sont donc des éléments complexes et très importants lorsque le bus circule.

L'expertise présente des particularités au regard de celle concernant les circuits de charge. Pour ceux-ci, toutes les pannes possibles sont connues, ainsi que leurs causes. L'expertise existe et elle est complète. En revanche, pour les circuits de porte, l'équipe de développement a eu à saisir une expertise « vivante », en constitution. L'ensemble de cas possibles n'est pas saisissable, en tout cas ne se présente pas comme un ensemble fini. De nouvelles pannes peuvent se produire, pour lesquelles le diagnostic est a priori méconnu. Les connaissances pratiques acquises sont à enrichir. De plus, les pannes affectant ces circuits sont parfois aléatoires. Les prémisses de la panne apparaissent lorsque le bus roule sous la forme de signes fugitifs. Lorsque le bus arrive au dépôt, ce sont avant tout les éléments d'appréciation des conducteurs sur ces signes fugitifs qui constituent les premières informations sur lesquelles les dépanneurs s'appuient pour conduire leur diagnostic. Ce type de pannes fait donc « jouer » aussi les savoirs, la connaissance qu'ont les conducteurs de leur véhicule et la possibilité qu'ils ont de saisir le sens des signes fugitifs, puis de transmettre ces informations dans les dépôts. Enfin, les pannes de circuits de portes sont peu fréquentes, limitant de ce fait l'accumulation possible de l'expérience.

4.5.2. Difficultés d'élaboration des règles

Compte tenu des caractéristiques du domaine à traiter, l'une des difficultés apparues précocement tenait à la nécessité de structurer les règles, de telle sorte qu'elles puissent évoluer compte tenu de nouveaux cas à répertorier. Or, le recours à un raisonnement donnant lieu à un programme de type séquentiel interdit ou rend plus délicates des évolutions de cette nature. Les développeurs en sont venus à se demander si l'outil Nexpert utilisé était suffisant pour formaliser un tel type d'expertise (la question portait donc sur la puissance de l'outil), et si une équipe d'utilisateurs était en mesure de s'approprier le logiciel et la méthodologie d'écriture pour réaliser un S.E. recouvrant un domaine aussi complexe?

Dans le déroulement du projet, l'outil Nexpert a évolué, requérant l'apprentissage d'un nouveau langage « orienté objet ». L'usage de ce langage a rendu plus complexe l'écriture des règles, alors même qu'un des effets attendus de ce type de langage est

d'en réduire le nombre. L'équipe a eu à se saisir de ce langage dans des conditions particulières: l'expert n'a pas pu suivre la formation.

Seul le « cogniticien/informaticien » a pu le faire, à charge pour lui de transmettre le contenu de cette formation à son collègue. Outre le manque de formateur à ce nouveau langage, l'insuffisante disponibilité de l'expert a contribué également à une moindre appropriation de l'outil.

4.5.3. Les modalités de « maintenance » envisagées

Lorsqu'un nouveau type de pannes apparaît, le dépôt concerné fait généralement appel au service « Assistance Technique et Formation ». Ce dernier serait dès lors naturellement en charge d'ajouter les connaissances nouvelles et ainsi d'en enrichir la base. Toutefois, tous les cas nouveaux ne pourront être recensés et traités ainsi. Un circuit d'informations systématiques sera nécessaire pour assurer une « maintenance » complète.

4.6. L'insertion dans l'activité quotidienne

Deux remarques ont été faites au cours des entretiens à ce sujet. Les dépôts gèrent en fait assez diversement la population d'agents d'entretien. Bien qu'il soit recommandé que les agents des équipes « tournent » afin de rendre concrète et réelle la polyvalence, il n'y a aucune norme stricte rendant obligatoire cette gestion. Il a pu, dans certains cas, paraître plus performant de reconstituer des « équipes » d'électriciens.

En effet, la rareté des pannes électriques empêche les agents polyvalents d'acquérir l'expérience suffisante pour qu'un savoir-faire en la matière puisse être réellement accumulé et cumulable. L'hétérogénéité de la gestion des dépôts a pu se traduire en une hétérogénéité des collectifs de travail, de leur structuration réelle, des qualifications réellement disponibles. Dans ces conditions, il est possible que le S.E. suscite des réactions différentes selon les dépôts et les pratiques de travail propres à chacun d'eux.

Les S.E. réalisés ne concernent que la famille des bus SC10, certes majoritaire dans le parc, mais non exclusive. Qu'en sera-t-il pour les autres familles existantes? Qu'en sera-t-il surtout pour les modèles à venir, particulièrement les R312 réputés pour être équipés d'appareillages électriques complexes? Comment se constituera l'expertise nécessaire pour concevoir des S.E. adaptés, tout en assurant la maintenance au quotidien de ces nouveaux bus?

5. LE SYSTÈME-EXPERT D'AIDE AU REPROFILAGE DE ROUES

Ce système-expert, dont la réalisation a débuté au cours du deuxième trimestre 1988, est une des deux « applications » de S.E. en maintenance initiées par la Direction FR après l'expérience Rufus. Tirant les enseignements des expériences antérieures, le Service « Méthodes et Organisation » (M.O), en charge de ces nouvelles applications, s'est fixé trois objectifs: faire des systèmes moins coûteux et qui puissent être rapidement opérationnels; chercher à avoir une maîtrise de l'outil de développement; chercher à impliquer davantage l'utilisateur. Dans ce sens, l'utilisation effective du S.E. était le critère de la réussite.

5.1. L'outil et le domaine d'application

M.O. a choisi d'utiliser un générateur de système-expert. Ce choix répondait à l'impératif de départ de parvenir à une maîtrise de l'outil, et d'éviter la dépendance à l'égard d'un cognitif extérieur. Le logiciel retenu, Nexpert, était, comme on l'a vu précédemment, déjà utilisé dans d'autres applications, en cours alors à la RATP. Son choix offrait des possibilités d'échange et de réflexion avec les autres services utilisateurs par l'intermédiaire du Service Central de la Recherche et avec son aide financière.

Le choix du domaine d'application, lui, s'est fait de manière plus progressive. Le souhait était de rester dans le domaine de la maintenance tout en élargissant le champ à d'autres applications que le diagnostic de panne. Après évocation de plusieurs possibilités ¹, « l'aide à la détermination de valeurs à donner à des paramètres de profil des roues » a été retenue parce qu'elle semblait pouvoir rapidement faire la preuve de son utilité, tout en restant dans un domaine réduit et, par là, plus maîtrisable.

5.2. Le problème à résoudre selon les concepteurs et les objectifs fixés. Est-ce le vrai problème?

Les profils des roues subissent à l'usage des déformations. Or il est nécessaire de rester entre certaines limites pour garantir la sécurité. Une notice technique fournit les profils nominaux et les tolérances.

Les ouvriers tourneurs en charge de réusinier les roues usées ont deux solutions:

- soit ils appliquent les profils nominaux de la notice. Ce qui revient à une remise à neuf. Mais « l'opération prend du temps, sur-utilise les tours, enlève de la matière et donc à terme affecte la durée de vie de la roue ». C'est la solution la plus longue et la plus coûteuse ².

- soit ils cherchent à optimiser l'usinage des profils à l'intérieur des tolérances, en tenant compte des particularités d'emploi de chaque roue (position sur le train, type de train, particularités du train concerné, caractéristiques de la ligne parcourue, historique de la roue, etc.). Le résultat est meilleur. L'usure sera moins rapide et l'usinage est plus économique. Les ouvriers tourneurs sont hautement qualifiés et possèdent traditionnellement les connaissances, la capacité d'appréciation et l'autorité professionnelle leur permettant de décider, au cas par cas, du bon profil. Depuis quelques années cependant, il semblerait qu'ils auraient tendance à réusinier au profil nominal ³. S'ils connaissaient autrefois, ligne par ligne, l'évolution de l'usure des roues, les marges acceptables, et s'ils « savaient jouer » des caractéristiques des profils, aujourd'hui cette forme de maintenance prédictive ne serait de mise que dans certains ateliers, et ne serait le fait que d'un nombre relativement réduit de tourneurs.

¹ Une autre possibilité avait été envisagée: l'aide à l'agencement des tâches dans un atelier de G.R.

² D'autant qu'il existe des règles à respecter entre les roues du même essieu, voire entre les roues du même boggy, et dans bien des cas lorsqu'il y a ré-usinage d'une seule roue déformée, il devient nécessaire d'usinier les autres. Par ailleurs, il y a un potentiel fixe d'utilisation des tours à roues « *au-delà d'une certaine charge, il est difficile d'y faire face, ou alors il faudrait investir dans l'achat de nouveaux tours à roues supplémentaires* ».

³ Il n'y a pas eu d'étude statistiques de faites pour mesurer la part des deux façons de travailler.

Ce fait a été interprété comme une perte relative de savoir-faire pratique. Plusieurs éléments y contribueraient, selon plusieurs responsables: les changements techniques, les nouveaux matériels roulants, un manque de formation aussi bien des opérateurs que de leur encadrement, la mobilité, le renouvellement des personnels et aussi un transfert des connaissances « qui a du mal à se faire ».

Dans ce contexte, un S.E. de reprofilage de roues trouvait donc son utilité, s'il était en mesure d'une part de fournir aux tourneurs des valeurs de reprofilage de manière plus fine que l'actuelle notice technique, et d'autre part de garder des connaissances qui se perdent, de susciter, voire faciliter la réflexion des tourneurs et de leur redonner une capacité d'optimisation des réusinages.

La perte de savoir-faire est-elle la cause unique, voire même est-elle une des causes? On a pu constater, en effet, que des tourneurs chevronnés appliquent eux aussi, plus systématiquement qu'avant, les profils nominaux. Un des experts envisagés pour réaliser le S.E. connaissait très bien pour chaque cas ce qu'il fallait faire..., mais indiquait en même temps que dans son travail il ne le faisait pas et appliquait la notice technique. Il semble donc qu'il y ait une autre explication au phénomène. Les réusinages impliquent en effet que la maîtrise les comprenne et les valide. Or un nombre croissant de contre-maîtres n'aurait plus l'expérience professionnelle suffisante pour faire la différence entre une adaptation utile de la côte nominale et l'erreur d'usinage.

5.3. La démarche choisie pour l'élaboration du S.E. et son contenu

La réalisation du S.E. a été prévue en deux phases: la première a eu comme objectif de construire un premier « produit » comportant une « base de règles »¹ de taille relativement réduite, à partir de données d'expertise et de données statistiques. La deuxième phase, de mise au point du S.E., vise à l'élargissement et à la correction de la première base. Cette deuxième phase prévue devait se faire avec les utilisateurs. Elle devait déboucher non seulement sur un S.E. opérationnel, mais aussi adapté à l'usage des tourneurs de chacun des ateliers où sont reprofilées les roues du matériel roulant des différentes lignes. C'est un des deux cadres responsables du projet qui s'est en même temps chargé de sa mise en oeuvre. Au moment de l'enquête, le S.E. était encore dans sa première phase de réalisation².

5.3.1. La première phase d'élaboration

Du point de vue de la démarche, deux éléments caractérisent la première phase d'élaboration: l'acquisition de la maîtrise du générateur, le logiciel Nexpert-objet par le cadre responsable du projet, et le recours à une expertise multiple pour l'élaboration de la base de connaissances.

La connaissance et l'apprentissage de l'outil sont allés quasiment de pair avec la réalisation de l'application. Après une courte période de formation au logiciel, le cadre responsable qui avait des compétences informatiques a découvert, analysé et testé les

¹ C'est-à-dire la base de connaissances sous forme de règles.

² Le temps de réalisation estimé était très court. Il devait être de deux à trois mois de travail effectif de la personne chargée de projet. Temps qui en principe devait s'étaler entre le deuxième trimestre 1988 et le deuxième trimestre 1989.

possibilités de l'outil, ses limites à travers la construction de la base de connaissances. Dans cette étape, et de son point de vue, l'existence d'un réseau d'utilisateurs de Nexpert dans l'entreprise ¹, pouvant mettre en commun leur expérience, pouvant solliciter lors de difficultés le SCRIB et Euréquip, constituait une aide appréciable. Il n'en reste pas moins que l'acquisition de la maîtrise du générateur s'est faite dans cette expérience à travers sa mise en œuvre.

Étant « utilisateur » vis-à-vis des fournisseurs, le cadre responsable a rempli le rôle de « cognicien » pour l'élaboration du contenu du S.E., aussi bien pour l'extraction des connaissances d'expertise que pour leur expression et leur structuration nécessaires à la constitution de la base de connaissances. Peut-on pour autant dire que son activité ait été celle d'un cognicien à proprement parler? Il n'a pas eu à concevoir des formalismes et des procédures comme dans le cas d'un S.E. sur « mesure », mais à les appliquer aux connaissances extraites.

Il a choisi deux experts qui ne sont plus praticiens, mais qui possèdent, l'un et l'autre, dans le domaine soit une expérience, soit une connaissance, « *qui était encore mise en œuvre, il y a trois ou quatre ans* ». L'un d'entre eux est un ancien tourneur de métier, qui était responsable d'une équipe « machine-outil » au RER, équipe qui a en charge le tournage des roues. Il a une connaissance et une longue expérience pratique du reprofilage. Le deuxième a une formation de départ de mécanicien. Il a été choisi en raison de son travail à la coopération technique sur des problèmes d'usure de roues. Il a été, dans son travail également, amené à dispenser différentes formations à des tourneurs de roues. Leur expertise a été complétée et confrontée, sur certains points précis, à d'autres éléments recueillis auprès de tourneurs en atelier, par le cadre responsable. Ce dernier a ensuite structuré les données « extraites » en îlots de connaissances pour pouvoir les rentrer sous forme de règles; structuration imposée en très grande partie par le générateur Nexpert. Il ne s'est cependant pas contenté des paramètres apparus dans l'expertise. On ne peut en effet, selon lui, se fier uniquement à la mémoire des experts, même s'ils sont capables de fournir des informations précises sur l'usure des roues selon les lignes ². Dans la mesure où le S.E. vise « en quelque sorte à fournir une nouvelle notice, une nouvelle loi aux tourneurs », il était indispensable de l'étayer par l'analyse du « fichier » du suivi du matériel. En effet, le fichier permet de faire un historique des relevés des mesures de chaque roue. Mesures qui sont prises de manière précise avec des calibres, environ tous les six mois ³.

Dans la pratique courante du travail, le tourneur a actuellement à sa disposition, quand un train vient en « fosse », le motif de sa venue: « plat en roues », ou « épaisseur du boudin trop grosse », par rapport à une dimension normale, et il a également les valeurs du dernier relevé. Avec les mesures prises sur le matériel déformé qu'il reçoit, il

¹ Ce réseau qui existait de manière plus ou moins informelle s'est constitué dans la période de notre enquête, en groupe avec des réunions régulières suivies par Euréquip.

² Comme le dira le cadre cognicien, « *les roues, c'est le problème critique du matériel* ». On n'a pas le droit de rater une roue, sinon c'est le déraillement.

³ Il s'agit d'un intervalle moyen estimé par le concepteur du S.E. Les « Petites Révisions » se font à périodicité variable dans les différents ateliers de révision, en fonction du matériel roulant, du kilométrage, etc. Chaque relevé comprend plusieurs mesures pour chaque roue tenant compte de plusieurs paramètres qui interviennent dans leur usure et déformation. Ces mesures sont mises au fichier pour chaque numéro d'essieu de chaque train. La base du fichier est ainsi continuellement enrichie. Il est possible de disposer d'historiques des relevés remontant à plusieurs années. Le fichier qui était autrefois manuel, est à l'heure actuelle informatisé.

dispose donc de deux séries de mesures qui ne lui donnent pas *a priori* la tendance de l'évolution. « *Un train particulier ne peut donner une tendance générale de la ligne* ». Pour pouvoir anticiper sur l'évolution de l'usure, avoir une démarche prédictive, optimiser son reprofilage, il doit faire appel à ses connaissances propres du matériel et de la ligne, et aux connaissances collectivement acquises qui se transmettent de manière informelle.

5.3.2. Le contenu du système-expert

La première base de connaissances élaborée pour le S.E. a donc combiné à la fois des données issues de l'expertise et des données issues des relevés du fichier, remontant six mois ou un an en arrière. Elle a été au fur et à mesure de son élaboration corrigée, enrichie, par la confrontation avec le point de vue des deux experts choisis.

Le style des règles et le déroulement du S.E. visent « *à donner à l'agent une démarche de travail* »¹. Le système lui indique tout d'abord de prendre successivement différentes mesures, et ensuite, en fonction des valeurs enregistrées, il lui donne directement le profil à obtenir sur les roues, que le tourneur n'a donc pas à calculer. « *L'outil sera pour lui un peu une aide dans ses calculs* ».

Cependant, si la base de connaissances traite finement les évolutions d'usures selon les lignes, elle n'intègre pas toutes les causes et figures possibles de déformation des roues². Aussi, la résolution des cas « pointus », dont il est difficile de quantifier la part dans l'activité de reprofilage, reposera, comme actuellement, uniquement sur la compétence des tourneurs et de leur encadrement.

5.3.3. La deuxième phase

Lors de l'élaboration de la base de départ, seule l'expertise de deux experts avait été sollicitée « afin d'avoir une première base cohérente, pour éviter trop d'avis divers qui à la limite auraient rendu impossible le SE. Pour la deuxième phase, au contraire, il était envisagé de faire appel à une expertise très large, voire à l'ensemble des tourneurs.

Cette deuxième phase devait permettre successivement de:

- revisualiser sur le terrain les pratiques de reprofilage, de contacter tous les tourneurs et de leur présenter la maquette constituée par la première base de départ, pour « *voir si le produit leur convient, s'il y a des manques, si ce qu'on leur demande de faire est réaliste* ». Certaines opérations peuvent être souhaitables, parfaites dans l'absolu, et irréalisables ou inutiles dans la pratique.

¹ Selon le concepteur, les tourneurs mesurent bien en règle générale les paramètres, mais ils ne font pas, selon lui, forcément de relation avec les résultats qu'ils doivent obtenir, ce qui expliquerait, pense-t-il, qu'ils appliquent les profils nominaux.

² Ainsi, par exemple, la tendance d'une ligne à user les roues d'une certaine manière ne rend pas compte forcément et toujours d'une situation spécifique. Un défaut de graissage des roues va provoquer une usure là où habituellement on n'en constate pas. De même le profil optimum théorique n'est pas forcément le plus souhaitable dans tous les cas: « *pour reprofiler une roue, il faut tenir compte de l'environnement* ». Il peut arriver qu'après avoir fait un reprofilage sur une roue, il devienne nécessaire de reprofiler celle d'à côté. « *Alors si on reprofile un peu moins, ça pourrait éviter de faire aussi du travail sur celle d'à côté* ». Pour l'élaboration du SE, le cadre concepteur a veillé à tenir compte d'un maximum d'éléments, tout en soulignant que pour intégrer tous les cas spécifiques, « *il faudrait prendre en compte l'ensemble des éléments du train, mais ce serait un travail de titan, trop long pour être réalisable ou utile* ».

- tester le fonctionnement de la maquette S.E. et les réactions que susciterait un outil de cette nature chez les tourneurs. Cette étape, perçue par les gestionnaires et le concepteur comme une étape délicate, vise à parvenir à une adhésion de la part des utilisateurs. Adhésion qui ne pourrait se faire, sans une appropriation et une transformation par eux de l'outil S.E. « *Les experts qui ont participé à la réalisation de la première base ne sont pas ceux qui vont l'utiliser. Or si le système n'est pas pris en main, reconnu, apprécié par les gens, il va rester dans un coin* ».

- enfin, adapter la base de départ à son utilisation pratique en atelier. Selon le concepteur, « *en fonction du tourneur et de l'équipe, il sera relativement simple de l'adapter tout en restant dans son idée directrice* ». Le système, opérationnel selon le concepteur, ne devra pas être unique. Il sera propre à une ligne.

Les tourneurs seraient tenus de consulter le S.E., sans être pour autant obligés d'appliquer les cotes indiquées. Ils pourraient ré-usiner les roues aux cotes qui leur semblent les plus adéquates. Ils devraient cependant justifier leur choix ¹.

Le domaine d'expertise couvert par le S.E. d'aide au reprofilage de roues est un domaine bien circonscrit et relativement réduit, mais il n'est pas un domaine achevé, fermé ², ce qui suppose que la base de connaissances à laquelle parviendra le S.E. opérationnel sera elle aussi susceptible d'évolution. Pour parvenir à assurer la maintenance de l'outil, l'implication de l'utilisateur est considérée comme décisive, particulièrement à travers les cotes de reprofilage effectivement choisies par les tourneurs et introduites dans la base du fichier et leur justification lorsqu'elles diffèrent des cotes prévues par le S.E.

5.4. Quelle sera la validation?

C'est dans son passage à l'opérationnalité que cette application du S.E. sera considérée comme pleinement validée. Selon le concepteur et le responsable gestionnaire du service MO, l'expérience sera perçue comme une réussite, si deux conditions sont remplies: la première, que le S.E. traite des cas précis rencontrés sur le terrain et que les cotes de reprofilage fournies leur soient adaptées. La deuxième, qu'il soit effectivement utilisé par les opérateurs... et là réside une des inconnues, peut-être la principale de cette expérience. Le S.E. sera-t-il accepté par les tourneurs comme un outil de travail et non comme un outil visant à réduire leur part de réflexion et de décision, comme l'expression d'un doute émis sur leurs compétences, d'une mise en cause, d'une non reconnaissance de leur métier, bref, comme un outil potentiellement substitutif?

¹ Les modalités de contrôle d'utilisation du S.E. d'une part, et le recueil des justifications du choix des tourneurs d'autre part, ne sont pas encore arrêtées. Une des méthodes qui, selon le concepteur, pourrait être adoptée, serait d'exiger des tourneurs qu'ils justifient leur choix en même temps qu'ils consignent leurs mesures après reprofilage. Les cotes prises après reprofilage sont actuellement marquées par les tourneurs sur une feuille remise ensuite au fichier. Pour une gestion plus aisée de la base de données du fichier, il serait envisagé, mais non encore prévu, que le tourneur puisse, à terme, porter directement ses cotes sur sa disquette. Cela permettrait de contrôler si le SE a été consulté ou non.

² Même si les changements sont lents, les formes d'usure, le temps d'évolution des profils, pourront continuer à varier, ne serait-ce que par la mise en service de nouveaux matériels et par l'usage qui en sera fait.

Or, le contexte n'est pas des plus favorables. Ces dernières années, le nombre de tourneurs a diminué et le contenu de leur travail a évolué dans les ateliers de grande révision, notamment avec l'introduction des tours à commande numérique. Pour l'instant les tours de fosse, sur lesquels sont effectués les reprofilages, sont à commande manuelle, à une exception près. Le S.E. pourrait être perçu comme un premier pas vers l'automatisation du reprofilage. Et de fait le cadre concepteur n'en excluait pas la possibilité.

Avant même que le « prototype » soit achevé, il apparaît donc une incertitude. Deux perspectives s'esquissent en fait sur l'utilisation que pourrait avoir à terme cet outil. L'adhésion des agents utilisateurs, qui est posée par le concepteur comme un élément capital dans l'élaboration même du S.E., notamment pour la deuxième phase, et comme une condition de sa validation, exigera pourtant, semble-t-il, que les intentions quant à l'usage futur du S.E. soient définies, posées avec netteté par le concepteur et le service MO, et clairement perçues par les utilisateurs.

Si l'on s'en tient à la première perspective évoquée, celle de fournir un outil d'aide aux tourneurs, dont ils conservent la maîtrise, avec l'objectif d'optimisation de la maintenance d'un élément du matériel roulant, l'intérêt de cette expérience résiderait au-delà de l'objectif technique visé, dans les modalités d'extraction des connaissances, et dans la recherche de modes d'expression de la norme qui ne soient pas purement hiérarchiques et centralisateurs. Le S.E. d'aide au reprofilage ne se veut pas une simple substitution d'une norme par une autre, fut-elle plus fine, mais un outil redonnant une démarche à l'opérateur et encourageant sa réflexion. Une contradiction nous apparaît cependant inhérente à cette application. Elle a été justifiée, en grande partie, par une tendance à la perte de savoir-faire des opérateurs. Or, la maintenance de l'outil exigera qu'il y ait un savoir-faire de terrain qui se perpétue, si l'on veut préserver l'esprit dans lequel il est conçu et dans lequel est posée son opérationnalité. Ce S.E. pour exister et évoluer impliquera que, par ailleurs, l'organisation du travail permette de maintenir l'expertise chez les ouvriers utilisateurs.

6. LES ENSEIGNEMENTS ET LES QUESTIONS SE DÉGAGEANT DES EXPÉRIMENTATIONS RÉALISÉES

6.1. D'un S.E. « sur mesure » aux générateurs de systèmes-experts: l'évolution de la division du travail de conception

L'apparition, la multiplication et la diffusion rapides des générateurs de systèmes-experts sur le marché se comprennent à travers l'expérience de la RATP. La longueur et le coût d'élaboration d'un SE « sur mesure », ainsi que la dépendance qu'il implique à l'égard du cognicien et de la société spécialisée en I.A. pour la mise à jour et l'amélioration, étaient des obstacles importants à l'essor des systèmes-experts en entreprise.

Une mise en forme facile et rapide des connaissances traitables selon des modalités préétablies et indépendantes de ces dernières était une condition de la constitution d'un véritable marché. C'est ce que réalisent les générateurs de systèmes-experts. Du même coup, la division du travail de conception évolue. D'une « conception-développement » conjointe de SE « complets » par l'entreprise utilisatrice et la société spécialisée, on passe d'une part à la conception de générateurs par des sociétés les commercialisant en

fonction de la perception qu'elles ont des besoins des entreprises en la matière, et d'autre part à "l'application" par ces dernières, plus à vrai dire qu'au « développement », des générateurs qu'elles achètent. Les avantages de coût qui en découlent ont pour contrepartie le fait que dorénavant la satisfaction des besoins des entreprises ne peut se faire qu'à travers le marché et les produits qu'ils génèrent, avec donc le risque de non prise en compte de certains besoins ou aspects de ceux-ci jugés trop spécifiques.

6.2. Les objectifs: ambiguïté, empilement, diversité, évolution et dérive, propres à une phase d'expérimentation

Par définition, une période d'expérimentation laisse ouvertes de multiples voies, et suscite une grande diversité d'attentes et d'espoirs. Même si, dans la deuxième vague d'expérimentations, les conditions en ont été plus clairement définies (durée, coût, validité, problèmes à résoudre), la variété des catégories d'acteurs concernés et ayant contribué à la conception a fait que chacun a projeté, explicitement ou implicitement, les préoccupations de son service et son expérience propre sur les caractéristiques que devraient présenter un S.E.

Ces « marges incertaines » ont certainement eu le mérite de produire des expérimentations variées permettant de mieux cerner les possibilités qu'offre l'introduction de S.E. dans les systèmes de travail.

Les promoteurs des S.E., regroupés dans le « groupe inter-directions », ont d'abord eu pour préoccupation de faire en sorte que la RATP ne soit pas à l'écart d'une évolution technique pouvant se révéler majeure et avoir des répercussions profondes sur la vie des entreprises. D'où l'importance de procéder à des essais pour vérifier les potentialités de ces nouveaux outils et pour explorer avec les services opérationnels les usages qui pourraient en être faits. À ces objectifs initiaux, se sont greffées ensuite des intentions rendues possibles par l'évolution des S.E. eux-mêmes. Chemin faisant, elles ont pu prendre le pas sur les premiers, à savoir: promouvoir une informatique accessible et utilisable directement par les services concernés, sans recours au service informatique central, dont la tutelle a pu être ressentie par le passé comme pesante et désautonomisante; coordonner cependant dans le même temps les différentes expériences S.E., de telle sorte que chaque service ne s'engage pas dans des voies techniques et conceptuelles divergentes, voire contradictoires et bénéficie de l'expérience des uns et des autres.

Les S.E. ont été initiés à la RATP dans un contexte intellectuel encore fortement marqué par les débats et les espoirs suscités par l'Intelligence Artificielle, dont les outils qui en dérivent étaient parés de ses attributs, voire de ses qualités supposées, ainsi résumés par G. de Terssac et J.L. Soubie: « *rendre accessible le savoir-faire des experts de telle sorte que les utilisateurs ayant une expérience moindre puissent atteindre rapidement le niveau des experts; rassembler et gérer dans un même dispositif des connaissances et des savoir-faire émanant de plusieurs experts, qu'il est difficile d'avoir pour résoudre des problèmes qui requièrent des niveaux de compétence différents; augmenter le niveau d'expertise, c'est-à-dire le savoir-faire des experts confrontés à la résolution de problèmes complexes et peu familiers; étendre les possibilités de résolution de problèmes par la gestion d'un espace de connaissances de plus en plus vaste* »¹.

¹ de Terssac G., Soubie J.L., « Des experts aux systèmes experts », *Le Travail Humain*, tome S1, numéro 2, 1988, p 122.

De ces objectifs, (trop) théoriques, découlant de l'I.A., et formulés dans un contexte de laboratoire faisant abstraction du « monde réel », c'est-à-dire des rapports sociaux dans lesquels les S.E. seront conçus et implantés, il en a été retenu que les S.E. se devaient d'être formateurs, et en conséquence non substitutifs à l'agent qualifié.

Cette intention a été clairement formulée dans toutes les expérimentations étudiées. Toutefois, elle a souvent coexisté avec d'autres objectifs: mémorisation et traitement de tous les cas possibles, réduction du temps de diagnostic, prescription d'une démarche... dont on peut se demander s'ils sont compatibles au sein d'un même S.E. avec une visée pédagogique.

En effet, comment peut être vécu comme un outil de formation un S.E. conçu pour donner, d'une manière optimale, la réponse correcte à tous les cas connus? À quoi sert-il, se demande l'utilisateur final, de se former à la résolution de problèmes qu'un système sait maintenant résoudre pour autant qu'on lui fournisse les informations qu'il demande?

Les fournisseurs ont, pour leur part, poursuivi aussi leurs propres objectifs, non contradictoires avec les autres, mais quelque peu différents. Pour Cognitech, il s'est agi surtout de faire la démonstration de la possibilité de traiter les « connaissances », de parvenir ainsi à des résultats fiables, et chemin faisant de concevoir des modes de traitement permettant de progresser conceptuellement. Il y a eu dans l'intervention de Cognitech une part de recherche. Pour Neuron Data, ayant commercialisé entre temps un générateur de S.E., Nexpert, l'objectif a été de montrer que l'on en était arrivé à un stade de réelle application, libérant l'utilisateur du recours à un cogniticien et permettant de résoudre effectivement et rapidement des problèmes d'organisation. La démonstration à faire n'était plus à dominante théorique, mais au contraire directement utilitaire, dans les termes posés par les responsables opérationnels, ou susceptibles d'être formulés par eux. Les conditions d'une dérive par rapport au projet initial n'ont-elles pas commencé dès lors à être réunies?

Aux objectifs des promoteurs et des fournisseurs se sont rajoutées les idées des équipes de conception et particulièrement celles des « experts ». La participation de ces derniers n'allait pas de soi et n'a pas été acquise d'emblée. Le recours à des experts « non praticiens » a facilité leur accord. Ils se sont, en outre, eux-mêmes persuadés de l'utilité d'y participer, à partir de leurs raisons propres et en envisageant des usages possibles des S.E. parfois différents de ceux des services concernés ou des promoteurs. Le système-expert a été imaginé par les uns comme une sorte de « calepin »¹ collectif et informatisé à la disposition de tous, et notamment des débutants, pour faciliter la diffusion des connaissances. Pour d'autres, il s'est agi de fournir à des agents jugés insuffisamment compétents, et parfois motivés, la solution correcte aux problèmes rencontrés. Pour d'autres encore, de rendre possible le traitement de cas particuliers par des agents non spécialistes.

Enfin, les problèmes d'organisation des services d'accueil des expériences ont été de plus en plus prégnants dans les orientations données aux concepteurs. À la fois pour répondre à une exigence d'opérationnalité, pouvant seule justifier un investissement dans les S.E., et pour faire la démonstration de l'utilité de ces outils, les promoteurs, les fournisseurs comme les concepteurs se sont emparés de certains problèmes

¹ Mais le contenu d'un « calepin » n'a pas à répondre à des règles formelles d'énonciation et s'adapte à toutes les situations.

d'organisation tels que formulés par les services pouvant accepter des expérimentations, et ont assigné explicitement ou implicitement à celles-ci de contribuer à les résoudre.

Ces problèmes sont de nature différente selon les services. Au ferré, mise à niveau plus rapide des dépanneurs débutants. À la CCAS, transfert de traitement des dossiers particuliers aux décompteurs pour tout à la fois enrichir leur travail et élever la productivité du service. Au routier, éviter les déposes inutiles d'appareillage et l'immobilisation prolongée des bus en donnant aux mécaniciens d'entretien la marche à suivre dans chaque cas de panne pour parvenir au bon diagnostic. En atelier de Grande Révision, optimisation du reprofilage des roues des rames, par reconstitution des cotes adaptées à chaque ligne et à chaque train qu'avaient établies et qu'appliquaient antérieurement les tourneurs et dont la connaissance serait en cours de disparition.

Or, il ne semble pas qu'il y ait eu, dans la plupart des cas, une analyse de l'origine et de l'histoire de ces difficultés, afin de vérifier si un S.E. était la solution pertinente. Bien que cela n'ait pas été l'objet de l'enquête, les entretiens ont fait apparaître que les problèmes désignés n'étaient parfois que l'apparence d'autres problèmes, ou bien avaient des causes dont le traitement aurait été plus efficace et plus économe que d'introduire un S.E. pour pallier à leurs effets.

Les expérimentations des S.E. se sont donc effectuées dans le cadre d'objectifs multiples et "glissants" et d'intentions partiellement floues. Cela pose la question de leur validation qui ne peut se faire qu'en fonction d'objectifs clairement énoncés et partagés par les protagonistes.

Pour être complet, il faut mentionner un dernier acteur qui se caractérise dans les cas étudiés par sa quasi absence, à savoir les utilisateurs finaux potentiels qui, pour des raisons diverses, n'ont pas, ou qu'indirectement, participé, et dont la présence s'est seulement manifestée à travers les représentations que les autres acteurs (promoteurs, fournisseurs, concepteurs, encadrement) se sont faits de leurs attitudes et de leurs attentes, représentations parfois décalées par rapport à la réalité, si l'on en juge les quelques réactions enregistrées des utilisateurs finaux.

6.3. Les domaines d'application des S.E.

Les premiers domaines d'application envisagés ont été ceux de la maintenance. Ils correspondent en effet le mieux aux objectifs théoriques des S.E. Le savoir-faire non formalisé y tient une place importante. Ce fut l'ambition de Rufus que de chercher à le formaliser, à le mémoriser et à le rendre disponible. Toutefois, remarquons qu'il s'agissait surtout de maintenance électrique, domaine où les causes des incidents sont plus aisément identifiables par déduction logique que dans le domaine mécanique par exemple, même si ces causes peuvent être autres qu'électriques.

Avec l'utilisation de Nexpert et l'application aux domaines administratifs régis essentiellement par des règlements, on passe à des champs de connaissances, où l'appréciation, l'expérience sont beaucoup moins importantes et nécessaires. On se rapproche fortement de secteurs d'activité susceptibles d'une informatisation classique. L'avantage essentiel du S.E. devenant alors de pouvoir « programmer » sans informaticien. Les autres expérimentations réalisées avec Nexpert concernent la maintenance électrique de circuits bien délimités sur les bus et le reprofilage des roues des rames du métro dont les paramètres connus sont en nombre réduit.

Les générateurs de S.E., ne permettant plus par définition de concevoir des S.E. « sur mesure », ne peuvent s'appliquer qu'aux domaines traitables et aux expertises exprima-

bles dans les formes des règles de leur moteur d'inférence. Logiquement, ils devraient à l'avenir s'enrichir et se diversifier, mais dans la mesure et au rythme seulement où les chercheurs et les cognitivistes parviendront, d'une part à repérer et à formaliser les différents modes de raisonnement à partir d'une activité soutenue « d'extraction » des connaissances des experts praticiens et, d'autre part, à concevoir les moteurs d'inférence correspondants.

À court terme, cette situation a une conséquence. Mis à part les domaines pour lesquels le S.E. n'est en fait qu'un outil d'informatisation et dont les objets d'expertise sont restreints, les autres domaines ne peuvent être qu'en partie traités par les générateurs existants, ce qui, dans certains cas, peut rendre leur utilité trop limitée pour en justifier l'emploi.

6.4. La composition de l'équipe de conception

6.4.1. L'expert

6.4.1.1. En trouver un !

La disponibilité de l'expert est bien évidemment une condition *sine qua non*. Elle n'est pas toujours acquise. Par définition, l'expert est la personne particulièrement compétente, souvent irremplaçable dans l'activité quotidienne de l'atelier ou du service. Dans une des expériences (le S.E. Maternité), l'expert désigné (en l'occurrence le chef du service Prestations) s'est trouvé, par suite de la promulgation des décrets Seguin, mobilisé pour concevoir et mettre en place les modifications du traitement des dossiers qui en résultaient, et donc dans l'impossibilité pratique de participer à l'élaboration de la base de connaissance du S.E. Cette situation a lourdement affecté cette expérience. Dans ce cas, le code de la Sécurité Sociale a fait office d'expert.

L'acceptation de l'expert est également une condition tout aussi évidente. Elle n'est pas toujours immédiate, et la proposition faite est parfois rejetée. La crainte de l'expert quant à son propre avenir n'est pas étrangère aux hésitations ou aux refus enregistrés, notamment lorsqu'il est encore praticien.

La dernière condition, enfin, pour disposer d'un expert est que ce dernier ait l'aisance suffisante pour exprimer, décrire, détailler sa façon de faire. Il ne s'agit pas là simplement d'une plus ou moins grande facilité d'élocution, mais bien plutôt de la capacité à réfléchir et à analyser sa pratique et surtout à en dégager les traits et les moments essentiels (ce qui est tout autre chose que de la décomposer en étapes logiques). Est-ce ainsi que l'aisance souhaitable a été entendue par les promoteurs des différentes expériences? N'a-t-on pas parfois privilégié l'esprit de système et le goût à la formalisation et à l'exhaustivité au détriment de la richesse de l'expertise?

6.4.1.2. À quelle catégorie d'experts recourir?

Cinq catégories d'experts sont théoriquement possibles: l'expert-praticien dans le service concerné, l'expert-cadre du service, l'expert-formateur (généralement ancien expert-praticien), l'expert-études (ayant pu être également praticien antérieurement), l'expert-fournisseur. Or, la fonction exercée par l'expert au moment de sa désignation,

son expérience passée, son rapport au savoir, son itinéraire professionnel, son projet personnel ont manifestement des effets sur ce qu'il imagine pouvoir être l'utilité d'un S.E. et par conséquent sur la démarche et le contenu de l'expertise qu'il explicite. De même, sa position dans l'organisation et la perception que les utilisateurs potentiels en ont affectent l'accueil fait à la maquette, à l'élaboration de laquelle il a participé.

Or pour des raisons différentes, d'indisponibilité notamment, de capacité jugée insuffisante d'explicitation du savoir-faire, de refus, de crainte de refus, ou pour éviter des discussions inutiles ou prématurées, de fait aucun des experts retenus dans les expériences étudiées n'était praticien dans le service ou l'atelier concerné, c'est-à-dire utilisateur final potentiel.

L'expert-formateur et l'expert-études sont généralement les plus faciles à mobiliser, car leur activité est souvent moins soumise à des aléas de programme. De fait, cinq des six experts désignés appartiennent à l'une ou l'autre catégorie. Tous anciens praticiens, ils avaient eu eux-mêmes à acquérir le savoir-faire nécessaire et ils connaissaient les conditions d'exercice du métier. Leurs nouvelles fonctions, de formation ou d'études, a exigé de plus de leur part d'expliciter leurs connaissances, de les ordonner et de les situer dans des ensembles plus vastes. Leur position et leur itinéraire offraient donc a priori des garanties quant à la richesse de leur expertise, à sa clarté et à sa praticité. Toutefois, les avantages que présentent ces deux catégories d'experts ont leur revers. L'éloignement, parfois ancien, du service d'origine résultant de leur évolution professionnelle a fait que leur expertise n'était pas complète et à jour. Des compléments se sont révélés parfois nécessaires, obtenus dans quelques cas auprès de praticiens. Enfin, ces experts ne sont plus sous le contrôle social de fait des utilisateurs finaux potentiels. Ils ne font plus partie de ces derniers. Une réticence, à leur égard, se manifeste et complique l'acceptabilité du S.E. La troisième catégorie d'experts utilisée dans les expériences étudiées, à savoir l'expert-cadre opérationnel du service, n'a tout simplement pas pu participer réellement à l'élaboration de la base de connaissance, par indisponibilité non prévisible. Au-delà du cas particulier, le recours à un cadre hiérarchique opérationnel peut présenter des inconvénients: connaissance de l'activité d'une manière plus formelle, plus normative, que d'une manière réelle, tenant compte des usages, de « l'économie » de pensée et de gestes des agents, de certaines contraintes épisodiques (façons de faire qui sont parfois finalement plus rationnelles); ignorance de certaines situations ou cas; méfiance possible des agents, etc.

Le recours à des agents-praticiens présente bien sûr d'autres difficultés, voire des impossibilités. Notons que, dans trois cas sur les quatre où l'on a considéré la maquette comme aboutie du point de vue de la qualité de l'expertise, la consultation d'expert-praticien a été nécessaire. Une fois, celle-ci a entraîné une réécriture de la base de connaissance.

6.4.1.3. Un ou plusieurs experts? Officiellement un, dans les faits parfois plusieurs

Sauf dans le cas du reprofilage de roues, la position de principe au départ a été de ne désigner qu'un expert. Pour des raisons de temps, de complexité de marier des démarches qui peuvent être différentes dans leur logique, d'impossibilité de dégager plusieurs experts pendant plusieurs semaines, voire d'exigence de l'expert lui-même.

On sait que d'autres entreprises ont adopté la position de recourir à plusieurs experts. Les risques d'incomplétude, d'erreur sont moindres. De plus, il est intéressant de comparer des démarches différentes pour dégager la meilleure méthode, voire de proposer

plusieurs voies de résolution. Enfin, la participation de plusieurs experts permet de pallier aux indisponibilités momentanées ou partielles de certains.

De fait, on l'a vu, sauf dans un cas où les connaissances sont « finies », où tous les cas possibles sont identifiés (le circuit de charge des bus), la consultation de praticiens a été nécessaire. La contre-expertise effectuée par un agent expérimenté au moment de la présentation de Rufus a fortement enrichi ce dernier. Le S.E. cure thermique tient ses qualités de précision et de praticité notamment aux remarques des « animateurs » et aux conseils du praticien concerné. Des données fournies par deux praticiens ont été intégrées dans le S.E. reprofilage des roues. Et il est prévu que les agents, tout en l'utilisant, l'enrichissent.

6.4.1.4. Le rôle de l'expert

Dans la phase actuelle d'exploration et d'expérimentation, l'expert a en fait un rôle beaucoup plus large que celui d'exposer et d'explicitier ses connaissances professionnelles. Il participe à la définition des objectifs ou tout au moins il influence sur eux. C'est en fonction de la vision qu'il a de l'activité à expertiser qu'il oriente l'utilité à donner au S.E. Cette participation ou cette influence possible, le « jeu » qui existait encore quant à l'orientation des S.E. ont certainement facilité l'acceptation de certains experts à livrer leurs connaissances. On peut penser qu'à l'avenir, les potentialités et les utilités des S.E. étant clairement repérées, l'expert aura un rôle plus limité. Sera-t-il aussi intéressé et motivé?

6.4.2. Le cognitif

L'expérience de Rufus, c'est-à-dire d'une SE « sur mesure », a montré la dépendance dans laquelle se trouve l'entreprise par rapport à la société fournisseuse, et le coût élevé qu'entraînait la participation permanente d'un cognitif.

Nexpert et tous les générateurs libèrent à première vue de cette dépendance et de ce coût. Ils possèdent déjà, en effet, un moteur d'inférence qui n'est donc plus à concevoir par le cognitif à partir des raisonnements de l'expert. Celui-ci n'a pas besoin, non plus, de procéder à l'extraction des connaissances. Il lui suffit, avant l'élaboration du S.E., d'apprendre à l'expert, ou à toute personne l'assistant, à écrire ses connaissances dans les formes fixées.

Dans ces conditions, le type de S.E. qu'est Nexpert n'introduit-il pas des contraintes et des limitations dans la formulation des connaissances telles que certaines d'entre elles, essentielles, ne peuvent être intégrées ou bien ne peuvent l'être qu'en subissant de graves déformations? N'aboutit-il pas, de ce fait, à restreindre les champs d'application possibles des systèmes-experts, à réduire ces derniers à des outils d'informatisation?

Les cognitivistes (dont le savoir se constitue aujourd'hui à partir de la psychologie cognitive, de l'informatique et de la linguistique) sont encore loin d'avoir un catalogue de formes de représentation des connaissances tel que celles-ci puissent être correctement représentées, et de logiques de raisonnement suffisamment diversifiées pour que des experts et des utilisateurs de milieux socio-culturels variés puissent y retrouver leur façon de réfléchir. Ce catalogue ne se constituera et ne donnera naissance à des générateurs de S.E., vraiment riches de possibilités de formalisation multiples et de démarches adaptées, que si des situations très différentes sont analysées. N'est-il pas un peu tôt pour abandonner toute élaboration de S.E. « sur mesure »? Ce n'est certes pas le rôle

premier d'une entreprise que de mener des recherches fondamentales ni même d'en financer sous couvert d'une application hypothétique. À deux aspects près cependant. Le premier est que les développements de S.E. puissants et performants pour les entreprises se feront d'autant mieux que de nouveaux moteurs d'inférence, plus riches, auront été conçus à partir de cas d'expertise en entreprise. Le deuxième est que les experts et les utilisateurs peuvent se désintéresser petit à petit d'outils trop durablement limités dans leur capacité de raisonnement et de restitution des connaissances.

Enfin, on peut se demander si, même avec un outil comme Nexpert, le cogniticien du fournisseur peut se contenter d'apprendre à formaliser les connaissances dans les formes imposées par le moteur d'inférence qui caractérise ce générateur de S.E. Dans les expérimentations étudiées, ayant utilisé Nexpert, les experts étaient, d'une manière ou d'une autre, habitués à la formalisation et à la verbalisation de leur savoir. Cette capacité a rendu possible une intervention courte du cogniticien. D'autre part, les domaines d'expertise ont été des domaines limités et relativement simples. Qu'en sera-t-il lorsqu'il sera nécessaire de recourir à de vrais experts praticiens pour expertiser des champs de connaissances diverses et floues?

6.4.3. L'informaticien

Lors de la première expérience Rufus, la question de l'informaticien ne s'est pas posée. Ce dernier se confondant avec le cogniticien. C'est avec Nexpert et le déplacement (ou plutôt la diversification) des objectifs et des domaines d'expérimentation que la fonction de l'informaticien a fait l'objet d'une évaluation. Nexpert assurant lui-même une partie des opérations du cogniticien et la mise en forme des connaissances étant réalisable en suivant un guide méthodologique simple, l'utilité d'un informaticien n'est plus apparue évidente. La possibilité de s'en passer a fait de plus lever l'espoir, dans les services utilisateurs d'informatique, de pouvoir se dégager d'une tutelle jugée pesante et rigide dans le passé.

Les deux expériences de la CCAS ont montré qu'il était possible de se passer d'informaticien, à quelques nuances et inconvénients près toutefois. Les deux équipes en charge d'élaborer chacune un S.E. ont été composées en effet différemment: l'une avec et l'autre sans informaticien. Cette dernière comprenait un cadre et une formatrice spécialisée dans la conception de didacticiels, assistés à leur demande de conseillers de la société commercialisant Nexpert. Les membres de cette équipe n'étaient donc pas totalement ignorants de l'esprit et des règles élémentaires en informatique de par leur formation et leur fonction. Ils ont de plus disposé, à travers les interventions d'Euréquip, d'une assistance informatique de fait. L'absence d'informaticien permanent a entraîné d'autre part quelques défauts mineurs dans la conception des S.E. cure thermique: un temps de traitement non optimisé et une présentation graphique déficiente, améliorés par la suite.

6.5. Les savoir-faire sont-ils formalisables sans appauvrissement ni simplification?

6.4.1. Complexité et diversité socio-culturelle des processus perceptifs et mentaux

Les recherches en psychologie cognitive, en ergonomie et en sociologie ont d'ores et déjà montré, d'une part la très grande complexité des processus perceptifs et mentaux en jeu dans les activités qualifiées et, d'autre part, leur grande diversité selon les mi-

lieux socio-culturels et ethniques. Ces deux caractéristiques sont, pour l'instant ou du moins, en contradiction avec la relative pauvreté des formalismes utilisés dans les S.E., avec l'exigence d'émiettement et d'isolement du savoir en îlots, granules ou atomes, et avec le postulat de l'universalité des règles d'inférence.

Ces limitations actuelles peuvent n'être que provisoires et non consubstantielles à l'outil lui-même. S'il en est ainsi, leur dépassement nécessitera cependant des travaux approfondis de psychologie et de sociologie dont on peut penser que les « retombées » ne seront pas immédiates. Reste une question.

6.5.2. L'automatisation des raisonnements humains consiste-t-elle à tenter de les copier?

Si leur connaissance est indispensable pour progresser, il n'est pas sûr que leur automatisation doit consister à essayer de les reproduire à l'identique. L'histoire des techniques a très souvent montré que toute tentative de reproduction du geste humain pour s'en dispenser a été vouée à l'échec. La machine à coudre n'a été pensable que lorsqu'on a arrêté de vouloir imiter le geste de la couturière. N'en sera-il pas de même du raisonnement?

6.5.3. Dans les domaines d'expérimentation de Nexpert, la formalisation des « connaissances » dans les formes pré-établies ne semble pas avoir rencontré de difficultés.

Ce constat doit cependant être pour l'instant tempéré. Il faut en effet prendre en compte plusieurs particularités des expérimentations. Les domaines retenus sont limités. Les cas possibles ont tous été repérés, sauf dans un des domaines. Chaque cas met en jeu peu de paramètres, et on en connaît la solution. Les experts retenus étaient certes des anciens praticiens du domaine, mais étaient aussi, au moment des expérimentations, soit des formateurs, soit des agents d'études, donc habitués à un mode de formalisation plus proche de celui requis par les S.E., peut-être déjà simplificateur par rapport à la réalité. Enfin, aucune des maquettes n'a encore donné naissance à une version opérationnelle et effectivement utilisée. Si les SE conçus ont été « validés », seul leur usage dans le travail pourra confirmer que les démarches formalisées sont des démarches adaptées en situation de travail.

6.5.4. Par rapport à la question posée, l'expérience de Rufus est plus riche d'enseignement

Avec Nexpert, la question était de vérifier si les formes de règles pré-établies étaient suffisantes pour l'expertise réalisée. Avec Rufus, il a fallu concevoir ces formes de règles à partir de la démarche de l'expert. Il est intéressant de rappeler les étapes de l'écriture des règles de ce S.E.

Interprétant mal les attentes du cognitiviste en matière d'exhaustivité des cas possibles et de hiérarchisation des niveaux d'analyse, l'expert est parti des schémas électriques pour localiser les pannes susceptibles de se produire et reconstituer les vérifications à effectuer pour parvenir à identifier leurs causes selon une démarche très algorithmique. L'exhaustivité et la systématisme de cette dernière aboutissaient à un luxe de

détails inutiles ou secondaires, à perdre l'essentiel et à construire un S.E. inadapté aux conditions de dépannage.

L'impasse étant manifeste, la deuxième étape a consisté à partir de la démarche réelle du dépanneur face à chaque catégorie de pannes qu'il est amené à rencontrer, et à utiliser réellement les possibilités d'un S.E. Le dépanneur regarde, vérifie tout d'abord quelques données générales du train lui permettant de faire un pré-diagnostic et de déterminer la fonction, l'ensemble, l'organe concerné. Ensuite il procède par étape à la localisation précise de la cause. Cette démarche « colle » assez bien avec la structuration classique en niveaux de règles dans le système-expert.

En revanche, l'écriture en lignes successives des règles et des questions afférentes oblige à une décomposition et à un éclatement des actions de vérification, à un raisonnement en « ligne verticale », qui n'est pas celui du dépanneur. Ce dernier perçoit et synthétise en même temps un faisceau d'événements, qui sont nécessairement situés dans le S.E. à des niveaux différents, et il en tire des conclusions plus rapides y compris dans les cas de combinaisons inhabituelles d'événements pour une panne donnée. On retrouve là, la spécificité des processus perceptifs et mentaux, dont on peut se demander s'ils peuvent et doivent être imités au plus près par les S.E.

6.6. Les différentes conceptions des S.E. élaborés et les questions qu'elles soulèvent

Les caractères des maquettes résultent, au-delà des outils utilisés, des objectifs initiaux et des attentes suscitées, des conditions d'élaboration du S.E. et de l'équipe de conception notamment de l'expert.

6.6.1. Rufus, peut-il être un S.E. pédagogue?

Rufus, système-expert « sur mesure », a d'abord été une expérimentation visant à démontrer que l'on pouvait formaliser et mémoriser des savoir-faire. La meilleure preuve pouvait en être que, grâce au S.E., un agent débutant serait en mesure de diagnostiquer une panne complexe. Or, après une période de travail en double, le jeune « contremaître visiteur » se trouve en effet parfois en situation stressante à devoir prendre une décision rapide, alors qu'il ne connaît pas encore toutes les « ficelles » du métier et toutes les particularités des différents types de matériel en service. L'expert désigné, ancien CV (contremaître-visiteur), s'est montré, pour l'avoir vécu lui-même, particulièrement sensible au problème de la transmission des savoirs et des recettes entre agents jeunes et anciens, qui ne se fait pas toujours facilement et qui ne se réalise que dans le respect de normes sociales propres au groupe professionnel. Rufus pouvait être, à ses yeux, utilement conçu comme un outil de transmission et de « formation » à la disposition des débutants.

Ce problème, s'il est bien réel, n'est pas cependant le problème essentiel mettant en cause à FR la rapidité et l'efficacité du diagnostic. Ce dernier est d'abord compromis, aussi bien pour les jeunes que pour les agents expérimentés, par l'imprécision des « signalements » transmis par les conducteurs de métro via le PCC, imprécision résultant de nombreux facteurs: caractère fugitif des symptômes de certaines avaries, impossibilité pratique pour le conducteur d'enregistrer en temps voulu les anomalies...

Rufus, expérimentation « pour voir » et « pour se faire la main », n'a donc pas été orienté dans sa conception par la préoccupation majeure du service, mais par celle, secondaire, de la transmission des savoirs et de l'efficacité du diagnostic des CV débu-

tants. Les savoirs manquants à ces derniers ont été perçus d'abord comme des vérifications à ne pas oublier, des « raccourcis », des astuces ou des recettes qui font gagner du temps, en mettant rapidement sur la bonne piste. Donc, outre les contrôles et les tests logiques à faire sur les pannes caractérisées, l'expert a eu le souci de prendre en compte les pannes déroutantes dans leur manifestation et de transmettre les connaissances pratiques des CV.

Un S.E., ainsi conçu, est-il formateur? En l'état où se trouvait la maquette au moment de l'enquête, il ne l'était qu'indirectement, potentiellement et partiellement. Indirectement, dans la mesure où la démarche donnée à l'agent peut le surprendre et l'amener à s'interroger sur le pourquoi. Potentiellement, dans la mesure où l'interrogation qui peut naître de l'application des vérifications demandées par le S.E. ne trouve une réponse que si l'agent parvient à réorganiser dans sa tête ses connaissances, de telle sorte qu'il retrouve la logique de la démarche proposée. Partiellement, parce qu'il peut y avoir des sauts de raisonnement ou des recettes pour l'instant sans explication, parce qu'enfin l'agent ne peut de toute façon comprendre seul les raisons des questions posées par le S.E. Et de fait, le dépanneur débutant à qui a été confié Rufus, lors de la validation, a réussi à trouver, grâce à lui, la cause d'une panne complexe, mais sans comprendre le cheminement qu'il avait suivi sur les indications du système. Seuls les dépanneurs expérimentés ont compris les questions posées, en les trouvant même parfois simplistes, inutiles ou non optimales, par rapport à ce qu'ils font habituellement. C'est pourquoi Rufus devait être « habillé » pour pouvoir donner, à la demande, les explications aux règles qu'il applique. L'agent débutant, ayant effectué rapidement son dépannage grâce à lui, pourrait donc ensuite, dès qu'il a un moment de libre, rechercher les raisons de ce qu'il a fait et ainsi acquérir plus rapidement le métier nécessaire.

Une telle conception soulève toutefois plusieurs problèmes. Les explications spécifiques à telle panne et à telle vérification ne sont formatrices que si elles induisent une façon générale de voir et de penser, en situation concrète de travail, susceptible de permettre de faire face ensuite, sans l'aide du S.E., à des pannes du même type, et de trouver soi-même des façons plus performantes encore de dépanner. Sans cela le S.E. « pédagogue » ne transmettrait que des « connaissances expliquées », émiétées, sans lien de méthode entre elles. La pédagogie sur des cas concrets n'a de vertu formatrice que si elle est l'occasion de cette abstraction méthodologique. Plus encore, on peut penser que n'est réellement formateur que la personne ou l'outil capable de permettre à l'élève de trouver seul la solution, c'est-à-dire capable de transmettre une méthode et non systématiquement la réponse.

Le projet formateur de Rufus rentre par ailleurs en contradiction, aux yeux des agents, avec le fait qu'il donne la solution à toutes les pannes répertoriées. À quoi servirait-il de se former à l'aide d'un outil s'il suffisait qu'ils appliquent les consignes d'un S.E. qui donnerait à coup sûr le bon diagnostic dans tous les cas. Ainsi conçu, le S.E. ne peut qu'être rejeté, vécu en concurrent, par les CV et agents expérimentés, et perçu comme pouvant se substituer à eux à terme.

Rufus, d'une part, n'a pas été pensé en fonction du problème essentiel de diagnostic des CV (à savoir des signalements insuffisamment pertinents et une documentation non à jour) et, d'autre part, soulève des questions sur le type de pédagogie dont il pourrait être le support et sur sa possible utilisation substitutive aux agents qualifiés. L'ensemble de ces raisons, ainsi que le coût de son élaboration et de sa maintenance éventuelle, font qu'il est difficile aujourd'hui de lui trouver, en l'état, un usage dans le cadre de

l'organisation et des relations sociales à FR et avec le niveau élevé de qualification du personnel existant.

6.6.2. Les S.E. « cure thermique » et « maternité » à la CCAS: prévus comme des outils de formation, sont-ils devenus des outils de traitement banalisés de dossiers particuliers?

Les expérimentations S.E., qui suivent celle de Rufus, ont été marquées par le bilan qu'en a tiré le groupe « transversal » et par l'évolution de l'offre de S.E. Les S.E. « sur mesure » sont apparus comme longs à concevoir, coûteux et créant une dépendance vis-à-vis du fournisseur, bien qu'ils aient permis de vérifier la possibilité de formaliser les savoir-faire et qu'ils se soient révélés efficaces dans leurs domaines d'application. Par ailleurs, sont apparus sur le marché des « générateurs de S.E. », type Nexpert, dotés d'un moteur d'inférence et d'une méthode d'écriture, permettant donc de se passer d'un cognicien. Ces nouveaux outils très maniables semblaient donc supprimer nombre d'inconvénients des S.E. « sur mesure », du point de vue de leur opérationnalisation, de leur « maintenance » et de leur coût. Il fallait vérifier si, grâce à ces « générateurs », il était possible pour les « utilisateurs » de concevoir des S.E. rapidement, sans cognicien, voire sans informaticien, de les utiliser et de les « maintenir » facilement.

Ce sont ces caractéristiques annoncées, d'outils informatiques développables et gérables par les utilisateurs, qui ont intéressé la direction et l'encadrement de la CCAS et qui les ont convaincu de faire procéder à l'élaboration de deux maquettes. En effet, les connaissances à mettre en oeuvre dans le traitement des dossiers cure thermique et maternité ne présentent pas le caractère implicite et non formalisé, que peuvent avoir les connaissances dans le domaine du dépannage des matériels roulants, par exemple. Il s'agit en fait de règlements particuliers mettant en jeu des critères spécifiques, différents de ceux applicables aux dossiers courants d'assurance maladie.

Ce qui a motivé la direction de la CCAS, ce n'est donc pas la possibilité qu'offrirait les S.E. à des praticiens de traiter mieux des dossiers complexes, mais de lui permettre de concevoir elle-même un outil de formation permettant aux agents non spécialistes de traiter des dossiers particuliers. Ce qui l'a intéressé, ce n'est pas ce pour quoi les S.E. ont initialement été pensés, à savoir l'aide au raisonnement, le traitement optimal de problèmes complexes, la mise en forme de connaissances, mais le caractère directement utilisable des générateurs de S.E., sans recours et tutelle des informaticiens. Ce caractère pouvait, en effet, permettre de résoudre à terme trois problèmes essentiels du service. À savoir en élever la productivité en informatisant des tâches qui n'avaient pu l'être dans le cadre d'une informatisation classique trop rigide; réaliser en « interne » cette informatisation sans être dépendant des conceptions et des contraintes du service informatique, source de blocages d'activité et de tensions avec le personnel; « enrichir » le travail des décompteurs en leur offrant un outil leur permettant d'apprendre, telle était l'intention de départ, comment traiter, en plus, les dossiers particuliers de cure thermique et de maternité jusqu'alors confiés à des agents spécialisés.

Dans le domaine de l'assurance maladie, « former » signifie apprendre à connaître la réglementation et savoir l'appliquer. Il s'agit rarement d'apprécier ou de trouver une solution à un cas non prévu. Dès lors, pour chaque dossier, le S.E. peut donner la réponse à faire et, à la demande, indiquer les articles du règlement qu'il a utilisé pour y parvenir. Partant de là, on retrouve amplifiée une contradiction apparue avec Rufus. Pourquoi former le personnel à une tâche à l'aide d'un outil qui peut aussi donner la bonne réponse à sa place? Cela se justifierait si le personnel une fois formé, grâce au

S.E. en version pédagogue, était plus rapide dans l'exécution sans recourir au S.E. en version traitement qu'en l'utilisant, mais cela ne semble pas être le cas. Il est donc logique qu'ait été envisagée l'intégration du S.E. dans le système informatique centralisé permettant un traitement direct des dossiers particuliers par les décompteurs. En définitive, dans cette hypothèse, le S.E. n'aboutira-t-il pas simplement à un « élargissement » du travail de ces derniers à des dossiers dont la « liquidation » serait devenue banalisée, et non à un enrichissement par l'acquisition de connaissances et de compétences nouvelles?

Fondamentalement, les deux maquettes de la CCAS partagent d'avoir initialement été envisagées comme outil de formation et d'être finalement devenues, semble-t-il, dans leur version « utilisateur » des outils de traitement banalisés de dossiers particuliers. Elles se distinguent cependant secondairement sur quelques aspects dus aux conditions dans lesquelles elles ont été élaborées et à la composition des équipes. Bien qu'il n'y ait pas eu dans l'équipe « cure thermique » d'expert praticien, la consultation épisodique par l'expert désigné (formateur, ancien décompteur) du spécialiste de ce type de dossier, rendue possible malgré un refus d'être l'expert, et la discussion avec les « animateurs » ont permis de tenir compte dans la conception du S.E., et notamment dans la succession des questions posées, de modalités pratiques qui évitent des manipulations supplémentaires et inutiles de dossiers et qui font gagner du temps. C'est cet aspect des connaissances qui a manqué au S.E. « maternité ». En raison de l'indisponibilité de la personne faisant fonction d'expert, il a été élaboré à partir du seul code de la Sécurité Sociale par le deuxième membre de l'équipe, informaticien ayant par ailleurs des connaissances juridiques. De telles conditions ne pouvaient permettre, et de telles compétences ne pouvaient suffire, à concevoir une maquette totalement satisfaisante, même si elle a pu être validée du point de vue de l'exactitude des réponses.

6.5.3. Les S.E. « circuit de charge » et « circuit de portes » des bus: sont-ils la solution pertinente au problème posé?

Ces S.E. ont été présentés comme pouvant contribuer à résoudre un problème jugé majeur par le Service Entretien du Réseau Routier (RM), qui le considérait à l'origine des performances insuffisantes des ateliers. L'indisponibilité d'une fraction trop élevée du parc et la dépose trop fréquente des organes et des appareillages déficients des bus, qui affectent lourdement les résultats du service, ont été attribuées aux diagnostics trop souvent erronés des agents d'entretien et à leur manque de qualification. En les assistant dans leur activité, les S.E. pouvaient rendre la recherche des causes de pannes électriques plus efficace, voire efficace à 100%, et faire ainsi la démonstration manifeste de leur utilité à la résolution d'un problème important.

Il ne semble pas qu'il y ait eu alors une analyse pour établir les causes du manque de compétence des agents et si un S.E. était l'outil vraiment pertinent pour y remédier. Or, le manque d'efficacité réel ou apparent du diagnostic des agents d'entretien renvoie en fait à des pratiques de travail et à une organisation du travail, dont les effets négatifs sur les performances ne peuvent pas, dès lors, être éliminés par un outil technique

S'il est vrai que les circuits électriques se sont complexifiés ¹, il est plus vrai encore que les méthodes d'entretien orientées pendant de nombreuses années vers le « préventif systématique », la généralisation des « mécaniciens d'entretien » polyvalents en lieu et place des professionnels, la politique de recrutement ont tout à la fois démotivé, créé des tensions, et entraîné des pertes de compétences. Il semble bien que l'on soit face à un problème d'une tout autre dimension que celui « d'aider » les agents dans leur diagnostic. Même efficace en lui-même, un S.E. peut se révéler inutile dans une telle situation.

Cette réflexion n'ayant pas été menée et n'étant pas du ressort des « promoteurs » S.E., l'équipe de conception a eu à travailler en fonction d'un objectif que l'on peut résumer ainsi: concevoir un S.E. permettant à des agents, à la qualification insuffisante ou trop peu fréquemment requise pour se maintenir, d'effectuer des diagnostics corrects et d'éviter des déposes intempestives et coûteuses. Si la vocation pédagogique du S.E. à élaborer était énoncée, ce dernier se devait surtout de préconiser une démarche systématique, « pas à pas », afin qu'aucune vérification ne soit oubliée et que l'agent parvienne, à coup sûr, à la solution dans tous les cas répertoriés.

Au moment de l'enquête, la maquette « circuit de charge » n'avait pas été mise en démonstration dans un dépôt. Elle l'avait été, en revanche, en fin de stage de formation d'agents dont la réaction a été d'étonnement et d'inquiétude. À quoi avait servi leur stage, ont-ils estimé, puisqu'il existait un outil capable de faire le diagnostic à leur place, et quel serait l'avenir professionnel de leur catégorie et l'évolution du contenu du travail d'entretien, si les systèmes-experts se généralisaient à tous les domaines du dépannage ? Le S.E. « circuit de charge » n'a pas été perçu par eux comme un moyen nouveau de formation ou comme une « assistance » mais comme un outil potentiellement substitutif. De fait, un agent non qualifié peut arriver au même résultat qu'un agent qualifié. Ne sera-t-il pas tentant économiquement, voire pour « revaloriser » le travail des OS, de leur confier progressivement les pannes expertisables par ce type de S.E. si, par ailleurs, les réparations sont simples à effectuer?

Le S.E. « circuit de portes », conçu après celui du « circuit de charge », répond aux mêmes objectifs et a été conçu dans le même esprit. Il s'en différencie cependant en ce qu'il concerne un domaine où les pannes sont relativement aléatoires, plus complexes, et ne sont pas toutes connues.

6.7. La validation technique et l'évaluation socio-économique des maquettes

À quelques imperfections près, toutes les maquettes ou les prototypes des S.E. étudiés ont été « validés ». Qu'a-t-on entendu par validation? De fait, a été considérée comme « validée » toute maquette déroulant normalement les questions et les réponses, et capable de fournir une réponse correcte, aux yeux des utilisateurs ou des contre-experts, à une série de cas à expertiser dans le domaine concerné. Il a été démontré, tant pour Rufus que pour les différentes applications de Nexpert, qu'il était possible de mettre et de traiter les connaissances des experts dans les formes requises par ces systèmes. Il s'agit là d'une validation « interne », « technique », propre au projet des concepteurs.

¹ Il semble d'ailleurs s'être complexifié plus par erreur de conception et par mauvaise organisation de la construction des bus que des suites d'une tendance inéluctable. La modularisation et le multiplexage devraient normalement avoir l'effet inverse.

La validation par rapport aux attentes des services utilisateurs potentiels, que l'on pourrait appeler l'évaluation socio-économique de l'utilité des maquettes telles que conçues, n'a pas été faite systématiquement.

Notons que le mode de validation technique adopté est vraisemblablement contradictoire avec l'intention initialement manifestée d'élaborer des S.E. pédagogiques. Ces derniers devraient être validés sur leur capacité à « donner à penser », à faire découvrir la solution adaptée, à aider l'agent à se construire une méthode, et non sur « l'habillage explicatif » aux solutions données. Si le S.E. est d'abord conçu pour donner la bonne réponse au maximum de cas possibles, et ce en optimisant la succession des questions et en utilisant tous les raccourcis qui font gagner concrètement du temps dans l'exécution du travail, alors ce S.E. là est nécessairement substitutif au praticien qualifié, pour la partie analyse-diagnostic de son activité, et n'est que formellement formateur. N'est-ce pas le problème de Rufus pour en faire un S.E. pédagogue, et lui trouver une utilité dans le contexte de FR?

Les attentes du service utilisateur des maquettes « cure thermique » et « maternité », le CCAS, étaient différentes de celles de FR. La démonstration d'une maîtrise de ce nouvel outil informatique par l'utilisateur, moyennant une assistance technique légère, a été pleinement faite. Elle ouvre des perspectives vers une informatique par et pour ceux qui s'en servent. En revanche, l'idée de départ de concevoir des S.E. de formation, pour permettre aux décompteurs de gérer les dossiers particuliers et ainsi « enrichir » leur travail, n'a pas été ou n'a pas pu être poursuivie. Dans sa version « utilisateur » qu'il était envisagée d'intégrer au système de traitement informatique, le S.E. « cure thermique » se présente comme un moyen de suivre et de liquider sur un mode banalisé des dossiers qui n'avaient pu l'être sur ce mode jusqu'à présent. Ce S.E. semble donc pouvoir trouver son utilité, mais dans le cadre d'une simplification du travail et non dans un processus d'enrichissement de l'activité des décompteurs, comme ces derniers le demandaient. Dès lors, les postes de travail qualifié de gestion des dossiers particuliers seraient supprimés sans pour autant que le transfert de ces opérations aux décompteurs se traduise, pour ces derniers, par une amélioration sensible du contenu de leur travail. Si l'objectif d'élever la productivité du service serait ainsi atteint, il ne le serait que par une banalisation du traitement des dossiers qui échappaient jusque-là à l'informatisation.

Les S.E. « circuits de charge » et « circuits de portes » au Routier, rapidement élaborés, fiables dans leur diagnostic, satisfont à l'exigence de donner à l'agent le moins compétent la solution l'empêchant de prendre des décisions erronées et coûteuses, en terme d'immobilisation de bus, et d'échanges, sans raison, d'organes ou d'appareillages. Reste à savoir si le problème que les S.E. du Routier sont censés résoudre est bien le problème à l'origine des résultats insatisfaisants de l'entretien des bus. On a vu que ces derniers sont, peut-être, moins dus à une déficience structurelle de compétence des agents qu'à une évolution de l'organisation du travail et des relations professionnelles dans les dépôts ayant engendré les pratiques de travail que l'on déplore. Reste enfin à se demander si les S.E. tels que conçus n'accroîtraient pas encore plus les tensions avec les mécaniciens d'entretien, voyant en eux une suite logique aux actions antérieures de banalisation de leur travail. Ne sont-ils pas une forme de fuite en avant techniciste, en lieu et place d'une réflexion de fond sur la démotivation des agents?

6.8. La « maintenance » des S.E.

Ce terme, abusivement transposé de l'activité productive et généralisé à toute activité de modification, désigne la mise à jour, l'enrichissement et la rectification de la base de connaissances. Elle ne se pose que dans les domaines où la connaissance n'est pas « finie », où tous les cas possibles ne sont pas encore ou ne pourront jamais être répertoriés. À dire vrai, il est probable que les domaines de connaissance « finie » sont très peu nombreux. Ils doivent être très restreints, isolables des autres domaines, et constitués d'éléments en relations dépendantes et univoques. Le « circuit de charge » sur les bus semble en être un exemple, et avoir permis de concevoir un S.E. pouvant traiter toutes les pannes imaginables, dans la limite toutefois des bus dotés du même type de circuit de charge. Enfin, un S.E. qui ne concerne qu'une petite partie de l'activité à expertiser, souvent la plus simple puisque « finie », ne présente qu'un intérêt limité. En conséquence, la « maintenance » des S.E. et ses conditions de réalisation sont une dimension essentielle de leur validité.

Par « maintenabilité » des SE, on entend usuellement le degré de facilité et de rapidité que permet l'outil utilisé pour effectuer des modifications, des mises à jour et des accroissements de la base de connaissance.

Les S.E. ont l'immense avantage par rapport aux programmes informatiques de pouvoir être modifiés sans remise en cause de l'architecture générale du programme et donc de pouvoir l'être beaucoup plus rapidement. Toutefois, entre les S.E. « sur mesure », type Rufus, et les générateurs de S.E., type Nexpert, il existe des différences notables du point de vue de la maintenabilité. Rufus, ayant un moteur d'inférence spécifique, nécessite pour être rectifié ou enrichi de faire appel au cognaticien qui l'a conçu. Les délais de mise à jour peuvent être allongés si les connaissances nouvelles ne peuvent s'énoncer et être utilisables qu'à l'aide de nouvelles règles à formaliser. Avec les générateurs de S.E., cet « inconvénient » existe moins. Toutefois, il est nécessaire de maintenir une cohérence entre les règles. Dès lors, il apparaît difficile à de nombreux promoteurs de SE que les utilisateurs finaux puissent accéder à cette fonction de maintenance.

CONCLUSION

L'introduction des systèmes-experts s'est faite à la RATP à un moment et dans un contexte marqués par les avancées de l'Intelligence Artificielle et par les espoirs qu'elle a fait naître. Conçus en laboratoire, hors des contraintes du « monde réel », les systèmes-experts ont été imaginés alors comme pouvant être des outils de mémorisation et d'enrichissement des connaissances, d'amplification du raisonnement humain et d'élévation des capacités d'expertise, à la disposition des utilisateurs, capables tout à la fois d'en élaborer et d'en formuler les règles, et de les mettre en oeuvre pour leurs propres fins.

Bien qu'engagé avec des ambitions beaucoup plus modestes, le « développement » des systèmes-experts à la RATP a baigné dans cette ambiance intellectuelle et a eu, en arrière-fond, l'idéal de l'Intelligence Artificielle. Les systèmes-experts étudiés dans cette recherche ont été pensés initialement comme des outils de formation et d'aide.

Ils ont ensuite évolué au cours de leur élaboration et de leur mise au point sous l'effet des contraintes, des exigences et des rapports sociaux propres à l'entreprise et aux services concernés.

L'exigence de démontrer l'utilité et l'opérationnalité des systèmes-experts s'imposant de plus en plus, les fournisseurs et les « développeurs » ont été amenés à s'emparer des problèmes tels qu'ils étaient énoncés par les responsables des services d'accueil, sans procéder au préalable à une analyse critique de ces problèmes pour en comprendre l'origine et pour évaluer ainsi la fonction que le système-expert serait amené à remplir.

Les glissements d'objectifs observés ont été possibles parce que les concepteurs n'ont pas eu le sentiment de minimiser ou d'oublier les ambitions de départ, en raison de l'ambivalence de l'outil lui-même. Celui-ci paraissait, en effet, pouvoir tout à la fois permettre le traitement d'un problème et fournir les explications souhaitables sur la démarche suivie, donc être à la fois un outil d'aide et un outil de formation, utilisable selon l'une ou l'autre des modalités. Au final, les systèmes-experts réalisés ne remplissent vraiment ni l'une, ni l'autre fonction d'une manière adaptée et convaincante.

Ils ne fournissent pas véritablement une aide pour les agents qualifiés dans la mesure où ils résolvent essentiellement les cas connus et répertoriés. Or les agents qualifiés ne sont en difficulté que face à des cas rares ou totalement nouveaux. Ils ne sont pas véritablement formateurs pour les débutants, dans la mesure où l'acquisition d'une intelligence pratique des problèmes à traiter et la constitution d'une démarche efficace résultent davantage de l'affrontement à des difficultés, voire à des échecs, et d'une réflexion sur ceux-ci, que de l'explication de la solution donnée.

En revanche, les SE réalisés se révèlent adaptés à une fonction qui, si elle a pu être évoquée, n'était pas première dans les expérimentations étudiées: à savoir traiter rapidement et d'une manière homogène les cas répertoriés. Tels que conçus, ils peuvent être en effet employés comme outil de travail prescriptif et banalisant une bonne part des tâches complexes. C'est ce caractère potentiellement substitutif des SE que ressentent les agents qualifiés qui ont pu les voir fonctionner. L'assurance qui leur est parfois donnée, que les SE seront exclusivement utilisés comme moyen de formation, ne fait pas disparaître pour autant leur crainte. Outre que les responsables changent, ainsi que les priorités, l'évolution actuelle des « fonctionnalités » des SE tendent à en faire des outils de travail banalisés. Les informations qui leur sont nécessaires peuvent être, dans certains domaines d'application, prélevées automatiquement, sans intervention d'un agent. Le diagnostic une fois établi, il est d'ores et déjà possible de l'accompagner de la liste des opérations à effectuer en conséquence. Et cette liste induit d'elle-même une normalisation des opérations de traitement.

Bien qu'il soit dans de nombreux esprits, et en partie engagé, ce scénario n'est pas fatal. Il est démontrable que l'efficacité n'a pas pour condition obligée la simplification et la normalisation des tâches impliquant un diagnostic. Elle peut être atteinte, mais il y faut certainement des conditions sociales particulières, en développant au contraire la capacité de diagnostic des agents au point de leur permettre de remonter aux causes premières des problèmes à traiter, et de penser l'élimination de ces causes par des actions de fiabilisation. Dans une telle perspective, un SE, pour devenir un outil d'exploration de la chaîne des causes successives des cas non éliminés, nécessite une redéfinition complète de son contenu, des modalités de sa conception et de sa maintenance, et vraisemblablement l'élaboration de nouvelles représentations des connaissances.

BIBLIOGRAPHIE

1. INFORMATIQUE ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Arsac J., *Les machines à penser. Des ordinateurs et des Hommes*, Seuil, Paris, 1987.

Breton Ph., *Histoire de l'informatique*, La Découverte, Paris, 1987.

Couffignal L., *La cybernétique*, Que sais-je ?, PUF, Paris, 1966.

Felden M., *Le songe de Minerve. Le cerveau et les sciences de l'artificiel*, Lieu commun/Sciences, Paris, 1987.

Demailly A., Lemoigne J.L. (dir.), *Sciences de l'intelligence, sciences de l'artificielle*, PUL, Paris, 1986.

Dreyfus H., *Intelligence artificielle. Mythes et limites*, Flammarion, Paris, 1984.

Haton J-P., Haton M-C., *L'intelligence artificielle*, Que sais-je ?, PUF, Paris, 1989.

Haugeland J., *L'esprit dans la machine. Les fondements de l'intelligence artificielle*, Odile Jacob, Paris, 1989.

Lemoigne J.L. (dir.), *Intelligence des mécanismes, mécanisme de l'intelligence. Nouvelle encyclopédie des sciences et des techniques*, Fayard, Fondation Diderot, Paris, 1986.

Lévy P., *La Machine Univers. Création, cognition, culture informatique*, La Découverte, Paris, 1987.

Rose F., *L'I.A., Histoire d'une recherche scientifique*, Espace des Sciences, Payot, Paris, 1986.

Anderson A. R. (dir.), *Pensée et Machine* (en particulier le texte de A.M. Turing: Les ordinateurs et l'intelligence, (pp. 39-67). Coll. Milieux Champ Vallon, Paris, 1983.

Varela F., *Connaître les sciences cognitives, tendances et perspectives*, Le Seuil, Paris, 1989.

Von Bertalanffy L., *La théorie générale des systèmes*, Dunod, Paris, 1972.

Weisenbaum J., *Puissance de l'ordinateur et raison de l'homme*. Edition Informatique, Paris, 1980.

Une nouvelle science de l'Esprit. Intelligence Artificielle, sciences cognitives, nature du cerveau, *Le Débat*, n°47, Gallimard, 1987.

Blanc M., Charron E., Freyssenet M., Le « développement » des systèmes-experts en entreprise, *Cahiers de recherche du GIP « Mutations Industrielles »*, n° 35, novembre 1989, 84 p. Édition numérique, freyssenet.com, 2007, 800 ko.

Le Virus I.A., **Terminal**, n°31-32-33, Février-Avril 1987.

2. INGÉNIÉRIE DE LA CONNAISSANCE ET SYSTÈMES-EXPERTS

Benchimol G., Lévine P., Pomerol J-C., *Les systèmes-experts dans l'entreprise*, Hermès, Collection gestion et productique, Paris, 1986.

Bonnet A., Haton J-P., Truong Ngoc J-M, *Systèmes-experts, Vers la maîtrise technique*. InterEditions, Collection IIA, Paris, 1986.

Feingebaum E., Mc Corduck P., *La cinquième génération. Le pari de l'intelligence artificielle à l'aube du 21ème siècle*. InterEditions, Paris, 1986.

Évaluation des systèmes-experts en gestion (Dossier), *Revue Française de Gestion*, n°72, Janvier-Février 1989.

Hart A., *Acquisitions des savoirs pour les systèmes-experts*, Masson, Paris, 1988.

La mise en oeuvre des S.E. et le management des savoirs dans les entreprises américaines. Rapport d'un séminaire itinérant de l'Observatoire du Management Avancé (OMA), Octobre 1986.

Retour D., « Les systèmes-experts », in *Informatique et Société*, PUG, Grenoble, 1988.

Les systèmes-experts dans l'entreprise. Rapport n°60, Fondation Buttler Cox, Février 1988.

Les systèmes-experts en France. BIPE/HERMES, 1989.

De Terssac G., Soubie J.L., « Des experts aux systèmes-experts », *Travail Humain*, Tome S1, n° 2, p. 122, 1988.

De Terssac G., Soubie J.L., Neveu J.P., « Systèmes-experts et transferts d'expertise », *Sociologie du Travail*, n°3, 1988.

BIBLIOGRAPHIE DES AUTEURS

Martine BLANC, sociologue, est chercheur au GIP “Mutations Industrielles”.

Elsie CHARRON, démographe, chargée de recherche au CNRS, travaille au Centre de Sociologie Urbaine. Elle collabore à des recherches en cours au GIP “Mutations Industrielles”.

Michel FREYSSNET, sociologue, Directeur de recherche au CNRS, est Directeur Scientifique du GIP “Mutations Industrielles”.

Martine BLANC

« Nouvelles tendances de l’automatisation: la robotisation dans l’industrie automobile », Thèse de 3ème cycle, Paris VII, 1982.

« L’automatisation, quels enjeux? », *Critique Socialiste*, 1983.

« Les OS derrière la grille », *Travail*, n°2-3, 1983

« Les ateliers flexibles », *État des Sciences et des Techniques*, F. Maspéro, 1984.

« L’automatisation dans une entreprise sous-traitante de l’industrie automobile », CRMSI, Paris, 1984. (en collaboration avec Udo Rehfeldt).

« Tentative de redressement d’E.P.I et de Pérotec-Fonderie », CRMSI, Paris, 1984 (en collaboration avec Annie Dona Gimenez, Christian Palloix, Jen-Claude Thénard).

« L’État et les restructurations d’entreprises en difficulté ». CRMSI, Paris, 1984 (en collaboration avec Udo Rehfeldt, Jean-Claude Thénard).

« Représentations et stratégies du Mouvement Syndical face aux mutations technologiques. France/Allemagne 1914-1939 », CRMSI, Paris, 1986 (en collaboration avec Udo Rehfeldt).

Elsie CHARRON

La répartition de la population, les conditions de logement des classes ouvrières à Paris au XIXème siècle (avec R.H. Guerrand), CSU, Paris, 1976.

« Pratiques quotidiennes de travail. Les ouvriers du textile à El Salvador », *Perspectives Latino-Américaines*, n°2, 1981.

Blanc M., Charron E., Freyssenet M., Le « développement » des systèmes-experts en entreprise, *Cahiers de recherche du GIP « Mutations Industrielles »*, n° 35, novembre 1989, 84 p. Édition numérique, freyssenet.com, 2007, 800 ko.

« Division Spatiale du Travail et automatisation » (avec Michel Freyssenet et Christian Mahieu), CSU-CLERSE, 1984.

« Pratiques de travail et localisation résidentielle des travailleurs. L’habitat urbain des ouvriers agricoles de la côte équatorienne », CSU, Avril 1985, 21 pages.

« La stratégie internationale de Renault depuis 1970 », *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n°29, Janvier 1986, pp. 78-86. Reproduit dans *Problèmes Economiques*, n°1972 du 30 Avril 1986.

« L’évolution des représentations du travail d’entretien du matériel roulant à la RATP: métro et bus » (avec Françoise Imbert), CSU, 1986.

« Fasa Renault: un cas d’internationalisation de la production automobile », *Cahiers du GIP « Mutations Industrielles »*, n°7, Juin 1987, 53 pages.

« Conception des équipements et travail de maintenance », *Cahiers du GIP « Mutations Industrielles »*, (avec Michel Freyssenet et Françoise Imbert), n°30, Mai 1989, 72 p.

Michel FREYSSENET

« Le processus de déqualification-surqualification », CSU, Paris, 1974, 274 p. (réédité en 1975 par la Documentation française sous le titre: *Qualification du travail: tendances et mises en question*, 198 p.; et en 1977 par les Ed. Savelli, Paris, sous le titre: *La division capitaliste du travail*, 221 p.).

« Peut-on parvenir à une définition unique de la qualification? », in *La Division du travail*, Ed. Galilée, Paris, 1978, pp. 79-89, republié in *La qualification du travail: de quoi parle-t-on?* La Documentation française, Paris, 1978, pp. 67-79, et in *Sociologia del trabajo*, Madrid, n°2, Octobre 1979, pp. 53-64.

La sidérurgie française: 1945-1979, Ed. Savelli, Paris, 1979, 241 pages.

« Division du travail et mobilisation quotidienne de la main-d’oeuvre. Les cas Renault et Fiat », CSU, Paris, 1979, 421 pages.

« D’une tentative à une autre: fixer, puis libérer les ouvriers du métier », in *Vie quotidienne en milieu urbain*, *Annales de la recherche urbaine*, C.R.U., Paris, 1980, pp. 25-45.

« Travail et automatisation dans les chemins de fer » (avec Françoise Imbert), CSU, Paris, 1982, 229 pages.

« Division matérialisée et division organisationnelle du travail: le cas du travail d’aiguillage, de signalisations et de régulation dans les chemins de fer », in *Travailleurs du transport et changement technologique*, Imprimerie Nationale, 1983, pp. 161-176.

« Division du travail, taylorisme et automatisation: confusions, différences et enjeux ». in *Le Taylorisme*, La Découverte, Paris, 1983, pp. 321-333.

« The evolution of employment policies at the Regie Nationale des Usines Renault », in « Workforces restructuring Manpower Management and Industrial Relations in the World Automobile Industry ». IIM, Berlin, 1983, pp. 5-41.

« La requalification des opérateurs et la forme sociale actuelle d'automatisation », *Sociologie du Travail*, Dunod, 4/1984, pp. 422-433.

« Les conducteurs confirmés d'unités automatisées », in *Travail et automatisation dans l'industrie automobile, Actes du Gerpisa*, n°2, 1986, pp. 75-93.

« Genèse sociale de choix d'automatisation et d'organisation du travail. Le cas de l'aiguillage dans les chemins de fer », (avec Françoise Imbert), CSU, Paris, 1986, 185 pages.

« Portée et limites de la théorie du rapport salarial fordiste dans le cas du secteur automobile ». Et « Y-a-t-il eu évolution du rapport salarial à la RNUR de 1970 à 1984? », in « Pertinence et limites de la notion de rapport salarial dans le cas du secteur automobile », GERPISA, Paris, 1987, pp. 5-15 et pp. 31-45, tome 1.

« Choix d'automatisation, efficacité productive et contenu du travail », (avec Jean-Claude Thénard), *Cahier de recherche du GIP « Mutations Industrielles »*, n°22, Décembre 1988, 68 pages.

« Conception des équipements et travail de maintenance » (avec Elsie Charron et Françoise Imbert), *Cahier de recherche du GIP « Mutations Industrielles »*, n°30, Mai 1989, 72 p.