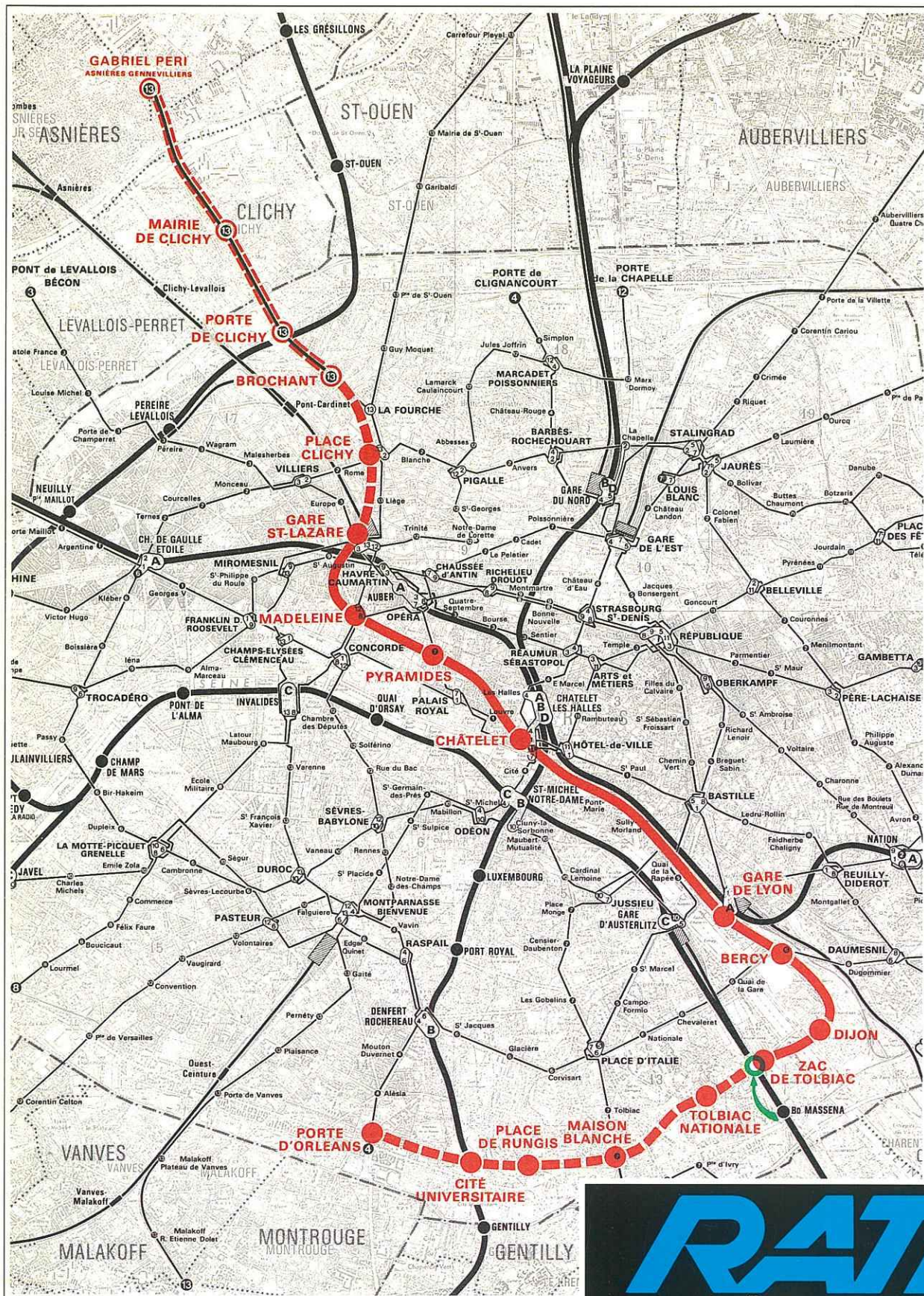




RATP
ÉTUDES · PROJETS

89

octobre - novembre - décembre

Revue éditée par la Régie Autonome des Transports Parisiens

RATP

53 ter, quai des Grands-Augustins
75271 PARIS CEDEX 06

Abonnement pour l'année 1989
FRANCE et ÉTRANGER : 127 F

SOMMAIRE



COMMUNIQUÉ

- **Le projet « METEOR »** 28



LES SYSTÈMES EXPERTS

- *Introduction des systèmes experts à la RATP : les enseignements recueillis par le groupe de travail transversal.* 6
- *Les systèmes experts : risques et avantages d'une technologie nouvelle* 10
- *Systèmes experts et informatique* 16



ACQUISITION ET DIFFUSION D'UN SAVOIR NOUVEAU DANS L'ENTREPRISE : LE CAS DE LA MICRO-INFORMATIQUE

- Deux grandes phases peuvent être identifiées dans le processus de diffusion des connaissances liées à l'usage des micro-ordinateurs à la RATP : d'abord, découverte individuelle, puis émergence d'un dispositif organisé d'institutionnalisation* 22



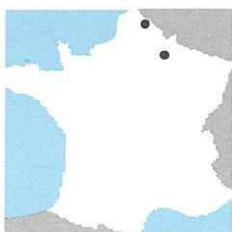
LES ENSEIGNEMENTS DE L'INCENDIE DE LA STATION « KING'S CROSS » DU MÉTRO DE LONDRES

- Dans la soirée du 18 novembre 1987, la station « King's Cross » du métro de Londres a été le siège d'un violent incendie, provoquant la mort de 31 personnes et en blessant de nombreuses autres* 26



NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

- *Rénovation du matériel MP 59* 31
- *Achèvement de la construction du dépôt Belliard* 32
- *Ouverture du musée des sous-stations* 32
- *Exploitation du réseau ferré* 34
- *Exploitation du réseau d'autobus* 35
- *Trafic et service de l'année 1989* 37
- *Vues des travaux en cours* 38



NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE

- *Lille : VAL et tram côte à côte* 40
- *Reims : un projet de tramway* 40



NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER

- *New York : la fin des graffitis* 41
- *Guadalajara : mise en service du métro léger* 42
- *Istanbul : inauguration du métro léger* 43

NOTES DE LECTURE

- *Michel Wieviorka, Sylvaine Trinh : « Le modèle EDF »* 44





LES SYSTÈMES EXPERTS

FACE à l'émergence de l'intelligence artificielle et plus particulièrement des systèmes experts, la RATP a jugé opportun d'évaluer, dans le cadre d'un groupe transversal de recherche piloté par la Mission Recherche, l'intérêt de cette nouvelle technique.

Elle a lancé dans ce but, depuis 1984, un certain nombre d'opérations concernant des activités typiques de ses divers domaines de compétence, tout en mettant en œuvre des modes d'approche diversifiés sur le plan des moyens, mais aussi des méthodes.

Les actions entreprises, bien qu'elles ne soient pas encore toutes parvenues à leur terme, ont permis d'établir un premier bilan, tant au niveau technique qu'économique, social et organisationnel.

La RATP poursuivra, à l'avenir, son effort d'investigation, notamment dans le cadre du Programme national de Recherche et de Développement Technologique des Transports Terrestres (PRDTT), en élargissant son champ et en l'étendant notamment au domaine délicat de la gestion et de la circulation ferroviaire.

INTRODUCTION DES SYSTÈMES EXPERTS À LA RATP

Les enseignements recueillis par le groupe de travail transversal

par **Jean-Paul Richard**, *Inspecteur principal divisionnaire,
chargé de Mission recherche et management des ressources technologiques.*

Missions du Groupe Systèmes Experts

La faveur que connaissent aujourd'hui les systèmes experts a suscité, dans de nombreux secteurs de la RATP, un vif intérêt et quelques interrogations. C'est la raison pour laquelle la Direction générale a confié à un groupe transversal le soin de « se faire une opinion » en la matière et d'étudier les domaines d'application éventuelle des systèmes experts dans l'entreprise. Ainsi, se définit progressivement une politique de recherche et d'expérimentations en la matière, afin de situer les limites techniques actuelles des systèmes experts, leurs champs d'application, et d'évaluer leurs conséquences à moyen et long termes sur les différents acteurs concernés.

À cette fin, plusieurs maquettes sont ou seront réalisées dans différents domaines, au moyen d'approches concurrentes, de façon à explorer les problématiques associées aux différents stades de leur mise en œuvre puis de leur exploitation en ambiance industrielle.

D'ores et déjà, bien que les thèmes envisagés soient très variés, il est possible de rapprocher certains d'entre eux et d'en tirer des domaines d'application :

- dépannage/diagnostic ;
- affectation de ressources (matérielles et humaines) ;
- planification d'actions ;
- conception ;
- ingénierie ;
- mise en œuvre de logiciels complexes ;
- formation/transfert de savoir-faire.

La stratégie actuelle du Groupe

EXPLORER TROIS CHAMPS :

- les systèmes lourds à la carte (Cognitif, Kee, Art...) ;
- les champs des générateurs de systèmes experts (type Nexpert, Guru, etc.) ;
- les champs des systèmes experts dédiés ou transparents (Darwin, Cornelius).

CERNER LES PROBLÈMES TECHNIQUES :

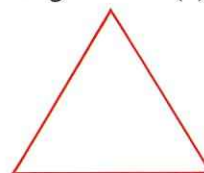
- soit liés au temps réel ;
- soit d'intégration dans une informatique déjà existante.

ANALYSER :

- le triangle classique

Cogniticien (1)

Expert



Utilisateur final

et ses déformations possibles en fonction de :

- la nature de l'expertise ,
 - le profil des experts ,
 - la nature applicative,
- ainsi que le processus de développement amont d'un système expert :
- extraction de la connaissance ,
 - restructuration de la connaissance ,
 - traduction de la connaissance.

FAIRE UN CONTRÔLE EXTERNE :

par l'équipe de M. Freyssenet du Centre de Recherche sur les Mutations des Sociétés Industrielles (CRMSI), des expériences en cours, de leur vécu, de leur opportunité et de leur menace, de façon à mesurer les conséquences, notamment organisationnelles et humaines, de cette nouvelle ressource technologique.

Les premiers enseignements

SUR LE CHAMP 1

Nos expériences nous ont conduits au développement de trois projets :

- deux systèmes *online* temps réels :
 - le système expert lié au DAM (Dispositif d'Aide à la Maintenance) SACEM,
 - le système expert lié au SIAD (Système Intégré d'Aide au Diagnostic) ;
- un système *offline* : RUFUS.

Quelques conclusions sommaires

Pour le système dont le temps de cycle est inférieur à la seconde, l'approche système expert se heurte à des problèmes techniques et ne semble pas pouvoir être retenue de façon classique ; toutefois, des artifices peuvent être utilisés : c'est le cas des arbres précompilés du SIAD.

Ces approches sont réservées à des problèmes complexes pour lesquels l'effet de structuration de l'expertise nécessite un cognitif, des ingénieurs en intelligence artificielle. Leur coût en conséquence est élevé, plusieurs millions de francs, pour obtenir un produit opérationnel, le premier démonstrateur restant toutefois abordable (quelques centaines de milliers de francs).

L'appropriation des boîtes à outils (intelligence artificielle), dans cette gamme d'applications, nécessite des connaissances approfondies, notamment en logique et en informatique. Deux à trois ans semblent nécessaires pour bien posséder les ressources effectives de ces logiciels.

SUR LE CHAMP 2

Une dizaine d'applications sont en cours (autour de Nexpert, Guru, Argument...). Nous aborderons plus particulièrement deux systèmes actuellement opérationnels : ARDI et DEFIBUS.

ARDI

(Aide à la Restauration des Disques Incidentés (2))

Le secteur exploitation des ordinateurs du service de l'informatique (SI) est confronté aux problèmes posés par la nécessité d'intervenir sur les



RATP-Charles Ardillon

ARDI (Aide à la Restauration de Disques Incidentés)

Objectifs

Assister le personnel d'astreinte technique dans la restauration d'incidents sur disques magnétiques, afin d'accélérer la prise de décision en toute sécurité pour les fichiers.

Méthodes et moyens

Maquette développée sur IBM/AT avec NEXPERT-OBJECT. Opérationnel sur Macintosh SE avec NEXPERT-OBJECT et RUN TIME.

Coûts et délais

Maquette financée par SE (Compte Recherche S) : 90 kF. Opérationnel financé par SI : 500 kF.

Maquette : novembre et décembre 1987. Opérationnel : d'avril 1988 à janvier 1989.

Responsables

SI-Exploitation des ordinateurs :

- Joël NICOLAS
- Marie-Cécile WARTEL.

Participation extérieure

EDIA :

- Robert DEMAILLE
- Marie-Christine PINEAU.



RATP-Bertrand Chabrol

DPS 8 de Bercy lors d'incidents impliquant les unités de disques alors que le personnel possédant les compétences requises n'est plus présent. Ceci se produit essentiellement en semaine après 17 h ainsi que le samedi.

Ces interventions sont menées par du personnel d'astreinte (5 personnes) ayant une connaissance

(1) Le cognitif ou ingénieur de la connaissance suscite et traduit les connaissances de l'expert dans un formalisme compréhensible par le système informatique générateur du système expert.

(2) Par comparaison avec le terme « accidenté », le terme « incidenté » s'applique à des anomalies n'engendrant pas de graves dommages.

sûre du système d'exploitation GCOS 8, mais pas nécessairement de connaissance suffisante des contraintes liées à la configuration matérielle et logicielle en vigueur.

Cette situation fait que certains incidents peuvent ne pas être traités au mieux des intérêts de l'exploitation ou bien dans le doute, et afin de ne pas compromettre la sécurité des systèmes, être différés en entraînant ainsi des retards dans l'exploitation.

C'est dans ce contexte que les responsables ont pensé à un système expert. L'opération a débuté en novembre 1987, après une étude de faisabilité positive, et s'est achevée en janvier 1988. La réalisation s'appuie sur le générateur NEXPERT-OBJECT.

D'un point de vue méthodologique, le triangle classique « cognitif-expert-utilisateurs » a été mis en œuvre. Un cognitif appartenant à une société extérieure a construit la base de connaissances par consultation de l'expert principal, en l'occurrence Mme Wartel (SI-Exploitation des ordinateurs), qui suggérait des entretiens avec d'autres experts plus spécialisés lorsqu'elle en ressentait le besoin.

Durant cette phase, le rôle de Mme Wartel était strictement consultatif, la maîtrise du logiciel revenant au cognitif et à la société extérieure.

Enseignements de cette expérience

Les rencontres entre experts ont permis un enrichissement mutuel des connaissances et une meilleure compréhension des problèmes du fait de la nécessité de les formaliser en règles.

Par ailleurs, elle a fait entrevoir la possibilité d'une extension du système à d'autres sites et à d'autres domaines soumis à l'astreinte comme la climatisation et l'alimentation électrique. Une collaboration avec BULL et d'autres exploitants de grands systèmes informatiques est également envisagée.

De plus, il apparaît après les essais de validation auprès du personnel concerné que le gain en sécurité et en délai d'intervention est certain.

Le succès de l'expérimentation a conduit la Direction du service de l'informatique à rendre opérationnel la réalisation du système. Il est entré en exploitation début 1988. Il connaît déjà un prolongement avec le démarrage de la réalisation d'un autre système expert portant sur les problèmes liés à la relance des travaux interrompus.

DEFIBUS

(Diagnostic Électrique et Formation par Informatique sur autoBUS)

Le sujet traité comporte deux volets :

— diagnostics sur les pannes électriques posant problèmes sur autobus de type SC 10 ;

— formation.

L'objectif est d'assister les ouvriers polycompétents dans le cas de pannes mettant en jeu des circuits complexes et de compléter leur formation méthodologique. Pour mener à bien cette opération, les dépôts auront à leur disposition un micro-ordinateur portable qui pourra être placé dans le véhicule en panne. Par un jeu de questions-réponses, le système guide l'ouvrier qualifié dans la recherche des causes de la panne.

A chaque étape du diagnostic, il est possible de faire apparaître des « pages écrans » (schémas ou textes) qui constituent un rappel du cours d'électricité suivi préalablement au Centre de formation de Saint-Maur.

L'opération a débuté en novembre 1987. Ce système est actuellement en service opérationnel au dépôt de la Maltournée. En fonction des résultats obtenus dans ce dépôt, la mise en place du système pourra se faire progressivement dans d'autres dépôts d'une part et, par une extension, sur d'autres types de matériels (R 132 en particulier) d'autre part.

D'un point de vue méthodologique, le triangle classique a été profondément déformé. Le développement a été entièrement réalisé par une équipe interne, constituée de deux formateurs experts et de plusieurs utilisateurs. Une formation au générateur retenu a été dispensée aux deux formateurs.

L'équipe a ensuite développé le système avec un soutien méthodologique d'une société extérieure, non pas sur l'extraction de la connaissance, mais sur les problèmes de restructuration et de traduction de la connaissance.

Enseignements de cette expérience

Cette expérience nous a permis, grâce à la convivialité du générateur retenu, de développer de façon progressive ce système. Les experts ont pris conscience en temps réels que les modèles conceptuels qu'ils utilisaient antérieurement pour traduire leur connaissance, notamment lors de séances de formation, n'étaient pas nécessairement les modèles qu'ils utilisaient effectivement consciemment ou inconsciemment lorsqu'ils se trouvaient en face d'un problème concret à résoudre.

Cette prise de conscience traduit le fait qu'il ne suffit pas d'extraire la connaissance sous forme de connaissance de surface qui traduit le comment, mais qu'il convient d'en comprendre sa structuration, de façon à pouvoir développer une structure d'accueil robuste, qui traduit le pourquoi. L'enjeu est de passer d'un système expert en connaissance de surface à un système expert en connaissance profonde.

Le succès de l'expérimentation en cours d'une part au niveau du personnel, d'autre part au niveau de l'encadrement, a suscité de nombreuses remarques et modifications qui laisse penser que ce type d'approche sera étendue en d'autres dépôts.

Quelques conclusions sommaires

D'un coût d'acquisition réduit (< 50 000 F), ces générateurs sont des outils idéaux pour développer une « approche prototypage ». Leur convivialité, leur potentialité, leur ouverture sur le monde informatique extérieur sont très différents d'un produit à l'autre et leur appropriation est fortement liée au profil de l'équipe chargée du développement, mais aussi à celui des utilisateurs finaux.

Le triangle classique peut être déformé d'une façon intéressante jusqu'à la suppression du cognitif classique, en particulier lorsque l'expertise est morcelable (îlots de connaissance de quelques centaines de règles). Une mini-équipe de deux à trois personnes intégrant l'expert, avec un informaticien ou non, est alors très performante moyennant un support méthodologique externe. Il convient toutefois de remarquer que ces différents acteurs jouent les rôles correspondant à l'approche classique, sans pour autant qu'il y ait une appropriation par ceux-ci d'un rôle sur la durée du projet.

Cette approche, très souple et évolutive dans le temps, permet d'envisager de nouveaux rapports entre utilisateurs, prescripteurs et informaticiens classiques, car elle permet un développement non linéaire de l'expression du besoin ainsi que de sa mise en application, grâce d'une part à la rapidité du développement qui permet une boucle de rétroaction quasi-temps réel, et d'autre part à une conception ouverte qui permet l'approche de problèmes flous dont les contours ne sont pas connus. En ce sens, cette approche rompt avec les principes de base des principales méthodes de développement de projets informatiques.

Toutefois, ces générateurs s'intègrent mal pour l'instant dans les structures informatiques lourdes, préexistantes, et nécessiteront une relecture infor-



RATP-Bertrand Chabrol

CURE

Objectifs

Liquidation d'un dossier de cure thermique, de la demande de l'assuré jusqu'à la phase finale du règlement. Permettre à des agents liquidateurs de régler eux-mêmes des dossiers complexes d'assurance maladie dont le traitement était jusqu'alors confié à des experts. Une version de consultation (RUN TIME) a été mise en place dans les groupes de travail le 17 octobre 1988. D'autres développements sont prévus, notamment par l'apport de bases de données extraites des fichiers informatiques de l'application « Assurances sociales » de la Caisse de coordination.

Méthodes et moyens

Une équipe composée de deux agents de la CCAS, non informaticiens :
— un cognitif, de formation juridique, chargé d'affaires générales ;
— un expert, chargé de la formation des stagiaires et du développement d'un Enseignement Assisté par Ordinateur.
Matériel : IBM/AT3, écran EGA, extension mémoire.
Logiciel : WINDOWS, NEXPERT OBJECT (NEURON DATA).

Coûts et délais

4 hommes-mois, contrat d'assistance EUREQUIP.

Responsables

Jacques BOUSKELHA
Maryline FESTIS
Éric BABILLON.

Participation extérieure

EUREQUIP et
Atelier micro-informatique de SE (occasionnellement).

matique, le prototypage pouvant être considéré dans ce cas comme une phase amont, permettant dans des temps très courts la définition du besoin réel, ainsi que l'approche de certains aspects organisationnels.

SUR LE CHAMP 3

- Indexage automatique de la réglementation du personnel (DARWIN).
- Un système expert sans règle ou objet pour la maintenance au réseau ferré (CORNELIUS).

C'est une voie très prometteuse pour des domaines où la résolution de problèmes, et par conséquent la stratégie du moteur d'infé-

rence (3), ne dépend pas de l'expertise liée au cas étudié dans le domaine. Elle ne nécessite *a priori* aucune connaissance en matière de système expert, celui-ci étant transparent, tout d'abord au développeur, puis ensuite à l'utilisateur.

Conclusion générale

Les progrès réalisés depuis quatre ans ont fait sortir les systèmes experts du stade expérimental pour les propulser dans de nombreux secteurs d'activité. Ils apportent une nouvelle orientation dans l'application de la technologie de l'information dans l'entreprise, car ils diffèrent fondamentalement des outils logiciels connus jusque-là : la logique d'application est dissociée du programme de commande. Ainsi, cette caractéristique et leur structure très novatrice marqueront un véritable

tournant dans l'évolution des logiciels de développement d'applications ; ils modifieront profondément les rapports utilisateurs, prescripteurs, informaticiens.

Leur introduction devra être managée, car comme toute technologie nouvelle, elle recèle des opportunités mais aussi des menaces.

La structure actuellement mise en place vise à créer un pôle de compétences transversal pluridisciplinaire et l'établissement de consensus face aux produits existants sur le marché. Mais, tôt ou tard, une structure d'assistance sera nécessaire pour combler le gap entre les apprentis sorciers d'aujourd'hui et les promoteurs de demain. ■

(3) Le moteur d'inférence est la partie algorithmique du système expert qui conduit le raisonnement en s'appuyant sur les règles qui constituent la base de connaissance.

LES SYSTÈMES EXPERTS : RISQUES ET AVANTAGES D'UNE TECHNOLOGIE NOUVELLE

par Gian Carlo Santilli,

Chef de bureau à la Direction du personnel.

L'ESSOR et le développement des systèmes experts s'est réalisé, dans la seconde moitié des années 80, dans un contexte ambigu car fortement marqué par les débats sur l'intelligence artificielle. Cette « liaison dangereuse » a provoqué, ne serait-ce qu'au niveau de la symbolique, soit un sentiment d'exaltation : première réalisation d'un mythe ancien, une « machine humaine » pour servir l'homme, soit un sentiment de crainte : moyen capable de mémoriser le savoir humain et outil potentiel de remplacement et d'expropriation.

De toute manière, une liaison étroite existe entre intelligence artificielle et système expert, d'une part parce que ce dernier fait partie du champ d'étude de l'intelligence artificielle, d'autre part parce que l'objectif de l'intelligence artificielle est d'élaborer des modèles informatiques à comportements intelligents et, finalement, de

construire une machine imitant, en tout point, le raisonnement humain. Ce qui signifie, et c'est l'essentiel, une approche différente de l'utilisation d'un ordinateur. Nous sommes donc confrontés à un changement technologique majeur impliquant de nouvelles relations dans le rapport homme-machine.

Raisonnement humain et systèmes experts

Les systèmes experts ne sont que des programmes informatiques, ils se situent toutefois à un niveau supérieur car ils peuvent coupler simultanément la mise en œuvre et la transmission du savoir. Aujourd'hui, l'ensemble des chercheurs (Feigenbaum, Mc Corduk, Ernst, Chatain, Dus-sauchoy...) semble s'accorder sur ce constat, ce qui permet de donner une définition de cette

innovation technologique : on définit alors un système expert comme un programme disposant des connaissances nécessaires pour apporter une solution, au même niveau de compétence que l'expert humain, dans un domaine défini. Le système expert est donc conçu pour être capable d'expliquer les modes de raisonnement qui l'ont amené à rejeter ou retenir une solution. On peut alors établir un parallèle avec les experts humains qui acquièrent une compétence et un savoir en puisant soit dans la formation, soit dans la pratique. C'est ainsi que foisonnent des règles, formelles ou informelles, qui en font des « experts ». Les systèmes experts sont donc des machines qui « raisonnent comme » l'homme. Cependant, les guillemets s'imposent car le rapprochement avec le raisonnement humain est limité par deux contraintes. D'une part, le champ d'investigation des systèmes experts est restreint à un domaine étroit de la connaissance, d'autre part, ils ne font que *simuler* le raisonnement humain.

Toutefois, les limites actuelles de cette technologie ne pouvant pas faire oublier les progrès réalisés ces dernières années, permettant aux systèmes experts de sortir du cercle restreint des chercheurs et des laboratoires, dépassant ainsi le stade de l'expérimentation pour se propulser au rang d'outil de production dans de nombreux secteurs d'activité.

Les conditions favorables à la diffusion des systèmes experts

Pour beaucoup d'entreprises, maîtriser et développer les systèmes experts représente aujourd'hui une obligation majeure si elles veulent éviter un décrochage technologique et rester compétitives. Le terrain semble donc favorable et, en tout cas, ouvert à cette technologie. Nous assistons même, dans certaines situations, à une sorte de banalisation et généralisation des systèmes experts qui s'explique à plusieurs titres :

- Les investissements dans le domaine des systèmes experts se sont multipliés, surtout à partir de 1981, date à laquelle le Japon a décidé de réaliser un effort considérable dans le domaine de l'intelligence artificielle en lançant un projet informatique de cinquième génération. Les autres pays développés se sont investis, eux aussi, dans le secteur de la recherche. C'est le cas, notamment, de la France avec les projets soutenus par l'INRIA, de la CEE avec le pôle de recherche d'expérimentations qui se structurent autour des programmes Esprit et Eureka, des projets du



RATP-Gérard Dumax

DEFIBUS (Diagnostic Électrique et Formation par Informatique sur autoBUS)

Objectifs

Comme son nom l'indique, le sujet traité comporte deux volets :

- diagnostic des pannes électriques posant problèmes sur autobus de type SC10 ;
- formation.

L'objectif est d'assister les ouvriers polyvalents dans le cas de pannes mettant en jeu des circuits complexes et de compléter leur formation méthodologique. Pour mener à bien cette opération, les dépôts auront à leur disposition un micro-ordinateur portable qui pourra être placé dans le véhicule en panne. Par un jeu de questions-réponses, le système pourra guider l'ouvrier qualifié dans la recherche des causes de la panne.

A chaque étape du diagnostic, il sera possible de faire apparaître des « pages écrans » (schémas ou textes) qui constitueront un rappel du cours d'électricité suivi préalablement au Centre de formation de Saint-Maur.

Méthodes et moyens

Le développement du système est actuellement en cours sur un IBM/AT3 à partir du logiciel NEXPERT OBJECT TM (NEURON DATA). Les documents de types graphiques (schémas) sont réalisés sur un Macintosh SE.

L'utilisation de DEFIBUS se fera sur un TOSHIBA T 1600 (compatible PC-AT, portable avec écran à cristaux liquides EGA), et avec le logiciel NEXPERT OBJECT RUN TIME TM (NEURON DATA).

Coûts et délais

Le coût de cette réalisation se chiffre actuellement à :

• pour le développement :

- IBM/AT3 équipé d'une carte d'écran EGA, d'une extension mémoire de 4 Moctets, d'un disque de 32 Moctets, avec logiciel WINDOWS : 55 kF.
- logiciel NEXPERT OBJECT : 45 kF.

• pour l'utilisation :

- Toshiba T 1600 avec disque de 20 Moctets : 30 kF.
- logiciel NEXPERT OBJECT RUN TIME : 5 kF.

Coût total de l'opération : 135 kF.

Une extension à la totalité des dépôts coûterait en plus 770 kF.

Les moyens humains nécessaires à cette réalisation se sont élevés à 16 hommes-mois (répartis entre le 1^{er} novembre 1987 et le 15 janvier 1989).

Responsables

Le système expert DEFIBUS a été conçu et mis au point par trois agents de RM-Assistance technique aux dépôts et formation :

- Jacques LE QUERE,
- Philippe GUIRAUD,
- Marc SAUVAT.

Participation extérieure

EUREQUIP (distributeur du logiciel NEXPERT OBJECT).

BMFT en Allemagne fédérale et ceux du programme Alvey en Angleterre.

- Les coûts pour la conception et la mise en œuvre des systèmes experts tendent à se réduire et les investissements réalisés dans ce domaine se justifient largement. Dans les dernières années, se sont développés des supports, ou mieux, des « structures » en mesure d'offrir les moyens nécessaires pour développer un système expert sans être soi-même un informaticien ou un cognitif. Toutefois, il s'agit d'une tendance qui, une fois confrontée à la réalité et aux problèmes du terrain, n'a pas connu un véritable essor. En effet, une alternative semble s'esquisser : soit l'initiateur d'un système expert acquiert les connaissances suffisantes et devient lui-même un cognitif, soit, pour la conception de son produit, il a besoin d'un aide externe.

- La fiabilité des systèmes experts s'accroît avec celle des matériels et elle est de plus en plus éprouvée dans des secteurs extrêmement diversifiés : production, administration, gestion. Les avantages potentiels de cette technologie dépassent désormais les risques ou les craintes qu'une telle innovation pouvait susciter d'un point de vue économique.

Les avantages potentiels des systèmes experts

Un rapport récent de la Butler Cox Fondation fait état des domaines d'application et énumère les avantages potentiels engendrés par les systèmes experts. « Lorsqu'il y a pénurie d'expertise humaine, ce qui peut créer un goulot d'étranglement, les systèmes experts servent soit à reproduire cette expertise, soit à permettre à un personnel moins spécialisé d'entreprendre des travaux qui exigeaient au préalable toute l'attention d'un expert humain » (Butler Cox, 1988). Ce type d'approche vise, on le comprend aisément, une augmentation de la productivité et de l'efficacité. Toujours selon la Butler Cox Fondation, les bénéfices directs tirés des systèmes experts sont évidents surtout dans le domaine de la maintenance puisqu'on arrive à réduire sensiblement les temps d'immobilisation d'un matériel ou d'une installation. Dans le même temps, cette technologie peut aussi être considérée comme un outil de développement car « l'une des caractéristiques essentielles des systèmes experts est leur capacité à faciliter la construction, relativement rapide, d'un prototype sans exiger de spécifications formelles » (Butler Cox, 1988). Cette forme d'utilisation des systèmes

experts est particulièrement riche car elle conduit à un accroissement des compétences des opérateurs. En définitive, les systèmes experts semblent apporter de nouvelles orientations dans l'utilisation des technologies de l'information. Il s'agit, en effet, de « systèmes de savoir-faire » mettant les techniques informatiques et les ordinateurs au service du développement de la connaissance, rendant ainsi possible la résolution de problèmes qui, jusque-là, ne pouvaient être traités que par les hommes. Donc, les avantages que les entreprises peuvent tirer d'une gestion maîtrisée et cohérente des systèmes experts sont nombreux, tant sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif. Toutefois, cette présentation et cette approche, positive et linéaire, d'une innovation aussi significative, ne doit pas faire sous-estimer les risques potentiels et les problèmes spécifiques inhérents à cette technologie.

Les risques possibles

Les systèmes experts, de par leur champ d'application et de par leurs développements possibles dans les années à venir, ne peuvent pas être assimilés complètement à d'autres technologies nouvelles : bureautique, automates programmables, machines-outils à contrôle numérique, etc.

Sur le terrain, dans la pratique quotidienne du travail, on constate que pour nombre d'utilisateurs réels ou potentiels, les systèmes experts sont d'abord sources d'inquiétude. Les premiers travaux de recherche (De Terssac, Soubie, Neveu, 1988 ; Freyssenet, Blanc, Charron, 1989) à ce sujet le confirment et nous proposent des clés de lecture pour mieux cerner une problématique nouvelle et complexe.

Les cas des systèmes experts nous mettent face à un nouveau produit informatique porteur d'une évolution substantielle des modes de production, des relations de travail et de pouvoir, des compétences mobilisées. Ce constat nous amène à réfléchir autour de trois axes.

- Dans l'activité quotidienne de travail, il y a toujours eu une frontière quasi-étanche entre une pratique de travail explicite, codifiée et donc automatisable, et une autre implicite, insaisissable et donc non automatisable. La pratique informelle qui permet de gérer les aléas et les imprévus, ne relève pas de prescriptions détaillées et fait essentiellement référence au savoir-faire et à l'expérience accumulée par les individus. Or, pour réaliser un système expert, le cognitif doit formaliser « toute » l'expertise humaine, celle visible et

donc codifiable, et celle informelle. Mais comment extraire et formaliser un savoir implicite et tout à fait personnel ? « En schématisant un peu, on aurait pu dire que l'intervention humaine commence où finit l'automatisation (...) Cette frontière entre le fonctionnement des automatismes et celui des hommes semble à nouveau mise en question par la génération actuelle de technologies qui s'implantent dans le domaine de la reconnaissance de forme, dans la compréhension du langage ou dans le domaine du traitement des raisonnements » (1).

- Les technologies dérivées de l'intelligence artificielle, qui sont à l'origine des systèmes experts, sont constituées de logiciels fondés sur le transfert de l'expertise humaine. Pour réaliser et réussir ce transfert d'expertise, il faut obtenir *l'objectivation*, c'est-à-dire la mise à plat du savoir humain. Il s'agit d'une tâche ardue car l'opération consiste à formaliser, pour ensuite construire des règles, l'ensemble du savoir, de l'expérience, des pratiques formelles et informelles qu'un individu — et souvent même ceux qui l'ont précédé à son poste — ont accumulées pendant leur vie professionnelle dans l'exécution d'une tâche définie. Une série de questions cruciales sont alors posées : « Les savoir-faire sont-ils formalisables sans appauvrissement ni simplification ? 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 milieux socioculturels et ethniques. Ces deux caractéristiques sont, pour l'instant ou durablement, en contradiction avec la relative pauvreté des formalismes utilisés dans les systèmes experts avec l'exigence d'émiettement et d'isolement du savoir en filots, granules ou atomes, et avec le postulat de l'universalité des règles d'inférence (2). » Tout est-il réductible à un ensemble de règles si nombreuses soient-elles ? Et cette part insaisissable qu'on appelle l'intuition et qui intervient dans certains processus opératoires, comment ne serait-elle pas perdue dans un système expert ?

- Un troisième axe de réflexion concerne le rapport au travail lui-même et plus globalement au système de production. Potentiellement, les systèmes experts peuvent entraîner une plus forte

(1) G. De Terssac, J.-L. Neveu, J.-P. Soubie : « Systèmes experts et transferts d'expertise », *Sociologie du travail*, 1988.

(2) M. Freyssenet, M. Blanc, E. Charron : « Les systèmes experts à la RATP », *Rapport d'étude*, septembre 1989.



RATP-Service RE

QUITUS

Objectifs

L'application a été développée au sein de la RATP au service SI, groupement Systèmes de gestion commerciale. Cette application a été réalisée pour le service du contentieux 2^e division (JC), à la section des Règlements amiables.

L'objectif recherché est l'aide à l'évaluation de la responsabilité de la RATP dans les accidents survenus au réseau routier qui n'ont entraîné que des dégâts matériels. Les perspectives : on pourrait étendre ce système d'évaluation à d'autres sections de la division et à d'autres types d'accidents.

Méthodes et moyens

Le matériel utilisé pour le développement de l'application était un LOGABAX 1600 S (PC de type XT),

Le matériel utilisé pour l'exploitation est actuellement un OLIVETTI M 280 (PC de type AT),

Les logiciels employés sont DECIDEX et ARGUMENT développés et distribués par la Société STRATEMS. Il a fallu six jours et demi d'ingénierie de la connaissance et deux mois de réalisation proprement dite.

Délais

L'expertise a débuté en mai 1988, les premiers tests utilisateurs ont commencé à la mi-juin 1988 et la version complète était opérationnelle en septembre 1988.

Responsable

M. ROUCHY (SI).

Participations extérieures

Un étudiant ingénieur de PARIS IV et la Société STRATEMS.

dépendance de l'homme envers une machine qui se présente sous la forme d'une « boîte noire » que les utilisateurs ne sont pas en mesure de maîtriser. Là où l'homme n'avait qu'un rapport matériel et direct avec l'objet de travail et des machines qui lui obéissaient, il doit maintenant travailler sur une représentation du produit. Ce processus d'évolution peut conduire à une plus grande complexité dans l'exécution de la tâche, au recours à des automatismes supplémentaires et, finalement, à une banalisation du travail ; une forte démotivation est alors à craindre. Ce phénomène n'est pas nouveau, nous l'avons déjà constaté dans la mise en œuvre de différentes technologies modernes, mais, avec les systèmes experts, il risque de se poser avec beaucoup plus d'acuité. Le fait nouveau est que non seulement les mouve-

ments, les gestes, les actions, mais aussi l'intelligence et le savoir de l'homme, sont appropriés et intégrés par le système. Il ne s'agit plus de l'automatisation d'une ou plusieurs tâches, mais d'un processus plus profond : le transfert de savoir-faire de l'expert humain à l'expert machine (le système expert). Toutefois, si l'innovation est profonde, radicale et potentiellement transformatrice pour l'expert humain, l'avenir des systèmes experts est encore ouvert. Au-delà du problème philosophique-ontologique, il y a, plus prosaïquement, le problème du « pouvoir ».

Maîtrise des informations et systèmes de pouvoir

D'abord une définition : qu'est-ce qu'on entend par pouvoir ?

Selon une définition classique, le pouvoir de A sur B est la capacité de A d'obtenir que B fasse quelque chose qu'il n'aurait pas fait sans l'intervention de A. Le pouvoir n'est donc pas lié automatiquement aux possibilités et aux contraintes que peut donner une position hiérarchique supérieure. Il y a des chefs sans pouvoir réel et des individus ou groupes qui ont beaucoup de pouvoir sans avoir une position hiérarchique reconnue et formalisée. Tout cela s'explique car les fondements du pouvoir sont la compétence, la maîtrise des relations à l'environnement, la maîtrise des communications, la connaissance ou la capacité de modifier les règles de fonctionnement, en un mot la gestion du flux des informations. Reprenant une analogie forte entre les « machines » sociales et les « machines » artificielles, on peut considérer le procès de production comme un **processus d'informations** techniques, sociales et économiques, et saisir sa structure comme un complexe d'émetteurs et de récepteurs reliés par des voies de communication s'appuyant sur des informations. Donc, le savoir et la maîtrise des informations représentent dans toutes les phases et à tous les niveaux du cycle de production un enjeu crucial pour l'ensemble des acteurs présents.

Les technologies nouvelles, et les systèmes experts encore plus, interviennent directement dans ce processus déterminant une délocalisation du savoir et, donc, une remise en cause du pouvoir. Cette évolution, nous la constatons déjà si on analyse le « parcours » du circuit des informations dans le cadre du traitement de technologies complexes. Deux axes nous permettent de saisir le processus de transformation :

— *axe horizontal* : on passe d'un **cercle ouvert** où les informations entrent et sortent avec une relative facilité à un **cercle fermé** où un nombre réduit d'opérateurs est capable de traiter et de connaître le parcours des informations ;

— *axe vertical* : on constate une évolution dans le traitement et la maîtrise des informations, du bas de la structure hiérarchique vers le haut ; ce mouvement semble s'affirmer seulement dans sa phase ascendante et pas dans celle descendante, ce qui produit un cloisonnement dans la circulation des informations.

Cette situation peut donner lieu à la naissance et à la stabilisation d'une nouvelle **hiérarchie informelle**, fondée sur le contrôle et la gestion du processus informationnel, et opposée à la hiérarchie formelle qui risque de perdre une partie de son pouvoir car elle maîtrise de moins en moins l'information.

Pour une gestion maîtrisée des systèmes experts

Face à ce puissant processus d'innovation, porteur de changements et d'avantages potentiels, mais aussi soumis à un possible échec social, organisationnel et technique, quelle doit être l'attitude d'une entreprise ?

Les systèmes experts ont fait preuve de leur fiabilité, et l'essor connu actuellement par cette technologie, dans tous les secteurs, en est la confirmation. Dans le même temps, les systèmes experts s'inscrivent dans l'extraordinaire processus de développement technologique de cette fin de siècle. Toutefois, ce processus, compte tenu des enjeux économiques, sociaux et organisationnels, demande à être maîtrisé.

La gestion des systèmes experts, aujourd'hui, se doit de sortir d'une pratique d'apprenti sorcier et suivre une approche industrielle capable d'intégrer, à côté de la performance technique, tous les autres paramètres essentiels à la bonne gestion d'une innovation technologique dans une entreprise. Trop souvent, dans de multiples circonstances, nous pouvons constater qu'on parle beaucoup de technologie et de stratégie, mais on ne sait guère parler d'organisation, de communication, de mise en œuvre, questions parfois rangées parmi les vulgaires détails d'intendance. Il est nécessaire, donc, de disposer d'une solide méthodologie pour gérer la phase de conception et celle d'introduction des systèmes experts. Pour aider à concevoir cette méthodologie, voici quelques

lignes directrices qui se fondent sur une condition préalable et cinq systèmes de référence.

LA CONDITION PRÉALABLE

La conception d'un système expert par une équipe composée essentiellement de cognitivistes ou d'informaticiens, souvent étrangers au secteur et/ou à l'entreprise, selon une démarche fonctionnelle, relève d'une logique d'exclusion et fait du système expert un outil déqualifiant. Au contraire, les études et l'expérience indiquent que le travail de conception doit se faire en associant, dans la même équipe, les concepteurs et les futurs utilisateurs, car la matière première des systèmes experts est le savoir, donc l'expertise humaine accumulée dans le contexte concret de travail. Une fois objectivée et traduite en règles sous la forme d'un système expert, ce savoir sera à nouveau disponible sur le terrain, dans les ateliers et les bureaux. L'objectif de cette démarche capitale est double : d'une part, éviter de créer un fossé entre ceux qui « conçoivent » et ceux qui « exécutent » ; d'autre part, s'assurer que la transmission du savoir se fasse d'une manière globale, intégrant aussi les pratiques informelles, et qu'elle ne devienne pas une expropriation. La participation des futurs utilisateurs à l'équipe de conception permettra aussi de construire une interface réelle homme-système pour que ce dernier ne soit pas une « boîte noire » mais un outil interactif. Il s'agit évidemment d'un objectif, des difficultés réelles pour réussir cette intégration peuvent encore subsister, mais c'est une étape obligée à franchir si nous voulons que les systèmes experts ne soient pas un outil potentiellement déqualifiant mais un moyen supplémentaire pour développer de nouvelles compétences, un nouvel intérêt au travail et une plus grande efficacité.

LES CINQ SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE

La pratique de cette méthodologie, mise en œuvre dès la phase de conception du produit, peut favoriser une adéquation entre les ressources humaines, les potentialités du système et une gestion prévisionnelle de l'innovation. Cette adéquation peut se réaliser autour de cinq axes que nous avons appelés systèmes de référence :

- *système organisationnel* : il s'agit de prévoir l'impact des systèmes experts et, le cas échéant, de modifier l'organisation et redéfinir les fonctions (cette étape doit s'accompagner d'une analyse stratégique des acteurs concernés) ;
- *système économique* : il s'agit de fixer, là où c'est possible, des objectifs à atteindre en termes de rentabilité et productivité et, dans le même



RATP-Bruno Marguerite

GUIDE D'INCIDENT DU PMCI (Poste de Manœuvre à Commande Informatique de Villejuif ligne 7 du métro)

Objectifs

Interface experte homme-machine d'aide à l'exploitant du poste de manœuvre de signalisation du terminus, sous forme de messages interactifs indiquant les opérations à effectuer pour traiter un incident de signalisation. Développement d'une maquette fonctionnant en temps réel ayant pour objectif l'évaluation de cette interface experte aussi bien pour ce qui concerne la base de connaissance (mise au point et validation), que l'ergonomie, les temps de réponse, la facilité de communication du système expert avec le monde extérieur et sa capacité à traiter l'ensemble des règles.

Cette version constitue l'essentiel du produit final qui pourrait être installé en exploitation.

Méthodes et moyens

Matériels

- pour le système expert : IBM/PC AT avec écran EGA, extension mémoire de 2 Moctets, 2 interfaces série,
- pour simuler le PMCI : micro-ordinateur type PC,
- pour la console opérateur : terminal semi-graphique AFIGRAF et moniteur couleur 19" équipé d'un écran tactile.

Logiciels

- Windows 1.03.
- NEXPERT OBJECT versions de développement 1.00 et RUN TIME.
- Logiciels d'interface de communication temps réel avec Nexpert-Object versions de développement et run time.
- Logiciel de simulation PMCI.

Coûts et délais

Coûts

- Externe : 470 kF.
- Interne : 23 hommes-mois.

Délais

- Début : fin 1986.
- Fin prévue : début 1989.

Responsables

MM. COINEAU et PREVET (TT - Systèmes de signalisation et de conduite).

Participations extérieures

Développement des logiciels d'interface de communication par la Société SINFOR, sous-traitant d'Alstom. Suivi des différentes phases de l'élaboration du guide d'incident et de sa mise en place par le CRMSI (Centre de Recherche sur les Mutations des Sociétés Industrielles).

temps, d'établir des outils de mesure pour évaluer les retombées de l'innovation ;

— *système social* : il s'agit de prévoir les évolutions possibles en termes de qualification et compétences et, le cas échéant, d'envisager les actions de formation nécessaire ;

— *système technique* : il s'agit d'assurer la maîtrise, la fiabilité et la convivialité du matériel utilisé ;

— *système de communication* : il s'agit de préparer le terrain, de garantir la circulation de l'information, de mettre en œuvre tous les moyens pour favoriser la concertation, la mobilisation du personnel et réussir le changement.

Conclusion

Les systèmes experts représentent une technologie en devenir, ils cachent des potentialités encore à explorer et dont nous mesurons, sans doute, encore mal l'ampleur. Toutefois, le simple fait que la matière première des systèmes experts n'est pas le charbon, ni l'acier, ni les matériaux composites ou l'énergie nucléaire, que leur mode de fonctionnement simule et donc reproduit, en partie, le raisonnement humain, nous situe dans un autre environnement que celui de la simple automatisation. Dans les années à venir, et l'essor actuel le prouve, les systèmes experts auront de plus en plus de place dans les entreprises et

toucheront tous les secteurs, qu'il s'agisse de maintenance, d'exploitation, de gestion ou d'administration. Nous devons nous préparer à cette échéance car la réussite des systèmes experts relève essentiellement de nos capacités de management et de maîtrise globale de cette technologie. L'analyse d'un certain nombre de situations de travail montre qu'il n'y *pas de déterminisme de la technologie*.

Ce n'est pas la technologie seule qui détermine et fait évoluer le travail, les métiers, les organisations. Les mêmes technologies ne produisent pas les mêmes effets, tout dépend du système d'organisation qui sera mis en place. « L'impact des systèmes experts sur le travail dépend des modalités de leur insertion dans une organisation et, en particulier, de la nature des objectifs qu'ils sont censés remplir et de la structure des tâches dans laquelle ils sont insérés : il s'agit d'un produit informatique qui n'est qu'un outil parmi d'autres, mais dont les conséquences varient selon les logiques d'utilisation » (3).

Nous avons aujourd'hui l'avantage, par rapport aux « pionniers » de la fin des années 70, de mieux connaître *la nature* des technologies nouvelles ; nous disposons d'un savoir et d'une pratique méthodologique qui peuvent nous permettre de maîtriser globalement un processus de changement. ■

(3) G. De Terssac, J.-L. Neveu, J.-P. Soubie, op. cit.

SYSTÈMES EXPERTS ET INFORMATIQUE

par Daniel Robillard,

Inspecteur principal à la Direction des systèmes d'information et de l'organisation.

POUR savoir ce qu'est un système expert, d'un point de vue purement technique (représentation des connaissances, moteur d'inférences...) vous pouvez vous reporter à l'abondante littérature qui existe sur le sujet, et notamment à l'article paru dans le numéro d'avril-mai-juin 1985 de notre revue (1). Aussi nous n'y reviendrons pas. Nous examinerons plutôt l'évolution de cette technique depuis qu'elle a quitté le domaine de la recherche pour devenir opérationnelle.

Évolution depuis cinq ans

Il y a environ cinq ans, lorsque l'ensemble de la presse (spécialisée comme grand public) a commencé à parler de systèmes experts et, plus généralement, d'intelligence artificielle, beaucoup ont vu dans cette technique le moyen de faire entrer l'informatique dans des domaines jusqu'alors pré-

(1) D. Robillard : « Les systèmes experts ».

servés et ont imaginé des applications ambitieuses susceptibles d'un impact social conséquent. On a ainsi pensé pouvoir mettre le diagnostic médical, l'expertise judiciaire, l'expertise financière, etc., à la portée de tous. Il faut se rendre à l'évidence que rien de tout cela n'est arrivé à ce jour et que les spécialistes sont pessimistes quant à la réalisation de telles applications à court terme.

En fait, comme souvent lorsqu'apparaissent de nouveaux outils ou de nouvelles techniques, l'évolution suit des voies sensiblement divergentes de celles qu'on avait imaginées. Pour l'anecdote, rappelons que les premiers micro-processeurs ont été conçus pour réaliser des automates en remplacement de la logique câblée. Leurs concepteurs étaient loin d'imaginer que des « bricoleurs » allaient faire de ce composant le germe d'une véritable révolution : l'informatique individuelle. Cette dernière n'était prévue par les futurologues des années 70 au plus tôt que pour la fin du siècle.

Pour les systèmes experts, il y a d'abord eu changement d'échelle et de nature des systèmes informatiques. Ayant tout d'abord constaté que les ordinateurs classiques étaient mal adaptés au traitement symbolique requis par l'intelligence artificielle, puisque conçus pour traiter essentiellement des nombres et accessoirement des chaînes de caractères, on a conçu de nouvelles machines dont le processeur était capable de manier rapidement des symboles. Ces machines ont, en fait, été réalisées pour offrir un support efficace au langage LISP (2) car, pour les chercheurs en intelligence artificielle (principalement aux USA), il était évident qu'hors de LISP, point de salut. Ces systèmes, appelés « machines LISP », étaient capables de hautes performances et bien adaptés à la recherche et au développement d'applications complexes, mais coûteux et fragiles et, par conséquent, inadaptés à leur exploitation dans un contexte opérationnel.

On s'est rendu compte, d'une part, que la puissance des « machines LISP » n'était présentement d'aucun recours pour aborder les applications d'intelligence artificielle complexes (compréhension du langage naturel...) car on avait sous-estimé l'ampleur de la tâche sur les plans théorique et méthodologique ; d'autre part, que cette puissance était excessive pour exploiter des systèmes experts, pour lesquels les méthodes de représentation des connaissances usuelles se satisfont d'une architecture classique des processeurs, compte tenu de la

(2) LISP : un des tout premiers langages spécialisés dans le traitement symbolique.



RATP-Bertrand Chabrol

Diagnostic de pannes sur MF 77

Objectifs

S'approprier et diffuser la connaissance des experts en dépannage en vue d'une meilleure efficacité de maintenance.

L'utilisateur développe son outil de dépannage au moyen d'un système expert spécifique.

Évaluer les éventuelles possibilités didactiques au travers de la documentation consultable sur le système.

Avenir du projet

Poursuivre l'expérimentation.

— en particulier sur la fonction traction du MF 77 ;

— en améliorant l'ergonomie du poste de travail, en particulier en utilisant un terminal portable ;

— en effectuant un bilan lorsque l'application aura un développement significatif et que différents acteurs de la maintenance auront pu tester le dispositif.

Méthodes et moyens

Utilisation du système expert dédié maintenance Cornélius. Compatible PC portable adapté à l'ergonomie du poste de travail.

Spécialiste de systèmes expert (FR-Méthodes et organisation).

Coûts et délais

HARD + SOFT + formation :

180 kF.

Interne : 3 hommes-mois RATP environ.

Responsables

MM. BEGU, BORDENAVE.

faible profondeur de raisonnement généralement engendrée par ces applications.

Constatant enfin que le principal frein à la diffusion des applications d'intelligence artificielle était la couche logicielle LISP, certains se sont mis à développer des outils de développement de systèmes experts (générateurs) qui bien que souvent prototypés en LISP, ont été réécrits dans des langages généraux compilés (C, PASCAL) portables sur tous types d'environnement informatique y compris, et surtout, sur les micro-ordinateurs.

Ceci a rendu possible l'acquisition de générateurs de systèmes experts à des coûts raisonnables (4 à 40 milliers de francs). Avec de tels générateurs mettant en œuvre des représentations des connaissances élémentaires (règles de production,

moteurs d'ordre 0) ou plus élaborées (logique des prédicats, représentation « objet »), tout possesseur de micro-ordinateur est devenu capable de s'essayer au développement de systèmes experts, seul ou avec une aide.

C'est ainsi que de nombreuses réalisations ont pu être annoncées, et qu'on a vu fleurir une offre démesurée aussi bien de générateurs (plus de 70 en 1987 selon une revue spécialisée) tournant presque tous sur micro-ordinateur, que de services en assistance et développement. Parmi les nombreux générateurs recensés, beaucoup se ressemblent et ont parfois les mêmes origines. Ils ne diffèrent que par des détails fonctionnels mineurs. Après avoir laissé quelques précurseurs essayer les plâtres, pratiquement toutes les Sociétés de Service et de Conseil en Informatique (SSCI) ont aujourd'hui inscrit à leur catalogue de compétences la réalisation de systèmes experts.

On n'imaginait pas il y a cinq ans que la montée en puissance des microprocesseurs ainsi que l'accroissement des capacités mémoires permettrait si rapidement de traiter sur de banals ordinateurs individuels des problèmes qu'on ne pensait pouvoir confier qu'à de « super machines ». Attention toutefois, cela ne doit pas faire illusion, car si cela traduit un changement d'échelle dans la puissance de traitement, il s'est surtout produit un changement de nature des problèmes abordés, changements orientés fortement à la baisse quant à la complexité.

En fait, il y a eu détournement d'outil dans la mesure où les programmeurs ont vu dans les générateurs de systèmes experts un nouvel outil de programmation offrant plus de souplesse que les langages classiques. C'est pourquoi beaucoup de systèmes ainsi développés sont dits « experts » uniquement parce qu'ils ont été réalisés avec des générateurs initialement conçus pour faire des systèmes experts, alors que « l'expertise » qu'ils contiennent n'est que la traduction sous forme de règles de problèmes d'informatique ordinaire.

Il ne faudrait pas pour autant penser que l'intelligence artificielle a régressé. Les recherches sur les machines spécialisées se poursuivent, notamment avec des architectures originales comme les réseaux neuro-mimétiques, conjointement aux recherches théoriques sur ce qu'est la connaissance et comment la représenter.

Comment faire un Système à Base de Connaissance (SBC)

Le domaine d'application étant déterminé, il faut choisir le mode de représentation des connaissances le plus approprié, puis le langage ou le générateur qui le met en œuvre.

Généralement, en raison du taux d'incertitude existant sur la validité des choix initiaux, on procédera à la réalisation d'une maquette ou « démonstrateur » portant sur un sous-ensemble du domaine.

LOGICIEL

On peut, en principe, réaliser un système expert avec n'importe quel langage de programmation. Toutefois, certains s'y prêtent mieux (LISP, PROLOG) dans la mesure où ils ont été conçus pour le traitement logique et symbolique. D'autres (COBOL, FORTRAN...) sont carrément inadaptés à cette tâche.

Même en utilisant un langage approprié, la création d'un système expert implique de la part de son réalisateur une compétence théorique et pratique encore peu répandue. C'est pourquoi on préfère utiliser des progiciels appelés « générateurs » (shells) dont il existe plusieurs dizaines de modèles sur le marché et dont quelques-uns sont spécialisés pour un type d'expertise (par exemple : diagnostic de pannes).

Ces générateurs peuvent être regroupés en classes selon le type de logique qu'ils mettent en œuvre et les stratégies qu'ils appliquent. Le problème du choix d'un générateur repose sur la prise en compte de nombreux critères que nous ne détaillerons pas ici. Citons seulement trois points importants :

- les aides au développement (analyse de cohérence, visualisation des arbres, références) ;
- les possibilités de liaisons avec d'autres applications (SGBD, tableurs, images, sons, etc.) soit au niveau exécutif, soit par communication de fichiers structurés ou non ;
- les environnements sur lesquels ils tournent tant en développement qu'en exploitation (RUN TIME).

TRANSFERT D'EXPERTISE

La connaissance d'un domaine peut se traduire par l'ensemble des savoirs acquis par la formation, l'éducation, l'apprentissage, la pratique, l'expérience.

Une base de connaissance s'élabore à partir de trois ensembles de connaissances :

- des faits appris ou découverts qui peuvent être fondés sur une documentation plus ou moins riche et claire (documents techniques, textes réglementaires) ;
- un raisonnement dont la logique sous-tendue peut venir aussi bien de l'expérience de l'expert que de l'interprétation des documents dont il dispose ;
- une part de « savoir-faire » plus ou moins difficile à expliciter et donc à formaliser ; cette partie est la plus délicate à prendre en compte et son importance relative à l'ensemble de la connaissance donne la mesure de la difficulté de réalisation du système.

Même si certaines sociétés de service mettent en avant « leur méthode », il n'existe pas actuellement de méthode d'analyse et de transfert des connaissances d'un expert dans un système informatique.

Par ailleurs, si certains problèmes, tel le diagnostic de pannes, sont dès à présent bien pris en charge par les systèmes experts (cela a conduit à la création de générateurs spécialisés dans ce type de problème), d'autres, notamment dans le vaste espace de la gestion et de l'aide à la décision, sont plus délicats à appréhender et ont le plus grand mal à percer.

De plus, et c'est particulièrement vrai en gestion, ils doivent prendre en compte des schémas d'organisation complexes recouvrant plusieurs domaines de compétences dans lesquels les pratiques sont souvent héritées de situations non maîtrisées et de ce fait difficilement formalisables.

Quand et pourquoi un système expert ?

Les systèmes experts ont trop souvent été présentés comme le moyen de résoudre rapidement des problèmes pour lesquels l'informatique classique n'offre pas de solution acceptable soit en terme de délai de réalisation, soit en terme de qualité de service.

Or, s'il est effectivement possible de construire une maquette de SBC en quelques semaines, le passage au système opérationnel prenant en charge la quasi-totalité du domaine d'expertise, d'une ergonomie acceptable par l'utilisateur et s'intégrant dans l'organisation hôte, nécessite plusieurs mois de développement.

Si le maquettage d'applications informatiques a longtemps été négligé, il ne faut pas tomber dans l'excès inverse qui consiste à ne produire que des réalisations qui, certes, peuvent être spectaculaires mais resteront sans lendemain.



RATP-Bertrand Chabrol

L'usinage des roues

Objectifs

Établir une méthodologie d'entretien des roues métalliques réalisant l'adéquation entre usinage minimal et respect des normes géométriques.

Méthodes et moyens

Utilisation du générateur de systèmes experts NEXPERT OBJECT sur compatible PC.

Un groupe de travail RATP (FR-Groupement Coopération technique, Infrastructures et équipements d'ateliers, Méthodes et organisation) composé d'experts en usinage des roues et de spécialistes de systèmes experts.

Coûts

HARD + SOFT : 80 kF.

Interne : 4 hommes-mois RATP.

Responsables

MM. BEGU, BORDENAVE.



RATP-Joël Thibaut

Intégration dans l'informatique

Actuellement, les SBC sont encore relativement isolés de l'informatique traditionnelle tant pour leur développement que pour leur utilisation et leur champ d'application. Toutefois, la nécessité d'une intégration est ressentie depuis longtemps et fait l'objet de travaux sur le plan de la méthode et des moyens matériels et logiciels.

Or, les outils de développement d'applications d'intelligence artificielle se rencontrent essentiellement sur micro-ordinateurs, stations de travail, ou mini-ordinateurs, mais peu ou pas sur les systèmes couramment utilisés pour les applications importantes de gestion. D'où la difficulté actuelle

de faire tourner une application mettant en œuvre de l'intelligence artificielle sur ces systèmes.

Parfois, la difficulté est contournée en connectant des matériels impliqués dans ces applications, avec toutes les contraintes techniques et financières qu'impliquent de telles solutions. Plus souvent, l'application restera au stade de maquette en attendant des jours meilleurs.

Futur de la technique « système expert »

Après avoir été isolés puis reliés au reste de l'informatique, on peut penser que les SBC vont progressivement s'y intégrer. Ceci parce que les moyens logiciels spécifiques de l'intelligence artificielle, parfois allégés, vont venir enrichir la panoplie d'outils de développement des informaticiens et que ces derniers auront reçu la formation nécessaire à leur mise en œuvre.

COMPLÉMENT A L'INFORMATIQUE

Dans un premier temps, il s'agira de modules complémentaires aux applications traditionnelles autorisant une informatisation de certaines fonctions nécessitant une certaine « intelligence » que les méthodes anciennes ne pouvaient reproduire.

REMPLACEMENT DE LA PROGRAMMATION TRADITIONNELLE

Dans un second temps, il est probable que des pans entiers des applications seront délibérément développés en SBC en raison des facilités que cette technique offre aussi bien en rapidité qu'en maintenance. Il en sera vraisemblablement ainsi de certaines applications de nature essentiellement qualitative et fortement combinatoire, jusqu'alors difficilement traitées par les méthodes de la recherche opérationnelle.

Systèmes experts ou programmation par règles ?

En se référant aux critères généralement admis pour justifier le recours au système expert, à savoir, entre autres, l'absence d'algorithme, la connaissance diffuse et peu structurée, des informaticiens de gestion semblent penser qu'un système expert serait la solution idéale aux problèmes pour lesquels l'informatique traditionnelle n'offre pas de solution satisfaisante.

Ainsi, la tendance est de vouloir appliquer l'intelligence artificielle aux problèmes réputés

inextricables. Or, s'il est vrai que les outils de l'intelligence artificielle permettent d'envisager ponctuellement des solutions à certains problèmes, bien peu de gens sont capables de les maîtriser suffisamment pour être en mesure de proposer des réalisations solides et opérationnelles.

Pour certains problèmes, le recours au système expert se justifie pleinement. C'est typiquement le cas du diagnostic en général et de la panne en particulier, qui met en œuvre des connaissances pratiques souvent fort éloignées du savoir théorique et de la documentation technique. A ce titre, on peut dire qu'il existe une expertise.

Par contre, quand il s'agit de traiter des informations numériques ou symboliques en application de règlements strictement définis bien qu'engendrant une complexité combinatoire importante, on est en droit de se demander où est l'expertise. En effet, ces problèmes peuvent être résolus (et l'ont parfois été) avec les moyens de l'informatique traditionnelle. Or, c'est dans ces domaines que beaucoup de réalisations sont rapidement développées.

D'aucuns vont plus loin en demandant où est l'intelligence artificielle dans ce type d'application ? La réponse est simple : il n'y en a pas. En effet, comment pourrait-on introduire de l'intelligence artificielle dans un secteur où le traitement de l'information suit un processus systématique et automatique et où il n'y a donc pas d'intelligence naturelle ?

Dans ces derniers cas, il paraît donc abusif de parler de systèmes experts bien que les outils informatiques employés soit les mêmes. Il s'agit en fait de « programmation par règles » dont la justification réside essentiellement dans la souplesse de mise en œuvre permise par la plupart des générateurs à base de règles de production.

Cette situation découle de l'évolution des techniques de programmation que l'on peut découper en trois époques :

- 1 — les applications étaient entièrement définies par les *procédures* (le code de programmation), les données n'étaient porteuses d'aucune information nécessaire au traitement (variables scalaires, fichiers séquentiels) ;
- 2 — l'apparition des bases de données structurées, des langages tel LISP en traitement symbolique ou APL en calcul, qui permettent de manier des données multidimensionnées et, enfin, des outils comme les tableurs, ont permis de réduire le code en reportant dans la structure des données

une partie importante de l'information de traitement ;

3 — les moteurs d'inférences renforcent encore cette évolution puisqu'avec eux ce sont les données qui implicitement contiennent le code de traitement ; il s'agit de programmation *déclarative* ; le moteur d'inférences devient un programme universel indépendant de la nature du problème traité (par exemple : PROLOG).

L'étape ultime sera vraisemblablement la programmation *descriptive* dans laquelle les « objets » du domaine d'application et les actions (procédures) à leur appliquer seront décrits au moyen d'un langage proche de la langue naturelle. ■



RATP-Gérard Dumax

DARWIN

Objectifs

L'objectif consiste à mettre à la disposition des utilisateurs gestionnaires de personnel et des responsables hiérarchiques une banque de données de la réglementation du personnel, celle-ci étant directement accessible par micro-ordinateur à travers le réseau RACINE ou le réseau commuté. Le système est doté du linguisticiel spécifique DARWIN, qui permet une consultation directe (pas de langage complexe d'interrogation à maîtriser, pas de thésaurus) et aisée (multifenêtrage, assistance en ligne, temps de réponse rapides).

Méthodes et moyens

Le service PR a tout d'abord expérimenté une maquette, enregistrée sur disquettes, comprenant une partie de la base de données. Cette version a été mise en consultation auprès de onze utilisateurs représentant les principaux gestionnaires et spécialistes de la réglementation dans différents services et directions. La maintenance et l'assistance ont été assurées par le service SE. Fin avril 1988, les consultants ont fait part de leurs expériences et de leurs remarques en vue d'adapter le linguisticiel aux nécessités de la RATP et de préparer ainsi l'étape de développement. Il est interrogeable sur compatible PC à travers le réseau interne RACINE.

Délais

1988 : *Version expérimentale*

Maquette représentant 500 pages de la réglementation.

1989 : *Extension et développement*

Constitution de la base de données réglementaire ainsi que sa gestion.

Responsable

Mme CHRETIEN-RIVAUD (PR).

Participations extérieures

Informaticiens de la Société CORA.

ACQUISITION ET DIFFUSION D'UN SAVOIR NOUVEAU DANS L'ENTREPRISE

Le cas de la micro-informatique

par Hamid Bouchikhi,

Centre de Recherche en Gestion de l'École Polytechnique.(1)

LA question des modalités de développement et de diffusion de nouveaux savoirs dans les entreprises se pose avec insistance depuis quelques années. Chercheurs et dirigeants s'accordent pour penser que, dans un environnement hautement turbulent, les entreprises qui possèdent en leur sein des conditions favorables à l'apprentissage de nouveaux savoirs, ou nouveaux métiers, prospèrent plus facilement que les autres (2).

Plutôt que de vouloir argumenter cette thèse, le présent article se propose de rendre compte des principaux moments du processus de diffusion des connaissances liées à l'usage des micro-ordinateurs à la RATP. L'auteur s'appuie sur des matériaux d'observation recueillis à l'occasion d'une recherche-action (3) menée à la Direction des systèmes d'information et de l'organisation.

Les deux moments du processus de diffusion du savoir micro-informatique dans l'entreprise

L'observation attentive du processus de diffusion des compétences micro-informatiques permet d'identifier deux grands stades caractérisés, chacun, par des modalités particulières de diffusion de ce nouveau savoir parmi le personnel de l'entreprise.

Stade 1 : la découverte individuelle

La fin des années 70 et le début de notre décennie ont coïncidé avec l'entrée en force du micro-ordinateur sur le marché de l'informatique. À ce moment-là, il s'est trouvé à la RATP des individus qui s'y sont d'abord intéressés dans leur sphère de vie familiale. Ils ont, dans leur majorité, acquis un micro-ordinateur et se sont lancés dans l'apprentissage de son utilisation.

À ce stade, les personnes engagées dans l'acquisition de micro-ordinateurs et du savoir correspondant à leur utilisation travaillaient dans différents services de l'entre-

prise et ne se connaissaient pas. Mais ils avaient en commun quelques traits socio-culturels qui allaient favoriser ultérieurement leur rencontre.

Il s'agissait, en effet, d'une population de cadres moyens issus de la promotion interne et d'agents de maîtrise dont l'âge se situait entre 25 et 40 ans. Ils étaient soit des techniciens habitués à utiliser des machines à calculer programmables ou des employés administratifs attirés par la technique. Cette caractéristique s'explique sans peine si on se rappelle que l'usage de la première génération de micro-ordinateurs supposait un minimum de connaissances en programmation à l'aide du langage Basic.

Après une première période de découverte et d'apprentissage de la micro-informatique dans la sphère familiale, les individus concernés ont, en général, réussi à convaincre leurs supérieurs hiérarchiques de l'intérêt d'acheter un micro-ordinateur (de même type que celui qu'ils possédaient déjà) pour des applications professionnelles. C'est ainsi qu'un processus d'acquisition d'un savoir nouveau amorcé, de manière spontanée, par un petit nombre d'individus dans la sphère privée, allait avoir des prolongements dans leur sphère de vie professionnelle.

À la RATP, c'est donc une population bien particulière qui a

(1) 1, rue Descartes, 75005 Paris.

(2) CESMA : « Les six vérités des entreprises qui réussissent », *Harvard-L'expansion*, n° 33, 1984, p. 74-80.

(3) Cette recherche-action a débouché sur la rédaction d'une thèse de doctorat soutenue par l'auteur en juillet 1988 à Paris-Dauphine sous le titre : « Éléments d'une approche constructiviste des structures organisationnelles : cas de la structuration d'un champ de la micro-informatique à la RATP ».



RATP-Charles Ardailon

joué le rôle de vecteur d'acquisition de ce nouveau savoir micro-informatique qui se développait dans l'environnement de l'entreprise. Pour quelles raisons cette population a-t-elle agi ainsi et qu'est-ce qui a favorisé un tel engagement ?

Les raisons qui ont incité les premiers « pionniers » de la micro-informatique à s'engager dans l'apprentissage de cette nouvelle technologie sont diverses. Nous n'en citerons que celles qui nous semblent avoir joué un rôle important. Il faut souligner que les perspectives de carrière pour les cadres moyens issus de la promotion interne et pour les agents de maîtrise sont limitées. Les premiers ont peu de chances d'accéder à des postes de responsabilité importants. Ceux d'entre eux qui se sont engagés dans la micro-informatique étaient à la recherche d'un espace d'autonomie. Les agents de maîtrise, quant à eux, auront de moins en moins d'opportunités de promotion au grade de cadre. L'engagement dans l'apprentissage de la micro-informatique leur permet de montrer à leurs supérieurs hiérarchiques qu'ils disposent de qualifications justifiant un avancement au grade de cadre.

En dépit de leur disposition à s'investir dans l'apprentissage et l'usage de la micro-informatique, les membres de cette population n'auraient pas pu traduire leur in-

vestissement personnel dans la sphère professionnelle s'ils n'avaient pas bénéficié d'autres données organisationnelles spécifiques à la RATP. Il leur fallait, d'abord, pouvoir introduire des micro-ordinateurs dans leurs services respectifs. La décentralisation budgétaire a facilité cette tâche puisqu'il suffisait de convaincre le supérieur hiérarchique immédiat. Dans d'autres contextes de gestion budgétaire centralisée, l'achat d'un micro-ordinateur aurait nécessité plus de justifications et de négociations entre services (4). En plus de la possibilité d'acheter un micro-ordinateur professionnel, il fallait, aux individus engagés dans cette voie, disposer d'un temps non négligeable d'apprentissage et de programmation. C'est ce qui explique, d'une part, que la majorité des « pionniers » de la micro-informatique se trouvait dans des services fonctionnels ayant parfois des effectifs sous-occupés et, d'autre part, que ces « pionniers » ont bénéficié de la bienveillance de supérieurs hiérarchiques cherchant à montrer que leur service est un lieu d'innovation et de modernisation.

(4) C. Jaeger : « Bureaux, micros, réseaux... des entreprises aventureuses », *Afcet/Interfaces*, n° 52, 1987.

Stade 2 : la diffusion organisée du savoir micro-informatique

Si l'acquisition et la diffusion du savoir micro-informatique a été, au premier stade, le fait d'un petit nombre d'individus, le second stade est celui de l'institutionnalisation. À partir de 1984, on a assisté à l'émergence d'un dispositif organisé de diffusion de compétences en micro-informatique piloté par une nouvelle division de la micro-informatique au sein de la Direction des systèmes d'information et de l'organisation.

Le nouveau dispositif de diffusion du savoir micro-informatique s'est mis progressivement en place. Il consiste en plusieurs modules de deux ou trois jours couvrant l'initiation à la micro-informatique et la formation aux logiciels préconisés dans l'entreprise. Les formateurs sont recrutés parmi les individus qui se sont auto-formés à la micro-informatique lors du stade précédent. Afin d'encourager les chefs de services à autoriser des agents à intervenir comme formateurs en micro-informatique, la Direction des systèmes d'information et de l'organisation a instauré un quota de cinq journées de stagiaires par journée d'animateur fournie.

Le dispositif de formation à la micro-informatique s'adresse à l'ensemble des agents de l'entreprise. La gestion des quotas de stages en micro-informatique de chaque service est assurée par le CORrespondant FORMation (COFO) du service. Une procédure de négociation semestrielle de quotas de stages entre la division de la micro-informatique et les COFO des différents services demandeurs a été mise en place. De même, une procédure d'inscription des agents dans les différents stages a été définie.

Au fur et à mesure de son fonctionnement, le dispositif de formation à la micro-informatique a été sophistiqué. De nouveaux modules

ont été rajoutés. Les responsables de la formation ont défini un ordre de succession entre les différents modules que peut suivre un agent.

Pour résumer les nouveautés apparues au second stade, nous dirons que celui-ci a connu l'émergence d'une organisation formelle de formation à la micro-informatique, de rôles spécialisés, de règles et de procédures de gestion. Le développement, au stade précédent, de compétences en micro-informatique a permis de mettre en place un important dispositif de formation sans recours à des formateurs extérieurs à l'entreprise.

Le dispositif de formation interne à la micro-informatique a connu un succès rapide parmi les agents comme en témoigne l'évolution du nombre d'heures de formation qui est passé de 12 000 en 1985 à 27 000 dès 1986 et ne cesse d'augmenter depuis.

Facteurs d'institutionnalisation et effets inattendus

L'institutionnalisation comme résultante d'un faisceau de stratégies d'acteurs

Le passage d'un premier stade, où l'apprentissage de la micro-informatique était le fruit d'initiatives spontanées de quelques individus, à un second stade, où cet apprentissage passe par un dispositif organisé, n'a été ni une donnée de hasard, ni la conséquence d'une quelconque nécessité.

L'institutionnalisation a émergé de la conjonction d'une multitude de stratégies d'acteurs poursuivant leurs propres objectifs et mobilisant, à cet effet, certaines ressources individuelles ou collectives.

Le rôle des cadres moyens et agents de maîtrise

Pour ces deux catégories de personnel, l'institutionnalisation de la diffusion du savoir micro-informa-

tique représente, du fait des nouveaux rôles qu'elle engendre, une opportunité de se faire reconnaître en tant qu'agents dynamiques engagés dans un processus d'innovation au sein de l'entreprise.

C'est ce qui explique que les premières tentatives de mise en place de dispositifs de formation à la micro-informatique ont eu lieu dans les services où il existait des agents hautement engagés, à titre individuel, dans l'apprentissage et l'usage de la micro-informatique.

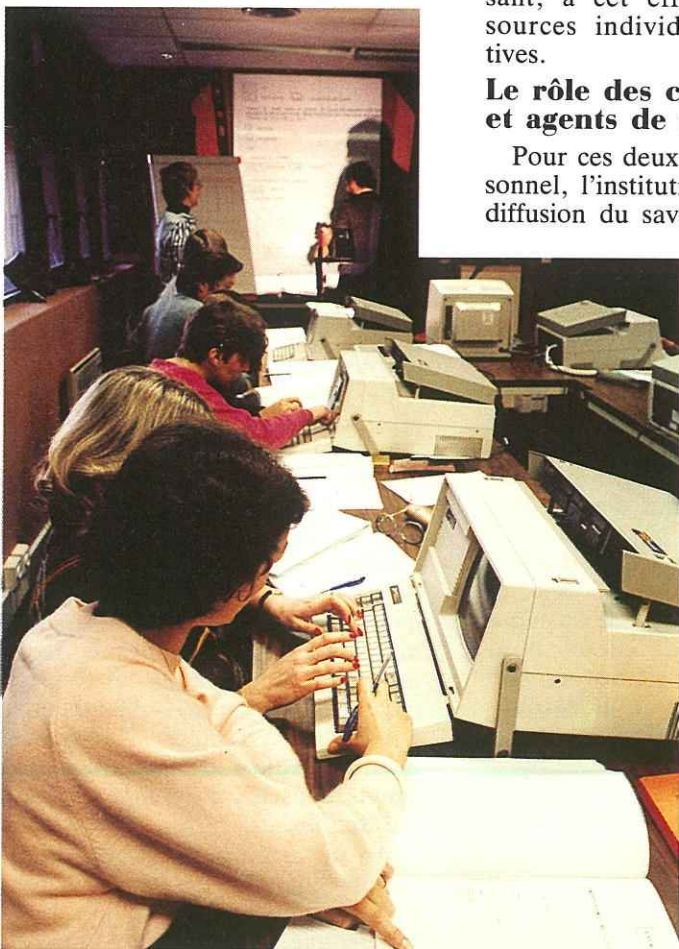
L'implication décisive des cadres moyens et agents de maîtrise dans la construction d'une organisation formelle de la micro-informatique à la RATP est, en définitive, indissociable du désir de ces catégories d'occuper des rôles plus valorisés au sein de l'entreprise.

Le rôle d'une équipe d'Organisation et de Recherche Opérationnelle (ORO)

Au moment où les nouveaux experts en micro-informatique étaient engagés dans la mise en place de dispositifs de formation et de conseil à l'échelle de leur service, une équipe d'organisation et de recherche opérationnelle rattachée à la Direction des systèmes d'information et de l'organisation s'intéressait aux nouvelles possibilités offertes par les micro-ordinateurs en matière d'aide à la décision.

Mais, la réalisation de systèmes d'aide à la décision devenant de plus en plus rare à la RATP, les membres de l'équipe ORO se sont tournés vers la réalisation de petits systèmes de gestion sur micro-ordinateur. Au bout de quelques mois, cette équipe a développé un argumentaire en faveur de la généralisation d'une *micro-informatique des utilisateurs* à la RATP. L'argumentation s'est appuyée sur la disponibilité de logiciels conviviaux et faciles à maîtriser par les utilisateurs finals à condition qu'un effort de transfert de compétences soit entrepris par ceux qui sont devenus de véritables experts en micro-informatique.

Les membres de l'équipe ORO



RATP-Charles Ardalion

ont tiré profit de leur rattachement à la Direction des systèmes d'information et de l'organisation, déjà en charge de l'achat et de la maintenance des micro-ordinateurs, pour proposer une politique de diffusion des compétences en micro-informatique grâce à un dispositif centralisé qui s'est substitué aux quelques formations décentralisées et qui a attiré vers l'équipe ORO la majorité des animateurs de ces formations.

Le rôle des responsables de la formation continue dans les services de l'entreprise

À la RATP, la formation continue des agents est un enjeu social non négligeable. Chaque service est tenu de définir, chaque année et en négociation avec les représentants du personnel, un plan de formation. En schématisant à l'extrême, on peut dire que l'encadrement supérieur cherche à afficher dans son bilan social le plus grand volume possible d'heures de formation et au moindre coût.

En tant que responsables directs de l'élaboration et de l'exécution du plan de formation de leur service, les COFO ont poussé vers la mise en place d'un grand dispositif de formation interne à la micro-informatique. Du fait de sa gratuité pour les services bénéficiaires, un tel dispositif permet aux COFO de mettre au bilan de la formation continue un plus grand volume d'heures sans dépenses supplémentaires. Ainsi, ils peuvent, à la fois, satisfaire les représentants du personnel et la Direction de l'entreprise.

Le rôle de l'encadrement supérieur

Il ne faut pas négliger l'influence de certains responsables de directions et services soucieux de voir émerger une informatique plus autonome et plus innovante que l'informatique centralisée.

Les effets inattendus de l'institutionnalisation

Le dispositif de diffusion du savoir micro-informatique mis en place à la RATP devait, selon ses promoteurs, favoriser le transfert de ce nouveau savoir vers un grand nombre d'agents afin de les encourager à faire un usage intensif des micro-ordinateurs pour accomplir leurs tâches.

Après quelques mois de fonctionnement, le système de formation a produit des effets auxquels les acteurs ayant contribué à sa mise en place ne s'attendaient pas.

Dominance de la logique quantitative

Devant la difficulté de procéder à une évaluation périodique de la qualité et de l'impact réel des formations à la micro-informatique, les responsables de ces formations portent en tout cas leur regard sur ce qui est plus facilement chiffrable. Il en ressort que le dispositif dont ils assurent le pilotage permet à l'entreprise d'économiser plus de 50 % par rapport à ce qui serait déboursé pour envoyer les agents en formation à l'extérieur et il est clair que la croissance de l'activité permet de répartir les charges fixes sur un plus grand nombre de jours.

Cette stratégie de croissance du dispositif de formation correspond, également, aux préoccupations des responsables de la formation continue dans les services qui peuvent, ainsi, obtenir de plus grands quotas de journées de formation à la micro-informatique et afficher un bon bilan de la formation continue des agents de leurs services.

La Direction de l'entreprise favorise, indirectement, cette vision quantitative en jugeant les performances du système de formation à travers des paramètres quantitatifs.

Déconnexion entre formations et applications

Dans certains cas, heureusement assez limités, on constate une déconnexion entre les formations sui-

vies par les agents et les applications effectives des connaissances acquises, ce qui est un corollaire de la dominance de la logique quantitative. Certains responsables de la formation continue ont, en effet, progressivement considéré les formations internes à la micro-informatique comme un moyen de donner satisfaction aux demandes de formation d'un maximum d'agents et d'afficher un bon bilan de la formation continue dans leurs services. En conséquence, il n'y a jamais eu d'application stricte de la règle exigeant l'existence d'un projet d'application sur micro-ordinateur comme préalable à l'inscription d'un agent à une session de formation à la micro-informatique.

La structuration d'un nouveau groupe professionnel

L'émergence d'un dispositif centralisé de formation à la micro-informatique a favorisé la rencontre d'individus issus de tous les services de l'entreprise dont le dénominateur commun est d'avoir beaucoup investi dans l'apprentissage de la micro-informatique. La possibilité de se rencontrer a favorisé la constitution d'un langage commun et de rites spécifiques traduisant la formation d'un nouveau groupe professionnel transversal à l'ensemble de l'entreprise. Dans une entreprise comme la RATP, où il existe un fort cloisonnement entre les services, la structuration d'un groupe transversal d'experts en micro-informatique n'est pas le moindre des avantages de l'introduction des micro-ordinateurs. Au-delà de la micro-informatique, il faut noter que l'existence d'une telle population représente un atout pour le renouvellement des pratiques informatiques dans l'entreprise et pour la décentralisation de la fonction systèmes d'information dans son ensemble. ■

LES ENSEIGNEMENTS DE L'INCENDIE DE LA STATION « KING'S CROSS » DU MÉTRO DE LONDRES

par Jean Mouzet,
Ingénieur général, Inspecteur général de sécurité.

DANS la soirée du 18 novembre 1987, la station « King's Cross » du métro de Londres a été le siège d'un violent incendie, provoquant la mort de 31 personnes et en blessant de nombreuses autres.

Les circonstances de cet incendie, et en particulier son soudain développement, ainsi que l'inefficacité des actions des différents intervenants, ont soulevé de graves interrogations et provoqué une enquête officielle approfondie au terme de laquelle des enseignements significatifs ont été dégagés.

Rappelons brièvement le déroulement de l'incendie.

« King's Cross » est une station de correspondance de cinq lignes de métro (illustration 1). Elle dessert trois gares des chemins de fer britanniques, ce qui en fait le point d'échange le plus important du métro londonien avec quelque 250 000 voyageurs par jour.

Les parties intéressées par le sinistre sont la gaine des escaliers mécaniques desservant les lignes les plus profondes – de Piccadilly et Northern – et la salle des billets où aboutit une autre gaine d'escaliers mécaniques venant de la ligne de Victoria ; de cette salle, proche de la surface, on peut rejoindre les lignes Metropolitan et Circle ou sortir vers les gares voisines.

Le feu s'est déclaré vers 19 h 25 sous les marches de l'escalier mécanique montant de gauche, à peu près à mi-hauteur ; il a été décelé peu avant 19 h 30 par un voyageur qui a alerté les receveurs de la salle des billets pendant qu'un autre voyageur arrêta l'escalier. A 19 h 33, un policier présent alertait par radio les pompiers.

Le feu avait alors traversé l'escalier et passait des plinthes aux marches, contremarches et balustrades en bois, sans paraître cependant très inquiétant pour des personnes qui évacuaient les lieux ainsi qu'aux pompiers arrivés vers 19 h 43.

En moins de 2 minutes l'incendie s'est développé soudain très rapidement pour, à 19 h 45, noyer la salle de distribution dans un torrent mortel de flammes et de fumées (illustrations 2 et 3).

Devant une telle catastrophe, deux grandes questions se posent immédiatement :

— le métro de Londres ayant déjà connu des feux sévères d'escaliers mécaniques, comment expliquer que, cette fois, le feu ait pu prendre soudainement une telle extension ?

— comment expliquer que de

nombreuses personnes aient pu se trouver dans une salle directement menacée par un incendie connu depuis plus d'un quart d'heure ?

Au terme d'une longue enquête officielle qui a nécessité l'audition de nombreux témoins ainsi que des investigations scientifiques approfondies, les circonstances qui ont conduit à la catastrophe ont pu être mises en lumière.

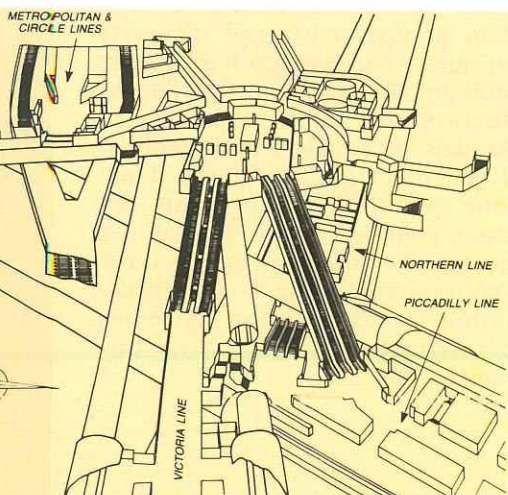
L'origine de l'incendie est sans



2. Vue des dommages dans la moitié supérieure de la gaine d'escaliers.



3. La salle de distribution après l'incendie.



D'après document IMechE

1. Schéma du complexe souterrain de « King's Cross ».

doute la chute d'une allumette enflammée, jetée par un fumeur et tombant sur l'un des chemins de roulement des galets d'un des escaliers mécaniques, mettant le feu aux débris et à la graisse qui s'y trouvaient en abondance : des traces fréquentes d'inflammation relevées sur les parties basses des escaliers mécaniques non affectées par le sinistre corroborent cette hypothèse.

Pour comprendre le développement brutal de l'incendie, deux voies de recherche ont été suivies : la simulation numérique par ordinateur et l'expérimentation sur modèle réduit.

La simulation numérique des écoulements aérodynamiques dans la gaine d'escalier et la salle de distribution constituait une tâche extrêmement difficile, compte tenu de la configuration complexe des trémies.

Pour en venir à bout, l'équipe scientifique, partant d'un programme existant « Harwel Flow 3 D » sur les écoulements turbulents, a dû utiliser un des ordinateurs CRAY 2 du centre de calcul de Harwell. Malgré la puissance de cet ordinateur, une simplification des données et des hypothèses a dû être opérée pour effectuer, dans des délais acceptables pour l'enquête, l'énorme masse de calculs nécessaire.

Les différentes simulations ainsi réalisées ont mis nettement en évidence un phénomène assez inattendu quant au comportement des gaz chauds générés par l'incendie : une grande partie d'entre eux est restée initialement confinée dans la « tranchée » comprise entre les marches et les balustrades latérales de l'escalier mécanique (illustration 4).

L'échauffement des parties aval de l'escalier, léchées par les gaz, favorise le développement de plus en plus rapide du feu qui finit par engendrer une trombe de flammes comme celle qui a dévasté la salle de distribution.

Deux modèles réduits des lieux, au 1/10 puis au 1/3 (illustrations 5 et 6) ont été construits par une autre équipe scientifique pour étu-

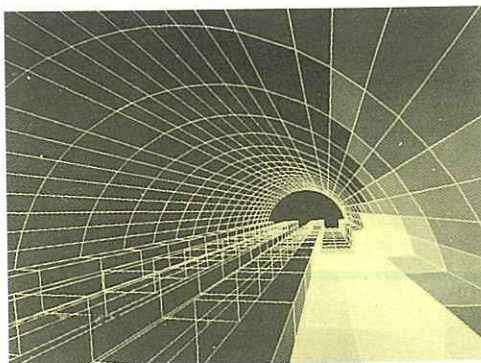
dier de visu le développement du feu. Les résultats de ces expériences confortent pleinement l'explication fournie par la simulation numérique.

L'ensemble des résultats obtenus par les deux voies de recherche recoupe de façon très satisfaisante les témoignages des survivants de la catastrophe.

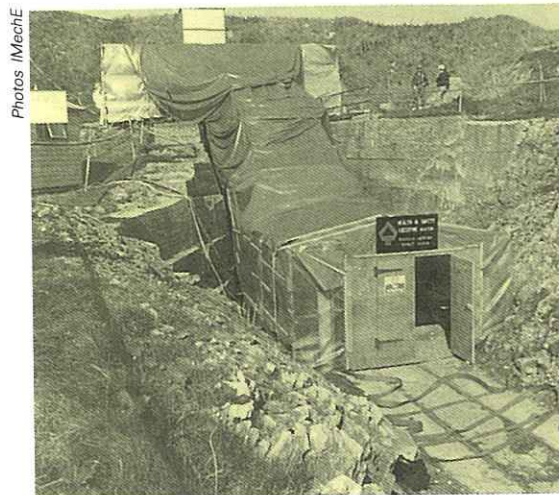
Si l'intérêt scientifique de ces investigations est indéniable, on doit néanmoins remarquer que l'incendie n'a pris de proportions catastrophiques que du fait de particularités du métro de Londres, dont l'existence de nombreux escaliers mécaniques anciens présentant une charge combustible importante : il a été estimé que quatre tonnes de matériaux – constitués de bois pour les 3/4 – avaient été consommées dans l'incendie.

À l'exception du matériel roulant, de certaines grandes concessions commerciales, voire de chantiers... il n'est pas, en général, rencontré dans les souterrains des métropolitains de telles concentrations dangereuses de combustibles et une application scrupuleuse des mesures préventives réglementaires devrait permettre d'éviter des incendies aussi graves.

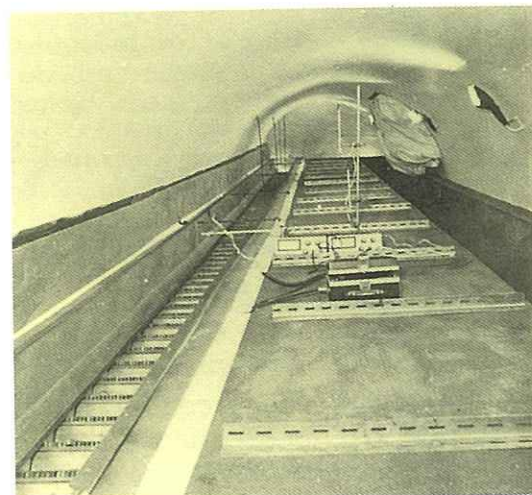
Aussi, plus que dans les mesures techniques préconisées dans les conclusions du rapport, l'intérêt principal de celui-ci réside dans la recherche des causes profondes de la catastrophe, à travers les responsabilités revenant, à des degrés variables, à chacun des organismes pouvant être mis en cause : le



4. Visualisation d'une des simulations numériques : distribution des températures dans la moitié supérieure de la gaine (les parties les plus claires sont les plus chaudes).



5. Vue générale du modèle réduit au 1/3.



6. Vue de la gaine d'escalier mécanique.

London Underground au premier chef, les services officiels responsables de la réglementation et du contrôle de son application, et même les services de secours.

Si le rapport explique les défaillances constatées dans l'organisation du commandement et dans la formation des hommes par des considérations tenant à l'histoire de l'entreprise ainsi qu'à ses rapports avec les pouvoirs publics, il insiste fortement sur la nécessité de promouvoir une nouvelle structure de commandement qui puisse être considérée comme pleinement responsable du maintien de la sécurité au plus haut niveau. ■



NOUVELLES DE LA RATP

RÉNOVATION DU MATÉRIEL MP 59

LES ateliers du réseau ferré de Fontenay-sous-Bois viennent d'engager une vaste opération de rénovation du matériel MP 59, à roulement sur pneumatiques, affecté à la ligne 1 du métro (Château de Vincennes - Pont de Neuilly), dont la moyenne d'âge dépasse à présent les 25 ans (la mise en service de la première rame de ce type sur la ligne a eu lieu en mai 1963). Pas moins de 53 trains sont concernés par cette opération qui devra être terminée pour avril 1992, veille de la mise en service du prolongement de la ligne jusqu'à La Défense.

Les travaux à effectuer consistent en :

- une **remise à niveau technique du matériel**, destinée à prolonger sa durée de vie d'une quinzaine d'années environ, avec toutes les garanties de sécurité nécessaires (renforcement des attelages entre voitures, vérification des bogies avec échange des pivots fissurés et des moyeux de roues, remplacement des tuyauteries d'air ainsi que de certains câbles des circuits haute-tension...);

- une **modernisation fonctionnelle et commerciale des voitures**, afin de les doter d'une esthétique et d'un confort au « goût du jour » (pose d'un cadre enjoliveur de couleur bleue sur les faces avant des motrices afin de leur donner une allure plus carrée, reprise complète de la peinture, avec choix d'une dominante blanche et bleue pour l'extérieur, et grise et blanche pour l'intérieur, réflexion des sols, intensification de l'éclairage, amélioration de la ventilation, pose de sièges individuels antilacération, modification de la signalétique intérieure et extérieure, remplacement des sièges de conducteurs...);

- une **adaptation des trains à une circulation à l'air libre**, prévue à la traversée de la Seine sur le tronçon actuellement en cours de réalisation au-delà de la station « Pont de Neuilly » (renforcement général de l'étanchéité à l'air et à la pluie au niveau des toitures, des portes, des baies et des coffres sous châssis, équipement des cabines de conduite d'un essuie-glace, d'un pare-soleil et d'un appareil de chauffage, installation de purgeurs et, sur certaines rames, de brosses à neige pour lutter contre le froid et les intempéries).

RATP-Bruno Marguerite



RATP-Bruno Marguerite

**

La rénovation sera réalisée en trois endroits :

- pour 10 trains, dans les ateliers mêmes de grande révision de Fontenay-sous-Bois, la charge de travail représentée par les activités courantes de ces ateliers ne leur permettant pas d'en absorber davantage ;
- pour 21 trains, aux Ateliers de Construction du Centre de Clermont-Ferrand (ACC) ;
- pour 22 trains, sur le site de Cannes-La Bocca Industries (CLBI).

L'expédition des voitures chez chacun des deux partenaires extérieurs a été amorcée dès le début du mois d'août dernier, les transports se fai-

sant voiture par voiture à l'aide de remorques routières ; les ateliers de Fontenay ont, quant à eux, pris en charge leur première voiture le 4 septembre.

Le rythme de production escompté est de :

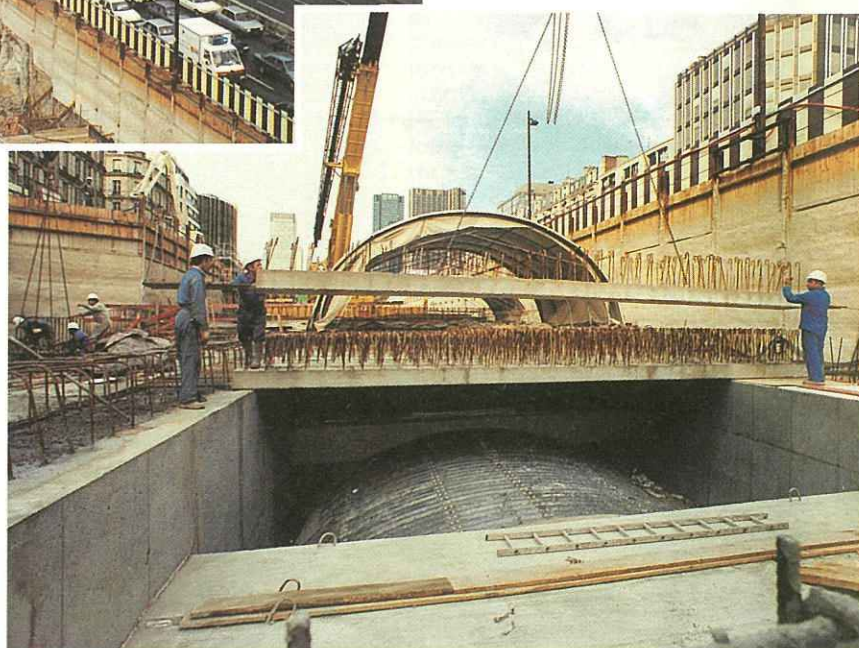
- 1 rame toutes les 5 semaines à partir de janvier 1990 aux ACC ;
- 1 rame toutes les 5 semaines à partir de février 1990 à CLBI ;
- 1 rame tous les 3 mois à partir de mars 1990 à Fontenay.

Le coût de l'opération est estimé au total à 211,8 millions de francs hors taxes. ■



①

VUES DES TRAVAUX EN COURS



②

Prolongement de la ligne 1 du métro à La Défense

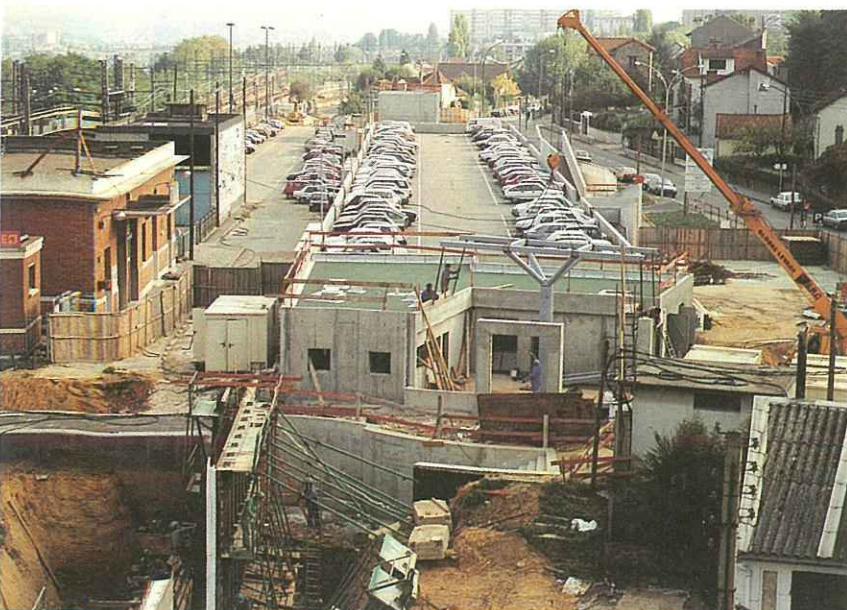
Deuxième phase des travaux dans Neuilly :

① — vue d'ensemble du chantier ;

② — mise en place de « pré-dalles » au-dessus
de la ligne 1 pour bétonnage du radier de
l'ouvrage routier supérieur.

③

④





④



③

Prolongement de la ligne A du RER à Chessy

- ③ Poursuite de la phase de terrassement.
- ④ Réalisation de masques drainants, puis...
- ⑤ ... Exécution de l'assainissement.



⑤



Photos RATP-N/Audiovisuel

Divers

- ⑥ Reconstruction du bâtiment voyageurs de la gare de « Massy-Verrières » (RER - ligne B) : mise en place d'un élément de la charpente métallique.
- ⑦ Renouvellement de voie et ballast en gare de « Saint-Maur/Créteil » (RER - ligne A) : pose d'un coupon de rail.
- ⑧ Réfection du pont de Rueil sur la ligne A du RER : bétonnage de tablier provisoire.

ture ne pourrait plus circuler si de nouveaux graffitis apparaissaient : en conséquence, si elle ne pouvait être nettoyée rapidement, elle était mise hors service, ce qui ne s'est produit que dix fois en cinq ans en période d'affluence. La plupart des graffitis étaient, en fait, effacés dans les deux heures, ce qui avait pour effet de décourager les vandales.

La police de la NYCTA a apporté son aide, en effectuant des patrouilles, en civil parfois, dans les rames nettoyées et sur les voies de garage. Au fur et à mesure de la réalisation du programme, des nouveaux moyens ont été utilisés : 31 nouveaux produits de nettoyage, 9 nouvelles peintures, 14 nouveaux outils, etc. Quant à l'effectif des ouvriers affectés au nettoyage, il est passé de 691 à la fin de 1983, à 1622 à la fin de 1988. ■

(International Railway Journal, août 1989)



GUADALAJARA

Mise en service du métro léger

C'est pour la fin du mois d'août 1989 qu'est prévue la mise en service de la première ligne du métro léger de Guadalajara, deuxième ville du Mexique, avec quatre millions d'habitants (1). Il s'agit d'une ligne de 15,5 kilomètres de longueur, dont 6,6 kilomètres en souterrain, avec 17 stations intermédiaires entre les terminus « Periferico Norte » et « Periferico Sur », où des installations de correspondance avec les lignes d'autobus de rabattement ont été construites ; la section souterraine dans le centre-ville comprend sept stations à quais hauts.

La construction de la ligne de métro léger a été réalisée à une cadence rapide dès que le gouvernement de l'État de Jalisco, où se trouve Guadalajara, décida sa mise

(1) Cette mise en service a effectivement eu lieu le 1^{er} septembre 1989.

en chantier, en septembre 1987. Le projet de métro léger était basé sur l'axe routier nord-sud, qui avait été construit à travers le centre-ville dans les années 70 ; à cette époque, les urbanistes prévoyaient la construction d'un tunnel sous cette nouvelle route et celui-ci fut ouvert en 1977 pour être emprunté par des trolleybus circulant avec des fréquences de passage élevées. À la sortie sud de ce tunnel, une voie en site propre pour les trolleybus était implantée sur une longueur de 2,4 kilomètres. Les travaux réalisés pour convertir le tunnel à l'exploitation d'un métro léger et pour construire le reste de la ligne en surface ont coûté 1,6 million de dollars US (2) par kilomètre.

Les rails sont posés sur des traverses en béton placées sur ballast, à l'exception des 12 passages à niveau où la voie repose sur des dalles en béton préfabriquées recouvrant le ballast. Près du terminus sud, l'atelier de remisage et d'entretien a été construit en structures métalliques préfabriquées qui pourront être réutilisées sur un site situé deux kilomètres plus au sud, lorsque la ligne aura été prolongée.

La signalisation, conçue pour permettre des intervalles de 2 minutes 30 secondes, sera utilisée, au début, uniquement sur la section souterraine ; en surface, les conducteurs circuleront à vue.

(2) 1 \$ US ≈ 6,10 FF.

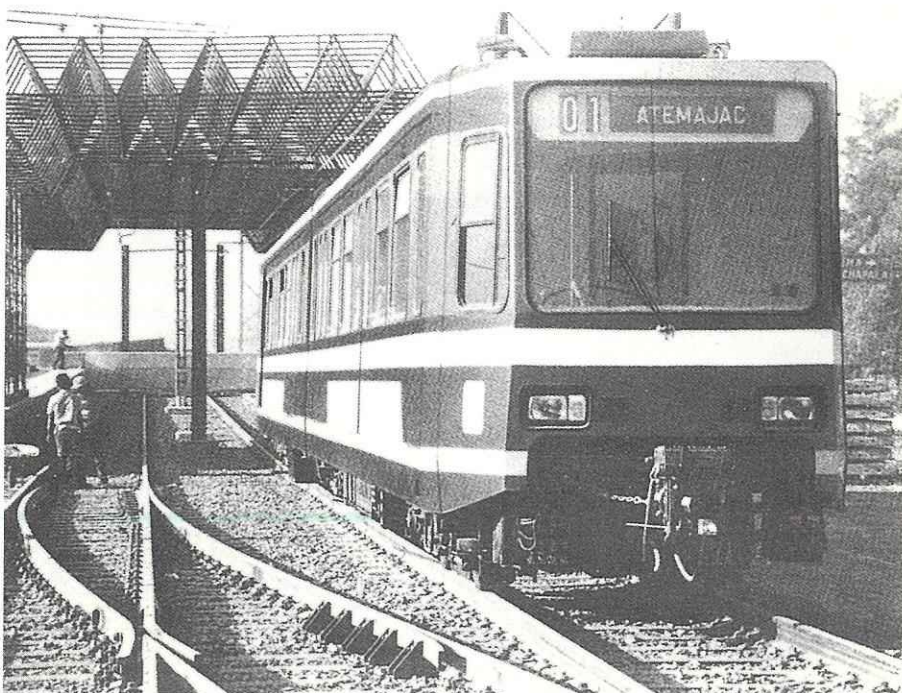
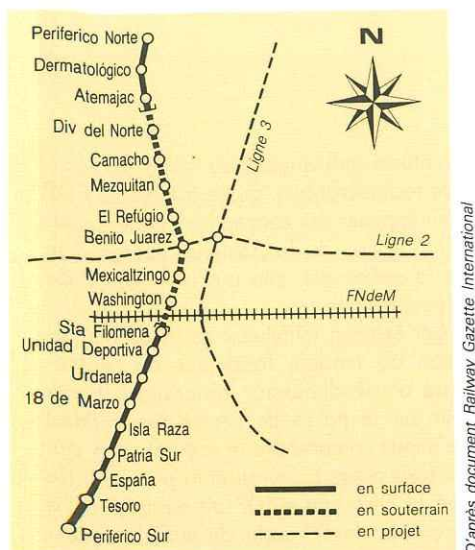


Photo Railway Gazette International



D'après document Railway Gazette International

Le parc de matériel roulant consiste en 16 éléments articulés de 28,2 mètres de longueur. Ces éléments, qui ont une cabine de conduite à chaque extrémité et comportent 52 sièges, peuvent transporter 388 voyageurs, à raison de 8 par mètre carré. Alimentés par caténaire, à partir de 10 sous-stations, en courant continu 750 V, les voitures sont équipées de hacheurs à thyristors GTO et de freins à récupération.

Le métro léger sera ouvert de 6 heures à 23 heures, avec des intervalles de passage de 5 minutes en période de pointe et de 10 minutes le reste du temps. Le trafic escompté devrait s'élever à 50 000 voyageurs par jour au début, mais pourrait atteindre environ 130 000 voyageurs ultérieurement, lorsque l'urbanisation se développera au sud de la ligne.

La construction de deux autres lignes, une ligne est-ouest de 19 kilomètres, et une autre ligne nord-sud, est déjà à l'étude. ■

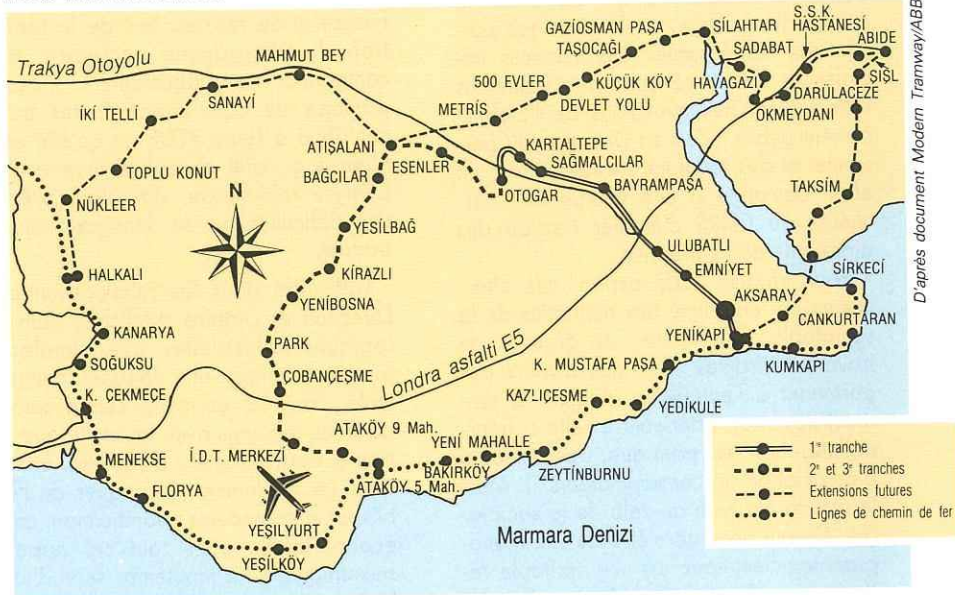
(Railway Gazette International, août 1989)



ISTANBUL

Inauguration du métro léger

Le 11 mars 1989, la première section de ligne du métro léger d'Istanbul a été inaugurée officiellement. D'une longueur de 8 kilomètres, elle relie les terminus provisoires « Aksaray » et « Otogar », avec cinq stations intermédiaires.



D'après document Modern Tramway/ABB

Les travaux ont été réalisés en trois ans, ce qui est assez rapide, puisqu'ils comprenaient la construction, en tranchée couverte, d'une section souterraine de 3 kilomètres, entre Yenikapi — futur terminus, pas encore en service — et Ulubatli dans le centre-ville, ainsi qu'environ un kilomètre de viaducs ou de ponts. La seconde tranche, qui reliera Otogar à Ataköy, portera la longueur totale de la ligne à 23 kilomètres, avec 19 stations, et devrait être ouverte à l'exploitation en 1991.

Le dépôt-atelier situé à Ferhatpasa — près de la station « Otogar » — servira à l'entretien des 105 voitures qui constitueront le parc de matériel roulant. Ces voitures, construites par

ASEA Brown Boveri, sont dérivées du matériel articulé en service sur le réseau du tramway de Göteborg, mais conçues uniquement pour des stations à quais hauts.

Le poste de commande centralisée dispose d'un ordinateur central qui commande la signalisation de voie, et les rames sont équipées d'un système de contrôle continu de vitesse.

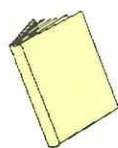
Lorsque la ligne de métro léger sera entièrement en service, son trafic devrait approcher 450 000 voyageurs par jour.

Il faut noter que malgré l'appellation de « métro léger » qui est généralement donnée, cette première section de ligne est en site propre intégral et ne comporte donc aucun croisement avec la circulation routière. ■

(Modern Tramway, juin 1989)



Photo SOFRETU



NOTES DE LECTURE

Michel Wieviorka, Sylvaine Trinh :

Le modèle EDF

(Éditions La Découverte, Paris 1989)

Dès qu'il s'agit d'elles-mêmes, de leur histoire ou de leurs manières d'être, les entreprises sont excessivement timides. On compte sur les doigts d'une main les ouvrages qui parlent d'elles sans se cacher derrière l'incognito.

Que Michel Wieviorka et Sylvaine Trinh aient pu échapper à cet anonymat obligé dit beaucoup sur EDF, sur la culture qui y règne, sur l'intérêt que portent ses responsables aux sciences sociales et sur le sérieux avec lequel ils réfléchissent aux évolutions de l'Établissement public. C'est sa Direction du personnel et des relations sociales qui a, en effet, demandé à une équipe de chercheurs du CNRS d'étudier l'action des dirigeants de l'entreprise.

Pour étudier cette action, ces chercheurs ont emprunté aux méthodes de la sociologie : constitution de groupes de travail confrontés avec des acteurs appartenant à l'entreprise (dirigeants, syndicalistes...) ou extérieurs à celle-ci (journaliste, homme politique, responsable d'association de consommateurs...). Mais le résultat va bien au-delà de la sociologie. Ce qui pourrait n'être qu'une monographie scientifique est une véritable réflexion sur la direction d'entreprise qui met en évidence une dimension en général négligée : la durée, l'histoire.

Dans le cas d'EDF, cette histoire commence à la Libération, lors de la nationalisation des sociétés distributrices d'électricité. À ce moment, se crée cette alliance exceptionnelle entre le Parti communiste et les X-Ponts qui est la base de ce que Wieviorka et Trinh appellent « *le modèle EDF* ». Bâti sur des valeurs également partagées par la CGT, le syndicat largement majoritaire dans l'entreprise, et la Direction (confiance dans le progrès technique, sens du service public, identification à l'intérêt collectif et à la grandeur de la Nation, centralisation, soumission à l'État), ce modèle a permis à l'entreprise de mener à bien la modernisation de la France et de résister, lors de la réalisation du programme nucléaire, à la contestation de l'Établissement : « c'est le partage de convictions fortes qui a contribué à faire d'EDF ce qu'elle est ». Mais il a vieilli et tout le livre est une analyse minutieuse, détaillée, précise, des difficultés qui se font jour un peu partout.

Difficultés dans les relations entre la Direction et certains syndicats, dans les logiques industrielles que remplacent progressivement une logique commerciale, dans les principes centralisateurs, dans les relations avec la tutelle que l'on trouve trop pesante... Difficultés, encore, dans les fondements théoriques de l'Établissement : modèles, planification, calcul économique... dans tout cet appareil scientifique qui a longtemps servi d'idéologie et de philosophie aux dirigeants de l'entreprise et leur a permis de réussir ce qui fut certainement une des plus belles

aventures industrielles du siècle. La logique technocratique, grâce à laquelle EDF a su imposer ses conceptions et peser sur l'élaboration de la politique énergétique de la nation est, elle aussi, en cours de décomposition.

Cet examen minutieux de la décomposition du modèle fondateur de l'entreprise a une dimension historique : le retour sur le passé de l'entreprise permet de mieux comprendre le présent et ce qui est sans doute la question la plus difficile que la Direction d'EDF ait aujourd'hui à résoudre : faut-il sortir du modèle ou inventer une formule qui le renouvelle sans rompre complètement avec lui ? Bien loin d'apporter une réponse, nos deux auteurs, qui ne manquent jamais une occasion de rappeler qu'ils sont d'abord des chercheurs, essaient de tracer les limites des expériences que l'Établissement public fut un des premiers à lancer dans le secteur public : projet d'entreprise, intéressement des salariés...

EDF n'est certainement pas la seule grande entreprise à se poser aujourd'hui ce genre de questions et à chercher le moyen de passer dans ce que certains appellent déjà la post-modernité. Le mérite de M. Wieviorka et S. Trinh est d'avoir su proposer une méthode qui permette de clarifier des enjeux qui ne sont pas minces, des enjeux qui ne sont pas propres à EDF. ■

SE/Mission Études d'Organisation

