

# L'apport des nouvelles technologies aux Transports en Commun

André Ampélas, Directeur des systèmes d'information et de télécommunications, RATP,  
Régie Autonome des Transports Parisiens, France

Ygo

Les transports en commun urbains (TCU) se sont développés au début de ce siècle, à la suite de la révolution industrielle et de l'accroissement considérable de la population des villes. L'électricité remplace la traction animale ou à vapeur: c'est la période du "transport massif des ouvriers". A partir des années 50-60, la voiture individuelle devient accessible à une grande partie de la population mais génère un engorgement croissant des villes. Dans le métro, les progrès de l'électronique permettent des avancées spectaculaires comme le pilotage automatique, les postes de commandes centralisés ou les péages magnétiques: la "maîtrise de son temps de transport" y est quasi effective. Dans les bus en revanche, les évolutions sont limitées car la miniaturisation des équipements est encore insuffisante et les liaisons radio sont peu performantes.

Avec les années 90, les citadins, dont le nombre et la mobilité croissent de plus en plus, privilégient leur confort sous toutes ses formes. Ils veulent "optimiser leurs déplacements" et utilisent souvent les TCU en complément des autres modes de transport. De plus, ces citadins (ils sont de l'ordre de 3 milliards dans le monde contre 400 millions au début du 20<sup>e</sup> siècle...) se déplacent pour des motifs de plus en plus variés (seu-

lement 40% utilisent les TC pour des trajets domicile - travail contre 80% il y a seulement 30 ans à Paris par exemple)... Ainsi l'entreprise de TCU doit à présent raisonner en termes de mobilité globale: heureusement les progrès des techniques de traitement de l'information (informatique et télécommunications) permettent d'apporter des réponses toujours plus efficaces à ces attentes et ce document propose d'en présenter quelques-unes.

## L'évolution des techniques de traitement de l'information

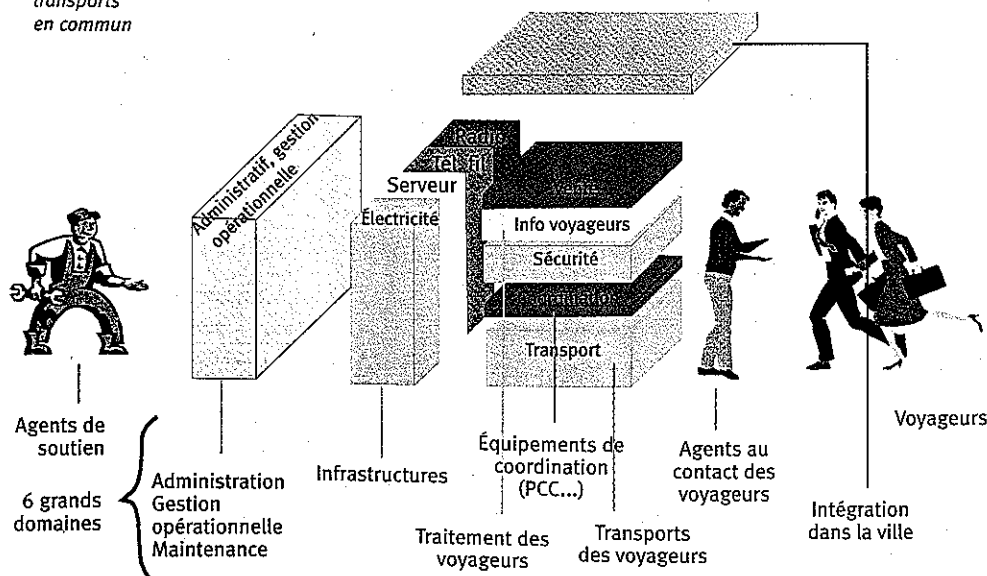
Si l'on considère l'évolution des techniques du traitement de l'information, on peut constater qu'elle est dominée par la numérisation de l'information qu'elle qu'en soit sa nature (voix, données, images), par l'utilisation de moyens de traitement et de communication de plus en plus banalisés et enfin par une miniaturisation qui repousse tous les jours les limites du possible. On peut parler à présent d'une abolition de la distance, et donc du temps, commencer à constater une connexion quasi continue (mobilité totale) et annoncer une facilité d'usage croissante permettant de diminuer les pénibles phases d'apprentissage.

Les transports urbains sont le siège de nombre d'innovations utilisant les technologies de l'information. Elles seront présentées en distinguant 6 grands domaines fonctionnels génériques et en prenant des exemples sur le cas de Paris.

## L'évolution des techniques dans le domaine du transport (physique) des voyageurs

Ces évolutions, de plus en plus guidées par le client, peuvent se décomposer en celles qui sont de nature globale au système (pour mieux repenser l'ensemble) et cel-

Classification en grands domaines fonctionnels des transports en commun



les qui, plus partielles, s'intéressent à des composants des systèmes de transport existants. Dans ces deux cas, les évolutions sont lentes car elles correspondent au domaine historique des transports, bien optimisé par nos anciens, et parce qu'elles mettent rapidement en jeu des sommes considérables.

*Les évolutions de type système visent à améliorer la souplesse des modes existants, voire à en concevoir de nouveaux pour apporter plus de fluidité et de commodité au citadin*

Le transport dans la ville est parfois comparé au système sanguin de l'être humain, avec de gros vaisseaux - les transports en commun, et des capillaires - les voitures automobiles. Les voitures guidées ou les voitures en libre service, qui font l'objet de nombreuses expériences de par le monde, sont à mi-chemin entre ces deux catégories et traduisent le désir - mais aussi des possibilités nouvelles aujourd'hui - de concilier l'inconciliable d'hier : une personnalisation des TCU ou une mutualisation de la voiture particulière. A mi-chemin entre ces solutions "idéales" mais souvent encore délicates de mise en œuvre, et les métros, la multiplication d'expérimentations de systèmes d'autobus guidés en site propre s'explique par l'intérêt certain qu'ils apportent, malgré des coûts de fonctionnement relativement élevés mais des coûts d'investissement raisonnables. Ils allient en effet la souplesse de l'autobus et l'efficacité d'un métro, en adaptant l'offre au débit sans rupture de charge. Leur mise au point devrait s'accélérer dans les années à venir.

L'émergence des métros automatiques est une tendance lourde qui concerne déjà plus de 10% des 80 métros existants dans le monde. La concentration urbaine accroît le besoin de transport. En heure creuse, il est onéreux de faire circuler des trains et la part prépondérante de ces coûts est concentrée sur le personnel d'exploitation (près de 70%). Par ailleurs, en heure de pointe, il est souvent nécessaire de rapprocher les trains le plus possible, mais la vitesse de réaction voire la fiabilité humaine sont influencées par de nombreux facteurs, ne serait-

ce que par la fatigue: c'est pourquoi les grands réseaux se sont munis, à partir des années 60, de systèmes de pilotage automatique, les performances étant encore accrues par l'utilisation de pneumatiques. La tendance actuelle est de concevoir des métros automatiques qui, à l'image des ascenseurs verticaux, peuvent fonctionner sans conducteur et permettent donc d'augmenter les débits et d'adapter en temps réel l'offre à la demande. La RATP a inauguré sa première ligne entièrement automatique en 1998 (Météor, depuis baptisée Ligne 14). En l'absence de conducteur, les rôles des équipements de télécommunications et d'information des voyageurs sont déterminants: leur disponibilité doit être voisine de 100 % à tout moment. Les progrès de la radio permettent d'envisager de tels objectifs, avec même la possibilité de retransmettre en temps réel des images venant des trains, grâce à la mise en œuvre dans un transport guidé d'une couverture radio très performante à un coût acceptable. La multiplication des tramways, est assez paradoxale d'un point de vue technique mais s'explique par la nouvelle priorité donnée aux TCU, qui permet de restructurer la ville autour d'un tram et donc d'avoir un mode de transport efficace à moindre coût. On peut dénombrer aujourd'hui plus de 600 tramways dans le monde et ce nombre ne cesse de croître.

*L'évolution des composants vise à améliorer la sécurité et le confort des modes existants.*

*Pour les métros ou les tramways, les principaux progrès concernent:*

- L'intercirculation qui diminue l'impression de confinement et améliore la sécurité réelle et perçue.
- Les suspensions pneumatiques et les climatisations pour le confort.
- Les réseaux informatiques embarqués qui se multiplient mais ne sont pas encore standardisés. Cette standardisation serait pourtant de nature à faciliter les applications ou services (billettique, information, ...) qui auront tendance à se multiplier.

*Pour les bus la réduction de la pollution engendrée par ce mode de*

transport est au cœur de nombreux débats. Dans la plupart des cas, cette pollution est marginale si elle est rapportée au voyageur transporté mais elle est politiquement de plus en plus "insupportable". Les solutions GNV ou GPL constituent des progrès qui restent relatifs eu égard aux investissements à consentir.

La localisation des bus constitue une véritable révolution/ opportunité pour les réseaux de bus. Elle rend plus aisée la réalisation de commandes centralisées d'autobus.

*Quelques précisions sur la radiocalisation des bus à la RATP*

Il est notoire, et hélas vérifié dans de nombreuses villes, que la délinquance et pis encore la violence progressent dans les réseaux urbains de transport en commun.

L'efficacité de la lutte contre l'insécurité repose sur trois facteurs clés:

- L'identification des caractéristiques de l'agression, afin de trier les alarmes et d'éliminer les fausses alertes;
- La connaissance du contexte de l'agression, afin de déterminer les moyens les plus efficaces à mettre en œuvre;
- La localisation des équipes d'intervention et leur guidage optimum vers le lieu de l'agression afin d'intervenir si possible avant même que les agresseurs aient pris la fuite.

La RATP a pris en compte ces trois facteurs pour réaliser le système d'exploitation "AIGLE", basé sur une localisation en temps réel de tous ses autobus (par GPS actuellement).

- Toutes les informations sont transmises 24h sur 24 au PC Sécurité (PC2000) qui constitue le centre nerveux opérationnel;
- Un PC identique a été réalisé à proximité du PC2000 pour les besoins de la Police;
- Ces deux PC sont interconnectés, afin de coordonner les interventions.

*L'évolution du domaine de la gestion administrative et de la maintenance*

Il s'agit d'un domaine en forte évolution car, dans une orientation client, la pression sur la qualité et les coûts est de plus en plus marquée et s'accroît en



*Météor ou la ligne 14, RATP*

Europe tout du moins, du fait des orientations législatives visant à ouvrir le secteur des transports à la concurrence.

Dans la pratique, les TCU seront dans ce domaine souvent en position de "suiveurs" des autres entreprises: des progiciels de gestion administrative (achats, personnel, finance) se multiplient ainsi que les "groupwares" (PC, messageries, intranet, extranet...).

Plus originale, néanmoins, est la multiplication des progiciels de gestion de la maintenance GMAO qui revêtent une importance particulière et une certaine spécificité car ils doivent inclure une gestion classique d'un process (ex.: réparation des trains ou des bus), mais doivent, également, traiter de la gestion des dépêches (interventions in situ). Ces GMAO qui incluent également une dimension économique, seront de plus en plus répandues pour améliorer la maintenance en qualité et en coût.

Mais l'évolution la plus importante est sans conteste la double évolution d'une part des équipements de plus en plus conçus à l'aide de sous ensembles modulaires et facilement interchangeables et d'autre part de l'irruption en leur sein de techniques informatiques et télécoms (autotest, télésurveillance, télédiagnostic, télémaintenance...). Il s'agit d'une tendance lourde et incontournable qui incitera à distinguer les agents d'intervention de ceux pouvant opérer à distance sur des équipements de plus en plus interconnectés et complexes. L'émergence de ces techniques présuppose bien entendu des réseaux télécoms adaptés mais non forcément onéreux.

## Evolution du domaine des équipements de coordination

Sous ce terme, on regroupe d'une part des équipements centraux de suivi et de régulation des matériels roulants et d'autre part des équipements de coordination des équipes sur le terrain.

- L'avènement des réseaux de transmission fixes à grande capacité par fibres optiques et le traitement généralisé de l'information numérique (voix / données / images) permet de satisfaire aux nouveaux besoins de

ces postes d'exploitation qui sont de plus en plus nombreux et s'enrichissent d'images vidéo pour s'adapter au mieux aux circonstances du moment.

- Par ailleurs, les équipes sur le terrain commencent à être dotées d'outils portables de plus en plus évolués et légers (talkie walkie GSM, ...). La localisation éventuelle de ces équipes est déjà une réalité et une explosion des applicatifs de groupe est à prévoir. Ils permettront d'améliorer l'information et donc la possibilité effective de fonctionnement décentralisé des entreprises.

## Evolution du domaine des infrastructures

La rationalisation économique et technique implique une mutualisation croissante des ressources techniques qui devient d'autant plus possible que la fiabilité de ces ressources centrales, vitales et largement partagées, est très élevée.

Les infrastructures télécoms suivent une évolution similaire: elles sont de moins en moins dédiées par type d'équipement. Il est ainsi possible d'assister à une double intégration des réseaux télécoms qui servent une multitude d'applications et qui fédèrent en se numérisant, la voix, les données et les images. Ainsi se constituent naturellement des réseaux banalisés mais fortement hiérarchisés avec une partie centrale au backbone et des ramifications aux capacités adaptables à la demande pour les plus performants d'entre eux.

## Principales évolutions des domaines "traitement des voyageurs"

Les progrès des techniques de l'information ont permis de concevoir des outils répondant plus étroitement aux attentes des clients, au-delà du besoin basique "d'être transporté". Il s'agit là d'une magnifique opportunité -souvent peu onéreuse au regard des lourds investissements nécessaires pour le transport physique des personnes - de moderniser les TCU et de les intégrer toujours davantage dans la ville. Cette dernière subit nombre d'évolutions dont une des plus fortes est le passage d'une société de l'offre à une société de service. Les exemples qui suivent

essaient d'illustrer ces propos tout en montrant qu'il s'agit d'outils essentiels pour démultiplier les relations de service.

## Les péages

### L'évolution des péages dans le monde

L'évolution des péages dans le monde est naturellement liée à celle des technologies. Trois générations successives de péages coexistent aujourd'hui dans le monde:

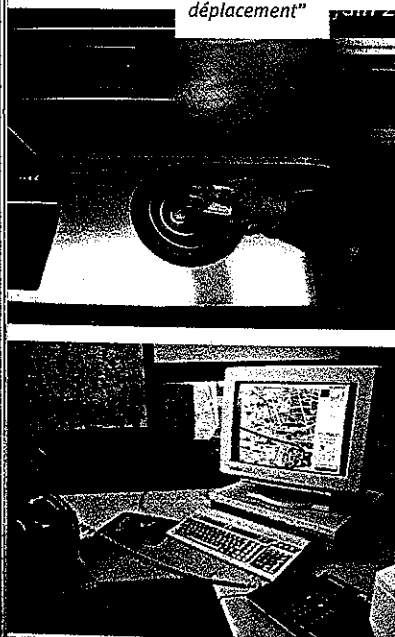
- La plus ancienne utilise des pièces ou des tickets papier.
- Les péages magnétiques qui ont suivi peuvent être classés en deux catégories:
  - Péages avec entraînement automatique du billet: ce sont les plus nombreux;
  - Péages avec entraînement manuel du billet par le voyageur ("swipe"),
- Les péages sans contact (par exemple Oulu, Singapour, Hongkong, Nice...) constituent la technologie la plus intéressante à tous points de vue. Le sans contact présente en effet des avantages très significatifs en termes de coûts, de fiabilité, de sécurité, de vitesse de transaction et d'évolutivité. Il est certain que cette technologie supplantera rapidement les deux autres, et on observe que certains réseaux remplacent directement leurs péages de première génération par du sans contact, sans passer par l'étape du magnétique.

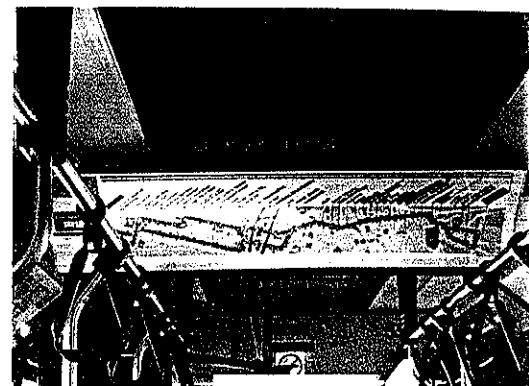
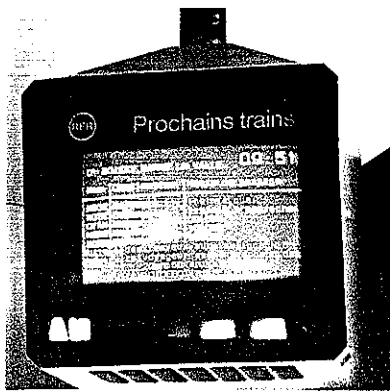
### Une démarche fédératrice des transporteurs pour faire émerger un standard: CALYPSO

Dans un souci économique, mais aussi ergonomique, les opérateurs de transport en commun d'Ile-de-France souhaitent utiliser un produit standard, généralisable à plusieurs sites et à des millions de voyageurs. Dans cet esprit, et parce qu'il n'existait aucun produit satisfaisant à leurs attentes, ils ont initié dans le début des années 1990 deux projets européens - ICARE pour la billettique puis CALYPSO pour la billettique couplée à la monétique, en partenariat avec les opérateurs de quatre régions européennes contrastées: Venise - qui doit gérer des millions de touristes occasionnels, Lisbonne - capitale de taille moyenne,

En haut: Le Passe Sans Contact de la RATP

En bas: le système SUROIT: l'information "avant le déplacement"





De gauche à droite:  
SIEL, l'information "juste avant" sur les réseaux ferrés, et  
ALTAIR, l'information "juste avant et pendant" pour les bus

l'Eurorégion du Bodensee – qui fédère plusieurs opérateurs allemands, suisses, autrichiens et Bruxelles la capitale de l'Europe. L'objectif commun à l'ensemble de ces partenaires était d'expérimenter la technologie mise au point (appelée depuis CALYPSO) dans des contextes très variés, afin d'en démontrer l'universalité et d'en favoriser la standardisation (les normes ISO internationales 14443-B et ISO 1445 sont largement issues d'ICARE).

Outre l'existence d'une gamme de cartes allant du ticket jetable à très bas coût à des cartes à microprocesseur permettant le multi-service, la principale caractéristique du "groupe CALYPSO" (ouvert librement à tout utilisateur de la technique) est de n'être liée à aucun industriel, ce qui est de nature à favoriser l'émergence d'un nouveau standard.

De plus, ces villes ont créé un CLUB (Contact Less technology Users Board) ouvert à tous les opérateurs désireux de promouvoir l'émergence de systèmes de billetterie sans contact à haute sécurité (pour permettre l'adjonction de porte-monnaie électronique) et d'en faciliter la standardisation. Créée à Constance en mars 1995, l'Association compte déjà 40 fédérations regroupant plus de 400 réseaux dans 10 pays européens et un pays d'Asie.

## La généralisation de CALYPSO

Les villes de Nice et d'Amiens utilisent CALYPSO depuis le début de 1999. Entre-temps, 30 autres villes en plus de Bruxelles, Lisbonne et Paris, ont rejoint cette approche fédératrice et mutualiste (Lyon, Bordeaux, Naples, Milan,

Mexico...) tandis que d'autres effectuent des tests préalables (banlieue de New York...).

Paris, après un test intensif sur les cinq dernières années (sur plus de 125 stations et 100 000 cartes intégrant des fonctions multiservice (porte-monnaie électronique, appel d'urgence, information personnalisée...), inaugure au 1er novembre 2001 le début de la généralisation de CALYPSO, limitée en première phase à la partie transport (800 stations, 5000 bus et 5 millions de porteurs concernés).

## L'information des voyageurs

Les progrès rapides des systèmes d'information et des télécommunications ont également permis de bâtir des systèmes d'information voyageurs (SIV) très performants, qui, il y a à peine 10 ans, relevaient du domaine de la "science fiction".

Les développements récents de la téléphonie mobile vont encore améliorer ces services, notamment en abolissant la contrainte du lieu: le voyageur aura ainsi, en temps réel, une continuité d'accès aux informations tout au long de son déplacement.

Quelques exemples de cette nouvelle génération de SIV observables à Paris essaient d'illustrer ce propos.

## SUROIT: l'information "avant le déplacement"

L'idée maîtresse du projet SUROIT, engagé en 1990, consistait à réaliser un noyau commun à tous les systèmes d'information voyageurs, afin d'en garantir la cohérence. Ce noyau se compose:

nées textuelles et cartographiques recouvrant l'ensemble de l'offre de transport en Ile-de-France (trajets, horaires, tarification...), la voirie (60 000 voies) et les lieux très fréquentés (35 000 monuments, mairies, hôpitaux...),

- Et d'autre part d'outils de traitement rapides et intelligents de ces données (par exemple, un algorithme de recherche d'itinéraire entre deux points).

La première application, PIVI, fonctionne depuis février 1993 et est destinée aux agents du centre de renseignements téléphoniques de la RATP. A partir d'un poste de travail, l'agent peut saisir les caractéristiques du déplacement envisagé par le client (adresses de départ et d'arrivée, date et heure): en moins de 2 secondes, le système propose les différents moyens de transport (y compris la marche à pied), les itinéraires possibles et leurs durées. Le plan du trajet et le détail de l'itinéraire peuvent être télécopiés au client.

D'autres applications sont également proposées:

- Le client, francophone ou pas puisque cinq langues sont proposées, peut réaliser la même opération à partir d'un Minitel ou d'Internet ([www.ratp.fr](http://www.ratp.fr)).
- L'ensemble des plans de la RATP ainsi que les guides imprimés sont automatiquement générés à partir de SUROIT, ce qui garantit leur cohérence et leur mise à jour rapide.
- PIVI est couplé depuis peu à une application du même type relative à la voirie: ainsi un citoyen peut, en fonction des caractéristiques réelles et instantanées de

fluidité du trafic, choisir son mode de déplacement et son itinéraire.

**SIEL: l'information "juste avant" sur les réseaux ferrés**

Dans chaque gare du RER (Réseau Express Régional), le système SIEL fournit l'horaire de passage des six prochains trains : ces informations et une horloge sont affichées et mises à jour en temps réel sur des moniteurs couleur disposés sur les quais et dans le hall des gares. SIEL est en cours d'extension au métro à la demande expresse des voyageurs malgré la fréquence élevée de passages de rames.

**ALTAÏR: l'information "juste avant et pendant" pour les bus (ou le "SIEL" du bus)**

Les informations récupérées auprès des bus par le serveur de radiolocalisation sont également transmises, via les réseaux de transmissions de données filaires, vers le Poste de Commandement Local (PCL) de la ligne concernée.

Rafraîchies toutes les 30 secondes, ces données sont alors exploitées par un ordinateur à des fins de régulation des bus en temps réel et d'information des voyageurs (application Altaïr): Une des conséquences importantes de la régulation en ligne assurée par ALTAÏR est l'amélioration de la régularité, avec la suppression des "trains de bus".

L'agent chargé de la régulation peut également envoyer en temps réel, à l'attention du conducteur

du bus, des passagers qui sont dans le bus ou attendent au point d'arrêt, des messages de service (entrée en déviation, ligne interrompue...).

**Emergence du domaine intégration des transports dans la ville**

Les synergies sont aujourd'hui essentielles: les transporteurs sont des fédérateurs et des intégrateurs idéaux pour la ville. En effet, ils ont jusqu'à des millions de clients "fidélisés" qu'ils voient de surcroît quotidiennement et longuement, ils ont des installations à valoriser et souvent de réels savoir-faire. Quelques exemples permettant de mieux saisir l'importance croissante de ce domaine.

**La valorisation des infrastructures de métro**

Le développement des réseaux de communications de données performants nécessite notamment de poser des câbles à fibres optiques en milieu urbain. Or, la pose classique dans la voirie est très lourde (coût élevé, autorisations longues et difficiles à obtenir). C'est pourquoi l'infrastructure des tunnels et stations du métro qui "irrigue" les villes offre de réelles opportunités pour déployer ces câbles dans de bien meilleures conditions de rapidité notamment.

La filiale TELCITE créée par la RATP pour la vente et la réalisation de ce type de service a connu un succès immédiat. En complément de cette activité de location de fibres "nues", il est rapidement apparu nécessaire de créer NAXOS, une nouvelle filiale spécifiquement chargée de fournir du débit d'informations. Les deux filiales sont

en fait des "grossistes en télécommunications" qui ont pour clients tous les opérateurs, car elles ont opté pour une stricte neutralité à leur égard, ce qui est propice au développement de la concurrence et donc in fine au développement des télécommunications dans les zones d'activité de haute densité.

D'autres réseaux ont choisi de sous-traiter cette activité à un opérateur (Londres, Tokyo...) : la concurrence s'en trouve perturbée et ils seront probablement progressivement obligés de laisser pénétrer les autres et donc de multiplier les réseaux de télécommunications installés sur leurs emprises, ce qui accroîtra d'autant les besoins d'intervention.

**Le téléphone cellulaire descend dans le métro**

Le "portable" constitue déjà un fait social majeur au niveau mondial: les progrès technologiques (miniaturisation, intégration et surtout numérisation des liaisons radio) ont permis d'offrir au grand public un moyen de communication sans fil, d'un coût d'achat et de fonctionnement accessible, qui se substitue rapidement aux téléphones filaires. Le taux de pénétration du portable en France est de plus de 50% de la population à ce jour. Il a dépassé les prévisions les plus optimistes.

Les usagers souhaitent avoir une continuité de ce service, y compris dans les transports en commun. Plusieurs Métros dans le monde assurent déjà une couverture plus ou moins complète de leur réseau (Hong-kong, Singapour, Berlin...) et la RATP a engagé l'équipement complet de ses réseaux dans une logique de non discrimination des opérateurs.

Le portable constitue également un vecteur de communication particulièrement intéressant pour l'information des voyageurs. Il deviendra peut-être prépondérant dans les années à venir et il est donc important de s'y préparer. Citons par exemple l'utilisation de messages courts (S.M.S Short Message System sur le GSM) permettant d'afficher des informations à caractère général ou personnalisé sur l'écran du portable. A titre d'exemple, le service "Paris-Trafic" informe automa-

Au-delà du simple usage de base billettique, le PSC prétend devenir un véritable "sésame" dans la ville



tiquement les voyageurs qui s'y sont abonnés d'une perturbation sur leur trajet habituel.

Les progrès actuels concernent les transmissions de données à plus grande vitesse GPRS (General Packet Radio System) puis UMTS (Universal Mobile Telecommunication System ou téléphone mobile de troisième génération) en Europe. Ils permettront un dialogue interactif sur des écrans graphiques couleurs de dimensions plus importantes avec ajout d'images au texte.

Il sera ainsi possible de concevoir une chaîne d'information de bout en bout.

Ainsi, la frontière entre son domicile et l'extérieur est abolie, au profit d'une véritable continuité de service.

## Le phénomène Internet

A l'exemple du GSM en Europe, le grand public dispose avec l'Internet d'un nouveau moyen d'information interactif au niveau mondial.

Toutes les grandes entreprises industrielles et de transport ont leur site Web. Mais son accès personnel est pour l'instant limité aux possesseurs de micro-ordinateurs domestiques connectés à un réseau téléphonique ou câblé. Cette situation devrait évoluer rapidement dans le sens de l'abolition du temps et de l'espace mentionnée au début de cet article, avec l'apparition de terminaux dédiés à l'Internet et les évolutions des réseaux radio type GSM.

En attendant, dans les stations des TCU, de nombreux réseaux ont implanté des points d'accès Internet offrant plusieurs services. Un voyageur pourra y utiliser sa messagerie ou la visiophonie et des services annexes.

Dans tous les cas, les transporteurs sont un des fournisseurs de service essentiels dans les villes : tout portail transport contenant quelque information pertinente (PIVI en ligne par exemple, SIEL, ...) attirera naturellement nombre d'internautes... et fournira des opportunités économiques importantes aux réseaux qui sauront les exploiter.

## Amorce de conclusion

L'intégration et surtout la miniaturisation des technologies de l'information permettent l'annonce

d'une quatrième génération de transports en commun urbains (TCU), caractérisée par la disponibilité en temps réel d'informations de qualité pour tous, quel que soit le lieu et le moment. Cette quatrième génération suivra celle de l'arrivée dans les TCU des outils informatiques et télécoms, c'est-à-dire "du contenant". Elle sera celle de l'explosion des services, c'est-à-dire "du contenu" et permettra très certainement de répondre au désir aujourd'hui paradoxal d'un transport de masse offrant à chacun un service personnalisé. Les transports en commun seront ainsi en mesure de répondre pleinement aux besoins des citadins, qui veulent plus de sécurité, de facilité et d'agrément dans leurs déplacements quotidiens: en un mot toujours plus de services.

De manière plus générale, la demande de mobilité, qui débordait largement le seul domaine du transport physique, tend à effacer les frontières entre entreprises et partenaires du transport: il est naturel et nécessaire que les plus dynamiques d'entre elles aient l'ambition de jouer un véritable rôle "d'intégrateur de la ville", c'est-à-dire de fédérateur du plus grand nombre de services urbains et de se lancer prudemment mais résolument dans l'aventure. La révolution du "contenant" leur fournira une occasion historique à saisir pour susciter l'émergence de services, dans des logiques de partenariats de valeurs ajoutées successives, c'est-à-dire sans exclusive et avec beaucoup de pragmatisme. Il va de soi qu'une telle ambition requerra des moyens humains de qualité que seules quelques entreprises sauront fédérer.

De plus, il convient de mentionner trois autres points sensibles dans cette évolution à venir qui risquent de retarder l'évolution de cette quatrième génération:

- Si les progrès dans le domaine des réseaux radio ont été considérables depuis le début de ce siècle, les équations de Maxwell sont pour l'instant intangibles: la transmission des informations nécessite une occupation spectrale minimale et le spectre radio n'est pas extensible. Il est déjà très difficile d'obtenir une autorisation pour des canaux

radio dans les grandes agglomérations: la seule possibilité connue consiste à utiliser des fréquences de plus en plus élevées qui nécessitent des techniques de fabrication de plus en plus sophistiquées, et donc chères aujourd'hui...

- Le logiciel, essentiel pour le contenu, affiche toujours un certain retard par rapport au "hardware". La multiplication des programmes "objet", l'apparition de nouveaux langages adaptés (Java...) permet d'entrevoir les véritables débuts d'une industrialisation attendue et nécessaire des logiciels.

- Le corps social de nos entreprises n'a pas souffert lors de l'émergence de la première génération de TCU (l'électricité a remplacé la vapeur). Il a subi un traumatisme durable lors de la deuxième génération (l'électronique a amené la suppression de milliers d'emplois tayloriens): il peut ainsi avoir tendance à assimiler innovation et perte d'emploi... Il faudra donc beaucoup de persuasion et de patience à quelques "éclairés" (souvent "mal aimés" dans des entreprises naturellement conservatrices), pour expliquer la vraie nature des choix et les immenses opportunités qu'offrent la troisième génération de TCU en cours de généralisation (nouveaux contenants) et surtout la quatrième en cours d'émergence (explosion des services).

Gageons que ces difficultés seront surmontées et que le prochain millénaire nous prépare des évolutions, voire de véritables révolutions technologiques mais aussi et surtout comportementales, et donc sociales, d'une ampleur comparable à celles du 20<sup>e</sup> siècle car celles qui viennent d'être esquissées n'en sont que les prémices.

*Gageons que ces difficultés seront surmontées et que le prochain millénaire nous prépare des évolutions, voire de véritables révolutions technologiques mais aussi et surtout comportementales, et donc sociales, d'une ampleur comparable à celles du 20<sup>e</sup> siècle car celles qui viennent d'être esquissées n'en sont que les prémices.*