



HAL
open science

Evaluation du système de billettique de Valence

Daniel Danflous

► **To cite this version:**

Daniel Danflous. Evaluation du système de billettique de Valence. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 1998, 34 p., figures, tableaux, 6 références bibliographiques. hal-02165600

HAL Id: hal-02165600

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02165600v1>

Submitted on 26 Jun 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

rapport d'étude

**Évaluation
du système
de billettique
du Syndicat
Intercommunal
de Valence**

février 1998

Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques

Centre d'Études Techniques de l'Équipement
Méditerranée

NOTICE ANALYTIQUE

Organisme commanditaire : Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement - METL Direction des Transports Terrestres - DTT Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques - CERTU			
Titre : Evaluation du système de billettique de Valence			
Sous-titre :		Langue : Français	
Organisme auteur CETE Méditerranée - Europrojets	Rédacteur Daniel Danflous	Date d'achèvement Janvier 98	
Remarques préliminaires : La DTT a confié au CERTU la mission de piloter diverses évaluations d'applications de nouvelles technologies dans les transports publics. Dans le domaine de la billettique, le réseau de transport urbain de Valence a mis en place partiellement un système de billettique utilisant une carte à puce sans contact. Ce rapport d'étude constitue la synthèse de l'évaluation de ce système réalisée par le CETE Méditerranée Ce rapport a été réalisé par D. Danflous avec la collaboration de Mlle F. Canoz et P.Y. Appert (CETE Méditerranée) Remerciements à : MM. Giraud, J. Meurillon, F. Pedron, Domingo (CTAV), P. Roux, R. Coste (Ascom Monétel).			
Résumé : . En avril 1996, le réseau des transports en commun valentinois, mettait en service, pour la première fois en France sur la totalité d'un réseau, un système de péage sans contact. Après plus d'un an d'exploitation, cette étude tente de faire le point sur cette technologie. Le système, par sa simplicité, s'est avéré d'une très grande ergonomie pour l'utilisateur. Le réseau y gagne aussi: <ul style="list-style-type: none"> • En fluidité et en vitesse d'embarquement. La validation sans contact est deux fois plus rapide que la magnétique. • En fiabilité : <ul style="list-style-type: none"> - fiabilité de la carte (en 1 an d'exploitation 18 retours de carte sur 4500 mises en circulation); - fiabilité des valideurs qui ne comportent plus de pièces en mouvement ou d'usure, ce qui permet de réduire au maximum le stock des appareils destinés à la maintenance ainsi que les coûts de personnel. • Les coûts d'investissements sont aussi réduits. Un télévalideur est deux fois moins cher à l'achat qu'un valideur magnétique. • La carte est beaucoup plus chère (environ 13 fois mais les prix baissent, surtout en fonction des volumes commandés), mais avec une durée de vie au moins dix fois supérieure à celle du titre magnétique utilisé à Valence. D'autre part, son coût pourrait être partagé dans une utilisation multiservice et /ou multiprestataire. <p>Par l'observation plus que par le calcul, l'étude a toutefois mis en évidence un phénomène particulier : validation magnétique et télévalidation ont du mal à cohabiter. Le principal avantage du sans contact (pas d'interruption du mouvement de montée des passagers dans les véhicules) est largement atténué lorsqu'il y a coexistence des deux systèmes dans le même véhicule. Ceci devrait encourager les réseaux de transport urbains à s'orienter vers le « tout sans contact », au moins pour les titres multiples et les abonnements.</p>			
Mots clés : transport, transport collectif, billettique, télébillettique, télépéage, péage sans contact, carte sans contact, monétique, perception des tarifs, ergonomie.		Diffusion : Le CERTU distribue ce rapport d'étude. Les exemplaires sont à demander à: CERTU - Département "Systèmes techniques pour la ville", Groupe "Transports" 9, rue Juliette-Récamier 69456 Lyon Cedex 06 Tel: 04 72 74 59 61 Fax : 04 72 74 59 60	
Nombre de pages : 34 pages	Prix : 30F.	Confidentialité : Non	Bibliographie : Oui

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	3
2. LE CONTEXTE.....	3
2.1 LES OBJECTIFS	3
2.1.1 <i>FIABILISER SON SYSTEME DE BILLETTERIE.....</i>	3
2.1.2 <i>ACCELERER LA MONTEE DANS LES VEHICULES.....</i>	3
2.1.3 <i>UNE REDUCTION TRES IMPORTANTE DES COUTS D'EXPLOITATION</i>	3
2.1.4 <i>UNE SECURISATION DES TRANSACTIONS.....</i>	4
2.1.5 <i>UNE GRANDE ERGONOMIE D'EMBARQUEMENT</i>	4
2.1.6 <i>LA FIN DU TICKET « EVANESCENT ».....</i>	4
2.2 SITE ET CARACTERISTIQUES DU RESEAU.....	4
2.3 LES PARTENAIRES.....	6
3. LE SYSTEME	6
3.1 RAPPELS SUR LES DIFFERENTS SYSTEMES ET TECHNOLOGIES	6
3.2 DESCRIPTION DU SYSTEME DE VALENCE	7
3.2.1 <i>ENVIRONNEMENT DE GESTION ET SYSTEME D'INFORMATION</i>	7
3.2.2 <i>ENVIRONNEMENT DE VENTE ET DE CONTROLE.....</i>	8
3.2.3 <i>ENVIRONNEMENT DE CONSOMMATION</i>	10
3.3 FORMATION ET INFORMATION.....	15
3.4 CHRONOLOGIE DE LA MISE EN PLACE DU SYSTEME	15
4. METHODOLOGIE ET MOYENS D'EVALUATION.....	16
4.1 EFFICACITE DU SYSTEME	16
4.1.1 <i>TEMPS DE VALIDATION :</i>	16
4.1.2 <i>FIABILITE.....</i>	16
4.1.3 <i>IMPACT SUR LA FRAUDE.....</i>	16
4.2 ANALYSE ERGONOMIQUE ET OBSERVATIONS INDIRECTES.....	16
5. BILAN TECHNIQUE.....	17
5.1 TEMPS DE VALIDATION	17
5.1.1 <i>TEMPS MOYEN DE VALIDATION.....</i>	17
5.1.2 <i>INTERFERENCES ENTRE LES TECHNOLOGIES.....</i>	18
5.2 FIABILITE.....	18
5.2.1 <i>TAUX DE RETOUR DES CARTES.....</i>	18
5.2.2 <i>TAUX DE PANNE DES VALIDEURS.....</i>	19
5.2.3 <i>FIABILITE DES TRANSACTIONS.....</i>	20
5.3 FRAUDE.....	20
6. BILAN SOCIO-ECONOMIQUE	21
6.1 ACCEPTATION PAR LES UTILISATEURS	21
6.1.1 <i>ENQUETE DU CONSTRUCTEUR.....</i>	21
6.1.2 <i>ENQUETE DU RESEAU : « UN SENTIMENT DE FRUSTRATION ET D'INJUSTICE... » - RAPPORT INSIGHT</i>	22
6.1.3 <i>OBSERVATIONS INDIRECTES ET ANALYSE ERGONOMIQUE.....</i>	22
6.2 ASPECTS FINANCIERS	30
6.2.1 <i>INVESTISSEMENTS.....</i>	30
6.2.2 <i>FONCTIONNEMENT.....</i>	30
6.2.3 <i>GAINS SUPPOSES : IMPACT SUR LES TEMPS D'EMBARQUEMENT ET LA VITESSE COMMERCIALE.....</i>	30
7. CONCLUSIONS	32

1. INTRODUCTION

En avril 1996, le réseau des transports en commun valentinois, mettait en service, pour la première fois en France sur la totalité d'un réseau, un système de péage sans contact.

Aujourd'hui, la plupart des appels d'offres en matière de billetterie comportent un volet télébillétique. Une évaluation de cette technologie était donc souhaitable.

Après plus d'un an d'exploitation, cette étude tente de faire le point sur la billetterie sans contact dans la technologie et les conditions d'exploitation de Valence.

L'étude s'est surtout attachée à évaluer l'ergonomie de ce système. Elle est divisée en quatre parties :

Le chapitre 2. décrit le contexte et les conditions d'exploitation du système. Au chapitre trois, les différents équipements sont examinés au niveau de leurs caractéristiques fonctionnelles et matérielles. L'étape suivante présente la méthodologie utilisée dans l'évaluation. Enfin un bilan technique et une évaluation socio-économique concluent l'étude.

2. LE CONTEXTE

2.1 LES OBJECTIFS

En s'équipant d'un système de billetterie sans contact, le réseau poursuivait deux objectifs essentiels :

2.1.1 FIABILISER SON SYSTEME DE BILLETTERIE

Valence est équipé depuis 1992 d'un système de billetterie magnétique. Or ce dernier nécessite une maintenance des dispositifs de validation qui n'est pas négligeable. En effet, à l'exception des lecteurs swipe, les valideurs magnétiques présentent des pièces en mouvement (pour un déplacement relatif de la tête de lecture et du bandeau magnétique lors des séquences d'écriture et lecture) qui les fragilisent. D'autre part, la transaction elle-même, est soumise aux conditions d'environnement. Enfin, les billets magnétiques, restent toujours des titres fragiles, même s'ils ont subi de nettes améliorations, notamment en ce qui concerne leur résistance aux effacements accidentels.

2.1.2 ACCELERER LA MONTEE DANS LES VEHICULES

En technologie magnétique on ne peut espérer des temps de validation inférieurs à deux secondes. Il faut y ajouter, dans certains cas, le temps d'extraction de la carte de son étui, de la poche ou du sac. Ce phénomène est amplifié à Valence où le titre magnétique, en polyester et sensible à la pluie, est souvent conservé dans son étui et retiré au dernier moment.

En dehors de ces deux raisons qui ont motivé le choix du réseau, le « sans contact » présente d'autres avantages.

2.1.3 UNE REDUCTION TRES IMPORTANTE DES COUTS D'EXPLOITATION

Ne possédant ni pièces en mouvement ni pièces d'usures, les télévalideurs devraient avoir des coûts d'exploitation quasi nuls.

2.1.4 UNE SECURISATION DES TRANSACTIONS

Les titres sont des cartes à mémoire ou des cartes à microprocesseur équipées d'une antenne noyée dans la carte. Ils possèdent donc les caractéristiques de sécurité de ces types de cartes (clés d'authentification, etc.).

2.1.5 UNE GRANDE ERGONOMIE D'EMBARQUEMENT

Il n'est plus nécessaire de s'arrêter devant le valideur, de rechercher la fente du valideur, d'attendre le retour de la carte, etc. La validation se fait en dynamique, sans arrêter la montée qui devient plus fluide.

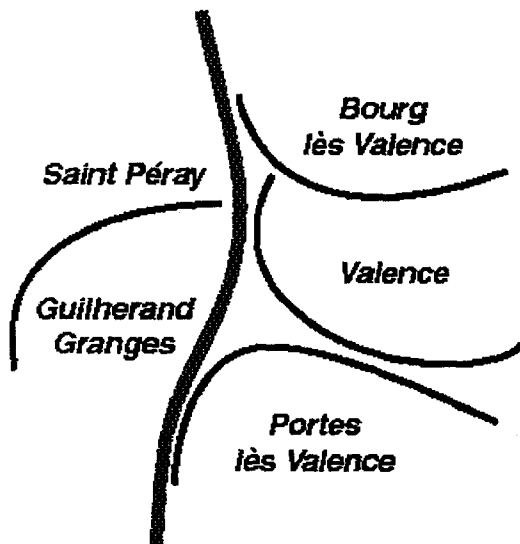
2.1.6 LA FIN DU TICKET « EVANESCENT »

Le problème de l'avalement et de l'hypothétique réapparition du ticket, particulièrement aux portillons des métros, a émergé comme une justification du paiement sans contact en 1992 lors d'une étude réalisée pour le métro de Londres. Il semble, d'après cette étude, que le public n'accepte que modérément, dans des conditions de stress et aux heures de pointe, que son ticket quelquefois de grande valeur disparaisse de sa vue, même pour quelques instants, pour réapparaître 80 ou 50 cm plus loin.

2.2 SITE ET CARACTERISTIQUES DU RESEAU

Le réseau de transport de l'agglomération Valentinoise regroupe cinq communes avec les populations suivantes :

Figure 1 : l'agglomération Valentinoise



Valence	65 026 hab.
Bourg-lès-Valence	18 605 hab.
Guilherand-Granges	10 566 hab.
Portes-lès-Valence	7 932 hab.
Saint-Péra y	5 932 hab.
Population totale	108 061 hab.

Il possède les caractéristiques physiques suivantes :

Tableau 1 : caractéristiques du réseau

Aire desservie en km ²	101
Nombre de lignes régulières	11
Longueur du réseau en km	122,2
Nombre d'arrêts	470
Nombre de points de vente	34

En 1996, les chiffres clefs étaient les suivants :

6,2 millions de voyageurs transportés
28 000 voyages chaque jour de semaine
 57,7 voyages par an et par habitant
2,9 millions de kilomètres parcourus
26,8 kilomètres par an et par habitant

avec une répartition des recettes qui s'établissait ainsi

Tableau 2 : répartition des recettes et voyages par titre

Type de billet	Voyages	Recettes
Billet à l'unité	22 %	31 %
Abonnements et carte 10/20 voyages	64, %	69%
Gratuités	14 %	

Enfin, en octobre 1997 la répartition par type de titre se répartissait ainsi :

Tableau 3 : répartition des voyages

Type de billet	Voyages
Billet à l'unité	20%
Magnétique (Cartorange, Trafic, Demandeur d'emploi, Invalide, FNS, Eurékarte)	32%
Sans contact (Ecoliers subventionnés, Fréquence, Jean's, 3ème Enfant, Personnel)	48%

2.3 LES ACTEURS.

Le projet de télébillétique valentinois a vu le jour grâce à l'implication des différents partenaires :

- le Syndicat Intercommunal des Services de l'Agglomération Valentinoise (SISAV) autorité organisatrice des transports urbains

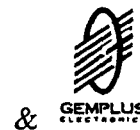
VALENCE MAJOR!

- l'exploitant du réseau



- le constructeur du système et le fournisseur de la carte

Ascom Monetel



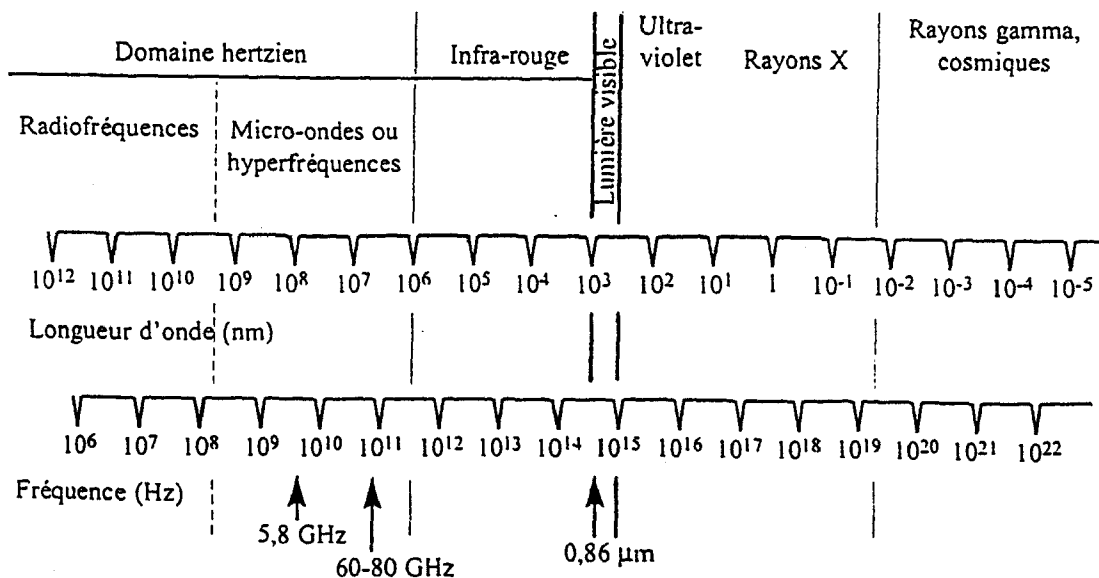
3. LE SYSTEME

3.1 RAPPELS SUR LES DIFFERENTS SYSTEMES ET TECHNOLOGIES

La base du système de Valence est une carte sans contact de proximité. Par rapport à la carte à puce à contact, la carte sans contact diffère par son mode de communication. Un module supplémentaire permet à cette dernière de dialoguer avec son antenne par couplage inductif.

Plusieurs technologies existent, qui diffèrent par leur fréquence ou longueur d'onde.

Figure 2 : fréquences et longueurs des ondes électromagnétiques



Le tableau¹ ci-dessous résume les avantages et inconvénients des différentes technologies :

Tableau 4 : caractéristiques et propriétés des différentes technologies

Technologie	Avantages	Inconvénients
Induction Magnétique (6,78 Mhz à 13,56 MHz)	- Technique simple - Coût réduit	- Distance de transmission réduite (environ 10 cm)
Radiofréquence (100 Hz à 300 MHz)	- Peu sensible aux obstacles - Système omnidirectionnel - Coût réduit	- Transmission à faible débit - Problèmes liés à l'omnidirection
Hyperfréquence (800 Mhz à 10 Ghz)	- Transmission à fort débit - Très bonne transmission - Très directionnel	- Sensible aux obstacles (problèmes de rebond) - Coût
Infrarouge (300 GHz à 430 THz)	- Transmission à fort débit - Directionnel	- Forte consommation - Très sensible aux obstacles - Sensible aux interférences climatiques et électromagnétiques

3.2 DESCRIPTION DU SYSTEME DE VALENCE

Fabriqué par Ascom Monétel, le système de Valence utilise la première technologie citée, l'induction magnétique.

Le système de vente et de perception des tarifs installé à Valence peut être divisé en trois grands environnements.

3.2.1 ENVIRONNEMENT DE GESTION ET SYSTEME D'INFORMATION

Le système de gestion et d'information est architecturé autour du Centre d'Exploitation et de Traitement (CET) et de son logiciel Magbus/Proxibus qui permet la gestion des ventes et consommations ainsi que le suivi de l'ensemble des titres de transport.

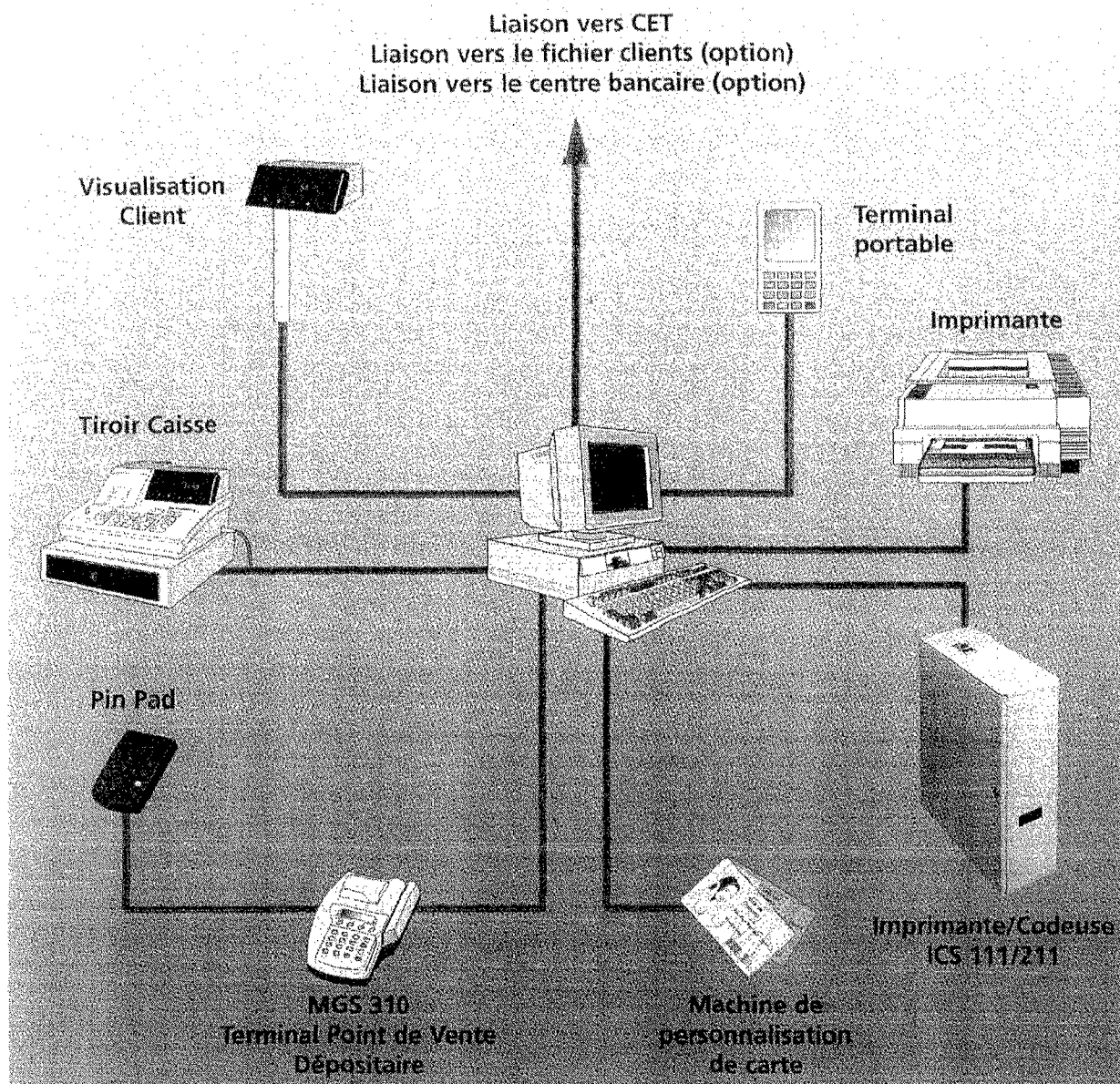
L'ensemble des données en provenance des valideurs (magnétiques et sans contact) ainsi que de l'émetteur de billet embarqué, est stocké à chaque transaction sur une cassette du pupitre chauffeur. Cette cassette est vidée à chaque fin de service sur le CET. Tous les titres (billets à l'unité, magnétiques et sans contact) sont ainsi suivis toutes les nuits.

Le centre de personnalisation des cartes ainsi que les points de vente des dépositaires utilisent aussi une cassette mémoire amovible comme moyen de communication avec le CET. Seuls sont transmis au CET des numéros de cartes, le fichier client restant sur les machines de personnalisation des cartes.

¹ d'après : cartes multiservices - technologies, panorama des usages - collection Technologie et Services futurs - CERTU

3.2.2 ENVIRONNEMENT DE VENTE ET DE CONTROLE

Figure 3 : environnement de vente



3.2.2.1 Création des cartes

La personnalisation des cartes n'est possible qu'au point de vente central du réseau (arrêt Leclerc). Le point de vente est équipé d'un terminal assurant les fonctions suivantes :

- encodage des titres
- impression des nom et adresse
- impression de la photo d'identité

3.2.2.2 Vente chez les dépositaires

Les cartes sont rechargeables chez les 34 dépositaires du réseau. Ces derniers sont équipés du lecteur-encodeur MGS310 sous sa forme de périphérique de la machine de vente de billets magnétiques.

La carte sans contact est insérée dans la fente prévue à cet effet (sous la carte bancaire sur l'image). Elle est ainsi maintenue ce qui permet au vendeur d'avoir les mains libres lors du rechargement.

Figure 4 : terminal point de vente dépositaire



Le terminal a été conçu pour remplir de façon autonome les fonctions suivantes :

- Prise de service avec contrôle de l'habilitation de l'opérateur
- Fin de service avec édition de la fiche de caisse

- Contrôle permanent de la cohérence des données à coder et du support physique
- Paiement par chèque, carte bancaire, et en espèces avec calcul du rendu
- Annulation de la dernière transaction
- Impression d'un reçu
- Connexion programmable au Centre d'Exploitation et de Traitement (CET) par le réseau commuté et transfert du fichier des transactions. Rapatriement en sens inverse des fichiers tarifs par exemple lors des mises à jour.

NB : Comme signalé précédemment, à Valence le MGS310 est utilisé comme périphérique de la machine de vente de billets magnétiques. Le clavier, l'écran, l'imprimante, le lecteur swipe ainsi que le lecteur de carte bancaire ne sont pas utilisés. Ces fonctions ainsi que celles citées précédemment sont réalisées par la machine de vente des billets magnétiques. De même, la communication avec le CET se fait grâce au module mémoire (cf. § 3.2.1).

3.2.2.3 Contrôle

Le portable de contrôle LDP400 permet de contrôler les titres. Il est équipé d'une antenne de courte portée (3 cm) qui permet de contrôler la carte en la plaçant dessus ou dessous l'appareil. A terme, le portable sera équipé d'un lecteur swipe de façon à lire les titres magnétiques.

3.2.3 ENVIRONNEMENT DE CONSOMMATION

Le coeur du système est composé de 2 éléments essentiels : la carte sans contact et le télévalideur.

3.2.3.1 La carte à puce sans contact Proxibus CMP 201

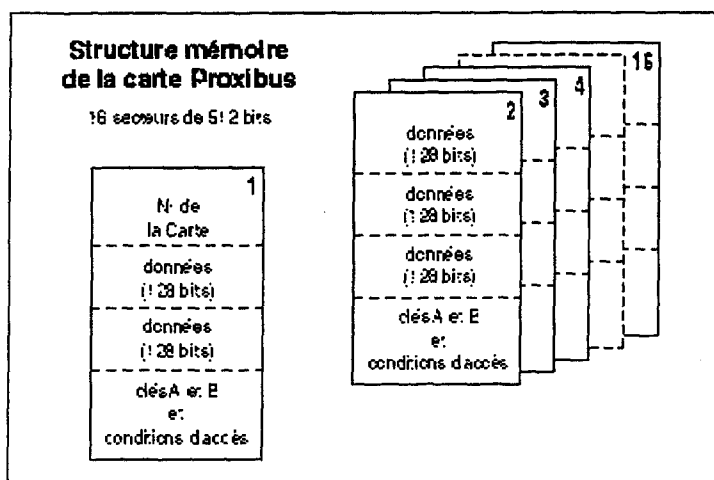
La carte Proxibus CMP 201, produite par la société GEMPLUS, est une carte à mémoire (sans microprocesseur, les algorithmes sécuritaires sont câblés et par conséquent figés) conçue pour dialoguer en technologie sans contact.

Figure 5 : la carte sans contact



La carte est organisée en 16 secteurs indépendants de mémoire de 512 bits chacun. Chaque secteur sauf le premier, qui est un peu différent puisqu'il contient le numéro de la carte, est composé de trois blocs de données et un bloc de sécurité. Ce dernier gère les conditions d'accès aux blocs de données par des clés (en lecture, écriture, incréments et décréments). L'application de Valence est logée dans trois secteurs entiers ce qui fait neuf blocs de données.

Figure 6 : organisation de la carte



3.2.3.1.1 Caractéristiques

- Physiques de la carte
 - Format ID-1 (carte de crédit) 85,6 x 54 x 0,76 mm
 - matériau : PVC
 - technologie : CMOS EEPROM rapide
- Physiques de la mémoire
 - taille 8 kbits
 - nombre garanti d'écritures : 100 000
 - nombre de lectures : illimité
 - stockage garanti des données 10 ans
- Organisation de la mémoire
 - découpage de la mémoire en **16 secteurs indépendants** (4 blocs de 128 bits par secteur)
 - accès à chaque secteur sécurisé par son propre jeu de clés
- Transmission :
 - fréquence porteuse : **13,56 Mhz**
 - vitesse : 106 kbits/s
 - distance opératoire : **< 100 mm**
 - protocole : half duplex

- Alimentation : carte sans alimentation. Utilise un courant induit. Le valideur produit un champ magnétique qui induit un courant électrique dans l'antenne de la carte, générant ainsi son alimentation.

3.2.3.1.2 Performance

Le temps total moyen d'une transaction (fonction de la longueur du message) est d'à peu près 100 ms et se décompose comme suit :

Tableau 5 : télévalidation - décomposition des temps

Traitement	Durée
Temps de reconnaissance carte	5 ms : réponse de la carte, anti collision, sélection d'un premier bloc avec une authentification.
Temps de lecture	4 ms : lecture d'un bloc de 128 bits (la lecture se fait par blocs entiers de 128 bits)
Temps d'écriture	11 ms : écriture de la dernière transaction et sauvegarde de l'avant-dernière
Changement de secteur	4 ms : chaque changement de secteur de mémoire s'accompagne d'une nouvelle authentification

Ce temps est fonction de la complexité tarifaire des billets à traiter ainsi que des traitements en matière de sécurité. Dans le cas de Valence :

Tableau 6 : télévalidation - décomposition des temps - le cas de Valence

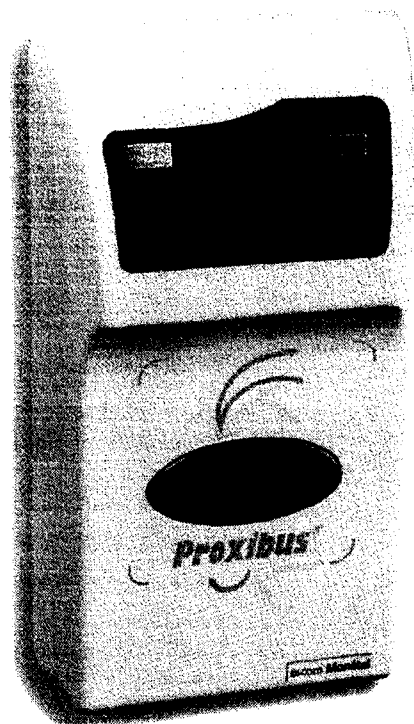
Traitement	Nombre de blocs ou d'opérations élémentaires	Temps élémentaire	Total
Reconnaissance		5 ms	5 ms
Authentification	4	4 ms	16 ms
Lecture	6	4 ms	24 ms
Traitement du titre par le valideur		10 à 11 ms	10 à 11 ms
Ecriture	4	11 ms	44 ms
Total			99 à 100 ms

NB: La carte conserve en mémoire la dernière et avant-dernière validation.

3.2.3.2 Le télévalideur Proxibus VPE 413

Ce valideur est uniquement « sans contact » (il existe chez ascom Monétel des valideurs mixtes : magnétique et sans contact).

Figure 7 : télévalideur VPE 413



- Présentation physique

Le valideur se monte sur un support à embrochage rapide sur lequel il est verrouillé par une serrure à clé. Les dimensions physiques sont les suivantes :

- hauteur : 290 mm
- profondeur : 85 mm
- largeur : 150 mm
- masse : 1,7 kg
- Caractéristiques physiques
 - Microprocesseur : 32 bits
 - Interfaces
 - liaison série : RS 485 à 9600 bauds vers le pupitre chauffeur
 - liaison infrarouge : à 9600 bauds, vers un terminal portable (téléchargement/ mise à jour du logiciel résident)
 - Mémoire RAM 256 Ko secourue par pile
 - Calendrier et horloge autonomes secourus par pile

- Caractéristiques fonctionnelles

Le valideur gère de façon autonome :

- la liste noire
- l'anti pass-back (impossibilité de réutiliser la carte après un certain délai).
- la date extrême de validité
- les numéros de lignes autorisés
- les jours autorisés
- le compteur deux voyages ou quatre voyages (lié au titre scolaire: les scolaires ne peuvent effectuer que deux ou quatre voyages)

N.B. :

- Une touche de validation (cf. photo) ou un clavier de 4 , 8 ou 16 touches sont en option. Cette fonction vient d'une demande d'un réseau finlandais qui utilise des cartes à valeur et à décompte. Elle permet notamment au voyageur de pouvoir consulter son compte sans payer en présentant simplement son titre devant le valideur. Si l'on veut être débité on appuie sur le bouton. Ce dernier peut avoir aussi un aspect légal, et permet d'introduire un geste volontaire dans la télévalidation, en n'autorisant le débit qu'après enfoncement du bouton.

Ce bouton présente des avantages...

- Il est une garantie contre un débit involontaire de la carte. En période d'affluence une personne projetée contre le valideur pourrait voir sa carte à l'intérieur de son sac débitée (encore faudrait-il que la période anti pass-back [8 minutes] soit écoulée).
- Il évite toute validation trop rapide (on peut penser que le simple fait d'aller frapper le bouton et de revenir devrait porter le temps de validation à 200 ms). Il évite aussi les validations tangentielles, les seules qui peuvent entraîner un avortement de la transaction (la carte est reconnaissable sur une longueur tangentielle de 10 cm devant le valideur [cf. schéma § 6.1.3.]. La transaction durant 100 ms, toute vitesse de passage devant l'antenne supérieure à 1 m/s entraînera un avortement de la transaction).

et des inconvénients

- Il allonge les temps de validation
- Il réintroduit une pièce en mouvement dans le valideur et donc le fragilise

Les valideurs du réseau de Valence (qui utilise des abonnements et des titres à jetons) ne sont pas équipés de boutons.

- Enfin certains valideurs sont « bi-technologie » ou mixtes intégrant dans un même coffret à la fois un valideur magnétique et un valideur sans contact. On se reportera, à ce sujet, aux remarques faites dans ce document à propos de la coexistence de ces deux technologies.

3.3 FORMATION ET INFORMATION

Venant après la mise en place d'un système de billetterie magnétique complet, l'introduction du système de télébillétique n'a nécessité aucune formation notable auprès du personnel roulant ou commercial si ce n'est une présentation du matériel. En effet les télévalideurs pouvaient être considérés comme des produits dérivés du système installé en 92, les chauffeurs utilisant le même pupitre notamment.

De même pour les revendeurs, qui ont vu leur pupitre de vente s'équiper d'un périphérique supplémentaire avec l'explication d'appuyer sur la touche « SC » (Sans Contact) lors de son utilisation. En 92, une formation lourde avait eu lieu chez chaque dépositaire avec la distribution d'une cassette vidéo expliquant le fonctionnement du système.

Il était prévu une formation au niveau de la maintenance. Mais celle-ci n'a pas été jugée nécessaire du fait de la fiabilité présumée du matériel. Les trois ou quatre jours de stage destinés aux deux personnes de la maintenance furent plutôt utilisés à une description dans le détail du matériel qu'à l'apprentissage de procédures de maintenance et de réparation.

L'information auprès des usagers s'est faite grâce à des articles dans la presse et une présentation à la foire de Valence. Tout le matériel fut exposé et présenté au public et un jeu mis en place. Celui-ci permettait de créer sa propre carte avec incrustation de sa photo d'identité et de s'essayer à la télévalidation.

Enfin, l'arrêt Leclerc, point de vente principal et lieu d'émission et de personnalisation de la carte, est équipé sur son comptoir d'un télévalideur. Celui-ci permet, au moment de l'émission de la carte, de montrer et d'expliquer le geste de validation au futur utilisateur. En effet, certains utilisateurs avaient tendance à présenter leur titre au niveau des voyants de l'écran de visualisation du valideur plutôt que devant son antenne (située en dessous). Les valideurs portent depuis une cible indiquant l'endroit de la validation (c.f. commentaire ergonomique § 6.1.3).

3.4 CHRONOLOGIE DE LA MISE EN PLACE DU SYSTEME

L'équipement des véhicules a été réalisé durant l'été 1996. Ceux-ci étaient équipés de deux valideurs magnétiques à l'avant. Le valideur de droite étant utilisé à plus de 80%, le démontage du gauche et son remplacement par un télévalideur n'a causé aucune gêne aux utilisateurs.

Le système a réellement démarré avec la distribution des abonnements aux étudiants, lycéens et collégiens à la rentrée scolaire 1996-1997.

Toujours en vigueur aujourd'hui, ce système billettique sans contact a été étendu à tous les abonnements. Seul le système des tickets à l'unité n'a pas changé, pour des raisons économiques.

4. METHODOLOGIE ET MOYENS D'EVALUATION

4.1 EFFICACITE DU SYSTEME

L'efficacité du système de Valence a été étudiée sous trois aspects essentiels :

- rapidité (temps de validation)
- fiabilité
- impact sur la fraude

4.1.1 TEMPS DE VALIDATION :

Des mesures embarquées ont été effectuées le 24 octobre 1996 portant sur 27 courses. Le chronomètre était déclenché à la première validation ou vente de billet et arrêté à la fin de la dernière validation. Les temps mesurés ne correspondent donc pas au temps passé à l'arrêt mais au temps cumulés des validations des trois « technologies » (magnétique, billets à l'unité, sans contact). D'autre part le système de gestion et de suivi des titres permet sur chaque arrêt de différencier le nombre de titres vendus et validés par catégorie.

4.1.2 FIABILITE

La fiabilité a été évaluée au travers du taux de retour des cartes ainsi que du taux de panne des valideurs.

Pour chaque retour de carte ou demande d'information concernant celle-ci, il était demandé au réseau de noter :

- la date
- les raisons du retour (la carte ne fonctionne pas, la carte ne fonctionne que dans certaines conditions, etc.) ou de la demande.

Pour ce qui concerne les télévalideurs, le service de maintenance devait noter le numéro de série du valideur, la date et le motif de la panne et enfin la date de remise en service du matériel.

4.1.3 IMPACT SUR LA FRAUDE

Il a été évalué par simple enquête auprès du responsable des contrôleurs du réseau.

4.2 ANALYSE ERGONOMIQUE ET OBSERVATIONS INDIRECTES

Pour compléter les mesures et enquêtes, une journée a été consacrée à filmer les embarquements et validations à l'intérieur d'un véhicule (Heuliez GX 317). Les images ont été analysées a posteriori en bureau. Ces observations indirectes permettent d'avoir accès à des ralentis de gestes ou de situations permettant une meilleure analyse ergonomique notamment. Huit heures de prises de vue, conduisant à 35 minutes de film et 1,5 Giga Octets d'images numérisées ont ainsi été réalisées aux heures de pointes sur la ligne 4. Les enregistrements ont été effectués le 19 novembre 1996 (pas de pluie). Une analyse ergonomique de ces images figure au § 6.1.3. Les séquences illustrant les commentaires figurent sur le cédérom en annexe.

5. BILAN TECHNIQUE

5.1 TEMPS DE VALIDATION

Les 27 courses mesurées ont permis d'obtenir 221 valeurs de temps de validation. Chaque valeur représente le temps entre le début de la première validation ou vente de ticket à l'unité et la fin de la dernière validation ou vente de billet. En dehors de la première validation, ces valeurs englobent donc le temps nécessaire à atteindre le valideur. Pour chaque valeur, le nombre de billets vendus et le nombre de validations (magnétiques et sans contact) a été fourni par le système de suivi des titres. Le fichier brut des données figure sur le cédérom en annexe (Valence.xls).

5.1.1 TEMPS MOYEN DE VALIDATION

Le temps moyen par type de titre a été obtenu en appliquant sur la série de données une régression linéaire multiple. La fonction DROITEREG du tableur Microsoft Excel renvoie le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : statistiques de régression, mesures du 24 octobre 1996 avec suppression des données douteuses

	Billet à l'unité	Magnétique	Sans Contact	Constante
Temps moyen	7,12096171	3,028490068	1,322131432	0,977704712
Erreur-type	0,67256164	0,271608708	0,220457064	0,773884866
Corrélation	0,79710475	8,901692537	#N/A	#N/A
Valeur F et degré de libertés	284,172463	217	#N/A	#N/A
Somme de régression des carrés et somme résiduelle des carrés	67553,5888	17195,10821	#N/A	#N/A

- Ainsi, il apparaît que la validation **sans contact** est **2,3 fois plus rapide** que la validation magnétique dans les conditions d'exploitation et de mesure à Valence : 2 valideurs par bus (1 magnétique + 1 sans contact).
- Les autres grandeurs statistiques renvoyées par la fonction n'ont pas été analysées. Toutefois la validité statistique des résultats est démontrée par :
 - le coefficient de corrélation assez proche de 1
 - les écarts types sur les temps moyens qui sont faibles en valeurs relatives par rapport aux moyennes obtenues.

5.1.2 INTERFERENCES ENTRE LES TECHNOLOGIES

Les observations directes et indirectes (séquences vidéo) laissent apparaître que, malgré la présence de deux valideurs à l'entrée des véhicules, les deux types de validations (magnétique et sans contact) s'effectuent toujours à la chaîne, l'une derrière l'autre et très rarement en parallèle (l'analyse ergonomique, plus loin, tente d'apporter des explications). On doit noter par ailleurs, que la validité statistique de la régression ci-dessus confirme bien cette additivité des temps des différentes technologies.

On pouvait donc penser qu'en présence de validations magnétiques l'efficacité du sans contact était diminuée et que ses temps de validation augmentaient. Le tableau ci-après donne la durée de la validation sans contact, seule, ou en présence des autres types de validation. Excepté pour le sans contact pur, le temps de validation est calculé par différence entre le temps total mesuré de la transaction et les temps de validations calculés dans chacune des autres technologies (additionné de la constante).

Tableau 8 : durée de la validation sans contact en secondes

	SC pur	M & SC	M & SC & BU	SC & BU
moyenne	1,22	0,85	2,26	1,62
écart-type	1,67	3,04	5,73	10,26

M: Magnétique, BU : Billet à l'unité, SC : Sans contact

Les résultats laissent apparaître le contraire (temps de validation plus court en présence de magnétique). En dehors d'erreurs (les écarts types sont élevés ici), on peut avancer l'hypothèse que le temps de validation mesurant à la fois le temps d'accès au valideur et la validation elle-même, c'est le temps d'accès qui est raccourci. Ceci du fait que les voyageurs s'entassent derrière le valideur magnétique et valident « en rafale » sur le valideur sans contact dès que le premier est libéré : on rattraperait le temps perdu.

5.2 FIABILITE

La fiabilité du système a été appréciée en mesurant le taux de retour des cartes sans contact et le taux de panne des valideurs.

5.2.1 TAUX DE RETOUR DES CARTES

Rappel :

Pour chaque retour de carte ou demande d'information concernant celle-ci, il était demandé au réseau de noter :

- la date
- les raisons du retour (la carte ne fonctionne pas, la carte ne fonctionne que dans certaines conditions, etc.) ou de la demande.

Résultat :

Sur à peu près **4500** cartes distribuées, **18** cartes ont été retournées depuis la mise en place du système. Durant les sept derniers mois aucune carte n'a été retournée. Parmi les raisons des retours, c'est le non fonctionnement de la carte devant le valideur qui l'emporte.

Examinées chez le fabricant, ces cartes se sont souvent révélées cassées. On note cependant un cas où il semble que la validation ait été trop rapide (passage trop rapide de la carte devant le valideur). On doit noter à ce sujet que le système ne permet pas de noter le taux d'avortement des transactions, ce qui permettrait d'évaluer le taux de gestes trop rapides ou mal faits ainsi que le temps de réponse des valideurs.

NB:

Un taux de déchet important (17%) a pu être noté au moment de la personnalisation des cartes. Ce problème était dû à un mauvais conditionnement et stockage préalable des cartes par le fabricant et l'imprimeur chargé de la sérigraphie. En effet, les cartes s'étant voilées, ces dernières étaient « cassées » ou « ratées » au moment de leur personnalisation à la CTAV (incrustation de la photo d'identité et inscription du nom et adresse, écriture électronique sur la puce) . Aujourd'hui la sérigraphie est directement réalisée chez le fabricant (GEMPLUS) et le **taux de perte au moment de la personnalisation peut être évalué à 5%**.

En résumé la fiabilité des titres peut être jugée comme excellente, surtout si on la compare à la technologie coexistante. En effet, chaque jour, 15 à 20 clients se sont présentés au kiosque principal du réseau pour des problèmes de carte magnétique. Ce type de problème n'est pas sans conséquence financière. Le caissier passe du temps à essayer de relire la carte. Ensuite si la relecture est impossible, il se mettra en relation avec le service commercial qui essaiera de déterminer ce qui s'est passé, grâce au système de suivi des titres. Le suivi permet aussi de retrouver le solde de la carte avant la panne. Ensuite il y a recréation de la carte.

5.2.2 TAUX DE PANNE DES VALIDEURS

Rappel :

Pour chaque panne des télévalideurs le réseau devait noter le numéro de série du valideur, la date et le motif de la panne et enfin la date de remise en service du matériel.

Résultat :

En dehors d'un problème de logiciel interne dû à une incompréhension entre ce que souhaitait le réseau et ce qui avait été réellement développé par le fabricant, il n'a été rapporté aucune panne.

Là encore, une comparaison peut être effectuée avec le système magnétique coexistant :

- A l'époque du « tout magnétique », sur **170** valideurs magnétiques installés, le réseau possédait un stock de **30** valideurs de maintenance dédiés au remplacement des valideurs en panne.
- Aujourd'hui sur **90** télévalideurs installés seuls **3** télévalideurs (qui n'ont jamais servi) sont consacrés à la maintenance.

Signalons enfin, qu'une **demi personne** par an est encore consacrée à la maintenance des valideurs magnétiques.

5.2.3 FIABILITE DES TRANSACTIONS

En dehors de la fiabilité des matériels, l'efficacité d'un système peut se mesurer au niveau de la robustesse de ses logiciels internes, c'est-à-dire de la capacité qu'ont ces derniers à traiter les pannes, les reprises de pannes, les avortements de transaction, etc. Un certain nombre de situations sont traitées par le valideur qui font l'objet de brevets de la part du constructeur :

- les collisions
- les tremblements de cartes dans le lobe de validation
- plusieurs télétitres dans un même portefeuille qui serait présenté devant le valideur
- la représentation d'une carte qui vient juste d'être validée
- etc.

5.3 FRAUDE

La mise en place du système n'a pas eu d'incidence notable sur la fraude. En effet pour un grand nombre de réseaux, la réduction de la fraude passe par l'instauration de la validation systématique. Or celle-ci fut instaurée dès 1992, lors de la mise en place du précédent système de billetterie magnétique.

D'autre part le réseau de Valence peut être considéré comme un des réseaux les plus contrôlés avec un **taux de contrôle de 4 à 5%** (4 à 5 voyageurs sur cent sont contrôlés).

Toutefois, en moyenne, 500 à 600 procès-verbaux sont dressés par an. Plus de 50 % des fraudes sont des « défaut de titre » (pas de titre ou titre périmé). 5% sont classées en catégorie S9. Ce sont des fraudes sur la propriété du titre, c'est-à-dire que dans 5% des cas, le voyageur utilise un titre qui ne lui appartient pas. Or il ne semble pas que ce type de fraude ait augmenté depuis la mise en place du nouveau système même si l'on peut constater que le billet n'est jamais montré au conducteur, très rarement sorti de son étui ou parfois du sac ou du cartable. Ce constat peut s'expliquer par le fait que les valideurs sont équipés d'un système « anti pass-back ». D'autre part, les scolaires ne sont autorisés qu'à effectuer deux ou quatre voyages par jour ce qui empêche, dans la plupart des cas, de prêter son titre.

Le taux de fraude oscille aujourd'hui entre **2% et 2,5 %**.

NB : Un autre type de fraude peut être envisagé : le « craquage » de la carte et la réalisation de clones. Ce type de fraude nécessite de très gros investissements en matériel. Toutefois, s'il était réalisé, chaque carte portant un numéro, le suivi effectué toutes les nuits, permettrait de détecter les numéros identiques (clone) ou les numéros non autorisés.

6. BILAN SOCIO-ECONOMIQUE

6.1 ACCEPTATION PAR LES UTILISATEURS

L'analyse de l'acceptation par les clients s'est basée sur l'exploitation d'un certain nombre de documents, enquêtes et observations.

6.1.1 ENQUETE DU CONSTRUCTEUR

L'acceptation de la télébillétique par les clients n'a pas fait l'objet d'une enquête particulière réalisée par le CETE. Toutefois nous livrons ci-dessous, les résultats d'une évaluation réalisée par le constructeur lors d'une expérimentation qui précéda la mise en place du système à Valence.

L'expérimentation s'est déroulée entre décembre 93 et juin 94, utilisant des valideurs mixtes PROXIBUS VPE 402, magnétiques au format TFC1 (ISO) et sans contact. 120 cartes sans contact furent distribués à des scolaires.

98% des usagers trouvent l'utilisation de la carte facile ou très facile

87% trouvent l'utilisation de la carte plus facile que la carte Diabolo (titre identique en technologie magnétique, format TFC1).

11% considèrent leur utilisation semblable.

98% trouvent la carte sans contact « plus rapide » que la carte Diabolo.

96% trouvent simple la présentation de la carte devant l'antenne.

38% positionneraient l'antenne plus haut.

58% souhaiteraient une distance de dialogue plus éloignée (mais ce n'est pas l'avis de l'exploitant qui souhaite une distance de validation aussi courte que possible, de façon à ce que le geste de validation soit vraiment un geste marqué et volontaire)

56% préfèrent la rigidité de la carte sans contact.

65% n'ont pas vu de position particulière carte/antenne privilégiant la validation.

58% trouvent les éléments du dialogue valideur-carte faciles à interpréter.

6.1.2 ENQUETE DU RESEAU : « UN SENTIMENT DE FRUSTRATION ET D'INJUSTICE... » - RAPPORT INSIGHT

En octobre 1997 Insight a réalisé une étude portant sur l'image et la satisfaction de la clientèle du réseau de bus de Valence. L'enquête a comporté :

- des réunions de groupe : deux groupes de 10 personnes, l'un d'utilisateurs occasionnels et l'autre d'utilisateurs réguliers ont été interviewés pendant deux heures.
- 47 interviews de 10 minutes en différents points du réseau (arrêts, points de vente, dans les véhicules, etc.).

Nous citons ci-après les remarques relatives à la billetterie sans contact :

- « C'est quand même mieux que les carnets de tickets »
- « Avec la carte sans contact, c'est super, on la passe devant le truc , c'est fait »
- « Certains la mettent dans une poche et la passent sans la sortir »
- « Il n'y a que les jeunes et les vieux qui ont droit d'avoir une carte qu'on passe pas dans la machine, c'est toujours pareil, c'est toujours au milieu qu'on est défavorisé »
- « J'ai demandé à avoir une carte sans contact, mais on m'a dit que pour mon modèle ça n'existait pas et qu'il n'y en aurait pas avant un bon moment. C'est un peu énervant car c'est super comme système »

Les deux dernières réflexions traduisent un sentiment de frustration des non équipés. Ce sentiment est apparu très vite, puisque rapporté par le service commercial dès les premiers mois de la mise en service du système.

6.1.3 OBSERVATIONS INDIRECTES ET ANALYSE ERGONOMIQUE

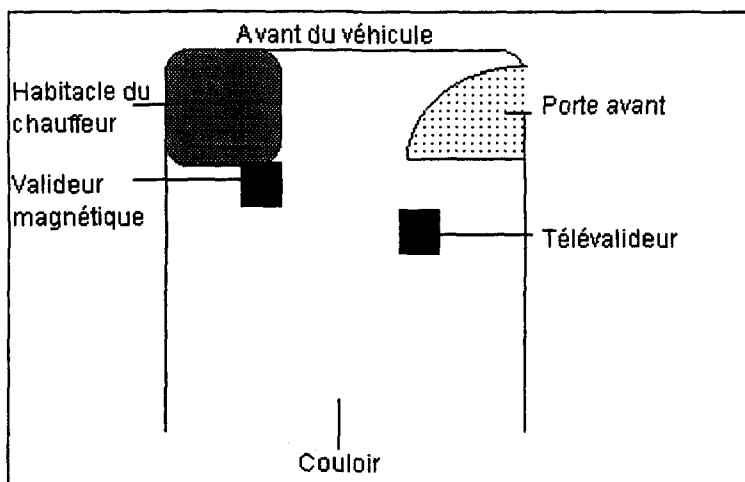
6.1.3.1 Rappel sur la méthodologie

Afin d'étudier l'acceptation et le comportement des usagers à l'égard du système de télébillétique, un film a été réalisé à l'intérieur d'un véhicule. Cette méthode permet d'observer les usagers en situation d'utilisation réelle du système. Les observations sont qualifiées "d'indirectes" car l'analyse est faite "après coup" en visionnant les cassettes.


Deux caméras sous deux angles différents ont permis de filmer les conditions d'embarquement et de validation dans un véhicule standard :

- les usagers montent par l'avant du véhicule et descendent à l'arrière
- les véhicules sont équipés de deux valideurs (magnétiques et sans contact) placés à l'avant du véhicule, de part et d'autre de l'allée centrale (cf. figure ci-dessous).

Figure 8 : Schéma de positionnement des valideurs



6.1.3.2 Résultats de l'observation

Rappel : chaque  renvoie à une séquence vidéo sur le cédérom en annexe

6.1.3.2.1 Comparaison des gestes de validation

Une validation peut être décomposée en deux phases :

- une phase de préparation
- une phase de validation proprement dite.

Tableau 9 : Principales caractéristiques de la validation magnétique et de la télévalidation

	Validation magnétique	Télévalidation
La préparation de la validation	<ul style="list-style-type: none"> • préparer la carte <ul style="list-style-type: none"> - sortir l'étui de la poche, du sac, du portefeuille... - sortir la carte de son étui de protection • se diriger vers le valideur magnétique 	<ul style="list-style-type: none"> • préparer la carte <ul style="list-style-type: none"> - sortir l'étui de la poche, du sac (facultatif)... • se diriger vers le télévaldeur
La validation	<p style="text-align: center;">statique</p> <ul style="list-style-type: none"> • introduction de la carte dans la fente du valideur • contrôle succès / échec de la validation par le retour d'information sonore et visuel 	<p style="text-align: center;">dynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> • passage de la carte devant la cible du télévaldeur • contrôle succès / échec de la validation par le retour d'information sonore et visuel



Principales différences observées entre les deux comportements de validation

préparer la carte

Validation magnétique

Les deux mains sont occupées à sortir la carte de son étui (cela pose certains problèmes lorsque les personnes sont chargées).



C1	11:04	Valid. magnétique - difficulté sortie de la carte du portefeuille
C2	11:03	Validation magnétique - difficulté sortie de la carte du sac
C2	11:14	Personne lente à sortir la carte de son étui plastique
C2	13:52	Validation magnétique - difficulté sortie de la carte
C1	11:27	Valid. magnétique - les deux mains sont occupées

Télévalidation

Elle ne nécessite pas de sortir la carte de son étui protecteur, cela représente une étape en moins à réaliser. Ce type de validation ne mobilise pas les deux mains.



C1	11:28	Geste de télévalidation - une seule main occupée - mouvement de montée non interrompu
----	-------	---

Les enregistrements vidéo montrent qu'un certain nombre de transactions sont directement effectuées à travers un portefeuille, un sac, un cartable...



C1	11:51	Geste de télévalidation - carte à l'intérieur d'un portefeuille
C2	10:48	Geste de télévalidation - carte à l'intérieur d'un portefeuille
C2	11:23	Geste de télévalidation - carte à l'intérieur d'un portefeuille
C1	11:50	Télévalidation dans le cartable - validation au 2ème essai

se diriger vers le télévalideur

Pas de différence entre les deux types de validation

Les usagers observés se dirigent tous vers le bon appareil (valideur magnétique ou télévalideur). Sur ce point les utilisateurs du réseau ne sont pas perturbés par l'existence de deux systèmes. Les observations ont été faites un an après la mise en service des premières cartes sans contact : les usagers sont familiers des deux systèmes de validation et de leur localisation dans le bus.

Valider

Validation magnétique - introduction de la carte dans la fente du valideur

Elle demande aux usagers d'introduire la carte dans la fente du valideur. Pour réaliser cette opération les passagers doivent s'arrêter en face du lecteur et donc interrompre leur mouvement de montée dans le véhicule.

Ce type de validation peut être qualifié de "statique".



12:05

Validation magnétique - Difficulté introduction carte - Montée dans le véhicule interrompue.

Télévalidation - passage de la carte devant la cible du télévalideur

Contrairement à la validation magnétique la validation sans contact se fait sans interruption du mouvement de montée dans le véhicule. Le geste consiste à approcher la carte du lecteur en direction de la cible dessinée sur l'appareil.

La validation peut être qualifiée de "**dynamique**".

Le temps de validation est plus court en télévalidation.



C1	14:05	Geste de télévalidation
C2	11:26	Geste de télévalidation - exemple
C2	12:05	Geste de télévalidation - exemple
C2	13:35	Gestes de télévalidation - plusieurs exemples
C2	14:03	Geste de télévalidation - exemple (2 angles de prise de vue)
C1	11:50	3 gestes de télévalidation à la file

NB : Problème de la cible:

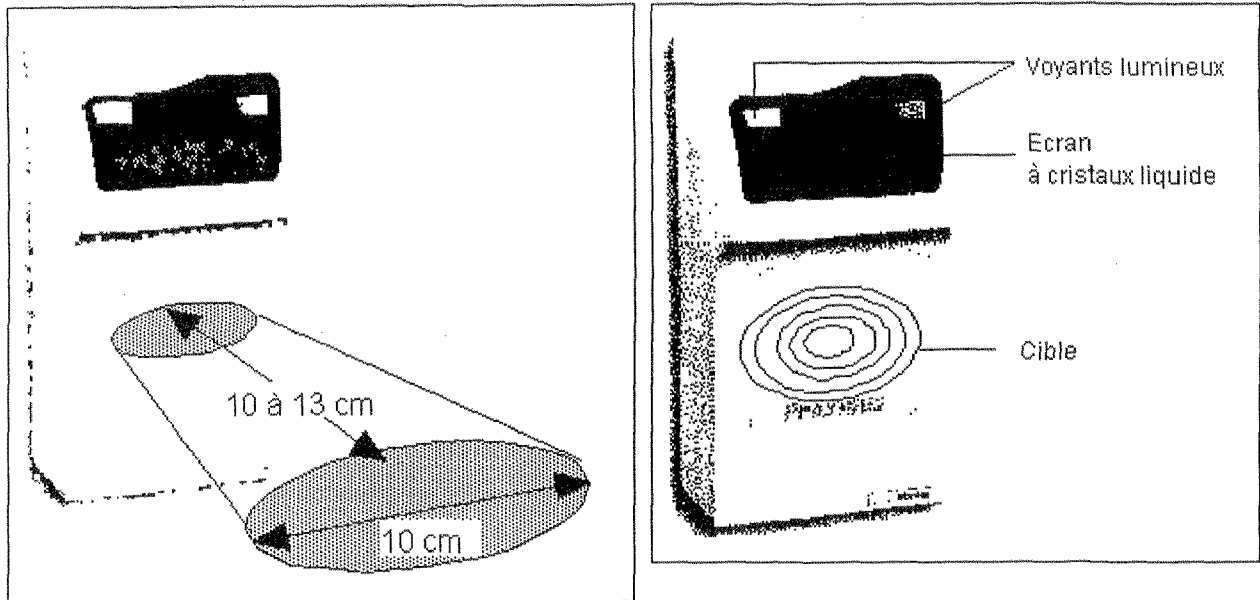
A la mise en service des télévalideurs le personnel du réseau a pu observer que certains utilisateurs avaient tendance à présenter leur carte vers la partie haute du valideur au niveau des voyants de la visu plutôt que devant l'antenne qui est située en dessous.

On peut tenter d'expliquer ce phénomène en étudiant les réponses données lors de l'expérimentation réalisée par le constructeur (cf. § 6.1.1)

- **38% positionneraient l'antenne plus haut** - résultat logique qui s'explique d'un point de vue ergonomique : les usagers ne savent pas forcément qu'il y a une antenne dans le système mais quand on leur pose la question ils souhaitent rapprocher l'antenne de l'endroit où ils obtiennent un retour d'information. C'est en effet dans la partie supérieure de l'appareil que se trouvent les seuls indices visibles aux usagers sur le fonctionnement du télévalideur. Ces indices associés au signal sonore leur permettent de contrôler le succès de la validation.
- **65% n'ont pas vu de position particulière carte/antenne privilégiant la validation** - résultat cohérent avec le précédent : en approchant la carte de la partie centrale du valideur, la validation fonctionne. Cependant il y a une contradiction entre le fait que les indices visuels figurent dans la partie supérieure de l'appareil et que la zone de validation se situe plus bas. Les utilisateurs ont une certaine difficulté à articuler ces informations (ça marche au milieu et ça s'allume en haut). Cela d'autant plus que la validation fonctionne dans une zone conique qui n'est pas matérialisée dans l'espace (le lobe), ni sur le valideur (cf. figure ci-après).

Figure 9 : Le lobe de validation...

et sa matérialisation



Aujourd'hui, tous les télévalideurs sont équipés d'une cible matérialisant la zone de validation. Au cours de la prise de vues, un seul cas d'échec a pu être noté sans doute dû à une validation trop rapide (cf. §3.2.3.2).



11:22

Geste de télévalidation - accélération en fin de mouvement - échec - 2ème essai réussite

contrôler le succès, l'échec de la validation

Quel que soit le type de validation les usagers attendent un retour d'information du système concernant la réussite ou l'échec de la validation. Ce retour d'information s'effectue par l'intermédiaire de signaux sonores et visuels. Ces deux signaux sont émis quasi simultanément.

Tableau 10 : les retours d'information du système lors de la validation

	Validation magnétique	Télévalidation
Succès de la validation	<ul style="list-style-type: none"> signal sonore : double bip rapproché (bip bip) signal visuel : voyant vert Afficheur à cristaux liquide [5 digits seulement] 	<ul style="list-style-type: none"> signal sonore : double bip rapproché (bip bip) signal visuel : voyant vert écran à cristaux liquide [2 lignes de 16 caractères] abonnement : bon voyage titre scolaire : solde des voyages ou décompte des titres]
Echec de la validation	<ul style="list-style-type: none"> signal sonore : aucun signal visuel : aucun 	<ul style="list-style-type: none"> signal sonore : aucun signal visuel : aucun
Carte refusée	<ul style="list-style-type: none"> signal sonore : bip long signal visuel : voyant rouge 	<ul style="list-style-type: none"> signal sonore : bip long signal visuel : voyant rouge

Succès de la validation

L'information sonore est accompagnée d'un signal visuel qui combine l'affichage d'un voyant lumineux vert et un message sur l'écran de l'appareil.

Prise en compte par les usagers du succès de la validation : pas de différence entre les deux types de validation

Les observations faites à partir des enregistrements vidéo montrent que dans la majorité des cas les usagers perçoivent l'information sonore de confirmation et ne tiennent pas vraiment compte de l'information visuelle. C'est-à-dire que dans la majorité des cas ils ne dirigent pas leur regard vers l'appareil. Les usagers du sans-contact ne marquent pas d'arrêt devant l'appareil et continuent leur progression dans le bus. Les usagers de la carte magnétique marquent un arrêt pour l'introduction de la carte dans l'appareil et certains amorcent la marche avant même que la carte n'en soit sortie.

Dans les deux cas l'information qui prédomine est le signal sonore. Elle a également l'avantage d'informer le conducteur et les autres passagers d'une validation conforme.

Echec de la validation

Le télévalideur refuse la validation, parce que le titre est trop loin ou parce qu'il a été présenté trop rapidement. Dans ce cas la politique du constructeur est de n'envoyer ni signal sonore ni signal visuel ce qui semble la meilleure solution pour inciter l'utilisateur à représenter sa carte. D'un point de vue ergonomique cette solution semble recommandable. Elle présente l'avantage de ne pas « affoler » l'utilisateur avec des clignotants et des messages intempestifs. D'autre part, on peut penser que sur une barrière de métro, ce type d'indication inciterait l'utilisateur à se présenter à un autre portillon ce qui n'est pas souhaitable.



11:22 | Geste de télévalidation - échec de la validation - réussite au deuxième essai

Cas des refus de cartes :

Le valideur peut refuser une transaction parce que le titre n'est pas ou plus valable (plus de 2 ou 4 validations dans la journée pour les titres écoliers, titre déjà validé dans les 8 minutes précédentes [anti pass-back], véhicule hors service [en retournement par exemple], etc.). Dans ce cas le valideur renvoie un bip sonore long et le voyant rouge s'allume.



Hypothèses sur la prédominance de l'information sonore sur l'information visuelle en télévalidation

"Les usagers ne prélèvent pas l'information visuelle car ils n'ont en pas besoin sur le réseau de Valence"



C2	12:04	Vue du télévalideur
C2	13:36	Geste de télévalidation - vue du télévalideur - signal sonore + signal visuel

L'information sonore et l'information visuelle sont redondantes. L'information sonore semble suffisante aux usagers.

Hypothèse 1 : L'information sonore a un avantage par rapport à l'information visuelle : la prise en compte de cette information n'oblige pas l'utilisateur à se situer en face du valideur, celui-ci peut continuer à avancer sans interrompre son mouvement de montée dans le véhicule.

Hypothèse 2 : Du fait du faible taux d'échec des transactions sans contact, les utilisateurs habitués ont une très grande confiance dans le système, et ne prêtent plus attention aux indications de ce dernier.

Hypothèse 3 : Sur le réseau de Valence, les cartes à valeur sont rares. Ce n'est pas de l'argent qui est débité. Seuls certains abonnements de scolaires disposent d'une zone à valeurs. Les exploitants ont constaté que ceux qui disposent de ce type de titre décomptent mentalement le solde et consultent généralement l'afficheur lorsque la réserve arrive en fin d'utilisation (ou lorsqu'ils ont le pressentiment d'arriver à la fin).

6.1.3.2.2 La coexistence de deux systèmes de validation

Le principal avantage du sans-contact (pas d'interruption du mouvement de montée des passagers dans les véhicules, gain de temps) est largement atténué lorsqu'il y a coexistence des deux systèmes dans le même véhicule. Les séquences vidéo illustrent parfaitement cet état de fait. Il suffit d'une validation magnétique dans une série de validations sans contact pour interrompre la montée dans le véhicule.

Le positionnement des deux valideurs (cf. figure : Schéma de positionnement des valideurs) devrait permettre des validations simultanées. Ce n'est pas le cas dans la réalité, même si l'espace semble suffisant pour permettre le passage.



Hypothèses sur le fait que les personnes s'arrêtent lorsqu'un autre usager valide son titre de transport (validation magnétique)

- les personnes ne sont pas pressées de monter (hypothèse peu probable car on observe plutôt le contraire, ainsi les usagers de la télévalidation ne s'arrêtent même pas devant l'appareil pour lire les messages qui apparaissent sur l'afficheur)
- le passage est trop étroit et entraîne trop de promiscuité pour les personnes désireuses de passer (gêne du contact ?)



C2	11:49	Séquence 2 télévalidations / 1 validation magnétique - Montée dans le véhicule interrompue
----	-------	--



C1	11:03	Montée dans le véhicule interrompue - bouchon 4 personnes
C1	12:07	Validations magnétiques - <i>bouchon ?</i>
C2	11:02	Montée dans le véhicule interrompue
C2	11:36	Validation magnétique - Montée dans le véhicule interrompue
C2	11:49	Séquence 2 télévalidations / 1 validation magnétique - Montée dans le véhicule interrompue
C2	12:05	Validation magnétique - Montée dans le véhicule interrompue - difficulté introduction carte
C2	12:06	Validation magnétique - Montée dans le véhicule interrompue
C2	12:06	Validation magnétique - Montée dans le véhicule interrompue
C2	13:42	Validation magnétique - hésitation

6.1.3.3 Conclusions

D'un point de vue ergonomique les avantages liés à la télévalidation sont nombreux :

- la validation est dynamique et n'entraîne pas d'interruption du mouvement de montée des passagers dans les véhicules
- la phase de préparation de la carte peut être extrêmement réduite (validation au travers du portefeuille, du sac même si ce n'est pas recommandé par le réseau). Là encore, gain de temps.
- le geste est simple et rapide
- la carte est solide (par opposition aux cartes magnétiques sur le réseau qui sont souples)
- le système est fiable et les usagers ont confiance en lui (se contentent du signal sonore qui valide leur transaction)

Son principal inconvénient réside dans l'immatérialité de la liaison carte/valideur. La matérialisation de la zone de validation par une cible est une bonne réponse à ce problème.

Ces avantages sont compromis lorsqu'il y a coexistence des deux types de validation (magnétique et sans contact). Même quand il existe des appareils distincts, des « bouchons » se forment souvent derrière le valideur magnétique. D'autre part, les validations ne s'effectuent jamais en parallèle. Ce phénomène pourrait être atténué grâce à une meilleure canalisation des montées et disposition des valideurs. Toutefois, il semble difficilement évitable avec des valideurs mixtes (magnétique et sans contact sur un même appareil).

Le « tout sans contact » (au moins pour les titres multiples et les abonnements) semble donc mieux adapté surtout en milieu urbain.

6.2 ASPECTS FINANCIERS

L'aspect financier est analysé sous l'angle des deux technologies.

6.2.1 INVESTISSEMENTS

Le tableau ci-dessous donne les coûts d'investissement en Franc hors taxe des matériels et titres.

Tableau 11 : coûts des matériels et titres

	Magnétique (en F HT)	Sans contact (en F HT)
Valideur	14 000	7 000
Titre	4,56 ⁽³⁾	58 ⁽¹⁾⁽²⁾

⁽¹⁾ pour une quantité de 5 000

⁽²⁾ 55 F H.T. de carte plus 3 F H.T. de consommables de personnalisation (ruban adhésif appliqué sur la carte pour fixer la photo)

⁽³⁾ pour une quantité de 5 000. Prix novembre 1997

L'avantage du sans contact apparaît nettement si l'on considère le prix des valideurs.

En ce qui concerne les titres de transport, la durée de vie du titre doit être prise en compte dans le calcul économique. Le titre sans contact a une durée de vie de 10 ans. Le titre magnétique est vendu pour 1200 validations et sa durée de vie à Valence varie entre 1 an et 1 an et demi.

6.2.2 FONCTIONNEMENT

C'est au niveau des coûts de fonctionnement que le sans contact s'impose véritablement. On rappellera que la maintenance des valideurs magnétiques mobilise à peu près un demi homme an à Valence.

Le stock de roulement des appareils de secours dans le cadre de la maintenance doit aussi être considéré. Il est actuellement de 3 valideurs pour 90 pour le sans contact pour 30 sur 170 dans le cas du magnétique (lors de son installation en 1992).

Enfin, 15 à 20 titres magnétiques sont rapportés chaque jour, ce qui mobilise aussi du personnel.

6.2.3 GAINS SUPPOSES : IMPACT SUR LES TEMPS D'EMBARQUEMENT ET LA VITESSE COMMERCIALE

Le tableau ci-après extrapole les résultats des mesures effectuées sur la ligne 4 .

Tableau 12 : gains supposés sur le temps de parcours

	Sans Contact	Magnétique	Billet unitaire
nb total de validations (28 courses)	347	524	143
nb moyen de validation par course	12,4	18,71	5,11
gain actuel	21,1 s		
gain si généralisation	53,1 s	53,1 s	

Ainsi les gains actuels sont de 21 secondes. Si on généralisait le sans contact aux validations magnétiques le gain serait de 53 s. En supposant que les gains sur les temps de validation se répercutent entièrement sur le temps passé à l'arrêt, la ligne 4 gagnerait 53 secondes pour une course de 40 minutes soit 2 %.

7. CONCLUSIONS

Le système de télébillétique testé à Valence est d'une très grande ergonomie.

Il utilise un titre sans contact, aux dimensions d'une carte de crédit, qu'on valide à l'approche d'un valideur.

La validation s'effectue simplement, en présentant le titre dans un lobe de 10 cm devant le valideur. Au contraire d'autres technologies sans contact, le système n'utilise ni étui de communication, ni boutons qui ont tendance à compliquer le geste de validation.

Le geste est ici d'une grande simplicité. Le voyageur retrouve le confort et la facilité d'embarquement qui existait à l'époque des titres à vue.

Le réseau y gagne aussi :

- En fluidité et en vitesse d'embarquement. La validation sans contact est deux fois plus rapide que la magnétique. Toutefois sur la ligne mesurée, le gain sur le temps de parcours ne serait que de 2% si la technologie était étendue à l'ensemble des abonnés.
- Au niveau de la fraude, on aurait pu croire à une augmentation. En effet, un nombre conséquent de voyageurs valident sans montrer leur carte puisque le système le permet. Toutefois les fraudes n'ont pas augmenté, en particulier celles sur l'usage des titres.
- C'est au niveau de la fiabilité que le réseau trouvera son plus grand intérêt:
 - fiabilité de la carte (en 1 an d'exploitation 18 retours de carte sur 4500 mises en circulation);
 - fiabilité des valideurs qui ne comportent plus de pièces en mouvement ou d'usure, ce qui permet de réduire au maximum le stock des appareils destinés à la maintenance ainsi que les coûts de personnel.
- Les coûts d'investissements sont aussi réduits. Un télévalideur est deux fois moins cher à l'achat qu'un valideur magnétique.
- La carte est beaucoup plus chère (environ 13 fois mais les prix baissent, surtout en fonction des volumes commandés). Mais avec une durée de vie au moins dix fois supérieure à celle du titre magnétique utilisé à Valence. D'autre part, son coût pourrait être partagé dans une utilisation multiservice et /ou multiprestataire. La technologie autorise ce type d'application avec les conditions de sécurité d'une carte à mémoire.

Par l'observation plus que par le calcul, l'étude a toutefois mis en évidence un phénomène particulier : validation magnétique et télévalidation ont du mal à cohabiter.

Le principal avantage du sans contact (pas d'interruption du mouvement de montée des passagers dans les véhicules) est largement atténué lorsqu'il y a coexistence des deux systèmes dans le même véhicule. Les validations ne se font pas en parallèle, même si le positionnement des valideurs semble le permettre, et les télévalidations sont perturbées. Un aménagement des montées (canalisation), ou une meilleure disposition des valideurs pourraient peut-être atténuer ce phénomène. Mais cette adaptation serait sans effet dans le cas d'utilisation de valideurs mixtes (magnétique et sans contact dans un même coffret).

Ceci devrait encourager les réseaux de transport urbains à s'orienter vers le « tout sans contact », au moins pour les titres multiples et les abonnements.

Le réseau de Valence est prêt à faire le saut dès lors qu'une carte sans contact à moins de 15 F H.T. lui sera proposée. Cette carte existe (carte light) mais subit actuellement des tests de mise au point d'antenne.

Références

- [1]- Gaudi - Marseille Expérimentation - Hands-off ticketing Specification and Information System Definition - 1992 - CETE Méditerranée

- [2]- Pourquoi la Télébillettique ? Expérimentations dans les domaines Bus et Métro/rail - 1995 - Monétel

- [3]- D'PASS : le télépéage multiservice - février 1996 - CETE Méditerranée

- [4]- Cartes multiservices - technologies, panorama des usages - collection Technologie et Services futurs - 1996 - CERTU

- [5]- DTT Guide pour la mise en place d'un système billettique pour les réseaux de province, juin 1997.

- [6]- DTT Etude prospective sur les futurs systèmes billettiques, mai 1997.

© Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Impression: CETE de Lyon ©04 72 14 30 30
Achévé d'imprimer: décembre 1997
Dépôt légal: 4^e trimestre 1997
ISSN: 1265-2570
ISRN Certu RE 98-3

Cet ouvrage est en vente au CERTU
Bureau de vente:
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon Cedex 06
© 04 72 74 59 61

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du CERTU est illicite (loi du 11 mars 1957).
Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425
et suivants du code pénal.

