Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 64 (1991)

Artikel: Ouvrages d'art pour un réseau ferré à très grande vitesse
Autor: Taille, Yves
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49353

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ouvrages d'art pour un réseau ferré à très grande vitesse

Kunstbauten für Hochgeschwindigkeitsbahnen

Bridge Structures for High Speed Rail Systems

Yves TAILLE
Chef Etudes
SNCF
Paris, France

RESUME

Le développement du réseau ferroviaire à grande vitesse se poursuit à un rythme soutenu en France. L'évolution des conditions d'exploitation et l'influence croissante des contraintes d'environnement rendent la part des ouvrages d'art toujours plus importante dans les projets de lignes nouvelles. La conception de ces ouvrages évolue également en fonction des exigences nouvelles, des progrès technologiques, d'expériences et des données économiques.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung der Schnellbahnen in Frankreich schreitet rasch voran. Die Kunstbauten werden aufgrund der einschränkenden Umweltanforderungen zu immer wichtigeren Projektteilen. Der Entwurf dieser Bauten entwickelt sich mit den neuen Anforderungen, dem technischen Fortschritt, den Erfahrungen und den wirtschaftlichen Bedingungen.

SUMMARY

The development of high speed railways in France is progressing rapidly. Operational and environmental requirements have an influence on the bridge structures which are becoming increasingly important parts of the project. The design of these structures is evolving to match new requirements, technical progress, experience and economic conditions.

1. LE DEVELOPPEMENT DE LA TRES GRANDE VITESSE EN FRANCE

Dès 1968, la S.N.C.F. engageait les premières études de faisabilité d'une ligne à grande vitesse desservant le Sud-Est de la France. La mise en service commerciale de la Ligne Nouvelle à Grande Vitesse "T.G.V. SUD-EST", longue de 400 km entre Paris et Lyon, était achevée en septembre 1983. Cette ligne est exploitée à 270 km/h (prochainement 300 km/h).

Le succès et la réussite de la mise en service partielle en 1981 avaient permis à la S.N.C.F., dès 1982, d'être autorisée à réaliser une deuxième ligne, le "T.G.V. Atlantique", qui dessert l'Ouest et le Sud-Ouest de la France depuis septembre 1990 à 300 km/h.

Plus récemment, et consécutivement à la décision de construire le lien fixe Transmanche "Tunnel sous la Manche", le gouvernement français, favorable à la création d'un véritable réseau Très Grande Vitesse, a demandé à la S.N.C.F. d'engager la construction de trois nouveaux projets représentant 530 km de lignes :
- le T.G.V. Nord (mise en service prévue en 1993)
- l'interconnexion des lignes T.G.V. en région parisienne (mise en service prévue en 1995)
- le prolongement jusqu'à Valence du T.G.V. Sud-Est dit "T.G.V. Rhône-Alpes" (mise en service prévue en 1994).

C'est enfin en janvier 1989 que le gouvernement a chargé la S.N.C.F. de présenter un projet de Schéma Directeur des Liaisons Ferroviaires à Grande Vitesse "en vue notamment d'assurer la cohérence nécessaire entre les perspectives de développement du réseau français et les projets correspondants des autres pays européens".

3132 km de lignes nouvelles supplémentaires ont ainsi été proposés, et la S.N.C.F. a été autorisée en Janvier 1991 à engager les études en vue de la réalisation du T.G.V. Provence - Côte d'Azur en prolongement du T.G.V. Rhône-Alpes.

La S.N.C.F. a donc pu se forger une réelle expérience dans le domaine de la grande et de la très grande vitesse, et notamment en ce qui concerne les ouvrages d'art. Les solutions techniques retenues doivent cependant s'adapter à l'évolution du contexte et à l'augmentation des contraintes.

2. L'EVOLUTION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION

2.1 L'augmentation des vitesses

La ligne Paris - Lyon, exploitée à 260 km/h à sa mise en service, puis à 270 km/h, permet par sa géométrie une vitesse de 300 km/h (qui sera d'ailleurs bientôt pratiquée).

Ces vitesses étaient jugées à l'époque comme représentant l'optimum économique entre les coûts d'exploitation et les recettes de l'augmentation de trafic. Les progrès technologiques aidant, les coûts ont baissé, pendant que parallèlement l'induction de trafic se révélait plus forte que prévue.

L'optimum s'est donc déplacé.

C'est pourquoi la ligne Atlantique vient d'être mise en service à 300 km/h, et le T.G.V. Nord le sera sans doute à 320 ; les tracés de ces lignes permettent toutefois 350 km/h. Les études de faisabilité réalisées dans le cadre du projet de Schéma Directeur français prennent en compte, quand la géographie et l'environnement le permettent, des vitesses de l'ordre de 400 km/h. Le récent record du monde (515,3 km/h) réalisé sur la ligne T.G.V. Atlantique a montré que des vitesses largement supérieures à 300 km/h pouvaient être pratiquées en toute sécurité.

L'augmentation des vitesses a une incidence sur les tracés (les rayons nominaux étant de 4000 mètres à 270 km/h, 6000 mètres à 350 km/h, 8000 mètres environ à 400 km/h), sur les profils en long (augmentation des rayons de raccordement) et par là même sur le nombre et les dimensions des ouvrages d'art, les lignes épousant plus difficilement le terrain naturel.

Les principaux effets de la vitesse sont les sollicitations dynamiques pour les ponts-rails et les viaducs (vibrations) et les phénomènes aérodynamiques dans les tunnels.

2.2 La mixité du trafic voyageurs/marchandises

L'étendue du territoire français et la faible densité des grandes agglomérations ont conduit à construire et à prévoir des lignes nouvelles pour la plupart spécialisées au trafic voyageurs.

Ce choix a favorisé la souplesse de l'exploitation et a été un facteur important du faible coût de maintenance que nous avons constaté en 10 ans sur le T.G.V. Sud-Est.

Néanmoins certains contextes régionaux sont tels que l'intérêt économique de tronçons mixtes voyageurs-marchandises est démontré. Ainsi, le contournement de la ville de Tours par la ligne Atlantique, déjà en service, est mixte ; seront de même le tronçon de ligne nouvelle entre Perpignan et la frontière espagnole et une partie de la ligne nouvelle Lyon - Turin prévue au Schéma Directeur, par un tunnel de base sous le Mont Cenis.

L'emprunt par des trains de marchandises des lignes à grande vitesse nécessite de limiter les rampes (15 °/oo au lieu de 25, voire 35 °/oo) et d'augmenter les rayons des courbes (pour rendre compatibles aux deux types de trafic le dévers de la voie).

L'inscription plus difficile dans le contexte géographique qui en résulte influe, comme la vitesse, sur le nombre et la portée des ouvrages de franchissement.

3. LA SENSIBILITE ACCRUE AUX PROBLEMES D'ENVIRONNEMENT

La construction de la ligne Paris - Lyon n'a pas posé de problème aigu d'environnement, puisque sur ses 400 km approximatifs, elle ne rencontrait aucune agglomération importante, certaines zones traversées étant même particulièrement peu peuplées.

Au fur et à mesure des projets, T.G.V. Atlantique puis T.G.V. Nord et maintenant T.G.V. Méditerranée, les lignes ont rencontré des zones de plus en plus complexes sur le plan de l'urbanisation, de la qualité de l'agriculture, de la richesse de certaines zones naturelles.

La densification des réseaux de communication a multiplié les franchissements d'infrastructures.

Parallèlement à cette complexité technique, des textes concernant la protection des milieux naturels et de l'environnement ont été publiés (il n'en existait pas en France à l'époque de la décision de construire la ligne Paris - Lyon), obligeant les maîtres d'ouvrage - en l'occurrence la S.N.C.F. - à réaliser un certain nombre d'études et de mesures particulières.

Pendant la même période, la sensibilité des populations à ces problèmes n'a fait que croître.

En matière d'environnement, la S.N.C.F. n'a cessé de perfectionner ses méthodes d'étude, ses actions, au fur et à mesure de ses projets. Bien sûr, ceci s'est traduit par un certain renchérissement des coûts, puisque nous estimons entre 12 et 15 % du coût d'un projet les mesures de protection de l'environnement. En particulier, il a fallu s'orienter vers une certaine densification des ouvrages d'art ; alors qu'aucun tunnel n'avait été réalisé sur la ligne Paris - Lyon, il y en a sur la ligne Atlantique, en particulier l'ouvrage dit "coulée verte" qui permet aux trains d'accéder au coeur de la capitale.

4. L'AUGMENTATION DE LA PART "OUVRAGES D'ART" DANS LES PROJETS

Comme nous l'avons vu, contrairement au T.G.V. Sud-Est où le nombre des grands ouvrages d'art avait pu être très limité, les projets en cours comportent de nombreux viaducs, sauts de mouton, tunnels et tranchées couvertes, dont les dimensions vont croissantes : augmentation des portées pour les viaducs, augmentation des sections des tunnels et tranchées couvertes du fait de l'élévation de la vitesse des trains.

Les chiffres suivants, indiquant les coûts d'Ouvrages d'Art, par kilomètre de ligne, aux conditions économiques identiques à celle de 1989, confortent ce propos :

T.G.V. Sud-Est (1983)	: 3,1 Millions de Francs/Km
T.G.V. Atlantique (1990)	: 12,1 Millions de Francs/Km
T.G.V. Nord (1993)	: 11,0 Millions de Francs/Km
T.G.V. Rhône-Alpes (1994)	: 19,6 Millions de Francs/Km
T.G.V. Interconnexion (1995)	: 27,4 Millions de Francs/Km

La longueur des plus grandes viaducs suit la même progression : de 420 mètres sur le T.G.V. Sud-Est à 1800 mètres sur les projets en cours de réalisation.

Il est tenu compte de l'expérience acquise sur les lignes T.G.V. exploitées pour la conception des ouvrages des lignes T.G.V. en cours de réalisation, ceci en matière de caractéristiques fonctionnelles des ouvrages, choix de type de structures, dispositions constructives particulières.

En effet, avec le T.G.V. Paris-Sud-Est et le T.G.V. Atlantique, la S.N.C.F. dispose d'un patrimoine existant de 700 ouvrages en exploitation, dont 300 sont des ponts-rails de types et de conception variés : viaducs de type caisson en béton précontraint, tabliers dalles ou bipoutres isostatiques en béton armé, tabliers à poutrelles enrobées, ponts-cadres, tabliers à 1 voie, à 2 voies, etc...

Un grand nombre ont été parcourus à des vitesses de 400 km/h, certains à plus de 500 km/h.

Nous allons maintenant aborder plus précisément les ponts et grands viaducs.

5. LA CONCEPTION DES PONTS-RAILS ET VIADUCS SUR LES LIGNES A GRANDE VITESSE FRANCAISES

5.1 Le T.G.V. Sud-Est

Les ouvrages ont été conçus pour des vitesses d'exploitation de 300 km/h, conditionnant les gabarits (entre-axe des voies porté à 4,20 mètres) et la flexibilité des tabliers. La pérennité maximale a été recherchée en vue de réduire les interventions d'entretien.

La très grosse majorité des ouvrages est donc de type courant pour les ponts-rails : dalles béton armé à 1 travée, tabliers à poutrelles enrobées, portiques et cadres en béton armé...

Tous les tabliers de ces ponts sont ballastés : le ballast améliore l'amortissement des vibrations, assure un bon comportement dynamique de la voie aux grandes vitesses, assure un meilleur confort sonore et permet de limiter aux grands ouvrages la mise en place d'appareils de dilatation de la voie. Ces dispositions facilitent grandement la maintenance de la voie.

Les viaducs, dont le plus grand mesure 420 mètres de longueur, ont été réalisés avec des tabliers en béton précontraint constitués généralement d'un caisson à deux âmes portant les deux voies. Cette solution, bénéficiant de l'expérience acquise à l'occasion des premiers ouvrages construits sur les lignes de desserte des villes nouvelles en région parisienne, a été adaptée en fonction des exigences de la grande vitesse ferroviaire. Elle s'est avérée une bonne réponse aux problèmes de bruit, de vibration (forte inertie du tablier) et de raideur.

5.2 Le T.G.V. Atlantique

Le faible temps entre la mise en service du T.G.V. Sud-Est et le début de la réalisation du T.G.V. Atlantique n'a pas permis une expérience susceptible de remettre en cause les dispositions constructives retenues. C'est pourquoi l'évolution est peu sensible dans la conception des ponts-rails et grands viaducs dont le plus long atteint 840 mètres.

En revanche, pour ces deux premières lignes à grande vitesse françaises, un bilan significatif a pu être établi s'appuyant sur les constats faits à l'occasion des visites annuelles, des inspections détaillées, des visites spéciales programmées. Ce constat est enrichi par ailleurs des nombreux résultats acquis sur les viaducs grâce à une instrumentation particulière de ces ouvrages, à l'aide de cordes vibrantes disposées dans les tabliers et de pesons installés sous chaque appareil d'appui. Un large recours a été fait par ailleurs à des mesures à l'aide d'accéléromètres afin de bien analyser le comportement vibratoire des tabliers au passage des circulations et l'évolution dans le temps.

Les constatations faites montrent un comportement global très satisfaisant des ouvrages, de leurs équipements et des superstructures. Seuls faits significatifs à signaler, le faible amortissement des tabliers isostatiques à poutrelles enrobées posés sur appuis élastomères, quelques phénomènes d'attrition du ballast sous traverses, sur hourdis de tablier, dans certaines circonstances.

Ainsi, pour les lignes actuellement en cours de travaux, la S.N.C.F. a pu bénéficier de 5 années d'expérience, tout en profitant de l'évolution de la technologie et des données économiques.

5.3 Les T.G.V. en cours de réalisation

Il s'agit du T.G.V. Nord, du T.G.V. Rhône-Alpes et de l'Interconnexion en région parisienne.

Les ouvrages sont conçus, d'une manière générale, pour des vitesses d'exploitation de 350 km/h.

De nouveaux types de ponts sont apparus, notamment les ouvrages mixtes acier-béton à tablier bipoutre. Ceux-ci, qui représentent environ 50 % des viaducs pour les 3 lignes concernées, sont bien adaptés à la pose de voie ballastée, et, par leur structure simple, sont peu sensibles à la fatigue et à la corrosion.

Ils ont bénéficié de progrès caractérisés :
- par une amélioration des caractéristiques des aciers et des épaisseurs disponibles
- par une rationalisation des procédés de construction en usine et sur chantier (soudage - contrôle du soudage)
- par l'amélioration des traitements anti-corrosion
- par l'amélioration des méthodes de calcul automatique, tant en statique qu'en dynamique.

Ces ouvrages, dont les coûts sont devenus compétitifs, utilisent les deux matériaux au mieux de leurs possibilités mécaniques, et s'avèrent d'un entretien facile et peu onéreux, les opérations d'entretien se faisant essentiellement sans répercussion sur les circulations.

Actuellement, nous maîtrisons le comportement dynamique des ouvrages sur lignes à grandes vitesses pour des portées avoisinant 100 mètres ; les plus grands viaducs projetés approchent les 2000 mètres de longueur.

En ce qui concerne les ouvrages plus modestes (pont-rails courants par exemple), on recourt aux tabliers hyperstatiques pour bien maîtriser leur comportement dynamique.

6. LES OUVRAGES D'ART DU RESEAU T.G.V. DU FUTUR

Comme nous l'avons expliqué, les futures lignes à très grande vitesse seront riches en ouvrages d'art dont les dimensions ne cesseront de croître.

Ainsi, nous réfléchissons à la faisabilité :
- de viaducs de portées supérieures à 150 mètres, comportant des tabliers situés à des hauteurs supérieures à 100 mètres,
- de tunnels de plus 50 km de long,
- de gares souterraines circulées à grande vitesse.

Dans le domaine des Ouvrages d'Art, comme de la grande vitesse en général, la S.N.C.F. entend jouer non seulement la carte de l'expérience, mais également celle du progrès technologique continu.