

Réduction du bruit à l'intérieur des voitures grâce à l'adoption d'un plancher à structure double paroi

1. Introduction

La réduction du bruit dans les rames des lignes classiques doit être réalisée dans le cadre de fortes contraintes de poids et d'espace. Les rames de la série 313 sont les matériels utilisés en standard par JR Tokai sur les lignes classiques. Au total, 187 voitures (versions 1 et 2) ont été produites entre 1998 et 2000, tandis que 204 voitures de la version 3 l'ont été en 2006 (cf figure 1 : rame 313 version 3). La série 313 a fait l'objet d'améliorations destinées à réduire le bruit à l'intérieur des voitures. En particulier, sur la version 3, le plancher des voitures motrices a été doté d'une structure creuse double paroi, qui a permis d'obtenir des pertes de transmission largement supérieures à ce que donne la loi de masse. Grâce à ces nouvelles dispositions, il a été possible d'abaisser le niveau de bruit dans les motrices à une valeur équivalente à celle des voitures tractées. Dans cet article, nous présentons les actions prises par JR Tokai pour réduire le bruit dans les motrices de la série 313, en nous intéressant principalement au bruit transmis.

2. Situation sur les rames existantes

Le bruit généré à l'intérieur des voitures de chemin de fer a deux origines principales. Le premier est le bruit de roulement des bogies, qui parvient aux oreilles des passagers après avoir été transmis principalement par le plancher (bruit de transmission). Le deuxième a pour origine le fait que les bruits et vibrations qui se propagent vers la carrosserie et les équipements intérieurs sont ensuite rayonnés par le plancher, etc. (bruit de propagation par les objets fixes)⁽¹⁾. Dans le cas des motrices, le bruit est particulièrement important en phase de traction (figure 2).

Sur les voitures de la série 313 (versions 1 et 2), la structure du plancher est constituée d'une tôle gaufrée en acier inox, d'une couche intermédiaire en matière plastique et d'un revêtement de surface en PVC, le tout faisant environ 30 mm d'épaisseur. Sur les motrices, il y a également, au voisinage des bogies, une plaque anti-bruit en acier inox placée en dessous de la tôle gaufrée (figure 3).

Pour appréhender la situation actuelle, nous avons mesuré le bruit sur des voitures réelles (série 313, versions 1 et 2) ainsi que sur des maquettes grandeur nature présentant diverses structures pour le plancher. Nous avons ensuite réalisé une analyse des contributions du bruit de transmission et du bruit de propagation afin de comprendre lequel des deux est le plus important dans les différentes bandes de fréquence. Nous avons ainsi compris que, dans les zones au-dessus des bogies des motrices, le bruit de propagation est prépondérant aux fréquences inférieures à 315 Hz, tandis que le bruit de transmission est prépondérant au-delà de 315 Hz (figure 4).

3. Nouvelle structure de plancher, simulation de la structure creuse double paroi

Alors qu'il existe des limitations importantes en matière de poids et d'espace, il est nécessaire, pour réduire le bruit, d'adopter un procédé qui minimise le poids et avec lequel l'épaisseur de plancher ne soit pas excessive. En ce qui concerne le bruit transmis, nous avons décidé, pour accroître les pertes de transmission, d'adopter pour le plancher une structure creuse double paroi adéquate, avec une plaque anti-bruit placée en dessous de la tôle gaufrée. En ce qui concerne le bruit de propagation par les objets fixes, nous avons décidé de le réduire en utilisant pour la couche intermédiaire un matériau élastique (figure 5).

D'une manière générale, les structures creuses double paroi offrent, aux fréquences intermédiaires et élevées, des pertes de transmission nettement plus importantes que les structures simple couche de même poids. Elles sont aujourd'hui largement utilisées dans le domaine de la construction (portes, séparations, etc.), où leur légèreté et leurs performances sont très appréciées ⁽²⁾.

Les facteurs qui causent une diminution des pertes de transmission sur les structures creuses double paroi sont la transmission résonante aux basses fréquences et la coïncidence des matériaux. La figure ci-dessous présente une image des pertes de transmission sur les structures creuses double paroi, et les compare avec la loi de masse (figure 6).

La transmission résonante est le phénomène selon lequel un système vibratoire constitué de deux parois et d'une couche d'air intermédiaire résonne comme un tambour, provoquant une diminution des pertes de transmission. Elle dépend de la

densité surfacique des parois (kg/m^2) et de l'épaisseur de la couche d'air (m) ⁽⁴⁾. Dans le cas de notre structure de plancher, les spécifications du plancher côté compartiment nécessaires pour réduire le bruit de propagation étant pratiquement imposées, les paramètres sur lesquels on peut jouer sont la densité surfacique de la paroi anti-bruit du bas (en fait l'épaisseur de la plaque d'acier inox) ainsi que l'épaisseur de la couche d'air.

L'effet de coïncidence est la diminution des pertes de transmission due à l'apparition sur chaque paroi d'un phénomène similaire à une résonance. Il dépend de l'épaisseur de la paroi (m), de la densité (kg/m^3) et du module d'Young (Pa) ⁽⁴⁾. Dans le cas de notre structure de plancher, les spécifications du plancher côté compartiment étant, là encore, imposées par les conditions liées au bruit de propagation, les paramètres sur lesquels on peut jouer sont les spécifications du matériau de la plaque anti-bruit du bas (en fait, uniquement l'épaisseur de la plaque d'acier inox).

En ce qui concerne ces deux paramètres que sont l'épaisseur de la couche d'air et l'épaisseur de la paroi anti-bruit, nous avons d'abord étudié l'influence sur la transmission résonante. Pour cela, nous avons réalisé une simulation en fixant l'un des paramètres et en faisant varier l'autre.

Les conclusions obtenues sont les suivantes :

- si l'épaisseur de la couche d'air est supérieure à 25 mm, les pertes de transmission au-delà de 250 Hz augmentent plus vite que la loi de masse ;
- plus l'épaisseur de la couche d'air est importante, plus les pertes de transmission augmentent ;
- concernant l'épaisseur de la plaque, une épaisseur de 2 mm est préférable à une épaisseur de 1 mm (figures 7-1 et 7-2).

Par ailleurs, lorsque l'épaisseur de la plaque anti-bruit est de 2 mm, la fréquence de coïncidence est d'environ 6000 Hz. Ainsi, si l'épaisseur de la plaque est supérieure à 2 mm, la diminution des pertes de transmission due à l'effet de coïncidence apparaît en dessous de 5000 Hz, qui est la bande des fréquences audibles, et ce n'est donc pas souhaitable (figure 8).

4. Vérification de la nouvelle structure sur maquette

A partir des résultats de simulation, nous avons fabriqué la maquette d'une nouvelle structure de plancher utilisant un matériau élastique pour la couche intermédiaire, que nous avons étudié séparément en tant que mesure contre la propagation du bruit par les objets fixes, et nous avons mesuré les pertes de transmission. Nous avons vérifié que les caractéristiques de coupure du bruit de transmission sont nettement améliorées (figure 9).

5. Résultats des essais de circulation sur rames réelles

Nous présentons ci-dessous les résultats des essais de circulation réalisés sur des rames réelles dotées de la structure actuelle, de la structure améliorée avec le plancher élastique seul ainsi que de la structure améliorée avec le plancher élastique et la paroi creuse double couche (figure 10).

On voit qu'en dessous de 315 Hz, le niveau de bruit diminue sous l'effet du matériau intermédiaire, tandis qu'au-dessus de cette valeur, il diminue du fait de la structure creuse double paroi. En outre, l'effet d'isolation phonique dû au plancher élastique apparaît également au-dessus de 315 Hz. A noter que l'augmentation de poids liée à l'adoption de la nouvelle structure est de 300 à 400 kg par voiture.

Ainsi, dans presque toutes les plages de fréquences, nous avons réussi à abaisser le bruit à l'intérieur des motrices en traction pratiquement au même niveau que dans les voitures tractées (figure 11).

6. Commentaires et conclusion

Les résultats obtenus dans ce travail peuvent se résumer de la façon suivante :

- Après avoir analysé les contributions du bruit de transmission et du bruit de propagation au niveau de bruit enregistré à l'intérieur des rames des lignes classiques, nous avons étudié les mesures permettant de réduire ces deux types de bruit.
- Nous avons introduit une nouvelle structure de plancher de type à double paroi.

- En ce qui concerne la transmission résonante et l'effet de coïncidence, phénomènes qui doivent être surveillés lorsqu'on utilise une structure creuse à double paroi, nous avons défini la conception sur la base des résultats d'une simulation et nous avons vérifié les résultats à l'aide de maquettes.
- Ce travail nous a permis d'obtenir une structure de plancher offrant des pertes de transmission dépassant largement la loi de masse, ainsi que d'abaisser le bruit dans les motrices en traction pratiquement au même niveau que dans les voitures tractées.

Cette nouvelle structure de plancher a été introduite sur les 204 voitures de la série 313 (version 3) fabriquées en 2006. Elle a contribué grandement à la réduction du bruit dans les voitures ainsi qu'à l'amélioration du confort.

Figure 1. Rame de la série 313

Figure 2. Comparaison du bruit dans les voitures motrices et tractées (rames actuelles)

1. Bruit au niveau des bogies dans les voitures motrices et tractées (120 km/h, traction)
2. niveau de bruit (dBA)
3. voiture motrice
4. voiture tractée

Figure 3. Structure du plancher des rames actuelles

1. revêtement PVC
2. matériau intermédiaire en matière plastique
3. env. 30 mm
4. tôle gauffrée (acier inox)
5. plaque d'isolation phonique (acier inox 1 mm, uniquement au-dessus des bogies des motrices)

Figure 4. Analyse des contributions du bruit de transmission et du bruit de propagation

1. analyse des contributions (plancher classique)
2. point représentatif au-dessus des traverses (plancher classique, valeurs mesurées)
3. contribution du bruit propagé par les objets fixes
4. contribution du bruit transmis
5. niveau de bruit (dBA)

Figure 5. Principe de la nouvelle structure de plancher

1. revêtement PVC
2. matériau intermédiaire en matériau élastique
3. env. 30 mm
4. tôle gauffrée (acier inox)
5. couche d'air
6. env. 45 mm
7. plaque d'isolation phonique (acier inox 1 mm, uniquement au-dessus des bogies des motrices)

Figure 6. Principe des pertes de transmission sur une structure creuse à double paroi ⁽³⁾

1. pertes de transmission (dB)
2. structure creuse double paroi
3. transmission résonante
4. effet de coïncidence
5. loi de masse ($m = m_1 + m_2$)

Figure 7-1 Relation entre l'épaisseur de la couche d'air et les pertes de transmission (calcul)

1. pertes de transmission (dB)
2. Structure double paroi - relation entre l'épaisseur de la couche d'air (d) et les performances d'isolation phonique
3. plaque anti-bruit (SUS t1), fixée directement (loi de masse)
4. structure principale (loi de masse)

Figure 7-2 Relation entre l'épaisseur de la plaque anti-bruit et les pertes de transmission (calcul)

1. pertes de transmission (dB)
2. Structure double paroi - relation entre l'épaisseur de la couche d'air (plaque anti-bruit ?) et les performances d'isolation phonique
3. plaque anti-bruit (SUS t2), fixée directement (loi de masse)

4. structure principale (loi de masse)

Figure 8. Relation entre l'épaisseur de la plaque anti-bruit et la fréquence de coïncidence (calcul)

1. fréquence de coïncidence (kHz)
2. Relation entre l'épaisseur de la plaque en acier inox et la fréquence de coïncidence
3. fréquence de coïncidence (kHz)
4. épaisseur de la plaque (mm)

Figure 9. Performances d'isolation phonique relatives au bruit transmis avec la structure de plancher améliorée (maquettes)

1. Structure de la plaque anti-bruit et performances d'isolation phonique
2. plancher classique
3. nouveau plancher

Figure 10. Résultats des essais de circulation (au-dessus des bogies des voitures motrices)

1. Courbe du bruit dans les voitures (120 km/h, traction)
2. niveau de bruit (dBA)
3. nouveau plancher
4. plancher amélioré uniquement avec le matériau élastique
5. plancher classique

Figure 11. Comparaison des voitures motrices et tractées (nouveau plancher)

1. Bruit au niveau des bogies dans les voitures motrices et tractées (120 km/h, traction)
2. voiture motrice
3. voiture tractée

Système de fourniture d'informations pour gares automatisées

JR East Japan, qui compte sur son réseau près de 600 gares automatisées (sans agents), travaille à renforcer le service de fourniture d'informations à la clientèle dans la région de la capitale. Mais au niveau des lignes locales de province, la fourniture d'informations est encore insuffisante. En particulier, en cas de perturbation du trafic, bien que des informations soient diffusées à partir de la gare gestionnaire, les agents ne sont pas en mesure de fournir des informations suffisamment précises aux voyageurs.

Pour la gare de Makuta, gare automatisée de la ligne de Kururi (dépt de Chiba), nous avons donc développé, à partir de discussions axées sur le concept d'un « design qui relie les gens », un système de fourniture d'informations peu coûteux ainsi que des terminaux au design original. Nous avons réalisé des essais sur le terrain.

1. Introduction

Alors que les 600 gares automatisées de JR East Japan représentent 36% de l'ensemble des gares de notre réseau, il est aujourd'hui nécessaire de réfléchir aux nouvelles façons d'améliorer le service à la clientèle. En particulier, pour ce qui est de la fourniture d'informations aux voyageurs, alors que l'utilisation de systèmes d'affichage à LED ou de grands panneaux à cristaux liquides progresse dans la région de la capitale, l'écart se creuse avec les lignes locales au niveau du service offert.

Dans cet article, nous présentons l'historique du développement d'un terminal pour gares automatisées destiné à fournir des informations sur la position des trains.

2. Historique de développement

En octobre 2005, les designers Nagumo Katsushi (Pdg de Nagumo Design), Fujimori Yasushi (Pdg de Taiji Fujimori Atelier) et Wakasugi Kôichi (de la société Uchida Hiroyuki) ont visité notre laboratoire. Ils nous ont expliqué qu'ils souhaitaient faire quelque chose à travers le design et nous ont demandé notre coopération. Ils nous dit qu'il existait un groupe de huit designers, baptisé « happi », qui recherchait la véritable

nature du design à travers ses activités. Le thème proposé pour ce travail, le « design qui relie les gens », consistait à « concevoir un nouveau lien entre les gens, les choses et l'espace ». Pensant qu'il y avait là matière à faire quelque chose d'intéressant, nous avons donné notre accord. Après un certain nombre de réunions, il a finalement été décidé de faire porter le design sur les gares automatisées.

Par la suite, dans le cadre de cette réflexion, il a été décidé de centrer le travail sur les trois aspects suivants :

- 1) un design attirant, qui s'intègre bien avec l'environnement des gares automatisées
- 2) un lieu qui favorise le lien avec la région
- 3) une fourniture d'informations efficace et peu coûteuse basée sur les technologies de l'information

En particulier, en ce qui concerne le dernier point, il a été décidé, compte tenu de l'importance des besoins de la clientèle, d'élever cette activité au rang de « R&D » et de réaliser des essais de démonstration.

3. Système de fourniture d'informations sur la position des trains

(1) Généralités

Le présent travail porte sur les lignes locales de province, pour lesquelles il n'existe pas de systèmes permettant de renseigner sur la position des trains. Nous avons donc décidé de concevoir un système qui appréhende la position des rames grâce à un téléphone portable GPS embarqué sur les rames et qui, à intervalles réguliers, envoie les informations de position à un serveur au sol via un réseau de transmission sans fil par paquets (figure 1). En ce qui concerne les terminaux d'affichage destinés à être installés dans les gares, nous avons développé deux types, l'un destiné aux quais et l'autre à la salle d'attente.

(2) Terminaux d'affichage

En ce qui concerne les systèmes d'affichage destinés aux voyageurs, nous avons installé sur les quais un terminal de nouvelle génération, que nous avons appelé « épouvantail intelligent », et dans la salle d'attente un écran d'affichage à cristaux

liquides de 32 pouces. Au cours du développement, nous avons en particulier veillé à ce que le design de ces systèmes garantisse la facilité de lecture et de compréhension pour les différents types d'utilisateurs.

a) Epouvantail intelligent

Pour les terminaux d'affichage destinés aux quais, en plus d'améliorer la facilité de compréhension des informations de position des trains, nous avons réfléchi à un design qui s'intègre bien dans l'environnement des gares automatisées. Prenant l'image des épouvantails placés dans les rizières, nous avons développé en commun avec la société Uchida Hiroyuki un terminal d'affichage auquel les gens puissent s'attacher facilement. Nous l'avons baptisé « épouvantail intelligent » puisque ce système permet de surveiller les gares, de la même façon qu'un épouvantail classique protège les rizières.

L'épouvantail intelligent offre les fonctions suivantes (figure 2) :

- affichage de la position des trains par diodes électroluminescentes (LED)
- annonce vocale par haut-parleurs
- fonction de protection de la gare par caméra Web
- éclairage de la gare la nuit à l'aide de capteurs

Nous avons choisi un affichage par LED car ce système offre une forte luminosité, qui permet aux voyageurs de bien voir la position des trains même dans le cas de quais à ciel ouvert. Le système d'annonces vocales, de type automatique, émet des messages du type : « le train vient de quitter la gare de ... ». La caméra Web permet de surveiller la gare depuis la gare gestionnaire, via Internet, et de connaître la situation des voyageurs sur le quai. La nuit, le système fait office de réverbère et éclaire le quai, apportant un sentiment de sécurité aux voyageurs.

b) Ecrans à cristaux liquides renseignant sur la position des trains

Pour la salle d'attente, nous avons développé en commun avec la société Shinyo un interface facilitant la lecture et la compréhension par les voyageurs. Il s'agit essentiellement d'un écran à cristaux liquides de 32 pouces, qui a été installé dans la salle d'attente de la gare de Makuta (figure 3).

(3) Système de localisation des trains

La ligne de Kururi n'étant équipée d'aucun système permettant de connaître la position des trains, nous avons décidé d'utiliser le « système de localisation des trains » développé par JR East Japan Consultants. Ce système, qui utilise des téléphones portables GPS embarqués sur les rames, permet d'afficher en continu les données de position acquises via un réseau de transmission par paquets classique.

Le système GPS que nous avons adopté dans ce travail est un téléphone portable appartenant à la gamme de l'opérateur « au ». Cherchant un endroit inaccessible aux voyageurs et ne gênant pas le conducteur, nous avons choisi d'installer ce téléphone dans le système d'identification du train, situé en haut à gauche de la face avant de la voiture de tête.

4. Essais sur le terrain à la gare de Makuta

La ligne de Kururi est une ligne locale du département de Chiba, qui relie Kisarazu à Jôsô Kameyama (14 gares en tout). La fréquence de circulation est d'environ 1 train par heure. Les rames sont constituées de 2 voitures en temps normal, mais de 4 en période de pointe. Nous avons choisi cette ligne parce que, précisément à cette période, JR East Japan réalisait à Chiba une campagne d'incitation au voyage baptisée « destination campaign ». La raison pour laquelle nous avons choisi la gare de Kururi est que cette gare bénéficie de l'aide de bénévoles et que nous avons considéré qu'elle constituait un bon exemple des liens qui peuvent exister entre une gare et sa région.

Les essais sur le terrain ont duré environ un mois, de fin avril à fin mai 2007. Le service expérimental a été proposé aux voyageurs durant cette période (photo 2).

(1) Problèmes rencontrés pendant les essais

L'unité d'alimentation (UPS) des téléphones portables installés sur les rames étant de type à terre incorporée (*body earth*), il est arrivé que la détection de courants de fuite se déclenche lorsqu'il y avait contact avec la voiture. Il est également arrivé que le circuit intégré de contrôle du courant se dérègle et que le fusible de sécurité saute (peut-être lié au problème précédent). Le problème a été résolu en adoptant des vis de fixation isolantes et en ajoutant également une isolation par feutre.

Au début des essais, il est également arrivé que des erreurs importantes se produisent au niveau de la localisation par GPS. Le problème semblant lié à l'emplacement du téléphone portable, nous avons choisi un endroit facilitant l'acquisition des signaux satellite. Il a ensuite été possible de détecter la position des rames avec une bonne précision (photo 1).

(2) Résultats de l'enquête

Pendant les essais sur le terrain, nous avons réalisé une enquête auprès des utilisateurs de la gare.

Les 23 et 24 mai 2007, nous avons réalisé une enquête auprès des voyageurs de plus de 15 ans. Deux méthodes différentes ont été utilisées : interviews individuels et distribution de questionnaires. Nous avons rassemblé un total de 140 échantillons.

Tant en ce qui concerne l'écran de la salle d'attente que l'épouvantail intelligent sur le quai, les utilisateurs ont bien compris le contenu des affichages. Les évaluations « lecture facile », « annonces vocales claires » ou « position des trains facile à comprendre » étaient les plus fréquentes. En outre, les aspects secondaires tels que la « sécurité apportée par la caméra de surveillance » ont également été bien appréciés, et des avis libres ont également été donnés quant à la sécurité des gares automatisées.

Selon les résultats de l'enquête, 70% des personnes interrogées estiment qu'il est nécessaire de disposer d'un système d'affichage de la position des trains dans les gares automatisées. Mais les personnes qui utilisent le train fréquemment ont tendance à considérer ce système comme moins nécessaire. Cela montre donc qu'il est nécessaire de prendre en compte une extension des contenus, tels que les

« informations sur le trafic en cas de retard des trains », les « informations sur les trains de liaison à partir des gares de changement », etc.

Mais dans l'ensemble, on peut considérer que les systèmes d'affichage ont été bien acceptés par les utilisateurs.

5. Happi Tokyo Station

Un mois après la fin des essais de terrain à la gare de Makuta, pendant quatre jours (du 14 au 17 juin 2007), les membres du groupe Happi ont organisé, dans le grand passage souterrain de la partie Maruno'uchi de la gare de Tokyo, une exposition retraçant les deux ans d'activité du groupe (photo 3). En plus de notre groupe, des présentations ont été réalisées par quatre autres équipes (design destiné à aider l'éducation des enfants, utilisation des technologies de l'information au bureau, etc.). De nombreuses personnes ont ainsi pu être informées des résultats obtenus au cours de notre activité.

6. Activités futures

Grâce à l'activité des designers et aux essais de terrain réalisés à la gare de Makuta, il a été possible d'approfondir nos connaissances concernant l'avenir des tronçons de lignes locales, en particulier des gares automatisées. Dans les prochaines années, il sera important d'étudier les mesures d'amélioration d'une manière plus globale, dans le cadre d'une discussion impliquant les utilisateurs, les autorités locales et les opérateurs ferroviaires.

En ce qui concerne les recherches liées à l'épouvantail intelligent, les résultats de l'enquête réalisée auprès des utilisateurs nous ont fourni de nouvelles orientations pour la R&D, non seulement en ce qui concerne l'affichage de la position des trains, mais aussi l'affichage des informations en cas de perturbation du trafic, etc. Nous entendons donc continuer d'apporter des améliorations afin d'être en mesure d'offrir un environnement de gare encore plus agréable.

Figure 1. Structure du système

1. localisation par GPS
2. transmission par paquets
3. serveur de gestion des informations de position
4. serveur de fourniture des informations
5. internet
6. rame
7. module GPS
8. téléphone portable
9. gare
10. terminal d'affichage des informations
11. système de fourniture des informations

Figure 2. L'épouvantail intelligent et ses fonctions

1. fonction d'éclairage
2. webcam
3. position des trains
4. recherche du design

Figure 3. Affichage de la position des trains par écran à cristaux liquides

1. (nom des gares)
2. vers Jôsô Kameyama
3. vers Kisarazu
4. « le train vient de quitter la gare de Yokota »

Photo 1. Emplacement du téléphone portable

Photo 2. Essais de l'épouvantail intelligent sur le terrain

Photo 3. Maquette exposée à la gare de Tokyo

Développement d'un système d'affichage pour situations d'urgence

1. Introduction

Les principaux systèmes permettant de fournir aux voyageurs les informations relatives à la circulation des trains sont les tableaux de départ des trains et les écrans d'affichage à diodes LED, placés au voisinage des portillons d'accès, sur les quais, etc., ainsi que les annonces faites par haut-parleurs dans les gares. Mais ces informations étant fournies uniquement par voie textuelle ou vocale, il est nécessaire, pour répondre aux besoins des voyageurs, de développer des systèmes qui permettent de fournir les informations relatives au trafic, aux trajets de remplacement, etc. sous une forme claire.

Dans le but de présenter de façon aussi claire que possible les informations relatives au trafic en cas de perturbation, le « Frontier service research center » de JR East Japan a développé un système qui affiche les informations sur le plan des lignes JR de la métropole. Dans le cas où le retard attendu des trains est supérieur à environ une demi-heure, les retards ou suppressions de trains sont indiqués à partir de ce plan. Ce système, qui permet d'appréhender la situation d'un seul coup d'oeil ainsi que d'afficher le nom des lignes de remplacement, etc., est beaucoup plus intuitif et facile à comprendre que l'affichage textuel.

En plus des informations de trafic en cas de perturbation, ce système permet également d'afficher des contenus spécifiques aux différentes gares. Il peut aussi être utilisé pour diffuser les images de télévision en cas de catastrophe naturelle (séisme, etc.).

2. Grandes lignes du système

2.1 Structure du réseau

La figure 2 présente la structure du réseau à la base de ce système d'affichage pour situations d'urgence. Dans la phase de développement, nous avons étudié la possibilité de réaliser le traitement sur les ordinateurs personnels installés dans chacune des gares, avant d'afficher le plan des lignes sur grands écrans. Mais pour

accroître l'efficacité de gestion et réduire les coûts, nous avons préféré, dans la phase d'industrialisation, réaliser un traitement centralisé et envoyer les informations par l'intermédiaire du réseau intranet de notre société (JR-IPNet). La liaison entre le serveur central et les commutateurs 3 couches (appelés ci-dessous « L3SW ») utilise les câbles à fibre optique existants. Mais pour la liaison entre les L3SW et les systèmes de contrôle des différentes gares, nous avons installé de nouveaux câbles à fibre optique afin de permettre une transmission d'informations à haut débit.

2.2 Méthode de transmission des informations sur le trafic

En cas de perturbation du trafic, les données envoyées par Jikokuhyo Joho Service (JSK) sous forme XML sont acquises par le serveur central. Ces données incluent des informations sur les lignes, les gares, les trajets de remplacement, etc. Ne pouvant être affichées en l'état sur le plan des lignes, elles sont interprétées par le serveur central et transformées en données XML de plan. Le serveur les convertit en données compatibles avec le logiciel Flash, qui est utilisé sur Internet pour donner de l'impact aux affichages (ce logiciel fabrique les contenus Web en combinant animation et son). Les données XML converties sont ensuite transmises, via le réseau interne JR-IPNet, aux systèmes de contrôle des gares situés au niveau des portillons d'accès. A partir des données reçues, ces systèmes élaborent le plan des lignes et améliorent l'affichage (affichage des lignes et des noms de gares, affichage clignotant des tronçons où le trafic est perturbé, etc.). Les informations de trafic les plus importantes, les informations relatives aux trajets de remplacement, etc. sont également affichées sous forme textuelle. Le temps écoulé entre l'envoi des données par JSK et l'affichage sur les écrans est de l'ordre d'une minute.

2.3 Ecrans d'affichage

La figure 3 présente le design des écrans d'affichage. En gros, la partie gauche de l'écran donne les informations textuelles, tandis que la partie centrale et la partie droite présentent les données image. L'indication des informations de trafic sur le plan des lignes JR permet aux voyageurs de comprendre d'un coup d'oeil quels sont les lignes ou les tronçons perturbés. Par ailleurs, la zone de fourniture des informations de trafic étant très vaste, il est nécessaire d'accroître le caractère « régional ». Pour cela, le contrôle de l'envoi par le serveur des informations destinées aux terminaux de gares est réalisé de façon que la gare concernée soit placée au centre de l'écran d'affichage.

2.4 Serveur central

Le serveur central se compose principalement d'un serveur de gestion, d'un serveur d'envoi de contenus, d'un serveur de fichiers, d'un serveur de coordination des informations de trafic et d'un terminal d'opération. L'adoption d'une structure dédoublée et d'un système de répartition de la charge permet d'accroître la fiabilité et d'assurer un fonctionnement stable. En outre, l'utilisation d'une alimentation ininterrompue permet de garantir la fourniture des informations même en cas de coupure d'électricité.

2.5 Terminaux de gares

Les signaux transmis entre les systèmes de contrôle dans les gares et les écrans d'affichage sont les signaux image et son ainsi que les signaux de surveillance et de contrôle des écrans (surveillance de pannes, mise en marche / coupure de l'alimentation, etc.). Les signaux image et son sont envoyés sous forme numérique via les câbles LAN (catégorie 5 ou plus), tandis que les signaux de surveillance et de contrôle des écrans sont convertis en protocole ethernet (RS232C) avant d'être envoyés sur le réseau local. Il est ainsi possible de porter la longueur de câblage à 100 m et d'utiliser jusqu'à 9 écrans d'affichage à l'aide de répartiteurs de signaux image et son. Cela permet d'améliorer le rapport performances/coût.

2.6 Spécifications des écrans d'affichage

Pour des raisons de coût et de performances, nous avons choisi pour les écrans d'affichage des écrans de type plasma. L'adoption de volets latéraux permet de réduire les reflets dus à la lumière naturelle et les entrées lumière parasite venant des néons, etc. La taille choisie pour les écrans de 50 pouces, taille qui nous a semblé optimale du point de vue coût/performance, lisibilité des écrans et facilité d'installation.

Dans le cas des écrans à plasma, il y a un risque de brûlage local de l'écran (diminution de la luminosité et apparition d'une image résiduelle sur certaines parties) lorsqu'on affiche les mêmes images sur une longue durée. Les modèles récents ont été améliorés de ce point de vue, mais le phénomène n'a pas totalement disparu. Nous avons donc adopté des mesures préventives, telles que l'introduction d'une fonction de décalage d'un pixel des images, l'affichage périodique d'écrans de veille (screen

saver), l'affichage alterné de plusieurs écrans, etc.

2.7 Emplacement des écrans

Nous avons décidé de placer deux écrans d'affichage par entrée de gare. Ceux-ci sont situés au voisinage des panneaux d'affichage à diodes LED, à l'intérieur et à l'extérieur des portillons d'accès. En particulier, pour garantir la fluidité de circulation des usagers, nous avons fait en sorte que ceux-ci puissent appréhender les informations de trafic le plus facilement et le plus rapidement possible (figure 4).

La figure 5 présente les conditions d'installation des écrans d'affichage. Il existe trois types d'installation différents : suspension au plafond, fixation sur un mur, structure indépendante. Les systèmes de fixation situés sur l'arrière de l'écran sont les mêmes quel que soit le type d'installation, ce qui contribue à limiter le coût et à réduire le temps d'installation.

2.8 Mesures contre la poussière et l'échauffement

La poussière et l'échauffement constituent les deux causes principales de pannes sur les équipements de télécommunications. Pour lutter contre ces phénomènes parasites et faciliter la maintenance, nous avons placé sur l'arrière de l'écran un panneau de protection contre la poussière, et nous avons également installé trois ventilateurs destinés au refroidissement de l'écran (figure 6).

3. Utilisation dans des cas autres que les situations d'urgence

3.1 Trafic normal

Lorsqu'aucune perturbation du trafic n'est signalée, le système permet d'afficher sur les écrans des contenus enregistrés dans le serveur central (images vidéo, images PowerPoint [Microsoft], etc.), selon une séquence temporelle définie à l'avance. Actuellement, l'affichage est limité au plan des lignes et au logo JR, mais nous comptons élargir les contenus dans un proche avenir. Par ailleurs, il est possible de réaliser des affichages spécifiques à chaque gare en enregistrant sur le serveur central les données PowerPoint élaborées dans chaque terminal. De cette façon, il est possible de fournir des informations en phase avec la région où les usagers habitent ou travaillent (figure 7).

3.2 Utilisation en cas de séisme important, etc.

Dans le cas d'un séisme important perturbant fortement le trafic, il est important de donner très rapidement des informations précises aux usagers. Nous avons donc fait en sorte que le système permette la diffusion des images de télévision. Au début, nous avons étudié deux procédés différents (réception des images dans chaque gare et diffusion centralisée depuis le serveur) ; mais pour simplifier le système et faciliter les extensions futures, nous avons finalement opté pour une diffusion centralisée.

Pour réaliser cette diffusion des images de télévision en cas de séisme important, les images sont envoyées aux différents écrans dans les gares en réalisant un « live encoding » des images TV reçues par le serveur central ainsi qu'un streaming multicast. Ce procédé, qui ne nécessite pas de systèmes de réception TV dans les gares, présente l'avantage d'être peu coûteux. Le streaming est réalisé avec une compression WMW du signal vidéo à environ 500 kbps. Le fait de réaliser la gestion des signaux à l'aide de systèmes de contrôle de bande (passante) permet d'éviter de surcharger le réseau existant JR-IPNet (figure 8).

8. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté un système qui, en diffusant des informations plus précises et plus claires, ainsi que des informations qui n'étaient pas présentées jusqu'à présent ou dont la reconnaissance par les usagers était faible, permet de rassurer les usagers et de leur donner davantage satisfaction.

L'introduction du système d'affichage pour situations d'urgence a débuté en 2006. A l'heure actuelle, environ 90 gares sont équipées de ce système. Dans les années à venir, nous continuerons d'apporter des améliorations en prenant en compte les opinions et les évaluations des usagers, et nous poursuivrons nos efforts afin de permettre la fourniture de nouveaux services basés sur les technologies de l'information.

Figure 1. Fourniture des informations de trafic à l'aide du système d'affichage pour situations d'urgence

Figure 2. Structure du réseau du système d'affichage pour situations d'urgence

1. centre de contrôle (dispatching)
2. serveur central
3. gare
4. répartiteur
5. système de contrôle de la gare

Figure 3. Carte du réseau du système d'affichage pour situations d'urgence

1. Yamanote Line, direction Shinagawa et Shibuya
2. prévision de reprise du trafic
3. Tokyo Metro
4. Odakyu Tama Line
5. Seibu Lines
6. Municipal (Toei) Subway Lines
7. Tokyu Lines
8. Tobu Isezaki Line
9. Odakyu Lines
10. Keio Lines
11. Tobu Noda Line

Figure 4. Exemple d'installation des écrans du système d'affichage pour situations d'urgence

Figure 5. Principaux types d'écrans

1. fixé au plafond
2. structure indépendante
3. fixé au mur

Figure 6. Panneau et ventilateurs installés derrière l'écran

Figure 7. Affichage de contenus spécifiques au gares en cas de trafic normal

1. serveur central
2. système de contrôle de la gare
3. répartiteur
4. élaboration de contenus propres aux gares et enregistrement sur le serveur

Figure 8. Procédé de diffusion des images de télévision en cas de séisme, etc.

1. télédiffusion terrestre numérique
2. serveur central
3. système de contrôle de la gare
4. répartiteur
5. streaming par le serveur des images TV en cas d'urgence
6. NHK News